وزارت مسکن وشهرسازی

ونت نظام مهندسی واجرای ساختمان

راهنمای طرح و اجرای
تأسیسات برقی ساختمان ها

دفتر تدوین وترویج مقررات ملی ساختمان

وزارت مسکن و شهرسازی
معاونت نظام مهندسی و اجرای ساختمان

راهنمای طرح و اجرای تأسیسات برقی ساختمان ها

تهیه از :
مهندس آلدیک موسسیان
مسئول کمیته تخصصی مبحث سیزدهم
مقررات ملی ساختمان

سال ۱۳۸۲
دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان

راهنمای طرح و اجرای تاسیسات برقی ساختمانها/ تهیه از آلدیک موسسیان، [برای] دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان.- تهران : نشر توسعه ایران، ۱۳۸۲.
٤٤٠ص

ISBN 964-7588-39-9

فهرستنویسی بر اساس اطلاعات فیپا.

۱. ساختمانها -- تجهیزات برقی . الف .ایران. وزارت مسکن و شهرسازی. دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان. ب.عنوان.

۸م۲س/TK٤٠٣٥ ٦٢١/٣١٩٢٤

۱۳۸۲

کتابخانه ملی ایران ۸۲-۱۵۰۹۷م

راهنمای طرح و اجرای تأسیسات برقی ساختمانها

تهیه کننده : دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان

ناشر : نشر توسعه ایران

شمارگان : ۵۰۰۰ جلد

شابک : ۹-۳۹-۷۵۸۸-۹٦٤

نوبت چاپ : اول

تاریخ چاپ : دی ماه ۱۳۸۲

چاپ و صحافی: تهرانی

قیمت : ۲٦۰۰۰ ریال

حق چاپ برای تهیه کننده محفوظ است .

پیشگفتار

وزارت مسکن و شهرسازی در اجرای ماده ۳۳ قانون نظام مهندسی و کنترل ساختمان، تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان ایران را بر عهده دارد. این مقررات به عنوان بخشی از مدارک فنی ساختمان محسوب می شود و حاوی ضوابط حداقل برای طراحی ، محاسبه، اجرا ، بهره برداری و نگهداری ساختمان ها به منظور اطمینان از ایمنی ،بهداشت، بهره دهی مناسب ، آسایش و صرفه اقتصادی است و دارای اصول مشترک و متحدالشکل در کشور است که رعایت ضوابط آنها لازم الاجرا است . در کنار مقررات ملی ساختمان، مدارک فنی دیگری نیز باید منتشر شود که ضمن کمک به غنا این مقررات ، بحث و تشریح و توضیحات کافی را نیز در بر داشته باشد یا اصولاً محدوده دیگری از ضوابط لازم را پوشش دهد که آئین نامه ها و مشخصات فنی ، استانداردها ، مدارک ارشادی و توضیحی (راهنماها) و مدارک اقناعی از این دسته اند.

اصولاً ضوابط مندرج در مقررات ملی ساختمان با رعایت ایجاز و اختصار تدوین می شود و این وظیفه راهنماها و مدارک توضیحی است که به درک صحیح تر ((مقررات ملی ساختمان)) یاری رسانده، موجب توسعه و ترویج آن شود .

دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان، در کنار تدوین مباحث بیستگانه مقررات ملی ساختمانی ایران، تدوین و انتشار راهنماهای مباحث مذکور و همچنین راهنماهایی در زمینه های خاص کارهای ساختمانی را نیز در دستور کار خود قرار داده است . مجموعه حاضر نیز با هدف توضیح و تشریح مبحث سیزدهم مقررات ملی ساختمان تحت عنوان ((طرح و اجرای تأسیسات برقی ساختمان ها)) تهیه و تدوین گردیده است .

با اذعان به اینکه مجموعه حاضر می تواند دارای نقایصی هم باشد، خصوصاً کاری در این چهارچوب ، از کلیه صاحبنظران و مطالعه کنندگان و استفاده کنندگان از این مجموعه محترم تقاضا دارد ، هرگونه پیشنهاد خود را در جهت تکمیل آن به این دفتر ارسال نمایند.

در پایان لازم می داند از همکاری صمیمانه تدوین کننده این راهنما آقای **مهندس آلدیک موسسیان** و همچنین اعضای محترم کمیته تخصصی مبحث سیزدهم مقررات ملی ساختمان (طرح و اجرای تأسیسات برقی ساختمان ها) آقایان، **مهندس یونس قلی زاده طیار ، دکتر احمد الهی طالقانی، مهندس رحیم سلیمان آذر و مهندس یعقوب آصفی** تشکر و قدردانی نماید .

دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۰۰-۱- پیشگفتار	۱
۰۰-۲- پرچمداران آیین‌نامه الکتریکی در دنیا	۲
۰۰-۳- ظهور IEC (International Electrotechnical Comission)	۲
۰۰-۴- وضعیت آیین‌نامه و مقررات تأسیسات برقی ساختمان در ایران	۴
۰۰-۵- اطلاعات متفرقه	۶
منابع	۹
فصل اول - تعریفها - فرهنگ لغات - نشانه های ترسیمی	
۱۰۰- پیشگفتار	۹
بخش اول - تعریفها و فرهنگ لغات	۱۱
بخش دوم - نشانه های ترسیمی	۴۸
فصل دوم - سیستمهای توزیع برق طبق IEC	
۲۰۰- پیشگفتار	۵۷
۲۱- گروه بندی سیستمهای الکتریکی طبق IEC	۵۸
۲۱۰- پیشگفتار	۵۸
۲۱۱ - نامگذاری هادیهای یک سیستم الکتریکی طبق IEC	۵۹
۲۱۱-۱- شناسایی هادیها در سیستمهای جریان متناوب	۵۹
۲۱۱-۲- شناسایی هادیها در سیستمهای جریان مستقیم	۶۰
۲۱۲- نشانه های ترسیمی هادیها طبق IEC	۶۰
۲۱۳- شناسایی نوع رابطه یک سیستم الکتریکی با زمین طبق IEC	۶۱
۲۱۴- شناسایی نحوه اتصال به زمین بدنه های تجهیزات الکتریکی طبق IEC	۶۱

۲۱۵- نامگذاری سیستمهای الکتریکی طبق IEC ۶۲
۲۱۶- طرحواره های عمومی سیستمهای الکتریکی تکفاز طبق IEC ۶۵
۲۱۷- طرحواره های عمومی سیستمهای الکتریکی سه فاز متداول طبق IEC ۶۶
۲۱۸- طرحواره های عمومی سیستمهای الکتریکی جریان مستقیم طبق IEC ۶۷

فصل سوم- سیر تکاملی سیستمهای الکتریکی (که منجر به گروه بندی IEC گردید)
۳۰۰- پیشگفتار ۶۹
۳۱- ظهور سیستمهای توزیع و تأسیسات برق ۶۹
۳۱۰- مقدمه ۶۹
۳۱۱- مختصری درباره اتصال زمین سیستم ۷۰
۳۱۲- تغییرات ولتاژ در سیستمی که به زمین وصل نیست ۷۱
۳۲- اولین سیستم توزیع ابتدایی ۷۲
۳۲۱- شرح یک سیستم توزیع که پیش درآمد سیستم IT امروزی است ۷۲
۳۳- قدم بعدی : برقراری اتصال به زمین ۷۷
۳۳۱- شرح یک سیستم توزیع پیشرفته تر در سیر تکاملی سیستمها که پیش درآمد سیستم TT امروزی است ۷۷
۳۳۱-۱- اگر فقط به ایجاد اتصال زمین سیستم بسنده شود ۷۷
۳۳۱-۲- اگر علاوه بر اتصال زمین سیستم بدنه های تجهیزات نیز زمین شود ۷۹
۳۳۲- قطع مدار قبل از آنکه برقگرفتگی اثر کند. ۸۳
۳۳۲-۱- قطع سریع مدار با استفاده از کلیدهای جریان تفاضلی (RCD) ۸۴
۳۴- آخرین قدم در راه تأمین ایمنی در برابر برقگرفتگی ۸۷
۳۴۱- شرح سیستمی که در نهایت به نام TN مشهور گردید ۸۷

فصل چهارم - زمین و مقاومت الکتریکی آن
۴۰۰- پیشگفتار ۹۱
۴۰۰-۲- ساختار کلی فصل و اهداف آن ۹۱
۴۰۱- "جرم کلی زمین" و مسایل وابسته به آن ۹۲
۴۱- مقاومت ویژه خاک و عوامل وابسته به زمین ۹۶
۴۱۱- مقاومت ویژه انواع خاک ۹۶
۴۱۲- تأثیر دما بر مقاومت ویژه ۹۷
۴۱۳- انتخاب محل احداث الکترود زمین ۹۸
۴۱۴- تأثیر آماده سازی محل احداث الکترود زمین ۹۸

۴۱۵- بررسی مقاومت الکترود زمین با توجه به مقاومت ویژه خاک و ماده آماده سازی ۹۹
۴۲- اثر شکل الکترود بر مقاومت اتصال زمین ۱۰۰
۴۳- بررسی خصوصیات الکترودهای متداول و مقاومت آنها ۱۰۰
۴۳۰- کلیات ۱۰۰
۴۳۰-۱- الکترودهای مصنوعی ۱۰۰
۴۳۰-۲- الکترودهای موجود ۱۰۱
۴۳۱- الکترودهای صفحه ای ۱۰۱
۴۳۱-۱- کلیات ۱۰۱
۴۳۱-۲- الکترودهای صفحه ای کم عمق ۱۰۲
۴۳۱-۳- الکترودهای صفحه ای عمیق ۱۰۳
۴۳۲- الکترودهای قائم ۱۰۳
۴۳۲-۱- کلیات ۱۰۳
۴۳۲-۲- ساختمان و جنس الکترودهای قائم ۱۰۸
۴۳۳- نحوه آماده سازی خاک اطراف الکترودها ۱۰۹
۴۳۳-۱- آماده سازی الکترودها با روش سنتی ۱۰۹
۴۳۳-۲- آماده سازی الکترودها با بنتونیت ۱۱۰
۴۳۳-۳- آماده سازی الکترودها با استفاده از سیمان (بتن) ۱۱۰
۴۳۴- الکترودهای افقی ۱۱۰
۴۳۴-۱- کلیات ۱۱۰
۴۳۴-۲- ساختمان و جنس الکترودهای افقی و عمق دفن آنها ۱۱۳
۴۴- واکنش فلز الکترود و هادی اتصال بع زمین با انواع خاک (خوردگی شیمیایی) ۱۱۴
۴۴۰- کلیات ۱۱۴
۴۴۱- تأثیر نوع خاک در خوردگی الکترود ۱۱۵
۴۴۲- خوردگی الکترودها در اثر همبندی با فلزات دیگر ۱۱۷
۴۵- الکترودهای موجود ۱۱۸
۴۵۰- کلیات ۱۱۸
۴۵۱- غلافهای هادی کابلها ۱۲۰
۴۵۲- اجزای فولادی سازه ها ۱۲۰
۴۵۲-۱- کلیات ۱۲۰
۴۵۲-۲- پیش بینی مقاومت کل یک سیستم اتصال زمین بتن/فولاد ۱۲۱
۴۵۳- میلگردهای شمعهای بتنی و سپرهای ورق فولادی ۱۲۳
۴۵۴- لوله کشی آب ۱۲۳
۴۵۵- لوله کشی های سرویسهای دیگر که استفاد از آنها بعنوان الکترود ممنوع است ۱۲۴
۴۶- انتخاب و نصب هادی زمین ۱۲۵

۴۶۰- کلیات ۱۲۵
۴۶۱- دمای هادی اتصال زمین ۱۲۵
۴۶۱-۱- حداکثر مجاز دما برای هادی اتصال زمین ۱۲۵
۴۶۱-۲- دمای شروع و دمای پایان یک اتصال کوتاه ۱۲۷
۴۶۱-۳- دمای بالا در اثر جریانهای نشتی ۱۲۸
۴۶۲- استحکام هادی اتصال زمین ۱۲۸
۴۶۳- اتصالات و بستها ۱۲۹
۴۶۴- پیش بینی نقطه ای برای جداسازی با هدف اندازه گیری مقاومت الکترود زمین ۱۳۰
۴۷- چگالی شدت جریان در سطح الکترود ۱۳۰
۴۸- گرادیان ولتاژ در اطراف الکترود زمین ۱۳۱
۴۸۰- کلیات ۱۳۱
۴۸۱- گرادیان ولتاژ در اطراف یک الکترود زمین قائم ۱۳۱
۴۸۲- گرادیان ولتاژ در اطراف یک الکترود زمین افقی ۱۳۵
۴۸۳- خطرات عادی ناشی از وجود گرادیان ولتاژ در اطراف الکترود ۱۳۶
۴۸۳-۱- ولتاژ تماس ۱۳۶
۴۸۳-۲- ولتاژ قدم ۱۳۶
۴۸۴- خطرات مخصوص ناشی از وجود گرادیان ولتاژ در اطراف الکترود ۱۳۶
۴۹- اندازه گیری مقاومت الکترود زمین مقاومت مخصوص خاک ۱۳۷
۴۹۰- کلیات ۱۳۷
۴۹۱- اندازه گیری مقاومت الکترود زمین ۱۳۸
۴۹۱-۱- اساس کار ۱۳۸
۴۹۱-۲- آماده سازی ۱۳۸
۴۹۱-۳- شرح آزمون ۱۴۱
۴۹۱-۴- رعایت نکات عملی برای انجام یک آزمون ۱۴۲
۴۹۲- اندازه گیری مقاومت ویژه خاک ۱۴۶
۴۹۲-۱- کلیات ۱۴۶
۴۹۲-۲- اساس کار ۱۴۶
۴۹۲-۳- خلاصه روش Wenner ۱۴۸
۴۹۲-۴- خلاصه روش Schlumberger ۱۴۸
۴۹۲-۵- خلاصه روش تغییر یافته Wenner ۱۴۸
۴۹۲-۶- نکاتی که باید در هنگام اندازه گیریهای زمین رعایت شوند ۱۴۹
۴۹۲-۷- تفسیر نتیجه گیریهای حاصل از اندازه گیریهای زمین ۱۴۹

پیوست ۱ - بعضی نکات ناگفته
4P1-۰- پیشگفتار ۱۵۱

4P1-۱- اثر الکتروشیمیایی زمین بر الکترودهای همبندی شده و تشکیل باتری با شرکت الکترودهای غیرهمجنس در الکترولیت زمین ۱۵۱
4P1-۲- بکارگیری بتن غیرمسلح پی به عنوان الکترود زمین و اسکلت بتنی یا فولادی سازه به صورت هادی پایینرو صاعقه (Down Conductor) ۱۵۳
4P1-۳- بکارگیری بتن مسلح پی به عنوان الکترود زمین و اسکلت بتنی یا فولادی سازه به صورت هادی پایینروی صاعقه و هادی همبندی برای کل سیستم ها ۱۵۵
4P1-۳-۰- کلیات ۱۵۵
4P1-۴- استانداردهای مربوط به بتن مسلح پی به عنوان الکترود زمین ۱۶۰

پیوست ۲- نکاتی درباره اتصال زمینهای منفرد و مشترک ۱۶۵
4P2-۰- پیشگفتار ۱۶۵
4P2-۱- اتصال زمینهای ایمنی فشار ضعیف و عملیاتی جریان ضعیف در تأسیسات ۱۶۵
4P2-۲- شرایط استفاده از یک یا دو اتصال زمین در پستهای ترانسفورماتور ۱۷۰
4P2-۲-۰- پیشگفتار ۱۸۵

فصل پنجم - اثرهای عبور برق از بدن انسان

۵۰۰- پیشگفتار ۱۸۷
۵۰۰-۱- ملاحظات عمومی ۱۸۷
۵۰۰-۲- مقدمه ۱۸۷
۵۰۱- کلیات ۱۸۸
۵۰۱-۱- اصول اولیه ۱۸۸
۵۱- امپدانس بدن انسان ۱۸۹
۵۱۰- مشخصه های مقاومت بدن انسان و ساختار آن ۱۸۹
۵۱۱- امپدانس پوست بدن انسان و ساختار آن Z_P ۱۸۹
۵۱۲- امپدانس داخلی بدن انسان و ساختار آن Z_i ۱۹۰
۵۱۳- امپدانس کل بدن انسان Z_T ۱۹۱
۵۱۴- مقاومت آغازین بدن انسان R_i ۱۹۲
۵۱۵- مقادیر آماری امپدانس کل بدن انسان Z_T ۱۹۲
۵۲- آثار عبور جریان متناوب ۱۵ تا ۱۰۰ هرتز از بدن انسان ۱۹۴
۵۲۰-۱- کلیات ۱۹۴
۵۲۱- شدت جریان آستانه درک (Treshold of Perception) ۱۹۴
۵۲۲- شت جریان آستانه رهایی (Treshold of Let-Go) ۱۹۵
۵۲۳- شدت جریان آستانه فیبریلاسیون بطنی (Treshold of Ventricular Fibrillation) ۱۹۵

۵۲۴- آثار دیگر جریان ۱۹۶
۵۲۵- شرح نواحی ایجاد شده بوسیله جریانهای آستانه ای ۱۹۶
۵۲۶- استفاده از ولتاژهایی که از ۵۰ ولت تجاوز نمی کنند ۱۹۹
۵۲۷- ضریب جریان قلب ۱۹۹
۵۳- آثار عبور جریان مستقیم از بدن انسان ۲۰۰
۵۳۰-۱- کلیات ۲۰۰
۵۳۱- شدت جریان (مستقیم) آستانه درک (Treshold of Perception) ۲۰۰
۵۳۲- شدت جریان (مستقیم) آستانه رهایی (Treshold of Let-Go) ۲۰۱
۵۳۳-جریان (مستقیم) آستانه فیبریلاسیون بطنی reshold of Ventriculare Fibrillation) ۲۰۱
۵۳۴- آثار دیگر جریان مستقیم ۲۰۱
۵۴- آثار عبور جریان متناوب با فرکانس بیش از ۱۰۰ هرتز از بدن انسان ۲۰۳
۵۴۰-۱- کلیات ۲۰۳
۵۴۱- آثار عبور جریان متناوب با فرکانس ۱۰۰ هرتز تا ۱۰۰۰ هرتز از بدن انسان ۲۰۳
۵۵- اثر عبورجریانهایی غیر از جریان متناوب و جریان مستقیم از بدن انسان ۲۰۳

فصل ششم - حفاظت در برابر برق گرفتگی
۶۰۰- پیشگفتار ۲۰۷
۶۰۰-۱- ملاحظات عمومی ۲۰۷
۶۰۱- ساختار کلی فصل و اهداف آن ۲۰۹
۶۰۲ - انسان، برق، محیط زیست - عوامل برقزدگی ۲۱۲
۶۰۳- روشهای حفاظت در برابر برق گرفتگی ۲۱۲
۶۰۳-۰- پیشگفتار ۲۱۲
۶۰۳-۱- گروهبندی انواع برق گرفتگی ۲۱۳
۶۱- حفاظت در برابر تماس مستقیم یا حفاظت در بهره برداری عادی یا حفاظت اصلی ۲۱۴
۶۱۰- کلیات ۲۱۴
۶۱۱- حفاظت با استفاده از عایقبندی (حفاظت در برابر هر نوع تماس) ۲۱۵
۶۱۲- حفاظت با استفاده از حصارکشیها یا استفاده از محفظه ها (حفاظت در برابر هر نوع تماس) ۲۱۵
۶۱۳- حفاظت با استفاده از موانع (حفاظت در برابر تماس غیرعمد) ۲۱۶
۶۱۴- حفاظت با استقرار در خارج از دسترس (حفاظت در برابر تماس غیرعمد) ۲۱۶
۶۱۵- حفاظت اضافی با استفاده از وسایل جریان تفاضلی ۲۱۶
۶۱۶- کلاسبندی تجهیزات با توجه به حفاظت در برابر تماس مستقیم و نحوه استفاده از آن ۲۱۷
۶۲- حفاظت در برابر تماس غیرمستقیم یا حفاظت در حالت بروز اتصالی ۲۱۸
۶۲۰- کلیات ۲۱۸

۶۲۰-۱- کلاسبندی تجهیزات با توجه به مشخصه های اصلی آنها از نظر حفاظت در برابر تماس غیرمستقیم ۲۲۰
۶۲۱- حفاظت در برابر تماس غیرمستقیم با استفاده از قطع خودکار مدار ۲۲۳
۶۲۱-۰- کلیات ۲۲۳
۶۲۱-۱- اصول کلی ۲۲۵
۶۲۱-۲- همبندی برای همولتاژ کردن (خواسته عمومی) ۲۲۷
۶۲۱-۳- شرایط اختصاصی سیستم TN ۲۳۱
۶۲۱-۴- شرایط اختصاصی سیستم TT ۲۴۰
۶۲۱-۵- شرایط اختصاصی سیستم IT ۲۴۵
۶۲۱-۶- همبندی کمکی برای همولتاژ کردن ۲۵۴
۶۲۲- حفاظت در برابر تماس غیرمستقیم بدون قطع خودکار مدار ۲۵۴
۶۲۲-۰- کلیات ۲۵۴
۶۲۲-۱- پیشگفتار ۲۵۶
۶۲۲-۲- حفاظت در برابر تماس غیرمستقیم با استفاده از تجهیزات کلاس II ۲۵۶
۶۲۲-۳- حفاظت در برابر تماس غیرمستقیم اگر محیط غیرهادی (عایق) باشد) ۲۵۹
۶۲۲-۴- حفاظت در برابر تماس غیرمستقیم با استفاده از همبندی همولتاژکننده بدون اتصال به زمین ۲۶۳
۶۲۲-۵- حفاظت در برابر تماس غیرمستقیم با ایجاد جدایی الکتریکی ۲۶۴
۶۲۲-۶- نتیجه گیری کلی درباره حفاظت بدون استفاده از قطع خودکار مدار ۲۶۶
۶۳- حفاظت در برابر هر دو نوع تماس مستقیم و غیرمستقیم ۲۶۶
۶۳۰- پیشگفتار ۲۶۶
۶۳۰-۱- کلیات ۲۶۷
۶۳۱- حفاظت با استفاده از SELV (ولتاژ خیلی پایین ایمن) و PELV(ولتاژ خیلی پایین حفاظتی) ۲۶۸
۶۳۱-۱- منابع SELV (بدون اتصال زمین) ۲۶۹
۶۳۱-۲- منابع PELV (با اتصال زمین) ۲۶۹
۶۳۱-۳- خواستهای عمومی برای مدارهای SELV و PELV ۲۶۹
۶۳۱-۴- خواستهای خصوصی برای مدارهای SELV (بدون اتصال زمین) ۲۷۰
۶۳۱-۵- خواستهای خصوصی برای مدارهای PELV (با اتصال زمین) ۲۷۰
۶۳۲- سیستم FELV ۲۷۱
۶۳۲-۱- کلیات ۲۷۱
۶۳۲-۲- حفاظت در برابر تماس مستقیم ۲۷۲
۶۳۲-۳- حفاظت در برابر تماس غیرمستقیم ۲۷۲
۶۳۲-۴- پریزها و دوشاخه های مدارهای FELV ۲۷۲
۶۳۲-۵- نکات اضافی در مورد سیستمهای SELV، PELV و FELV ۲۷۲

پیوست ۱- بحثی توجیهی درباره اجزای تشکیل دهنده زمین و نقش آنها در برقگرفتگی
6P1-۰- کلیات ۲۷۳

پیوست ۲- نحوه تقسیم ولتاژ در طول هادی حفاظتی نسبت به زمین درصورت بروز اتصال کوتاه بین هادیهای فاز و حفاظتی در سیستم TN
6P2-۰- کلیات ۲۷۹
6P2-۱- تقسیم ولتاژ در طول هادی حفاظتی در سیستم TN با یک اتصال به زمین در مبدا ۲۷۹
6P2-۲- ولتاژ در طول هادی حفاظتی در سیستم TN با چند اتصال به زمین (اتصال زمین مکرر) ۲۷۹

پیوست ۳- تماس با هادی PEN در یک سیستم نامتعادل TN-C ، سبب برقگرفتگی نخواهد شد
6P3-۰- کلیات ۲۸۱
6P3-۱- ولتاژ در طول هادی حفاظتی در سیستم TN که در آن سطح هادیهای فاز و PEN یکی است ۲۸۱
6P3-۲- ولتاژ در طول هادی حفاظتی در سیستم TN که در آن سطح هادی فاز و PEN یکی نیست ۲۸۳

پیوست ۴- محاسبه حداقل جریان اتصال کوتاه فاز به هادی حفاظتی (Ia) و نحوه مقایسه آن با جریان اسمی لوازم حفاظتی (In) برای اطمینان نسبت به عمل آنها در زمان مجاز (۰،۴ ثانیه یا ۵ ثانیه)
6P4-۰- کلیات ۲۸۵
6P4-۱- نحوه مقایسه Ia با Ip برای اطمینان از کارآیی سیستم حفاظتی در برابر برقگرفتگی ۲۸۶
6P4-۲- محاسبه امپدانس حلقه اتصال کوتاه (Zs) و شدت جریان اتصال کوتاه (Ia) ۲۹۶
6P4-۳- مثال عددی برای محاسبه حداقل جریان اتصال کوتاه و کنترل کارآیی لوازم حفاظتی ۳۰۶

پیوست ۵- در سیستم TN مدارهای ۰،۴ ثانیه و ۵ ثانیه را به علت خطراتی که از نظر برق گرفتگی به وجود می آورند نباید از یک تابلو تغذیه نمود.
6P5-۰- کلیات ۳۱۵
6P5-۱- مدارهای ۰،۴ ثانیه ۳۱۵
6P5-۲- مدارهای ۵ ثانیه ۳۱۷
6P5-۳- اشکالات تغذیه مدارهای ۰،۴ ثانیه و ۵ ثانیه از یک تابلو ۳۱۷
6P5-۴- در مورد مدارهای ۰،۴ ثانیه و ۵ ثانیه که در یک فضا قرار دارند چه کار باید کرد ۳۱۷

پیوست ۶- ولتاژ هادی حفاظتی نسبت به جرم کلی زمین در صورت بروز اتصال کوتاه بین یک فاز و یک هادی بیگانه که در همبندی شرکت ندارد در سیستم TN
6P6-۰- کلیات ۳۲۱

پیوست ۷- خطراتی که در اثر پاره شدن هادی حفاظتی/خنثا PEN در سیستم TN بوجود می آید
6P7-۰- کلیات ۳۲۵

پیوست ۸- حفاظت در برابر برق گرفتگی با استفاده از وسایل حفاظتی با ولتاژ عامل اتصال کوتاه
6P8-۰- کلیات ۳۲۹
6P8-۱- نحوه استفاده و خواص وسایل حفاظتی با ولتاژ عامل اتصال کوتاه (FU) ۳۲۹

پیوست ۹- استفاده از وسایل حفاظتی جریان تفاضلی با جریان عامل ۳۰ میلی آمپر یا کمتر به عنوان تنها وسیله حفاظت در برابر تماس مستقیم ممنوع است .
6P9-۰- کلیات ۳۳۳
6P9-۱- عدم کارآیی وسایل حفاظتی جریان تفاضلی در برخی از موارد ۳۳۳

پیوست ۱۰- بررسی سیستمهای TN-C و TN-S از نظر سازگاری با سیستمهای الکترونیکی ساختمانها
6P10-۰- کلیات ۳۳۵
6P10-۱- مقایسه سیستمهای TN-C و TN-S از نظر پخش امواج الکترومغناطیسی ۳۳۶

فصل هفتم - حفاظت مدارها در برابر اضافه جریان

۷۰۰- پیشگفتار ۳۳۷
۷۱- حفاظت در برابر اضافه بار ۳۴۱
۷۱۰- کلیات ۳۴۱
۷۱۱- شدت جریان طرح I_B ۳۴۴
۷۱۱-۱- تعیین g برای برآورد کل درخواست یک ساختمان (محل تحویل نیرو - محل انشعاب) ۳۴۶
۷۱۱-۲- تعیین g برای برآورد قسمتی از یک ساختمان (یک تابلوی نیروی میانی یا فرعی) ۳۴۶
۷۱۱-۳- تعیین g برای مدارهای پریز ۳۴۷
۷۱۲- شدت جریان اسمی وسیله حفاظتی I_n ۳۵۲
۷۱۲-۱- وسایل حفاظتی غیرقابل تنظیم Non-adjustable Protective Devices ۳۵۲
۷۱۲-۲- وسایل حفاظتی قابل تنظیم Adjustable protective Devics ۳۵۴
۷۱۳- شدت جریان مجاز حرارتی مداوم کابلها و هادیها ۳۵۶
۷۱۴- جریانی که عمل کلید یا فیوز را تضمین می کند ۳۵۶
۷۱۵- انتخاب و محاسبه عملی مدارها با توجه به جریان مجاز و لزوم اعمال ضرایب تصحیح برای دما و همجواری ۳۶۱
۷۱۵-۰- مقدمه ۳۶۱
۷۱۶- مسایل جنبی در انتخاب و محاسبه مدارها با توجه به جریان مجاز ۳۶۲
۷۱۶-۰- کلیات ۳۶۲
۷۱۶-۱- محل نصب وسیله حفاظتی در برابر اضافه بار ۳۶۲
۷۱۶-۲- موارد حذف وسیله حفاظتی در برابر اضافه بار ۳۶۳
۷۱۶-۳- موارد حذف یا تغییروسیله حفاظتی در برابر اضافه بار در سیستمهای IT ۳۶۴
۷۱۶-۴- حذف وسیله حفاظتی در برابر اضافه بار با نیت جلوگیری از بی برق شدن مدار ۳۶۴
۷۱۶-۵- شرایط نصب چند کابل به موازات همدیگر از نظراضافه بار ۳۶۵
۷۱۷- حفاظت در برابر اتصال کوتاه ۳۶۵
۷۱۷-۰- کلیات ۳۶۵
۷۱۷-۱- مختصری درباره محاسبه حداکثر شدت جریان اتصال کوتاه ۳۶۷
۷۱۷-۲- اثر دینامیکی جریان اتصال کوتاه ۳۶۹

۷۱۷-۳- اثر حرارتی جریان اتصال کوتاه ۳۶۹
۷۱۷-۴- شاخصه های اصلی وسایل حفاظت در برابر جریان اتصال کوتاه ۳۷۲
۷۱۷-۵- نحوه محاسبه حداکثر زمان قطع مجاز وسایل حفاظت در برابر جریان اتصال کوتاه ۳۷۲
۷۱۷-۶- وسایل محدودکننده توان اتصال کوتاه ۳۷۳
۷۱۷-۷- اتصال کوتاه با زمان قطع بسیار کوتاه و حفاظت بشتیبان ۳۷۳
۷۱۷-۸- موارد حذف حفاظت در برابر اتصال کوتاه ۳۷۵
۷۱۸- حفاظت هادیهای فاز در برابر اضافه جریان ۳۷۵
۷۱۹- حفاظت هادی خنثی ۳۷۶
۷۱۹-۰- پیشگفتار ۳۷۶
۷۱۹-۱- حفاظت هادی خنثی در سیستمهای TN و TT ۳۷۶
۷۱۹-۲- حفاظت هادی خنثی در سیستم IT ۳۷۷
۷۱۹-۳- قطع و وصل هادی خنثی ۳۷۷
۷۲۰- هماهنگی حفاظتهای اضافه بار و اتصال کوتاه ۳۷۷
۷۲۰-۱- حفاظت در برابر اضافه بار و اتصال کوتاه با استفاده از یک وسیله ۳۷۷
۷۲۱- محدود شدن جریانهای اضافه بار و اتصال کوتاه به علت مشخصه های مدار ۳۷۸

پیوست ۱- مفاهیم و تعریفهای مربوط به برآورد بار
7P1-۱- تعریفها ۳۷۹

پیوست ۲- انتخاب و محاسبه جریان مجاز مدارها با استفاده از روش IEC364-5-523) (فشار ضعیف)
7P2-۰- کلیات ۳۸۷
7P2-۱- ملاحظات عمومی ۳۸۷

پیوست ۳- انتخاب و محاسبه جریان مجاز مدارها با استفاده از جدولهای خلاصه VDE 0100
7P3- ۰- کلیات ۳۹۹
7P3-۱- مطالب مربوط به جدول 7P3-۱ ۴۰۰
7P3-۲- جدولهای 7P3-۲ و 7P3-۳ و 7P3-۴ ۴۰۰
7P3-۳- ضرایب تصحیح برای جدولهای 7P3-۲ و 7P3-۳ ۴۰۱

پیوست ۴- حداقل سطح مقطع هادیها (فشار ضعیف)
7P4-۰- کلیات ۴۰۷
7P4-۱- هادیهای برقدار ۴۰۸
7P4-۲- هادی حفاظتی (PE) و هادی مشترک حفاظتی/خنثا (PEN در سیستم TN) ۴۰۹
7P4-۳- هادی اتصال به زمین (E) ۴۱۱
7P4-۴- هادیهای همبندی برای هم‌پتانسیل کردن (PA) ۴۱۲

فصل هشتم – افت ولتاژ در مدارها

۸۰۰– پیشگفتار ۴۱۳
۸۰۱– استاندارد افت ولتاژ در مدارهای فشار ضعیف طبق IEC 60038 ۴۱۳
۸۰۲– تأثیر شاخصه های مدار در افت ولتاژ ۴۱۷
۸۰۳– محاسبه افت ولتاژ ۴۱۸
۸۰۴– مطالبی درباره مقاومت ۴۲۱

پیوست ۱ – نحوه محاسبه افت ولتاژ در یک خط با نقاط متعدد برداشت نیرو در طول آن

8P1–۰– کلیات ۴۲۳
8P1–۱– محاسبه افت ولتاژ در یک خط با نقاط برداشت متعدد و سطح مقطع ثابت ۴۲۴
8P1–۲– محاسبه افت ولتاژ در یک خط با چند نقطه برداشت در دو حالت ۴۲۶

پیشگفتار نویسنده

کتابی را که در پیش رو دارید ، حاصل چند سال تلاش است که از هر لحظه نوشتن آن لذت برده ام . فکر اولیه نوشتن کتاب پس از انتشار "آیین نامه ایمنی تأسیسات الکتریکی ساختمانها" – استاندارد شماره ۱۹۳۷ مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، بوجود آمد و پس از انتشار مبحث ۱۳ از مقررات ملی ساختمان ، "طرح و اجرای تأسیسات برقی ساختمانها" ، قوت گرفت تا اینکه موقعیت برای عرضه آن آماده به نظر آمد .

مخاطبین اصلی کتاب مهندسان برق و مخصوصا" آنهایی هستند که دست اندرکار طرح و اجرای تأسیسات برقی ساختمان می باشند ، تا در تهیه طرحها ، کمک آنها باشد .

کتاب به طور کامل در هیچ یک از طبقه بندیهای کتابهای فنی از آموزشی و مقرراتی و آیینامه ای و مانند آنها جای نمی گیرد اما کمابیش بی شباهت به همه آنها هم نیست .

مایلم به این نکته اشاره نمایم که غالبا" به سیستم آموزش عالی ما این ایراد گرفته می شود که به دانش آموختگان دانشگاههای آن، آموزش عملی کافی داده نمی شود . جز در مدارس اختصاصی یک صنعت (مانند برق ، آب ، نفت و مشابه آنها) که همه افراد مورد آموزش را در خود جذب می کنند، در مدارس عالی عمومی، بیشتر به آموزش علمی اکتفا می گردد تا بعدا در بازار کار ، با توجه به رشته مورد علاقه انتخابی هر فرد ، تعلیمات عملی را ضمن خدمت فراگیرند.

امید است که ، با توجه به مطالب بالا ، این کتاب برای آنهایی که تأسیسات برقی را به عنوان شغل خود انتخاب می کنند ، قابل استفاده باشد .

در هر حال هدف اصلی از نوشتن این کتاب ، کمک به استفاده کنندگان مقررات مبحث ۱۳ از طریق شناساندن بخشی از استاندارد IEC 60364 (تأسیسات الکتریکی ساختمانها) و دیگر مدارک تهیه شده به وسیله کمیته فنی IEC-TC-64 است زیرا مطالب کتاب با توضیحاتی همراه است که مقررات فاقد آن است .

در این میان مطالب مختلفی در متن گنجانده شده است که ممکن است برای خوانندگان غیرفارسی زبان ، ضروری نباشد زیرا سیستم آموزشی در خارج از کشور که مهندسان را از آغاز با کدها و مقررات آشنا می کند، با آنچه در کشور ما معمول است تفاوت بسیار دارد .

بدیهی است مراجعات فراوانی به منابع مختلف داشته ام و از آنها ، برداشتهای بزرگ و کوچک کرده ام در این بین یک مرجع که مشوق من در تهیه کتاب حاضر نیز بوده است کتاب آقای Wilhelm Rudolph بنام Safety of Electrical Installations up to 1000 Volts است که بوسیله VDE Verlag, در سال ۱۹۹۰ منتشر شده است . مراجعی که مورد استفاده بوده اند در جای خود ذکر شده اند . البته این لیست کامل نمی باشد .

توصیه می شود در همه مواردی که به استانداردها اشاره شده است ، در صورت امکان به آخرین چاپ آنها مراجعه شود تا جدیدترین ویرایش آنها مورد استفاده قرار گیرد .

با دوستان و همکاران زیادی پیرامون مطالب کتاب بحث کرده و از نظرات و راهنماییهای آنها استفاده کرده ام از آن میان دوستان قسمت برق شرکت خانه سازی ایران بزرگترین سهم را دارند که از تک تک آنها تشکر می کنم .

از همکاران عضو کمیته تخصصی مبحث ۱۳ که پیش نویس کتاب را تصحیح نموده و نظرات سازنده ای را ابراز داشتند، آقایان **مهندس یونس قلی زاده طیار ، مهندس رحیم سلیمان آذر، دکتر احمد الهی طا لقانی و مهندس یعقوب آصفی**، عمیقاً ممنونم.

آلدیک موسسیان

تاریخچه ای کوتاه

درباره پیدایش آئین نامه های برق

در دنیا و ایران

۰۰-۱ پیشگفتار

در زمان نوشتن این سطور ، تعریف جامعی برای تفکیک مدارک مختلف فنی از یکدیگر وجود نداشت. کسانی که با انواع مدارک فنی درگیرند می دانند که در دنیای واقعی فعالیتهای مهندسی ، مهندسان با انواع مدارکی سرو کار دارند که هدف آنها با توجه به محدوده کاربرد و درجه نفوذ قانونی ، متفاوتند . از آن جمله اند :

قانون، مقررات، آیین نامه، استاندارد، مشخصات فنی، مشخصات عمومی، آیینامه اجرایی و انواع دیگری که ممکن است وجود داشته باشند .

مدارک خارجیان که مشابه مدارک یاد شده در بالا می باشند. برای مثال در زبان انگلیسی عبارتند از :

Law, Standard , Code, Code of Practice, Specification و مدارک مشابه دیگر. هدف این نیست که وارد بحثی شویم که تفاوت مقررات با آیین نامه را مشخص کند یا کاربرد هر کدام از آنها را بیان نماید . وانگهی حتی در ممالک مختلف انگلیسی زبان ، ممکن است معنای این کلمات و درجه نفوذ قانونی آنها با هم متفاوت باشند .

مثلاً تا جایی که به تاسیسات الکتریکی برمی گردد National Electrical Code (آمریکا) تا زمانی که یکی از مراجع قانونی (مانند شهرداری یک شهر که ایمنی تاسیسات الکتریکی ساختمانهای آن باید طبق مقررات مصوب آن شهر باشد) آنرا مورد قبول خود اعلان نکند ، ارزش قانونی در آن شهر ندارد.

در بریتانیا IEE Regulations for Electrical Installations در بیشتر نقاط کشور نافذ است . در این کشور کلمه Code بیشتر در حوزه شمول Standard مورد استفاده می باشد .

در آلمان VED 0100 در همه مملکت نفوذ دارد و ترجمه آنرا Regulation عنوان می کنند. و در کشور ما که از سال ۱۳۷۲ مبحث ۱۳ از مقررات ملی ساختمانی ایران "طرح و اجرای تاسیسات برقی ساختمانها" ناظر بر تاسیسات برقی می باشد، هنوز به قدرتی که عموم ملزم به رعایت آن شوند، نرسیده است .

تا جایی که به کشور ما مربوط می شود، در حال حاضر یکی از بحثها ، تعیین مرزی بین "مقررات" و "آیین نامه" است. از نظر این کتاب "آیین نامه" مدرکی است که کلیه مطالب مربوط به تاسیسات را در بر می گیرد گواینکه نفوذ قانونی آن به اندازه "مقررات" نیست و "مقررات" مدرکی است قانونی و لازم الاجرا که ممکن است همه یا بعضی از مطالب موجود در

"آیین نامه" را دربرگیرد . در حال حاضر در ایران "آیین نامه"ای معتبر برای برق وجود ندارد (استاندارد شماره ۱۹۳۷ مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران بنام "آیین نامه ایمنی تاسیسات الکتریکی ساختمانها" را باید مورد تجدیدنظر اساسی قرار داد.)

۰۰– ۲ – پرچمداران آیین نامه الکتریکی در دنیا

در اواخر قرن ۱۹ میلادی که برق از روشنگری خیابانهای بعضی از شهرهای دنیا نفوذ خود را به داخل خانه ها و ساختمانها آغاز کرد ، به فوریت احساس شد که به نوعی مقررات برای جلوگیری از آتش سوزیهای ناشی از برق احتیاج می باشد . در این زمان شرکتهای بیمه بودند که مشوق تهیه آیین نامه هایی برای ایمنی در استفاده از برق شدند. در روزهای اول استفاده از برق ، برقگرفتگی چاره ناپذیر انگاشته می شد و هنوز روشهای ایمنی در این مورد مانند امروز ابداع نشده بود و آتشسوزی تهدید اصلی برق به حساب می آمد . حجم اولین آیین نامه ها و مقررات چندصفحه ای بیش نبود در حالی که اکنون هر یک تبدیل به مجلدی حجیم شده است .

از نظر تاریخی، مقررات الکتریکی معتبر ، به ترتیب زیر ظاهر شدند:

- در انگلستان اولین چاپ مقررات در سال ۱۸۸۲ منتشر شد ;
- در آلمان مقررات مشابه در سال ۱۸۹٦ چاپ شد ;
- در آمریکا تاریخ چاپ اولین کد الکتریکی به سال ۱۸۹۷ برمی گردد;
- در فرانسه نیز شروع سنت مقررات برق به قرن نوزدهم بر می گردد ولی در سال ۱۹۱۱ بود که این مقررات توسط **Union des Syndicats de electricite** چاپ شد و بعد از تحولاتی در حال حاضر به عنوان استاندارد ملی آن کشور با نام **NF C 15-100** منتشر می شود.

چهار کشوری که در بالا نام برده شدند به صورت کشورهای سنت گذار در تهیه مقررات برقی شناخته می شوند. بقیه کشورهای صنعتی دیر یا زود ، به طور کامل یا به صورت اقتباس از مقررات این کشورها برای مقررات ملی خود استفاده کردند . در این بین نحوه نگرش آمریکائی ها با برداشت ممالک اروپایی فرق بسیار یافت و اینک مقررات آن با اروپائیان تفاوت بسیار دارد . در اینجا تحولات در اروپا را دنبال خواهیم کرد.

۰۰–۳ – ظهور IEC (International Electrotechnical Comission)

پرداختن به بخشی کوچک از تاریخ پیشرفت بشر، بی اشکال نیست . در حقیقت پشتوانه هر قدمی که بشر برداشته و برمی دارد ، کل گذشته بشر است . بنابراین ممکن است مطالبی که در اینجا عنوان می شوند ناقص به نظر آیند.

به طور خلاصه یکی از اشکالاتی که برای جوامع بشری هم در تجارت و هم در مهندسی وجود داشته و دارد ، استفاده از سیستمهای مختلف اندازه گیری است که در حال حاضر عملاً منحصر به دو سیستم شده است که یکی "متریک" و دیگری "امپریال" یا به اصطلاح "بریتانیایی یا انگلیسی" نام دارند . شکی نیست که سیستم متریک – در حال حاضر – حتی از نظر صاحبان سیستم "امپریال" برتری دارد اما به دلایلی هم اکنون در سطح اجتماعی تبدیل سیستم "امپریال" به متریک کامل نشده است و علت اصلی این کار علاوه بر مسایل اقتصادی ، سنت شکنی می باشد که لازمه انجام این

گونه تحولات در اجتماعات بشری است . (در حال حاضر تنها آمریکا است که هنوز از سیستم امپریال استفاده می کند ولی اقداماتی را برای پیوستن کامل به سیستم متریک انجام داده است هر چند که تکمیل این موضوع ممکن است سالها طول بکشد .)

ناگفته نماند که سیستم متریک در طول سالها دچار تحولات بوده و امروز نام رسمی آن سیستم **SI** است. البته علوم به طور کلی و در آن میان برق ، از این مسایل فارغ بوده اند . از روز اول یکاهای اندازه گیری الکتریکی در همه دنیا بر اساس سیستم متریک و با تعریفی مشخص مورد استفاده بوده اند گو اینکه هر یک از مقیاسها در طول زمان با پیشرفت تکنولوژی تغییرات مختصری یافته اند ولی می توان گفت که مقدار "آمپر" که واحد اصلی اندازه گیری در سیستم متریک است، باوجود تغییری که در تعیین دقیق مقدار آن بوجود آمده ، اولاً در عمل تفاوت چندانی با مقدار اولیه خود ندارد و در ثانی در هر زمان در تمامی دنیا تعریف آن ثابت و بر اساس سیستم متریک بوده و هست . چطور چنین چیزی ممکن شده است؟ دانشمندان از دیرباز برای تبادل افکار و اطلاعات خود حتی در مورد پدیده هایی ناشناخته یا کم آشنا مانند برق که در روزهای اول آشنایی با آن هیچگونه استفاده عملی برای آن پیش بینی نمی شد ، احتیاج به آحاد اندازه گیری داشتند که در عمل در اجتماعات بین المللی بین خود ، در این باره تصمیم گیری و توافق می کردند . برای برق مهمترین مرجع تصمیم گیری ، "کنگره بین المللی برق" (International Electrical Congress) بود که اولین آن در سال ۱۸۸۱ و سپس به ترتیب در سالهای ۱۸۸۹ ، ۱۸۹۳ و ۱۹۰۰ تشکیل شدند. این کنگره ها مخصوص دانشمندانی بود که در برق کار می کردند و هنوز مهندسی برق شکل مشخصی به خود نگرفته بود.

در کنگره سال ۱۹۰٤ که در شهر سنت لوئیز آمریکا منعقد گردید، دیگر برق به قدری شناخته شده بود که پتانسیل استفاده از آن در آینده بر همه شرکت کنندگان مشخص شده بود و در این کنگره پیشنهاد شد که مرجعی بین المللی برای استاندارد کردن لوازم ، روشها ، مقررات و آزمونهای برقی و ایجاد ترمینولوژی یا فرهنگ الکتریکی و تعریفهای مربوط به برق بوجود آورده شود.

در این کنگره تاسیس **IEC** پیشنهاد شد و در سال ۱۹۰٦ مؤسسین **IEC** در لندن همایشی داشتند که نتیجه آن تشکیل اولین جلسه شورای اجرایی در سال ۱۹۰۸ در همان شهر گردید . از این به بعد بود که مهندسین ، کار تعمیم برق را به دست گرفتند .

ملاحظه می شود که از تدوین اولین مقررات الکتریکی در ممالک صنعتی تا ظهور **IEC** زمان زیادی نگذشته است اما سالها طول کشید تا **IEC** قدم پیش گذارد و وارد گود تهیه مقررات الکتریکی ساختمانها شود . در شورای **IEC** در طول سالها ، بارها مسئله لزوم تدوین مقررات بین المللی برای تاسیسات الکتریکی ساختمانها مطرح شده بود ولی شورا هر بار به دلایل مختلف شرایط را برای این کار مناسب ندید . تا اینکه در سال ۱۹٦۵ ، **IEC** تصمیم گرفت مطالعات اولیه ای را برای شروع کار تدوین مقررات انجام دهد . و اما یک سال بعد یعنی در سال ۱۹٦٦ یونسکو (سازمان تربیتی ، علمی و فرهنگی سازمان ملل متحد **Unesco**) از متخصصین شناخته شده دنیا دعوت کرد تا درباره لزوم تهیه مقررات بین المللی در زمینه برق بحث شود . متخصصین حاضر در این مجمع توصیه کردند که یونسکو از طریق مؤسسات

بین المللی اقدام به این کار کند و در نتیجه ، IEC در تصمیم خود برای تهیه مقررات تاسیسات الکتریکی راسخ‌تر شد . از آن زمان به بعد مدارک زیادی در زمینه تاسیسات الکتریکی توسط IEC منتشر شده است .

ناگفته نماند که ISO یا مرجع کل استانداردهای بین المللی ، از سال ۱۹۴۷ شروع به فعالیت نمود اما این سازمان استاندارد برقی منتشر نمی کند زیرا IEC که حدود نیم قرن پرسابقه تر از ISO است عهده دار این کار است و در واقع بازوی برقی ISO به شمار می آید.

از طرفی در اثر تحولاتی که منجر به تشکیل اتحادیه اروپا (EC) گردید ، همکاری بیشتری را بین ملل این اتحادیه بوجود آورد . سه کشور اروپایی صاحب نام در تهیه آیینامه های الکتریکی ساختمانها (بریتانیا - آلمان - فرانسه) که هر سه عضو این اتحادیه می باشند ، صلاح در این دیدند که از نظر هماهنگی ، مقررات ملی خود را بر طبق مقررات IEC تنظیم کنند (که خودشان هم اعضای صاحب نام این سازمان هستند) . نتیجه اینکه چاپهای جدیدتر آیینامه های ملی در این کشورها که به تناوب هر سه چهارسال تجدید می شوند، به تدریج شبیه مدارک IEC می گردند و تمیز دادن آنها با مدارک مشابه IEC ، مشکلتر می شود . بدون شک اگر روابط به ترتیب فعلی باقی بماند، در آینده ای نزدیک این مقررات یکی خواهند شد . منطق هم همین را حکم می کند.

حال ببینیم نتیجه ای که عاید ما خواهد شد چیست . ایران از دیرباز در زمینه برق به صورتی غیررسمی پیرو استانداردهای آلمان بوده است و در کشور ما به این استانداردها بیش از سایرین استناد شده است . با در نظر گرفتن نزدیکی آیینامه های کشورهای یاد شده با مشابه IEC ، دنبال کردن استانداردهای IEC جز منفعت چیز دیگری به همراه نخواهد داشت مخصوصاً اینکه ما را از دنباله روی یک کشور به دنباله روی یک سازمان بین المللی تبدیل خواهد کرد.

در پایان لازم است یادآوری نماید که تا حدود دو دهه پیش ، ایران یکی از اعضای IEC بود ولی از آن پس تا حدود دو سال پیش با آن سازمان قطع رابطه کرده بود. اینک که ارتباط با IEC از سر گرفته شده است ، دسترسی به مدارک IEC ساده تر خواهد شود و از آن مهمتر اینکه اطلاعات دست اول از برنامه ها ، فعالیتها و مذاکرات انجام شده در کمیته های فنی (TC) و علل این یا آن تصمیم ، در دسترس ما خواهد بود.

افرادی به اهمیت داشتن این گونه اطلاعات و ارتباطات برای توسعه برق کشور واقفند که قبلاً رابطه نزدیکتری را با IEC آزمایش کرده باشند.

۰۰-۴ - وضعیت آیین نامه و مقررات تاسیسات برقی ساختمان در ایران

از نظر مراعات آیینامه با مقررات برقی در ایران ، وضعیت موجود را می توان به دو بخش کرد:

- ساختمانهایی که بودجه آنها بوسیله سازمان برنامه تأمین می شود (ساختمانهای دولتی) ؛
- طرحهایی که بودجه آنها بوسیله مردم تأمین می شود (ساختمانهای خصوصی) .

۰۰-۴-۱- ساختمانهایی که با بودجه های عمرانی سازمان برنامه ساخته می شوند.

در بند ۱۰۰-۲ درباره ظهور مهندسان مشاور و نقش سازمان برنامه در این کار اشاراتی شده است . در اینجا لازم است یادآور شود که خواه ناخواه ، مهندسین مشاور خارجی و وارثین آنها به تبع مقررات ملی شان ، در ایران هم روشهایی را وارد کارهای خود کردند که تا به امروز هم در طرحهایی که بودجه آنها را سازمان برنامه تأمین می کند، تا حدودی مراعات می شود .

سازمان برنامه کارهایی را که در زمینه برق انجام می شد در نشریه ای بانام – "مشخصات فنی عمومی و اجرایی تأسیسات برقی" ، نشریه شماره ۱۱۰ - جمع آوری کرد که برای طرحهای آن سازمان لازم ا لاجرا است . لازم است توجه شود که مدرک نامبرده بیش از هر چیز دیگر جنبه "مشخصات فنی" دارد و نباید انتظار داشت که نقش "مقررات" یا "آیین نامه" را نیز بازی کند.

۰۰-۴-۲ - ساختمانهایی که با بودجه های خصوصی ساخته می شوند .

کسانی که در تأسیسات الکتریکی سابقه ای دارند جای خالی مقررات برقی در سطح عمومی را احساس می کنند. اما جماعتی که به "بساز - بفروش" معروف می باشند ، وجود هر نوع کنترل را خلاف منافع خود می دانند. البته هرگونه مقرراتی که در درجه اول با هدف ایجاد ایمنی وضع شود ، بدون شک مقداری مخارج اضافی نسبت به حالت "بی مقرراتی" به بار می آورد که با نفس هدف "بساز بفروش"ها که کسب هر چه بیشتر سود است، در تضاد می باشد.

با در نظر گرفتن این مسائل بود که بالاخره دولت قدم جلو گذاشت و با توجه به نقش آن در حفظ منافع عمومی و تأمین ایمنی در جامعه ، دست به کار شد .

وزارت مسکن و شهرسازی از حدود ۱۵ سال پیش به طور جدی شروع به انتشار مدارکی به نام "مقررات ملی ساختمانی ایران" نمود که شامل همه جنبه های ساختمان است که به صورت مباحث جداگانه منتشر می شود . مبحث ۱۳ از مقررات ملی ساختمان ، به نام "طرح و اجرای تاسیسات برقی ساختمان ها " است. این مدرک بر اساس آیین نامه of Electrical Installations Buildings " استاندارد IEC 364 که مدرک اصلی در زمینه تاسیسات برق IEC ، است تنظیم شده است . امید است روزی فرا رسد که علاوه بر مقررات مبحث ۱۳ ، آیین نامه معتبری بر اساس همان مدارک IEC تهیه شود و پیوسته در حال ویرایش و تجدید چاپ باشد.

اما قبل از اتفاقات اخیر ، "مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران" بود که در سال ۱۳۵٦ اقدام به تهیه "آیین نامه الکتریکی ساختمانها" ، استاندارد ملی شماره ۱۹۳۷ ، نمود . این آیتنامه بدون داشتن متولی و پشتوانه قانونی معتبر ، خیلی زود فراموش شد و امروز کمتر کسی از وجود آن باخبر است . استاندارد شماره ۱۹۳۷ ، تماما" بر اساس استاندارد IEC 364 تهیه شده بود که به علت کامل نبودن مدارک IEC در آن زمان، ناقص و به طور کامل قابل استفاده نمی باشد.

۰۰-۴-۳ - نگاهی به آینده

نظر به اهمیت و اعتباری که کار IEC به طور کلی و IEC 364 به طور خصوصی در دنیا پیدا کرده و گرایش کشورهای سابقه دار مخصوصاً آنهایی که در انتشار مقررات تاسیسات برق دست داشتند و دارند به استانداردهای بین المللی به جای استانداردهای ملی ، می توان به طور قطع و یقین پیش بینی نمود که آینده آیین نامه و مقررات تاسیسات برقی در دست این سازمان خواهد بود .

حتی آمریکا با وجود موقعیت خاص و توانایی های اقتصادی و فنی خود، آخرسر چاره ای جز پیوستن به بقیه دنیا ، نخواهد داشت .

یادآوری - مدتی است که فعالیت در جهت پذیرش سیستم متریک در آمریکا آغاز شده است . البته مدتی طولانی سپری خواهد شد تا این مسئله همه گیر شود ولی همین ، آغازی برای پذیرفتن تدریجی بقیه زمینه های جهانی استاندارد و از جمله آیین نامه ها و مقررات تاسیسات برق در آینده ای دور است .

۰۰-۵ - اطلاعات متفرقه

۰۰-۵-۱ - شرح کلمات اختصاری

در بیشتر مطبوعات تخصصی خارجی ، به صورت اختصاری اشاره به استانداردها و دیگر مدارک ملی و بین المللی می شود که خوانندگان نام آشنا نام یا اصطلاح کامل آن را نمی شناسند و لذا ردگیری آن مدارک مشکل می شود.

در اینجا ، اسامی اختصاری و کامل بعضی از انجمن ها ، اتحادیه ها ، مؤسسه ها ، سازمانها ودیگر تجمع های معروف در فعالیتهای الکتریکی برای آشنایی با آنها ذکر می شوند. برخی اصطلاحات که ممکن است هنگام مطالعه مدارک با آنها برخورد شود نیز ارائه شده اند .

ANSI = American National Standard Institute (USA)
BS = British standard (UK)
BSI = British Standard Institution (UK)
CAVE = Cable Television
CEE = International Commission on Rules for Approval of Electrical Equipment (NL)
CENELEC = European Committee for Electronical Standardization
CCIR = Comite Consultati International des Radio - Communications
CCITT = Comite Consultatif International Telegraphoque et Telephonique
CO = Central Office (IEC)
CP = Code of Practice (BSI)
DIN = Deutsche Institute fur Normung
EC = European Communities نام جدید

EEC = European Eonomic Community نام قدیم

IEC = International Electrotechnical Comission
IEE = Institution of Electrical Engineers (UK)
IEEE = Institution of Electrical and Electronic Engineers (USA)
EN = European Standard
IES = Illuminating Engineering Society (USA)
IEV = International Electrotechnical Vocabulary
IP = IEC Publication
IP = Degree of Protection (IEC 529)
IS = International Standard (of Units)
ISO = International Organization for Standization
DEMA = Deuring van Electrotechnische Materialen Arnhem (NL)
NEMA = National Electrical Manufacturers Association (USA)
NF = Norme Francaise (France)
NFPA = National Fire Protection Association (USA)
NESC = National Electrical Safety Code (USA)
NEC = National Electrical Code (USA)
SC = Sub Committee (IEC)
SI = System International (International System for Units)
TC = Technical Committee (IEC)
UL = Underwriters Laboratories (USA)
UTE = Union Technique de Ielectricite (France)
VDE = Verband Deutscher Elektrotechniker (GER)

منابع

- مقررات ملی ساختمانی ایران، مبحث ۱۳- طرح و اجرای تاسیسات برقی ساختمانها ۱۳۷۳
- ماتصا استاندارد ۱۹۳۷ - آیین نامه ایمنی تاسیسات الکتریکی ساختمانها ۱۳۵٦

- SEIP G.G; Electrical Installations Handbook (2 Vol) 1979 Siemens/Hyden
- RUDOLPH W; Safety of Electrical Installations up to 1000 Volts
- SHMELCHER T; Low Voltage Handbook 1982 Siemens
- HEINHOLD L: Power Cables and Their Application 1970 Siemens
- BS 7430 : 1991 : Code of Practice for Earthing
- C.C.I.T.T; Earthing of Telecommunication Installations 1976 ITU Geneva
- IEC 38, Ammend 1:1983 IEC Standard Voltages

IEC = 1200 - 413/53/704: 1993/94/96 Electrical Installations Guide – Tec. Reports

- IEC 50(826) International Electrotechnical Vocabulery 1982/990/95/98
- IEC 617 Graphical Symbols for Diagrams , 1983
- IEC 269; 1987, Low Voltage fuses
- SKROTAKI B.G.A; EDIT: Electrical Transmission and Distribution : McGRAW - HILL
- BEEMAN D; EDIT; Industrial Power Systems Handbook 1955 ; McGRAE - HILL
- ANSI C2 - 1993 National Electrical Safety Code
- IEC 479 Effects of Current Passing Through The Human Body 19

فصل اول
تعریفها – فرهنگ لغات – نشانه های ترسیمی

۱۰۰ – پیشگفتار

۱۰۰–۱ – تعریفها و فرهنگ لغات

برای فارسی زبانان تعریفها و معانی "اصطلاح "ها ، دردسرهای دوگانه اند .

اول اینکه در زبان فارسی اصطلاح های مشخص و استانداردی برای معادل خارجی لغات به کار رفته در برق و تاسیسات آن وجود ندارد.

دوم اینکه مقصود از "زبان خارجی" کدام زبان است : انگلیسی؟ فرانسه؟ آلمانی؟ یا زبانی دیگر؟

خوشبختانه تکلیف مسئله از دیدگاه "زبان خارجی" روشنتر است به این معنا که IEC تقریباً در همه زمینه ها دارای فرهنگ لغات است که عملاً کل طیف برق را از الکروتکنیک تا الکترونیک ، علاوه بر سه زبان رسمی IEC (انگلیسی – فرانسه – روسی) ، به زبانهای عدیده دیگر نیز می پوشاند.

در این میان زبان روسی موقعیتی استثنایی دارد . این زبان یکی از سه زبان رسمی IEC است ولی همه مدارک کاری IEC و همینطور استانداردهای چاپ شده آن به دو زبان انگلیسی و فرانسه است .

در هر حال گفته شد که در بعضی زمینه ها مانند تاسیسات ، IEC دارای فرهنگی شامل زبانهای مختلف است . متأسفانه زبان فارسی یکی از این زبانها نیست.

در هر صورت مانند بسیاری از زمینه های دیگر ، کتاب آقای Wilhelm Rudolph (مقدمه کتاب) در زمینه تعریفهای ارائه شده در اینجا منبع اصلی بوده است .

فرهنگ IEC به نام International Electrotechnical Vocabulary به شماره IEC 50 در چند جلد شامل همه اصطلاح های موجود است و بخش IEC 50(826) آن حاوی اصطلاح های جمع آوری شده مربوط به تاسیسات می باشد . علاوه بر این از بخشهای زیر برای فرهنگ لغات استفاده شده است :

- IEC 50 (441) Switchgear, Controlgear and fuses;
- IEC 50 (461) Electric cables;
- IEC 50 (486 DRAFT) Storage batteries.

سعی شده است تا حد امکان از اصطلاح های متداول استفاده شود به شرطی که غلط یا اشتباه به نظر نیایند . در هر حال اگر خواننده تردید کند، می تواند به اصطلاح های انگلیسی معادل مراجعه نماید.

۱۰۰-۲- نشانه های ترسیمی

شروع جدی امر "مهندسی مشاور" در ایران به حدود نیم قرن پیش باز می گردد . کسانی که به این موضوع علاقه مندند و مایل به مطالعه در این زمینه می باشند باید به بایگانیهای راکد "سازمان برنامه" مراجعه کنند و به زمانی برگردند که هنوز "بودجه" به آخر نام آن اضافه نشده بود.

منظور از یادآوری این مسایل این است که در آن زمان مهندسان مشاور خارجی از کشورهای مختلف برای همه زمینه های مهندسی به ایران دعوت شدند و این امر سبب شد که ایرانیان با روشهای "مهندسی مشاور" آشنا شوند و پس از آنکه خارجیها به وطن خود بازگشتند سنت "مشاوره" در ایران ادامه یافت . در زمینه برق از کشورهای آمریکا و فرانسه و آلمان مشاورینی فعالیت داشتند که وارثین آنان با روشهای خود آنها به کار ادامه دادند . البته بعدها تغییرات زیادی داده شد که اینک وجود آن مشاوران خارجی برای تازه واردان به حرفه اصلاً محسوس نیست ولی به دلایل مختلف "نشانه های ترسیمی" که موضوع بحث فعلی ما است مانند بسیاری از وجوه دیگر مهندسی مشاور ، به وضعی ناهنجار دچار شد . هر کس ساز خود را می زد و می زند و چه بسا مهندسی که با نشانه های مانده از سیستمهای آمریکایی "رشد" یافته است با زحمت نقشه های آلمانی را بخواند . از اینها گذشته اکنون که IEC همه نشانه ها را تحت استاندارد شماره IEC 617 جمع آوری کرده است صلاح است ما هم از این وضع نابسامان بیرون آییم و از یک سیستم بین المللی پیروی کنیم تا گفته های مهندسان ما نه تنها در داخل مملکت بلکه در صحنه بین المللی هم قابل فهم باشد.

استاندارد IEC 617 , Graphical Symbols For Diagrams دارای چندین بخش و جمعاً در چند صد صفحه است که در اینجا فقط گلچینی از آن ذکر می شود.

یادآوری - برای نشانه های ترسیمی تاسیساتی به مبحث ۱۳ از مقررات ملی ساختمانی ایران به نام "طرح و اجرای تاسیسات برقی ساختمانها" مراجعه نماید .

۱۰۰-۳- مسایل متفرقه

در این فصل بعضی اطلاعات عمومی مانند اسامی اختصاری انجمنها و غیره و دیگرمطالبی که ممکن است از نظر عمومی دانستن آنها در ارتباط با موضوع کتاب جالب باشد، ارائه شده است.

فصل اول
تعریفها – فرهنگ لغات – نشانه های ترسیمی

بخش اول – تعریفها و فرهنگ لغات

۱ – این فرهنگ بر اساس حروف انگلیسی تنظیم شده است و از شماره گذاری برای آنها استفاده نشده است .

۲ – برای سادگی جستجوی معادل انگلیسی اصطلاحات فارسی ، یک واژه نامه فارسی – انگلیسی به انتهای این قسمت اضافه شده است .

۳ – اغلب اصطلاح ها و مفاهیم انگلیسی ارائه شده از فرهنگ الکروتکنیک IEC گرفته شده است و شماره ترتیب و فصل آن در فرهنگ IEV 50 در داخل کروشه [–] نوشته شده است مانند [IEV 06-05-461].

٤ – چندین کلمه ای که منشاء آن غیر از IEV 50 است به همان ترتیب ذکر شده ا ست .

A

appliances (appliance) لوازم مصرف کننده

(از این اصطلاح در فارسی به صورت مفرد استفاده نمی شود appliance)

(۱) [IEC از این اصطلاح استفاده نکرده است]

از این اصطلاح مخصوصاً برای لوازم خانگی که به وسیله برق (یا گاز) کار می کنند استفاده می شود . برای مثال : لباسشویی، اجاق آشپزی ، جاروی برقی

(۲) [این اصطلاح در IEEE Standard Dictionary به ترتیب زیرتعریف شده است]

وسیلهء برقی مصرف کننده ای است که مطابق معمول بخودی خود کامل است و از نظر کلی صنعتی نمی باشد و به طور عادی در اندازه های استاندارد شده ساخته شده و انرژی برقی را در نقطه مصرف به نوعی انرژی دیگر تبدیل می کند که معمولاً گرما یا حرکت مکانیکی است .

برای مثال : توستر ، اتو ، لباسشویی ، خشک کن ، درل دستی، مخلوط کن غذا و کولر.

(۳) [این اصطلاح در (چاپ ۱۹۸۷) NAT. Electrical Code به این صورت تعریف شده است]

وسیلهء برقی مصرف کننده ای است که از نظر کلی صنعتی نمی باشد و به طور عادی در اندازه ها یا انواع استاندارد شده ساخته شده و به صورت یک واحد نصب یا وصل می شود تا یک یا چند عمل را انجام دهد . مانند : شستن لباس ، تهویه هوا، مخلوط کردن غذا ، سرخ کردن و غیره .

armour (of a cable) [461-05-06] زره کابل

پوششی است متشکل از نوار (یا نوارهای) فلزی یا مفتولهای فلزی که به طور کلی از آن برای حفاظت کابل در برابر اثرهای مکانیکی خارجی استفاده می شود .

arm's Reach [826-03-11] دسترس

منطقه ای است که حدود آن از سطح محل فعالیت یا رفت و آمد عادی افراد بدون هرگونه کمک قابل لمس باشد (شکل ۱-۱).

assembly تابلو

assembly [441-12-01] تابلو

(مجموعه ای از تجهیزات قطع و وصل و کنترل)

(of switchgear and controlgear)

ترکیبی است از لوازم قطع و وصل و/ یا کنترلی که به طور کامل سوار شده و شامل کلیه اتصالات الکتریکی و مکانیکی بین آنها باشد.

enclosed assembly [441-12-02] تابلوی تمام بسته

تمام بسته

(مجموعه ای تمام بسته از تجهیزات قطع و وصل و کنترل)

(of switchgear and controlgear)

مجموعه ای از الکترودها و الکترولیت که واحد اساسی باتری را تابلو یا مجموعه ای است تمام بسته در همه جهات از جمله زیر و بالا به نحوی که درجه معینی از حفاظت را ایجاد کند.

یادآوری - در مواردی که در استانداردها و مدارک فنی مشخص شده باشد، سطح نصب تابلو ممکن است جزیی از محفظه را تشکیل دهد.

B

barrier [826-03-13] حصار

قسمتی است که در برابر تماس مستقیم ، از تمامی جهات عادی دسترسی ، حفاظت ایجاد می کند.

battery باتری

battery [486-01-01] باتری

secondary Cell , Cell, Battery

یک سیستم الکتروشیمیایی است که قادر است انرژی الکتریکی دریافتی را به صورت شیمیایی ذخیره کند و می تواند آنرا از طریق تبدیل، دوباره بازپس دهد.

سلول (secondary) cell [486-01-02]

مجموعه ای از الکترودها و الکترولیت که واحد اساسی باتری را تشکیل می دهد.

باتری (secondary) battery [486-01-03]

دو سلول یا بیشتر که از نظر الکتریکی به همدیگر وصل بوده و از آن به عنوان منبع انرژی استفاده شود.

شینه کشی busbar Trunking System [441-12-07]

مجموعه ای است ساخته شده در کارخانه به شکل هادیهای مشتمل بر شینه ها که به کمک مواد عایق در یک مجرا یا کانال یا محفظه ای مشابه آن نصب و به آن تکیه کرده و نسبت به هم فاصله می گیرند.

یادآوری - معمولاً از این اصطلاح برای سیستمهای فشار ضعیف استفاده می شود.

C

کابل cable

کابل عایق insulated Cable [461-06-01]

مجموعه ای است متشکل از :

- یک یا چند رشته ؛
- پوششهای هر رشته یا رشته ها (در صورت وجود)؛
- حفاظت مجموعه (در صورت وجود)؛
- پوشش حفاظتی (در صورت وجود)؛

کابل ممکن است شامل هادیهای عایقدار اضافی دیگر نیز باشد.

کابل تک رشته ای single – conductor cable
single – core cable [461-06-02]

کابلی است که دارای تنها یک رشته ا ست.

کابل چند رشته ای multiconductor cable [461-06-03]

کابلی است که دارای بیش از یک هادی می باشد و ممکن است بعضی از آنها بدون عایق بندی باشند.

multicore Cable [461-06-04] کابل چند رشته ای

کابلی است که دارای بیش از یک رشته می باشد.

flexible Cable [461-06-14] کابل قابل انعطاف

کابلی است که در هنگام استفاده از آن ، قابلیت انعطاف داشته باشد و مواد سازنده آن از نوعی باشند که بتوانند این خواسته را برآورده کنند.

cord [461-06-15] بند

کابل قابل انعطافی است که تعداد رشته های آن محدود است و سطح مقطع آنها هم کوچک می باشد.

cable Channel [826-06-06] کانال کابل

محفظه یا پوششی است که بالای زمین یا داخل آن قرار دارد ، دارای تهویه است یا فاقد آن می باشد . ابعاد آن اجازه ورود افراد را به داخل آن نمی دهد ولی اجازه دسترسی به هادیها و یا کابلها را در تمامی طول آن در هنگام نصب و بعد از آن ، می دهد.

cable ducting = ducting مجرای کابل

cable tray [826-06-08] سینی کابل

تکیه گاهی است برای کابل که پایه ای مداوم دارد . لبه های آن برگشته است و بدون پوشش می باشد.

یادآوری – سینی کابل ممکن است دارای منافذ پرس شده باشد.

cable tunnel [826-06-07] تونل کابل

محفظه ای است به شکل راهرو ، حاوی سازه های نگهدار برای هادیها و / یا کابلها و مفصلها که ابعاد آن به اندازه ای است که دسترسی آزاد برای افراد در تمامی طول ، ممکن باشد.

Circuit مدار

(electrical) circuit [826-05-01] مدار (برقی

(of an installation) در یک تاسیسات)

مجموعه ای از تجهیزات الکتریکی که از منبعی واحد تغذیه کند و در برابر اضافه جریانها به کمک وسیله واحدی حفاظت شود .

مدار توزیع [826-05-02] distribution circuit

(از یک تاسیسات) (of an installation)

مداری است که یک تابلوی برق را تغذیه می کند.

مدار نهایی (در ساختمان) [826-05-03] final circuit (of buildings)

branch circuit (USA)

مداری است که بدون واسطه به تجهیزات مصرف کننده جریان یا به پریزهای برق وصل شده باشد.

کلید خودکار [441-14-20] circuit – breaker

وسیله مکانیکی قطع و وصل است که قادر است در شرایط عادی مدار ، جریانهایی را وصل یا قطع کند یا از خود عبور دهد و در شرایط مشخص ولی غیرعادی مانند اتصال کوتاه، جریانهایی را وصل و قطع کند یا به مدتی کوتاه از خود عبور دهد .

فاصله آزاد (فاصله هوایی) Clearance

فاصله آزاد (فاصله هوایی) [441-17-31] clearance

فاصله بین دو قسمت هادی است در طول ریسمانی که در کوتاهترین راه بین این هادیها کشیده شده باشد.

فاصله آزاد (فاصله هوایی) [IEC 664] clearance

کوتاهترین فاصله هوایی بین دو قسمت هادی است .

هادی (سیم) Conductor

هادی (یک کابل) [461-01-01] conductor (of a cable)

قسمتی از یک کابل است که وظیفه مخصوص آن عبور دادن جریان می باشد.

هادی ساده [461-01-02] plain Conductor

هادی فلزی است که در آن سیم یا سیمها دارای پوششی از یک فلز اضافی ندارد.

هادی یکپارچه [461-01-06] solid Conductor

هادی است متشکل از یک سیم .

یادآوری – مقطع یک هادی یکپارچه ممکن است مدور یا دارای شکلی دیگر باشد.

هادی چندمفتولی [461-01-07] stranded Conductor

هادیی است متشکل از چند سیم تکی که همگی یا تعدادی از آنها به شکل کلی مارپیچ باشد.

هادی قابل انعطاف [461-01-11] flexible Conductor

هادیی است چند مفتولی که قطر مفتولهای آن به قدری کوچک است و به نحوی ترتیب یافته اند که هادی برای استفاده در کابل قابل انعطاف مناسب باشد.

هادی هم مرکز [461-01-17] concentric Conductor

هادیی است که ساختمان آن به نحوی که یک یا چند هادی عایق دار را احاطه کند.

رشته (هسته) [461-04-04] core (insulated conductor) (USA)

مجموعه ای است متشکل از یک هادی همراه با عایق بندی آن (و پرده در صورت وجود)

لوله [826-06-03] conduit

بخشی از یک سیستم سیم کشی بسته با سطح مقطعی گرد که در تاسیسات الکتریکی برای حمل هادیهای عایقدار و کابل به کار می رود و اجازه میدهد سیم و کابل به داخل لوله هدایت شده یا از آن بیرون کشیده شود.

کنتاکت Contact

کنتاکت [441-15-05] contact

(یک وسیله قطع و وصل مکانیکی) (of a mechanical switching device)

اجزای هادیی اند که برای برقراری مداومت الکتریکی در هنگام تماس آنها طرح شده اند و به علت حرکت نسبی آنها در هنگام کار ، مداری را قطع یا وصل می کند یا در مورد کنتاکتهای آویزان یا لغزان ، مداومت مدار را حفظ می کنند.

کنتاکت (قطعه) [441-15-06] contact (piece)

یکی از قطعات هادی که یک کنتاکت را تشکیل می دهد .

contactor [441-14-13] کنتاکتور

(mechanical) (مکانیکی)

یک وسیله قطع و وصل مکانیکی است که دارای تنها یک حالت استراحت می باشد و به طریقی جز با دست کار میکند و قادر است در شرایط عادی مدار ، از جمله شرایط بهره برداری ، جریانهایی را وصل یا قطع کند یا از خود عبور دهد.

یادآوری - کنتاکتور ممکن است بر اساس روشی که از نیروی مورد استفاده برای وصل کنتاکتهای اصلی آن استفاده می شود، مشخص گردد.

Control کنترل

manual control [441-16-04] کنترل دستی

کنترل یک عملیات است با مداخله انسان .

remote control [441-16-07] کنترل از راه دور

کنترل یک عملیات است ازنقطه ای که نسبت به محل وسیله قطع و وصل کننده، در فاصله ای دور قرار داشته باشد.

contol switch [441-14-46] کلید کنترل

(for control and auxiliary circuits) (برای مدارهای کنترل و کمکی)

یک وسیله قطع و وصل مکانیکی است که وظیفه آن کنترل عملیات وسایل قطع و وصل و کنترل از جمله ارسال علایم و کنترل رابطهای قفلی (Interlock) می باشد.

یادآوری - یک کلید کنترل تشکیل می شود از یک یا چند جزء کنتاکت که دارای یک سیستم مشترک راه اندازی و کار می باشد .

creepage distance فاصله خزش (فاصله نشت)

کوتاهترین فاصله است بین دو قسمت هادی در طول سطح یک ماده عایق.

Current جریان(شدت جریان)

leakage current [826-03-08] جریان نشت

جریانی است که در صورت نبودن اتصالی، به زمین یا بدنه های هادی بیگانه جریان پیدا می کند.

یادآوری - این جریان ممکن است دارای یک مؤلفه خازنی باشد شامل مؤلفه ای که در نتیجه استفاده عمدی از خازنها بوجود می آید.

جریان باقیمانده residual current [826-03-09]

جمع جبری مقادیر آنی جریانهایی است که در تمامی هادیهای برقدار یک مدار در نقطه ای از تاسیسات الکتریکی جریان دارند.

IEC - Residual Current Protective Device
IEE-UK = Residual Current Device (RCD)
USA - Ground Fault Circuit Interruptor

وسیله جریان تفاضلی residual current device (RCD)

یک وسیله قطع و وصل مکانیکی یا مجموعه ای از وسایل است با هدف باز کردن کتاکتها در هنگامی که جریان تفاضلی در شرایط معین به مقداری مشخص برسد.

جریان طراحی design current [826-05-04]
(یک مدار) (of a circuit)

شدت جریانی است که در حالت عادی پیش بینی می شود از مدار عبور کند .

جریان مجاز حرارتی (continuous)Current [826-05-05]
(یک هادی) - carrying capacity (of a conductor)
- ampacity (USA)

حداکثر شدت جریانی است که می تواند به طور دایم و در شرایط معین از هادی عبور کند بدون آنکه دمای پایای آن از مقداری مشخص تجاوز کند.

اضافه جریان overcurrent [826-05-06]

هر شدت جریانی که از مقدار اسمی تجاوز کند . در مورد هادیها مقدار اسمی جریان مجاز حرارتی است .

جریان اضافه بار overload Current [826-05-07]
(یک مدار) (of a circuit)

اضافه جریانی است در مداری که خرابی الکتریکی ندارد.

جریان اتصال کوتاه [826-05-07] (solid) Short-Circuit Current

اضافه جریانی است که در نتیجه بروز اتصالی با امپدانسی قابل اغماض ، بین هادیهایی که دارای پتانسیلهای مختلف اند ، در شرایط عادی کار برقرار شود.

شدت جریان [826-05-09] convevtional

عملیاتی قراردادی operating current

(مربوط به یک وسیله حفاظتی) (of a protective device)

شدت جریان تعیین شده ای است که سبب می شود وسیله حفاظتی در مدت مشخصی که به آن زمان قراردادی گویند، عمل کند.

آشکارسازی اضافه جریان [826-05-10] overcurrent Detection

عملی است که مشخص می کند شدت جریان در یک مدار از عددی که از پیش تعیین شده است برای مدت زمانی معین تجاوز کرده است .

قابلیت تمایز اضافه جریان [441-17-15] overcurrent discrimination

ایجاد هماهنگی بین مشخصه های عملیاتی دو (یا چند) وسیله اضافه جریان است به نحوی که در صورت وقوع اضافه جریان در محدوده ای تعیین شده است ، وسیله ای که پیش بینی شده است در این محدوده عمل کند ، بدون آنکه وسیله (یا وسایل) حفاظتی دیگر عکس العمل نشان دهد ، کار خود را انجام دهد .

یادآوری – لازم است بین تمایز سری که در آن از چند وسیله حفاظتی تقریباً یک جریان عبور می کند و تمایز شبکه که در آن از وسایل حفاظتی مشابه نسبتهای مختلفی از اضافه جریان عبور می کند ، تفاوت قایل شود .

شدت جریان [441-18-27] convevtional

عدم ذوب قراردادی non-fusing current

مقدار مشخصی است برای شدت جریان که المان فیوز قادر است به مدتی معین (مدت زمان قراردادی) بدون آنکه ذوب شود ، از خود عبور دهد .

نشانه اختصاری : I1 یا Inf

convevtional [441-18-28] شدت جریان

fusing current ذوب قراردادی

مقدار مشخصی است برای شدت جریان که سبب ذوب المان فیوز در مدتی معین (مدت زمان قراردادی) می شود

نشانه اختصاری : If یا I2

D

direct contact [826-03-05] تماس مستقیم

تماس افراد یا احشام است با قسمتهای برقدار.

disconnector [441-14-05] جداکننده

وسیله مکانیکی قطع و وصل است که در حالت قطع ، فاصله جدایی لازم را طبق مشخصات ، به وجود می آورد .

یادآوری - کلید جداکننده قادر است فقط هنگامی یک مدار را قطع یا وصل کند که جریانهای قابل اغماض برقرار شده یا قطع شوند و یا تغییر قابل ملاحظه ای بین ولتاژ دو سر هر یک از قطبهای کلید جداکننده ایجاد نشود . همینطور جداکننده قادر است جریانهایی را در شرایط عادی از مدار عبور دهد و برای زمانی مشخص ، جریانهایی را در شرایط غیرعادی ، مانند جریانهای اتصال کوتاه را تحمل کند.

duct [-] مجرا

معبر سربسته ای است درزیرزمین یا در داخل سازه که با هدف جا دادن یک یا چند کابل در داخل آن ، پیش بینی می شود که امکان دارد به داخل مجرا کشیده شوند.

Ducting [-] مجراکشی

cable ducting مجرای کابل کشی

محفظه ای است ساخته شده در کارخانه از فلز یا مواد عایق که سیستمی است غیر از لوله کشی یا شینه کشی (ترانکینگ) و برای حفاظت کابلها پیش بینی می شود که پس از نصب مجرا به داخل آن کشیده می شوند . این سیستم نباید حتماً جزئی از ساختار ساختمان را تشکیل دهد.

سیستم مجرای کابل کشی [826-06-04] cable ducting system

سیستمی است از محفظه های بسته با مقطعی غیر از دایره ای شکل برای هادیهای عایقدار و کابلها در تاسیسات الکتریکی که می توان آنها را به داخل کشید یا آنها را تعویض نمود.

E

اتصال زمین earthing

زمین [826-04-01] earth [ground (USA)]

جرم هادی کره زمین است که پتانسیل الکتریکی آن در هر نقطه به صورت قراردادی برابر صفر گرفته می شود .

الکترود زمین [826-04-02] earth electrode

یک قسمت هادی یا مجموعه ای از قسمتهای هادی که در تماس نزدیکی با زمین (خاک) بوده و با آن اتصال الکتریکی برقرار می کند.

مقاومت کل زمین [826-04-03] total earthing resistance

مقاومت بین ترمینال اصلی زمین و کره زمین است .

الکترود زمین مستقل [826-04-04] electrically independent earth electrods

از نظر الکتریکی

الکترودهای زمینی هستند که در چنان فاصله ای از همدیگر قرار دارند که در صورت عبور حداکثر جریان ممکن از یکی از آنها، بر پتانسیل دیگر الکترودها اثر قابل ملاحظه ای باقی نگذارد.

هادی زمین [826-04-07] earthing conductor grounding electro conductor (USA)

یک هادی حفاظتی است که ترمینال یا شینه اصلی زمین را به الکترود زمین وصل می کند .

ترمینال اصلی زمین [826-04-08] main earthing terminal (main earthing bar) groundbus (USA)

زمین

ترمینال یا شینه ای است که برای وصل هادیهای حفاظتی ، شامل هادیهای همبندی برای

هموتاژ کردن و هادیهای مربوط به اتصال زمین عملیاتی (در صورت وجود) به سیستم زمین، پیش بینی می شود.

ایست اضطراری emergency sopping [826-08-04]

قطع و وصل اضطراری برای ایست حرکتی که خطرناک شده است.

محفظه enclosure [826-03-12]

قسمتی است که تجهیزات را در برابر بعضی از آثار خارجی، و در تمامی جهات در برابر تماس مستقیم، حفاظت می کند.

محفظه (یک مجموعه) enclosure (of an assembly) [441-13-01]

قسمتی است از یک مجموعه که برای تجهیزات، درجه ای از حفاظت در برابر آثار خارجی را ایجاد می کند و در برابر نزدیک شدن یا تماس با قسمتهای برقدار یا اجزای متحرک نیز حفاظت مشخصی را برقرار می نماید.

محیط Environment

شرایط محیطی environmental conditions [IEC 721-1]

شرایط فیزیکی و شیمیایی است که نسبت به فرآورده ای که در زمانی مشخص بر آن اثر میگذارند، خارجی به حساب می آیند و تشکیل می شوند از ترکیبی از تک تک پارامترهای محیطی و شدت اثر هر یک از آنها.

یادآوری - شرایط محیطی معمولاً تشکیل می شوند از شرایط محیطی که در طبیعت وجود دارد و شرایط محیطی که بوسیله خود فرآورده یا منابع خارجی ایجاد می شوند.

پارامترهای محیطی environmental parameters [IEC721-1]

یک یا چند ویژگی فیزیکی یا شیمیایی می باشد (مانند دما، رطوبت، شتاب).

مثال: پارامتر محیطی، لرزش بوسیله نوع لرزش (سینوسی، نامنظم) شتاب و فرکانس مشخص می شود.

شدت شرایط محیطی severities of environmental conditions [IEC721-1]

ارزش عددی هر یک از مقادیر مشخص کننده پارامترهای محیط.

مثال : شدت لرزش سینوسی با مقدار شتاب (بر حسب متر بر مجذور ثانیه) و فرکانس (هرتز) مشخص می شود .

EQUIPMENT تجهیزات

electrical equipment [826-07-01] **تجهیزات الکتریکی**

هر نوع مصالح و لوازم و وسایل و تجهیزاتی است که در تولید ، تبدیل ، انتقال ، توزیع یا مصرف انرژی الکتریکی مورد استفاده قرار می گیرد، مانند : ترانسفورماتورها ، اسباب آلات ، وسایل اندازه گیری ، وسایل حفاظتی ، تجهیزات سیستمهای سیم کشی و وسایل مصرف کننده انرژی الکتریکی مانند لوازم خانگی و غیره .

current [826-07-02] **تجهیزات**

using equipment **مصرف کننده جریان**

تجهیزاتی است که برای تبدیل انرژی الکتریکی به نوعی انرژی دیگر در نظر گرفته می شود مانند روشنایی ، گرما و نیروی جنبشی .

portable equipment [826-07-04] **تجهیزات قابل حمل با دست**

تجهیزاتی است که هنگام کار حرکت داده می شود یا درحالی که به منبع تغذیه وصل می باشد به آسانی از جایی به جای دیگر قابل حمل است .

hand-held equipment [826-07-05] **تجهیزات دستی**

تجهیزاتی است قابل حمل با دست که هنگام کار عادی ، در دست گرفته می شود و اگر در آن موتور وجود داشته باشد، قسمتی جدانشدنی از تجهیزات را تشکیل دهد.

stationary equipment [826-07-06] **تجهیزات ساکن**

تجهیزاتی است از نوع نصب ثابت و یا از نوعی که برای آن دستگیره ای برای حمل پیش بینی نشده است و جرم آن به اندازه ای است که قابل حرکت نباشد.

مثال : در استانداردهای IEC مقدار این جرم برای لوازم خانگی ۱۸ کیلوگرم است .

fixed equipment [826-07-07] **تجهیزات نصب ثابت**

تجهیزاتی است که به نوعی تکیه گاه بسته شده یا به نحوی دیگر در محلی مشخص محکم شده باشد .

Equipotential Bonding همبندی برای هم‌ولتاژ کردن

equipotential bonding [826-04-09] همبندی برای هم‌ولتاژ کردن

اتصالات الکتریکی اند که بدنه های هادی مختلف و قسمتهای هادی بیگانه را در پتانسیلی که اساساً برابر است قرار می دهد .

equipotential bonding conductor [826-04-10] هادی همبندی برای هم‌ولتاژ کردن

هادی حفاظتی ای است برای تضمین همبندی برای هم‌ولتاژ کردن .

exposed conductive PART [826-03-02] بدنه هادی

بدنه هادی ای است مربوط به تجهیزات الکتریکی که می توان آن را لمس نمود و در حالت عادی برقدار نیست ولی ممکن است در صورت بروز اتصالی ، برقدار شود.

یادآوری – یک قسمت هادی از تجهیزات الکتریکی که در شرایط بروز اتصالی تنها از طریق برقدار شدن یک بدنه هادی ممکن است برقدار شود، بدنه هادی به حساب نمی آید.

extraneous conductive PART [826-03-03] بدنه هادی بیگانه

قسمت هادی ای است که جزیی از تاسیسات الکتریکی را تشکیل نمی دهد ولی ممکن است پتانسیلی را که عموماً پتانسیل زمین است در معرض تماس قرار دهد .

F

FELV FELV

یادآوری – تا این تاریخ در فرهنگ IEC برای FELV شرحی داده نشده است .

FELV – Functional Extra Low Voltage

برای شرح FELV به بخش ۶۳۰ مراجعه شود .

FUSE [441-18-01] فیوز

فیوز وسیله ای است که از طریق ذوب یک یا چند المان خود که به نحوی مخصوص طراحی و تناسب یافته اند ، اگر شدت آن از مقداری تعیین شده به مدتی کافی بیشتر شود، با قطع جریان برق ، مداری را که در آن قرار گرفته است، باز می کند.

G

ground (USA) earth

I

Indirect Contact [826-03-06] تماس غیرمستقیم

تماس افراد یا احشام است با بدنه های هادی که در شرایط بروز اتصالی برقدار شده است .

installation تاسیسات

electrical [826-01- 01] تاسیسات

installation (of buildings) الکتریکی (ساختمانها)

مجموعه ای است از تجهیزات الکتریکی در ارتباط با هم برای تأمین هدف یا هدفهایی مشخص که دارای مشخصه های هماهنگ نیز می باشند.

origin of an electrical installation [826-01-02] سرویس ورودی یک

service entrance (USA) تاسیسات الکتریکی

نقطه ای است که در آن انرژی الکتریکی به ساختمان تحویل می شود .

instructed person [826-09-02] فرد آموزش دیده

فردی مانند عضو گروه عملیات یا نگهداری که به قدر لازم تعلیم دیده یا تحت نظارت فردی کارآزموده قرار داشته باشد تا او را قادر به اجتناب از خطرات ناشی از برق نماید.

insulation عایقبندی - عایق

basic insulation [826-03-17] عایقبندی اصلی

عایقبندی است که به قسمتهای برقدار اعمال می شود تا در برابر برقگرفتگی ، ایجاد ایمنی اصلی کند.

یادآوری - عایقبندی اصلی شامل عایقبندی که منحصراً" برای هدفهای عملیاتی به کار می رود ، نیست.

عایقبندی تکمیلی [826-03-18] supplementary insulation

عایقبندی است مستقل که علاوه بر عایقبندی اصلی اعمال می شود تا در صورت بروز خرابی در عایقبندی اصلی ، ایجاد ایمنی در برابر برقگرفتگی ایمنی ایجاد کند.

عایقبندی مضاعف [826-03-19] double insulation

عایقبندی است متشکل از هر دو عایقبندیهای اصلی و تکمیلی.

عایقبندی تقویت شده [826-03-20] reinforced insulation

یک سیستم عایقبندی واحد است که به قسمتهای برقدار اعمال می شود تا در شرایطی که در استانداردهای مربوطه IEC مشخص می شود، در برابر برقگرفتگی درجه ای از حفاظت را که معادل عایقبندی مضاعف است ، ایجاد کند.

یادآوری – از اصطلاح "سیستم عایقبندی" نباید این استنباط حاصل شود که عایقبندی باید یکپارچه باشد.

عایقبندی ممکن است از چند لایه تشکیل شود که نتوان تک تک آنها را به عنوان عایقبندی اصلی یا تکمیلی مورد آزمون قرار داد.

عایقبندی (یک کابل) [461-02-01] insulation (of a cable)

مواد عایقی است که در ساختار کابل به کار می رود و کار اصلی آن ایستادگی در برابر ولتاژ است .

عایقبندی یک هادی [461-02-02] conductor insulation

عایقبندیی است که بر روی هادی یا پرده آن اعمال می شود.

عایقبندی تزریقی [461-02-08] extruded insulation

عایقبندیی است که اساساً از یک لایه مواد ترموپلاستیک یا ترموستینگ تشکیل شده و به طریقه تزریق ، اعمال می شود .

عایقبندی معدنی [461-02-09] mineral insulation

عایقبندیی است که از گرد معدنی فشرده تشکیل می شود.

co - ordination of insulation [IEC 664] هماهنگی عایقبندی

رابطه متقابل مشخصه های عایقبندیهای تجهیزات الکتریکی با اضافه ولتاژهایی که انتظار می رود وجود داشته باشند و مشخصه های وسایل حفاظت در برابر اضافه ولتاژها از یک طرف و میکرو- محیطی که انتظار می رود در آن قرار گیرند و وسایل حفاظت در برابر آلودگی ها از طرف دیگر.

isolating distance [441-17-35] فاصله جدایی

(of a pole a mechanical swiching device) (یک وسیله جداکننده مکانیکی)

فاصله هوایی بین کنتاکتها در حالت باز است که با مقررات ایمنی تعیین شده برای کلیدهای جداکننده مطابقت دارد.

isolation [826-08-01] ایجاد جدایی

عملی است که هدف آن قطع تغذیه تمامی منابع یا بعضی از قسمتهای مشخص تاسیسات است با ایجاد جدایی در تاسیسات یا بخشهایی از آن ازهمه منابع انرژی الکتریکی است برای برقراری ایمنی.

J

Joint مفصل

straight – joint [461-11-01] مفصل دوراهه

جزو ملحقاتی است که بین دو کابلی که یک مدار مداوم را تشکیل می دهند، اتصال برقرار می کند.

Tee – joint [461-11-06] مفصل سه راهه (انشعاب)

جزو ملحقاتی است که بین یک کابل انشعابی و یک کابل اصلی که تقریباً عمود بر هم می باشند، اتصال برقرار می کند.

live part [826-03-01] قسمت برقدار

هادی یا قسمت هادیی است که در هنگام استفاده عادی از آن برقدار است و شامل هادی خنثا (N) نیز می باشد ولی طبق قرار، شامل هادی مشترک حفاظتی/ خنثا(PEN) نمی باشد.

یادآوری - این اصطلاح الزاماً به معنای وجود خطر برقگرفتگی نمی باشد.

N

neutral (N) conductor [826-01-03] هادی خنثا (N)

هادیی است که به نقطه خنثای سیستم وصل می باشد و توانایی کمک به انتقال انرژی الکتریکی را دارا می باشد.

O

obstacle [826-04-14] مانع

قسمتی است که مانع از تماس مستقیم غیرعمدی شود ولی نتواند در برابر یک عمل عمدی که منجر به تماس مستقیم می شود ممانعت به عمل آورد .

P

PELV PELV

یادآوری - تا این تاریخ در فرهنگ IEC برای PELV شرحی داده نشده است .

PELV – Protective Extra Low Voltage

برای شرح PELV به بخش ۶۳۰ مراجعه شود.

pen conductor [826-04-06] هادی PEN

هادیی است وصل به زمین که وظایف هادی حفاظتی و هادی خنثا را در خود می آمیزد .

(هادی مشترک حفاظتی/ خنثا)

یادآوری - نشانه اختصاری PEN از ترکیب دو نشانه PE یعنی هادی حفاظتی و N یعنی هادی خنثا به دست می آید.

phase conductor [IEE – UK] هادی فاز

هادیی است مربوط به سیستم جریان متناوب برای انتقال انرژی الکتریکی که غیر از هادی خنثا می باشد .

یادآوری – از این اصطلاح برای هادی معادل در سیستم جریان مستقیم نیز استفاده می شود مگرآنکه به نحوی دیگر مشخص شده باشد.

آلودگی [IEC 664] pollution

هرگونه افزودگی مواد خارجی ، جامد، مایع یا گازی شکل (گازهای یونیزه) که ممکن است نتیجه آن تقلیل در استقامت دی الکتریک یا مقاومت ویژه سطح شود.

هادی حفاظتی(PE) [826-04-05] rotective conductor (PE)
equipment grounding conductor (USA)

هادیی است که برای بعضی از اقدامات حفاظتی برای تامین ایمنی در برابر برقگرفتگی لازم می باشد تا قسمتهای زیر را به همدیگر وصل کند :

- بدنه های هادی ؛
- قسمتهای هادی بیگانه ؛
- ترمینال اصلی زمین ؛
- الکترود زمین ؛
- نقطه زمین منبع (نقطه خنثا) یا نقطه خنثا مصنوعی .

همبندی حفاظتی [IEC 536] protective bonding

وصل الکتریکی بدنه های هادی و / یا پرده حفاظتی است برای تامین مداومت الکتریکی به وسیله ای که اتصال به هادی حفاظتی خارجی را برقرار می کند.

پرده کشی حفاظتی [IEC 536] protective screening

جداسازی مدارها است از قسمتهای هادی خطرناک به کمک یک پرده هادی فراگیر که خود به وسیله ای که به هادی حفاظتی اتصال برقرار می کند، وصل می شود.

جدایی حفاظتی [IEC 536] protective separation

جداسازی بین مدارها است با استفاده از حفاظتهای اصلی و تکمیلی (عایقبندی اصلی به علاوه عایقبندی تکمیلی یا پرده کشی حفاظتی) یا با استفاده از روش حفاظتی معادل (مانند عایقبندی تقویت شده) .

شستی - دگمه فشاری [441-14-53] push-button

نوعی کلید کنترل است با قسمتی محرک که برای کار با نیرویی که عضوی از بدن انسان (معمولاً انگشت یا کف دست) اعمال می کند، طرح می شود و دارای انرژی ذخیره شده ای برای برگشت است .

S

screen (of a cable) [461-03-01] **پرده (یک کابل)**

یک یا چند لایه هادی است که کار آنها کنترل میدان الکتریکی در داخل عایقبندی می باشد .
همچنین این لایه یا لایه ها ممکن است سطحهای صافی را در سرحد عایقبندی ایجاد کرده و به حذف فضاهای موجود در سر حدات نیز کمک کنند .

SELV **SELV**

یادآوری – تا این تاریخ در فرهنگ IEC برای SELV شرحی داده نشده است .
SELV – Safety Extra Low Voltage
برای شرح SELV به بخش ۶۳۰ مراجعه شود.

sheath [461-05-03] **غلاف**

jacket (USA)

پوششی است به فرم استوانه، یکنواخت و متحدالشکل از مواد غیرفلزی و معمولاً تزریقی می باشد .
یادآوری – در آمریکا از اصطلاح **Sheath** فقط در مورد غلاف فلزی استفاده می شود در حالی که **jacket** برای پوشش غیرفلزی به کار می رود .

shield (of a cable) [461-03-04] **سپر (یک کابل)**

لایه ای است محاطی فلزی و زمین شده تا میدان الکتریکی کابل را به داخل آن محدود کند و / یا کابل را در برابر تاثیر عوامل الکتریکی خارج ، حفاظت کند.
یادآوری – غلافهای فلزی، زره ها و هادیهای هم مرکز زمین شده ممکن است به عنوان سپر نیزبه کار روند.

shock [826-03-04] **شوک الکتریکی (برق گرفتگی)**

اثرهای پاتوفیزیولوژیکی که در اثر عبور جریان الکتریکی از بدن انسان یا حیوان پدید می آید.

shock current [826-03-07] **جریان شوک (جریان برق گرفتگی)**

جریانی است که از بدن انسان یا حیوان عبور می کند و دارای مشخصه هایی است که ممکن است اثرهای پاتوفیزیولوژیکی پدید آورد .

قسمتهایی که به طور همزمان در دسترس می باشند

simultaneously acsessible parts [826-03-10]

هادی و یا قسمتهای هادی می باشند که بسته به مورد ممکن است در آن واحد توسط انسان یا حیوان لمس شوند.

یادآوری - قسمتهایی که به طور همزمان در دسترس می باشند .ممکن است شامل موارد زیر باشند :

- قسمتهای برقدار؛
- بدنه های هادی؛
- قسمتهای هادی یگانه؛
- هادیهای حفاظتی؛
- الکترودهای زمین.

فرد کارآزموده (ماهر) skilled person [826-09-01]

فردی است مانند یک مهندس یا تکنیسین دانش فنی یا تجربه کافی که وی را مجهز می کند تا از خطراتی که ممکن است برق بوجود آورد، حذر کند.

راه انداز (استارتر) Starter

راه انداز (استارتر) starter [441-14-38]

ترکیبی است از کلیه وسایل قطع و وصل که برای راه اندازی و ایست یک موتور لازم می باشند همراه با وسایل مناسب برای حفاظت در برابر اضافه جریان .

راه انداز ستاره – مثلث star-delta starter [441-14-44]

راه اندازی است برای یک موتور القایی سه فاز به گونه ای که در وضعیت راه اندازی سیم پیچهای استاتوردر حالت ستاره وصل می شوند و در حالت نهایی کار ، این سیم پیچها در حالت مثلث قرار می گیرند.

سیستم تغذیه supply sistem

سیستم تغذیه (supply system for) [826-01-05]

برای سرویسهای ایمنی safety services

emergency power system (USA)

سیستمی است که هدف از آن حفظ حالت کاری تجهیزاتی است که برای ایمنی افراد ضروری می باشند .

یادآوری - هدف این است که سیستم تغذیه شامل منبع و مدارها، تا ترمینالهای تجهیزات مصرف کننده جریان باشد. در بعضی موارد سیستم ممکن است شامل تجهیزات مصرف کننده جریان نیز باشد.

سرویس تغذیه کمکی [826-01-06] standby supply system

سیستمی است که هدف از آن حفظ حالت کاری تاسیسات یا بخشهایی از آن است به دلایلی غیر از ایمنی در صورت قطع تغذیه عادی.

کلید قطع بار [408-2-1-3] switch

وسیله مکانیکی قطع و وصل است که قادر به وصل ، عبور دادن و قطع جریان برق مدار در شرایط عادی می باشد . شرایط عادی ممکن است شامل وضعیتی با اضافه بارهای مشخص باشد و همینطور برای مدتی مشخص جریانهایی را در شرایط غیرعادی مدار، مانند اتصال کوتاه تحمل کند.

تابلو [IEE-UK] switchboard

مجموعه ای است از وسایل قطع و وصل سوار شده بر یک صفحه همراه با یا بدون وسایل اندازه گیری . از این اصطلاح نباید برای گروهی از کلیدهای محلی که مربوط به یک مدار نهایی می باشند، استفاده کرد .

یادآوری - اصطلاح "تابلو" ممکن است شامل تابلو یا جعبه تقسیم نیز باشد.

وسایل قطع و وصل و کنترل Switchgear and Controlgear

وسایل قطع و وصل و کنترل [826-07-03] switchgear and controlgear

تجهیزاتی است که برای وصل به یک مدار الکتریکی با هدف زیر پیش بینی می شود :

- حفاظت ؛
- کنترل ؛
- جدا کردن؛
- انجام عملیات قطع ووصل .

یادآوری - وسایل اتصالات مانند ترمینالها و بستها و همچنین اجزایی مانند پریزها و چندشاخه ها و نظایر آن جزء "ملحقات" به حساب می آیند.

وسایل قطع و وصل و کنترل [441-11-01] switchgear and controlgear

اصطلاحی است عمومی شامل وسایل قطع و وصل و ترکیب آنها است با تجهیزات کنترل ، اندازه گیری ، حفاظت و تنظیم کننده .

همچنین مجموعه هایی است از این تجهیزات و اسبابها ، همراه با اتصالات و همبندیها و ملحقات و محفظه ها و اسکلتهای نگهدار .

وسایل قطع و وصل [441-11-02] switchgear

اصطلاحی است عمومی شامل وسایل قطع و وصل و ترکیب آنها است با تجهیزات کنترل ، اندازه گیری ، حفاظت و تنظیم کننده .

همچنین مجموعه هایی است از این تجهیزات و اسبابها ، همراه با اتصالات و همبندیها و ملحقات و محفظه ها و اسکلتهای نگهدار که در اصل برای استفاده در ارتباط با تولید، انتقال ، توزیع و تبدیل انرژی الکتریکی پیش بینی می شود.

وسایل کنترل [441-11-03] controlgear

اصطلاحی است عمومی شامل وسایل قطع و وصل و ترکیب آنها است با تجهیزات کنترل ، اندازه گیری ، حفاظت و تنظیم کننده .

همچنین مجموعه هایی است از این تجهیزات و اسبابها ، همراه با اتصالات و همبندیها و ملحقات و محفظه ها و اسکلتهای نگهدار که در اصل برای استفاده در کنترل انرژی الکتریکی مربوط به تجهیزات مصرف کننده ، پیش بینی می شوند.

قطع و وصل (کلیدزنی) Switching

قطع کردن به منظور تعمیر (مکانیکی) [826-08-02] switching-off for (mechanical) maintenance

عملیاتی است برای غیرفعال کردن یک یا چند مورد از تجهیزاتی که با برق کار می کند با هدف جلوگیری از بروز خطرهایی غیر از موارد برقگرفتگی یا بروز جرقه الکتریکی در هنگام کار روی این تجهیزات .

قطع یا وصل اضطراری [826-08-03] emergency switching

عملیاتی است برای برطرف کردن خطرات غیرمنتظره ای که ممکن است پیش آیند در زمان هر چه سریعتر .

قطع و وصل عملیاتی؛ کنترل [826-08-05] functional switching; control ;

عملیاتی است برای وصل یا قطع یا تغییر منبع تغذیه انرژی الکتریکی به کل یا قسمتی از تاسیسات با هدفهای عادی

وسیله قطع و وصل [441-14-01] switching device

وسیله ای است که به منظور قطع یا وصل جریان در یک یا چند مدار الکتریکی طرح شده است .

T

TELV TELV

یادآوری – تا این تاریخ در فرهنگ IEC برای TELV شرحی داده نشده است .

TELV – Telecommunications Extra Low Voltage

Temperature دما

دمای محیط [826-01-04] ambient temperature

دمای هوا یا محیط دیگری است که تجهیزات بکار خواهد رفت .

دمای هوای محیط [441-11-13] ambient air temperature (برای وسایل قطع و وصل یا فیوز) (for switching devices or fuse)

دمای هوای محیطی است که کل وسیله قطع و وصل یا فیوز را احاطه می کند و در شرایطی مشخص تعیین می شود .

یادآوری – در مورد وسایل قطع و وصل یا فیوز که در داخل یک محفظه نصب می شوند، دمای مورد بحث ، دمای خارج محفظه می باشد.

کانال کابل (ترانکینگ) (برای کابل) [IEE-UK] trunking (for cables)

سیستمی است برای پوشش حفاظتی کابلها که معمولاً مقطعی مربع یا مستطیل دارد و یک طرف آن قابل پیاده کردن یا لولایی باشد .

یادآوری – این سیستم معمولاً در کارخانه ساخته می شود و هادیها پس از برداشتن درپوش ، در داخل آن قرار می گیرند.

کانال کابل (ترانکینگ) [826-06-05] trunking

سیستم کانال کابل (ترانکینگ) cable trunking system

سیستم بسته ای است متشکل از پایه و درپوشی که قابل برداشتن است و برای محاط کردن کامل کابلهای عایقدار و بندها و / یا جاسازی تجهیزات الکتریکی دیگر به کار می رود .

V

ولتاژ Voltage

ولتاژ اسمی [826-02-01] nominal voltage

(یک تاسیسات) (of an installation)

ولتاژی است که به وسیله آن تاسیسات یا بخشی از آن معرفی می شود .

یادآوری – ولتاژ واقعی ممکن است نسبت به ولتاژ اسمی به اندازه رواداریهای مجاز تفاوت داشته باشد.

ولتاژ تماس [826-02-02] touch voltage

ولتاژی است که در هنگام بروز خرابی در عایقبندی بین قسمتهایی که در عین حال در دسترس اند ، ظاهر می شود.

یادآوری ها :

۱- قرار این است که از این اصطلاح فقط در مورد تماس غیرمستقیم استفاده شود.

۲- در مواردی معین ، امپدانس فردی که با این قسمتها در تماس است ممکن است مقدار ولتاژ تماس را به مقداری قابل ملاحظه تحت تأثیر قرار دهد.

ولتاژ تماس احتمالی [826-02-03] prospective

حداکثرولتاژ تماس است که احتمال دارد در صورت بروز اتصال کوتاهی با امپدانسی ناچیز، در تاسیسات الکتریکی ظاهر شود.

conventional touch voltage limit [826-02-02] (UL) حداکثر ولتاژ تماس قراردادی

حداکثر مقدار ولتاژ تماس است که مجاز می باشد در شرایطی معین از نظر تأثیر عوامل خارجی ، به مدتی نامحدود برقرار ماند .

nominal voltage (of a battery) [486-01-05] ولتاژ اسمی (یک باتری)

مقدارتقریبی مناسبی برای ولتاژ است که برای تعیین یک نوع باتری به کار رود .

rated voltage [IEC – 664] ولتاژ اسمی

مقدار ولتاژی است که توسط سازنده به یک جزء ، دستگاه ، وسیله یا تجهیزات نسبت داده می شود و مشخصه های بهره برداری و کارآیی نیز به آن ارجاع می شود .

transient overvoltage [IEC-664] اضافه ولتاژ گذرا

اضافه ولتاژهای گذرا تا جایی که به استاندارد IEC 664 مربوط است به ترتیب زیر تعریف می شود :

switching overvoltage [IEC – 664] اضافه ولتاژ قطع و وصل

اضافه ولتاژ گذرایی است در نقطه ای از سیستم که به علت انجام قطع و وصل معینی ظاهر شود و یا در اثر بروز اتصالی پیش آید .

lightning overvoltage [IEC – 664] اضافه ولتاژ صاعقه (آذرخش)

اضافه ولتاژ گذرایی است در نقطه ای از سیستم که به علت اصابت صاعقه ای با مشخصات معین ظاهر شود .

voltage IEC 38(1983) ولتاژ بر طبق

برای مثال

nominal voltage EC 38 ولتاژ اسمی

ولتاژی است که به وسیله آن تاسیسات یا تجهیزات معرفی می شود و بعضی از مشخصه – های بهره برداری نیز به آن ارجاع می شود.

highest voltage of a system EC38 بالاترین ولتاژ یک سیستم

بالاترین مقدار ولتاژی است که در شرایط بهره برداری عادی در هر زمان و هر نقطه ای پیش می آید و شامل ولتاژهای گذرا مانند آنهایی که در اثر قطع و وصل در سیستم پیش می آید و تغییرات موقتی ولتاژ ، نمی شود.

lowest voltage of a system EC 38 پایین ترین ولتاژ یک سیستم

پایین ترین مقدار ولتاژی است که در شرایط بهره برداری عادی در هر زمان و هر نقطه ای از سیستم پیش می آید ولی شامل ولتاژهای گذرا مانند آنهایی که در اثر قطع و وصل در سیستم پیش می آید و تغییرات موقتی ولتاژ ، نمی شود .

W

Wiring System سیستم سیم کشی

wiring system [826-06-01] سیستم سیم کشی

مجموعه ای است متشکل از کابل و سیم یا کابلها و سیمها و یا شینه کشی و همین طور قسمتهایی است که آنها را نگهداری می کنند و یا می پوشانند.

building void [826-06-02] حفره های ساختمانی

فضایی است در داخل سازه یا اجزای ساختمان که فقط در بعضی نقاط قابل دسترس می باشد.

یادآوریها :

۱ - مثالهایی برای حفره های ساختمانی عبارتند از : فضای داخل پارتیشن ها ، کفهای آویزان ، سقفها و بعضی انواع چارچوبهای درها .

۲ - حفره های مخصوصی را که در اجزای ساختمان ایجاد می کنند ، مجرا نیز می نامند .

cable lader [826-06-09] نردبان کابل

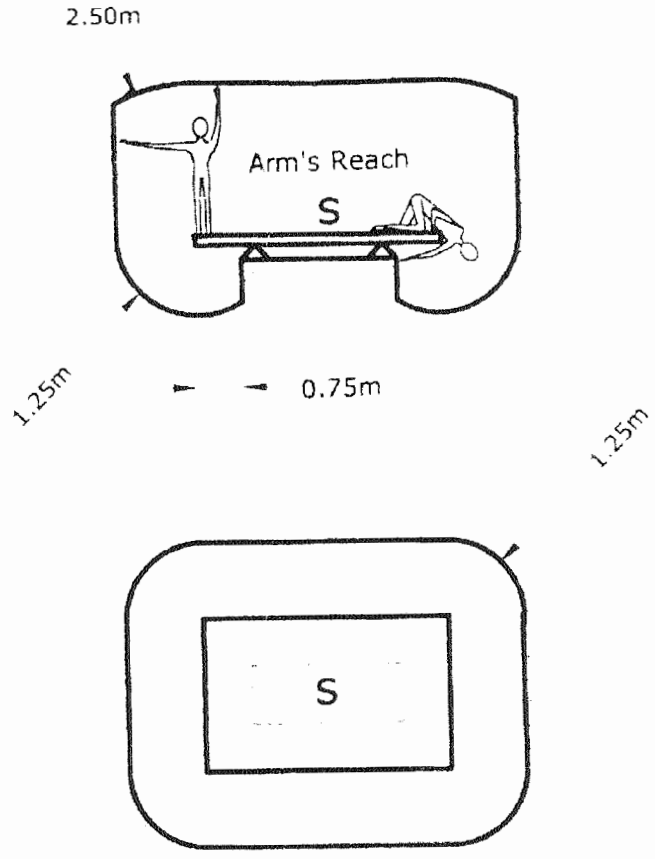
تکیه گاهی است برای کابل مشتمل بر یک سری اجزای نگهدار که به نحوی صلب به اجزای نگهدار اصلی وصل می باشند .

بازوی نگهدار کابل [826-06-09] **cable brackets**

تکیه گاهی است افقی برای کابل که تنها در یک سمت محکم می شود و در فواصل معینی در طول کابل قرار داده می شود و کابل بر روی آن خوابانده می شود .

بست نگهدار کابل [826-06-09] **cleat**

نگهدارنده ای است که در فواصلی معین در طول کابل یا لوله نصب می شود و به طور مکانیکی کابل یا لوله را محکم نگه می دارد.



شکل ۱-۱ نمایش ترسیمی منطقه "دسترس"

واژه نامه فارسی – انگلیسی

الف

اتصال زمین	Earthing	
آشکارسازی اضافه جریان	Overcurrent Detection	[826-05-10]
اضافه ولتاژ گذرا	Transient Overvoltage	[IEC – 664]
اضافه ولتاژ قطع و وصل	Switching Overvoltage	[IEC – 664]
اضافه ولتاژ صاعقه (آذرخش)	Lightning Overvoltage	[IEC – 664]
(ایست) اضطراری	Emergency Stoping	[826-08-04]
(قطع و وصل) اضطراری	Emergency Switching	[826-08-03]
الکترود زمین	Earth Electrode	[826-04-02]
الکترود زمین مستقل از نظر الکتریکی	Electrically Independent Earth Electrods	[826-04-04]
آلودگی	Pollution	[IEC-664]
انشعاب (سرویس ورودی یک تاسیسات الکتریکی)	Origin Of An Electrical Installation Service Entrance (USA)	[826-01-02]
ایجاد جدایی	Isolation	[826-08-01]

ب

باتری	Battery [Secondary Cell , Battery]	[486-01-01]
باتری	(Secondary) Battery	[486-01-03]
باتری (سلول)	(Secondary) Cell	[486-01-02]
بازوی نگهدار کابل (کنسول)	Cable Brackets	[826-06-09]
بدنه هادی	Exposed Conductive Part	[826-03-02]
بدنه هادی بیگانه	Extraneous Conductive Part	[826-03-03]
(قسمت)برقدار	Live Part	[826-03-01]
(شوک الکتریکی) برق گرفتگی	Shock	[826-03-04]
بست نگهدار کابل	Cleat	[826-06-09]

بند	[461-06-15] Cord

پ

پارامترهای محیطی	[IEC 721-1] Environmental Parameters
پرده (یک کابل)	[461-03-01] Screen (of a cable)
پرده کشی حفاظتی	[IEC 536] Protective Screening

ت

تابلو	[IEE – UK] Switchboard
تابلو (مجموعه از تجهیزات قطع و وصل و کنترل)	[441-12-01] Assembly (of switchgear and co ntrolgear)
تابلوی تمام بسته (مجموعه تمام بسته از تجهیزات قطع و وصل و کنترل)	[441-12-02] Enclosed Assembly (of switchgear and Controlgear)
تاسیسات الکتریکی (ساختمانها)	[826-01-01] Electrical Installation (of buildings)
تماس مستقیم	[826-03-05] Direct Contact
تجهیزات الکتریکی	[826-07-01] Electrical Equipment
تجهیزات مصرف کننده جریان	[826-07-02] Current Using Eqipment
تجهیزات قابل حمل با دست	[826-07-04] Portable Eqipment
تجهیزات دستی	[826-07-05] Hand – Held Eqipment
تجهیزات ساکن	[826-07-06] Stationary Eqipment
تجهیزات نصب ثابت	[826-07-07] Fixed Eqiment
ترانکینگ (کانال کابل برای کابل)	[IEE – UK] Trunking (for cables)
ترمینال اصلی زمین	[826-04-08] Main Earthing Terminal (Main Earthing Bar) Groundbus (USA)
(سیستم) تغذیه برای سرویسهای ایمن	[826-01-05] (supply system for) Safety Services Emergency Power System (USA)
تماس غیرمستقیم	[826-03-06] Indirect Contact
تونل کابل	[826-06-07] Cable Tunnel

ج

جداکننده	[441-14-05] Disconnector
جدایی حفاظتی	[IEC 536] Protective Separation

جریان باقیمانده — [826-03-09] Residual Current

جریان اتصال کوتاه — [826-05-08] (Solid) Short – Circuit Current

جریان اضافه بار (یک مدار) — [826-05-07] Overload Current (of a circuit)

(وسیله) جریان تفاضلی — Residual Current Device (RCD)

(اضافه) جریان — [826-05-06] Overcurrent

اضافه جریان — [826-05-06] Overcurrent

عدم ذوب قراردادی — Non – Fusing Current

جریان شوک (جریان برق گرفتگی) — [826-03-07] Shock Current

جریان طراحی (یک مدار) — [826-05-04] Design Current (of a circuit)

قابلیت تمایز اضافه جریان — [441-17-15] Overcurrent Discrimination

جریان مجاز حرارتی (یک هادی)

[826-05-05] (Continuous) Current Carrying Capacity (of a conductor)
Ampacity (USA)

جریان نشت — [826-03-08] Leakage Current

ح

حداکثر ولتاژ تماس قراردادی — [826-02-04] Conventional Touch Voltage Limit

حصار — [26-03-13] Barrier

حفره های ساختمانی — [826-06-02] Building Void

د

دسترس — [826-03-11] Arm's Reach

دمای هوای محیط (برای وسایل قطع و وصل یا فیوز)

[441-11-13] Ambientent Air Temperature (for switching evices or fuse)

دمای محیط — [826-01-04] Ambient Temperature

ر

راه انداز (استارتر) — [441-14-38] Starter

راه انداز ستاره – مثلث — [441-14-44] Star-Delta Starter

رشته (هسته) (کابل) — [461-04-04] Core [Insulated Conductor (USA)]

ز

[461-05-06]	Armour (of a cable)	زره کابل
[826-04-01]	Eart (Ground (USA)]	زمین

س

[826-06-08]	Cable Tray	سینی کابل
		(سیستم) تغذیه برای سرویسهای ایمنی
[826-01-05]	(supply system for) Safety Services Emergency Power System (USA)	
[826-01-08]	Standby Supply System	سرویس تغذیه کمکی
[826-01-06]	Standby Supply System	سرویس تغذیه کمکی
		سرویس ورودی یک تاسیسات الکریکی (انشعاب)
[826-01-02]	Origin Of An Electrical Installation Service Entrance (USA)	
[461-03-04]	Shield (of a cable)	سپر (یک کابل)
[486-01-02]	(Secondary) Cell	سلول باتری
[826-06-01]	Wiring System	سیستم سیم کشی
	Calble Trunking System	سیستم کانال کابل (ترانکینگ)
[826-06-04]	Cable Ducting System	سیستم مجرای کابل کشی

ش

[IEC 721-1]	Environmental Conditions	شرایط محیطی
[IEC 721-1]	Severities of Environmental Conditions	شدت شرایط محیطی
[441-18-27]	Convectional	شدت جریان
		شدت جریان عملیاتی قراردادی (مربوط به یک وسیله حفاظتی)
[826-05-09]	Convewtional Operatng Current (of a protective device)	
[441-18-28]	Convevtional Fusing Current	شدت جریان ذوب قراردادی
[441-14-53]	Push-Button	شستی – دگمه فشاری
[826-03-04]	Shock	شوک الکتریکی (برق گرفتگی)
[826-03-07]	Shock Current	(جریان) شوک (جریان برق گرفتگی)
[441-12-07]	Busbar Trunking System	(سیستم) شینه کشی

ع

[826-03-17]	Basic Insulation	عایقبندی اصلی
[826-03-18]	Supplementary Insulation	عایقبندی تکمیلی
[826-03-19]	Double Insulation	عایقبندی مضاعف
[826-03-20]	Reinforced Insulation	عایقبندی تقویت شده
[461-02-01]	Insulation (of a cable)	عایقبندی (یک کابل)
[461-02-02]	Conductor Insulation	عایقبندی یک هادی
[461-02-08]	Extruded Insulation	عایقبندی تزریقی
[461-02-09]	Mineral Insulation	عایقبندی معدنی

غ

[461-05-03]	Sheath Jacket (USA)	غلاف

ف

[441-17-31]	Clearance	فاصله آزاد (فاصله هوایی)
[IEC 664]	Clearance	فاصله آزاد (فاصله هوایی)
[IEC 664]	Creepage Distance	فاصله خزش (فاصله نشت)
[441-17-35]	Isolating Distance	فاصله جدایی
[826-09-02]	Instructed Person	فرد آموزش دیده
[826-09-01]	Skilled Person	فرد کارآزموده (ماهر)
[441-18-01]	Fuse	فیوز
	(of a pole of a mechanical switching device)	یک وسیله جداکننده (مکانیکی)

ق

[826-03-10]	Simultaneously Acsessible Parts	قسمتهایی که به طور همزمان در دسترس می باشند
[826-03-01]	Live Part	قسمت برقدار
		قطع کردن به منظور تعمیر (مکانیکی)
[826-08-02]	Switching – Off For (mechanical) Maintenance	
[826-08-05]	Functional Switching; Control	قطع یا وصل عملیاتی ، کنترل

[826-08-03]	Emergency Switching	(قطع یا وصل) اضطراری
	Switching	قطع و وصل (کلیدزنی)

ک

[461-06-01]	Insulated Cable	کابل عایق
[461-06-01]	Single-Core Cable Single- Conductor Cable	کابل تک رشته ای
[461-06-03]	Multiconductor Cable	کابل چندرشته ای
[461-06-04]	Multicore Cable	کابل چندرشته ای
[461-06-14]	Flexible Cable	کابل قابل انعطاف
[826-06-06]	Cable Channel	کانال کابل
[826-06-05]	Trunking	کانال کابل (ترانکینگ)
[461-06-15]	Cord	(کابل) بند
[441-14-20]	Circuit-Breaker	کلید خودکار
		کنتاکت (یک وسیله قطع و وصل مکانیکی)
[441-15-05]	Contact (of a mechanical switching device)	
[441-15-06]	Contact (Piece)	کنتاکت (قطعه)
[441-14-13]	Contactor (mechanical)	کنتاکتور مکانیکی)
[441-16-04]	Manual Control	کنترل دستی
[441-16-07]	Remote Control	کنترل از راه دور
		کلید کنترل (برای مدارهای کنترل و کمکی)
[441-14-46]	Control Switch (for control and auxiliary circuits)	
[408-2-1-3]	Switch	کلید قطع بار

ل

[–]	Appliances (Appliance)	لوازم مصرف کننده (لوازم خانگی)
[826-06-03]	Conduit Switching	لوله قطع و وصل (کلیدزنی)

م

[826-05-01]	(electrical) Circuit (of an installation)	مدار (برقی در یک تاسیسات)
[826-05-02]	Distribution Circuit (of installation)	مدار توزیع (یک تاسیسات)
[826-05-03]	Final Circuit (of buildings) Branch Circuit (USA)	مدار نهایی (در ساختمان)

مجرا	Duct	[–]
مجرا (کابل کشی)	Duct	[–]
مجراکشی مجرای کابل کشی	Ducting Cable Ducting	[–]
محفظه	Enclosure	[826-03-12]
محفظه (یک مجموعه)	Enclosure (of an assembly)	[441-13-01]
مفصل دوراهه	Straight – Joint	[461-11-01]
مفصل سه راهه (انشعاب)	Tee-Joint	[461-11-06]
مانع	Obstacle	[826-04-14]
مقاومت کل زمین	Total Earthing Resistance	[826-04-03]

و

وسایل قطع و وصل و کنترل	Switchgear and Controlgear	[441-11-01]
وسیله جریان تفاضلی	Residual Current Device (RCD)	
ولتاژ اسمی (یک تاسیسات)	Nominal Voltage (of an installation)	[826-02-01]
ولتاژ تماس	Touch Voltage	[826-02-02]
ولتاژ تماس احتمالی	Prospective Touch Voltage	[826-02-03]
ولتاژ اسمی (یک باتری)	Nominal Voltage (of a battery)	[486-01-05]
ولتاژ اسمی	Rated Voltage	[IEC – 664]
ولتاژ	Voltage	IEC 38
برای مثال	(1983)	
ولتاژ اسمی	Nominal Voltage	
بالاترین ولتاژ یک سیستم	Highest Voltage of a System	
پایین ترین ولتاژ یک سیستم	Loweststst Voltage of a System	
وسایل قطع و وصل و کنترل	Switchgear and Controlgear	[826-07-03] [441-11-01]
وسایل قطع و وصل	Switchgear	[441-11-02]
وسایل کنترل	Controlgear	[441-11-03]
وسیله قطع و وصل	Switching Device	[441-14-01]

[826-04-10] Equipotential Bonding Conductor	هادی همبندی برای هم‌ولتاژ کردن
[461-01-01] Conductor (of a cable)	هادی (یک کابل)
[461-01-02] Plain Conductor	هادی ساده
[826-04-07] Earthing Conductor Grounding Electrod Conductor (USA)	هادی زمین
[461-01-07] Stranded Conductor	هادی چندمفتولی
[461-01-11] Flexible Conductor	هادی قابل انعطاف
[461-01-17] Concentric Conductor	هادی هم مرکز
[826-04-09] Equipotential Bonding	همبندی برای هم‌ولتاژ کردن
[826-04-10] Equipotential Bonding Conductor	هادی همبندی برای برای هم‌ولتاژ کردن
[826-01-03] Neutral Conductor (N)	هادی خنثا
[826-04-06] Pen Conductor	هادی PEN
[IEE – UK] Phase Conductor	هادی فاز
[826-04-05] Protective Conductor Equipment Grounding Condudtor	هادی حفاظتی(PE)
[IEC 664] Co-Ordination Of Insulation	هماهنگی عایقبندی
[826-04-09] Equipotential Bonding	همبندی برای هم‌ولتاژ کردن
[IEC 536] Protective Bonding	همبندی حفاظتی

FELV	ELV – Functional Extra Low Voltage	FELV
PELV	PELV – Protective Extra Low Voltage	PELV
SELV	SELV – Safety Extra Low Voltage	SELV
TELV	TELV – Telecommunications Extra Low Voltage	TELV

IEC > Residual Current Protective Device	وسیله قطع جریان تفاضلی
IEE-UK > Residual Current Device (RCD)	وسیله قطع جریان تفاضلی
USA > Ground Fault Circuit Interruptor	وسیله قطع جریان تفاضلی

فصل اول
تعریفها – فرهنگ لغات – نشانه های ترسیمی
بخش دوم - نشانه های ترسیمی

۱ – نشانه ها ترسیمی ارائه شده در این بخش ، تماماً از استاندارد IEC 617 چاپ سال ۱۹۸۳ گرفته شده است . این استاندارد که با درنظر گرفتن امکانات ترسیم رایانه ای تنظیم شده است ، جایگزین استاندارد IEC 117 چاپ سال ۱۹۶۳ شده است .

۲ – نشانه های ترسیمی ذکر شده در اینجا ، نمونه کوچکی از کل نشانه های منتشر شده در استاندارد IEC 617 است و به عنوان راهنما به منظور یافتن نشانه های لازم دیگر ذکر میشوند . شماره های ذکر شده در قسمت انگلیسی ، شماره های قسمت و بخش و ترتیب استاندارد IEC 617 است .

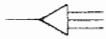
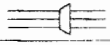
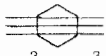
۳ – نشانه های مخصوص تاسیسات الکتریکی ، در مبحث ۱۳ ذکر شده اند .

٤ – برای نحوه استفاده از نشانه ها در دیاگرامها ، شکل ۱–۲ به عنوان نمونه ارائه شده است .

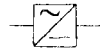
جدول ۱-۱ نشانه‌های ترسیمی طبق IEC 617 (صفحه ۱ از ۶)

IEC 617 No	Description	Symbol نشانه	شرح	شماره ردیف
02-13-23	Operated by electromagnetic actuator		کار به کمک یک وسیله الکترومغناطیسی	۰۱
02-08-02 02-13-24	Electromagnetic effect Operated by electromagnetic overcurrent protection		اثر الکترومغناطیسی کار به کمک یک وسیله حفاظت اضافه جریان الکترومغناطیسی	۰۲ ۰۳
02-08-01 02-13-25	Thermal effect Operated by thermal actuator example = thermal relay		اثر حرارتی کار به کمک یک وسیله حرارتی مثال = رله حرارتی	۰۴ ۰۵
02-13-26	Operated by electric motor		کار به کمک موتور الکتریکی	۰۶
02-13-27	Operated by clock		کار به کمک ساعت	۰۷
02-15-01	EARTH GROUND General Symbol		اتصال به زمین نشانه کلی	۰۸
02-15-02	Noisless Earth / Ground		اتصال به زمین بدون پارازیت	۰۹
02-15-03	Protective Earth / Ground		اتصال به زمین حفاظتی	۱۰
02-15-04	Frame Chassis		بدنه یا شاسی	۱۱
02-15-05	Equipotentiality		همپتانسیل بودن (هم‌ولتاژ بودن)	۱۲
02-17-01	Fault Indication of assumed fault location		اتصالی یا اتصال کوتاه نمایش محل فرضی بروز اتصالی	۱۳
03-03-01 03-03-02	Socket Pole of a socket	ترجیح دارد	پریز یک قطب پریز	۱۴ ۱۵
03-03-03 03-03-04	Plug Pole of a plug	ترجیح دارد	چند شاخه یک شاخه از چند شاخه	۱۶ ۱۷

جدول ۱-۱ نشانه‌های ترسیمی طبق IEC 617 (ادامه جدول - صفحه ۲ از ۶)

IEC 617 No	Description	Symbol نشانه	شرح	شماره ردیف
03-03-17	Connecting Link Closed		رابط اتصال بسته	۱۸
03-03-19	Open		باز	۱۹
03-04-01	Cable Sealing End w/one three-core cable		سرکابل با یک کابل سه رشته‌ای	۲۰
03-04-02	Cable Sealing End w/three one-core cables		سرکابل با سه کابل تک رشته‌ای	۲۱
03-04-03	Straight-through Joint Box Multi-line Representation		جعبه اتصال کابل برای سه هادی	۲۲
03 04-04	Single-line representation		نمایش تک خطی	۲۳
03-04-05	Joint Box, w/three conductors T-connected. Multi-line		جعبه انشعاب کابل برای سه هادی	۲۴
03-04-06	Single-line representation		نمایش تک خطی	۲۵
04-01-01	Resistor, general symbol		مقاومت - نشانه کلی	۲۶
04-01-03	Variable Resistor Adjustable Resistor		مقاومت متغییر مقاومت قابل تنظیم	۲۷
04 01-12	Heating Element		مقاومت گرمکن المان هیتر	۲۸
04 02-01	Capacitor, general symbol		خازن - کاپاسیتور	۲۹
04 02-07	Variable Capacitor Adjustable Capacitor		خازن متغییر خازن قابل تنظیم	۳۰
04-03 01	Inductor Preferred form Coil Winding		اندوکتور نوع ترجیحی سیمپیچی	۳۱
04-03-02	Choke		بیبچک	۳۲
06-04-01	Machine, general symbol The Asterisk * shall be replaced by letter as follows: C Synchranous Converter G Generator GS Synchranous Generator M Motor MG Machine capable of use as Generator or Motor MS Synchronous Motor		ماشین - نشانه کلی به جای ستاره * با یکی از حروف حساب زیر استفاده گردد C کنورتور سنکرون G ژنراتور GS ژنراتور سنکرون M موتور MG ماشینی که بتوان از آن به عنوان ژنراتور یا موتور استفاده کرد MS موتور سنکرون	۳۳
06-08-01	Induction Motor Three phase Squrrel cage		موتور اندوکسیون سه فاز قفس سنجابی	۳۴

جدول ۱-۱ نشانه‌های ترسیمی طبق IEC 617 (ادامه جدول - صفحه ۳ از ۶)

IEC 617 No	Description	Symbol نشانه	شرح	شماره ردیف
06-09-01	Transformer		ترانسفورماتور	۳۵
06-09-02	with two windings		دارای دو سیم پیچ	۳۶
06-09-06	Auto-transformer		اوتوترانسفورماتور	۳۷
06-09-07				۳۸
06-09-08	Coke - Reactor		راکتور - چوک	۳۹
06-09-10	Current Transformer		ترانسفورماتور جریان	۴۰
06-10-01	Single Phase Transformer with two windings and screen		ترانسفورماتور تکفاز با دو سیم پیچ مجزا و پرده بین آنها	۴۱
06-10-02	Tree Phase Transformer connection Star/Delta		ترانسفورماتور سه فاز با اتصال ستاره/مثلث	۴۲
06-14-03	Rectifier		یکسوکننده یا رکتیفایر	۴۳
06-14-05	Inverter		اینورتور یا مبدل	۴۴
06-15-02	Battery of Cells or Accumulators With 3 Primary Cells or Accumulators shown		مجموعه باتری یا سلول اولیه در شکل ۳ عدد باتری یا سلول نشان داده شده‌اند	۴۵
	Qualifying Symbols		نشانه مشخص کننده	
07-01-01	Contactor Function	C	نوع کار - کنتاکتور	۴۶
07-01-02	Circuit Breaker Function	×	نوع کار - کلید خودکار	۴۷
07-01-03	Disconnector(Isolator) Function	—	نوع کار - جداکننده(بی بار)	۴۸
07-01-04	Switch-disconnector Function	D	نوع کار - قطع زیربار	۴۹
07-01-05	Automatic Release Function	a	نوع کار - قطع خودکار	۵۰
07-01-06	Limit Switch Function	∇	نوع کار - محدودکننده	۵۱
07-01-07	Spring Return Function	∢	نوع کار - خود برگشت (فنری)	۵۲
07-01-08	Non-Spring Return Function	○	نوع کار - بدون برگشت با کمک فنر	۵۳
	یادآوری - IEC 617 توصیه نموده است که برای کلیدها از نشان دادن قسمتهای لولایی و کنتاکت جدا شونده به صورت دایره (—ــ○ــ—) صرفنظر شود. ردیفهای ۵۴ تا ۶۰ را ببینید.			
07-13-02	Contactor (contacts open in unoperated position)		کنتاکتور (کنتاکتها در حالت خاموشی- بازند)	۵۴

جدول ۱-۱ نشانه‌های ترسیمی طبق IEC 617 (ادامه جدول - صفحه ۴ از ۶)

IEC 617 No	Description	Symbol نشانه	شرح	شماره ردیف
07-13-03	Contactor with Automatic Release		کنتاکتور باعمل خودکار	۵۵
07-13-04	Contactor (contacts closed in unoperated position)		کنتاکتور (کنتاکتها در حالت خاموشی- بسته‌اند)	۵۶
07-13-05	Circuit Breaker		کلید خودکار	۵۷
07-13-06	Disconnector(Isolator)		جداکننده(بی بار)	۵۸
07-13-08	Switch-disconnector (On-Load Isolating Switch)		کلید قطع زیربار	۵۹
07-13-09	Switch-disconnector with Automatic Release		کلید قطع زیربار باعمل خودکار	۶۰
07-14-04	Starter with Automatic Release		راه‌انداز باعمل خودکار	۶۱
07-14-05	Direct-on-Line contactor for reversing motor		راه‌انداز باکنتاکتور وصل مستقیم برای تغییر جهت موتور	۶۲
07-14-06	Star-Delta Starter		راه‌انداز ستاره - مثلث	۶۳
07-14-07	Auto-Transformer Starter		راه‌انداز اتو - ترانسفورماتور	۶۴
07-15-21	Actuating Device of a Thermal Relay		وسیله عامل یک رله حرارتی	۶۵
07-21-01	Fuse, general symbol		فیوز - نشانه کلی	۶۶
07-21-02	Fuse (Supply side indicated with thick line)		فیوز (سمت تغذیه با خط ضخیم نشان داده شده است)	۶۷

جدول ۱-۱ نشانه‌های ترسیمی طبق IEC 617 (ادامه جدول - صفحه ۵ از ۶)

شماره ردیف	شرح	نشانه Symbol	Description	IEC 617 No.
۶۸	فیوز با رابط مکانیکی (میله ضربه زن)		Fuse with mechanical link (Fuse with striker)	07-21-03
۶۹	فیوز بامدار آلارم مستقل		Fuse with separate Alarm Circuit	07-21-05
۷۰	کلید - فیوز		Fuse-switch	07-21-07
۷۱	کلید - فیوزجداکننده		Fuse-disconnector (fuse isolator)	07-21-08
۷۲	کلید - فیوز قطع زیربار		Switch-disconnector (On-Load Isolating Switch)	07-21-09
۷۳	شاخکهای جرقه فاصله هوایی		Gap	07-22-01
۷۴	جرقه‌گیر - صاعقه‌گیر		Lightning Arrester	07-22-03
۷۵	آبزار نشانگر		Indicating Instrument	08-01-01
۷۶	ابزار ثبت کننده		Recording Instrument	08-01-02
۷۷	ابزار جمع کننده		Integrating Instrument	08-01-03

* ستاره در نشانه‌ها باید به ترتیب زیر جایگزین شود:

۱- با نشانه حرفی واحد اندازه‌گیری آن کمیتی که اندازه‌گیری می‌شود یا مربیهایی از آن (A-W-Hz)

۲- نشانه حرفی کمیتی که اندازه‌گیری می‌شود (Cos φ - φ)

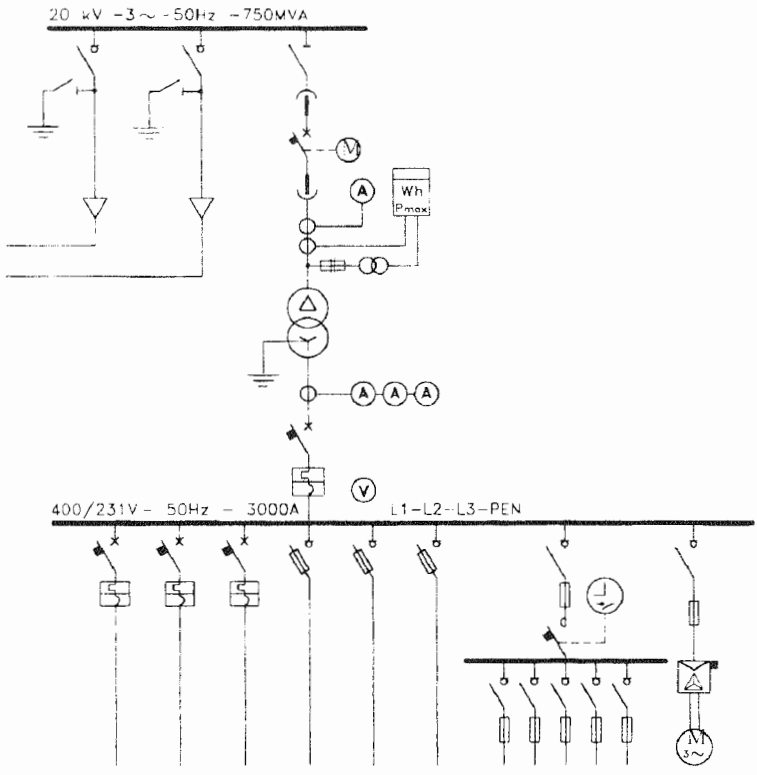
۳- یک فرمول شیمیایی یا نشانه ترسیمی (NaCl - ∿)

جدول ۱-۱ نشانه‌های ترسیمی طبق IEC 617 (ادامه جدول - صفحه ۶ از ۶)

IEC 617 No	Description	Symbol نشانه	شرب	شماره ردیف
08-02-01	Reactive Current Ammeter		آمپرمتر جریان راکتیو	۷۸
08-02-02	Synchronoscope		سنکرونوسکوپ	۷۹
08-03-01	Recording Wattmeter		واتمتر ثبات	۸۰
08-03-03	Oscillograph		اوسیلوگراف (ثبات)	۸۱
08-04-03	Watt-hour meter, two rate		وات-ساعت متر- دونرخه	۸۲
08-04-13	Watt-hour meter with Maximum Demond indicator		وات-ساعت متر- باماکسیمتر	۸۳
08-08-01	Clock, general symbol Secondary Clock		ساعت - نشانه کلی ساعت ثانوی	۸۴
08-08-02	Master Clock		مادر ساعت	۸۵
08-08-03	Clock with Switch		ساعت-مجهز به کلید	۸۶
08-10-01	Lamp-Signal Lamp gen.symbl. RD=red YE=yellow GN=green BU=blue WH=white Ne=neon Hg=mercury Na=sodium IN=incandescent FL=fluorescent EL=electroluminescent LED=light emitt diode I=iodine IR=infra-red UV=ultra-violet	EXAMPLE مثال BU Hg	لامپ یا لامپ سیگنال یادآوری-در صورت لزوم هر گذام نوع لامپ را به نحوی که در طرف انگلیسی نشان داده شده است می‌توان در کنار نشانه لامپ نوشت	۸۷
08-10-05	Horn		بوق	۸۸
08-10-06	Bell		زنگ	۸۹
08-10-10	Buzzer		بازر	۹۰

جدول ۲-۱ خلاصه جدول ۱-۱ (صفحات ۴۹ تا ۵۵) نشانه‌های ترسیمی

T1	T2	T3	T4	T5	T6
۰۱	۱۸ ۱۹	۳۵ ۳۶	۵۵	۶۸	۷۸ A Icos φ
۰۲ ۰۳	۲۰ ۲۱	۳۷ ۳۸	۵۶	۶۹	۷۹
۰۴ ۰۵	۲۲ ۲۳ 3 3	۳۹	۵۷	۷۰	۸۰ W
۰۶	۲۴ ۲۵ 3 3	۴۰	۵۸	۷۱	۸۱
۰۷	۲۶	۴۱	۵۹	۷۲	۸۲ Wh
۰۸	۲۷	۴۲	۶۰	۷۳	۸۳ Wh Pmax
۰۹	۲۸	۴۳	۶۱	۷۴	۸۴
۱۰	۲۹	۴۴	۶۲	۷۵	۸۵
۱۱	۳۰	۴۵	۶۳	۷۶	۸۶
۱۲	۳۱ ۳۲	۴۶ ۴۷ ۴۸ ۴۹ ۵۰ ۵۱ ۵۲ ۵۳	۶۴	۷۷	EXAMPLE مثال BU Hg ۸۷
۱۳	۳۳		۶۵		
۱۴ ترجیحاً دارد ۱۵			۶۶		۸۸
۱۶ ترجیحاً دارد ۱۷	۳۴ 3~	۵۴	۶۷		۸۹ ۹۰



یادآوری - در این شکل، همه نشانه‌های لازم استفاده نشده است

شکل ۲-۱ یک نمونه برای نحوه استفاده از نشانه‌های ترسیمی طبق IEC 617

فصل دوم
سیستمهای توزیع برق طبق IEC

۲۰۰ – پیشگفتار

هدف این کتاب بحث درباره مسایل تأسیساتی است و قصد وارد شدن به حریم توزیع نیروی برق در کار نیست. اما ختم توزیع برق و شروع تأسیسات از کجا است ؟ از نظر حقوقی جواب این سؤال ساده است : محل ختم توزیع و شروع تأسیسات ، کنتور برق است . در مواردی که پست ترانسفورماتور فشار متوسط در بین باشد، این محل تابلوی اصلی ساختمان می باشد . اما آیا واقعا می توان بین توزیع نیرو و تأسیسات برق مرزی را قائل شد؟ مرزبندیهای ذکر شده از نظر مشخص کردن حوزه های مسئولیت مفیدند اما از نظر فیزیک معنایی ندارند . تأسیسات، ادامه طبیعی سیستم توزیع می باشد و همه مشخصه های توزیع خواه ناخواه بر تأسیسات نیز حاکم اند و همه اتفاقاتی که در تأسیسات می افتند واکنشی را در سیستم توزیع سبب می شوند . خلاصه این که از نظر فیزیکی مرزی بین توزیع و تأسیسات وجود ندارد .

به نظر می رسد دنبال کردن بحثی درباره استقلال تأسیسات از توزیع، لازم یا مفید باشد . تأسیسات بدون شک تابع توزیع است و فقط می تواند در محدوده کوچکی از قلمرو خود دخل و تصرف کند . این است که در اینجا صحبت از انواع سیستم های توزیع است که قهراً حاکم بر تأسیسات نیز هستند .

