

ایمنی فنی مقدماتی در برق

۱- مقدمه:

۱-۱ حادثه:

حادثه رویداد پیش‌بینی نشده و ناخوشایندی است که فعالیت‌های کاری را دچار وقفه کرده و ممکن است با جراحت یا خسارت مالی نیز همراه باشد. حادثه دقیقاً زمانی رخ می‌دهد که انتظار آن نمی‌رود.

یکی از رایج‌ترین حوادث، حادثه‌های برق‌گرفتگی است که ایمنی در قبال آن بسیار حائز اهمیت است. قرار گرفتن دو نقطه از بدن در مسیر جریان برق موجب عبور جریان از بدن شده و با توجه به شدت و مدت عبور جریان، برق‌گرفتگی بوجود می‌آید و ممکن است عواقب مختلفی، نظیر مرگ ناشی از ایست قلبی، سوختگی داخلی و سوختگی خارجی بدن‌بال داشته باشد.

۲- دلایل برق‌گرفتگی:

به طور کلی برق‌گرفتگی زمانی رخ می‌دهد که یک اختلاف پتانسیل بین دو قسمت از بدن به وجود آید (این موضوع در مورد قوس الکتریکی و اثرات القایی و الکترومغناطیسی در ولتاژهای بالا کمی متفاوت است).

۱- تماس دو نقطه از بدن با دو فاز و یا فاز و نول: احتمال وقوع این حالت خیلی کم است.

۲- تماس بدن با یک سیم برقدار و زمین: احتمال وقوع این حالت کم است.

۳- تماس با جسم فلزی در معرض تماس برقدار شده: بیشترین احتمال وقوع برای این حالت است.

۴- اتصال به نول زمانی که فازها متعادل نباشند

۵- تخلیه الکتریکی خازن‌ها یا سیم پیچ موتورهای پس از قطع شدن برق

۶- الکتریسیته ساکن

۷- ایجاد اختلاف پتانسیل بین دو پا در حالتی که فاز به زمین اتصال دارد یا در حالت رعد و برق

۳- شدت برق‌گرفتگی:

۳-۱- شدت جریان (میزان جریان عبوری)

شدت جریان در برق‌گرفتگی عامل اصلی و مخاطره‌آمیز می‌باشد. جریان برق با شدت ۲ میلی‌آمپر فقط لرزش خفیفی در بدن ایجاد می‌کند و جریان‌های بالاتر از ۹ میلی‌آمپر سبب بروز شوک در سطح بدن شده و در جریان‌های بالاتر از ۳۰ میلی‌آمپر خطر مرگ انسان را تهدید می‌کند، بطور کلی مقدار جریانی که از بدن عبور می‌کند، بستگی به عواملی از قبیل پتانسیل برق، شرایط عایق بودن مکان، مقاومت پوست (و پوشش یرونی شخص)، محل تماس بدن با جسم هادی و فشار و میزان سطح تماس بدن با جسم هادی دارد. پاسخ‌های فیزیولوژیکی بدن به مقدار جریان نیز بسته به آستانه دریافت و حد رهایی، به صورت فلج تنفسی و تشنج قلبی می‌باشند.

۳-۲- ولتاژ

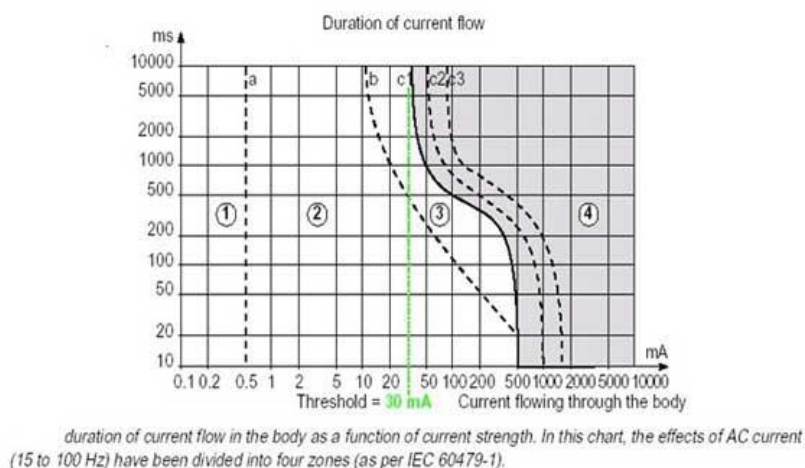
جریان (آمپر) انسان را می‌کشد ولی ولتاژ جسم را می‌سوزاند. اختلاف پتانسیل بین دو نقطه مشاء عبور جریان می‌باشد. هر چه ولتاژ بالاتر و مقاومت بدن کمتر باشد، جریان عبوری بیشتر است. حداقل ولتاژ قابل احساس متناوب برای انسان بزرگ سال ۱۲ ولت، ولتاژ آستانه درد ۲۰ ولت و ولتاژ خطرناک ۶۰ ولت است.