مانند هر فرآیند فنی دیگر پیشرفت و توسعه برق یک شبه انجام نشده و پایان هم نیافته و به نظر نمی رسد روزی به انتها برسد . اما می توان ادعا نمود که پیشرفتهای آینده ، بر مسایل بنیادین کمتر اثر خواهند گذاشت.

در سال ۱۹۶۹ میلادی مسئولیت تهیه آیین نامه تأسیسات الکتریکی ساختمانها به عهده کمیته فنی شماره ٦٤ از کمیسیون بین المللی الکروتکنیک (IEC TC 64) واگذار شد . یکی از کارهای مهم این کمیته ، نظم دادن به سیستمهای موجود برقی بود که برای بار اول در سال ۱۹۷۷ منتشر شد . از آن تاریخ به بعد معرفی سیستمهای برقی به روش IEC چنان همه گیر شده است که کمتر کسی پیدا می شود که از آن استفاده نکند . علت اصلی این است که قبل از ابداع روش IEC هیچ روش منظم دیگری برای شناساندن سیستمهای توزیع فشار ضعیف وجود نداشت.

اگر بخواهیم ترتیب تحولات تاریخی را دنبال کنیم ، صحبت درباره رشد و تکامل برق در قدیم (فصل ۳) باید قبل از معرفی سیستمهای برق به روشIEC (فصل ۲) انجام شود اما در آن صورت ارجاع سیستمهای قدیمی به شیه سیستمهای تدوین شده توسط IEC ، مشکل خواهد شد . لذا بهتر دیدیم شد که روش IEC قبلاً تشریح شود و راجع به تکامل سیستمها در قبل از IEC ، متعاقباً صحبت شود .

۲۱ – گروه بندی سیستمهای الکتریکی طبق IEC

۲۱۰ – پیشگفتار

کمیته فنی ٦٤ از کمیسیون بین المللی الکروتکنیک (IEC – TC 64) نوآوریهای بسیاری داشته است که از آن میان گروه بندی سیستمهای الکتریکی ، از اهمیت خاصی برخوردار است .

جالب این که در این گروه بندی ، چیز جدید محتوایی ارائه نشده است . اما ارائه یک مطلب بدیهی به نحوی روشن و دادن نظم به مسایلی که قبلاً فاقد سیستم بوده اند ، شبیه بیان موضوعی با استفاده از "کلمات قصار" است . مسلما هنگامی که بار اول "بنی آدم اعضای یکدیگرند ... " بر زبان سعدی جاری شد ، مفهوم آن تازگی نداشت اما نحوه بیان و سادگی آن به قدری مؤثر بود که آنرا جاودانه کرد تا جایی که زینت بخش تالار ورودی سازمان ملل نیز شد .

پس به طور خلاصه : تا زمان ابداع نحوه گروه بندی و نامگذاری سیستمهای الکتریکی توسط IEC همه درباره وجود سیستمهایی با این مشخصات با اطلاع بودند و از آنها استفاده می کردند اما نه با نظمی که IEC به آنها داد.

علاوه بر سیستمهای توزیع فشار ضعیف معمول در کشور ما که عبارتند از : سیستمهای سه فاز با هادی خنثا و تک فاز منشعب از سه فاز با هادی خنثا ، در دنیا انواع سیستمهای دیگر – که از دید ما عجیب و شاید غیرمنطقی به نظر آیند – وجود دارند . برای مثال سیستم دو فاز ۹۰ درجه با اتصال به زمین "خنثا" و سه فاز مثلث با هادی انشعابی از وسط یکی از ساقها . شکل ۲۱۰ – ۱ را ببینید .

در هر حال سیستم گروه بندی IEC همه سیستمهای الکتریکی را در بر می گیرد .

در سراسر کتابی که در پیش رو دارید درباره زمین و اتصال به زمین و مقاومت اتصال به زمین و جرم کلی زمین بارها و بارها صحبت شده است . چرا که اتصال به زمین یکی از جنبه های مهم و شاید مهمترین جنبه سیستمهای برقی است . اتصال به زمین از دو نظر مورد توجه می باشد : اتصال به زمین یک نقطه از سیستم الکتریکی با عایق بودن آن از زمین، عامل مهمی در حفظ سلامت خود سیستم و عایقبندی آن است .

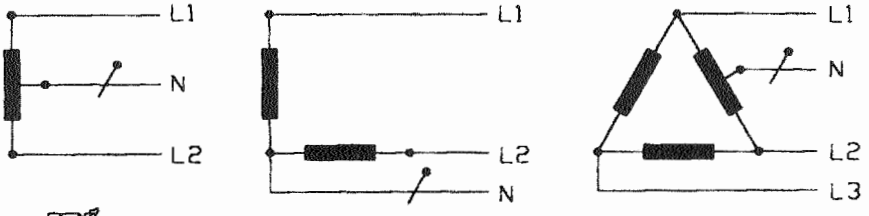
مسئله دوم که بدون توجه مخصوص به آن ، هیچ سیستم نیرویی قابل دوام نمی باشد، حفاظت در برابر برقگرفتگی است . این مهمترین جنبه یک سیستم نیرو است . روش رعایت ایمنی با توجه به نوع سیستم ، متفاوت خواهد بود . ولی در هر حال همه روشهای ایمنی ، نوعی اتصال به زمین بدنه های هادی تجهیزات الکتریکی را تجویز می کنند . پس از این نظر هم زمین نقش عمده ای را بازی می کند . IEC با توجه به این دو نکته ، زمین را مبنا قرار داده و گروه بندی خود را بر اساس محوریت زمین انجام داده است . از طرف دیگر یک سیستم برق مشخصه ای دارد که ساختار آن را از نظر نوع و تعداد هادیها مشخص می کند .IEC در این مورد هم اقدام کرده و هادیهای مختلف یک سیستم را نامگذاری نموده است .

پس به طور خلاصه IEC یک سیستم نیرو را با توجه به جنبه های زیر مشخص می کند:

۱ – نوع و تعداد هادیهای برقدار و حفاظتی یک سیستم (فاز یا فازها – خنثا – حفاظتی یا حفاظتی / خنثا)

۲ – نحوه اتصال به زمین سیستم نیرو (وصل خنثا یا عدم وصل آن به زمین)

۳ - وصل بدنه های هادی به هادی خنثا و زمین یا وصل مستقیم آنها به زمین برای جلوگیری از برقگرفتگی . درباره مطالب گفته شده ، در زیر بحث خواهد شد .



شکل ۲۱۰-۱ نمونه هایی از سیستمهای الکتریکی غیرمعمول در ایران

در ضمن نباید تصور شود که مطالب زیر دقیقاً" از IEC منتقل شده اند . ضمن این که مطالب به طور کامل با IEC مطابقت دارند بعضی از آنها که در ایران کاربرد ندارند حذف و بعضی دیگر که برای درک موضوع لازم به نظر آمده اند ، بسط داده شده اند.

۲۱۱ – نامگذاری هادیهای یک سیستم الکتریکی طبق IEC

IEC برای تشخیص هادیهای یک سیستم ، آنها را با استفاده از حروف لاتین نامگذاری کرده است :

۲۱۱-۱ – شناسایی هادیها در سیستمهای جریان متناوب

- برای مشخص کردن هادی فاز از حرف L (که اولین حرف کلمه Line است) استفاده می شود.
- برای مشخص کردن هادی خنثا از حرف N (که اولین حرف کلمه Neutral است) استفاده می شود .
- برای مشخص کردن هادی حفاظتی از حروف PE (که اولین حروف کلمات انگلیسی "زمین حفاظتی" Protective Earthing است) استفاده می شود .
- برای مشخص کردن هادی مشترک حفاظتی / خنثا از حروف PEN (که اولین حروف کلمات انگلیسی Protective Earthing + Neutral است) استفاده می شود .

با توجه به مطالب بالا سیستمهای تک فاز به قرار زیر خواهند بود :

سیستمهای دو سیمه : $L1+N$; $L1+L2$; $L1+PEN$

سیستم سه سیمه : $L1+N+PE$

شکلهای ردیف ۲۱۶ را ببینید .

و سیستمهای سه فاز به قرار زیر خواهند بود :

سیستمهای سه سیمه : $L1+L2+L3$ یا

سیستمهای چهارسیمه: L1+L2+L3+ (N یا PE یا PEN)

سیستمهای پنج سیمه : L1+L2+L3+N+PE

شکلهای ردیف ۲۱۷ را ببینید.

۲۱۱-۲ – شناسایی هادیها در سیستمهای جریان مستقیم

- برای مشخص کردن هادی خط از حرف L (که اولین حرف کلمه Line است) استفاده می شود.

+L هادی مثبت ؛

-L هادی منفی.

- برای مشخص کردن هادی میانی از حرف M (که اولین حرف کلمه Mid است) استفاده می شود .

- برای مشخص کردن هادی حفاظتی از حروف PE (که اولین حروف Protective Earthing است) استفاده می شود . شکلهای ردیف ۲۱۸ را ببینید.

یادآوری ۱ - برای نامگذاری یک هادی یا مقاومت یا هر نوع مفهوم دیگری با استفاده از حروف اختصاری ، IEC هرگز دلیل انتخاب حرف یا حروف را به طور رسمی بازگو نمی کند . با توجه به شمار اعضای این سازمان و زبانهای مختلفی که از آنها استفاده می کنند شاید این سیاستی معقول باشد، زیرا از اختلافات ناشی از تعصبات ملی جلوگیری می کند. اما برای ذهن کنجکاو استفاده کنندگان ، کشف رمز حروف اختصاری فعالیتی جالب توجه باقی خواهد ماند.

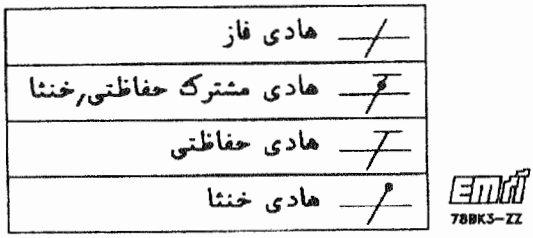
یادآوری ۲ - در زیر حروف اختصاری اسامی هادیهایی آورده می شوند که در حال حاضر در این کتاب کمتر به آنها اشاره خواهد شد . معهذا برای تکمیل لیست ، مفید خواهند بود .ضمناً ممکن است در حال حاضر بعضی از آنها هنوز از طرف IEC رسمیت نداشته باشند .

FPE = Functional Earthing + Protective Conductor در مورد DC

یا PER = Protective Earthing + Return Conductor

۲۱۲ – نشانه های ترسیمی هادیها طبق IEC

برای شناسایی هادیهای مختلف در دیاگرامها و نقشه ها ، IEC نشانه هایی را تدوین نموده است که در شکل ۲۱۲-۱ در زیر ارائه می شوند. استفاده از این نشانه ها در خواندن نقشه ها و دیاگرامها سهولت بسیاری را ایجاد می کند. مبنای تهیه نشانه ها ، جریان متناوب است اما از همان نشانه ها برای شناسایی هادیهای مشابه در جریان مستقیم نیز استفاده می شود .



شکل ۲۱۲-۱ نشانه های ترسیمی هادیها

شکلهای ردیف ۲۱۵، ۲۱۶ ، ۲۱۷ و ۲۱۸ را ببینید .

۲۱۳ – شناسایی نوع رابطه یک سیستم الکتریکی با زمین طبق IEC

گفته شد که زمین، مهمترین نقش را در سیستمهای برق به عهده دارد .درباره نقش زمین در برق صحبت شده است و در اینجا فقط به یادآوری نکات زیر بسنده می شود .

همه سیستمهای عادی برق باید به زمین وصل باشند(نقطه خنثا) و در مورد یک سیستم مخصوص (سیستم IEC-IT) که نسبت به زمین عایق است، باید اتصال به زمین وجود داشته باشد تا در صورت وقوع خرابی در سیستم IT اتصال به زمین قابل کشف باشد .

IEC وصل بودن یک نقطه از سیستم را به زمین با حرف T نشان می دهد که حرف اول کلمه Terra یعنی "زمین" است (ریشه لاتین) و وصل نبودن یک نقطه از سیستم را به زمین یا وصل بودن آن را به زمین از طریق امپدانسی بزرگ ، با حرف I نشان می دهد که حرف اول کلمه Isolated است .

برای مشخص کردن مقدار مقاومت اتصال به زمین هادی خنثا (یا فاز) ، IEC از نشانه R_B استفاده می کند.

شکلهای ردیف ۲۱۵ و ۲۱۶ و ۲۱۷ را ببینید .

۲۱۴ – شناسایی نحوه اتصال به زمین بدنه های تجهیزات الکتریکی طبق IEC

همانطوری که همه سیستمهای عادی برق باید به زمین وصل باشند، در همه سیستمهای برقی برای حفظ ایمنی انسان و دام در برابر برقگرفتگی ، بدنه های هادی تجهیزات برقی باید یا از طریق هادی خنثا و یا بصورت مستقیم، به زمین اتصال داده شوند . بنابراین نحوه وصل بدنه های هادی تجهیزات الکتریکی به زمین بسیار مهم است .

IEC وصل بودن بدنه های هادی تجهیزات را به زمین از طریق هادی خنثا یا حرف N نشان می دهد که حرف اول کلمه Neutral (خنثا) است و وصل مستقیم تجهیزات الکتریکی را به زمین با حرف T نشان می دهد.

برای مشخص کردن مقدار مقاومت اتصال به زمین بدنه های هادی تجهیزات الکتریکی (سیستم TT و IEC – IT) از نشانه R_A استفاده می شود .

شکلهای ردیف ۲۱۵ و ۲۱۶ و ۲۱۷ را ببینید .

۲۱۵ – نامگذاری سیستمهای الکتریکی طبق IEC

IEC سه سیستم الکتریکی را شناسایی کرده است . شناسایی اصلی با دو حرف از حروفی که قبلاً گفته شده اند انجام می شود . در مورد یکی از سه سیستم، از حروف اضافی هم استفاده می شود .

از دو حرف اصلی شناسایی ، حرف اول از سمت چپ رابطه سیستم را با زمین بازگو می کند:

حرف اول از سمت چپ T یعنی یک نقطه از سیستم به زمین وصل است .

حرف اول از سمت چپ I یعنی سیستم از زمین مجزا است یا با مقاومتی بزرگ به آن وصل است .

از دو حرف اصلی شناسایی ، حرف دوم از سمت چپ رابطه بدنه های هادی تجهیزات را با زمین بازگو می کند :

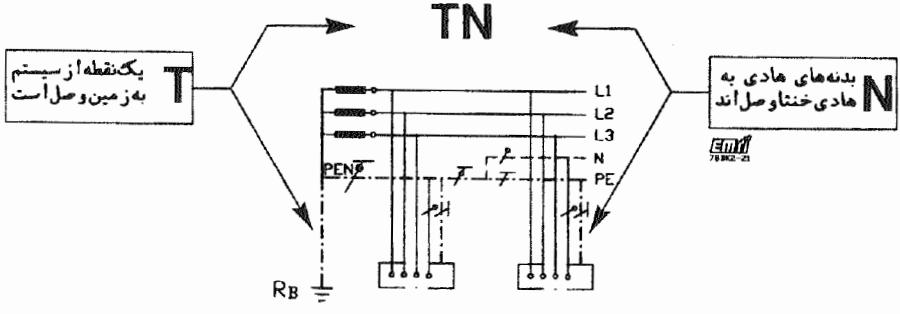
حرف دوم از سمت چپ N یعنی بدنه های هادی به هادی خنثای زمین شده وصل اند .

حرف دوم از سمت چپ T یعنی بدنه های هادی ، مستقل از زمین سیستم ، به زمین وصل اند .

با توجه به مطالب بالا سه سیستم مورد بحث به قرار زیرند :

۲۱۵–۱–سیستم TN

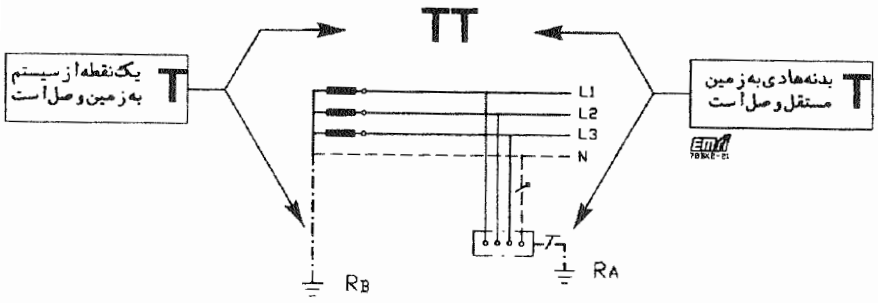
یک نقطه از سیستم وصل به زمین است (خنثا) بدنه های هادی به خنثای زمین شده وصل اند .



شکل ۲۱۵–۱ نامگذاری سیستم TN

۲۱۵-۲- سیستم TT

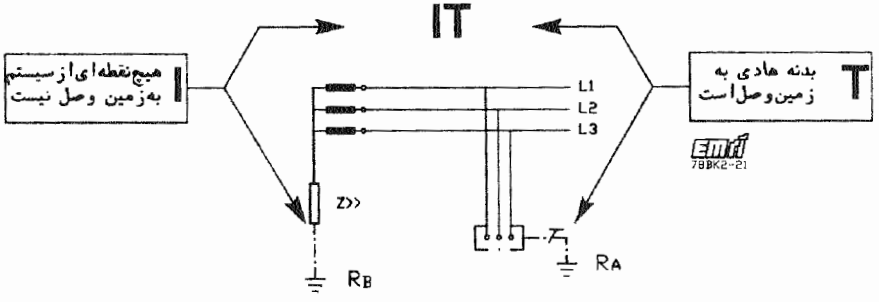
یک نقطه از سیستم وصل به زمین است (خنثا) بدنه های هادی مستقیماً به زمین وصل اند .



شکل ۲۱۵-۲ نامگذاری سیستم TT

۲۱۵-۳-سیستم IT

سیستم کلاً از زمین مجزا است بدنه های هادی مستقیماً به زمین وصل اند.



شکل ۲۱۵-۳ نامگذاری سیستم IT

۲۱۵-۴ زیرسیستمهای TN

از سه سیستم ذکر شده در بالا، سیستم توزیع TN متداولترین سیستم مورد استفاده می باشد. دلیل این کار سادگی و کم خرجی آن نسبت به دو سیستم دیگر است . در این سیستم فیوز ، که ارزانترین وسیله حفاظتی است ، عامل اصلی در ایجاد ایمنی در برابر اتصال کوتاه فاز به بدنه های هادی تجهیزات و در نتیجه برقگرفتگی می باشد در حالی که در دو سیستم دیگر ، بجز موارد استثنایی ، استفاده از وسایل حفاظتی مخصوص (مانند کلید جریان تفاضلی) برای این منظور لازم می باشد.

در سیستم توزیع TN ، برای اتصال بدنه های هادی تجهیزات به زمین می توان از روشهای مختلفی استفاده کرد. این مسئله سبب می شود که این سیستم دارای سه زیر سیستم شود که برای مشخص کردن آنها علاوه بر دو حرف T و N از دو حرف کمکی دیگر نیز استفاده می شود. این دو حرف عبارتند از حروف S و C .

حرف سوم از سمت چپ S ، یعنی بدنه های هادی از طریق یک هادی حفاظتی مخصوص (PE) در مبدا به نقطه خنثای سیستم وصل می شود (سیستم TN-S) .

حرف سوم از سمت چپ C ، یعنی بدنه های هادی از طریق یک هادی حفاظتی مشترک حفاظتی و خنثا (PEN) به زمین وصل می شوند (سیستم TN-C) .

و علاوه بر این دو ، زیر سیستم دیگری هم وجود دارد که از شروع تا نقطه ای از آن سیستم به شکل TN-C و از آن نقطه به بعد، سیستم به شکل TN-S است و به کل آن سیستم TN-C-S می گویند.

و به طور خلاصه سه زیر سیستم TN به صورت زیر خواهند بود :

TN-S

سیستمی که در سراسر آن هادیهای حفاظتی و خنثا (هادیهای N و PE) از یکدیگر مجزا می باشند .

TN-C

سیستمی که در سراسر آن یک هادی مشترک وظیفه هادیهای حفاظتی و خنثا (PEN) را به عهده دارد.

TN-C-S

سیستمی که تا نقطه ای از آن به صورت TN-C و از آن به بعد به صورت TN-S استفاده می شود .

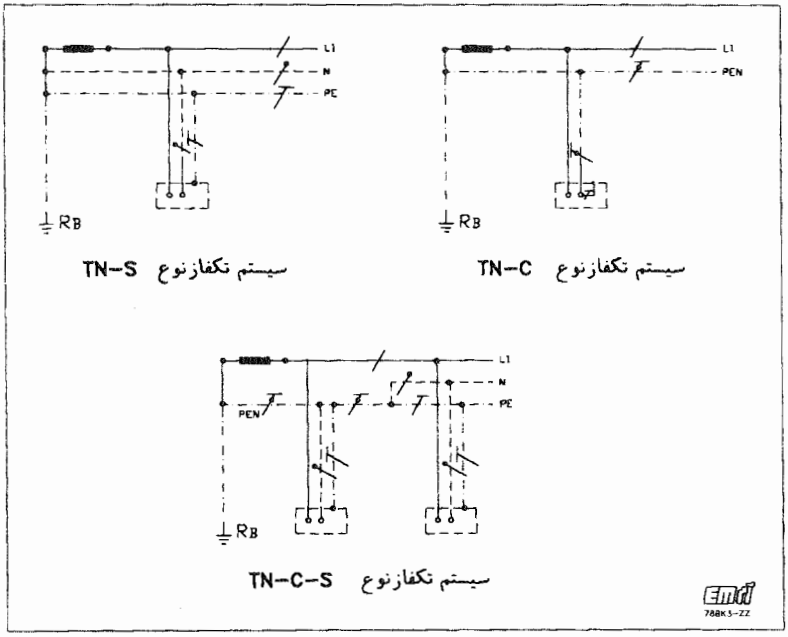
شکلهای ۲۱۶-۱ و ۲۱۷-۱ را ببینید .

از سه سیستم TT و IT و TN فقط سیستمهای TT و IT به صورت دو حرفی قابل تشخیص می باشد ولی برای تشخیص کامل سیستم TN احتیاج به ذکر حروف اضافی است .

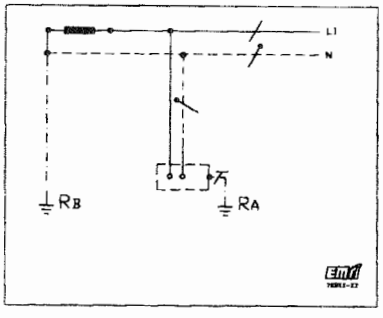
TN-S
TN-C
TN-C-S

۲۱۶ – طرحواره های عمومی سیستمهای الکتریکی تکفاز متداول طبق IEC

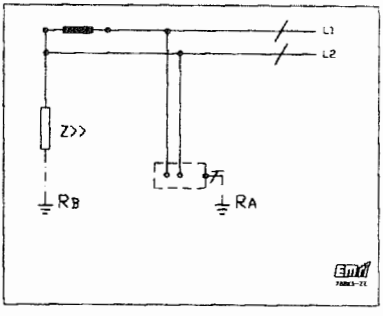
طرحواره سیستمهای تکفاز متداول در شکلهای ۲۱۶–۱ و ۲۱۶–۲ و ۲۱۶–۳ نشان داده شده اند.



شکل ۲۱۶–۱ سیستم تکفاز نوع TN



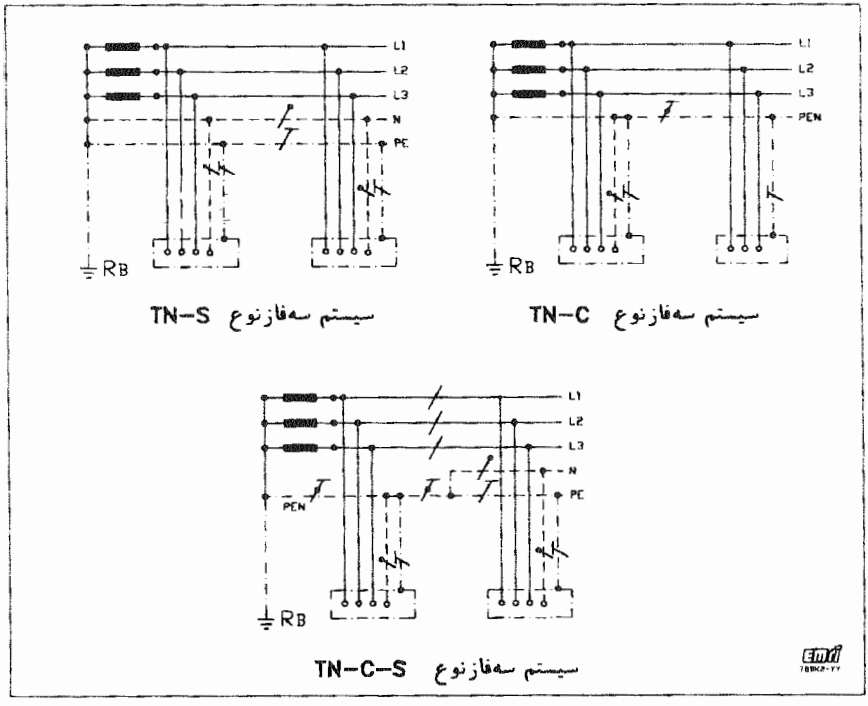
شکل ۲۱۶–۲ سیستم تکفاز نوع TT



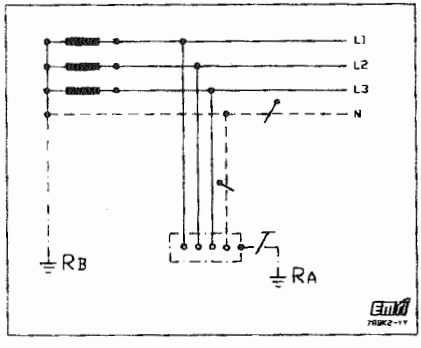
شکل ۲۱۶–۳ سیستم تکفاز نوع IT

۲۱۷- طرحواره های عمومی سیستمهای الکتریکی سه فاز متداول طبق IEC

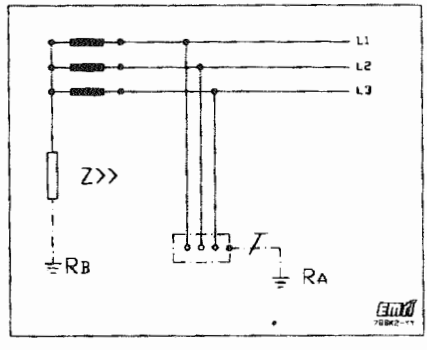
طرحواره سیستمهای سه فاز متداول در شکلهای ۲۱۷-۱ و ۲۱۷-۲ و ۲۱۷-۳ نشان داده شده اند.



شکل ۲۱۷-۱ سیستم سه فاز نوع TN



شکل۲۱۷-۲ سیستم سه فاز نوع TT

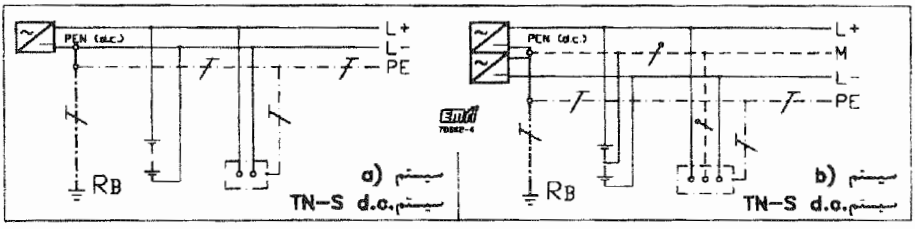


شکل۲۱۷-۳ سیستم سه فاز از نوع IT

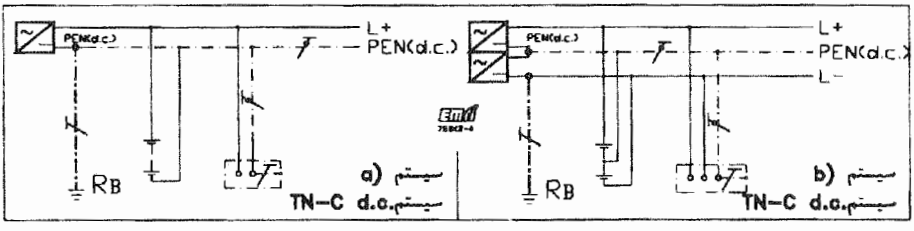
۲۱۸ – طرحواره های عمومی سیستمهای الکتریکی جریان مستقیم طبق IEC

IEC برای تشخیص سیستمها و هادیهای مختلف سیستمهای جریان مستقیم از همان اسامی و نشانه هایی استفاده می کند که برای جریان متناوب استفاده می شود . برای جریان مستقیم ، IEC از دو حرف لاتین اضافه بر جریان متناوب استفاده می کند که شرح آنها در بند ۲۱۱-۲ داده شده است .

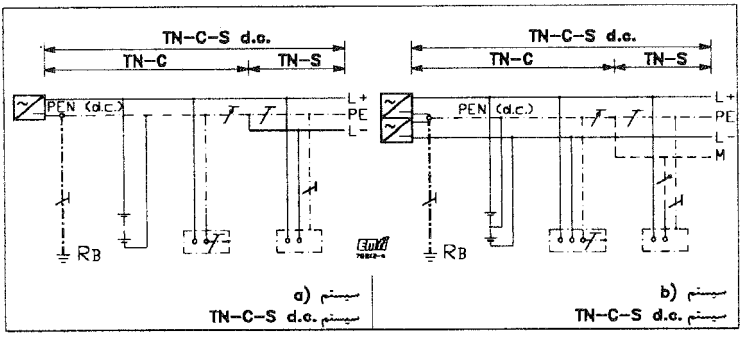
در زیر ، همه سیستمهای متداول جریان مستقیم طبق گروه بندی IEC نشان داده شده اند .



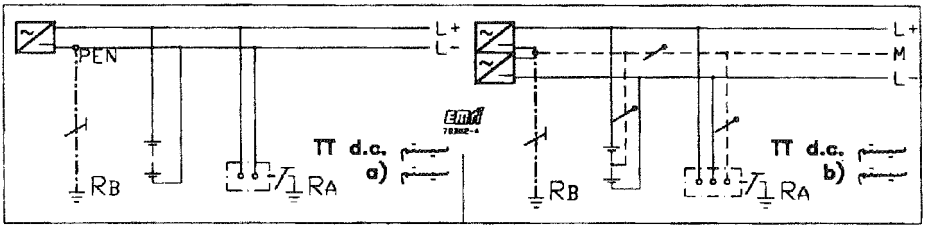
شکل ۲۱۸-۱ سیستم TN-S d.c.



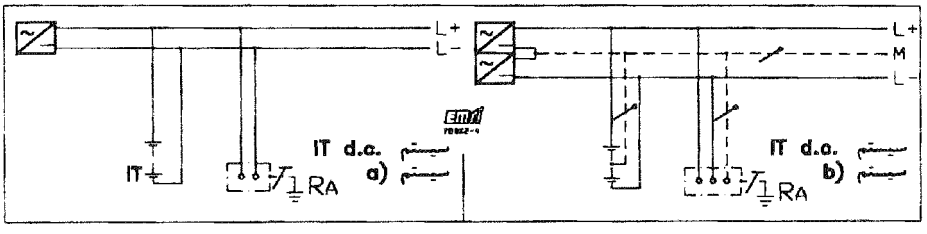
شکل ۲۱۸-۲ سیستم TN-C d.c.



شکل ۲۱۸-۳ سیستم TN-C-S d.c



شکل ۲۱۸-٤ سیستم TT d.c



شکل ۲۱۸-٥ سیستم IT d.c

فصل سوم
سیر تکاملی سیستمهای الکتریکی

۳۰۰- پیشگفتار

فردی که تازه پا به میدان مهندسی توزیع و مخصوصا تأسیسات برق می گذارد، با سؤالاتی روبرو می شود که در دوران تحصیل، بدان توجه زیادی نمی شود و یا به طور گذرا برخورد می شود .

چرا بدنه های هادی تجهیزات الکتریکی را زمین می کنیم؟ اصلا زمین کردن یعنی چه ؟ چرا بدنه های تجهیزات را عمداً به برق وصل می کنیم ؟ حتی اگر این برق سیم خنثا یا نول باشد. و دهها سؤال دیگر از این قبیل ممکن است یک تازه وارد را به فکر وادارد.

نباید تصور شود که بروز این سؤالات ناشی از وجود نقص در نظام آموزشی است . به هیچ وجه این طور نیست. دوران تحصیل به قدر کافی پر ازفراگرفتنیهای عمومی است و مسائل بالا ، مسایلی اختصاصی هستند که باید اضافه بر برنامه های عادی فراگرفته شوند.

برای درک این که چگونه به اینجا رسیده ایم، لازم است مروری گذرا بر نحوه رشد و تکامل سیستمها داشته باشیم . هر چند این مرور به طور یقین بر پایه های تاریخی محکمی استوار نخواهد بود، ولی هدف ما در این جا تحقیق دقیق تاریخی نیست، بلکه مروری است بر چگونگی سیر تحولاتی که منجر به پیدایش سیستمهای توزیع جدید شده است . یادآور می شود در تحولاتی که به پیدایش این سیستمها انجامید ، ایمنی عامل اصلی حاکم بر این تحولات بوده است.

۳۱ - ظهور سیستمهای توزیع و تأسیسات برق

۳۱۰- مقدمه

اتصال به زمین از دو نظر مهم است :

۱ - حفظ سلامت خود سیستم ، صرفنظر از خواستهای مربوط به ایمنی ؛

۲ - حفظ سلامت و ایمنی افرادی که از سیستم برق استفاده می کنند.

حفظ ایمنی مهمترین وجه بحث ما خواهد بود ولی اشاره ای مختصر به مهمترین علت وصل یک نقطه از سیستم به زمین برای تأمین خواسته سیستم و حفظ سلامتی آن (و ایمنی افراد) ، به جا خواهد بود .

۳۱۱- مختصری درباره اتصال زمین سیستم

اتصال به زمین از نظر کار صحیح و سالم سیستم ، دو هدف را دنبال می کند:

۱ - ایجاد شرایطی که در آن سیستم از نظر فنی درست عمل کند.

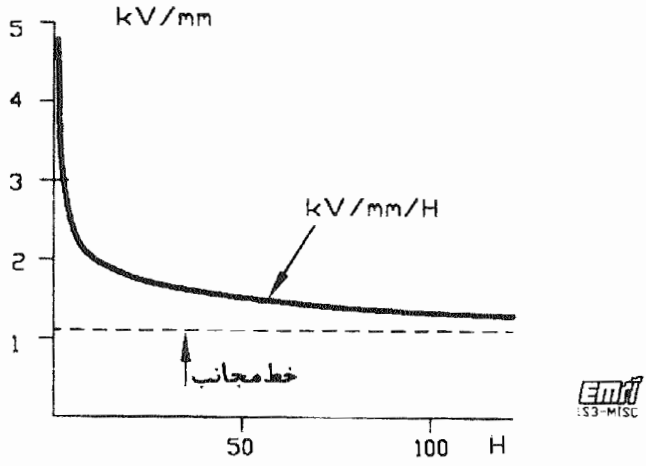
این هدف با برقراری مسیری از طریق زمینْ به منبع تغذیه و کشف اتصال به زمین با استفاده از رله های حساس به دست می آید.

۲- ایجاد شرایطی که در آن عایقبندی سیستم سالم می ماند و این مسئله است که درباره آن کمی صحبت خواهد شد .

در ساده ترین تحلیل ممکن ، یک سیستم از رساناها و عایقها تشکیل می شود. رساناها باید تا جایی که ممکن است عبور جریان برق را تسهیل کنند و عایقها هم درست برعکس تا حدی که ممکن است جلوی عبور جریان برق از مسیرهای نخواسته را بگیرند. یعنی عبور جریان برق باید در مسیری دلخواه برقرار شود و در سایر جهات جلوی آن گرفته شود . از بین این دو ، عایقها حساستر از هادیها می باشند و علاوه بر دمای زیاد که به خودی خود سبب انهدام عایق می شود ، بالا رفتن بیش از حد ولتاژ و اثر آن به مدتی طولانی، مخصوصاً در دمای بالا، عایق را زودتر از بین برده و سبب بروز خرابی در سیستم می شود .

به طور خلاصه اگر در تحلیل اولیه اثر دما را به حساب نیاوریم، عمر عایقبندی بستگی به شدت میدان و مدت زمان برقراری آن دارد. اگر شدت میدان کمی از مقدار مجاز آن بیشتر باشد، ممکن است پس از چند سال سبب خرابی عایقبندی شود و اگر این مقدار چند برابر مقدار مجاز باشد، در ظرف چند دقیقه یا ثانیه سبب از بین رفتن عایقبندی در ضعیف ترین نقطه سیستم گردد. بنابراین انتخاب مقدار اسمی یک عایق یا مقدار "مجاز" آن از نظر دوام نسبت به مقدار ولتاژ و مدت زمان برقراری ، بستگی به داده های آماری و انتخاب صحیح آن دارد . در شکل ۳۱۱-۱ منحنی تغییرات ایستادگی عایقبندی یک کابل با توجه به تنش میدان الکتریکی و مدت زمان برقراری آن به عنوان مثالی نوعی ، نشان داده شده است . بدیهی است در اینجا مطالعه دقیق برای تعیین شدت مجاز میدان و عمر عایقها هدف نمی باشد و تنها نشان دادن علل بروز خرابی در عایقها و سعی در محدود کردن شدت میدان در آنها منظور نظر ما خواهد بود . دیده می شود که تغییرات شدت میدان نسبت به زمان به نحوی است که شدت میدان با خطی افقی مجانب می باشد و این مقداری است که در مدتی طولانی ، عایقبندی در آن شدت میدان منهدم نخواهد شد . یادآوری می کند که اثر گرما در این منحنی منظور نشده است و کافی است گفته شود که در دماهای مختلف ، جای خط مجانب تغییر خواهد کرد و عامل جدیدی را وارد بحث می کند.

در هر حال آزمایش نهایی برای نوع و ضخامت عایقبندی تجهیزات که با توجه به قراین بدست آمده از منحنیهایی شبیه آنچه که در شکل ۳۱۱-۱ نشان داده شده است انتخاب می شوند ، استفاده از تجهیزات در طول زمان دراز است . دوام در طول زمان، محک اصلی کارآیی عایقبندی سیستم است . زیرا در حال حاضر پایه علمی محکمی برای طبقه بندی عایقها از این نظر وجود ندارد .



شکل ۳۱۱-۱ ایستادگی عایق در برابر تنش میدان الکتریکی نسبت به زمان (منحنی نوعی)

تا این جا با اثر شدت میدانی که عایقبندی تحت تنش آن قرار می گیرد آشنایی حاصل شده و علل لزوم محدود کردن تنش این میدان در عایقبندی ، نشان داده شده است . اما در مورد روشهای عملی محدود کردن شدت میدان، در بندها و بخشهای بعدی صحبت خواهد شد.

۳۱۲- تغییرات ولتاژ در سیستمی که به زمین وصل نیست

حال ببینیم در حالت واقعی ، ولتاژها چگونه اثر می کنند . در شکل ۳۲۱-۱ دیده می شود که در صورت وصل نبودن یک نقطه از سیستم به زمین، وضعیت ولتاژها به این شرح خواهد بود : (1), (2), (3).

ولتاژ نقطه خنثا (N) نسبت به زمین در هنگامی که سیستم سالم است ، به علت وجود خازنهای طبیعی بین فازهای سیستم و زمین ، برابر صفر است و در این هنگام ولتاژهای موجود هیچ تنش اضافی را بر روی عایقبندی هادی خنثا و هادیهای فازها در سرتاسر سیستم، بوجود نخواهند آورد.

$$U_{N\text{-}E} = \text{صفر}$$

$$U_{L1\text{-}E} = U_0 = ۲۳۰\ V$$

$$U_{L2\text{-}E} = U_0 = ۲۳۰\ V$$

$$U_{L3\text{-}E} = U_0 = ۲۳۰\ V$$

اما اگر به سبب بروز سانحه ای در سیستم، یکی از فازها (L1) به زمین وصل شود، وضعیت ولتاژهای سیستم به قرار زیر خواهد بود (5) , (4):

ولتاژ نقطه خنثا (N) نسبت به زمین در سیستمی که یک فاز آن به زمین وصل شده است دیگر برابر صفر نبوده بلکه برابر U0 می شود . در این هنگام ولتاژهای موجود تنشی را بر روی عایقبندی هادی خنثا و هادیهای فازها در سرتاسر سیستم بوجود خواهندآورد :

$$U_{N-E} = U_0 = ۲۳۰\ V$$

$$U_{L1-E} = U = \text{صفر}$$

$$U_{L2-E} = U = ۴۰۰\ V$$

$$U_{L3-E} = U = ۴۰۰ V$$

ممکن است چنین به نظر آید که این اختلاف ولتاژ قابل توجه نمی باشد . اما چنین نیست و همین مقدار ولتاژ ممکن است در زمانی طولانی عایقی را که برای آن پیش بینی نشده است از بین برد.

مسئله دیگری هم وجود دارد:

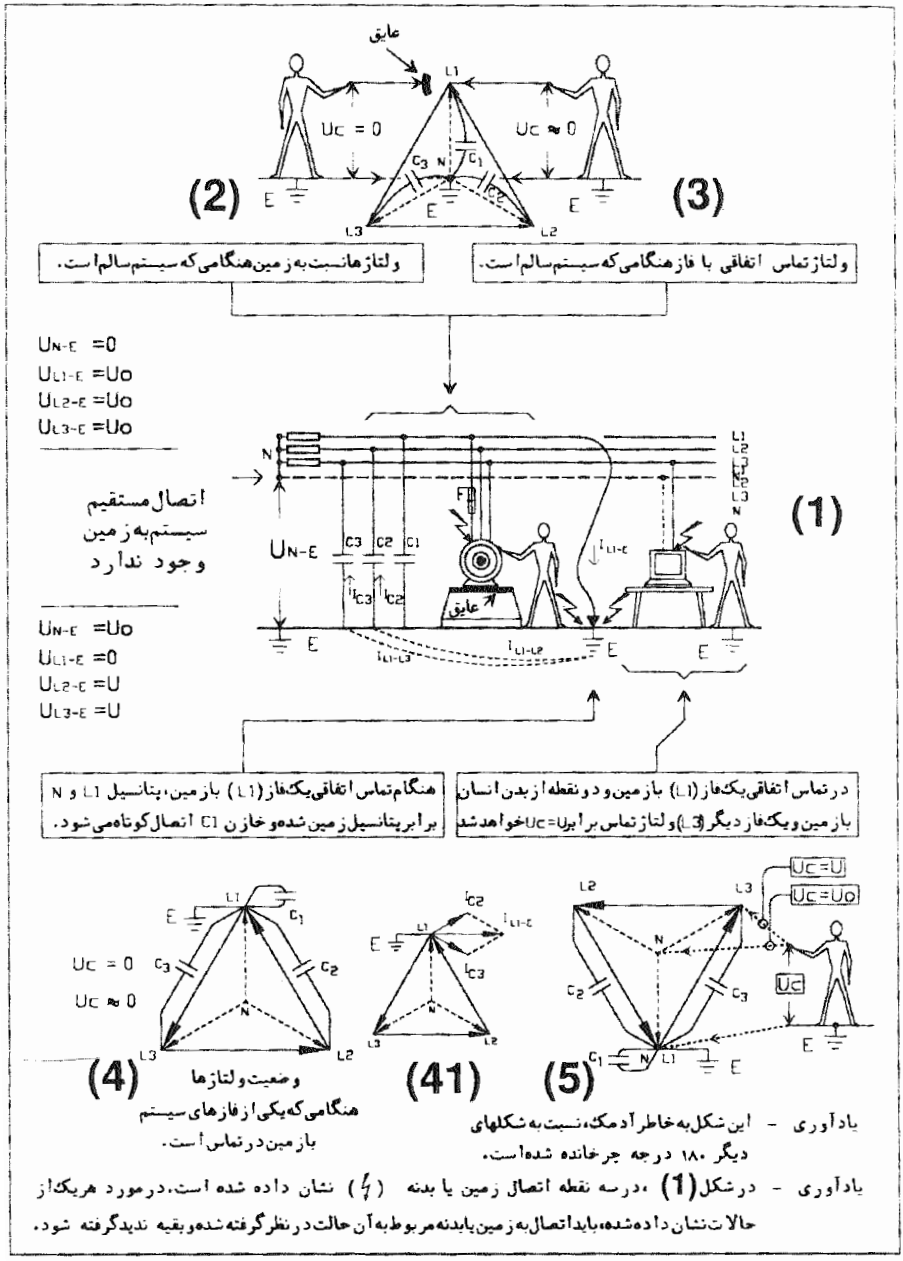
قبل از اینکه عایقبندی در اثر بالارفتن ولتاژها خراب شود، ممکن است پدیده دیگری ظاهر شود که خطر آن اگر بیشتر از خرابی عایقبندی نباشد(که معمولاً تا بروز آن ، مدتی طول می کشد) کمتر از آن نخواهد بود و آن ، زدن جرقه بین نقاطی از سیستم است که ولتاژ آنها نسبت به هم بیشتر از دوام عایق آنها می باشد . مانند جرقه ای بین نقطه خنثا و قسمتهای زمین شده که اختلاف پتانسیل آنها قبل از سانحه صفر بود و پس از آن تبدیل به ولت $U_0 = ۲۳۰$ می شود و فازهای سالم نسبت به زمین که قبل از سانحه ولت $U_0 = ۲۳۰$ بود اینک تبدیل به ولت $U = ۴۰۰$ می شود.

البته می توان لوازمی را طرح کرد که به مدتی طولانی در شرایط سانحه دیده (وصل بودن یک فاز به زمین) کار کرده و عایقبندی خود را حفظ کنند اما به طور قطع عایقبندی آنها نسبت به دستگاههایی که یک نقطه از آنها (N) به زمین وصل است سنگین تر و گرانتر خواهد بود . به این دلیل و دلایل مهم دیگر، از سیستمهای بدون اتصال به زمین (سیستم IT) فقط در موارد مخصوص استفاده می شود و درشبکه های عمومی کاربرد ندارند و بلکه استفاده از آنها در شبکه های عمومی ممنوع است .

۳۲ – اولین سیستم توزیع ابتدایی

۳۲۱ – شرح یک سیستم توزیع که پیش در آمد سیستم IT امروزی است

آشنایی انسان با برق به طور کلی و با نقش زمین یا محیط زیست در آن و واکنش عایقها نسبت به شدت میدان الکتریکی و پیدایش جرقه ها بین نقاطی که تا لحظه ای پیش هیچ عیبی نداشتند (۳۱۱-۲) و مسایلی مانند اینها هنوز معلوم نبود . بنابراین اولین سیستمی که احتمالاً بوجود آمد ، سیستمی بود که در شکل ۳۲۱-۱-(1) نشان داده شده است .



شکل ۳۲۱-۱ یک سیستم توزیع الکتریکی ابتدایی که اتصال به زمین ندارد (این سیستم پیش درآمد سیستمی است که امروزه **IT** خوانده می شود)

هیچ نقطه ای از سیستم به زمین وصل نبود و یقیناً در اولین روزها لزوم آن نیز آشکار نشده بود . یادآوری می نماید که چنین سیستمی امروزه با نام سیستم IT (طبق IEC) شناخته شده و مورد استفاده است ولی از آن همراه با وسایل حفاظتی اختصاصی برای موارد مخصوص استفاده می شود و در شبکه های عمومی اصلاً مورد استفاده ندارند.

یادآوری - در شکل ۳۲۱-۱ همه اتصالات به زمین کامل فرض می شوند یعنی مقاومت آنها نسبت به جرم کلی زمین برابر صفر گرفته می شوند . در عمل چنین چیزی ممکن نیست . اتصالات از این نوع ، همراه با مقاومت می باشند اما از نظر بحث ما در این جا فرض کامل بودن اتصالات کافی می باشد.

با اینکه اتصال مستقیمی بین نقطه خنثا (N) و زمین وجود ندارد ، به علت حضور خازنهای طبیعی ، یک نقطه خنثای مصنوعی تشکیل می شود که ولتاژ آن نسبت به زمین صفر است . اگر عایقبندی سیستم نیز بی عیب باشد ، انسانی که با تجهیزات سیستم در تماس است به علت وجود عایقبندی دچار برقگرفتگی نمی شود .

شکل ۳۲۱-۱- (2) . در این وضعیت ولتاژهای بین اجزای مختلف سیستم در زیر شکل (2) نشان داده شده اند .

در شکل ۳۲۱-۱- (3) فرض شده است که یکی از فازها (L1) با بدنه موتور اتصالی پیدا کرده و در عین حال شخصی که روی زمین هادی ایستاده است با بدنه موتور در تماس است . در این حالت با توجه به امپدانس خیلی بالای خازنهای طبیعی ، ولتاژی که بین دست (فاز L1) و پاهای شخص (زمین) وجود دارد بسیار کم و نزدیک به صفر خواهد بود و انسان را دچار برقگرفتگی نخواهد کرد . متاسفانه همین نکته بعضی افراد را به این خیال وا می دارد که این ، بهترین سیستم است زیرا ، با وجودی که انسان با برق تماس پیدا می کند دچار برقگرفتگی نمی شود.

بعداً خواهیم دید که این خاصیت بسیار ارزنده ای است که سیستم IT را منحصر به فرد می کند اما به شرطی که در آن از وسایل حساس و گران قیمت برای کشف اولین اتصالی به زمین و از وسایل قطع خودکار مدار برای عمل در حالتی که دومین اتصالی بروز کند (شکل 5) استفاده شود . بخش ۳xx را ببینید.

در شکل ۳۲۱-۱ (4) فرض شده است که یکی از فازها (L1) با زمین اتصالی پیدا کرده است . در این حالت خازن Uc1 اتصال کوتاه می شود . ولتاژ فاز L1 و زمین (T) برابر شده و ولتاژ بین فازهای سالم (L2 و L3) و زمین که در قبل از برخورد فاز L1 با زمین برابر ولت U_0 = ۲۳۰ بود ، اینک تبدیل به ولتاژ فاز به فاز یعنی ولت U = ٤۰۰ می شود . در این حالت، خازن C1 اتصال کوتاه شده و از مدار خارج می شود و جریانهایی که در اثر اتصال کوتاه از خازنهای C2 و C3 عبور می کنند در شکل ۳۲۱-۱- (41) نشان داده شده اند.

نظر به اینکه اتصال یک فاز و زمین با وسایل عادی حفاظتی (فیوز – کلید خودکار) قابل قطع نمی باشد وجود آن ممکن است سریعاً مشخص نشده و رفع نقص نشود . در این حالت کلیه مسایل گفته شده در بند ۳۲۱-۱ وجود خواهد داشت و عایقبندی این سیستم باید قوی باشد و در غیر این صورت، بعد از مدتی دچار خرابی شده و یا در اثر بروز جرقه ، آتش سوزی به راه اندازد .

در حالت اخیر یعنی اتصال یک فاز با زمین ، اگر شخصی طبق شکل ۳۲۱-۱- (5) با فازی سالم تماس حاصل نماید، ولتاژ تماس به جای صفر = Uc برابر با ولت ۴۰۰ = U = Uc خواهد شد که خیلی خطرناک است .

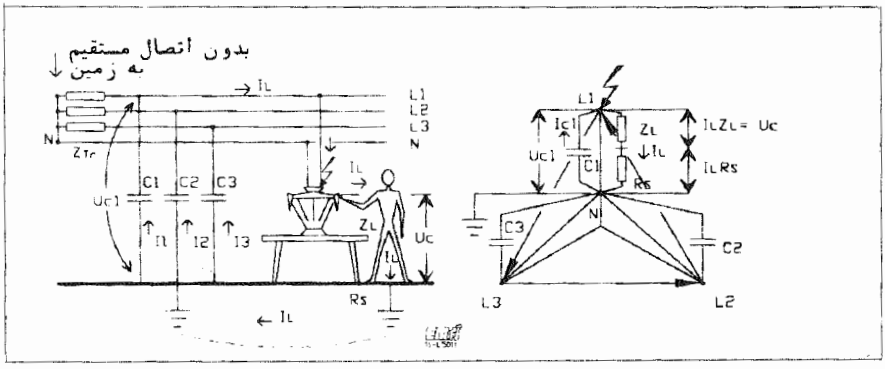
نتیجه گیری

به نحوی که گذشت، استفاده از سیستم به ظاهر ساده بدون اتصال به زمین تنها یک حسن دارد و آن این است که در صورت سالم بودن عایقبندی سیستم، تماس با هر یک از هادیهای فاز ، انسان را دچار برقگرفتگی نمی کند . زیرا مسیری که شامل بخشی از بدن انسان باشد ، برای بسته شدن مدار وجود ندارد (شکل ۳۲۱-۱- (3) . اما اگر یکی از فازها با زمین تماس پیدا کرده باشد ، تماس انسان با یکی از دو فاز دیگر ، مانند حالت قبل بیخطر نبوده بلکه بسیار خطرناک خواهد بود . شکل ۳۲۱-۱- (5) . مخصوصا با توجه به اینکه تغییر حالت از وضعیت بی خطر به وضعیت خطرناک که بی خبر و بدون هیچ مقدمه اتفاق می افتد و ممکن است در نقطه دوری از سیستم توزیع پیش آید که قابل کنترل نیست. از طرف دیگر وصل یکی از فازها به زمین سبب می شود که در عایقبندی سیستم تنش ولتاژ بین نقطه خنثا و زمین و فازهای سالم و زمین بوجود آید که در درازمدت سبب شکست عایقبندی می شود . همچنین این مسئله ممکن است سبب بروز جرقه شود (مخصوصا" اگر بین خازنهای سیستم و بقیه اجزای رآکتیو آن رزونانس ایجاد شود) که آن هم مسبب آتش سوزی شود .

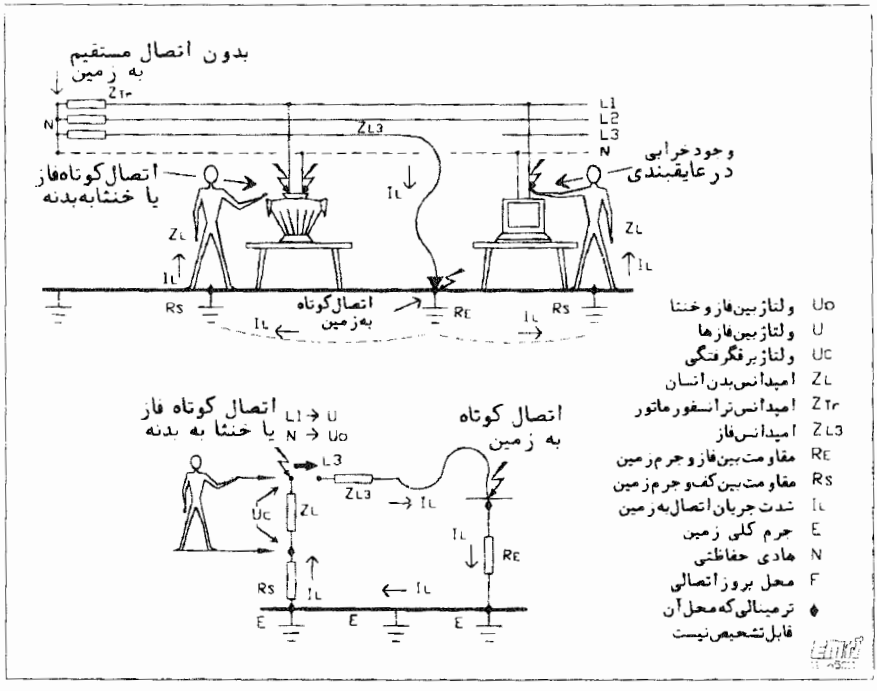
در شکلهای ۳۲۱-۲ و ۳۲۱-۳ ، روشهای مختلف برای نشان دادن نحوه تقسیم ولتاژها و تشکیل زنجیره های عبور جریان برقگرفتگی ، نشان داده شده اند.

به طور خلاصه

۱ - یک نقطه از سیستم باید زمین شود تا ولتاژها تثبیت شوند و عایقبندی سالم بماند.
۲ - یک نقطه سیستم باید زمین شود تا ولتاژ برقگرفتگی به شدت حالت پیش نباشد .



شکل ۳۲۱-۲ سیستم توزیع ابتدایی (بدون اتصال به زمین سیستم) که در آن مقاومتهای اتصال زمین دیگر منظور شده اند.



شکل ۳۲۱-۳ سیستم توزیع ابتدایی (بدون اتصال به زمین سیستم) که در آن زنجیره مدار اتصال کوتاه در دو حالت مختلف نشان داده شده است.

۳۳ – قدم بعدی: برقراری اتصال به زمین

۳۳۱ – شرح یک سیستم توزیع پیشرفته تر در سیر تکاملی سیستمها که مقدمه سیستم TT امروزی است

۳۳۱–۱ – اگر فقط به ایجاد اتصال زمین سیستم بسنده شود

یعنی اگر طبق آنچه که تا حالا گذشت ، یک نقطه از سیستم یعنی نقطه خنثا فقط با در نظر گرفتن لزوم حفاظت از عایقبندی و سایر خواستهای سیستم زمین شود ، وضعیت از نظر برقگرفتگی چگونه خواهد بود ؟ شکل ۳۳۱–۱ این حالت را نشان می دهد . سیستمی که در این شکل نشان داده شده است در اصل همان سیستم شکل ۳۲۱–۳ است با این تفاوت که این بار نقطه خنثای سیستم به زمین وصل شده است . درباره "خوب" یا "بد" بودن این اتصال به زمین صحبتی نمی کنیم اما می توان از روی شکل معادله ای را که ولتاژ برقگرفتگی را نشان می دهد نوشت .

با توجه به دیاگرام مدار ، شدت جریان عبوری از بدن یا شدت جریان برقگرفتگی عبارت است از :

$$I_L = \frac{U_0}{ZT_r + Z_{L3} + Z_L + R_S + R_B}$$

و ولتاژ برقگرفتگی برابر خواهد بود با :

$$\mathbf{Uc = I_L \cdot Z_L}$$

و یا با جاگذاریهای لازم :

$$U_C = U_0 \frac{Z_L}{ZT_r + Z_{L3} + Z_L + R_S + R_B}$$

در روابط بالا ، امپدانسهای ترانسفورماتور و فاز صدمه دیده نسبت به امپدانس بدن و مقاومتهای اتصال به زمین $\mathbf{R_S}$ و $\mathbf{R_B}$ بسیار کوچکترند و برای همین می توان رابطه بالا را به صورت زیر خلاصه نمود :

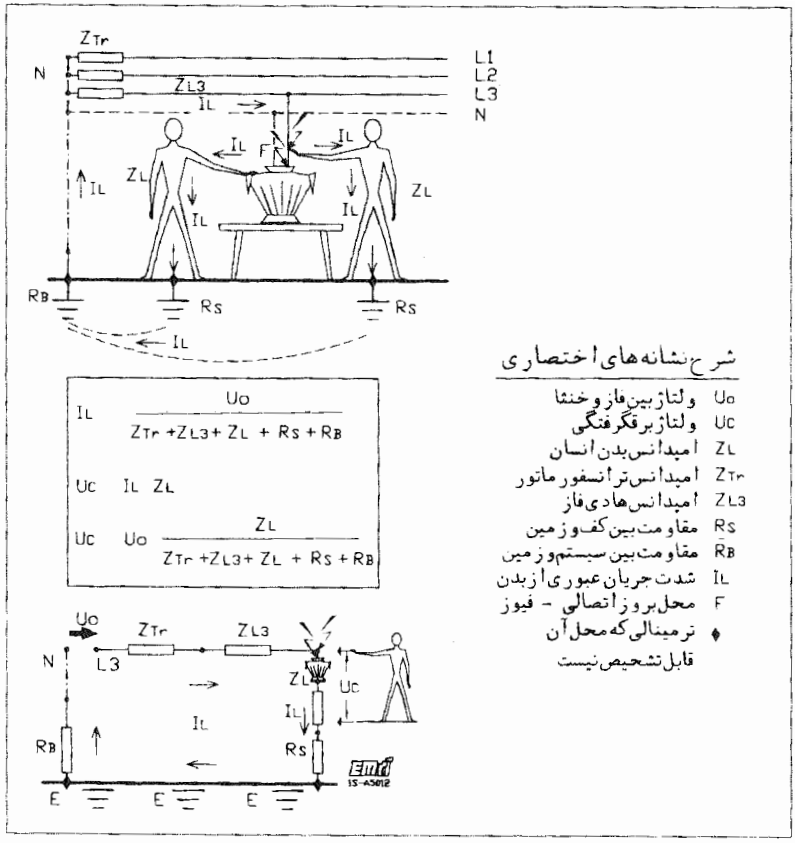
$$U_C = U_0 \frac{Z_L}{Z_L + R_S + R_B}$$

به عنوان مثال در سیستمی که ولتاژ فاز به خنثای آن $\mathbf{U_0 = ۲۳۰}$ ولت است اگر فرض کنیم :

امپدانس بدن انسان $\mathbf{Z_L}$ برابر ۳۰۰۰ اهم ،

مقاومت زمین سیستم یا $\mathbf{R_B}$ برابر ۱۰ اهم ،

مقاومت بین بدن انسان و جرم کلی زمین $\mathbf{R_S}$ برابر ۱۰۰۰ اهم باشد ، ولتاژ برقگرفتگی $\mathbf{Uc = ۱۷۲}$ ولت خواهد بود.



شکل ۳۳۱-۱ وضعیت برقگرفتگی در سیستمی که فقط خنثای آن به زمین وصل است.

و اگر فضایی که اتفاقات گفته شده در آن می افتد، محلی نمناک باشد، یعنی مقاومت بین بدن انسان و جرم کلی زمین R_S به جای ۱۰۰۰ اهم، ۴۰۰ اهم باشد، در این صورت، ولتاژ برقگرفتگی $U_C = 202$ ولت خواهد بود.
در هر دو حالت U_C خیلی بیشتر از مقدار مجاز ولتاژ تماس یعنی $U_L = 50$ ولت است.

بنابراین تنها وصل نقطه خنثا به زمین بدون آنکه فکری برای جلوگیری از برقگرفتگی شده باشد، کافی نیست.

یادآوری:

سیستمی که امروزه در خانه های ما مورد استفاده می باشد همین سیستم خطرناک و بی هویتی است که سالها پیش در راه جستجوی سیستمی ایمن، به دور انداخته شده است.

۲-۳۳۱ اگر علاوه بر اتصال زمین سیستم بدنه هادی تجهیزات نیز زمین شود

به نظر می رسد اولین فکر بعدی که به نظر متخصصین رسید، وصل بدنه های هادی تجهیزات الکتریکی به زمین بود. با این که بین بدنه تجهیزات و "زمین" اتصال کوتاه بوجود آید و ولتاژ بین آنها صفر شود. البته می دانیم که این، خیالی نادرست بود و در هیچ حالتی وصل شدن به "جرم زمین" بدون مقاومت، ممکن نیست (فصل چهارم را ببینید) . شکل ۲-۳۳۱ حالت مورد بحث را نشان می دهد.

اگر امکان داشت که نقاط A و B را با یک هادی با مقطع بزرگ به هم وصل نمود، پتانسیل این نقاط با هم برابر می شد و در نتیجه اختلاف پتانسیلی بین دست و پاهای انسان تشکیل نمی شد تا ایجاد برقگرفتگی نماید.

با صرفنظر کردن از مقادیری که نسبت به سایرین کوچکتر می باشند و انتخاب اعدادی که به نظر می رسد با واقعیات مطابقت دارند در سیستمی که ولتاژ فاز به خنثای آن $U_0 = ۲۳۰$ ولت است اگر فرض کنیم:

امپدانس بدن انسان Z_L برابر ۳۰۰۰ اهم ،

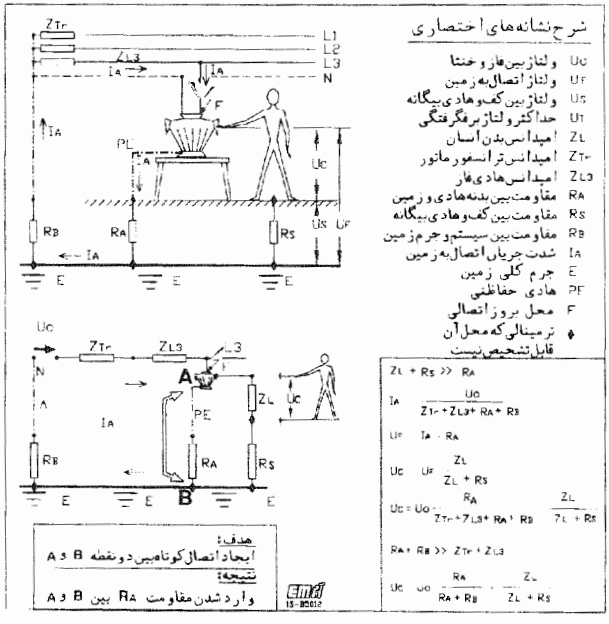
مقاومت زمین سیستم یا R_B ، برابر ۱۰ اهم ،

مقاومت زمین بدنه تجهیزات و جرم کلی زمین یا R_A ، برابر ۲۵ اهم ،

مقاومت بین بدن انسان و جرم کلی زمین R_S برابر ۱۰۰۰ اهم باشد ،

ولتاژ برقگرفتگی $U_C = ۱۲۳$ ولت خواهد بود .

با این که این مقدار کمتر از حالتهای پیش می باشد، قابل قبول نیست. از طرفی محاسبات برای یک حالت عادی انجام شده است و در حالتهای اختصاصی ولتاژ تماس خیلی بیشتر از مقدار بالا و البته بیشتر از مقدار مجاز ولتاژ تماس یعنی $U_L = ۵۰$ ولت خواهد بود .

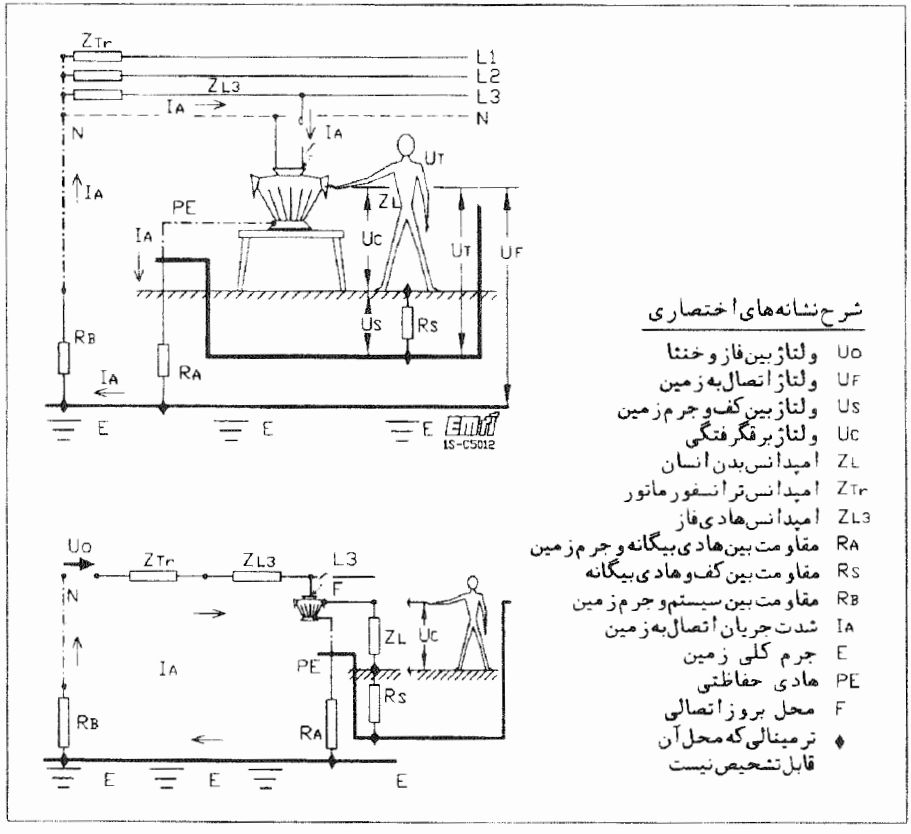


شکل ۲-۳۳۱ سیستمی که در آن علاوه بر نقطه خنثا بدنه تجهیزات نیز به زمین وصل اند.

۳-۳۳۱ - اگر بدنه هادی تجهیزات با هادیهای یگانه زمین شده ساختمان، همبندی شده باشد.

به نحوی که در شکل ۳-۳۳۱ نشان داده شده است، در این حالت اگر شخص موردنظر در حوالی هادی یگانه قرار گرفته باشد، چه با هادی یگانه تماس داشته باشد یا نداشته باشد، تحت ولتاژ برقگرفتگی قابل ملاحظه ای قرار نخواهد گرفت، زیرا امپدانس هادی حفاظتی PE بسیار کم است.

البته به دلایل دیگری که بعدها بحث خواهد شد، این حالت نیز قابل قبول نیست ولی مثال خوبی است برای نشان دادن توانایی همبندی در جلوگیری از برقگرفتگی.



شکل ۳-۳۳۱ سیستمی که در آن بدنه تجهیزات با هادی یگانه زمین شده، همبندی شده باشد.

۴-۳۳۱ - اگر بدنه هادی تجهیزات با هادیهای یگانه زمین شده ساختمان همبندی نشده باشند.

شکل ٤-۳۳۱ حالت مورد بحث را نشان می دهد. اگر از مقادیر کوچک مقاومت و امپدانس هادی فاز و ترانسفورماتور صرفنظر شود و فرض شود که مقاومت بین جرم کلی زمین و هادیهای یگانه در ساختمان بسیار کم است (شکل ٤-۳۳۱ (۱)) ، رابطه کلی ولتاژ اتصال کوتاه $\mathbf{U_F}$ یا $\mathbf{U_T}$ به صورت زیر درخواهد آمد (این رابطه کاربرد عملی ندارد اما برای بحث درباره مقاومتهای نسبی بسیار مفید است) :

$$U_F = U_0 \frac{R_A}{R_A R_B}$$

(۱) اگر

$$m = \frac{R_B}{R_A}$$

رابطه بالا بصورت زیر درمی آید :

$$U_F = U_0 \frac{1}{1+m}$$

(۲) اگر $R_A \to 0$

$m \to 0$

آنگاه $U_F \to U_0$

(۳) اگر $R_A \to 0$

$m \to \infty$

آنگاه $U_F \to 0$

(٤) و اگر

$R_A = R_B$

$m \to I$

آنگاه $U_F \to 1/2U_0$

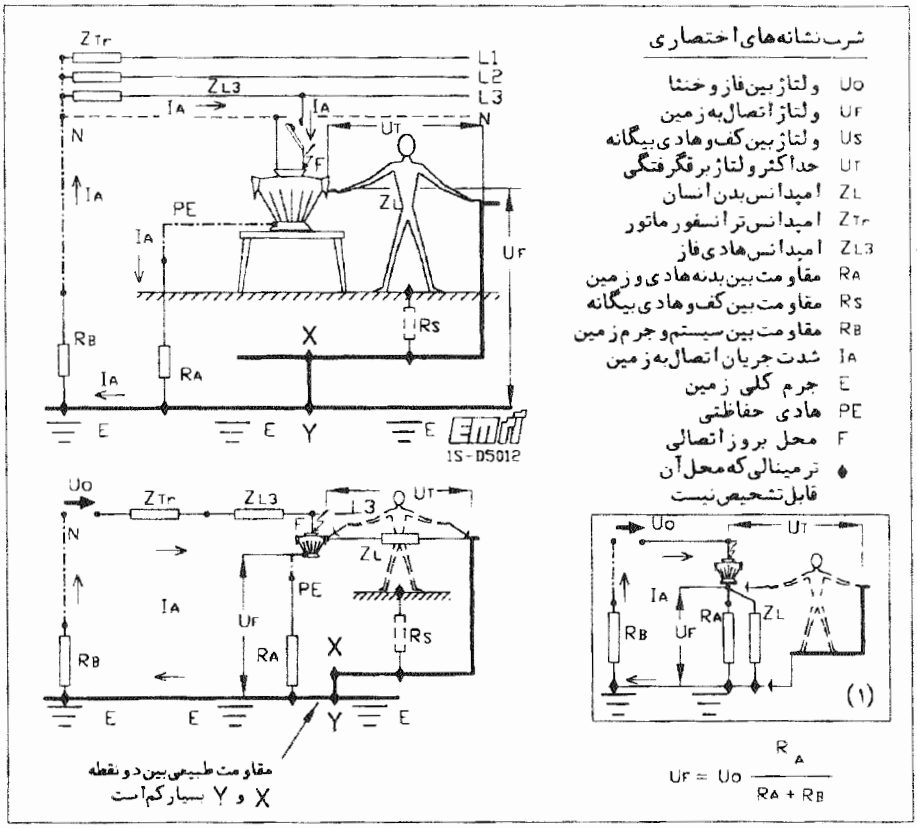
به عبارت ساده تر :

الف) هر چه مقاومت سیستم (R_B) نسبت به مقاومت بدنه های هادی (R_A) کوچکتر باشد ، برقگرفتگی شدیدتر خواهد بود.

$R_A > R_B$ <<<<<<<< برقگرفتگی شدیدتر است

ب) هر چه مقاومت بدنه های هادی (R_A) نسبت به مقاومت سیستم (R_B) کوچکتر باشد ، برقگرفتگی ملایمتر خواهد بود.

$R_B > R_A$ <<<<<<<< برقگرفتگی ملایمتر است



شکل ۳۳۱-٤ سیستمی که در آن مقاومت هادی بیگانه نسبت به جرم زمین بسیار کم و بدنه های هادی با آن در تماس نیست .

بدیهی است که در اغلب موارد، حالت (الف) برقرار است زیرا ایجاد یک زمین سیستم خوب (زمین ترانسفورماتور) برای صاحبان سیستم (برق منطقه ای) ساده تر از ایجاد زمینی خوب یا بهتر برای مصرف کننده (مشترک) است .

۳۳۲ – قطع مدار قبل از آنکه برقگرفتگی اثر کند.

دیدیم که کم کردن یا از بین بردن ولتاژ تماس ، عملی اقتصادی نبود . برای همین متخصصین به جای سعی در کم کردن یا از بین بردن آن، بر آن شدند که مدت زمان تأثیر برق را محدود کنند . به این منظور لازم بود به محض بروز اتصالی بین بدنه های هادی و هادیهای فاز ، مدار به صورت خودکار قطع کند . مسائل مربوط به نحوه اثر برق و اهمیت زمان برقراری آن بر پدیده برقگرفتگی ، در فصل پنجم به طور مفصل بحث شده است .

در مورد سیستمهایی که بدنه های هادی آنها مستقیماً" به زمین وصل می باشند – که در حال حاضر راجع به آنها بحث می شود– اگر ولتاژ اتصالی یعنی U_L از مقدار ۵۰ = U_L ولت تجاوز کند،مدارتغذیه باید فورا قطع شود . "فورا" را به صورت غیرمستقیم مشخص می کنند . به طور مثال برای فیوزهای زودذوب که ساده ترین و ارزانترین وسایل حفاظتی می باشند ، "فورا" یعنی زمانی که در آن جریانی معادل ۳،۵ برابر جریان نامی فیوز یا بیشتر ، آن را بسوزاند . بنا به فرض در این مدت، به کسی آسیبی از برقگرفتگی وارد نمی شود . راجع به این مسایل بحث مفصلتری انجام خواهد شد ولی در اینجا به همین اندازه بسنده می شود .

شکل ۳۳۲–۱ طرحواره یک مدار و مقاومتی را که لازم است برای اندازه های مختلف فیوز فراهم شود، نشان می دهد . بدیهی است ایجاد چنین شرایطی (مثلا ۰۸۹ = R_1 اهم برای یک فیوز ۱۶ آمپری) اگر غیرممکن نباشد ، آنقدر پر خرج است که در عمل مانع انجام آن خواهد شد.

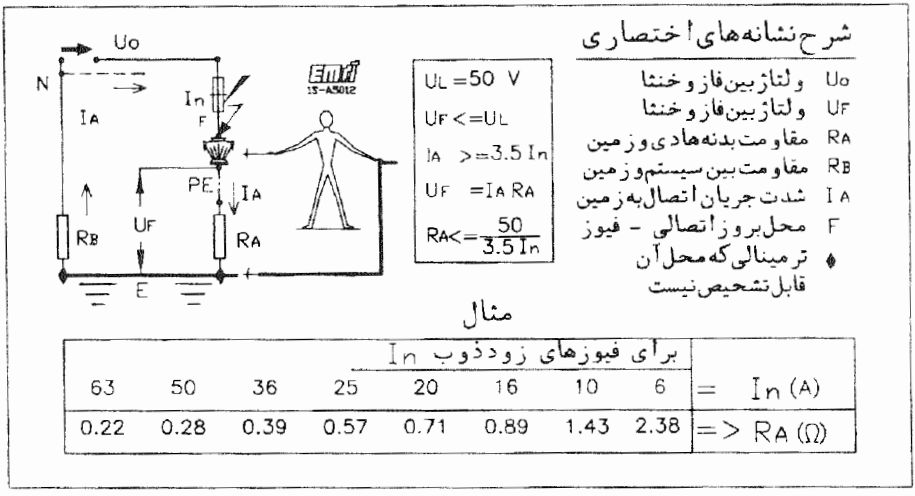
در سیستمهای با اتصال مستقیم بدنه ها به زمین (TT) ، تامین مقاومت کم برای الکترود اتصال به زمین طبق جدول شکل ۳۳۲–۱ به منظور استفاده از فیوز یا کلید خود کار برای تأمین ایمنی بسیار مشکل است و بنابراین لازم بود چاره جویی دیگری به عمل آید.

دو راه برای تأمین ایمنی در صورت وصل مستقیم بدنه های هادی به زمین اندیشیده شد :

۱ – استفاده از وسایل ایمنی (کلیدهای خودکار) بسیار حساس نسبت به جریانهای نشت به زمین که نام جمعی آنها "وسایل یا کلیدهای جریان تفاضلی" (Residual Current Device = RCD) است .

۲ – استفاده از هادیهای یگانه به عنوان اتصال به زمین و وصل اتصال زمین سیستم به این هادیها .

درباره هر یک از موارد بالا به اختصار بحث خواهد شد.

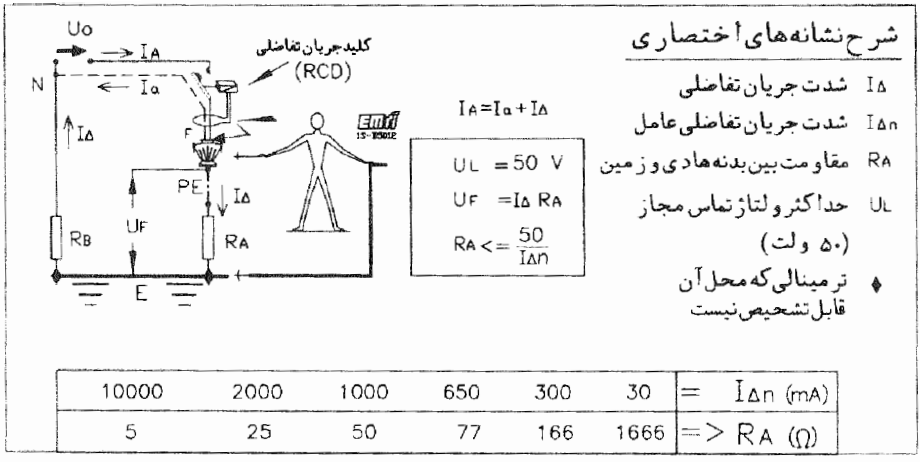


شکل ۳۳۲-۱ هنگام استفاده از فیوز ، شرطی که لازم است برای قطع به موقع مدار برقرار شود.

۳۳۲-۱ – قطع سریع مدار با استفاده از کلیدهای جریان تفاضلی (RCD)

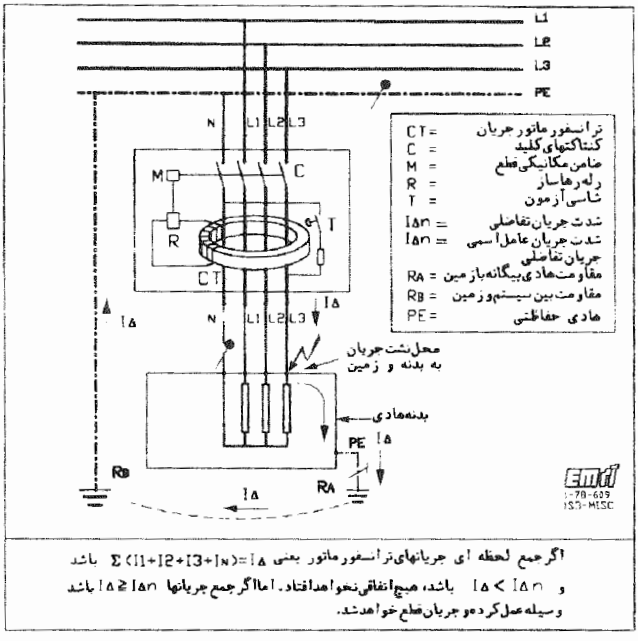
کلیدهای جریان تفاضلی کلیدهایی هستند که اگر جمع جریانهای خروجی از کلید با جمع جریانهای ورودی به آن برابر نباشد - یعنی بخشی از جریان، هر چند کوچک ، به جای برگشتن از طریق هادیهای مدار از راه دیگری مانند زمین به منبع برگردد - واکنش نشان داده و کلید را قطع می کند . ساختن کلیدهای تفاضلی با حساسیت زیاد (چند میلی آمپر) امکانپذیر است و برای همین در کاربرد آنها می توان برخلاف شرایطی که در استفاده از فیوز وجود دارد از اتصال به زمینهایی با مقاومت زیاد، استفاده کرد. (۳۳۲-۱ را ببینید) شکل ۳۳۲-۲ حداکثر مقاومتهایی رانشان می دهد که برای کلیدهای جریان تفاضلی با جریانهای عامل مختلف قابل استفاده می باشند

ناگفته نماند که کلیدهای جریان تفاضلی در اوایل توسعه برق وجود نداشتند و برای همین در ابتدا فقط از مسیر با امپدانس کم (۳۳۲-۲) برای این سیستم استفاده می شد .



شکل ۳۳۲-۲ قطع سریع مدار با استفاده از کلید جریان تفاضلی (RCD)

شکل ۳۳۲-۳ طرحواره کامل یک کلید جریان تفاضلی را برای سیستم سه فاز نشان می دهد . کلید جریان تفاضلی برای سیستم یک فاز ، فرق اصولی با نوع سه فاز آن ندارد .



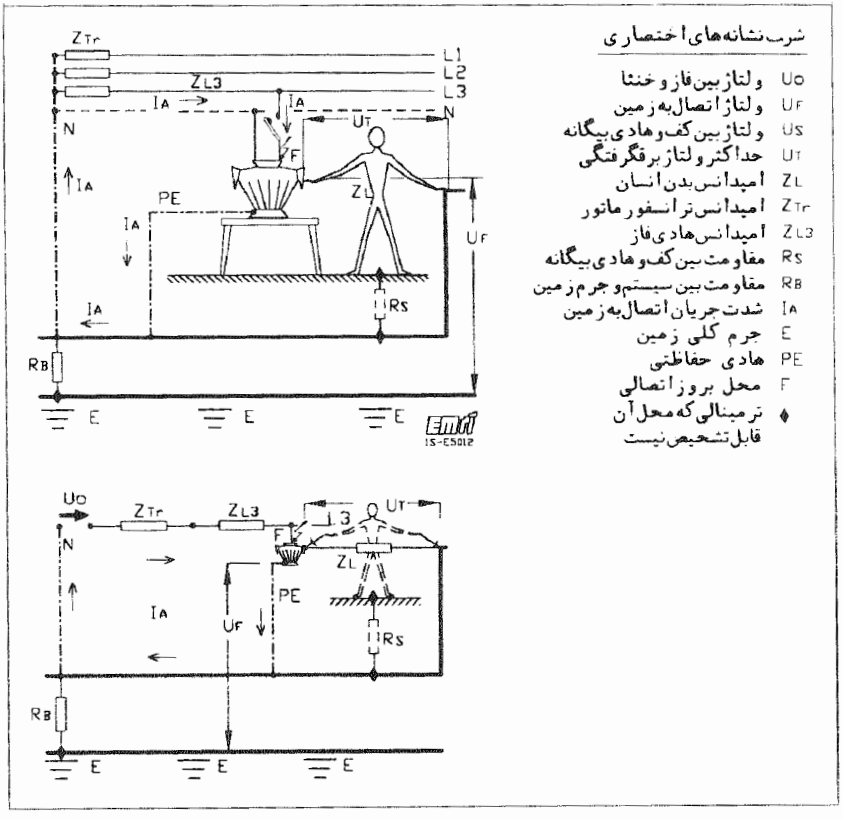
شکل ۳۳۲-۳ طرحواره یک وسیله (کلید) حفاظتی جریان تفاضلی

۳۳۲-۲ – قطع سریع مدار با استفاده از فیوز یا کلید خودکار و انتخاب مسیری با امپدانس کم برای جریان اتصالی

در این حالت به جای وصل بدنه های هادی تجهیزات الکتریکی به زمین از طریق الکترود مخصوص، (R_A) که معمولامقاومت آن نسبت به جرم زمین زیاد است ، بدنه های هادی به اجسام فلزی گسترده یا هادیهای بیگانه به هم پیوسته که درتأسیسات وجود دارند اتصال داده می شوند (هادیهای که بدنه های هادی را به هادیهای بیگانه وصل می کنند، هادی حفاظتی یا (PE) نامیده می شوند) و در عین حال اتصال زمین سیستم (N) نیز به همان اجسام فلزی اتصال داده می شود . هادیهای بیگانه ای که برای این کار مورد استفاده قرار داده می شوند ممکن است یک یا چند نوع از انواع مختلف باشند.

انواع هادیهای بیگانه موجود باید همگی همبندی شوند و سپس به عنوان "زمین" کم مقاومت مورد استفاده قرار گیرند . در این حالت مانند آن است که یک "جرم زمین" مصنوعی ایجاد شده و وصل شدن به آن برخلاف "جرم زمین" طبیعی ، با مقاومتی بسیار کوچک انجام می شود .

در شکل ۳۳۲-٤ طرحواره یک سیستم اتصال به "زمین" مصنوعی نشان داده شده است .



شکل ۳۳۲-٤ طرحواره یک سیستم اتصال "زمین" مصنوعی

در حال حاضر در مورد استفاده از هادیهای بیگانه به عنوان "زمین" کم مقاومت اختلاف نظر وجود دارد. به نظر می رسد IEC نسبت به این موضوع نظر مساعدی ندارد و بحث درباره سیستم TT را فقط با استفاده از الکترود اتصال زمین (خاک) بازگو می کند.

در هر حال نظر به اینکه در اینجا موضوع در چارچوب سیری در توسعه سیستمها دنبال شده است این بحث را ادامه نمی دهیم تا فرصتی دیگر برای ادامه آن پیدا شود . وانگهی دیده خواهد شد که سیستم قابل اطمینانی وجود دارد که متداولتر و ارزانتر از سیستم TT است .

۳۴ – آخرین قدم در راه تأمین ایمنی در برابر برقگرفتگی

۳۴۱ – شرح سیستمی که در نهایت به نام TN مشهور گردید

استفاده از هادیهای بیگانه و بدنه های هادی برای ایجاد مسیری با امپدانس کم به منظور بالا بردن جریان اتصال به زمین و قطع سریع مدار صدمه دیده برای رفع خطر برقگرفتگی تا مدتی جوابگوی حفظ ایمنی بود ولی کم کم معایب آن برملا گردید .

عیب عمده سیستم از نظر ایمنی این بود که از اجزای غیرالکتریکی، مانند لوله آب ، اجزای فلزی ساختمان و بدنه های هادی لوازم الکتریکی و غیرالکتریکی به عنوان مسیر جریان اتصالی استفاده می شد بدون آنکه برخی از اجزای ناقل جریان، در اختیار گردانندگان برق باشد . اگر مثلا یک قطع لوله آب مدتها عهده دار عبور جریان اتصال کوتاه بوده ولی بعدها استفاده کنندگان از آن تصمیم به برچیدن آن و تأمین آب از مسیر دیگر برآمده باشند بدون آنکه به بهره بردار برق خبر این تغییرات را بدهند ، تکلیف ایمنی الکتریکی چه خواهد شد ؟ از این گونه اتفاقات ممکن است برای هر یک از اجزای ساختمانی هم پیش آید.

کم کم اشکال دیگری هم که مربوط به بهره برداری می باشد ظاهر گردید . این اشکال تاتوسعه بی حد و حصر وسایل الکترونیکی ، زیاد مهم نبود ولی به تدریج که الکترونیک جزو لاینفک زندگی گردید، معلوم شد که عبور جریانهای نشتی و اتصالی از سیستم هادیهای بیگانه در یک ساختمان ، سبب ایجاد پارازیت (البته مقصود فقط نوع صوتی آن نیست) و اخلال در کار لوازم الکترونیکی می گردد .

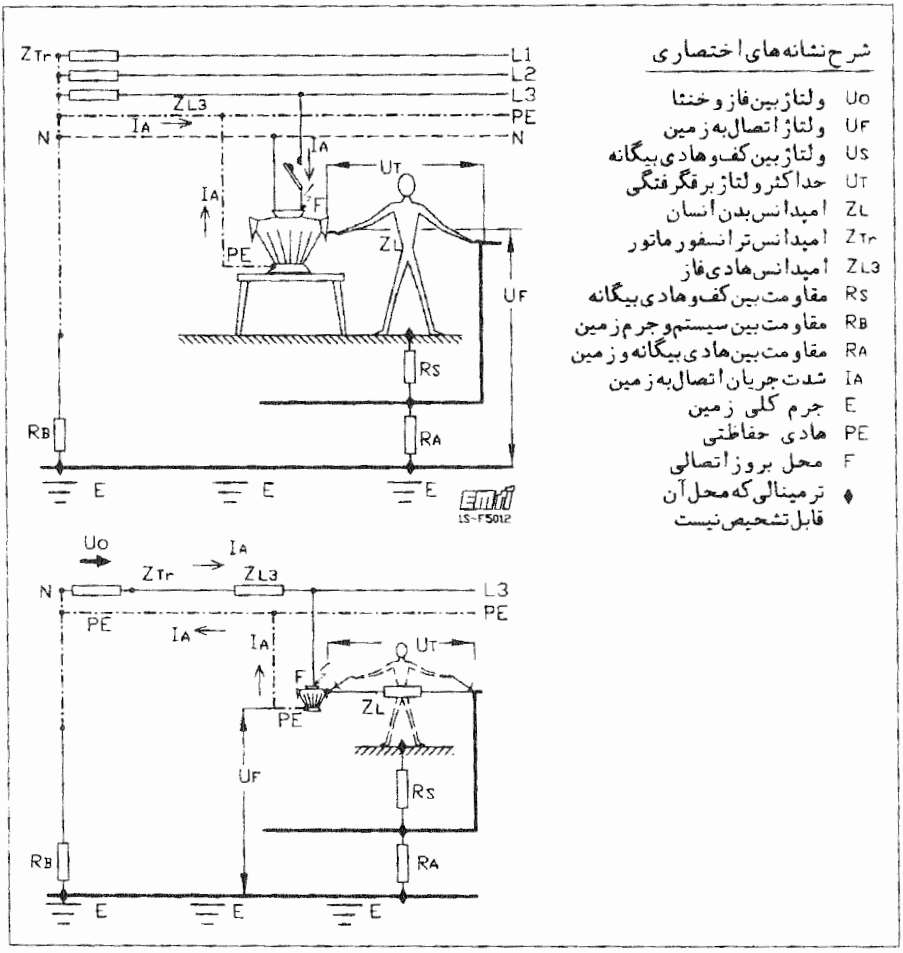
به هر جهت و به هر دلیلی که باشد (عادت و سنت یکی از مهمترین این دلایل است) ، بعضی از سیستمها یا کشورها به استفاده از هادیهای بیگانه به عنوان هادیهای حفاظتی ادامه دادند، ولی بعضیهای دیگر به این فکر افتادند که خود را از شر اتفاقات غیرقابل پیش بینی در هادیهای بیگانه خلاص کنند و تماما" به سیستم برقی متکی شوند . بنابراین

به جای استفاده از هادی بیگانه ، از یک هادی که جزو سیستم برقی بوده و همراه با هادیهای فاز و هادی خنثا حرکت می کند، استفاده کردند و این هادی را هادی حفاظتی (PE) نامیدند و بدنه های هادی لوازم الکتریکی را به آن وصل کردند.

در مرحله اول، هادی حفاظتی تنها به بدنه های هادی تجهیزات الکتریکی از یک طرف و هادی خنثا (N) وصل می شد که این کار فقط در نقطه شروع تغذیه سیستم برق انجام می شد.

(ایجاد همبندی برای هم‌ولتاژ کردن . فکری بود که بعدها پدید آمد و اجرا گردید و درباره آن در فصل ششم صحبت خواهد شد).

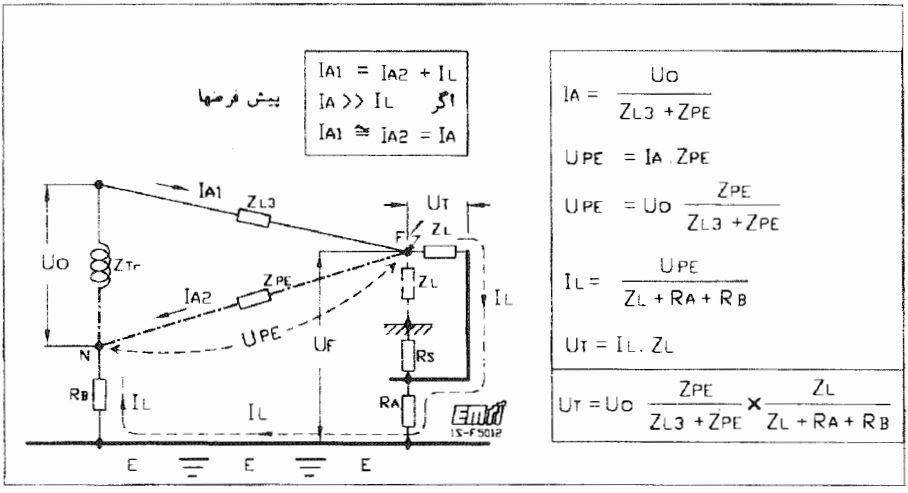
در شکل ۳۴۱-۱ طرحواره یک سیستم اتصال به هادی خنثا با استفاده از یک هادی مستقل حفاظتی (PE) نشان داده شده است. در این حالت فرض بر این است که هادیهای بیگانه ساختمان به هیچ یک از هادیهای سیستم یا بدنه های هادی تجهیزات وصل نیستند.



شکل ۳۴۱-۱ طرحواره یک سیستم توزیع با اتصال بدنه ها به نقطه خنثا با استفاده از هادی حفاظتی

برای روشن شدن بیشتر مسایل مربوط به برقگرفتگی ، شکل ۳۴۱-۲ ارائه شده است که در آن جریانها و ولتاژهای اتصالی و برقگرفتگی نشان داده شده اند.

در هر حال سیستم جدید (TN) ، سرآمد سیستمها با توجه به سرمایه گذاری اولیه می باشد . در این سیستم استفاده از فیوز که ارزانترین وسیله حفاظتی است و همچنین دیگر وسایل حفاظتی که در اثر شدت جریانهای بالا عمل می کنند (کلیدهای خودکار مینیاتوری و انواع کلیدهای خودکار) ، قابل استفاده می باشند . سیستم قبلی (TT) در حالت کلاسیک آن احتیاج به کلیدهای جریان تفاضلی (RCD) گران قیمت دارد و اگر از یک کلید تفاضلی برای چند مدار یا حتی یک آپارتمان استفاده شود، در اثر بروز عیبی در یک مدار ، کل تأسیسات خاموش می شود . استفاده از سیستم (IT) نیز در سیستمهای توزیع عمومی ممنوع است . در هر حال درباره هر یک از سیستمهای سه گانه به تفصیل صحبت خواهد شد .



شکل ۳٤۱-۲ جریانها و ولتاژهای اتصال کوتاه و برقگرفتگی مربوط به حالت خاص شکل ۳٤۱-۱

فصل چهارم
زمین و مقاومت الکتریکی آن

۴۰۰ – پیشگفتار

هدف از اتصال به زمین هر چه باشد – تأمین ایمنی در برابر برقگرفتگی انسان یا حیوان در بهره برداری از سیستم الکتریکی ، یا، حفظ عایقبندی سیستم یا ایجاد مسیری برای جریان عملیاتی با هدف تحریک لوازم حفاظتی به واکنش و یا تأمین ایمنی در برابر برقگرفتگی هنگام انجام تعمیرات بر روی تجهیزات با خطوط نیروی برق – وجود سیستم اتصال به زمین در سیستمهای الکتریکی اجتناب ناپذیر است .

حتی در سیستمهای IT که بدون اتصال به زمین به حساب می آیند ، برای کشف وقوع اتصال فاز به زمین و تحریک رله زمین به واکنش ، به ایجاد مسیری برای عبور جریان تحریک از طریق زمین احتیاج است ، هر چند در این مورد، مقاومت اتصال به زمین باید به قدر کافی بالا باشد تا جریان تحریک از حد معینی بیشتر نشود.

درباره بسیاری از دلایل لزوم ایجاد اتصال به زمین و محل استقرار آن در سیستم الکتریکی یا در تأسیسات در فصلهای دوم و سوم و پنجم صحبت شده یا خواهد شد و در اینجا بیشتر راجع به خواص الکتریکی و عواملی که کیفیت ، طول عمر و دیگر خواص الکترود زمین و نحوه استقرار و طرز استفاده از آن را بازگو می کند، صحبت خواهد شد .

همچنین لازم است گفته شود که به علت اهمیت فوق العاده ای که اتصال به زمین در سیستمهای الکتریکی دارد ، درباره آن استانداردها ، راهنماها و کتابهایی نوشته شده است که هر یک نحوه نگرش افراد و گروهها و مکتبهای مختلف را نسبت به این موضوع بازگو می کند.

از نظر نحوه بیان مسایل مربوط به زمین ونتیجه گیریهای آن نیز نگرشهای مختلفی وجود دارد.

البته هدف همه این نگرش ها یکی است . آشنا کردن خواننده با موضوع و استفاده صحیح از اتصال به زمین در عمل است . نوشته حاضر، مخصوصا در زمینه نحوه بیان مقدمات، یکی از این نگرش ها است .

۴۰۰–۲– ساختار کلی فصل و اهداف آن

مقصود از "اتصال به زمین" ، اتصال به "جرم کلی زمین" است.

آشنا شدن با این مفهوم و پی بردن به معنای "جرم کلی زمین" برای فهم مطالب مربوط به اتصال به زمین و نقش الکترود زمین ، اهمیتی بسیار زیاد دارد و به همین مناسبت قسمت ٤٠١ از فصل حاضر به این موضوع اختصاص یافته است .

تا جایی که مربوط به مسائل عملیاتی وغیره باشد، اتصال به "جرم کلی زمین" ممکن است مستقیم یا از طریق نوعی امپدانس انجام شود . در اینجا فقط آن قسمت از اتصال به زمین مورد بحث خواهد بود که بلافاصله قبل از "جرم کلی زمین" قرار گرفته است و سعی بر این است که مقاومت آن کم باشد و یا از حدی معین بیشتر نباشد .

به طور کلی ، بجز مواردی مانند سیستمهای IT ، در احداث اتصال به زمین ، یا هادی ای که درتماس با زمین بوده و به آن "الکترود زمین" گفته می شود. دو هدف زیر تعقیب می شود :

۱ - مقاومت اتصال به "جرم کلی زمین" یا خلاصه تر "مقاومت الکترود زمین" تا حد امکان کم باشد.

۲ - تأسیسات اتصال به زمین ـ هادیها ، الکترود زمین ، اتصالات و غیره - توانایی عبور جریانهای اتصال به زمین را در مدت برقراری این جریانها ، داشته باشند.

برای تحقق این هدفها لازم است موارد زیر مطالعه شوند:

۱ - جنس ، مقاومت ویژه ، دما و رطوبت خاکی که الکترود در آن مدفون می شود؛

۲ - جنس ، اندازه ها و نحوه نصب الکترود زمین ؛

۳ - نحوه انجام اتصالات به الکترود زمین .

علاوه بر اینها توجه به موارد زیر نیز ضروری خواهد بود :

۱ - چگالی جریان در سطح الکترود در تماس با خاک ؛

۲ - پتانسیل بر روی سطح زمین در اطراف الکترود .

و در خاتمه ، اندازه گیری مقاومت الکترود زمین نسبت به "جرم کلی زمین" و در برخی موارد اندازه گیری مقاومت ویژه خاک، مهمترین کاری است که باید انجام شود.

۴۰۱ - "جرم کلی زمین" و مسائل وابسته به آن

۴۰۱-۱ - پیشگفتار

مقاومت یک الکترود زمین ، مقاومت آن نسبت به "جرم کلی زمین"(general mass of earth) است . اکتفا به این نکته بدون توضیحات لازم ، چیزی را روشن نمی سازد و لازم است در این مورد بیشتر بررسی شود .

۱ - ابتدا باید یادآور شد که برای بیان مقاومت (آکتیو ، القایی [رآکتیو] یا ظاهری [امپدانس]) در دست داشتن دو نقطه لازم می باشد و وجود مقاومت برای یک نقطه مفهوم ندارد . پس در مورد الکترود زمین که تنها یک نقطه از آن در دسترس است ، این مسئله چگونه توجیه می شود و بعبارت دیگر نقطه دوم مقاومت الکترود زمین، در کجا واقع شده است ؟

۲ - برای بیان مقاومت الکترود ،مفهوم "جرم کلی زمین" ارائه شده است که طبق آن مقاومت الکترود بین نقطه ای که در دسترس است (سر آزاد) و نقطه ای که در دسترس نبوده ولی به جایی به نام "جرم کلی زمین" ختم شده و به آن متصل می باشد، قرار گرفته است .

۳ - با استناد به گفته های بالا لازم خواهد بود که این "جرم کلی زمین" دارای خواصی مهم باشد .

الف - آزمایش نشان می دهد که می توان قبول کرد که بین نقاط مختلف "جرم کلی زمین" ، مقاومت در حد صفر است که مهمترین خاصیت وجودی این مفهوم است .

ب - "جرم کلی زمین" ، مبنای اندازه گیری مقاومت زمین است و مقاومت زمین اندازه گیری شده مقاومتی است که بین سر آزاد الکترود و "جرم کلی زمین" وجود دارد.

ج - "جرم کلی زمین" محدوده فیزیکی مشخصی ندارد و از لحاظ نظری ، تمام زمینهای اطراف الکترود و در واقع کره زمین در تشکیل آن شرکت دارند.

۴۰۱-۲ - مفهوم "جرم کلی زمین" چگونه بوجود آمد

برای فهم مطالب مربوط به "جرم کلی زمین" یک آزمون فرضی به شرح زیر انجام می شود:

یادآوری - "خیالی" بودن آزمون فقط تا این حد است که زمین محل آزمون یکدست و همگن فرض می شود در حالی که در عمل بعلت لایه ای بودن زمینها ناهماهنگی هایی در نتیجه اندازه گیریها ایجاد می شود و نظر به اینکه در اینجا هدف فقط پی بردن به اصول و مفاهیم است وبه نتایج عملی بعداً" پرداخته خواهد شد ، آزمون در عالم خیال در زمینی همگن انجام می شود .

زمینی بزرگ که تا عمق زیاد و مسافتهای طولانی در همه جهات از هر نظر همگن و یکنواخت است در نظر گرفته می شود . با این فرض ، اگر تعدادی الکترود مشابه از نظر طول و جنس و سایر مشخصات در نقاط مختلف آن کوبیده شوند، با توجه به اصل تشابه، هیچ فرقی بین آنها وجود نخواهد داشت.

با توجه به گفته های بالا ، دو الکترود مشابه انتخاب می شوند . یکی از الکترودها در نقطه ای از زمین مورد بحث کوبیده شده و در طول آزمایش بی حرکت باقی می ماند که الکترود ثابت نامیده میشود. الکترود دوم در نقاط مختلف کوبیده خواهد شد و الکترود متحرک نامیده می شود . نقطه شروع نصب الکترود متحرک ، چسبیده به الکترود ثابت است . از آن پس ، الکترود متحرک ، بتدریج دورتر از الکترود ثابت در فواصلی معین و در راستایی غیرمشخص ، نصب می شود . برای هر موقعیت از الکترود متحرک ، مقاومت مجموعه دو الکترود با استفاده از یک اهم متر ، اندازه گیری می شود. الکترود متحرک در هر تغییر محل ، کاملا مشابه الکترود ثابت نصب می شود.

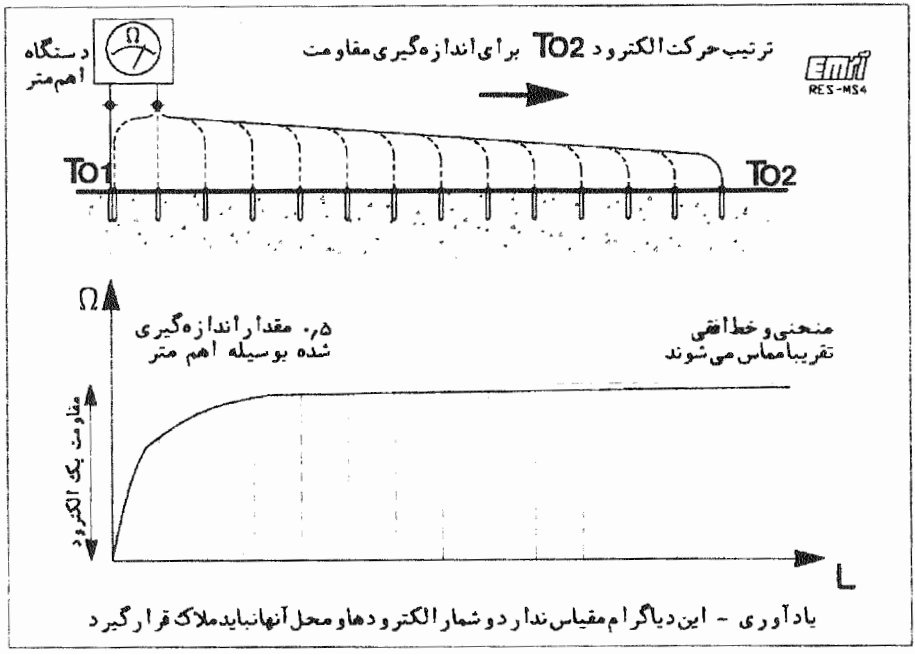
درباره ماهیت مقاومت های اندازه گیری شده بحث خواهد شد ولی قبل از آن، می توان گفت که با توجه به اصل تشابه از مقاومت اندازه گیری شده در هر انتقال الکترود متحرک سهم هر یک از دو الکترود خواهد بود.

تنها نقطه ای که درباره مقاومت آن می توان با قاطعیت اظهارنظر نمود ، اولین نقطه اندازه گیری که در آن دو الکترود ثابت و متحرک، چسبیده به هم بوده وفاصله آنهاصفر است . در این مورد مقاومتی که اهم متر نشان می دهد صفر خواهد بود.

اما مقاومت سایر نقاط اندازه گیری شده نسبت به فاصله به چه نحو خواهد بود ؟

اگر منحنی تغییرات مقاومت یک الکترود (نصف مقدار اندازه گیری شده) نسبت به فاصله دو الکترود از یکدیگر بر روی محورهای مختصات رسم شود. ملاحظه خواهد شد که از نقطه صفر به بعد (الکترودها دورتر از همدیگر) ، مقاومت به سرعت رو به ازدیاد رفته و سپس رفته رفته ، با زیاد شدن بیشتر فاصله، از آهنگ رشد آن کاسته می شود تا جایی که رشد مقاومت نسبت به فاصله بقدری کم می شود که می توان آنرا نزدیک به صفر فرض کرد و، به تعبیر ریاضی، منحنی تغییرات مقاومت الکترود نسبت به فاصله با خطی به موازات محور طولها تقریباً" مجانب می شود.

مقدار مقاومتی که در آن خط مجانب محور عرضها را تلاقی می کند، همان مقدار مقاومت الکترود نسبت به "جرم کلی زمین" است .



شکل ۴۰۱-۱ تغییرات مقاومت دو الکترود نسبت به فاصله

اگر مسئله با دیدی کاملاً نظری بررسی شود، انتهای دوم مقاومت زمین که به "جرم کلی زمین" وصل است در بی نهایت قرار دارد. ولی در اغلب موارد عملی و برای الکترودهای ساده مانند یک الکترود میله ای، سر دوم مقاومت یا "بی نهایت" را میتوان در فاصله ای در حدود ۱۰-۱۵ متری از آن انتهایی که در دسترس است فرض کرد. زیرا عملاً ۹۸٪ مقاومت الکترود در این محدوده قرار دارد . در مورد الکترودهای گسترده و مفصل، "بی نهایت" در فاصله ای بسیار دورتری قرار دارد . بخش ۴۹ دیده شود.

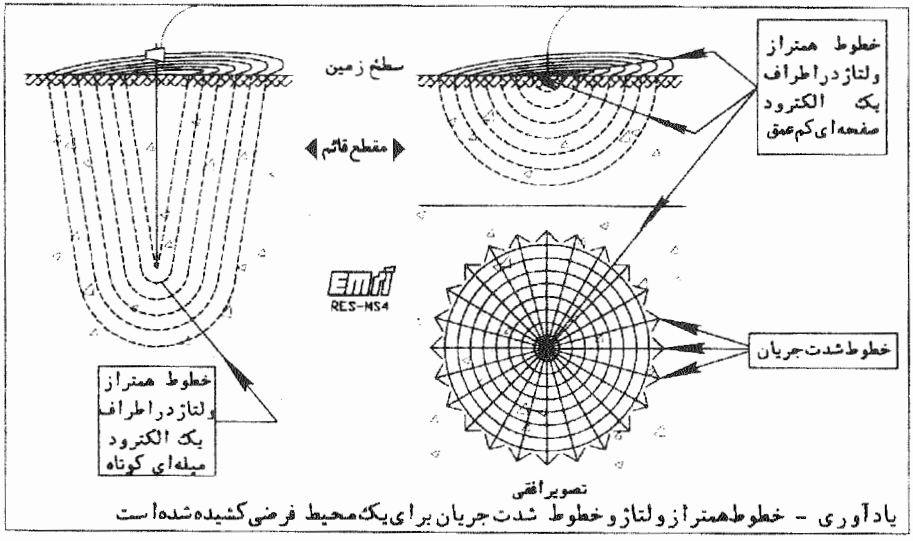
با توجه به تغییرات مقاومت را نسبت به فاصله نشان می دهد و شکل ۴۰۱-۲ که لایه های فرضی استوانه ای و کروی تشکیل دهنده مقاومت در اطراف الکترود را نشان می دهد، می توان به نتایج زیر دست یافت:

۱ – بیشترین افت ولتاژ در محدوده ای از خاک که شعاع آن در اطراف الکترود یکی دو متر بیشتر نیست ، اتفاق می افتد (شیب زیاد منحنی در اطراف الکترود در شکل) در اینجا است که سطح مقطع "هادی" جریان (شعاع استوانه ها و کره های هم مرکز خاک در اطراف الکترود) کوچکتر از همه است .

۲ – با دورتر شدن از الکترود و بزرگتر شدن سطح مقطع "هادی" اطراف الکترود (بزرگتر شدن شعاع استوانه ها و کره های هم مرکز) ، مقاومت خاک نسبت به فاصله ای مشابه در نزدیکی الکترود کمتر می شود و به همین سبب از شیب منحنی کاسته شده و حالت کوژی شکل بخود می گیرد.

۳ – با دورتر شدن باز هم بیشتر از الکترود، سطح مقطع "هادی" (لایه های اطراف الکترود) آنقدر بزرگ می شود که مقاومت آن نسبت به طول خیلی خیلی کم می شود و در اینجاست که منحنی به سمت خطی که بموازات محور طولها است میل کرده و با آن مجانب می شود که همان مقاومت کل الکترود است . در واقع از آن پس سطح مقطع بقدری بزرگ است که ازدیاد فاصله در مقاومت تقریباً بی تأثیر است .

٤ – فاصله ای را که از نقطه استقرار الکترود ثابت تا محلی که در آن منحنی تغییرات مقاومت با خط افقی مقاومت مجانب می شود "حوزه ولتاژ" الکترود می نامند . در مورد زمین همگن فرضی ، این حوزه در روی سطح زمین یک دایره کامل و در عمق بشکل یک استوانه با قاعده دایره ای که در ته آن به یک نیم کره ختم میگردد ، فرض می شود ولی در مورد زمینهای واقعی، شکل سطح زمینی و عمقی آن کاملاً بستگی به مقاومتهای ویژه زمین در جهات مختلف خواهد داشت که مشخص کردن دقیق آن غیر ممکن است، ولی در هر حال بشکل دایره فرض می شود.



شکل ٤٠١-٢ لایه های استوانه ای / مخروطی و کروی تشکیل دهنده مقاومت خاک در اطراف الکترود

ازمحل الکترود ثابت تا محدوده حوزه ولتاژ، پتانسیل بتدریج زیاد شده و در محدوده حوزه به حداکثر خود می رسد و در واقع نشان دهنده افت کل ولتاژ در الکترود زمین است . اگر فاصله دو الکترود از حد حوزه ولتاژ الکترودها خارج باشد، دو الکترود را می توان مستقل فرض نمود ولی اگر فاصله الکترودها از شعاع حوزه کمتر باشد، و به اصطلاح الکترودها "در حوزه ولتاژ" یکدیگر قرارگرفته باشند، الکترودها را نمی توان مستقل فرض کرد . فاصله ای که در آن الکترودها خارج از حوزه یکدیگر خواهند بود، بستگی به مشخصات الکتریکی خاک دارد و در عمل این مقدار را ۱۰ تا ۲۵ مترانتخاب می کنند.

۴۱ – مقاومت ویژه خاک و عوامل وابسته به زمین

مقاومت ویژه خاک در درجه اول بستگی به جنس آن و سپس رطوبت و دما دارد .

۴۱۱ – مقاومت ویژه انواع خاک

در جدول شماره ٤-۱ مشخصات انواع عمده خاکهای موجود در طبیعت نشان داده شده است. لازم است توجه شود که در هر حال مقاومت ویژه خاک ، طبیعتی الکترولیتی دارد و لذا مقدار رطوبت و ترکیب و غلظت مواد شیمیایی و نمکهای حل شده در آب آن، در مقاومت ویژه تاثیرفراوان دارند . همچنین دانه بندی و نحوه پخش دانه ها و تراکم آنها نیز بر مقاومت ویژه تاثیر فراوان دارند . با توجه به مطالب گفته شده ، نظر به اینکه این عوامل جنبه محلی داشته و بعضی از آنها نیز تغییرات فصلی دارند، از جدول شماره ٤-۱ می توان فقط به عنوان راهنما استفاده نمود.

مقادیر واقعی مقاومت ویژه را باید با اندازه گیری محلی آن، بخصوص در مواردی که خاک دارای طبیعتی چینه ای و مطبق باشد، بدست آورد .

جدول ٤-١ نمونه هایی برای مقاومت ویژه خاک $\rho\ (\Omega m)$

نوع خاک	شرایط جوی		
	ریزش باران : عادی و زیاد (بیش از ۵۰۰ میلیمتر در سال)		ریزش باران : کم و شرایط کویری (کمتر از ۲۵۰ میلیمتر در سال)
	مقدار احتمالی	گستره مقادیر واقعی	گستره مقادیر واقعی
خاکهای رسوبی و رسهای سبک	۵	بستگی به سطح آب محل دارد	بستگی به سطح آب محل دارد
خاکهای رسوبی باستثنای انواع رسوبی	۱۰	۵ تا ۲۰	۱۰ تا ۱۰۰
مارلها	۲۰	۵ تا ۲۰	۵۰ تا ۳۰۰
سنگ آهک نوع متخلخل (گچ)	۵۰	۳۰ تا ۱۰۰	۵۰ تا ۳۰۰
سنگهای ماسه ای متخلخل	۱۰۰	۳۰ تا ۱۰۰	
کوارتزیت سنگ آهک متراکم یا بلوری (مرمر)	۳۰۰	۱۰۰ تا ۱۰۰۰	
سنگهای رسی	۱۰۰۰	۱۰۰ تا ۳۰۰۰	۱۰۰۰ و بیشتر
گرانیت	۱۰۰۰		
گنیس ها و شیست ها سنگهای آذرین	۲۰۰۰		۱۰۰۰ و بیشتر

۴۱۲ – تاثیر دما بر مقاومت ویژه

دمای خاک بر مقاومت ویژه بی تاثیر نیست ولی اهمیت آن بیشتر برای دمای انجماد و یا پایین تر از آن است و به این جهت است که نصب الکترود باید در عمقی که سرمای انجماد نتواند به آن نفوذ کند ، انجام شود . از این رو توصیه می شود در همه حال (جز مناطق حاره) یک متر اول عمق الکترود در مقدار مقاومت آن به حساب آورده نشود.

۴۱۳ – انتخاب محل احداث الکترود زمین

در حالی که طبیعت اصلی و مشخصه های خاک یک منطقه را نمی توان کلاً تغییر داد، با انتخاب محلی مناسب برای نصب الکترود و بکارگیری روشهای آماده سازی آن، می توان به نتیجه ای بهینه دست یافت . در عمل، محل احداث اتصال زمین یا محدوده آن را به ندرت می توان انتخاب نمود زیرا عوامل خارج از کنترل متخصص برق ، محل احداث را مشخص می کند . به هر حال، در مواردی که ممکن باشد، محل احداث الکترود اتصال زمین باید به نحوی انتخاب شود که بسه ترتیب اولویت یکی از زمینهای زیر را شامل شود:

- زمین باتلاقی؛
- زمین رسی یا چمنزار؛
- زمین رسی مخلوط با کمی ماسه؛
- زمین رسی مخلوط با سنگریزه و شن و ماسه؛
- شن تر یا نمناک یا پت.

و در مقابل باید سعی شود از احداث الکترود اتصال زمین در زمینهای زیر خودداری شود :

- زمینهای خشک؛
- زمینهای ماسه ای و شنی؛
- زمینهای دارای انواع سنگهای سخت مانندگرانیت و غیره؛
- زمینهایی که در آنها لایه سنگی گسترده ای در عمق کمی نسبت به سطح زمین قرار دارد .

بهتر است زمین انتخاب شده ، دارای زهکشی طبیعی نباشد ، ولی انتخاب زمینی که اشباع بوده یا مملو از آب باشد، جز در مورد ماسه و شن لازم نخواهد بود . رطوبت بیش از ۲۰٪ (حداکثر) در زمینهای معمولی تاثیر قابل ملاحظه ای در جهت کم کردن مقاومت نخواهد داشت . همچنین باید از محلهایی که در معرض شستشو قرار دارند (مانند بستر نهرها و نظایر آن) اجتناب نمود زیرا جریان پیوسته آب ممکن است املاح مفید را شسته و از منطقه استقرار الکترود دور کند.

در صورت روبرو شدن با خاک دستی، لازم است تا رسیدن به عمق خاک بکر و بیشتر پیش رفت. زیرا خاک دستی قابل اطمینان نبوده و در احداث الکترود زمین نباید به حساب آورده شود .

۴۱۴ – تاثیر آماده سازی محل احداث الکترود زمین

در بعضی موارد ، برای کم کردن مقاومت اتصال به زمین ممکن است لازم باشد اقدام به آماده سازی و یا حتی تعویض خاک شود . آماده سازی خاک با استفاده از مواد شیمیایی انجام می شود . در این صورت لازم است ترتیبی اتخاذ شود که در نتیجه کم شدن و شسته شدن املاح در طول زمان، آماده سازی پیوسته در حال تجدید و یا تکمیل باشد تا از کارآیی اتصال زمین کاسته نشود . از طرف دیگر در انتخاب روش آماده سازی برای هر موقعیت، لازم است محیط زیست و اثری را که مواد شیمیایی در ان باقی خواهند گذارد، به حساب آورد .

برای ایجاد یک اتصال زمین با عمری طولانی ، شاید لازم باشد زمینی را که بلافاصله در اطراف الکترود قرار دارد با خاک یا ماده ای که مقاومت ویژه آن کم است، تعویض نمود . بهترین نمونه های این نوع آماده سازی عبارتند از:

- بتونیت؛
- بتن؛
- بتن خاص با سیمان هادی که در آن از گرانولهای کربن یا خاکه ذغال به جای ماسه استفاده می شود . این نوع آماده سازی مخصوصاً در زمینهای سنگی و زمینهایی که لایه سنگی در نزدیکی سطح آن قرار دارد بسیار موثر می باشد .
- روش سنتی ، با استفاده از مخلوطی از نمک و ذغال .

استفاده از خاکستر کک به علت خاصیت خورندگی شدید آن،برای آماده سازی توصیه نمی شود.

۴۱۵ – بررسی مقاومت الکترود زمین با توجه به مقاومت ویژه خاک و ماده آماده سازی

رابطه ای که در زیر ذکر شده است مقاومت یک الکترود زمین قائم را با توجه به مقاومت ویژه زمین و مقاومت ویژه ماده مورد استفاده برای آماده سازی وقطر آن در اطراف الکترود زمین و غیره، ارائه می دهد. منظور از ذکر این رابطه این است که خواننده اثر مقاومت ویژه ماده آماده سازی و قطر آن در اطراف الکترود را بر روی مقاومت ، بررسی کند . دیگر مقادیر این رابطه مانند مقاومت ویژه خاک اصلی، قابل تغییر نیست و قطر و عمق (طول) الکترود نیز بیشتر ، بستگی به استانداردها و امکانات کوبیدن یا دفن کردن الکترود دارد.

$$R = \frac{1}{2\pi L}\left\{(\rho - \rho_c)\left[Log_e\left(\frac{8L}{D}\right)1\right]\rho_c\left[Log_e\left(\frac{8L}{d}\right)1\right]\right\}\ldots\ldots\ldots \qquad (٤-١)$$

در این رابطه :

ρ = مقاومت ویژه خاک بر حسب Ω m ؛

ρ_c = مقاومت ویژه خاک یا ماده آماده سازی بر حسب Ω m ؛

d = قطر الکترود بر حسب متر ؛

D = قطر خاک یا ماده آماده سازی بر حسب متر ؛

L = طول الکترود کوبیده یا دفن شده بر حسب متر .

محدوده مقاومت ویژه دو ماده اصلی آماده سازی ، بتونیت و بتن ، که بیش از همه مورد نظر می باشند به ترتیب زیر است:

- مقاومت ویژه بتونیت بسته به رطوبت موجود در آن از حدود ۳ Ω m به بالا است . اگر این ماده تواند رطوبت زمین اطراف را جذب کند مقاومت آن خیلی زیاد شده ، حجم آن کم و از الکترود جدا خواهد شد .
- مقاومت ویژه بتن از حدود ۳۰ Ω m تا ۹۰ Ω m در تغییر است .

یادآوری ۱ – روش متداول در ایران، استفاده از مخلوطی از سنگ نمک شکسته و خاکه ذغال در اطراف الکترود را تجویز می کند . به آسانی می توان نتیجه گیری نمود که حاصل این نوع عمل آوردن خاک، کم کردن مقاومت ویژه ρ_c

است و اینکه یکی از این مواد ماندگارتر از دیگری است (نمک در طول زمان حل شده و از لایه های مجاور الکترود دور می شود در حالی که ذغال باقی می ماند) در نتیجه مقاومت الکترود در اوایل احداث آن به شرط وجود رطوبت ، کمتر بوده و در طول زمان با حل شدن و جابجا شدن نمک ، به مقدار آن اضافه خواهد شد.

یادآوری ۲ - در کشور ما از الکترودی که متشکل از یک صفحه مسی به ابعاد ۰،۵ × ۰،۵ متر بوده و در چاهی که بوسیله مقنی کنده شده و عمق آن - بسته به شرایط محل - از چند متر تا چند ده متر است (معمولاً ۳ تا ۲۵ متر) به عنوان الکترود اصلی استفاده می شود و به قسمت قائم آن که معمولاً سیمی است مسی با مقطع ۲۵ میلیمتر مربع یا بیشتر ، توجهی نمی شود در حالی که نقش این قسمت از الکترود شاید از خود صفحه مسی مهمتر باشد . کمی دقت و بررسی در رابطه بالا نشان خواهد داد که تاثیر قسمت قائم تا چه حد است .

۴۲ - اثر شکل الکترود بر مقاومت اتصال زمین

نظر به اینکه بیشترین افت ولتاژ در یک سیستم الکترود زمین ، در حجم خاکی اتفاق می افتد که در فاصله حدود یک متری از سطح الکترود قرار دارد (تراکم جریان در این ناحیه بیشترین مقدار را دارد)، لذا برای بدست آوردن حداقل مقاومت نسبت به زمین ، لازم خواهد بود تراکم جریان در حجم ناحیه ای که در مجاورت الکترود قرار دارد ، تا حدی که ممکن است کم باشد و سیستم به نحوی طرح شود که تراکم جریان با دور شدن از الکترود ، به سرعت کم شود . برای رسیدن به این هدف لازم خواهد بود یکی از ابعاد حجم الکترود نسبت به دو بعد دیگر آن بزرگترین مقدار را داشته باشد . مثلاً استفاده از یک میله یا سیم یا تسمه نسبت به یک صفحه با همان سطوح جانبی ، ارجحیت دارد .

توجه شود که مقاومت یک الکترود با عکس مساحت جانبی آن نسبت مستقیم ندارد.

۴۳ - بررسی خصوصیات الکترودهای متداول و مقاومت آنها

۴۳۰ - کلیات

الکترودهای اتصال به زمین را می توان به دو دسته اصلی تقسیم کرد :

- الکترودهای مصنوعی ، و
- الکترودهای موجود یا "طبیعی" .

۴۳۰-۱ - الکترودهای مصنوعی

الکترودهای مصنوعی آنهایی هستند که فقط با هدف ایجاد اتصال به زمین برای تأسیسات الکتریکی نصب می شوند.

الکترودهای مصنوعی را، از نظر نحوه استقرار آنها در زمین ، می توان به سه گروه تقسیم نمود :

- الکترودهای صفحه ای ؛
- الکترودهای قائم؛
- الکترودهای افقی.

۴۳۰-۲- الکترودهای موجود

الکترودهای موجود آنهایی هستند که با هدفی دیگر در زمین نصب شده اند و ممکن است در صورت وجود شرایط لازم ، برای ایجاد اتصال به زمین از آنها به عنوان الکترود استفاده کرد .

الکترودهای موجود شناخته شده به قرار زیر می باشند:

- غلافهای هادی کابلها؛
- اجزای فلزی سازه ها ؛
- سپرهای فلزی و میلگردهای شمعهای بتنی ؛
- لوله کشی آب ؛
- لوله کشی های فلزی دیگر ؛
- هرگونه تاسیسات زیرزمینی فلزی که در تماس با زمین بوده و مانعی برای استفاده از آن به عنوان الکترود زمین وجود نداشته باشد.

راجع به الکترودهای موجود در بخش ٤٥ بحث شده است .

۴۳۱ - الکترودهای صفحه ای

۴۳۱-۱ - کلیات

با توجه به کلیه جوانب ، الکترودهای صفحه ای در رده آخر ارجحیت انواع الکترودها قرار دارند . در اوایل رشد صنعت الکتروتکنیک ، اعتقاد بر این بود که هر چه مساحت یک الکترود بیشتر باشد، مقاومت آن نسبت به جرم کلی زمین کمتر خواهد بود . پس از سالها تحقیق و تجربه معلوم گردید که این باوری نادرست بود و در برخی از نقاط دنیا، از جمله کشور ما ، استفاده از این نوع الکترود ، جزء سنت درآمده و برای تغییر آن با وجود دلایل فراوان، توان و زمان زیاد لازم خواهد بود .

مقاومت تقریبی یک الکترود صفحه ای از رابطه زیر قابل محاسبه می باشد :

$$R = \frac{\rho}{4}\sqrt{\left(\frac{\pi}{2A}\right)} \qquad (٤-٢)$$

که در آن :

ρ = مقاومت ویژه خاک به اهم متر ؛

A = سطح یک طرف الکترود دفن شده به متر مربع ؛

R = مقاومت الکترود صفحه ای به اهم متر

توجه شود که برای ابعاد معمولی ، مقاومت یک الکترود صفحه ای تقریباً با عکس ریشه دوم مساحت آن متناسب است نه با عکس مساحت آن . برای مثال مقاومت یک صفحه ۰،۹ × ۰،۹ متر ، ۳۳٪ بیش از مقاومت صفحه ۱،۲×۱،۲ متر است بنابراین برای کم کردن مقاومت بهتر است به جای یک الکترود با سطح بزرگ ، از دو یا چند الکترود موازی با سطحی کوچکتر استفاده شود .

در اغلب موارد برای تخمین مقاومت یک الکترود صفحه ای ، استفاده از رابطه خلاصه زیر کافی است :

$$R \cong \frac{\rho}{4.D} \qquad (۴-۳)$$

که در آن :

ρ = مقاومت ویژه خاک اهم متر ؛

D = در مورد دایره برابر قطر و در مورد مستطیل برابر طول آن به متر است .

بهتر است که صفحه الکترود به صورت قائم دفن شود تا خطوط جریان خارج شده از صفحه تا جایی که ممکن است یکنواخت پخش شده و کوتاه باشند و فشار خاک بر دو سمت الکترود یکنواخت باشد . الکترودهای صفحه ای از نظر نحوه استقرار آنها در زمین ، خود به دو گروه تقسیم می شوند :

- الکترودهای صفحه ای کم عمق؛
- الکترودهای صفحه ای عمیق .

۴۳۱ – ۲– الکترودهای صفحه ای کم عمق

در مناطقی از دنیا که بطور کلی جوی نمناک دارند ، استفاده از الکترودهای صفحه ای عمیق مرسوم نیست زیرا علت اصلی دفن صفحه الکترود در عمق بیشتر دستیابی به نم بیشتر و مقاومت ویژه کمتر زمین است . در این گونه مناطق ، الکترودها معمولاً در عمق کم و با حداقل پوشش خاک از لبه بالایی صفحه برابر ۰،۶ متر نصب می شوند.

جنس الکترودها معمولاً از مس با ضخامت حداقل ۲ میلیمتر یا آهن گالوانیزه گرم با ضخامت حداقل ۳ میلیمتر است. در انگلستان جنس صفحه مورد استفاده برای این الکترودها معمولاً چدن موجدار یا دنده دار است به ضخامت حداقل ۱۲ میلیمتر و به ابعاد ۱،۲×۱،۲ متر .

اتصال هادی زمین به صفحه زمین باید دست کم در دو نقطه مجزا انجام و برای هادی زمین و صفحه الکترود از دو جنس مختلف ، محل اتصالها با ماده ای قیرمانند اندود شود تا این نقاط از عوارض الکترولیتی در امان بماند . در مواردی که امکان خوردگی سریع هادی زمین وجود داشته یا هادی زمین با مقطع کم انتخاب شده باشد، توصیه می شود هادی زمین از نوع عایقدار باشد تا از خوردگی سریع آن در اثر عوارض الکترولیتی پیشگیری شود . البته در این صورت سهم هادی لخت در کم کردن مقاومت زمین از دست خواهد رفت .

اگر یک الکترود صفحه ای مقاومت لازم را ارائه نداد ، می توان از چند صفحه به صورت موازی استفاده کرد . برای رسیدن به حداقل مقاومت با صفحات موازی ، قاعدتاً لازم است حداقل فاصله الکترودها نسبت به هم ۱۰ متر باشد، ولی با توجه به عمق کم دفن ، حداقل فاصله مؤثر آنها را می توان حتی تا ۲ متر تقلیل داد . در این صورت مقاومت مجموعه دو صفحه نسبت به مقدار بدست آمده از محاسبه (با استفاده از رابطه بالا) ، بیش از حدود ۲۰٪ تفاوت نخواهد داشت .

توصیه بعضی مقامات دیگر برای حفظ مقاومت الکترودها در حد معقول این است که هنگام نصب چند الکترود صفحه-ای به صورت موازی ، فاصله ای به مقدار سه برابر بزرگترین بعد صفحه ، بین آنها برقرار شود .

در مورد بعضی از لایه های خاک با مقاومت ویژه زیاد ، آماده سازی محل دفن الکترود بجا خواهد بود

۴۳۱- ۳ - الکترودهای صفحه ای عمیق

در بالا گفته شد که علت دفن الکترود در عمق زیاد (بیش از حدود ۳ متر) ، رسیدن به لایه های نمناک زمین با مقاومت ویژه کمتر است .

بدیهی است که دفن صفحه در عمق زیاد علاوه بر تحمیل مخارج اضافی اولیه، این اشکال را در بر دارد که برای کم کردن مقاومت از راه دفن بیش از یک صفحه ، لازم خواهد بود فاصله این صفحات نسبت به هم خیلی بیشتر از ۲ متر و یا سه برابر بزرگترین بعد صفحه - که در بالا برای صفحات کم عمق گفته شده است - باشد .

از طرف دیگر قسمت قائم الکترود باید به حساب آورده شود که در کم کردن مقاومت آن نقش عمده دارد و در واقع عکس مقاومت کل تقریباً" برابر مجموع عکس دو مقاومت صفحه ای و قائم (سیم اتصال) خواهد بود.

با بالا رفتن دستمزدها در سالهای اخیر، مخارج نصب الکترودهای عمیق صفحه ای زیاد شده است و شاید موقع آن فرا رسیده باشد که تجدیدنظر عمده ای در انتخاب نوع الکترود متداول به عمل آید . بدیهی است که در این امر پیش قدمی عوامل وزارت نیرو مطلوب خواهد بود .

۴۳۲ - الکترودهای قائم

۴۳۲-۱ - کلیات

الکترودهای قائم از متداول ترین نوع الکترود می باشند مخصوصاً" در مواردی که فضای افقی کافی در دسترس نباشد یا برای کم کردن مقاومت زمین، الکترودهای قائم و افقی با هم بکار روند .

مقاومت تقریبی یک الکترود قائم ، از رابطه زیر محاسبه می شود :

$$R = \frac{\rho}{2\pi L}\left[Log_e \cdot \left(\frac{8L}{d}\right) - 1 \right] \qquad (٤-٤)$$

در این رابطه :

ρ = مقاومت ویژه خاک بر حسب اهم متر؛

d = قطر الکترود بر حسب متر ؛

L = طول الکترود کوبیده شده بر حسب متر .

از این رابطه معلوم می شود که تأثیر قطر الکترود بر مقاومت آن نسبتاً" جزئی است ولی در صورت ثابت بودن ρ و d، تاثیر جزء لگاریتمی رابطه بالا در تغییرات مقاومت بر حسب عمق به نحوی است که هر چه الکترود طولانی تر شود، از

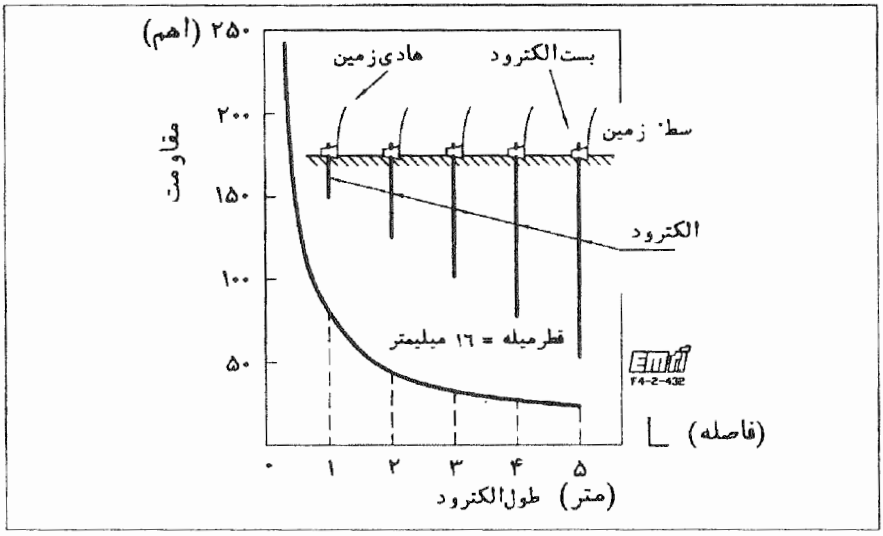
اثر طول بر کم شدن مقاومت کاسته خواهد شد . برای مثال در جدول ٤ – ٢ مقاومت الکترودهایی به قطر ١٦ میلیمتر و طولهای مختلف نشان داده شده است :

جدول ٤-٢ تغییرات مقاومت یک الکترود نسبت به عمق آن

طول الکترود (متر)	مقاومت نسبی (اهم)	طول الکترود (متر)	مقاومت نسبی (اهم)
١	٠ر٨٣٠ ρ	٧	٠ر١٦٢ ρ
٢	٠ر٧٤٠ ρ	٨	٠ر١٤٥ ρ
٣	٠ر٣٣٤ ρ	٩	٠ر١٣٠ ρ
٤	٠ر٣٦٠ ρ	١٠	٠ر١١٩ ρ
٥	٠ر٢١٦ ρ	١١	٠ر١١٠ ρ
٦	٠ر١٨٦ ρ	١٢	٠ر١٠٢ ρ

نتیجه گیری عملی از محاسبات بالا این است که در یک زمین یکدست (ρ ثابت) ، یک تا سه متر اول طول الکترود بیشترین اثر را بر مقدار مقاومت آن دارد و از آن پس اثر ازیاد طول بر مقاومت کمتر و کمتر می شود . لذا در این شرایط ، اضافه کردن به طول الکترود برای کم کردن مقاومت آن به صرفه نخواهد بود و در این موارد برای کم کردن مقاومت ، استفاده ازچند الکترود به صورت موازی ، به جای یک الکترود عمیق ، بهتر و باصرفه تر است .

شکل ٤٣٢ – ١ تغییرات مقاومت تقریبی یک الکترود به قطر ١٦ میلیمتر با طولهای مختلف در زمینی یکدست با مقاومت ویژه $\rho\ (\Omega m)$ را نشان می دهد .

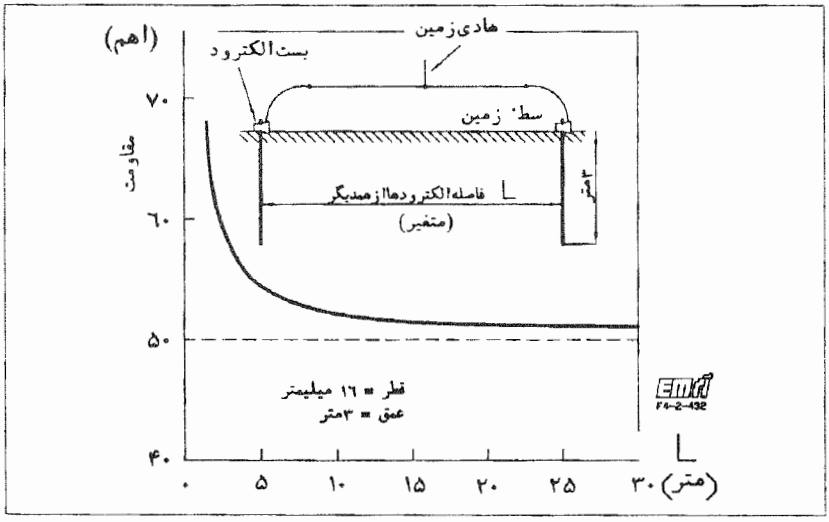


شکل ۴۳۲ - ۱ تغییرات مقاومت یک الکترود قائم نسبت به عمق آن

از الکترودهای قائم باعمق زیاد در مواقعی استفاده می شود که مقاومت ویژه(ρ) لایه های پایینی خاک کمتر از مقاومت ویژه لایه ها در عمق کم باشد .

قطر الکترود با توجه به تاثیر کم آن بر مقاومت الکتریکی با در نظر گرفتن نکاتی دیگر و مخصوصاً مقاومت مکانیکی آن در هنگام کوبیدن در زمین یا احتمال صدمه دیدن و ترک برداشتن آن اگر از نوع لوله ای باشد، انتخاب می شود.

گفته شد که مقاومت چند الکترود وصل شده به صورت موازی بهتر (کمتر) از مقاومت یک الکترود با طولی معادل جمع الکترودها است . اما لازم است توجه شود که فاصله الکترودهای موازی نسبت به هم در مقدار مقاومت آنها نقشی تعیین کننده دارد . به طور خلاصه برای اینکه مجموعه دو الکترود موازی کمترین مقاومت را داشته باشد، فاصله آنها از همدیگر باید به قدری باشد که "خارج از حوزه ولتاژ یکدیگر قرار گیرند" یا فاصله دو الکترود نسبت به هم باید بی نهایت باشد ولی در عمل فاصله الکترودها را از یکدیگر ، حداقل به اندازه عمق آنها انتخاب می کنند و در این صورت مجموعه مقاومت دو الکترود به جای ۵۰٪ به اندازه حدود ۵۵٪ مقاومت یک الکترود تکی خواهد بود .



شکل ٤٣٢ — ٢ مقاومت کل دو الکترود میله ای موازی با توجه به فاصله جدایی آنها

مقاومت تقریبی چند الکترود میله ای وصل شده به صورت موازی را می توان با استفاده از رابطه زیر محاسبه نمود :

$$R_{''} = R\left(\frac{1+\lambda a}{n}\right) \qquad (٤-٥)$$

در این رابطه :

$$a = \frac{\rho}{2\pi.R.s}$$

R_n = مقاومت n میله موازی به اهم ؛

R = مقاومت یک میله مجزا به اهم ؛

S = فاصله الکترودهای مجاور به متر ؛

ρ = مقاومت ویژه خاک به اهم متر؛

n = تعداد الکترودها ؛

λ = ضریبی است که در شکل ٤ — ٣ یا ٤ — ٤ داده شده است .

با استفاده از این رابطه ، نتیجه محاسبه هنگامی قابل قبول خواهد بود که فاصله الکترودها از همدیگر از طول قسمتی که در تماس با زمین است کمتر نباشد .

ضریب λ برای الکترودهایی که در امتداد یک خط راست بوده و فاصله آنها از یکدیگر حداقل برابر طول قسمتی از الکترود که در تماس با زمین است، به قرار جدول ٤ –٣ زیر خواهد بود :

جدول ٤–٣ ضریب λ برای چند الکترود موازی مستقر در امتداد یک خط

تعداد الکترودها	ضریب λ	تعداد الکترودها	ضریب λ
٢	١ر٠٠	٧	٣ر١٥
٣	١ر٦٦	٨	٣ر٣٩
٤	٢ر١٥	٩	٣ر٦١
٥	٢ر٥٤	١٠	٣ر٨١
٦	٢ر٨٧		

ضریب λ برای الکترودهایی که بشکل مربع بوده و فاصله آنها از یکدیگر حداقل برابر طول قسمتی از الکترود که در تماس با زمین است ، به قرار جدول ٤–٤ زیر خواهد بود :

جدول ٤–٤ ضریب λ برای چند الکترود موازی مستقر بشکل مستطیل

تعداد الکترودها در امتداد هر ضلع n	ضریب λ	تعداد الکترودها در امتداد هر ضلع n	ضریب λ
٢	٢ر٧١	٩	٧ر٦٥
٣	٤ر٥١	١٠	٧ر٩٠
٤	٥ر٤٨	١٢	٨ر٣٢
٥	٦ر١٤	١٤	٨ر٦٧
٦	٦ر٦٣	١٦	٨ر٩٦
٧	٧ر٠٣	١٨	٩ر٢٢
٨	٧ر٣٦	٢٠	٩ر٤٠

۴۳۲-۲ - ساختمان و جنس الکترودهای قائم

جنس الکترودهای قائم باتوجه به نحوه نصب آنها و امکانات دیگر به قرار زیر است :

۴۳۲-۲-۱ - ساختمان و جنس الکترودهایی که با روش کوبیدن نصب می شوند:

- الکترودهای میله ای از مس سخت ؛
- الکترودهای میله ای با هسته فولاد و روکش مس عجین شده با هسته فولادی(مشابه Copperweld)؛
- الکترودهای میله ای از فولاد ضد زنگ؛
- الکترودهای میله ای از فولاد گالوانیزه گرم؛
- الکترودهای لوله ای از فولاد گالوانیزه گرم (لوله آب)؛
- الکترودهای لوله ای از چدن .

قطر الکترود های کوبیده شده حدود ۹، ۱۲ ، ۵ ، ۱۵ یا ۱۶ میلیمتر است . "کاپرولد" مأنوس که متداولترین الکترود از این نوع است، دارای منشاء اینچی می باشد و لذا اندازه های آن به میلیمتر ، قدری مأنوس به نظر می آید .

طول الکترودهای استاندارد ممکن است ۱،۲ تا ۱،۵ متر باشد . اغلب الکترودها از نوع قابل امتداد میباشند ، به این معنا که با استفاده از وسیله ای شبیه بوشن، قطعات استاندارد را می توان طولانی تر کرده و در زمین کوبید . با توجه به قابلیت امتداد آنها ، الکترودها را می توان تا عمق دلخواه کوبید. البته به شرطی که نوع زمین مناسب بوده و وسیله کوبیدن لازم برای اجرای کار در دست باشد . در بعضی موارد الکترودها تا عمق ۶۰ متر هم کوبیده شده اند.

کوبیدن الکترودها در زمین را می توان به دو نوع انجام داد:

۱ - وارد آوردن ضربه های شدید به تعداد کم که در عمل به صورت زیر انجام می شود :

- کوبیدن با پتک معمولی ؛
- کوبیدن با پتک لوله ای .

۲ - وارد آوردن ضربه های خفیف به تعداد زیاد که در عمل به صورت زیر انجام می شود :

- کوبیدن با پتک برقی یا بنزینی .

پتک معمولی احتیاج به معرفی ندارد . کوبیدن با پتک معمولی خسته کننده تر و ناراحت کننده تر از همه انواع دیگر است .

پتک لوله ای در واقع لوله ای است که طول آن متناسب با طول قسمتی از الکترود که خارج از زمین است تنظیم می گردد. در انتهای بالایی یا در وسط لوله وزنه ای نصب می شود که همراه با وزن لوله ، وزنه پتک را تشکیل می دهد . کارگری لوله را که به طور کاملاً آزاد روی الکترود می لغزد ، بلند کرده و سپس آن را رها می کند جرم لوله و وزنه در هنگام سقوط آنها ، روی میله الکترود ضربه وارد کرده و آن را در زمین فرو می برد .

پتک برقی یا بنزینی وسیله ای است که در آن یک وزنه کوچک خارج از مرکز ، با سرعت دوران می یابد . توان چرخش بوسیله موتور برقی یا بنزینی تامین می شود. نیروی جنبشی جرم دورانی خارج از مرکز ، ضربه های کوچکی را به تعداد زیاد به میله وارد می کند که آن را در زمین فرو می برد.

۴۳۲-۲-۲ – ساختمان و جنس الکترودهایی که با روش دفن نصب می شوند:

- الکترودهای لوله ای از فولاد گالوانیزه گرم (لوله آب) ؛
- الکترودهای لوله ای از مس سخت (لوله مسی)؛
- الکترودهای لوله ای از چدن .

در مواردی که وسایل مناسب برای کوبیدن الکترود در دست نباشد یا جنس الکترود با توجه به سختی زمین انجام این کار را غیرممکن یا مشکل سازد و یا لازم باشد برای کم کردن مقاومت الکترود در اطراف آن اقدام به آماده سازی زمین شود، از الکترودهای دفن شده به صورت قائم استفاده می شود . جز در موارد الکترودهای صفحه ای سنتی ، در سایر موارد عمق دفن این الکترودها معمولاً از ۳ متر بیشتر نیست .

حفر چاه برای دفن الکترود یا با روش سنتی (مقنی) و یا با روش استفاده از مته حفر زمین در عمقهای کم که بر روی وانت یا کامیون نصب است انجام می شود . در این روش نصب، با توجه به حجمی که خواه ناخواه در اطراف الکترود خالی می ماند، بهتر آن است که نوعی آماده سازی به عمل آید مگر آنکه نوع خاک به قدری خوب باشد که احتیاج به این کار نباشد . برای انتخاب نوع آماده سازی با توجه به شرایط موجود ، بخشهای ٤١٤ ، ٤١٥ و ٤٣٣ را بسنجید.

۴۳۳ – نحوه آماده سازی خاک اطراف الکترودها

۴۳۳-۱ – آماده سازی الکترودها با روش سنتی

روشی که در ایران برای عمل آوردن خاک بکار می رود، استفاده از مخلوط نمک ، ذغال چوب یا کک و خاک رس است . نمک سنگ شکسته با دانه بندی حدود ۱۲ میلیمتر با نسبت وزنی زیر بکار می رود :

نمک – ذغال – خاک رس

۱ – ۰،۵ – ۱۰

مخلوطی که به این ترتیب تهیه می شود دور الکترود ریخته شده و متراکم می گردد . در مورد الکترودهای صفحه ای ، سطح بالایی مخلوط تا حدود ۰،۲ متر بالاتر از لبه صفحه و به همین مقدار پایینتر از لبه زیرین صفحه ادامه می یابد.

روش دیگری که از آن استفاده می شود ریختن و متراکم کردن لایه های نمک و ذغال به تناوب و به ضخامت هر لایه حدود ۰،۲ متر است . در بعضی موارد برای الکترودهای صفحه ای پس از ریختن مخلوط نمک، ذغال، خاک رس ، تا ارتفاعی که بوسیله مهندس مجری در محل انتخاب می شود، لایه های نمک و ذغال به ترتیبی که گفته شد پر و متراکم می شود . نباید فراموش کرد که در اثر مرور زمان و حل شدن نمک ، از حجم مواد پرکننده کم شده و در صورتی که این حجم از دست رفته با خاک جایگزین نشود و به صورت خلل و فرج خالی باقی بمانند، مقاومت الکترود بیش از حد زیاد خواهد شد . لذا استفاده از نمک به مقداری بیش از حد معقول ، حتی اگر به محدودیتهای زیست محیطی توجه هم نشود، صحیح نخواهد بود.

لازم است توجه شود که یک الکترود زمین، مخصوصاً اگر نصب آن با آماده سازی همراه باشد، دایمی نبوده و بایستی در دوره های معین که بستگی به شرایط محلی دارد، ترمیم شود .

در نواحی با هوای خشک، آماده سازی با طریقی که گفته شد احتیاج به آبیاری خواهد داشت که از عمر مفید الکترود خواهد کاست .

۴۳۳-۲- آماده سازی الکترودها با بتونیت

به گواهی بسیاری ، بتونیت بهترین ماده برای آماده سازی خاک است . با توجه به وجود منابع غنی بتونیت داخلی، آماده سازی خاک اطراف الکترود با این ماده در آینده ممکن است باز هم بیشتر شود . نظر به اینکه ماده میکروسکوپیک (جاذب رطوبت) می باشد، رطوبت اطراف را به خود جذب خواهد کرد . ولی در نواحی بسیار خشک احتیاج به آبیاری متناوب خواهد داشت .

۴۳۳-۳- آماده سازی الکترودها با استفاده از بتن

در صورت وجود شرایط ، بهترین و ساده ترین روش برای آماده سازی خاک اطراف الکترود پس از حفر چاه و قرار دادن الکترود در وسط آن ، ریختن و پر کردن بتن در اطراف آن است . بدیهی است که حجم و قیمت بتن بکار رفته در این روش مهمترین عامل می باشد . بخش ٤١٥ را ببینید.

۴۳۴- الکترودهای افقی

۴۳۴-۱- کلیات

یکی از موارد استفاده از الکترودهای افقی ، ایجاد سطوح هم پتانسیل است که مخصوصاً در نیروگاهها و پست های فشار قوی جزو ملزومات است که در بحث ما مطرح نمی شود .

در شبکه های توزیع و تاسیسات از این الکترودها ، هنگامی استفاده می شود که فضای آزاد کافی وجود داشته باشد و یا در زیر لایه نازکی از خاک با مقاومت ویژه کم در سطح زمین ، لایه های با مقاومت ویژه زیاد قرار داشته باشند.

مقاومت تقریبی یک الکترود افقی از رابطه زیر محاسبه می شود :

$$R = \frac{\rho}{P\pi L}\left[Log_e\left(\frac{2L^2}{wh}\right) + Q \right] \qquad (٤-٦)$$

در این رابطه :

ρ = مقاومت ویژه خاک بر حسب اهم متر؛

h = عمق دفن الکترود بر حسب متر ؛

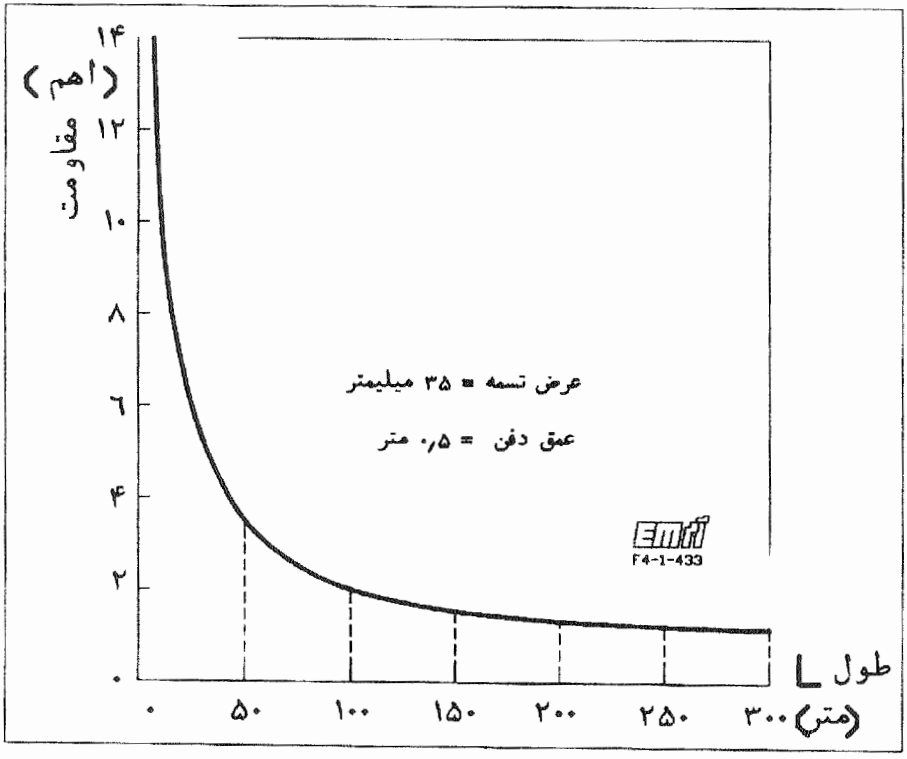
w = عرض تسمه یا قطر الکترود بر حسب متر؛

L = طول تسمه یا هادی بر حسب متر؛

P و Q = ضرایبی هستند که با توجه به چگونگی استقرار الکترودها از جدول شماره ٤-٥ بدست می آیند.

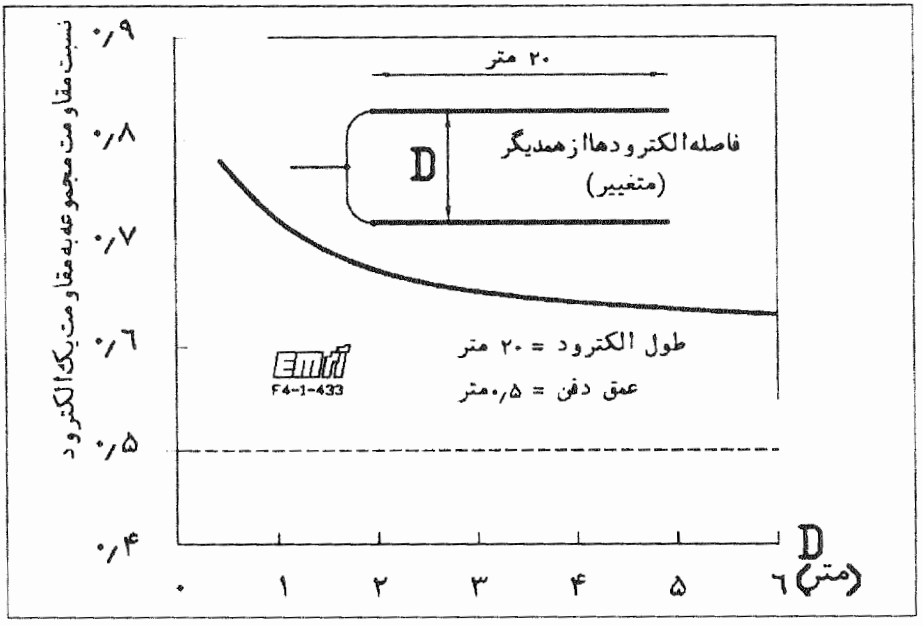
در عمل ابعاد تسمه الکترود به نحوی است که ضخامت آن نسبت به پهنا بسیار کم است و بنابراین اثر آن هم روی مقاومت ناچیز می باشد و با توجه به عمق دفن الکترود و قطر سیم یا عرض تسمه که در ساختمان الکترودها معمول می باشد ، تاثیر این مقادیر نیز کم بوده و لذا عامل اصلی در تعیین مقاومت الکترود ، طول آن است . در شکل ۴۳۳-۱ تغییرات نسبی مقاومت یک الکترود افقی نسبت به طول آن ، نشان داده شده است .

برای کم کردن مقاومت کل یک سیستم اتصال زمین، می توان از الکترودهای موازی استفاده کرد، ولی باید توجه نمود که فاصله بین الکترودهای موازی باید به قدر کافی زیاد باشد و تامین این شرط همیشه امکانپذیر نیست .



شکل ۴۳۳-۱ تغییرات مقاومت یک الکترود افقی نسبت به طول

در شکل ۴۳۳-۲ تاثیر فاصله دو الکترود به طول ۲۰ متر از همدیگر نسبت به مقاومت کل آنها نشان داده شده است.



شکل ۴۳۳-۲ تاثیر فاصله روی مقاومت کل دو الکترود تسمه ای افقی

اگر **n** الکترود موازی مستقیم هر یک به طول **L** و به فاصله **s** نسبت به هم نصب شده باشند، مقاومت کل این سیستم از رابطه زیر قابل محاسبه است :

$$R_n = F.R_1 \qquad (٤-٧)$$

که در آن :

R_n = مقاومت **n** هادی موازی مستقیم به اهم ؛

R_1 = مقاومت یک الکترود منفرد است (به اهم) که با استفاده از رابطه (۴-۷) و ضرایب **Q** و **P** برای یک الکترود از جدول ٤-۵ قابل استخراج است .

F = ضریبی است که به طریق زیر حساب می شود :

برای دو هادی موازی : $F = ۰،۵ + ۰،۰۷۸ \ (S/L)^{-۰،۳۰۷}$

برای سه هادی موازی : $F = ۰،۳۳ + ۰،۰۷۱ \ (S/L)^{-۰،۴۰۸}$

برای چهار هادی موازی : $F = ۰،۲۵ + ۰،۰۶۷ \ (S/L)^{-۰،۴۵۱}$

مشروط به اینکه $۰،۳ \geq (S/L) \geq ۰،۰۲$ باشد .

بجای الکترودهای موازی می توان از الکترودهای افقی که به شکل ستاره از یک نقطه پخش می شود نیز استفاده کرد. در این صورت مقادیر Q و P برای اشکال مختلف ستاره ، از جدول ٤-٥ قابل استخراج می باشد .

جدول ٤-٥ ضرایب P و Q برای الکترودهای افقی با هادیهای تسمه ای و گرد

نحوه استقرار الکترود	ضریب		
	p	Q	
		تسمه	گرد
الکترود یک شاخه	۲	-۱	-۱٫۳
الکترود دو شاخه ۹۰ درجه	٤	۰٫۵	۰٫۹
الکترود سه شاخه ۱۲۰ درجه	٦	۱٫۸	۲٫۲
الکترود چهارشاخه ۹۰ درجه	۸	۳٫٦	-٤٫۱

۴۳۴-۲- ساختمان و جنس الکترودهای افقی و عمق دفن آنها (الکترودهای دفن شده در کانال)

۴۳۴-۲-۱ - ساختمان و جنس الکترود

- الکترودهای تسمه ای از مس؛
- الکترودهای تسمه ای از آهن گالوانیزه گرم؛
- الکترودهای سیم مسی.

حداقل سطح مقطع تسمه مسی نباید از ۵۰ میلیمتر مربع و ضخامت آن هم از ۲ میلیمتر کمتر باشد . بنابراین حداقل تسمه ای که می تواند مورد استفاده قرار گیرد ۲×۲۵ میلیمتر است .

حداقل سطح مقطع تسمه فولادی گالوانیزه گرم نباید از ۱۰۰ میلیمتر مربع و ضخامت آن هم از ۳ میلیمتر کمتر باشد. بنابراین حداقل ابعاد تسمه استانداردی که برای این منظور مورد استفاده قرار می گیرد ۳٫۵×۳۰ میلیمتر است که سطح مقطعی برابر ۱۰۵ میلیمتر مربع را تامین می کند .

سیم مورد استفاده برای الکرودهای افقی سیم مسی استاندارد چندمفتولی است . حداقل سطح مقطع مجاز سیم ۱۶ میلیمتر مربع می باشد ولی توصیه شده است حداقل از سیم ۲۵ میلیمتر مربع استفاده شود. در عین حال قطر هیچ یک از مفتولهای تشکیل دهنده سیم نباید از ۱،۷ میلیمتر کوچکتر باشد و بعبارت دیگر استفاده از هادیهای افشان بکلی ممنوع می باشد.

۴۴۴-۲-۲- عمق دفن الکترود و آماده سازی آن

عمق دفن الکترود بر مقاومت آن بی تاثیر نیست ولی این تاثیر ، بسیار بارز نمی باشد . بنابراین در تعیین عمق دفن الکترود، مسایل مربوط به خاکبرداری در درجه اول قرار دارند. در عمل کمتر اتفاق می افتد که عمق دفن الکترود افقی از ۲ متر بیشتر باشد و اغلب این مقدار بین۰،۵ تا ۰،۸ متر انتخاب می شود .

هنگامی که لازم باشد سطحی هم پتانسیل در اطراف الکترود برقرار شود، عمق دفن الکترود باید کم باشد ولی نه به حدی که در اثر فعالیتهای عادی بر روی زمین ، به آن آسیب وارد شود . در این موارد عمق دفن معمولا ۰،۵ متر انتخاب می شود .

از دیدگاه نظری ، آماده سازی الکترودهای افقی فرقی با نوع قائم آنها ندارد، اما حفظ آماده سازی این الکترودها مخصوصا" هنگامی که در مسیر رفت و آمد عموم باشند مشکل است و در صورت لزوم در این مورد باید تنها به استفاده از خاک رس به جای خاک حفاری شده اکتفا نمود .

۴۴ – واکنش فلز الکترود و هادی اتصال به زمین با انواع خاک (خوردگی شیمیایی)

۴۴۰- کلیات

جنس الکترود و هادی اتصال به زمین آن باید از نوعی انتخاب شود که تا حد امکان، نوع خاک کمتر سبب خوردگی الکترودها شود . بررسی این موضوع از نظر طول عمر الکترودها اهمیت دارد. می دانیم که جنس الکترود در مقدار مقاومت آن نسبت به زمین بی تاثیر است . از طرفی مقررات ایمنی حکم می کند که برای از بین بردن اختلاف پتانسیل بین اجزای فلزی مختلف ، کلیه تاسیسات فلزی با یکدیگر و با الکترود زمین همبندی شوند. حال اگر خاک، املاح و نم موجود در آن را در نظر بگیریم ، در واقع با نوعی الکترولیت سر و کار داریم که فلزات مختلفی در آن فرو رفته اند که با همدیگر همبندی شده اند و این چیزی نیست جز یک "پیل"عظیم که الکترودهای آن به همدیگر "اتصال کوتاه" (همبندی) شده اند .

پس، بطور خلاصه، الکترود یا الکترودهای در تماس با زمین را باید از دو جنبه مورد مطالعه قرار داد که هر دوی این جنبه ها، جز در مورد طرحهای مخصوص ، نادیده گرفته می شوند :

۱ – از نظر اثر مواد شیمیایی و دیگر عوامل موجود در خاک بر روی فلز الکترود و هادی اتصال زمین ؛

۲– از نظر خوردگی در اثر جریانهای گالوانیک که در نتیجه همبندی الکترود زمین با فلزات دیگر که با سیستم الکتریکی مربوط نبوده ولی در نزدیکی محل استقرار الکترود مستقر می باشند ، بوجود می آیند . این در واقع همان مسئله ای است که مربوط به "حفاظت کاتدی " می شود .

مطالبی که در زیر می آید اشاره ای است اجمالی به مسایلی پیچیده که برای مطالعه عمیق آنها لازم است به مراجع اختصاصی رجوع شود .

۴۴۱- تاثیر نوع خاک در خوردگی الکترود

عوامل زیر در خوردگی الکترود بوسیله خاک دخالت دارند :

۱ – خواص شیمیایی خاک، مخصوصاً ازنظر اسیدی بودن و محتوای نمکهای آن ؛

۲– وجود باکتریهای غیرهوازی در خاک؛

۳ – هوا خورش نسبی خاک (differential aeration)

درجه بندی کلی انواع خاکها، از نظر شدت اثر آنها بر روی فلزات ، بترتیب زیر می باشد :

- خاکهای شنی؛
- خاکهای ماسه ای ؛
- خاکهای رسوبی ؛
- خاکهای رسی ؛
- خاکهای برگ و خاکهای دارای مواد آلی؛
- خاکهای دستی مخلوط ، محتوی خاکه ذغال و خاکستر .

معمولا شدت اثر شیمیایی خاکهایی که دارای مقاومت مخصوص الکتریکی بالاترند بر روی فلزات الکترود کمتر است و برعکس.

محل استقرار الکترودها باید به نحوی انتخاب شود که بدور از مسیر احتمالی آبرفت های آلوده به کودهای زمینهای کشاورزی باشد و خاکهای لایه رویی زمین را نباید در پس ریزی (bckfill) اطراف الکترودها مورد استفاده قرار داد.

با اندازه گیری مقاومت مخصوص الکتریکی خاک در شرایط هوا خورده و اندازه گیری پتانسیل اکسایشی – کاهشی (rdox ptential) آن، می توان اطلاعات دقیقتری را بدست آورد . اولی نشانگر خوردگی در اثر هواخورش و دومی نشانگر خوردگی در اثر وجود باکتریهای غیرهوازی است. برای شرح آزمون ها و نحوه انجام آنها لازم است به استانداردهای اختصاصی ، مانند BS 1377 ، مراجعه شود . راهنمای مفیدی برای تشخیص شدت خوردگی بعضی از فلزات الکترود نسبت به خواص خاکها در زمینهایی که در بالا ذکر شده اند در جدول ٤–٦ داده شده است .

در عمل ، مس بهترین ماده ای است که در ساخت الکترود و هادی زمین در تماس با خاک از آن استفاده می شود. در مواردی که جریان اتصال کوتاه مورد انتظار ، خیلی بالا نباشد ، بجای مس خالص می توان از فولاد پوشیده شده با غلاف مس ، مانند میله های کاپرولد ، که مقاومت مکانیکی آنها نیز بیشتر است، در مقاطع کوچکتر استفاده کرد . در هر حال، اثر

منفی نمکهای حل شده در زمین، وجود اسیدهای آلی در خاک و خاکهایی با ساختار اسیدی، باید در تخمین عمر الکترود منظور شوند.

از فولاد یا میلگردهای بتن مسلح که در برابر خوردگی خاک بوسیله بتن حفاظت می شوند ، به شرطی که مداومت الکتریکی آنها برقرار باشد ، می توان بعنوان نوعی ا لکترود زمین استفاده کرد . تابحال این روش ایجاد اتصال به زمین کمتر مورد توجه بوده است .

مزیت استفاده از فولاد داخل بتن بعنوان الکترود زمین ، علاوه بر مسایل بارزی مانند مخارج اضافی ناچیز برای آماده نمودن اتصالات میلگردها به سیستم الکتریکی ، این است که پتانسیل الکتریکی سیستم فولاد / بتن و مس برابر بوده و لذا امکان وصل مستقیم سیستم الکترودهای فولاد / بتن و مس یا جنس دیگری که دارای پوشش مس باشد (مانند فولاد پوشیده شده با مس) وجود دارد . در صورتی که انجام این کار، یعنی همبندی فولاد گالوانیزه با فولاد / بتن یا مس به علت الکترونگاتیو بودن شدید فولاد گالوانیزه ، امکان ندارد .

جدول ٤-٦ دوام بعضی مواد الکترودها در برابر خوردگی با توجه به پارامترهای خاک

پارامترهای خاک		جنس الکترود			
		فولاد نرم	فولاد گالوانیزه	فولاد اوستنیک	مس
مقاومت مخصوص (اهم متر)	> ٧	nn	n	g	g
	٧ تا ٤٠	n	n	gg	g
	< ٤٠	gg	gg	gg	gg
پتانسیل اکسایشی-کاهشی (میلی ولت)	< ٤٠٠	gg	gg	gg	gg
	٢٠٠ تا ٤٠٠	g	g	gg	g
	> ٢٠٠	nn	nn	n	n
رطوبت موجود (٪)	< ٨٠	g	g	g	g
	٨٠ تا ١٠	n	n	g	g
	> ١٠	gg	gg	gg	gg
نمکهای محلول		n	n	g	n
کلرید محلول		n	n	n	n
PH اسیدی	> ٦	n	nn	g	n
PH خنثا	٦ تا ٨	gg	gg	gg	gg
PH بازی	< ٨	n	n	g	nn
اسیدهای آلی		n	n	g	nn

شرح نشانه های اختصاری

gg= بطور کلی بر مقاومت در برابر خوردگی اثری ندارد؛

g = فقط کمی برمقاومت در برابر خوردگی اثر دارد؛

n = بر مقاومت در برابر خوردگی اثر دارد؛

nn = برمقاومت در برابر خوردگی به نحو محسوسی اثر دارد.

۴۴۲ – خوردگی الکترودها در اثر همبندی با فلزات دیگر (خوردگی الکتروشیمیایی با کاتدی)

همبندی اجزای فلزی مختلف مدفون در خاک یا برای دستیابی به مقاومتی کوچکتر برای یک سیستم الکترود زمین انجام می شود یا اینکه هدف از آن حصول ایمنی از راه هم‌ولتاژ کردن اجزای ساختمانی مختلف است . اگر این اجزای فلزی از موادی متفاوت ساخته شده باشند، مانند آن است که دو سر یک پیل بهم وصل شوند . دو یا چند فلز مختلف دفن شده در زمین (دو به دو) الکترودهای پیل و خاک هم همراه با مواد داخل آن ، الکترولیت پیل خواهد بود.

شمار فلزات دفن شده در زمین که باهمدیگر همبندی می شوند ممکن است بسیار زیاد باشد. در زیر بعضی از آنها نام برده می شوند:

- زره کابلها ؛
- فولاد /بتن پی ها ؛
- لوله های سرویس مانند آب ، گاز ، فاضلاب و نظایر آن ؛
- تسمه ، ورق و سیمهای مسی ؛
- تسمه ها و میله های فولادی ؛
- تسمه ها و میله های فولادی ضد زنگ؛
- تسمه ها و میله های فولادی با پوشش مسی ؛
- تسمه ها و میله های فولاد گالوانیزه ؛
- تسمه ها و سیمهای مسی قلع اندود؛
- هرگونه اجسام فلزی دیگر .

سرعت تحلیل الکترودها در درجه اول به جنس الکترودها و تا حدودی به سطح نسبی آنها بستگی دارد. نظر به اینکه فلزات یگانه (نامربوط به سیستم الکتریکی) که در محدوده الکترود زمین و فلزات همبندی شده با آن موجوداند ، در خوردگی خود آنها و فلزات الکترودها بی تاثیر نمی باشند . انتخاب جنس الکترودها باید با مطالعه انجام شود تا سازگاری آنها نسبت به هم مراعات شود یا روشهای دیگری برای رفع خوردگی بکار گرفته شوند . جدول شماره ٤-٧ متداولترین فلزات را با توجه به نوع مصرف آنها از نظر سازگاری و ماندگاری در همبندی ، ارائه می دهد.

جدول ٤-٧ مقاومت الکترودها در برابر خوردگی در صورت همبندی

ماده ای که دارای سطح بزرگتر است (معمولاً غیر از الکترود)	جنس الکترود یا جسم با سطح کوچکتر			
	فولاد	فولاد گالوانیزه	مس	مس قلع اندود
فولاد گالوانیزه	+	+	+	+
فولاد در داخل بتن	−	−	+	+
فولاد گالوانیزه در داخل بتن	+	+(1)	+	+
سرب	+	+(1)	+	+

شرح نشانه های اختصاری

+ = مناسب برای همبندی

− = نامناسب برای همبندی

۱) گالوانیزاسیون سطح کوچکتر ممکن است صدمه ببیند.

۴۵- الکترودهای موجود

۴۵۰- کلیات

همانگونه که در بند ۴۳۰-۲ نیز آمده است ، الکترودهای موجود آنهایی هستند که با هدفی دیگر در زمین نصب شده اند ولی در صورت وجود شرایط لازم ، ممکن است برای ایجاد اتصال به زمین از آنها بعنوان الکترود استفاده شود . الکترودهای موجود شناخته شده به قرار زیر می باشند:

- غلافهای هادی کابلها؛
- اجزای فلزی سازه ها ؛
- سپرهای فلزی و میلگردهای شمعهای بتنی؛
- لوله کشی آب ؛
- لوله کشی های فلزی مجاز دیگر ؛
- هرگونه تاسیسات زیرزمینی فلزی که در تماس با زمین بوده و مانعی برای استفاده از آن بعنوان الکترود زمین وجود نداشته باشد.

ملاحظه می شود که در لیست فوق از لوله کشی های مجاز و آن نوع تاسیسات زیرزمینی که مانعی برای استفاده از آنها بعنوان الکترود زمین وجود ندارد صحبت شده است .

و در مقابل استفاده از تاسیسات زیرزمینی ذکر شده در زیر بعنوان الکترود زمین یا هادی حفاظتی تحت هیچ شرایطی مجاز نیست :

- نفت (و فرآورده های نفتی)؛
- گاز ؛
- هوای تحت فشار؛
- فاضلاب از هر نوع .

لیست بالا کامل نبوده و ممکن است تاسیسات ممنوعه دیگری علاوه بر اینها وجود داشته باشند.

تاسیسات ممنوعه معمولاً :

- یا دارای عایقبندی می باشند که تماس آنها را با زمین نامطمئن می سازد یا در مورد فاضلاب علاوه بر دارا بودن پوششی عایق ، دارای اتصالات قابل اطمینان از نظر تداوم الکتریکی نیستند.
- هیچ اطمینانی به دایمی بودن این تاسیسات وجود ندارد .
- و مهمتر از همه اینها ، گرفتن اجازه برای استفاده از هرگونه تاسیساتی بعنوان الکترود زمین که جزو تاسیسات برق یا اجزای ساختمان نیستند و مؤسسات دیگر با مقررات مخصوص به خود بر آنها نظارت می کنند (شرکت نفت ، شرکت گاز) الزامی است . معمولاً این شرکتها از اعطای چنین اجازه ای سرباز می زنند و برای حفاظت لوله های خود در برابر استفاده های نامشروع و کم کردن خوردگی آنها در اثر "جریانهای کاتدی" ، از کوپلینگ هایی استفاده می کنند که سیستم لوله کشی زیرزمینی آنها را از شبکه داخلی یا تاسیسات مشترک عایق سازد (کوپلینگ عایق روی علمک های مشترکین گاز دیده شود) و برای حفاظت شبکه های لوله کشی خود نیز از حفاظت کاتدی استفاده می کنند.

پس بطور خلاصه :

۱ – استفاده از بعضی از قسمتهای در تماس با زمین بعنوان الکترود زمین ممنوع است

۲ – همبندی کلیه اجزای در تماس با زمین، چه الکترودهای اتصال زمین مجاز و چه آنهایی که استفاده از آنها بعنوان الکترود زمین مجاز نیست، برای حفظ ایمنی در برابر برقگرفتگی الزامی است .

برای بعضی ها این تناقض ، ممکن است غیرقابل هضم باشد . این مسئله را می توان به این ترتیب بیان کرد :

در هیچ تاسیساتی نمی توان از یک یا چند لوله کشی از لوله کشیهای ممنوع بعنوان وسیله زمین کردن استفاده کرد بلکه باید یک سیستم زمین مجاز با تمام شرایط آن، مستقل از تاسیسات ممنوع وجود داشته باشد تا هادیهای حفاظتی به آن وصل شوند و فقط در این صورت است که برای رعایت شرط همبندی برای همولتاژ کردن ، لوله ها و تاسیسات در تماس با زمین ولی غیرمجاز ، به آن وصل شوند تا شرط هم پتانسیل شدن هم برقرار گردد . علاوه بر آن، نمی توان از این لوله کشی ها بعنوان بخشی از هادی حفاظتی استفاده کرد. برای مثال بدنه یک وسیله مانند موتور را نمی توان به یکی از

لوله های ممنوع وصل کرد با این استدلال که چون این لوله از نظر هم ولتاژ شدن به یک هادی حفاظتی مجاز و الکترود زمین مجاز وصل است ، پس وصل شدن به آن معادل وصل شدن به هادی حفاظتی می باشد . چنین نتیجه گیری از مسئله غلط خواهد بود .

۴۵۱- غلافهای هادی کابلها

معمولاً غلاف و زره فلزی کابلها بعنوان بخشی از الکترود زمین یک سیستم الکتریکی مورد استفاده قرار می گیرند خاصه اینکه اینها مناسب ترین مسیرهای برگشتی جریانهای اتصالی نیز هستند . البته استفاده از غلاف/زره فلزی کابلها به عنوان الکترود زمین هنگامی مؤثر است که غلافی از عایق پلاستیکی یا مشابه آن، مانع تماس غلاف / زره با زمین نشود و یا اینکه غلاف پلاستیکی از نوع نیم هادی باشد که در سالهای اخیر جای خود را در صنعت کابل سازی باز کرده است. یکی از استانداردهای معتبر (IEE/ANSI) استفاده از غلاف یا زره فلزی مجهز با غلاف نیم هادی را به شرطی مجاز می داند که "مقاومت ویژه شعاعی" آن از ۱۰۰ اهم متر ، بیشتر نباشد . مقاومت ویژه شعاعی با رابطه زیر بیان می شود:

مقاومت ویژه شعاعی = مقاومت واحد طول غلاف (اهم) × مساحت جانبی واحد طول غلاف / ضخامت میانگین غلاف روی نیم هادی

۴۵۲- اجزای فولادی سازه ها

۴۵۲-۱- کلیات

مقصود از اجزای فولادی سازه ها ، هر نوع قطعات فولادی مربوط به سازه ها است که یا مستقیماً و یا از طریق بتنی که دور آنها ریخته شده است (فونداسیون) ، با زمین در تماس باشند . بدیهی است دفن اجزای فولادی سازه ها بدون هیچگونه حفاظ، جز در مواردی نادر و با استفاده از فولادهای مخصوص ضد زنگ ، انجام نمی شود. بنابراین در اینجا ، اجزای فولادی سازه های داخل بتن و از آن میان میلگردهای بتن مورد نظر خواهند بود .

معمولاً استفاده از مجموعه بتن و فولاد داخل آن بعنوان الکترود در بیشتر موارد امکانپذیر است. مقاومت الکترود بتن/فولاد در اغلب موارد بعلت سطح زیاد آن، بقدری پایین است (کمتر از ۱ اهم) که کمتر الکترود دیگری ، حتی با صرف مبالغی زیاد، می تواند با آن رقابت کند . بدیهی است که مقاومت اتصال به زمین بتن / فولاد به جنس و رطوبت زمینی که در آن قرار دارد بستگی خواهد داشت و جز در موارد نادر که زمین محل استقرار بسیار خشک باشد ، مقاومت مخصوص در دمای عادی بین ۳۰ الی ۹۰ اهم متر است که از بسیاری از انواع خاکها کمتر است .

با تمام این مزایا لازم است به خورده شدن فولاد در داخل بتن، توجه شود، زیرا محصول خورده شدن بتن حجمی بیش از فولاد دارد و در نتیجه ممکن است سبب ترک خوردن بتن شود . در این مورد باید جریانهایی که بطور دائم از الکترود به زمین نشت می کنند بررسی شوند . یکی از علل وجود این جریانها ، نبودن سازگاری بین مجموعه بتن / فولاد و اجزای دیگر در تماس با زمین و همبندی شده با آن است . بخش ٤٤٢ دیده شود .

لازم است توجه شود که جریان متناوب سبب ایجاد خوردگی در میلگردهای بتن نمی شود یا خرابی ایجاد شده بوسیله آن، در محدوده توانایی عبور جریان، ناچیز و قابل اغماض است، ولی یکی از خواص "زمین الکترولیت" این است که بصورت یک نیم هادی هم عمل می کند که نتیجه آن ایجاد جریان یکسو شده بطور دایمی است، هر چند شدت این جریان زیاد نباشد . در مواردی که انتظار می رود جریان نشت به زمین در تاسیسات قابل ملاحظه باشد ، یا این مسئله در حین کار ثابت شود،بهترین راه جلوگیری از خرابی، استقرار الکترود یا الکترودهای اضافی از انواعی است که قبلاً درباره آنها صحبت شده است تا مسیری اضافی برای عبور این جریانها بوجود آید .

اگر مقاومت الکترود بتن / فولاد بقدر کافی کم باشد، در اثر عبور جریان به زمین،در بتن ترک خوردگی ایجاد نخواهد شد.

۴۵۲-۲- پیش بینی مقاومت کل یک سیستم اتصال زمین بتن / فولاد

معیار اصلی کارآیی یک سیستم اتصال زمین ، پس از آماده شدن آن برای بهره برداری ، به کمک اندازه گیری، بدست می آید، ولی قبل از آن و در مراحل مختلف پیشرفت کار ، برای پیش بینی مقاومت یک سیستم کامل ، لازم است اندازه گیریهای متعدد انجام شود . در شروع کار و در طول عمر تاسیسات نیز به تناوب با اندازه گیری های دوره ای ، بهره برداران باید نسبت به کارآیی سیستم مطمئن شوند . یادآوری می نماید که قسمت عمده مقاومت زمین، بعلت وجود بتنی است که بلافاصله در اطراف فلزات (میلگرد) پی قرار دارد و بستگی شدیدی به رطوبتی داردکه در بتن موجود می باشد (بتن جاذب رطوبت است). در طول زمان، رطوبت بتن به حالت تعادل در می آید و با توجه به فصل به مقدار آن افزوده می شود که تمام این عوامل باید در محاسبات و پیش بینی های مربوط به حساب آورده شوند. در مورد پی هایی که مشابه هم هستند اندازه گیری یک یا چند پی انفرادی قبل از اینکه به همدیگر وصل شوند، نشانگر ارزنده ای برای پیش بینی تغییرات مقاومت در هر یک از آنها و در نتیجه برآورد کل مقاومت خواهد بود.

با فرض اینکه مقاومت متوسط یک پی در دست باشد. و پی ها بشکل تقریباً مستطیل ترتیب یافته باشند. مقاومت کل سیستم از رابطه زیر قابل محاسبه خواهد بود :

$$R_{tot.} = R_1 . \frac{(1 + \lambda a)}{n} \qquad (٤-٨)$$

در این رابطه :

$$a = \frac{\rho}{2\pi . R_1 . s}$$

و

R_{tot} = مقاومت کل n الکترود مشابه به اهم ؛

R_1 = مقاومت یک الکترود منفرد به اهم ؛

λ = ضریبی است که مقدار آن از جدول ٤-٤ به دست می آید ؛

ρ = مقاومت ویژه خاک به اهم متر ؛

n = تعداد الکترودهایی که پی ها را تشکیل می دهند ؛

s = فاصله میانگین بین دو الکترود مجاور (فرض بر این است که این فاصله بقدری است که a از حدود ۲،۰ کمتر است)

حفظ مداومت الکتریکی بین کلیه اجزای فلزی الکترود بتن / فولاد ، از ضروریات است تا یک تاسیسات الکترود گسترده، یکپارچه بحساب آید، ولی مقررات مختلف، در این خصوص اتفاق نظر ندارند. بدین ترتیب که یکی از آنها بهترین روش انجام اتصالات در داخل بتن را جوشکاری می داند (بدون آنکه کافی بودن اتصالات مجاز از نظر بتن ریزی را برای حفظ مداومت الکتریکی نفی کند) و دیگری اتصالات مجاز از نظر بتنکاری را برای حفظ مداومت الکتریکی کافی می داند (بدون آنکه جوشکاری را بهترین روش انجام اتصالات در داخل بتن معرفی نماید). در خارج از بتن، حفظ مداومت الکتریکی با روشهای معمول انجام می شود .

مقاومت (R) یک ستون بتنی (قائم) بدون در نظر گرفتن تاثیر میلگردهای دیگر (افقی) در تماس با زمین و بترتیب زیر قابل محاسبه است :

$$R = \frac{1}{2\pi . L}\left[(\rho_c - \rho).Loge..\left(1 + \frac{\delta}{Z}\right) + \rho.Loge..\left(\frac{2L}{Z}\right)\right] \qquad (٤-٩)$$

در این رابطه :

ρ = مقاومت ویژه خاک بر حسب اهم متر ؛

ρ_c = مقاومت ویژه بتن بر حسب اهم متر ؛

L = طول میلگردزیر سطح زمین بر حسب متر ؛

d = ضخامت بتن بین میلگردها و خاک بر حسب متر ؛

z = فاصله میانگین هندسی در مجموعه میلگردها بر حسب متر (طبق جدول ٤-٨) .

۴۵۳- میلگردهای شمعهای بتنی و سپرهای ورق فولادی

از شمع های بتنی و سپرهای فولادی می توان بمنظور ایجاد الکترودهای زمین مناسب استفاده نمود . در این موارد، لازم است برای ایجاد محل اتصال به میلگردها یا صفحات فولادی سپرها و برقراری تداوم الکتریکی ، قبلاً و بموقع و با مشورت با مهندسین سازه ، اقدام نمود .

۴۵۴- لوله کشی آب

به دو دلیل توصیه نمی شود از لوله کشی های آب شهری ، به عنوان الکترود زمین استفاده شود :

۱ - مؤسسات مسئول شبکه های آب شهری حتی اگر در شرایط دیگر امکان استفاده از لوله کشی ها را ممکن بدانند مایل به اعطای اجازه برای این کار نیستند . مهمترین دلایل ، لوث شدن مسئولیت در صورت بروز هرگونه حادثه احتمالی از یک طرف و امکان بروز خوردگی است (جدول ٤-٧ دیده شود.)

۲- در اغلب قریب به اتفاق موارد استفاده از لوله های فلزی در شبکه های آب منسوخ شده است و یا دست کم در آنها از اتصالات نامطمئن از نظر مداومت الکتریکی استفاده می شود .

با این همه بشرط وجود یک سیستم اتصال زمین مطمئن دیگر ، می توان از سیستم لوله کشی بصورت کمکی استفاده نمود .

در مورد لوله کشی های خصوصی ، در صورت قبول مسئولیت بهره برداری برای حفظ ایمنی ، استفاده از لوله -کشیها بعنوان الکترود زمین مانعی نخواهد داشت .

جدول ۴ - ۸ فاصله هندسی میانگین برای میلگردهایی که نزدیک بهم قرار دارند

تعداد میلگردها	نحوه استقرار میلگردها	Z
۲		$\sqrt[2]{(aS)}$
۳		$\sqrt[3]{(aS^2)}$
۴		$\sqrt[4]{(2aS^3)}$
٦		$\sqrt[6]{(6aS^5)}$
۸		$\sqrt[8]{(52aS^7)}$
۸		$\sqrt[8]{(23aS^7)}$

دراین روابط :

a = شعاع میلگرد به‌متر

S = فاصله‌بین‌دو میلگرد مجاور به‌متر

JAD-8-4

۴۵۵- لوله کشی های سرویسهای دیگر که استفاده از آنها بعنوان الکترود ممنوع است

همانگونه که در بخش ٤٥٠ ذکر شده است، از لوله کشی هایی نظیر گاز و هرگونه سوخت دیگر و نمی توان بعنوان الکترود زمین استفاده کرد ولی از نظر هممولتاژ کردن ، همبندی آنها با الکترود اصلی هرگونه اعضای فلزی سازه ها ، الزامی است .

۴۶ – انتخاب و نصب هادی زمین

۴۶۰ – کلیات

هادی زمین آن قسمت از سیستم زمین است که الکترود زمین را به ترمینال اصلی زمین وصل می کند. محل اتصال هادی زمین به الکترود ، معمولا در زیرزمین و محل ترمینال اصلی ، بیشتر در داخل ساختمان و در دسترس قرار دارد . این هادی علاوه بر مطابقت با مطالبی که برای خود الکترود در بخش ٤٤١ گفته شده است ، باید با بخش ٤٤٢ نیز مطابقت نماید و بعبارت دیگر هادی اتصال زمین با الکترودی که به آن وصل می شود کاملاً سازگار باشد .

از آلومینیم لخت یا آلومینیم دارای پوشش مس نباید در تماس با زمین چه بعنوان الکترود و چه بعنوان هادی زمین استفاده کرد . در محیط های مرطوب نیز نباید از این مواد بعنوان هادی زمین استفاده نمود.

در انتخاب نوع و سطح مقطع هادی زمین ، توجه به توانایی عبور حداکثر شدتهای جریان اتصال کوتاه به زمین در طول زمانهایی که پیش بینی می شوند. در درجه اول اهمیت قرار دارد و همراه با آن باید تکیه گاههایی با استقامت مناسب برای مقاومت در برابر بزرگترین جریانها احتمالی اتصالی به زمین و نشتی ، انتخاب شوند . بطور خلاصه سیستم هادی زمین باید از هر دو نظر مکانیکی و خوردگی ، دارای استقامت لازم باشد .

۴۶۱ – دمای هادی اتصال زمین

۴۶۱–۱ – حداکثر مجاز دما برای هادی اتصال زمین

حداکثر دمای قابل قبول هادیهای لخت اتصال به زمین در اتصال کوتاه ، با توجه به شرایط محیط و نوع اتصالات هادیها برای دمای اولیه هادی ۳۰ درجه سلسیوس ، بعنوان راهنما در جدول ٤–۹ داده شده است . سطح مقطع هادی از رابطه زیر بدست می آید :

$$S = \frac{I\sqrt{t}}{k} \qquad (٤–۱۰)$$

که در آن :

S = سطح مقطع هادی به میلیمتر مربع ؛

I = میانگین مقدار مؤثر (average R.M.S) شدت جریان اتصال کوتاه به آمپر ؛

t = مدت برقراری اتصال کوتاه به ثانیه ؛

برای بدست آوردن توانایی حمل جریان اتصال کوتاه به مدت ۱ ثانیه و ۳ ثانیه برای تعدادی از مقاطع استاندارد شمش مس ، به جدول شماره ٤–۱۰ مراجعه شود .

توانایی حمل جریان اتصال کوتاه به مدت زمانهای دیگر را می توان از یکی از روابط زیر بدست آورد :

$$I = I_1\sqrt{t} \qquad \text{یا} \qquad I = \frac{kS}{\sqrt{t}} \qquad (٤-١١)$$

که در آن :

I_1 = جریان اتصال کوتاه مؤثر برای ۱ ثانیه (طبق جدول شماره ٤-١٠) ؛

S = سطح مقطع هادی به میلیمتر مربع ؛

k = تراکم جریان مؤثر به آمپر بر میلیمتر مربع (طبق جدول شماره ٤-٩).

جدول ۴-۹ تراکم جریان اتصال به زمین برای مدت برقراری ۱ ثانیه و دمای اولیه هادی زمین ۳۰ درجه سلسیوس

نوع اتصال هادیها ۱)				دمای حداکثر ۲)	شرایط محیطی طبق IEC برای هادی لخت و دمای ذکر شده	تراکم شدت جریان موثر k (آمپر بر میلیمتر مربع)		
جوشکاری	لحیم سخت	پیچی	لحیم نرم	درجه سلسیوس		مس	آلومینیوم	فولاد
×				۷۰۰		۲۵۴	–	۹۱
×				۶۰۰		۲۵۲	–	۸۷
×				۵۰۰	۳)	۲۲۸	–	۸۲
×	×			۴۵۰		۲۲۰	–	۷۹
×	×			۴۰۰		۲۱۱	–	۷۶
×	×			۳۵۰		۲۰۱	–	۷۳
×	×			۳۰۰		۱۹۰	۱۲۵ ۴)	۶۹
×	×	×		۲۵۰		۱۷۶	۱۱۶	۶۴
×	×	×		۲۰۰	۵)	۱۵۹	۱۰۵	۵۸
×	×	×	×	۱۵۰	۶)	۱۳۸	۹۱	۵۰
×	×	×	×	۱۰۰		–	–	–

۱) × = نشانه مناسب بودن نوع اتصال تا حد دمای نشان داده شده است.

۲) لازم است اطمینان حاصل شود مواد ی که احتمال دارد در محل موجود باشند در دمای ذکر شده فاسد نشده یا سبب آتش سوزی نخواهند شد.

۳) در دماهای بیش از ۲۰۰ درجه سلسیوس هادی باید در تمام طول آن قابل رویت باشد، دارای تکیه گاههای سرامیک یا فلزی باشد و وجود مواد آلی در تماس یا در نزدیکی هادیها ممکن نباشد. استفاده از دماهای بیش از ۵۰۰ درجه سلسیوس توصیه نمی شود.

۴) استقامت مکانیکی آلومینیوم در دماهای بالا به شدت کاهش می یابد.

۵) برای شرایط عادی و حالتی که هادی در تمامی طول آن قابل رویت باشد.

۶) بعضی مواد ساختمانی که احتمال دارد در تماس یا نزدیکی هادی باشند، در صورت تجاوز از ۱۵۰ درجه سلسیوس ممکن است ایجاد خطر آتشسوزی کنند.

JAD-9-4

۴۶۱-۲ - دمای شروع و دمای پایان یک اتصال کوتاه

اگر دماهای شروع و پایان اتصال کوتاه دیگری غیر از مقادیر ذکر شده در جدول ٤-٨ موردنظر باشند، تراکم جریان k برای ۱ ثانیه برقراری جریان از رابطه زیر به دست می آید:

$$k = K\sqrt{Loge.\left[\frac{T_2+\beta}{T_1+\beta}\right]} \qquad (٤-١٢)$$

که در آن:

T_1 = دمای شروع به درجه سلسیوس ؛

T_2 = دمای پایان به درجه سلسیوس ؛

k و β مقادیری هستند که در جدول شماره ٤-١١ داده شده اند .

جدول ۴- ۱۰ جریان اتصال به زمین برای بعضی مقاطع استاندارد شمش مسی به مدت ۱ ثانیه و ۳ ثانیه

اندازه شمش به میلیمتر مربع	مدت زمان برقراری ۱ ثانیه					مدت زمان برقراری ۳ ثانیه				
	حداکثر دمای هادی به درجه سلسیوس					حداکثر دمای هادی به درجه سلسیوس				
	۱۵۰	۲۰۰	۲۵۰	۴۵۰	۵۰۰	۱۵۰	۲۰۰	۲۵۰	۴۵۰	۵۰۰
	شدت جریان اتصال کوتاه به کیلوآمپر					شدت جریان اتصال کوتاه به کیلوآمپر				
۳×۲۰	۸٫۳	۹٫۵	۱۰٫۶	۱۳٫۲	۱۳٫۷	۴٫۸	۵٫۵	۶٫۱	۷٫۶	۷٫۹
۳×۲۵	۱۰٫۴	۱۱٫۹	۱۳٫۲	۱۶٫۵	۱۷٫۱	۶	۶٫۹	۷٫۶	۹٫۵	۹٫۹
۴×۲۵	۱۳٫۸	۱۵٫۹	۱۷٫۶	۲۲	۲۲٫۸	۸	۹٫۲	۱۰٫۲	۱۲٫۷	۱۳٫۲
۶×۲۵	۲۰٫۷	۲۳٫۹	۲۶٫۴	۳۳	۳۴٫۲	۱۲	۱۳٫۸	۱۵٫۲	۱۹٫۱	۱۹٫۷
۳×۳۱	۱۲٫۸	۱۴٫۸	۱۶٫۴	۲۰٫۵	۲۱٫۲	۷٫۴	۸٫۵	۹٫۵	۱۱٫۸	۱۲٫۲
۶×۳۱	۲۵٫۷	۲۹٫۶	۳۲٫۷	۴۰٫۹	۴۲٫۴	۱۴٫۸	۱۷٫۱	۱۸٫۹	۲۳٫۶	۲۴٫۵
۳×۳۸	۱۵٫۷	۱۸٫۱	۲۰٫۱	۲۵٫۱	۲۶	۹٫۱	۱۰٫۵	۱۱٫۶	۱۴٫۵	۱۵
۵×۳۸	۲۶٫۲	۳۰٫۲	۳۳٫۴	۴۱٫۸	۴۳٫۳	۱۵٫۱	۱۷٫۴	۱۹٫۳	۲۴٫۱	۲۵
۶×۳۸	۳۱٫۵	۳۶٫۳	۴۰٫۱	۵۰٫۲	۵۲	۱۸٫۲	۲۰٫۹	۲۳٫۲	۲۹	۳۰
۳×۵۰	۲۰٫۷	۲۳٫۹	۲۶٫۴	۳۳	۳۴٫۲	۱۲	۱۳٫۸	۱۵٫۲	۱۹٫۱	۱۹٫۷
۴×۵۰	۲۷٫۶	۳۱٫۸	۳۵٫۲	۴۴	۴۵٫۶	۱۵٫۹	۱۸٫۴	۲۰٫۳	۲۵٫۴	۳۶٫۳
۶×۵۰	۴۱٫۴	۴۷٫۷	۵۲٫۸	۶۶	۶۸٫۴	۲۳٫۹	۲۷٫۵	۳۰٫۵	۳۸٫۱	۳۹٫۵

JAD-9-4

جدول ۴-۱۱ مقدار ضرایب K و β

نوع هادی	مقدار ضریب K آمپر بر میلیمتر مربع (مؤثر)	مقدار ضریب β درجه سلسیوس
مس	۲۲۶	۲۵۴
آلومینیوم	۱۴۸	۲۲۸
فولاد	۷۸	۲۰۲

JAD-9-4

۴۶۱-۳ دمای بالا در اثر جریانهای نشتی

برای مواردی که جریان نشتی به طور دایمی وجود دارد، لازم است اطمینان حاصل شود که از نظر دمای مجاز عایقبندی و یا تکیه گاهها ، شرایط قابل قبول وجود دارند و برای هادیهای لخت که در دسترس می باشند، دما از ۷۰ درجه سلسیوس تجاوز نخواهد کرد .

لازم است توجه شود که هنگام انتخاب هادی برای عبور جریان اتصال کوتاه، دمای اولیه هادی که ممکن است در اثر جریانهای نشتی بیش از مقادیر معمولی باشد، بحساب آورده شود.

۴۶۲ - استحکام هادی اتصال زمین

علاوه بر نیروهای مکانیکی که ممکن است سبب پارگی هادی اتصال زمین شوند، خوردگی شیمیایی (اثر مواد شیمیایی خاک بر روی فلز هادی اتصال زمین) و خوردگی الکتروشیمیایی (تشکیل پیل بوسیله فلزات ناهمگون در زمین)، خطراتی است که هادی اتصال زمین با آنها روبرو می باشد . در مورد خوردگی الکتروشیمیایی ، دو فلزی که بیش از همه بهم اتصال داده می شوند ، مس و فولاد است. مس ساده (بدون هرگونه روپوش دیگر مانند قلع و غیره) نسبت به فولاد ساده (بدون هرگونه پوشش مانند گالوانیزاسیون) تشکیل قطب مثبت می دهد که سبب خوردگی سریع خواهد شد .

برای اطمینان از استحکام هادی اتصال زمین ، سطح مقطع آن نباید از مقادیر جدول ٤-۱۲ کوچکتر باشد . مقاطع ذکر شده، حداقل مطلق می باشند و اثر شدت جریانهای احتمالی اتصال به زمین را که ممکن است سطح مقطع هادی اتصال زمین را بیش از آنچه ذکر شده است لازم نماید ، به حساب نمی آورد .

جدول ۴-۱۲ حداقل مجاز سطح مقطع هادی زمین	
سطح مقطع هادی	نوع هادی و شرایط نصب آن
۴ میلیمترمربع برای مواردی که :	هادی فقط دربرابر خوردگی حفاظت شده باشد
۲٫۵ میلیمترمربع برای مواردی که :	هادی علاوه بر حفاظت در برابر خوردگی، حفاظت مکانیکی نیز داشته باشد
۱۶ میلیمترمربع برای مواردی که :	هادی در زمین بوده و فقط در برابر خوردگی حفاظت شده ولی حفاظت مکانیکی نداشته و از جنس مس یا فولاد گالوانیزه گرم باشد
۲۵ میلیمترمربع برای مواردی که :	هادی در زمین بوده و هیچ یک از حفاظتهای خوردگی و مکانیکی را نداشته و جنس آن مس باشد
۵۰ میلیمترمربع برای مواردی که :	هادی در زمین بوده و هیچ یک از حفاظتهای خوردگی و مکانیکی را نداشته و جنس آن فولاد گالوانیزه گرم باشد
توصیه شده است که: ضخامت هادی شمشهای حفاظت نشده اتصال زمین ، حداقل ۳ میلیمتر باشد	

JAD-9-4

۴۶۳ - اتصالات و بستها

بستهای بکار رفته برای اتصال الکترود به هادی زمین باید با هر دوی آنها سازگار باشد تا از خوردگی گالوانیک، تا جایی که ممکن است، جلوگیری شود . بستها باید از نظر مکانیکی محکم باشند و جنس آنها از نوع مقاوم در برابر خوردگی باشد . در مورد بستهای پیچی ، پیچها باید در برابر گشتاوری حداقل به مقدار ۲۰ نیوتن متر ، استقامت کنند.

اتصال هادی زمین به الکترود یا هر سازه زمین شده دیگر که از آن برای زمین کردن استفاده می شود بهتر است به کمک لحیم کاری یا با استفاده از بستهای بزرگ غیرآهنی انجام شود .

در مواردی که از غلاف فلزی و زره فلزی کابل استفاده شود، غلاف و زره باید با لحیم کاری به یکدیگر همبندی شده و اتصال اصلی هادی حفاظتی به کابل با لحیم کاری به زره انجام شود.

۴۶۴ – پیش بینی نقطه ای برای جداسازی با هدف اندازه گیری مقاومت الکترود زمین

قبل از ورود هادی اتصال زمین به ساختمان یا هر سازه دیگر، باید نقطه ای پیش بینی شود تا در آن بتوان بصورت موقت هادی زمین را از سایر تاسیسات جدا کرده و اقدام به اندازه گیری مقاومت الکترود زمین نمود . انجام این کار بصورت دوره ای برای اطمینان از کارآیی الکترود لازم است . راه عمل این کار، پیش بینی چاهکی قابل دسترس است . با برداشتن دریچه چاهک، جداسازی با باز کردن یک بست ساده و محکم با ابزاری مخصوص ، عملی می شود . دریچه باید به نحوی مطمئن قفل شود تا از دسترس افراد غیرمسئول در امان باشد . در صورت عملی نبودن ، محل جداسازی باید در داخل و نزدیکی محیط ساختمان باشد تا با ایجاد مزاحمت و بخصوص طول زیاد سیمها، اخلالی در اندازه گیری پیش نیاورد .

۴۷ – چگالی شدت جریان در سطح الکترود

مانند همه اجزای مدارهای الکتریکی ، الکترود زمین نیز دارای جریانی است مجاز که تجاوز از آن با در نظر گرفتن مدت برقراری ، سبب ناتوانی الکترود در انجام وظیفه خود خواهد شد که عبارت از عبور دادن هر نوع جریان و مخصوصاً" جریان اتصال به زمین مربوط به سیستم است . بعبارت دیگر ، الکترود باید توانایی پخش هرگونه جریان را به زمین ، که در تمامی شرایط در محل نصب آن ممکن است پیش آید ، داشته باشد . همانگونه که در قسمت ٤٢ نیز گفته شده است، بیشترین بخش مقاومت یک الکترود زمین در لایه ای از زمین قرار دارد که بلافاصله با سطح الکترود در تماس است . در اینجا است که بیشترین بخش از کل انرژی حرارتی مقاومت الکترود (I^2R) تولید می شود که در صورت تجاوز از مقدار مجاز، سبب خشک شدن خاک اطراف الکترود می شود که نتیجه آن بالا رفتن مقاومت الکتریکی اتصال به زمین و از بین رفتن کارایی و اضمحلال کامل موقتی یا دایمی الکترود خواهد شد.

از تحقیقات اندکی که در این زمینه انجام شده است،می توان به نتایج زیر دست یافت :

الف – انواع خاکها بطور کل دارای ضریب مقاومت منفی حرارتی می باشند، بدین معنا که عبور جریان به مدتی نسبتاً" طولانی در ابتدای کار سبب کم شدن مقاومت می گردد که اگر ولتاژ دو سر مقاومت زمین را ثابت فرض کنیم، خود سبب بالا رفتن باز هم بیشتر جریان می شود . در مرحله بعدی با از دست رفتن تدریجی رطوبت خاک در محل تماس با الکترود ، مقاومت الکترود بشدت بالا رفته و اگر دما بقدر کافی بالا رود ، ممکن است به نهایت رسد که نتیجه آن قطع شدن هادی اتصال زمین و از دست رفتن اتصال زمین است . این مرحله برای برقراری جریان کوتاه مدت، در دمای حدود ۱۰۰ درجه سلسیوس اتفاق می افتد.

ب - جریان های طولانی مدت مانند جریان های زمین، که در اثر نامتعادل بودن عادی بار فازها بوجود می آیند ، سبب از بین رفتن کارآیی الکترودها نمی شود. بشرط اینکه چگالی جریان از ٤٠ آمپر بر مترمربع از سطح الکترود بیشتر نشود . در عمل با توجه به لزوم تأمین مقاومت کم، این شرط خودبخود برآورده می شود .

ج – جریانهای کوتاه مدت، مانند جریانهایی که در اثر اتصال کوتاه به زمین پیش می آیند ، با استفاده از رابطه زیر قابل بررسی می باشند:

$$J = 10^3 \sqrt{\frac{57.7}{\rho . t}} \qquad (٤-١٣)$$

که در آن :

J = چگالی جریان بر حسب آمپر بر مترمربع از سطح الکترود ؛

ρ = مقاومت ویژه خاک بر حسب اهم متر ؛

t = مدت برقراری اتصال کوتاه به زمین بر حسب ثانیه.

این رابطه برای الکترودهای قائم ، افقی و صفحه ای قابل استفاده می باشد .

۴۸ – گرادیان ولتاژ در اطراف الکترود زمین

۴۸۰ – کلیات

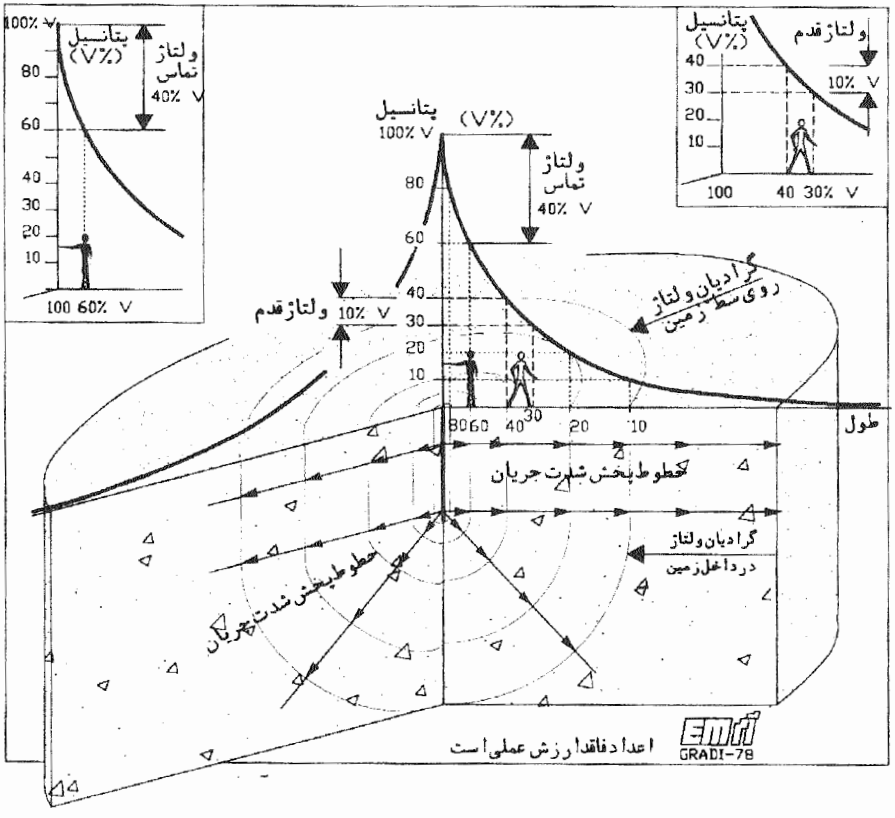
گرادیان ولتاژدر اطراف همه الکترودهای قائم و افقی و صفحه ای ، ایجاد می شود، اما در اطراف الکترود قائم بارزتر از همه است، لذا بیشتر مطالب توضیحی برای این نوع الکترود است .

۴۸۱ – گرادیان ولتاژ در اطراف یک الکترود زمین قائم

در قسمت ٤٠١ درباره حوزه ولتاژ یک الکترود بحث شده است . در اثر عبور جریان از الکترود زمین، افت ولتاژی در مقاومت الکترود نسبت به "جرم کلی زمین" ایجاد می شود که ولتاژ الکترود نسبت به "جرم کلی زمین" را بالا می برد و هادیهایی که به الکترود وصل بوده، ناگهان دارای ولتاژ می شوند . به نحوی که گفته خواهد شد ، این ولتاژ برای انسان و حیوان و لوازم الکتریکی خطرناک می باشد.

نکته ای که باید به آن توجه شود این است که مقاومت الکترود نسبت به "جرم کلی زمین" از نظر فیزیکی یک مقاومت مشخص با ابعادی معین نمی باشد بلکه متشکل از توده ای خاک است که الکترود را احاطه می کند . این ساختار مقاومت در اطراف الکترود سبب می شود که افت ولتاژ در توده خاک در حجمی بزرگ و بتدریج صورت گیرد . حال اگر نقاط

هم‌ولتاژ را در سطح زمین یا در عمق کمی از سطح زمین (یعنی محلی که "مقاومت" توده خاک با محیطی که انسان ها و حیوانات و لوازم برقی در آن قرار می گیرند) به یکدیگر وصل کنند، تغییرات افت ولتاژ در اطراف الکترود یا "گرادیان ولتاژ" حاصل خواهد شد .



شکل ۴۸۱-۱ خاک اطراف الکترود - تشکیل دهنده اصلی مقاومت آن است

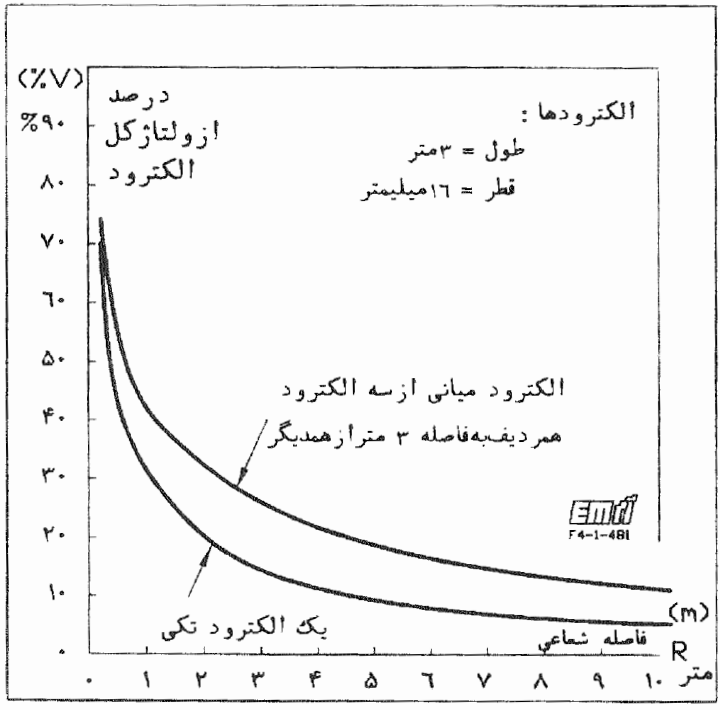
ولتاژ تماس - ولتاژ قدم

مقاومت الکترود نسبت به "جرم کلی زمین" را می توان با فرض مقاومتهای متعدد که بشکل سری وصل می باشند، بصورت لایه های چسبیده به هم خاک در اطراف الکترود تصور کرد . ساختمان پوسته ای پیاز را در نظر بیاورید و شکل ۴۰۱-۲ را ببینید . در شکل ۴۸۱-۱ نحوه پخش جریان از الکترود به خاک اطراف و توده ای از خاک که تشکیل دهنده مقاومت زمین است نشان داده شده است .

"ولتاژ قدم" و "ولتاژ تماس" ، که درباره آنها بحث می شود نیز نشان داده شده است . شدت جریان اتصال کوتاه یا هر جریان دیگری از الکترود به "جرم کلی زمین" از راه این مقاومتهای متعدد لایه ای انجام می شود . در نتیجه ، در مقاومت الکترود نسبت به جرم کلی زمین، افت ولتاژی ایجاد می شود که نحوه تقسیم این افت ولتاژ در اطراف الکترود بوسیله گرادیان ولتاژ نمایش داده می شود . (برش پیاز را از وسط با صفحه ای عمود بر محور آن مجسم کنید) . پتانسیل در سطح هر لایه در اطراف الکترود ثابت است . تفاوت ولتاژی که بین لایه ها (یا حلقه های منحنی در سطح زمین) وجوددارد، همان "گرادیان ولتاژ" است .

در مورد زمین همگن مانند آنچه که در قسمت ٤٠١ گفته شده است برای یک الکترود قائم ، خطوط گرادیان ولتاژ دوایر متحدالمرکز می باشند .

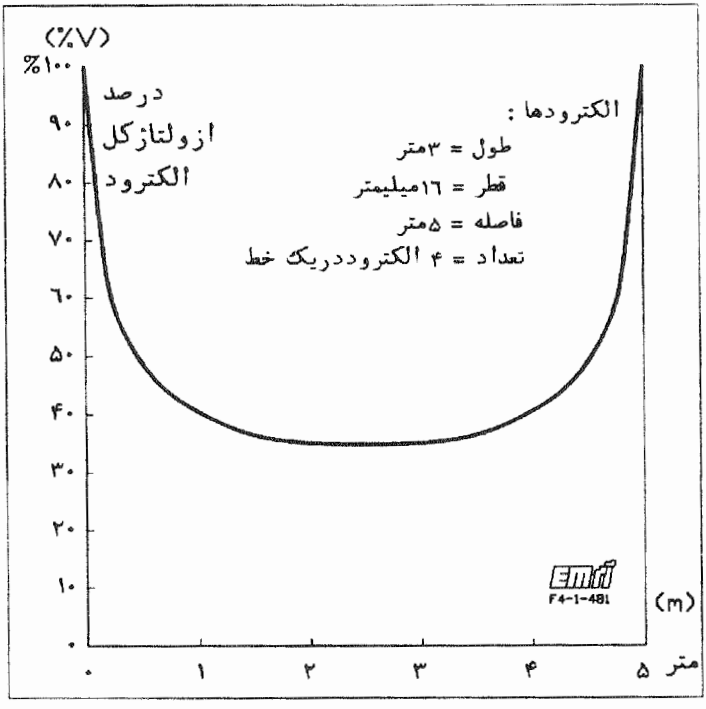
شکل ٤٨١-٢ ولتاژ سطح زمین در اطراف یک الکترود تکی و الکترود میانی از ٣ الکترود در یک خط را نشان داده است.



شکل ٤٨١-٢ پتانسیل روی سطح زمین در اطراف یک میله تکی و سه میله در یک امتداد

بطوری که ملاحظه می شود، گرادیان ولتاژ (افت ولتاژ) در چند سانتیمتری الکترود بسیار شدید است (۳۰ تا ٤٠ درصد). اگر حداکثر ولتاژ زیاد باشد، لازم است حتماً نوعی حفاظ پیش بینی شود که از تماس افراد و حیوانات با خود الکترود و زمینهای اطراف آن تا شعاع ۱ تا ۲متری جلوگیری کند.

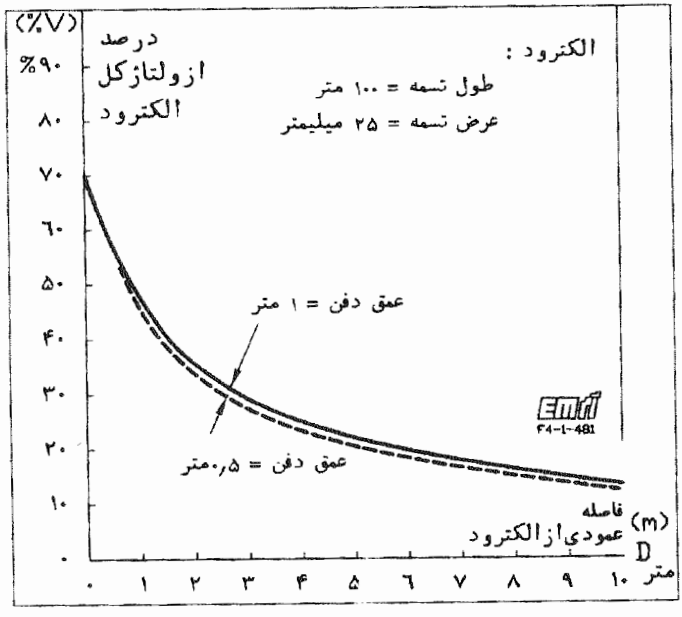
اگر چند الکترود قائم موازی در یک خط مستقیم نصب شوند، مثلاً چهار الکترود، گرادیان ولتاژ بین الکترودهای داخلی ملایمتر از گرادیان در اطراف الکترودهای انتهایی خواهد بود. شکل ٤٨١-٣ این موضوع را نشان می دهد. شیب منحنی و حداکثر تفاوت ولتاژ را در سطح الکترودهااز شکل ٤٨١-٣ (حدود ٦٥٪ ولتاژ) با شیب منحنی و تفاوت ولتاژ مربوط به همین فاصله برای الکترود تکی از شکل ٤٨١-٢ (حدود ٨٥٪ ولتاژ) را مقایسه کنید.



شکل ٤٨١-٣ پتانسیل روی سطح زمین بین دو الکترود و سطحی از چهارالکترود در یک خط

۴۸۲- گرادیان ولتاژ در اطراف یک الکترود زمین افقی

گرادیان ولتاژ (تغییرات ولتاژ) در اطراف یک الکترود افقی به شدت الکترود قائم نیست، یعنی ولتاژ با شیب کمتری در طول خطی عمود بر مرکز هادی نقصان پیدا می کند و بعلت وجود لایه خاک در بالای الکترود ، ولتاژ در بالای سر الکترود حدود ۷۰٪ ولتاژ الکترود است . شکل ۴۸۲-۱ گرادیان ولتاژ را برای یک الکترود افقی نشان می دهد . بدیهی است برخلاف الکترود قائم، که خطوط گرادیان ولتاژ در آن دوایر متحدالمرکز می باشند، در این مورد خطوط گرادیان در نزدیکی الکترود بموازات هادی الکترود میباشند که در هر یک از دو سر آن به یک نیم دایره تبدیل می شود و در فواصل دو سر به تدریج تبدیل به دایره می شود . گرادیان ولتاژ در فاصله بین دو الکترود افقی موازی ، باز هم ملایمتر از گرادیان در اطراف یک الکترود تکی است . در نیروگاهها و پستها که، علاوه بر احتمال بروز اتصال به زمین، احتمال اصابت صاعقه نیز در حد بسیار بالا می باشد ، با نصب الکترودهای افقی در عمق کمی از سطح زمین (۰،۵ تا ۱ متر) و در فواصلی حدود ۵ تا ۲۰متر از یکدیگر ، از برقگرفتگی پرسنل در صورت بروز اتصالی یا اصابت صاعقه جلوگیری می کنند.



شکل ۴۸۲-۱ پتانسیل روی سطح زمین در اطراف یک الکترود افقی تسمه ای

۴۸۳ – خطرات عادی ناشی از وجود گرادیان ولتاژ در اطراف الکترود

بدیهی است که در شرایط عادی، یعنی هنگامی که جریانی از الکترود به زمین برقرار نباشد یا جریان نشتی در صورت وجود کم باشد، گرادیان ولتاژ هم بسیار ضعیف و اختلاف ولتاژ بین نقاط مختلف زمین در جهت شعاعی از الکترود بسیار کوچک است . ولی هنگام عبور جریانهای بزرگ اتصال کوتاه از الکترود به داخل حجم زمین، احتمال وجود اختلاف پتانسیل های بسیار بزرگ بین نقاط مختلف سطح و حجم زمین در اطراف الکترود وجود دارد که هم برای انسان و هم برای حیوانات اهلی و همچنین برای برخی از اجزای الکتریکی مانند کابلهای مخابراتی ، کنترل و مخصوصاً انتقال داده ها (کامپیوتر) که در برابر ولتاژهای بالا مقاوم نیستند بسیار خطرناک خواهد بود . در مورد حیوانات، با وجود طول زیاد بین پاهای جلو و عقب آنها، ولتاژ برقرار شده بسیار بیشتر از مورد بین دو پای انسان خواهد بود . ضمناً حیواناتی با جثه بزرگ مانند گاو (با ضربان قلب حدود ۳۵-۴۰ در دقیقه) ، از نظر برگرفتگی خیلی حساستر از انسان (با ضربان حدود ۷۵-۸۰ در دقیقه) می باشد . یادآوری می کند که خطرناکترین لحظه برگرفتگی هنگامی بروز می کند که لحظه برقراری عبور جریان برق از بدن انسان یا حیوان اهلی (سهم قلب) ، با ناحیه ای از سیکل ضربان قلب که وضعیت استراحت آن است مصادف شود، و هر چه زمان کل استراحت در زمانی معین طولانی تر باشد (گاو) ، شانس وقوع برگرفتگی در آن بیشتر خواهد بود.

برای نحوه تقسیم ولتاژ در طول یک خط شعاعی از نقطه استقرار یک الکترود قائم در سطح زمین (و همچنین در عمق کمی از سطح زمین) شکل ۴۸۱-۱ را ببینید.

از مطالب بالا نتیجه گیری می شود که وجود الکترود زمین مستقل در نزدیکی سطوح بزرگ و طولانی فلزی مانند حصارها و فنسها بدون رعایت فواصل مجاز (استقرار در خارج از حوزه ولتاژ) یا همبندی الکترودها (برای هموولتاژ کردن)، خطرآفرین خواهد بود .

همچنین با در نظر گرفتن اینکه بیشترین افت ولتاژ در فاصله ای کم در اطراف الکترود ایجاد می شود، آماده سازی الکترود بسیار کارساز خواهد بود و در اطراف الکترودهای دارای آماده سازی ، گرادیان ولتاژ شیبی بسیار ملایم دارد.

۴۸۳-۱ – ولتاژ تماس - هنگامی که شخصی در نزدیکی الکترود ایستاده و یک دست وی با هادی وصل به الکترود در تماس باشد ، در صورت وقوع اتصال کوتاه ، تحت بیشترین مقدار ولتاژ قرار خواهد گرفت، زیرا بیشترین گرادیان یا افت ولتاژ در نزدیکی الکترود بوجود می آید . شکل ۴۸۱-۱ این موضوع را بخوبی نشان می دهد.

۴۸۳-۲– ولتاژ قدم - قدم زدن در اطراف الکترود سانحه دیده نیز خالی از خطر نیست . قدم انسان (حدود ۰،۷۵ متر) ممکن است در نزدیکی الکترود ولتاژ خطرناکی را بین دو پای انسان بودجود آورد . شکل ۴۸۲-۱ این موضوع را نشان می دهد.

۴۸۴ – خطرات خاص ناشی از وجود گرادیان ولتاژ در اطراف الکترود

مسایل مهم دیگری نیز در ارتباط با گرادیان ولتاژ وجود دارند که لازم است به آنها توجه خاص شود . حالتی را در نظر بگیریم که یک الکترود یا جسم فلزی دیگری در حوزه ولتاژ الکترودی قرار داشته باشد که دچار اتصال کوتاه بوده و

از آن جریانهای بزرگ در حال عبور به زمین می باشند . باید توجه شود که نقطه مقایسه ما از نظر ولتاژ طبق تعریفها و مطالبی که در بخش ٤٠١ گفته شده است، همان "جرم کلی زمین" است . بدیهی است که قبل از وقوع اتصال کوتاه، ولتاژی بین الکترود "سالم" و کلیه تاسیساتی متصل به آن و جرم کلی زمین وجود نداشت اما اینک بدلیل عبور جریان از الکترود "سانحه" دیده در اطراف آن حوزه ولتاژ بوجود آمده است و ولتاژ الکترود "سالم" نسبت به "جرم کلی زمین" بالا می رود که مقدار آن را می توان با داشتن "گرادیان ولتاژ" الکترود "سانحه" دیده بدست آورد .

در بعضی موارد، قرار گرفتن یک الکترود، مانند یکی از الکترودهای زمین سیستم انتقال داده ها، در حوزه الکترود دیگری، مانند الکترود اتصال زمین سیستم فشار قوی یا سیستم انتقال بارهای صاعقه به زمین برای سیستم داده پردازی فاجعه آفرین است . برای جلوگیری از وقوع چنین پیش آمدهایی لازم است در درجه اول محل الکترودهای مختلف و همبندی آنها را با دقت انتخاب کرد و با در نظر گرفتن این اصل که در ساختمانهای مستقر در کنار هم رعایت فواصل مجاز ممکن نبوده و کنترل بر عملیات همسایگان ممکن نیست، لازم است سیستمهای داده پردازی را با چاره اندیشیهای دیگری، مانند پیش بینی صاعقه گیریهای کابلهای ورودی و جرقه گیرهای تغذیه لوازم داده پردازی، از خطرات اضافه ولتاژ حفاظت نمود.

۴۹ – اندازه گیری مقاومت الکترود زمین و مقاومت مخصوص خاک

۴۹۰ – کلیات

روشهایی که برای اندازه گیری مقاومت الکترود زمین و مقاومت ویژه خاک ارائه شده اند، در سراسر دنیا اساس این گونه اندازه گیریها است . انواع دستگاههای مخصوص این کار نیز ساخته شده اند که اساس کار آنها کمابیش همان است که در اینجا گفته خواهد شد. گرچه انواع لوازم اندازه گیری تفاوتهایی با هم دارند اما هدف ما بحث درباره اصول است .

لازم است توجه شود که نقش "جرم کلی زمین" در این مورد نیز منحصر به فرد است .

از دو نوع اندازه گیری گفته شده در اینجا، اندازه گیری مقاومت ویژه خاک قبل از شروع احداث الکترود با هدف تصمیم گیری درباره مشخصات آن انجام می شود و اندازه گیری مقاومت الکترود که پس از پایان احداث الکترود انجام می شود بسیار مهم بوده و اگر بدون ایراد و اشتباه انجام شود ، همان چیزی است که ایمنی افراد ، سلامت دستگاهها و صحت کار آنها بستگی به مقدار آن خواهد داشت .

در واقع اندازه گیری مقاومت زمین، امتحانی است که بعد از مدتها فکر و اندازه گیری های اولیه و تصمیم گیریهای مبتنی بر داده های محلی و تجربه شخصی و تجربه دیگران، پس داده می شود .

۴۹۱- اندازه گیری مقاومت الکترود زمین

۴۹۱-۱ اساس کار

اندازه گیری مقاومت یک الکترود زمین ، بر اساس رابطه اصلی بین اختلاف پتانسیل در دو سر یک مقاومت و شدت جریانی که از آن عبور می کند استوار است . بدین معنی که شدت جریانی را بکمک یک الکترود کمکی از الکترود مورد آزمون عبور داده و مقدار آن را اندازه گیری می کنند (I) و در همان حال ولتاژ دو سر الکترود مورد آزمون را بکمک یک الکترود کمکی دیگر اندازه گیری می کنند (U) و از تقسیم این دو بر یکدیگر ، مقدار مقاومت مطلوب به دست می آید .

$$R = \frac{U}{I}$$

شرح آزمون در زیر بازگو شده است .

۴۹۱-۲- آماده سازی

در شکل ۴۹۱-۱ فرض می شود T الکترودی است که اندازه گیری مقاومت آن موردنظر است . برای انجام کار به این لوازم احتیاج خواهد بود :

۱ – دو عدد الکترود کمکی ، مناسب برای کوبیدن در انواع زمین، از لوله فولادی یامیله فولادی :
- هر یک به طول ۰،۳۰ تا ۱ متر ؛
- یک عدد الکترود بنام ا لکترود کمکی جریان – الکترود T_1 ؛
- یک عدد الکترود کمکی بنام الکترود کمکی ولتاژ – الکترود T_2

۲ – یک عدد آمپرمتر با مقیاس اندازه گیری مناسب

۳ – یک عدد مقاومت متغیر (رئوستا) با اوتوترانسفورماتور با توان مناسب برای تنظیم شدت جریان در حد مطلوب

٤ – یک عدد ولتمتر دقیق برای ۲۲۰ ولت متناوب ، با مقاومت داخلی ۱۰۰ اهم بر ولت یا حداقل ۲۰ کیلواهم برای ۲۲۰ ولت (برای دقت ۵ درصد اگر مقاومت الکترود ولتاژ ۱۰۰۰ اهم باشد)

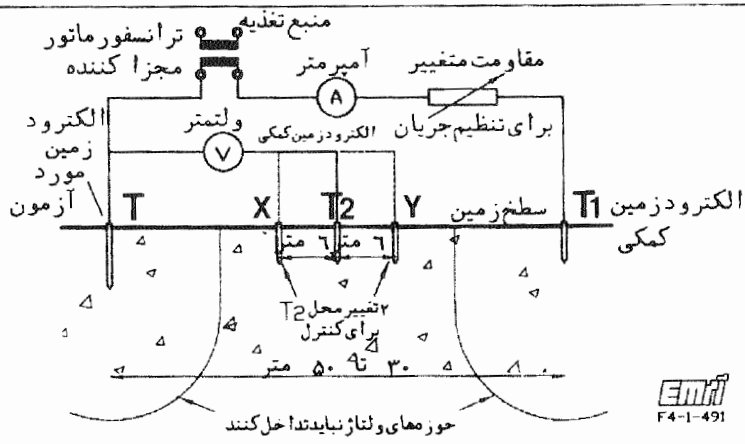
۵ - یک عدد منبع ولتاژ متناوب با توان مناسب که می تواند یکی از موارد زیر باشد:
- ژنراتور دستی ولتاژ متناوب (مشابه (Megger) ؛
- ترانسفورماتور جداکننده (در صورت استفاده از شبکه بعنوان منبع تغذیه معمولا با نسبت ۱/۱)؛
- ژنراتور استاتیک ولتاژ متناوب(معمولاً موج مربع) با استفاده از باتری به عنوان منبع اولیه انرژی.

٦ - مقداری سیم مسی با مقطع کافی (۲.۵ یا ٤ میلیمتر مربع) از نوع قابل انعطاف با عایقبندی خوب و مجهز به ترمینالهای پیچی با کتاکتهای قابل اطمینان برای تکمیل مدار مطابق شکل .

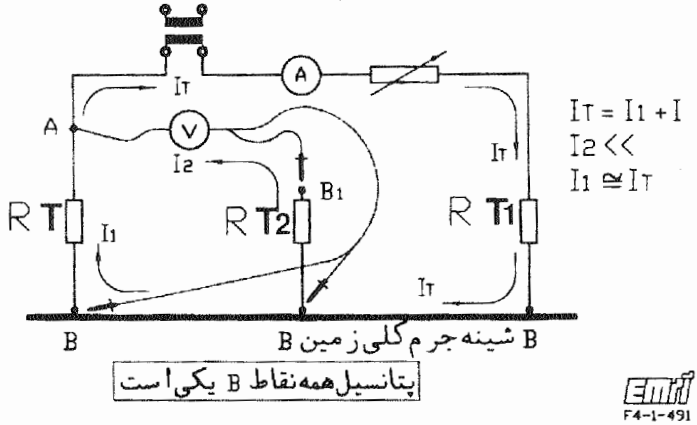
یادآوری - دیده می شود که از دو نوع منبع ولتاژ که آشنائرند یعنی ولتاژ شبکه فشار ضعیف (بدون استفاده از ترانسفورماتور جداکننده) و ولتاژ جریان مستقیم (باتری معمولی) جزو منابع مطلوب اسمی برده نشده است . زیرا هر یک دارای اشکالاتی هستند که بهتر است از آنها استفاده نشود:

- ولتاژ شبکه : نظر به اینکه یک نقطه از شبکه (خنثا) در منبع (پست - ژنراتور) به زمین وصل است تامین ایمنی در اطراف الکترودی که هنگام اندازه گیری به فاز وصل خواهد شد (برای مثال الکترود T_1 مخصوصا اگر از نظر ها دور باشد . بعلت وجود گرادیان ولتاژ . مشکل خواهد بود) . بنابراین بدون ترانسفورماتور جداکننده ، استفاده از ولتاژ شبکه توصیه نمی شود . اگر در بعضی موارد به ناچار از این روش یعنی مستقیما" از ولتاژ شبکه به عنوان منبع استفاده شود، اندازه گیریها باید با گماردن ناظران متعدد در محلهای محفوظ در اطراف الکترود "فاز" (برای جلوگیری از ورود افراد ناوارد به "محوطه" گرادیان ولتاژ) و در کوتاه ترین زمان ممکن انجام شوند . آمپر مترهم باید در هادی متصل به الکترود خنثا وصل شود .
- ولتاژ جریان مستقیم : یادآوری می نماید که یکی از خواص زمین این است که با جذب رطوبت و با وجود انواع املاح در خاک، تبدیل به الکترولیت می شود و در حالتی که از آن جریان مستقیم عبور کند، مواد شیمیایی موجود در این الکترولیت یونیزه شده و یونهای مثبت بسمت قطب منفی و یونهای منفی بسمت قطب مثبت به حرکت در می آیند . یکی از محصولات مواد اسیدی و بازی تجزیه شونده، هیدروژن است که حبابهای بسیار ریز آن در اطراف الکترود جمع می شوند و لایه ای عایق ایجاد می کنند که مانع انجام صحیح اندازه گیری می شود . اگردر بعضی موارد به ناچار از این روش استفاده شود ،اندازه گیریها باید در کوتاه ترین زمان ممکن و دوبار بترتیب زیر انجام شوند:

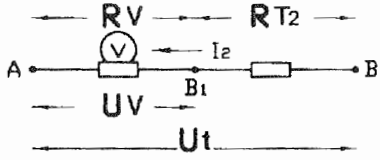
پس از آماده کردن مقدمات ، جریان برای لحظه ای کوتاه برقرار و قرائت انجام شود . سپس قطبهای منبع تغذیه با یکدیگر تعویض و جریان دوباره برای مدتی کوتاه برقرار و یک قرائت دیگر در این حالت انجام شود . میانگین دو قرائت، بشرطی که خیلی نزدیک به هم باشند قابل قبول خواهد بود و در غیر این صورت، یعنی وجود تفاوت زیاد، نتیجه آزمون قابل قبول نخواهد بود. اگر سطح الکترودی که به آن دو وصل می شود خیلی بزرگتر از کاند باشد ، مسئله پلاریزاسیون تا حد بسیار زیادی حل شده و آزمون بادقت بیشتر انجام خواهد شد .



(۱) نحوه استقرار الکترودها و لوازم اندازه‌گیری



(۲) دیاگرام الکتریکی معادل



(۳) اندازه گیری ولتاژ

شکل ۴۹۱-۱ نحوه اندازه گیری مقاومت الکترود زمین

۴۹۱-۳ شرح آزمون

۴۹۱-۳-۱ - اندازه گیری شدت جریان

شدت جریان IT که مدار آن از طریق منبع تغذیه ، الکترود کمکی T_1 ، جرم زمین و سپس الکترودهای اصلی T و الکترود کمکی T_2 بسته می شود ، اندازه گیری می گردد . بدیهی است که شدت جریان اندازه گیری شده تماماً از الکترود T عبور نمی کند بلکه مقداری از آن از راه الکترود T_2 بسته می شود، اما به علت امپدانس بسیار بزرگ ولتمتر و مقاومت نسبتاً بزرگ الکترود T_2 نسبت به جرم کلی زمین ، جریانی که از شاخه ولتمتر عبور می کند، یعنی شدت جریان I_2 نسبت به شدت جریان I_1 ، بسیارکوچک و قابل صرفنظر کردن است. درباره دقتهای اندازه گیری بعداً صحبت خواهد شد ولی در اینجا باید گفته شود که تفاوت جریان نشان داده شده بوسیله آمپرمتر $(IT = I_1 + I_2)$ و جریانی که از الکترود اصلی T عبور می کند (I_1) ، نسبت به سایر عوامل تأثیر کمتری در دقت اندازه گیری دارد.

۴۹۱-۳-۲ - اندازه گیری اختلاف پتانسیل

دقت در اندازه گیری ولتاژ دو سر الکترود T ، عاملی است که موفقیت در کل اندازه گیری را تضمین می کند. بدیهی است که برای اندازه گیری ولتاژ در دو سر مقاومت الکترود T باید هر دو سر آن در دسترس باشد در صورتی که طبق صحبتهای قبلی ، یکی از دو سر مقاومت به جایی بنام "جرم کلی زمین" وصل می باشد که نمی توان محدوده مشخصی را برای آن معین نمود و تنها راه "دسترسی" به آن ، استفاده از یک الکترود زمین دیگر است . مسئله ممکن است قدری عجیب و باورنکردنی به نظر آید ولی پس از پایان بحث مشاهده خواهد شد که نتیجه بدست آمده از اندازه گیری قابل قبول می باشد . الکترود کمکی مورد بحث ، همان الکترود T_2 در شکل ۴۹۱-۱ است .

با توجه به شکل ، اگر دسترسی به نقطه B ممکن می بود، مقداری را که ولت متر نشان می داد مقدار موردنظر بوده و نتیجه با بالاترین دقت به دست می آمد (حالت وصل شدن ولتمتر به انتهای B از مقاومت الکترود T_2) . اما نظر به اینکه این کار میسر نمی باشد ، اتصال به نقطه B از طریق مقاومت الکترود T_2 انجام می شود (حالت وصل شدن ولتمتر به انتهای B_1 از مقاومت الکترود T_2) . در این وضعیت ، ولتاژی را که ولتمتر اندازه گیری می کند کمی کمتر از ولتاژ موردنظر است یعنی ولتاژ بین نقاط A و B_1 به جای ولتاژ بین دو نقطه A و B.

مقدار اشتباه بستگی به مقدار امپدانس خود ولتمتر (امپدانس داخلی دستگاه ولتمتر) و مقدار مقاومت الکترود کمکی T_2 دارد . در شکل ۴۹۱-۱ (۳) اگر مقاومت ولتمتر برابر Rv و مقاومت الکترود کمکی T_2 برابر R_{T2} باشد، ولتاژی که یافتن مقدار آن موردنظر است برابر $Ut = I_2 (Rv + R_{T2})$ خواهد شد در حالی که ولتاژی که در واقعیت اندازه گیری می شود ، برابر است با $Uv = I_2 Rv$. اشتباه اندازه گیری نسبت به مقدار اندازه گیری شده به درصد عبارت خواهد بود از :

$$\Delta U(\%) = \frac{Ut - Uv}{Uv} 100$$

$$\Delta U(\%) = \frac{R_{T2}}{R_v} 100$$

نتیجه محاسبات این است که درصد اشتباه بستگی به نسبت دو مقاومت R_{12} , Rv دارد و هرچه مقدار مقاومت R_{12} کوچکتر و مقدار مقاومت Rv بزرگتر باشد درصد تفاوت کوچکتر و نتیجه اندازه گیری یعنی مقدار Uv به Ut نزدیکتر خواهد شد.

در عمل دستیابی به مقداری کوچک برای مقاومت R_{12} ممکن نیست ولی می توان ولتمترهایی را با مقاومت داخلی زیاد بدست آورد (بند ۴۹۱-۲ هم دیده شود) . اگر فرض کنیم حداکثر مقاومت R_{12} برابر ۳۰۰۰ اهم باشد و مقاومت ولتمتر نیز ٤٤ کیلو اهم باشد ، درصد خطا برابر خواهد بود با :

$$\Delta U(\%) = \frac{3000}{44000} 100 = 6.8\%$$

و اگر فرض کنیم حداکثر مقاومت R_{12} برابر ۱۰۰۰ اهم و مقاومت Rv هم برابر ۲۰ کیلواهم باشد، دقت اندازه گیری برابر ۵٪ خواهد بود.

۴۹۱-۴- رعایت نکات عملی برای انجام یک آزمون دقیق

در دقت اندازه گیری مقاومت یک الکترود ، سه مسئله نقش عمده دارند :

- حوزه ولتاژ الکترودها ؛
- شدت جریانهای سرگردان ؛
- مقاومت الکترودهای کمکی.

۴۹۱-۴-۱ - حوزه ولتاژ الکترودها

طبق شرحی که گذشت ، با توجه به ساده بودن اساس آزمون، ممکن است این تصور پیش آید که انجام عملی آن هم ساده است که اینطور نیست . مسئله عمده ای که انجام آزمون را با اشکال و دشواری مواجه می سازد، قرار گرفتن الکترودها در "حوزه ولتاژ" یکدیگر است (بند ۴۸۰-۱ را ببینید) . بر اساس تجربه ، در شرایط عادی برای اینکه دو الکترود در خارج از حوزه ولتاژ یکدیگر قرار گیرند فاصله آنها از هم باید ۱۵ تا ۲۵ متر یا بیشتر باشد (این فاصله در اصل بستگی به مقاومت ویژه خاک دارد) اما مسائل مختلفی ممکن است شرایط استثنائی بوجود آورند که استقرار الکترودها در خارج از حوزه ولتاژ یکدیگر را با اشکال مواجه کند . به هر حال اگر اثر شرایط استثنایی را نتوان به حساب آورد لااقل شناخت آنها ممکن است به تصمیم گیری صحیح در مراحل بعدی کمک کند. این اشکالات را می توان به ترتیب زیر فهرست نمود :

- نزدیکی الکترود اصلی و یک یا هر دو الکترود فرعی با جسم هادی در زیرزمین (مثلاً" لوله کشی فلزی) ؛
- بالا بودن مقاومت ویژه خاک در منطقه (شن و یا صخره) ؛
- متغیر بودن لایه بندی زمین در منطقه ؛
- گسترده بودن الکترود اصلی (مانند حالتی که در نیروگاهها و پستهای اصلی وجود دارد) ؛
- اشکال در فراهم کردن فضای کافی برای ایجاد فاصله لازم (انجام اندازه گیری در خیابانهای آسفالته و مناطقی که از نظر نصب الکترودهای کمکی با مشکل روبرو می باشند) .

پس از استقرار الکترود کمکی T_1 در فاصله ۳۰ تا ۵۰ متری از الکترود اصلی T و استقرار الکترود کمکی T_2 در وسط الکترودهای T و T_1 ، اندازه گیری شدت جریان و ولتاژ انجام و مقاومت محاسبه می شود . سپس الکترود کمکی T_2 از محل خود در وسط دو الکترود دیگر یک بار به فاصله حدود ٦ متر به سمت الکترود T و بار دیگر حدود ٦ متر به سمت الکترود T_1 تغییر مکان داده می شود و هر بار یک اندازه گیری و محاسبه مقاومت انجام می گیرد . اگر تفاوت چشمگیری بین سه اندازه گیری وجود نداشته باشد و مقادیر بدست آمده در یک ردیف و در حدود دقت لازم باشند، میانگین آنها به عنوان مقاومت الکترود T انتخاب می شود . اما اگر تفاوت زیاد باشد، الکترود T_1 به اندازه دلخواه به فاصله ای دورتر از الکترود T منتقل و مستقر می شود و الکترود T_2 مانند قبل در وسط قرار داده شده و بقیه عملیات تکرار می شود . اگر باز هم نتیجه مطلوب به دست نیامد ، کل روش برای فاصله ای بیشتر بین الکترودهای T و T_1 ، از نو تکرار می شود . اما معمول این است که پس از یک بار دورتر کردن الکترودها اگر نتیجه مطلوب بدست نیاید، اقدام به تهیه منحنی تغییرات ولتاژ نسبت به فاصله می شود .

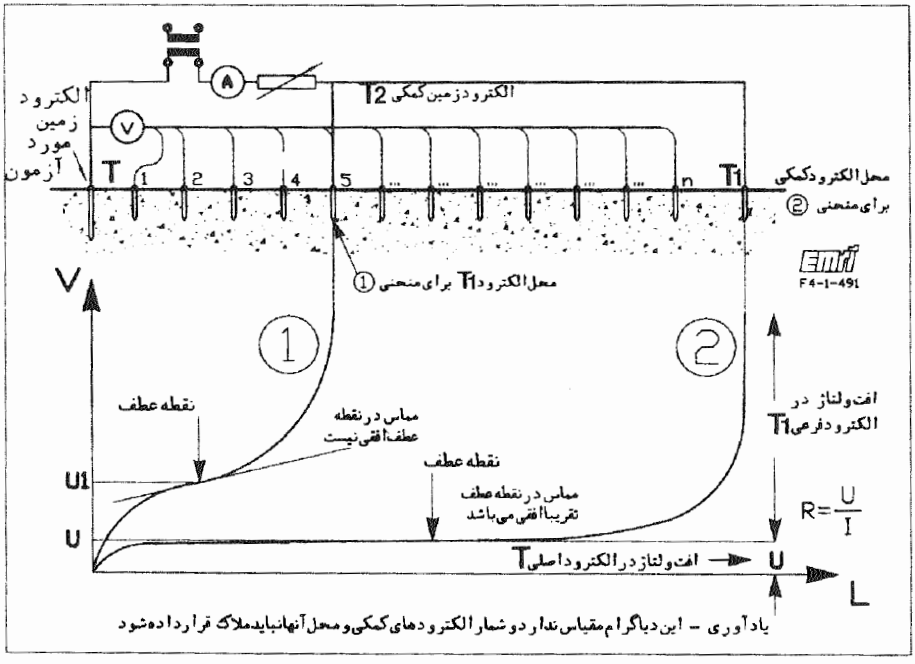
۴۹۱-۴-۲ – منحنی تغییرات ولتاژ نسبت به فاصله

تهیه منحنی تغییرات ولتاژ نسبت به فاصله معمولاً" هنگامی لازم می شود که الکترود زمین از نوع گسترده بوده و مقاومت آن هم حدود یک اهم یا کمتر باشد .

نحوه کار در شکل ٤٩١-٢ نشان داده شده است . الکترود T_1 در فاصله زیادی (چندصد متر) از الکترود T نصب می شود و الکترودT_2 از نزدیکیهای الکترود T و به ترتیب با فواصل معین ، به سمت الکترود T_1 حرکت داده می شود . در هر بار تغییر مکان الکترود T_2 ، ولتاژ آن اندازه گیری شده و بر محور مختصات نسبت به فاصله دو الکترود T و T_1 منتقل می شوند و سرانجام با وصل کردن نقاط بدست آمده از اندازه گیریها ، منحنی ولتاژ نسبت به فاصله بدست می آید . اگر منحنی بدست آمده دارای منطقه ای باشد که نسبت به محور طولها تقریباً" موازی است (در نقطه عطف منحنی) ، مقاومت همین منطقه عدد موردنظر می باشد . ولی اگر چنین منطقه ای در منحنی وجود نداشت،معلوم می شود الکترودها هنوز در حوزه ولتاژ همدیگر می باشند و لذا آزمون باید برای فاصله بیشتری بین الکترودهای T_1 و T تکرار شود تا وقتی که یک قسمت تقریباً" افقی در منحنی ظاهر شود.

بطوری که در شکل ۴۹۱-۲ دیده می شود، منحنی ۱ برای فاصله ای بین دو الکترود T و T_1 کشیده شده است که الکترودها در حوزه ولتاژ یا حوزه مقاومت همدیگر قرار دارند (مماس بر منحنی در نقطه عطف، افقی نیست) در حالی که در منحنی ۲ قسمت افقی وجود دارد و لذا نقطه عطف مقدار مقاومت الکترود T را بدست خواهد داد.

از مطالب بالا و شکل ۲۴۹-۲ ممکن است این نتیجه گیری بعمل آید که نقطه مورد جستجو در حوالی وسط منحنی قرار دارد .چنین نتیجه گیری خلاف واقعیت خواهد بود . به عنوان مثال در یک مورد واقعی که اندازه گیری مقاومت الکترود زمین یک پست موردنظر بود و مقدار آن پس از اندازه گیریهای متعدد ۰،۰۴۵ اهم بدست آمد، لازم شد فاصله بین الکترودهای T و T_1 حدود ۷۵۰ متر انتخاب شود و در این حالت محل نقطه عطف و قسمت افقی منحنی ، در فاصله ای حدود ۶۰ تا ۱۱۰ متری از مرز الکترود اصلی قرار داشت .



شکل ۴۹۱-۲ منحنی تغییرات ولتاژ الکترود T_2 نسبت به فاصله بین الکترودهای T و T_1

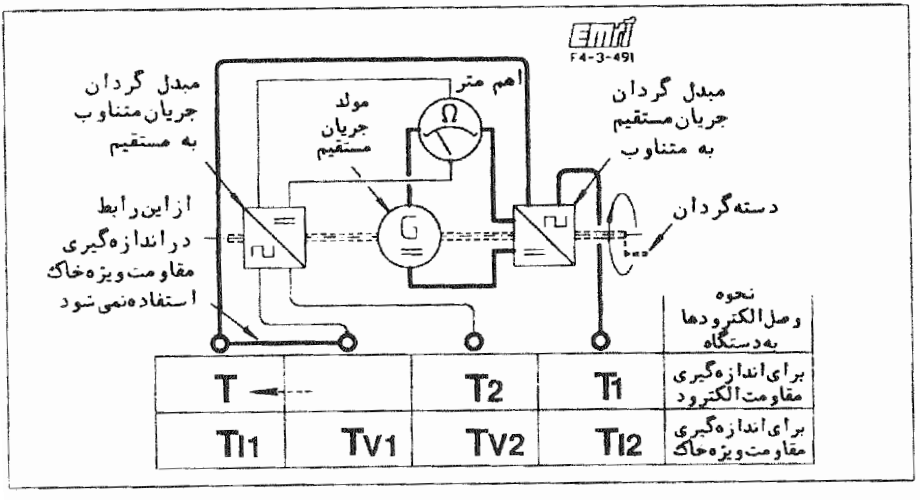
یادآوری می کند که الکترودهای با مقاومت کم دارای حوزه ولتاژ محدود و برعکس الکترودهای با مقاومت زیاد دارای حوزه ولتاژ وسیع می باشند، به همین دلیل در مثال بالا، قسمت افقی منحنی خیلی نزدیکتر به الکترود دارای مقاومت کم (T) است.

۴۹۱-۴-۳ – جریانهای سرگردان در زمین

گفتیم که زمین الکترولیت است و اتفاقاتی که در آن می افتد جنبه الکتروشیمیایی دارد . به این معنی که وجود الکترودهای مختلف در زمین سبب جاری شدن جریانهای مستقیم – هر چند کوچک – می شود . عبور جریانهای متناوب از مسیر الکترودهای کمکی و الکترود اصلی هم سبب می شوند که در قرائت مقادیر اندازه گیری شده، اشتباه وارد شود . اثر جریانهای متناوب و هارمونیکهای آن با جریان مستقیم هنگامی نمایان تر است که راه آهن برقی در منطقه وجود داشته باشد.

تا این جا ، روش اندازه گیری مقاومت زمین با استفاده از یک منبع به شکل ترانسفورماتور جداکننده که از شبکه توزیع تغذیه می شود انجام شده است تا خواننده سادگی اساس اندازه گیری را مدنظر داشته و حتی اقدام به ساختن دستگاه اندازه گیری خود کند.

برای رفع اثر جریانهای سرگردان، بهترین روش استفاده از یک منبع تغذیه با فرکانسی غیر از ۵۰ هرتز است و در عمل بهترین نتیجه با فرکانسهای ۶۰ تا ۹۰ هرتز بدست می آید .یکی از راههای این کار استفاده از ژنراتور دستی مشابه دستگاه Megger است که مجهز به دستگاههای یکسوکننده دوار (یا مدار الکترونیکی معادل آن)، چه در مدار جریان و چه در مدار ولتاژ، است . با این کار اندازه گیری شدت جریان و ولتاژ منحصر به جریانی می شود که ژنراتور دستی تولید می کند و فقط نسبت به آن واکنش نشان می دهد . با چرخاندن دسته ژنراتور کمی تندتر یا کندتر، حالتی ایجاد می شود که عقربه وسیله اندازه گیری ساکن شده و هیچ پرش یا تغییری در آن مشاهده نمی شود. در این حالت است که اندازه گیری صحیح انجام می گیرد . در شکل ۴۹۱-۳ طرحواره یکی از وسایل مورد بحث که مستقیماً مقاومت را اندازه گیری می کند، نشان داده شده است . برای اطلاعات بیشتر ، مراجع سازندگان دیده شوند.



شکل ۴۹۱-۳ مدار یکی از وسایل اندازه گیری مقاومت الکترود و مقاومت ویژه خاک

۴۹۱-۴-۴ - مقاومتهای الکترودهای کمکی

از شکل ۴۹۱-۱ ، نتیجه گیری می شود که مقاومت الکترودهای T و T_1 ، تعیین کننده توان ترانسفورماتور یا ژنراتور یا هر نوع منبع دیگری است که جریان موردنیاز را تأمین می کند . از دو مقاومت سری T و T_1 ، مقاومت T_1 تعیین کننده است زیرا معمولاً خیلی بزرگتر از مقاومت T می باشد . مقاومت T_1 بستگی به مقاومت ویژه خاک اطراف و ابعاد آن دارد . مقاومت ویژه خاک را نمی توان تغییر داد و ابعاد الکترود نیز به دلایل عملی نمی تواند زیاد بزرگ باشد . سازندگان وسائل اندازه گیری تجارتی برای مقاومت زمین ، معمولاً حداکثر مقاومت قابل قبول برای الکترودهای کمکی را اعلام می کنند که توان دستگاه نیز از روی آن مشخص می شود.

درباره نقش مقاومت الکترود کمکی T_2 ، لازم است به بند ۴۹۱-۳-۲ مراجعه شود.

۴۹۲ - اندازه گیری مقاومت ویژه خاک

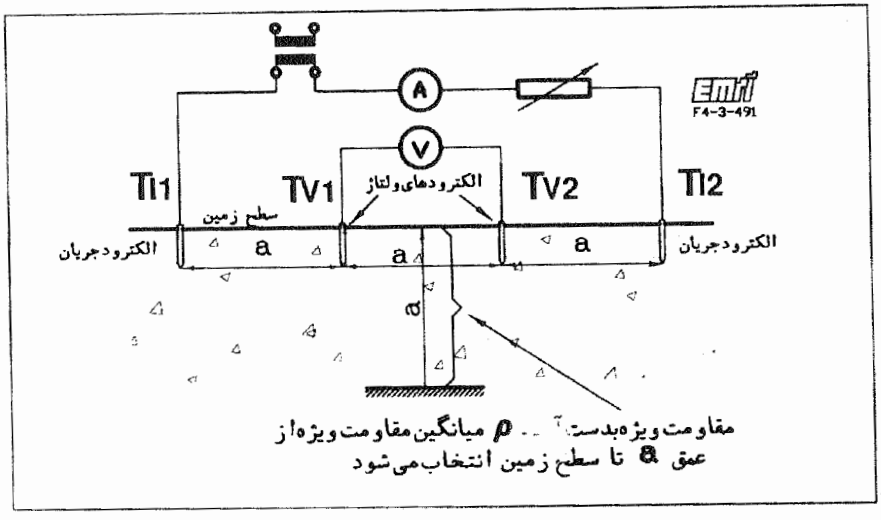
۴۹۲-۱ - کلیات

اندازه گیری مقاومت ویژه خاک ، قبل از استقرار یک الکترود زمین انجام می شود و هدف از آن، پی بردن به مراتب زیر است :

- انتخاب بهترین محل برای برپائی الکترود (در صورت وجود انتخاب) ؛
- تعیین مناسبترین نوع الکترود و یا مشخصه های آن (مثلاً عمق نصب الکترود قائم) .

۴۹۲-۲- اساس کار

برای اندازه گیری مقاومت ویژه خاک، از دستگاههای مشابه دستگاه اندازه گیری مقاومت الکترود استفاده می شود.



شکل ۴۹۲-۱ نحوه استقرار الکترودها و وسایل اندازه گیری برای مقاومت ویژه

در مورد مقاومت ویژه ، همه الکترودها مشابه هم می باشند (الکترود اصلی وجود ندارد) و تعداد آنها نیز چهار عدد است : دو الکترود برای برقراری مدار جریان و دو عدد الکترود دیگر نیز برای اندازه گیری ولتاژ.
شکل ٤٩٢-١ ، نحوه استقرار الکترودها در متداولترین روش اندازه گیری را نشان می دهد.
Wenner نشان داد که مقاومت ویژه خاک، در صورتی که خاک در عمق و اطراف همگن باشد، با استفاده از رابطه زیر قابل محاسبه می باشد:

$$\rho = \frac{\pi(L^2 - a^2)}{4a} * \frac{U}{I} \qquad (٤-١٤)$$

که در آن :
ρ = مقاومت ویژه خاک (اهم متر) ؛
L = فاصله بین الکترودهای جریان (متر) ؛
a = فاصله بین الکترودهای ولتاژ (متر) ؛
I = شدت جریان بین الکترودهای جریان (آمپر) ؛
U = ولتاژ بین الکترودهای پتانسیل (ولت) .

Wenner فاصله الکترودها را برابر انتخاب کرد، لذا در روش وی $L = ٣a$ است و با جایگزینی ، رابطه بالا به صورت زیر در می آید :

$$\rho = 2\pi.a * \frac{U}{I} \qquad \text{یا} \qquad \rho = \frac{2}{3}\pi.L * \frac{U}{I} \qquad (٤-١٥)$$

Schlumberger فاصله الکترودهای جریان را خیلی بیشتر از فاصله الکترودهای ولتاژ انتخاب کرد، زیرا در روش وی $L>>a$ است و رابطه (٤-١٤) به صورت زیر در می آید:

$$\rho = \frac{\pi}{4a} * L^2 * \frac{U}{I} \qquad (٤-١٦)$$

در روش چهار الکترود اگر خاک همگن باشد، نتیجه اندازه گیری مستقل از مقاومتهای الکترودها است، یعنی عمق نصب آنها در نتیجه اندازه گیری بی تاثیر است زیرا ولتاژ و شدت جریان به شکل **U/I** ظاهر می شود و هرچه مثلاً الکترودهای جریان عمیق تر نصب شوند ، مقاومت آنها کمتر می شود و در نتیجه جریان عبوری هم بیشتر می شود ولی چون ولتاژ نیز به همان نسبت بیشتر شده است در حاصل کسر **U/I** تغییری پیدا نمی شود .

دیگر اینکه در زمینی همگن ، محل استقرار الکترودها و فاصله آنها در نتیجه آزمون بی تأثیر است . اما در زمینی که دارای لایه های مختلف در عمقهای متفاوت است ، جریان بصورت یکنواخت پخش نخواهد شد و طبق معمول مسیری با کمترین مقاومت را انتخاب خواهد کرد و شدت جریان هم وابسته به محل استقرار الکترودها و فاصله آنها از همدیگر خواهد بود. مقاومت ویژه حاصل از اندازه گیری در شرایط عملی ، "مقاومت ویژه ظاهری" نامیده می شود .

در اصل، جریان عبوری بین دو الکترود،تا عمق بینهایت از سطح زمین رسوخ می کند ولی می توان فرض کرد که قسمت عمده آن از سطحی قائم که بین دو الکترود قرار داشته و در عمق بین سطح زمین و L/۳ در زیرزمین است، عبور می کند . بنابراین "مقاومت ویژه ظاهری" را میانگین مقاومت ویژه بین سطح زمین تا عمق L/۳ ، در جهت الکترودها ، انتخاب می کنند.

۴۹۲-۳- خلاصه روش Wenner

بخش عمده مطالب بالا مربوط به روش Wenner می باشد که خلاصه آن به صورت زیر بیان می شود :

- چهارالکترود در فواصل مساوی در یک خط قرار داده می شوند و در هر اندازه گیری محل هر چهار تای آنها را باید تغییر داد.
- در صورت همگن بودن زمین با زیاد شدن فاصله الکترودها، ولتاژ نسبت به فاصله به صورت خطی تغییر می کند.
- عمق کوبیدن الکترودها در زمین نباید از یک بیستم فاصله آنها بیشتر باشد.

۴۹۲-۴- خلاصه روش Schlumberger

خلاصه این روش به صورت زیر بیان می شود :

- چهار الکترود در یک خط مستقیم نصب می شوند ولی مانند حالت قبل فواصل الکترودها از یکدیگر برابر نیستند .
- فاصله الکترودهای جریان از یکدیگر خیلی بیشتر از فاصله الکترودهای ولتاژ از یکدیگر است، ولی الکترودهای ولتاژ در وسط و نزدیک به هم قرار داده می شوند و در هر بار اندازه گیری فقط الکترودهای جریان جابجا می شوند .
- در این روش ولتاژ با مجذور فاصله بین الکترودهای جریان تغییر می کند و لذا در هنگام استفاده از آن باید از لوازم اندازه گیری حساس استفاده شود .

۴۹۲-۵- خلاصه روش تغییر یافته Wenner

در روش کلاسیک Wenner ، $L = ۳\,a$ است . برای زیاد کردن ولتاژ قابل اندازه گیری ، پیشنهاد شده است که فاصله الکترودهای ولتاژ (a) بجای L/۳ (%۳۳L) ، به L/۱،۵ (%۶۶L) افزایش یابد .

در این صورت، رابطه ۱۵-٤ به صورت زیردر می آید:

$$\rho = \frac{5}{24}\pi.L * \frac{U}{I} \qquad (٤-١٧)$$

۴۹۲-۶- نکاتی که باید در هنگام اندازه گیریهای زمین رعایت شوند (مقاومت الکترود یا مقاومت ویژه خاک)

در هنگام اندازه گیریهای مربوط به زمین ، چند نکته را باید در نظر داشت :

۱ - هادیهای مربوط به جریان و ولتاژ را باید به منظور احتراز از القای متقابل ، تا جایی که ممکن است از یکدیگر دور نگه داشت .

۲ - چون خودالقایی باید در حداقل نگه داشته شود، هادیها را باید بطور کامل از روی قرقره ها باز کرد .

۳ - وجود اجسام فلزی گسترده در زیرزمین، مانند لوله کشیهای فلزی از هر نوع و زره کابلها، در اندازه گیری اختلالات بزرگ بوجود می آورند.

٤ - در دستگاههای اندازه گیری که از ولتمتر یا اهم متر استفاده می کنند. مقاومت ولتمتر یا سیم پیچ ولتاژ اهم متر باید بزرگ باشد تا اثر مقاومت الکترود یا الکترودهای ولتاژ را کم کند . این مسئله سبب کم شدن حساسیت ولتمتر می شود .

۴۹۲-۷ - تفسیر نتیجه گیریهای حاصل از اندازه گیریهای زمین

تفسیر نتایج حاصل از اندازه گیریهای زمین ، مخصوصاً در مورد مقاومت ویژه ، احتیاج به تجربه و تمرین دارد، لذا به افرادی که مایلند وارد این کار شوند، توصیه می شود مطالعه عمیقتری در این رشته به عمل آورند .

فصل چهارم
زمین و مقاومت الکتریکی آن

پیوست ۱ – بعضی نکات ناگفته درباره:

۱– اثر الکتروشیمیایی زمین

۲– بکارگیری بتن غیرمسلح پی به عنوان الکترود زمین

۳– بکارگیری بتن مسلح پی به عنوان الکترود زمین و اسکلت بتنی یا فولادی سازه به صورت هادی پایین روی صاحفه

۴– استانداردهای مربوط به بتن مسلح پی به عنوان الکترود زمین

4P1 – ۰ پیشگفتار

مطالبی که در اینجا مطرح شده اند اضافه بر متن اصلی و به عنوان متمم بعضی از مسائل موجود در متن اصلی ارائه می شوند.

4P1 – ۱ – اثر الکتروشیمیایی زمین بر الکترودهای همبندی شده و تشکیل باتری با شرکت الکترودهای غیرهمجنس در الکترولیت زمین

در متن اصلی که از نظر گذشت ، نکاتی جنبی ناگفته مانده است که ممکن است بعضی برای دانستن آنها کنجکاو باشند.

یکی از این موارد نکاتی است درباره نحوه تشکیل "پیل" در الکترولیت "زمین" در صورت همبندی چند فلز غیرمشابه دفن شده در آن. در اینجا توضیحات بیشتری در این باره داده می شود :

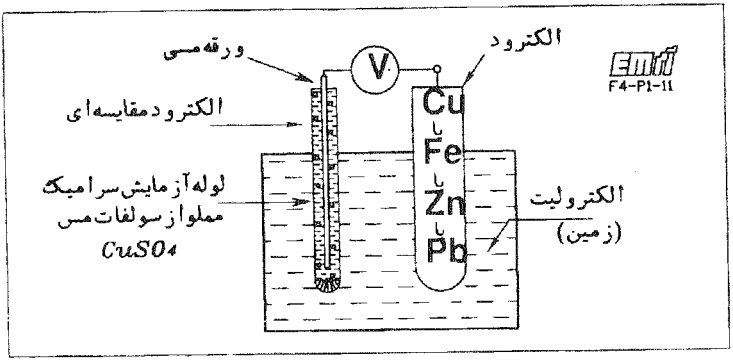
هرگونه فلز دفن شده در زمین ممکن است تحت تأثیر عوامل زیر، دچار خوردگی شود:

- جریانهای مستقیم نشتی موجود در زمین ؛
- وجود مواد شیمیایی خورنده در زمین یا آب ؛
- سلولهای گالوانیک که از همبندی الکترود با انواع مختلف فلزات دیگر دفن شده در زمین پدید می آید.

اگر یک فلز دفن شده در زمین فقط به فلزات دیگر از همان جنس وصل باشد یا به فلز دیگری که در خاک قرار دارد وصل نشده باشد، آن فلز فقط تحت تاثیر دو عامل اول، یعنی جریان مستقیم نشتی و مواد شیمیایی خورنده در خاک، قرار خواهد گرفت . اثر مواد شیمیایی خورنده، جز در موارد نادر، کم و با توجه به عمر متوسط سیستم الکترودها (۳۰–۴۰

سال) قابل قبول است . اما جریانهای مستقیم نشتی و باتریهایی که از همبندی فلزات غیرهمجنس تشکیل می شوند بسیار خطرناک هستند و در مورد آنها باید احتیاط نمود.

شکل 4P1–۱۱ طرحواره آزمونی را نشان می دهد که به کمک آن نحوه تشکیل سلول الکتروشیمیایی ثابت و ولتاژ نسبی فلزات مختلف اندازه گیری می شود . تشریح مسائلی که در عملیات الکتروشیمیایی اتفاق می افتد خارج از محدوده این بحث است ولی کافی است بدانیم که با در نظر داشتن شکل 4P1 – ۱۱ ، ولتمتر عددی را نشان خواهد داد که برای فلزات مختلف متفاوت است. محدوده مقادیر اندازه گیری شده در جدول 4P1–۱ نشان داده شده است.



شکل 4P1–۱۱ پتانسیل نسبی فلزات در الکترولیت (زمین)

جدول 4P1–۱ تفاوت پتانسیل فلزات (شامل بتن مسلح) در الکترولیت (زمین)

الکترود (فلز) در تماس با زمین نمناک	الکترود مقایسه مس/سولفات مس $Cu/CuSO_4$ طبق DIN VDE 0151/06.86
روی و فولاد گالوانیزه	-۱٫۱ تا -۰٫۹
مس	-۰٫۱ تا ۰
فولاد	-۰٫۸ تا -۰٫۵
فولاد در بتن	-۰٫۴ تا -۰٫۱
سرب	-۰٫۶ تا -۰٫۵

F4–P1–11

نظر به اینکه در همه شرایط ، همبندی برای هم‌ولتاژ کردن لازم می باشد و نمی توان از آن صرفنظر نمود و ممکن است اجزاء یا قسمتی از اجزای همبندی شونده در تماس با زمین باشند ، لازم است با موضوع الکترولیز به نحوی که گذشت، جدی برخورد شود و در صورت امکان در انتخاب لوله ها یا دیگر اجزایی که دفن خواهند شد ، دقت شود و در مواردی که ایجاب کند نسبت به پیش بینی سیستمهای حفاظت کاتدیک اقدام گردد . در اغلب موارد مشورت با متخصصین حفاظت کاتدی الزامی است .

یادآوری ۱ - جدول 4P1-۱ و جدول ٤-۷ در متن اصلی ، از دو منبع مختلف گرفته شده اند . با وجود این، در نتیجه گیری از آنها تفاوت چندانی به چشم نمی خورد .

یادآوری ۲ - بعضی از سرویسها برای حفاظت سیستمهای خود در برابر الکترولیز پیش بینهایی به عمل می آورند، مانند شرکت گاز که در مسیر لوله کشیهای خود قطعه عایقی نصب می کند تا سیستم لوله کشی شبکه گاز را از لوله کشی ساختمان جدا کند در نتیجه می توان با خیال راحت لوله کشی گاز داخل خانه را وارد همبندی نمود . در این صورت، اگر هم قرار باشد خوردگی گالوانیک پیش آید ، این خوردگی در لوله های اصلی انتقال گاز نخواهد بود (مهره ماسوره زیر رگولاتور گاز علمک انشعاب را ببینید) البته ، این تنها اقدام شرکت گاز برای جلوگیری از خوردگی نمی باشد.

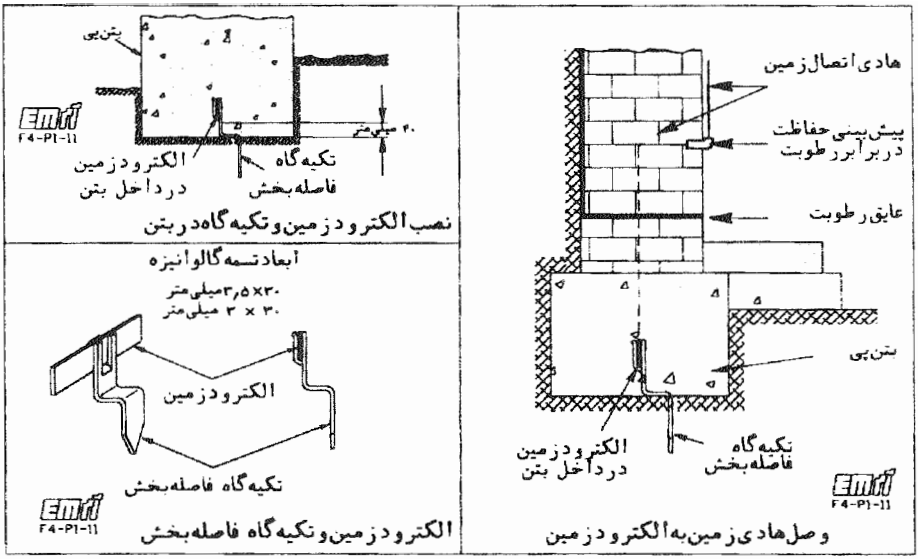
تاسیسات فلزی طویل زیرزمینی یا در تماس نزدیک با زمین، از هر نوع که باشند، مجهز به سیستمهای فعال حفاظت کاتدی می باشند که بطور خلاصه عبارت است از تزریق یک ولتاژ جریان مستقیم در جهت مخالف با استفاده از یک الکترود کمکی با ولتاژی که "باتری" زمین بوجود می آورد . در نتیجه این عمل جریان "باتری" خنثا شده و از خوردگی قسمتهای همبندی شده پیشگیری می شود.

4P1 -۲ - بکارگیری بتن غیرمسلح پی به عنوان الکترود زمین و اسکلت بتنی یا فولادی سازه به صورت هادی پایین رو (down conductor) صاعقه

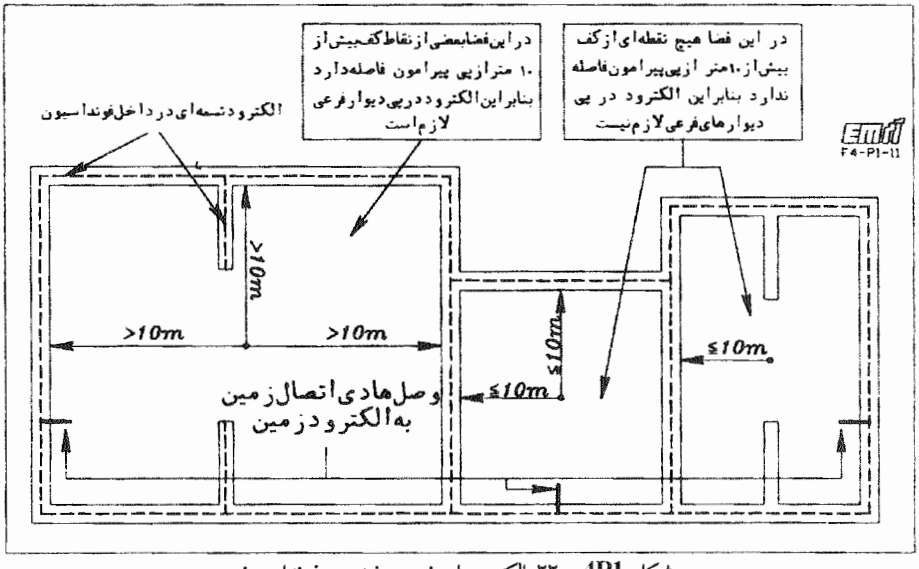
در متن اصلی، تنها در مورد استفاده از بتن مسلح به عنوان الکترود زمین صحبت شده است . اما در عمل نوعی الکترود زمین دیگر در ارتباط با پی وجود دارد که در آن از بتن غیرمسلح به عنوان الکترود استفاده می شود. علت این است که در ایران اگر قرار باشد از ماده ای غیر از بتن مسلح استفاده شود آن ماده معمولا" آهک است (شفته) نه سیمان. و اگر آهک مزیتی هم داشته باشد، به علت اثر خورندگی شدید آن ، برای استفاده در تماس با فلزات مناسب نیست .

در ساختمانهای نه چندان بلند که در آنها پی سازه بتن غیرمسلح می باشد ، با اضافه کردن یک هادی در طول پی پیرامون و بعضی دیوارهای داخلی می توان پی را به عنوان الکترود اتصال زمین مورد استفاده قرار داد . معمول این است که برای این کار از تسمه گالوانیزه به ابعاد ۳۰×۳،۵ میلیمتر که باید در داخل حجم بتن قرار گرفته و دست کم ٤۰ میلیمتر از سطح زیرین آن فاصله داشته باشد، استفاده شود . به کار بردن فلزات دیگر مانند مس به صورت شمش یا مفتول نیز مجاز می باشد ولی ممکن است از نظر قیمت با تسمه گالوانیزه قابل رقابت نباشد.

بار دیگر یادآوری می شود که استفاده از آلومینیم و آلیاژهای آن حتی در نزدیکی زمین نیز مجاز نیست .



شکل 4P1 – ۲۱ نحوه نصب الکرود در داخل بتن



شکل 4P1 – ۲۲ الکترودهای نصب شده در فونداسیون

شکل 4P1-۲۱ نمونه یک الکترود برای نصب در داخل بتن و نحوه نصب آن در مقطع پی را نشان می دهد که قبل از بتن ریزی و به کمک تکیه گاههای فاصله بخش مخصوص انجام می شود .در این شکل طریقه وصل کردن هادی اتصال زمین به هادی الکترود پی نیز نشان داده شده است . در شکل 4P1 –۲۲ ، پلان نحوه نصب الکترود پی ساختمان و شرایط نصب آن نشان داده شده است .

یادآوری – از بتن غیرمسلح پی به شرط داشتن الکترود اتصال زمین در حجم بتن، به شرحی که گذشت، می توان به صورت مشترک با سیستم برق تاسیسات، به عنوان الکترود سیستم صاعقه گیر هم استفاده کرد. هادیهای پایینروی سیستم باید با توجه به امکانات طرح شوند و شبیه محلهای وصل به هادی اتصال زمین در شکلهای 4P1- ۲۱ و 4P1-۲۲ ، به هادی اتصال زمین وصل شوند.

4P1 – ۳ – بکارگیری بتن مسلح پی به عنوان الکترود زمین و اسکلت بتنی یا فولادی سازه به صورت هادی پایینروی صاعقه و هادی همبندی برای کل سیستم ها

درباره استفاده از پی های بتن مسلح به عنوان الکترود زمین در متن اصلی صحبت شده است . در اینجا برای روشن تر شدن بعضی مسایل، مطالبی اضافی ارائه می شود.

4P1–۳–۰ – کلیات

سالها آزمایش، اندازه گیری و جمع آوری اطلاعات و مطالعه نتایج آزمونها و تجارب انجام شده، نشان داده است که از بتن مسلح که بدون توجه به ملاحظات برقی و فقط به منظور اصلی آن که ایجاد نشیمنگاه برای سازه ساختمان ریخته می شود، با اندکی تغییر که عمدتاً منحصر به ایجاد اتصالاتی بین میلگردهای بتن و سیستم الکتریکی می شود، می توان به عنوان یک الکترود زمین بسیار خوب (و بلکه بهترین اتصال زمین ممکن) نه تنها در این مورد بلکه برای سیستم حفاظت در برابر صاعقه نیز استفاده کرد.

نظر به اینکه سیستم حفاظت ساختمانها در برابر صاعقه باید دراین بحث مطرح شود، اشاره ای مختصر به سیستم صاعقه ، مفید خواهد بود .

4P1 – ۳–۱ – صاعقه و اتصال به زمین

یادآوری – سیستم حفاظت ساختمانها در برابر صاعقه، برخلاف عقیده بسیاری ، یک مسأله برقی از نوعی که عرفاً در تاسیسات مطرح می باشد، نیست گرچه با آن ارتباط بسیار دارد . این مسأله در اصل یک مسأله صرفاً ساختمانی است و همانگونه که "قیروگونی" برای جلوگیری از نفوذ برف و باران به ساختمان از آن استفاده می شود، سیستم حفاظت ساختمانها در برابر صاعقه را برای پیشگیری از خرابکاری صاعقه در ساختمان به کار می برند.

حفاظت در برابر صاعقه برای بعضی ساختمانها و در برخی شرایط الزامی است . یک سیستم حفاظت در برابر صاعقه از سه قسمت تشکیل می شود:

۱ – سیستم صاعقه گیر ("آنتن") یا گیرنده بارهای الکتریکی آسمانی ؛

۲ – سیستم انتقال بارهای الکتریکی از صاعقه گیر به زمین(سیم پایین رو) ؛
۳ – سیستم الکترود زمین برای پخش این بارها در زمین .
صاعقه گیر ، سیستمی است اختصاصی که باید برای ساختمان موردنظر پیش بینی شود (در بعضی موارد برای این منظور می توان از اجزای موجود ساختمان مانند شیروانی استفاده کرد) . اما برای دو سیستم دیگر یعنی سیستم انتقال بارهای الکتریکی از صاعقه گیر به پایین و سپس سیستم الکترود زمین آیا می توان از امکانات موجود استفاده کرد ؟ در این حالت هم می توان از همان سیستم موجود اسکلت بتن مسلح یا اسکلت فولادی، همراه با پی بتنی آن بخوبی بعنوان قسمتی از یک سیستم حفاظت در برابر صاعقه استفاده کرد . در اوایل پیدایش این فکر محافظه کاران اعتقاد بر جدا نگه داشتن سیستم حفاظت در برابر صاعقه از سیستم برق داشتند . اما بعد معلوم شد که دخالت ندادن سیستم صاعقه در همبندی با سیستم الکتریکی ، ممکن است منشاء خطرات بسیار شود مانند از بین رفتن ایمنی در برابر برقگرفتگی و آتش سوزی از یک سو و – مهمتر از همه برای حرفه ساختمان – بروز ترکیدگی در بتن. جریان صاعقه در جستجوی راهی برای رساندن بار الکتریکی خود به زمین گاهی مسیرهایی را انتخاب می کند که قابل پیش بینی نیستند زیرا تمام اطلاعات موجود در دسترس ما نمیباشند . در مواردی که اتصال کم مقاومتی بین مسیر انتخاب شده برای صاعقه و میلگردهای بتن وجود نداشته باشد، بار الکتریکی ممکن است به موقع در میلگردهای حجم بتن پخش نشود ولی به دلایلی از یک نقطه متمرکز به میلگردهای داخل بتن پی نفوذ کند و از آنجا به خاک منتقل شود . در چنین حالتی تمرکز جریانهای عظیم صاعقه به قدری زیاد می شود که احتمال بالا رفتن دما را بسیار زیاد می کند و به ترکیدگی در بتن ختم می شود . چیزی که مسلم است این است که جریان همیشه و بدون استثنا مسیری را انتخاب می کند که دارای کمترین مقاومت باشد . وقتی که گفته می شود جریان "به دلایلی" این یا آن مسیر را انتخاب کرده است، بدون شک آن مسیر دارای کمترین مقاومت است . اما چرا این مسیر؟
در بسیاری از موارد این سؤال بی جواب باقی می ماند . در هر حال نادیده گرفتن اسکلت ساختمان در همبندی خلاف مقررات است و استفاده نکردن از آن برای سیستم صاعقه، به معنی از دست دادن امکانات موجود در این زمینه است .
اسکلت یک سازه – بخش بالاتر از پی تا پشت بام – هم در مورد بتن مسلح و هم در مورد فولاد، بخوبی می تواند هم به عنوان قسمتی که باید برای همولتاژ شدن همبندی شود و هم به عنوان سیستمی که بارهای صاعقه را به زمین منتقل می کند، مورد استفاده قرار گیرد .
تا جایی که به صاعقه مربوط می شود، باید گفت که ابعاد سیستم و نحوه پخش جریان از سیستم "صاعقه گیر" به سیستم هدایت بارهای الکتریکی به پایین و از آنجا به الکترود اتصال زمین و سپس خود زمین و انجام همبندیهای لازم با سیستمهای دیگر ، خیلی مهمتر از مسایلی مانند مقدار مقاومت سیستم نسبت به زمین است . با وجود این، برای مقاومت الکترود زمین، همیشه کمترین مقدار ممکن مطلوب می باشد .

4P1-۳-۲- استفاده از بتن مسلح پی به عنوان الکترود زمین

در اغلب موارد الکترود پی چنان کارایی دارد که عملاً هیچ الکترود دیگری نمی تواند با آن رقابت کند . اما در این میان باید به موارد زیر توجه شود :

(۱) علت ارجحیت پی بتنی نسبت به انواع دیگر الکترودها به این سبب است که سطح بتن که در تماس با زمین است بطور طبیعی وسیع می باشد و همین امر سبب کم شدن مقاومت آن نسبت به زمین می شود . البته مقاومت ویژه بتن از بسیاری خاکها و مواد، کمتر و در حدود ۳۰ الی ۹۰ اهم متر است .

(۲) بتن ماده ای است "هیگروسکوپیک"، یعنی رطوبت اطراف را به خود جذب می کند . اگر این رطوبت ناچیز وجود نداشته باشد، مقاومت بتن خیلی بالا رفته و محسنات آن از بین خواهد رفت لذا عواملی که ممکن است سبب از بین رفتن رطوبت بتن گردد باید به حساب آورده شود . این عوامل بطور عمده یخ زدگی زمین در نقاط سردسیری و خشکی بیش از حد آن در نقاط گرمسیری و خشک است . البته صحبت از لایه ای کم عمق است که در اغلب موارد از حدود ۰۸ متر تجاوز نمی کند. یعنی اگر پی دارای عمقی کمتر از این مقدار نسبت به سطح زمین باشد، نمی توان از آن به عنوان الکترود استفاده کرد .

(۳) در حجم بتن، بیشتر جریانهای الکتریکی از داخل میلگردها عبور می کنند . توانایی میلگردها از نظر سطح مقطع لازم برای عبور این جریانها هیچگاه مورد تردید نبوده است، اما چون اتصال میگلردها به همدیگر از نظرتوانایی انتقال جریان از یک میلگرد به میلگرد دیگر و هدایت آن به سمت زمین مورد تردید می باشد، واکنش استانداردهای مختلف نسبت به این موضوع متفاوت است :

(۳) – ۱ بعضی از استانداردها ، اتصالات معمولی را که از نظر مقررات بتن مسلح برای بهم بستن میلگردها لازم دانسته می شود، از نظر الکتریکی نیز کافی به حساب می آورند .

(۳) – ۲ بعضی از استانداردهای دیگر ، وجود اتصالات جوشی را لازم می شمارند ولی "اتصالات مطمئن" را قابل قبول ذکر می کنند ، بدون آنکه اتصالات معمولی را که از نظر مقررات بتن مسلح برای بهم بستن میلگردها لازم دانسته می شود ، رد کنند و یا شرح بیشتری راجع به "اتصالات مطمئن" ارائه کنند.

(٤) بطور خلاصه با قبول اصل استفاده از پی بتن مسلح به عنوان الکترود اتصال زمین ، به خودی خود امکانات دیگری در اختیار تاسیسات برقی و سیستم حفاظت در برابر صاعقه قرار می گیرد .

به این امکانات در سالهای اخیر توجه شده و قبل از آن عنایتی بدان نشده بود . شاید یکی از علل اصلی توجه به این مسأله از طرف مهندسان برق ، همه گیر شدن استفاده از بتن برای پی ریزی بوده است . روشی که قبلاً برای برقراری اتصال زمین و هادیهای پایینرو برای سیستم صاعقه از آن استفاده می شد این بود که یک سیستم الکترود زمین مستقل (بدون توجه به اجزای ساختمان) برای سیستم الکتریکی بوجود می آوردند (صفحه فلزی دفن شده، میله کوبیده شده، تسمه دفن شده، زره فلزی کابل) و از ایجاد همبندی صرفنظر می کردند . و برای حفاظت در برابر صاعقه هم یک سیستم مستقل پایین رو با استفاده از هادیهای مخصوص این کار (تسمه مسی – کابل) بوجود می آوردند که در نهایت وصل به

سیستم الکترودهای زمین مستقل و مخصوص این کار می شد و سپس برای محکم کاری ، یک همبندی بین دو سیستم الکترود زمین بوجود می آوردند.

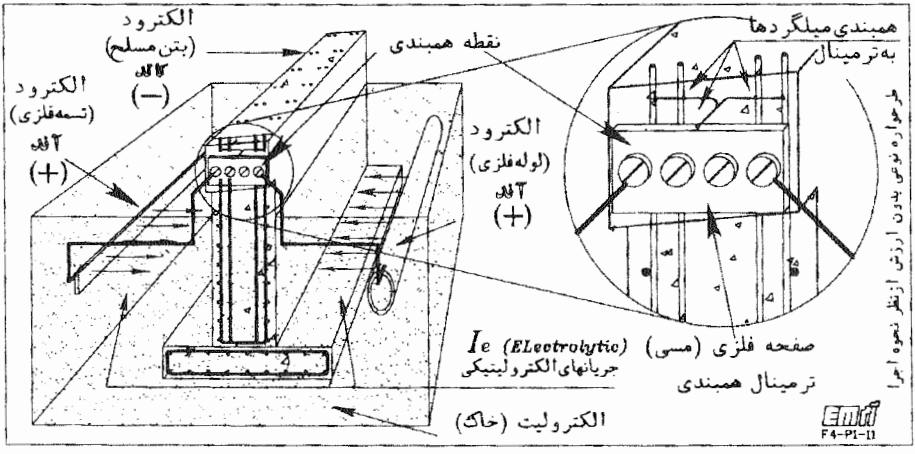
(۵) گفته شده است که از بتن مسلح پی می توان و باید به عنوان الکترود اتصال به زمین استفاده کرد . عدم استفاده از بتن به عنوان الکترود، کفران نعمت است و حتی در برخی موارد ممکن است به علت بی توجهی به بتن پی از نظر عبور جریانهای مربوط به اتصال کوتاه یا صاعقه صدمه ای شدید به آن وارد شود .

بند 4P1-۳-۱- "صاعقه و اتصال به زمین" را ببینید .

(۶) در مورد سازه های فلزی با پی بتن مسلح که سازه به کمک بولتها به پی محکم می شود، لازم است بولت ها با استفاده از تکه های اضافی میلگرد به نحوی مؤثر به میلگردهای پی جوش شوند . این مسئله حتی اگراز بتن پی به عنوان الکترود استفاده نشده باشد نیز بسیار مهم و حیاتی است .

(۷) بتن و میلگردها با هم الکترود زمین را ایجاد می کنند و لذا از نظر الکتروشیمی و اتفاقاتی که در اثر تشکیل پیلهای طبیعی در زمین می افتد ، باید به عنوان یک واحد به حساب آورده شوند.

در بخش 4P1 – ۱ راجع به الکترولیز صحبت شده است . شکل 4P1–۳۱ طرحواره یک تأسیسات اتصال زمین با استفاده از سازه و پی بتنی و همبندی آن را با اجزای زمین شده دیگر نشان می دهد .



شکل 4P1 – ۳۱ همبندی در تاسیسات اتصال زمین و تشکیل پیل گالوانیک

همراه با شکل 4P1-۳۱، جدول 4P1-۱ را ببینید و به مطالب زیر نیز توجه نمایید:

(۷)-۱- با توجه به جدول 4P1-۱ دیده می شود که بتن مسلح پی به صورت "کاتد" عمل می کند و بنابراین ممکن است سبب خوردگی دیگر الکترودهای موجود در زمین یا "آند"ها شود.

سرعت تحلیل فلز آند بستگی به دو عامل زیر دارد:

- تفاوت پتانسیل کاتد و آند $\Delta U = U_{Cathodic} - U_{Anodic}$

- تفاوت مساحت کاتد و آند $\Delta S = S_{Cathodic} - S_{Anodic}$

برای مثال پتانسیل بین یک لوله گالوانیزه (Zn) و بتن مسلح (ST-B) برابر است با :

$$\Delta U = U_{(St-B)} - U_{(Zn)} = (-۰,۲ \text{ تا } -۰,٤) - (-۰,۹ \text{ تا } -۱,۱)\ V$$

$$\Delta U = ۰,۵ \text{ تا } ۰,۹ \quad V$$

(۷) - ۲ – در ساختمانهای بزرگ (دارای سطح فونداسیون وسیع) نسبت سطح الکترود پی به دیگر فلزات تشکیل دهنده باتری در زمین ، بزرگ بوده و الکترودهای دیگر مانند لوله های آب ، گاز و غیره را که به صورت "آند" عمل می کنند سریع تر تحلیل خواهد داد.

گاهی دفن یک فلز آندی و وصل آن به نقطه همبندی (بزرگ کردن S_{Anodic}) ، ممکن است سرعت تحلیل را تا حد زیادی کم کند .

(۷) – ۳ – به اثبات رسیده است که ایجاد جدایی الکتریکی (همبندی نکردن) چاره خوردگی نخواهد بود و در هر حال امکان تشکیل همبندی نخواسته همیشه وجود دارد . بنابراین تنها راه پیشگیری یا کند کردن فرآیند خوردگی ، انتخاب درست فلزات دیگری است که در زمین دفن خواهند شد .

(۷) – ٤ – پتانسیل مس و بتن مسلح کمابیش برابر یا ممکن است اختلاف بسیار کمی با هم داشته باشند بنابراین ، این دو با هم کاملاً" قابل همبندی به شمار می آیند .

(۷) – ۵ – بیشترین صدمه ای که ممکن است به فلز یک الکترود وارد شود به آن جزء است که با عایقبندی دفن شده باشد . در این صورت اگر در یک یا چند نقطه صدمه ای به عایقبندی وارد آید ، فلز در نقاط صدمه دیده به سرعت تحلیل خواهد رفت و هر چه تعداد نقاط صدمه دیده کمتر و سطح آنها کوچکتر باشد ، سرعت تحلیل بیشتر خواهد بود . در بعضی موارد دیده شده است که یک لوله یا حفاظ کابل ، در مدتی بسیار کوتاه سوراخ شده است .

به منظور جلوگیری از خوردگی سریع فلزات همبندی شده ، استانداردهای معتبر مقادیر حداقلی را برای فلزات مختلف و پوشش آنها تعیین می کنند که در زیر جدول 4P1-۲ برای همین منظور ارائه می شود.