۳-۳- نوع جریان

جریان برق متناوب خطرناک تر از جریان برق مستقیم است البته در ولتاژهای بالا، جریان‌های مستقیم اثر تخریبی بیشتری دارند.

۳-۴- زمان عبور جریان

این عامل بستگی به خصوصیات جسمانی شخص، مشخصات برق و نوع تماس دارد. شکل ۱ نمایش زمان عبور جریان در بدن را برای یک جریان AC (15 تا ۱۰۰ هرتز) بصورت تابعی از شدت جریان نمایش می‌دهد.



شکل ۱: زمان عبور جریان در بدن بصورت تابعی از شدت جریان AC (۱۵ تا ۱۰۰ هرتز)

۳-۴- مسیر عبور جریان در بدن

وقتی جریان برق وارد بدن می‌شود، مسیر خود را از راهی که کمترین مقاومت را دارد، انتخاب می‌کند و از نقطه‌ای نزدیک اتصال به زمین خارج می‌شود. این ورود و خروج سبب از بین رفتن بافت‌ها و ضایعات شدید مانند از بین رفتن عضو و حتی مرگ می‌شود. جدول ۱ میزان و احتمال خطر مرگ برای مسیرهای عبور برق در بدن را نمایش می‌دهد.

جدول ۱- میزان و احتمال خطر مرگ برای مسیرهای عبور برق در بدن

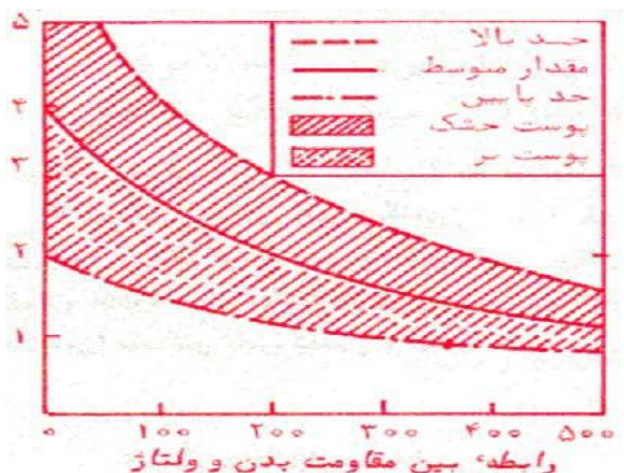
عبور جریان از اندام‌های حساس و حیاتی به ترتیب، مغز، قلب و ریه مرگبار می‌باشد		
مسیر عبور جریان	میزان خطر مرگ	احتمال وقوع
۱- از سر به سایر اندام‌ها	زیاد (مرگبار)	خیلی کم
۲- از یک دست به دست دیگر	زیاد	متوسط
۲- از دست به کف پا	خیلی زیاد	زیاد
۴- از یک پا به پای دیگر	کم	کم
آزمایش بر روی سگ‌ها نشان داده است که عبور جریان در راستای تقارن بدن، بیشترین جریان را از قلب عبور می‌دهد که در انسان معادل عبور جریان از دست به پا است		

۳-۵- امپدانس بدن

با توجه به عناصر مختلف تشکیل دهنده بافت‌های بدن، مقاومت بافت‌های بدن شامل استخوان، چربی، تاندون، پوست، عضله، عصب و عروق خونی است. استخوان‌ها بالاترین مقاومت و مایعات داخل رگ‌ها کمترین مقاومت را دارند. پوست بدن نیز مقاومت‌های مختلفی بسته به ضخامت و جنه فرد دارد. (مقاومت بدن را بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ اهم در نظر می‌گیرند) مطابق شکل ۲ در ولتاژ ثابت، عامل محدود کننده جریان، امپدانس بدن، امپدانس مسیر و امپدانس منبع ولتاژ است. (امپدانس منبع معمولاً ناچیز و قابل صرف‌نظر است). امپدانس مسیر بستگی به شرایط مدار برق گرفتگی، خشکی و رطوبت محل اتصالی، مقاومت زمین و نحوه تماس با جسم برقرار دارد.