جدول 4P1-۲ حداقل اندازه‌های الکترودهای زمین باتوجه به خوردگی (از DIN VDE 0151/06.86)

الکترود زمین			حداقل اندازه ها				ملاحظاتی درباره الکترودهای نصب شده در حجم بتن
جنس		شکل	هسته			پوشش گالوانیزه	
			سطح مقطع (mm^2)	قطر (mm)	ضخامت (mm)	ضخامت میانگین (μm)	
فولاد گالوانیزه گرم		تسمه	۱۰۰		۳	۷۰	توصیه می‌شود
		میله	۱۰۰		۳	۷۰	
		لوله		۲۵	۲	۵۵	
		الکترود گرد (عمیق)		۲۰		۷۰	
		سیم گرد برای الکترود سطحی		۱۰		۵۰	توصیه می شود
	با روکش سربی	سیم گرد برای الکترود سطحی		۸		۱۰۰۰	برای پی مناسب نیست
	با روکش مسی	میله گرد		۱۵		۲۰۰۰	
مس	گالوانیزه یا روی یا قلع اندود	تسمه	۵۰		۲	۴۰	مناسب است
		میله	۳۵		با		مناسب است
		لوله		۲۰	۲		
		طناب	۳۵	۱٫۸ هر مفتول		۵	مناسب است
	با روکش سربی	طناب	۳۵	۱٫۸ هر مفتول		۱۰۰۰	برای پی مناسب نیست

F4-P1-11

4P1-۴ – استانداردهای مربوط به بتن مسلح پی به عنوان الکترود زمین

در اینجا فقط قسمتهایی از استانداردها و مقررات الکتریکی کلی که ناظر بر مسئله مورد بحث می باشند ارائه شده اند. اما نظر به اینکه پی ها و شالوده ها در قلمرو کارهای ساختمانی می باشند، منطق حکم می کند که شرط استفاده از آنها به عنوان الکترود ، منوط به موافقت عوامل ساختمانی باشد . از طرف دیگر ، بطور قطع و یقین استانداردهای موجود و معتبر الکتریکی (جهانی و ملی) بدون جلب نظر عوامل ساختمانی مبادرت به انتشار چنین استانداردهایی نمی کردند، برای همین وجود استانداردهای الکتریکی ، دلیل بر قبولی اصل موضوع از طرف عوامل ساختمانی تلقی می شود .

نظر به اینکه IEC در دنیا و مخصوصاً در اروپا همه جا گیر می باشد ، ذکر مفاد استانداردهای آن از نظر اطمینان از قبولی همه ملل اروپایی ، کافی است . اما چون آمریکا در بسیاری موارد طبق IEC عمل ننموده و استانداردهای خود را برتر می داند ، قسمتهایی از استاندارد NESC که مربوط به موضوع مورد بحث می باشد نیز ذکر شده است.

IEC = International electrotchnical Comission
NESC = National Electrical Safety Code

NESC (National Electrical Safety Code, U.S.A. 1993) –۱–۴–4P1

مرجع مقررات الکتریکی آمریکا NESC است که شامل تولید – انتقال – توزیع – و همچنین تاسیسات الکتریکی ساختمانها است . مسئولیت تهیه آن بخش از مقررات که مربوط به تاسیسات و بنام NEC است با NFPA و مسئولیت تهیه مقررات بخش مربوط به تولید – انتقال و توزیع یا NESC ، با IEEE است .

NEC= National Electrical Code
NFPA = National fire Protection Association
IEEE = Institution of Electrical and Electronics Engineers

Extract from : NESC C2-1993

Recognized a 8 an American National Standard (ANSI)
Accredited Standards Committee C2-1993

National electrical Safety Code

Secretariat
Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.

94. Grounding electrodes

The grounding electrode shall be permanent and adequate for the electrical system involved. A common electrode or electrode system shall be employed for grounding the electrical system and the conductor enclosures and equipment served by that system, This may be accomplished by interconnecting these elements at the point of connection of grounding conductor, Rule 92.

Grounding electrodes shall be one of the following:

A – Existing electordes

Existing electrodes consist of conducting items installed for purposse other than grounding:

1. Metallic Water Piping System

Extensive metallic underground cold water piping systems may be used as grounding electordes.

NOTE: Such systems normally have very low resistance to earth and have been extensively used in the past. They are the preferred electrode type where they are readily accessible.

EXCEPTION: Water systems with nonmetallic, non-current-carrying pipe or insulating joints are not suitable for use as grounding electrodes.

2. Local Systems

Isolated buride metallic cold water piping connecting to wells having sufficiently low measured resistance to rarth may be used as grounding electrodes.

NOTE: Care should be exercised to ensure that all parts that might become disconnected are effectively bonded together.

3. Steel Reinforcing Bars in Concrete Foundations and Footingas

The reinforcing bar system of a concrete foundation or footing that is not insulated fromdirect contact with earth, and that extends at least 3 ft (900mm) below grade, constitutes an effective and acceptable type of grounding electrode, Where steel supported on this foundation is to be used as a grounding conductor (tower, structure, etc.)it shall be interconnected by bonding between anchor bolts and reinforcing bars or by cable from the reinforcing bars to the structure above the conctete.

The normally applied steel ties are considerde to provide adequate bonding between bars of the reinforcing cage.

NOTE: Where reinforcing bars in concreteare not suitably connected to a metal structure above the conctete , and the latter structure is subjected to grounding discharge currents (even connected to another electrode), there is likelihood of damage to the intervening concrete from gruond seeking current passing through the semiconducting concrete.

IEC (International Electrotechnical Comission) –۲–۴–4P1

IEC مسئول تهیه استانداردها و مقررات و گزارشهای فنی بین المللی است . این استانداردها در خارج از ممالک تحت نفوذ فنی آمریکا اهمیت و کاربرد دارند مخصوصاً در اتحادیه اروپا یا EU . البته آمریکا هم از اعضای فعال IEC است .

Extract from: IEC 364 ELECTRICAL INSTALLATION of BUILDINGS

CHAPTER 54 Earthing arrangement and Protective Conductors – 542 (1980)

542.2 Earth electrodes

542.2.1 The following types of earth electrodes may be used:

- earth rods or pipes:
- earth tapes or wires:
- earth plates:
- earth electrodes embedded in foundations:
- metallic reinforcement in foundations:

Note – special care should be exercised where the construction includes pro-stressed concrete.

- metallic water-pipe systems under the conditions of Sub-clause 542.2.5;

otber suitable underground structures (see also Sub-clause 542.2.6).

Extract from : IEC 1024 Protection of structures against lightning

1.3 Renforced concrete struvtures

Neelwork within rcinforced concrete structures is considered to be electrically continuous privided that it fulfils the following conditions:

a) approximately 50% of interconnections of vertical and horizontal bars are welded or are securely tied:

b) vertical bars are welded or are overapped a minimum of 20 times their diameters and securely tied:

c) electrical continuity of the reinforcing steel is established between individual precast concrete units and other adjacent precast concrete units.

BS (British Standard) ۳-۴-4P1

Extract from : BS Code of Practice 7430 (formerty CP1013) EARTHING

PRITISH STANDARD bs 7430: 1991
Code of Practice for

Earthing

(Formerly CP 1013 : 1965_)

11.2 Structural steelwork ready made and effective earth elecrtode . The total electrode area formed by the underground metalwork of large structured can provide an earth resistance lower than that obtainable by other methods. Overall values well below 1 Ω are obtainable.

The resistance to earth of concrete encased steelwork or of conrete reinfurcing bars will vary according to the type or soil and its moisture content and the design of the foundation . Concretc is hygroscopic and, except in dry locations. Can be of about 30 Ω.m to 90 Ω.m at normal temperatures , Which is lower than lower than that of some types of soil.

فصل چهارم
زمین و مقاومت الکتریکی آن

پیوست ۲ – نکاتی درباره اتصال زمینهای منفرد و مشترک:
۱ – اتصال زمینهای ایمنی فشار ضعیف و عملیاتی جریان ضعیف در تاسیسات
۲ – شرایط استفاده از یک یا دو اتصال زمین در پستهای ترانسفورماتور

4P2 – ۰ – پیشگفتار

با وجود این که جای مسائل طرح شده در این پیوست در فصل چهارم نمی باشد، در حال حاضر جای مناسبتری برای گنجاندن آن به نظر نرسید . فصل چهارم فصلی است مخصوص بحث درباره ساختار زمین و مقاومت آن و خواص الکترودهای زمین . در حالی که در پیوست ۲ ، مسایل مربوط به تعیین علت وصل این یا آن قسمت یا نقطه به زمین، طرح شده اند . ناگفته نماند که هر دو موضوع بحث در این پیوست مهم می باشند.

یادآوری – ۱ :

توجه شود که ایجاد یک یا دو اتصال به زمین مجزا یکی برای ایمنی و دیگری برای عملیات در جریان ضعیف که در بخش 4P2–۱ مورد بحث می باشد با موضوع ایجاد یک اتصال زمین مشترک یا دو اتصال زمین مجزا یکی اتصال زمین سیستم فشار ضعیف (اتصال زمین خنثای فشار ضعیف) و دیگری اتصال زمین بدنه های هادی لوازم فشار متوسط که در بخش 4P2 – ۲ بحث شده است به طور کلی متفاوتند و نباید آنها را با یکدیگر اشتباه نمود.

یادآوری – ۲ :

باید توجه داشت که به طور کلی ، یک الکترود اتصال به زمین به خودی خود هویتی ندارد و تنها پس از وصل این یا آن نقطه از یک سیستم به الکترود ، صاحب هویت می شود . همچنین یک سیستم اتصال به زمین برای هدفی معین ، ممکن است خصوصیاتی را دیکته کند که باید در ساختار آن منظور شود و این موضوع تا حدودی این الکترود را از دیگر الکترودها متمایز کند.

4P2 – ۱ - اتصال زمینهای ایمنی فشار ضعیف و عملیاتی جریان ضعیف در تاسیسات

از دیدگاه بحث ما ، یک سیستم اتصال به زمین برای یکی از دو هدف زیر یا هر دو هدف با هم برپا می شود:

(۱) ایجاد ایمنی در برابر برقگرفتگی موجودات زنده و پیشگیری از آتش سوزی ؛

(۲) ایجاد مسیری برای برگشت جریانهای اتصال به زمین از جمله نشتی برای کار صحیح لوازم برقی .

از طرفی ، در فصل چهارم، به اتصال به زمین با توجه به رعایت مسایل ایمنی نگریسته شده است . اما در اغلب موارد از یک الکترود می توان برای هر دو منظور ایمنی و عملیاتی استفاده نمود، ولی در بعضی موارد مخصوص ، اصرار برای برپایی دو الکترود جداگانه وجود دارد . این خواسته اغلب از طرف مهندسانی که در الکترونیک کار می کنند عنوان می شود که به دنبال ایجاد اتصال به زمین "کم نوفه" (Low Noise) برای لوازم و دستگاههای خود می باشند و در این میان به خطرات داشتن دو اتصال به زمین مجزا اصلاً توجه نمی شود .

این اصل هرگز نباید فراموش شود که :

اگر دو جسم هادی به نحوی مطمئن همبندی نشده باشند ممکن است شرایطی ایجاد شود که بین آنها اختلاف پتانسیل قابل توجهی به وجود آید . چنانچه در دسترس قرار گرفته باشند، باعث برقگرفتگی شوند و یا سبب شروع آتش سوزی گردند.

در سالهای اخیر با زیاد شدن بیش از حد لوازم الکترونیکی در ساختمانهای مختلف، و از جمله اداری و درمانی، که نمونه هایی از آنها در زیر ذکر خواهد شد ، تب بحث درباره لزوم یک یا دو اتصال زمین برای ایمنی وعملیات بالا گرفته است . در گذشته هم این بحث وجود داشته ولی به علت محدود بودن حوزه اثر آن ، بصورتی همه گیر مطرح نمی شده است . در گذشته ، به طور عمده مراکز مخابراتی خواستار اتصال به زمین مجزای عملیاتی بودند مانند :

- تلفن ؛
- رادیو؛
- تلویزیون؛
- آزمایشگاههای مخصوص.

امروزه ، از جمله تاسیساتی که باید به لیست فوق اضافه شوند می توان از اینها نام برد :

- بیمارستانها به دلیل وجود وسایل بیمارستانی دارای همه نوع اجزای الکترونیکی؛
- ادارات و مراکز تجاری که امروزه مملو از لوازم کامپیوتری و نمابر و دیگر اجزای الکترونیکی می باشند؛
- مراکز و ساختمانهایی که در آنها از ابزار دقیق الکترونیکی استفاده می شود؛
- لوازم و دستگاههای دریافت و ارسال ماهواره ای .

4P2–۱–۱ – اشکالهای ناشی از وجود دو اتصال زمین ایمنی – عملیاتی جریان ضعیف

وجود دو سیستم مجزا برای اتصال زمین ، دارای اشکالهای زیر می باشند:

(۱) برای امکان ایجاد دو سیستم اتصال زمین به نحوی که کاملاً نسبت به هم مستقل باشند هیچ تضمینی وجود ندارد:

- دو اتصال زمین ممکن است به علت سهل انگاری یا ندانم کاری به هم اتصال داده شوند . یا
- در "حوزه ولتاژ" همدیگر قرار گیرند (قسمت ۴۸۰ دیده شود) . یا
- عبور جریانهای گالوانیک آنها را به هم مربوط کند (بخشهای 4P1 – ۱ و 4P1 – ۳ دیده شوند) .

(۲) اگر با وجود گفته های بند (۱) بالا ، در برقراری دو اتصال به زمین مجزا موفقیت حاصل شود ، چون دو اتصال به زمین مستقل می باشند (همبندی نشده اند) هر آن ممکن است به علت بروز خرابی یا ضربه صاعقه و غیره بین آنها اختلاف پتانسیل بوجود آید که نتیجه آن برقگرفتگی یا آتش سوزی خواهد بود .

(۳) وجود دو الکترود زمین و اتصالات پیش بینی نشده بین آنها، ممکن است منجر به پیدایش جریانهای گالوانیک و در نتیجه بروز خوردگی شود . (بخشهای 4P1 – ۱ و 4P1 – ۳ دیده شوند) .

پس چاره چیست و چگونه ممکن است این مشکل را برطرف نمود؟

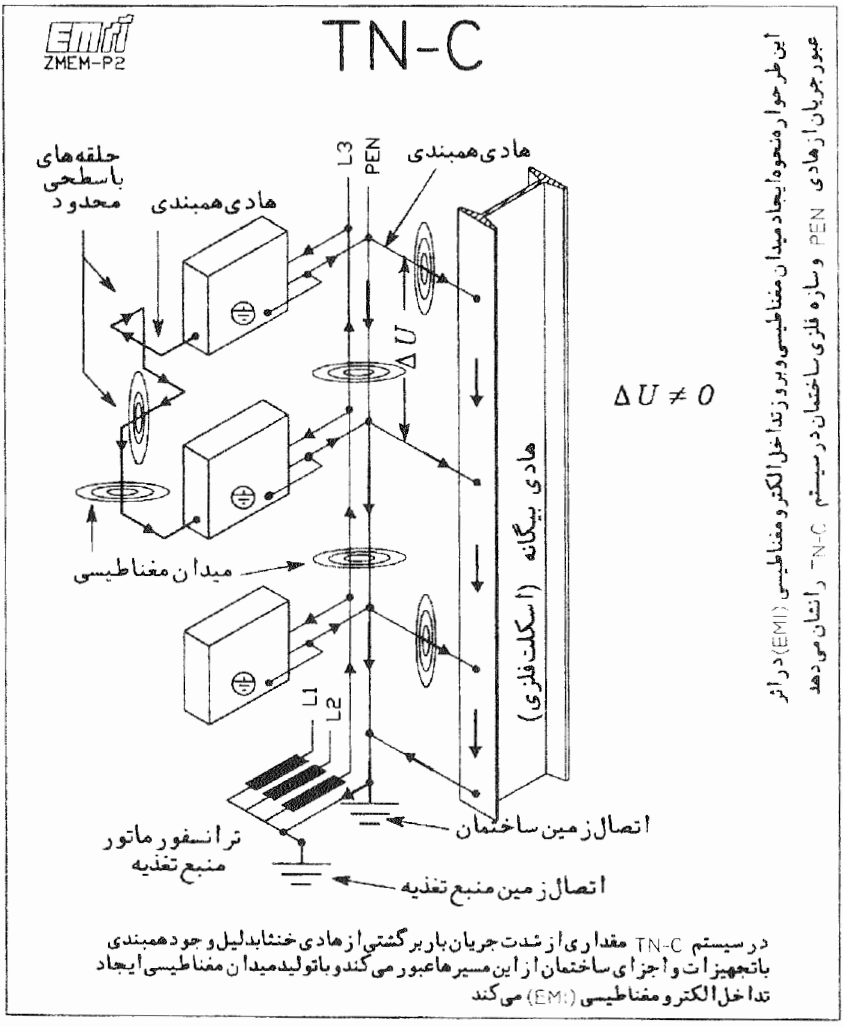
در حال حاضر عقیده متخصصین بر این است که راه چاره برقراری همبندی کم نوفه است .

4P2–۱–۲ – همبندی کم نوفه برای هم‌ولتاژ کردن (low noise equipotential bonding)

در بند ۶۲۱-۲-۱ اشاره شده است که همبندی ، علاوه بر تأمین ایمنی ، سیستمهای الکترونیکی را در برابر آثار امواج الکترومغناطیسی حفاظت می نماید . برای همین در آستانه قرن ۲۱ که یکی از مشخصه های آن ورود الکترونیک و ارتباطات به همه انواع ساختمانها است ، عمل همبندی بسیار مهمتر به شمار خواهد آمد و در ساختمانهای بزرگ ایجاد همبندی علاوه بر نقطه ورود سرویسها به ساختمان ، در نقاط اضافی مانند تابلوهای برق تغذیه کننده لوازم فنی ، لازم خواهد بود .

به طور کلی برای جلوگیری از -EMI- (electro - maganetic interference) یا تداخل امواج الکترومغناطیسی، که ممکن است به طور عمده در اثر جریانهای برگشتی هادی خنثا از چند مسیر به وجود آیند ، لازم است از سیستمهایی که دارای سازگاری و همخوانی بسیار خوبی از نظر اثر امواج الکترومغناطیسی هستند (electro-magnetic compatibility) ، استفاده شود .

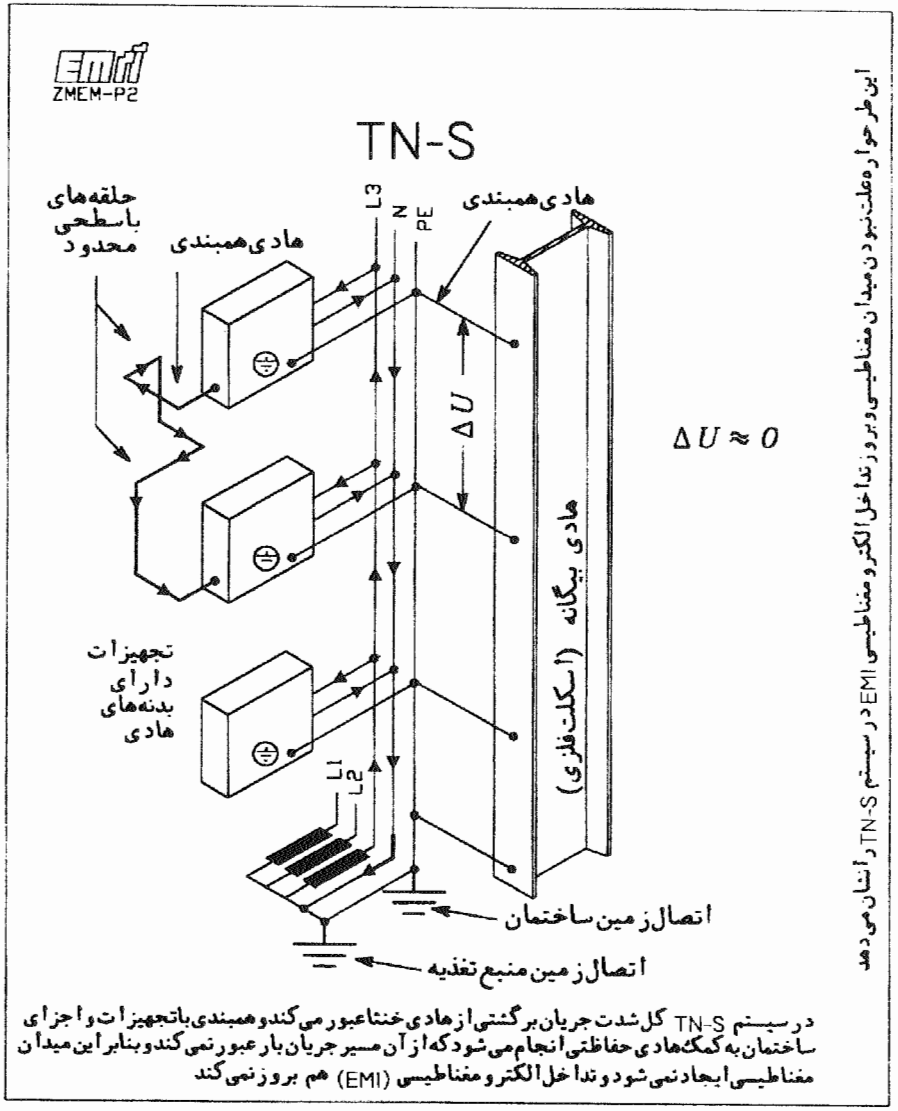
در شکل 4P2 – ۱ نحوه حرکت جریان برگشتی از هادی مشترک حفاظتی / خنثا (PEN) در سیستم TN-C و در شکل 4P2-۲ نحوه حرکت جریانهای برگشتی از هادی خنثا (N) در سیستم TN-S نشان داده شده است.



شکل 4P2-۱ نحوه حرکت جریانهای برگشتی از هادی PEN و مسیرهای اضافی دیگر

شکلهای 4P2-۱ و 4P2-۲ ، فرق بین دو سیستم TN-C و TN-S را از نظر پخش امواج الکترومغناطیسی در حالت عادی (غیر از حالت بروز اتصالی فاز با بدنه) نشان می دهد . دیده می شود که به علت مشترک بودن هادیهای حفاظتی و خنثا (PEN) در سیستم TN-C جریان خنثا تماماً از هادی خنثا عبور نمی کند بلکه بخشی از آن به علت وجود همبندی ، از راه اجزای ساختمانی به مبداء برمی گردد و همین بخش است که ایجاد امواج الکترومغناطیسی و تداخل (EMI) می کند . در سیستم TN-S به دلیل مجزا بودن هادیهای حفاظتی (PE) و خنثا (N) ، هادی خنثا در همبندی

شرکت ندارد و بنابراین هیچ جریانی که مربوط به آن باشد از اجزای ساختمانی عبور نخواهد کرد و (EMI) بروز نخواهد کرد.



شکل 4P2 – ۲ نحوه حرکت جریانهای برگشتی از هادی N بدون استفاده از مسیرهای اضافی

به طور کلی، برای مبارزه با EMI در ساختمانهایی که شامل لوازم الکترونیکی می باشند لازم است نکات زیر رعایت شوند :

- از سیستمهای توزیع ، سیستمهای مورد قبول عبارتند از TN-S ، TT و IT ، به عبارت دیگر نباید از هادی مشترک حفاظتی / خنثا (PEN) استفاده شود و یا استفاده از سیستمهای TN-C به هیچ وجه مجاز نیست .
- در همه جعبه های توزیع لازم است همبندی اضافی برای هم‌ولتاژ کردن پیش بینی شود .

همه همبندیهای هم‌ولتاژ کننده باید موارد زیر را شامل شوند :

- هادی حفاظتی (PE) ؛
- لوله کشیهای فلزی آب ؛
- لوله کشیهای گاز ؛
- لوله کشیها و سیستمهای خنک کننده ؛
- سیستمهای تهویه؛
- اجزای فلزی سازه های ساختمان (اسکلت فلزی و یا میلگردهای بتن مسلح) ؛
- هرگونه لوله کشیهای فلزی دیگر .

ساختمانهایی که باید از TN-S استفاده کنند برای مثال عبارتند از ساختمانهای مربوط به تاسیسات فنی مخابرات، ساختمانهای دارای شبکه های رایانه و بیمارستانها و ساختمانهای مشابه آنها .در مورد بیمارستانها یادآور می شود که امروزه هم در زمینه های تشخیص و هم درمان، از وسایل الکترونیکی حساس نسبت به امواج الکترومغناطیسی استفاده می شود (MIR ، CT-SCAN و بسیاری تجهیزات حساس دیگر) .

بدیهی است که مطالب گفته شده درباره مزایای سیستم TN-S نسبت به سیستم TN-C فقط در هنگام سالم بودن کلیه مدارها صحیح خواهد بود و اما اگر به هر دلیل در یکی از مدارها اتصالی بروز کند تا قطع خودکار اتصالی (به مدت بسیار کوتاه) یا اگر در سیستم نشتی قابل ملاحظه ای وجود داشته باشد، (به طور دایم) تداخل امواج الکترو- مغناطیسی (EMI) وجود خواهد داشت .

4P2-۲- شرایط استفاده از یک یا دو اتصال زمین در پستهای ترانسفورماتور

4P2-۲-۰- پیشگفتار

در این بخش ، اتصال به زمین از دیدی متفاوت مورد بررسی قرار می گیرد .

در تاسیسات ، هدف اصلی این است که با همبندی همه بدنه ها و اجزای ساختمانی تا جایی که ممکن است از بروز اختلاف پتانسیل جلوگیری شود . اما در پستهای ترانسفورماتور که دو ولتاژ فشار قوی و ضعیف در کنار هم قرار دارند، مواردی پیش می آید که باید از ۲ اتصال به زمین مختلف استفاده شود تا ایمنی برقرار بماند .قبل از شروع بحث اصلی، لازم است به چند نکته توجه شود:

(۱) یک پست ترانسفورماتور فضایی است که به آن "فضای عملیاتی اختصاصی" گفته می شود . فضای عملیاتی اختصاصی فضایی است که در آن کارهای اختصاصی برقی انجام می شود و در نتیجه فقط ورود افراد کاردان و خبره به آنها آزاد است .

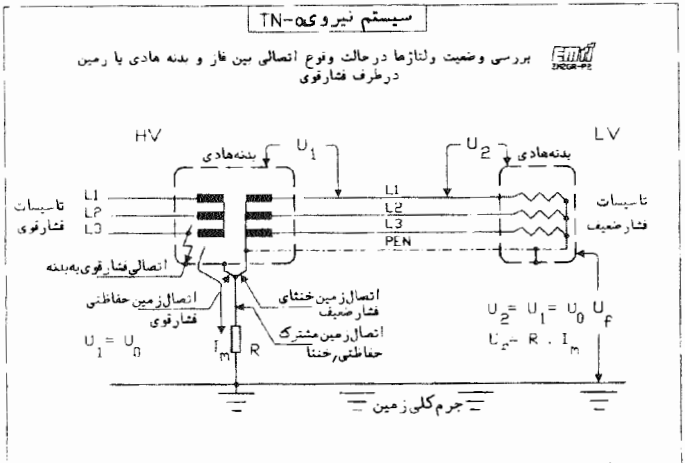
(۲) در این فضاها هر دو ولتاژ فشار قوی (۱۱-۲۰-۳۳ کیلوولت) و فشار ضعیف (۳۸۰/۲۲۰ ولت) در کنار هم قرار دارند.

(۳) فقط حالتی مورد توجه قرار می گیرد که در آن بین یکی از فازهای فشار قوی و بدنه هادی تابلوی فشار قوی یا ترانسفورماتور، اتصال کوتاه ایجاد می شود . موارد دیگری هم ممکن است پیش آیند اما به علت نادر بودن آنها، مورد بحث قرار نمی گیرند.

(٤) اگردر حالت بروز اتصال بین فاز و بدنه هادی در فشار قوی حوزه اثر آن محدود به فضای عملیاتی اختصاصی می بود، به دلیل محدود بودن دسترسی به آنها فقط برای پرسنل کاردان، رعایت مسایل کمتری برای ایمنی لازم می شد . اما اینگونه نیست و حوزه اثر این اتفاق تا دورترین نقطه شبکه توزیع فشار ضعیف و تاسیسات ، ادامه دارد.

4P2-۲-۱ - حالت اول - پست ترانسفورماتور با اتصال زمین مشترک برای فشار قوی و ضعیف بروز اتصالی بین فاز و بدنه در فشار قوی، در تاسیسات فشار ضعیف خطر برقگرفتگی می آفریند

در شکل 4P2-۳ ، طرحواره یک پست ترانسفورماتور که دارای تنها یک الکترود اتصال به زمین است نشان داده شده است که همه بدنه های هادی و هادی خنثای فشار ضعیف را به زمین وصل می کند . اگر مقاومت این الکترود زمین "مشترک" نسبت به جرم کلی زمین R باشد و در صورت وقوع اتصالی بین یک هادی فاز با بدنه هادی در فشار قوی شدت جریان برابر Im باشد، ولتاژ بدنه های هادی فشار قوی و فشار ضعیف هر دو نسبت به جرم کلی زمین ، برابر خواهد بود با R.Im (ولت) .



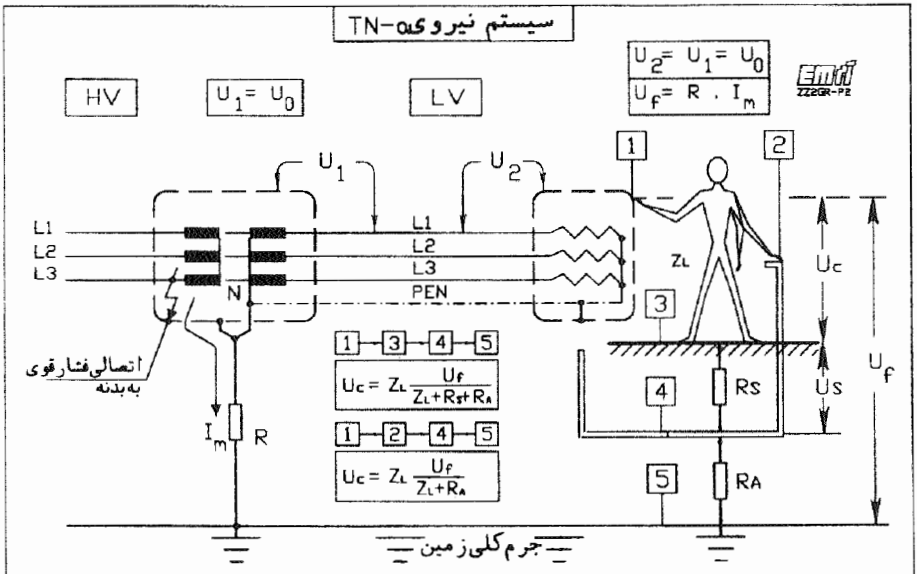
شکل 4P2 -۳ طرحواره پست ترانسفورماتور با یک الکترود زمین مشترک حفاظتی / خنثا در سیستم TN یا TN-a

نظر به اینکه در سیستم **TN** که دارای یک اتصال به زمین در پست ترانسفورماتور است ، بدنه های هادی تجهیزات فشار ضعیف از طریق یک هادی مشترک حفاظتی/خنثا (**PEN**) یا هادی حفاظتی (**PE**) به بدنه های هادی فشار قوی وصل می باشند ، پتانسیل **Uf** که پتانسیل اتصال کوتاه نامیده می شود برابر همین مقدار خواهد بود : **Uf = R.Im**

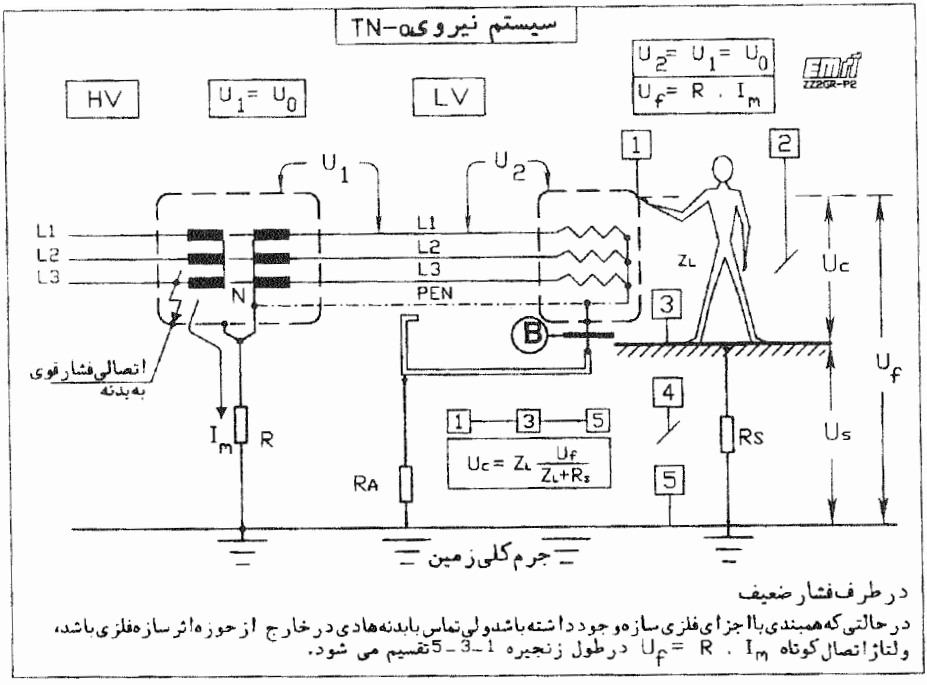
این ولتاژی است که ممکن است هر فردی را که در هر نقطه ای از تاسیسات با یکی از بدنه هادی فشار ضعیف در تماس است دچار برقگرفتگی نماید . البته ولتاژ تماس **Uc** (ولتاژی که ایجاد برقگرفتگی میکند) ، قدری کوچکتر از **Uf** خواهد بود : **Uc<Uf** . در شکلهای **4P2**-٤ و **4P2**-٥ چند حالت خصوصی از حالتهای ممکن در تشکیل ولتاژ برقگرفتگی **Uc** نشان داده شده اند .

از طرف دیگر ولتاژ هر فاز فشار ضعیف نسبت به بدنه ترانسفورماتور (بدنه فشار قوی) یا **U1** که قبل ازوقوع اتصال کوتاه برابر **U0** بود بعد از وقوع اتصال کوتاه در همان مقدار باقی می ماند : **U1-U0**

این بدان معنا است که ولتاژ اتصال کوتاه **Uf** ، علاوه بر ولتاژ عادی فشار ضعیف **U0** ، بر عایقبندی فشار ضعیف در تابلوها و تجهیزات فشار ضعیف در پست ترانسفورماتور تحمیل نخواهد شد زیرا بدنه ترانسفورماتور و نقطه خنثای فشار ضعیف (**N**) به همدیگر وصل بوده و ولتاژ آنها به یک اندازه بالا میرود .



شکل **4P2** – ٤ برقگرفتگی در حالتهای خصوصی با اتصال زمین مشترک حفاظتی - خنثا در سیستم **TN**



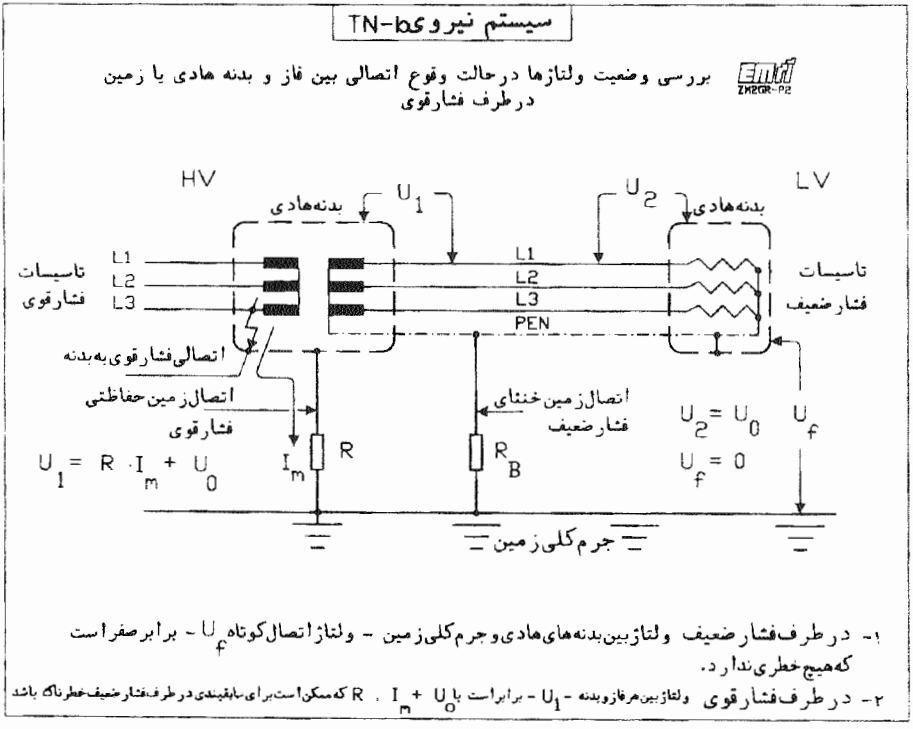
شکل 4P2- ۵ برقگرفتگی در یک حالت خصوصی با اتصال زمین مشترک حفاظتی - خنثا در سیستم TN

4P2- ۲-۲- حالت دوم - پست ترانسفورماتور با اتصال زمینهای منفرد برای فشار قوی و ضعیف بروز اتصالی بین فاز و بدنه در فشار قوی، تجهیزات فشار ضعیف را در برابر شکست عایقبندی می گذارد.

در شکل 4P2 -٦، طرحواره یک پست ترانسفورماتور که دارای دو الکترود اتصال زمین مستقل است نشان داده شده است (برای مفهوم "الکترود اتصال به زمین مستقل"، بند ٤٠١-٢ را ببینید).

بدنه هادی ترانسفورماتور به یک الکترود زمین (حفاظتی فشار قوی) و هادی خنثای فشار ضعیف همراه با بدنه های هادی فشار ضعیف به یک الکترود زمین دیگر (خنثای فشار ضعیف) که مستقل از اولی است وصل شده اند. اگر مقاومت الکترود زمین حفاظتی فشار قوی نسبت به جرم کلی زمین **R** باشد و شدت جریان اتصالی بین یک هادی فاز با بدنه هادی در فشار قوی برابر **Im** باشد، فقط ولتاژ بدنه هادی ترانسفورماتور نسبت به جرم کلی زمین به اندازه **R.Im** (ولت) بالا خواهد رفت، در حالی که ولتاژ بدنه های هادی تاسیسات فشار ضعیف نسبت به زمین و ولتاژ هر فاز فشار ضعیف نسبت به بدنه ها در تاسیسات فشار ضعیف، هیچ تغییری نخواهد کرد. اما ولتاژ هر یک از فازهای فشار ضعیف نسبت به

بدنه هادی ترانسفورماتور به اندازه $Uf = R.Im$ بالا خواهد رفت. یعنی ولتاژ U1 دیگر برابر U0 (قبل از اتصال کوتاه) نخواهد بود بلکه برابر $U1 = U0 + R.Im$ خواهد شد.



۱- در طرف فشارضعیف ولتاژبین‌بدنه‌های‌هادی‌وجرم‌کلی‌زمین - ولتاژاتصال‌کوتاه U_f - برابرصفراست که‌هیچ‌خطری‌ندارد.

۲- در طرف فشارقوی ولتاژبین‌هرفازوبدنه - U_1 - برابراست با $I_m + U_0$ ، R که‌ممکن‌است‌برای‌سایقبندی‌در طرف‌فشارضعیف‌خطرناک باشد

شکل 4P2-۶ طرحواره پست ترانسفورماتور باد و الکترود زمین مجزای حفاظتی و خنثا در سیستم TN یا TN-b

4P2 -۲-۳- نتیجه گیری اولیه

از مطالب گفته شده می توان نتیجه های مقدماتی زیر را گرفت :

در صورت وقوع اتصالی بین فاز و بدنه در طرف فشار قوی

۱ - داشتن دو اتصال به زمین مستقل در یک پست ترانسفورماتور دارای مزیت و اشکال زیر است :

مزیت : خطر برقگرفتگی به علت اتصال فاز به بدنه در طرف فشار قوی وجود نخواهد داشت.

اشکال : تابلوهای فشار ضعیف در پست ترانسفورماتور باید دارای عایقبندی بالاتری نسبت به بدنه باشند . در غیر اینصورت، ممکن است به علت بالا رفتن ولتاژ بین فاز و خنثا شکست عایقبندی پیش آید.

۲- داشتن یک اتصال به زمین مشترک در پست ترانسفورماتور دارای مزیت و اشکال زیر است:

مزیت: برپایی یک الکترود زمین بسیار ساده تر و ارزانتر از دو الکترود است.

یادآوری - به طوری که بعداً دیده خواهد شد، در بعضی شرایط برپایی دو الکترود اتصال به زمین اصلاً مقدور نیست.

اشکال: اگر شرایط مناسب نباشد (مقاومت R به قدر کافی کوچک نباشد یا Im بیش از حد بزرگ باشد) مقدار Uf = RIm بزرگ و خطر آفرین خواهد بود، یعنی ممکن است در تاسیسات برقگرفتگی و آتش سوزی ایجاد کند.

4P2 -۲-۴- مسایلی که در احداث الکترود یا الکترودهای زمین پست باید به آنها توجه شود.

در عمل، ایجاد ۱ یا ۲ اتصال به زمین در یک پست مستلزم رعایت نکاتی است. نادیده گرفتن آنها ممکن است ایمنی یا حفاظت را به خطر اندازد. این نکات عبارتند از:

(۱) اولین عاملی که باید در تصمیم گیری نسبت به داشتن ۱ یا ۲ اتصال به زمین در یک پست مورد توجه قرار گیرد، نوع خط یا خطوط فشار قوی ورودی به پست است. اگر حتی ورودی فشار قوی به پست هوایی یک خط باشد، احتمال نفوذ اضافه ولتاژهای صاعقه به داخل پست زیاد شده و خطرات برقگرفتگی در طرف فشار ضعیف محتملتر می گردد. بنابراین وجود خط هوایی ورودی فشار قوی به پست، احداث ۲ الکترود زمین را ایجاب می کند. از نظر بحث ما فرق مهمی که بین یک خط هوایی و کابلی فشار قوی وجود دارد در این است که کابل دارای غلاف فلزی است که به کم کردن مقاومت اتصال به زمین کمک فراوان می کند در حالی که خط هوایی این خاصیت را ندارد و از این بابت ارجحیت با خط کابلی است.

(۲) در صورتی که ایجاد ۲ اتصال به زمین لازم به نظر آید، این دو باید مستقل باشند و خارج از حوزه ولتاژ یکدیگر قرار گیرند (بند ٤٠١-۲ دیده شود). اما در بعضی موارد رعایت این شرط عملی نیست، مانند حالتی که حفظ فاصله لازم برای "مستقل" شدن الکترودها نسبت به هم به دلیل وجود اجسام فلزی دفن شده در آن منطقه، امکان نداشته باشد.

(۳) یکی دیگر از اشکالات مربوط به اتصال زمین در پستهای ترانسفورماتور، تصمیم گیری درباره نحوه زمین کردن بدنه های هادی تابلوهای فشار ضعیف است. این مسأله موقعی پیش می آید که پست دارای ۲ اتصال به زمین مجزا باشد. سؤال این است که بدنه های فشار ضعیف را به کدام یک از دو الکترود زمین وصل باید کرد: به آن الکترودی که تابلوهای فشار قوی را زمین می کند ("الکترود فشار قوی") یا آن که خنثای فشار ضعیف (PEN) را زمین می کند ("الکترود فشار ضعیف"). به ظاهر جواب این سؤال روشن است و تابلوهای فشار ضعیف را باید به زمین "فشار ضعیف" وصل کرد. اما به دلایلی که گفته خواهد شد در بسیاری از موارد انجام این کار اشتباه خواهد بود و مزایای ایجاد دو اتصال به زمین مستقل با این عمل از بین خواهد رفت. زیرا بین تابلوهای فشار قوی و ضعیف، به ترتیب زیر همبندی "طبیعی" وجود دارد:

در پستهایی که سازه آنها بتن مسلح یا اسکلت فلزی است یا به طور کلی دارای نوعی ساختمان می باشد، مجزا کردن بدنه های تابلوهای فشار قوی و ضعیف از یکدیگر از نظر الکتریکی امکانپذیر نیست. در پستهای نوع "کیوسک" که تمام

فلزی بوده و دارای تابلوی فشار قوی و ضعیف به شکل عادی آن نیستند این مطلب به صورتی بارزتر خود را نشان می دهد.

میلگردهای به هم پیوسته یک سازه بتنی یا اجزای فلزی یک سازه اسکلت فولادی ، بدنه تابلوهای مختلف را به طور "طبیعی" و ناخواسته به هم وصل می کند. مخصوصاً" اگر برای تثبیت موقعیت تابلوها لازم باشد آنها را به اجزای فلزی سازه جوشکاری یا به نحوی دیگر محکم کرد . از این راه تابلوهای فشار ضعیف و فشار قوی به اجبار به هم وصل می باشند و نمی توان آنها را تفکیک و از نظر برقی از همدیگر مجزا نمود . خلاصه اینکه وصل بدنه تابلوی فشار ضعیف به هادی PEN برابر است با همبندی دو الکترود فشار ضعیف و فشار قوی به همدیگر که نقض غرض می باشد. به عبارت دیگر تنها وقتی امکان زمین کردن تابلوهای فشار ضعیف از طریق هادی PEN وجود دارد که نسبت به مجزا بودن بدنه های تابلوهای فشار قوی و ضعیف نسبت به هم اطمینان حاصل شده باشد که در عمل چنین حالتی به ندرت وجود خواهد داشت .

با توجه به مطالب بالا، اگر با نصب تابلوهای فشار ضعیف روی کفپوشهای عایق (مثلاً" لاستیک) شرایطی بوجود آید که وصل بدنه های هادی از طریق هادی PEN ممکن گردد، لازم خواهد بود عایقبندی هادیهای فاز و خنثا نسبت به بدنه های هادی با درجه بالاتری از عایقبندی انتخاب شود زیرا : $U1 = U0 + R.Im$. بند 4P2-۲-۲ و شکل 4P2-٦ دیده شوند.

(٤) اشکال دیگری که به اتصال زمین در پستهای ترانسفورماتور مربوط می شود، وضعیتی است که کابلهای زره دار بدون غلاف عایق بوجود می آورند . فرق کابلهای با غلاف عایق و کابلهای بدون غلاف عایق از نظر بحث ما در این است که کابلهای اخیر در تماس با زمین می باشند و چون در همبندی با اجزای زمین شونده شرکت دارند، علاوه بر اینکه به عنوان الکترود عمل می کنند، حوزه ولتاژ سیستم الکترودی را که به آن وصلند تا جایی که امتداد می یابند ، گسترده می کنند. این کار ممکن است، دو الکترود زمین را در حوزه ولتاژ همدیگر قرار دهد و یا ایجاد دو الکترود مستقل پستها را با مشکل روبرو کند . نباید فراموش شود که تاثیر کابلهای فشار ضعیف زره دار در بسط حوزه اثر الکترود زمین، ممکن است خیلی بیشتر از کابلهای فشار قوی باشد.

یادآوری - کابلهای مجهز به زره یا با غلاف فلزی دیگر ، هنگامی در تماس با زمین به حساب می آیند که پوشش یا غلاف عایق، مانند غلاف پلاستیکی ، نداشته باشند . پوشش نهایی از کنف قیراندود ، عایق به حساب نمی آید، در حالی که غلاف پلاستیکی یا لاستیکی یا پلی اتیلنی ، عایق اند و بنابراین زره اینگونه کابلها در تماس با زمین نخواهد بود . در سالهای اخیر نوعی غلاف نیم هادی پلاستیکی به بازار آمده که مزایای غلاف پلاستیکی و تماس با زمین را یکجا دارد . بخش ٤٥١ را ببینید .

به طور خلاصه در ایجاد الکترودهای پستهای توزیع باید به موارد زیر توجه شود:

- شرایط پست (۱) ، برقراری یک یا دو اتصال به زمین را ایجاب می کند؟

- اگر ایجاد دو الکترود لازم باشد، شرایط محلی (۲) امکان این کار را می دهند؟

- اگر ایجاد دو الکترود لازم باشد، بدنه های هادی تابلوهای فشار ضعیف پست (۳) باید از راه اتصال زمین فشار قوی زمین شود یا می توان با وصل به اتصال زمین خنثای فشار ضعیف آنها را زمین نمود؟

- آیا کابلهای فشار ضعیف خروجی از پست (۴)دارای زره یا غلاف فلزی می باشند که مجهز به غلاف رویی پلاستیکی نیستند؟

یادآوری - امتداد حوزه ولتاژ یک الکترود نه تنها از طریق زره کابل بلکه هر نوع جسم فلزی دیگر مانند لوله و نظایر آن امکانپذیر می باشد. بنابراین لازم است نسبت این مسأله دقت کافی به عمل آید.

با توجه به تمامی صحبت های بالا در عمل ترکیبهای متعددی از شرایط وجود دارند که شماری از آنها در زیر تشریح شده اند.

4P2 -۲-۵- جمع بندی کلی مطالب مربوط به اتصال زمین

(۱) احداث دو الکترود زمین برای هر پست مطمئن تر از یک الکترود است مگر آنکه انجام این کار بی حاصل باشد (بند 4P2-۲-٤-(۲) دیده شود)، یا شرایط مساعد فقط برای احداث یک الکترود موجود باشد.

(۲) اگر یک الکترود احداث شود، برای پایین بودن ولتاژ اتصال کوتاه Uf، لازم خواهد بود R یا Im و یا هر دوی آنها کوچک باشند. نظر به اینکه Im بستگی به عواملی خارج از کنترل تاسیسات دارد، مخصوصاً باید در پایین نگه داشتن R دقت شود.

به طور خلاصه، طبق IEC اگر یکی از دو شرط زیر برقرار باشد، احداث تنها یک الکترود زمین برای پست ترانسفورماتور کافی خواهد بود:

- اگر همه یا قسمتی از کابلهای متصل به پست اعم از فشار قوی و ضعیف دارای زره فلزی بوده و وصل به زمین باشند و طول کل اینگونه کابلها یک کیلومتر یا بیشتر باشد؛

- اگر مقاومت بدنه های هادی پست نسبت به جرم کلی زمین از یک اهم تجاوز نکند.

چنانچه هیچ یک از دو شرط بالا وجود نداشته باشند، لازم خواهد بود قطع مدار فشار قوی در زمانی مشخص انجام شود که شرایط آن در IEC 364-4-442 ذکر شده است.

(۳) اگر دو الکترود احداث شوند و تابلوهای فشار ضعیف از طریق الکترود زمین فشار قوی زمین شود، تابلوهای فشار ضعیف پست باید بادرجه عایقبندی بالاتری انتخاب شوند. طبق IEC توانایی مقاومت عایقبندی و زمان قطع برق فشار قوی برای تابلوهای فشار ضعیف نباید از مقادیر جدول 4P2-۱ بیشتر باشد.

جدول 4P2-۱

رابطه مقاومت عایقبندی در تابلوهای فشار ضعیف و زمان قطع فشار قوی

تنش مجاز ولتاژ در تأسیسات فشار ضعیف (LV) (ولت)	مدت زمان مجاز (ثانیه)
۱.۵ Un	> ۱.۵
۱.۵Un + ۷۵۰	≤ ۱.۵

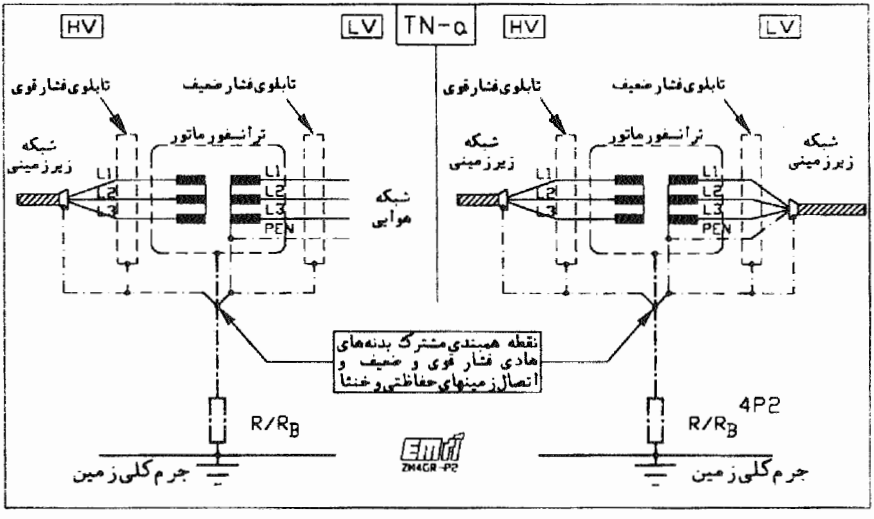
Un = ولتاژ اسمی بین فاز و خنثا (فشار ضعیف)

4P2–۲–۶ – راهنمای احداث الکترود برای یک پست توزیع در سیستم TN

در بخش 4P2 –۲–۳ مسایلی که باید در احداث الکترود یا الکترودهای زمین پست مورد توجه قرار داده شوند بازگو شده است . در زیر نمونه های عملی به صورت طرحواره ارائه می شوند.

(۱) شکل 4P2–۷ طرحواره ساده ترین حالتی را نشان می دهد که برای احداث الکترود زمین در سیستم TN وجود دارد . فرض بر این است که سیستم فشار قوی به طور کامل زیرزمینی است و زره کابلها نیز در تماس با زمین است . در این حالت:

- نوع خط فشار ضعیف (هوایی یا کابلی) در انتخاب یک یا دو الکترود تأثیر ندارد.
- همه بدنه های هادی –اعم از فشار قوی و ضعیف– همبندی شده و به یک الکترود وصل می شوند.
- نقطه خنثای فشار ضعیف و هادی PEN به نقطه همبندی وصل می شود .



شکل 4P2 –۷ ساده ترین حالت برای احداث اتصال زمین مشترک در سیستم TN

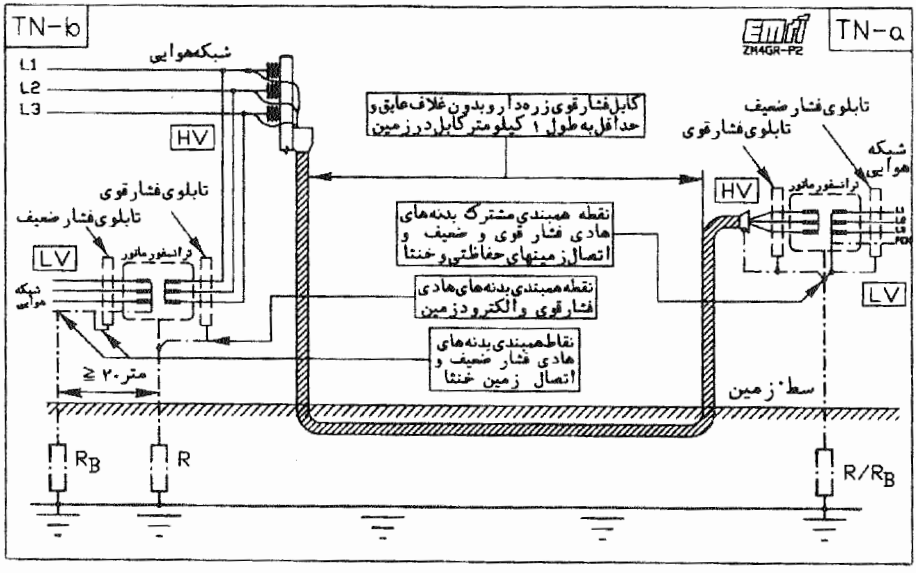
(۲) شکل 4P2–۸ طرحواره حالتی را نشان می دهد که یک خط فشار قوی هوایی از نقطه ای به بعد تبدیل به خط کابلی می شود و زره کابل در تماس با زمین است و به صورت بخشی از الکترود عمل می کند. طول کابل یک کیلومتر یا بیشتر است . در انتهای قسمت هوایی یک پست و در انتهای قسمت کابلی نیز یک پست ترانسفورماتور از خط تغذیه می کند.

الف) – در طرف چپ شکل که پست از خط هوایی تغذیه می کند، شرایط به قرار زیراند:

- چون پست از خط هوایی تغذیه می کند باید دارای دو الکترود مستقل باشد
- همه بدنه های هادی فشار قوی و ترانسفورماتور همبندی شده و به یک الکترود وصل می شوند؛
- نقطه خنثای فشار ضعیف و هادی PEN نیز به کمک الکترود مستقلی زمین می شوند. فاصله این الکترود از الکترود فشار قوی باید حداقل ۲۰ متر باشد.
- بنا به فرض چون سازه ساختمان تابلوها را بطور طبیعی به همدیگر وصل نمی کند، تابلوهای فشار ضعیف باید از طریق الکترود فشار ضعیف زمین شوند.

ب) در طرف راست شکل که پست از خط کابلی تغذیه می کند شرایط به قرار زیراند :

- شروع فشار قوی یک خط هوایی است اما پس از تبدیل آن به خط کابلی که به طول یک کیلومتردر تماس با زمین امتداد دارد ، مشابه حالتی که در آن خطوط فشار قوی سراسر کابلی می باشند . می توان فقط به یک الکترود زمین مشترک بسنده نمود . بند 4P2 -۲-٤-۲(۲) را بینید.
- نقطه خنثای فشار ضعیف و هادی PEN به نقطه همبندی وصل می شود.



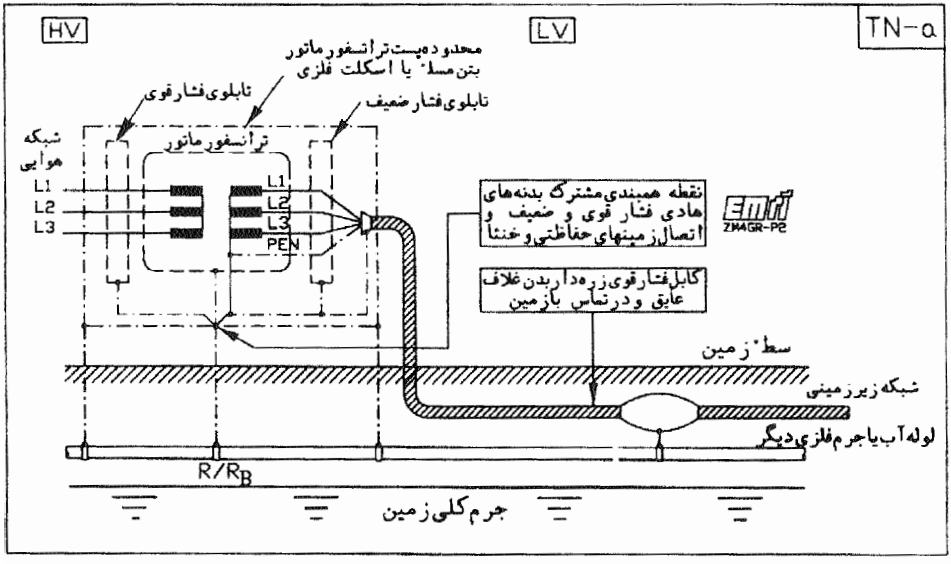
شکل 4P2-۸ دو حالت مختلف برای احداث اتصال زمین - یکی مشترک و دیگری مجزا در سیستم TN

(۳) شکل 4P2 -۹ طرحواره حالتی را نشان می دهد که یک پست ترانسفورماتور بوسیله خط فشار قوی هوایی تغذیه می شود که قاعدتاً باید برای آن دو الکترود زمین مستقل احداث شود، اما چون بنا به فرض امکان احداث دو الکترود

زمین مستقل به علت وجود اجسام دفن شده فلزی در منطقه پست وجود ندارد، چاره ای نیست جز اینکه به یک الکترود بسنده شود .

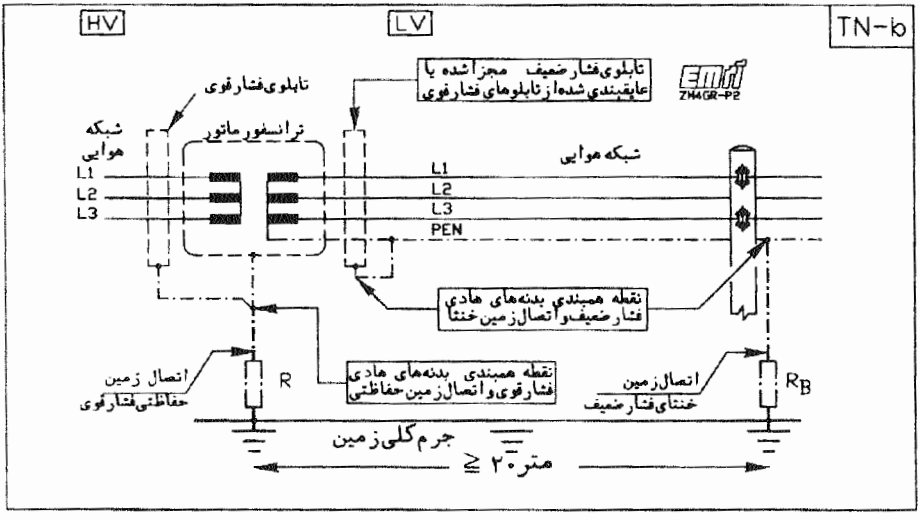
- به دلیل وجود اجسام فلزی در تماس با زمین از آنها هم به عنوان الکترود و هم به عنوان هادی همبندی استفاده می شود . در این حالت همه بدنه های هادی اعم از فشار قوی و ضعیف و اسکلت سازه و همین طور نقطه خنثا و هادی PEN با همدیگر همبندی و به الکترود زمین (اجسام فلزی مورد بحث که در طرحواره به شکل یک لوله نشان داده شده است) وصل می شوند .

یادآوری - فرض بر این است که اجسام دفن شده فلزی در منطقه پست فراوانندکه این خود سبب کم شدن مقاومت اتصال به زمین می گردد و نتیجه اینکه در اغلب موارد شرط ۱ اهم ذکر شده در بند 4P2 -۲-٤ ، برقرار است .



شکل 4P2-۹ حالتی برای احداث اتصال زمین مشترک اگر احداث زمینهای مجزا ممکن نباشد . در سیستم TN

(٤) شکل 4P2-۱۰ طرحواره حالتی را نشان می دهد که یک پست ترانسفورماتور بوسیله خط فشار قوی هوایی تغذیه می شود و خط فشار ضعیف خروجی از پست نیز هوایی است:

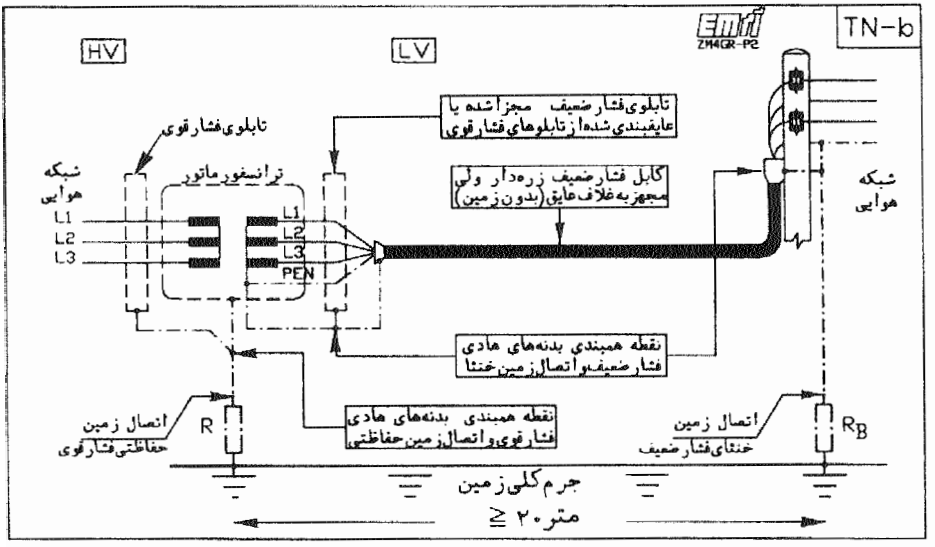


شکل 4P2-۱۰ حالتی با دو اتصال زمین مجزا - خط هوایی و زمین تابلو از طریق PEN در سیستم TN

- چون پست از خط هوایی تغذیه می کند، باید دارای دو الکترود مستقل باشد .
- برای اینکه الکترودها در حوزه ولتاژ یکدیگر قرار نگیرند، فاصله آنها باید حداقل ۲۰ متر باشد.
- چون بنابر فرض ، سازه ساختمان تابلوها را بطور طبیعی به همدیگر وصل نمی کند، تابلوهای فشار ضعیف باید از طریق الکترود فشار ضعیف (هادی PEN) زمین شود .

(٥)- شکل 4P2-۱۱ طرحواره حالتی رانشان می دهد که یک پست ترانسفورماتور بوسیله خط فشار قوی هوایی تغذیه می شود و یک یا چند خط فشار ضعیف خروجی از پست کابلی و با غلاف عایق است:

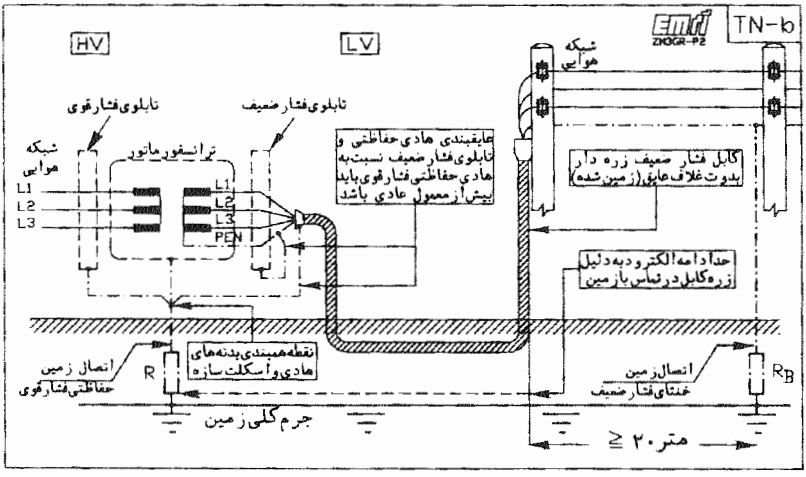
- چون پست از خط هوایی تغذیه می کند، باید دارای دو الکترود مستقل باشد .
- چون بنابر فرض ، سازه ساختمان تابلوها را بطور طبیعی به همدیگر وصل نمی کند ، تابلوهای فشار ضعیف باید از طریق الکترود فشار ضعیف (هادی PEN) زمین شود.
- نظر به اینکه زره کابل با غلافی عایق پوشیده شده است زره در تماس با زمین تلقی نمی شود ولی به موازات هادی PEN عمل می کند و چون در محل پست کاملاً از زمین فشار قوی مجزا است ، حوزه ولتاژ الکترود فشار قوی را تا جایی که ادامه می یابد گسترده نمی کند . با حالت (٦) و شکل 4P2-۱۲ مقایسه کنید.



شکل 4P2-۱۱ حالتی با دو اتصال زمین مجزا - کابل با غلاف عایق و زمین تابلو از طریق PEN در سیستم TN

(٦) شکل 4P2 -۱۲ طرحواره حالتی را نشان می دهد که یک پست ترانسفورماتور بوسیله خط فشار قوی هوایی تغذیه می شود و یک یا چند خط فشار ضعیف خروجی از پست کابلی و با زره در تماس با زمین است:

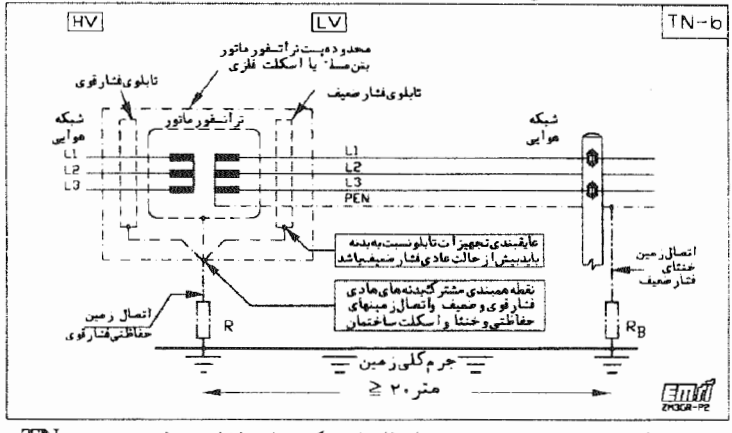
- چون پست از خط هوایی تغذیه می کند باید دارای دو الکترود مستقل باشد.
- زره خطوط فشار ضعیف کابلی در تماس با زمین است و به الکترود زمین فشار قوی وصل می باشند ولی طول آنها کمتر از یک کیلومتر است بنابراین فقط حوزه ولتاژ الکترود فشار قوی را تا جایی که ادامه دارد ، گسترده می کند . با حالت (٥) و شکل 4P2 -۱۱ مقایسه کنید.
- نظر به اینکه زره کابل ، حوزه ولتاژ الکترود فشار قوی را تا اولین تیر شبکه فشار ضعیف امتداد داده است ، برای اینکه الکترود فشار ضعیف در حوزه ولتاژ الکترود فشار قوی قرار نگیرد ، فاصله آن از انتهای کابل فشار ضعیف باید حداقل ۲۰ متر باشد که در شکل این اتصال زمین روی تیر بعدی از محل ختم کابل احداث شده است .
- چون بنابر فرض ، سازه ساختمان تابلوها را بطور طبیعی به همدیگر وصل نمی کند، تابلوهای فشار ضعیف باید از طریق الکترود فشار ضعیف (هادی PEN) زمین شود.
- بین تابلوی فشار ضعیف و هادی اتصال زمین آن در پست باید درجه عایقبندی بالاتری نسبت به هادی اتصال زمین فشار قوی و بدنه های هادی آن وجود داشته باشد .



شکل 4P2-۱۲ حالتی با دو اتصال زمین مجزا - کابل با زره زمین شده و زمین تابلو از طریق PEN در سیستم TN

(۷) شکل 4P2-۱۳ طرحواره حالتی را نشان می دهد که یک پست ترانسفورماتور بوسیله خط فشار قوی هوایی تغذیه می شود و خط فشار ضعیف خروجی از پست نیز هوایی است :

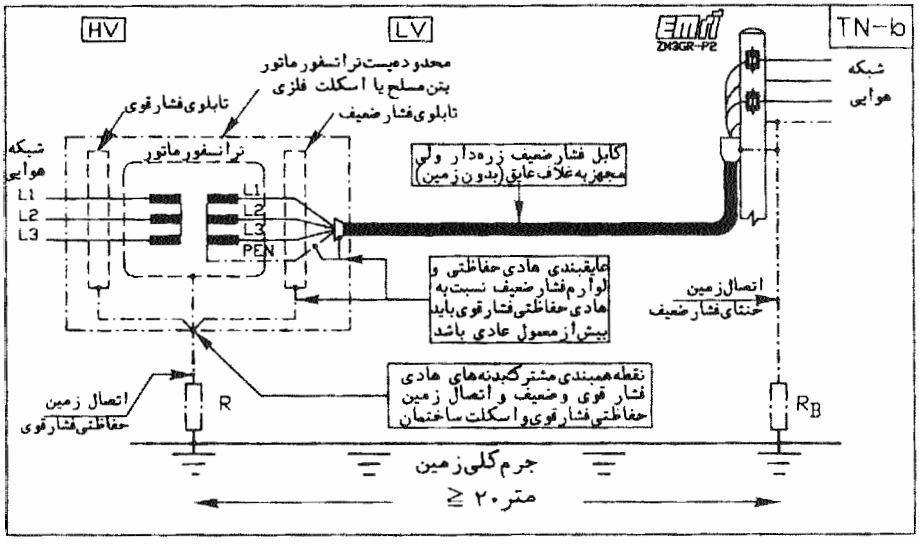
- چون پست از خط هوایی تغذیه می کند باید دارای دو الکترود مستقل باشد.
- برای اینکه الکترودها در حوزه ولتاژ یکدیگر قرار نگیرند، فاصله آنها باید حداقل ۲۰ متر باشد.
- چون بنا بر فرض ، سازه ساختمان تابلوها را بطور طبیعی به همدیگر وصل می کند، تابلوهای فشار ضعیف باید از طریق الکترود فشار ضعیف فشار قوی زمین شود.
- بین هادیهای برقدار در تابلوی فشار ضعیف و بدنه هادی و اتصال زمین آن در پست باید درجه عایقبندی بالاتری نسبت به هادی اتصال زمین فشار قوی و بدنه های هادی آن وجود داشته باشد.



شکل 4P2-۱۳ اتصال زمینهای مجزا- در صورت استفاده از شبکه هوایی فشار ضعیف در سیستم TN

(۸) شکل 4P2-۱٤ طرحواره حالتی را نشان می دهد که یک پست ترانسفورماتور بوسیله خط فشار قوی هوایی تغذیه می شود و یک یا چند خط فشار ضعیف خروجی از پست کابلی و با غلاف عایق است:

- چون پست از خط هوایی تغذیه می کند باید دارای ۲ الکترود مستقل باشد.
- برای اینکه الکترودها در حوزه ولتاژ یکدیگر قرار نگیرند، فاصله آنها باید حداقل ۲۰ متر باشد.
- چون بنابر فرض ، سازه ساختمان تابلوها را بطور طبیعی به همدیگر وصل می کند تابلوهای فشار ضعیف باید از طریق الکترود فشار قوی زمین شود .
- نظر به اینکه زره کابل با غلافی عایق پوشیده شده است زره در تماس با زمین تلقی نمی شود ولی به موازات هادی PEN عمل می کند و چون در محل پست کاملاً از زمین فشار قوی مجزا است، حوزه ولتاژ الکترود فشار قوی را تا جایی که ادامه می یابد ، گسترده نمی کند . با حالت (٦) و شکل 4P2 -۱۲ مقایسه کنید .
- بین هادیهای برقدار در تابلوی فشار ضعیف و بدنه هادی و اتصال زمین آن در پست باید درجه عایقبندی بالاتری نسبت به هادی اتصال زمین فشار قوی و بدنه های هادی آن وجود داشته باشد.



شکل 4P2-۱٤ حالتی با دو اتصال زمین مجزا - کابل با غلاف عایق و زمین از طریق HV در سیستم TN

4P2–۲–۷– نتیجه گیری کلی با در نظر گرفتن شرایط رایج در کشور برای سیستم TN

(۱) خطوط فشار قوی –هم خطوط کابلی و هم خطوط هوایی در کشور ما متداولند . در صورتی می توان از زره کابلها به عنوان الکترود زمین استفاده کرد که زره در تماس با زمین باشد، اما استفاده از کابلهای با غلاف پلاستیکی آنها را از رده "در تماس با زمین" خارج می کند . با در نظر گرفتن این موضوع لازم است هنگام تصمیم گیری درباره یک یا دو اتصال به زمین ، به این موضوع توجه شود .

(۲) نوع ساختمان – جز در مورد بعضی از انواع پستهای هوایی ، نوع ساختمان پست هر چه باشد (آجری ، بتنی ، فولادی) ، تضمین مجزا بودن تابلوهای فشار ضعیف از تابلوهای فشار قوی ممکن نیست. لذا به نظر می رسد در همه موارد کار درست این باشد که تابلوهای فشار ضعیف با بدنه های فشار قوی همبندی شوند و در صورتی که پست دارای اتصال زمینهای مجزا باشد، تابلوهای فشار ضعیف پست ، با کلاس عایقبندی بالاتری انتخاب شوند.

(۳) کابلهای فشار ضعیف – در ایران استفاده از کابلهای فشار ضعیف با زره یا غلاف فلزی فقط در بعضی صنایع پیشرفته متداول است و در بقیه موارد از کابلهای غلاف پلاستیکی استفاده می شود . لذا استفاده از غلاف فلزی کابلهای فشار ضعیف فقط در مواردی نادر ممکن می باشد.

فصل پنجم
اثرهای عبور برق از بدن انسان

۵۰۰ – پیشگفتار

۵۰۰–۱ – ملاحظات عمومی

مهمترین خطر برق ، بروز برق زدگی در موجودات زنده در نتیجه تماس با برق است . در فصل ششم درباره روشهای جلوگیری از برقراری تماس، یا قطع برق در صورت بروز تماس، صحبت خواهد شد. اما برای درک این روشها لازم است قدری درباره نحوه اثر برق بر انسان مطالعه شود تا علل انجام این یا آن کار برای احراز ایمنی ، معلوم گردد .

۵۰۰–۲ – مقدمه

تا قبل از ورود IEC به میدان تهیه مقررات ایمنی در برابر برقگرفتگی ، ملل مختلف درباره نحوه تأثیر برق بر انسان مطالعات گسترده ای را انجام داده بودند که به علت وجود اختلاف در سلیقه ها و نگرشها ، این مطالعات هیچگاه همفکری لازم بین ملل را ایجاد نکرد . IEC با تهیه استاندارد IEC479 [1] ، که اولین چاپ آن در سال ۱۹۷٤ منتشر شد، به این اختلافات پایان داد و اینک مدرک فوق راهنمای تهیه مدارک ایمنی در برق می باشد .

برای دسترسی به متن کامل آن لازم است به اصل استاندارد یا مشابه فارسی آن که توسط موسسه استاندارد در تحقیقات صنعتی ایران (ISIRI) منتشر می شود ، مراجعه شود .

استاندارد IEC 479 مشتمل بر چند قسمت است که تأثیر انواع جریانها مانند جریانهای زیر را بر بدن انسان بررسی می کند :

(۱) جریان متناوب؛

(۲) جریان مستقیم ؛

(۳) جریانها مخصوص .

---

1 - IEC 479: effects of current passing through the human body.

۵۰۱- کلیات

۵۰۱-۱- اصول اولیه

نتیجه هایی که از مطالعات مربوط به برقگرفتگی بدست آمده ، مبتنی بر آزمایشهایی است که بر روی حیوانات، اجساد و در بعضی موارد نادر ، انسان زنده به عمل آمده است . این نتایج به قدری محافظه کارانه است که در مورد کودکان ، بدون توجه به سن آنها ، قابل استفاده است . عبور جریان برق از بدن انسان است که سبب برقگرفتگی می شود اما باز هم اشخاصی پیدا می شوند که ولتاژ را مقصر در ایجاد برق زدگی می دانند . آنهایی که با برق سر و کار دارند، می دانند که صحبت درباره جریان مستقل از ولتاژ بی معنا است و رابطه بین این دو ، ناگسستنی و بسیار ساده است :

$$U = IZ$$

در هر صورت هنگام بحث درباره برق زدگی ، کار کردن یا نتیجه گیری بر مبنای شدت جریان ساده تر و قابل فهم تر است اما این نتایج در کاربردهای عملی قابل استفاده نیستند . البته با توجه به رابطه بالا ظاهراً تبدیل جریان به ولتاژ و برعکس بسیار ساده است اما در این رابطه Z که نماینده امپدانس بدن انسان است از یک طرف عددی است آماری و از طرف دیگر مقدار ثابتی ندارد که موضوعی است جداگانه و اولین مورد در ادامه بحث ما خواهد بود .

از بحثهای بعدی معلوم خواهد شد که

خطرات برقگرفتگی بستگی به مسیر جریان از بدن، شدت جریان و طول زمان برقراری آن دارد.

در این فصل منحنیهای جریان / زمان بدست خواهند آمد که از نظر جداسازی مناطق خطرناک و بیخطر مورد بحث قرار خواهند گرفت، اما لازم است توجه شود که این منحنیها برای پیشگیری از برقگرفتگی ، قابل استفاده عملی نیستند.

ملاک تأمین ایمنی:

تعیین مقداری است برای ولتاژ تماس U_T (که از حاصلضرب امپدانس Z_T بدن در شدت جریان I_B بدست می آید) در برابر زمان برقراری آن یعنی t.

البته این مطلب را هم باید در نظر گرفت که رابطه ولتاژ با شدت جریان خطی نیست، زیرا امپدانس بدن بستگی به ولتاژ تماس دارد. برای توضیح درباره ولتاژ تماس U_T و مفاهیم دیگری در این زمینه ها فصل ششم را ببینید .

۵۱- امپدانس بدن انسان

۵۱۰- مشخصه های مقاومت بدن انسان و ساختار آن

در شکل ۵۱۰-۱ طرحواره امپدانس بدن انسان نشان داده شده است . ملاحظه می شود که امپدانس کل بدن انسان یا Z_T از سه قسمت تشکیل شده است: $Z_P 1$ و $Z_P 2$ امپدانس پوست در قسمت ورودی و خروجی جریان و Z_i امپدانس داخلی بدن . امپدانسهای ورودی و خروجی (پوست) مشابه هم می باشند.

۵۱۱- امپدانس پوست بدن انسان (Z_P) و ساختار آن

مقاومت پوست بدن را می توان به صورت تعداد بیشماری مقاومت و خازن موازی تصور نمود . ساختار آن متشکل از لایه ای نیم هادی و المانهای کوچک هادی است . از مشخصه های امپدانس پوست این است که با زیاد کردن جریان عبوری از بدن، از مقدار مقاومت کاسته می شود . اصولاً امپدانس پوست بدن به موارد زیر بستگی دارد:

۱ – ولتاژ ؛

۲ – فرکانس ؛

۳ – زمان برقراری جریان ؛

٤ – سطح کتاکت ؛

۵ – فشار کتاکت ؛

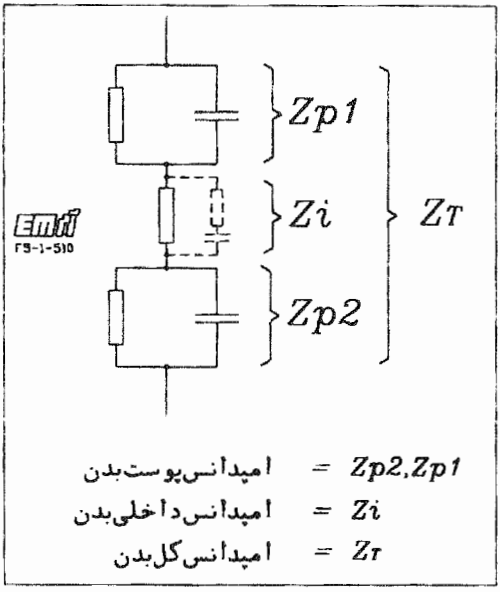
٦ – درجه رطوبت پوست ؛

۷ – دما .

برای ولتاژهای تا ۵۰ ولت، امپدانس پوست حتی در مورد یک فرد معین، بستگی زیادی به سطح کتاکتهای تماس، دما و تنفس دارد.

برای ولتاژهای بالاتر ، بین ۵۰ تا ۱۰۰ ولت، امپدانس پوست به مقدار قابل ملاحظه ای کاهش یافته و در صورت پاره شدن آن تقریباً برابر صفر می شود.

اثر فرکانس بر امپدانس پوست به نحوی است که با زیاد شدن فرکانس ، از مقدار امپدانس کاسته می شود.



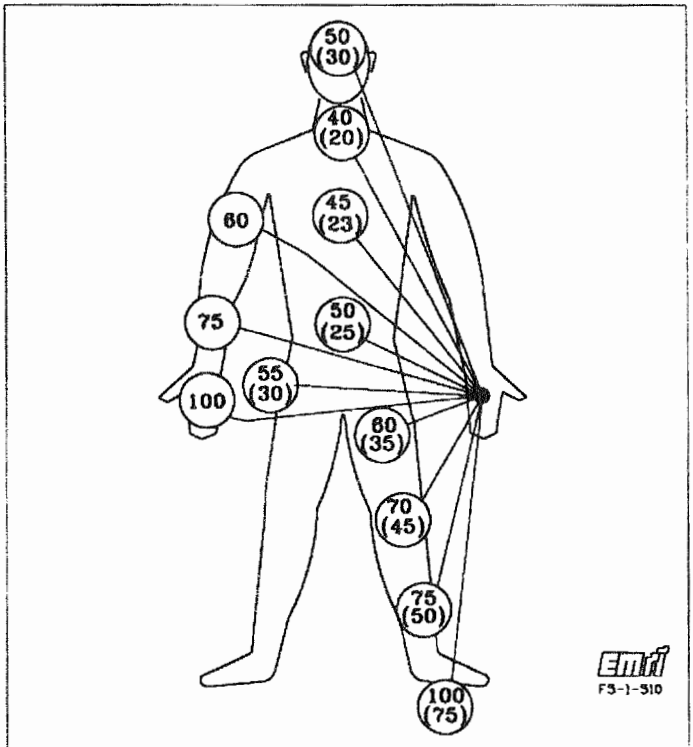
شکل ۵۱۰-۱ اجزای سازنده مقاومت بدن

۵۱۲- امپدانس داخلی بدن انسان (Z_i) و ساختار آن

مولفه امپدانس داخلی بدن انسان بزرگتر از مؤلفه خازنی آن است و به همین سبب می توان آن را مقاومت دانست. با وجود این، برای کامل بودن موضوع در شکل ۵۱۰-۱ ، مدار واقعی امپدانس داخلی بدن به صورت خط چین نشان داده شده است.

مقدار مقاومت داخلی بدن تا حد زیادی بستگی به مسیر عبور جریان در بدن (دست به دست، دست به پا و غیره) و تا حد کمی بستگی به سطح کنتاکتهای تماس دارد با این توضیح که اگر سطح تماس کنتاکت بسیار کوچک (در حد چند میلیمتر مربع) باشد مقاومت داخلی بدن مقدار بیشتری را به خود می گیرد.

شکل ۵۱۲-۱ مقاومت بدن را برای مسیرهای مختلف عبور جریان نشان می دهد.



۱- امپدانس بین یک دست و دست دیگر ۱۰۰٪ انتخاب می‌شود

۲- امپدانس بین یک دست و اعضای نشان داده شده نسبت به امپدانس دست به دست سنجیده می‌شود

۳- اعداد نشان داده شده در پرانتز مربوط به مسیری است بین دو دست و عضو مشخص شده

۴- امپدانس بین یک دست و هر دو پا ۷۵٪ امپدانس دست به دست است

امپدانس بین هر دو دست و هر دو پا ۵۰٪ امپدانس دست به دست است

شکل ۵۱۲-۱ مقاومت داخلی بدن انسان تابعی از مسیر جریان است

۵۱۳- امپدانس کل بدن انسان (Z_T)

از شکل ۵۱۰-۱ واضح است که مقاومت کل بدن انسان شامل مؤلفه های مقاومتی و خازنی است . گفتیم برای ولتاژهای تماس تا ۵۰ ولت به دلیل تغییرات زیاد در امپدانس پوست ، امپدانس کل Z_T هم شدیداً در تغییر است . با رشد

تدریجی ولتاژ تماس ، امپدانس کل هم به تدریج کمتر به امپدانس پوست وابستگی نشان می دهد و با بروز پارگی در پوست ، برابر امپدانس داخلی بدن Z_i می شود .

نظر به این که امپدانس پوست (Z_P) وابسته به فرکانس است (۵۱۱) در نتیجه امپدانس کل بدن (Z_T) در برابر جریان مستقیم بیشتر از امپدانس آن در برابر جریان متناوب است و با بالا رفتن فرکانس ، از مقدار آن کاسته می شود .

۵۱۴- مقاومت اولیه بدن انسان (R_i)

مقدار مقاومت اولیه بدن انسان (R_i) ، از این نظر مهم است که در لحظه برقراری جریان، خازنهای تشکیل دهنده پوست هنوز پر نیستند و برای همین ، امپدانس پوست (Z_P) بسیار کوچک و قابل اغماض است و بنابراین امپدانس داخلی بدن(Z_i) تقریباً" برابر مقاومت اولیه بدن R_i است .

یادآوری - در نشانه اختصاری Z_i ، حرف i اولین حرف کلمه **Internal** یا "داخلی" است در حالی که در نشانه اختصاری R_i ، حرف i اولین حرف کلمه **Initial** یا اولیه است .

مانند امپدانس داخلی (Z_i) ، مقدار مقاومت اولیه (R_i) در درجه اول بستگی به مسیر جریان در بدن و در درجه دوم و به نسبتی کمتر، به سطح کتاکتهای تماس دارد.

۵۱۵- مقادیر آماری امپدانس کل بدن انسان (Z_T)

یادآوری – رتبه صدک (Percentile Rank) مفهومی است آماری . برای مثال اگر در یک گروه آماری ، X% نفرات ، مقاومت کل بدنشان در ولتاژ تماس معین از Y اهم تجاوز نکند، X% را رتبه صدک Y اهم نامند.

با در نظر گرفتن یادآوری بالا ، در جدول ۵-۱ مقاومت کل بدن افراد زنده برای مسیر جریان دست به دست یا دست به پا و برای کتاکتهایی با سطح بزرگ (۵۰-۱۰۰ میلیمتر مربع) در شرایط خشک ، نشان داده شده است.

برای ولتاژهای تا۵۰ ولت، اگر کتاکتها با آب معمولی تر شوند، مقاومت به مقدار ۱۰٪ تا ۲۵٪ کمتر از حالت خشک خواهد بود و اگر به جای آب از مایعات هادی ، استفاده شود، مقادیر ممکن است به نصف حالت خشک برسد.

برای ولتاژهای بیش از حدود ۱۵۰ ولت، اثر رطوبت و سطح کتاکتهای تماس بر مقاومت کل بدن (Z_T)، کم است.

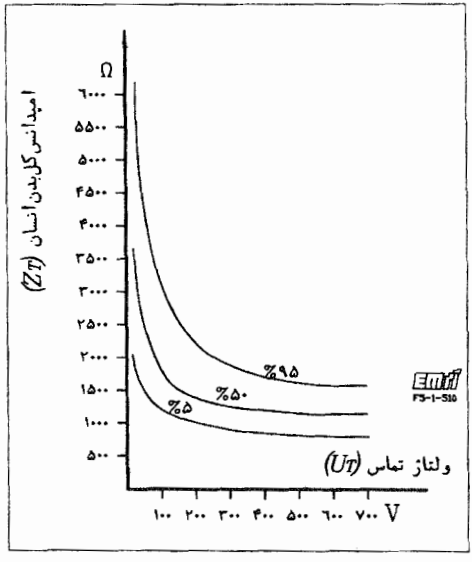
اندازه گیریها بر روی زن و مرد بالغ انجام شده است . در شکل ۵۱۵-۱ گستره امپدانس کل بدن Z_T برای ولتاژهای تماس تا ۷۰۰ ولت و در شکل ۵۱۵-۲ امپدانس کل بدن (Z_T) برای ولتاژهای تماس تا ۵۰۰۰ ولت نشان داده شده است .

جدول ۵ - ۱ مقادیر امپدانس کل بدن انسان (Z_T)

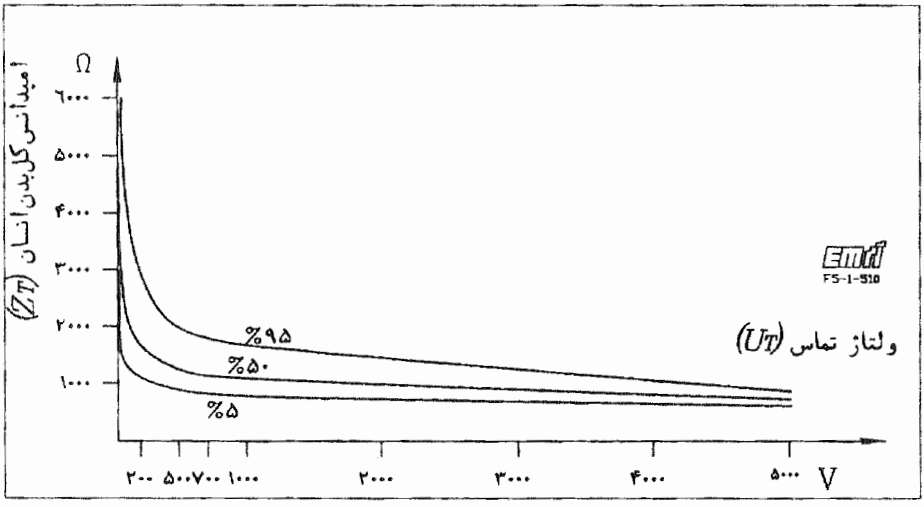
ولتاژ تماس	مقادیر امپدانس کل بدن Ω که از رتبه صدک ذکر شده در زیر تجاوز نمی‌کند		
(V)	%۵	%۵۰	%۹۵
۲۵	۱۷۵۰	۳۲۵۰	۶۱۰۰
۵۰	۱۴۵۰	۲۶۲۵	۴۳۷۵
۷۵	۱۲۵۰	۲۲۰۰	۳۵۰۰
۱۰۰	۱۲۰۰	۱۸۷۵	۳۲۰۰
۱۲۵	۱۲۰۰	۱۸۷۵	۳۲۰۰
۲۲۰	۱۰۰۰	۱۳۵۰	۲۱۲۵
۷۰۰	۷۵۰	۱۱۰۰	۱۵۵۰
۱۰۰۰	۷۰۰	۱۰۵۰	۱۵۰۰
مقدار حد (مجاب)	۶۵۰	۷۵۰	۸۵۰

F5-1-510

در تاریخ تهیه استاندارد IEC 479-1 ، و با در نظر گرفتن مجموعه اطلاعات ملل شرکت کننده در تهیه آن ، تا جایی که مربوط به امپدانس کل بدن ، (Z_T)می شود، مقادیر داده شده در جدول ۵-۱ و شکلهای ۵۱۵-۱ و ۵۱۵-۲ مطمئن ترین اطلاعات در این مورد بوده است .



شکل ۵۱۵-۱ مقادیر آماری امپدان کل بدن انسان زنده برای مسیر جریان د ست به دست یا دست به پا و ولتاژ تماس تا ۷۰۰ ولت



شکل ۵۱۵-۲ مقادیر آماری امپدانس کل بدن انسان زنده برای مسیر جریان دست به دست یا دست به پا و ولتاژ تماس تا ۵۰۰۰ ولت

مقدار مقاومت اولیه بدن انسان(R_i) را برای مسیر جریان دست به دست یا دست به پا می توان برای رتبهء صدک ۵٪، برابر ۵۰۰ اهم انتخاب کرد.

۵۲ - آثار عبور جریان متناوب ۱۵ تا ۱۰۰ هرتز از بدن انسان

۵۲۰-۱- کلیات

در این بخش درباره آثار جریان برق متناوب با فرکانس ۱۵ تا ۱۰۰ هرتز بحث خواهد شد. یادآوری می شود که اطلاعات اصلی مورد استفاده در این بخش بر اساس یافته ها در جریان متناوب صنعتی ۵۰ تا ۶۰ هرتز قرار دارد اما اثر آنها در محدوده فرکانسهای گفته شده هم قابل استفاده فرض می شود، با این توضیح که مقادیر آستانه ای آثار برق در هر دو انتهای پهنه فرکانسها ، شدیدتر می باشد.

شدت جریانهای تعیین شده در اینجا بر حسب مقدار مؤثر است مگر اینکه به نحوی دیگر مشخص شده باشد.

۵۲۱- شدت جریان آستانه درک (treshold of perception)

حداقل شدت جریانی که نوعی احساس در بدن انسان ایجاد کند، به چند عامل بستگی دارد:

(۱) سطحی از بدن که با الکترود در تماس است ؛

(۲) وضعیت محل تماس : خشک، تر، فشار ، دما ؛

(۳) مشخصه های فیزیولوژیک فردی ؛

فرض می شود که انتخاب ۰،۵ میلی آمپر برای این مقدار مناسب است .

۵۲۲- شدت جریان آستانه رهایی (treshold of let-go)

حداکثر شدت جریانی که فردی که الکترودی را در دست دارد، قادر است آنرا رها کند. به چند عامل بستگی دارد:

(۱) سطحی از بدن که با الکترود در تماس است ؛

(۲) شکل و اندازه الکترود؛

(۳) مشخصه های فیزیولوژیکی فردی .

فرض می شود که انتخاب ۱۰ میلی آمپر برای این مقدار مناسب است .

۵۲۳- شدت جریان آستانه فیبریلاسیون بطنی (treshold of ventricular fibrillation)

علت اصلی مرگ در اثر برقگرفتگی فیبریلاسیون بطنی (ventricular fibrillation) به حساب می آیند.

شدت جریان آستانه فیبریلاسیون بطنی به چند عامل بستگی دارد :

(۱) کالبد انسان ؛

(۲) سلامت و وضعیت کار قلب ؛

(۳) مدت زمان عبور جریان ؛

(٤) مسیر عبور جریان در بدن ؛

(۵) نوع جریان (متناوب و فرکانس آن - مستقیم و تموج آن) .

در مورد جریان متناوب ۵۰-۶۰ هرتز ، اگر مدت عبور جریان از یک پریود کار قلب طولانی تر شود، آستانه فیبریلاسیون بطنی به مقداری محسوس تنزل می کند (وضعیت وخیمتر می شود) .

برای برقگرفتگی با زمانی طولانی تر از ۰،۱ ثانیه فیبریلاسیون ممکن است برای جریانهایی با شدت بیش از ۵۰۰ میلی آمپر اتفاق افتد و برای جریانهایی با شدت چند آمپر ، احتمال وقوع فیبریلاسیون فقط هنگامی اتفاق می افتد که برقگرفتگی در دوره آسیب پذیر بطنها (شکلهای ۵۲۲-٦ و ۵۲۲-۷ دیده شوند) شروع شود. در مورد اینگونه برقگرفتگی شدید با زمانی طولانی تر از یک دوره کار قلب ، ممکن است ایست قلبی قابل برگشت رخ دهد.

با در نظر گرفتن مطالب فوق و نتیجه گیریهای بدست آمده از آزمونهای انجام شده بر روی حیوانات و انطباق آنها بر روی انسان، یک منحنی ترسیم شد که احتمال نمی رود پایین تر از آن فیبریلاسیون بروز کند:

برای شدتهای زیاد و زمانهای کوتاه برقراری جریان :

بین ۱۰ میلی ثانیه تا ۱۰۰ میلی ثانیه و بین ٤۰۰ میلی آمپر تا ۵۰۰ میلی آمپر ، خطی شیب دار (تقریباً قائم) انتخاب شده است .

- برای شدتهای کم و زمانهای طولانی برقراری جریان :

بین ۱ ثانیه تا بیش از ۳ ثانیه و بین ۵۰ میلی آمپر تا ٤٠ میلی آمپر به صورت خطی شیب دار (تقریباً قائم) انتخاب شده است .

دو حد بالا و پایین به کمک یک منحنی صاف بر اساس نتایج تجربی به دست آمده به هم وصل شده است .

۵۲۴- آثار دیگر جریان

درست است که علت اصلی مرگ در نتیجه برقگرفتگی ، فیریلاسیون بطنی است اما شواهدی وجود دارد که در برخی مواقع ، مرگ ممکن است به علت خفگی یا ایست قلبی نیز بروز کند.

آثار پاتوفیزیولوژیک زیر نیز ممکن است بروز کند :

(۱) قفل شدگی عضلانی ؛

(۲) اشکال در تنفس ؛

(۳) بالا رفتن فشار خون ؛

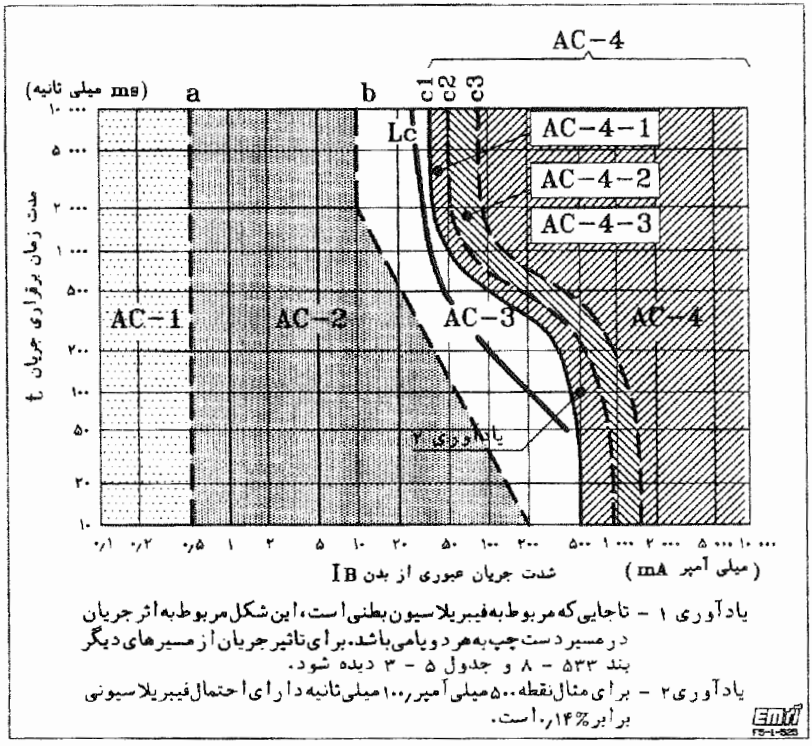
(٤) اختلال در تشکیل و انتقال ضربان قلب شامل فیریلاسیون دهلیزی و ایست قلبی گذرا بدون فیریلاسیون بطنی.

اینگونه آثار کشنده نیستند و معمولاً قابل برگشت می باشند . آثار سوختگی در اثر عبور جریان ممکن است ظاهر شوند.

در اثر جریانهای با شدت چند آمپر ، بروز سوختگیهای سنگین که احتمالاً به مرگ منجر می شوند نیز ممکن است بروز کنند.

۵۲۵- شرح نواحی ایجاد شده بوسیله جریانهای آستانه ای

نتیجه تلفیق مقادیر آستانه ای به دست آمده در بندهای مربوط به درک، رهایی، فیریلاسیون و دیگر اطلاعات موجود در این زمینه ها ، منحنیهای شکل ۵۲۵-۱ است که شرح مناطق بین این منحنیها نیز در جدول ۵-۲ ذکرگردیده است .



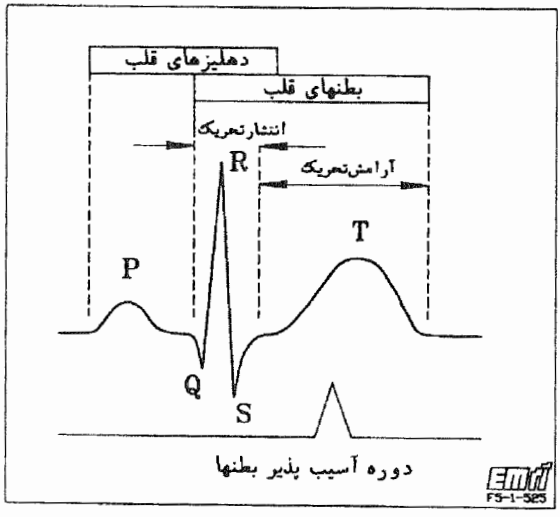
شکل ۵۲۵-۱ حوزه بندی نوع اثر جریان متناوب روی انسان نسبت به زمان (۱۵ تا ۱۰۰ هرتز)

جدول ۵ - ۲ آثار پاتوفیزیولوژیک جریان متناوب

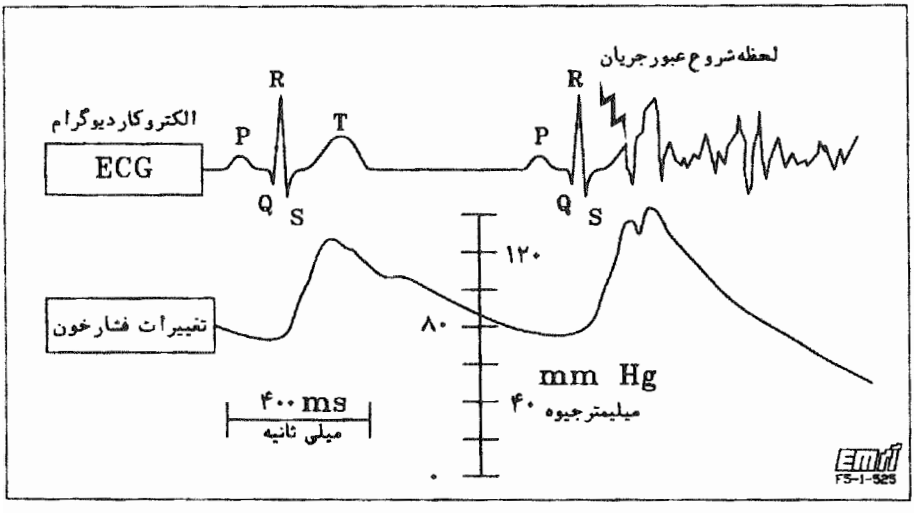
منطقه	اثر فیزیولوژیک
AC-1	معمولا هیچگونه واکنشی وجود ندارد
AC-2	معمولا اثر فیزیولوژیکی زیان آوری وجود ندارد
AC-3	معمولا انتظار نمی رود آسیبی به اندامها وارد شود. امکان انقباض عضلانی و اشکال در تنفس و بروز اغتشاش قابل برگشت در تشکیل و پخش ضربان قلب وجود دارد که با زیاد شدن جریان و طولانی شدن زمان، شدیدتر می شود.
AC-4	علاوه بر آثار منطقه ۳، احتمال بروز فیبریلاسیون تا ۵٪ (منحنی c1) و تا ۵۰٪ (منحنی c2) و در ورای منحنی c3 بیشتر از ۵۰٪ رشد می کند، با زیادتر شدن شدت جریان و طولانی تر شدن زمان، ممکن است آثار پاتوفیزیولوژیک دیگر مانند ایست قلبی، ایست تنفس و سوختگیهای شدید ظاهر شوند.

در عمل مقادیر به دست آمده از منحنی Lc برای زمان رشد جریان که محافظه کارانه تر از منحنی c1 (۵٪) است، برای قطع خودکار مدارها انتخاب می شود.

یادآوری - برای توضیح مسایل مربوط به برقگرفتگی ، شکلهای ۵۲۵-۲ و ۵۲۵-۳ ارائه شده اند . در شکل ۵۲۵-۲ یک سیکل از کاردیوگرام یک قلب سالم نشان داده شده است . بدون وارد شدن به جزئیات همین قدر یادآور می شود که حالت فیبریلاسیون ممکن است هنگامی اتفاق افتد که جریان برق در دوره کوتاهی از آرامش قلب شروع شود که "دوره آسیب پذیر" (vulnerable period) نامیده می شود .



شکل ۵۱۵-۲ دوره آسیب پذیر بطنها در یک پریود کار قلب



شکل ۵۱۵-۳ القای فیبریلاسیون بطنی در منطقه آسیب پذیر پریود قلب و تغییرات فشار خون

در شکل ۵۲۵-۳ ، یک کاردیوگرام طبیعی با شروع عبور برق در "دوره آسیب پذیر" نشان داده شده است . به نحوی که دیده می شود، از لحظه برقراری جریان به بعد ، کاردیوگرام کاملاً" از حالت طبیعی خارج شده است که نتیجه آن افت فشار خون و مرگ می باشد.

۵۲۶- استفاده از ولتاژهایی که از ۵۰ ولت تجاوز نمی کنند.

تجربه بسیاری از کشورهایی که در تهیه گزارش مربوط به برقگرفتگی IEC شرکت داشته اند نشان می دهدکه در شرایط عادی (برای مثال ، تأسیسات استخر و معدن "عادی" به شمار نمی روند) ولتاژ ۵۰ ولت صدمه ای به انسان نمی زند.

برقگرفتگی با ۵۰ولت متناوب یا کمتر هیچ صدمه ای به انسان وارد نمی کند.

۵۲۷ - ضریب جریان قلب

ضریب جریان قلب (F) عددی است که با استفاده از آن و با در دست داشتن شدت جریان "دست چپ به هر دوپا" (Iref) ، که به عنوان مسیر اساسی یا پایه انتخاب می شود، می توان جریان مربوط به اجزای دیگر بدن (In) را که دارای خطری مشابه از نظر فیبریلاسیون بطنی می باشند، محاسبه نمود.

ضریب جریان قلب (F) برای مسیرهای مختلف عبور جریان ، در جدول ۵-۳ نشان داده شده است .

$$I_n = \frac{I\ ref}{F}$$

جدول ۵ - ۳ ضریب جریان قلب برای مسیرهای مختلف

مسیر جریان	ضریب جریان قلب
دست چپ به ⟵ پای‌چپ یا پای‌راست یا هردوپا	۱٫۰
هردودست به ⟵ هردوپا	۱٫۰
دست چپ به ⟵ دست راست	۰٫۴
دست‌راست به ⟵ پای‌چپ یا پای‌راست یا هردوپا	۰٫۸
پشت به ⟵ دست راست	۰٫۳
پشت به ⟵ دست چپ	۰٫۷
سینه به ⟵ دست راست	۱٫۳
سینه به ⟵ دست چپ	۱٫۵
نشیمنگاه به ⟵ دست‌چپ یا دست‌راست یاهردودست	۰٫۷

F5-1-525

برای مثال ، جریانی با شدت ۲۰۰ میلی آمپر بین دو دست ، دارای همان اثری است که جریانی با شدت ۸۰ میلی آمپر بین دست چپ و هر دو پا دارد.

۵۳- آثار عبور جریان مستقیم از بدن انسان

۵۳۰-۱- کلیات

طبق آمار جمع آوری شده به وسیله IEC ، اتفاقات ناگوار در هنگام استفاده از جریان مستقیم ، بسیار کمتر از دفعاتی است که در مقایسه با جریان متناوب انتظار می رود بروز کند و در این میان اتفاقات منجر به فوت فقط در شرایط بسیار نامساعد (مانند معادن) پیش می آیند . علت اصلی این است که "رهایی" از تجهیزات جریان مستقیم آسانتر از تجهیزات جریان متناوب است و برای برقگرفتگی به مدتی طولانی تر از یک دوره کار قلب ، آستانه فیبریلاسیون بطنی در جریان مستقیم بالاتر از نظیر جریان متناوب آن باقی می باشد .

تفاوت اصلی بین جریان متناوب و جریان مستقیم در این است که عمل محرک جریان ، مانند تحریک اعصاب و عضلات ، القای فیبریلاسیون بطنی و دهلیزی و ایست قلبی ، بستگی به تغییرات شدت جریان دارد (مخصوصا" هنگام قطع و وصل جریان) . برای ایجاد تحریکی معادل تحریک ایجاد شده به وسیله یک جریان متناوب ، شدت جریان مستقیم باید ۲ تا ٤ برابر جریان متناوب باشد.

در این بخش درباره آثار جریان برق مستقیم فاقد تموج بحث شده است . اما مقادیر انتخاب شده به قدری محافظه کارانه است که جریانهای مستقیم با تموج پیک تا پیک ۱۵٪ را نیز می پوشاند .

علاوه بر مفاهیمی که در بخش ۵۳ به کار رفته است شده اند ، در جریان مستقیم از مفاهیم اضافی زیر نیز استفاده می شود :

(۱) ضریب تعدیل (k) جریان مستقیم به جریان متناوب : شدت نسبت شدت جریان مستقیم به جریان مؤثر متناوبی است که احتمال القای فیبریلاسیون بطنی آن برابر شدت جریان مستقیم باشد . برای مثال برای زمان برقگرفتگی به مقداری طولانی تر از یک دوره کار قلب ، ضریب تعدیل K بصورت تقریبی برابر است با :

$$k = \frac{Id.c.-fibrillation}{Ia.c.-fibrillation(RMS)} = \frac{300mA}{80mA} = 3.75$$

(۲) جریان طولی : جریانی که در جهت طولی بدن عبور می کند ، مانند دست و پاها .

(۳) جریان عرضی : جریانی که در جهت عرضی بدن عبور می کند ، مانند دست به دست .

(٤) جریان بالارو : جریان مستقیم عبوری از بدن، در حالی که پاها به قطب مثبت وصل باشند.

(۵) جریان پایینرو : جریان مستقیم عبوری از بدن ، در حالی که پاها به قطب منفی وصل باشند.

۵۳۱-شدت جریان (مستقیم) آستانه درک

حداقل شدت جریانی که نوعی احساس در بدن انسان ایجاد کند، به چند عامل بستگی دارد:

(۱) سطحی از بدن که با الکترود در تماس است

(۲) وضعیت محل تماس : خشک، تر ، فشار، دما ؛

(۳) مدت زمان برقراری جریان ؛

(٤) مشخصه های فیزیولوژیک فردی؛

برخلاف جریان متناوب ، جریانهایی در حد آستانه احساس جز در هنگام وصل و قطع احساس نمی شوند یا در زمان جاری بودن، حس دیگری را برنمی انگیزند.

در شرایطی مشابه جریان متناوب ، حد آستانه احساس حدود ۲ میلی آمپر تعین گردید .

۵۳۲- شدت جریان (مستقیم) آستانه رهایی

برای جریانهای مستقیم با شدت کمتر از ۳۰۰ میلی آمپر ، آستانه رهایی قابل تشخیص نیست . تنها در هنگام وصل و قطع جریان ، احساس درد و احساس شبیه رگ به رگ شدن در عضلات وجود دارد. در جریانهایی که شدت آنها بیش از ۳۰۰ میلی آمپر می باشد ، رهایی غیرممکن است و یا فقط پس از سپری شدن چند ثانیه یا چند دقیقه از برقگرفتگی ، ممکن می شود.

۵۳۳- جریان (مستقیم) آستانه فیبریلاسیون بطنی

مانند جریان متناوب، در جریان مستقیم نیز بستگی به مشخصه های الکتریکی و فردی دارد . شدت جریان آستانه فیبریلاسیون بطنی بستگی به عواملی دارد مانند :

از آزمونهای به عمل آمده بر روی حیوانات و گزارشهای رسیده از برق گرفتگیها چنین نتیجه گیری شده است که :

آستانه فیبریلاسیون در مورد جریان پایین رو ۲ برابر جریان بالا رو می باشد و احتمال بروز فیبریلاسیون بطنی برای مسیر دست به دست وجود ندارد.

در مورد برق گرفتگیهایی که مدت آنها بیش از یک پریود کار قلب می باشد، آستانه فیبریلاسیون بطنی در جریان مستقیم چند برابر جریان متناوب است. اما برای مدت زمانهایی کوتاهتر از ۲۰۰ میلی ثانیه ، آستانه فیبریلاسیون بطنی در جریان مستقیم تقریباً برابر جریان مؤثر متناوب مشابه است .

مشابه منحنی منطقه بندی زمان / جریان برای جریان متناوب (بند ۵۳۳-٤ را ببینید) یک منحنی رسم گردید که منطقه ای را که در آن وقوع فیبریلاسیون محتمل است از منطقه ای که در آن آثاری با خواص کم خطر وجود دارند، جدا می کند . شکل ۵۲٤-۱ و جدول ۵-٤ مربوط به آن را ببینید .

منحنی منطقه بندی جریان مستقیم برای جریان طولی بالارو کشیده شده است . در مورد جریان طولی پایین رو منحنی را باید با ضریب ۲ به سمت جریانهای بالاتر تغییر مکان داد.

۵۳۴- آثار دیگر جریان مستقیم

هنگام عبور جریانهایی با شدت ۳۰۰ میلی آمپر ، احساس گرما در انتهاهای بدن ایجاد می شود . شدت جریانهای عرضی تا ۳۰۰ میلی آمپر که به مدت چند دقیقه ادامه یابد و با گذشت زمان رشد کند، سبب پیدایش موارد زیر شوند:

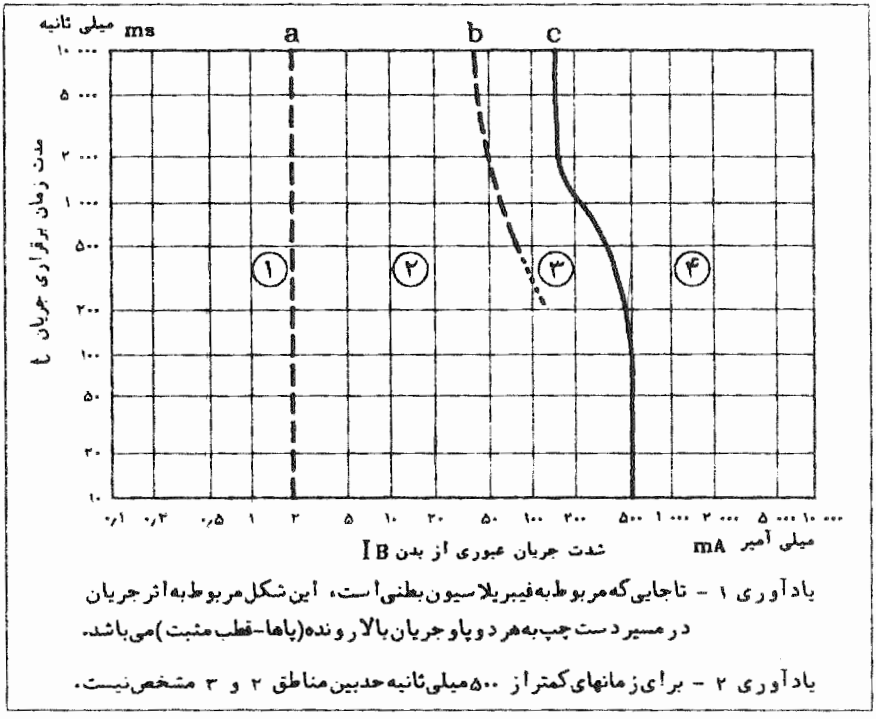
(۱) ضربان قلب نامنظم شود (قابل برگشت) ؛

(۲) آثار عبور جریان در پوست بوجود آید ؛

(۳) سوختگی بروز کند ؛

(٤) دوارسر و در بعضی موارد بیهوشی بروز کند .

در جریانهایی با شدت بیش از ۳۰۰ میلی آمپر ، در اغلب موارد بیهوشی بروز خواهد کرد .



شکل ٥٣٤-١ حوزه بندی نوع اثر جریان مستقیم

جدول ٥-٤ آثار پاتوفیزیولوژیک جریان مستقیم

منطقه	اثر فیزیولوژیک
منطقه ۱	معمولا هیچگونه واکنشی مشاهده نمی شود
منطقه ۲	معمولا اثر فیزیولوژیکی زیان آوری وجود ندارد
منطقه ۳	معمولا انتظار نمی رود آسیبی به اندامها وارد شود . امکان بروز اخلال قابل برگشت در تشکیل و پخش ضربان قلب وجود دارد که با زیاد شدن جریان وطولانی شدن زمان، شدیدتر می شود.
منطقه ٤	احتمال بروز فیبریلاسیون وجود دارد . با طولانی تر شدن زمان و زیادتر شدن جریان ، علاوه بر آثار منطقه ۳، امکان بروز آثار پاتوفیزیولوژیک دیگر مانند سوختگیهای شدید وجود دارد .

۵۴- آثار عبور جریان متناوب با فرکانس بیش از ۱۰۰ هرتز از بدن انسان

۵۴۰-۱ - کلیات

در سالهای اخیر در مورد استفاده از فرکانسهای بالاتر از ۵۰ یا ۶۰ هرتز افزایش یافته است . برای مثال از ۱۰۰ هرتز در صنایع نساجی، ۴۰۰ هرتز در صنایع هواپیمایی، ۴۵۰ هرتز برای ابزار کار و جوشکاری و برای الکتروتراپی از فرکانسهای ۴۰۰۰ تا ۵۰۰۰ هرتز و برای ارسال علایم و کنترل در خطوط انتقال نیرو از فرکانسهای ۲۰ کیلوهرتز تا یک مگاهرتز استفاده می شود .

برای اطلاعاتی درباره اثر فرکانسهای بالا، که به گفته IEC 479-2 چندان کامل نیست، باید به این منبع مراجعه شود ولی در زیر مختصری از خواص جریانهای با فرکانسهای تا ۱۰۰ هرتز که جنبه تاسیساتی دارند مطرح می شود.

با زیاد شدن فرکانس ، امپدانس پوست کم می شود: برای مثال امپدانس پوست در ۵۰۰ هرتز حدود یک دهم امپدانس در ۵۰ هرتز است و در بسیاری موارد می توان از آن صرفنظر نمود. برای فرکانسهای بالاتر، این موضوع بارزتر است و در این فرکانسها امپدانس کل بدن به مقدار Z_i یا امپدانس داخلی بدن ، تقلیل می یابد .

۵۴۱- آثار عبور جریان متناوب با فرکانس ۱۰۰ هرتز تا ۱۰۰۰ هرتز از بدن انسان

تعریف زیر برای فرکانسهای بالاتر مورد استفاده است :

ضریب فرکانس F_f عبارت است از نسبت یکی از مقادیر آستانه ای در فرکانس f به همان مقدار آستانه ای در فرکانس ۵۰ یا ۶۰ هرتز .

برای ضریب فرکانس (F_f) آستانه درک ، شکل ۵۲۵-۱ دیده شود .

برای ضریب فرکانس (F_f) آستانه رهایی ، شکل ۵۲۵-۲ دیده شود .

برای مدت برقگرفتگی بیش از یک سیکل کار قلب ، ضریب فرکانس(F_f) برای آستانه فیبریلاسیون بطنی برای مسیر جریان طولی ، شکل ۵۲۵-۳ دیده شود .

برای مدتهای کوتاهتر برقگرفتگی ، اطلاعات تجربی وجود ندارد.

۵۵- اثر عبور جریانهایی غیر از جریان متناوب و جریان مستقیم از بدن انسان

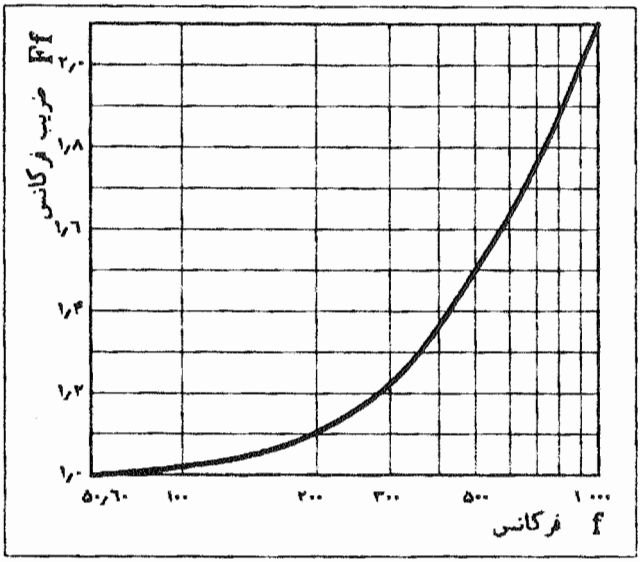
علاوه بر جریانهای متناوب و مستقیم ،انواع جریانهای دیگر وجود دارند که نحوه اثر آنها بر انسان متفاوت است . استاندارد IEC 479-2 حاوی مطالبی در این زمینه ها می باشد که در اینجا چند عنوان از آنها ذکر می شود:

(۱) جریان متناوب حاوی مؤلفه جریان مستقیم ؛

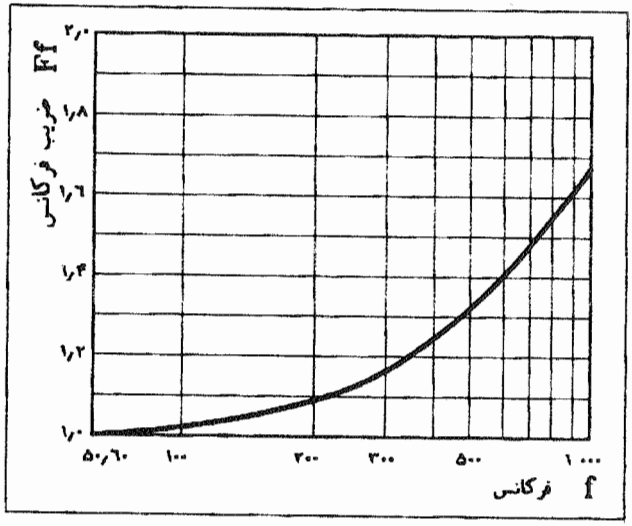
(۲) جریان متناوب با کنترل فاز؛

(۳) جریان متناوب با کنترل سیکلی ؛

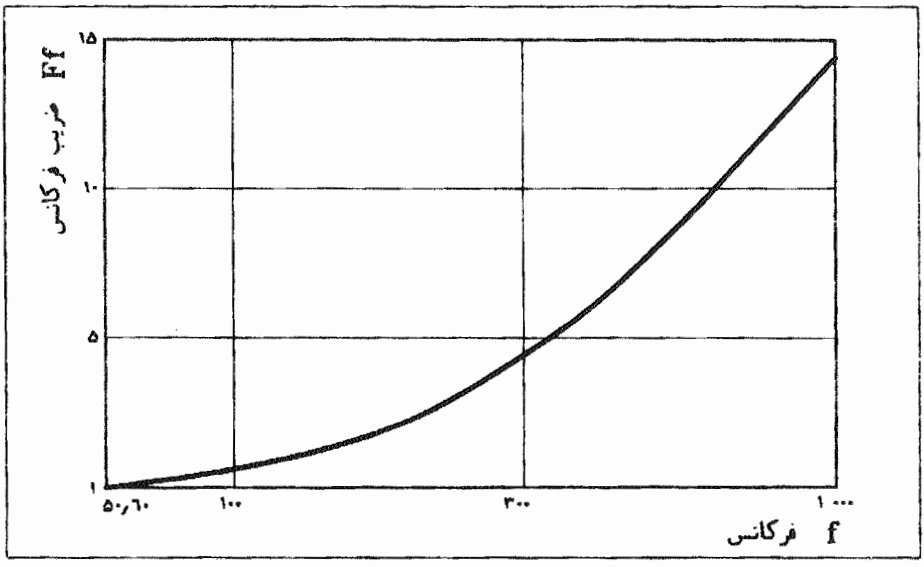
(٤) جریان تک سیلک ضربه ای .



شکل ۵۴۱-۱ تغییرات در آستانه درک پهنه فرکانس ۶۰/۵۰ تا ۱۰۰۰ هرتز



شکل ۵۴۱-۲ تغییرات در آستانه رهایی پهنه فرکانس ۶۰/۵۰ تا ۱۰۰۰ هرتز



شکل ۵۴۱-۳ تغییرات در آستانه فیریلاسیون بطنی با پهنه فرکانس ۶۰/۵۰ تا ۱۰۰۰ هرتز و زمانی بیش از یک پریود قلب و مسیر جریان در طول بدن

فصل ششم
حفاظت در برابر برقگرفتگی

۶۰۰ – پیشگفتار

۶۰۰–۱– ملاحظات عمومی

این فصل مقررات و دستورالعملهایی است که تا به حال برای استفاده بی خطر از برق تدوین شده اند . روشهای مورد بحث بر اساس IEC ارائه شده است . برخی از روشها بیشتر مورد استفاده می باشند، در حالیکه برخی دیگر برای استفاده در شرایطی مخصوص مناسب هستند. در هر صورت هیچ یک از اقدامات حفاظتی بر دیگری ارجحیت ندارد و تقدم و تأخر در ترتیب شرح آنها را نیز نباید دلیل ارجحیت یکی نسبت به دیگری به حساب آورد .

در استفاده از برق ، دو خطر عمده وجود دارد:

۱ – برقگرفتگی :

۲ – آتشسوزی .

برقگرفتگی و حفاظت در برابر آن موضوعی است که تماماً به تأسیسات و تجهیزات استفاده کننده از برق مربوط می باشد. اما موضوع آتش سوزی تفاوت دارد .

انرژی الکتریکی به خودی خود قابل استفاده نمی باشد. اگر بخواهیم کاربردهایی مانند الکترونیک و ذخیره برق در باطری را مصرف مستقیم بدانیم، نسبتشان به انرژیهای تبدیل شده از برق مانند روشنایی ، حرارت و مخصوصاً انرژی مکانیکی ، ناچیز است .

حال اگر در نتیجه مصرف برق در تجهیزات الکتریکی یا در مدارهای توزیع یا دستگاههای کنترل کننده و مصرف کننده برق آتش سوزی رخ دهد، آن آتش سوزی مربوط به سیستم است که جلوگیری از بروز و شیوع آن موردنظر ما می باشد. اما اگر آتش سوزی پس از تبدیل برق به انرژی دیگری (مثلاً حرارتی) و در اثر مصرف آن رخ دهد، دیگر نباید آن را به حساب سیستم برق گذاشت .

تفکیک دو نوع آتش سوزی به ترتیبی که گذشت، مخصوصاً برای آنهایی که در تأسیسات برق کار می کنند بسیار مهم است. استفاده نادرست از یک بخاری برقی با وجود نقصی در طراحی آن نباید به حساب وجود عیب در تاسیسات برق گذاشته شود .

مسئله دیگری هم وجود دارد که موضوع را بغرنج تر می کند : هنگامی که سطح مقطع یک هادی یا اندازه و نوع فیوزی که برای حفاظت آن لازم است انتخاب می شود، برداشت طوری است که گویا حفظ سلامت خود هادی در درجه اول اهمیت قرار دارد نه جلوگیری از بروز آتش سوزی که در اثر داغ شدن بیش از حد آن ، جان و مال انسان را به خطر می اندازد .

در هر حال در بحث راجع به آثار حرارتی برق ، حفاظت در برابر آتش سوزی ناشی از تجهیزات برق مدنظر است و معمولاً روشهای جلوگیری از این نوع آتش سوزی ، حفاظت خود اجزای سیستم را نیز تأمین می کند.

با این همه ، نظر به اینکه برقگرفتگی مستقیماً و بدون واسطه انسان را تحت تأثیر قرار می دهد و اثر آن فوری است ، در بحث ایمنی جایگاهی مخصوص دارد .

از بحثهای بالا می توان نتیجه گیری کلی زیر را به عمل آورد و خطرهای ناشی از برق را می توان به دو گروه تقسیم نمود :

۱ – خطرهای مستقیم : برقگرفتگی و آتش سوزی در اثر وجود نقص در سیستم ، خطرهای مستقیم می باشند.

۲ – خطرهای غیرمستقیم : خطرهای ناشی از فعالیتهای مکانیکی با قوه محرکه برقی و آتش سوزی ناشی از تبدیل برق به حرارت در لوازم مصرف کننده برق ، خطرهای غیرمستقیم می باشند.

در این فصل به خطرهای غیرمستقیم پرداخته نخواهد شد و فقط به خطرهای مستقیم توجه می گردد.

نکته مهم دیگری که باید مدنظر داشت، این است که ایجاد سیستمهایی با ایمنی صددرصد ، از نظر فنی و اقتصادی امکانپذیر نیست . این موضوع در همه موارد و نه تنها برق ، صحت دارد.

البته این خصیصه هیچگاه مانع ارتقاء درجه ایمنی در نتیجه پیشرفتهای دایمی در علوم و مهندسی ، نشده است . اما تنها داشتن توان فنی برای ارتقاء ایمنی کافی نمی باشد . عامل مهم دیگری وجود دارد که مانع رسیدن انسان به بالاترین حد ممکن ایمنی می شود و آن ، توان اقتصادی است . در این مورد مقصود از توان اقتصادی توان فردی نمی باشد، بلکه توان اقتصادی ملی موردنظر است و به عبارتی ، تولید ناخالص ملی است که ملاک تعیین این نوع توانایی می باشد . بنابراین نباید انتظار داشت که اقدامات حفاظتی برای تأمین ایمنی بطور کامل کارساز باشند بلکه تأمین ایمنی باید در حدی معقول که امکانات فنی روز و توان اقتصادی آنرا ممکن می سازد، انجام شود .

در بعضی موارد ، نسبی بودن درجه ایمنی خود ناشی از نسبی بودن پدیده های طبیعی است . برای مثال ، مقاومت الکتریکی بدن انسانها در شرایطی مساوی یکسان نیست . یعنی در شرایط یکسان، مقاومت گروه بزرگی از مردم در محدوده یک طیف قرار دارد که بین حداکثر و حداقل آن تفاوت بسیار است و در نتیجه این سؤال پیش می آید که برای تعیین این یا آن دستورالعمل مقرراتی یا آیین نامه ای ، مقاومت بدن انسان باید بر چه مبنایی انتخاب شود.

این موارد و وجود تفاوتهای دیگری در نگرشها و عرف ملل مختلف ، سبب شده است که بین مقررات ملل ، تفاوتهائی بوجود آید اما با تقویت IEC ، مقررات تدوین شده بوسیله این کمیسیون، نظر ملل مختلف را به یکدیگر نزدیک و یکسان کرده و در نتیجه تفاوتهای جزئی ذکر شده ، روزبروز کمتر می شوند.

با توجه به اینکه پیشگیری ، هدف اصلی ایمنی است، روشهای مفصلی برای جلوگیری از برق زدگی تدوین شده اند که درباره آنها به تفصیل بحث خواهد شد .

در بالا گفته شد که تأمین ایمنی صددرصد در برابر برق زدگی غیرممکن است و لذا مواردی پیش می آید که لازم است انسان برق زده احیا می شود .

به طوری که در فصل پنجم دیده شد ، برق زدگی دارای شدت و ضعف مختلف است. اما در صورت وقوع برق زدگی شدید ، وظیفه ما در قبال انسان برق زده چیست ؟

احیای انسان برقزده در بحث ما کاربردی ندارد، اما لازم است یادآور شود که در تعلیم کمکهای اولیه به پزشکان و پیراپزشکان و حتی تعلیم این کمکها به افرادی که در غیر از حرفه های پزشکی کار می کنند، برای احیا و تیمار برق زدگان ، راهنمایی کافی داده می شود .به همین دلیل کسانی که با برق سرو کار دارند نیز باید با مسایل مربوط به کمکهای اولیه به برق زدگان و نحوه دادن تنفس مصنوعی و القای ماساژ قلب با روشهای ساده، آشنایی کافی داشته باشند.

۶۰۱- ساختار کلی فصل و اهداف آن

هدف کلی این فصل، بحث در چگونگی تدوین مقرراتی است که رعایت آنها برای تأمین ایمنی استفاده کنندگان از برق در برابر خطرهای ناشی از آن، لازم می باشد . برای اینکه توانایی کافی برای اینکار به دست آید، لازم است مطالب متنوعی مورد مطالعه قرار گیرند که مهمترین آنها به قرار زیر خواهد بود :

۶۰۱-۱- عواملی که در بروز برق زدگی دخالت دارند

مشخصه های طبیعی و ساختاری سه عامل سبب بروز برقگرفتگی می شود که درباره هر کدام و ارتباط آنها با یکدیگر بحث خواهد شد این سه عامل عبارتند از :

۱- مشخصه های موجود زنده ؛

۲- مشخصه های سیستم برق ؛

۳- مشخصه های محیط زیست .

برای اینکه از یک طرف نظمی به طرز تفکر خواننده داده شود و از طرف دیگر علل انجام این یا آن کار در روشهای ایمنی روشن گردد و راههای مبارزه با برقگرفتگی نیز تعیین شود لازم خواهد بود روابط بین سه عامل فوق شناخته و تشریح شوند . (بخش ۶۰۲)

۶۰۱-۲- برق زدگی چیست و عبور جریان برق از بدن انسان چه تأثیری بر آن می گذارد

در فصل پنجم در این باره به تفصیل صحبت شده است و موضوعی است که برای تعیین و انتخاب راههای ایجاد ایمنی ، شناخت آن لازم می باشد . باید توجه داشت که شدت و ضعف برقگرفتگی در همه شرایط به یک اندازه نیست . عواملی که در این مورد اثردارند عبارتند از :

۱ - شدت جریان عبوری از بدن ؛

۲ - مدت زمان عبور جریان از بدن ؛

۳ - نوع جریان : متناوب / مستقیم ؛

٤ - مسیر عبور جریان از بدن ؛

٥ - نقش محیط زیست در مسیر جریان.

۶۰۱-۳- برقگرفتگی در نتیجه تماس با برق در دو حالت پیش می آید: مستقیم و غیرمستقیم

برقگرفتگی در نتیجه تماس با برق در دو حالت پیش می آید: یکی تماس مستقیم و دیگری تماس غیرمستقیم انسان با برق است . این موضوعها در بخش ٦١١ مورد بحث قرار داده شده است .

۶۰۱-۴- محفظه های تجهیزات الکتریکی چگونه و تا چه حد بر برقگرفتگی کنترل دارند

ساختمان محفظه های تجهیزاتی که در تأسیسات مورد استفاده می باشند در جلوگیری از برقگرفتگی یا آتش سوزی تا چه حد مؤثر می باشند؟ برای شناختن این مسایل لازم است با نحوه کلاس بندی تجهیزات از نظر حفاظتی آشنایی پیدا کرده و تأثیر آن را در ایمنی شناسایی و به حساب آورد.

۶۰۱-۵- شرح انواع روشهای ایمنی در برابر برقگرفتگی

گفته شد که روشهای تأمین ایمنی در برابر برق زدگی انواع مختلف دارد. متداولترین آنها جلوگیری از برقگرفتگی از طریق قطع سریع مدار در صورت بروز اتصالی فاز با بدنه های هادی است و در سیستمهای معمولی و کاربردهای عادی مورد استفاده دارد . در مواردی هم تأمین ایمنی با بکارگیری روشهای دیگری انجام می شود که افراد عادی کمتر با آن آشنایی دارند و درباره آنها هم بحث خواهد شد .

در این میان معنای واقعی عباراتی نظیر "محیط زیست" و "جرم کلی زمین" که در فصل چهار درباره آنها توضیح داده شده است، شفاف تر می شود.

۶۰۱-۶- همبندی برای هم‌ولتاژ کردن

مهمترین و آخرین روشی که بشر در برابر پیشگیری از برقگرفتگی ابداع نموده است همبندی برای هم‌ولتاژ کردن است که درباره آن به تفصیل بحث می شود .

۶۰۱-۷- مسایل متفرقه

علاوه بر مطالب بالا ، در انتخاب روشهای ایمنی موارد زیر را نباید از نظر دور داشت :

- احتمال بروز اتصالی بین هادی برقدار و بدنه هادی چقدر است ؛
- احتمال تماس موجودات زنده با بدنه های هادی چقدر است نسبت ولتاژ تماس به ولتاژ اتصالی چقدر است؛

- قابلیت اجرایی روشهای ایمنی تا چه حد است؛
- توانایی اقتصادی در اجرای روشهای ایمنی چقدر است.

۶۰۱-۸- پیوستها

پیوستهای فصل حاوی اطلاعات مختلفی است که مطالب بسیاری را روشن کرده است.

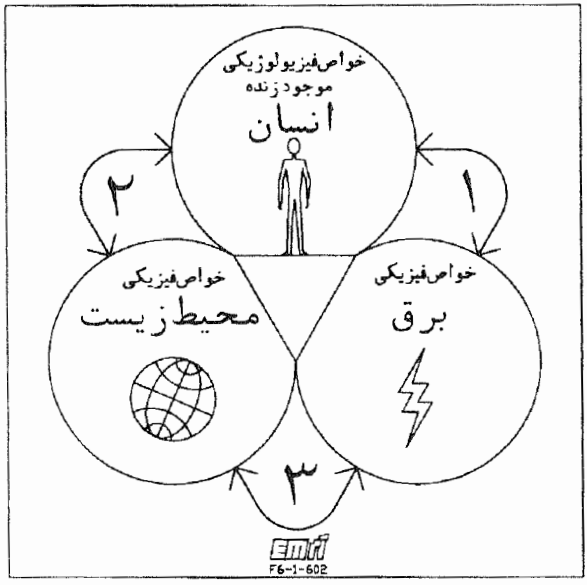
۶۰۲- انسان، برق، محیط زیست - عوامل برقزدگی

می دانیم اگر انسان با برق معمولی (خانگی) تماس حاصل کند، دچار برقگرفتگی یا برق زدگی می شود. عبور مقادیر ظاهراً ناچیزی از جریان برق در مقیاس صنعتی، ممکن است در موجود زنده حالتهای مختلفی را در طیفی وسیع، از ناراحتی جزئی تا مرگ بوجود آورد. پس تا اینجا یک چیز محرز است و آن اثر ناهنجار برق بر روی موجود زنده است. بنابراین برق و موجود زنده دو عامل اصلی در بروز برقگرفتگی می باشند.

اما در این میان چیزی که فراموش می شود، نقش محیط زیست یا زمین است. باید به یاد داشت که یک نقطه از سیستم یا به زمین وصل است (مانند سیستمهای TT و TN) یا مانند سیستم IT در اثر بروز سانحه امکان وصل شدن یک نقطه از سیستم به زمین وجود دارد. بنابراین در فرآیند برقگرفتگی علاوه بر خواص برق و فیزیولوژی بدن انسان، دخالت زمین را نباید فراموش نمود.

در شکل ۶۰۲-۱ تأثیر متقابل سه عامل دخالت کننده در برقگرفتگی به صورت گرافیکی نشان داده شده است. از سه عامل بالا یکی خود سیستم برق است که خواننده با آن آشنایی قبلی دارد. عامل دیگر محیط زیست یا زمین است که در فصل چهارم موضوع بحث بوده است و عامل سوم نحوه اثر برق بر انسان است که در فصل پنجم مطالعه شده است.

در فصل ششم مقررات حفاظتی برای احراز ایمنی با توجه به عوامل سه گانه بالا مورد بحث قرار می گیرد.



۱ ــ فیزیولوژی موجود زنده به نوعی است که برق روی آن اثر سوء می گذارد

۲ ــ انسان در زندگی روزمره خود در تماس دایم با محیط زیست است

۳ ــ برق وصل به محیط زیست است (نقطه خنثا) و در اثر خرابی در عایقبندی ، احتمال وصل قسمتهای برقدار دیگر (فاز) به آن چه بدون واسطه و چه از طریق بدن انسان، وجود دارد

شکل ۶۰۲-۱ برقگرفتگی در نتیجه اثر متقابل ۳ عامل پدید می آید .

۶۰۳- روشهای حفاظت در برابر برقگرفتگی

۶۰۳-۰- پیشگفتار

قسمت ٦١ شامل بخشهای بسیاری است که کل روشهای حفاظت در برابر برقگرفتگی و مسایل جنبی را در بر می گیرد . در این فصل راجع به مدارها و مسیرهای عبور جریان برقگرفتگی به تفصیل صحبت خواهد شد، اما اگر در این مرحله راجع به آن بخش از مدار برقگرفتگی که مستقل از نوع سیستم بوده و فقط مربوط به انسان و زمین (محیط زیست)

است صحبت شود به درک مسایل کمک خواهد شد . برای همین توصیه می شود در این مرحله پیوست 6P1 مطالعه شود و مفهوم ولتاژ اتصالی U_f ، ولتاژ تماس U_c و حداکثر ولتاژ تماس U_T ، به خوبی درک شوند .

چند عامل در مسایل حفاظت در برابر برقگرفتگی دخالت دارند که باید مورد مطالعه قرار گیرند:

(۱) طبقه بندی تجهیزات از نظر نحوه استفاده از آنها در جلوگیری از برق زدگی در تماس غیرمستقیم ؛

(۲) طبقه بندی تجهیزات از نظر نحوه استفاده از آنها در پیشگیری از تماس مستقیم .

۶۰۳-۱- گروهبندی انواع برقگرفتگی

آشنایی با وضعیتی که هنگام قرار گرفتن بدن انسان در مدار برقگرفتگی پیش می آید و مطالعه آن ، بسیار مهم است زیرا همین مسایل عوامل عمده در ساماندهی سیستمهای برقی و روشهای حفاظتی می باشند. ایجاد ایمنی در برقگرفتگی دارای روشهای گوناگون می باشد اما بین دو نوع تماس انسان با برق که یکی تماس مستقیم و دیگری تماس غیرمستقیم است تفاوت بسیار است .

۱ - تماس مستقیم : که در آن ، تماس انسان به هر دلیل، با یک هادی برقدار انجام می شود .

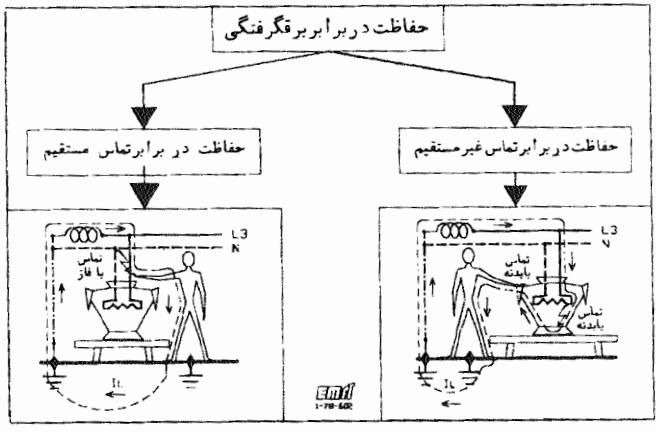
۲ - تماس غیرمستقیم : که در آن ، تماس انسان با بدنه هادی یک وسیله برقی یا قسمتی ازتجهیزات انجام می گیرد .

و در عین حال یک هادی برقدار نیز با آن بدنه در تماس است .

ایمنی در برابر برقگرفتگی را در کاربردهای متفاوت با روشهای مختلف برقرار می کنند اما در بیشتر موارد برقراری ایمنی در برابر برقگرفتگی مربوط با تماس غیرمستقیم مهم و مورد نظر است زیرا موارد حفاظت در برابر تماس مستقیم بسیار محدود است و اگر خود افراد بی دقتی کنند ، برقراری ایمنی در این موارد غیرممکن خواهد بود .

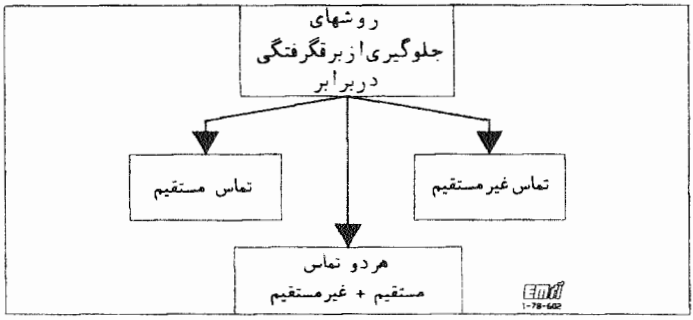
ضمناً خطر مستقیم و غیرمستقیم (۶۰۰-۱) را نباید با تماس مستقیم و تماس غیرمستقیم اشتباه نمود .

شکل ۶۰۳-۱ حفاظت در برابر تماس مستقیم و غیرمستقیم را به طور ترسیمی نشان می دهد.



شکل ۶۰۳-۱ دو نوع برقگرفتگی و لزوم ایجاد شرایط ایمن در برابر آنها

از طرف دیگر روشهای جلوگیری در برابر برقگرفتگی را به سه گروه تقسیم می کنند که با توجه به دو نوع تماس با برق به ترتیب زیر در شکل ۶۰۳-۲ نشان داده شده است.

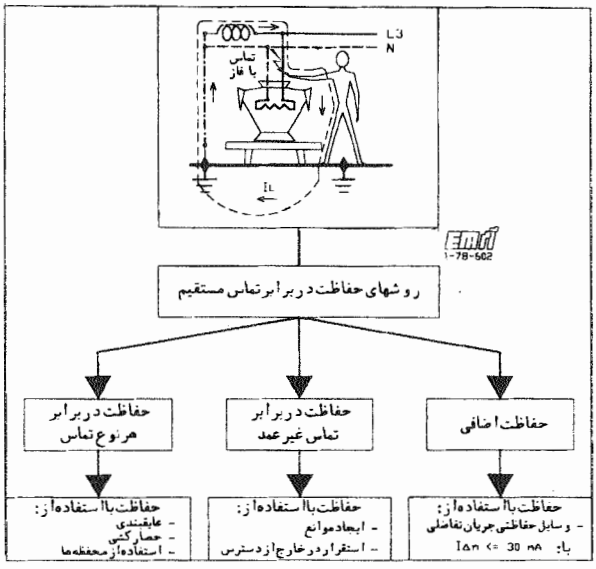


شکل ۶۰۳-۲ روشهای جلوگیری از برقگرفتگی برای ایجاد شرایط ایمن

۶۱- حفاظت در برابر تماس مستقیم یا حفاظت در بهره برداری عادی یا حفاظت اصلی

۶۱۰- کلیات

در شکل ۶۱۰-۱ نحوه برقراری حفاظت در برابر تماس مستقیم با استفاده از طرحواره به طور خلاصه نشان داده شده است. حفاظت در بهره برداری عادی یعنی حفاظتی که در حالت سالم بدن سیستم لازم است وجود داشته باشد.



شکل ۶۱۰-۱ روشهای حفاظت در برابر تماس مستقیم

در بحث حفاظت در برابر تماس مستقیم صحبت از دو نوع تماس است :

۱ - تماس غیرعمدی : ممکن در اثر حواس پرتی یا قرار گرفتن در وضعیتی غیرمنتظره یا در نتیجه واکنشی بی اختیار ، پیش آید.

۲ - تماس عمدی : ممکن است دانسته و به صورت عمدی انجام شود . در اصل حفاظت در برابر تماس عمدی در برخی موارد تنها برای افراد غیرمتخصص مؤثر است . اگر متخصصی تصمیم به "تماس مستقیم" بگیرد هیچ روشی در برابر آن مؤثر نخواهد بود . در بعضی موارد متخصصین با استفاده از وسایل ایمنی مانند دستکش اقدام به برقراری تماس می کنند که البته نمی توان آنرا "تماس مستقیم" نامید .

اما تا جایی که مربوط به حفاظت می باشد و شکل ٦١٠-١ هم نشان می دهد ، دو نوع حفاظت تشخیص داده می شود :

- حفاظت در برابر هر نوع تماس (عمدی و غیرعمدی) ؛
- حفاظت در برابر تماس غیرعمدی.

روشهای نشان داده شده در شکل بشرح زیر می باشند.

۶۱۱- حفاظت با استفاده از عایقبندی (حفاظت در برابر هر نوع تماس)

کلیه قسمتهای برقدار باید با عایقبندی پوشانده شوند که فقط با تخریب آن قابل برداشتن باشد . دو نوع تجهیزات تشخیص داده می شوند: ساخته شده در کارخانه (فابریکی) و ساخته شده در کارگاه . در مورد انواع تجهیزات هر یک از اقلام تجهیزات باید با استانداردی معتبر مطابقت نماید . در مورد تجهیزات ساخته شده در کارگاه، عایقبندی باید در برابر تنشهای الکتریکی ، مکانیکی ، گرمایی ، شیمیایی و غیره که ممکن است در طول عمر تجهیزات به آن وارد شوند، مقاومت نماید.

در هر حال رنگ ، وارنیش، لاک و مواد مشابه معمولاً" برای ایجاد حفاظت در بهره برداری عادی کافی به حساب نمی آید.

عایقبندیهای نصب شده در کارگاه باید بتوانند مشابه آزمونهای تجهیزات ساخته شده در کارخانه را بگذرانند.

۶۱۲- حفاظت با استفاده از حصارکشها یا استفاده از محفظه ها (حفاظت در برابر هر نوع تماس)

قسمتهای برقدار باید در داخل محفظه یا پشت حصار قرار گرفته باشند و دست کم حفاظتی برابر IP2X را فراهم نمایند . در مواردی مانند دهانه فیوزها و سرپیچها در وضعیت باز آنها یا وجود دهانه های بزرگ که برای کار درست تجهیزات لازم می باشند ، باید پیش بینیهای لازم برای جلوگیری از تماس غیرعمد با قسمتهای برقدار به عمل آیند و تا جایی که عملی است باید به افراد هشدار داده شود که در پشت دهانه ها قسمتهای برقدار قرار دارند و نباید عمداً" با آنها تماس حاصل شود .

بالاترین سطوح افقی محفظه ها یا حصارها که به سادگی در دسترس می باشند ، باید دست کم حفاظتی برابر IP4X ایجاد کنند.

محفظه ها وحصارها باید به قدر کافی محکم باشند تا در برابر آثار خارجی در محل استقرار آنها مقاومت کنند.
در مواردی که برداشتن حصار یا قسمتی از محفظه یا کل آن لازم باشد، این کار باید با توجه به موارد زیر ممکن باشد: از نوعی کلید یا ابزار استفاده شود و یا تغذیه دستگاه مورد نظر قطع شود و برقراری تغذیه فقط پس از نصب مجدد حصار یا محفظه ممکن شود .

۶۱۳- حفاظت با استفاده از موانع (حفاظت در برابر تماس غیرعمد)

موانع باید بتوانند از تماس بدنی غیرعمد در هنگام نزدیک شدن به قسمتهای برقدار و یا از تماس غیرعمد با قسمتهای برقدار در هنگام کار تجهیزات ، جلوگیری کنند . موانع را ممکن است بتوان بدون استفاده از کلید یا نوعی ابزار جابجا نمود ولی نباید به صورت غیرعمد قابل برداشتن باشند.

۶۱۴- حفاظت با استقرار در خارج از دسترس (حفاظت در برابر تماس غیرعمد)

اجزایی را که در ولتاژهای متفاوت می باشند و بتوان به طور همزمان آنها را لمس نمود نباید در دسترس قرار گرفته باشند . در قسمتی که نسبت به هم بیش از ۲،٦ متر فاصله نداشته باشند در دسترس به حساب می آیند .
یادآوری - برای تعریف "دسترس" فرهنگ لغات و شرح اصطلاحات را ببینید.
شروع "دسترس" در جهت افقی ، از اجسامی مانند نرده، توری و نظایر آن که درجه حفاظت آنها کمتر از IP2X باشند، خود آن اجسام خواهند بود . در جهت قائم، دسترس ۲،۵ متر از سطح محل ایستادن عادی افراد است . در مکانهایی که از اجسام هادی حجیم یا دراز استفاده شود، باید به اندازه های ذکر شده در بالا با توجه به ابعاد این اجسام افزوده شود.

۶۱۵- حفاظت اضافی با استفاده از وسایل جریان تفاضلی

از وسایل (کلیدهای) جریان تفاضلی می توان فقط به عنوان حفاظت اضافی در برابر تماس مستقیم استفاده نمود و استفاده از این وسایل به عنوان تنها وسیله حفاظتی در برابر تماس مستقیم به کلی ممنوع است .
با توجه به یادآوری زیر، وسایل حفاظتی جریان تفاضلی با جریان اسمی تفاضلی عمل ۳۰ میلی آمپر یا کمتر (فصل پنجم دیده شود)، به عنوان وسایل اضافی حفاظتی در برابر برق زدگی در استفاده عادی و در صورت ناتوانی اقدامات دیگر در جلوگیری از برقزدگی یا بی احتیاطی استفاده کنندگان ، شناخته شده اند . برای آشنایی بیشتر با وسایل حفاظتی جریان تفاضلی فصلهای ۳ و ۵ و پیوست 6P9 دیده شود.
یادآوری - وسایل (کلیدهای) جریان تفاضلی وسایلی هستند که در درجه اول برای حفاظت در برابر تماس غیرمستقیم طراحی شده اند (پیوست 6P9). بعضی از سازندگان بی مسئولیت در سراسر دنیا ، تبلیغات فروش وسایل جریان تفاضلی خود را بر اساس توانایی آنها در مقابله با برقگرفتگی در تماس مستقیم بنیان گذاری می کنند . در نتیجه استفاده کنندگان بی اطلاع چنین تلقی می کنند که تنها با استفاده از وسایل جریان تفاضلی می توان برای ایجاد حفاظت در برابر تماس مستقیم اقدام نمود. این فکری است غرض آمیز و هیچ مقررات معتبری آن را قبول ندارد. به عبارت دیگر، باید یکی از اقدامات حفاظتی (غیر از وسایل تفاضلی) ذکر شده در بالا رعایت شوند (الزامی) و سپس از وسایل تفاضلی برای حفاظت در برابر تماس مستقیم استفاده شود (اختیاری).

۶۱۶- طبقه بندی تجهیزات با توجه به حفاظت در برابر تماس مستقیم و نحوه استفاده از آن

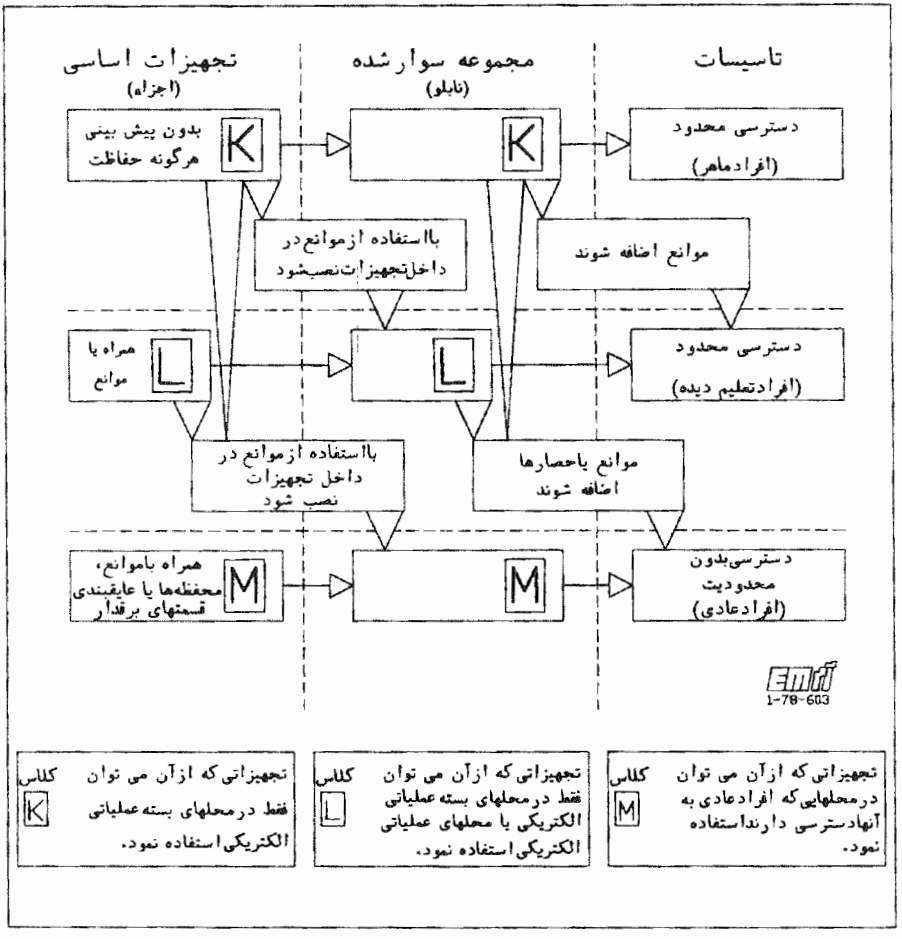
از نظر حفاظت در برابر تماس مستقیم با قسمتهای برقدار ، تجهیزات برقی را می توان به نحو زیر طبقه بندی نمود:

کلاس **K** - تجهیزاتی که ازآنها می توان فقط در محوطه های بسته عملیاتی الکتریکی استفاده کرد .

کلاس **L** - تجهیزاتی که از آنها می توان فقط در محوطه های بسته عملیاتی یا محوطه های عملیاتی الکتریکی (غیر از محوطه های بسته) استفاده کرد.

کلاس **M** - تجهیزاتی که از آنها می توان در محوطه های محل تردد افراد عادی استفاده نمود.

شکل ٦١٦-١ رابطه کلاسهای مختلف را با یکدیگر و شرط استفاده از آنها را در کلاسهای دیگر ، نشان می دهد .



شکل ٦١٦-١ کلاسبندی تجهیزات باتوجه به حفاظت در برابر تماس مستقیم و نحوه استفاده از آن

۶۲- حفاظت در برابر تماس غیرمستقیم یا حفاظت در حالت بروز اتصالی

۶۲۰- کلیات

برقگرفتگی در اثر تماس غیرمستقیم بیش از تماس مستقیم اتفاق می افتد . زیرا در زندگی روزمره حوادثی که منجر به تماس غیرمستقیم می شوند ، خیلی بیشتر از انواع تماس مستقیم اند . طبق تعریف ، تماس غیرمستقیم هنگامی اتفاق می افتد که در داخل یکی از انواع تجهیزات الکتریکی در تأسیسات، اتصالی بروز کند . یعنی یکی از فازها به بدنه هادی (فلزی) تجهیزات برخورد کند و در همان حال انسان یا دام نیز با بدنه هادی مورد بحث در تماس باشد . (شکل ۶۲۰-۱) ، بقیه شکلهای این بخش و پیوست 6P1 را ببینید .

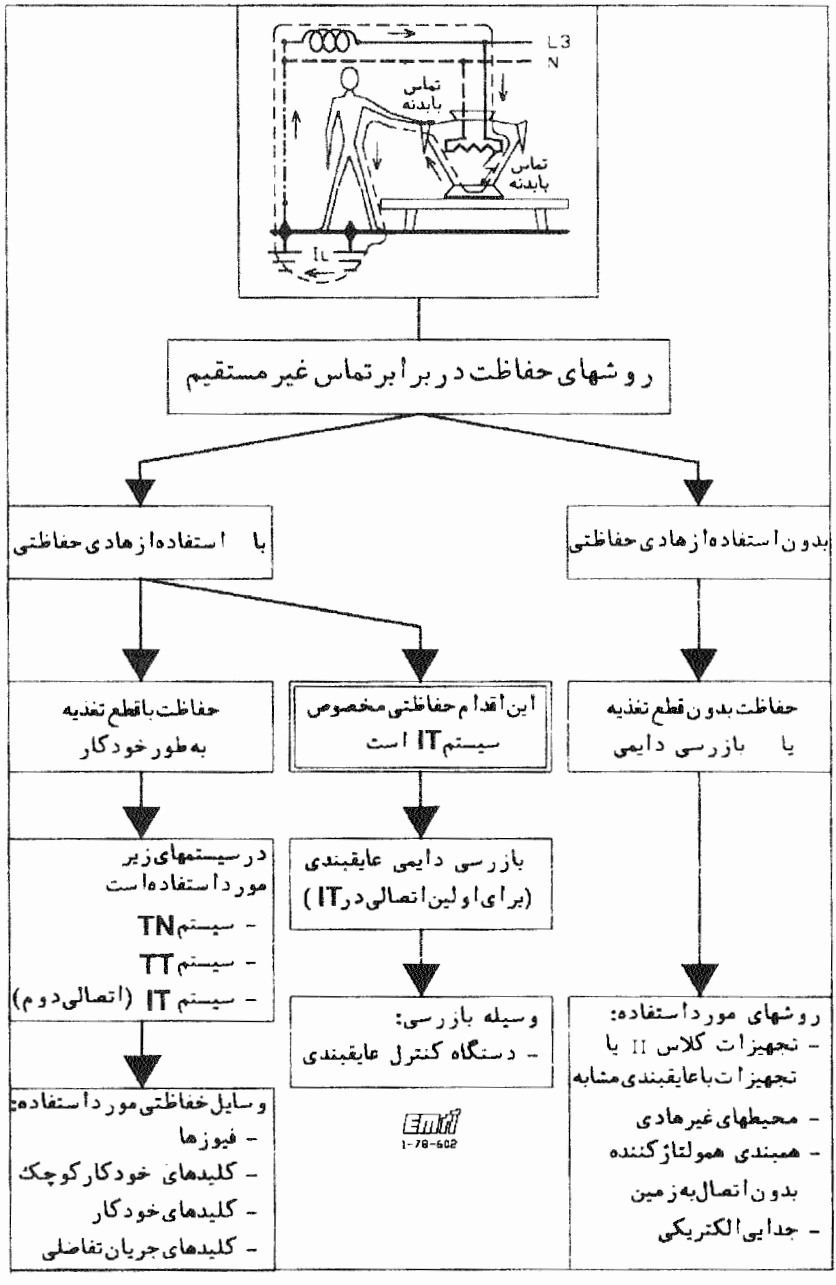
شکل ۶۲۰-۱ انواع روشهای به کار رفته برای حفاظت در برابر تماس غیرمستقیم را نشان می دهد.

درست است که از انواع روشهای نشان داده شده برای حفاظت در برابر برقگرفتگی هیچ یک نسبت به دیگری ترجیح ندارد، اما بیشترین انواع مورد استفاده، سیستمهای دارای هادی حفاظتی می باشند که از آن میان سیستم TN دارای بالاترین سهمیه است و سیستم TT مقام دوم را دارد. سومین سیستم یعنی IT ، سیستمی است مخصوص که برخلاف سیستمهای TN و TT که در صورت بروز اولین اتصالی به بدنه مدار مربوطه باید به فوریت قطع شود، این سیستم به کار خود ادامه می دهد اما با استفاده از وسایل حساس ، وقوع اتصالی را به اطلاع می رساند تا اقدامات لازم برای رفع عیب به موقع به عمل آیند .

در حفاظت از برقگرفتگی در تماس غیرمستقیم ، روشهایی وجود دارند که کمتر مورد استفاده می باشند . اینها روشهایی هستند که در آنها از هادی حفاظتی استفاده نمی شود . از این روشها در مواردی که شرایط اجازه دهند یا استفاده کننده شرایط لازم را فراهم کند، می توان استفاده کرد .

> یادآوری – وجود روشهایی که ایمنی را بدون هادی حفاظتی تأمین می کنند. این فکر اشتباه آمیز را به مهندسین بعضی ممالک در حال پیشرفت تلقین کرده است که به جای ترمیم سیستمهای موجود و ارتقاء آنها به سیستمهای با هادی حفاظتی ، می توان از سیستمهای بدون هادی حفاظتی استفاده کرد. غافل از آنکه شرایط استفاده از سیستمی بدون هادی حفاظتی در این ممالک وجود ندارد و رعایت این روشها اگر غیرممکن نباشد، گرانتر از سیستمهای با هادی حفاظتی خواهد بود.

پس کلیه تأسیسات الکتریکی ساختمانها باید مجهز به سیستمی باشند که در صورت بروز اتصالی بین فاز و بدنه هادی یکی از اجزای تجهیزات فوراً قطع کند . راجع به معنای "فوراً" در جای خود صحبت خواهد شد . اما لازمه برآوردن این خواسته یعنی قطع فوری مدار، وجود "سیم سوم" است که هادی حفاظتی یا PE نامیده می شود .



شکل ۶۲۰-۱ روشهای حفاظت در برابر تماس غیرمستقیم

سؤال مهم دیگر این است که آیا کلیه تجهیزات الکتریکی را از نظر حفاظت در برابر تماس غیرمستقیم باید یکسان درنظر گرفت یا فرقهایی بین آنها وجود دارد ؟ جواب این سؤال مثبت است و فرقهای مهمی بین تجهیزات وجود دارد که IEC آنها را طبقه بندی کرده و در زیر به آن اشاره خواهد شد .

۶۲۰-۱- طبقه بندی تجهیزات با توجه به مشخصه های اصلی آنها از نظر حفاظت در برابر تماس غیرمستقیم

استاندارد IEC 536 کلیه دستگاهها و تجهیزات اصلی مورد استفاده در تأسیسات را از نظر نحوه استفاده آنها با توجه به حفاظت در برابر برقگرفتگی در اثر تماس غیرمستقیم ، کلاسبندی کرده است . خلاصه این طبقه بندی در جدول ٦-١ نشان داده شده است . لازم است به چند نکته توجه مخصوص شود :

(۱) - کلاس صفر (Class 0)

در تجهیزات این کلاس برقراری ایمنی تماماً به عهده عایقبندی اولیه می باشد . یعنی در صورت بروز اتصالی بین فاز و بدنه ، وسیله ای برای قطع مدار به صورت خودکار وجود ندارد . عایقبندی اولیه حداقل عایقبندیی است که همه وسایل الکتریکی دارا می باشند و بدون آن تجهیزات قادر به ادامه کار نیستند.

ازتجهیزات کلاس صفر هنگامی استفاده می شد که زندگی در محیطهای عایق رایج بود (خانه های چوبی) زیرا فقط محیط عایق است که می تواند جلوی عبور جریان به محیط زیست را سد کرده و مانع برقزدگی شود . امروزه فقط ادامه استفاده از تجهیزات کلاس صفر در تأسیساتی که به طور سنتی از آن استفاده می کرده اند مجاز می باشد و سعی در این است که حتی در مواردی که محیط عایق است از تجهیزات کلاس صفر استفاده نشود زیرا اطمینانی به برقرار ماندن محیط عایق به صورتی دایمی وجود ندارد.

در هر حال IEC نظر خوشی به تجهیزات کلاس صفر ندارد و همانطور که گفته شد فقط تأسیساتی که از قدیم از آن کلاس استفاده می کرده اند هنوز مجاز به استفاده ازتجهیزات کلاس صفر می باشند.

(۲) - کلاس I- (Class I)

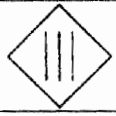
برای برقراری ایمنی در صورت بروز اتصالی بین یک فاز و بدنه هادی ، تجهیزات کلاس I علاوه بر عایقبندی اولیه (کلاس صفر) ، از وسایلی استفاده می کنند که تغذیه به تجهیزات صدمه دیده را قطع کنند . این وسایل ممکن است انواع فیوزها ، کلیدهای خودکار ، کلیدهای جریان تفاضلی و غیره باشند . برای قطع سریع مدار در حالت اتصالی در تجهیزات کلاس I ، لازم است از هادی حفاظتی PE استفاده شود . در حال حاضر کلیه تأسیسات الکتریکی ساختمانها برای استفاده از تجهیزات کلاس I طراحی و ساخته می شوند.

(۳) - کلاس II - (Class II)

تجهیزاتی هستند که در آنها بدنه هادی در دسترس وجود ندارند و به عبارت دیگر علاوه بر عایقبندی اولیه (کلاس صفر) عایقبندی دیگری کل وسیله یا دستگاهی از تأسیسات را در بر می گیرد که تماس با قسمتهای هادی را که احتمال

دارد در اثر خرابی در عایقبندی اولیه برقدار شوند، غیرممکن می سازد . در تجهیزات کلاس II ترمینالی برای وصل هادی حفاظتی وجود ندارد .

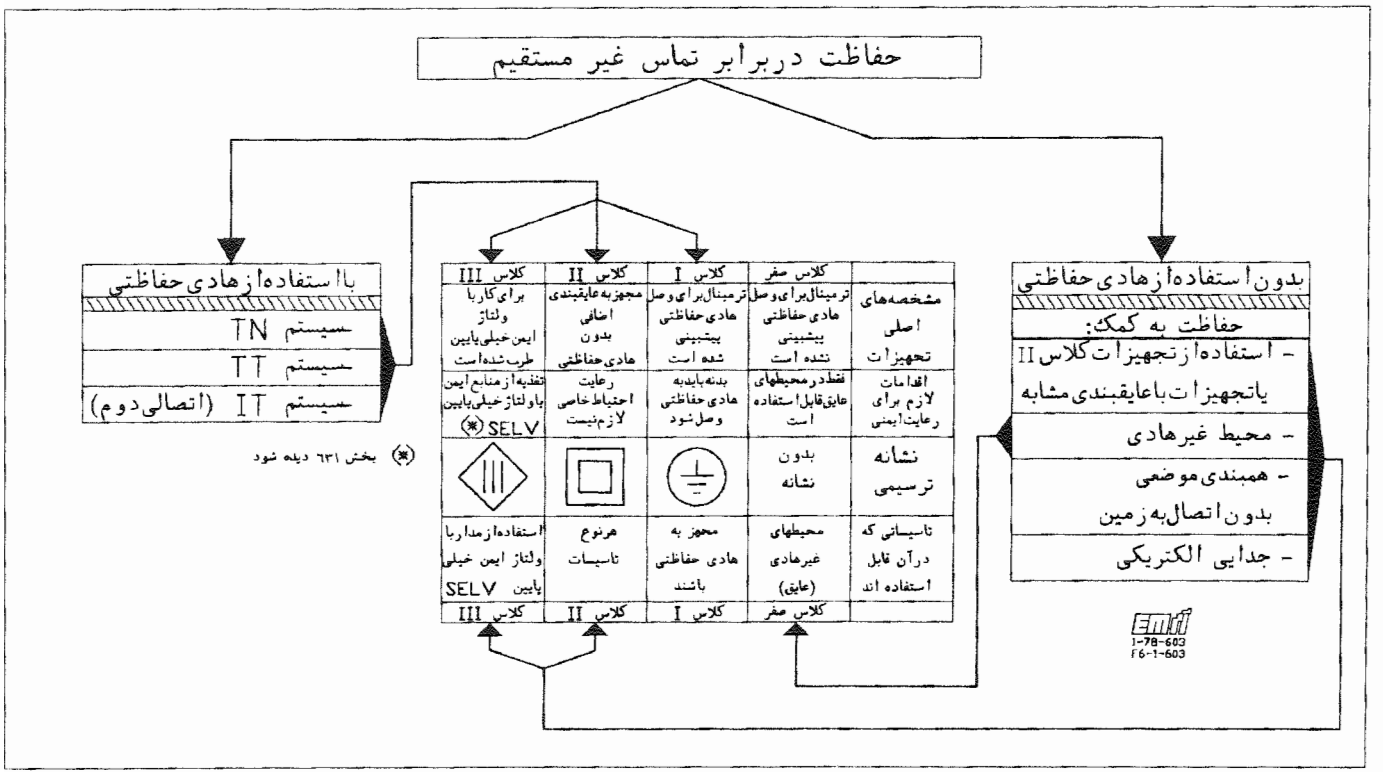
جدول ٦ - ١ مشخصه‌های اصلی تجهیزات برحسب طبقه‌بندی IEC 536

	کلاس صفر	کلاس I	کلاس II	کلاس III
مشخصه‌های اصلی تجهیزات	ترمینال برای وصل هادی حفاظتی پیشبینی نشده است	ترمینال برای وصل هادی حفاظتی پیشبینی شده است	مجهز به عایقبندی اضافی بدون هادی حفاظتی	برای کار با ولتاژ ایمن خیلی پایین طرح شده است
اقدامات لازم برای رعایت ایمنی	فقط در محیطهای عایق قابل استفاده است	بدنه باید به هادی حفاظتی وصل شود	رعایت احتیاط خاصی لازم نیست	تغذیه از منابع SELV
نشانه ترسیمی	بدون نشانه			
تاسیساتی که در آن قابل استفاده اند	محیطهای غیرهادی (عایق)	مجهز به هادی حفاظتی باشند	هرنوع تاسیسات	استفاده از مدار با ولتاژ ایمن خیلی پایین SELV

1-78-603

به طور خلاصه تجهیزات کلاس II طبیعتاً ایمنی می باشند و احتیاج به هیچ وسیله یا روش حفاظتی دیگری برای حفاظت در برابر تماس غیرمستقیم ندارند .

یادآوری - اگر امکان ساخت تجهیزات به نحوی که مشمول کلاس II باشند وجود می داشت، مسایل حفاظتی برقگرفتگی در صورت بروز اتصالی بسیار ساده می شد : نه احتیاج به هادی حفاظتی می بود و نه به وسایل حفاظتی که در برقگرفتگی به کار می روند . متأسفانه لااقل در وضعی که صنعت برق در حال حاضر به سر می برد، به خصوص برای لوازم حرارتی ، انجام این کار امکانپذیر نیست و برای همین تا آینده ای قابل پیش بینی تأمین خدمات در تأسیسات برقی به عهده تجهیزات کلاس I خواهد بود.



شکل ۶۲۰ - ۲ طبقه‌بندی تجهیزات باتوجه به حفاظت دربرابر تماس غیر مستقیم
ونحوه استفاده از آنها درشرایط یا سیستمهای مختلف

(٤) - کلاس III - (Class III)

تجهیزاتی هستند که در آنها حفاظت در برابر تماس غیرمستقیم با استفاده از منابع با ولتاژهای ایمنی خیلی پایین SELV و یا مدارهای با ولتاژ حفاظتی PELV تأمین می شود و ولتاژهای بالاتر از ایمن در این تجهیزات وجود ندارند. برای PELV, SELV و FELV، قسمت ٦٣ دیده شود.

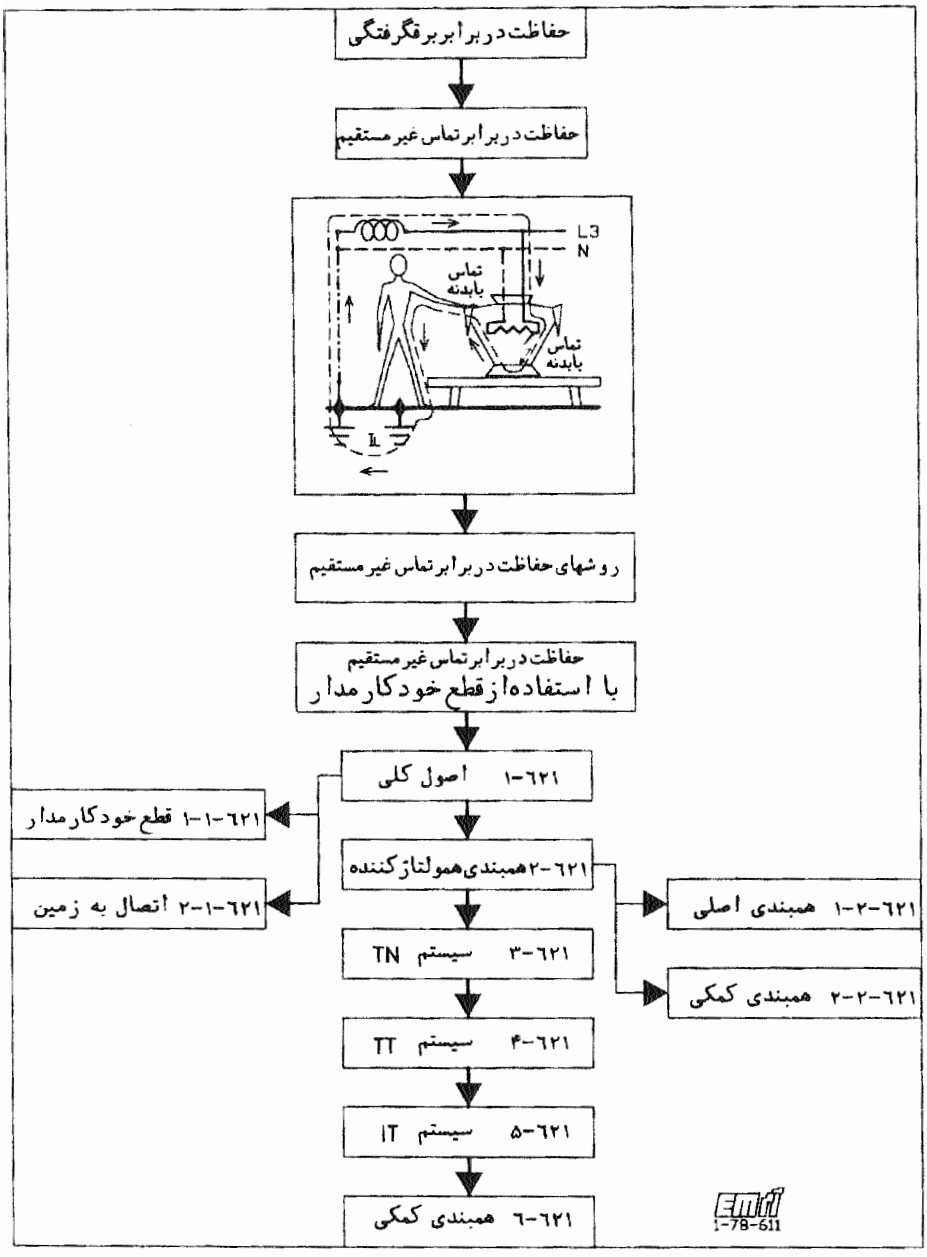
اینک می توان شکل ٦٢٠-١ "روشهای حفاظت در تماس غیرمستقیم" و جدول ٦-١ "مشخصه های اصلی تجهیزات بر حسب کلاسبندی IEC" را ترکیب کرد تا در یک نظر روابط بین نوع تجهیزات و انواع سیستمها و روشها را از نظر حفاظت در برابر تماس غیرمستقیم ملاحظه نمود. شکل ٦٢٠-٢ را ببینید.

٦٢١- حفاظت در برابر تماس غیرمستقیم با استفاده از قطع خودکار مدار

٦٢١-٠- کلیات

برای جلوگیری از آثار زیان بار و مرگبار برقگرفتگی باید با مطالب فصل پنجم آشنایی حاصل نمود تا علل دستورات وضع شده برای قطع خودکار مدار، روشن شوند.

در همه سیستمهای سه گانه IT-TT-TN، برای قطع خودکار مدار، وجود الکترود اتصال به زمین ضروری است. مشخصه های این اتصال زمین برای هر سیستم، مخصوص آن سیستم است و یک اتصال زمین که مناسب یکی از سیستمها است الزاماً برای دیگر سیستمها قابل استفاده نخواهد بود. شکل ٦٢١-٢ را ببینید. بین الکترود اتصال زمین و هادی اتصال زمین نیز باید هماهنگی کامل برقرار باشد.



شکل ۶۲۱-۱ حفاظت در برابر تماس غیرمستقیم با قطع خودکار تغذیه، مهمترین موضوع در مبحث حفاظت است
(بر اساس IEC 364-4-41)

۶۴۱-۱- اصول کلی

اصولی کلی باید در مورد همه انواع سیستمهای الکتریکی اعمال شوند و علاوه بر اینها در مورد هر یک از سیستمها، باید مقررات اضافی نیز رعایت شوند.

۶۴۱-۱-۱ - قطع خودکار مدار (خواسته عمومی)

یک وسیله حفاظتی در برابر تماس غیرمستقیم باید منبع یا مدار تغذیه را در صورت بروز اتصالی بین فاز و بدنه هادی قطع کند به نحوی که ولتاژ تماس احتمالی اگر ازحد ولتاژ قراردادی (U_L) بیشتر شود، به مدت زمانی که منجر به صدمه یا مرگ می شود، برقرار نماند.

حد ولتاژ قراردادی U_L، در مورد جریان متناوب ۵۰ ولت مؤثر و در مورد جریان مستقیم ۱۲۰ ولت بدون تموج است.

در بعضی موارد، صرفنظر از مقدار ولتاژ تماس و با توجه به نوع اتصال زمین سیستم، حداکثر زمان قطع به مدت ۵ ثانیه مجاز می باشد.

یادآوریها

۱ – در سیستمهایی مانند نیروگاهها و پستها ممکن است حد ولتاژ قراردادی و حداکثر زمان قطع بیش از مقادیر گفته شده در بالا انتخاب شوند.

۲ – در مواردی دیگر مانند استخرها و غیره ممکن است حد ولتاژ قراردادی و حداکثر زمان قطع کمتر از مقادیر گفته شده در بالا انتخاب شوند.

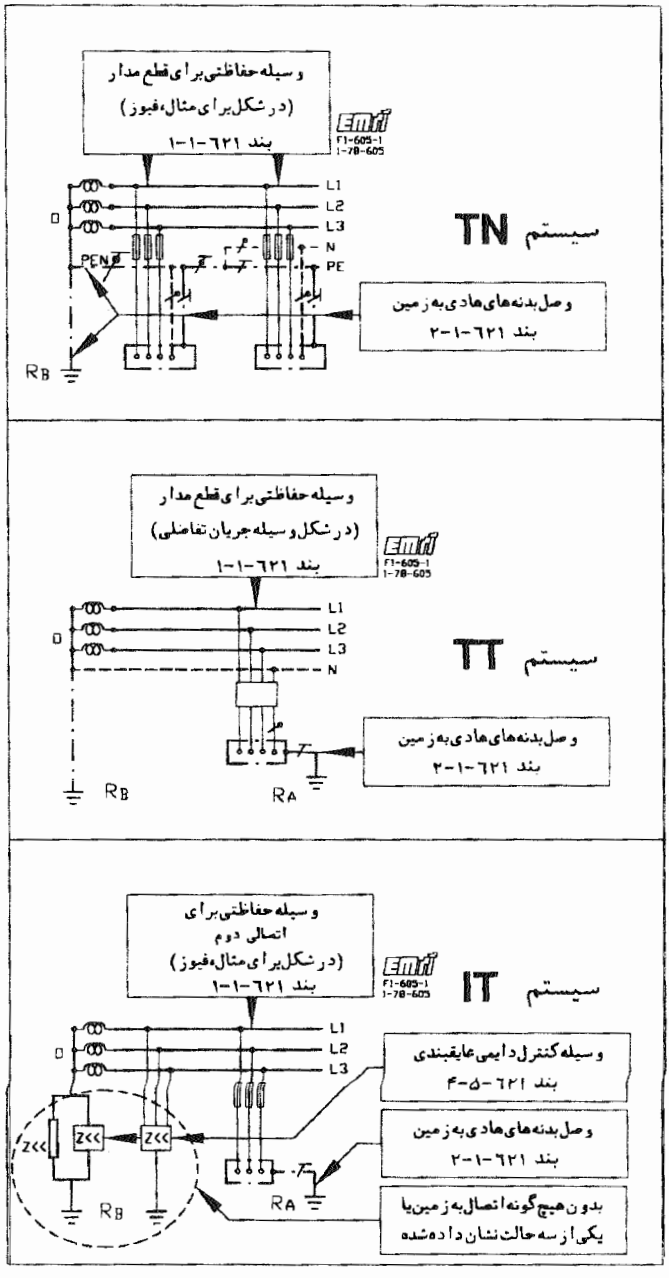
۳ – در مورد سیستم IT قطع خودکار در زمان وقوع اولین اتصالی الزامی نیست.

٤ – خواسته های بالا در مورد جریان متناوب با فرکانس ۱۵ تا ۱۰۰۰ هرتز قابل استفاده است.

۵ – جریان مستقیم بدون تموج جریانی است که مقدار تموج موجود در آن از ۱۰٪ مؤثر تجاوز نمی کند و مقدار پیک آن از ۱٤۰ ولت بیشتر نمی شود.

۶۴۱-۱-۲- اتصال زمین (خواسته عمومی)

بدنه های هادی باید با توجه به خصوصیات هر سیستم به یک هادی حفاظتی وصل شود و آن بدنه هایی که همزمان قابل لمس می باشند باید به سیستم اتصال زمین واحد وصل شوند.



شکل ۶۲۱-۲ خواستهای عمومی برای قطع خودکار مدار به صورت مصور

۶۲۱-۲- همبندی برای هم‌ولتاژ کردن (خواسته عمومی)

۶۲۱-۲-۱- همبندی اصلی برای هم‌ولتاژ کردن

در هر ساختمان ، در نقطه ورودی سرویس برق باید اجزای هادی زیر به یکدیگر اتصال داده شوند و همبندی اصلی برای هم‌ولتاژ کردن بوجود آید (شکلهای ۶۲۱-۳ و ۶۲۱-٤ و ۶۲۱-۵ دیده شوند) :

- هادی اصلی حفاظتی MPE ؛
- ترمینال اصلی زمین (شینه اصلی زمین) MEB ؛
- کلیه لوله کشیهای فلزی در داخل ساختمان (آب ، گاز ، حرارت مرکزی و تهویه، غیره) C ؛
- اجزای فلزی ساختمان (اسکلت فلزی ، میلگردهای بتن مسلح) C ؛
- هادیهای حفاظتی PE ؛
- هادی اصلی زمین یا ترمینال اصلی زمین E.

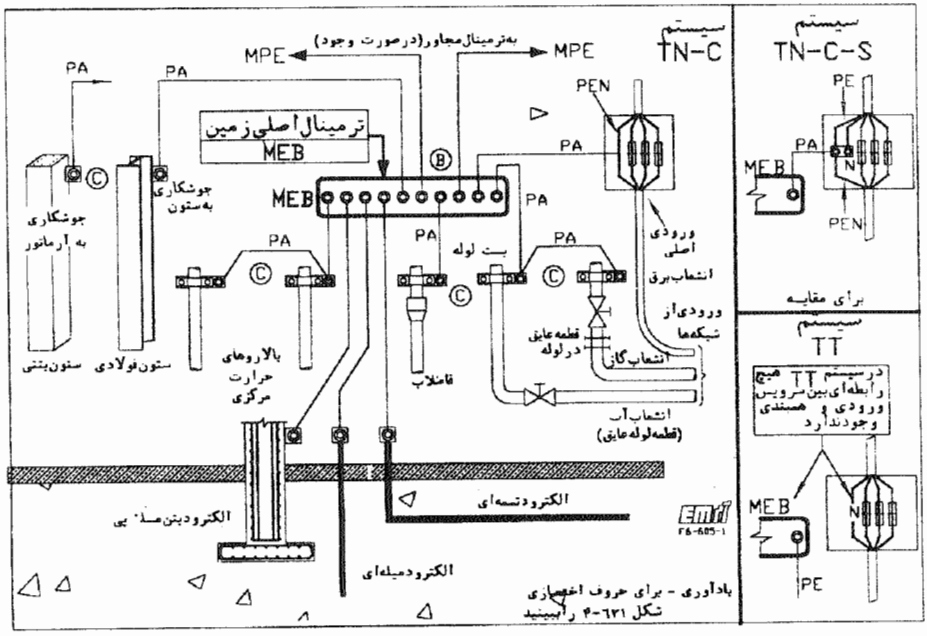
همبندی اصلی برای هم‌ولتاژ کردن

مهمترین روشی است که برای پیشگیری از برقگرفتگی در یک ساختمان وجود دارد . اگر اسکلت هادی ساختمان (اسکلت فلزی یا میلگردهای بتنی) و بدنه های هادی بیگانه (انواع لوله کشیها ونظایر آن) و بدنه های هادی تجهیزات الکتریکی ساختمانها (هادی حفاظتی PE و هادی اصلی زمین E) با یک هادی که دارای سطح مقطعی بزرگ است (کم مقاومت) به همدیگر وصل شوند ، بین اجزای ذکر شده در بالا حتی اگر جریانهای زیاد برقرار شده باشند، اختلاف پتانسیل قابل ملاحظه ای وجود نخواهد داشت تا باعث برقگرفتگی شود . همبندی حوزه هم‌ولتاژ در حجم ساختمان بوجود می آورد که بزرگی آن بستگی به وسعت ساختمان دارد.

به عبارت دیگر ، هدف از ایجاد همبندی اصلی برای هم‌ولتاژ کردن جلوگیری از تشکیل ولتاژهای خطرناک است بین اجزای مختلفی که ممکن است به وسیله یک نفر به طور همزمان لمس شوند . در اینجا هم نباید نقش زمین فراموش شود. بنابراین برای اینکه همبندی مؤثر باشد، باید پتانسیل اجزای همبندی شده خیلی نزدیک به پتانسیل زمین باشد . نتیجه وارد کردن هادیهای بیگانه و اجزای فلزی ساختمان در همبندی ، همین است .

ممکن است که در بعضی از شرایط اتصالی ، ولتاژ نقطه اصلی همبندی برای هم‌ولتاژ کردن نسبت به جرم کلی زمین از حد مجاز بالاتر رود (مانند حالتی که یکی از فازها از طریق یک قسمت هادی بیگانه که در همبندی منبع اصلی شرکت ندارد با زمین اتصال کوتاه شود شکل ۶۲۱-۸ را ببینید) . اما چون در داخل حوزه همبندی شده همه ولتاژها به علت وجود همبندی با هم برابر یا نسبت به هم خیلی کم تفاوت دارند، فردی که در داخل حوزه قرار دارد دچار برقگرفتگی نخواهد شد . برقزدگی در اثر تماس همزمان بدن با دو نقطه ای که دارای

پتانسیلهای مختلف اند بروز می کند و یک پتانسیل هیچگاه سبب برق زدگی نمی شود .
نکته ای ابتدایی که اغلب به فراموشی سپرده می شود .



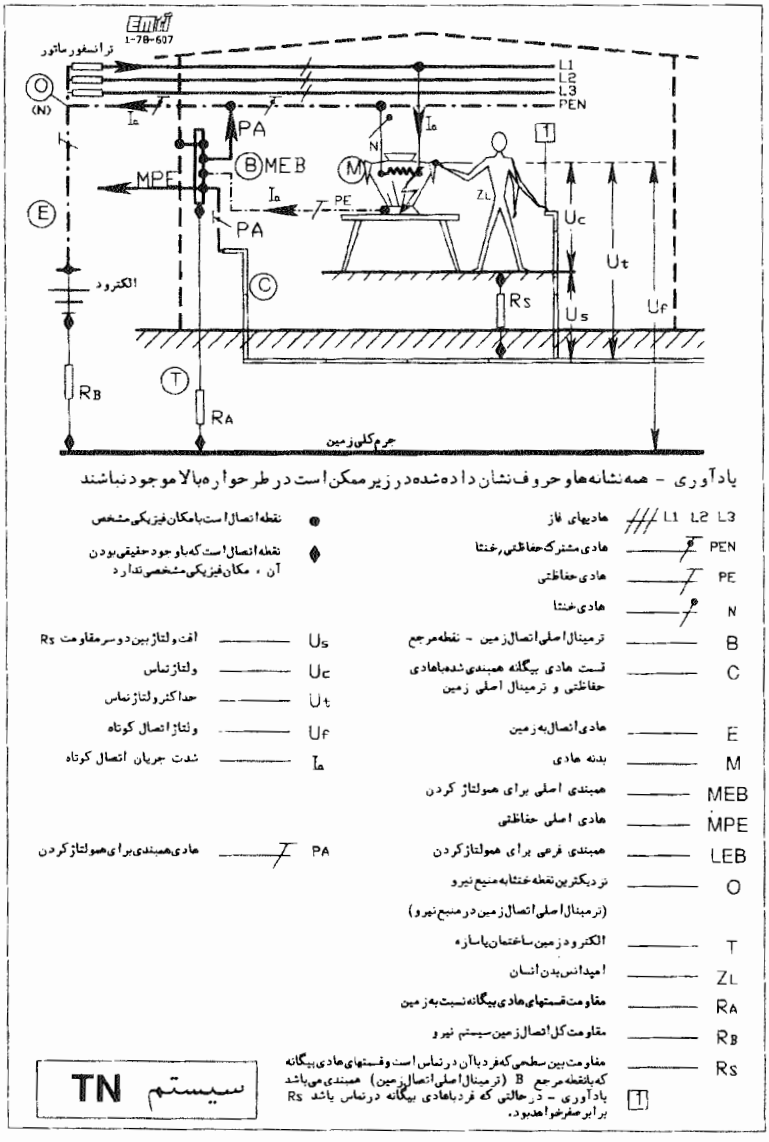
شکل ۶۲۱-۳ طرحواره یک نمونه همبندی برای هم‌ولتاژ کردن در سیستم TN (TT)

در ساختمانهای کوچک تک واحدی، داشتن یک حوزه هم‌ولتاژ کافی خواهد بود، در حالی که در ساختمانهای بزرگ ممکن است لازم شود چند حوزه هم‌ولتاژ تشکیل گردد . اگر چند ساختمان از یک منبع تغذیه کنند، در محل ورود سرویس به هر کدام از ساختمانها باید یک سیستم هم‌ولتاژکننده بودجود آید و بنابراین هر ساختمان دارای یک حوزه هم‌ولتاژ مستقل خواهد بود . اگر ساختمان وسیعی چندنقطه ورودی سرویس داشته باشد، حوزه هم‌ولتاژ کننده باید در هر یک از این نقاط بوجود آید . در این گونه ساختمانها مخصوصاً در انواع بلندمرتبه ، ترمینالهای اصلی اتصال به زمین را با یک هادی که هادی حفاظتی اصلی (MPE) است به همدیگر وصل می کنند . شکل ۶۲۱-۵ را ببینید .

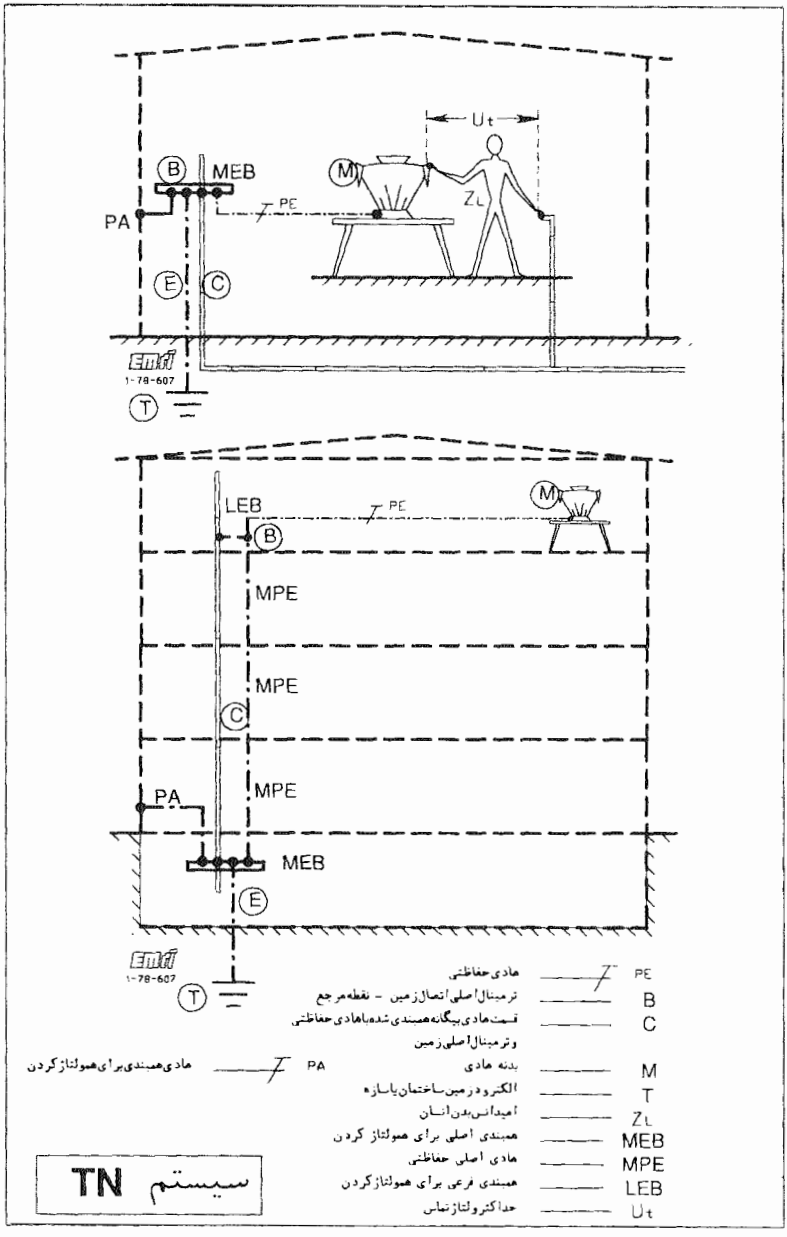
سیستم همبندی برای هم‌ولتاژ کردن ، یک هدیه مجانی به استفاده کنندگان از ساختمان تقدیم می کند:

علاوه بر ایمنی در برابر برقگرفتگی ، همبندی سیستمهای الکترونیکی را در برابر تداخل امواج الکترومغناطیسی (EMI) حفاظت می نماید . برای همین همبندی بسیار مهم می باشد و در ساختمانهای بزرگ ایجاد همبندی علاوه بر نقطه ورود سرویس به ساختمان ، در نقاط اضافی مانند تابلوهای برق تغذیه کننده لوازم فنی ، بسیار مفید خواهد بود.

برای تشریح تفاوتهای بین سیستمهای TN-C و TN-S از نظر سازگاری با سیستمهای الکترونیکی یا برقراری EMC در ساختمانها به پیوست 6P10 مراجعه کنید.



شکل ٦٢١-٤ اجزای تشکیل دهنده یک سیستم همبندی اصلی برای هم ولتاژ کردن



شکل ۶۲۱-۵ اجزای اصلی یک همبندی اصلی و همبندی کمکی

۶۲۱-۲-۲- همبندی کمکی برای هم‌ولتاژ کردن

در مواردی که فراهم آوردن شرایط مربوط به قطع مدار تغذیه طبق خواسته های بند ۶۲۱-۱-۱ (قطع خودکار مدار) در تماس یا در قسمتی از تأسیسات ممکن نباشد ، لازم خواهد بود از همبندی کمکی برای هم‌ولتاژ کردن استفاده شود .این همبندی با نام همبندی محلی هم شناخته می شود . در استفاده از همبندی کمکی هیچ محدودیتی وجود ندارد به نحوی که همبندی کمکی می تواند یک دستگاه از تجهیزات یا یک اتاق یا یک محدوده یا کل یک تأسیسات را در بر گیرد . شکل ۶۲۱-۵ را ببینید .

یادآوری

وجود همبندی اصلی یا کمکی اگر درست انجام شده باشد، حتی اگر شدت جریانهای بزرگی در هادیهای همبندی کننده یا دیگر اجزای تأسیسات برقرار باشند، جلوی برقگرفتگی را خواهد گرفت . اما طبق مقررات، این جریانها نباید به مدتی طولانی برقرار بمانند و لازم است حداکثر ظرف ۵ ثانیه قطع شوند، زیرا جریانهای فوق سبب بالا رفتن دما در هادیهایی می شوند که برای آن شدتها پیش بینی نشده اند و نتیجه قطع نشدن به موقع جریان ممکن است منجر به آتش سوزی شود که باید جلوی آن گرفته شود.

سیستم TN

۶۲۱-۳- شرایط اختصاصی سیستم TN (همه موارد: TN-C-S , TN-S , TN-C)

۶۲۱-۳-۱- وصل بدنه های هادی تجهیزات الکتریکی به زمین

کلیه بدنه های هادی (فلزی) تجهیزات الکتریکی باید با استفاده از هادیهای حفاظتی (PE یا PEN) به نقطه زمین شده سیستم نیرو (N,O) وصل شوند و نقطه زمین شده باید در نزدیکی منبع نیرو (ترانسفورماتور یا ژنراتور) زمین شود . (شکل ۶۲۱-۱ را ببینید) . معمولاً نقطه ای که زمین می شود، نقطه خنثا است، ولی اگر نقطه خنثا در دسترس یا موجود نباشد (همبندی مثلث) یکی از فازها را باید زمین نمود.

تحت هیچ شرایطی نباید از هادی فاز به عنوان هادی PEN استفاده شود .

یادآوریها

۱ - همه سیستمهای به کار رفته در کشور ما ستاره با خنثای زمین شده است .

۲ - در سیستم TN هادی حفاظتی (PE) را باید به همه الکترودهای در دسترس زمین (الکترودهای زمین متعدد) وصل نمود. با انجام این کار، مخصوصاً اگر این نقاط یکنواخت پخش شده باشند، در صورت وقوع اتصال کوتاه، پتانسیل هادی حفاظتی در حد امکان به پتانسیل زمین نزدیک باقی خواهد ماند. (شکلهای ۶۲۱-۶ ، ۶۲۱-۷ و برای توضیحات بیشتر ، پیوست 6P2 را ببینید) .

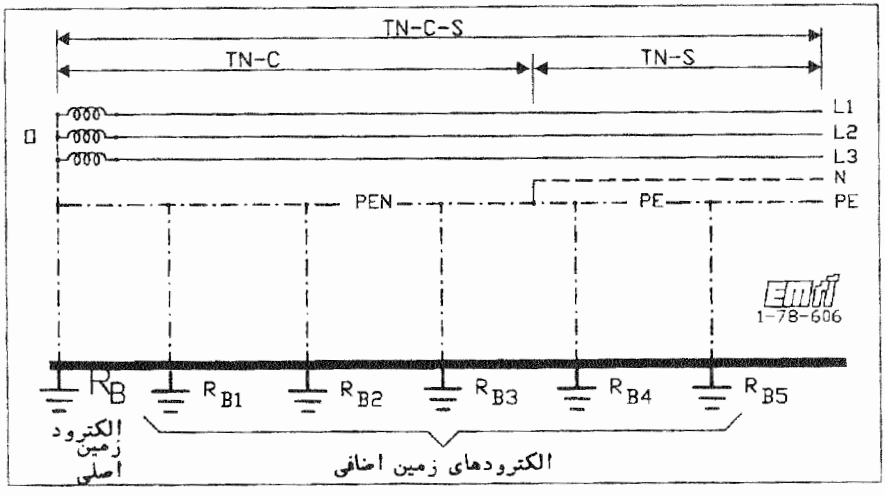
۳ – در ساختمانهای بلند که به علت محدودیت در فضا در آنها امکان احداث اتصال زمینهای متعدد وجود ندارد ، همبندی بین بدنه های هادی تجهیزات و بدنه های هادی یگانه هم‌ولتاژ کردن اجزای مختلف را بعهده خواهد داشت.

٤ – به دلایل بالا توصیه می شود در نقطه ورود سرویس به هر ساختمان، یک اتصال به زمین اختصاصی برای هادی حفاظتی (PEN,PE) احداث شود .

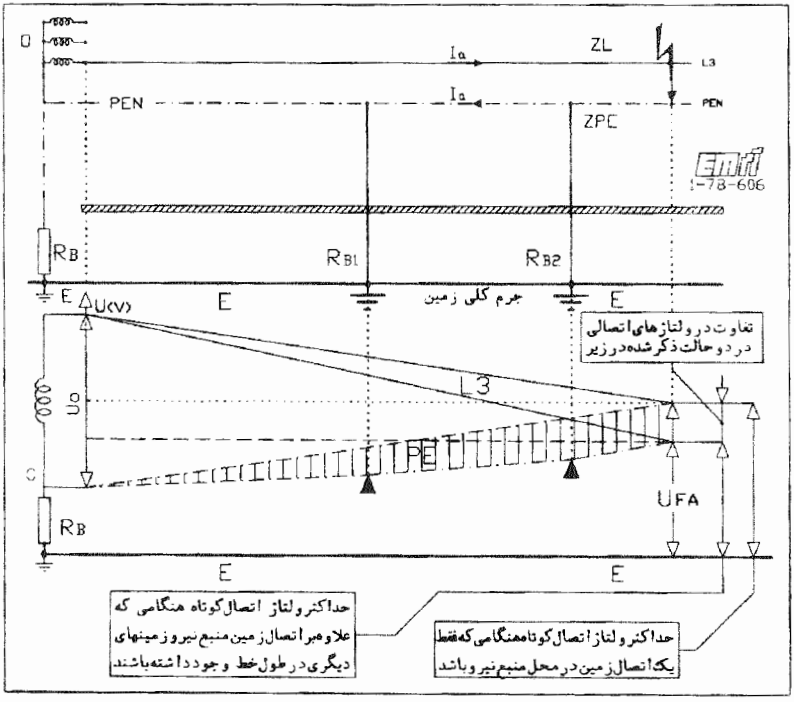
یادآوری ۴ مطلبی است که در مقررات سیمکشی ساختمانها (مبحث ۱۳ از مقررات ملی ساختمانی ایران) پیش بینی شده است.

۶۲۱-۳-۲- استفاده از یک هادی برای دو منظور حفاظتی (PE) و خنثا (N)

در تأسیسات نصب ثابت می توان از یک هادی برای هر دو منظور حفاظتی (PE) و خنثا (N) به صورت اشتراکی استفاده نمود به شرطی که سطح مقطع هادی مشترک حفاظتی/خنثا از ۱۰ میلیمتر مربع کمتر نباشد . کابلهای قابل انعطاف مانند بندهای مربوط به لوازم خانگی از جمله اتو، جاروبرقی ، مته و نظایر آن تأسیسات ثابت نیستند.



شکل ٦٢١-٦ اتصال زمین حفاظتی مکرر



شکل ٦٢١-٧ نحوه اثر اتصال زمین مکرر در ولتاژ اتصالی و در نتیجه ولتاژ برقگرفتگی

اگر کابل از نوع هم مرکز باشد ، حداقل سطح مقطع هادی مشترک ممکن است ٤ میلیمتر مربع باشد، به شرط آن که در همه اتصالات کابل هم مرکز، برقراری تداوم هادی غلاف (پرده)، رعایت شده باشد. هادی مشترک حفاظتی/خنثا با حروف اختصاری PEN مشخص می شود .

هادی PEN باید نسبت به بالاترین ولتاژی که ممکن است تحت آن قرار گیرد ، عایقبندی شود . اگر از نقطه ای در تأسیسات به بعد هادیهای مشترک حفاظتی / خنثا از یکدیگر تفکیک شوند و به اشتراک خود پایان دهند ، از آن نقطه به بعد وصل مجدد آنها ممنوع است . در نقطه تفکیک هر یک از هادیهای جدا شده یعنی N , PE باید یک ترمینال یا شینه برای هر کدام از آنها پیش بینی شود و هادی مشترک حفاظتی /خنثا PEN باید به ترمینال یا شینه حفاظتی یعنی PE وصل شود و بین دو ترمینال یا شینه N , PE ، یک قطعه اتصالی قابل نصب و پیاده کردن وجود داشته باشد . این قطعه در شرایط عادی وصل است و فقط در صورتی که انجام اندازه گیریهایی لازم باشد، برای مدتی کوتاه برداشته می شود.

یادآوریها

۱ – در سیستمهایی که مجهز به هادی PEN می باشند. استفاده از وسایل حفاظتی جریان تفاضلی امکان ندارد زیرا از نقطه نصب وسیله جریان تفاضلی هادی مشترک PEN ناچاراست به دو هادی PE و N تفکیک و سیستم از TN-C تبدیل به TN-S شود و بنابراین کل سیستم TN-C-S خواهد شد.

۲ – استفاده از هادی مشترک حفاظتی / خنثا این سوءتفاهم را بوجود می آورد که در صورت نامتعادل بودن بار در شبکه و عبور جریانهای شدید (عادی) از هادی خنثا (PEN) و نظر به اینکه بدنه های هادی تجهیزات الکتریکی وصل به آن می باشند ممکن است در صورت تماس با آنها برقگرفتگی به وجود آید. این تصوری است اشتباه آمیز که در پیوست 6P3 درباره آن بحث شده است.

۳ – کمتر تأسیساتی از نوع TN وجود دارد که در آن از یک نقطه به بعد هادی مشترک حفاظتی /خنثا تفکیک نشود زیرا کمتر تأسیساتی از این نوع را می توان یافت که دست کم سطح مقطع بعضی از مدارهای نهایی آن از ۱۰ میلیمتر مربع کمتر نباشد. کوچک شدن سطح مقطع از ۱۰ میلیمتر مربع، به معنی لزوم تفکیک اجباری هادی حفاظتی و هادی خنثا.

۶۲۱-۳-۳- مشخصه های تجهیزات حفاظتی در سیستم TN

مشخصه های تجهیزات حفاظتی و امپدانس مدار باید به نحوی باشند که در صورت وقوع اتصال کوتاه بین یکی از هادیهای فاز و بدنه هادی یا هادی حفاظتی (PE) در هر نقطه ای از تأسیسات (معمولا دورترین نقطه بدترین حالت است) مدار به طور خودکار حداکثر در زمان تعیین شده قطع کند تا طبق خواسته های مبحث پنجم (با توجه به حوزه بندیهای شکل ۵۲۵-۱) برقگرفتگی بروز نکند.

خواسته فوق در صورت احراز شرط زیر حاصل می شود:

$$U_0 \times I_a \leq Z_S \qquad (۱-۶)$$

که در آن:

Z_S = امپدانس حلقه اتصال کوتاه شامل :امپدانس منبع (ترانسفورماتور، ژنراتور) + امپدانس هادی فاز از منبع تانقطه اتصالی + امپدانس هادی حفاظتی (PE) و یا (PEN) از منبع تا نقطه اتصالی؛

I_a = شدت جریانی است (پیوست 6P4 را ببینید) که:

(۱) سبب قطع وسیله حفاظتی حداکثر در زمانهای ذکر شده در جدول ۶-۲ با توجه به ولتاژ U_0 می شود، یا

(۲) سبب قطع وسیله حفاظتی تحت شرایطی که در بند ۶۲۱-۳-۵ مشخص شده است، حداکثر در زمان ۵ ثانیه شود.

U_0 = ولتاژ اسمی متناوب مؤثر فاز به زمین می باشد.

فرض بر این است که زمانهای حداکثر مشخص شده در جدول ۶-۲، خواسته بند ۶۲۱-۱-۱ را برای مدارهای نهایی که لوازم کلاس I از نوع دستی و قابل حمل را تغذیه می کنند برآورده می کنند.

بحث مفصلی درباره نحوه محاسبه امپدانس حلقه اتصال کوتاه و شدت جریان اتصالی و نحوه انتخاب شدت جریان اسمی لوازم حفاظتی برای مطابقت با مدت زمان مجاز ، در پیوست 6P4 داده شده است .

برای مدارهای توزیع حداکثر زمان برقراری اتصال کوتاه ۵ ثانیه مجاز می باشد.

برای مدارهای نهایی که فقط تجهیزات نصب ثابت را تغذیه می کنند، زمان قطع می تواند از مقدار تعیین شده در جدول ٦ -۲ بیشتر باشد، ولی نباید هیچگاه از ۵ ثانیه تجاوز کند. علاوه بر آن اگر مدارهایی که لوازم دستی را تغذیه می کنند (و باید در زمانهای تعیین شده در جدول ٦-۲ قطع شوند) به تابلوی مربوط به مدارهای تجهیزات ثابت وصل باشند یا از همان مدار تغذیه کنند، باید یکی از شرایط زیر برقرار باشد:

(۱) امپدانس هادی حفاظتی بین تابلوی تقسیم و نقطه ای که هادی حفاظتی به نقطه همبندی اصلی وصل می شود (MEB) از مقدار زیر بیشتر نباشد:

$$\frac{50}{U_0} Z_S(\Omega) \qquad (۲-٦)$$

(شکل ٦۲۱-۵ دیده شود).

(۲) در محل تابلوی تقسیم یک همبندی کمکی نصب شود که شامل همه بدنه های هادی بیگانه که در همبندی اصلی شرکت دارند، باشد و با خواسته های بند ٦۲۱-۲ مطابقت نماید.

پیوست 6P5 علت ممنوعیت تغذیه مدارهای نهایی ۰،٤ ثانیه و ۵ ثانیه از یک تابلو را نشان می دهد.

جدول ٦-۲ حداکثر زمان قطع برای سیستمهای TN

U0 (V)	حد زمان قطع (ثانیه) (S)
۱۲۰	۰،۸
۳۳۰	۰،٤
۲۲۷	۰،٤
٤۰۰	۰،۲
٤۰۰	۰،۱

ولتاژها بر اساس استاندارد IEC 38 (1983) می باشند.

در مورد ولتاژهایی که در حد رواداری تعیین شده در استاندارد IEC 38 می باشند مقادیر برابر مقدار اسمی باند انتخاب می شوند. برای ولتاژهای بین دو باند، مقدار بزرگتر انتخاب می شود .

۶۲۱-۳-۴- ایجاد همبندی کمکی برای هم‌ولتاژ کردن

اگر شرایط گفته شده در بند ۶۲۱-۳-۳ را نتوان با استفاده از وسایل حفاظتی اضافه جریان مانند :

(۱) فیوز

(۲) کلید خودکار

(۳) کلیدهای خودکار کوچک

برآورده نمود باید اقدام به برقراری همبندی کمکی برای هم‌ولتاژ کردن طبق بند ۶۲۱-۲-۲ نمود . به جای استفاده از همبندی کمکی می توان از وسایل حفاظتی جریان تفاضلی استفاده کرد .

یادآوری - از وسایل حفاظتی جریان تفاضلی در انواع سیستمهای TN استفاده می شود که در بند ۶۲۱-٤-۵ بعضی از آنها نشان داده شده اند.

۶۲۱-۳-۵- تعیین حداقل مقاومت اتصال زمین در سیستم TN

در شرایطی که بین یک هادی فاز و زمین اتصالی برقرار شود (مانند افتادن یک هادی فاز روی یک دیوار فلزی یا دست انداز فلزی که به زمین وصل است، که احتمال آن کم است). برای اینکه ولتاژ هادی حفاظتی و بدنه های هادی که به آن وصل می باشند، نسبت به جرم کلی زمین از مقدار $U_L = 50$ ولت تجاوز نکند (مقدار قراردادی)، لازم است رابطه زیر برقرار باشد:

$$\frac{R_B}{R_E} \leq \frac{50}{U_0 - 50} \qquad (۳-۶)$$

که در آن :

U_0 = ولتاژ اسمی متناوب مؤثر فاز به زمین ؛

R_B = مقاومت همه الکترودهای زمین که موازی نصب شده اند نسبت به جرم کلی زمین ؛

R_E = مقدار حداقل مقاومت بین یک بدنه هادی یگانه (که ممکن است با هادی فاز اتصالی کند) که در همبندی شرکت ندارد (به هادی حفاظتی وصل نیست) و جرم زمین . در حالت اتصالی از این مقاومت جریانهای اتصالی به جرم زمین و از جرم زمین و از طریق مقاومت R_B و منبع و هادی فاز بسته می شود. (شکل ۶۲۱-۸ دیده شود) .

یادآوریها

۱ - مقاومت R_E مقداری است آماری و تجربی . آمار نشان می دهد که در اغلب موارد $R_E >= ۱۰\ \Omega$ بنابراین برای اینکه $U_L <= ۵۰$ باشد کافی است $R_B <= ۲.۹\Omega$ انتخاب شود . این مسئله ای است مهم. قبل از اعمال این قاعده ، $R_B <= ۲\ \Omega$ انتخاب می شد و اینک مقدار بزرگتری قابل قبول می باشد که فراهم کردن $R_B <= ۲.۹\ \Omega$ ساده تر از $R_B <= ۲\ \Omega$ است

۲ - برای تشریح بیشتر مسئله به پیوست 6P6 مراجعه شود.

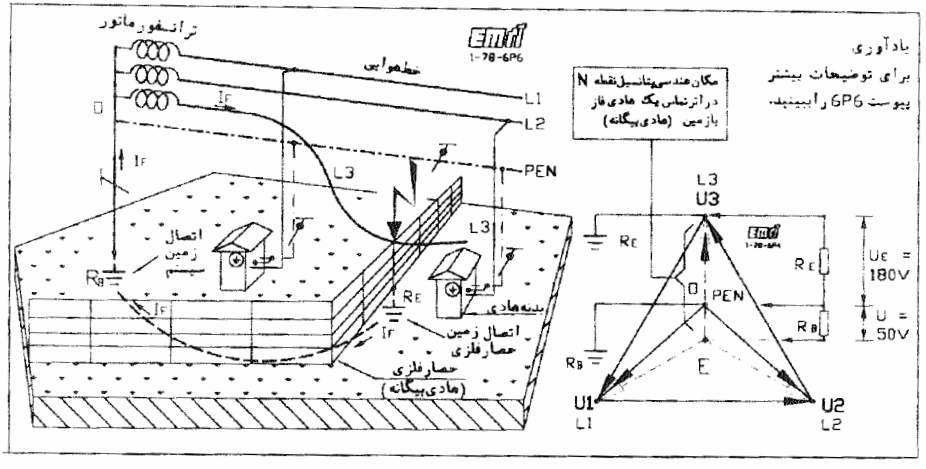
۶۲۱-۳-۶- استفاده از وسایل حفاظتی اضافه جریان و جریان تفاضلی در سیستمهای TN

در سیستمهای TN از انواع وسایل حفاظتی اضافه جریان می توان استفاده کرد . بند ۶۲۱-۳-٤ را ببینید . در این سیستمها علاوه بر اینها ، از وسایل جریان تفاضلی هم می توان استفاده کرد با این تذکر که استفاده از وسایل جریان تفاضلی در سیستم TN-C ممکن نیست و از محل نصب این وسایل سیستم را باید تبدیل به TN-S نمود و از هادیهای مجزا PE و N استفاده کرد .

شکل ۳۳۲-۳ و پیوست 6P9 را ببینید.

۶۲۱-۳-۷- استقرار الکترود مستقل برای وسایل جریان تفاضلی در برخی موارد در سیستم TN

مطلب بسیار مهم دیگر این است که در صورت استفاده وسایل جریان تفاضلی در سیستمهای TN، اگر در خارج از حوزه اثر همبندی برای هم‌ولتاژ کردن باشد (یعنی در محلی که قسمتهای هادی یگانه آن در همبندی شرکت ندارند) ، بدنه های هادی تجهیزات الکتریکی نباید به هادی PE یا PEN در سیستم TN وصل شود . در این حالت بدنه ها باید به الکترود مستقلی وصل شوند که مقاومت آن نسبت به جرم زمین با مقدار مربوط به جریان عامل وسیله تفاضلی هماهنگ باشد . مداری که به این ترتیب تشکیل می شود، سیستم TT بوده و باید مقررات آن سیستم را جاری نمود بند ۶۲۱-٤ را ببینید .

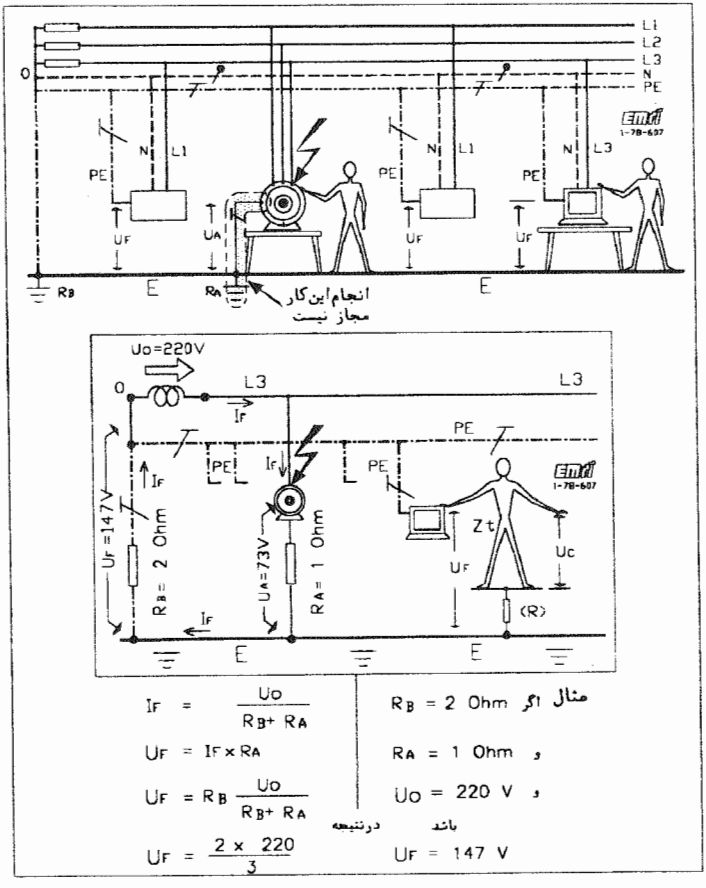


شکل ۶۲۱-۸ اثر اتصال کوتاه بین یک فاز و یک هادی یگانه که در همبندی شرکت ندارد

۶۲۱-۳-۸- منع استفاده از الکترود زمین مستقل در سیستمهای TN

گاهی دیده شده است که در سیستمهای TN بعضی از تجهیزات سیستم را به یک الکترود زمین انفرادی وصل می کنند بدون آنکه آن الکترود به هادی حفاظتی یا هادی مشترک حفاظتی /خنثا هم وصل شده باشد . در بعضی موارد نادر ممکن است مقاومت الکترود انفرادی (R_A) از مقاومت کل زمین سیستم (R_B) کوچکتر باشد و در این حالت اگر یک اتصالی بین هادی فاز و بدنه هادی اتفاق افتد ، ولتاژ همه بدنه های هادی سیستم ممکن است به مقداری خیلی بیشتر از مقدار مجاز رسد .

طرحواره های شکل ۶۲۱-۹ و مثال گفته شده در آن گویا می باشد. بنابراین استفاده از الکترودهای زمین انفرادی در سیستمهای TN ممنوع است .



شکل ۶۲۱-۹ چرا در سیستمهای TN نباید از الکترودهای زمین انفرادی استفاده کرد

۶۲۱-۳-۹- یک نتیجه گیری مهم برای سیستم TN

تا چندی پیش عقیده بر این بود که مقدار کل مقاومت زمین هادیهای حفاظتی PE یا حفاظتی/خنثا PEN در یک سیستم TN با ولتاژ ۳۸۰/۲۲۰ ولت ، نباید از ۲ اهم بیشتر باشد . دلیل آن هم با توجه به مطالب بند ۶۲۱-۳-۵ این بود که در شرایط عادی اگر اتصالی بین یک فاز و یک هادی بیگانه بروز کند ، مقدار آماری این مقاومت اتفاقی حداقل ۷ اهم خواهد بود و بنابراین انتخاب مقدار ۲ اهم قابل توجه است .

سپس عقاید بر این قرار گرفت که مقدار ۷ اهم انتخابی بسیار محافظه کارانه است و می توان مقدار مقاومت اتفاقی را تا ۱۰ اهم نیز انتخاب نمود، بدون آنکه در احتمال بروز برقگرفتگی تغیر زیادی پیش آید و در این صورت مقدار مقاومت کل هادی خنثا نسبت به زمین می تواند ۲،۹ اهم باشد .

جدیدترین عقیده در این زمینه این است که در سیستمهایی که انحصاراً از کابلهای زیرزمینی استفاده می کنند، اصلاً توجهی به مقدار مقاومت هادیهای خنثا نسبت به زمین نشود، زیرا مقدار آن هر چه باشد، به شرط اینکه سایر مسایل (مانند قطع مدار در ۰،٤ ثانیه یا ۵ ثانیه) رعایت شده باشند، خللی در ایمنی وارد نخواهد شد زیرا اتصال اتفاقی بین یک فاز و یک بدنه هادی بیگانه در سیستم کابلی بسیار بسیار نامحتمل است .

ممکن است این سؤال پیش آید که چرا از اول این فکر نشده بود . جواب این سؤال را می توان در دو قسمت داد:

(۱) در ابتدای هر کاری به دلیل نبودن آمار کافی گرایش به این سمت است که مقادیر آماری با محافظه کاری بیشتری انتخاب شوند (۷ اهم) . پس از سالها آزمایش دیده شد این مقدار بسیار کوچک انتخاب شده بود و بنابراین مقدار آن را به ۱۰ اهم افزایش دادند که در نتیجه انتخاب مقاومت کل سیستم ۲،۹ اهم به جای ۲ اهم مجاز گردید .

(۲) در سابق به دلایل بسیاری که وارد آنها نخواهیم شد، بیشتر شبکه ها هوایی بود و اینک با گذشت زمان از حجم شبکه های هوایی کاسته شده و به حجم شبکه های زیرزمینی افزوده شده است . همانطور که گفته شد، بروز اتصالی بین یک هادی فاز و یک بدنه هادی بیگانه در شبکه کابلی بسیار نامحتمل است و مطالب گفته شده در بند ۶۲۱-۳-۵ را باید فقط در مورد شبکه های هوایی به کار بست .

به طور خلاصه :

> **روز بروز اهمیت مقدار مقاومت R_B در سیستم TN کاسته می شود به طوری که هم اکنون در سیستمهای تمام کابلی TN ، دیگر احتیاجی به کنترل مقدار مقاومت R_B طبق بند ۶۲۱-۳-۵ نیست . با وجود این، لزوم برقراری اتصال زمین برای هر انشعاب (طبق بند ۶۲۱-۳-۱) ، به قوت خود باقی است.**

سیستم TT

۶۲۱-۴- شرایط اختصاصی سیستم TT

۶۲۱-۴-۱- وصل بدنه های هادی به زمین در سیستم TT

کلیه بدنه های هادی که دارای یک وسیله حفاظتی مشترک می باشند باید همراه با هادیهای حفاظتی آنها به یک الکترود زمین مشترک وصل شوند.

۶۲۱-۴-۲- مشخصه های تجهیزات حفاظتی و مقاومت الکترود زمین در سیستم TT

مشخصه های تجهیزات حفاظتی و مقاومت الکترود زمین در سیستمهای TT باید به نحوی باشندکه در صورت وقوع اتصال کوتاه بین یکی از هادیهای فاز و بدنه هادی یا هادی حفاظتی (PE) در هر نقطه ای از تأسیسات ، مدار به طور خودکار حداکثر در زمان تعیین شده قطع کند تا طبق خواسته های مبحث پنجم (با توجه به حوزه بندیهای شکل ۵۲۵-۱) برقگرفتگی بروز نکند.

خواسته فوق در صورت احراز شرط زیر حاصل می شود:

$$Ia \times R_A \leq 50V \qquad (٤-٦)$$

که در آن :

R_A = مجموع مقاومتهای هادی حفاظتی و الکترود زمین ؛

Ia = شدت جریانی که سبب قطع خودکار وسیله حفاظتی می شود ؛

$50V$ = حداکثر ولتاژ مجاز تماس U_L.

یادآوری ۱ - در مواردی که وسیله حفاظتی یک وسیله جریان تفاضلی می باشد ، $Ia = I_{\Delta n}$ است که $I_{\Delta n}$ عبارت است از جریان تفاضلی اسمی عمل وسیله حفاظتی .

در سیستم TT به منظور ایجاد تمایز، می توان از وسایل جریان تفاضلی تیپ S ، به صورت سری با وسایل جریان تفاضلی معمولی استفاده کرد . برای ایجاد تمایز با وسایل جریان تفاضلی تیپ S ، در مدارهای توزیع حداکثر جریان عمل به مدت یک ثانیه مجاز می باشد.

یادآوری ۲ - برای وسایل جریان تفاضلی تیپ S ، به مدارک IEC 1008 مراجعه شود .

در موارد استفاده از وسایل نوع اضافه جریان، باید یکی از شرایط زیر برقرار باشد:

(۱) وسیله حفاظتی باید دارای مشخصه عکس زمانی (inverse time) باشد و شدت جریان Ia آن را در مدت ۵ ثانیه قطع کند.

(۲) وسیله حفاظتی باید با مشخصه زمانی آنی (instantaneous) باشد و Ia حداقل شدت جریانی باشد که سبب کار آنی وسیله شود .

۶۲۱-۴-۳- همبندی کمکی برای هم‌ولتاژ کردن در سیستم TT

اگر در سیستمهای TT شرایط گفته شده در بند ۶۲۱-٤-۲ را نتوان برآورده نمود، باید اقدام به برقراری همبندی کمکی برای هم‌ولتاژ کردن طبق بند ۶۲۱-۲-۲ و بخش ۶۲۱-٦ نمود.

۶۲۱-۴-۴- وسایل حفاظتی مجاز در سیستم TT

در سیستمهای TT استفاده از وسایل حفاظتی زیر مجاز می باشد:

(۱) وسایل حفاظتی جریان تفاضلی (بند ۳۳۲-۱ و ۶۲۱-٤-۵ را ببینید)

(۲) وسایل حفاظتی اضافه جریان

یادآوری ۱

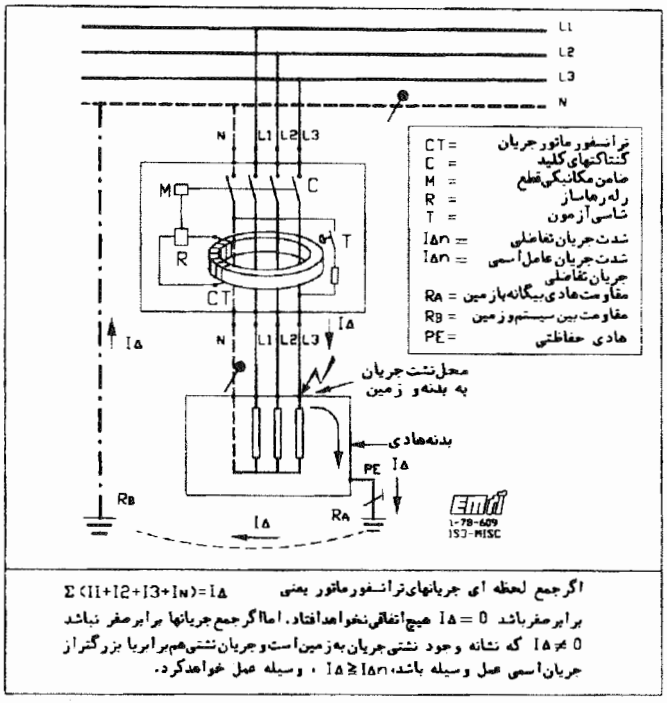
در عمل ، استفاده از وسایل حفاظتی اضافه جریان در سیستمهای TT ممکن نخواهد بود، زیرا دستیابی به مقاومتهای بسیار کوچکی که برای احراز ایمنی لازم می باشد، عملی نیست . برای مثال یک فیوز ۲۵ آمپر احتیاج به مقاومت زمین ۰/۵۷ اهم و یک فیوز ۳۶ آمپر ، احتیاج به مقاومتی برابر ۰/۳۹ اهم دارند . (بخش ۳۳۲ و شکل ۳۳۲-۱ دیده شوند) . اما اگر از وسایل حفاظتی جریان تفاضلی با جریان عمل ۳۰ میلی آمپر استفاده شود، مقاومت زمین می تواند ۱۶۶۶ اهم باشد که کاملاً قابل حصول است . (بند ۳۳۲-۱ و شکل ۳۳۲-۲ دیده شوند).

یادآوری ۲

در سیستمهای TT استفاده از وسایل حفاظتی با ولتاژ عامل اتصال کوتاه (FU) برای موارد مخصوصی که وسایل ذکر شده در بالا قادر به ایجاد ایمنی نباشند ، مجاز می باشد . پیوست 6P8 را ببینید.

یادآوری ۳

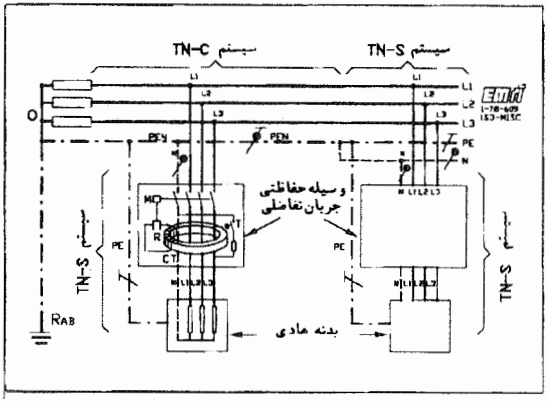
در بخش ۶۱۵ اشاره شده است که از کلیدهای جریان تفاضلی می توان به عنوان یک وسیله حفاظت ثانوی در برابر تماس مستقیم استفاده نمود. بعضی از شرکتهای سوئیچ این خاصیت کلید را بزرگ کرده و آن را مناسب برای حفاظت اصلی جا می زنند که در اصل این را باید خیانت به حساب آورد . پیوست 6P9 بحثی را در این مورد ارائه می دهد.



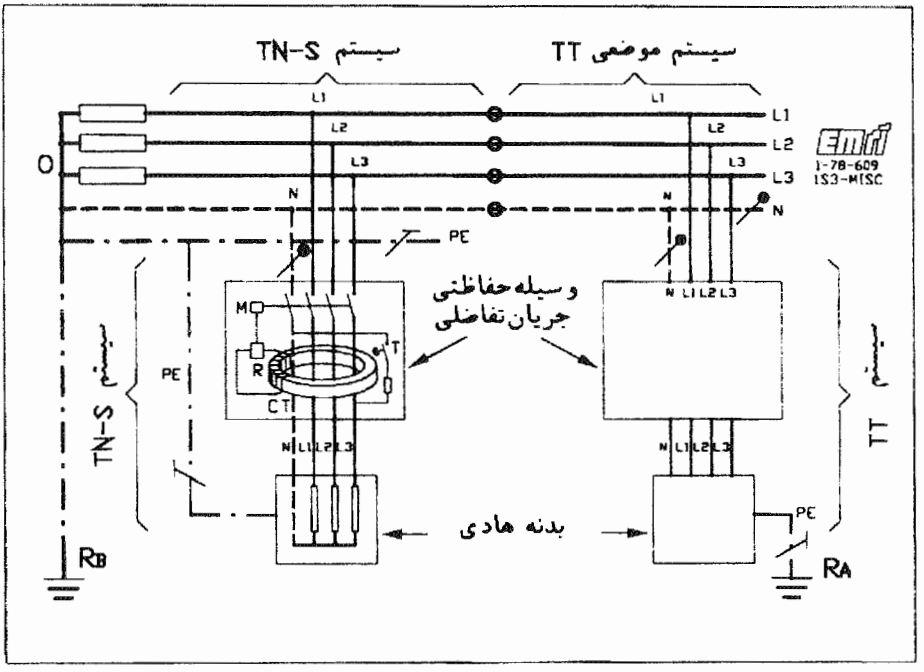
شکل ۶۲۱-۱۰ طرحواره یک وسیله (کلید) حفاظتی جریان تفاضلی

۶۲۱-۴-۵- روشهای استفاده از وسایل حفاظتی جریان تفاضلی در سیستم TN

در سیستمهای TN به شرط رعایت نکاتی که در شکلهای زیر نشان داده شده است می توان از وسایل حفاظتی جریان تفاضلی استفاده کرد.



شکل ۶۲۱-۱۱ استفاده از وسایل حفاظتی جریان تفاضلی در سیستم TN-C-S



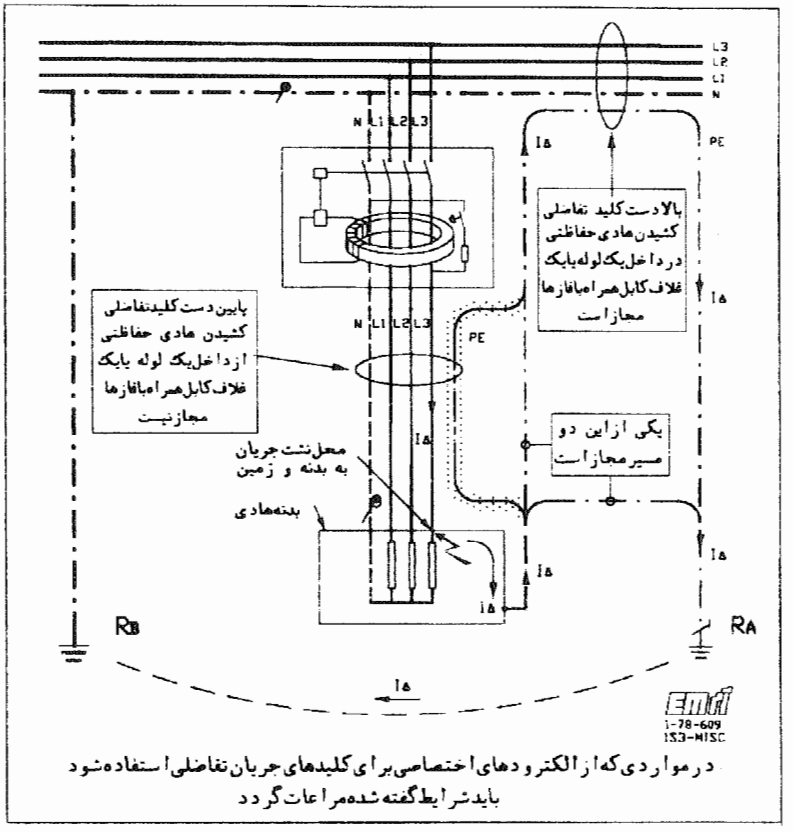
۱۲-۶۲۱ وسیله حفاظتی جریان تفاضلی در سیستم TN-S و سیستم موضعی TT

۶۲۱-۴-۶- الکترود و هادی اتصال زمین در سیستم TT

در سیستم TT می توان از هر نوع الکترود زمین استفاده کرد جز اینکه از سیستم زمین پیش بینی شده برای فشار قوی نباید برای وسایل جریان تفاضلی استفاده نمود . اگر چند وسیله جریان تفاضلی با جریانهای عامل مختلف دارای الکترودی مشترک باشند(برای مثال آمپر ۰،۰۳ - $I_{\Delta n}$ و آمپر ۰،۵-$I_{\Delta n}$) ، مقاومت آن باید مناسب برای وسیله حفاظتی با جریان عامل بزرگتر باشد (در مورد مثال باید $R_A <= ۱۰۰\Omega$ باشد که مناسب وسیله آمپر ۰،۵- $I_{\Delta n}$ است در حالی که برای وسیله آمپر ۰،۰۳- $I_{\Delta n}$ می توان از مقاومت بزرگتر یعنی $R_A <= ۱۶۶۷\Omega$ استفاده کرد)

اگر در سیستم TT از الکترود اختصاصی استفاده شود، در فاصله بین وسیله مصرف کننده و وسیله جریان تفاضلی، هادی حفاظتی نباید در یک لوله یا یک غلاف کابل همراه با هادیهای فاز کشیده شود، زیرا در صورت بروز اتصالی بین فازو هادی حفاظتی در اثر خرابی در عایقبندی ، کلید عمل خواهد کرد. کشیدن هادی حفاظتی همراه با هادیهای فاز در بالادست کلید مانعی ندارد . شکل ۶۲۱-۱۳ این مطلب را به صورت طرحواره نشان می دهد.

از نظر سطح مقطع، هادی حفاظتی مدار بالا دست کلید در صورتی که از داخل یک لوله یا یک غلاف کابل همراه با فازها کشیده شده باشد، می تواند برابر با سطح مقطع هادی فاز یا خنثا باشد . اما در صورتی که هادی حفاظتی مستقل از هادیهای برقدار مدار کشیده شود، سطح مقطع آن در صورت داشتن حفاظت مکانیکی می تواند ۲،۵ میلیمتر مربع و اگر بدون حفاظت مکانیکی باشد، ٤ میلیمتر مربع باشد.



شکل ٦٢١-١٣ نحوه استفاده از یک کلید حفاظتی جریان تفاضلی در صورت وصل به الکترود اختصاصی

علت این است که جریانهای تفاضلی I_{Δ} بسیار کوچک می باشند و احتیاجی به سطح مقطع بزرگ ندارند . به همین دلیل در اغلب موارد حتی در صورتی که کشیدن هادیهای حفاظتی همراه با هادیهای فاز مجاز است، استفاده از هادیهای حفاظتی مستقل با سطح مقطعهای کوچک ذکر شده ، از هر نظر باصرفه خواهد بود.

با توجه به اغلب استانداردهای ساخت کلیدهای جریان تفاضلی، زمان قطع این وسایل باید برابر یا کوچکتر از ۲ =< ثانیه باشد . با توجه به جدول زمانهای مجاز (جدولهای ٦-۲ و ٦-۳) این مقادیر کاملاً منطقی می باشند، اما برای

ایجاد تمایز بین وسایل جریان تفاضلی ، آنها را با زمانهای قطع یا حساسیتهای مختلف دیگر نیز می سازند . برای مثال : ۰،۰۲ ثانیه ، ۰،۰٤ ثانیه ، ۰،۲ ثانیه و ۰،۵ ثانیه .

سیستم IT

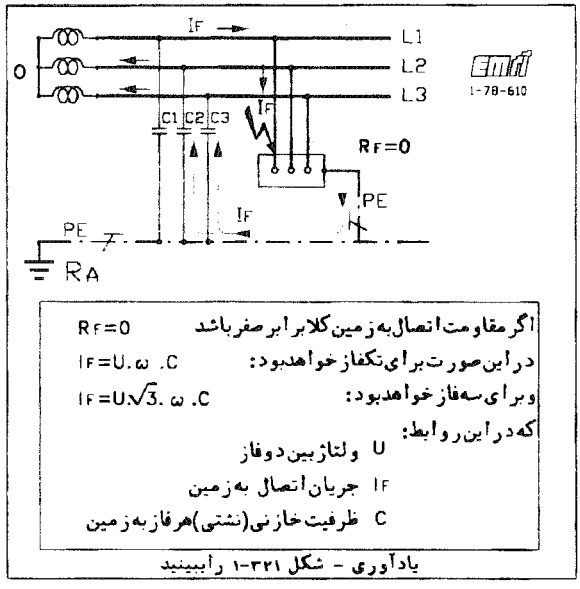
۶۲۱-۵- شرایط اختصاصی سیستم IT

۶۲۱-۵-۱- لزوم عایق بودن سیستم IT نسبت به زمین یا داشتن امپدانس بزرگ نسبت به آن

در سیستمهای IT ، سیستم باید نسبت به زمین عایق باشد یا از طریق یک امپدانس که به قدر کافی بزرگ است به زمین وصل شود . نقطه اتصال زمین از طریق امپدانس ممکن است نقطه خنثای واقعی یا مصنوعی باشد. اگر مولفه صفر امپدانس به قدر کافی بزرگ باشد،نقطه خنثای مصنوعی ممکن است به طور مستقیم زمین شود . در مواردی که نقطه خنثا وجود نداشته باشد، یکی از هادیهای فاز را می توان از طریق یک امپدانس زمین کرد .

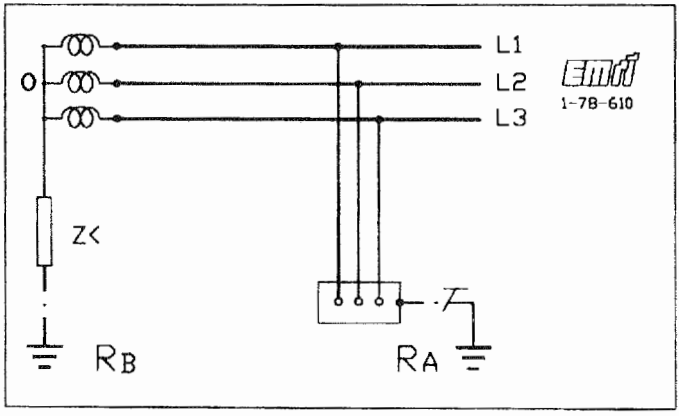
با توجه به گفته های بالا ، از نظر نحوه برقراری ارتباط سیستم با زمین چهار حالت وجود خواهد داشت:

(۱) حالتی که هیچ رابطه ای که دست ساز بشر باشد بین سیستم و زمین برقرار نشده باشد. اما فراموش نکنیم که همیشه رابطه ای طبیعی بین سیستم و زمین وجود دارد که آن هم از طریق خازنهای طبیعی است که نمی توان آنها را از بین برد . این حالت در شکل ٦٢١-١٤-(١) نشان داده شده است .



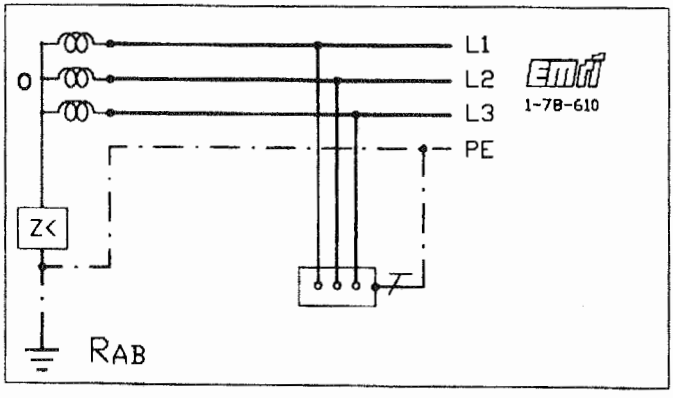
شکل ٦٢١-١٤-(١) سیستم IT نوع کاملا عایق نسبت به زمین

(۲) حالتی که نقطه خنثای سیستم با استفاده از یک مقاومت (بزرگ) محدودکننده جریان اتصالی به زمین وصل می شود. این حالت در شکل ٦٢١-١٤-(٢) نشان داده شده است.



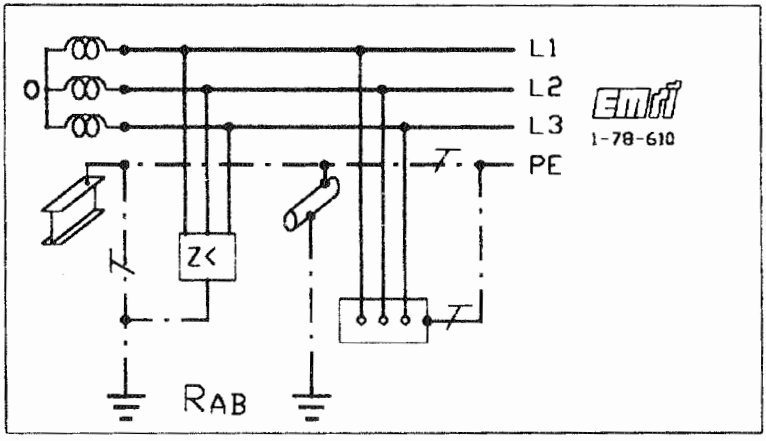
شکل ٦٢١-١٤-(٢) سیستم **IT** نوع وصل به زمین از طریق امپدانس ساده

(۳) حالتی که نقطه خنثای سیستم با استفاده از یک وسیله بازرسی عایقبندی و محدود کردن جریان به زمین وصل می شود. این حالت در شکل ٦٢١-١٤-(٣) نشان داده شده است.



شکل ٦٢١-١٤-(٣) سیستم **IT** مجهز به وسیله کشف اولین اتصالی (نصب شده در خنثا)

(٤) حالتی که نقطه خنثای سیستم داخلی بوده و دسترسی به آن ممکن نباشد یا به هر دلیل لازم باشد از خنثای مصنوعی استفاده شود و خنثای مصنوعی با استفاده از یک وسیله بازرسی عایقبندی و محدود کردن جریان، به زمین وصل می شود. این حالت در شکل ٦٢١-١٤-(٤) نشان داده شده است.



۶۲۱-۱۴-(٤) سیستم IT مجهز به وسیله کشف اولین اتصالی در خنثای مصنوعی

در صورت وجود شرایط بالا ، اتصال کوتاه یکی از هادیها از طریق بدنه های هادی یا در اثر وصل مستقیم به زمین از طریق قسمتهای هادی بیگانه ، بسیار کوچک خواهد بود و بنابراین قطع خودکار مدار، به شرط رعایت مفاد بند ۶۲۱-۵-۳ ، الزامی نخواهد بود . در هر حال لازم است برای جلوگیری از تماس همزمان افراد با دو بدنه که در یک آن با دو فاز مختلف اتصالی داشته باشند، اقدام به عمل آید .

۶۲۱-۵-۲- در سیستم IT هیچ یک از هادیهای برقدار نباید مستقیم به زمین وصل باشند.

برای تقلیل اضافه ولتاژها یا تخفیف نوسانها ، ممکن است لازم باشد اتصال زمین از طریق امپدانس یا زمین مصنوعی برقرار شود و مشخصه های آن به نحوی انتخاب شوند که با خواسته های تأسیسات هماهنگ باشد.

۶۲۱-۵-۳- نحوه زمین کردن بدنه های هادی در سیستم IT

بدنه های هادی سیستم باید به صورت انفرادی، گروهی یا دسته جمعی زمین شوند. در بعضی موارد مانند ساختمانهای بلندمرتبه ، وصل بدنه های هادی به زمین عملی نمی باشد . در این موارد ، از همبندی هادیهای حفاظتی با بدنه های هادی بیگانه به جای اتصال به زمین استفاده می شود. در سیستمهای IT شرط زیر باید برقرار باشد:

$$R_A \cdot I_d \leq 50V \qquad (۵-۶)$$

که در آن :

R_A = مقاومت الکترود زمین بدنه های هادی :

I_d = شدت جریان اولین اتصال کوتاه بین یک هادی فاز و بدنه هادی است . I_d ، جریانهای نشتی و کل امپدانس اتصال به زمین تأسیسات الکتریکی را به حساب می آورد .

$50V$ = حداکثر ولتاژ مجاز تماس U_L می باشد.

۶۲۱-۵-۴- استفاده از دستگاه کنترل عایقبندی در سیستم IT

اگر از یک دستگاه کنترل عایقبندی برای کشف اولین اتصالی بین یک هادی برقدار و بدنه هادی یا زمین استفاده شده باشد ، این دستگاه باید یک سیگنال سمعی و / یا بصری را راه اندازی کند.

یادآوری ۱ - توصیه می شود اولین اتصالی در اسرع وقت رفع شود.

یادآوری ۲ - ممکن است استفاده از یک دستگاه کنترل عایقبندی برای هدفهای دیگری جز حفاظت در برابر تماس غیرمستقیم لازم باشد.

۶۲۱-۵-۵- بروز دومین اتصالی در سیستم IT

حال پس از بروز اولین اتصالی و در هنگامی که هنوز فرصت رفع عیب و ترمیم سیستم پیدا نشده است، اگر دومین اتصالی اتفاق افتد چه وضعی پیش خواهد آمد؟ یکی از دو حالت زیر ممکن است بوجود آید:

(۱) اگر همه بدنه های هادی تأسیسات همبندی شده و دارای الکترود زمین مشترک باشند، دومین اتصالی مانند بروز (اولین) اتصالی با بدنه هادی در سیستم TN خواهد بود، به شرط اینکه مطالب بند ۶۲۱-۵-۶ برقرار باشد.

(۲) اگر بدنه های هادی تأسیسات به صورت چند گروه (هر گروه یک الکترود مجزا) یا به صورت انفرادی (هر بدنه هادی یک الکترود مجزا) زمین شده باشند، باید شرایط حفاظتی بند ۶۲۱-٤ برقرار شوند.

۶۲۱-۵-۶- شرایطی که باید در سیستم IT رعایت شوند.

در سیستمهای IT شرایط زیر باید برقرار باشد:

(۱) در سیستمی که خنثای آن توزیع نشده باشد

$$Zs \leq \frac{\sqrt{3}\ U_0}{2\ \ Idf} \qquad (۶-۶)$$

(۲) در سیستمی که خنثای آن توزیع شده باشد

$$Z's \leq \frac{U_0}{2Idf} \qquad (۶-۷)$$

که در آن :

U_0 = ولتاژ مؤثر متناوب بین فاز و خنثا ؛

U = ولتاژ مؤثر متناوب بین دو فاز (جدول ۶-۳ دیده شود) ؛

Zs = امپدانس حلقه اتصال کوتاه شامل هادی فاز و هادی حفاظتی (PE) مدار ؛

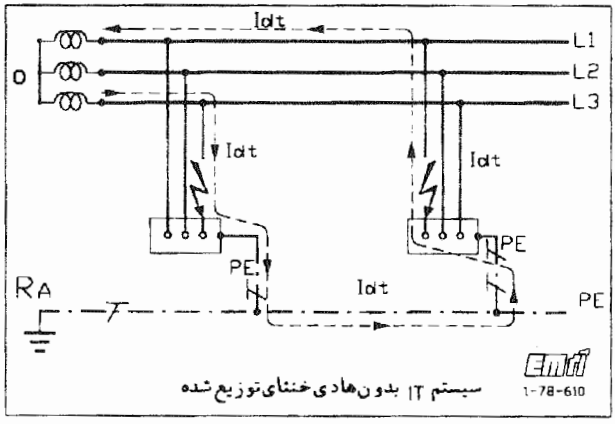
$Z's$ = امپدانس حلقه اتصال کوتاه شامل هادیهای فاز، خنثا (N) و هادی حفاظتی (PE) مدار ؛

Ia = شدت جریان عمل وسیله حفاظتی در مدت زمان t که در جدول ۶-۳ ذکر شده است، و برای مدارهای دیگری که در مورد آنها مجاز است، ۵ = t ثانیه می باشد. (Double Fault Current = Idf)

یادآوری

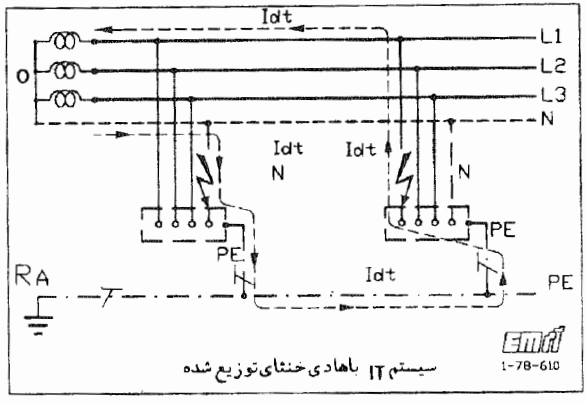
در روابط بالا عدد ۲ عددی است که برای اطمینان از اینکه سیستم حتماً عمل خواهد کرد انتخاب شده است و نکاتی مانند مقاومت کنتاکها ، طولانی تر شدن مدار به علت وارد شدن کابل (بند قابل انعطاف) دستگاه از پریز تا خود دستگاه، کامل نبودن اتصالات هادیها با بدنه و نظیر اینها را در بر می گیرد .

شکل ۶۲۱-۱۵ حالتی را نشان می دهد که در یک سیستم سه فاز IT که هادی خنثا در آن توزیع نشده است، دو فاز مختلف در دو دستگاه متفاوت، به بدنه مربوط به هر یک ، اتصالی کرده باشد . در این حالت باید رابطه (6-6) برقرار باشد.



۶۲۱-۱۵ سیستم IT با دو اتصال همزمان فازهای مختلف با بدنه

شکل ۶۲۱-۱۶ حالتی را نشان می دهد که در یک سیستم سه فاز IT که هادی خنثا در آن توزیع شده است، یک فاز در یک دستگاه و هادی خنثا در یک دستگاه دیگر با بدنه مربوط به خود ، اتصالی کرده باشد . در این حالت باید رابطه (7-6) برقرار باشد .



شکل ۶۲۱-۱۶ سیستم IT با دو اتصال همزمان یک فاز و یک خنثا با بدنه

جدول ٦-٣ حداکثر زمان قطع برای سیستمهای IT

Uo/U (V)	حدزمان قطع-ثانیه (S)	
	هادی خنثا توزیع نشده	هادی خنثا توزیع شده
۱۲۰/۲۴۰	۰/۸	۵
۲۳۰/۴۰۰	۰/۴	۰/۸
۴۰۰/۶۹۰	۰/۲	۰/۴
۵۸۰/۱۰۰۰	۰/۱	۰/۲

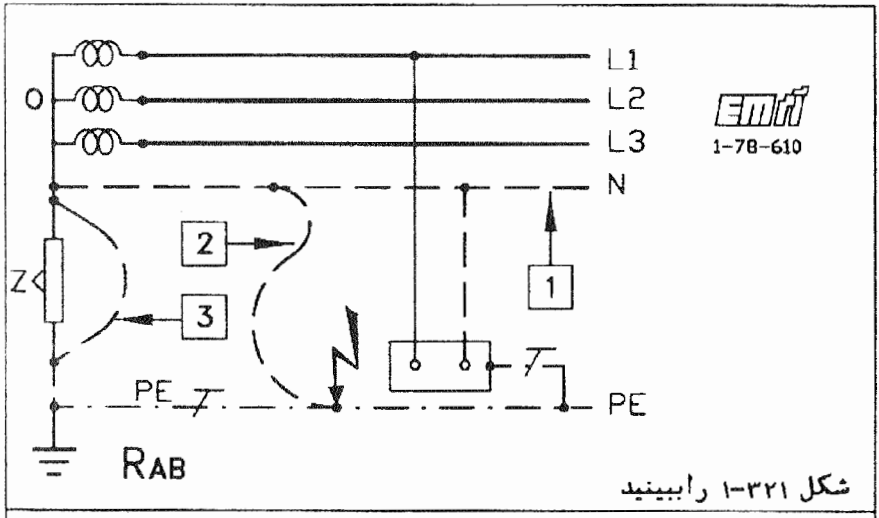
1-78-610

ولتاژها براساس استاندارد (1983) IEC 38 می باشند در مورد ولتاژهایی که در حد رواداری تعیین شده در استاندارد IEC 38 می باشند مقادیر برابر مقدار اسمی باند انتخاب می شوند برای ولتاژهای بین دو باند ، مقدار بزرگتر انتخاب می شود

۶۲۱-۵-۷- توزیع هادی خنثا در سیستم IT توصیه نشده است

در سیستم IT قویاً توصیه می شود که از توزیع هادی خنثا صرفنظر شود. بعضی از علل این کار واضح و بعضی دیگر ممکن است خیلی روشن نباشند.

مهمترین علت اینکه توصیه می شود هادی خنثا توزیع نشود این است که هرچه طول هادی خنثا و تعداد لوازمی که به آن وصل می شوند بیشتر شود ، احتمال بروز اتصالی بین آن و بدنه های هادی زمین شده بیشتر می شود که در صورت بروز این حالت ظاهراً اتفاق مهمی نخواهد افتاد، اما کل سیستم حفاظتی مختل خواهد شد و در اصل سیستم IT تبدیل به TT یا TN (بسته به نوع اتصال به زمین) خواهد شد.



شکل ۳۲۱-۱ را ببینید

در سیستم IT اگر خنثا توزیع شود 1 احتمال زمین شدن آن هم بیشتر می‌شود 2 و مثل این است که دو سر مقاومت Z اتصال کوتاه می‌شود 3 و کلیه محسنات سیستم IT از بین می‌رود

شکل ۶۲۱-۱۷ چرا در سیستم IT توصیه می‌شود هادی خنثا توزیع نشود

این است که نه تنها بهتر است هادی خنثا توزیع نشود بلکه باید هادیها ، مقاومت یا مقاومتهای وسیله کشف اتصال به زمین که بین نقطه خنثا و الکترود زمین قرار دارند، در برابر اتصال کوتاه شدن اتفاقی ، به خوبی حفظ شود تا سیستم حفاظت مختل نشود. (شکل ۶۲۱-۱۷ مسایل مورد بحث را نشان می دهد.)

اما وضعیت دیگری که در صورت توزیع هادی خنثا در سیستم **IT** باید مورد توجه قرار گیرد و علت آن ممکن است در نگاه اول خیلی واضح نباشد این است که همه مدارهای سیستم باید مجهز به وسایل کشف اضافه جریان در هادی خنثا باشند که همه هادیهای مدار(فاز یا فازها و خنثا) را قطع کند.

کلیدهای چهارقطبی یا کلیدهای دو قطبی که همه قطبهای آن مجهز به رله های اضافه جریان می باشند، برای همین منظور مورد استفاده قرار می گیرند.

برای پی بردن به اهمیت موضوع مورد بحث شکل ۶۲۱-۱۶ را مورد توجه قرار دهید . اگر مداری که هادی خنثای آن با بدنه برخورد کرده است مداری با مقطع کوچک باشد و مدار دیگر که فاز آن با بدنه در تماس است مداری با مقطع بزرگ باشد ، ممکن است حالتی پیش آید که جریان اتصالی نشان داده شده در شکل ، برای قطع رله جریان در فاز مدار بزرگ کافی نباشد در حالی که همین جریان از دید مدار کوچک آنقدر بزرگ باشد که هادی خنثای آن را بسوزاند .

در دو حالت زیر می توان از شرط بالا صرفنظر نمود:

- در صورتی که برای حفاظت هادی خنثای هر یک از مدارها یا چند مدار با هم از وسایل حفاظتی در برابر اتصال کوتاه در طرف تغذیه استفاده شده باشد.
- در صورتی برای حفاظت از مدار موردنظر از وسیله حفاظتی جریان تفاضلی استفاده شود، به شرط اینکه جریان نامی تفاضلی عمل آن از ۰،۱۵ برابر جریان نامی هادی خنثا بیشتر نباشد . بدیهی است که این وسیله باید همه هادیهای مدار از جمله هادی خنثا را قطع کند.

۴۲۱-۵-۸- شرایط قطع و وصل هادی خنثا (در سیستم IT)

تاکنون در این کتاب راجع به قطع و وصل هادی خنثا صحبت نشده است . برعکس مخصوصاً در سیستم TN تاکید می شود که به هیچ وجه نباید در هادی خنثا از وسایل حفاظتی استفاده شود یا این هادی به نحوی دیگر و بدون قطع هادیهای فاز ، مجزا گردد . اما اینک دیده می شود که در سیستم IT انجام این کار لازم است . البته این فقط در حالتی از سیستم IT لازم می شود که در آن هادی خطا توزیع شده باشد . در هر صورت قطع و وصل هادی خنثا صرفنظر از نوع سیستم مراسمی دارد که باید در همه احوال مراعات شود .

یکی اینکه هادی خنثا نباید قبل از هادیهای فاز از مدار مجزا و قطع شود . دیگر اینکه هادی خنثا باید قبل از هادیهای فاز یا همزمان با آنها وصل شود جز در شرایطی که برای سیستم IT گفته شد و شرایط استثنایی دیگر . هادی خنثا نباید حاوی وسایل حفاظتی خودکار که فقط هادی خنثا را قطع کند ، باشد.

۴۲۱-۵-۹- وسایل حفاظتی مجاز در سیستم IT

در سیستمهای IT استفاده از وسایل حفاظتی زیر مجاز است :

(۱) وسایل بازرسی دایمی عایقبندی ؛

(۲) وسایل حفاظتی اضافه جریان ؛

(۳) وسایل حفاظتی جریان تفاضلی .

۴۲۱-۵-۱۰- درجه عایقبندی برای تجهیزات تکفاز در سیستم IT با خنثای توزیع شده

در سیستمهای IT با هادی خنثای توزیع شده تجهیزاتی که بین فاز و خنثا (U0) نصب می شوند باید از نظر عایقبندی مناسب برای ولتاژ فاز (U) باشند . برای درک علل این کار توصیه می شود پیوست 4P2-۲ در فصل چهارم دیده شود.

۶۲۱-۵-۱۱- خصوصیات - مزایا - کاربردهای سیستم IT

از بین سیستمهای سه گانه TT, TN و IT ، دو سیستم اول یعنی TN و TT ، سیستمهایی برای استفاده در کاربردهای عادی و سیستم سوم یعنی IT ، یک سیستم مخصوص برای کاربردهای مخصوص می باشد .

نظر به اینکه اولین اتصال به بدنه در سیستم IT سبب قطع برق تجهیزاتی که اتصالی در آن واقع شده است نمی شود و در همان حال تماس با بدنه تجهیزات سبب برقگرفتگی نمی گردد، سیستم IT در بسیاری از کاربردهای حساس بی همتا است . بعضی از مواردی که استفاده از سیستم IT در آنها غیرقابل جایگزینی است عبارتند از :

- اتاقهای عمل و نظایر آن در بیمارستانها ؛
- چراغهای روشنایی ایمنی در تالارهای همایش و نظایرآن ؛
- معادن روباز و زیرزمینی ؛
- سیستمهای تولیدی که قطع برق در آنها ممکن است تولید خسارات زیاد کند مانند :
  - شیشه سازی
  - کوره ها
  - ذوب فلزات
  - نیروگاهها
  - صنایع شیمیایی
  - صنایع مهمات سازی
  - تجهیزات آزمایشگاهها و انجام آزمایش
  - تغذیه کامپیوترها
  - مدارهای کنترل
  - عملیات صنعتی زنجیره ای

همبندی کمکی برای هم‌ولتاژ کردن

۶۲۱-۶- همبندی کمکی برای هم‌ولتاژ کردن

۶۲۱-۶-۱- اجزای همبندی شونده

همبندی کمکی برای هم‌ولتاژ کردن باید کلیه بدنه های هادی را که همزمان قابل لمس می باشند در بر گیرد و حاوی اجزای فلزی ساختمان شامل میلگردهای بتن مسلح باشد، البته اگر در دسترسی به آن ممکن باشد . همچنین همبندی کمکی برای هم‌ولتاژ کردن باید به هادیهای حفاظتی همه تجهیزات، از جمله پریزها ، وصل باشد .

۶۲۱-۶-۲- اطمینان نسبت به کارآیی همبندی کمکی برای هم‌ولتاژ کردن

اگر کوچکترین شکی نسبت به کارآیی سیستم همبندی کمکی برای هم‌ولتاژ کردن وجود داشته باشد، لازم است نسبت به صحت رابطه زیر اطمینان حاصل شود :

$$R \leq \frac{50}{Ia} \qquad (۶-۸)$$

که در آن :

R = مقاومت بین بدنه های هادی که همزمان در دسترس می باشند و بدنه های هادی یگانه ؛

Ia = شدت جریانی که سبب عمل وسیله حفاظتی می شود .

در مورد وسایل جریان تفاضلی : $I_{\Delta n} = Ia$

در مورد وسایل اضافه جریان : **Ia** = جریانی است که سبب قطع وسیله حفاظتی در ۵ ثانیه می شود .

(پیوست 6P4 را ببینید)

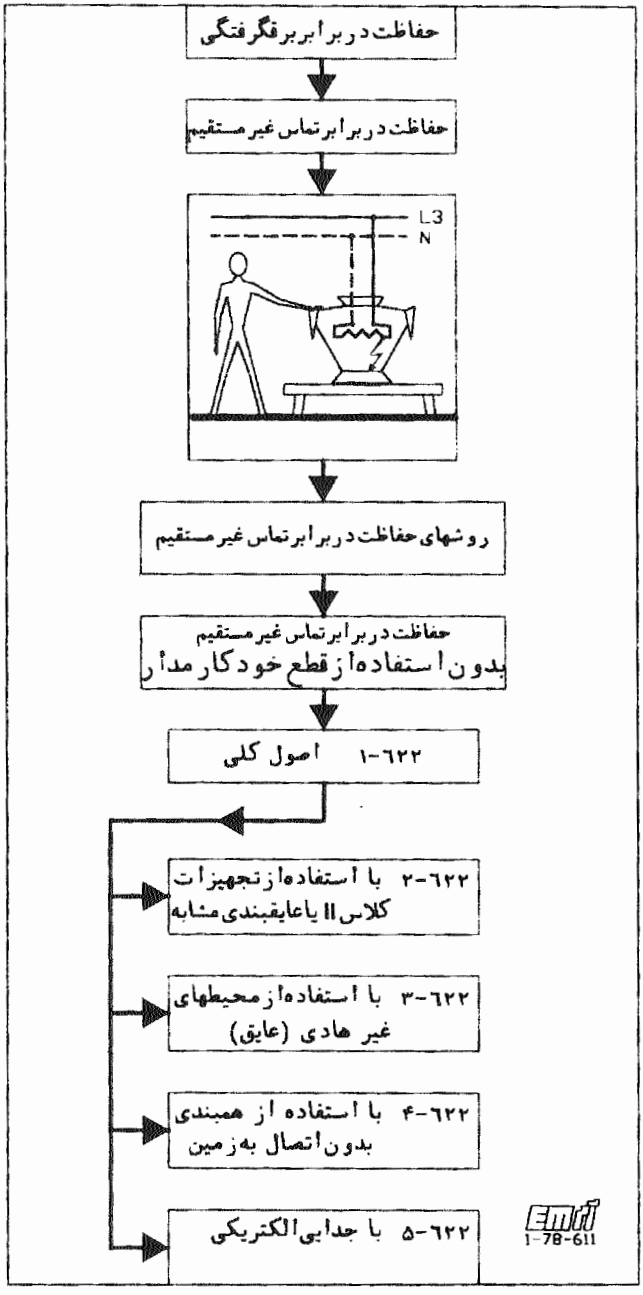
یادآوری – برای بررسی مطالب گفته شده در این بند ، شکل ۶۲۱-۵ را مطالعه کنید و بند ۶۲۱-۲-۲ را هم ببینید .

حفاظت در برابر تماس غیرمستقیم بدون قطع خودکار مدار

۶۲۲- حفاظت در برابر تماس غیرمستقیم بدون قطع خودکار مدار

۶۲۲-۰- کلیات

قطع خودکار مدار ، با توجه به سیستمهای توزیع **TT-TN** و **IT** ، مهمترین روش حفاظت در برابر برقگرفتگی در تماس غیرمستقیم است . اما روشهای دیگری نیز وجود دارند که در آنها از روش قطع خودکار استفاده نمی شود . در این بخش راجع به انواع این روشها صحبت خواهد شد .



شکل ۶۲۲-۱ حفاظت در برابر تماس غیرمستقیم بدون قطع خودکار تغذیه (بر اساس IEC 364-4-41)

۶۲۲-۱- پیشگفتار

حفاظت در برابر برقگرفتگی در تماس غیرمستقیم بدون استفاده از هادی حفاظتی ممکن است به ٤ گونه انجام شود:

- در صورت استفاده از تجهیزات کلاس II ؛
- در صورتی که محیط عایق باشد ؛
- اگر از همبندی هم‌ولتاژ کننده در محیط عایق و بدون اتصال به زمین استفاده شود . ؛
- اگر از روش جدایی الکتریکی استفاده شود .

در زیر درباره هر یک از این روشها بحث می شود .

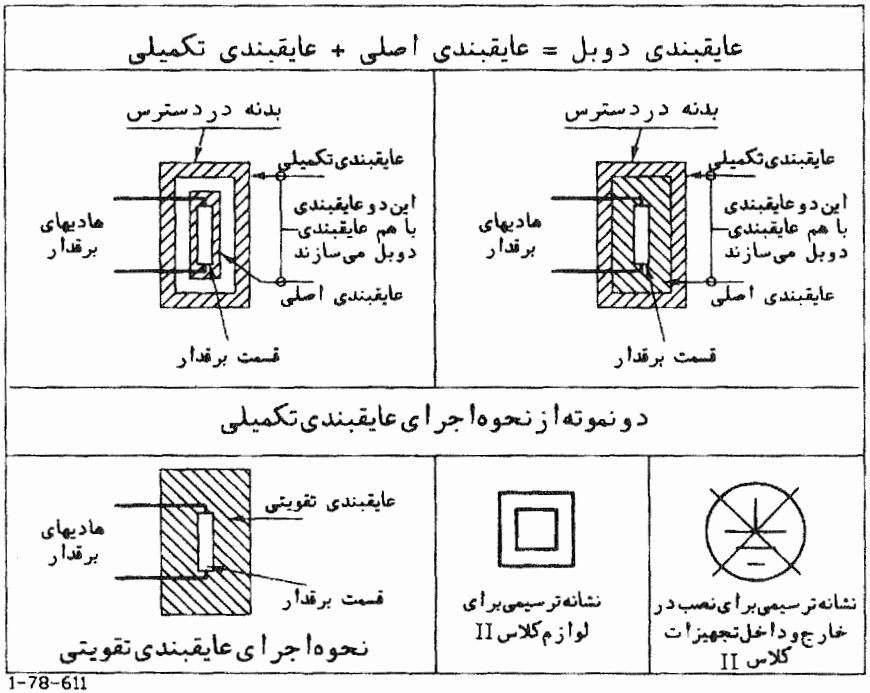
۶۲۲-۲- حفاظت در برابر تماس غیرمستقیم با استفاده از تجهیزات کلاس II

بهترین روش در پیشگیری از برقگرفتگی در صورت بروز اتصالی صرفنظر از نوع سیستم برق و دیگر ملاحظات ، استفاده از تجهیزاتی است که علاوه بر عایقبندی اصلی دارای عایقبندی تکمیلی نیز باشند که آنها را تجهیزات کلاس II می نامند . (بند ٦٢٠-١(٣) را ببینید) . اما در وضعی که صنعت برق و دیگر صنایع در آن به سر می برند، حداقل در حال حاضر قادر نیستند کلیه لوازم و تجهیزات خود را با بدنه های تمام عایق یا با عایقبندی دوبل و خلاصه با مشخصات کلاس II تولید کنند . این موضوع مخصوصا" در مورد لوازم حرارتی غیرممکن است . در هر صورت تجهیزات کلاس II به سه صورت قابل حصول می باشند .

- تجهیزات کلاس II از نوع فابریکی که کلیه آزمونهای نوعی و فردی را طبق استانداردهای مربوط در کارخانه سازنده می گذرانند . این لوازم همگی دارای علامت دو مربع داخل هم طبق شکل ٦٢٢-٢ میباشند . جدول ٦-١ را هم ملاحظه کنید .

- تجهیزاتی که دارای عایقبندی تکمیلی می باشند؛ یعنی علاوه بر عایقبندی اصلی ، دارای یک لایه عایقبندی اضافی می باشند که در حین نصب تأسیسات الکتریکی بر روی تجهیزات اعمال می شود و به آن درجه ای از عایقبندی که معادل عایقبندی کلاس II است، می دهد. در اغلب موارد "لایه اضافی" یک جعبه یا محفظه عایق است که کل تجهیزات موردنظر را در خود جای می دهد .

- تجهیزاتی که دارای عایقبندی تقویت شده می باشند این عایقبندی "تقویت شده" در حین نصب تأسیسات الکتریکی بر روی تجهیزات اعمال می شود و به آن درجه ای از عایقبندی را که معادل عایقبندی کلاس II است، می دهد . استفاده از عایقبندی تقویت شده تنها در مواردی که به دلایل ساختاری امکان استفاده از عایقبندی تکمیلی وجود نداشته باشد مجاز می باشد.



شکل ٦٢٢-٢ نحوه تشکیل عایقبندی دوبل و عایقبندی تقویت شده برای مطابقت با تجهیزات کلاس II

نکات مهمی که باید در این نوع روش حفاظتی رعایت شوند عبارتند از :

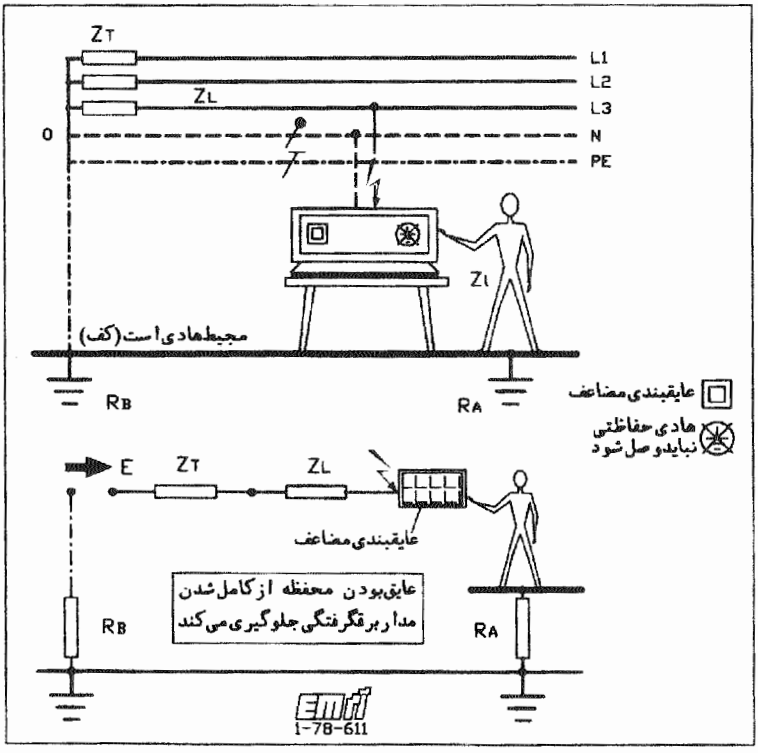
(۱) دریچه ها یا قسمتهای بازشو در بدنه های هادی را باید بتوان فقط با نوعی ابزار باز نمود (با دست خالی نباید امکان باز شدن وجود داشته باشد) . در غیر این صورت پشت در یا قسمت بازشونده بدون ابزار ، باید حصار یا مانعی عایق باشد که از تماس با قسمتهای برقدار جلوگیری کند که آنرا بتوان فقط با نوعی ابزار پیاده کرد . حصار یا مانع عایق باید دارای حداقل درجه حفاظت IP 2X باشد .

(۲) هیچ نوع اجزای فلزی که ممکن است ناقل پتانسیل به بیرون از محفظه عایق باشند، نباید از بدنه یا درپوش ، عبور کند . محفظه عایق نباید دارای پیچهایی باشد که تعویض اشتباهی آنها با پیچهای دیگری که از جنس هادی می باشند، عایقبندی را مخدوش کنند.

(۳) بدنه های هادیی که در داخل محفظه قرار دارند نباید به هادی حفاظتی (PE) اتصال داده شوند . اما اگر لازم است هادی حفاظتی برای وصل به تجهیزات دیگر از داخل محفظه کلاس II عبور کند، در داخل محفظه هادی حفاظتی باید مشابه یک هادی برقدار عایقبندی شود و یک ترمینال عایق هم برای این منظور پیش بینی گردد . این ترمینال باید برای منظوری که پیش بینی شده است، علامتگذاری شود . (شکل ٦٢٢-٣ را ببینید) . علاوه بر نشانه دو مربع هم مرکز ، برای

یادآوری منع وصل هادی حفاظتی لازم است نشانه زمین خط خورده طبق شکل در داخل و خارج محفظه کلاس II نصب گردد.

یادآوری ۱ - اگر تجهیزاتی دارای عایقبندی دوبل باشد که هادی حفاظتی در آن به بدنه های هادی داخلی وصل شده باشد، آن تجهیزات از نوع کلاس I به حساب می آید.



شکل ۶۲۲-۳ تامین ایمنی به کمک تجهیزات کلاس II

یادآوری ۲ - در استفاده از عایقبندی تکمیلی و عایقبندی تقویت شده باید نکات عدیده دیگری را رعایت نمود که توصیه می شود برای آشنایی با آنها مدارک IEC 364-41 مراجعه شود.

یادآوری ۳ - توجه شود که حفاظت طبق این بند، حفاظت با استفاده از عایقبندی بدون اتصال به زمین است.

یادآوری ٤ - اگر محفظه عایقی تجهیزاتی که برای احراز کلاس II به کار می رود قبلا برای این منظور آزمایش نشده و نسبت به کارآیی آن برای کلاس II شکی وجود داشته باشد، لازم است آزمون مقاومت ولتاژ طبق مقررات IEC 364-6 در مورد آن انجام شود.

یادآوری ۵ - محفظه عایقی تجهیزاتی که برای احراز کلاس IIدر تجهیزات به کار می رود ، نباید اثری نامناسب بر روی نحوه کار تجهیزات داخل آن (برای مثال خنک شدن) باقی گذارد.
یادآوری ٦ - نصب و استقرار تجهیزاتی که از محفظه عایقی برای احراز کلاس II استفاده می کنند باید به نحوی انجام شود که خللی به درجه حفاظت آن وارد نشود .

۶۲۲-۳- حفاظت در برابر تماس غیرمستقیم اگر محیط غیرهادی (عایق) باشد.

۶۲۲-۳-۰- پیشگفتار

یادآوری ۱ - علاوه بر عایق بودن محیط ، شرایط دیگری هم باید وجود داشته باشند تا محیط از نظر حفاظت در برابر تماس غیرمستقیم ، ایمن باشد . درباره این مسایل صحبت خواهد شد اما برای سادگی، در این مرحله فقط عایق بودن محیط عنوان می شود.

روش ایجاد ایمنی با استفاده از محیطهای عایق ، به تدریج اهمیت خود را از دست داده است . علت این است که شرایط لازم برای قبول اینکه محیطی عایق می باشد ، کمتر شده است و دلیل آن استفاده از مواد ساختمانی غیرعایق و استقرار تعداد بیشتری لوازم برقی در واحد سطح نسبت به سابق است . در زیر دیده خواهد شد که وجود تعداد بیشتری از لوازم برقی در واحد سطح ، یکی از عواملی است که علیرغم عایق بودن محیط ، ممکن است آن را مناسب برای این نوع حفاظت نداند (یادآوری بالا را ببینید) . در هر حال چون به دلایل سنتی در بعضی از نقاط دنیا هنوز هم از روش محیطهای عایق برای ایجاد ایمنی استفاده می شود، این روش از نظر IEC یک روش ایمنی شناخته شده باقی مانده است .
البته IEC به دلایل فنی و اقتصادی سعی در تعطیل آن کرده است ، منتهی با روشی دیگر :
لازم است توجه شود که در کلاسبندی تجهیزات (بند ۶۲۰-۱) ، تجهیزات کلاس (۰) فقط و فقط در محیطهای عایق قابل استفاده می باشند .با کم شدن این نوع محیطها ، تا به حال چند بار در سطح IEC صحبت از حذف تجهیزات کلاس (۰) پیش آمده است اما انجام قطعی این کار ، به بعد موکول شده است تا تعداد نقاطی که واجد شرایط می باشند باز هم کمتر شود . برای سرعت بخشیدن به این روال ، IEC از همه کمیته های فنی خود که در تهیه استانداردهای تجهیزات الکتریکی کار می کنند درخواست کرده است تا در حد امکان برای حذف لوازم کلاس (۰) ، اقدام کنند . بدیهی است به محض اینکه لوازم کلاس (۰) از استانداردها حذف و دسترسی به این نوع تجهیزات ممکن نشود. حفاظت با استفاده از محیطهای عایق نیز از بین خواهد رفت . این بدان معنا نیست که با از بین رفتن لوازم کلاس (۰) ، محیطهای عایق نیز بکلی از بین خواهند رفت . محیطهای عایق هر چند نادر، باقی خواهند ماند اما برای تأمین ایمنی در این محیطها باید از روشهای دیگری مانند استفاده از هادیهای حفاظتی استفاده شود. زیرا دیگر لوازم قابل استفاده در این محیطها مانند پریزهای دوکتاکت (بدون اتصال زمین) و تجهیزات کلاس (۰) وجود نخواهند داشت . و برعکس استفاده از پریزهای سه کتاکت و تجهیزات کلاس I درهر محیطی حتی محیط عایق، طبقه بندی آنرا از عایق به هادی تغییر خواهد داد و کلیه مقررات مربوط به یک محیط هادی باید در آن اعمال شود .

به یاد داشته باشیم که تجهیزات کلاس (۰) فقط و فقط در محیطهای عایق (موضوع این بند) قابل استفاده می باشند و در محیطهای دیگر و محیطهایی که بیشتر هادی می باشند تا عایق قابل استفاده نمی باشند.

ممکن است سؤال شود که این همه بحث درباره موضوعی که ظاهراً در سطح دنیا اگر از بین نرفته باشد، رو به نابودی است چه معنایی دارد.

متأسفانه به علل گوناگون که مهمترین آنها عبارتند از ندانم کاری اولیه ، دنبال نکردن تحولات مقرراتی در نزد ملل صنعتی و گرانی نسبی تأسیسات با هادی حفاظتی ، سبب شده است که در تأسیسات برقی کشور ما در حالی که ساختمانهای ستی شرایط محیطهای عایق را ندارند، از لوازم کلاس (۰) استفاده شودکه برای استفاده کنندگان خطرآفرین و مرگبار می باشد.

اغلب ساختمانهای کشور ما به طور طبیعی محیطی هادی دارند که استفاده از لوازم کلاس (۰) در آنها به هیچ وجه مجاز نیست.

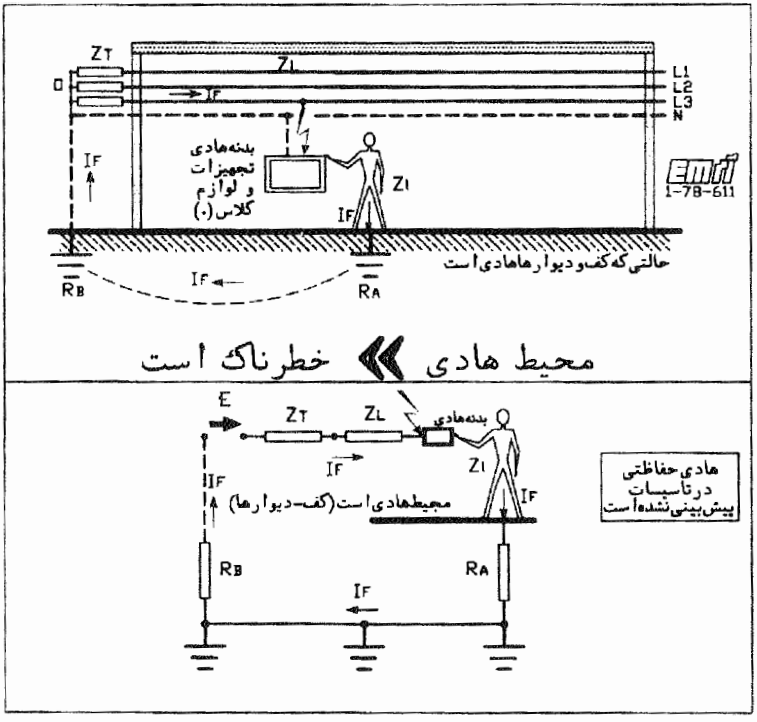
اشکال سیستمهای برقی ما در همین نکته نهفته است و تا وقتی که این مسأله شناخته و حلاجی نشود برای رفع آن نیز اقدام نخواهد شد.

۶۲۲-۳-۱- خطرات استفاده از تجهیزات مختص محیطهای عایق در محیطهای هادی

آشنایی با خطرات استفاده از تجهیزات مخصوص محیطهای عایق در محیطهای هادی در واقع شناخت وضعیتی است که ما در ایران با آن روبرو هستیم . البته هستند کسانی که با شناخت خطرات ، با طیب خاطر از سیستمهای با هادی حفاظتی (PE) استفاده می کنند ولی بیشتر مردم از این مسایل بی خبرند و در معرض برقگرفتگی قرار دارند .

شکل ٦٢٢-٤ یک محیط هادی را که در آن از لوازم مخصوص محیطهای عایق استفاده شده است،نشان می دهد تجهیزات مخصوص محیطهای عایق عبارتند از آنهایی که اتصال به هادی حفاظتی در آنها وجود ندارد (کلاس ۰) و پریزهای مورد استفاده در آنها نیز دارای فقط دو کنتاکت می باشند . در این محیطها می توان از لوازم کلاس II استفاده کرد ولی ما در بحث خود باید حالتهای خطرناک را مطالعه کنیم . در فصل سوم ممکن است انواع مشابه شکل ٦٢٢-٤ وجود داشته باشد ولی در اینجا برای تسلسل صحیح مسایل لازم است مطلب یک بار دیگر تکرار شود.

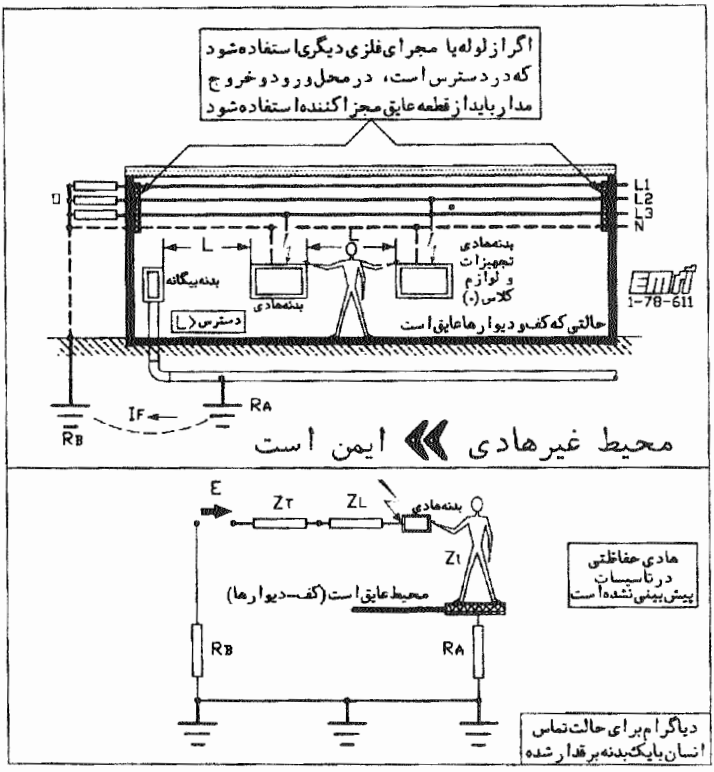
به سادگی دیده می شود که کل حفاظت در برابر برقگرفتگی به عهده (basic insulation) یا عایقبندی اصلی است و اگر این عایقبندی به هر علت خراب شود و بین فاز و بدنه هادی دستگاه اتصالی برقرار شود ، از طریق بدن انسان و زمین هادی مداربسته شده و برقگرفتگی پیش خواهد آمد .



شکل ٦٢٢-٤ نتیجه استفاده از تجهیزات کلاسه (۰) در محیطهای هادی برقگرفتگی است

۶۲۲-۳-۲- محیط عایق چگونه ایجاد ایمنی می کند

شکل ٦٢٢-٥ و دیاگرام آن نشان می دهد که چگونه عایق بودن محیط مانع عبور جریان برق می شود که بدن انسان قسمتی از زنجیره مسیر آنرا تشکیل می دهد . البته فقط محیط عایق برای برقراری ایمنی کافی نمی باشد . اگر دو دستگاه از لوازم نصب شده در یک محیط عایق که از دو فاز مختلف تغذیه می کنند در عین حال دچار خرابی عایقبندی شوند و فاصله آنها به طوری باشد که انسان بتواند در عین حال با هر دوی آنها در تماس باشد، خطر برقگرفتگی بسیار شدید خواهد بود (U). اگر یک دستگاه از لوازم نصب شده در یک محیط عایق نزدیک به یک بدنه هادی یگانه باشد به طوری که بدنه های هر دوی آنها را بتوان در عین حال لمس نمود، این بار نیز خطر برقگرفتگی وجود خواهد داشت منتهی ولتاژ تماس به جای U برابر با U_0 خواهد شد . پس علاوه بر عایق بودن محیط لازم است وسایل برقی خارج از دسترس یکدیگر باشند و همین طور بین وسایل برقی و بدنه های هادی یگانه نیز همین شرط برقرار باشد یا اینکه لوله کشی بدنه یگانه در مرز ورود به محیط عایق به کمک قطعات عایق (مثلاً بوشن عایق) از قسمتهای در تماس با زمین مجزا شود . یادآوری بند ٦٢٢-٣-۰ را ببینید .



شکل ۶۲۲-۵ شرایط تامین ایمنی به کمک محیط عایق با استفاده از تجهیزات کلاس (۰)

یک بار دیگر متذکر می شود که فقط با شناختن خطرات مرگبار استفاده از مقررات مربوط به محیطهای عایق در محیطهای هادی (عادی) است که ممکن خواهد بود هر چه زودتر سیستمهای برقی کشور را با به کارگیری اقدامات لازم به صورت انتخاب روشهای سیستم TN (یا TT)، بی خطر نمود.

۶۲۲-۳-۳- مسایلی که باید برای تأمین ایمنی در محیطهای عایق رعایت شوند.

برای ایجاد ایمنی کامل در محیطهای عایق لازم است موارد زیر رعایت شوند. از نظر کامل بودن مطالب، مسایلی که قبلاً درباره آنها به تفصیل بحث شده است در اینجا دوباره فهرست وار ذکر می شوند.