مقاومت بر حسب اهم	اجزای بدن
۱۰۰۰۰۰ تا ۶۰۰۰۰۰	پوست خشک
۱۰۰۰	پوست خیس
۴۰۰ تا ۶۰۰	دست و یا اندام داخلی
۱۰۰	گوش تا گوش

مطابق شکل ۳ امپدانس بدن تقریباً از نوع مقاومت خالص بوده و مشخصه آن غیر خطی نزولی است.

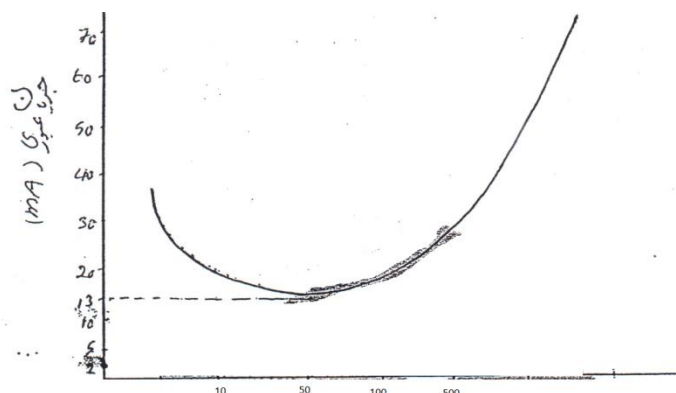


شکل ۳- رابطه بین مقاومت بدن و ولتاژ

مطابق شکل ۴ همواره مقاومت کلی بدن برابر با مجموع مقاومت پوست و مقاومت داخلی بدن می‌باشد. عوامل موثر دیگر در تعیین مقدار مقاومت بدن، سطح تماس پوست، خشکی و رطوبت پوست، ضخامت و سلامت پوست، چاقی و یا عضلانی بودن، حجم بدن و مسیر عبور جریان می‌باشد. در ولتاژ فشار ضعیف با فرکانس برق شهر، پوست بیشترین مقاومت را در تماس بدن با برق دارد، اما در ولتاژ فشار قوی و ولتاژهای با فرکانس زیاد، مقاومت نقطه تماس قابل چشمپوشی است، زیرا در فشار قوی، ولتاژ فوراً پوست را شکافته و می‌سوزاند و آنچه گذر جریان را محدود می‌سازد تنها مقاومت داخلی بدن خواهد بود. مقاومت پوست بیشترین اثر حفاظتی را دارد. (پوست خشک دارای مقاومتی بین ۷۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ اهم بر هر سانتیمتر مربع است. در حالت مرطوب این مقاومت تا یک در صد هم می‌تواند کاهش پیدا کند، نتیجه آنکه در محل‌های مرطوب اقدامات ایمنی شدیدتری لازم است.)

۳-۷- فرکانس ولتاژ

در فرکانس‌های زیاد (بیش از ۱۰۰۰ هرتز) بدلیل اثر خازنی، جریان عمدتاً توسط مقاومت داخلی بدن محدود می‌شود.



حداقل جریان آسیب زای عبوری از بدن در قبال فرکانس‌های متفاوت

۴- عوارض ناشی از برق گرفتگی:

۴-۱- عوارض اولیه:

- ۱- شوک: ناشی از عبور ناگهانی برق از بدن با جریان و ولتاژ بالا
- ۲- سوختگی: ناشی از حرار عبور جریان و یا ناشی از اشعه UV قوس الکتریکی
- ۳- آتش سوزی و انفجار: ناشی از حرارت ایجاد شده و مواد اشتعال زا یا لباس
- ۴- واکنش‌های غیر ارادی: سقوط از ارتفاع، برخورد با اشیاء

۴-۲- عوارض ثانوی:

۱- اختلالات قلبی عروقی:

در مرحله اول فشار خون نقصان می یابد که فقط چند ثانیه طول می کشد.
مرحله دوم فشار خون بالا می رود که به طور کلی کمتر از یک دقیقه پس از اتمام شارژ الکتریکی به طول می انجامد.
در مرحله سوم فشار خون به مدت زیادی پایین می آید.