(۱) برای حفظ ایمنی در محیطهای عایق، افراد نباید بتوانند در آن واحد با اجزای زیر تماس برقرار کنند:

- دو بدنه هادی مربوط به تجهیزات؛
- یک بدنه هادی مربوط به تجهیزات و یک بدنه هادی بیگانه.

(برای بحث درباره موارد بالا، ۶۲۲-۳-۲ را ببینید)

موارد بالا هنگامی برآورده شده تلقی می گردند که فاصله نسبی بدنه های هادی از هم یا از بدنه های بیگانه یا فاصله نسبی بدنه های بیگانه از هم، از ۲ مترکمتر نباشد. اگر تجهیزات فوق یعنی بدنه های هادی و بدنه های بیگانه در خارج از دسترس قرار گرفته باشند، فاصله ۲ متر را می توان به ۱،۲۵ متر تقلیل دارد.

یادآوری۱ - با توجه به لزوم رعایت حریم ۲ متر یا ۱،۲۵ متر بین انواع مختلف از بدنه های هادی از یک طرف و رشد طبیعی تعداد لوازم مورد استفاده در یک فضا از طرف دیگر ، رعایت خواسته فوق در بعضی موارد ناممکن شده و سبب عدم امکان استفاده از این نوع روش حفاظتی می گردد.

- با نصب موانع بین بدنه های هادی و بدنه های بیگانه به نحوی که فواصل بین بدنه های مختلف به مقداری که در بالا گفته شده است ازدیاد یابد . این موانع نباید به زمین یا به بدنه های بیگانه وصل شوند و تا جایی که ممکن است باید از مواد عایق ساخته شده باشند .
- عایقبندیها و ترتیباتی که برای بدنه های هادی بیگانه داده می شوند (بوشن ذکر شده در بند ۲۲-۳-۲) باید دارای استحکام مکانیکی کافی بوده و بتوانند آزمون ولتاژی به مقدار ۲۰۰۰ ولت را تحمل نمایند . در این آزمون نشت جریان در بهره برداری عادی نباید از یک میلی آمپر تجاوز کند.

(۲) در محیطهای عایق نباید هادی حفاظتی (PE) وجود داشته باشد .

(۳) مقاومت کفها و دیوارهای عایق در هر نقطه اندازه گیری (طبق خواسته های IEC 364-6) نباید از مقادیر زیر کمتر باشد:

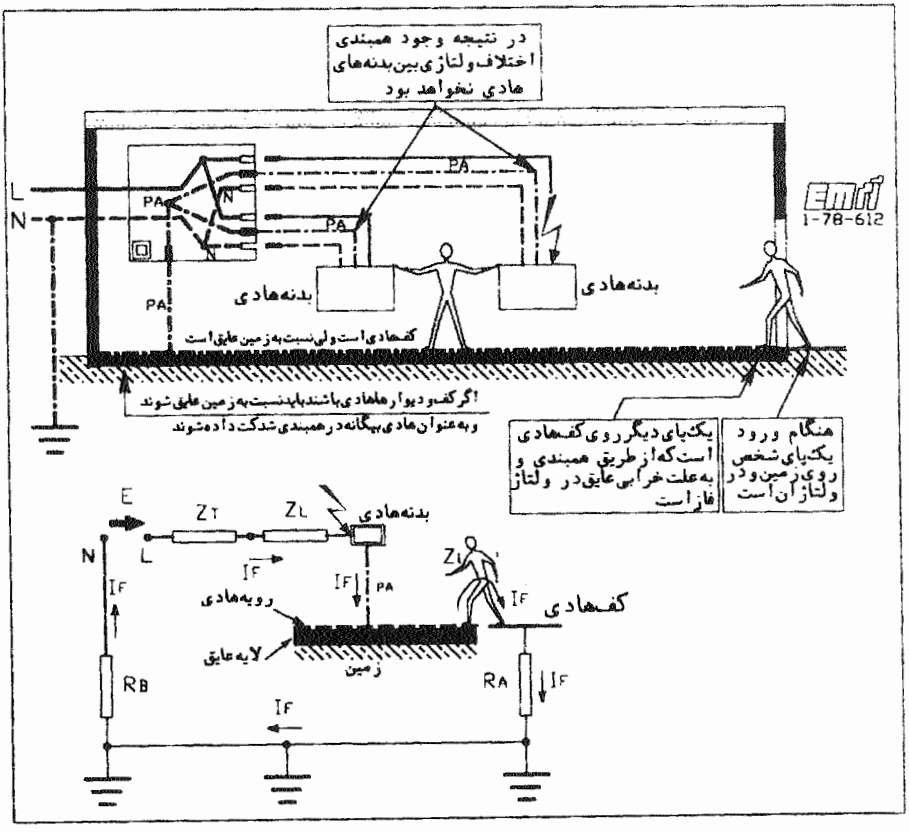
- ۵۰ کیلواهم ، در مواردی که ولتاژ اسمی تاسیسات از ۵۰۰ ولت بیشتر نباشد .
- ۱۰۰ کیلواهم، در مواردی که ولتاژ اسمی تاسیسات از ۵۰۰ ولت بیشتر باشد .

یادآوری ۲ - برای تأمین ایمنی در محیطهای عایق لازم است نکات عدیده دیگری را رعایت نمود که توصیه می شود برای آشنایی با آنها به مدارک IEC 364-41 مراجعه شود .

۶۲۲-۴- حفاظت در برابر تماس غیرمستقیم با استفاده از همبندی هم‌ولتاژکننده بدون اتصال به زمین

حفاظت با استفاده از همبندی هم‌ولتاژ کننده تأمین می شود ولی بدون اتصال به زمین که در سیستمهای با هادی حفاظتی انجام می شود . این سیستم بسیار شبیه سیستم قبلی یعنی حفاظت با استفاده از محیط غیرهادی (عایق) می باشد (۶۲۲-۳) با این تفاوت که در سیستم قبلی با ایجاد فاصله بین بدنه های هادی و بیگانه از تماس همزمان با آنها جلوگیری می شود ولی در سیستم مورد بحث ، برای جلوگیری از خطر ، همه بدنه ها همبندی می شوند ولی به زمین وصل نمی شوند . این سیستمها ممکن است دارای کف عایق باشند که در همبندی شرکت داده می شود ولی به زمین متصل نیست . نکته اخیر ممکن است به هنگام ورود یا خروج افراد به محیط ، خطرآفرین باشد به این معنی که یک پای فرد روی کف هادی که در اثر خرابی عایقبندی برقدار شده است قرار گیرد و پای دیگر وی در بیرون از محوطه ، روی کف

معمولی که وصل به زمین است مستقر شود . شکل ٦٢٢-٦ نحوه انجام اتصالات با استفاده از پریزهای سه کنتاکت را نشان می دهد . در هر حال ، موارد استفاده از این نوع حفاظت بسیار نادر است .



شکل ٦٢٢-٦ حفاظت در برابر تماس غیرمستقیم با استفاده از همبندی هم‌ولتاژ کننده بدون اتصال به زمین

یادآوری – برای تأمین ایمنی در محیطهای عایق با همبندی هم‌ولتاژ کننده نکات دیگری وجود دارند که توصیه می شود برای آشنایی با آنها به مدارک IEC 364-41 مراجعه شود .

٦٢٢-٥- حفاظت در برابر تماس غیرمستقیم با ایجاد جدایی الکتریکی

٦٢٢-٥-٠- کلیات

حفاظت با ایجاد جدایی الکتریکی یعنی استفاده از مداری که از یک سیستم زمین شده (TN-TT) تغذیه نمی کند و بدنه های هادی آن نیز اتصال الکتریکی عمدی با زمین ندارند ولی با یکدیگر در همبندی می باشند . در این شرایط وصل یکی از هادیهای برقدار با بدنه هادی ، سبب ایجاد برقگرفتگی نمی کند .

این روش حفاظتی باید با مقررات زیر مطابقت نماید :

۶۲۲-۵-۱- مسایل اصلی که باید در مورد حفاظت با ایجاد جدایی الکتریکی رعایت شوند

سیستمهای حفاظت با ایجاد جدایی الکتریکی ، به دو بخش تقسیم می شود :

- سیستمهایی که فقط یک وسیله یا دستگاه را تغذیه می کنند.
- سیستمهایی که چندین وسیله یا دستگاه را تغذیه می کنند .

یادآوری - توصیه می شود قاعده زیر مراعات شود :

- حاصلضرب ولتاژ اسمی در طول مدار (به متر) از عدد ۱۰۰۰۰۰ تجاوز نکند، و در عین حال
- طول مدار از ۵۰۰ متر بیشتر نشود.

درهر حال بسته به نوع سیستم ، لازم است کلیه شرایط زیر رعایت شوند:

(۱) مدار یا مدارها باید از طریق یک منبع جداکننده تغذیه شوند:

- یک ترانسفورماتور جداکننده ؛
- یک منبع جریان که درجه ایمنی آن معادل ترانسفورماتور جداکننده فوق باشد.

برای مثال موتور ژنراتوری که سیم پیچهای آن دارای همان درجه جدایی باشند.

منابع قابل حمل باید با توجه به بند ٦٢٢-٢ (تجهیزات کلاس II) انتخاب و نصب شوند.

منابع نصب ثابت باید :

- یا با توجه به بند ٦٢٢-٢ (تجهیزات کلاس II) انتخاب و نصب شوند .
- و یا خروجی آن نسبت به ورودی و محفظه دارای عایقبندی مطابق بند ٦٢٢-٢ باشد .

اگر این منبع چند وسیله راتغذیه کند، بدنه های هادی آنها نباید به بدنه فلزی منبع وصل شوند .

(۲) ولتاژ مدار جداشده نباید از ۵۰۰ ولت بیشتر باشد.

(۳) قسمتهای هادی مدار جدا شده نباید در هیچ نقطه ای به یک مدار دیگر یا زمین وصل شوند.

برای پیشگیری ازامکان اتصال به زمین ، لازم است به عایقبندی اینگونه اجزاء نسبت به زمین مخصوصاً کابلهای قابل انعطاف ، توجه شود .

(٤) کابلهای قابل انعطاف باید در تمامی طول آنها قابل رویت باشند.

(۵) توصیه می شود برای مدارهای جدا شده ، از سیمکشی مخصوص استفاده شود اما اگر انجام این کار ممکن نباشد می توان از کابلهای چندرشته ای بدون هرگونه پوشش یا غلاف فلزی یا هادیهای عایقدار در لوله ها یا مجراهای عایق دیگر استفاده شود به شرطی که ولتاژ اسمی آنها از بالاترین ولتاژ اسمی که ممکن است پدید آیند کمتر نباشد و هر یک از مدارها در برابر اضافه بار حفاظت شده باشند.

۶۶۲-۶- نتیجه گیری کلی درباره حفاظت بدون استفاده از قطع خودکار مدار

پس از آشنایی با سیستمهای حفاظت در برابر تماس غیرمستقیم بدون استفاده از قطع خودکار مدار اینک می توان نتیجه گیریهای زیر را انجام داد :

(۱) سیستمهای حفاظت بدون استفاده از هادیهای حفاظتی (PE) سیستمهای مخصوصی هستند که از آنها به ندرت استفاده می شود.

(۲) تجهیزات کلاس II (۶۲۲-۲) نمی توانند پایه گذار یک سیستم کامل حفاظتی باشند، زیرا در حال حاضر همه لوازم برقی را نمی توان از نوع کلاس II ساخت. ولی استفاده از آنها در هر یک از سیستمها ، به طور کلی می تواند به ایمنی کمک کند .

(۳) سیستم حفاظت با استفاده از محیط عایق (۶۲۲-۳) در اوایل ظهور برق در زندگی بشر ، بسیار متداول بود و شاید در محیطهای غیرعایق (هادی) هم از آن استفاده می شد . البته در محیطهای هادی خیلی زود سیستمهای با هادی حفاظتی (PE) جای آنها را گرفتند اما در محیطهای عایق تا به امروز هم استفاده می شوند اما بیشتر در تأسیسات موجود که آنها هم رو به زوال اند .

متأسفانه در کشور ما تا امروز هم از این سیستم استفاده می شود گو اینکه محیطهای ما عایق نیستند.

(٤) سیستم حفاظت با استفاده از همبندی هم‌ولتاژکننده بدون اتصال به زمین (۶۲۲-٤) سیستمی است که امروزه مورد استفاده چندانی ندارد . این سیستم ، با سیستم حفاظت با استفاده از محیط عایق (۶۲۲-۳) قرابت نزدیک دارد . سیستمهای مورد بحث را با یکدیگر مقایسه کنید.

(۵) از سیستم حفاظت با ایجاد جدایی الکتریکی (۶۲۲-۵) تا حدودی استفاده می شود .این سیستم و سیستم حفاظت با استفاده از همبندی هم‌ولتاژکننده بدون اتصال به زمین (۶۲۲-٤) به هم نزدیک کند که توصیه می شود آنها را با یکدیگر مقایسه کنید . با وجودی که حفاظت در سیستمهای این بخش "بدون قطع خودکارمدار" معرفی شده است ، در یک مورد، قطع خودکار مدار مقرر شده است (بند ۶۲۲-۵-۲ را ببینید).

موارد استفاده از این سیستم ممکن است در محیطهای نمناک و تر، برای راه اندازی ابزار کار یا در شرایط عادی برای مصارف ایمن یا اضطراری باشد.

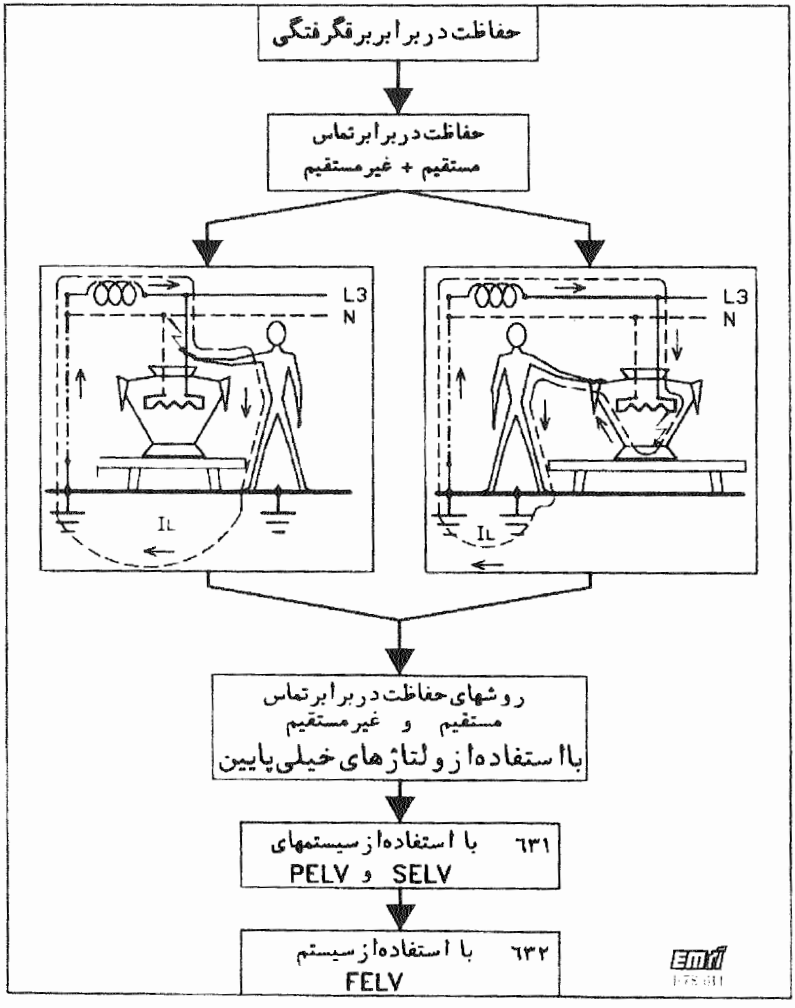
۶۳- حفاظت در برابر هر دو نوع تماس مستقیم و غیرمستقیم

۶۳۰- پیشگفتار

روشهایی که قادر به تأمین ایمنی هم در برابر تماس مستقیم و هم در برابر تماس غیرمستقیم باشند، در حال حاضر محدود می شوند به آنهایی که یا از ولتاژ خیلی پایین و یا از محدود کردن انرژی تخلیه الکتریکی استفاده می کنند . در حال حاضر در مورد مقررات حفاظت با روش محدودکردن انرژی تخلیه الکتریکی توافقی نشده است. بنابراین روشهایی که از ولتاژ خیلی پایین استفاده می کنند، استفاده کرد.

در عمل از روشهای مورد بحث ، در تأسیسات ساختمانهای عمومی بسیار کم استفاده می شود .

در اینجا فقط اصول کلی مطرح می شوند.



شکل ۶۳۰-۱ روشهای حفاظت در برابر هر دو نوع تماس - مستقیم و غیر مستقیم

۶۳۰-۱- کلیات

IEC، سه نوع ولتاژ خیلی پایین را مشخص نموده است که در زیر نام اختصاری و کامل آنها ذکر می شود. قبلاً نیز گفته شده بود که IEC توضیحی برای علت انتخاب نام های اختصاری ارائه نمی دهد، ولی در این مورد علت انتخاب آنقدر بارز است که احتیاج به توضیح ندارد:

Safety Extra Low Voltage = SELV یا ولتاژ خیلی پایین ایمنی

Protective Extra Low Voltage = PELV یا ولتاژ خیلی پایین حفاظتی

Functional Extra Low Voltage = FELV یا ولتاژ خیلی پایین عملیاتی

جدول ٦ - ۴ خلاصه سیستمهای ولتاژهای بسیار پایین (SELV ، PELV و FELV)

نام	منابع و مدارها		رابطه بازمین	
SELV SAFETY EXTRA LOW VOLTAGE	ترانسفورماتور مجزا کننده ایمن یا منبع معادل آن، مدارهای با جدایی حفاظتی	S	مدارها بدون اتصال به زمین می باشند بدنه های هادی نباید دانسته به زمین اتصال داده شوند	UE
PELV PROTECTIVE EXTRA LOW VOLTAGE	ترانسفورماتور مجزا کننده ایمن یا منبع معادل آن، مدارهای با جدایی حفاظتی	S	از مدارهای با اتصال به زمین می توان استفاده کرد. بدنه های هادی می توانند به زمین وصل باشند	E
FELV FUNCTIONAL EXTRA LOW VOLTAGE	منابع تغذیه ایمن نیستند مدارها بدون جدایی حفاظتی می باشند	NS	از مدارهای با اتصال به زمین می توان استفاده کرد. بدنه های هادی باید به هادی حفاظتی مدار اولیه وصل شوند. وصل مدارهای FELV مجهز به هادی حفاظتی، مجاز می باشد.	E

1-78-612

E = با اتصال به زمین ؛ NS = ایمن بودن منبع الزامی نیست ؛ S = منابع باید ایمن باشند ؛ UE = بدون اتصال به زمین

۶۳۱- حفاظت با استفاده از SELV و PELV

در موارد زیر حفاظت در برابر برقگرفتگی انجام شده به حساب می آید.

- ولتاژ اسمی سیستم از باند I طبق استاندارد IEC 449 تجاوز نکند.

- منبع ولتاژ یکی از منابع ذکر شده در بند ۶۳۱-۱ منابع SELV (بدون اتصال زمین) و بند ۶۳۱-۱ منابع PELV (با اتصال زمین) باشد.

- بقیه خواسته های ذکر شده در این بخش

در زیر خواسته های عمومی برای سیستمهای SELV و PELV گفته شده است و متعاقباً بقیه خواسته ها نیز گفته خواهد شد.

یادآوری ۱ - اگر منبع تغذیه از ولتاژ بالاتر اتوترانسفورماتور یا پتانسیومتر یا وسایل الکتریکی و مانند آنها باشد، مدار ولتاژ خیلی پایین ادامه مدار ولتاژ بالا به حساب آمده و حفاظت آن باید مانند مدار با ولتاژ بالا انجام شود.

یادآوری ۲ - برای بعضی موارد ممکن است لازم باشد ولتاژهای پایین تری انتخاب شوند.

۶۳۱-۱- منابع SELV (بدون اتصال زمین)

این منابع ممکن است یکی از انواع زیر باشد:

(۱) یک ترانسفورماتور ایمنی با دو سیم پیچی مستقل که بین اولیه و ثانویه آن پرده فلزی وجود دارد و طبق استاندارد IEC 742 ساخته شده باشد .

(۲) یک منبع جریان که درجه ایمنی آن با ترانسفورماتور ایمنی برابر باشد، مانند موتور - ژنراتوری که دارای عایقبندی معادل باشد.

(۳) یک منبع جریان (مانند باتری) یا منبع دیگری که مستقل از ولتاژ بالاتر باشد (مانند دیزل - ژنراتور) .

(٤) بعضی منابع مخصوص جریان به شرطی که با استانداردهای ساخت خود مطابقت داشته و حتی در مواردی که در آنها اتصالی داخلی پیش آید، مقدار ولتاژ در مدار SELV از باند I تجاوز نکند . ولتاژ مدار می تواند از مقدار مجاز تجاوز کند به شرطی که به محض تماس مستقیم یا غیرمستقیم، ولتاژ خروجی به مقدار مجاز تنزل کند.

۶۳۱-۲- منابع PELV (با اتصال زمین)

(۱) منابع قابل حمل مانند یک ترانسفورماتور ایمنی یا موتور - ژنراتور باید به نحوی انتخاب و نصب شوند که با خواسته های حفاظت با استفاده از تجهیزات کلاس II یا عایقبندی مشابه مطابقت نماید.(بند ٦٢٢-٢ را ببینید).

۶۳۱-۳- خواسته های عمومی برای مدارهای SELV و PELV

۶۳۱-۳-۱ - قسمتهای برقدار مدارهای SELV و PELV

قسمتهای برقدار مدارهای SELV و PELV باید از نظر الکتریکی از سایر مدارها و از یکدیگر حداقل به اندازه یک ترانسفورماتور ایمن جداکننده مجزا باشند.

۶۳۱-۳-۲- هادیهای مدارهای SELV و PELV

بهتر است هادیهای مدارهای SELV و PELV از سایر مدارها جدا باشند . اگر انجام این کار ممکن نباشد، باید یکی از موارد زیر مراعات شود :

- مدارهای SELV و PELV علاوه بر عایقبندی اصلی از داخل یک غلاف غیرفلزی عبور کنند؛
- هادیهای مدارهای با ولتاژهای مختلف بکمک یک پرده یا غلاف فلزی زمین شده از هم جدا شوند.
- مدارهای با ولتاژهای مختلف ، می توانند با استفاده از رشته های یک کابل یا به صورت هادیهای جمعی از داخل یک مجرا عبور داده شوند به شرطی که هادیهای SELV و PELV به صورت انفرادی یا دسته جمعی نسبت به بالاترین ولتاژ موجود در مسیر، عایقبندی شده باشند.

۶۳۱-۳-۳- پریزها و دوشاخه های مدارهای SELV و PELV

پریزها و دوشاخه های مدارهای SELV و PELV باید با شرایط زیر مطابقت نمایند :

- دوشاخه ها را نباید بتوان داخل پریزهای مدارهای دیگر نمود ؛

- پریزها نباید بتوانند چندشاخه های مدارهای دیگر را قبول کنند ؛
- پریزها نباید مجهز به هادیهای حفاظتی باشند.

۶۳۱-۴- خواسته های خصوصی برای مدارهای SELV (بدون اتصال زمین)

۶۳۱-۴-۱- قسمتهای برقدار

قسمتهای برقدار مدارهای SELV نباید به زمین یا به هادیهای حفاظتی مدارهای دیگر اتصال داده شوند .

۶۳۱-۴-۲- بدنه های هادی

بدنه های هادی نباید عمداً به اجزای زیر اتصال داده شوند:

- زمین ؛
- هادیهای حفاظتی یا بدنه های هادی مدارهای دیگر ؛
- بدنه های بیگانه ، به استثنای مواردی که تجهیزات الکتریکی از نظر ساختاری باید درتماس با بدنه های بیگانه باشند . در این صورت باید اطمینان حاصل شود که این بدنه ها نخواهند توانست ولتاژهایی را که بیش از ولتاژ باند I یک است ، به خود بگیرند.

۶۳۱-۴-۳- حفاظت در برابر تماس مستقیم

اگر ولتاژ اسمی از ۲۵ ولت مؤثر درجریان متناوب یا ۶۰ ولت بدون تموج (ripple free) جریان مستقیم تجاوز کند، معمولاً حفاظت در برابر تماس مستقیم الزامی نخواهد بود، اما در صورت وجود بعضی شرایط خارجی حفاظت در برابر تماس مستقیم باید به یکی از دو روش زیر تأمین شود :

- پیش بینی موانع یا با پوششی که درجه حفاظتی آن حداقل برابر با IPXXB باشد، یا
- دارای عایقبندی باشد که در برابر ولتاژ آزمونی ۵۰۰ ولت جریان متناوب مؤثر ، یک دقیقه استقامت کند.

اگرولتاژ اسمی از ۲۵ ولت مؤثر در جریان متناوب یا ۶۰ ولت بدون تموج جریان مستقیم تجاوز نکند، حفاظت در برابر تماس مستقیم جز در بعضی شرایط خارجی الزامی نمی باشد.

۶۳۱-۵- خواسته های خصوصی برای مدارهای PELV (با اتصال زمین)

در مواردی که مدارها دارای اتصال به زمین بوده یا داشتن SELV لازم نباشد (بند ۶۳۱-٤) ، شرایط زیر باید برقرار شود .

۶۳۱-۵-۱- حفاظت در برابر تماس مستقیم

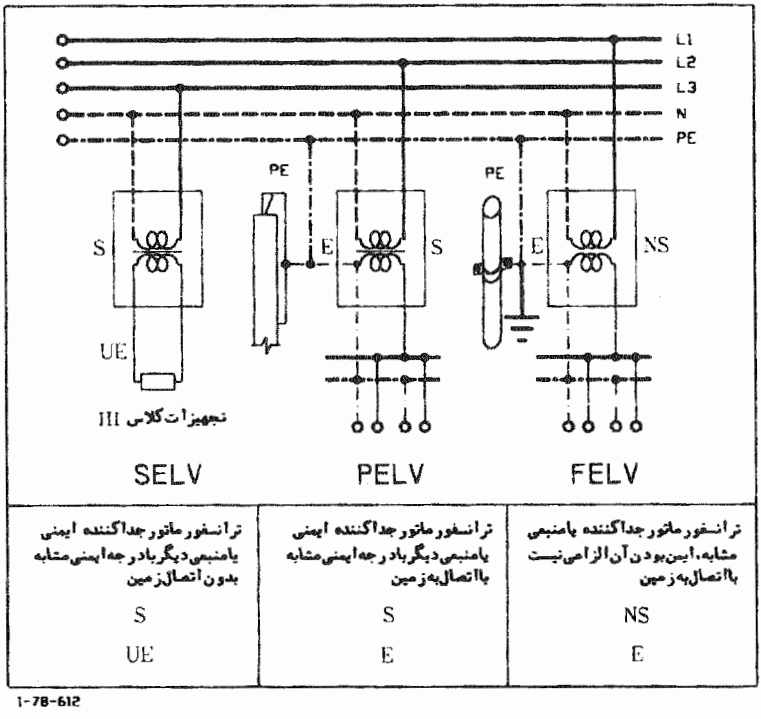
حفاظت در برابر تماس مستقیم باید به یکی از دو روش زیر تأمن شود:

- پیش بینی موانع یا با پوششی که درجه حفاظتی آن حداقل برابر با IPXXB باشد، یا
- دارای عایقبندی باشد که در برابرولتاژ آزمونی ۵۰۰ ولت جریان متناوب مؤثر ، یک دقیقه استقامت کند.

۶۳۱-۵-۲- عدم لزوم حفاظت در برابر تماس مستقیم

اگر تجهیزات در داخل حوزه اثر همبندی برای هم‌ولتاژ کردن باشد و ولتاژ اسمی از مقادیر زیر تجاوز نکنند، ایجاد حفاظت در برابر تماس مستقیم با توجه به بند ۶۳۱-۵-۱، لازم نخواهد بود :

- ۲۵ ولت مؤثر در جریان متناوب یا ۶۰ ولت جریان مستقیم بدون تموج ، هنگامی که تجهیزات به طور معمول فقط در محیطهای خشک مورد استفاده قرار می گیرد و انتظار نمی رود سطوح بزرگی از قسمتهای برقدار با بدن تماس حاصل کند.
- ۶ ولت مؤثر در جریان متناوب یا ۱۵ ولت جریان مستقیم بدون تموج در همه موارد دیگر .



شکل ۶۳۱-۱ نحوه استفاده از سیستمهای SELV، PELV و FELV به صورت طرحواره

۶۳۲- سیستم FELV

۶۳۲-۱- کلیات

در صورتی که برای کارهای عملیاتی (کنترل از راه دور ، کار رله ها و مانند آن) از ولتاژهای باند I استفاده شود ولی همه مقررات مربوط به SELV و PELV رعایت نشده و رعایت آنها هم لازم نباشد، موارد زیر باید برای اطمینان نسبت به حفاظت در برابر تماسهای مستقیم و غیرمستقیم، رعایت شوند:

۶۳۲-۲- حفاظت در برابر تماس مستقیم

حفاظت در برابر تماس مستقیم باید با یکی از دو روش زیر انجام شود:

- با استفاده از حصارکشیها یا محفظه ها ؛
- با استفاده از عایقبندی که با حداقل ولتاژ آزمونی مدار اولیه مطابقت دارد .

در مواردی که مدارهای FELV قادر به تحمل این ولتاژ نباشند، عایقبندی بدنه های در دسترس تجهیزات باید در حین نصب تقویت شود تا حدی که بتواند در برابر ولتاژ آزمونی ۱۵۰۰ ولت متناوب مؤثر استقامت کند .

۶۳۲-۳- حفاظت در برابر تماس غیرمستقیم

حفاظت در برابر تماس غیرمستقیم باید با یکی از دو روش زیر انجام شود :

- بدنه های هادی تجهیزات FELV به هادی حفاظتی مدار اولیه وصل شود به شرط اینکه این مدار تابع یکی از روشهای قطع خودکار مدار طبق بخش ۶۲۱ باشد . این امر مانع وصل یکی از هادیهای برقدار FELV به هادی حفاظتی مدار اولیه نخواهد شد یا .
- بدنه های هادی تجهیزات FELV به هادی همبندی هم‌ولتاژ کننده مدار اولیه که زمین نشده است، وصل شود . از این روش در مواردی استفاده می شود که مدار اولیه با روش حفاظتی جدایی الکتریکی طبق بند ۶۲۲-۵ حفاظت می شود.

۶۳۲-۴- پریزها و دوشاخه های مدارهای FELV

پریزها و دوشاخه های سیستمهای FELV باید با شرایط زیر مطابقت نمایند:

- دوشاخه ها را نباید بتوان داخل پریزهای مدارهای دیگر نمود ؛
- پریزها نباید بتوانند چندشاخه های مدارهای دیگر را قبول کنند.

۶۳۲-۵- نکات اضافی در مورد سیستمهای SELV و PELV و FELV

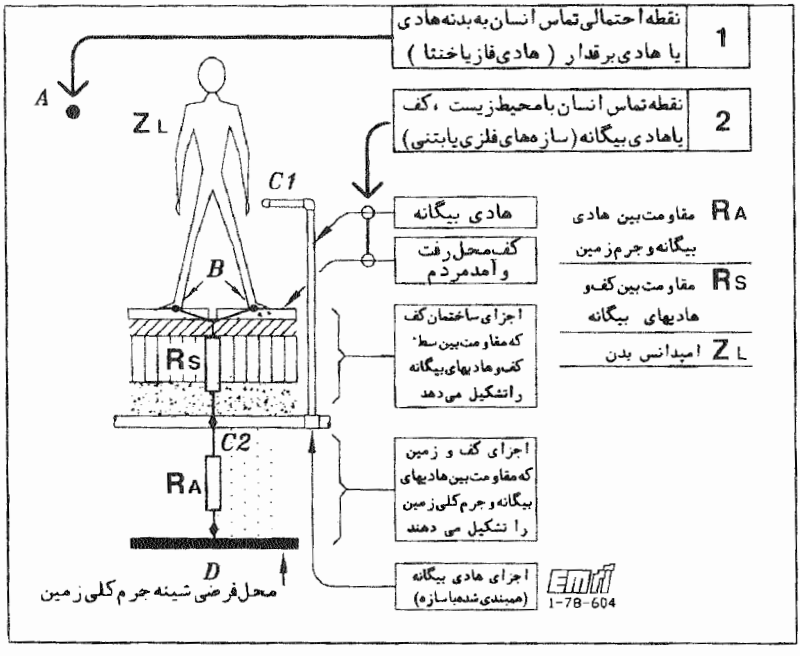
- برای مقررات کامل مربوط به SELV . PELV و FELV به IEC 364-4-411 مراجعه شود.
- موارد استفاده از SELV برای مثال استخرهای شنا و محیطهای نمناک (IEC 364-701 , 7028306)
- موارد استفاده از FELV برای مثال مدارهای ارتباطات و کنترل .

فصل ششم
حفاظت در برابر برقگرفتگی

پیوست ۱ - بحثی توجیهی درباره اجزای تشکیل دهنده زمین و نقش آنها در برقگرفتگی

6P1-۰ - کلیات

آشنایی با وضعیتی که هنگام قرار گفتن بدن انسان در مدار برقگرفتگی پیش می آید و مطالعه آن، بسیار مهم است زیرا همین مسایل عوامل عمده در سازماندهی سیستمهای برقی و روشهای حفاظتی می باشند. شکل 6P1-۱ ، طرحواره وضعیتی را نشان می دهد که آماده ایجاد برقگرفتگی برای فردی است که در محیط ایستاده است . در این شکل ، فردی نشان داده شده است که با هیچ یک از اجزای سیستم برقی در تماس نیست با این وجود مقاومتهای نشان داده شده در شکل ، حاضر می باشند. مقاومتها و ولتاژهای نشان داده شده طبق IEC می باشند.



شکل 6P1-۱ وضعیت فیزیکی در قبل از بروز برقگرفتگی - ساختار مقاومتها

در این پیوست برقگرفتگی در ٤ حالت و به قرار زیر مورد بررسی قرار گرفته است :
دو حالت مربوط به "تماس مستقیم" ودو حالت دیگر مربوط به "تماس غیرمستقیم" است .
در دو حالت مربوط به "تماس مستقیم" ، از یک طرف انسان با یک هادی برقدار به صورت "مستقیم" در تماس است و از طرف دیگر .
حالت ۱ - انسان با سطح زمین در تماس است(سیستم سالم ا ست . 6P1 - ۲) .
حالت ۲ - انسان با هادی یگانه در تماس است (سیستم سالم است 6P1 - ۲) .

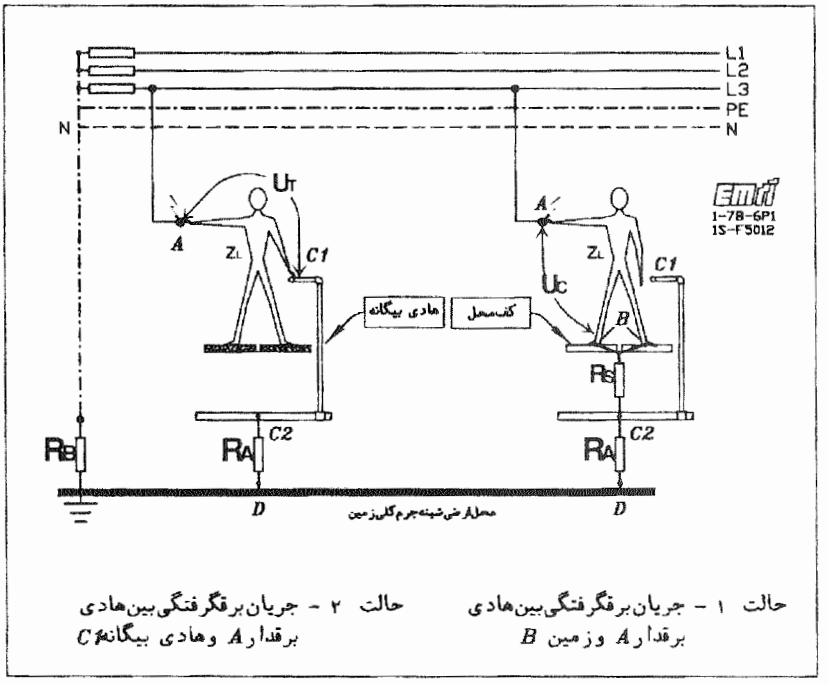
در دو حالت مربوط به "تماس غیرمستقیم" ، از یک طرف انسان با یک بدنه هادی برقدار شده به صورت "غیرمستقیم" در تماس است و بدنه هادی خود از طریق هادی حفاظتی (PE) به منبع نیرو وصل است . بنابراین ولتاژهای 6P1-٤ چه انسان در تماس باشد چه نباشد، برخلاف شکل 6P1-۲ ، وجود دارند.
حالت ۳ - انسان با سطح زمین در تماس است (سیستم سالم نیست 6P1 - ۳) .
حالت ٤ - انسان با هادی یگانه در تماس است (سیستم سالم نیست 6P1 - ۳) .

در مورد حالتهای ۱ و ۲ ، برای توجیه اتفاقاتی که ممکن است بروز کنند، توصیه می شود شکلهای فصل سوم مخصوصا" شکلهای ۳۲۱-۲ و ۳۲۱-۳ به دقت مطالعه شوند . در هر یک از این شکلها طرحواره یک زنجیره از مداری که جریان برق زدگی از آن عبور می کند نشان داده شده است .
در مورد حالتهای ۳ و ٤ ، با وارد شدن امپدانس بدن فرد به صورت موازی با مداری که به زمین وصل است، (شکل 6P1 - ۳) ممکن است در مقدار ولتاژها تغییراتی پیدا شوند اما در شرایط عادی تفاوت زیادی بین دو حالت وجود نخواهد داشت زیرا مقاومت بدن، مقاومتهای کف و زمین یا بدنه هادی یگانه و غیره بسیار بیشتر از مقاومت اتصال بدنه های سیستم با زمین است .

6P1 - ۱- حالت ا مدار برقگرفتگی شامل هادی برقدار ، انسان ، زمین است

شکل 6P1-۲- مسیر (A-B-C2-D)

- یک دست فرد با یک قسمت برقدار در تماس است . (نقطه A ، فاز L3)
- دست دوم فرد آزاد است و فقط از طریق یک یا هر دو پا با محیط زیست (کف) در تماس است . نقطه B در شکل 6P1-۲ ، خلاصه حالتهای ۱ و ۲ برقگرفتگی در "تماس مستقیم" نشان داده شده ا ند.



شکل 6P1-۲ برقگرفتگی در حالتهای "تماس مستقیم"

در این حالت سه امپدانس مشخص وجود خواهد داشت :

۱ – امپدانس بدن انسان (Z_L) و ولتاژ دو سر این مقاومت که برابر **Uc** است و "ولتاژ تماس" نام دارد.

۲- مقاومت مصالح بنایی ، بین بدن انسان (پاها) از کف تا هادیهای بیگانه ساختمان برابر **Rs** است و ولتاژ دو سر این مقاومت برابر است با **Us**.

۳ - مقاومت مصالح بنایی و خاک طبیعی بین هادیهای بیگانه تا شینه فرضی "جرم کلی زمین" . این مقاومت **RA** نامیده می شود و در بحث سیستمهای الکتریکی از آن فراوان استفاده می شود و ولتاژ دو سر این مقاومت برابر است با **UA**.

امپدانس کل بین دو نقطه مدار که از زنجیره این سه امپدانس تشکیل می شود عبارت خواهد بود از :

$$Z_L + R_S + R_A$$

و U_F که ولتاژ اتصالی" نامیده می شود. با افت ولتاژ روی هر سه این امپدانسها بصورت زیر خواهد بود:

$$U_F = U_C + U_S + U_A$$

6P1-۲ حالت ۲ مدار برقگرفتگی شامل هادی برقدار – انسان – هادی بیگانه است.

شکل 6P1-۲ - مسیر (A-C1-C2-D)

- یک دست فرد با یک قسمت برقدار در تماس است . (نقطه A ، فاز L3)
- دست دوم فرد برخلاف حالت قبل آزاد نیست بلکه با یک هادی بیگانه (لوله فلزی) در تماس است . (نقطه B)

در این حالت فقط دو امپدانس وجود دارند، زیرا امپدانس R_S با هادی بیگانه دور زده می شود و از مسیر خارج می گردد :

۱ – امپدانس بدن انسان (Z_L) و ولتاژ دو سر این امپدانس که برابر U_T است با نام "حداکثر ولتاژ تماس" شناخته می شود.

۲ – مقاومت مصالح بنایی و خاک طبیعی بین هادیهای بیگانه تا شینه فرضی "جرم کلی زمین" . این مقاومت R_A نامیده می شود و در بحث سیستمهای الکتریکی از آن فراوان استفاده می شود و ولتاژ دو سر این مقاومت برابر است با U_A

امپدانس کل بین دو نقطه مدار که از زنجیره این دو امپدانس تشکیل می شود عبارت خواهد بود از :

$$Z_L + R_A$$

و U_F یا "ولتاژ اتصالی" از دو ولتاژ روی این امپدانسها تشکیل خواهد شد .

$$U_F = U_T + U_A$$

6P1-۳ حالت۳ مدار برقگرفتگی شامل بدنه هادی برقدارشده – انسان – زمین است.

شکل 6P1-۳ - مسیر (A-B-C2-D)

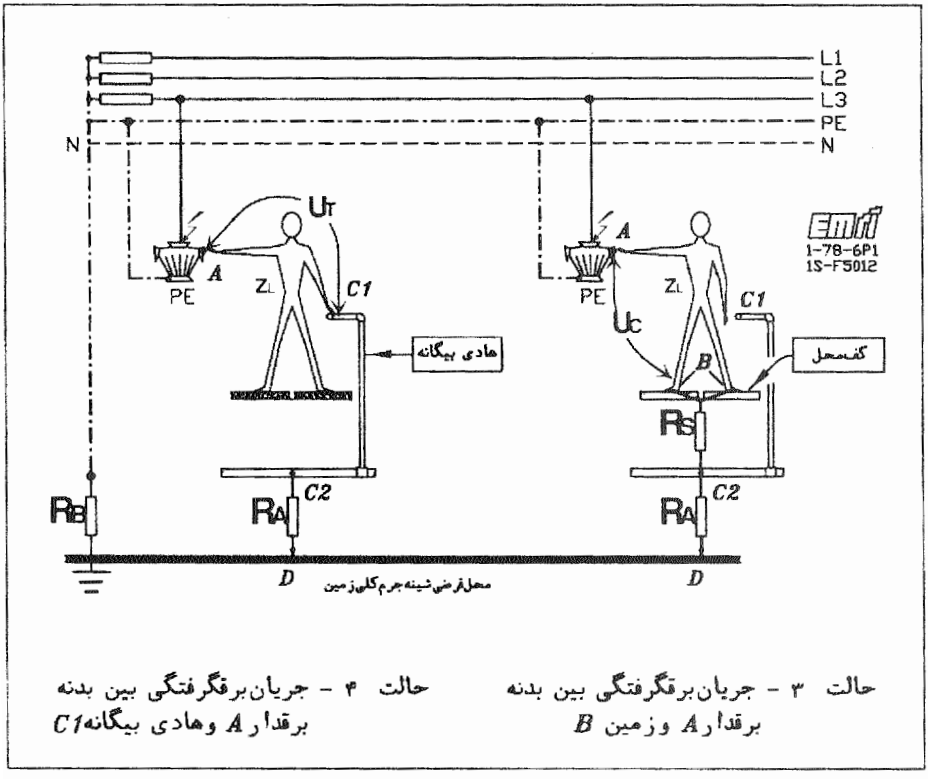
- یک دست فرد با یک قسمت برقدار در تماس است . (نقطه A ، فاز L3 از طریق بدنه) .
- دست دوم فرد آزاد است و فقط از طریق یک یا هر دوپا با محیط زیست (کف) در تماس است (نقطه B)

در این حالت، مانند حالت ۱ ، سه امپدانس وجود دارند :

$$Z_L + R_S + R_A$$

یادآوری ۱ - تفاوتی که بین حالت ۱ و حالت ۳ وجود دارد این است که حتی اگر انسان با بدنه هادی برقدار شده تماس نداشته باشد، به علت وجود هادی حفاظتی PE و وصل بودن آن به زمین ، ولتاژهای U_A و U_C و U_S و U_T و U_F وجود دارند (شکل 6P1-٤) . با وارد شدن امپدانس بدن در زنجیره ای به موازات زنجیره A-B-C2-D ، که شامل امپدانسهای خطوط توزیع وترانسفورماتور است. ممکن است تغییراتی در ولتاژها به وجود آید، ولی معمولا به علت بالا بودن امپدانس بدن و دیگر امپدانسهای سری با آن، نسبت به امپدانس خطوط و غیره ، این تغییرات ناچیز است .

یادآوری ۱ - برای بررسی بهتر مطالب توصیه می شود شکلهای ۳۴۱-۱ و ۳۴۱-۲ مطالعه شوند.



شکل 6P1-۳ برقگرفتگی در حالتهای "تماس غیر مستقیم"

6P1-۴ حالت ۴ مدار برقگرفتگی شامل بدنه هادی برقدارشده –انسان – هادی بیگانه است.

شکل 6P1-۳ - مسیر (A-C1-C2-D)

- یک دست فرد با یک قسمت برقدار در تماس است. (نقطه A، فاز L3 از طریق بدنه).
- دست دوم فرد با یک هادی بیگانه (لوله فلزی) در تماس است. (نقطه C1)

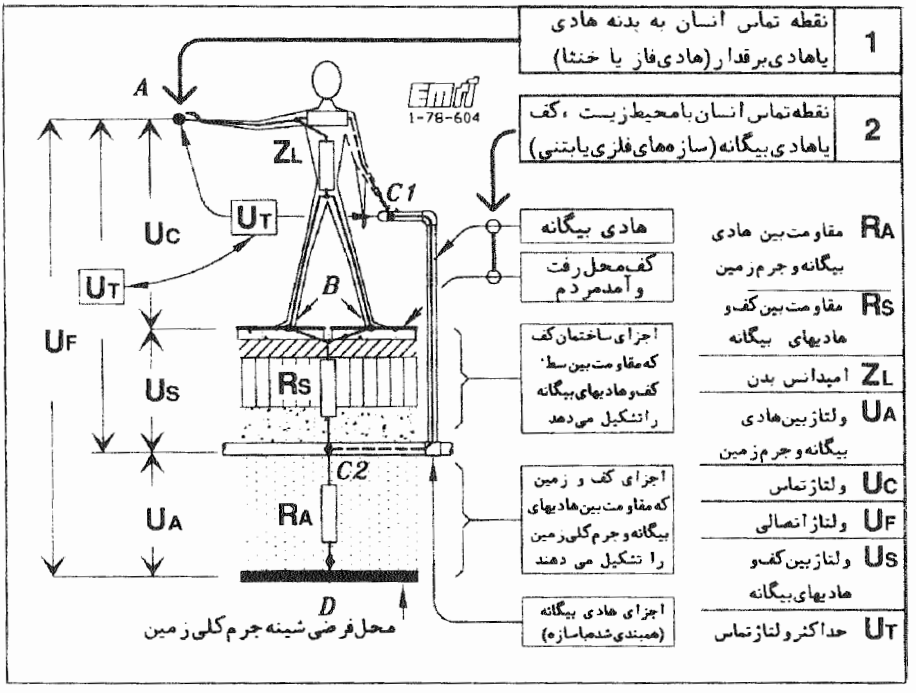
در این حالت مانند حالت ۲ ، دو امپدانس وجود دارند :

$$Z_L + R_A$$

یادآوریهای ذیل بخش 6P1-۳ در این مورد نیز صادقند.

6P1–۵ – حالت عمومی مدار برقگرفتگی در حالت کلی

شکل 6P1–٤، یک شکل کلی از حالتهایی است که در هنگام برقگرفتگی ممکن است پیش آیند.



شکل 6P1–٤ زنجیره مدار برقگرفتگی – مقاومتها و ولتاژها

6P1 – ۶ – دو نکته

یادآوری ۱ – همانطور که در 6P1–۳ هم اشاره شده است، نباید تصور شود که ولتاژهای U_A و U_C و U_S و U_T و U_F همیشه پس از تماس انسان با قسمت برقدار و یا هادی بیگانه برقدار می شوند . ممکن است این ولتاژها در اثر بروز سانحه یا هر اتفاق دیگری تشکیل شوند و اگر شخصی تحت تأثیر ولتاژ U_T یا ولتاژ U_C قرار گیرد و اگر مقدار آن از مقدار بی خطر یا مجاز (U_L) تجاوز کند، دچار حالت برق زدگی شود .

یادآوری ۲ – در بعضی موارد نادر ، با واردشدن امپدانس بدن انسان (Z_L) ، ممکن است تغییراتی در مقادیر ولتاژهای قبل از تماس انسان با آنها ، پیدا شوند اما چون این امپدانس نسبت به سایر مقاومتها بزرگتر است معمولاً تغییرات پیش آمده در ولتاژها ناچیز می باشند.

فصل ششم
حفاظت در برابر برقگرفتگی

پیوست ۲ - نحوه تقسیم ولتاژ در طول هادی حفاظتی نسبت به زمین در صورت بروز اتصال کوتاه بین هادیهای فاز و حفاظتی در سیستم TN

6P2-۰- کلیات

در بند ۳-۶۲۱ خواسته شده است که در سیستم TN ، در حد امکان هادی حفاظتی (PE) یا هادی مشترک حفاظتی /ختا (PEN) ، در مسیر عبورخطوط توزیع نیرو ، به الکترودهای زمین اتصال داده شوند (IEC 413-1-3) این کار باعث خواهد شد در صورت بروز اتصالی بین یک هادی فاز و هادی حفاظتی ، ولتاژ هادی حفاظتی و بدنه های هادی متصل به آن به زمین نزدیکتر شود و در نتیجه ولتاژ تماس یا ولتاژ برقگرفتگی نیز کمتر شود. در این پیوست دلایل این مسئله تشریح می شود.

6P2-۱- تقسیم ولتاژ در طول هادی حفاظتی در سیستم TN با یک اتصال به زمین در مبدأ

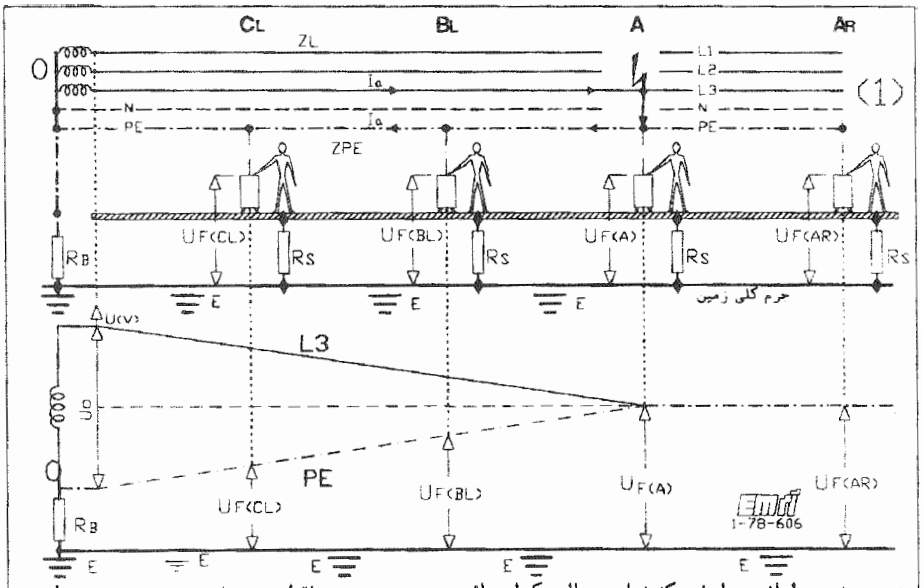
شکل 6P2-۱-(۱) ، طرحواره وضعیتی را نشان می دهد که در حالت برخورد اتفاقی یک فاز با هادی حفاظتی ، اتفاق می افتد . طبق شکل اتصالی در نقطه A بروز می کند و هادی حفاظتی فقط در شروع خط به زمین وصل است . از لحظه وقوع اتصالی تا عمل وسایل حفاظتی مدار و قطع برق ، نحوه توزیع ولتاژ در طول هادیهای حفاظتی و فاز نشان داده شده اند . فرض بر این است که سطح مقطع هادی حفاظتی و هادی فاز برابرند . اگر سطح مقطع هادی حفاظتی(مانند بیشتر کابلها که هادی حفاظتی /ختا در آنها نصف هادی فاز است) کوچکتر از هادی فاز باشد ، ولتاژ هادی حفاظتی/ختا بیشتر از حالت نشان داده شده خواهد بود یعنی از نظر برقگرفتگی وضع وخیمتر است .

ولتاژ بدنه های هادی نسبت به زمین به طرف راست از نقطه اتصالی (A_R) ثابت و برابر با نصف ولتاژ بین فاز و ختا خواهد بود در حالی که به طرف چپ از این نقطه A (B_L , C_L) ، ولتاژ به تدریج در طول خط از نصف U0 تا صفر افت خواهد کرد. بدیهی است که در صورت قطع جریان در زمان مجاز، اتفاق ناگواری پیش نخواهد آمد.

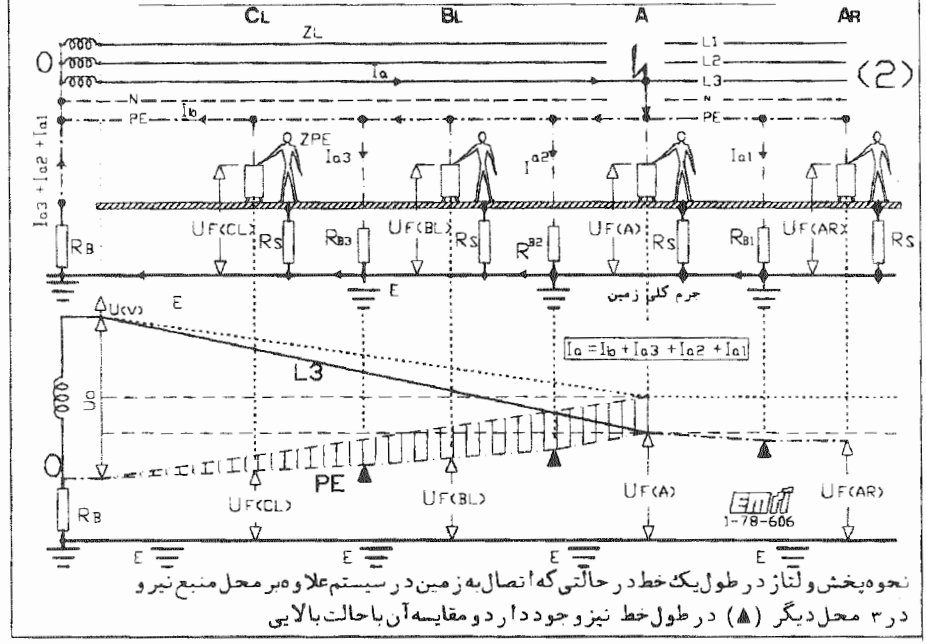
6P2-۲- ولتاژ در طول هادی حفاظتی در سیستم TN با چند اتصال به زمین (اتصال زمین مکرر)

اما اگر علاوه بر منبع تغذیه (R_B) ، هادی حفاظتی همانگونه که در شکل 6P2-۱-(۲) نشان داده شده است در نقاط دیگری هم به زمین وصل شده باشد (R_{B3} , R_{B2} , R_{B1}) و اتصال کوتاه هم در همان نقطه A بروز کرده باشد ، وضعیت تقسیم ولتاژ بسیار متفاوت و تا جایی که به ایمنی مربوط می شود بهتر خواهد بود .

در شکل ، منحنی تغییرات ولتاژ در حالت دوم ، (با اتصال زمینهای اضافی) و تغییرات ان در حالت اول (فقط یک اتصال به زمین در شروع خط) برای مقایسه نشان داده شده است .



نحوه‌پخش ولتاژ در طول یک خط در حالتی که اتصال به زمین در سیستم فقط در محل منبع نیرو وجود دارد و اتصالی بین فاز و هادی حفاظتی در نقطه A اتفاق می‌افتد



نحوه‌پخش ولتاژ در طول یک خط در حالتی که اتصال به زمین در سیستم علاوه بر محل منبع نیرو در ۳ محل دیگر (▲) در طول خط نیز وجود دارد و مقایسه آن با حالت بالایی

شکل 6P2 – ۱ تاثیر اتصال زمینهای مکرر در تغییرات ولتاژ هادی حفاظتی نسبت به زمین

فصل ششم
حفاظت در برابر برقگرفتگی

پیوست ۳ - تماس با هادی PEN در یک سیستم نامتعادل TN-C، سبب برقگرفتگی نخواهدشد

6P3 – ۰ – کلیات

همانگونه که در یادآوری ۲ از بند ۶۲۱-۳-۲ گفته شده است، بسیاری به غلط تصور می کنند که در صورت نبودن تعادل در یک سیستم سه فاز TN-C ، افرادی که با بدنه های هادی در تماس می باشند دچار برقگرفتگی خواهند شد. این فکر از اینجا سرچشمه می گیرد که :

– در سیستم نامتعادل ممکن است جریانی زیاد – تا حد جریان فاز یا بیشتر – از هادی PEN عبور کند ؛

– نظر به اینکه بدنه ها به هادی PEN وصل می باشند، انسان هم با آن در تماس است ؛

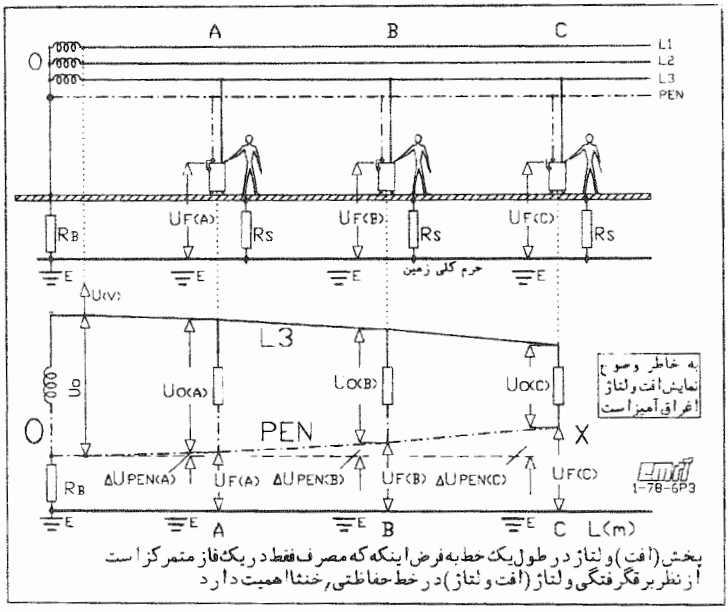
در چنین شرایطی این سوءتفاهم بوجود می آید که تماس با هادیی که از آن جریانی زیاد عبور می کند، مانند تماس با هادیی است که ولتاژ آن نسبت به زمین زیاد است . برای روشن شدن موضوع بحث زیر ارائه می شود .

6P3 – ۱ – ولتاژ در طول هادی حفاظتی در سیستم TN که در آن سطح هادیهای فاز و PEN یکی است

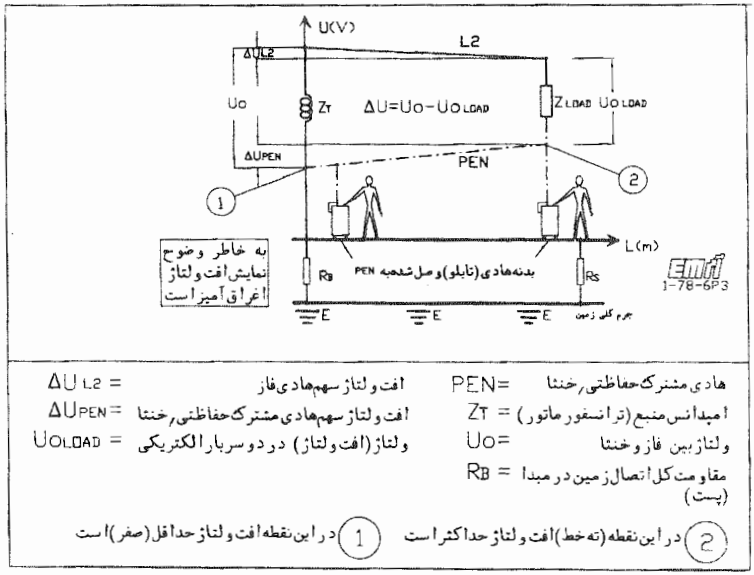
در شکل 6P3 – ۱ ، سه مصرف کننده در طول یک خط نشان داده شده اند . هر سه آنها از یک فاز تغذیه کرده و بقیه فازها پی بار می باشند . فرض بر این است که سطح مقطع فاز و هادی حفاظتی/خنثا برابرند و در نتیجه افت ولتاژ هم در آنها برابر است و از کل افت ولتاژ نصف آن در فاز و نصف دیگر در هادی حفاظتی/خنثا اتفاق می افتد . اگر حداکثر افت ولتاژ در سیستم در حد مجاز باشد (۵٪) و یا حتی ۵ برابر آن (۲۵٪) شود، افت ولتاژ سهم هر کدام از هادیهای فاز و حفاظتی/خنثا برابر ۱۲.۵٪ خواهد بود که در یک سیستم U0 = ۲۳۰ ولت، ۲۹ ولت خواهد بود که بین نقطه C و مبدأ سیستم وجود خواهد داشت .

این افت ولتاژ بین نقطه X و O وجود خواهد داشت. دقت شود که ۲۵٪ افت در هیچ شبکه ای نباید و نمی تواند وجود داشته باشد و این مثال فقط برای نشان دادن ایمن بودن سیستم حتی در این شرایط غیرمعقول ، طرح شده است .

در هر حال اگر جریان مدار چندهزار آمپر هم باشد چون افت ولتاژ آن بر فرض ۲۵٪ است ، حتی در بدترین موقعیت تفاوت ولتاژ بین نقطه X و O از ۲۹ ولت تجاوز نخواهد کرد . اما این ، ولتاژ تماس نیست . مقدار ولتاژ تماس با توجه به امپدانس بدن Z_I ، مقاومت R_S و مقاومت R_B مقداری کمتر از ۲۹ ولت خواهد شد .



شکل 6P3-1 تاثیر اتصال زمینهای مکرر در تغییرات ولتاژ هادی حفاظتی نسبت به زمین



شکل 6P3-2 افت ولتاژ در هادی فاز L2 و هادی مشترک حفاظتی /خنثا PEN در حالتی که سطح مقطع هادی حفاظتی خنثا کوچکتر از هادی فاز است

6P3–۲– ولتاژ در طول هادی حفاظتی در سیستم TN که در آن سطح هادی فاز و PEN یکی نیست

در این سیستم مانند قبل افت ولتاژ همان ۲۵٪ یا ۲۹ ولت در سیستم ۲۳۰ = U0 ولت انتخاب می شود با این تفاوت که سطح مقطع هادی حفاظتی/ختا . نصف سطح مقطع فاز فرض می شود . در این حالت افت ولتاژ سهم فاز ۱۹ ولت و سهم هادی PEN ۳۸ ولت خواهد بود که باز هم قابل قبول می باشد .

شکل 6P3–۲ این حالت را برای یک مصرف کننده در انتهای خط نشان می دهد.

فصل ششم
حفاظت در برابر برقگرفتگی

پیوست ۴ - محاسبه حداقل جریان اتصال کوتاه فاز به هادی حفاظتی (Ia) و نحوه مقایسه آن با جریان اسمی لوازم حفاظتی (In) برای اطمینان نسبت به عمل آنها در زمان مجاز (۰،۴ ثانیه یا ۵ ثانیه)

6P4-۰- کلیات

روشهای حفاظت در برابر برقگرفتگی با استفاده از قطع خودکار مدار که در بخش ٦٢١ مورد بحث قرار گرفته اند، مقرر می دارند که همه مدارهای توزیع نهایی (بسته به نوع آنها از نظر حداکثر زمان قطع مجاز) ظرف ۰،٤ ثانیه یا ۵ ثانیه قطع شوند.

البته زمانهای مورد بحث برای ولتاژهای معمول در کشور ما مصداق دارند و برای ولتاژهای دیگر یا موقعیتهایی غیرمعمول ممکن است زمانهایی غیر از ۰،٤ ثانیه مجاز باشند که در بخش ٦٢١ برای هر سیستم و حالت ذکر شده اند. (جدولهای ٦-۲ و ٦-۳ دیده شوند.)

بطور خلاصه برای اطمینان از اینکه اجزای یک سیستم، ایمنی در برابر اتصال غیرمستقیم را تأمین خواهد کرد، لازم است اقدامات زیر به عمل آیند :

۱ - به کمک محاسبه یا اندازه گیری ، امپدانس حلقه اتصال کوتاه (Z_s) به دست آمده و از روی آن، حداقل شدت جریان اتصال کوتاه بین هر فاز و هادی حفاظتی (Ia) محاسبه می گردد

۲ - حداقل جریان محاسبه شده (Ia) ، با حداقل جریانی که اولین وسیله حفاظتی در طرف تغذیه را ظرف مدت زمانهای ۰،٤ ثانیه یا ۵ ثانیه قطع می کند و در مورد فیوزها Ip نام دارد، مقایسه می شود.

اگر این مقادیر با خواسته های ایمنی مطابقت نداشته باشد ، باید برای آن چاره جویی شود .

یادآوری ۱ - Z_s را ممکن است از دو راه - محاسبه یا در بعضی موارد اندازه گیری - به دست آورد. در اینجا فقط روش محاسبه ذکر شده است .

یادآوری ۲ - نظر به اینکه مقایسه Ia با Ip بلافاصله به دنبال محاسبات Z_s انجام می شود ، درباره I_p و نحوه استفاده از آن ابتدا صحبت خواهد شد .

6P4–۱– نحوه مقایسه Ia با Ip برای اطمینان از کارآیی سیستم حفاظتی در برابر برقگرفتگی

6P4–۱–۱– مقدمه

با توجه به اینکه عوامل دیگری که ذیلاً به آنها اشاره خواهد شد ، قبل از انجام محاسبات اتصال کوتاه ، برای تنظیم یا انتخاب کلید خودکار یا انتخاب جریان اسمی اولیه فیوز یا کلید خودکار مینیاتوری دخالت دارند، پس از محاسبات اتصال کوتاه که هدف آن به دست آوردن Ia می باشد، این مقدار یعنی Ia ، با Ip (وابسته به In که از قبل انتخاب شده است) مقایسه می شود . اگر نتیجه مقایسه قابل قبول باشد، عمل دیگری انجام نمی شود و در غیر از این صورت باید اقداماتی که گفته خواهد شد ، انجام شوند تا ایمنی تأمین گردد.

پس، قبل از همه In انتخاب می شود و این انتخاب باتوجه به مداری که بوسیله کلید خودکار یا فیوز یا کلید مینیاتوری حفاظت می شود، انجام می گیرد . با توجه به این مقدمات ، برای هر مدار باید مراحل زیر که شامل مقایسه Ia با Ip نیز می شود، انجام شوند :

۱ – محاسبه و تعیین شدت جریان مصرف Is (design current)؛

۲ – انتخاب جریان اسمی وسیله حفاظتی In (بااستفاده از Is) (In همان مقداری است که برای بحث ما لازم است)؛

۳ – محاسبه و انتخاب سطح مقطع هادیهای مدار با توجه به In ؛

٤ – محاسبه حداکثر شدت جریان اتصال کوتاه Ik max با استفاده از مشخصات مدار (Zs). برای اطمینان از اینکه هادیها کلیدها و دیگر اجزای مدار توانایی ایستادگی در برابر آن را دارند . (این Zs با مقدار مشابهی که برای محاسبه Ik min از آن استفاده می شود تفاوت دارد . درباره جریانهای اتصال کوتاه در این پیوست مطالبی دیده می شود)

٥ – محاسبه حداقل شدت جریان اتصال کوتاه IK min = Ia با توجه به امپدانس حلقه اتصال کوتاه (Zs) فاز به هادی حفاظتی (PE یا PEN)؛

(این همان مقدار Ia است که برای کار ما لازم است) ؛

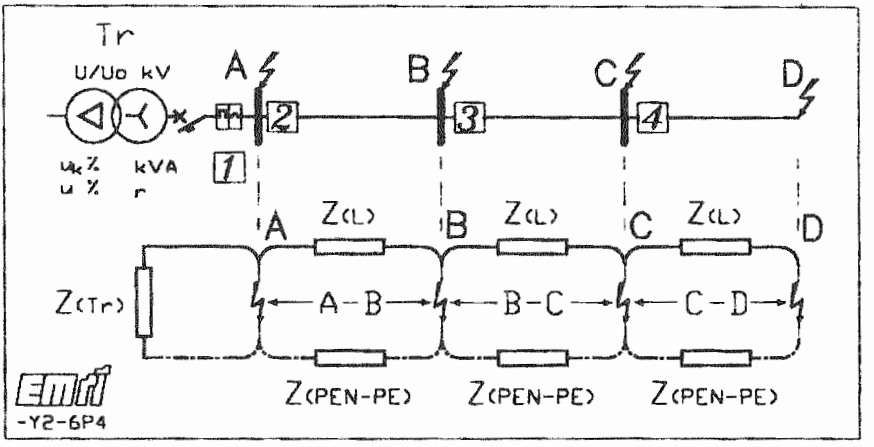
٦ – کنترل وسایل حفاظتی سری ، از نظر توانایی آنها برای تمایز (discrimination)؛

۷ – محاسبه و احراز اطمینان نسبت به مجاز بودن افت ولتاژ .

از مراحلی که برای محاسبه یک مدار طی می شوند، فقط دو مورد آن به بحث ما مربوط می شود که عبارتند ازمراحل ۲ و ٥ . بدیهی است اگر به هر دلیلی در طول محاسبات در مقادیر Zs ، Ia و In (Ip) تغییراتی حاصل شود ، محاسبات و مقایسه باید تجدید شود .

طرحواره شکل 6P4–۱ ، نحوه محاسبه شدت جریان Ia را نشان می دهد . راجع به این مطلب در قسمت بعدی بحث خواهد شد . اما در اینجا هدف ما با فرض داشتن Ia سنجیدن آن در برابر Ip است تا معلوم شود که مدت زمان قطع لازم (۰٫٤ ثانیه یا ٥ ثانیه) تأمین خواهد شد یا نه .

طبق شکل ، برای تنظیم کلید 1 فقط از امپدانس ترانسفورماتور برای محاسبه Ia استفاده می شود :



شکل 6P4-۱ طرحواره ای که برای محاسبه حلقه اتصال کوتاه (ZS) بکار می رود .

$$Zs(Tr) = Z_{(Tr)}\lfloor\Omega\rfloor$$

$$Ia(A) = \frac{cU0}{Zs}[A]$$

و برای انتخاب فیوزهای محافظ آخرین قطعه خط A-B-C-D در نقطه C در صورت وقوع اتصالی در نقطه D :

$$Zs_{[AD]} = Z_{(Tr)} + Z_{(L)[AB]} + Z_{(L)[BC]} + Z_{(L)[CD]} + \ldots\ldots + Z_{(PEN-PE)[A-B]} +$$

$$Z_{(PEN-PE)[B-C]} + Z_{(PEN-PE)[C-D]}\lceil\Omega\rceil$$

$$Ia(D) = \frac{cU0}{Zs_{[A-D]}}[A]$$

عملیات گفته شده باید برای کنترل لوازم حفاظتی نصب شده در نقاط A و B و C و D انجام شود . در این روابط Zs امپدانس مجموعه ترانسفورماتور و خطوط مدار تا نقطه موردنظر ، U0 ولتاژ بین هادیهای فاز و خنثا ، c ضریب تصحیح ولتاژ و Ia حداقل شدت جریان مؤثر متقارن اتصال کوتاه است . درباره این مقادیر در قسمت مربوط به محاسبه اتصال کوتاه به تفصیل صحبت خواهدشد.

6P4 - ۱-۲- آشنایی اولیه با برخی از مشخصه های اصلی فیوزها

در اینجا فقط به نکاتی اشاره خواهد شد که مستقیماً به بحث ما مربوط می شود و جنبه یادآوری دارد .

فیوز ساده ترین ، ارزانترین و ، در صورتی که صحیح انتخاب شده باشد، مطمئن ترین وسیله حفاظتی در برابر اتصال کوتاه است و در برابر اضافه بار نیز حفاظتی قابل قبول ارائه می دهد. شاید تنها عیب فیوز این باشد که به قدر کافی حساس نیست و نحوه عمل آن نسبت به شدت جریانهای مختلف ، قابل پیش بینی دقیق نمی باشد .به همین دلیل ، در مشخص کردن نحوه واکنش فیوزها نسبت به عبور شدت جریانهای زیاد ، از روشهایی مخصوص استفاده می شود که ذیلاً درباره آنها صحبت خواهد شد .

یادآوری می کند که تا چندی پیش رسم بر این بود - و در بازار ایران این رسم تاکنون نیز ادامه دارد- که برای هر شدت جریان اسمی فیوز یعنی In ، دو نوع فیوز با مشخصه های زمان/جریان متفاوت ساخته شود که به آنها فیوزهای زودذوب " و "دیرذوب" می گفتند . اما در کشورهای اروپایی که بر اساس IEC کار می کنند وضع تغییر کرده است . در حال حاضر استاندارد اغلب آنها ، IEC 269 است که بیشتر فیوزها را طبق آن می سازند . در این استاندارد دیگر از فیوزهای "زود ذوب" و "دیر ذوب" استفاده نمی شود و انواع روشهای جدید برای تشخیص آنها ارائه شده است . قبلاً نیز گفته شد که در اینجا هدف ارائه بحثی فراگیر درباره فیوزها نمی باشد و مطالب مربوط به آنها به عنوان یادآوری ذکر می شود.

ناگفته نماند که ایران یکی از پیروان IEC است و امید است محصولات سازندگان داخلی نیز به مرور با استاندارد IEC 269 که مشتمل بر چندین جزوه است ، مطابقت نماید .

تا جایی که به شدت جریان مربوط می شود، تعریف سه نوع جریان برای هر فیوز مهم می باشد:

(۱) شدت جریان نامی In - جریانی است که فشنگ فیوز با آن شناخته می شود و می تواند در شرایط مشخص بدون آنکه به کارآیی فیوز صدمه ای وارد شود، به مدتی نامحدود از آن عبور کند .

> یادآوری - از نظر کاربردی باید گفت که معمولاً اجازه داده می شود یک کابل یا مداری با عایقبندی PVC ، با فیوزی که شدت جریان اسمی آن (In) برابر حداکثر جریان مجاز کابل در شرایط مشخص است، در برابر اضافه بار و اتصال کوتاه ، محافظت شود .

(۲) شدت جریان قراردادی عدم ذوب Inf - جریانی است که فشنگ فیوز می تواند آن را به مدتی تعیین شده (زمان قراردادی) و در شرایطی مشخص بدون آنکه ذوب شود، از خود عبور دهد .

(۳) شدت جریان قراردادی ذوب If - جریانی است که در صورت عبور آن از فشنگ فیوز در شرایطی مشخص، می تواندآن را در مدتی تعیین شده (زمان قراردادی) ، ذوب کند.

گستره شدت جریانهایی که درباره آنها صحبت شد ، در جدول 6P4 -۱ ذکر شده اند . دقیق نبودن عمل فیوز از بررسی شدت جریانهای ذکر شده مشهود است .

جدول 6P4 - ۱ شدت جریانهای In، Inf و If و زمانهای قراردادی
برای نوعی از فیوزها (gG) طبق IEC

جریان اسمی In (آمپر)	زمان قراردادی (ساعت)	جریانهای قراردادی	
		Inf	If
In≦ ۴	۱	۱٫۵ In	۲٫۱ In
۴<In<۱۶	۱		۱٫۹ In
۱۶ ≦In≦ ۶۳	۱	۱٫۲۵ In	۱٫۶ In
۶۳ <In≦ ۱۶۰	۲		
۱۶۰ <In≦ ۴۰۰	۳		
۴۰۰ <In	۴		

-Y2-6P4

اما آیا این فقدان دقت در شدت جریان قطع است که موجب نگرانی ما از نظر ایمنی است؟

باید به خاطر داشت که مدت زمان برقرار ماندن اتصال کوتاه و ولتاژ تماس است که ایمنی در برقگرفتگی را تضمین می کند و بسته به نوع مدار ، باید به ۰٫٤ ثانیه یا ۵ ثانیه محدود شود .

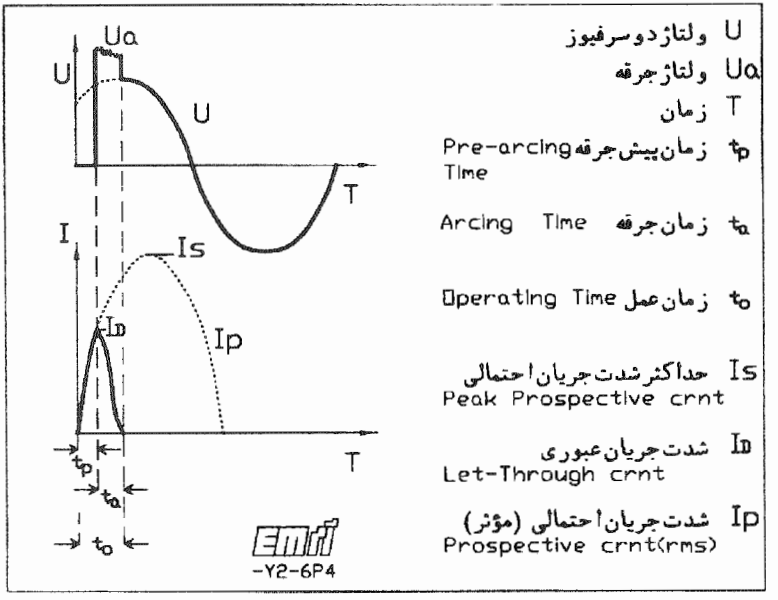
اگر گروه بزرگی از یک سری فشنگ فیوزهای مشابه را در نظر گرفته و شدت جریان اتصالی مشخص را از هر یک از آنها عبور دهیم ، هر کدام پس از گذشتن مدت زمانی مخصوص خود ، ذوب و مدار را قطع می کنند . البته این تفاوت زمانی را برای یک سری فیوز مشخص می توان با تولرانسی معین پیش بینی نمود . طبق استاندارد این تولرانس نباید کمتر یا بیشتر از ۷٪ باشد.

اما اگر اتفاقاتی را که شدت جریان اتصالی یا هر شدت جریان دیگری که دیر یا زود سبب سوختن فیوز می شود، لحظه به لحظه دنبال کنیم می بینیم که اگر جریان از حدی تجاوز نکند **(In)** هیچ اتفاقی نخواهد افتاد . اما اگر جریان از حد **Inf** و **If** بیشتر شود - و این ناحیه بخشی است که آشنایی با آن برای ما جالب است - المان فشنگ فیوز شروع به ذوب می کند تا اولین فاصله بین دو سر آن آشکار شود.

از شروع عبور جریان اتصالی با شدتی مشخص تا پیدایش اولین جرقه که گواه شروع تشکیل فاصله است زمان پیش جرقه **(pre-arcing time)** گویند. [پیشتر نام آن زمان ذوب **(melting time)** بود].

از شروع اولین جرقه تا پایان جرقه زدن و قطع شدن کامل جریان اتصالی ، مدت زمانی است که آن را زمان جرقه **(arcing time)** نامند.

و به کل زمان قطع از شروع عبور جریان اتصالی تا پایان قطع کامل جریان یعنی زمان پیش جرقه + زمان جرقه ، زمان عمل **(operating time)** گویند.



شکل 6P4-۲ تغییرات جریان و ولتاژ هنگام عمل یک فیوز

شکل 6P4 -۲ ، اوسیلوگرام اتصال کوتاه برای یک شدت جریان احتمالی در فیوز را نشان می دهد .

شدت جریان احتمالی (Ip) ، جریانی است که اگر یک قطعه فلزی با مقطع زیاد به جای فشنگ فیوز بسته شود، در مدار جاری خواهد شد اما به علت وجودفیوز ، این جریان فقط تا شروع پیش جرقه برقرار است و از آن به بعد به جای رشد ، طبق شکل ، سیر نزولی دارد . حداکثر مقدار آنی شدت جریان احتمالی با Is نشان داده می شود و حداکثر مقدار آنی شدت جریان که فیوز اجازه می دهد قبل از ذوب شدن از مدار عبور کند، شدت جریان عبوری (ID) نامیده می شود.

در این مدت ولتاژ بین دو سر فیوز ، از صفر در شروع اتصالی آغاز می شود و پس از عبور از حالت گذرا ، به مقدار واقعی آن می رسد .

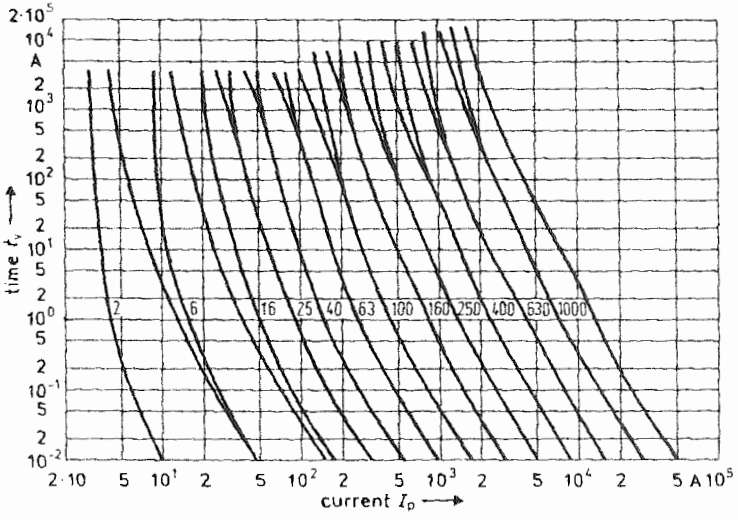
برای هر شدت جریان اسمی (In) از فشنگ فیوزها که طبق استاندارد معینی ساخته می شود، یک منحنی که زمان پیش جرقه (tp) را نسبت به شدت جریانهای احتمالی(Ip) مختلف نشان می دهد، تهیه می گردد. در این میان لازم است توجه شود که برای هر شدت جریان عبوری زمان قطع در حد تولرانس متغیر است .

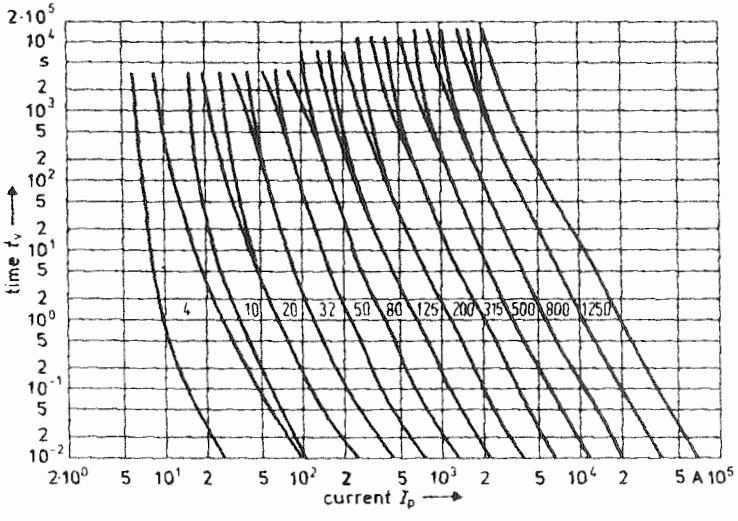
شکل 6P4-۳ ، تغییرات شدت جریان نسبت به زمان قطع را برای فیوزهای نوع "gG" که طبق استاندارد IEC 269 ساخته می شوند با در نظر گرفتن پهنه تولرانس آنها، نشان می دهد.

با در دست داشتن این منحنیها و کشیدن خطوط زمان که مربوط به ۰،٤ ثانیه و ۵ ثانیه است حداقل جریان اتصال کوتاه مجاز که باید وجود داشته باشد تا مدار طبق مقررات در زمان مجاز قطع کند را به دست می دهد . این همان جریانی است که باید (برای هر نوع فشنگ مقدار مؤثر شدت جریان احتمالی Ip) با شدت جریان به دست آمده از محاسبه

اتصال کوتاه یعنی Ia مقایسه شود و Ia باید بزرگتر از شدت جریان به دست آمده ازمنحنیها باشد . به عبارتی دیگر بسته به نوع مدار باید : (۰٫٤) Ia >= Ip یا

Ia >= Ip (۵) باشد





شکل 6P4-۳ منحنیهای جریان / زمان برای فیوزهای نوع gG طبق IEC 269

یک بار دیگر یادآور می شود که در سابق یکی از روشهای درجه بندی بعضی از انواع فشنگ فیوزها قرار دادن آنها در دو گروه متمایز "دیرذوب " و "زودذوب" بود . به طوری که برای هر شدت جریان اسمی (In) ، دو نوع فشنگ وجود داشت که یکی "دیرذوب" و دیگری "زود ذوب" نامیده می شد . (این نوع نامگذاری تاکنون هم در کشور رواج دارد) اما روش جدید مشخص کردن فیوزها کاملا" عوض شده و آنها را به صورت دو حرف مشخص می کند مانند : aM , gM , gG

حرف اول محدوده ظرفیت قطع فشنگ فیوز را مشخص می کند:

g = فشنگ با ظرفیت قطع کامل ؛

a = فشنگ با ظرفیت قطع نسبی (فشنگ پشتیبانی) .

حرف دوم، درجه بندی فشنگ از نظر نوع مصرف را تعیین می کند و با دقت ، مشخصه زمان/جریان همراه با زمانها و شدت جریانهای قراردادی را مشخص می کند . برای مثال:

gG – مشخص کننده فشنگی با ظرفیت قطع کامل برای مصارف عمومی است (General)

gM – مشخص کننده فشنگی با ظرفیت قطع کامل برای حفاظت موتورها است (Motor)

aM – مشخص کننده فشنگی با ظرفیت قطع نسبی برای حفاظت موتورها است (Motor)

به این نوع فشنگ فیوز ، فشنگ پشتیبانی هم می گویند (back-up)

در مسایل مربوط به فیوزها انتگرال ژول (I^2t) نقشی عمده دارد که درباره آن بحث نمی شود ولی متذکر می شود که انرژی عبوری از فشنگ فیوز را برای دو حالت مشخص می کند :

$$I^2t = \int_{t=t1}^{t=t2} I^2 dt$$

I^2t (برای منطقه پیش جرقه -- tp) و

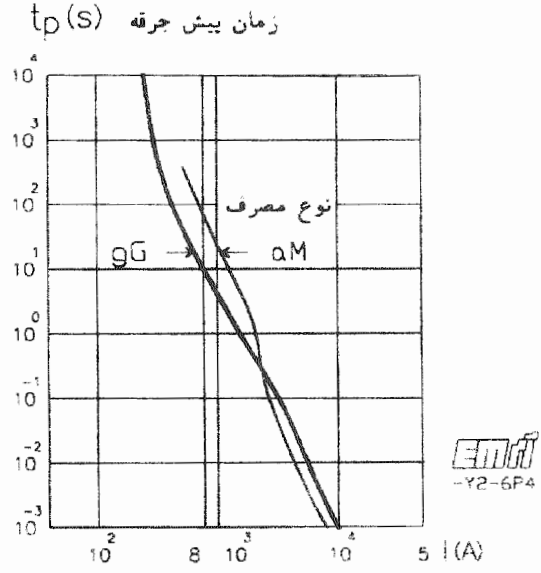
I^2t (برای منطقه زمان عمل – t0) .

شکل 6P4-٤، مشخصه های تغیرات شدت جریان نسبت به زمان پیش جرقه برای دو نوع فیوز ، gG و aM را برای جریان نامی ۲۰۰ آمپر (در هر دو مورد) جهت مقایسه نشان می دهد .

یادآوریها

۱ – شناخت کامل فیوزها در این مختصر نمی گنجد. به همین دلیل توصیه می شود که برای آشنایی بیشتر ، به مراجع مربوط و مخصوصا" همه بخشهای آخرین چاپ استاندارد IEC269 ، مراجعه شود.

۲ – توجه شود که محورهای منحنیهای شدت جریان نسبت به زمان قطع ، به صورت لگاریتمی است و به این دلیل است که شکل آنها خمیدگی کمتری نسبت به واقعیت نشان می دهد در مقیاس معمولی شکل منحنی حالت "عکس زمانی" (inverse time) دارد .



شکل 6P4-٤ منحنیهای دو فشنگ فیوز با جریان اسمی ۲۰۰ آمپر

6P4-۱-۳- استفاده از مشخصه های فیوز برای حفظ ایمنی

پس به طور خلاصه روال کار به این صورت است :

(۱) جریان نامی (In) فیوز با توجه به بند (۲) از 6P4-۱-۱ مشخص می شود .

(۲) با در دست داشتن In و استفاده از منحنیهای مربوط به فیوز مورد استفاده ، مشابه شکل 6P4 -۳ ، شدت جریان اتصال کوتاه احتمالی Ip ، برای ۰٫٤ ثانیه یا ۵ ثانیه (بسته به شرایط) تعیین می گردد .

(۳) با محاسبه امپدانس حلقه اتصال کوتاه فاز به بدنه Zs ، از روی مشخصه های مدار ، بند (۵) از 6P4-۱-۱ ، مقدار Ia=Ikmin به دست می آید :

$$Ia = Ik\min = \frac{U0}{Zs}$$

برای مطابقت با مقررات لازم است :

$$Ia \geq Ip$$

اما اشکال اصلی کار از همین جا شروع می شود .

اول اینکه منحنیهایی که برای انتخاب Ip مورد استفاده قرار می گیرند، باید با مقیاسی بزرگ و با تقسیمات طولی وعرضی بیشتر از آنچه در شکل 6P4-۳ نشان داده شده است، باشد. معمولاً هر دسته از منحنیها بر روی یک کاغذ A4 رسم می شود تا قابل استفاده شود.

دوم اینکه کسانی که این نوع منحنیها را تهیه می کنند باید تجربه کافی برای این کار داشته باشند.

سوم اینکه در کشور ما معمولاً از انواع فیوزها و فشنگهای نامرغوب استفاده می کنند که معلوم نیست با چه استانداردی مطابقت دارد. ارزانی جنس برای وارد شدن آن به بازار کافی است.

پس چه باید کرد که هم تا جایی که مقدور است استاندارد رعایت شود و هم لازم نباشد از منحنیهایی که در هر حال در دسترسی نیستند استفاده شود.

به نظر می رسد راهی را که مبحث ۱۳ از مقررات ساختمانی ایران در پیش گرفته است، منطقی باشد. این در واقع راه حلی است که تا قبل از تدوین استانداردهای IEC 269 و IEC364 در آلمان رواج داشت. در جدول زیر نحوه انتخاب حداقل شدت جریان مجاز از روی In با استفاده از یک ضریب، که به آن ضریب K می گویند. نشان داده شده است به نحوی که برای حداقل شدت جریان اتصال کوتاه به جای Ip ، k.In انتخاب می شود.

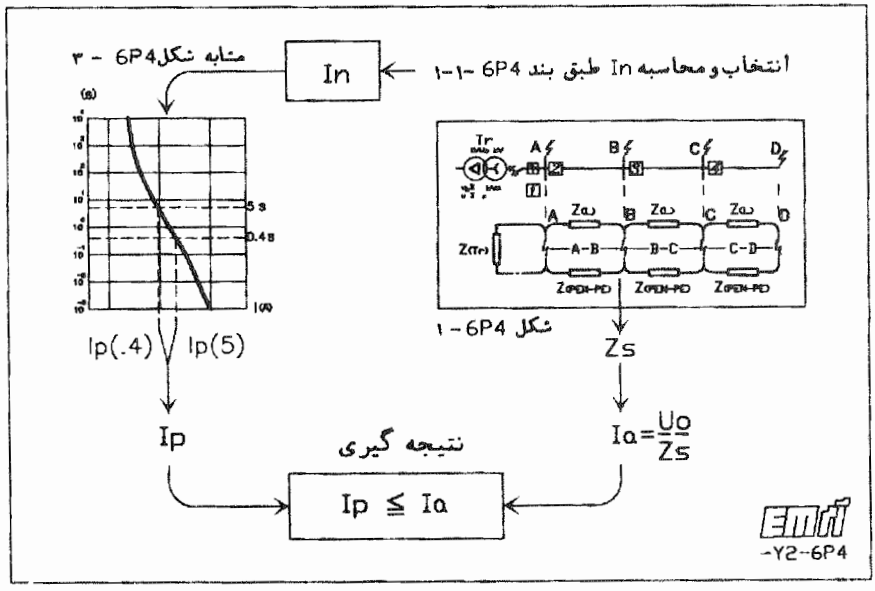
و با انتخاب ضریب k که برای تجهیزات و موقعیتهای مختلف متفاوت است، مقدار k.In مشخص می شد.

جدول 6P4 - ۲ ضریب K

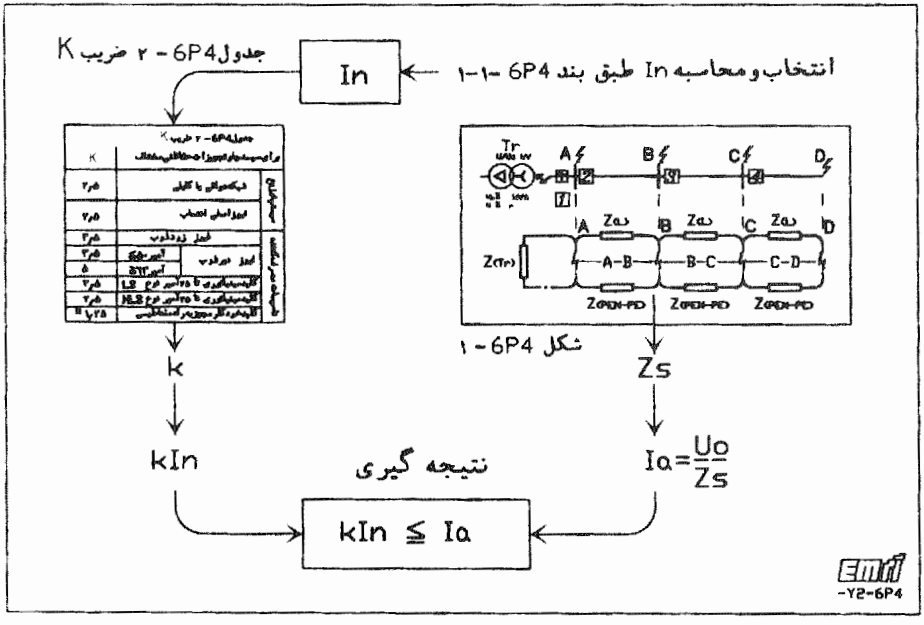
	برای سیستمها و تجهیزات حفاظتی مختلف		K
سیستم توزیع	شبکه هوائی یا کابلی		۲/۵
	فیوز اصلی انشعاب		۲/۵
تاسیسات مصرف کننده	فیوز زودذوب		۳/۵
	فیوز دیرذوب	آمپر ۵۰≤	۳/۵
		آمپر ۶۳≥	۵
	کلیدمینیاتوری تا ۲۵ آمپر نوع LS		۳/۵
	کلیدمینیاتوری تا ۲۵ آمپر نوع HLS		۲/۵
	کلیدخودکار مجهز به رله مغناطیسی		* ۱/۲۵

* در مورد کلیدهای خودکار ضریب ۱/۲۵ در شدت جریان تنظیم رله مغناطیسی اعمال می شود

(این جدول از استاندارد VDE 0100 گرفته شده است)



شکل 6P4-۵ خلاصه نحوه کنترل کارایی سیستم با استفاده از منحنیهای فیوزها (روش صحیح انجام کار)



شکل 6P4-۶ خلاصه نحوه کنترل کارایی سیستم با استفاده از ضریب K (روش انجام کار از روی ناچاری)

6P4-۲- محاسبه امپدانس حلقه اتصال کوتاه (Zs) و شدت جریان اتصال کوتاه (Ia)

6P4-۲-۰- پیشگفتار

کمتر کسی از مهندسان برق کشور به انجام محاسبات اتصال کوتاه اعتقاد دارد. وارد شدن به چون و چرای این مسئله ما را از بحث اصلی منحرف خواهد کرد فقط یادآور می شود که "جبر پیشرفت" ما را مجبور خواهد کرد. در آینده ای نزدیک محاسبات اتصال کوتاه هم انجام دهیم (اگر تا حالا انجام نداده باشیم) . این موضوع مخصوصا" برای شاخه موردنظر ما که محاسبه حداقل شدت جریانهای اتصال کوتاه است و بستگی مستقیم به برقگرفتگی دارد بسیار مهم است .
محاسبات اتصال کوتاه امروزه با کمک مؤلفه های متقارن (symmetrical components) و مقاومتها و امپدانسها و اجزای دیگر هم با استفاده از روشهای معمول در اینگونه محاسبات که "بر حسب واحد" یا "بر حسب درصد" (perunit-percent) است، انجام می شود . در مورد شبکه های بزرگ این روشها نعمتی است که بدون آن کارها به سختی انجام می شد ولی در مورد کارهایی که مورد نظر ما است یعنی تأسیسات ، اینها بیش از حد مفصل و دست و پاگیر است . بنابراین در محاسبات خود از روشهای ساده استفاده خواهیم کرد .
محاسبات اتصال کوتاه برخلاف تصور برخی اصلا" مشکل نیست و فقط احتیاج به دقت دارد که به دلیل کارکردن با اعداد کوچک و ناآشنا ممکن است سبب بروز اشتباه شود که آن هم با تمرین و تجربه، رفع خواهد شد.
همچنین برای آن دسته از خوانندگان که به طور کلی با پدیده اتصال کوتاه آشنایی ندارند، مختصری از مبانی ذکر خواهد شد .

6P4-۲-۱- هدف

در تأسیسات فشار ضعیف ، شدت جریانهای اتصال کوتاه با دو هدف محاسبه می شود .(بند 6P4-۲-۱ را هم ببینید.)

(۱) Ik max - حداکثر جریان اتصال کوتاه تجهیزات الکتریکی باید برای بدترین شرایط که مصادف است با عبور شدیدترین جریان از مدار کنترل شود تا توانایی مقاومت آنها در برابر این جریانها بررسی شود. کلیدها، کابلها، شینه ها، فیوزها و در اصل همه تجهیزات باید از این نظر کنترل شوند .

(۲) Ik min - حداقل جریان اتصال کوتاه وسایل حفاظتی باید برای اطمینان از اینکه در بدترین شرایط که در این حالت مصادف است با عبور ضعیفترین جریان اتصال کوتاه بین یک فاز و هادی حفاظتی/خنثا (PEN) یا حفاظتی (PE) یا بدنه هادی به موقع عمل خواهند کرد کنترل شوند . بسته به نوع مدار ، وسایل حفاظتی باید مدار را حداکثر ظرف ٤،۰ ثانیه یا ٥ ثانیه قطع کنند.

نظر به اینکه در اینجا هدف بررسی شرایط تأمین ایمنی در برابر برقگرفتگی است ، درباره Ik max بحثی نخواهد شد ، و به طور خلاصه وقت خود را صرف بررسی این خواهیم کرد که آیا Ikmin یعنی ضعیفترین جریانی که ممکن است از مدار عبور کند ، خواهد توانست وسیله حفاظتی را در زمانهای موردنظر قطع کند یا نه .
در همه سیستمهای TN بدنه های هادی لوازم الکتریکی از طریق هادیهای حفاظتی (PE)، و یا حفاظتی/خنثا (PEN) به نقطه خنثای منبع نیرو (N یا O) وصل است . اگر به هر دلیل یکی از فازها با بدنه هادی یا هادی حفاظتی یا هادی

حفاظتی/ختا اتصال کوتاه شود، جریانی که به آن جریان اتصال کوتاه (Ia) می گویند در مدار جاری می شود . Ia باید بزرگتر از Ip یا kIn باشد تا مدار در ظرف زمان مجاز (۰٫٤ ثانیه یا ٥ثانیه) قطع کند . در بند 6P4-۱-۱ و شکل 6P4-۱ راجع به این مطالب صحبت شده است . اینک اجزای شبکه شکل 6P4-۱ را به ترتیب زیر مشخص می کنیم :

- RT و XT - مقاومت و راکتانس ترانسفورماتور به اهم ؛

- RL1 و XL1 - مقاومت و راکتانس هادی فاز خط A-B به اهم ؛
- RPEN1 و XPEN1 - مقاومت و راکتانس هادی حفاظتی /ختای خط A-B به اهم ؛

- RL2 و XL2 - مقاومت و راکتانس هادی فاز خط B-C به اهم ؛
- RPEN2 و XPEN2 - مقاومت و راکتانس هادی حفاظتی /ختای خط B-C به اهم ؛

- RL3 و XL3 مقاومت و راکتانس هادی فاز خط C-D به اهم ؛
- RPEN3 و XPEN3 مقاومت و راکتانس هادی حفاظتی /ختای خط C-D به اهم .

و مقاومت Rs و Xs کل عبارت است از :

$$Rs = \Sigma R = RT + RL1 + RL2 + RL3 + RPEN1 + RPEN2 + RPEN3$$
$$Xs = \Sigma X = XT + XL1 + XL2 + XL3 + XPEN1 + XPEN2 + XPEN3$$

و امپدانس کل برابر خواهد با :

$$Zs = \sqrt{R^2 s + X^2 s}$$

و شدت جریان اتصال کوتاه خواهد بود :

$$Ia = \frac{cU0}{Zs}$$

که باید در رابطه زیر صدق کند :

$$Ia \geq K.In$$

6P4-۲-۲- امپدانس اجزای شبکه

6P4-۲-۲-۱- مبانی اولیه - "بدترین شرایط" برای محاسبه اتصال کوتاه

در اصل همه محاسبات فنی برای "بدترین شرایط" انجام می شوند . اگر نتیجه برای "بدترین شرایط" قابل قبول باشد، مسلماً" برای شرایط بهتر نیز قابل قبول خواهد بود .

تا جایی که به محاسبات اتصال کوتاه مربوط می شود ، "بدترین شرایط" برای دو حالت حداکثر و حداقل جریان اتصال کوتاه(6P4-۲-۲) ، تفاوت دارند . در حالی که بنا نیست در اینجا راجع به جریان حداکثر اتصال کوتاه صحبت شود ، از نظر مقایسه با شرایط محاسبه حداقل اتصال کوتاه ، درباره هر دوی آنها صحبت خواهد شد .

ترانسفورماتورها در محاسبه حداکثر جریان اتصال کوتاه

فرض بر این است که ترانسفورماتور در حداکثر ولتاژ است یعنی هم فشار قوی و هم فشار ضعیف در بالاترین مقدار می باشند . این وضعیتی است که در کم باری شبکه اتفاق می افتد که مصادف است با ساعتهای اول بعد از نیمه شب. به این علت ولتاژها را در این محاسبه ۱۰٪ بیشتر انتخاب می کنند . (c=1.1)

– در محاسبه حداقل جریان اتصال کوتاه

فرض بر این است که برعکس حالت بالا ، اتصال کوتاه در هنگامی اتفاق می افتد که حداکثر رگولاسیون ترانسفورماتور برقرار است و در نتیجه در خروجی فشار ضعیف پایینترین ولتاژ وجود دارد . به این علت ولتاژها را در این مورد ۵٪ کمتر انتخاب می کنند . (c=.95)

خطوط

مقاومت اهمی خطوط توزیع وتغذیه نیرو ، یکی از عوامل مهمی است که بر امپدانس کل مدار اتصال کوتاه تأثیر می گذارد بنابراین دمای هادی (در اثر دمای محیط از یکسو و جریان بار از سوی دیگر) اهمیت فراوان در تعیین مقدار مقاومت دارد بنابراین :

– در محاسبه حداکثر جریان اتصال کوتاه

فرض بر این است که خطوط در ۲۰ درجه سلسیوس قرار دارند و مانند ترانسفورماتور این وضع در زمان کم باری اتفاق می افتد که مصادف است با ساعات اول بعد از نیمه شب .

– در محاسبه حداقل جریان اتصال کوتاه

فرض بر این است که مانند ترانسفورماتور، اتصال کوتاه در پربارترین ساعات اتفاق می افتد . در این حالت دمای هادی را برابر حداکثر دمای مجاز کابل یا هادی انتخاب می کنند (برای عایق PVC اغلب حداکثر مجاز را ۹۰ درجه سلسیوس می گیرند.)

لحظه وقوع

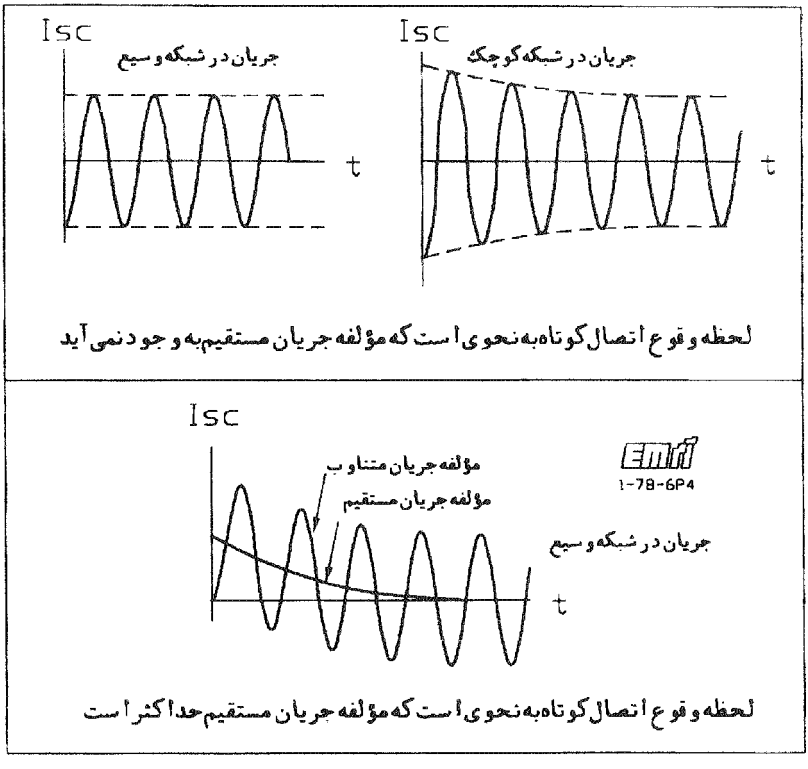
لحظه وقوع اتصال کوتاه یکی از مهمترین عوامل در بروز پدیده اتصال کوتاه است که درباره آن کمتر صحبت می شود لذا به نظر می رسد به جا باشد در این مورد بحث کوتاهی انجام شود .

در لحظه وقوع اتصال کوتاه دو اتفاق بسیار مهم در شبکه اتفاق می افتد :

(۱) امپدانس شبکه ناگهان از امپدانس بار تبدیل به امپدانس خطوط تغذیه در مسیر وقوع اتصال کوتاه می شود که بسیار کمتر از امپدانس بار است و به این علت شدت جریان در شبکه ناگهان زیاد می شود .

اما اضافه بر این اتفاق مهم دیگری هم می افتد که به آن توجه لازم نمی شود:

(۲) ضریب توان شبکه که قبل از وقوع اتصال کوتاه قاعدتاً باید بین ۰،۸ تا ۰،۹ باشد، ناگهان تغییر می کند و با توجه به مشخصه های خطوط، حدود ۰،۲ تا ۰،۳ تغیر می کند و در این میان، لحظه وقوع اتصال کوتاه بسیار مهم است که با کدام یک از لحظات موج ولتاژ مطابقت می کند . با توجه به اینکه ضریب توان شبکه به مقداری



شکل 6P4-۷ اوسیلوگرامهای حالتهای مختلف جریان بسته به لحظه وقوع اتصال کوتاه و نوع شبکه

قابل ملاحظه تغییر می کند، موج جریان نمی تواند دفعتاً" با وضعیت جدید خود تطبیق کند لذا تا حدی رشد می کند که زاویه آن با وضعیت جدید تطبیق کند. مؤلفه "جریان مستقیم" که در پدیده اتصال کوتاه بسیار مورد توجه است از اینجا ناشی می شود . گفته شد که لحظه وقوع اتصال کوتاه مهم است و لحظه ای است که ممکن است به نحوی باشد که یا اصلاً" مؤلفه جریان مستقیم تولید نشود یا مقدار این مؤلفه در حداکثر ممکن باشد . بنابراین :

– در محاسبه حداکثر جریان اتصال کوتاه

فرض می کنند لحظه وقوع اتصال کوتاه با حداکثر مؤلفه جریان مستقیم مطابقت دارد.

– در محاسبه حداقل جریان اتصال کوتاه

فرض می کنند لحظه وقوع اتصال کوتاه با حداقل مؤلفه جریان مستقیم مطابقت دارد .

یعنی اصلاً" مؤلفه جریان مستقیم وجود ندارد.

در شکل 6P4-۷ موج جریان اتصال کوتاه برای موقعیتهای مختلف نشان داده شده است .

اینک نحوه انتخاب و محاسبه امپدانس اجزای تشکیل دهنده شبکه را مرور خواهیم کرد.

6P4-۲-۲-۲- منابع تغذیه

برای فشار ضعیف دو نوع منبع عمومیت دارند: ترانسفورماتورها و ژنراتورها . محاسبه امپدانس برای ترانسفورماتورها حاوی مسایلی است که در مورد ژنراتورها وجود ندارد. لذا بحث را با ترانسفورماتورها دنبال خواهیم کرد.

(۱) مشخصه های اصلی ترانسفورماتور – از بین مشخصه های اصلی ترانسفورماتور چهار مشخصه از نظر بحث ما مهم هستند:

- ولتاژهای فشار قوی و فشار ضعیف $U_{(HT)}$ / $U_{(LT)}$ مانند (۰،۴۰۰/۰،۲۳۰) /۲۰ کیلوولت
- توان نامی ترانسفورماتور $P_{(kVA)}$ مانند ۶۳۰ کیلوولت آمپر؛
- ولتاژ امپدانس $uk\%$ یا $zk\%$ مانند ۶٪؛
- ولتاژ مقاومت $Ur\%$ یا $Zr\%$ مانند ۱،۴۸٪.

اینها فقط مشخصه هایی هستند که در بحث ما وارد خواهند شد . فرض براین است که خواننده با خواص و مشخصه – های ترانسفورماتورها آشنایی کلی دارد بنابراین در این باره بحث نخواهد شد.

ولتاژ امپدانس $uk\%$ یا $zk\%$ ، مشخص کننده امپدانس داخلی ترانسفورماتور است. درباره ولتاژ امپدانس در زیر بیشتر توضیح داده خواهد شد ولی قبل از آن یادآور می شود که ولتاژ امپدانس($uk\%$) همراه با ولتاژ مقاومت ($Ur\%$) از مهمترین مشخصه های ترانسفورماتور و جزو مقادیر استاندارد هر ترانسفورماتور است . برای ترانسفورماتورهای توزیع

(۰،۲۳۰ /۰،٤۰۰)/۲۰ کیلوولت ، بسته به توان اسمی آنها ، دو مقدار برای Uk% در نظر گرفته می شود : ٤٪ و ٦٪ به نحوی که :

(۳) برای ترانسفورماتورهای ۵۰ تا ٦۳۰ کیلوولت آمپر : Uk = ٤٪

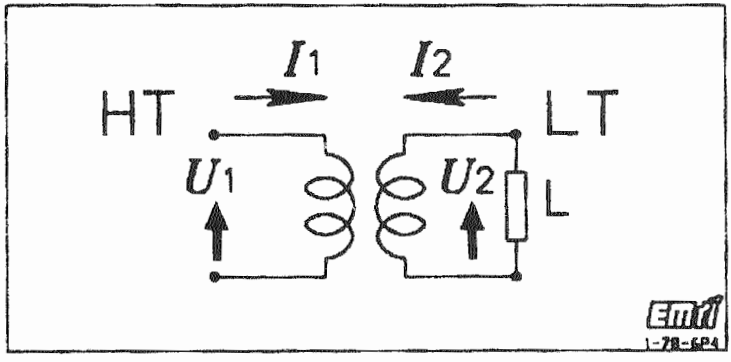
(٤) برای ترانسفورماتورهای ۲۵۰ تا ۱٦۰۰ کیلوولت آمپر : Uk = ٦٪

ملاحظه می شود که ترانسفورماتورهای ۲۵۰ تا ٦۳۰ کیلوولت آمپر با هر دو مقدار امپدانس ٤٪ و ٦٪ تولید می شوند.

(۵) شرایط کار عادی ترانسفورماتور

یادآوری – بحث زیر بر مبنای تک فاز انجام می شود که به سادگی قابل تعمیم به سه فاز است .

در هنگام کار عادی ترانسفورماتور ، بین ولتاژها و جریانهای دو طرف آن با صرفنظر کردن از تلفات، روابط زیر برقرار است (شکل 6P4-۸) را ببینید :



شکل 6P4 – ۸ حالتی که ترانسفورماتور بار اسمی را تغذیه می کند.

$$P = U_1 I_1 = U_2 I_2 \qquad (۱)$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} = n \qquad (۲)$$

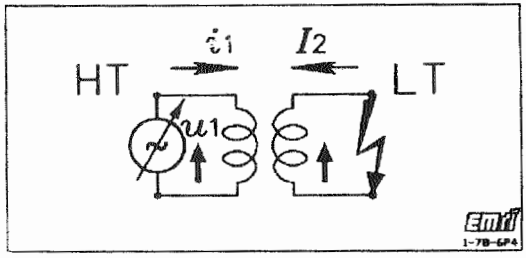
فرض بر این است که بار L به نحوی انتخاب شده است که همه مقادیر در روابط بالا مقادیر اسمی می باشند.

(۳) شرایط کار ترانسفورماتور در حالت اتصال کوتاه – اگر ثانویه ترانسفورماتور مورد بحث به جای بار L ، اتصال کوتاه شود و در طرف اولیه هم با استفاده از یک منبع متغیر ، ولتاژ از صفر به تدریج بالاتر برده شود، در مقدارمعینی از ولتاژ اولیه، شدت جریان در ثانویه به مقدار اسمی آن I2 می رسد.

طبق تعریف ولتاژ امپدانس ترانسفورماتور برابر خواهد با :

$$uk(\%) = \frac{u_1}{U_1}.100 \qquad (۳)$$

شکل 6P4-۹ را ببینید.



شکل 6P4-۹ بارگذاری ترانسفورماتور در حالی که سیم پیچ ثانویه اتصال کوتاه است .

با در نظر گرفتن رابطه (۳) بخوبی دیده می شود که برای یک ترانسفورماتور با ولتاژ ۲۰/۱۱،۵ کیلوولت و با ولتاژ امپدانس uk = ٪٤ ، اگر ولتاژ اولیه به جای ۱۱،۵ کیلوولت فقط ۸۰۰ ولت باشد جریان در ثانویه به مقدار نامی خود I2 خواهد رسید . و اگرولتاژ امپدانس uk = ٪٦ باشد، I2 به ازای ۱۲۰۰ ولت در اولیه، به مقدار اسمی می رسد . به عبارت دیگر هر چه عدد درصد ولتاژ امپدانس بزرگتر باشد، ترانسفورماتور از نظر اولیه، امپدانس بزرگتری دیده خواهد شد .

امپدانس ترانسفورماتور یا امپدانس باری را که اولیه می بیند بر حسب اهم به ترتیب زیر محاسبه می شود:

یادآوری – در روابط زیر Z1 امپدانس ترانسفورماتور از نظر مدار اولیه ترانسفورماتور و Z2 امپدانس ترانسفورماتور از نظر مدار ثانویه ترانسفورماتور است . نظر به اینکه رابطه (2) برای همه مقادیر صادق است و با توجه به تعریف Z1 می توان نوشت :

$$Z_1 = \frac{u_1}{i_1} \qquad (٤)$$

$$n = \frac{I_2}{i_1} \qquad (٥)$$

با انجام جایگزینی و حذف در روابط (۱) و (۲) و (۳) و (٤) و (٥) ، خواهیم داشت :

$$Z_1 = \frac{uk(\%).U_1^2.10}{P}(\Omega) \qquad (٦)$$

با جایگزینیهای لازم در رابطه (٦)،

$$Z_2 = \frac{uk(\%).U_2^2.10}{P}(\Omega) \qquad (٧)$$

در این رابطه :

$\mathbf{Z}$ = امپدانس ترانسفورماتور بر حسب اهم ؛

$\mathbf{uk}$ = ولتاژ امپدانس به (٪) ؛

$\mathbf{U_2}$ = ولتاژ فشار ضعیف (فاز به فاز) بر حسب کیلوولت ؛

$\mathbf{P}$ = توان اسمی ترانسفورماتور بر حسب کیلوولت آمپر .

با توجه به اینکه محاسبات انجام شده در اینجا منحصراً در فشار ضعیف خواهد بود، رابطه (٧) رابطه اصلی و کاری خواهد بود .

یادآوری - معمولاً برای سادگی اندیکس ٢ نیز حذف می شود .

برای مثال یک ترانسفورماتور که توان اسمی آن ٦٣٠ کیلوولت آمپر ، ولتاژ امپدانس آن ٦٪ و ولتاژ ثانویه آن هم ٤٠٠ ولت است، مقاومت ظاهری یا امپدانس بر حسب اهم خواهد بود:

$$z = \frac{6 \times 0.4^2 \times 10}{630} = 0.0152...(\Omega)$$

(٣) مقاومت وجود القائی ترانسفورماتور در حالت کلی هر امپدانس متشکل از مقاومت و مقاومت خودالقائی است . برای ترانسفورماتورها همراه با ولتاژ امپدانس ($\mathbf{u_k\%}$) ، ولتاژ مقاومت ($\mathbf{u_r\%}$) هم داده می شود و با داشتن این دو ، مقاومت خودالقائی یا راکتانس ($\mathbf{u_x\%}$) هم قابل محاسبه می شود .

$$u_x(\%) = \sqrt{u^2{}_k(\%) - u^2{}_r(\%)} \qquad (٨)$$

و مقاومتهای اهمی و راکتیو ترانسفورماتور از روابط زیر محاسبه می شوند :

$$r = \frac{ur(\%).U_2^2.10}{P}(\Omega) \qquad (٩)$$

$$X = \frac{u_x(\%).U_2^2.10}{P}(\Omega)$$

معمولاً پس بکارگیری رابطه های(۸) برای محاسبه $u_x(\%)$ و (۹) برای محاسبه r اهم را از رابطه ساده زیر به دست می آورند:

$$X = r\frac{u_x(\%)}{u_r(\%)}(\Omega)$$

یادآوری – هنگام انجام محاسبات $u_r(\%)$ و $u_k(\%)$ از روی لوحه مشخصات ترانسفورماتور یا از روی مدارک سازنده ترانسفورماتور یا از جدول X در انتهای این پیوست استفاده کرد.

(۵) ژنراتورها بحث درباره ژنراتورها در بسیاری از موارد مشابه ترانسفورماتورها است، . با این تفاوت که در مورد موتور - ژنراتورهای دیزلی مقدار $u_k(\%)$ بزرگتر و در حدود ۱۲٪ است .

6P4-۲-۲-۳- خطوط فشار ضعیف

مشخصات مربوط به خطوط ، اعم ازهوایی یا کابلی مخصوصاً در مورد کابلها باید باتوجه به ساختار آنها از کاتالوگهای سازندگان استخراج شوند.

مقاومت خطوط بستگی به جنس هادی و حداکثر دمای مجاز از یک سو و حداقل دما(برای حداکثر جریان اتصال کوتاه) دارد . لازم است دقت شود که برای محاسبه حداقل جریان اتصالی فاز بدنه یا هادی حفاظتی ، مقاومت باید برای حداکثردمای مجاز انتخاب شود نه مقداری که معمولاً کاتالوگها برای ۲۰ درجه سلسیوس ارائه می دهند.

رآکتانس کابلها بستگی به ابعاد و ساختار خطوط دارد به نحوی که رآکتانس بستگی به فواصل خطوط نسبت به هم و در مورد کابلها به وجود زره یا پرده فلزی دارد . بنابراین رآکتانس خطوط هوائی خیلی بیشتر از کابلها است و انواع کابلهای دارای زره یا پرده ، نسبت به انواعی که غلاف فلزی ندارند رآکتانس بیشتری دارند.

اگر به داده های دقیقتر دسترسی نباشد، می توان از مقاومتها و رآکتانسهای خطوط هوایی و کابلی (فقط برای کابلهای با عایق و غلاف PVC) که در انتهای این پیوست ذکر شده اند استفاده نمود.

یادآوری – در کابلهای با مقاطع کوچک (۳۵ میلیمتر مربع و کمتر) ، مقاومت خیلی بیشتر از رآکتانس است. بنابراین می توان از مقاومت خودالقائی صرفنظر کرده و محاسبه را فقط بر مبنای مقاومت انجام داد.

6P4-۲-۳- ضریب K

درباره نقش ضریب k هم در 6P4-۱-۳ و هم در 6P4-۲-۱ صحبت شده است و در اینجا فقط از نظر حفظ ترتیب عملیات ، ذکر می شود . در هرحال ضریب K را برای هر مورد و برای هر وسیله حفاظتی باید طبق جدول 6P4-۲ انتخاب نمود.

یادآوری -- برای سهولت در استفاده ، جدول 6P4-۲ یک بار دیگر در انتهای این پیوست ارائه شده است .

6P4-۲-۴- جمع آوری اطلاعات برای انجام محاسبات حداقل جریان اتصالی

برای محاسبه حداقل اتصال کوتاه بین فاز و بدنه یا هادی حفاظتی ، جمع آوری اطلاعات زیر لازم است :

یادآوری - علاوه بر اجزای ذکر شده ، سیستم فشار قوی نیز بر جریان اتصال کوتاه در فشار ضعیف تأثیر دارد اما به علت اثر ناچیز آن ، نادیده گرفته می شود.

(۱) منابع تغذیه - برای منابع تغذیه (در بیشتر موارد ترانسفورماتورها) دانستن این مقادیر لازم است :

U0 = ولتاژ اسمی بین فاز و خنثا (ولت)

P = توان اسمی (کیلوولت آمپر)

$U_k\%$ = ولتاژ امپدانس (افت ولتاژ اتصال کوتاه) (درصد)

$U_r\%$ = ولتاژ مقاومت (افت ولتاژ اتصال کوتاه) (درصد)

(۲) خطوط فشار ضعیف - برای خطوط توزیع و نهایی ، دانستن مطالب و مقادیر زیر لازم است :

خطوط هوایی جنس هادی (مس - آلومینیم)

طول هر قسمت از خط که در حلقه اتصالی سهیم است (متر)

فواصل هادیها نسبت به هم (متر)

سطح مقطع فاز (میلیمتر مربع)

سطح مقطع هادی حفاظتی/خنثا یا حفاظتی (میلیمتر مربع)

یادآوری - فواصل هادیها و نحوه استقرار آنها، امپدانس خط را تعیین می کنند . برای خطوط هوایی معمول در ایران می توان از مقادیر ذکر شده در انتهای پیوست استفاده کرد .

خطوط کابلی جنس هادی (مس - آلومینیم) و ساختار کابل و مشخصات آن

طول هر قسمت از خط که در حلقه اتصالی سهیم است (متر)

سطح مقطع فاز (میلیمتر مربع)

سطح مقطع هادی حفاظتی/ خنثا یا حفاظتی (میلیمتر مربع)

یادآوری - برای کابلهای با عایقبندی و غلاف PVC معمول در ایران می توان از مقادیر ذکر شده در انتهای پیوست استفاده کرد.

از روی اطلاعات بدست آمده می توان مقادیر زیر را محاسبه و از آنها استفاده نمود :

R_L حداکثر مقاومت اهمی هادیهای فاز

X_L مقاومت خودالقائی یا رآکتانس هادیهای فاز

R_P حداکثر مقاومت اهمی هادیهای PEN یا PE

X_P مقاومت خودالقائی یا رآکتانس هادیهای PEN یا PE

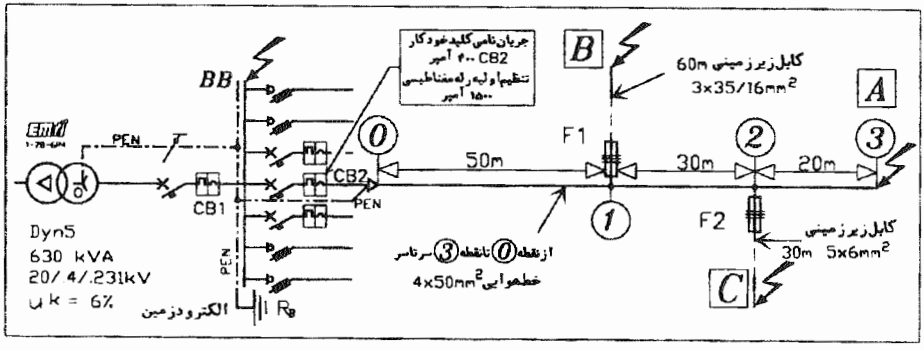
(۳) وسایل حفاظتی – برای کنترل وسایل حفاظتی ضریب K را باید از جدول 6P4-۲ استخراج نمود .

6P4-۳- مثال عددی برای محاسبه حداقل جریان اتصال کوتاه و کنترل کارآیی لوازم حفاظتی

6P4-۳-۰- کلیات

مثال عددی زیر به منظور تمرین برای نحوه کار با روشها و اعداد و ارقامی که تا اینجا مورد بحث بوده اند ، ارائه می شود . انتظار دارد با مطالعه آن و تعقیب عملیات،سادگی انجام محاسبات حداقل اتصال کوتاه ثابت گردد و انجام این نوع عملیات در کارهای مهندسی همه گیر شود.

شکل 6P4-۱۰ نمودار تک خطی یک مدار خروجی از یک پست ترانسفورماتور را نشان می دهد . این پست و مدارهای آن ممکن است مربوط به سیستم توزیع شهری یا یک کارخانه یا یک ساختمان و محوطه آن باشد . در این دیاگرام هیچ یک از اجزای سیستم و شبکه که در بحث ما وارد نمی شوند (شینه ها، تابلوها، تیرها ، مصرف کننده ها و غیره) نشان داده نشده اند.



شکل 6P4-۱۰ نمودار تک خطی یک خط خروجی از پست و مشخصات آن (مربوط به مثال عددی)

شکل 6P4 –۱۱ نمودار کامل مدار شکل قبلی به منظور نمایش مسیر جریان اتصال کوتاه است و شکل 6P4-۱۲ مدار خلاصه ای را که برای انجام محاسبات در نقطه c مناسب است ، نشان می دهد.

6P4-۳-۱- محاسبه مقاومت و راکتانس ترانسفورماتور

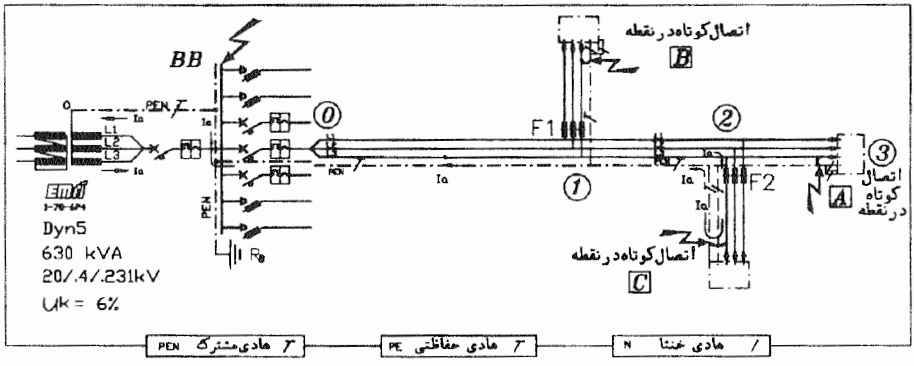
از روی شکلهای 6P4 -۱۰ و 6P4-۱۱ ،

U0 = ۲۳۱ ولت

P = ۶۳۰ کیلوولت آمپر

$U_k\% = ٪۶$

$U_r\% = ٪۱٫۴۸$ (از جداول ضمیمه گرفته شده است)



شکل 6P4-۱۱ نمودار کامل مدار شکل 6P4-۱۰ برای نمایش مسیر جریان در حالت اتصالی در نقطه C

$$u_x = \sqrt{6^2 - 1.48^2} = 5.81\%$$

$$R_T = \frac{1.48 \times 0.4^2 \times 10}{630} = 0.003758\Omega$$

$$X_T = \frac{5.81}{1.48} \times 0.00376 = 0.0148\Omega$$

$$R_T = 0.00376\Omega \qquad X_T = 0.0148\Omega$$

6P4–۳–۲– محاسبه مقاومت و راکتانس خط برای اتصالی در نقطه A

طول خط O-A $L = ۵۰ + ۳۰ + ۲۰ = ۱۰۰\ m$

از جدولهای انتهای این پیوست برای خط هوایی ۵۰ میلیمتر مربع

$$R_{50} = 0.45\Omega / km \qquad X_{50} = 0.319\Omega / km$$

$$R_{(O-A)} = \frac{100 \times 0.45}{1000} = 0.045\Omega \qquad X_{(O-1)} = \frac{100 \times 0.319}{1000} = 0.0319\Omega$$

$$\sum R = R_T + R_L + R_{PEN} = 0.00376 + 0.045 + 0.045 = 0.09376\Omega$$
$$\sum X = X_T + X_L + X_{PEN} = 0.0148 + 0.0319 + 0.0319 = 0.0786\Omega$$
$$Z = \sqrt{0.09376^2 + 0.0786^2} = 0.121\Omega$$

حداقل شدت جریان اتصالی بین هادیهای فاز و PEN با انتخاب $c = 0.95$ (بند 6P4–۲–۲–۱) برابر می شود با :

$$Ia = c \times \frac{U_0}{Z} = 0.95 \times \frac{230}{0.121} = 1805A$$

تنظیم اولیه رله مغناطیسی کلید خودکار CB2 طبق داده های مسئله ۱۵۰۰ آمپر است و طبق جدول 6P4-۲ ضریب k برای کلید خودکار 1.25 است بنابراین $k.In = 1.25 \cdot 1500 = 1875A$ و بنابراین شرط $Ia \geq K.In$ برقرار نمی باشد . برای رفع اشکال یکی از کارهایی را که می شود انجام داد تغییر تنظیم کلید از ۱۵۰۰ آمپر مثلا به ۱۴۰۰ آمپر است . در این صورت $k.In = 1.25 \cdot 1400 = 1750A$ خواهد بود و شرط $Ia \geq K.In$ برقرار خواهد شد : $Ia\ (1805\ A) > K.In\ (1750\ A)$

6P4–۳–۳– محاسبه مقاومت و راکتانس خط برای اتصالی در نقطه B

طول خط 1–O $L = ۵۰\ m$

$$R_{50} = 0.45\Omega / km \qquad X_{50} = 0.319\Omega / km$$

$$R_{(O-1)} = \frac{50 \times 0.45}{1000} = 0.0225\Omega \qquad X_{(O-1)} = \frac{50 \times 0.319}{1000} = 0.001595\Omega$$

طول خط 1-B L=٦٠m

از جدولهای انتهای این پیوست برای خط کابلی ۳×۳۵/۱٦ میلیمتر مربع

برای هادی فاز (۳۵ میلیمتر مربع)

$$R_{35} = 0.627\Omega / km \qquad X_{35} = 0.082\Omega / km$$

$$R_{(1-B)} = \frac{60 \times 0.627}{1000} = 0.0376\Omega \qquad X_{(1-B)} = \frac{60 \times 0.082}{1000} = 0.0049\Omega$$

برای هادی PEN (۱٦ میلیمتر مربع)

$$R_{16} = 1.36\Omega / km \qquad X_{16} = 0.090\Omega / km$$

$$R_{(1-B)} = \frac{60 \times 1.36}{1000} = 0.0816\Omega \qquad X_{(1-B)} = \frac{60 \times 0.09}{1000} = 0.0054\Omega$$

و کل مقاومت و امپدانس حلقه اتصال کوتاه

$$\sum R = R_T + R_{L1} + R_{PEN1} + R_{L2} + R_{PEN2} =$$
$$0.00376 + 0.0225 + 0.0225 + 0.0376 + 0.0816 = 0.168\Omega$$

$$\sum X = X_T + X_{L1} + X_{PEN1} + X_{L2} + X_{PEN2} =$$
$$0.0148 + 0.01595 + 0.01595 + 0.00492 + 0.0054 = 0.057\Omega$$

$$Z = \sqrt{0.168^2 + 0.057^2} = 0.177\Omega$$

حداقل شدت جریان اتصالی بین هادیهای فاز و PEN با انتخاب c=0.95 برابر می شود با :

$$Ia = c \times \frac{U_0}{Z} = 0.95 \times \frac{230}{0177} = 1234A$$

طبق جدول ۲-6P4 ضریب k برای فیوزهای دیر و زودذوب در شبکه توزیع 2.5 است بنابراین k.In=2.5 . 100 =250 A و شرط $Ia \geq K.In$ برقرار است : Ia(1234 A) > K.In(250A)

6P4-۳-۴- محاسبه مقاومت و راکتانس خط برای اتصالی در نقطه C

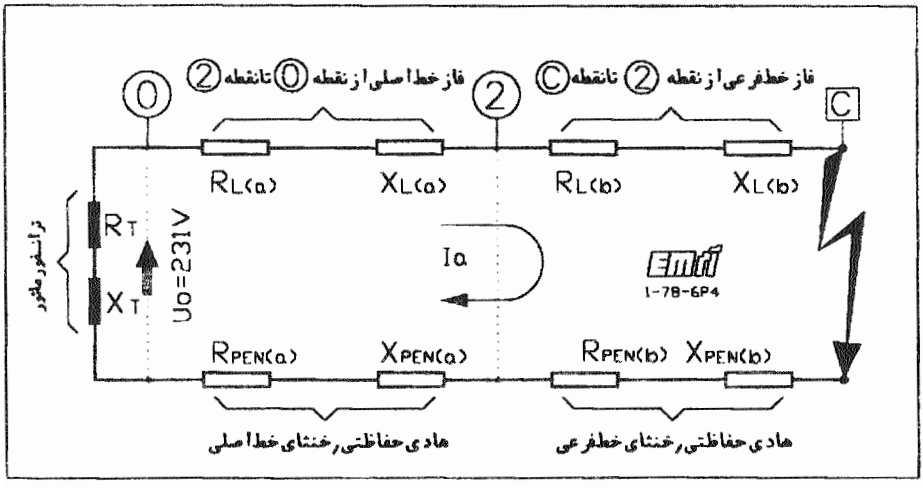
یادآوری - برای این حالت ، زنجیره امپدانسهای اتصال کوتاه در شکل 6P4-۱۲ زیر داده شده است .

طول خط O-2 $L = ۵۰+۳۰ m$

از جدولهای انتهای این پیوست برای خط هوایی ۵۰ میلیمتر مربع

$$R_{50} = 0.45\Omega / km \qquad X_{50} = 0.319\Omega / km$$

$$R_{(O-2)} = \frac{80 \times 0.45}{1000} = 0.036\Omega \qquad X_{(O-2)} = \frac{80 \times 0.319}{1000} = 0.0255\Omega$$



شکل 6P4-۱۲ طرحواره زنجیره امپدانسهای اتصال کوتاه

طول خط 2-C $L = ۳۰ m$

از جدولهای انتهای این پیوست برای خط کابلی ۶×۵ میلیمتر مربع (برای هر دو هادی فاز و PEN)

$$R_{6} = 3.62\Omega / km \qquad X_{6} = 0.10\Omega / km$$

$$R_{(2-C)} = \frac{30 \times 3.62}{1000} = 0.1086\Omega \qquad X_{(2-C)} = \frac{30 \times 0.10}{1000} = 0.003\Omega$$

$$\sum R = R_T + R_{L1} + R_{PEN1} + R_{L2} + R_{PEN2} =$$
$$0.00376 + 0.036 + 0.036 + 0.1086 + 0.1086 = 0.293\Omega$$

$$\sum X = X_T + X_{L1} + X_{PEN1} + X_{L2} + X_{PEN2} =$$
$$0.0148 + 0.0255 + 0.0255 + 0.003 + 0.003 = 0.072\Omega$$

$$Z = \sqrt{0.293^2 + 0.072^2} = 0.301\Omega$$

حداقل شدت جریان اتصالی بین هادیهای فاز و PEN با انتخاب $c = 0.95$ برابر می شود با :

$$Ia = c \times \frac{U_0}{Z} = 0.95 \times \frac{230}{0.301} = 729A$$

طبق جدول 6P4-۲ ضریب k برای فیوزهای دیرذوب در شبکه توزیع 2.5 است

بنابراین $k.In = 2.5 \times 80 = 200A$ و شرط $Ia \geq K.In$ برقرار است :

Ia(723 A) > K.In(200A)

6P4-۳-۵- محاسبه مقاومت و راکتانس خط برای اتصالی در نقطه BB

محاسبه اتصال کوتاه در نقطه BB در خاتمه عنوان می شود زیرا در این نقطه فقط امپدانس ترانسفورماتور است که شدت جریان را کنترل می کند و محاسبه اتصال کوتاه را بسیار ساده تر از معمول می کند.

U0 = ولتاژ اسمی بین فاز و خنثا kV

P = توان اسمی kVA

$U_k\%$ = ولتاژ امپدانس

$$P_{SC} = \frac{P \times 100}{u_k(\%)} kVA$$

و با توجه به مقادیر مسئله

$$P_{SC} = \frac{630 \times 1000}{6} = 10500kVA$$

$$I_{SC} = \frac{10500}{\sqrt{3} \times 0.4} = 15160A \qquad (A)$$

حال اگر طبق بند **6P4**-۳-۱، امپدانس ترانسفورماتور را حساب کنیم:

$$Z_T = \frac{6 \times 0.4^2 \times 10}{630} = 0.01524\Omega$$

و شدت جریان اتصال کوتاه :

$$I_S = \frac{231}{0.01524} = 15157A \qquad (B)$$

دیده می شود فرقی بین دو محاسبه **(A)** و **(B)** وجود ندارد.

1-78-6P4

جدول 6P4 - ۲ ضریب K برای سیستمها و تجهیزات حفاظتی مختلف

			K
سیستم توزیع	شبکه‌هوائی یا کابلی		۲٫۵
	فیوز اصلی انشعاب		۲٫۵
تاسیسات مصرف‌کننده	فیوز زودذوب		۳٫۵
	فیوز دیرذوب	آمپر ۵۰≤	۳٫۵
		آمپر ۶۳≤	۵
	کلیدمینیاتوری تا ۲۵آمپر نوع LS		۳٫۵
	کلیدمینیاتوری تا ۲۵آمپر نوع HLS		۲٫۵
	کلیدخودکارمجهزبه‌رله‌مغناطیسی		* ۱٫۲۵

* در مورد کلیدهای خودکار ضریب ۱٫۲۵ در شدت جریان تنظیم رله‌مغناطیسی اعمال می‌شود

(این جدول از استاندارد VDE 0100 گرفته شده است)

جدول 6P4 - ۳ مشخصه‌های اصلی چندنوع ترانسفورماتور طبق DIN

ولتاژ امپدانس Uk=6% ولتاژ ثانویه 400V													
DIN 42500	۲٫۱۰	۱٫۸۹	۱٫۷۵	۱٫۶۴	۱٫۴۷	۱٫۴۲	۱٫۳۰	۱٫۲۴	۱٫۱۵	۱٫۱۰	۱٫۰۳	افت ولتاژ اهمی Ur %	
DIN 42503	۲٫۵۰	۲٫۲۷	۲٫۱۵	۲٫۰۰	۱٫۹۴	۱٫۸۰	۱٫۶۴	۱٫۵۶	۱٫۵۰	۱٫۴۳	۱٫۳۳		
نوع همبندی Yzn5							نوع همبندی Dyn5						
توان اسمی ترانسفورماتور kVA	۵۰	۷۵	۱۰۰	۱۲۵	۱۶۰	۲۰۰	۲۵۰	۳۱۵	۴۰۰	۵۰۰	۶۳۰	۸۰۰	۱۰۰۰	۱۲۵۰	۱۶۰۰
							نوع همبندی Dyn5						
DIN 42511	افت ولتاژ اهمی Ur %						۱٫۷۸	۱٫۷۱	۱٫۶۱	۱٫۵۶	۱٫۴۸	۱٫۳۸	۱٫۳۵	۱٫۳۱	۱٫۲۴
ولتاژ امپدانس Uk=6% ولتاژ ثانویه 400V															

1-78-6P4

جدول 6P4 - ۴ بعضی مشخصه‌های اصلی چندنوع کابل باعایق و غلاف PVC و خط هوائی

کابل مسی باعایق PVC															
راکتانس	۳ رشته	۰٫۱۰۸	۰٫۱۰۴	۰٫۱۰۰	۰٫۰۹۴	۰٫۰۸۸	۰٫۰۸۳								
	۳ ½ رشته							۰٫۰۸۵	۰٫۰۸۲	۰٫۰۸۰	۰٫۰۷۹	۰٫۰۷۷	۰٫۰۷۷	۰٫۰۷۷	۰٫۰۷۷
X(Ω/km)	۴ و ۵ رشته	۰٫۱۱۵	۰٫۱۱۰	۰٫۱۰۷	۰٫۱۰۰	۰٫۰۹۴	۰٫۰۹۰	۰٫۰۸۶	۰٫۰۸۳	۰٫۰۸۲	۰٫۰۸۰	۰٫۰۸۰	۰٫۰۸۰	۰٫۰۷۹	۰٫۰۷۹
مقاومت R(Ω/km)		۱۴٫۴۷	۸٫۷۱	۵٫۴۵	۳٫۶۲	۲٫۱۶	۱٫۳۶	۰٫۸۶۳	۰٫۶۲۷	۰٫۴۶۳	۰٫۳۲۱	۰٫۲۳۲	۰٫۱۸۴	۰٫۱۵۰	۰٫۱۲۰۲	۰٫۰۹۲۲	۰٫۰۷۴۵
سطح مقطع اسمی mm2		۱٫۵	۲٫۵	۴	۶	۱۰	۱۶	۲۵	۳۵	۵۰	۷۰	۹۵	۱۲۰	۱۵۰	۱۸۵	۲۴۰	۳۰۰
مقاومت R (Ω/km)		۲٫۲۰	۱٫۳۷۵	۰٫۸۸	۰٫۶۴۳	۰٫۴۵	۰٫۳۲۱	۰٫۲۳۷	۰٫۱۸۷۵								
راکتانس X (Ω/km)		۰٫۳۷۷	۰٫۳۵۴	۰٫۳۴۱	۰٫۳۳۰	۰٫۳۱۹	۰٫۳۰۹	۰٫۲۹۸	۰٫۲۹۱								
سیم مسی هوایی															

1-78-6P4

یادآوری - همه مقاومتهای ذکر شده R(Ω/km) برای حداکثر دمای مجاز می‌باشند

فصل ششم

حفاظت در برابر برقگرفتگی

پیوست ۵ – در سیستم TN مدارهای "۰،۴ ثانیه" و "۵ ثانیه" را به علت خطراتی که از نظر برقگرفتگی به وجود می آورند نباید از یک تابلو تغذیه نمود.

6P5–۰– کلیات

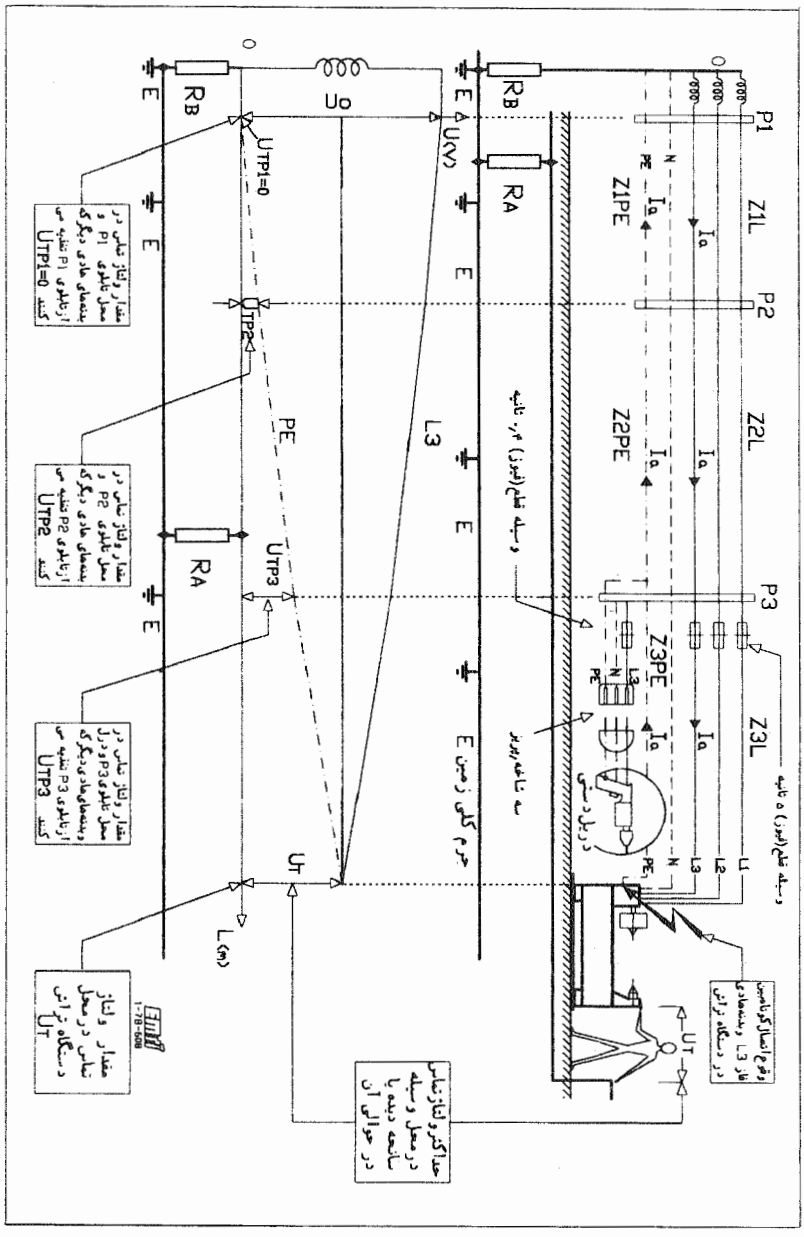
در فصل سوم راجع به اهمیت زمان در برقگرفتگی به تفصیل صحبت شده است . در آنجا عوامل اصلی مؤثر در شدت برق زدگی، که عبارتند از شدت جریان عبوری از بدن ، مدت زمان برقراری جریان، شرایط محیطی و نحوه احتمالی تماس با برق ، نقش زمان و نحوه تماس با برق، مورد توجه قرار داده شده است .

IEC مدارها را به دو گروه تقسیم کرده است که به آنها اصطلاحاً" مدارهای "۰،٤ ثانیه" و "۵ ثانیه" گفته می شود . تغذیه این دو گروه مدار از یک تابلو اشکالاتی را بوجود می آورد که در اینجا مورد بحث قرار خواهد گرفت.

6P5–۱ – مدارهای "۰،۴ ثانیه"

راجع به مفهوم "آستانه رهایی" در فصل سوم صحبت شده است . به طور خلاصه و دقیقتر ، "شدت جریان آستانه رهایی" حداکثر شدت جریانی است که در صورت عبور از بدن یک فرد بوی قادر خواهد بود خود را از تماس با جسمی که بدنه آن برقدارشده است، رها سازد . نقطه تماس برق معمولاً" دست است و جسمی که بدنه آن برقدار شده است، معمولاً" (ولی نه همیشه) یک وسیله کار کوچک، مانند یک مته برقی، است که محکم در دست فشرده می شود . فرض بر این است که اگر شدت جریان از این مقدار بیشتر شود، عضلات دست منقبض یا "قفل" می شوند و دیگر به سادگی در زمانی کوتاه نمی توان مته مثال فوق را انداخته و تماس با برق را قطع کرد. نقطه تماس دوم انسان با برق معمولا زمین است که در شرایط عادی "رهایی" از آن ممکن نیست . برای این نوع موارد یعنی آنهایی که رهایی از ولتاژ با برق به دلیل قفل شدن عضلات ممکن نیست و ولتاژ شبکه تا ۲۳۰ = U0 ولت است ، وسایل حفاظتی خودکار باید برق را حداکثر در ۰،٤ ثانیه قطع کنند .(جدول ٦–۲ و بند ٦۲۱–۳–۳ را ببینید.) علاوه بر تجهیزات و لوازم و دستگاههایی که به طور انفرادی یا گروهی تغذیه شده و مشمول این قاعده می باشند، کلیه مدارهای تغذیه کننده پریزها هم باید در

صورت بروز اتصالی به صورت خودکار در ظرف ۰٫٤ ثانیه جریان برق را قطع کنند چون هر کدام از پریزها ممکن است تغذیه کننده یک مته برقی یا وسیله ای مشابه آن باشند.



شکل 6P5 - ۱ اشکال تغذیه مدارهای ۴٫۰ ثانیه و ۵ ثانیه از یک تابلو

6P5-۲- مدارهای "۵ ثانیه"

با توجه به مطالب بالا، به شرطی که رهایی از تماس با بدنه برخلاف مثال قبلی ممکن باشد، در شرایط مشابه می توان به جای ۰،٤ ثانیه، مدار را ظرف ۵ ثانیه قطع کرد. بدون آنکه آسیبی به فرد برق زده برسد . شرط فوق هنگامی برآورده شده تلقی می گردد که وسیله مورد بحث بزرگ باشد، به نحوی که در دست گرفتن محکم آن یا قسمتی از آن ممکن نباشد . طبق IEC کلیه تجهیزات نصب ثابت دارای این خاصیت می باشند.

6P5-۳- اشکالات تغذیه مدارهای "۰،۴ ثانیه" و "۵ ثانیه" از یک تابلو

در شکل 6P5 -۱ یک وسیل نصب ثابت (دستگاه تراش) و یک مدار پریز که مته دستی از آن تغذیه می کند به تابلوی P3 وصل می باشند . یکی از آنها (دستگاه تراش) باید حداکثر ظرف ۵ ثانیه و دیگری (پریز) حداکثر در ظرف ۰،٤ ثانیه قطع کند.

درست است که بنا به فرض چنانچه اتصالی در مته ای که از پریز تغذیه می کند رخ دهد، در ظرف ۰،٤ ثانیه فیوز مدار را قطع خواهد کرد اما اگر اتصالی در دستگاه نصب ثابت اتفاق افتد وضعیت غیر از این خواهد بود . زیرا بنا به فرض وسیله حفاظتی دستگاه نصب ثابت می تواند تغذیه را تا ۵ ثانیه ادامه دهد و سپس قطع کند . اما با توجه به وجود همبندی بین هادیهای حفاظتی (PE) ، ولتاژ تماس در مته دستی به همان مدت یعنی ۵ ثانیه برقرار خواهد ماند که برای مدارهای پریز، که باید ظرف ۰،٤ ثانیه قطع کند، قابل قبول نیست . دیاگرام نحوه پخش ولتاژ در طول خط را به خوبی نشان می دهد.

6P5-۴- در مورد مدارهای "۰،۴ ثانیه" و "۵ ثانیه" که در یک فضا قرار دارند چه کار باید کرد

در زندگی روزمره انواع دستگاههای "۵ ثانیه" و "۰،٤ ثانیه" در یک محیط نصب می باشند که با توجه به مباحث بالا تغذیه آنها از یک تابلو ممکن نیست . پس چه باید کرد " دو راه حل به نظر می رسد:

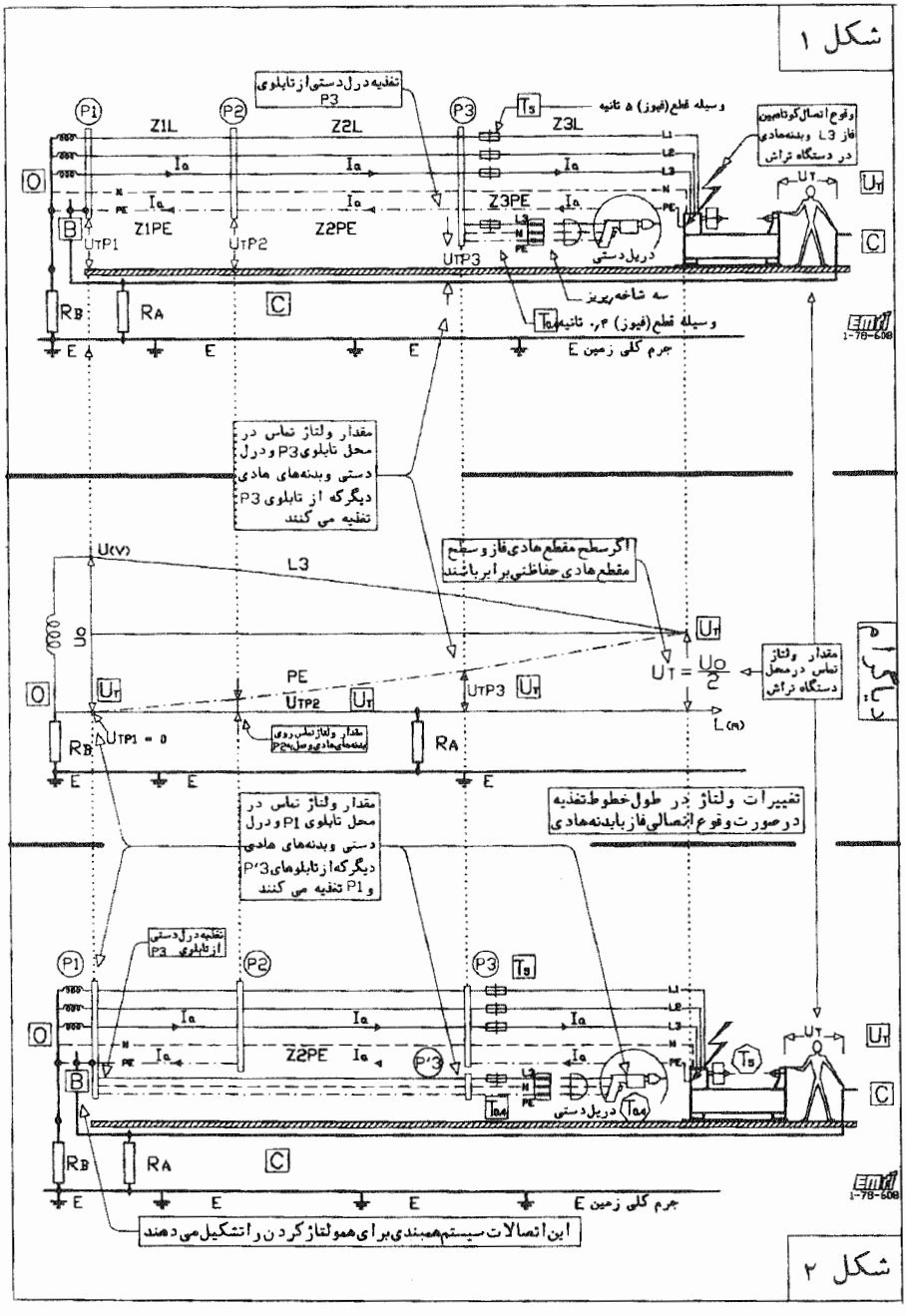
۱ – تنظیم وسایل حفاظتی همه دستگاهها اعم از "۵ ثانیه" و "۰،٤ ثانیه"، به مدت ۰،٤ ثانیه .

انجام این کار همیشه ممکن نخواهد بود، زیرا دستگاههای "۵ ثانیه" ممکن است به طور عادی دچار اضافه بار موقت شوند که به سبب وسایل حفاظتی حساستر (۰،٤ ثانیه) برق آنها بدون دلیل قطع شود .

۲ – ایجاد همبندی اضافی برای هم‌ولتاژ کردن

۳ – تغذیه مدارهای "۰،٤ ثانیه" با استفاده از کابلهای اختصاصی که به تابلوهایی نزدیکتر به منبع وصلند.

شکل 6P5-۲ و شرح مربوط به آن، روش تغذیه مدارهای "۰،٤ ثانیه" را با استفاده از کابل اختصاصی از تابلوی اصلی در مقایسه با سیستم قبلی را (که قابل قبول نیست) نشان می دهد.



شکل 6P5-۲ چرا نباید مدارهای ۰٫۴ ثانیه و ۵ ثانیه را از یک تابلو تغذیه کرد.

شرح شکل 6P5 - ۲

۱- طبق مقررات IEC پس از وقوع اتصال کوتاه بین هادی فاز و بدنه هادی در یک دستگاه، برای پیشگیری از برقگرفتگی باید برق آن دستگاه اگر از نوع دستی باشد حداکثر ظرف ۰٫۴ ثانیه و اگر از نوع نصب ثابت باشد، حداکثر ظرف ۵ ثانیه قطع شود. در حالتی که همبندی موضعی برای هم‌ولتاژکردن در محوطه مورد نظر وجود نداشته باشد، رعایت ایمنی در مورد لوازم دستی اگر از تابلوی مربوط به تجهیزات ثابت تغذیه شوند، بسادگی ممکن نخواهد بود.

۲- در شکل ۱ هم دستگاه ۵ ثانیه‌ای و هم وسیله ۰٫۴ ثانیه‌ای از یک تابلو تغذیه می‌شوند. اگر در دستگاه تراش اتصالی رخ دهد، ولتاژ تماس U_T که طبق دیاگرام در بهترین شرایط برابر نصف U_0 است، روی بدنه دستگاه تراش ظاهر خواهد شد. این ولتاژ مجاز است تا ۵ ثانیه برقرار ماند.
(T_s) ($T_{0.4}$) (U_T)
در این مدت ولتاژ تماس روی بدنه در دل طبق دیاگرام، برابر U_TP3 خواهد بود که قدری از U_T کمتر ولی بطور قطع از مقدار مجاز طولانی‌مدت ولتاژ تماس ($U_L=50V$) خیلی بیشتر می‌باشد که ماندن آن به این مدت روی بدنه یک وسیله دستی مجاز نیست.

برای رفع این اشکال بهترین روش، ایجاد همبندی اضافی برای هم‌ولتاژکردن است. اما اگر انجام این کار به هر دلیل ممکن نباشد، روش زیر ممکن است یک راه‌حل باشد:

۳- اگر بجای تابلوی (P3) مدار دریل و هرگونه وسایل دستی دیگر از تابلوی دیگری نزدیکتر به منبع تغذیه مانند تابلوی اصلی (P1) تغذیه شود ولتاژ بین بدنه دریل و قسمتهای هادی بیگانه، دیگر برابر U_TP3 نبوده بلکه برابر U_TP1 خواهد بود که معادل صفر است. شکل ۲ و دیاگرام را ببینید.

۴- وسیله حفاظتی مدار تغذیه تابلوی (P'3) و مدارهای نهائی مربوطه، در دل هریک در شرایط مربوط به خود باید در ظرف ۰٫۴ ثانیه قطع کنند.

۵- فرض بر این است که در همه موارد گفته شده، همبندی کمکی برای هم‌ولتاژ کردن برقرار نمی‌باشد اما همبندی اصلی وجود دارد. اتصالات هادی PEN، الکترود زمین، نقطه خنثای ترانسفورماتور و قسمت‌های هادی بیگانه در شکل ۲ و شکل ۲ را ببینید.
B
C
N
R_B

EMT 1-79-GDB

U_T حداکثر ولتاژ تماس — C قسمت‌های هادی بیگانه — (T_s) ($T_{0.4}$) زمان مجاز برقرار ماندن اتصال کوتاه

O نقطه خنثای منبع نیرو — (T_s) وسیله قطع ۵ ثانیه — B سیستم همبندی برای هم‌ولتاژکردن — ($T_{0.4}$) وسیله قطع ۰٫۴ ثانیه

فصل ششم

حفاظت در برابر برقگرفتگی

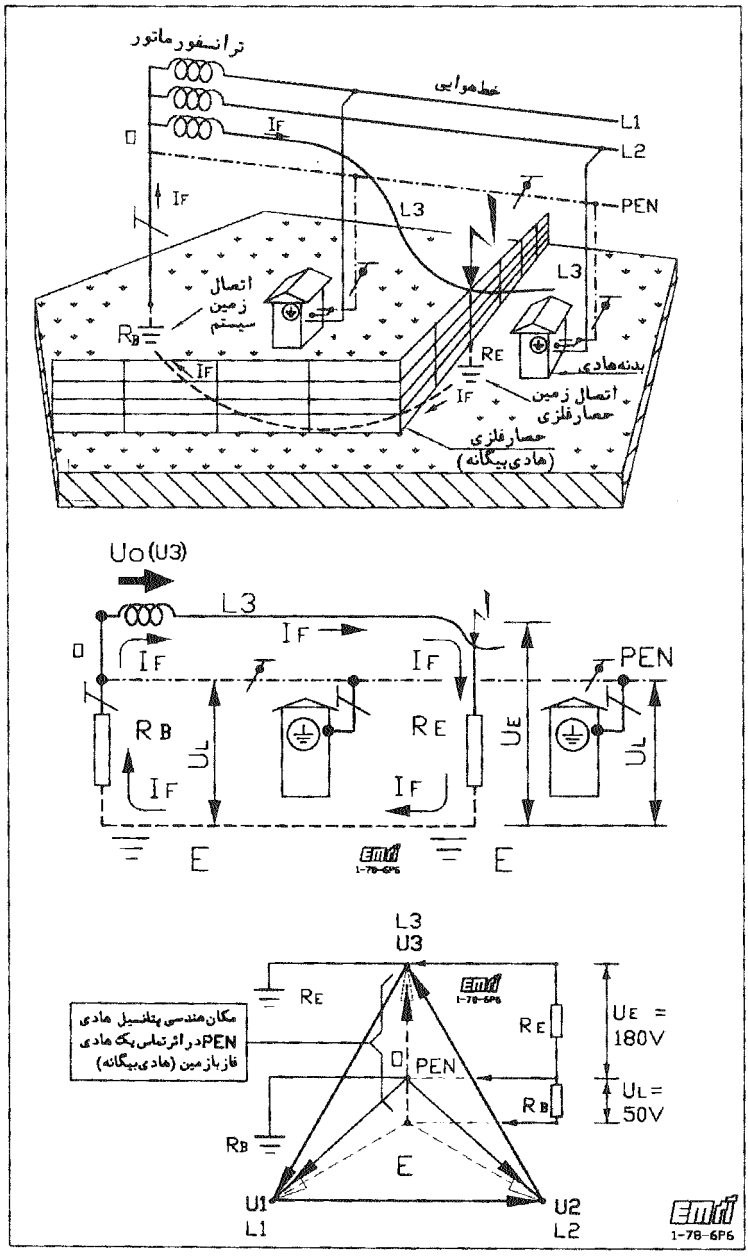
پیوست ۶ – ولتاژ هادی حفاظتی نسبت به جرم کلی زمین در صورت بروز اتصال کوتاه بین یک فاز و یک هادی بیگانه که در همبندی شرکت ندارد در سیستم TN

6P6–۰– کلیات

در بند ۶۲۱–۳–۵ ، به اتفاقاتی که در اثر برخورد یک فاز با زمین پیش می آید اشاره شده است . در این پیوست مسئله بیشتر تشریح می شود .

شکل 6P6-۱ ، طرحواره وضعیتی را نشان می دهد که در صورت برخورد اتفاقی یک فاز با یک هادی بیگانه مانند یک نرده فلزی که در همبندی اصلی یک ساختمان شرکت ندارد و بنابراین جریان اتصالی در اثر این برخورد به عوض عبور از هادی همبندی ، از مقاومتهای زمین نرده (R_F) و منبع نیرو (R_B) عبور خواهد کرد ، چه اثری بر ولتاژ بدنه های هادی تجهیزات الکتریکی باقی خواهد گذاشت .

شرح شکل ، اطلاعات لازم راجع به وضعیتی که در اثر برخورد مورد بحث پیش می آید ، ارائه می دهد. با مطالعه مثال عددی دیده خواهد شد که هر چه مقاومت اتفاقی R_E کوچکتر باشد به همان نسبت مقاومت کل سیستم نیز باید کوچکتر شود به طوری که برابر $U0 = ۲۳۰$ ولت و $R_L = ۵۰$ ولت ، نسبت R_B/R_E باید برای ۰،۲۷۷ یا کمتر باشد.



شکل 6P6-1 وضعیتی که در اثر اتصال کوتاه بین یک فاز و یک هادی بیگانه که در همبندی شرکت ندارد (خارج از حوزه نفوذ همبندی قرار دارد) ایجاد می شود .

شرح شکل 6P6-1

۱- تماس اتفاقی یک فاز با زمین سبب می‌شود جریان اتصال کوتاه I_F در مدار فاز آسیب دیده (L3)، اتصال زمین محل آسیب دیدگی یا "هادی بیگانه" (R_E) و اتصال زمین منبع تغذیه (R_B) برقرار شود (طرحواره پرسپکتیو و دیاگرام مدار معادل دیده شود).

۲- شدت جریان I_F معمولاً کوچک و برای ذوب فیوز یا قطع کلید خودکار محافظ مدار کافی نیست اما احتمال اینکه ولتاژ بدنه‌های هادی لوازم برقی، اگر R_B بقدر کافی کوچک نباشد، از حد مجاز ولت ۵۰ = U_L تجاوز کند، بسیار زیاد است.

۳- R_E، مقدار مقاومت "هادی بیگانه"، عددی است آماری ولی می‌توان قبول کرد که مقدار آن در بیشتر قریب به اتفاق موارد از مقاومت اتصال زمین منبع تغذیه R_B بیشتر است.
معمولاً حداقل مقدار مقاومت R_E را برابر ۱۰Ω انتخاب می‌کنند

۴- ولتاژ فاز آسیب دیده (U3) به نسبت مقاومتهای R_E و R_B تقسیم می‌شود و هرچه R_B نسبت به R_E کوچکتر باشد، بهتر است.
(دیاگرام برداری، معادله و مثال عددی دیده شود)

۵- در مقررات جدید به جای تعیین حداکثر مجاز برای مقاومت زمین سیستم (R_B) که معمولاً ۲Ω مشخص می‌شد، اینک حداقل مقاومت اتفاقی (R_E) برای هر مرکز توزیع (پست یا مولد) تعیین و از روی آن و با توجه به رابطه اصلی مجاور، حداکثری برای مقاومت زمین کل سیستم یعنی R_B مشخص می‌کنند.

۶- در هر حال و با در نظر گرفتن همه جوانب هرچه مقاومت کل سیستم یعنی R_B کوچکتر باشد، سیستم از نظر برقگرفتگی ایمن‌تر خواهد بود.

یکی از علل عمده نصب الکترودهای اضافی در شبکه کمک به کم شدن مقاومت سیستم یعنی R_B است تا ولتاژ تماس U_L از مقدار مجاز یعنی ۵۰ ولت تجاوز نکند

یادآوری - نظر به کوچک بودن امپدانس هادی فاز آسیب دیده + ترانسفورماتور نسبت به جمع مقاومتهای R_B و R_E، این امپدانسها در محاسبات وارد نشده‌اند

رابطه اصلی

$$I_F = \frac{U_o}{R_B + R_E}$$

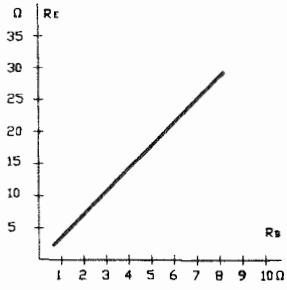
$$U_L \Leftarrow I_F R_B$$

$$\frac{R_B}{R_E} \Leftarrow \frac{U_L}{U_o - U_L}$$

مثال عددی

برای $U_o = 230$ V و $U_L = 50$ V

اگر R_E برابر باشد با	باید $R_B \Leftarrow$
35 Ω	9.72 Ω
30 Ω	8.33 Ω
25 Ω	6.94 Ω
20 Ω	5.55 Ω
15 Ω	4.16 Ω
10 Ω	2.77 Ω
5 Ω	1.38 Ω



هادی مشترک حفاظتی/خنثا

هادی حفاظتی

هادی خنثا

هرچه R_B کوچکتر ⟵ بیشتر ایمنی

EMTI
1-78-6P6

فصل ششم
حفاظت در برابر برقگرفتگی

پیوست ۷ – خطراتی که در اثر پاره شدن هادی حفاظتی / خنثا PEN در سیستم TN بوجودمی آید.

6P7–۰– کلیات

ملاحظات نظری و تجربی نشان می دهند که مهمترین اتفاق خطرناکی که در یک سیستم TN هم از نظر جانی و هم از نظر مادی بشر را تهدید می کند، پارگی هادی حفاظتی/خنثا یا هادی خنثا است. به همین دلیل است که مقررات متعددی برای حفظ مداومت این هادیها ابداع شده است .

با وجود این ، استانداردها و کتابهای مرجع، راجع به نتایج پاره شدن هادی PEN کمتر مطلب ارائه می دهند و بیشتر به مواردی که باید برای جلوگیری از این اتفاق پیش بینی شوند، بسنده می کنند . اما به نظر می رسد که بهتر است کسانی که با توزیع و تأسیسات برقی سر و کار دارند با این مسئله آشنایی عمیقتری پیدا کنند تا اهمیت حفظ مداومت الکتریکی هادی PEN از یک طرف و اتصال زمینهای اضافی که برای زمین کردن هادی PEN در محل ورودی به هر ساختمان لازم می باشد را بهتر درک کنند .

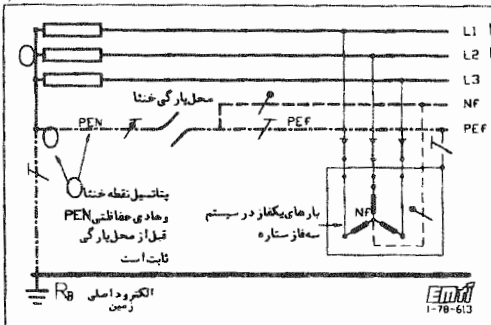
پارگی هادی PEN بزرگترین خطر در یک سیستم TN می باشد . پارگی هادی PENدو نوع خطر ایجاد می کند:

۱ – ولتاژ بدنه های هادی ممکن است به مدتی طولانی بیش از مقدار مجاز شود و خطر برقگرفتگی بوجود آورد .

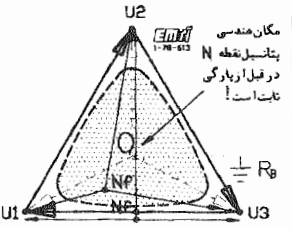
۲ – به علت مواج شدن بیش از حد هادی PEN ، ولتاژهای بین هر فاز و هادی PEN ممکن است به شدت تغیر کند و سبب شکست عایقبندی و "سوختن" لوازم شود .

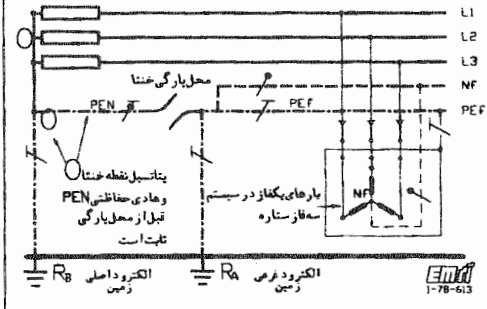
شکل 6P7-۱ ، طرحواره وضعیتی رانشان می دهد که در صورت پاره شدن هادی PEN بوجود می آید و حالت کلی بحث راتشکیل می دهد . و در دو حالت بدون اتصال به زمین بعد از محل پارگی و با اتصال به زمین بعد از محل پارگی بررسی شده است . دیده می شود که وجود اتصال زمین کمکی (R_A) تا حدی تغییرات ولتاژ هادی PEN را مهار می کند .

شکل 6P7-۲ ، طرحواره وضعیتی را نشان می دهد که در صورت پاره شدن هادی PEN و قطع شدن یک فاز بوجود می آید که حالتی خصوصی ازحالت کلی گفته شده در بالاست .

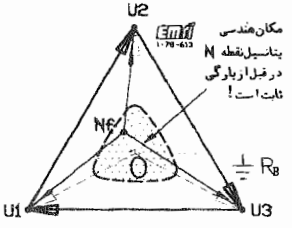


مکان هندسی نقطه NF در حالت کلی
(بدون وجود اتصال زمین بعد از محل بارگی)





مکان هندسی نقطه NF در حالت کلی
(در صورت وجود اتصال زمین بعد از محل بارگی)



کلیات

۱- مکان هندسی نقطه NF محدوده معینی ندارد و در این شکلها فقط به منظور راهنمایی نشان داده شده اند

۲- مکان نقطه NF در هر لحظه تابع مقدار بار هر فاز و مشخصات شبکه (امیدانس و ضریب توان) دارد

۳- ولتاژ بین نقطه خنثا NF و هریک از فازها در هر لحظه از حداقل (قدری بیشتر از صفر) تا حداکثر (قدری کمتر از ۴۰۰ ولت) در تغییر خواهد بود و این امر سبب سوختن بسیاری از لامپها، لوازم خانگی و موتورها و شکست عایقبندی در سیمپیچها و دیگر اجزاء خواهد شد

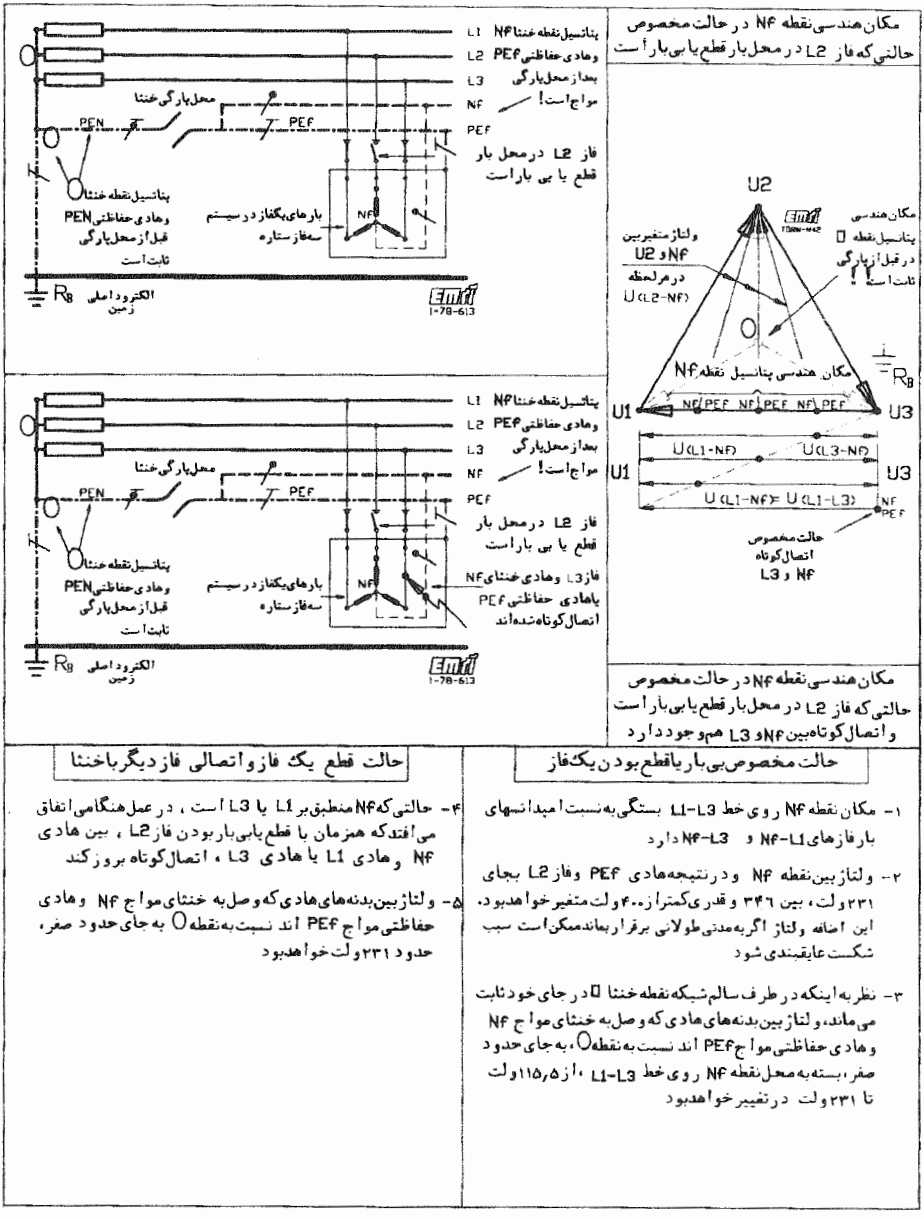
۴- در سیستمهای TN که عمده سیستمهای ما را تشکیل می دهند، بدنه های هادی و صل به هادی حفاظتی PEN می باشند که آن هم وصل به هادی خنثای N است در نتیجه ولتاژ بدنه های هادی تابع ولتاژ هادی خنثا خواهد بود که بعد از نقطه بارگی (PEF و NF) خیلی بیشتر از ولتاژ مجاز تماس یعنی ۵۰ ولت است

مکان هندسی نقطه N در حالت وجود زمین بعد از بارگی

۵- اگر بعد از محل بارگی های هادی PEN اتصال زمینهای اضافی (R_A) در شبکه وجود داشته باشند، مکان هندسی نقطه NF در مثلث ولتاژها مانند حالت کلی یعنی بدون اتصال زمینهای اضافی (R_A) وسیع نبوده و بسیار محدودتر خواهد بود. وسعت منطقه مکان هندسی نقطه NF بستگی به مقاومت R_B دارد و هرچه مقدار این مقاومت کمتر باشد، وسعت منطقه تغییرات هم کوچکتر خواهد شد.

یکی از علل عمده نصب الکترودهای اضافی در شبکه محدود کردن بازی ولتاژ هادی حفاظتی یا حوزه مواج بودن آن است

شکل 6P7-1 خطراتی که در اثر بارگی هادی خنثا در سیستم TN به وجود می آید - حالت کلی



حالت مخصوص بی بار یا قطع بودن یک فاز

۱- مکان نقطه Nf روی خط L1-L3 بستگی به نسبت امپدانسهای بار فازهای L1-Nf و L3-Nf دارد

۲- ولتاژ بین نقطه Nf و در نتیجه هادی PEf وفاز L2 بجای ۲۳۱ ولت، بین ۳۴۶ و قدری کمتر از ۴۰۰ ولت متغیر خواهد بود. این اضافه ولتاژ اگر به مدتی طولانی برقرار بماند ممکن است سبب شکست عایقبندی شود

۳- نظر به اینکه در طرف سالم شبکه نقطه خنثا □ در جای خود ثابت می ماند، ولتاژ بین بدنه های هادی که وصل به خنثای مواج Nf وهادی حفاظتی مواج PEf اند نسبت به نقطه O، به جای حدود صفر، بسته به محل نقطه Nf روی خط L1-L3، از ۱۱۵/۵ ولت تا ۲۳۱ ولت در تغییر خواهد بود

حالت قطع یک فاز و اتصالی فاز دیگر با خنثا

۴- حالتی که Nf منطبق بر L1 یا L3 است، در عمل هنگامی اتفاق می افتد که همزمان با قطع یا بی بار بودن فاز L2، بین هادی Nf وهادی L1 یا هادی L3، اتصال کوتاه بروز کند

۵- ولتاژ بین بدنه های هادی که وصل به خنثای مواج Nf وهادی حفاظتی مواج PEf اند نسبت به نقطه O به جای حدود صفر، حدود ۲۳۱ ولت خواهد بود

شکل 6P7-۲ خطراتی که در اثر پارگی هادی خنثا در سیستم TN به وجود می آید - حالت مخصوص

فصل ششم

حفاظت در برابر برقگرفتگی

پیوست ۸ – حفاظت در برابر برقگرفتگی با استفاده از وسایل حفاظتی با ولتاژ عامل اتصال کوتاه

fault voltage operated protective device (FU)

6P8–۰– کلیات

علاوه بر وسایل حفاظتی جریان تفاضلی که شرح آنها در بند ٦٢١-٤ داده شده است ، در بعضی موارد اگر استفاده از این وسایل ممکن نباشد، از وسایل حفاظتی با ولتاژ عامل اتصال کوتاه (که در آلمان بانام FU شناخته می شوند) استفاده می گردد . این وسایل حفاظتی در همه سیستمها چه با اتصال به زمین و چه بدون اتصال به زمین، قابل استفاده می باشند . در مدارک موجود IEC به سیستمهای FU کمتر اشاره شده و درباره آنها بحث شده است و چنین به نظر می رسد که IEC به این نوع حفاظت که لازمه استفاده از آن دقت در نحوه نصب و نظارت دایمی در بهره-برداری است، اهمیت زیادی نداده است .

6P8–۱– نحوه استفاده و خواص وسایل حفاظتی با ولتاژ عامل اتصال کوتاه (FU)

شکل 6P8-۱ ، نحوه وصل و استفاده از وسایل حفاظتی با ولتاژ عامل اتصال کوتاه را نشان می دهد. با توجه به شکل ، می توان رابطه زیر را نوشت :

$$U_F = I_F \cdot (R_C + R_V) \qquad (۱)$$

که در آن :

U_F = ولتاژ اتصال کوتاه که مقدار آن نباید از ولت ۵۰ = U_L تجاوز کند.

I_F = شدت جریان اتصال کوتاه به زمین از طریق بدنه، سیم پیچ وسیله حفاظتی و اتصال زمین حفاظتی مقدار عامل این جریان که سبب قطع وسیله می شود، مانند وسایل جریان تفاضلی در حد ۳۰ میلی آمپر است.

R_C = مقاومت سیم پیچ وسیله حفاظتی و اتصال زمین حفاظتی. مقدار این مقاومت در حد ٤٠٠ اهم است .

R_V = مقاومت الکترود اتصال زمین حفاظتی .

با جایگزینی مقادیر داده شده در رابطه (۱) ، خواهیم داشت :

$$R_V \leq 1266\Omega$$

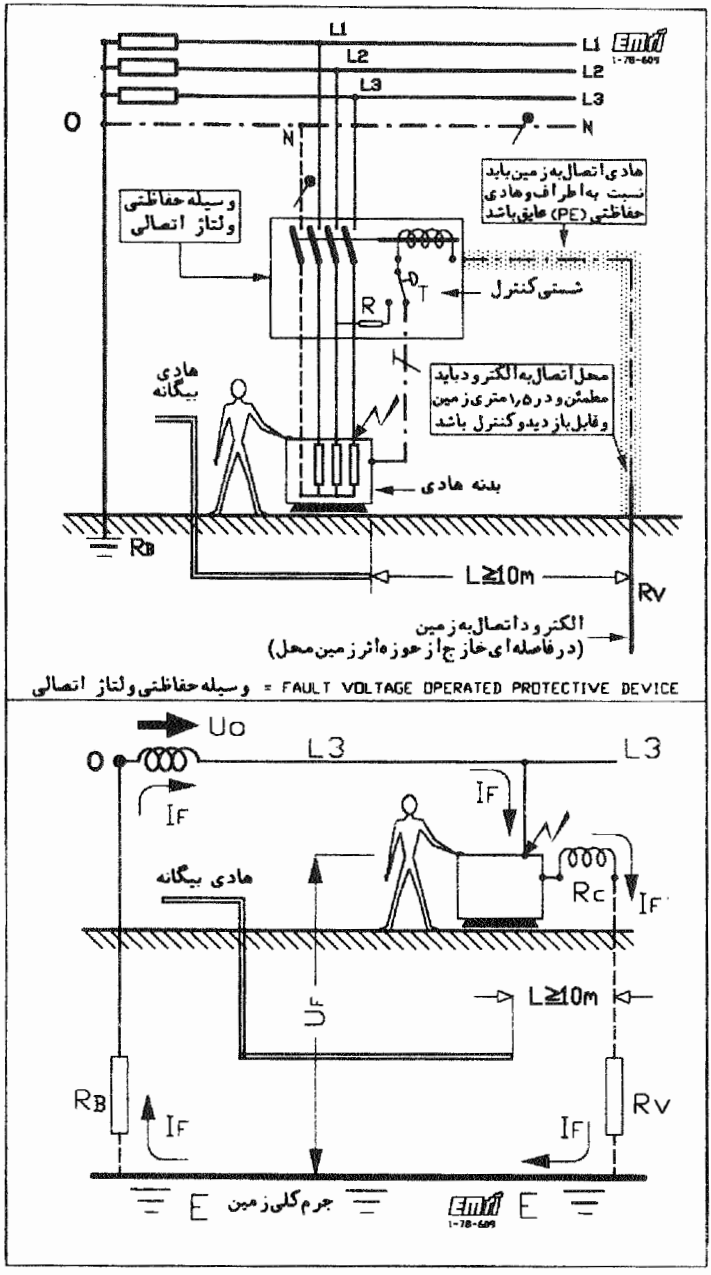
برای اینکه نسبت به کار کلید قبل از اینکه حداکثر ولتاژ تماس (U_T) به مقداری غیرمجاز رسد، اطمینان حاصل شود، حداکثر مقاومت را برای ولتاژ اتصال کوتاه ۵۰ ولت برابر ۸۰۰ اهم و برای موارد دیگری که ولتاژ اتصال کوتاه نباید از ۲٤ ولت تجاوز کند ، برابر ۲۰۰ اهم انتخاب می کنند .

از شکل چنین نتیجه گیری می شود که اولاً الکترود اتصال زمین حفاظتی باید در خارج از حوزه اتصال زمین ساختمان یا سازه ای که کلید در آن نصب است قرار گیرد در غیر این صورت کلید درست عمل نخواهد کرد . ثانیاً دو سر کلید نباید اشتباهاً یا در اثر اجرای غلط اتصال کوتاه شود و برای همین هادی اتصال یک سر سیم پیچ کلید به الکترود اتصال زمین حفاظتی باید با هادی عایقدار انجام شود و با هیچ یک از اجزای ساختمانی تماس نگیرد و اتصال آن به الکترود مطمئن باشد . به این دلایل است که استفاده از این وسایل حفاظتی احتیاج به دقت در نصب و سپس مراقبت دایمی در بهره برداری دارد .

یادآوری

۱ – این نوع حفاظت در کشور ما عملاً ناشناس است .

۲ – برای آشنایی بیشتر با مسایل مربوط به ولتاژها و مقاومتها و جریانهای مربوط به برقگرفتگی به پیوست 6P1 مراجعه کنید.



شکل 6P8-۱ نحوه استفاده از وسایل حفاظتی ولتاژ اتصالی

فصل ششم

حفاظت در برابر برقگرفتگی

پیوست ۹ – استفاده از وسایل حفاظتی جریان تفاضلی با جریان عامل ۳۰ میلی آمپر یا کمتر به عنوان تنها وسیله حفاظت در برابر تماس مستقیم ممنوع است.

6P9–۰– کلیات

در بند ٦٢١–٤ ، با نحوه کار وسایل حفاظتی جریان تفاضلی آشناشدیم و گفتیم که از انواع حساس این وسایل (با جریان عمل تا ۳۰ میلی آمپر) می توان به عنوان یک حفاظت اضافی در برابرتماس مستقیم استفاده نمود.

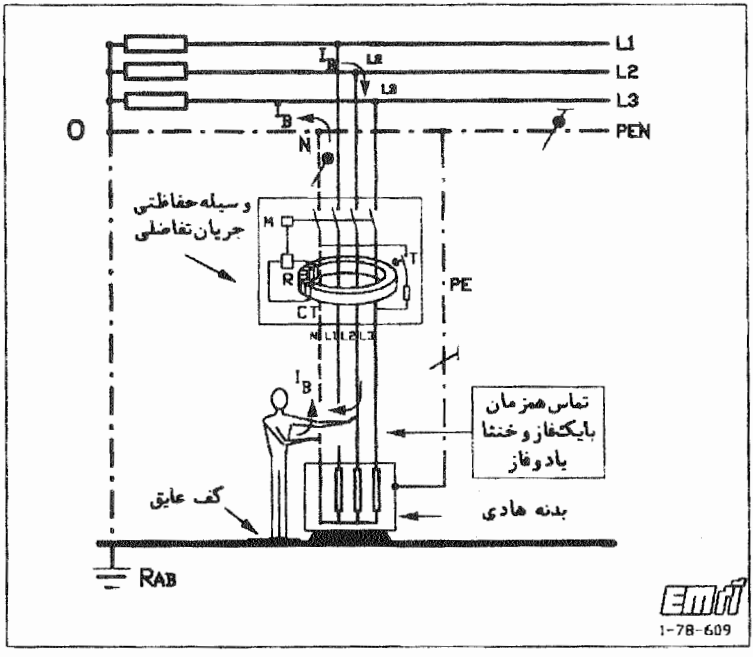
گروهی از سازندگان که نسبت به جامعه احساس مسئولیت نمی کنند، در شناساندن لوازم ساخت خود چنین وانمود می کنند که در سیستمهایی که دارای هیچ نوع حفاظت در برابر برقگرفتگی نیستند(مانند سیستم برقی در کشور ما در حال حاضر) وسایل جریان تفاضلی قادرند حفاظتی کامل (هم برای تماس غیرمستقیم و هم تماس مستقیم) ارائه دهند . چنین ادعایی اساسا درست نیست و مردم را نباید با این ادعای نادرست گول زد . بدین معنا که وضعیت سیستم آنها هر چه باشد، وسایل جریان تفاضلی ایمنی را تأمین خواهند کرد . در درجه اول ، سلامت و صحت سیستم از نظر لوازم و اجرای کار و بهره برداری صحیح و رعایت همه مقررات است که ضامن ایمنی می باشد و وسایل جریان تفاضلی را می توان فقط به عنوان یک حفاظت اضافی به حساب آورد .

در بعضی موارد که در زیر بحث خواهد شد، وسایل جریان تفاضلی نمی توانند هیچگونه حفاظتی رادر برابر برقگرفتگی ایجاد کنند.

اما قبل از وارد شدن به اصل موضوع لازم است یادآوری شود که انتخاب وسایل حفاظتی با حساسیت زیاد یعنی ۳۰ میلی آمپر یا کمتر در همه احوال مناسب نمی باشد. زیرا هر سیستم دارای نشت طبیعی به زمین است که مقدار آن با دما و رطوبت هوا در تغییر است و بنابراین در مواردی ممکن است مقدار آن به حدی برسد که منجر به عمل وسیله بدون وجود خرابی یا به ظاهر "بدون علت" شود .

6P9–۱– عدم کارآیی وسایل حفاظتی جریان تفاضلی در برخی از موارد

شکل 6P9–۱ ، وضعیتی را نشان می دهدکه در صورت برخورد همزمان انسان با دو فاز مختلف یا یک فاز و هادی خنثا ممکن است پیش آید . در این هنگام جریان برقگرفتگی که از بدن انسان عبور می کند به جای نشت به زمین ، دوباره به سیستم باز می گردد و نظر به اینکه جمع آنی جریانها برابر صفر است ، کلید عمل نخواهد کرد . این مسئله مخصوصا در موردی که انسان بر روی کف عایق ایستاده باشد بارزتر است .



شکل 6P9–۱ حالتی در سیستم TN که در آن وسیله حفاظتی جریان تفاضلی کارآیی ندارد .

فصل ششم

حفاظت در برابر برقگرفتگی

پیوست ۱۰ – بررسی سیستمهای TN-C و TN-S از نظر سازگاری با سیستمهای الکترونیکی ساختمانها

(EMC = Electro - Magantic Compatibility)
(EMI = Electro - Magantic Interference)

6P10 –۰– کلیات

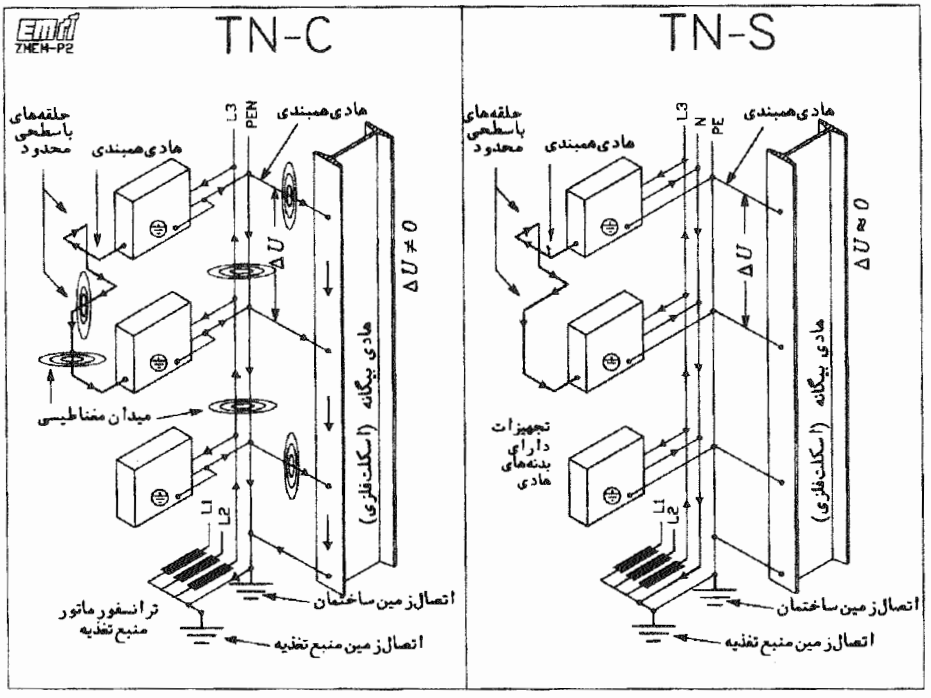
در بند ۶۲۱–۲–۱ اشاره شده است که همبندی ، علاوه بر تأمین ایمنی ، سیستمهای الکترونیکی را در برابر آثار امواج الکترومغناطیسی حفاظت می نماید . برای همین در آستانه قرن ۲۱ که یکی از مشخصه –های آن ورود ارتباطات به همه انواع ساختمانها است، همبندی عملی بسیار مهمتر به شمار خواهد آمد و در ساختمانهای بزرگ ایجاد همبندی علاوه بر نقطه ورود سرویسها به ساختمان ، در نقاط اضافی مانند تابلوهای برق تغذیه کننده لوازم فنی، لازم خواهد بود .

به طورکل برای مبارزه با EMI در ساختمانهایی که شامل لوازم الکترونیکی می باشند لازم است نکات زیر رعایت شوند:

- از سیستمهای توزیع ، سیستمهای مورد قبول عبارتند از TN-S و TT و IT و به عبارتی دیگر استفاده از سیستمهای TN-C به هیچ وجه مجاز نسیت .
- در همه جعبه های توزیع لازم است همبندی اضافی برای هم‌ولتاژ کردن پیش بینی شود.
- همه همبندیهای هم‌ولتاژکننده باید موارد زیر را شامل شوند:
  - هادی حفاظتی
  - لوله های آب
  - لوله های گاز
  - لوله های بالاروی حرارت مرکزی
  - سیستمهای تهویه
  - اجزای فلزی سازه های ساختمان (اسکلت فلزی و یا میلگردهای بتن مسلح)
  - هرگونه لوله کشی فلزی دیگر

ساختمانهایی که باید از TN-S استفاده کنند، برای مثال عبارتند از ساختمانهای مربوط به تأسیسات فنی مخابرات، ساختمانهای دارای شبکه های رایانه و بیمارستانها و ساختمانهای مشابه آنها . در مورد بیمارستانها یادآور می شود که امروزه

هم در زمینه های تشخیص و هم درمان، از وسایل الکترونیکی حساس نسبت به امواج الکترومغناطیسی استفاده می شود (CT-Scan , MIR و بسیاری تجهیزات حساس دیگر).



شکل 6P10-۱ مقایسه دو سیستم TN-C و TN-S از نظر انتشار امواج الکترومغناطیسی (این شکل ، مجموعه دو شکل 4P2-۱ و 4P2-۲ در پیوست 4P2 می باشد) برای وضوح بیشتر به شکلهای 4P2-۱ و 4P2-۲ مراجعه کنید.

6P10-۱- مقایسه سیستمهای TN-C و TN-S از نظر پخش امواج الکترومغناطیسی

شکل 6P10-۱ ، فرق بین دو سیستم TN-C و TN-S را از نظر پخش امواج الکترومغناطیسی در حالت عادی (غیر از حالت بروز اتصالی باز با بدنه) ، نشان می دهد . دیده می شود که به علت مشترک بودن هادیهای حفاظتی و خنثا (PEN) در سیستم TN-C جریان خنثا تماماً از هادی خنثا عبور نمی کند بلکه بخشی از آن به علت وجود همبندی ، از راه اجزای ساختمانی به مبداء بر می گردد و همین بخش است که ایجاد امواج الکترومغناطیسی و تداخل (EMI) می کند . در سیستم TN-S به دلیل مجزا بودن هادیهای حفاظتی (PE) و خنثا (N) ، هادی خنثا در همبندی شرکت ندارد و بنابراین هیچ جریانی که مربوط به آن باشد از اجزای ساختمانی عبور نخواهد کرد و (EMI) بروز نخواهد کرد .

فصل هفتم
حفاظت مدارها در برابر اضافه جریان

۷۰۰- پیشگفتار
۷۰۰-۱- ملاحظات عمومی

هر شدت جریانی که بیش از شدت جریان نامی مدار باشد، اضافه جریان نامیده می شود.اما آیا هر اضافه جریان به یک اندازه اهمیت دارد و به یک نوع باید برای آن چاره جویی شود ؟ و مهمتر از آن ، شدت جریان نامی یک مدار چگونه تعیین یا انتخاب یا محاسبه می شود ؟ در اینجا راجع به این مسائل صحبت خواهد شد اما اول کمی درباره چند اصطلاح صحبت کنیم :

هر مدار ممکن است به دو علت دچار اضافه جریان شود :

۱ - در اثر اضافه بار (جریان اضافه بار)

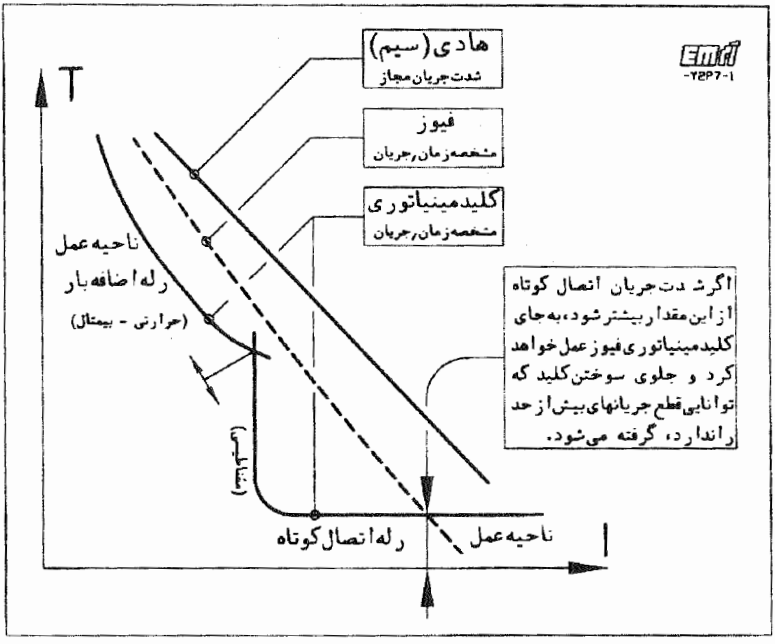
۲ - در اثر اتصال کوتاه (جریان اتصال کوتاه)

برای محاسبه ، انتخاب یا تعیین مقادیر اسمی مدار و وسایل حفاظتی آن، سلسله مراتب و روشهایی وجود دارند که رعایت آنها لازم است و در بخشهای بعدی درباره آنها صحبت خواهد شد. اما قبل از وارد شدن به جزئیات ، به طور کلی و تا جایی که به انتخاب هادی مدار مربوط می شود ، باید شرایط زیر برقرار باشد:

- شدت جریان مجاز هادی (نسبت به زمان) در شرایط محل ، بیش از شدت جریان قطع وسیله حفاظتی (نسبت به زمان) باشد.

- چنانچه دو وسیله حفاظتی به طور سری نصب شده باشند (مانند یک فیوز و یک کلید خودکار) ، تا یکی پشتیبان دیگری باشد یا یکی برای حفاظت در برابر اضافه بار و دیگری برای حفاظت در برابر اتصال کوتاه باشد، بین دو وسیله حفاظتی ازنظر حوزه عمل هر یک باید هماهنگی لازم وجود داشته باشد . مدارها باید هم در برابر اضافه بار و هم در برابر اتصال کوتاه حفاظت شوند.

شکل ۷۰۰-۱ گفته های بالا را در قالب دیاگرام نشان می دهد.



شکل ۷۰۰-۱ اصول اولیه حفاظت در برابر اضافه جریان

مشخصه های زمان / جریان : کلید خودکار مینیاتوری - فیوز - شدت جریان مجاز هادی (سیم)

۷۰۰-۱-۱- جریان اضافه بار

جریان اضافه باردر یک مدار سالم بوجود می آید و ممکن است به علل مختلف بروز کند. از آن جمله :

۱ - اشتباه در محاسبه و انتخاب غلط اجزای مدار در مرحله طراحی و اجرا ؛

۲ - رشد طبیعی بار به مرور زمان ؛

۳ - بروز ایرادی در یک دستگاه (مانند زیاد شدن اصطکاک در یاتاقانها) و نظایر آن ؛

٤ - هر دلیل موجه دیگر .

جریان اضافه بار ممکن است نسبت به جریان نامی چند درصد بیشتر باشد یا حتی تا دو سه برابر آن هم بالا رود . در اثر اضافه بار، که گذشت زمان هم در آن نقش عمده دارد و ممکن است از چنددقیقه تا چند یا حتی چندین ساعت طول

بکشد، دمای هادیها مخصوصاً کابلها و سیمها و وسایل قطع و وصل ، امکان دارد به حدی برسد که عایقبندی آنها را زودتر از موعد فرسوده و خراب کند یا محل اتصالات و ترمینالها بیش از حد داغ شوند یا اضافه دمای یخ بوجود آمده برای محیط مضر یا خطرناک باشد .

در حال حاضر عمده ترین عایقبندی به کار رفته در مدارهای فشار ضعیف ، PVC است . خاصیت این ماده به گونه ای است که دمای بیش از حد مجاز (با توجه به مدت زمان برقراری آن) ، آن را از حالت قابل انعطاف و قابل برگشت به حالت اولیه خارج کرده و به حالت صلب و شکننده (غیرقابل برگشت به حالت پلاستیک) در می آورد که در اثر نیروهای مکانیکی نسبتاً کوچکی ، خرد شده و پودر می شود . بنابراین برای هر مدار ، با توجه به مشخصه های آن (جنس، سطح مقطع، نوع عایقبندی ، نوع اضافه بار و مدت زمان برقراری احتمالی آن) لازم است وسایل حفاظتی با جریان نامی مناسب (فیوز، کلید مینیاتوری، کلید خودکار ، کلید جریان تفاضلی) انتخاب شوند تا جریان مدار را قبل از رسیدن آسیب به عایقبندی ، که در نهایت منجر به آتش سوزی و یا اتصال کوتاه و یا برقگرفتگی می شود، قطع کنند.

۷۰۰-۱-۲- جریان اتصال کوتاه

جریان اتصال کوتاه در یک مدار معیوب بروز می کند . در طول هر مدار یا در داخل دستگاهی که آن را تغذیه یا کنترل می کند ممکن است اتصال کوتاه بروز کند . اتصال کوتاه شدن یک مدار یعنی وصل شدن یک یا چند هادی از آن مدار که در حالت عادی دارای پتانسیلهای مختلف می باشند از طریق امپدانسی بسیار کوچک به هادیهای دیگر، که ممکن است به قرار زیر باشند:

- هادیهای برقدار دیگر همان مدار (هر ترکیبی از یک یا دو یا سه فاز + هادی خنثا (N)) ؛
- هادیهای برقدار مدارهای دیگر ؛
- هادی حفاظتی (PEN) ؛
- بدنه های هادی تجهیزات الکتریکی ؛
- بدنه های هادی بیگانه ؛
- هادیهای اتصال به زمین .

در محاسبات، امپدانس نقطه اتصال کوتاه برابر صفر اختیار می شود .

بسته به دوری و نزدیکی نقطه اتصال کوتاه به منبع تغذیه و مشخصه های مدار ، شدت جریان اتصال کوتاه ممکن است چند ده برابر یا چند صد برابر و حتی در بعضی موارد چند هزار برابر جریان نامی باشد .

تأثیر جریان اتصال کوتاه بر هادیهای مدار و محیط اطراف و لوازم و دستگاههای حفاظتی ، دوگانه است:

۷۰۰-۱-۲-۱ - اثر حرارتی

از نظر آسیب رسانی به عایقبندی ، مانند حالت اضافه بار ، در اینجا نیز زمان نقشی عمده دارد با این تفاوت که به علت وجود شدتهای جریان بسیار بزرگ ، زمان قطع باید بسیار کوتاهتر از حالت اضافه بار باشد تا دما از حد مجاز تجاوز نکند.

۷۰۰-۱-۲-۲- اثر مکانیکی

جریانهای بسیار شدید اتصال کوتاه که از هادیهای مدارها و بدنه های هادی و بدنه های بیگانه ای که در مسیر آنها قرار دارند عبور می کنند، علاوه بر آثار حرارتی ، اجزای مدار را تحت تأثیر نیروهای الکترودینامیکی قرار می دهد . این نیروها در حالت اضافه بار اهمیت نداشتند و به این دلیل در آنجا راجع به آنها صحبتی نشد، اما در مورد شدت جریانهای اتصال کوتاه ، نیروهای جذب و دفع در هادیها به قدری بزرگند که ممکن است سبب له شدن شینه ها و شکستن مقره های آنها ، چسیدن هادیهای کابلها به هم و له شدن عایقبندیهای بین آنها و کنده شدن اجزای مدارها و بدنه ها و به طور کلی خرابیهای مکانیکی شدید دیگر شود.

یادآوری – درباره حداکثر و حداقل جریان اتصال کوتاه

بسته به اینکه لحظه وقوع اتصال کوتاه با کدام یک از نقاط موج سینوسی ولتاژ مصادف شود، موج شدت جریان نسبت به محور زمان ممکن است جابجا شود و در حد ، عدم تقارن کامل ایجاد شود یا اینکه اصلاً عدم تقارن بروز نکند و موج جریان کاملاً قرینه باقی بماند. در عمل لحظه وقوع اتصال کوتاه اتفاقی و قابل پیش بینی نمی باشد و لذا ممکن است در هر نقطه ای بین دو حد بالا قرار گیرد.

در مورد حداقل و حداکثر شدت جریان اتصال کوتاه در پیوست چهارم از فصل ششم صحبت شده است . مخصوصاً شکل 6P4-۷ و توضیحات مربوط به آن دیده شوند .

اتصال کوتاه در تأسیسات ساختمانها و سیستمهای توزیع نیروی برق ، باید از دو نظر مورد بررسی قرار گیرد :

۱) حداکثر شدت جریان اتصال کوتاه در بدترین شرایط :

در این مورد "بدترین شرایط" هنگامی اتفاق می افتد که نقطه اتصال کوتاه مصادف با لحظه ای است که جابجایی موج جریان کامل بوده و حداکثر جریان از مدار عبور کند . علاوه بر آن شرایط دما و غیره باید به نحوی انتخاب شود که به زیاد شدن جریان اتصال کوتاه کمک کند . شدت جریانی که به این ترتیب به دست می آید ،

الف) برای انتخاب شینه ها و مقره ها و کنترل ایستادگی کابلها و لوازم قطع و وصل و کنترل و حفاظت ، از نظر توانایی ایستادگی آنها در برابر نیروهای دینامیکی ، و

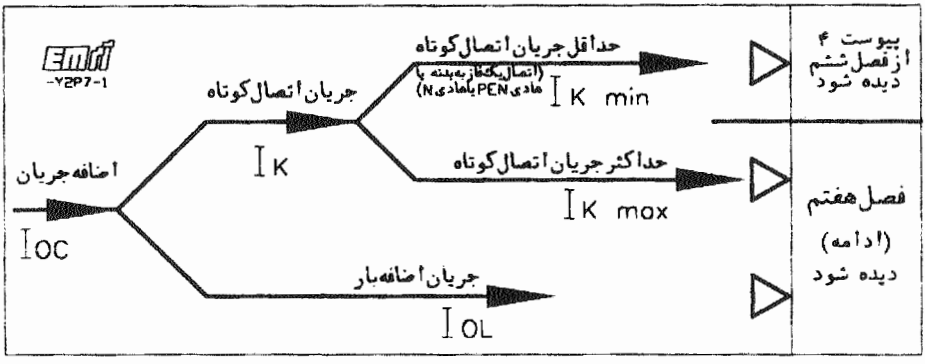
ب) برای کنترل همه اجزای مدار از نظر ایستادگی آنها در برابر دمایی که بوجود می آید، مورد استفاده قرار گیرد .

۲) حداقل شدت جریان اتصال کوتاه بین یک فاز و بدنه هادی یا هادی حفاظتی در بدترین شرایط :

در این مورد "بدترین شرایط" هنگامی اتفاق می افتد که نقطه اتصال کوتاه مصادف با لحظه ای است که جابجایی موج جریان وجود نداشته باشد و بنابراین ، حداقل جریان از مدار عبور کند . علاوه بر آن شرایط دما و غیره باید به نحوی انتخاب شود که جریان اتصال کوتاه احتمالی کمترین مقدار را داشته باشد.

شدت جریانی که به این ترتیب به دست می آید ، برای کنترل لوازم حفاظتی (فیوز، کلید مینیاتوری، کلید خودکار) به کار می رود که معلوم کند حداقل جریان اتصال کوتاه در برخورد یک فاز به هادی حفاظتی یا بدنه هادی ، برای قطع مداردر ۰٫٤ ثانیه یا ۵ ثانیه (بسته به کاربرد مدار) کافی خواهد بود یا نه . (پیوستهای ٤ و ۵ از فصل ششم دیده شوند).

در شکل ۷۰۰-۲ ، انواع اضافه جریان به صورت طرحواره نشان داده شده اند .



شکل ۷۰۰-۲ اضافه جریان و جریانهای اضافه بار و اتصال کوتاه به صورت طرحواره

۷۱- حفاظت در برابر اضافه بار

۷۱۰- کلیات

برای طرح یک مدار الکتریکی ، قبل از هر چیز لازم است مصرف آن یا شدت جریان طرح تعیین شود . به عبارت دیگر باید نوع مصرف ، شدت جریان عادی مصرف و جریانهای اضافه بار موقت مصرف کننده هایی که ازمدار تغذیه

می کنند مشخص شوند تا از روی آنها شدت جریان طرح تعین گردد . شاید این قسمت از کار ، مشکلترین آن باشد زیرا چیزی که به دنبال آن هستیم ما را وارد دنیای احتمالات می کند که برای مهندسین زمینه ای ناخوشایند است . مخصوصاً" هنگامی که تعین ضریب همزمانی در میان باشد . به نحوی که بعداً" خواهیم دید در تعقیب تعیین شدت جریان طرح، از اعداد و ضرایب تجربی استفاده می شود و با در نظر گرفتن همه جوانب مقدار مورد جستجو "برآورد" می شود و نتیجه اینکه حتی در بهترین شرایط، با عدم قاطعیت روبرو هستیم. البته هر چه اعداد مورد استفاده در برآورد، از منابع مطمئنتر استخراج شوند و افراد برآوردکننده با آداب و رسوم استفاده از برق در محل آشنایی و تجربه بیشتری داشته باشند، نتیجه به واقعیت نزدیکتر خواهد شد. ولی با توجه به نفس موضوع انتظار دقت کامل در برآورد، ساده اندیشی است . به یاد داشته باشیم که منشاء مقادیر اصلی مورد استفاده در این نوع محاسبات ، جنبه آماری دارند و در کشور ما اینگونه آمار اصلاً" وجود ندارد و منابع خارجی با توجه به بسیاری عوامل، که تفاوت در فرهنگ استفاده از برق یکی از آنهاست، مقادیر مورد بحث را برای استفاده کننده ایرانی حتی در بهترین شرایط ، بسیار تقریبی می نماید .

حال فرض کنیم که با توجه به تمامی مشکلات و تقریبها ، شدت جریانی که مدار باید برای آن طرح شود، تعیین شده است . این همان شدت جریان طرح است که طبق IEC با I_B نشان داده می شود .

بر مبنای I_B ، شدت جریان اسمی وسیله حفاظتی یا در مورد وسایل قابل تنظیم ، شدت جریان تنظیم شده وسیله انتخاب می شود که منطقاً" باید برابر یا بیشتر از I_B باشد تا مدار بتواند بدون وقفه جریان مصرف را تأمین کند . شدت جریان اسمی وسیله حفاظتی(nominal or setting current) طبق IEC یا I_n نمایش داده می شود.

یادآوری ۱ - در مورد وسایل حفاظتی قابل تنظیم (کلید خودکار) ، I_n شدت جریان تنظیم شده است (setting current)

بر مبنای I_n ، مشخصات مدار (جنس، سطح مقطع، نوع عایقبندی و شرایط محل) و شدت جریان مجازحرارتی (current carrying capacity) مدار انتخاب می شود. IEC این شدت جریان را با I_Z نمایش می دهد . برای اینکه مدار دچار اضافه جریان دایم نشود و عایقبندی آن سالم بماند ، I_Z باید برابر یا بزرگتر از I_n انتخاب شود.

یادآوری ۲ - اگر مدار از مناطق مختلفی عبور کند که دارای ضرایب انتقال حرارتی متفاوتند، یا سطح مقطع مدار در طول آن تغیر کند، باید کمترین شدت جریان مجاز انتخاب شود .

علاوه بر سه شدت جریان I_B , I_n و I_Z ، IEC شدت جریان دیگری را نیز تعریف می کند که در صورت عبور آن از مدار ، عمل وسیله حفاظتی یا سوختن فیوز تضمین شده باشد . این شدت جریان در مورد کلیدهای خودکار ازهر نوع ، شدت جریان عمل و در مورد فیوزها ، شدت جریان ذوب نامیده می شود که با I_2 نمایش داده می شود.

در عمل I_2 به ترتیب زیر انتخاب می شود :

- برای کلیدهای خودکار : شدت جریان عمل در زمانی که به طور قراردادی انتخاب شده است .
- برای فیوزهای نوع gI : شدت جریان ذوب در زمان قراردادی .
- برای فیوزهای نوع gII : ۰،۹ شدت جریان ذوب در زمان قراردادی .

یادآوری ۳ - ضریب ۰،۹ تفاوتهایی را که طبق استانداردهای مربوطه بین آزمونهای فیوزهای gI و gII وجود دارد منظور می کند.

gI = فیوزهای کاربرد عمومی با واکنش سریع (quick response)

gII = فیوزهای کاربرد عمومی با واکنش تأخیری (time-lag)

یادآوری ٤ - درباره جریان I_1 شکل ۷۱۰-۱ ، بعداً هم صحبت خواهد شد . در اینجا کافی است گفته شود که I_1 جریانی است که در صورت عبور از یک وسیله حفاظتی ، وسیله را در زمانی قراردادی (که معمولاً یک ساعت انتخاب می شود) بسته به نوع وسیله ، قطع یا ذوب نخواهد کرد .

یادآوری ٥ - برای مشخصه های فیوزهای نوع gI و gII ، به استانداردهای IEC 269 مراجعه شود .

گفته های بالا را می توان در دو رابطه ساده زیر خلاصه نمود:

$$I_B \leq In \leq I_Z \qquad (۱)$$

رابطه (۱) ، قاعده "شدت جریان نامی" خوانده می شود .

$$I_2 \leq 1.45 I_Z \qquad (۲)$$

رابطه (۲) ، قاعده "شدت جریان عمل" خوانده می شود .

یادآوری ٦ - مقدار ۱،٤٥ ضریبی است انتخابی . جریان I_2 هرگز نباید از $1.45 I_Z$ بیشتر انتخاب شود .

به عبارتی دیگر تا جایی که به اضافه بار مربوط می شود :

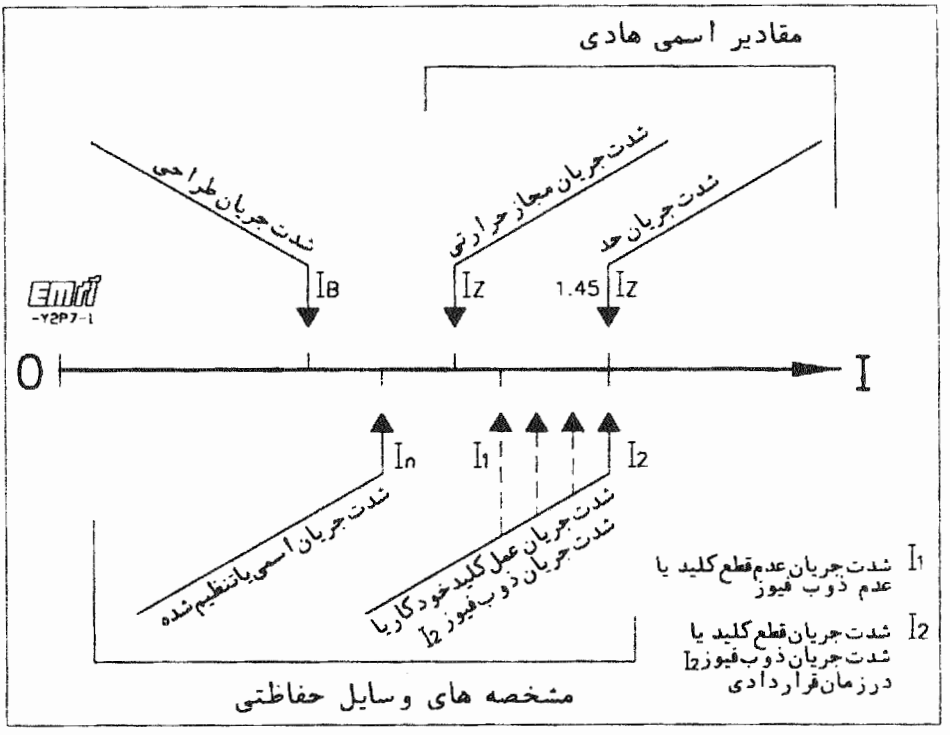
اولاً - مشخصه های مدار باید به نحوی انتخاب شوند که هادیهای مدار توانایی حمل جریان اسمی و اضافه بارهای مجاز را به طور دایم یا موقت داشته باشد . به این مشخصه ها مقادیر اسمی هادی گفته می شود .

ثانیاً - مشخصه های وسیله حفاظت در برابر اضافه بار مدار باید به نحوی انتخاب شوند که در صورت بروز اضافه بارهای غیرمجاز ، قبل از اینکه در اثر اضافه دما

هرگونه صدمه ای به مدار وارد شود ، جریان به طور خودکار قطع شود. به این مشخصه ها مقادیر اسمی وسایل حفاظتی گفته می شود.

بین مقادیر اسمی هادی و مقادیر اسمی وسایل حفاظتی باید هماهنگی دقیق به عمل آید . علاوه بر آن بین وسایل حفاظتی در برابر جریانهای اضافه بار و اتصال کوتاه هم باید هماهنگی به عمل آید .

شکل ۷۱۰-۱ مطالب گفته شده در بالا را به صورت دیاگرام نشان می دهد .



شکل ۷۱۰-۱ هماهنگی مشخصه های هادیها ووسایل حفاظتی از نظر حفاظت در برابر اضافه بار

۷۱۱- شدت جریان طرح I_B design current

۷۱۱-۰- کلیات

طبق تعریف شدت جریان طرح ، جریانی است که پیش بینی می شود در شرایط عادی از مدار عبور کند . برآورد شدت جریان طرح یا I_B ، در عین حالی که بخشی از علوم مهندسی است، جنبه هایی از مردم شناسی ، آمار و

همچنین اقتصاد را در خود نهفته دارد . عادات و رسوم محلی ، بهای انرژی الکتریکی در مقایسه با توان خرید مردم و بسیاری عوامل دیگر در این امر تأثیر دارند به طوری که تخمین جریان، به نوعی هنر تبدیل شده است.

یکی از روشهای متداول برای تخمین بار در دنیا، جمع آوری دایمی آمار از تأسیسات موجود و اعمال نتایج به دست آمده از آنها برای برآورد بار در تأسیسات جدید است . نتایج بدست آمده به طور خودکار همه جوانب مؤثر را به حساب می آورد و فقط پیش بینی مسایلی که برای رشد بار در آینده لازم است ، باقی می ماند . متأسفانه جمع آوری و اعمال اینگونه آمار در کشور ما معمول نیست و به همین دلیل جنبه حدسی برای انتخاب ضریب درخواست، خیلی بیشتر است .

در هر حال همیشه سعی بر این بوده و هست که تا حد امکان برآورد درخواست بار را علمی تر و دقیقتر کنند تا نقش حدس و گمان در آن کمتر شود . در این راه باید به عوامل زیر توجه شود :

- طول مدت همزمانی استفاده از بارها ؛
- نوع مصرف از نظر مدت زمان استفاده در هر بار وصل شدن به شبکه (duty cycle) ؛
- نوع بار موتورها برای تعیین درخواست آنها ؛
- تأثیر شرایط محلی دما و رطوبت در برآورد بارهای سرمایشی و گرمایشی ؛
- نوع کاربری ساختمان (مسکونی – اداری– صنعتی – عمومی و غیره) ؛
- نوع و ترتیب مدار تغذیه باتوجه به نحوه بهره برداری از آن (برای مثال کار تجهیزات در حالت ذخیره)؛
- پیش بینی روند رشد درخواست در آینده ؛
- هرگونه شرایط خاص محلی .

طبق بحثی که در پیوست یک از فصل هفتم دنبال شده است ، شدت جریان طرح یا I_B یک مدار که همان حداکثر شدت جریان درخواست است ، با انتخاب ضریب درخواست یا ضریب دیماند که با – g – نشان داده می شود ، از روی توان وصل شده یا شدت جریان وصل شده، محاسبه می گردد :

$$P_{max} = g.P_i$$

به طوری که از رابطه بالا دیده می شود، مهمترین قدم در محاسبه I_B یا P_{max} (که قابل تبدیل به I_B است) انتخاب دقیق g است . طبق مدرک IEC, 64(Secretariat) 254 برای انتخاب g دو حالت پیش بینی شده است :

۱) تخمین g برای برآورد کل درخواست یک ساختمان (یعنی محل انشعاب) ؛

۲) تخمین g برای برآورد جزئی درخواست (یک تابلوی فرعی یا میانی) از ساختمان .

P_{Max} = حداکثر درخواست

باید مشخص شود که آیا حداکثر درخواست، برای کل ساختمان یا بخشی از ساختمان مورد نیاز است . دوره درخواست، بسته به مورد ممکن است ۱۵ یا ۳۰ دقیقه انتخاب شود .

P_i = توان وصل شده

یادآوری ۱ - برای آشنایی بیشتر با مسایل مربوط به محاسبات بار و حداکثر درخواست (دیماند) و دیگر مطالب مربوط ، به پیوست 7P1 مراجعه شود .مطالب زیر عمدتا" به ضریب درخواست (دیماند) — g - ارتباط پیدا می کند و مطالب اضافی آن برای اطلاع بیشتر ارائه شده است . (بند 7P1-۱-٤ را ببینید).

یادآوری ۲ - در تخمین و محاسبه حداکثر درخواست، نکته ای که باید مراعات شود این است که واحد اندازه گیری حداکثر درخواست و توان وصل شده از یک جنس انتخاب شوند . محاسبات را می توان بر حسب آمپر یا ولت آمپر یا وات و یا مضاربی از هر کدام از آنها (کیلوولت آمپر یا کیلووات) انجام داد و بعد از حصول نتیجه ، به واحدی تبدیل کرد که مورد نیاز است .

۷۱۱-۱- تعیین g برای برآورد کل درخواست یک ساختمان (محل تحویل نیرو - محل انشعاب)

تخمین g برای برآورد کل درخواست یک ساختمان مشتمل بر مصارف مختلفی که ممکن است در آن وجود داشته باشند و با استفاده از جدول ۷-۱ و شکل ۷۱۱-۱ انجام می شود . استفاده از شکل ۷۱۱-۱ در واقع وارد کردن ضریب همزمانی است که در پیوست 7P1-۱-٤ ، درباره ماهیت آن صحبت شده است ولی در مدرک IEC, 64(Secretariat) 254 با آن گذرا برخورد شده است .

حداقل رواداری ضرایب به دست آمده از جدول ۷۱۱-۱ و شکل ۷۱۱-۱ ، ۱۰٪ است .

۷۱۱-۲- تعیین g برای برآورد قسمتی از یک ساختمان (یک تابلوی نیروی میانی یا فرعی)

تخمین g برای برآورد یک تابلوی میانی یا فرعی که بستگی به انواع مصرف کننده های آن دارد، با استفاده ازجدول ۷-۲ انجام می شود . نتیجه بدست آمده از این محاسبات را می توان با در دست داشتن محاسبات مربوط به همه تابلوها برای برآورد کل باریک تابلوی میانی از جمع تابلوهای فرعی یا کل ساختمان از جمع تابلوهای میانی مورد استفاده قرار

داد، به شرطی که از ضرایب همزمانی مناسب استفاده شود. IEC برای ضرایب همزمانی ، مقادیری را مشخص ننموده است .

۷۱۱-۳- تعیین g برای مدارهای پریز

برآورد توان پریزها در ساختمانهای مسکونی و آپارتمانها همیشه مورد سؤال بوده است . بعضیها اعتقاد دارند توان هر پریز باید عددی بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ وات انتخاب شود . در مبحث ۱۳ از مقررات ملی ساختمانی ایران "طرح و اجرای تأسیسات برقی ساختمانها" ، گفته شده است که مصرف هر مدار مربوط به پریزها باید به اندازه مقدار اسمی وسیله حفاظتی آن باشد(برای مثال اگر یک مدار پریز با کلید خودکار مینیاتوری ۱۶ آمپر حفاظت شود، درخواست آن مدار ۱۶ آمپر خواهد بود) . اما اینک IEC توصیه می کند که برای پریزهای عمومی به تناسب تعداد آنها درهر مدار ، از مقادیر جدول ۳-۷ استفاده شود :

جدول ۷-۳ مقادیر تخمینی ضریب "g" برای مدار پریز

تعداد پریزها در یک مدار	۱	۲	٤	۸	بیش از ۸
ضریب درخواست "g"	۱	۰،٦	۰،۳	۰،۱۵	کمتر از ۰،۱۵

برای پریزهای آشپزخانه باید اعداد بزرگتری جهت g انتخاب شود. در مورد لوازم نصب ثابت که بوسیله پریز تغذیه می شوند هم باید از مقادیر بزرگتر استفاده شود . برای ساختمانهای تجاری و صنعتی باید از روشهایی مشابه استفاده شود.

جدول ۷-۱ مقادیرتخمینی‌ضریب 'g' طبق IEC 64 (Secretariat) 254 ادامه‌دارد

شماره ردیف	نوع تاسیسات ساختمان/سازه	ضریب درخواست 'g' برای ورودی اصلی انشعاب	ملاحظات صفحه ۱ از ۳
1	**ساختمانهای مسکونی**		
1-1	خانه مستقل	۰/۴	
1-2	بلوکهای آپارتمانی	طبق منحنیهای شکل ۷۰۰-۲-۲	ضریب درخواست 'g' باید ازروی منحنیهای شکل ۷۰۰-۲-۲ طبق میانگین بارهای وصل شده درهر آپارتمان انتخاب شود.
1-2-1	بدون گرمایش برقی (اصلی) یاتهویه مطبوع		
1-2-1-1	باروشنایی وتعدادی لوازم برقی کوچک		
1-2-1-2	مکان مسکونی باتجهیزات کامل برقی ولی بدون گرمایش برقی وتهویه مطبوع		
1-2-2	مجهز به گرمایش برقی (اصلی) یاتهویه مطبوع	طبق منحنیهای شکل ۷۰۰-۲-۲	درخواست بارکل ازجمع درخواستهای مربوط به گرمایش-تهویه و همه بقیه درخواستهای دیگر حاصل می شود اگرپیشبینی شده باشد بارهای گرمایشی-تهویه وبارهای عمومی همزمان نشوند، بارهای عمومی با تخفیف اعمال می شوند.
1-2-2-1	درخواست بار عمومی		
1-2-2-2	درخواست بارگرمایشی وسرمایشی	۱/۰ - ۰/۸	
2	**ساختمانهای عمومی**		
2-1	هتلها پانسیونها-آپارتمانهای مبله	۰/۸ - ۰/۶	
2-2	اداره (دفتر) کوچک	۰/۷ - ۰/۵	
2-3	ساختمانهای اداری بزرگ	۰/۸ - ۰/۷	
	بانکها، شرکتهای بیمه، ادارات دولتی		
2-4	مغازه ها	۰/۷ - ۰/۵	
2-5	فروشگاههای بزرگ	۰/۹ - ۰/۷	
2-6	مدارس	۰/۷ - ۰/۶	
2-7	بیمارستانها	۰/۷۵ - ۰/۵	
2-8	محلهای اجتماع	۰/۸ - ۰/۶	
	مساجد، میدانهای ورزشی تئاترها، رستورانها		
2-9	ساختمان ترمینال، فرودگاه، راه‌آهن	بایدبامطالعه انتخاب شود	

جدول ۷-۱ مقادیر تخمینی ضریب 'g' طبق IEC 64 (Secretariat) 254 ادامه دارد

شماره ردیف	نوع تاسیسات ساختمان، سازه	ضریب درخواست 'g' برای ورودی اصلی انشعاب	ملاحظات صفحه ۲ از ۳
3	صنایع مهندسی مکانیک		
3-1	فلزکاری	۰٫۲۵	عموماً توان موتورها بیش از مقدار لازم اند.
3-2	خودروسازی	۰٫۲۵	
4	کاغذ و خمیرسازی	۰٫۵ - ۰٫۷	ضریب درخواست تا حد زیاد بستگی به توان تجهیزات اضطراری لازم، دارد
5	صنایع نساجی		
5-1	کارخانه ریسندگی	۰٫۷۵	
5-2	بافندگی و عملیات مختلط	۰٫۶ - ۰٫۷	
6	صنایع لاستیک	۰٫۶ - ۰٫۷	
7	صنایع شیمیایی صنعت نفت	۰٫۵ - ۰٫۷	نظر به حساس بودن عملیات شیمیایی به قطع برق، مقدار توان درخواستی باید به قدر کافی مطمئن باشد.
8	کارخانه سیمان	۰٫۸ - ۰٫۹	برای مثال: تولید در حدود ۳۵۰۰ تن در روز با حدود ۵۰۰ موتور. در ظرفیتهای بالا از موتور فشارقوی استفاده می‌شود.
9	صنایع غذایی		
9-1	به طور کلی (شامل مهندسی تولید)	۰٫۷ - ۰٫۹	
9-2	سیلوها	۰٫۸ - ۰٫۹	
10	استخراج ذغال سنگ		
10-1	ذغال سنگ — آماده‌سازی	۰٫۸ - ۱٫۰	
	ذغال سنگ — زیرزمین	۱٫۰	
10-2	لینیت — به طور کلی	۰٫۷	
	لینیت — استخراج	۰٫۸	
11	کارخانه ذوب آهن		
	کوره‌های دمنده - کنورتورها		
11-1	دمنده‌ها	۰٫۸ - ۰٫۹	
11-1	موتورهای جنبی	۰٫۵	

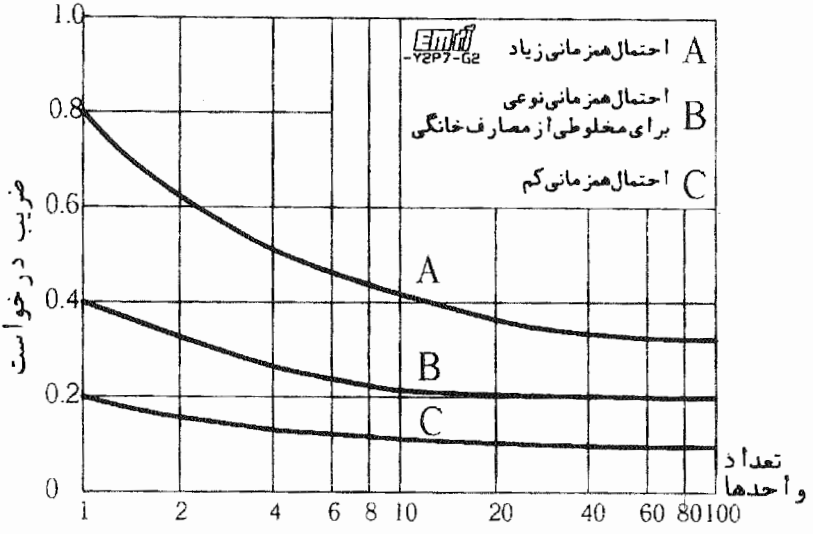
جدول ۷-۱ مقادیر تخمینی ضریب 'g' طبق IEC 64 (Secretariat) 254

شماره ردیف	نوع تاسیسات ساختمان/سازه	ضریب درخواست 'g' برای ورودی اصلی انشعاب	ملاحظات (صفحه ۳/۱۳)
12	**کارخانه نورد**		درهمه موارد در ردیف 12 ضریب 'g' تابع تعداد موتورهای اضطراری است
	عمومی	۰/۵ - ۰/۸	
12-1	تامین آب و تهویه	۰/۸ - ۰/۹	
12-2	مصارف کمکی برای نورد — بسترخنک کن	۰/۵ - ۰/۷	
	بسترلوپر Looper	۰/۶ - ۰/۸	
	بسترخنک ولوپر	۰/۳ - ۰/۵	
12-3	خطوط پرداخت	۰/۲ - ۰/۶	
13	**حوضچه‌های شناور**		شیمیایی به قطع برق، مقدار توان درخواستی باید به قدر کافی مطمئن باشد.
13-1	عملیات بمباژ بلند کردن	۰/۹	
13-2	تعمیرات بدون بمباژ	۰/۵	
14	**روشنایی تونلهای خیابانی**	۱/۰	
15	**تاسیسات ترافیک**	۱/۰	
16	**بالابرها**	۰/۵ برای هر بالابر	بالابرها دارای رژیم کاری منقطع می‌باشد لذا درخواست تابع مکانی است که مورد استفاده قرار داده می‌شوند.
17	**آسانسورها**	۰/۵ (بسته به ساعات روز شدید اً متغیر است)	برای راه اندازی چند بالابر یا آسانسور باید به افت ولتاژ توجه شود.

جدول ۷-۲ مقادیر تخمینی ضریب "g" چندنوع مصرف برای برآورد درخواست در تابلوهای میانی و فرعی

همه ضرایب، برای نوع مصرف ذکر شده معتبر است. برای هر نقطه توزیع، شرایط کار بارهای وصل شده در صورت وجود، باید به حساب آورده شوند

نوع بار / نوع مکان	روشنایی	پریزها بند ۷۰۰-۲-۲ دیده نشود	آبگرمکن متمرکز نشده	آبگرمکن متمرکز شده	آشپزخانه / نهارخوری	تبرید	لوازم خانگی (نصب ثابت)	سیستمهای پیام رسانی و علایم	آسانسور و پله برقی	گرمایش و سرمایش	سرمایش غیرمتمرکز	داده پردازی الکترونیک	بارهای مخصوص بسته به نوع سرویس	واحدهای آزمونی و نمایشی	سیستمهای نورافکن (فلاد لایت)
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]
1 خانه مستقل	۰/۶	۰/۲	۰/۵	۱	۰/۷۵	–	۰/۷	–	۰/۵	۱	۰/۸	هر مورد احتیاج به بررسی انفرادی دارد	–	–	–
2 هتلها وغیره	۰/۷	۰/۱	۰/۵	۱	۰/۸	۰/۸	–	۰/۵	۰/۵	۱	–		برای هر مورد لازم است مقداری انفرادی مشخص شود	–	۱
3 اداره دفترکوچک	۰/۸	۰/۱	۰/۳	۱	۰/۵	۰/۴	–	–	۰/۷	۱	–			–	–
4 ساختمانهای اداری بزرگ	۰/۸	۰/۱	۰/۳	۱	۰/۸	۰/۴	–	۰/۵	۰/۷	۱	–			–	۱
5 مغازه ها	۰/۹	۰/۳	۰/۶	۱	۰/۵	۰/۶	–	–	۰/۷	۱	–			۰/۲	–
6 فروشگاههای بزرگ	۰/۹	۰/۲	۰/۳	۱	۰/۸	۰/۶	–	۰/۵	۰/۷	۱	–			۰/۲	۱
7 مدارس	۰/۹	۰/۱	۰/۳	۱	۰/۸	۰/۴	–	–	–	۱	–			۰/۴	–
8 دانشگاهها مدارس عالی	۰/۸	۰/۱	۰/۳	۱	۰/۸	۰/۴	–	۰/۵	۰/۲	۱	–			۰/۴	–
9 بیمارستانها	۰/۷	۰/۱	۰/۷	۱	۰/۸	۰/۸	–	۰/۵	۰/۵	۱	–			–	–
10 محلهای اجتماع تالارهای گردهمایی	۰/۹	۰/۱	۰/۳	۱	۰/۸	۰/۶	–	–	۰/۵	۱	–			۰/۴	۱



شکل ۷۱۱-۱ ضریب درخواست برای یک گروه واحد مسکونی

۷۱۲- شدت جریان اسمی وسیله حفاظتی (I_n)

شدت جریان اسمی (I_n) وسایل حفاظتی ، بسته به نوع آنها دارای تعریفهایی است ، که در استانداردهای تجهیزات مربوط به هر یک ، مشخص شده است .

وسایل حفاظتی به دو گروه تقسیم می شوند:

- وسایل حفاظتی غیرقابل تنظیم ؛
- وسایل حفاظتی قابل تنظیم .

۷۱۲-۱- وسایل حفاظتی غیرقابل تنظیم (non-adjustable protective devices)

لوازم غیرقابل تنظیم عبارتند از فیوزها و کلیدهای خودکار مینیاتوری. برای مثال استانداردهای اینگونه لوازم غیرقابل تنظیم جریان، عبارتند از :

۱) ردیف استانداردهای IEC 269 یا VDE 0636 و استانداردهای دیگر - فیوزهای فشار ضعیف

۲) ردیف استانداردهای IEC 898 یا VDE 0641 و استانداردهای دیگر – کلیدهای خودکار مینیاتوری

توصیه می شود همیشه آخرین چاپ موجود استانداردها مورد استفاده قرار گیرد .

نمونه هایی برای مقادیر I_n لوازم غیرقابل تنظیم، در جدولهای ۷-٤ تا ۷-۷ داده شده اند.

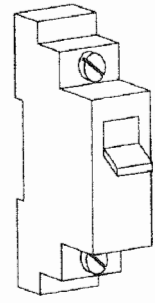
جدول ۷-۴ شدت جریانهای اسمی In ،عدم قطع I_1 وقطع I_2
برای کلیدهای مینیاتور خودکار در حفاظت هادیها و کابلها

شماره اندازه	I_2 (It) آمپر	I_1 (Int) آمپر	In آمپر	برای جریان متناوب AC
۶	۸/۴	۶	۴	
۹	۱۱/۴	۹	۶	
۱۲	۱۵/۲	۱۲	۸	
۱۵	۱۹	۱۵	۱۰	
۱۷	۲۱	۱۶/۸	۱۲	
۲۲	۲۸	۲۲/۴	۱۶	
۲۸	۳۵	۲۸	۲۰	
۳۵	۴۳/۷۵	۳۵	۲۵	
۴۲	۵۱/۲	۴۱/۵	۳۲	
(۴۶)	(۵۶)	(۴۵/۵)	(۳۵)	
۵۲	۶۴	۵۲	۴۰	
۶۵	۸۰	۶۵	۵۰	
۸۲	۱۰۰/۸	۸۲	۶۳	

(طبق VDE 641)

(It) = Tripping Current (Int) = Non-Tripping Current

AC



MCB

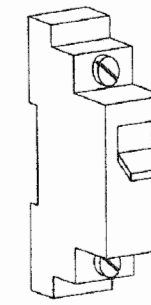
جدول ۷-۵ شدت جریانهای اسمی In ،عدم قطع I_1 وقطع I_2
برای کلیدهای مینیاتور خودکار در حفاظت هادیها و کابلها

I_2 (It) آمپر	I_1 (Int) آمپر	In آمپر	برای جریان مستقیم DC
۱۱/۴	۹	۶	
۱۹	۱۵	۱۰	
۲۸	۲۲/۴	۱۶	
۳۵	۲۸	۲۰	
۴۳/۷۵	۳۵	۲۵	
۵۱/۲	۴۵/۵	۳۲	
۶۴	۵۲	۴۰	
۸۰	۶۵	۵۰	
۱۰۰/۸	۸۲	۶۳	

(طبق VDE 641)

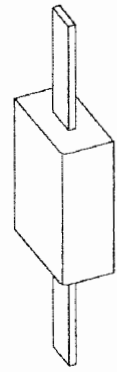
(It) = Tripping Current (Int) = Non-Tripping Current

DC



MCB

HRC

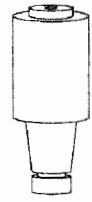


جدول ۷-۶ شدت جریانهای اسمی In ،عدم ذوب I_1 وذوب I_2 زمان قراردادی برای فیوزهای فشار ضعیف HRC برای حفاظت کابلها و هادیها تا ۱۲۵ آمپر و ۵۰۰ ولت جریان متناوب طبق VDE 636

مدت زمان قراردادی برای آزمون h	I_2 (If) آمپر	I_1 (Inf) آمپر	In آمپر
۱	۲٫۱ In	۱٫۵ In	تا ۴
۱	۱٫۹ In	۱٫۵ In	بیش از ۴ تا ۱۰
۱	۱٫۷۵ In	۱٫۴ In	بیش از ۱۰ تا ۲۵
۱	۱٫۶ In	۱٫۳ In	بیش از ۲۵ تا ۶۳
۲	۱٫۶ In	۱٫۳ In	بیش از ۶۳ تا ۱۶۰
۳	۱٫۵ In	۱٫۳ In	بیش از ۱۶۰ تا ۴۰۰
۴	۱٫۶ In	۱٫۳ In	بیش از ۴۰۰

(If) = Fusing Current (Inf) = Non-Fusing Current

E27
E33
R1¼



جدول ۷-۷ شدت جریانهای اسمی In ،عدم ذوب I_1 وذوب I_2 زمان قراردادی برای فیوزهای فشار ضعیف D برای حفاظت کابلها و هادیها تا ۱۰۰ آمپر و ۵۰۰ ولت جریان متناوب طبق VDE 636

مدت زمان قراردادی برای آزمون h	I_2 (If) آمپر	I_1 (Inf) آمپر	In آمپر
۱	۲٫۱ In	۱٫۵ In	تا ۴
۱	۱٫۹ In	۱٫۵ In	بیش از ۴ تا ۱۰
۱	۱٫۷۵ In	۱٫۴ In	بیش از ۱۰ تا ۲۵
۱	۱٫۶ In	۱٫۳ In	بیش از ۲۵ تا ۶۳
۲	۱٫۵ In	۱٫۳ In	بیش از ۶۳ تا ۱۰۰

(If) = Fusing Current (Inf) = Non-Fusing Current

۷۲۱-۲- وسایل حفاظتی قابل تنظیم adjustable protective devices

لوازم قابل تنظیم عبارتند از کلیدهای خودکار و راه اندازهای موتور . شدت جریان اسمی (I_n) وسایل حفاظتی قابل تنظیم ، شدت جریانی است که استفاده کننده روی کلید تنظیم می کند .

مثالهایی برای استانداردهای لوازم قابل تنظیم جریان ، عبارتند از :

۱) ردیف استانداردهای IEC157 یا VDE 0660 لوازم قطع و وصل و تنظیم ، کلیدهای خودکار ؛

۲) ردیف استانداردهای IEC292 یا VDE 0660 راه انداز موتورهای فشار ضعیف ،راه اندازهای وصل مستقیم به شبکه (ولتاژ کامل) .

نمونه هایی برای مقادیر تنظیمی I_n در جدول ۷-۸ و ۷-۹ داده شده است .

جدول ۷-۸ شاخصه‌های عمل قطع رهاساز اضافه جریان باتاخیر عکس زمان هنگامی که همه قطبهای آن برقدار باشند
طبق IEC 157-1 و VDE 641

وسیله رهاساز (Release)	شدت جریان تنظیم شده Ir آمپر	A	B	T (ساعت)	دمای محیط پایه
جبران نشده برای دمای محیط (Non-Compensated)	Ir ۶۳	۱٫۰۵	۱٫۳۵	۱	۲۰°C یا ۴۰°C مگر
	Ir ۶۳	۱٫۰۵	۱٫۲۵	۲	مقداری دیگر تعیین شود
جبران شده برای دمای محیط (Compensated)	Ir ۶۳	۱٫۰۵	۱٫۳۰	۱	۲۰°C+
		۱٫۰۵	۱٫۴۰	۱	۵°C-
		۱٫۰۰	۱٫۳۰	۱	۴۰°C+
	Ir ۶۳	۱٫۰۵	۱٫۲۵	۲	۲۰°C+
		۱٫۰۵	۱٫۳۵	۲	۵°C-
		۱٫۰۰	۱٫۲۵	۲	۴۰°C+

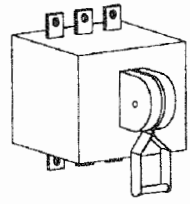
یادآوری - هرگاه تنها ۲ قطب از ۳ قطب و سیله رهاساز اضافه جریان (Opening release) مورد استفاده باشند، شدت جریان ستون B باید به مقدار ۱۰٪ از زیاد داده شود.

Ir شدت جریان تنظیم شده
A×Ir شدت جریان عدم قطع که با جریان Ir مطابقت می‌کند
B×Ir شدت جریان قطع که با جریان Ir مطابقت می‌کند
T زمان عدم قطع قراردادی و زمان قطع قراردادی

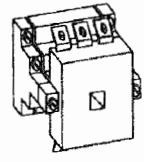
جدول ۷-۹ شاخصه‌های عمل قطع رهاساز اضافه جریان باتاخیر عکس زمان در دمای تعیین شده طبق IEC 947

همه قطبها برقدارند		مدت زمان قراردادی h
شدت جریان عدم قطع قراردادی	شدت جریان قطع قراردادی	
۱٫۰۵×Ir	۱٫۳۰×Ir	۲
		برای ۶۳ In ۱ ساعت

کلید خودکار CB



کلید راه انداز Starter



EMIT -Y2P7-G3

در جدولهای ۷-٤ تا ۷-۹ ، شدت جریانهای اسمی I_n و جریان عدم ذوب I_1 و جریان ذوب I_2 نیز داده شده اند تا در رابطه های(۱) و (۲) بخش ۷۱۰ مورد استفاده قرار داده شوند.

یادآوری - لازم است دقت شود که در مورد لوازم حفاظتی قابل تنظیم ، مقادیر تنظیم شده طبق مفاد استاندارد هر یک از آنها انتخاب شود زیرا ممکن است تفاوتهایی بین استانداردهای مختلف ، وجود داشته باشند.

۷۱۳- شدت جریان مجاز حرارتی مداوم کابلها و هادیها (I_Z)

(continuous current-carrying capacity)

شدت جریان I_Z یا شدت جریان مجاز حرارتی مداوم کابلها و هادیها ، جریانی است که کابل یا هادی می تواند در شرایط معین ، از نظر نوع عایق و نحوه نصب و شرایط دیگر مانند دمای محیط و غیره . بدون آنکه به عایق آسیبی برسد، به طور دایم از خود عبور دهد .

مثالهایی برای مقررات تعیین شدت جریان I_Z ، عبارتند از :

۱) استانداردهای IEC 364-5-523 یا VDE 0298 مقادیر توصیه شده برای شدت جریان مجاز حرارتی را در انواع روشهای نصب و دمای محیط ، برای انواع هادیها و کابلها نشان می دهد .

پیوست دوم از فصل هفتم به نام "انتخاب و محاسبه جریان مجاز مدارها با استفاده از روش IEC 364-5-523 (فشار ضعیف) روش کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک را بازگو می کند . پیوست سوم، "انتخاب و محاسبه جریان مجازمدارها با استفاده از جدولهای VDE 0100 " ، مواردی را نشان می دهد که جنبه ای آشنا نیز دارند، زیرا روشهایی از آن از دیرباز در کشور مورد استفاده بوده است .

۷۱۴- جریانی که عمل کلید یا فیوز را تضمین می کند

current ensurin effective operation I_2

۷۱۴-۱- شاید در تمامی بحث مربوط به انتخاب و محاسبه یک مدار ، I_2 مهمترین مشخصه ای است که باید به آن پرداخته شود . اما بدون بحث درباره I_1 ، یعنی شدت جریانی که سبب قطع یا ذوب وسیله نمی شود، نتیجه گیری ناقص خواهد ماند .

به طور کلی همه وسایلی که کنترل کننده کمیتی هستند بین دو حد کار می کنند: حد پایین که از آن پایینتر سیستم عکس العمل نشان نمی دهد و حد بالا که بالاتر از آن سیستم حتماً عکس العمل نشان می دهد . در مورد بحث ما، عامل زمان هم اهمیتی عمده دارد . در جدولهای ۷-٦ تا ۷-۹ علاوه بر شدت جریانهای I_1 و I_2 ، زمان هم به مدت ۱ یا ۲ یا ۳ یا ٤ ساعت ذکر شده است . در جدولهای ۷-٤ و ۷-۵ عامل زمان ذکر نشده است، اما در استانداردهای مربوط این زمانها وجود دارند . زمانهای مورد بحث ، زمانهای قراردادی می باشند که در عمل نتیجه گیری خوبی از انتخاب آنها حاصل شده است .

به طور خلاصه هر وسیله حفاظتی با شدت جریان نامی آن شناخته می شود(I_n). جریان نامی جریانی است که اگر به صورت مداوم عبور کند سبب قطع وسیله نمی شود برای

جریان نامی هر وسیله حفاظتی دو نوع جریان طبق استاندارد مربوط به آن وسیله تعریف می شود.

- جریان آزمونی کوچک (I_1)؛
- جریان آزمونی بزرگ (I_2).

جریان آزمونی کوچک (I_1) وسیله را در زمان قراردادی قطع یا نوب نمی کند. (اما اگر زمان بیشتر شود، ممکن است وسیله را فوراً یا پس از مدتی غیرمشخص قطع کند.)
جریان آزمونی بزرگ (I_2) اگر به طور مداوم عبور کند، باید سبب قطع یا نوب وسیله در زمان قراردادی شود. (این جریان ممکن است پس از چند دقیقه یا در آخرین لحظه زمان قراردادی سبب قطع یا نوب وسیله شود.)

یادآوری - بعضی از استانداردها شروع آزمون برای I_1 را از حالت سرد (دمای اطاق) آغاز می کنند که وسیله نباید در زمان قراردادی (مثلاً یک ساعت) عمل کند و قبل از سپری شدن زمان قراردادی بعدی، جریان I_2 را قطع کند. زمان سپری شده ممکن است چند دقیقه یا لحظه ای قبل از اتمام زمان قراردادی باشد.

حال ببینیم چه عواملی و چگونه در انتخاب I_Z و در نتیجه مشخصات مدار که هدف ما تعیین آن است، دخالت دارند.

۷۱۴-۲- به یاد داشته باشیم که I_Z طبق تعریف، شدت جریان مجاز حرارتی مداوم است. اما معمولاً حداکثر جریان درخواست یا I_B که مشخصه اولیه انتخاب یک مدار است مداوم نیست و در مصارف عادی در ساعاتی از شبانه روز، جریان مصرف خیلی کمتر از I_B است. در هر حال نتیجه گیریهای تجربی که از بحث ما حاصل می شود، بر این اصل استوار است که مصرف واقعی یک مدار در طول شبانه روز به اندازه I_B نیست و حداکثر درخواست مدت کوتاهی برقرار باقی می ماند. اما اینکه این مدت کوتاه چقدر است و در بقیه زمان مقدار جریان چه اندازه است، در واقع نامعلوم است و اگر در چند مورد با انجام اندازه گیریهای پرخرج این مقادیر دقیقتر تعیین شوند، نتیجه به هیچ وجه قابل تعمیم نخواهد بود.

یادآور می شود که برای مدارهای تغذیه کننده مصارفی که بار آنها به مدتی طولانی در حداکثر باقی می ماند، باید روشهای دیگری به کار گرفته شوند.

۷۱۴-۳- نکته بعدی که باید به آن توجه شود این است که با وجود اینکه شروع جستجوی ما برای تعیین I_Z، حداکثر جریان درخواست یا I_B است ولی I_B فقط برای انتخاب شدت جریان نامی وسیله حفاظتی یا I_n مورد استفاده قرار داده می شود و از آن پس I_n است که مورد استفاده قرار داده می شود.

به طوری که ملاحظه می شود در روابط (۱) و (۲) بخش ۷۱۰ که در زیر نیز تکرار شده اند و شکل ۷۱۰-۱ به صورت گرافیک نشان می دهد ، I_n باید بزرگتر از I_B و I_Z هم بزرگتر از I_n باشد. اما در رابطه (۲) این I_2 است که نباید از ۱،٤٥ برابر I_Z بیشتر باشد و بدیهی است که I_2 بستگی به I_n دارد . به عبارت دیگر به محض انتخاب I_n ، در بقیه مسایل با I_B کاری نخواهیم داشت .

$$I_B \le I_n \le I_Z \qquad (۱)$$

$$I_2 \le 1.45 I_Z \qquad (۲)$$

اما این ضریب ۱،٤٥ چیست و چگونه در انتخاب I_Z خودنمایی می کند؟ ۱،٤٥ ضریبی است انتخابی، درست مانند زمان قراردادی، که در عمل نتیجه رضایت بخشی را ارائه می دهد . اساساً هدف و سعی سازندگان وسایل حفاظتی در این است که وسایل ساخت آنها (فیوز و کلید خودکار مینیاتوری) طوری ساخته شوند که رابطه زیر برقرار باشد:

$$I_2 = 1.45 In$$

اگر این هدف به دست آید ، با جایگزینی I_2 در رابطه (۲) رابطه زیر حاصل می شود و دیگر لزومی به تعریف جریان I_2 نخواهد بود :

$$In \le I_Z$$

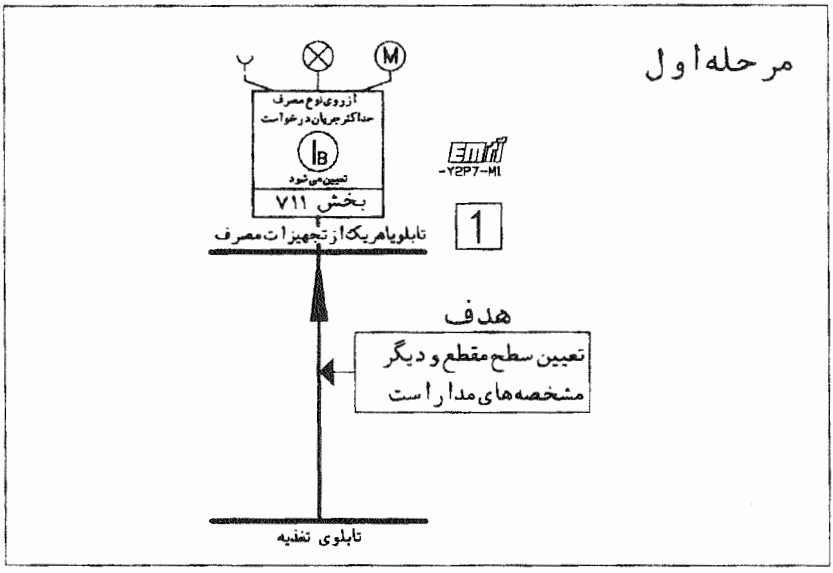
درعین حال باید توجه داشت که روش موجود بی عیب نیست . در واقع هر چه فاصله بین I_1 و I_2 کمتر باشد، نتیجه اقتصادی تر و بهتری حاصل خواهد شد . طبق گزارشها ، رسیدن به هدف موردنظر به زودی میسر نخواهد بود و لذا روش ذکر شده یعنی رعایت روابط (۱) و (۲) تا مدتها مورد استفاده خواهد بود.

پس به طور خلاصه سازندگان وسایل حفاظتی مدارها در برابر اضافه بار ، باید دو هدف را تعقیب کنند :

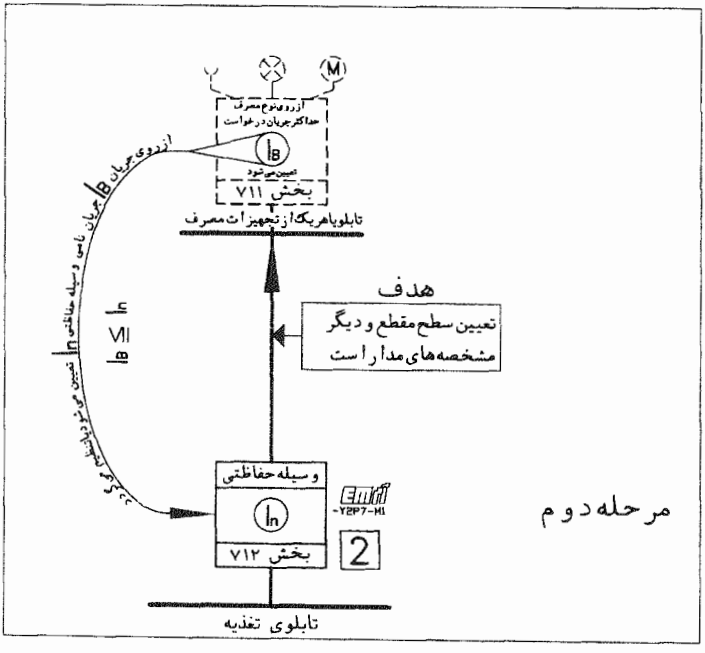
۱ -- در کوتاه مدت وسایلی را بسازند که در آنها $In \simeq 1.45 I_2$ باشد. در این صورت دیگر احتیاجی به جریان I_2 نخواهد بود و لذا رابطه (۲) خود به خود حذف می شود و تنها رعایت رابطه (۱) کافی خواهد بود.

۲ -- در دراز مدت ، که تحقق آن به این زودیها ممکن نخواهد بود ، هدف کم کردن فاصله بین I_1 و I_2 است . هرچه این فاصله کمتر باشد ، وسیله حفاظتی دقیقتر و حساستر عمل خواهد کرد.

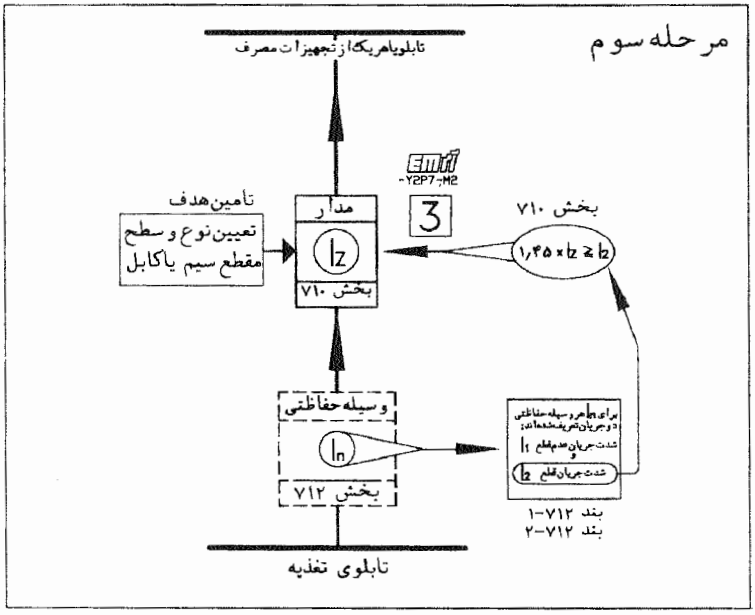
در شکلهای ۷۱٤-۱ تا ۷۱٤-٤ روش انتخاب I_Z که از روی مشخصه های مدار، مخصوصاً سطح مقطع آن، تعیین می شود، به صورت شماتیک نشان داده شده است .



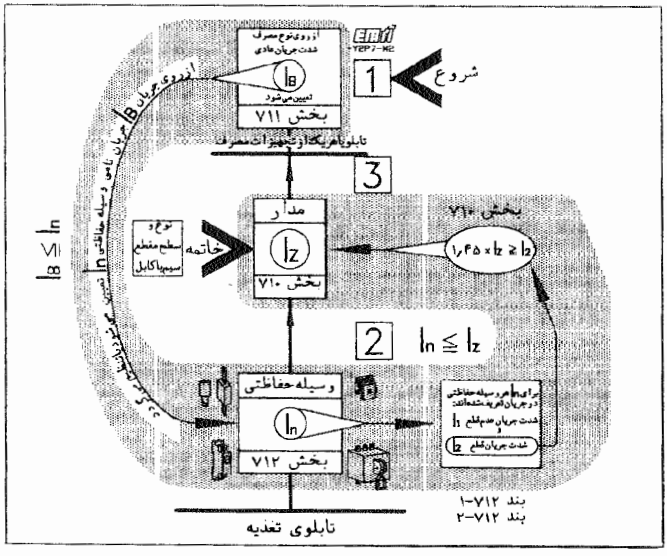
شکل ۷۱۴-۱-(الف) مرحله اول : تعیین حداکثر شدت جریان درخواست I_n



شکل ۷۱۴-۱-(ب) مرحله دوم : تعیین شدت جریان نامی وسیله حفاظتی I_n



شکل ۷۱٤-۱-(ج) مرحله سوم: تعیین شدت جریان قطع I_2 و شدت جریان مجاز حرارتی I_Z و شاخصه های دیگر مدار



شکل ۷۱٤-۲ نمایش ترتیب انتخاب شاخصه های یک مدار و مراحل سه گانه آن در یک طرحواره

۷۱۵- انتخاب و محاسبه عملی مدارها با توجه به جریان مجاز و لزوم اعمال ضرایب تصحیح برای دما و همجواری

۷۱۵-۰- مقدمه

روش انتخاب سطح مقطع یک مدار از روی جریان بار و مفاهیم جنبی مربوط به آن ، به نحوی است که گفته شد. آشنایی با این مفاهیم برای درک مطالب لازم است و با استفاده از جدولهای ۷۱۲-۱ تا ۷۱۲-٦ ، یا جدولهایی مشابه ، می توان به نتیجه مطلوب دست یافت .

درعمل انتخاب سطح مقطع یک مدار به نحوی انجام می شود که در ظاهر فقط بخشی از مطالب گفته شده یعنی I_B و I_n و I_Z را مورد استفاده قرار می دهد ولی راجع به جریانهای I_1 و I_2 هیچ صحبتی نمی کند. البته با توضیحاتی که قبلاً داده شده است ، I_1 و I_2 جزئی از ساختارهمه لوازم حفاظتی می باشند و در ضمن انجام محاسبات گرچه ممکن است مستقیماً به آنها مراجعه نشود، نتایج باتوجه به نقش آنها حاصل می شود.

یک بار دیگر توجه خواننده را به این مطلب جلب می کند که جریان مجاز مداوم حرارتی که برای یک هادی یا کابل تعیین می شود، در اصل بستگی به نوع عایقبندی و دمای اطراف آن دارد تا اینکه حداکثر دمای عایقبندی از مقداری که سبب انهدام تدریجی یا آنی آن می شود، تجاوز نکند . نوع عایقبندی بسیار مهم است زیرا حداکثر دمای مجاز هر عایق بستگی به جنس آن دارد که در پیوست ۲ جدول 7P2-۱ در این باره صحبت شده است .

عواملی را که دمای کابل را کنترل می کنند مرور می کنیم :

عامل اصلی شدت جریانی است که از هادی عبور می کند و مقداری از انرژی آن در مقاومت هادی تبدیل به گرما می شود . این گرما به محیط اطراف منتقل می گردد تا حد تعادل به دست آید و در این حالت دمای هادی نباید از مقدار مجاز عایق آن بیشتر شود . اما اگر جریان مصرف ثابت باشد ، انرژی تبدیل شده به گرما در داخل هادی هم کمابیش ثابت بوده و گرمای منتقل شده به محیط وابسته به دمای محیط خواهد بود . بدیهی است جریان مجاز یک هادی در دمای ۲۰ درجه نسبت به محیطی با دمای ٤۰ درجه خیلی بیشتر است و در نتیجه هادی می تواند در دمای کمتر جریان بیشتری را بدون صدمه زدن به عایقبندی از خود عبور دهد . پس دمای محیط در سرعت خنک شدن هادی و در نتیجه جریان مجاز، مؤثر است . اما شرایط دیگری هم وجود دارند که در دمای نهایی کابل به شرط ثابت بودن دیگر عوامل(شدت جریان و دمای محیط) مؤثرند . اگر به جای دو رشته هادی حامل جریان یکسان (تکفاز) ، سه رشته هادی حامل جریانهای مساوی (سه فاز متعادل) وجود داشته باشند ، در شرایط مساوی، در مدار سه رشته ای انرژی بیشتری به صورت گرما آزاد می شود و بنابراین جریان کمتری باید عبور کند تا در هر دو حالت ، دما از حد مجاز تجاوز نکند . همین طور است حالتی که چندین مدار دو یا سه رشته ای یا مخلوطی از آنها در جوار همدیگر قرار گرفته باشند .

بنابراین تعداد هادیهای حامل جریان در یک مدار و تعداد مدارهای همجوار ، عوامل دیگری هستند که در تعیین شدت جریان مجاز هادیها نقشی مهم دارند.

تمامی مطالب گفته شده در بالا در جدولهایی که برای عایقبندیهای مختلف و هادیها و کابلهای متفاوت تهیه می شوند برای روشهای گوناگون نصب ، جریان مجاز را در دمایی معین (معمولاً ۳۰ درجه سلسیوس) ارائه می دهند.

همچنین جدولی دیگر ، برای دماهای مختلف محیط ، ضرایب تصحیحی ارائه می دهد و در این بین اثر خود محیط را نباید فراموش کرد . تبادل گرما بین یک مدار و هوا ، و همان مدار و زمین ، یکسان نیست. جدولهای دیگری ضرایبی را ارائه می دهند که انواع روشهای نصب و همجواری ایجاد شده به وسیله آنها را به حساب می آورند . به این ضرایب ، "ضرایب تقلیل" گفته می شود.

IEC در این زمینه جدولهای مفصلی را همراه با متون مربوط به آنها تهیه نموده است که باید اساس همه محاسبات قرار گیرد . بخش کوچکی از این جدولها که مدارها و روشهای عمومی تر را در بر می گیرند ، در پیوست ۲ ذکر شده است .

علاوه بر سیستم IEC ، VDE آلمان و دیگر استانداردهای مشابه، روشهایی را که کمی نسبت به IEC تفاوت دارند ارائه داده اند . اما نظر به اینکه در کشور ما از دیرباز از سیستمهای VDE بیشتر استفاده شده و آشناترند ، روش جدیدتر این سیستم ، در پیوست ۳ ذکر شده است .

۷۱۶- مسایل جنبی در انتخاب و محاسبه مدارها با توجه به جریان مجاز

۷۱۶-۰- کلیات

علاوه بر مسایل اصلی مورد بحث ، مسایل جنبی فراوانی در انتخاب و محاسبه مدارها از نظر حفاظت در برابر اضافه بار ، وجود دارند ، از آن جمله اند :

۱ - محل نصب وسیله حفاظتی در چه نقطه ای از مدار مجاز است ؟

۲ - در چه شرایطی می توان از حفاظت اضافه بار صرفنظر نمود؟

۳ - اگر بار بیش از ظرفیت انتقال یک کابل باشد، شرایط نصب چند کابل به موازات همدیگر چیست ؟

در زیر راجع به این مطالب به اختصار بحث خواهد شد .

۷۱۶-۱- محل نصب وسیله حفاظتی در برابر اضافه بار (برای سیستم IT ، ۱۶-۲-۲ دیده شود)

یک وسیله حفاظت در برابر اضافه بار باید در محل تغییر هر یک از مشخصه های مدارنصب شود، مانند:

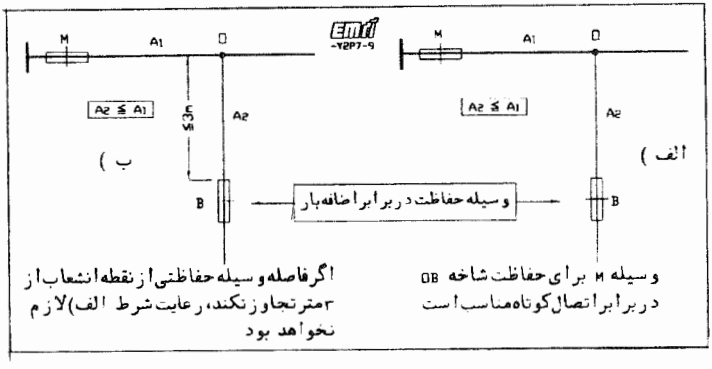
۱ - محل تغییر سطح مقطع مدار ؛

۲ - محل تغییر ساختار کابل یا تغییر شرایط محیط نصب ؛

۳ – محل تغییر ظرفیت کابل (جریان مجاز) به هرعلت (کم شدن مقطع ، جنس هادی ، ساختار کابل). در این میان چند استثنا وجود دارد : وسیله ایجاد حفاظت در برابر اضافه بار یک مدار می تواند در هر نقطه ای از طول مدار قرار گیرد به شرط آن که از محل تغییر مشخصه های مدار تا محل نصب وسیله حفاظتی، هیچ انشعاب یا پریز یا نقطه برداشت دیگری وجود نداشته باشد و یکی از دو شرط زیر نیز برقرار باشد:

الف) مدار طبق خواسته های پیوست ٤ از فصل ٦ ، در برابر اتصال کوتاه حفاظت شده باشد .(شکل ٧١٦-١ الف دیده شود).

ب) طول مدار از محل تغییر مشخصه های مدار تا محل نصب وسیله حفاظتی ، از ۳ متر تجاوز نکند و مدار به نحوی نصب شده باشد که احتمال بروز اتصال کوتاه در این قسمت از مدار حداقل باشد و محل نصب وسیله حفاظتی در نزدیکی مواد محترقه نباشد . (شکل ٧١٦-١ ب دیده شود .)



شکل ٧١٦-١ شرایط نصب وسیله حفاظتی در برابر اضافه بار در نقطه ای غیر از نقطه انشعاب

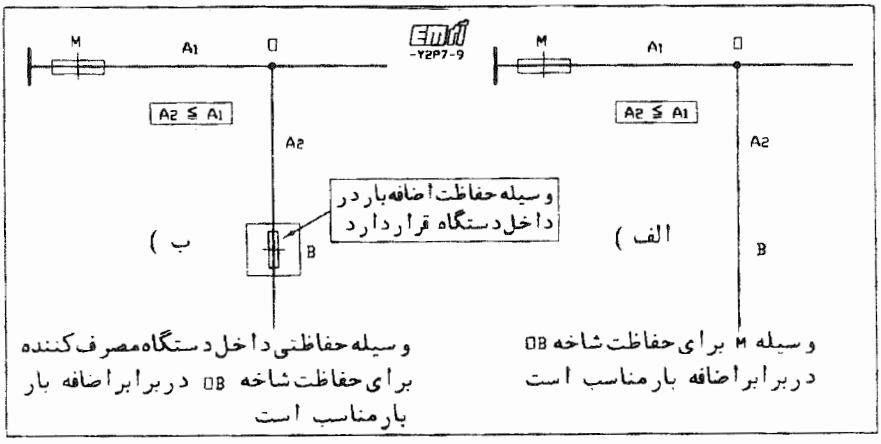
۷۱۶-۲- موارد حذف وسیله حفاظتی در برابر اضافه بار (برای سیستم IT ، ۷۱۶-۳ دیده شود)

در موارد ذکر شده در زیر پیش بینی حفاظت در برابر اضافه بار لازم نخواهد بود . البته این به شرطی است که مقررات دیگری به دلایل مختلف مانند وجود خطر حریق ، نصب این وسایل را الزامی نکند.

الف) وسیله حفاظتی نصب شده در طرف تغذیه به نحوی باشد که هادی انشعابی را در برابر اضافه بار حفاظت کند (شکل ٧١٦-٢- الف) وسیله M برای حفاظت انشعاب O-B مناسب باشد)

ب) مدارهایی که احتمال بروز اضافه بار در آنها وجود ندارد ولی در برابر اتصال کوتاه حفاظت شده و دارای انشعاب یا پریز نباشند . (برای مثال بخاری برقی نصب ثابت جز در صورت بروز خرابی اضافه بار ندارد. مثال دیگر وجود وسیله حفاظتی در خود دستگاه است شکل ٧١٦-٢-ب)) .

ج) برای بعضی مدارها طبق مقررات خاص آنها مانند مدارهای مخابرات ، کنترل، ارسال علائم و مانند آنها .



شکل ۷۱۶-۲ حالتهایی برای عدم استفاده از حفاظت در برابر اضافه بار در مدار انشعابی

مدارهای تغذیه کننده پریز یا موتور را باید با حفاظت اضافه بار در نظر گرفت اما در مورد آنها هم می توان استثنا قائل شد :

د) اگر مشخصه های تغذیه جریان را محدود کند (مانند تغذیه از طریق ترانسفورماتور با امپدانس زیاد)

ه) اگر ساختار وسیله تغذیه شونده از مدار بروز اضافه بار را ناممکن سازد.

در هر حال چنانچه مدار پریز از نوع بند د) در بالا نباشد باید حتماً در برابر اضافه بار حفاظت شود.

۷۱۶-۳- موارد حذف یا تغییر محل وسیله حفاظتی در برابر اضافه بار در سیستمهای IT

پیش بینیهای بندهای ۷۱۶-۱ و ۷۱۶-۲ برای تغییر محل یا حذف وسیله حفاظت در برابر اضافه بار در مورد سیستمهای IT مجاز نیست مگر مدارهایی که در برابر اضافه بار حفاظت نشده است ، یا وسیله جریان تفاضلی حفاظت شده باشد یا همه دستگاههای مورد استفاده مدار و ساختار خود مدار از نوع کلاس II باشد . (بند ۶۲۲-۲ فصل ششم دیده شود .)

۷۱۶-۴- حذف وسیله حفاظتی در برابر اضافه بار با نیت جلوگیری از بی برق شدن مدار

در مواردی که قطع ناگهانی مدار ممکن است باعث بروز خطر شود، توصیه می شود از نصب حفاظت در برابر اضافه بار صرفنظر شود . از این موارد :

۱- مدار تحریک ماشینهای گردان (سنکرون) ؛

۲- مدار تغذیه آهنرباهای بالابر ؛

۳- ثانویه ترانسفورماتورهای جریان ؛

٤- پمپهای آتشنشانی .

در اینگونه موارد توصیه می شود از نوعی وسیله اعلان اضافه بار (سمعی - بصری) استفاده شود .

۷۱۶-۵- شرایط نصب چند کابل به موازات همدیگر از نظر اضافه بار

هنگامی که یک وسیله حفاظتی عهده دار حفاظت چند کابل موازی باشد ، شاخه های موازی هر قطب یا فاز مدار باید دارای جریانهایی که با یکدیگر برابرند ، باشد و البته شدت جریان I_z جمع جریانهای همه شاخه ها خواهد بود . برای رسیدن به این هدف لازم است شرایط زیر رعایت شوند :

- هادیهای هر شاخه باید از یک جنس و با سطح مقطع و طول برابر باشد ؛
- ساختار هادیها یا کابلها یکسان باشد ؛
- نحوه و شرایط نصب هادیها یا کابلها یکسان باشد ؛
- هیچ انشعابی در طول مسیر وجود نداشته باشد .

توصیه می شود هدایت چند کابل موازی فقط در مورد مقاطع بزرگ اجرا شود و در سیم کشیهای تأسیساتی اصلاً مورد استفاده قرار نگیرد .

۷۱۷- حفاظت در برابر اتصال کوتاه

۷۱۷-۰- کلیات

یادآوری ۱ - درباره کلیات پدیده اتصال کوتاه و محاسبه حداقل جریان اتصال کوتاه برای رعایت ایمنی در سیستمهای TN ، در پیوست ٤ از فصل ششم، بحث شده است . در اینجا فقط به ذکر کلیاتی که جنبه یادآوری دارد و بحثی کوتاه درباره شدت جریانهای اتصال کوتاه حداکثر ، اکتفا شده است .

یادآوری ۲ - برای مطالعه بیشتر درباره محاسبه شدت جریانهای اتصال کوتاه، که فصلی مهم از مهندسی قدرت است و در اینجا با آن گذرا برخورد شده است ، استانداردهای IEC 909 و IEC781 را ببینید .

IEC 781 : Application Guide For Calculation of Short-Circuit Currents in L.V Radial Systems

IEC 909 : Short-Circuit Current Calculation in Tree - Phase A.C Systems

بزرگی شدت جریان اتصال کوتاه ، بستگی به دوری یا نزدیکی نقطه وقوع آن نسبت به منبع تغذیه یا انشعاب دارد . شدیدترین جریانها ، در حالتی پیش می آید که اتصال کوتاه در نزدیکی منبع تغذیه یا انشعاب رخ دهد ولی هرچه اتصال کوتاه دورتر از منبع یا انشعاب اتفاق افتد ، از شدت آن کاسته می شود . این مسئله به نوع جریان اتصال کوتاه مربوط نیست ولی به طور کلی برای محاسبه حداکثر جریان اتصالی با نقاطی نزدیک و برای حداقل شدت جریان با نقاطی دور سر و کار داریم .

در تأسیسات فشار ضعیف دو نوع اتصال کوتاه موردنظر است که باید محاسبه شده و تجهیزات در برابر آنها کنترل شوند:

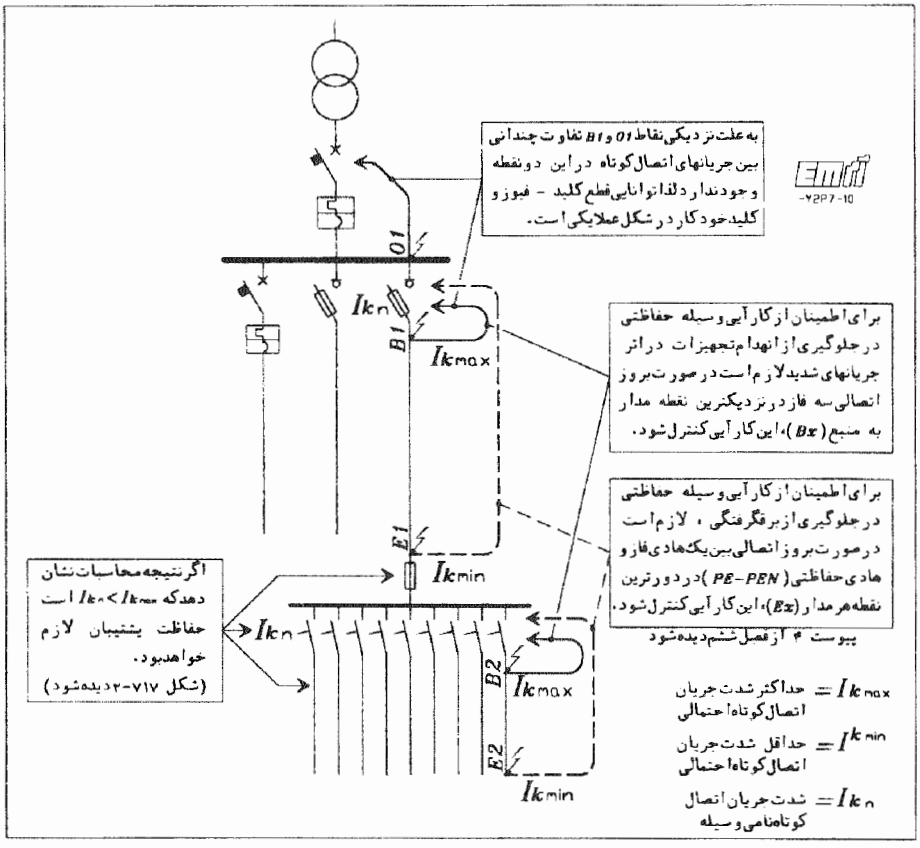
۱) اتصال کوتاهی که با توجه به شرایط موجود در نزدیکی منبع یا به تناسب در جوار تابلوها اتفاق می افتد ، شدیدترین جریانها را در تأسیسات تولید می کند . کلیه اجزای مدارها باید بتوانند در برابر آثار حرارتی و نیروهای دینامیکی این جریانها در مدت زمانی که قبل از عمل وسیله حفاظتی برقرارند ، بدون بروز خرابی ایستادگی کنند . این اجزا عبارتند از تجهیزات قطع ووصل ، مدارها ، کابلها ، کلیدها، وسایل حفاظتی شینه ها و اتصالات .

برای بدست آوردن حداکثر جریان اتصال کوتاه به حالت اتصالی بین سه فاز بسنده می کنند که این برای بعضی موارد کافی نخواهد بود .

۲) اتصال کوتاهی که با توجه به شرایط موجود در دورترین نقطه هر مدار اتفاق می افتد ، خفیفترین جریانها را در تأسیسات تولید می کند.

در سیستم TN وسایل حفاظتی باید به موقع مدار را قطع کنند تا شرایط برقگرفتگی بوجود نیاید (ظرف ۰،٤ ثانیه یا ۵ ثانیه، بسته به نوع تجهیزات تغذیه شونده) پیوست ٤ از فصل ششم دیده شود . نظر به اینکه حداقل جریان اتصال کوتاه برای کنترل کارآیی تجهیزات حفاظت در برابر برقگرفتگی مورد استفاده قرار می گیرد ، در این محاسبات اتصال کوتاه در دورترین نقطه هر مورد، بین یک فاز و هادی مشترک حفاظتی /خنثا (PEN) یا هادی حفاظتی (PE)، محاسبه می شود.

شکل۷۱۷-۱ مطالبی را که در بندهای ۱) و ۲) درباره آنها صحبت شده است نشان می دهد .

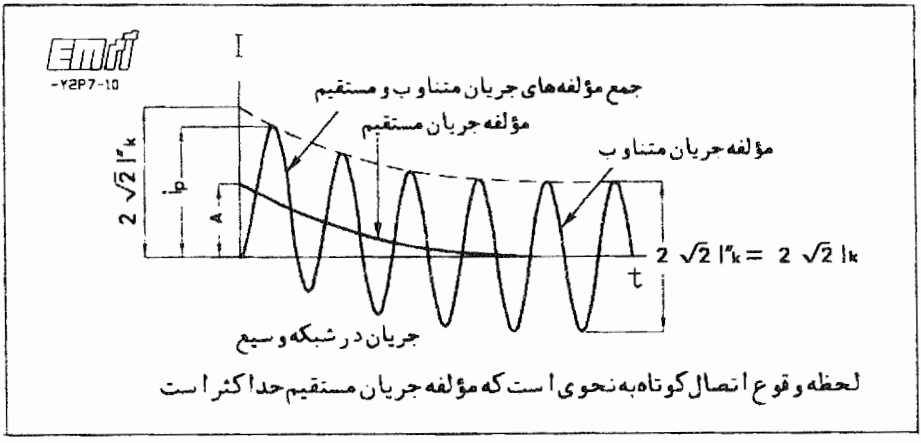


شکل ۷۱۷-۱ بعضی از مسایلی که باید در محاسبه حداکثر و حداقل جریانهای اتصال کوتاه منظور شوند.

۷۱۷-۱- مختصری درباره محاسبه حداکثر شدت جریان اتصال کوتاه

شدت جریانی که در صورت بروز اتصالی در نقطه ای از تأسیسات ،در بخشی از آن که منتهی به نقطه مورد بحث می شود ، جریان اتصال کوتاه احتمالی نامیده می شود.

شکل ۷۱۷-۲ اوسیلوگرام یک اتصال کوتاه با حداکثر جابجایی در یک شبکه وسیع را نشان می دهد.



شکل ۷۱۷-۲ اوسیلوگرام یک اتصال کوتاه با حداکثر جابجایی (حداکثر مؤلفه جریان مستقیم)

در این شکل :

I''_K = مقوار مؤثر (RMS) مؤلفه سینوسی متقارن شدت جریان آغازین اتصال کوتاه ؛

A = حداکثر مؤلفه جریان مستقیم ؛

i_k = حداکثر جمع مقادیر آنی جریانهای مؤلفه های سینوسی ومستقیم ؛

I_k = مقدار مؤثر (RMS) مؤلفه سینوسی متقارن شدت جریان تثبیت شده اتصال کوتاه .

در شبکه های وسیع $I_k = I''_k$ است .

$$I''k = \frac{c.U}{\sqrt{3}.Z} \qquad (۷-۱)$$

در این رابطه :

$I''k$ = مقدار مؤثر (RMS) مؤلفه سینوسی متقارن شدت جریان آغازین اتصال کوتاه ؛

c = ضریب تصحیح است که برای محاسبه حداکثر جریان اتصال کوتاه ۱،۱ = c است ؛

U = ولتاژ بین دو فاز ؛

Z = امپدانس حلقه اتصال کوتاه است که در مورد اتصال کوتاه سه فاز ، امپدانس یک فاز از محل بروز اتصالی تا مبداء می باشد .

۷۱۷-۲- اثر دینامیکی جریان اتصال کوتاه

برای قضاوت درباره آثار مکانیکی احتمالی جریانهای اتصال کوتاه و کنترل حد ایستادگی تجهیزات برقی در برابر این جریانها، طبق شکل ۷۱۷-۲ لازم است حداکثر شدت جریان آنی یا (ip) بدست آید. محاسبه ip، در صورت معلوم بودن مشخصه های کامل مدار، باید طبق خواسته های استانداردهای ذکر شده در یادآوری ۲ از بند ۷۱۷-۰ کلیات اقدام نمود اما باتوجه به رابطه کلی و با انتخاب ضریب X = ۱۸، حداکثر ممکن شدت جریان پیک ip را بدست آورد.

$$i_p = X.\sqrt{2}.I_k'' \qquad (۷-۲)$$

شدت جریان ip که به این ترتیب به دست می آید حداکثر مقدار ممکن و لذا محافظه کارانه است. در بسیاری از موارد واقعی، اگر اطلاعات دقیقتری وجود داشته باشد، ضریب X کمتر از ۱۸ خواهد بود.

۷۱۷-۳- اثر حرارتی جریان اتصال کوتاه

چنانکه بارها اشاره شده است دمای بیش از حد سبب انهدام عایقبندی می شود. در این بین دو گونه حداکثر دمای مجاز برای عایقبندیهای مختلف شناخته می شود: الف) حداکثر دمای مجاز طولانی مدت: این دمایی است که در زمان بهره برداری عادی، دمای کابل نباید از آن تجاوز کند.

ب) حداکثر دمای مجاز کوتاه مدت: این دمایی است که در صورت بروز اتصال کوتاه، از لحظه شروع تا عمل وسیله حفاظتی، دمای کابل نباید از آن تجاوز کند.

در جدول ۷-۱۰ حداکثر دمای مجاز طولانی مدت و حداکثر دمای مجاز کوتاه مدت نشان داده شده اند.

جدول شماره ۷ - ۱۰ حداکثر دمای مجاز طولانی مدت و کوتاه مدت (*) عایقها

EMTT-Y2P7-11

نوع عایقبندی (هادی = مس)	حد مجاز دما		ضریب
	طولانی مدت	کوتاه مدت*	
	°C	°C	k
پلی وینیل کلراید (PVC)	۷۰	۱۶۰	۱۱۵
پلی اتیلن مستحکم (XLPE) و لاستیک (مخلوط) اتیلن - پروپیلن (EPR)	۹۰	۲۵۰	۱۴۳

* "کوتاه مدت" یعنی زمان اتصال کوتاه از ۵ ثانیه طولانی تر نشود. این دما، دمای حداست و نباید از آن تجاوز شود.

پیوست 7P2 و جدول شماره 7P2-۱ را ببینید.

در محاسبات مربوط به حداکثر دمای مجاز کوتاه مدت . چند مطلب را باید در نظر داشت :

۱ - فرض بر این است که به علت کوتاه بودن زمان برقرار ماندن جریان. ازدیاد حرارت هادی به صورت آدیاباتیک انجام می شود یعنی کل انرژی آزاد شده از عبور جریان در مقاومت هادی ، صرف بالا بردن دمای آن می شود و هیچ بخشی از آن به اطراف پخش نمی شود . این یک فرض محافظه کارانه ای است که نتیجه محاسبات به نفع سالم ماندن کابل تمام می شود .

۲ - دمای اولیه هادی (در شروع اتصالی) بسیار مهم است . اگردمای هادی کم باشد، گرمای بیشتری باید صرف بالا بردن دمای آن تا حد مجاز شود. از طرف دیگر در این شرایط یعنی در دمای کمتر هادی ، مقاومت الکتریکی آن هم کمتر از حالت گرم است و در نتیجه جریان اتصال کوتاه ، کمی شدیدتر خواهد بود.

۳ - زمان برقرار ماندن اتصال کوتاه بسیار مهم است که بستگی به نوع وسیله حفاظتی یا تنظیمات آن دارد . فیوزها و بعضی کلیدهای خودکار ، البته بسته به شدت جریان اتصال کوتاه ، محدود کننده جریان می باشند . یعنی در بعضی شرایط، جریان را در زمانی کمتر از یک چهارم پریود (جریان متناوب) قطع می کنند. در حالی که بیشتر کلیدهای خودکار (غیرمحدودکننده) و کلیدهای مینیاتوری پس از گذشت چند پریود اقدام به قطع مدار می کنند . این شاخصه ها بستگی به ساختار وسایل حفاظتی و شدت جریان اتصال کوتاه دارند .

٤ - ضریب انتقال گرما و گرمای مخصوص حجمی هادی که در بالا رفتن دما نقش دارند، بستگی به جنس هادی دارند و باید در نظر گرفته شوند.

رابطه زیر نحوه محاسبه ازدیاد دما را با فرض آدیاباتیک بودن فرایند، نشان می دهد:

$$(I^2.t) = k^2.s^2.L_n\left(\frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta}\right) \qquad (۳-۷)$$

در این رابطه :

I = شدت جریان اتصال کوتاه (مقدار مؤثر در طول برقراری اتصالی) به آمپر ؛

t = مدت زمان برقراری اتصال کوتاه ؛

K = ضریبی است وابسته به جنس اجزای هادی جریان .

$$k = \sqrt{\frac{Q\ (\beta + 20\ (^{\circ}C))}{\rho_{20}}}$$

Q_r = گرمای مخصوص حجمی جنس هادی در $^{\circ}C$ ۲۰ بر حسب ($J/^{\circ}C.mm^2$)

ρ_{20} = مقاومت مخصوص جنس هادی در $^{\circ}C$ ۲۰ بر حسب ($\Omega.mm$)

S = سطح مقطع جنس هادی بر حسب mm^2 (برای هادیها و غلافهای فلزی بکارگیری سطح مقطع نامی کافی می باشد)

Θ_f = دمای نهایی (حداکثر دمای مجاز عایق) $^{\circ}C$

Θ_i = دمای اولیه (شروع اتصالی) $^{\circ}C$

β = عکس ضریب حرارتی مربوط به جنس مقاومت هادی در $^{\circ}C$ ۰ بر حسب $^{\circ}C$

ln = لگاریتم نپری

یادآوری ۱- در مورد شدت جریان اتصال کوتاه (I) . "مقدار مؤثر در طول برقراری اتصالی". مقداری است که محاسبه آن با در دست داشتن اطلاعات و آشنایی با روشهای محاسبه مقدار موثر مؤلفه های جریانهای مستقیم و متناوب انجام می شود که باید از مراجع معتبر مانند : IEC 724 یا VDE 0103 استفاده شود .

IEC 724: Guide to the Short-Circuit temperatuse limits of electric cables with a rated voltage not exceeding 06/1.0KV

ضرایبی که در رابطه بالا از آنها استفاده شده است در جدول ۷-۱۱ نشان داده شده اند.

EMTI -Y2P7-11 جدول شماره ۷ - ۱۱ ضرایب مربوط به محاسبه از دیاد دما در حالت گرمایش آدیاباتیک

جنس هادی	k ($A.s^{1/2}/mm^2$)	β ($^{\circ}C$)	Q ($J/(^{\circ}C.mm^3)$)	ρ_{20} (Ωm)
مس (Cu)	۲۲۶	۲۳۴,۵	$۳,۴۵ \times ۱۰^{-۳}$	$۱۷,۲۴۱ \times ۱۰^{-۹}$
سرب (Pb)	۴۱	۲۳۰	$۱,۴۵ \times ۱۰^{-۳}$	۲۱۴×۱۰^{-۹}
فولاد (St)	۷۸	۲۰۲	$۳,۸ \times ۱۰^{-۳}$	۱۳۸×۱۰^{-۹}

مقادیرجدول ازطریق محاسبه (k) ،از IEC 287 (β و ρ_{20}) وشماره ۲۴ مجله ELECTRA اخذشده است

۷۱۷-۴- مشخصه های اصلی وسایل حفاظت در برابر جریان اتصال کوتاه

وسایل حفاظت در برابر اتصال کوتاه از دو نظر مهم می باشد :

۱) توانایی قطع : توانایی قطع وسیله حفاظتی در هر نقطه از سیستم ، باید برابر یا بیشتر از حداکثر جریان احتمالی اتصال کوتاه در آن نقطه باشد مگر آنکه در طرف تغذیه از وسیله حفاظتی اول (به سمت ترانسفورماتور یا ژنراتور از آن) وسیله حفاظتی دومی وجود داشته باشد که اتصال کوتاه را قبل از عمل وسیله حفاظتی اول ، قطع کند . به وسیله حفاظتی دوم، وسیله حفاظتی پشتیبان گویند . دو وسیله حفاظتی باید به نحوی هماهنگ شده باشند که در هنگام اتصالی ، انرژی عبوری از وسیله پشتیبان و قبل از قطع آن از مقدار انرژی عبوری که سبب انهدام وسیله اول خواهد شد ، بیشتر نباشد . هیچ یک از هادیهای مدار نیز نباید صدمه ببیند .

۲) زمان قطع مجاز : اتصال کوتاه بایددر زمانی قطع شود که دمای هادیهای مدار اتصالی از مقدار مجاز کوتاه مدت عایقبندی آن تجاوز نکند.

۷۱۷-۵- نحوه محاسبه حداکثر زمان قطع مجاز وسایل حفاظت در برابر جریان اتصال کوتاه

در مورد زمانهای کوتاه مدت برقراری اتصال کوتاه (تا ۵ ثانیه)، IEC 364 زمانی را که شدت جریان مؤثر اتصال کوتاه دمای هادی را از حداکثر دمای مجاز طولانی مدت تاحداکثر دمای مجاز کوتاه مدت می رساند ، به ترتیب زیر محاسبه می نماید :

$$I^2.t = k^2.S^2 \qquad (۷-٤)$$

ملاحظه می شود که این رابطه اساساً همان رابطه بند ۷۱۷-۳ است و ضریب K باید از جدول ۷-۱۲ انتخاب شود.

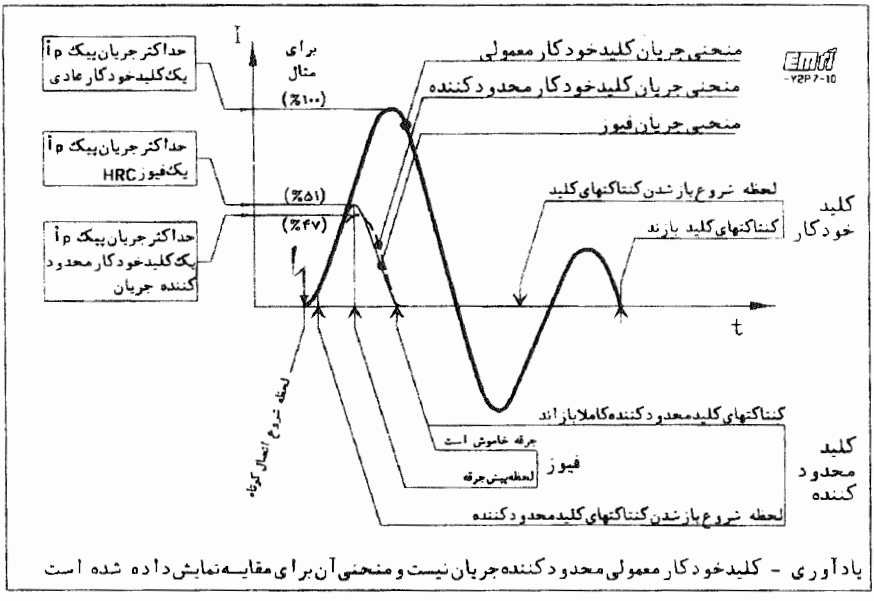
Emfi -Y2P7-11

جدول شماره ۷ - ۱۲ ضریب k برای کابل چندرشته‌ای (هادی حفاظتی)

دماهای قبل از شروع و بعد از پایان اتصالی	نوع عایقبندی		
	PVC	XLPE EPR	BUTYL RUBBER لاستیک بوتیل
حداکثر دمای قبل از اتصالی	۷۰°C	۹۰°C	۸۵°C
حداکثر دمای مجاز نهایی	۱۶۰°C	۲۵۰°C	۲۲۰°C
جنس هادی	ضریب k		
مس	۱۱۵	۱۴۳	۱۳۴

۷۱۷-۶- وسایل محدودکننده توان اتصال کوتاه

اگر واکنش وسیله حفاظتی در برابر عبور جریانهای بسیار شدید به قدری سریع باشد که در ظرف مدتی کوتاهتر از یک ربع یک پریود - قبل از آنکه شدت جریان احتمالی به حداکثر خود برسد- جریان را قطع و جرقه آن راخاموش کند ، این نوع وسیله حفاظتی محدودکننده جریان نامیده می شود. بدیهی است که خواص محدودکنندگی یک وسیله محدودکننده جریان اتصال کوتاه ، بستگی به شدت جریان احتمالی اتصال کوتاه دارد و اگر شدت جریان از حدی کوچکتر باشد این خاصیت اصلاً ظاهر نمی شود . شکل ۷۱۷-۳ اسیلوگرامهای فرضی یک اتصال کوتاه برای وسایل حفاظتی مختلف را نشان می دهد . وسایل حفاظتی موجود برای محدود کردن جریان در بازار عبارتند از : کلیدهای خودکار محدودکننده جریان (current limiting C Bs) و فیوزها .



شکل ۷۱۷-۳ اسیلوگرامهای قطع جریان یک اتصال کوتاه با کلید خودکار معمولی - کلید محدودکننده جریان - فیوز

۷۱۷-۷- اتصال کوتاه با زمان قطع بسیار کوتاه (<۰،۰۱ ثانیه در ۵۰ هرتز) و حفاظت پشتیبان

اگر زمان قطع اتصال کوتاه کمتر از ۰،۰۱ ثانیه باشد، با توجه به رابطه ٤-۷ باید رابطه زیر برقرار باشد:

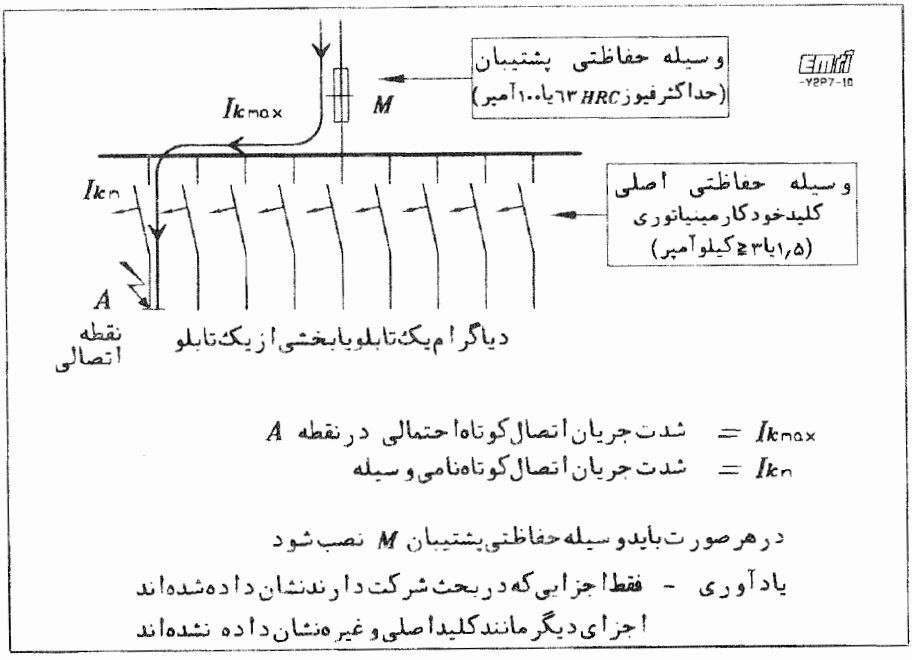
$$I^2 . t \leq k^2 . S^2 \qquad (۷-۵)$$

در این رابطه $I^2 . t$ عددی است که سازنده وسیله حفاظتی محدود کننده جریان تعیین و اعلان می کند .

در بسیاری موارد برای حفاظت تجهیزات یک تأسیسات ، مخصوصاً وسایل حفاظتی با واکنش نه چندان سریع کلیدهای خودکار عادی و مینیاتوری) لازم است از وسایل محدودکننده جریان استفاده شود. این حفاظت در تأسیسات باید مخصوصاً در مورد کلیدهای خودکار مینیاتوری رعایت شود . کلیدهای خودکار مینیاتوری علاوه بر اینکه دارای واکنش سریع نیستند. توان قطع اتصال کوتاه آنها نیز کوچک است لذا در نقاطی از تأسیسات که توان یا جریان اتصال کوتاه احتمالی آنها بیشتر ازتوان قطع کلید است ، باید برای آنها فیوز پشتیبان نصب شود . معمولاً برای آسودگی خاطر صرفنظر از محل نصب کلیدهای مینیاتوری ، باید در طرف تغذیه از آنها فیوز پشتیبان وجود داشته باشد به نحوی که فیوز پشتیبان از مقادیر داده شده در زیر بزرگتر نباشد :

برای کلیدهای مینیاتوری با توان قطع ۱/۵ کیلوآمپر فیوز پشتیبان نباید از ۶۳ آمپر HRC بزرگتر باشد و برای کلیدهای مینیاتوری با توان قطع ۳ کیلوآمپر یا بیشتر فیوز پشتیبان نباید از ۱۰۰ آمپر HRC بزرگتر باشد.

یادآوری - فیوزهای پشتیبان نباید الزاماً نزدیک به کلیدهای مورد محافظت نصب شوند بلکه می توانند در هر نقطه ای از مدار مستقر باشند و علاوه بروظیفه پشتیبانی ، حفاظت اصلی مدار اصلی را به عهده داشته باشند .



شکل ۷۱۷-٤ مثالی برای نمایش نحوه استفاده از حفاظت پشتیبان

۷۱۷-۸- موارد حذف حفاظت در برابر اتصال کوتاه

برای موارد زیر به شرط رعایت نکاتی که متعاقبا گفته خواهد شد ، حفاظت در برابر اتصال کوتاه لازم نمی باشد.

الف) مواردی که احتیاج به حفاظت ندارند :

۱ - هادیهایی که ژنراتورها، ترانسفورماتورها، یکسوکننده ها و باتریهای ذخیره را به تابلوهای مربوط به آنها وصل می کند .وسایل حفاظتی برای مدارهای خروجی ، در این تابلوها نصب می شوند .

۲ - مدارهایی که قطع آنها مشابه حفاظت در برابر اضافه بار ، ممکن است برای تأسیسات ، تولید خطر کند. (بند ۷۱۶-٤ را ببینید) .

۳ - برخی مدارهای وسایل اندازه گیری مانند ترانسفورماتورهای جریان .

ب) شرایطی که باید رعایت شوند:

۱ - مدار به نوعی اجرا شود که احتمال بروز اتصال کوتاه را به حداقل برساند مانند استفاده از عایقبندی قویتر در برابر آثار محیط

۲ - مدار از کنار مواد قابل احتراق عبور داده نشود .

۷۱۸- حفاظت هادیهای فاز در برابر اضافه جریان

هر یک از فازها باید مجهز به وسیله کشف و قطع اضافه جریان باشد اما جز در مواردی که در زیر گفته شده است، لزومی به قطع فازهای سالم نخواهد بود :

۱ - اگر قطع تنها یک فاز موجب بروز خطر کند مانند موتورهای سه فاز

۲ - در سیستمهای TT

برای مدارهایی که از دو فاز تغذیه می کنند و هادی خنثا در آنها توزیع نشده است، نصب وسیله کشف و قطع اضافه جریان در هر دو فاز ، الزامی نخواهد بود به شرطی که هر دو مورد زیر برقرار باشد:

الف) در همان مدار یا در طرف تغذیه از آن مدار ، یک وسیله جریان تفاضلی وجود داشته باشد که تمام فازها را قطع کند.

ب) اگردر طرف مصرف از وسیله جریان تفاضلی گفته شده در بالا خنثای مصنوعی تشکیل شده باشد، هادی خنثا توزیع نشود .

۷۱۹- حفاظت هادی خنثا

۷۱۹-۰- پیشگفتار

یادآوری می کند که در سیستمهای TN بدترین اتفاق قطع هادی خنثا می باشد . از محل قطع هادی خنثا به طرف مصرف ، ولتاژ هادی خنثا مواج خواهد بود و لذا ولتاژهای بین هر یک از فازها و هادی خنثایی که از منبع قطع شده است، در حال تغیر بوده و بستگی به مصرف آنی هر فاز خواهد داشت . این اتفاق علاوه بر اشکالاتی که از نظر ایمنی بوجود می آورد ، سوختن لوازم برقی را در پی خواهد داشت . بنابراین علاوه بر مطالبی که در اینجا گفته می شود نباید فراموش کرد که هادی خنثا را نباید تحت هیچ شرایطی قبل از هادیهای فاز قطع کرد و قبل از وصل مجدد هادیهای فاز ، اول باید هادی خنثا وصل شود .

در مورد قطع هادی خنثا و اتفاقات مربوط به آن، به پیوست هفتم (6P7) از فصل ششم مراجعه کنید.

۷۱۹-۱- حفاظت هادی خنثا در سیستمهای TN و TT

۷۱۹-۱-۱- حفاظت هادی خنثا اگر سطح مقطع آن برابر یا معادل سطح مقطع فاز باشد

اگر سطح مقطع خنثا برابر یا معادل سطح مقطع فاز باشد لزومی به پیش بینی وسیله کشف اضافه جریان یا وسیله قطع آن نخواهد بود.

۷۱۹-۱-۲- حفاظت هادی خنثا اگر سطح مقطع آن کوچکتر از سطح مقطع فاز باشد

اگر سطح مقطع خنثا کوچکتر از سطح مقطع فاز باشد، لازم است وسیله کشف اضافه جریان در هادی خنثا پیش بینی شود. این وسیله باید سبب قطع فازها شود ولی لزومی برای قطع هادی خنثا نخواهد بود .علاوه بر این در موارد زیر پیش بینی وسیله کشف اضافه جریان در هادی خنثا لازم نخواهد بود :

الف) اگر حفاظت در برابر اتصال کوتاه که برای هادیهای فاز پیش بینی شده است ، برای حفاظت هادی خنثا نیز کافی باشد، و

ب) اگر حداکثر جریانی که ممکن است در کار عادی از هادی خنثا عبور کند، به طور مشخص از ظرفیت مجاز آن کمتر باشد.

شرط اخیر هنگامی انجام شده به حساب می آید که بار فازهای سیستم تا جایی که ممکن است با هم برابر باشند و به عبارت دیگر مصرف هر یک از فازها خیلی کمتر از مصرف سه فاز با هم باشد (در نهایت ، یک سوم بار کل) .

برای حداقل سطح مقطع هادیها پیوست 7P4 را ببینید.

۷۱۹-۲- حفاظت هادی خنثا در سیستم IT

در سیستمهای IT قویاً توصیه می شود هادی خنثا توزیع نشود . بند ۶۲۱-۵-۷ از فصل ششم دیده شود . اما اگر به هر دلیل هادی خنثا توزیع شده باشد، عموماً لازم خواهد بود برای هادی خنثای هر یک از مدارها وسیله کشف اضافه جریان پیش بینی شود که سبب قطع همه هادیهای فاز و هادی خنثای گردد

در صورتی که حداقل یکی از شرایط زیر برقرار باشد ، لزومی به انجام کارهای بالا نخواهد بود :

الف) هادی خنثای مدار مورد بحث در برابر اتصال کوتاه که در طرف تغذیه نصب می شود،طبق مقررات این فصل حفاظت شده باشد ،

ب) مدار مورد نظر به کمک یک وسیله جریان تفاضلی که جریان اسمی عمل آن از ۰،۱۵ برابر جریان مجاز هادی خنثا بیشتر نباشد، حفاظت شده باشد . وسیله مورد بحث باید همه هادیهای فاز و هادی خنثای مدار را قطع کند.

۷۱۹-۳- قطع و وصل هادی خنثا

در مواردی که قطع هادی خنثا لازم باشد، این عمل باید به نحوی انجام شود که هادی خنثا قبل از هادیهای فاز قطع نشود و هنگام وصل شدن قبل از هادیهای فاز یا همزمان با آنها وصل شود .

۷۲۰- هماهنگی حفاظتهای اضافه بار و اتصال کوتاه

۷۲۰-۱- حفاظت در برابر اضافه بار و اتصال کوتاه با استفاده از یک وسیله

در مواردی که یک وسیله حفاظتی اضافه بار با خواسته های مدار مطابقت نموده و حفاظت لازم در برابر اضافه بار ایجاد نماید و در عین حال جریان اتصال کوتاه احتمالی در محل نصب وسیله از توانایی قطع آن بیشتر نباشد، از همان وسیله می توان برای حفاظت اتصال کوتاه نیز استفاده کرد.

در بعضی موارد ممکن است هماهنگی مورد لزوم برای تمامی طیف اتصال کوتاه صادق نباشد . برای اطمینان خاطر مفاد بندهای ۷۱۷-٤ و ۷۱۷-۵ را ملاحظه کنید.

۷۲۰-۲- حفاظت در برابر اضافه بار و اتصال کوتاه با استفاد وسایل مجزا

خواستهای ذکر شده در بندهای ۷۱۷-٤ و ۷۱۷-۵ برای اضافه بار و اتصال کوتاه بایستی رعایت شوند. وسایل حفاظتی باید به نحوی انتخاب شوند که انرژی خروجی از وسیله حفاظت در برابر اتصال کوتاه از توان ایستادگی وسیله حفاظت در برابر اضافه بار بیشتر نباشد .

۷۲۱- محدود شدن جریانهای اضافه بار و اتصال کوتاه به علت مشخصه های مدار

در مواردی که منبع تغذیه به نوعی است که قادر به تولید جریانی بیش از جریان مجاز مدار نباشد، مدار در برابر اضافه بار و اتصال کوتاه حفاظت شده به حساب می آید، مانند برخی ترانسفورماتورهای زنگ اخبار ، جوشکاری و نظایر اینها .

فصل هفتم

حفاظت مدارها در برابر اضافه جریان

پیوست ۱ – مفاهیم و تعریفهای مربوط به بر آورد بار

یادآوری – شاید بعضی مطالب ارائه شده در این پیوست ، بیش از حد انتظار باشد ولی با توجه به آشنایی کمی که نسبت به این مطالب در خارج از صنعت توزیع و انتقال نیرو وجود دارد ،تصمیم گرفته شد خلاصه ای از مفاهیم صنعت ، در قالب تعریف ارائه شود .

7P1 – ۱ – تعریفها

7P1 – ۱–۱– درخواست (تقاضا – دیماند) Demand

توضیح

در گذشته ای نه چندان دور به کلمه **demand** که ریشه ای لاتین دارد تقاضا گفته می شد . در زبان فارسی باتوجه به معنای مردمی آن ، تقاضا بیشتر به "خواهش و تمنا" متمایل است تا درخواست که در آن نوعی "تحکم" نهفته است. به نظر می رسد در انتخاب کلمه تقاضا ادب ذاتی ایرانی عامل اصلی بوده است نه بازتاب واقعی معنای **demand** که به درخواست نزدیکتر است .

هنگامی که در خانه یا کارخانه کلیدی زده شود و مصرف کننده ای مانند یک چراغ یا یک موتور به شبکه وصل شود ، این عمل همراه با خواهش و تمنا نیست . صرفنظر از توانایی یا عدم توانایی شبکه یا مدار برق در تأمین نیروی لازم برای روشن شدن چراغ یا کار موتور ، عمل زدن کلید تحکم آمیز است .

در هر حال چنین به نظر می رسد که این روزها درخواست بیشتر از تقاضا مورد استفاده می باشد که درست است.

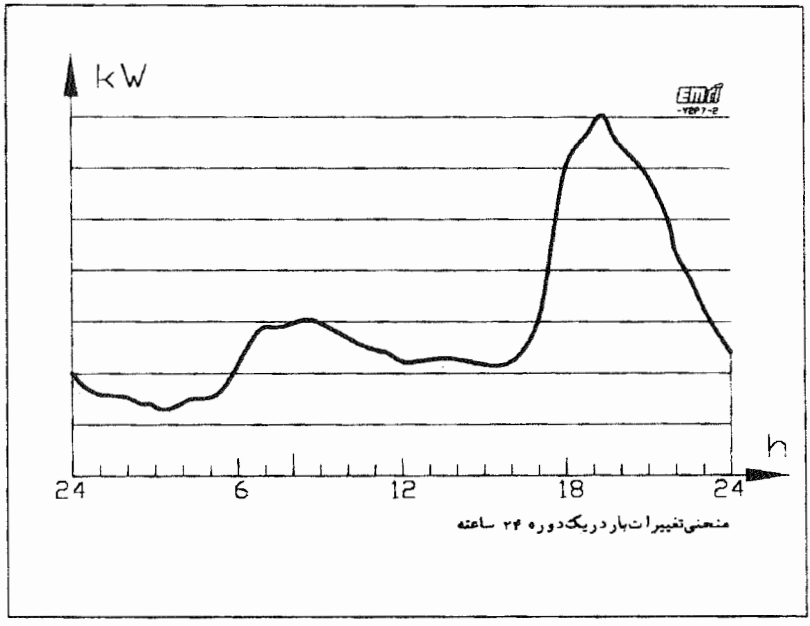
حداکثر توان، توانی است که یک واتمتر در لحظه اوج مصرف (مثلاً در یک شبکه در شبانه روز) نشان می دهد . (شکل 7P1 – ۱ را ببینید).

حداکثر درخواست یعنی توان میانگین انرژی مصرفی که مصادف با حداکثر توان است در دوره ای مشخص از زمان . دوره درخواست ممکن است هر مدتی انتخاب شود . در شبکه های برق ، دوره درخواست معمولاً ۱۵ دقیقه انتخاب

می شود . اما ممکن است ۳۰ دقیقه ، یک ساعت یا ۲٤ ساعت و یا حتی یک ماه هم انتخاب شود . در هر حال در شبکه های توزیع ، دیماند ۱۵ دقیقه بیش از همه متداول است . در شکل 7P1- ۱ تغییرات بار در یک دوره ۲٤ ساعت نشان داده شده است و در شکل 7P1-۲ نحوه تعیین حداکثر درخواست در دوره های ۱۵دقیقه ، ۳۰ دقیقه و یک ساعت نشان داده شده است .

بعضی ها به جای حداکثر درخواست (maximum demand) ، از حداکثر توان (maximum load) استفاده می کنند و این دو را مترادف می دانند . در حالی که چنین نیست .

یادآوری - درخواست تنها در مورد پیک یا اوج بار مورد استفاده نمی باشد، بلکه در مورد هر نقطه ای از منحنی بار قابل اعمال است . شکل 7P1-۳ منحنی "پله"ای درخواست ساعت به ساعت یک ترانسفورماتور شبکه توزیع برای یک دوره ۲٤ ساعته را نشان می دهد.

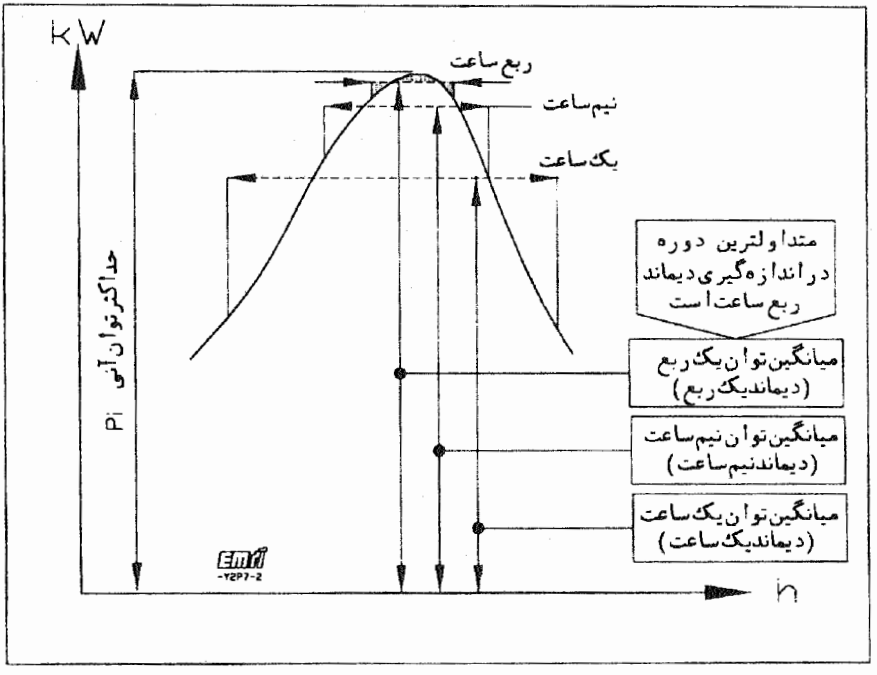


شکل 7P1-۱ منحنی "نوعی" بار برای یک ترانسفورماتور در شبکه شهری

ولی چرا به جای حداکثر توان از حداکثر درخواست استفاده کنیم؟

علت این است که در حالت عادی (سالم بودن مدارها و استفاده معمولی از نیروی برق) تجهیزات الکتریکی و مخصوصاً" مدارها ، نسبت به مقدار موثر جریان یا اثر حرارتی آن حساس می باشند ولی مقادیر آنی جریان از این نظر

کمتر اثر می گذارند. برای مثال اگر قرار بود حداکثر توان آنی یک موتور برای طراحی مدار آن انتخاب می شد (یعنی توان موتور هنگام راه اندازی آن) مداری با سطح مقطع بسیار بزرگ به دست می آمد در حالی که راه اندازی یک موتور چند ثانیه بیشتر طول نمی کشد و حرارت تولید شده از ضربه جریان در آن چند ثانیه ، نسبت به جریان نامی موتور در زمانی طولانی ناچیز است . به این دلایل است که در طراحی الکتریکی به جز مواردی که مقادیر آنی یا کوتاه مدت جریان از سایر نظرها مهمند و باید به حساب آورده شوند ، در مصارف طولانی مدت که اثرحرارتی مطرح می باشد ، باید از حداکثر درخواست استفاده شود .



شکل 7P1-۲ قله منحنی بار در زیر ذره بین - هر چه دوره دیماند طولانی تر باشد، توان میانگین یا دیماند نسبت به حداکثر توان آنی کوچکتر می شود .

7P1 – ۱–۲– توان وصل شده (connencted load) و ضریب درخواست (demand factor)

جمع حداکثر کلیه بارهای اسمی وصل به یک مدار یا یک تابلو یا یک تأسیسات یا یک ترانسفورماتور یا یک مرکز توزیع ، صرفنظر از اینکه این بارها در حال کار باشند یا در حال استراحت ، ولی احتمال دارد با هم کار کنند، توان وصل شده آن مدار یا تابلو یا تأسیسات یا ترانسفورماتور نامیده می شود . توان وصل شده مقداری است مشخص که با

بازدید و صورتبرداری از تجهیزات مصرف کننده قابل محاسبه است . در حالی که درخواست به میل بهره بردار بستگی دارد و به سادگی قابل تعیین نیست. نظر به اینکه اساس کلیه محاسبات سیستمهای توزیع وتأسیسات ،بر درخواست بار استوار است ، هر چه نسبت به این مسایل روشتر باشیم تصمیمات بهتر گرفته و نتایج صحیحتری به دست خواهیم آورد . با این هدف ، برای باز شدن بیشتر موضوع مطالب زیر ارائه می شود .

اگر فرض کنیم همه بارهای یک سیستم باهم کار کنند، حداکثر درخواست ممکن (حداکثر درخواست بالقوه) که برابر با توان وصل شده است بدست خواهد آمد که در عمل فقط در مورد بعضی مدارهای نهایی یاتابلوهای کوچک و آن هم به ندرت ممکن است اتفاق افتد . در مورد مصرف کننده های گسترده تر ، به علت عدم استفاده همزمان از کلیه مصارفی که در سیستم مصرف کننده وجود دارند. حداکثر درخواست (واقعی) کوچکتر از توان وصل شده در سیستم می باشد.

یادآوری - به این حالت در انگلیسی وجود **diversity** گویند . معنای اصلی این اصطلاح گوناگونی و ناهمگونی است ولی در زبان فارسی برای این مورد اصطلاحی ساخته نشده و در عوض از عدم وجود همزمانی یا ضریب همزمانی استفاده می شود که درباره آن صحبت خواهد شد .

خارج قسمت حداکثر درخواست به توان وصل شده را ضریب درخواست نامند . ضریب درخواست مهمترین عامل در برآورد بار در یک سیستم (مدار، تابلو، تأسیسات ، پست و غیره) می باشد زیرا اگر درست انتخاب شود ، با در دست داشتن توان وصل شده ،می توان مستقیماً حداکثر درخواست ، را تخمین زد.

در بحث ضریب درخواست، چند نکته را نباید فراموش کرد :

- در مورد بارهایی مانند موتورها ، ضریب درخواست همیشه کمتر از یک است زیرا معمولاً موتورها را کمی بزرگتر از مقدار لازم انتخاب می کنند(موتور استاندارد همیشه کمی بزرگتر از بار واقعی انتخاب می شود) . همین طور بار دستگاهی که موتور آنرا می راند، به ندرت همیشه در حداکثر است .
- همه بارها به ندرت با هم کار می کنند یا اگر هم کار کنند، کمتر ممکن است همه با هم در حداکثر بار باشند.
- اگر همه بارها با هم وصل شوند، حداکثر درخواست ممکن اتفاق می افتد و در این صورت ضریب درخواست ۱۰۰٪ خواهد بود .
- در پاره ای موارد نادر ضریب درخواست ممکن است بیش از ۱۰۰٪ شود یعنی حداکثردرخواست بیشتر از توان وصل شده باشد. مخصوصاً در مورد بارهای موتوری ، این علامت وجود اضافه بار است که باید به فوریت رفع شود.
- قاعده کلی این است که هر چه توان وصل شده بزرگتر و تعداد لوازم مصرف کننده بیشتر باشند، ضریب درخواست کوچکتر باشد .

- اگر توان وصل شده از یک واحد مصرف کننده بزرگ و چندین واحد مصرف کننده کوچک تشکیل شده باشد، به احتمال زیاد حداکثر درخواست هنگام کار مصرف کننده بزرگ اتفاق می افتد.

در سیستمی شبیه بالایی ولی متشکل از تعدادی بار کوچک ، به احتمال زیاد، ضریب درخواست کوچکتر از سیستم قبلی خواهد بود .

- یک واحد مسکونی دارای ۳ اتاق نسبت به واحدی با ٦ اتاق که دارای تأسیسات مشابهی است، ضریب درخواست بزرگتری خواهد داشت .
- ضریب درخواست یک واحد مسکونی قبل از اضافه کردن یک اجاق برقی به آشپزخانه آن، بزرگتر از هنگامی است که اجاق نصب شود . البته در حالت دوم حداکثر درخواست بزرگتر خواهد بود .
- در مورد بارهای موتوری که از چندین گروه موتور تشکیل شده و موتورهای هر گروه با هم کار کنند، هر گروه را باید مانند یک موتور بزرگ با توان مجموع موتورهای آن گروه به حساب آورد و لذا ضریب درخواست کل سیستم ، بزرگتر از هنگامی خواهد بود که موتورهای کوچک به صورت انفرادی کار کنند.

ضریب درخواست را با حرف g نمایش می دهند .

$$P_{max} = g \cdot P_i$$

که در آن :

P_{max} = حداکثر درخواست

P_i = توان وصل شده

7P1 – ۳ – ضریب بار (load factor)

خارج قسمت توان میانگین یک دوره بار به حداکثر درخواست در آن دوره ، ضریب بار نامیده می شود. دوره بار ممکن است یک روز ، یک ماه یا یک سال انتخاب شود . در شبکه های بزرگ ضریب بار یکساله معمول می باشد که تغییرات همه فصول را به حساب می آورد . اما برای مهندسین تأسیسات ضریب بار یک روزه بیشتر مورد پسند است . ضریب بار نشانگر درجه استفاده از تأسیسات است . زیرا مخارج اصلی انجام شده برای تأسیسات زیربنایی برق برای تأمین حداکثر درخواست است در حالی که توان میانگین "با صرفه ترین"توان برای تأسیسات مورد بحث است زیرا اگر می شد تأسیسات را با این توان ثابت به راه انداخت ، کمترین هزینه زیربنایی را به همراه می داشت .

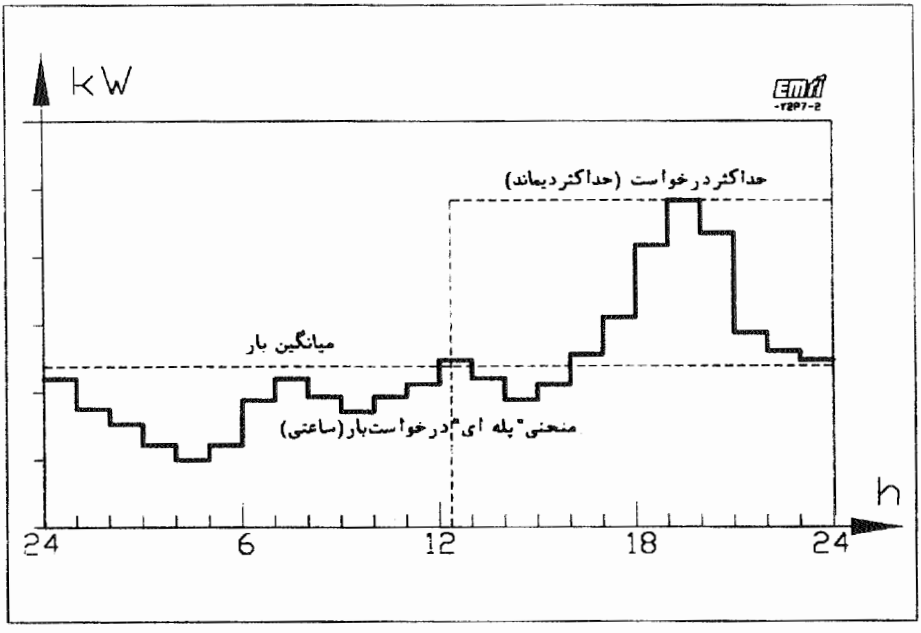
برای بالا بردن ضریب باردر شبکه هایی که ضریب بار آنها کوچک است، مشترکین تشویق می شوند انرژی برق را در خارج از پیک بار ولی با نرخی نازلتر ، مصرف کنند و از طرف دیگر در صورت تجاوز توان مصرفی از مقدار قراردادی حداکثر درخواست (دیماند)، جریمه های سنگینی به آنها تعلق می گیرد.

شکل 7P1-۳ تغییرات پله ای درخواست بار (ساعتی) را همراه با بار میانگین و حداکثر درخواست، نشان می دهد.

ضریب بار را می توان اینگونه بیان کرد : درصد ساعاتی از دوره اندازه گیری که بار ثابتی معادل حداکثر درخواست، به همان اندازه انرژی مصرف می کند که میانگین بار در کل دوره اندازه گیری .

سطح مستطیل میانگین بار × ۲٤ ساعت = سطح مستطیل حداکثر درخواست ۱۱،٦ ساعت

بنابراین طبق شکل 7P1-۳ ضریب بار برابر خواهد بود با ٪٤٨،۳۳ - ۱۱،٦/۲٤



شکل 7P1-۳ ضریب بار یا نسبت میانگین بار به حداکثر درخواست

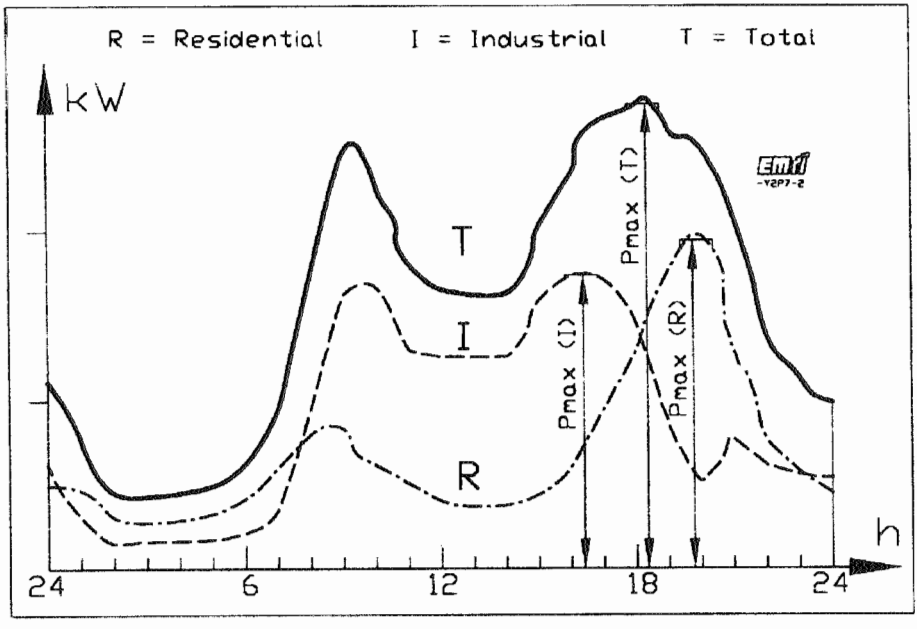
7P1–۴–۱– همزمانی (diversity and coincidence factors)

Coincidence = (تصادف اتفاقات) همزمانی

Diversity = گوناگونی و ناهمگونی

مصارف همنوع مانند مصارف خانگی، صنعتی، یا هر نوع بار اختصاصی دیگر، در هر شبانه روز کما بیش تکرار می شود . البته توان مصرفی یک بار همنوع در هر لحظه از شبانه روز با لحظه مشابه آن در شبانه روز دیگر ، متفاوت است، ولی نحوه تغییر آنها شبیه یکدیگر باقی می مانند . هر کدام از بارها دارای حداکثر توان آنی است ولی اگر دو نوع بار مختلف از یک مرکز توزیع تغذیه شوند حداکثر توان آنی مرکز توزیع مورد بحث ، برابر مجموع حداکثرهای آنی آنها نخواهد بود زیرا حداکثر هر یک از بارها همزمان با بار دیگر ، اتفاق نمی افتد .

شکل 7P1–٤ منحنیهای دو نوع بار مختلف خانگی I و صنعتی (I) و نیز منحنی مجموع دو نوع بار (T) را نشان می دهد . به نحوی که بوضوح دیده می شود، حداکثر بار مجموعه آنها (T) خیلی کمتر از جمع حداکثر بارخانگی I و بار صنعتی (I) است .



شکل 7P1–٤ در هر لحظه توان کل T برابر است با مجموع توانهای حاصل از دو منحنی بار خانگی R و بار صنعتی I

اگر

حداکثر درخواست مربوط به بار خانگی = $P_{max}(R)$

حداکثر درخواست مربوط به بار صنعتی = $P_{max}(I)$

حداکثر درخواست مجموعه بارهای خانگی و صنعتی = $P_{max}(T)$ باشد، طبق تعریف ، ضریب ناهمگونی (Diversity Factor) یا به طور اختصاری DF عبارت خواهد بود از :

$$P_{max}(T).DF = P_{max}(R)+P_{max}(I) \qquad (1)$$

نظر به اینکه طبق بحثهای قبلی $P_{max}(T)< P_{max}(R)+P_{max}(I)$ است ، نتیجه گیری می شود که :

$$DF > 1$$

است .

از ضریب ناهمگونی در پستهای بزرگ انتقال و توزیع استفاده می شود و در ایران کمتر کاربرد دارد.

و اما ضریب همزمانی به اختصار CF ، که در کشور ما مورد استفاده می باشد، طبق تعریف عبارت است از :

$$P_{max}(T) = (P_{max}(R)+P_{max}(I)) . CF \qquad (2)$$

از دو رابطه (۱) و (۲) چنین برمی آید که :

$$CF = \frac{1}{DF}$$

7P1-۱-۴- سخن آخر

به طوری که دیده شد ، مسایل مختلفی هنگام برآورد و اداره بار مطرح می شوند . با توجه به اینکه در بیشتر مواقع در طرح و بهره برداری از تأسیسات ، فقط یک واحد ساختمان موردنظر است کمتر از ضریب همزمانی استفاده می شود. لذا در تأسیسات ، مهمترین عاملی که موردنظر است ضریب درخواست یا ضریب دیماند g می باشد که مستقیماً از روی توان نصب شده حداکثر درخواست را که کلیه محاسبات بر اساس آن انجام می شوند، به دست می دهد . در بعضی موارد که تعدادی بار مشابه مورد توجه می باشند، ضریب همزمانی در داخل ضریب درخواست ، منظور می شود. بند ۷۱۱-۱ و شکل ۷۱۱-۱ از متن اصلی فصل ۷ دیده شوند .

فصل هفتم

حفاظت مدارها در برابر اضافه جریان

پیوست ۲ – انتخاب و محاسبه جریان مجاز مدارها با استفاده از روش IEC 364-5-523 (فشار ضعیف)

7P2 – ۰ – کلیات

ایجاد حفاظت در برابر اضافه بار با استفاده از جدولها IEC 364-5-523

روشهای ارائه شده توسط IEC-364-5-523 بیش از پیش در دنیا عمومیت یافته و درحال حاضر بیشتر سازندگان سیم و کابل و استفاده کنندگان از آنها ، این روش را برای کار خود انتخاب کرده اند.

در سیستم IEC بااستفاده از روابط (۱) و (۲) بند ۳–۷۱٤ مقادیر حداکثر شدت جریان مجاز هادیها و کابلها محاسبه یا اندازه گیری می شوند و در قالب جدولهایی ارائه می گردند . در حال حاضر سیمها و کابلهای بدون زره مشمول سیستم IEC می باشند و برای آنها جدولهای مفصلی با توجه به روشهای متعدد نصب هادیها و کابلها ، تهیه و ارائه شده اند.

در این پیوست خلاصه ای از مطالب و جدولهای منتشر شده در استاندارد IEC 364-5-523 ارائه می گردد که در بیشتر موارد برای انجام محاسبات کافی می باشند (IEC 364-5-523 Appendix A) اما برای موارد مخصوص لازم است به اصل استانداردها مراجعه شود.

7P2–۱– ملاحظات عمومی

7P2–۱–۱– حداکثر دمای مجاز هادیها با توجه به نوع عایقبندی آنها

در حال حاضر ٤ نوع عایق در صنعت سیم (هادی) و کابل متداول است که هر یک توانایی تحمل دمای مخصوص به خود را به مدتی طولانی دارا می باشند . این عایقها و حداکثر دمای مجاز طولانی مدت آنها در جدول 7P2–۱ نشان داده شده است . در مورد هادیها و کابلهای با عایق معدنی، اگر از نوع مجهز به غلاف رویی PVC باشند، به خاطر وجود PVC باید از دمای پایینتری استفاده کنند.

هدف تمام محاسبات و انتخابهای مربوط به جریان مجاز هادیها و اضافه بار و غیره در همین است که مطمئن شوند دمای هادی به مدتی طولانی از مقادیر داده شده در جدول 7P2–۱ تجاوز نخواهد کرد .

خواسته فوق هنگامی برآورده شده به حساب می آید که شرایط ذکر شده در متون و جدولهای بعدی رعایت شده و مطابق راهنماییها و دستورات آنها عمل شود.

EMTI
-Y2P7-6

جدول شماره 7P2-1 حداکثردمای مجاز درازمدت عایقها

نوع عایقبندی (هادی - مس)	حدمجاز دما °C
پلی وینیل کلراید (PVC)	۷۰ برای‌هادی
پلی اتیلن مستحکم (XLPE) و لاستیک (مخلوط) اتیلن - پروپیلن (EPR)	۹۰ برای‌هادی
معدنی (با غلاف PVC یا لخت ودرمعرض تماس دست)	۷۰ برای‌غلاف‌مسی
معدنی (با غلاف (PVC) یا لخت ودرمعرض تماس دست)	*۱۰۵ برای‌غلاف‌مسی

*برای کابلهای باعایقبندی معدنی دماهای مداوم عملیاتی بالاتری مجاز می باشندکه بستگی به نوع کابل از نظر دمای مجاز، سرکابلها، شرایط محلی و دیگرآثار خارجی دارند.

هر رشته از کابلهای چندرشته ای بامقطعی بیش از ۲۵ میلیمتر مربع ، به دو شکل یکی گرد و دیگری فرم دار (قطاعی) ساخته می شوند . اما مقادیر ذکر شده در جدولها از روی کابلهای قطاعی بدست آمده اند.

7P2-1-2- دمای محیط

دمای محیط ، دمایی است که قبل از عبور جریان از هادیها یا کابلها در محیط نصب آنها وجوددارد .

جدولهای جریان مجاز هادیها و کابلها ، برای محیطهای با دمای زیر تهیه شده اند :

- اگر مداردر هوا قرار گرفته باشد، بدون توجه به نحوه نصب آن : ۳۰ درجه سلسیوس ؛

- اگر مدار در خاک دفن شده باشد :

برای هر دو مورد یعنی دفن مستقیم یا عبور از مجرای (لوله) دفن شده : ۲۰ درجه سلسیوس

اگر دمای محیط نسبت به دمای جدولها تفاوت داشته باشد، لازم است با استفاده از جدولهای 7P2-٦ و 7P2-٧ از ضرایب تصحیح استفاده شود .

در مورد کابلهای دفن شده ، اگر دمای خاک به مدت چند هفته در سال از ۲۳ درجه سلسیوس تجاوز نکند، احتیاج به اعمال ضرایب تقلیل نخواهد بود.

مقادیر جدولها ، ازدیاد دما در اثر تابش خورشید یا هر نوع منبع مادون قرمز دیگر را (در صورت وجود) به حساب نمی آورند . در این موارد باید به استاندارد IEC 287 مراجعه شود.

7P2-۱-۳- مقاومت گرمایی زمین

در مورد کابلهای دفن شده ، جریانهای مجاز برای مقاومت گرمایی خاک به مقدار 2.5 K.m/w داده شده است . استفاده از این مقدار در سطح دنیا هنگامی که نوع خاک و مشخصات جغرافیایی محل مشخص نباشند برای رعایت احتیاط ، لازم خواهد بود (پیوست A از استاندارد IEC 287 دیده شود). در مکانهایی که مقاومت گرمایی آنها بیشترند باید از ضرایب تقلیل مناسب استفاده شود و در غیر این صورت خاکی که بلافاصله در اطراف کابل است با ماده مناسبی تعویض شود . این نوع موارد در عمل در صورت برخورد با خاکی بسیار خشک ، تشخیص داده می شوند .

یادآوری - شدت جریانهای ذکر شده در این پیوست برای کابلکشی های داخلی و آنهایی که در نزدیک ساختمانها می باشند مناسبند . در موارد دیگر باید با انجام مطالعات ، مقادیر صحیحتری که با نوع بار نیز تناسب دارند برای مقاومت گرمایی زمین تعیین و مورد استفاده قرار گیرند.(استاندارد IEC 287 دیده شود).

7P2-۱-۴- گروههایی با بیش از یک مدار

7P2-۱-۴-۱- تأسیسات با روشهای نصب A تا D در جدول 7P2-۲

جریانهای مجاز داده شده در جدولهای 7P2-٤ تا 7P2-٥ ، برای مدارهایی است با تعداد هادیهای حامل جریان زیر :

- دو هادی عایقدار یا دو کابل تک رشته ای یا یک کابل دو رشته ای ؛
- سه هادی عایقدار یا سه کابل تک رشته ای یا یک کابل سه رشته ای .

در مواردی که هادیها یا کابلهای بیشتری در یک گروه نصب شده باشند، باید از ضرایب تصحیح جدول 7P2-٨ استفاده شود .

ضرایب تصحیح گروهی ، بر پایه جریانی ثابت با ضریب بار ۱۰۰٪ در همه هادیهای حامل جریان محاسبه شده است. در مواردی که بارگذاری به علت شرایط سیستم کمتر از ۱۰۰٪ باشد، ضرایب تصحیح ممکن است بزرگتر باشند.

7P2-۱-۴-۲- تأسیسات با روشهای نصب E تا F در جدول 7P2-۳

جریانهای مجاز در جدولهای مربوط به این روشها ذکر شده اند. در روش دقیقتر و مفصلتر ، برای نصب کابلها روی سینی یا کنسول و مشابه اینها، جریانهای مجاز هم برای یک مدار و هم برای گروهها ، با ضرب جریانهای مجاز برای یک روش مشخص در هوا ، در ضریب مربوط به نوع نصب و گروه، در جدولهای جداگانه ارائه شده اند ولی در این پیوست که نوع خلاصه جدولها می باشد، طبق جدول 7P2-٤ ، 7P2-٦ و 7P2-٨ عمل می شود.

7P2-۱-۴-۳- یادآوری برای بندهای 7P2-۱-٤-۱ و 7P2-۱-٤-۲

ضرایب تصحیح با فرض اینکه گروه مشتکل از هادیهایی یکسان بوده و حامل جریانهای برابر می باشند، محاسبه شده اند . اگر سطح مقطع هادیها در گروه خیلی متفاوت باشند باید دقت شود که به هادیهای کوچکتر صدمه وارد نشود . اگر در یک گروه مدار یا مدارهایی ، جریانهایی را که خیلی کمتر از ظرفیت واقعی آنها است حمل کنند، برای بدست آوردن ضریب تصحیح برای همه گروه، می توان وجود مدارهای با ظرفیت کم را در گروه ، نادیده گرفت .

7P2-۱-۵- تعداد هادیها یا رشته های حامل جریان

تعداد هادیهایی که باید در یک مدار به حساب آورده شوند آنهایی هستند که حامل جریان می باشند. در مواردی که در یک مدار چند فاز هادیها حامل جریان متعادل باشند، هادی خنثای مربوط را می توان نادیده گرفت . بنابراین مقادیر جریانهای مجاز ذکر شده در جدولها برای سه هادی را می توان برای مدارهای متعادل سه فاز و خنثا نیز به کار برد و در این شرایط جریان مجاز در یک کابل چهاررشته ای همان است که برای کابل سه رشته ای داده شده است.

در مواردی که هادی خنثا حامل جریان باشد بدون آنکه جریانهای فاز تقلیل یافته باشند، هادی خنثا را باید برای تعیین جریان مجاز ، به حساب آورد . برای مثال چنین حالتی در صورت وجود مقدار قابل ملاحظه ای هارمونیک در یک سیستم سه فاز ، بوجود می آید .

هادیهایی که فقط به منظور ایجاد حفاظت در برابر برقگرفتگی مورد استفاده می باشند (PE) ، به حساب آورده نمی شوند اما در مورد هادیهای مشترک حفاظتی / خنثا (PEN) درست مانند هادی خنثا عمل می شود .

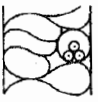
7P2–۱–۶– هادیهای موازی

در مواردی که دو هادی یا بیشتر برای یک فاز یا یک قطب در یک سیستم به صورت موازی وصل شوند، لازم است به نحوی عمل شود که جریان بار بین آنها بطور مساوی تقسیم شود .

7P2–۱–۷– تغییرات در شرایط نحوه نصب در طول مدار

در مواردی که شرایط خنک شدن در قسمتهایی از طول مسیر نسبت به قسمتهای دیگر تغییر کند، جریان مجاز به نحوی انتخاب می شود که برای بدترین قسمت برای خنک شدن، مناسب باشد.

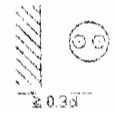
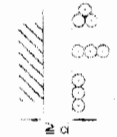
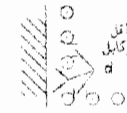
جدول 7P2 - ۲ طرحواره روشهای نصب A تا D (بخشی از جدول B1-52 از 523-5-364 IEC)

روش نصب اصلی		روشهای نصب دیگر با جریان مجاز مشابه
 هادیهای عایقدار در لوله در داخل دیوار عایق	A	- کابل چندرشته‌ای مستقیما در داخل دیوار عایق - هادیهای عایقدار در لوله در داخل کانال بسته - کابل چندرشته‌ای هدایت شده در لوله در دیوار عایق Emfi -Y2P7-5
هادیهای عایقدار در لوله روی دیوار	B	- هادیهای عایقدار در داخل ترانکینگ روی دیوار - هادیهای عایقدار در لوله در کانال زمینی دارای تهویه - هادیهای عایقدار یا کابلهای تک یا چندرشته‌ای در لوله یا در ترانکینگ در دیوار آجری
کابل چندرشته‌ای روی دیوار Emfi -Y2P7-4	C	- کابلهای تک رشته‌ای روی دیوار یا روی کف یا سقف - کابلهای چندرشته‌ای روی دیوار آجری - کابلهای چندرشته‌ای روی کف - کابلهای تک رشته‌ای یا چندرشته‌ای در یک کانال سربازیدار دارای تهویه - کابلهای چندرشته‌ای در ترانکینگ یا لوله - در هوا یا در تماس با دیوار آجری (مقادیر را در ۰٫۸ ضرب کنید) (یادآوری ۱)
کابل چندرشته‌ای در مجاری (لوله) دفن در زمین	D	- کابلهای تک رشته‌ای در داخل مجرای دفن شده در زمین - کابلهای تک رشته‌ای و چندرشته‌ای دفن شده در زمین (یادآوری ۲)

۱ - در مواردی که به منظور حفاظت مکانیکی، کابلی از داخل ترانکینگ یا لوله‌ای که طول آن بیش از یک متر نیست عبور کند ولوله یا ترانکینگ در هوای آزاد و در تماس با دیوار آجری باشد، احتیاجی به تقلیل جریان مجاز حرارتی آن نخواهد بود. در مواردی که لوله یا ترانکینگ در تماس با ماده‌ای که دارای مقاومت حرارتی بیشتری است باشد، طول آن نباید از ۰٫۲ متر تجاوز کند. اصطلاح "دیوار آجری" نباید به معنی ماده‌ای عایق تلقی شود.

۲ - کابلهای دفن شده را به شرطی می‌توان در این گروه به حساب آورد که مقاومت حرارتی زمین در حدود 2.5K.m/W باشد. برای مقاومتهای حرارتی زمین کوچکتر، جریان مجاز برای کابلهای دفن شده در زمین به مراتب بیشتر از مقادیر مشابه در لوله یا ترانکینگ خواهد بود.

جدول 7P2 - 3 ضرحواره روشهای نصب E ، F و G (بخشی از جدول B2-52 از IEC 364-5-523)

روش نصب اصلی		روشهای نصب دیگر و نحوه انتخاب ضرایب تصحیح برای گروه‌ها	
کابلهای دو یا چند رشته‌ای در هوا  - فاصله بین کابل و دیوار: ≧ 0.3d	E	- سینیهای بدون منفذ	II
		- سینیهای دارای منفذ	J K
		- تکیه‌گاه نردبانی - بست دیواری یا تکیه‌گاه به صورت فلاب - آویخته شده از سیم نگهدار (بوکسل) بین دو تکیه‌گاه	L
کابلهای تک رشته‌ای در تماس با هم در هوا  - فاصله بین کابل و دیوار: ≧ d	F	- سینیهای بدون منفذ	M
		- سینیهای دارای منفذ	N P
		- به صورت گروهی در هوا - تکیه‌گاه نردبانی - تکیه‌گاه به شکل کنسول یا به صورت فلاب دیواری - آویخته شده از سیم نگهدار (بوکسل) بین دو تکیه‌گاه	Q
کابلهای تک رشته‌ای با فاصله نسبت به هم در هوا  	G	—	—

EMF
-Y2P7-5

- جدولهای 7P2-1 و 7P2-2 ، فقط بخشی از مطالب جدولهای اصلی II را نشان می‌دهد. برای دیدن اصل جدولها و اطلاعات دیگر ، جدولهای B1-52 و B2-52 را در استاندارد IEC 364-5-523 مشاهده کنید.

- لازم است توجه شود که II برای روشهای اصلی نصب C ، E ، A و D به شرب مختصر و شهای فرعی بسنده شده است (جدول 7P2-1 را ببینید) در حالی که برای روشهای اصلی نصب L ، F و G ، چند نوع روش نصب فرعی که با حروف (L) ، (F) ، M ، N ، P ، Q و R مشخص شده‌اند در جدولهای اضافی ضرایبی را ارائه داده است (جدول 7P2-2 را ببینید).

توضیحاتی درباره نصب کابلهای نشان داده شده در جدولهای 7P2-2 و 7P2-3
(بخشی از جدولهای B1-52 و B2-52 از IEC 364-5-523)

EMTI
-Y2P7-6

روش نصب	ترتیب	توضیحات
A	۱	**هادیهای عایقدار در لوله در داخل دیوار عایق** دیوار تشکیل شده است از یک پوسته خارجی مقاوم در برابر آثار جوی ، عایقبندی حرارتی و یک پوسته داخلی چوبی یا مشابه آن که دارای هدایت حرارتی برابر 10 W/m2.K است. لوله به نحوی نصب می شود که نزدیک به پوسته داخلی بوده ولی الزاما با آن در تماس نیست. به فرض حرارت فقط از طریق پوسته داخلی خارج می شود. لوله می تواند فلزی یا پلاستیکی باشد.
	۲	**کابلها در داخل دیوار عایق** مشابه ردیف ۱ ولی کابل چند رشته ای جایگزین لوله می شود.
B	۳	**لوله روی سطح دیوار** لوله به نحوی نصب می شود که فاصله بین لوله و دیوار، کمتر از ۰٫۳ قطر لوله باشد.
C	۴	**کابل روی سطح دیوار** کابل به نحوی نصب می شود که فاصله بین کابل و دیوار، کمتر از ۰٫۳ قطر کابل باشد.
	۵	**کابل روی کف یا روی سطح سقف** مشابه ردیف ۴ . جریان کابل روی سقف کمی کمتر از مقدار آن روی دیوار یا کف است.
D	٦	**کابل دفن شده در زمین** کابلی که در تماس با خاک است. مقادیر ذکر شده برای این مورد مربوط به خاکی است که دارای مقاومت حرارتی 2.5 K.m/W و عمق دفن ۰٫۷ متر است.
	۷	**کابل کشیده شده در مجاری (لوله)** کابلی که در داخل مجرای غیر فلزی که در تماس مستقیم با زمین است کشیده می شود. مقادیر ذکر شده مربوط به خاکی است که دارای مقاومت حرارتی 2.5 K.m/W و عمق دفن ۰٫۷ متر است. از این مقادیر می توان به شرط فلزی بودن لوله ، برای کابلهای چند رشته ای هم استفاده نمود.
E F G	۸	**کابل کشیده شده در هوا** کابل به طوری نصب می شود که مانعی در پخش تمام حرارت آن وجود نداشته باشد. حرارت تابش آفتاب و منابع دیگر باید به حساب آورده شود. باید دقت شود که جلوی حرکت طبیعی هوا گرفته نشود. در عمل اگر فاصله آزاد کابل از هر سطح مجاور حداقل ۰٫۳ برابر قطر کابل باشد ، برای استفاده از مقادیر داده شده برای کابل کشیده شده در هوا ، کافی است.
H M J N K P	۹	**سینی کابل** یک سینی منفذدار، مجهز به سوراخهای منظم برای پیچهای نصب کابل است اگر سطح سوراخها کمتر از ۳۰% سطح رویی باشد ، سینی بدون منفذ به حساب می آید.
L Q	۱۰	**تکیه گاه نردبانی کابل** ساختمان نردبان کمترین مقاومت را در برابر عبور هوا در اطراف کابل ایجاد می کند. اگر سطح فلزکاری نگهدارکابل ، کمتر از ۱۰% سطح کل نردبان باشد.
	۱۱	**کنسولها و آویزها** تکیه گاههای کابل که آنرا در فواصل معینی از طول کابل نگه داشته و اجازه دهند هوا آزادانه تقریبا به طور کامل از اطراف کابل عبور کند.

یادآوریهای عمومی برای جدولهای جریان مجاز هادیها و کابلها

یادآوری ۱ - جریان مجاز هادیها و کابلها برای آن دسته از انواع عایقبندیها و روشهای نصب که بیش از همه متداول می باشند ، ارائه شده اند . جریانهای ذکر شده در جدولها آنهایی هستند که برای استفاده مداوم (۱۰۰٪ ضریب بار) در جریان مستقیم یا جریان متناوب با فرکانس اسمی ۵۰ تا ۶۰ هرتز ، مناسب می باشند.

یادآوری ۲ - جدول 7P2-۲ روشهای اصلی را که جریانهای مجاز برای آنها تهیه شده است نشان می دهد. روشهای دیگر نصب هنگامی که استفاده از مقادیر جدول برای آنها نیز بی خطر باشد ، همراه با روش اصلی ذکر شده اند.

یادآوری ۳ - جدول 7P2-۳ روشهایی را که جریانهای مجاز برای آنها تهیه شده است و ضرایبی را که هنگام وجود تفاوتهایی با روش اصلی باید از آنها استفاده شود ، نشان می دهد.

یادآوری ٤ - جریان مجازحرارتی هادیها و کابلها را می توان با استفاده از رابطه زیر بدست آورد :

$$I = A.S^m - B.S^n$$

در این رابطه :

I = شدت جریان مجاز به آمپر ؛

S = سطح مقطع اسمی به میلیمتر مربع ؛

A و B = ضرایب (طبق جدولهای مربوط)؛

m و n = توانها(طبق جدولهای مربوط).

با رعایت شرایطی ساده می توان به عدد لازم دست یافت . ضرایب و توانهای ذکر شده در جدولهایی در استاندارد IEC 364-5-523 همراه با دستورالعملهای اضافی داده شده اند .

همانگونه که قبلاً نیز اشاره شده است در این پیوست خلاصه ای از جدولهای مورد بحث ارائه شده اند. این مسئله نباید بدین معنی تلقی شود که جدولهای ارائه شده ناقص و غیرقابل استفاده می باشند . برعکس استفاده از این جدولهای کاربردی ، ساده تر و سریعتر می باشند.

جدول 7P2- ۴ شدت‌جریان‌اسمی آمپر (هادی مس) (IEC-5-523 TABLE 52-X1)

روش نصب	تعداد هادیهای حامل جریان و نوع عایقبندی در ۳۰°C دمای محیط								
A	۳ PVC	۲ PVC		۳ XLPE	۲ XLPE				
B			۳ PVC	۲ PVC	۳ XLPE		۲ XLPE		
C				۳ PVC	۲ PVC	۳ XLPE		۲ XLPE	
E F					۳ PVC	۲ PVC	۳ XLPE		۲ XLPE
سطح مقطع mm2	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
۱	۱۰٫۵	۱۱	۱۲	۱۳٫۵	۱۴٫۵	۱۷	۱۸	۱۹	۲۱
۱٫۵	۱۳	۱۴٫۵	۱۵٫۵	۱۷	۱۸٫۵	۲۲	۲۳	۲۴	۲۶
۲٫۵	۱۸	۱۹٫۵	۲۱	۲۳	۲۵	۳۰	۳۲	۳۳	۳۶
۴	۲۴	۲۶	۲۸	۳۱	۳۴	۴۰	۴۲	۴۵	۴۹
۶	۳۱	۳۴	۶۳	۴۰	۴۳	۵۲	۵۴	۵۸	۶۳
۱۰	۴۲	۴۶	۵۰	۵۴	۶۰	۷۱	۷۵	۸۰	۸۶
۱۶	۵۶	۶۱	۶۸	۷۳	۸۰	۹۶	۱۰۰	۱۰۷	۱۱۵
۲۵	۷۳	۸۰	۸۹	۹۵	۱۰۱	۱۱۹	۱۲۷	۱۳۸	۱۹۴
۳۵				۱۱۷	۱۲۶	۱۴۷	۱۵۷	۱۷۱	۱۸۵
۵۰				۱۴۱	۱۵۳	۱۷۹	۱۹۲	۲۱۰	۲۲۵
۷۰				۱۷۹	۱۹۶	۲۲۹	۲۴۶	۲۶۹	۲۸۹
۹۵				۲۱۶	۲۳۸	۲۷۸	۲۹۸	۳۲۸	۳۵۲
۱۲۰				۲۴۹	۲۷۶	۳۲۲	۳۴۶	۳۸۲	۴۱۰
۱۵۰				۲۸۵	۳۱۸	۳۷۱	۳۹۹	۴۴۱	۴۷۳
۱۸۵				۳۲۴	۳۶۲	۴۲۴	۴۵۶	۵۰۶	۵۴۲
۲۴۰				۳۸۰	۴۲۴	۵۰۰	۵۳۸	۵۹۹	۶۴۱

-Y2P7-71

جدول 7P2- ۵ شدت‌جریان‌اسمی آمپر (هادی مس)

روش نصب	سطح مقطع mm2	تعداد هادیهای حامل جریان ونوع عایقبندی در ۳۰°C دمای خاک			
		۲ PVC	۳ PVC	۲ XLPE	۳ XLPE
D	۱٫۵	۲۲	۱۸	۲۶	۲۲
	۲٫۵	۲۹	۲۴	۳۴	۲۹
	۴	۳۸	۳۱	۴۴	۳۷
	۶	۴۷	۳۹	۵۶	۴۶
	۱۰	۶۳	۵۲	۷۳	۶۱
	۱۶	۸۱	۶۷	۹۵	۷۹
	۲۵	۱۰۴	۸۶	۱۲۱	۱۰۱
	۳۵	۱۲۵	۱۰۳	۱۴۶	۱۲۲
	۵۰	۱۴۸	۱۲۲	۱۷۳	۱۴۴
	۷۰	۱۸۳	۱۵۱	۲۱۳	۱۷۸
	۹۵	۲۱۶	۱۷۹	۲۵۲	۲۱۱
	۱۲۰	۲۴۶	۲۰۳	۲۸۷	۲۴۰
	۱۵۰	۲۷۸	۲۳۰	۳۲۴	۲۷۱
	۱۸۵	۳۱۲	۲۵۷	۳۶۳	۳۰۴
	۲۴۰	۳۶۰	۲۹۷	۴۱۹	۲۵۱
	۳۰۰	۴۰۷	۳۳۶	۴۷۴	۳۹۶

-Y2P7-71

(IEC-5-523 TABLE 52-X1)

EMTI -Y2P7-8

جدول 7P2- ٦ ضریب تصحیح برای دمای محیط اگر غیر از ۳۰°C باشد
برای جریان مجاز کابلها در هوای آزاد

دمای محیط °C	نوع عایقبندی			
	PVC	XLPE و ERP	عایقبندی معدنی	
			دارای غلاف PVC یا لخت و در دسترس ۷۰°C	لخت ولی در دسترس نیست ۱۰۵ °C
۱۰	۱٫۲۲	۱٫۱۵	۱٫۲٦	۱٫۱۴
۱۵	۱٫۱۷	۱٫۱۲	۱٫۲۰	۱٫۱۱
۲۰	۱٫۱۲	۱٫۰۸	۱٫۱۴	۱٫۰۷
۲۵	۱٫۰٦	۱٫۰۴	۱٫۰۷	۱٫۰۴
۳۵	۰٫۹۴	۰٫۹٦	۰٫۹۳	۰٫۹٦
۴۰	۰٫۸۷	۰٫۹۱	۰٫۸۵	۰٫۹۲
۴۵	۰٫۷۹	۰٫۸۷	۰٫۸۷	۰٫۸۸
۵۰	۰٫۷۱	۰٫۸۲	۰٫٦۷	۰٫۸۴
۵۵	۰٫٦۱	۰٫۷٦	۰٫۵۷	۰٫۸۰
٦۰	۰٫۵۰	۰٫۷۱	۰٫۴۵	۰٫۷۵
٦۵		۰٫٦۵		۰٫۷۰
۷۰		۰٫۵۸		۰٫٦۵
۷۵		۰٫۵۰		۰٫٦۰
۸۰		۰٫۴۱		۰٫۵۴
۸۵				۰٫۴۷
۹۰				۰٫۴۰
۹۵				۰٫۳۲

EMTI -Y2P7-8

جدول 7P2 - ۷ ضریب تصحیح برای دمای خاک اگر غیر از ۲۰°C باشد
برای جریان مجاز کابلها در زمین

دمای محیط °C	نوع عایقبندی	
	PVC	XLPE و ERP
۱۰	۱٫۱۰	۱٫۰۷
۱۵	۱٫۰۵	۱٫۰۴
۲۵	۰٫۹۵	۰٫۹٦
۳۰	۰٫۸۹	۰٫۹۳
۳۵	۰٫۸۴	۰٫۸۹
۴۰	۰٫۷۷	۰٫۸۵
۴۵	۰٫۷۱	۰٫۸۰
۵۰	۰٫٦۳	۰٫۷٦
۵۵	۰٫۵۵	۰٫۷۱
٦۰	۰٫۴۵	۰٫٦۵
٦۵		۰٫٦۰
۷۰		۰٫۵۳
۷۵		۰٫۴٦
۸۰		۰٫۳۸

جدول 7P2- ۸ ضرایب تقلیل برای چندگروه مدار یا کابل چندرشته‌ای

	روش نصب	تعداد هادیهای حامل جریان و نوع عایقبندی							
		۱	۲	۳	۴	۶	۹	۱۲	۱۵	۲۰
۱	داخل بنایی یا در لوله یا کانال	۱/۰۰	۰/۸۰	۰/۷۰	۰/۷۰	۰/۵۵	۰/۵۰	۰/۴۵	۰/۴۰	۰/۴۰
۲	یک لایه روی دیوار، کف یا سینی کابل بدون منافذ	۱/۰۰	۰/۸۵	۰/۸۰	۰/۷۵	۰/۷۰	۰/۷۰	–	–	–
۳	یک لایه روی سقف	۰/۹۵	۰/۸۰	۰/۷۰	۰/۷۰	۰/۶۵	۰/۶۰	–	–	–
۴	یک لایه روی سینی کابل منفذ دار افقی یا سینی کابل قائم	۱/۰۰	۰/۹۰	۰/۸۰	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۰	–	–	–
۵	یک لایه روی نردبان کابل یا کنسول یا قلاب و مشابه آن	۱/۰۰	۰/۸۵	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۰	–	–	–

(IEC-5-523 TABLE 52-X3)

یک بار دیگر یادآوری می کند که جدولهای 7P2-۴ و 7P2-۵ و 7P2-۸ عیناً از IEC 364-5-523 Appendix A گرفته شده اند . برای دیدن روشها و جدولهای اصلی و مفصل لازم است به استاندارد اصلی مراجعه شود . البته همین جدولهای خلاصه شده در اغلب موارد جوابهای لازم را به دست می دهند.

فصل هفتم

حفاظت مدارها در برابر اضافه جریان

پیوست ۳ – انتخاب و محاسبه جریان مجاز مدارها با استفاده از جدولهای خلاصه VDE 0100

7P3–۰– کلیات

ایجاد حفاظت در برابر اضافه بار با استفاده از جدولها طبق VDE 0100

نظر به اینکه استفاده از جدولهای VDE 0100 از قدیم در ایران معمول بوده و ازآنها استفاده می شده است در اینجا نوع جدیدتر این جدولها و روشی که نحوه استفاده از آنها را بازگو می کند ذکر می شود. در این جدولها نتایج با استفاده از روابط (۱) و (۲) به دست آمده و به صورتی ساده برای چند نوع سیم کشی متداول، ارائه شده است . بدیهی است برای مواردی خارج از حوزه عمل جدولهای مورد بحث، لازم است به روشهای دقیقتر نصب و ضرایب مربوط به آنها مراجعه شود . و اما گروهبندیها و شرایطی که برای ۳ جدول ارائه شده اند متفاوتند :

گروهبندیهای دو جدول 7P3–۱ و 7P3–۲ یکی است (گروه ۱ – گروه ۲ – گروه ۳) ، در صورتی که گروهبندی جدول 7P3–۱ با آنها فرق دارد (گروههای A و B1 و B2 و C و E1) .

دیگر اینکه در مورد جدول 7P3–۱ اجازه استفاده از ضرایب تصحیح داده نشده است. در حالی که در مورد دو جدول 7P3–۲ و 7P3–۳ می توان از آنها استفاده کرد.

> فرق عمده ای که سیستم جدولهای VDE 0100 ارائه می دهد در این است که بدون واسطه جریان نامی وسیله حفاظتی را با سطح مقطع هادی ارتباط می دهد . در حالی که سیستم IEC فقط جریان مجاز هادی را مشخص می کند.

7P3–۰–۱– شرح گروههای سه گانه برای جدول 7P3–۱ و 7P3–۲

شرح گروههایی که در جدولهای 7P3–۱ و 7P3–۲ ذکر شده اند ، به ترتیب زیر است:

گروه ۱ – یک یا چند هادی عایق در لوله طبق VDE 0281 Part 103

گروه ۲ – کابلهای چند رشته ای بدون زره ، کابلهای قابل انعطاف و مشابه آنها

گروه ۳ - هادیهای عایق و کابلهای تک رشته ای در هوای آزاد که فاصله آنها تا دیوار یا از هادیهای عایق یا کابل ، کمتر از قطر هادی عایق یا کابل نباشد.

7P3-۰-۲- نوع وسایل حفاظتی برای حفاظت مدارها طبق جدولهای 7P3-۱، 7P3-۲ و 7P3-۳

هر سه جدول ارائه شده در این پیوست برای لوازم حفاظتی زیر قابل استفاده می باشند:

- فیوزها برای حفاظت هادیها و کابلها - طبق VDE 0636
- کلیدهای خودکار مینیاتوری برای حفاظت هادیها و کابلها - طبق VDE 0641
- کلیدهای خودکار برای حفاظت هادیها و کابلها

7P3-۰-۳- هادیها و کابلهایکه با استفاده از جدولهای 7P3-۱، 7P3-۲ و 7P3-۳ حفاظت می شوند

از جدولها می توان برای هادیهای زیر استفاده کرد:

- هادیهای عایق
- کابلها در محیطی با دمای ۳۰ درجه سلسیوس (بشرطی که در زمین دفن یا در آب غوطه ور نباشند)

7P3-۱- مطالب مربوط به جدول 7P3-۱

در استفاده از جدول 7P3-۱ ، لازم است توجه شود که :

استفاده از ضرایب تصحیح برای دما و همجواری در مورد این جدول ممنوع است !

7P3-۲- جدولهای 7P3-۲ 7P3-۳ 7P3-۴

جدولهای ذکر شده تفاوتهایی با جدول 7P2-۱ دارند :

جدولهای 7P3-۲ برای مواردی که جریان هادیها خیلی کمتر از مقدار مداوم آنها است و دمای محیط کمتر از ۳۰ درجه سلسیوس (۲۵ درجه) می باشد قابل استفاده است .

جدول 7P3-۳ ، برای جریانهای مداوم، دمای ۳۰ درجه سلسیوس و گروهبندی نصب طبق جدول 7P3-٤ قابل استفاده می باشد.

دقت شود که گروهبندیهای جدولهای 7P3-۱ و 7P3-۲ (گروههای ۱ و ۲ و ۳) و گروهبندی جدیدتر جدول 7P3-۳ (گروههای A و B1 و B2 و C و E1) از یک نوع نمی باشند و نباید آنها را جابجا نمود.

7P3-۲- ضرایب تصحیح برای جدولهای 7P3-۲ و 7P3-۳

در هنگام استفاده از جدولهای 7P3-۲ و 7P3-۳، اگر شرایط محیط و نحوه نصب با شرایط جدول متفاوت باشند، می توان از ضرایب تصحیح طبق جدولهای 7P3-۵ و 7P3-۶ استفاده کرد.

جدول 7P3-۱ شدت جریان اسمی In برای انواع وسایل حفاظتی و سطح مقطع هادی عایقدار مربوط به هر جریان اسمی طبق VDE 0100

یادآوری - ۱ : این جدول براساس دمای محیط ۳۰ °C و جریان مداوم تنظیم شده است.

یادآوری - ۲ : در اصل این جدول برای دونوع هادی - مس و آلومینیوم تهیه شده است. اما چون در تاسیسات کشور ما از هادی آلومینیوم استفاده نمی شود، مقادیر مربوط به آن ذکر نشده اند.

EMF
-Y2P7-3

سطح مقطع نامی هادی	شدت جریان اسمی وسیله حفاظتی (فیوز - کلید خودکار و مینیاتوری) In (آمپر)		
	گروه ۱ Group 1	گروه ۲ Group 2	گروه ۳ Group 3
mm^2	Cu	Cu	Cu
۰,۷۵	-	۶	۱۰
۱	۶	۱۰	۱۰
۱,۵	۱۰	۱۰(۱)	۲۰
۲,۵	۱۶	۲۰	۲۵
۴	۲۰	۲۵	۳۵
۶	۲۵	۳۵	۵۰
۱۰	۳۵	۵۰	۶۳
۱۶	۵۰	۶۳	۸۰
۲۵	۶۳	۸۰	۱۰۰
۳۵	۸۰	۱۰۰	۱۲۵
۵۰	۱۰۰	۱۲۵	۱۶۰
۷۰	۱۲۵	۱۶۰	۲۰۰
۹۵	۱۶۰	۲۰۰	۲۵۰
۱۲۰	۲۰۰	۲۵۰	۳۱۵
۱۵۰	-	۲۵۰	۳۱۵
۱۸۵	-	۳۱۵	۴۰۰
۲۴۰	-	۴۰۰	۴۰۰
۳۰۰	-	۴۰۰	۵۰۰
۴۰۰	-	-	۶۳۰
۵۰۰	-	-	۶۳۰

(۱) برای هادیها و کابلهای غلافدار یا بی غلاف که تنها هادی آنها بار دار باشند، می توان از وسیله حفاظتی ۱۶ آمپر استفاده کرد.

جدول 7P3-۲ شدت جریان اسمی In برای انواع وسایل حفاظتی و سطح مقطع هادی عایقدار مربوط به هر جریان اسمی طبق VDE 0100 Part 430, Table 2

یادآوری - ۱ : این جدول بر اساس دمای محیط کمتر از ۳۰°C و جریانی که مداوم نیست تنظیم شده است.

یادآوری - ۲ : از این جدول فقط در مواردی استفاده می شود که شدت جریان ، خیلی کمتر از مقدار "مداوم" باشد مانند مدارهای روشنایی و پریز منازل امانه برای مدارهای آبگرمکنها

یادآوری - ۳ : در اصل این جدول برای دونوع هادی - مس و آلومینیوم تهیه شده است. اما چون در تاسیسات کشور ما از هادی آلومینیوم استفاده نمی شود، مقادیر مربوط به آن ذکر نشده اند.

EMTI -Y2P7-3

سطح مقطع نامی هادی	شدت جریان اسمی و سیله حفاظتی (فیوز - کلید خودکار و مینیاتوری) In (آمپر)		
	گروه ۱ Group 1	گروه ۲ Group 2	گروه ۳ Group 3
mm^2	Cu	Cu	Cu
۰٫۷۵	-	۱۰	۱۶
۱	۱۰	۱۶	۲۰
۱٫۵	۱۶	۲۰	۲۵
۲٫۵	۲۰	۲۵	۳۵
۴	۲۵	۳۵	۵۰
۶	۳۵	۵۰	۶۳
۱۰	۵۰	۶۳	۸۰
۱۶	۶۳	۸۰	۱۰۰
۲۵	۸۰	۱۰۰	۱۲۵
۳۵	۱۰۰	۱۲۵	۱۶۰
۵۰	۱۲۵	۱۶۰	۲۰۰
۷۰	۱۶۰	۲۰۰	۲۵۰
۹۵	۲۰۰	۲۵۰	۳۱۵
۱۲۰	۲۵۰	۳۱۵	۳۱۵
۱۵۰	-	۳۱۵	۴۰۰
۱۸۵	-	۳۱۵	۴۰۰
۲۴۰	-	۴۰۰	۵۰۰
۳۰۰	-	۵۰۰	۶۳۰
۴۰۰	-	-	۶۳۰
۵۰۰	-	-	۸۰۰

جدول 7P3 - ۳ شدت جریان اسمی In برای انواع وسایل حفاظتی و سطح مقطع هادیهای عایقدار

یادآوری - ۱ این جدول براساس دمای محیط ۳۰°C و جریان مداوم و هادی مس با عایقبندی PVC تنظیم شده است . حداکثر دمای کار ۷۰°C می‌باشد. در اصل این جدول، نوعی دیگر از جدول، ۷۱۵-۱ است

یادآوری - ۲ این جدول برای کابلهایی که با VDE 0298 Part 3 مطابقت می کنند معتبر است بعضی از کابلهای شامل این استاندارد عبارتند از: NYM,NYY,NYCWY,NYIF,H07V-U

یادآوری - ۳ برای شرح گروههای E1-C-B2-B1-A جدول ۷۱۵-۴ را ببینید.

Y2P7-4

روش نصب	گروه A		گروه B1		گروه B2		گروه C		گروه E1	
تعداد هادیهای حامل جریان	۲	۳	۲	۳	۲	۳	۲	۳	۲	۳
سطح مقطع نامی هادی mm^2	شدت جریان اسمی In وسیله حفاظتی(فیوز-کلید خودکار و مینیاتوری)									
۱٫۵	۱۶	۱۰	۱۶	۱۶	۱۶	۱۰	۲۰	۱۶	۲۰	۱۶
۲٫۵	۲۰	۱۶	۲۵	۲۰	۲۰	۲۰	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵
۴	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۳۵	۳۵	۳۵	۳۵
۶	۳۵	۲۵	۴۰	۳۵	۳۵	۳۵	۴۰	۵۰	۵۰	۴۰
۱۰	۴۰	۴۰	۶۳	۵۰	۵۰	۴۰	۶۳	۶۳	۶۳	۶۳
۱۶	۶۳	۵۰	۸۰	۶۳	۶۳	۶۳	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰
۲۵	۸۰	۶۳	۱۰۰	۸۰	۸۰	۸۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۲۵	۱۰۰
۳۵	۱۰۰	۸۰	۱۲۵	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۲۵	۱۲۵	۱۵۰	۱۲۵

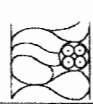
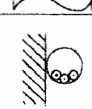
جدول 7P3 - ۵ ضریب تصحیح برای دمای محیط اگر غیر از ۳۰°C باشد

برای جریان مجاز کابلها در هوای آزاد

Y2P7-4

دمای محیط °C	نوع عایقبندی		
	PVC	XLPE و ERP	عایقبندی معدنی
			دارای غلاف PVC یا لخت و در دسترس ۷۰°C	لخت ولی در دسترس نیست ۱۰۵°C
۱۰	۱٫۲۲	۱٫۱۵	۱٫۲۶	۱٫۱۴
۱۵	۱٫۱۷	۱٫۱۲	۱٫۲۰	۱٫۱۱
۲۰	۱٫۱۲	۱٫۰۸	۱٫۱۴	۱٫۰۷
۲۵	۱٫۰۶	۱٫۰۴	۱٫۰۷	۱٫۰۴
۳۰				
۳۵	۰٫۹۴	۰٫۹۶	۰٫۹۳	۰٫۹۶
۴۰	۰٫۸۷	۰٫۹۱	۰٫۸۵	۰٫۹۲
۴۵	۰٫۷۹	۰٫۸۷	۰٫۷۶	۰٫۸۸
۵۰	۰٫۷۱	۰٫۸۲	۰٫۶۷	۰٫۸۴
۵۵	۰٫۶۱	۰٫۷۶	۰٫۵۷	۰٫۸۰
۶۰	۰٫۵۰	۰٫۷۱	۰٫۴۵	۰٫۷۵
۶۵		۰٫۶۵		۰٫۷۰
۷۰		۰٫۵۸		۰٫۶۵
۷۵		۰٫۵۰		۰٫۶۰
۸۰		۰٫۴۱		۰٫۵۴
۸۵				۰٫۴۷
۹۰				۰٫۴۰
۹۵				۰٫۳۲

جدول 7P3- ۴ طرحواره چندنوع گروه نصب که برای عایقبندی هادیها طبق VDE 0298 Part 4 تنظیم شده است. روشهای موجود در تاسیسات بیشتر از سایرین مورد استفاده می باشند.

گروه		با استفاده از لوله و کانال کابل (ترانکینگ)
A		- در داخل دیوارهای عایق
		هادیهای عایقدار یا کابلهای تک یا چندرشته ای در داخل لوله
		هادیهای عایقدار در لوله در داخل کانال بسته در زیر کف
		کابلهای هدایت شده در لوله کارگذاشته شده در زیر کف
B1		- روی دیوار یا داخل دیوارهای آجری
		هادیهای عایقدار در داخل لوله
		هادیهای عایقدار در داخل ترانکینگ
		هادیهای عایقدار یا کابلهای تک یا چندرشته ای در لوله و داخل دیوار آجری
B2		- روی دیوارها
		کابلهای چندرشته ای در لوله روی دیوار یا روی کف
		کابلهای چندرشته ای در ترانکینگ روی دیوار یا روی کف
C		نصب کابلهای غلافدار به صورت مستقیم (بدون لوله یا ترانکینگ)
		کابلهای چندرشته ای روی دیوار یا روی کف
		کابلهای تک رشته ای روی دیوار یا روی کف
		کابلهای چندرشته ای در داخل دیوار آجری یا زیر گچکاری
E1		نصب کابلهای غلافدار چندرشته ای به صورت مستقیم (بدون لوله یا ترانکینگ)
		در هوای آزاد - فاصله بین کابلها : ≥ 2d - فاصله بین کابل و دیوار : ≥ 0.3d

جدول 7P3-٦ ضریب تصحیح جریان مجاز برای گروههای بیش از یک مدار یا کابل چندرشته‌ای

ترتیب	نحوه استقرار (کابلها در تماس باهم)	تعداد مدارها یا کابلهای چندرشته ای											برای استفاده در محاسبه جریان مجاز برای موارد زیر:
		١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٢	١٦	٢٠	
١	به صورت دسته (خوشه) روی یک سطح یا مدفون در مصالح یا داخل کانال بسته	١٫٠٠	٠٫٨٠	٠٫٧٠	٠٫٦٥	٠٫٦٠	٠٫٥٧	٠٫٥٤	٠٫٥٢	٠٫٥٠	٠٫٤٥	٠٫٤١	٠٫٣٨	A A2 B B2 C
٢	به صورت یک لایه روی دیوار یا روی یک سینی فاقد منافذ	١٫٠٠	٠٫٨٥	٠٫٧٩	٠٫٧٥	٠٫٧٣	٠٫٧٢	٠٫٧٢	٠٫٧١	٠٫٧٠	برای بیش از ٩ مدار یا کابل چندرشته‌ای تقلیل اضافی لازم نمی باشد			C
٣	به صورت یک لایه روی سقف	٠٫٩٥	٠٫٨١	٠٫٧٢	٠٫٦٨	٠٫٦٦	٠٫٦٤	٠٫٦٣	٠٫٦٢	٠٫٦١				
٤	به صورت یک لایه روی یک سینی دارای منافذ	١٫٠٠	٠٫٨٨	٠٫٨٢	٠٫٧٧	٠٫٧٥	٠٫٧٣	٠٫٧٣	٠٫٧٢	٠٫٧٢				
٥	به صورت یک لایه روی نردبان کابل یا نگهدارهای دیواری	١٫٠٠	٠٫٨٧	٠٫٨٢	٠٫٨٠	٠٫٨٠	٠٫٧٩	٠٫٧٩	٠٫٧٨	٠٫٧٨				E F

یادآوری ١- جزگروههای ذکر شده، گروههای دیگری هم می توانند از جدول استفاده کنند.

یادآوری ٢- گروههای ذکر شده الزاما همه گروههای جدول 7P3-4 نمی باشند.

١ - از این ضرایب می توان برای گروههای متحدالشکل کابل که جریان آنها برابر باشد ، استفاده کرد.

٢ - در مواردی که فاصله هوایی افقی کابلهای مجاور از دو برابر قطر کابل بیشتر باشد ، لزومی نخواهد بود از ضریب تقلیل استفاده شود.

٣ - از همین ضرایب می توان برای موارد زیر استفاده نمود:

- گروههایی متشکل از ٢ یا ٣ کابل تک رشته‌ای
- کابلهای چندرشته‌ای

٤ - اگر سیستمی متشکل از هر دو نوع کابل ٢ رشته ای و ٣ رشته‌ای باشد ، تعداد کل کابلها را به عنوان تعداد مدار انتخاب کرده و ضریب به دست آمده هم در مورد جدولهای مربوط به کابلهای ٢ رشته‌ای و هم در مورد جدولهای مربوط به کابلهای ٣ رشته‌ای ، قابل استفاده خواهد بود.

٥ - اگر گروهی متشکل از n کابل تک رشته‌ای حامل جریان باشد، می توان آن را n/2 مدار با دو هادی برقدار یا n/3 مدار با سه هادی برقدار به حساب آورد.

٦ - مقادیر جدول میانگینی برای مقاطع و روشهای نصب مختلف می باشد و دقت آنها در حد ٥٪ است.

٧ - برای روشها و تاسیساتی که نسبت به روشهای ذکر شده تفاوت بسیار دارند، باید از منابع مناسب دیگر استفاده شود.

EMTI -Y2P7-41

فصل هفتم

حفاظت مدارها در برابر اضافه جریان

پیوست ۴ – حداقل سطح مقطع هادیها (فشار ضعیف)

7P4–۰– کلیات

سطح مقطع هادیها با توجه به نوع و جنس هادیها و کاربرد آنها در تأسیسات ، نباید از مقادیر تعیین شده کمتر باشد. در اغلب موارد علت انتخاب حداقل سطح مقطع هادی برای هر کاربرد احتیاجی به توضیح ندارد اما در هر حال این مسئله در اینجا مورد بحث قرار داده نمی شود . علاوه بر مدارهای نیرو، حداقل سطح مقطع برای مدارهای کنترل و ارسال علایم نیز تعیین شده اند.

تا جایی که به مدارهای نیرو مربوط می شود به طور کلی در تأسیسات سه گروه هادی وجود دارد :

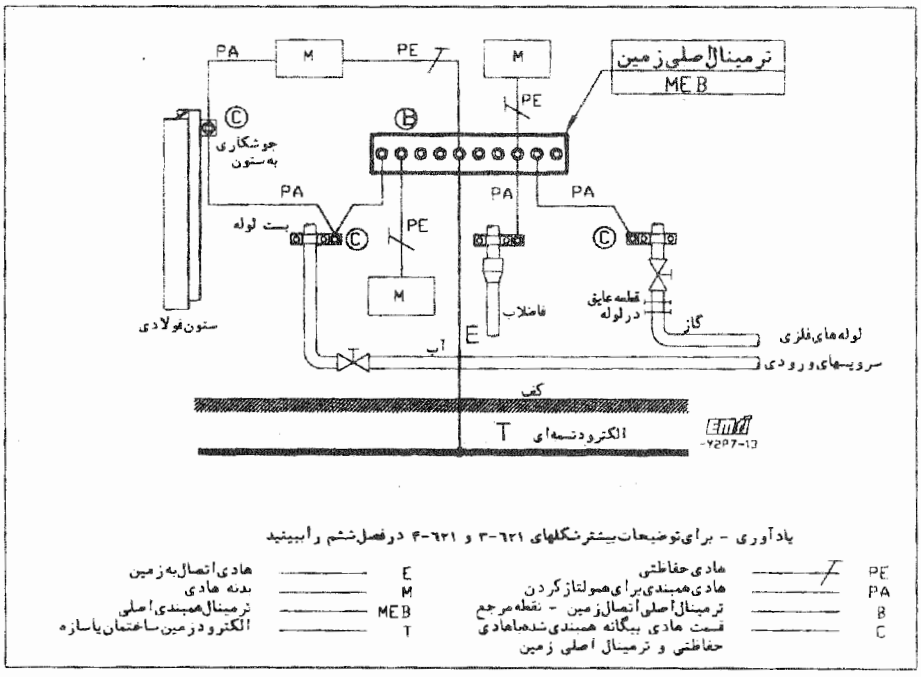
۱ – هادیهای برقدار (هادیهای فاز و هادی خنثا N)

۲ – هادی حفاظتی (PE) و هادی مشترک حفاظتی / خنثا (PEN در سیستم TN)

۳ – هادی اتصال به زمین (هادیهایی که الکترود یا الکترودهای زمین را به ترمینال اصلی زمین وصل می کنند)

٤ – هادیهای همبندی برای هم‌ولتاژ کردن (PA)

در شکل 7P4-۱ بجز هادیهای برقدار (فازها و خنثا N) ، بقیه هادیها برای راهنمایی و درک مفاهیم ، نشان داده شده اند. به نحوی که دیده می شود بین هادیهای PA وPE به ظاهر تفاوتی وجود ندارد در حالیکه با وجود شباهت ظاهری ، باید به یاد داشت کهPE جزء سیستم توزیع برق در ساختمان است و اغلب (ولی نه همیشه) یکی از رشته های کابل یا سیمهای مدار تغذیه می باشد در حالی که PA جنبه موضعی دارد و از محدوده محیطی مشخص فراتر نمی رود و مسلماً بخشی از مدار یا کابل نیست . در این شکل سعی شده است تا جایی که ممکن است از حروف و نشانه های ترسیمی IEC استفاده شود . در حال حاضر بجز هادیهای فاز و خنثا و هادی حفاظتی ، تا جایی که می داند، حروف اختصاری بقیه هادیها و اجزاء به نحوی قطعی مشخص نیستند با این وجود در مدارک IEC از آنها استفاده شده است .



شکل 7P4-۱ طرحواره یک نمونه همبندی برای هم‌ولتاژ کردن هادیهای حفاظتی و هادی اتصال زمین در سیستم TN

7P4-۱-هادیهای برقدار (هادیهای فاز و هادی خنثا N)

در جدول 7P4-۱ حداقل سطح مقطع هادیهای اصلی مدار (هادیهای فاز و هادی خنثا) نشان داده شده است . نکته مهمی که در این جدول وجود دارد و باید به آن توجه شود این است که تأسیسات ثابت و تأسیسات قابل انعطاف از یکدیگر تفکیک شده اند . در تأسیسات نصب ثابت، برای مقاطع کوچک اشاره ای به هادیهای قابل انعطاف نشده است و لذا نباید از این سیمهای تیپ (NYFA) در تأسیسات ثابت استفاده شود و به جای آن باید از هادیهای تک مفتولی تیپ (NYA)، استفاده شود .

جدول 7P3- ۱ حداقل سطح مقطع هادیها

نوع سیمکشی		مورد استفاده مدار	هادی	
			جنس	سطح مقطع (mm2)
تاسیسات ثابت	کابلها و هادیهای عایقدار	مدارهای روشنایی و نیرو	مس Cu	۱٫۵
		مدارهای کنترل و علایم		۰٫۵ (۱
	هادیهای لخت (هوایی)	مدارهای نیرو		۱۰
		مدارهای کنترل و علایم		۴
رابطهای قابل انعطاف با استفاده از هادیهای عایقدار و کابلها		برای یک وسیله مشخص		طبق استاندارد مربوطه IEC
		برای هر مورد مصرف دیگر		۰٫۷۵ (۲
		مدارهای با ولتاژ خیلی پایین برای کاربریهای مخصوص		۰٫۷۵

یادآوری - مقاطع مربوط به آلومینیوم ذکر نشده‌اند

(۱- در مورد مدارهای تجهیزات الکترونیک می‌توان از حداقل مقطع ۰٫۱ mm2 استفاده کرد

(۲- در مورد کابلهای قابل انعطاف ۷ رشته‌ای و بیشتر، بند ۱) در بالا صادق است

EMF-Y2P7-12

7P4-۲- هادی حفاظتی (PE) و هادی مشترک حفاظتی/خنثا (PEN در سیستم TN)

با مسئله سطح مقطع هادیهای حفاظتی (PE) و هادی مشترک حفاظتی/خنثا (PEN در سیستم TN) در IEC و VDE به یک نحو برخورد نشده است. از جدولهای 7P4 -۲ و جدول 7P4-۳ دیده می شود که برخورد VDE با مطالب بسیار مفصلتر از IEC است.

جدول 7P3- ۲ حداقل سطح مقطع هادی حفاظتی (PE) طبق IEC 364-5-54

سطح مقطع نامی هادیهای فاز در تاسیسات S (mm2)	حداقل سطح مقطع هادی حفاظتی مربوطه (PE) Sp(mm2)
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$\frac{S}{2}$

یادآوری ۱- مقادیر ذکر شده برای حالتی است که هادی فاز و حفاظتی همجنس باشند. در غیر این صورت کاندوکتانس هادی حفاظتی باید برابر هادی همجنس به دست آمده از جدول باشد.

یادآوری ۲- اگر مقطع استاندارد نباشد، استاندارد بزرگتر انتخاب می‌شود.

Emfi -Y2P7-12

جدول 7P3- ۳ حداقل سطح مقطع هادی حفاظتی (PE) و هادی مشترک حفاظتی/خنثی (PEN) طبق VDE 0100 (هادیهای آلومینیومی منظور نشده‌اند)

سطح مقطع نامی هادیها (mm2 مس)				
هادی فاز mm2	هادی حفاظتی PE یا هادی مشترک حفاظتی/خنثی PEN		هادی حفاظتی PE که به صورت جداگانه کشیده می‌شود	
	که یک رشته از کابل هوایی نوع NYM است mm2	که یک رشته از کابل هوایی نوع NYY است mm2	حفاظت شده mm2	حفاظت نشده mm2
۰/۵	۰/۵	قطعه‌ای حفاظتی PE	۲/۵	۴
۰/۷۵	۰/۷۵		۲/۵	۴
۱	۱		۲/۵	۴
۱/۵	۱/۵	۱/۵	۲/۵	۴
۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۴
۴	۴	۴	۴	۴
۶	۶	۶	۶	۶
۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
۱۶	۱۶	۱۶	۱۶	۱۶
۲۵	۱۶	۱۶	۱۶	۱۶
۳۵	۱۶	۲۵	۱۶	۲۵
۵۰	۲۵	۳۵	۲۵	۳۵
۷۰	۳۵	۵۰	۳۵	۵۰
۹۵	۵۰	۷۰	۵۰	۵۰
۱۲۰	۷۰	۷۰	۵۰	۵۰
۱۵۰	۷۰	۹۵	۵۰	۵۰ *)
۱۸۵	۹۵	۱۲۰	۵۰	۵۰
۲۴۰	–	۱۵۰	۵۰	۵۰
۳۰۰	–	۱۸۵	۵۰	۵۰
۴۰۰	–			

هادی حفاظتی و هادی مشترک حفاظتی/خنثی PE/PEN

*) برای مقاطع ۵۰ میلیمتر مربع استفاده از هادی لخت توصیه شده است.

Emfi -Y2P7-12

7P4-۳- هادی اتصال به زمین (E)

(هادیهایی که الکترود یا الکترودهای زمین را به ترمینال اصلی زمین وصل می کنند)

در فصل چهارم راجع به هادیهای اتصال زمین بحث شده و اطلاعات مفصلتری ارائه شده است . در اینجا جدول 7P4-٤ که مشابه جدول ٤-١٢ فصل چهارم است ارائه می شود تا اطلاعات مربوط به همه انواع هادیها در این پیوست جمع باشد.

جدول 7P3- ۴ حداقل سطح مقطع هادی اتصال به زمین IEC 542-2-1

هادیهای اتصال به زمین	دارای حفاظت مکانیکی	بدون حفاظت مکانیکی
دارای حفاظت در برابر خوردگی ۱)	مشابه هادی حفاظتی ۲)	مس ۱۶ mm2 گالوانیزه گرم ۱۶ mm2 استفاده از آلومینیوم ممنوع است
بدون حفاظت در برابر خوردگی	مس ۲۵ mm2 گالوانیزه گرم ۵۰ mm2 استفاده از آلومینیوم ممنوع است	

۱)- حفاظت در برابر خوردگی ممکن است با استفاده از غلاف اجرا شود
۲)- جدولهای 7P3-۱ ، 7P3-۲ و 7P3-۳ دیده شوند

EMF -Y2F7-12

7P4-۴- هادیهای همبندی برای هم‌ولتاژ کردن (PA)

همبندی برای هم‌ولتاژ کردن آخرین و مهمترین حربه در مبارزه با برقگرفتگی است . بنابراین برای برپایی همبندی اصلی و همبندیهای اضافی تا جایی که مقدور است باید کوشش نمود . باید توجه داشت که تجهیزات لازم بای برپایی هر یک از انواع سیستمهای همبندی بسیار قلیل است در حالی که از نظر تخصصی بسیار مهم است و دانش اجرای آن هر چند ساده ، بسیار دقیق است . در فصل ششم راجع به چون و چرای مسئله بحث شده است در اینجا فقط جدول حداقل سطح مقطع هادیها ذکر می شوند (ردیف ٦٢١-٢ از فصل ششم را ببینید) . در جدول 7P4-۵ حداقل سطح مقطع هادیها داده شده اند.

جدول 7P3- ۵ حداقل سطح مقطع هادی همبندی (PA) طبق IEC 364-5-54

نوع هادی همبندی	هادی همبندی اصلی	۱ - مقطع هادی همبندی نباید از ۶mm2 کمتر باشد
		۲ - مقطع هادی همبندی لازم نیست از ۲۵mm2 بیشتر باشد
		۳ - بین ۶mm2 و ۲۵mm2 ، باید $Spa \geq \frac{Sp}{2}$ mm2 باشدکه درآن: Sp سط· مقطع بزرگترین هادی حفاظتی (PE) در تاسیسات است
	هادی همبندی اضافی	۱ - هادی همبندی بین دو بدنه هادی، نباید از کوچکترین هادی حفاظتی مدارهای تغذیه کننده آنها، کوچکتر باشد
		۲ - هادی همبندی بین یک بدنه هادی و بدنه بیگانه نباید کوچکتر از نصف هادی حفاظتی مدار مربوطه باشد
		۳ - از اجزای فلزی ثابت ساختمان همراه با هادیهای دیگر می توان به عنوان هادی همبندی اضافی استفاده کرد

یادآوری - طبق (VDE0100(701 در حمامها سطح مقطع هادی همبندی نباید از ۴mm2 کوچکتر باشد

EMM -Y2P7-14

فصل هشتم

افت ولتاژ در مدارها

۴۳۳-۸۰۰- پیشگفتار

۸۰۰-۱- ملاحظات عمومی

برای محاسبه و انتخاب اجزای یک مدار فشار ضعیف در توزیع یا تأسیسات برقی ، معمول بر این است که به ترتیب زیر عمل شود:

۱ - برآورد بار مدار (شدت جریان طرح I_B) (بخش ۷۱۱)، که بقیه اجزا با توجه به آن انتخاب می شوند.

۲ - انتخاب وسایل حفاظتی مدار با توجه به جریان نامی آن (I_n) (بخش ۷۱۲)

۳ - انتخاب و یا محاسبه سطح مقطع هادیهای مدار (بخشهای ۷۱۳ تا ۷۱۶ و پیوستهای 7P2، 7P3 و 7P4).

٤ - محاسبه جریانهای حداکثر و به ویژه حداقل اتصال کوتاه در سیستم TN بین هادی فاز و حفاظتی (L-PE) با هادی فاز و هادی مشترک حفاظتی/خنثا (L-PEN) (بخش ۷۱۷ و پیوست 6P4 از فصل ششم) برای اطمینان از عمل به موقع وسیله حفاظتی.

۵ - کنترل و حصول اطمینان نسبت به اینکه وسایل حفاظتی قرار گرفته به شکل پشت سر هم (سری)، نسبت به هم دارای تمایز (discrimination) می باشند.

٦ - و در خاتمه، کنترل آن از نظر اطمینان به ولتاژی است که در دورترین نقطه مدار و در بدترین شرایط کاری تحویل خواهد داد.

بحث ما در این فصل محاسبه ولتاژ در انتهای مدار یا محاسبه افتی است که نسبت به ولتاژ شروع مدار به دلیل وجود مقاومت و امپدانس در مدار ، بوجود می آید .

۸۰۱- استاندارد افت ولتاژ در مدارهای فشار ضعیف طبق IEC 60038 (افت ولتاژ مجاز)

در کشورهای مختلف ، ولتاژ حداقلی را که شرکتهای برق باید در محل ورودی مشترک (کنتور) در شرایط عادی به وی تحویل دهند، قانون مشخص می کند . افت ولتاژ گذرا به علت اختلالات در شبکه ، راه اندازی موتورها و دیگر

لوازم ، به حساب آورده نمی شوند. البته باز هم به طور معمول مقدار حداقل قانونی نسبت به حداقلی که عملاً تحویل داده می شود، کمتر است . این کار برای پیشگیری از شکایتهای احتمالی به عمل می آید.

هم اکنون طبق استاندارد (IEC 60038 (ammendment 1-1983 در فشار ضعیف ، تفاوت ولتاژ تحویلی در محل انشعاب مشترک (کنتور) نسبت به ولتاژ نامی فشار ضعیف ، نباید از ٪۱۰- / + بیشتر باشد.

به عبارت دیگر در کشورهایی که ولتاژ نامی فشار ضعیف تکفاز آنها ۲۳۰ ولت است (مانند کشورخودمان که در زمانی نه چندان دور ولتاژ رسمی فشار ضعیف ۴۰۰/۲۳۰ ولت را همسو با دیگر کشورها انتخاب کرده است) ولتاژ تکفاز تحویلی نباید بیشتر از ۲۵۵ ولت و کمتر از ۲۰۷ ولت باشد.

طبق همان استاندارد ، در داخل هر ساختمان حداکثر افتی که مجاز شناخته می شود ٤٪ است بنابراین در کل ، ولتاژ در دورترین نقطه ساختمان نباید از ٪۱۰+ نسبت به ولتاژ نامی بیشتر و از ٪۱٤- نسبت به آن کمتر باشد (به ترتیب ۲۵۵ ولت و ۱۹۸ ولت) . ملاحظه می شود که مقدار مجاز ولتاژ مخصوصاً حد پایین آن، خیلی بدتر از انتظار می باشد . از علتهای انتخاب این مقادیر ، وجود اختلالاتی بود که کشورهای درگیر در تغییر ولتاژ اسمی ۳۸۰/۲۲۰ ولت به ۴۰۰/۲۳۰ ولت ، دچار آن بودند . ناگفته نماند که در استاندارد گفته شده در بالا ، وعده داده شده است که در آینده ، افت ولتاژ مجاز از مقدار ذکر شده ، محدودتر انتخاب خواهد شد.

تصور نشود که اشکال فقط در سمت پایین ولتاژ نسبت به ولتاژ اسمی است(٪۱٤٪) . اضافه ولتاژ هم ممکن است برای دستگاههای الکتریکی مخصوصاً اگر از نوع چراغهای با لامپهای التهابی باشند، بسیارمضر و کوتاه کننده عمر آنها باشد (٪۱۰+) . بسیاری از موتورها و لوازم برقی دیگر نیز ممکن است همین حالت را دارا باشند . البته در عمل بهترین حالت آن است که در همه نقاط تأسیسات ولتاژ برابر مقدار نامی آن باشد که البته این امر غیرممکن است .

پس افت ولتاژ کل از دو بخش تشکیل می شود :

۱- افت ولتاژ از سر خروجی ترانسفورماتور تا محل ورودی به ساختمان مشترک (٪۱۰-/+)

۲- افت ولتاژ از محل ورودی مشترک (کنتر) یا تابلوی اصلی ساختمان تا دورترین مصرفکننده (٪٤-)

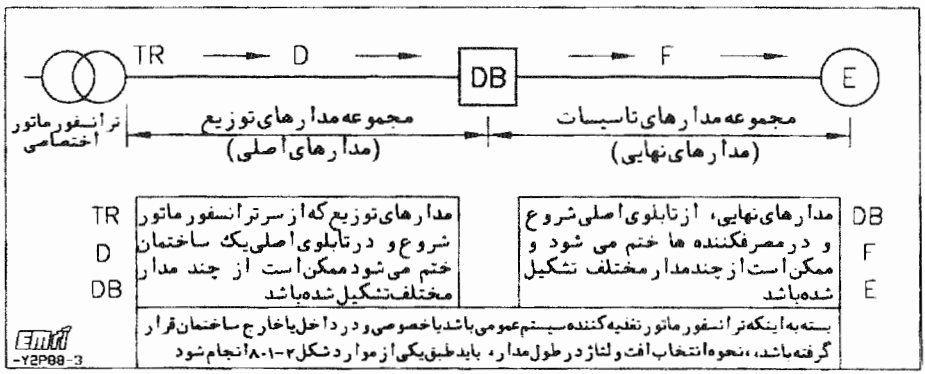
با این شرح ،تکلیف قانون گذار پایان یافته به حساب می آید ولی مهندس طراح به چه نحو باید مقررات بالا را پیاده کند ؟ برای مثال اگر یک مدار چند مصرف کننده (چند تابلو) را تغذیه کند نحوه تقسیم افت ولتاژ در هر یک از قسمتهای مدار از تابلوی ورودی اصلی ساختمان تا آخرین تابلو چگونه باید انجام شود و سهم افت ولتاژ در مدارهای نهایی تغذیه کننده پریزها و چراغها چقدر باید انتخاب شود . و این موضوع فقط مربوط به ٤٪ افت ولتاژ است . البته اگر منبع تغذیه و مدارهای آن از تابلوی اصلی منبع تا تابلوی اصلی ساختمان متعلق به شرکتهای توزیع برق باشد، مهندس طراح برق وظیفه

دیگری نخواهد داشت . اما اگر منبع تغذیه (پست) خصوصی باشد و طراحی خطوط اصلی از تابلوی ترانسفورماتور تا ورودی به ساختمان هم به عهده طراح باشد، آیا صلاح است عدد ٪۱۰- برای این قسمت از کار انتخاب شود ؟

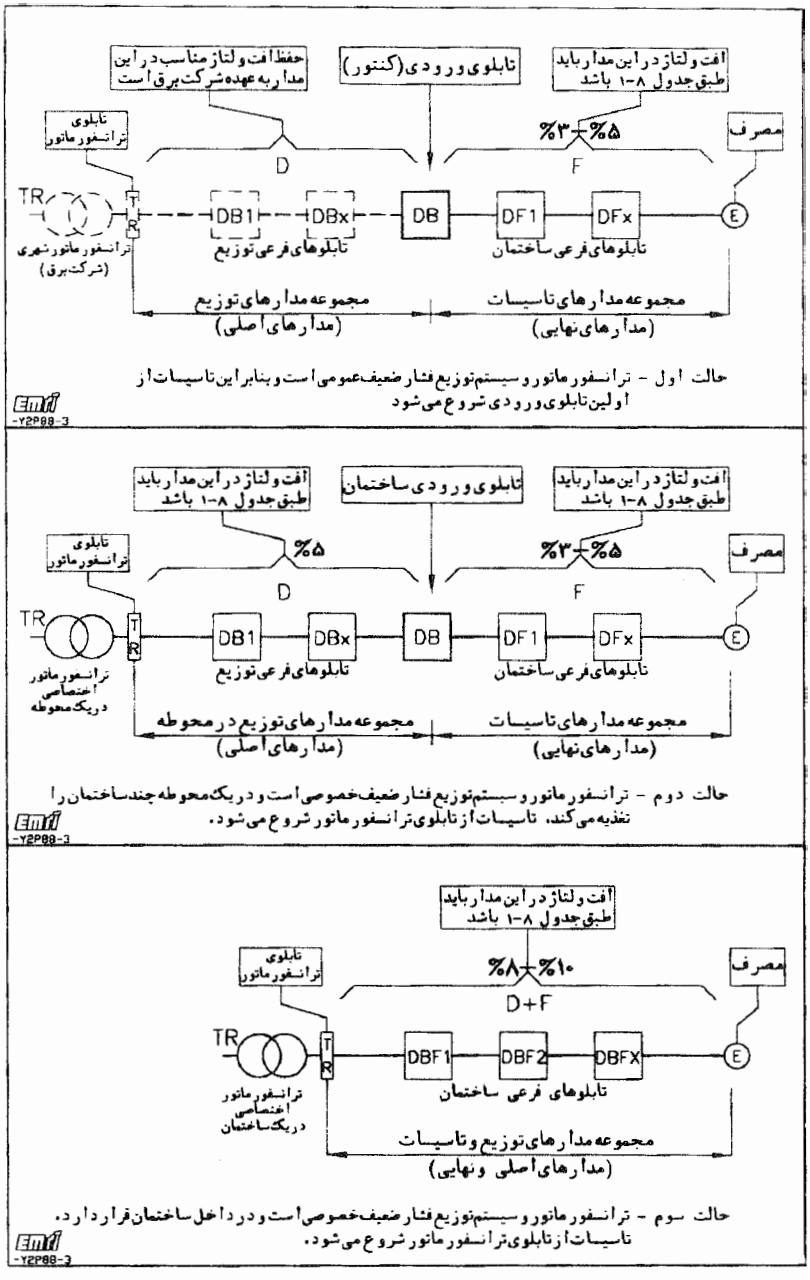
البته نباید فراموش کرد که انتخاب مشخصه های اصلی مدار با توجه به بار آن انجام می شود (شدت جریان طرح I_B) و این مطلب مخصوصاً بادر نظر گرفتن ضریب تقلیل دما که در کشور ما بالا می باشد سطح مقطع بزرگتری را برای کابل تعیین می کند . بنابراین کمتر اتفاق می افتد که در یک خط توزیع خصوصی افت ولتاژ در خط توزیع به مقدار حداکثر مجاز آن (٪۱۰-) برسد . از طرف دیگر باید به یاد داشته باشیم که مسایل مختلفی ممکن است بر افت فشار تأثیر منفی بگذارند که مهمترین آنها عدم پیش بینی دقیق بارور شد آن در طول زمان است و مدارهای اصلی هم اجزایی نیستند که بتوان به سادگی آنها را تعویض و تبدیل نمود . باتوجه به این مطلب، افت ولتاژ در مدارهای توزیع نباید از ٪۵- بدتر انتخاب شود که در مبحث ۱۳ از مقررات ملی ساختمانی ایران، علیرغم ٪۱۰- مجاز طبق استاندارد، مقدار ٪۵- انتخاب شده است .

در همان مقررات افت ولتاژ در داخل ساختمان به جای ٪۴- ، برای همه مدارها به علت حساسیت روشنایی به ولتاژ برای این مدارها ٪۳- و برای سایر مدارها ٪۵- مقرر شده است .

شکل ۸۰۱-۱ طرحواره کلی افت ولتاژ و مدارهای سیستمهای توزیع و تأسیسات داخلی را نشان می دهد و ۸۰۱-۲ طرحواره های نحوه تقسیم افت ولتاژ در مدارهای مختلف را طبق مقررات مبحث ۱۳ ، ارائه می دهد.



شکل ۸۰۱-۱ طرحواره نحوه تقسیم افت ولتاژ بین مدارهای مختلف



شکل ۸۰۱-۲ طرحواره حالتهای مختلف تقسیم افت ولتاژ در مدارهای مختلف

جدول ۸-۱ حداکثر مجاز افت ولتاژ در مدارهای توزیع ترانسفورماتورهای اختصاصی و مدارهای تاسیسات

نوع مدار	نوع مصرف یا تجهیزات وصل شده	افت ولتاژ مجاز به درصد
توزیع (مدارهای اصلی) (D)	تابلوی توزیع (DB)	۵
تاسیسات (مدارهای نهایی) (F)	روشنایی (E)	۳
	تجهیزات (E)	۵

EMTA -Y2P88-3

۸۰۲- تأثیر مشخصه های مدار در افت ولتاژ

در محاسبه افت ولتاژ باید عوامل مختلفی در نظر گرفته شوند تا نتیجه دقیقتری بدست آید، مانند :

۱ - نوع مدار (ساختار کابل یا هادی عایقدار یا هادی هوایی یا هر وسیله انتقال دیگر) ؛

۲ - شدت جریان (I_B) یا توان بار انتقالی ؛

۳ - طول مدار ؛

٤ - مقاومت هادی (جنس هادی، دما و ساختار کابل) . (برای توضیحات بیشتر بخش ۸۰٤ را ببینید) ؛

۵ - رآکتانس هادی (ساختار هادی) ؛

٦ - ضریب توان بار .

بدیهی است برای مدارهای جریان مستقیم ، بعضی از مطالب گفته شده مصداق ندارد.

از بین موارد ذکر شده به دو مورد باید توجه مخصوص شود : مقاومت هادی و رآکتانس هادی .

مقاومت هادی - جنس هادی و دما در مقاومت آن تأثیری زیاد دارد بنابراین در محاسبات ، این عوامل باید در نظر گرفته شوند . نباید فراموش شود که مقاومت هادی با سطح مقطع آن نسبت عکس دارد.

رآکتانس هادی - بستگی به ساختار هادی (کابل) دارد و نسبت به دما حساس نیست ولی نسبت به سطح مقطع تغیراتی جزئی دارد.

خلاصه اینکه در محاسبات افت ولتاژ دمای مدار باید در گرمترین وضعیت آن به حساب آورده شود . با توجه به مطالب بالا ، مقاومت درمدارهای با مقطع کوچک مهم است (مقاومت بالا است) اما رآکتانس (در مقایسه با مقاومت) فاقد اهمیت می باشد در حالی که هر چه سطح مقطع بزرگتر شود اهمیت مقاومت کم شده و بر اهمیت امپدانس افزوده می گردد. در

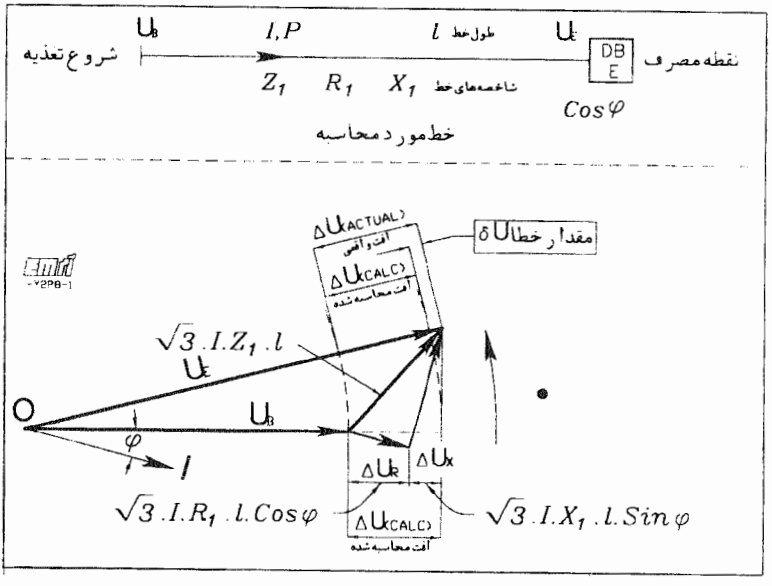
نتیجه تا مقطع ۱۶ میلیمتر مربع می توان از امپدانس صرفنظر نمود و اگر ضریب توان هم معلوم نباشد، می توان آنرا برابر واحد فرض کرد .(شکلهای ۸۰۳-۱ تا ۵ دیده شوند).

همینطور در شبکه های غیرمهم ، دما را ۳۵ درجه سلسیوس انتخاب و مقاومت را بر آن پایه حساب می کنند در حالی که در شبکه های مهم این مقدار باید برابر با حداکثر دمای مجاز عایقبندی (مثلاً ۷۰ درجه سلسیوس برای PVC) انتخاب شود.

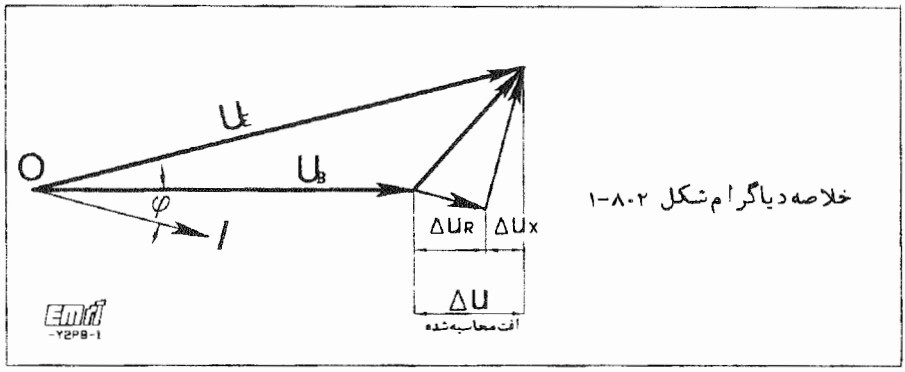
یادآوری - مقصود از شبکه "مهم" یا "غیرمهم" حساسیت تجهیزات شبکه نسبت به ولتاژ می باشد .

۸۰۳- محاسبه افت ولتاژ

در شکل ۸۰۳-۱ ، یک خط ساده و دیاگرام برداری کامل نحوه محاسبه افت ولتاژ ، با توجه به شاخصه های آن نشان داده شده است . برای وضوح ، دیاگرام برای وضعیتی کشیده شده که در عمل کمتر اتفاق می افتد (افت ولتاژ طبق دیاگرام بیش از ۲۰٪ است) . اما برای نمایش عمومی افت ولتاژ ، در عمل از دیاگرام شکل ۸۰۳-۲ (با صرفنظر کردن از خطای δU) استفاده می شود . علاوه بر مواردی که تاکنون ذکر شده اند ، از کاپاسیتانس طیعی مدارها نیز صرفنظر می شود که تأثیر ناچیز بر نتیجه محاسبات دارد.

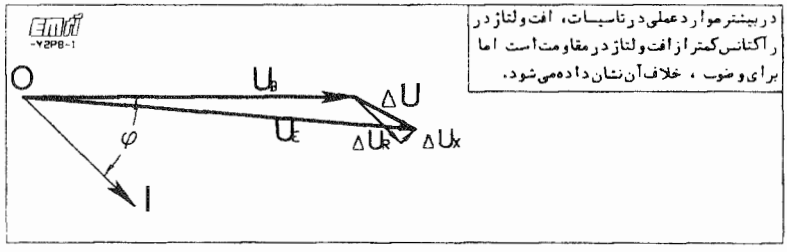


شکل ۸۰۳-۱ دیاگرام برداری کامل - جریان و ولتاژ در سر و ته یک خط سه فاز متعادل

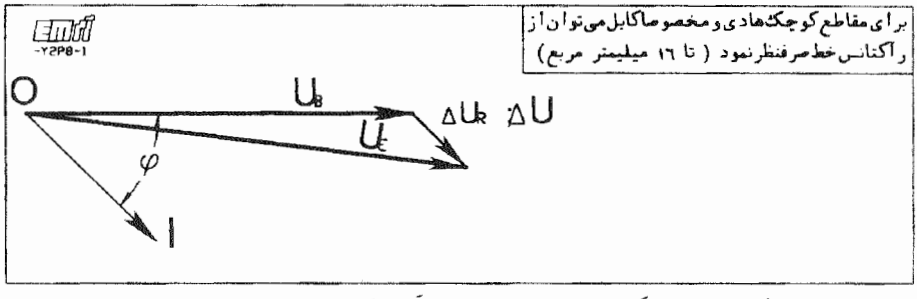


شکل ۸۰۳-۲ دیاگرام برداری - برای محاسبه افت ولتاژ یک خط سه فاز متعادل

اما دیاگرام شکل ۸۰۳-۲ نیز از واقعیت به دور است . اگر اعداد واقعی تری برای مقاومت و رآکتانس انتخاب شده و نسبت صحیحتری برای آنها رعایت شوند (مقاطع بزرگتر از ۱۶ میلیمتر مربع) ، دیاگرام شکل ۸۰۳-۳ به دست می آید که حق مطلب را بهتر ادا می کند . و در حالت استفاده از مقاطع کوچک که رآکتانس آنها نادیده گرفته می شود . شکل ۸۰۳-٤ حاصل می شود.



شکل ۸۰۳-۳ دیاگرام برداری افت ولتاژ با نسبت امپدانس به مقاومت حقیقیتر



شکل ۸۰۳-٤ دیاگرام برداری افت ولتاژ که در آن فقط از مقاومت استفاده شده است

اما دیاگرامهای برداری تنها برای توضیح افت ولتاژ مفیدند . در عمل برای بدست آوردن مقدار عددی افت ولتاژ ، از روابط ریاضی استفاده می شود که مبتنی بر همان دیاگرامها است. در این بین بسته به اینکه مدار تکفاز یا سه فاز یا از نوع جریان مستقیم باشد یا با استفاده از شدت جریان یا توان انتقالی محاسبه گردد، شکل رابطه متفاوت خواهد بود . همچنین اگر رآکتانس در محاسبه دخالت داده شود یا نه بین روابط ، تفاوت خواهد بود .

جدول ۸-۲ روابط مربوط به محاسبه افت ولتاژ در مدارهای جریان متناوب سه فاز (متعادل) و تکفاز را ، با احتساب رآکتانس و ضریب توان نشان می دهد.

جدول ۸-۲ رابطه‌های محاسبه افت ولتاژ در جریان متناوب فشار ضعیف با احتساب رآکتانس (در همه مقاطع -۲۵ میلیمتر مربع یا بیشتر الزامی است)

نوع مدار	نحوه محاسبه ونتیجه حاصل		
3 Φ	$\Delta U = \sqrt{3}\ I.l.(R_1.Cos\varphi \pm X_1.Sin\varphi).10^{-3}$	V ولت	براساس شدت جریان I (آمپر)
	$\Delta u = \frac{\sqrt{3}\ I.l.(R_1.Cos\varphi \pm X_1.Sin\varphi).10^{-1}}{U}$	% درصد	
	$\Delta U = \frac{P.l.(R_1.Cos\varphi \pm X_1.Sin\varphi)}{U.Cos\varphi}$	V ولت	براساس توان P (کیلوات)
	$\Delta u = \frac{P.l.(R_1.Cos\varphi \pm X_1.Sin\varphi).100}{U^2.Cos\varphi}$	% درصد	
1 Φ	$\Delta U = 2.I.l.(R_1.Cos\varphi \pm X_1.Sin\varphi).10^{-3}$	V ولت	براساس شدت جریان I (آمپر)
	$\Delta u = \frac{2.I.l.(R_1.Cos\varphi \pm X_1.Sin\varphi).10^{-1}}{Uo}$	% درصد	
	$\Delta U = \frac{2.P.l.(R_1.Cos\varphi \pm X_1.Sin\varphi)}{Uo.Cos\varphi}$	V ولت	براساس توان P (کیلوات)
	$\Delta u = \frac{2.P.l.(R_1.Cos\varphi \pm X_1.Sin\varphi).100}{Uo^2.Cos\varphi}$	% درصد	

$\pm$ ← علامت (+) برای بار رآکتیو و علامت (-) برای بار کاپاسیتیو

نشانه‌ها و یکاهای بکار رفته در جدولهای ۸-۲ و ۸-۳

$P \rightarrow kW$	$R_1 \rightarrow /km$	$A \rightarrow mm2$
$U = \sqrt{3}Uo \rightarrow V$	$X_1 \rightarrow /km$	$\Delta U \rightarrow V$
$I \rightarrow A$	$l \rightarrow m$	$\Delta u \rightarrow \%$
$x \rightarrow m/.mm2$ (x=56 Cu; 20° C)		

$$\Delta u = \frac{\Delta U}{Uo} 100\ (\%)$$

جدول ۸-۳ روابط مربوط به محاسبه افت ولتاژ در مدارهای جریان متناوب سه فاز (متعادل) و تکفاز را با مقطع هادی کوچک (۱۶ میلیمتر مربع یا کوچکتر) و بدون احتساب راکتانس ، نشان می دهد .

جدول ۸-۳ رابطه‌های محاسبه افت ولتاژ در جریان متناوب فشار ضعیف بدون احتساب راکتانس (فقط برای مقاطع ۱۶ میلیمتر مربع یا کوچکتر مجاز است)

نوع مدار	نحوه محاسبه و نتیجه حاصل			
3 Φ	براساس شدت جریان I (آمپر)	$\Delta U = \sqrt{3}\ I.l.R_1.Cos\varphi\ .10^{-3}$	ولت V	
		$\Delta u = \frac{\sqrt{3}\ I.l.R_1.Cos\varphi.10^{-1}}{U}$	درصد %	
	براساس توان P (کیلوات)	$\Delta U = \frac{P.l.R_1}{U}$	ولت V	
		$\Delta u = \frac{P.l.R_1.100}{U^2} = \frac{P.l.10^{-5}}{.A.U^2}$	درصد %	
1 Φ (DC)	براساس شدت جریان I (آمپر)	$\Delta U = 2.I.l.R_1.Cos\varphi\ 10^{-3}$	ولت V	
		$\Delta u = \frac{2.I.l.R_1.Cos\varphi\ .10^{-1}}{Uo}$	درصد %	
	براساس توان P (کیلوات)	$\Delta U = \frac{2.P.l.R_1}{Uo}$	ولت V	
		$\Delta u = \frac{2.P.l.R_1.100}{Uo^2} = \frac{2.P.l.10^{-5}}{.A.Uo^2}$	درصد %	

یادآوری - برای مقاطع کوچک اگر ضریب توان ($Cos\varphi$) مشخص نباشد ، می‌توان آن را برابر واحد انتخاب کرد (البته نتیجه محاسبه خیلی تقریبی خواهد بود) از رابطه‌های یکفاز با انتخاب $Cos\varphi=1$ برای جریان مستقیم استفاده می‌کنند.

۸۰۴- مطالبی درباره مقاومت

در کابلی که حامل جریان متناوب است ، تنها نوع هادی و دما نیستند که مقاومت آنرا تعیین می کنند. عبور جریان متناوب از هادی، سبب متراکم شدن جریان در نزدیکی سطح هادی شده و میدان مغناطیسی متناوبی که در اطراف آن بوجود می آید ، پدیده هایی را بهمراه دارد که در اثر آنها مقداری از انرژی الکتریکی ، هر چند اندک، تلف می شود که در مدار ، به صورت مقاومت ظاهر می شود . بطور خلاصه و برای یادآوری این پدیده ها عبارتند از :

الف - پدیده های اثر پوست و مجاورت ؛

ب - شدت جریانهای القائی و سرگردان در غلاف فلزی و جریانهای سرگردان در زره .

به طور کلی یک کابل با ساختار مشخص در شرایط مساوی مقاومت بیشتری را در برابر جریان متناوب نسبت به جریان مستقیم ایجاد می کند . نتیجه اینکه برای مقاومت کابلها دو مؤلفه منظور می گردد :

۱) مقاومت در برابر عبور جریان مستقیم ؛

۲) اضافه مقاومت نسبت به جریان مستقیم در برابر عبور جریان متناوب .

بدیهی است که در محاسبات مربوط به مدارهای جریان مستقیم تنها از مقاومت در برابر جریان مستقیم استفاده می شود و برای جریان متناوب ، مجموعه دو مؤلفه به کار برده می شود .

در جدول ۸- ٤ ، برای انواع کابلهای پلاستیکی متداول و مقاطع مختلف ، مقاومت در برابر جریان مستقیم در ۷۰ درجه سلسیوس ، مقاومت کل برای جریان متناوب و راکتانس ارائه شده اند . جدول برای کابلها ساخته شده طبق استانداردهای آلمان که در ایران هم آشنا می باشند،تهیه شده است .

جدول ۸-۴ مقاومت در برابر جریان مستقیم - جریان متناوب و راکتانس کابلهای پلاستیکی NYY-NYCY-NYCWY وهادی عایقدار تا ۳۵ میلیمتر مربع (هادی-مس)

تعداد رشته x سطح مقطع نامی هادی	مقاومت جریان مستقیم (DC) در دمای ۷۰°C	مقاومت موثر (DC+اضافه مقاومت متناوب) در دمای ۷۰°C	راکتانس -Y2PB-4
mm^2	Ω /km	Ω /km	Ω /km
۴x۱٫۵ re	۱۴٫۴۷	۱۴٫۴۷	۰٫۱۱۵
۴x۲٫۵ re	۸٫۷۱	۸٫۷۱	۰٫۱۱۰
۴x۴ re	۵٫۴۵	۵٫۴۵	۰٫۱۰۷
۴x۶ re	۳٫۶۲	۳٫۶۲	۰٫۱۰۰
۴x۱۰ re	۲٫۱۶	۲٫۱۶	۰٫۰۹۴
۴x۱۶ re	۱٫۳۶	۱٫۳۶	۰٫۰۹۰
۴x۲۵ re	۰٫۸۶۳	۰٫۸۶۳	۰٫۰۸۶
۴x۳۵ sm	۰٫۶۲۷	۰٫۶۲۷	۰٫۰۸۳
۴x۵۰ sm	۰٫۴۶۳	۰٫۴۶۳	۰٫۰۸۳
۴x۷۰ sm	۰٫۳۲۱	۰٫۳۲۱	۰٫۰۸۲
۴x۹۵ sm	۰٫۲۳۱	۰٫۲۳۲	۰٫۰۸۲
۴x۱۲۰ sm	۰٫۱۸۳	۰٫۱۸۴	۰٫۰۸۰
۴x۱۵۰ sm	۰٫۱۴۹	۰٫۱۵۰	۰٫۰۸۰
۴x۱۸۵ sm	۰٫۱۱۸	۰٫۱۲۰۲	۰٫۰۸۰
۴x۲۴۰ sm	۰٫۰۹۰۱	۰٫۰۹۲۲	۰٫۰۷۹
۴x۳۰۰ sm	۰٫۰۷۱۸	۰٫۰۷۴۵	۰٫۰۷۹

مقادیر جدول را می توان با دقت کافی برای کابلهای ۲ و ۳ و ۳٫۵ رشته ای از همان نوع به کار برد

گرد تک مفتولی = re قطاعی چندمفتولی = sm

فصل هشتم

افت ولتاژ در مدارها

پیوست ۱ – نحوه محاسبه افت ولتاژ در یک خط با نقاط متعدد برداشت نیرو در طول آن

8P1-۰- کلیات

در سیستمهای توزیع نیروی برق فشار ضعیف و همینطور در مدارهای تأسیسات ساختمانها ، همه مدارها ساده نیستند . یعنی تمامی بار مدارها در انتهای آنها متمرکز نمی باشد . در بسیاری موارد از نقاط مختلف در طول یک مدار، نیرو برداشت می شود در حالی که سطح مقطع و جنس هادی و دیگر مشخصات مدار تغییر نمی کند و چون در بیشتر موارد دستیابی به حداکثر افت ولتاژ کفایت می کند و این حداکثر در انتهای مدار پیش می آید ، از محاسبه افت ولتاژ برای نقاط میانی مدار جز در موارد مخصوص صرفنظر می شود. یعنی افت ولتاژ یکباره برای انتهای مدار محاسبه می شود .(بخش 8P1-۱ دیده شود) .

اما اگر سطح مقطع در نقاط مختلف در طول مدار تغییر کند، لازم خواهد بود افت ولتاژ در هر قسمت از مدار جداگانه محاسبه و افت ولتاژهای هر قسمت با یکدیگر جمع شوند تا افت ولتاژ کل به دست آید .

نظر به اینکه در مدارهای با نقاط برداشت متعدد، شدت جریان بین نقاط برداشت متفاوت است، ممکن است چنین تصور شود که به جای انتخاب مداری با سطح مقطع ثابت ، برای سراسر مدار، اگر برای هر قطعه از مدار سطح مقطع متناسب با شدت جریان در آن قطعه انتخاب شود ، افت ولتاژ کل (در انتهای مدار) در این حالت کمتر خواهد شد یا برای حصول افت ولتاژی مساوی برای هر دو حالت، وزن کمتری مس مصرف خواهد شد . یک محاسبه ساده نشان خواهد داد که تا جایی که به افت ولتاژ مربوط می شود، از نظر تئوریک برای یک افت ولتاژ ثابت در انتهای مدار . تفاوتی بین انتخاب سطح مقطع ثابت برای سراسر مدار و یا انتخاب چند سطح مقطع هادی که هر یک متناسب با شدت جریان در قطعه مربوط به آن باشد، تفاوتی وجود نخواهد داشت . البته اگر در هر قطعه سطح مقطع تغییر کند، دشواریهایی به صورت لزوم نصب لوازم حفاظتی در محل تغییر مقطع ، وجود خواهد داشت . بخش 8P1-۲ دیده شود .

یادآوری – نظر به استاندارد بودن سطح مقطع هادیها در عمل یافتن مقاطعی که در سراسر مدار با شدت جریان در هر مقطع متناسب باشد امکانپذیر نمی باشد.

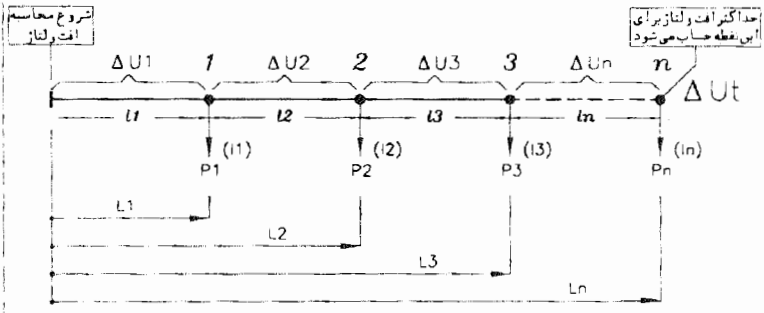
از مدارهای با تغییر سطح مقطع متعدد هنگامی استفاده می شود که مقدار برداشت نیرو در نقاط مختلف قابل ملاحظه باشد و نتوان با یک سطح مقطع سراسر خط را تغذیه نمود (مانند مداری که چند تابلو را تغذیه کند).

اما در مواردی که توان برداشت در هر نقطه کوچک و یا تعداد نقاط هم زیاد باشد (حالتی مانند تغذیه چراغهای خیابانی)، از سطح مقطع ثابت برای کل طول خط استفاده می شود. بندهای 8P1-۱ و 8P1-۲ را ملاحظه نمایید.

8P1-۱- محاسبه افت ولتاژ در یک خط با نقاط برداشت متعدد و سطح مقطع ثابت

در یک مدار با n نقطه برداشت نیرو، نشان داده شده است. افت ولتاژ برای هر قطعه از طول مدار محاسبه می شود و سپس برای بدست آوردن حداکثر افت ولتاژ، افت ولتاژهای همه قطعات با هم جمع می شوند. در این محاسبه، برخلاف واقعیت در سراسر خط، ولتاژ ثابت فرض می شود. به نحوی که دیده می شود، اجزای رابطه به دست آمده را می توان به دو روش تنظیم کرد:

روش "جمع بارهای خروجی از یک نقطه" برای محاسبه افت ولتاژ در نقاط مختلف برداشت، مناسب می باشد. و روش "لنگر بار" که ساده تر است، افت ولتاژ کل در انتهای خط را به دست می دهد. بدیهی است که در هر دو حالت نوع مدار (جنس هادی و سطح مقطع)، ثابت فرض شده است.



افت ولتاژ کل، جمع افت ولتاژها در طول قطعات است

$$\Delta Ut = \Delta U1+\Delta U2+\Delta U3+\cdots+\Delta Un$$

$\sum P(i)$ جمع توانی که به نقطه غیر مشخص i وارد یا از آن خارج می‌شود

$$\Delta U1=\frac{(P1+P2+P3+\cdots+Pn)\,l1\cdot R1}{U}$$ $l1$ افت ولتاژ کل در طول قطعه

$$\Delta U2=\frac{(P2+P3+\cdots+Pn)\,l2\cdot R1}{U}$$ $l2$ افت ولتاژ کل در طول قطعه

$$\Delta U3=\frac{(P3+\cdots+Pn)\,l3\cdot R1}{U}$$ $l3$ افت ولتاژ کل در طول قطعه

$$\Delta Un=\frac{Pn\cdot ln\cdot R1}{U}$$ ln افت ولتاژ کل در طول قطعه

$$\Delta Ut=\frac{R1}{U}[(P1+P2+P3+\cdots+Pn)\,l1+(P2+P3+\cdots+Pn)\,l2+(P3+\cdots+Pn)\,l3+Pn\cdot ln]$$

محاسبه با روش "جمع بارهای عبوری از هر نقطه"

$$\Delta Ut=\frac{R1}{U}\left[\sum P(1)\,l1+\sum P(2)\cdot l2+\sum P(3)\cdot l3+\cdots+\sum P(n)\,ln\right]$$

محاسبه با روش "لنگر بار"

$$\Delta Ut=\frac{R1}{U}(P1\cdot L1+P2\cdot L2+P3\cdot L3+\cdots+Pn\cdot Ln)$$

یادآوری ۱- توجه شود که این نوع محاسبه برای حالتی است که سطح مقطع هادی در سراسر مدار یکسان است

یادآوری ۲- در روابط کاربردی محاسبه افت ولتاژ (جدولهای ۸-۲ و ۸-۳)، باید به جای PL از عبارت $(P1\cdot L1+P2\cdot L2+P3\cdot L3+\cdots+Pn\cdot Ln)$ استفاده شود

EMTF
-C21-8P1

شکل 8P1-۱ محاسبه افت ولتاژ در انتهای یک خط با چند نقطه برداشت نیرو در طول آن

8P1-۲- محاسبه افت سولتاژ در یک خط با چند نقطه برداشت در دو حالت:

- بین هر دو نقطه برداشت در طول مدار ، سطح مقطع مدار با مقدار بار متناسب است
- در کل طول خط ، سطح مقطع مدار ثابت است

یادآوری ۱ - در اینجا فقط افت ولتاژ بدون توجه به مسایل دیگر مورد بحث می باشد . بدیهی است سایر موارد مانند جریان مجاز ، حفاظت و غیره به قوت خود باقی است که باید طبق مقررات مربوط به هر یک از آنها انتخاب و هماهنگ شوند.

یادآوری ۲ - توصیه می شود به مطالب بند 8P1-۰ کلیات توجه شود .

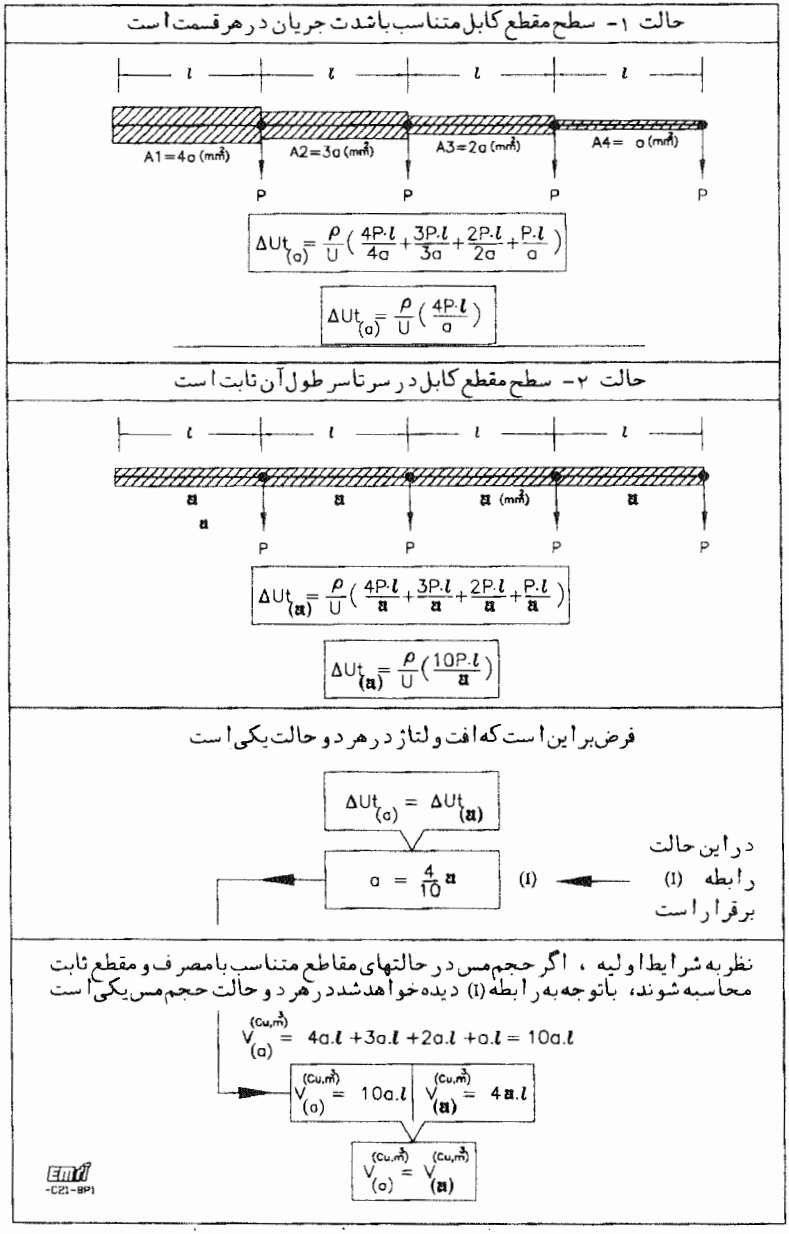
تا جایی که به افت ولتاژ مربوط می شود،برای تأمین افت مجاز در طول خط ، سطح مقطع یک مدار مرکب (با برداشتهای متعدد در طول آن) را می توان به یکی از دو روش زیر انتخاب نمود :

۱ - نظر به اینکه در طول مدار نقاط برداشت متعدد وجود دارند، شدت جریان در طول آن به صورت پله ای کم می شود. فرض می شود بتوان سطح مقطع هر قطعه از مدار را متناسب با بار آن انتخاب نمود. در این صورت با فرض برابر بودن فاصله نقاط برداشت از هم و یکسان بودن همه بارهای برداشتی افت ولتاژ با استفاده از روابط قبلی طبق حالت ۱ (به توضیحات صفحه بعد مراجعه شود) قابل محاسبه خواهد بود .

۲ - از طرفی اگر سطح مقطع مدار در سرتاسر آن یکسان انتخاب شود، نتیجه محاسبه در حالت ۲- از شکل 8P1-۱ دیده خواهد شد.

محاسبات بعدی در(به توضیحات صفحه بعد مراجعه شود) ، نشان می دهد که برای افت ولتاژ معینی در مدار ، حجم مس مورد استفاده در هر دو حالت یعنی مداری با مقاطع متغیر و مداری با مقطع ثابت، یکسان است .

در عمل ، همه مدارهای ناقل بارهای بزرگ (که در انتخاب سطح مقطع مدار آنها جریان مجاز نقش اصلی را دارد) دارای مقاطع متغیر می باشند . (مانند تابلوهای مصرف بزرگ) و همه مدارهای ناقل بارهای کوچک (که در آنها سطح مقطع مدار با توجه به افت ولتاژ انتخاب می شود) دارای مقطع ثابت در طول مدار می باشد (مانند مدارهای تغذیه کننده چراغهای روشنایی خیابان) .



شکل 8P2-۱ محاسبه افت ولتاژ در انتهای یک خط با چند نقطه برداشت نیرو در دو حالت :

۱- سطح مقطع کابل متناسب با شدت جریان در هر قسمت است
۲- سطح مقطع کابل در سرتاسر طول آن ثابت است
و مقایسه مقدار مس مصرفی در دو حالت مورد بحث