۲- اختلالات و ضایعات عصبی:

از دست دادن شناسایی است، اختلال مشاعر، هذیان گوایی، سردرد عصبی، از دست دادن حافظه، گزرگز کردن بدن و انقباض غیر ارادی و شدید عضلات

۳- اختلالات حسی (شنوایی و بینایی):

اختلالات بینایی: التهاب در محفظه قدامی و ته چشم، ورم ملتحمه ورم شبکیه، ورم عنبیه که تماماً در اثر نور شدید و حرارت قوس الکتریکی است.
اختلالات شنوایی: کم شدن شنوایی که ممکن است منجر به کری کلی شود

۵- ایمنی فنی:

۵-۱- ایمنی عمومی

روش های حفاظت در برابر تماس مستقیم موارد زیر می باشند:

- ۱- حفاظت توسط بازدارنده ها و موانع نظیر حصار، نرده
- ۲- حفاظت توسط ایجاد فاصله دور از دسترس قرار دادن (خطوط انتقال برق)
- ۳- عایق نمودن بخش های برقدار مقاومت عایقی بیش از یک مگا اهم (سیم برق)
- ۴- حفاظت بوسیله پوشش فلزی یا عایق (باس داکت، تابلوهای برق)
- ۵- حفاظت اضافی بوسیله کلیدهای خودکار ایمنی (جریان نشتی کمتر از ۳۰ میلی آمپر)
- ۶- فرش عایق (کارگاه های کوچک)
- ۷- زمین کردن
- ۸- هم پتانسیل سازی
- ۹- جداسازی حفاظتی (ایزوله کردن ولتاژهای فازها)
- ۱۰- برای هر دستگاه و هر قسمت یک فیوز مستقل قرار داده شود

۵-۲- ایمنی فردی:

- ۱- عدم انجام تعمیرات و اعمال برق کاری بدون داشتن علم کافی
- ۲- استفاده از وسایل شخصی ایمن (انبر دست، پیچ گوشتی عایق، دستکش، کفش و لباس مناسب)
- ۳- قطع نمودن جریان برق توسط شخص و نگه داری کلید قطع برق در نزد خویش
- ۴- استفاده از کفپوش مناسب و قرار گرفتن روی آن
- ۵- اتصال بدنه به زمین

۶- زمین نمودن:

زمین کردن (ارت) در مسایل ایمنی برق یکی از مهمترین و پرکاربردترین عوامل است، بطور کلی زمین کردن با اهداف زیر انجام می شود:

- ۱- کاهش ولتاژ تماس در زمان وقوع اتصال کوتاه با ایجاد مسیر با امپدانس کم
- ۲- کمک به عملکرد تجهیزات محافظتی نظیر فیوزها، کلیدهای اتوماتیک، رله ها و کلیدهای RCD
- ۳- هم پتانسیل سازی
- ۴- مسیر عبور جریان صاعقه

روش کار:

جهت ایجاد ایمنی فنی در زمین کردن بدنه ها، هر ساختمان یا هر کارگاه باید مجهز به چندین چاه ارت با مقاومت کمتر از ۲ اهم باشد. تعداد چاه ها باید بر اساس حجم برق مصرفی محاسبه گردد. تمامی پریزها و رابط ها و بدنه تجهیزات باید به طور مستقیم به ارت وصل باشند تا در صورت نشتی برق به بدنه، شارژ الکتریکی از طریق ارت تخلیه شود و وارد بدن فردی که آنها را لمس مس کند نشود.

هر چاه ارت به صورت زیر ایجاد می شود: ابتدا یک چاه با عمق مناسب ایجاد می شود تا جایی که چاه به رطوبت داخلی زمین رسیده باشد. سپس یک صفحه مسی با ابعاد ۵۰*۳۰ سانتی متر را درون آن قرار داده و یک سیم با قطر ۲۰ میلی متر (غیر افشان) به آن جوش داده و از چاه خارج می

نماییم. اطراف صفحه مسی با خاک نرم، پودر ذغال پر شده و سپس روی آن خاک سرنده ریخته می شود تا چاه پر شود. هر چند یک بار باید مقدار مناسبی آب روی چاه ریخت تا رطوبت آن حفظ شود. همچنین هر سال یک مرتبه باید مقاومت چاه اندازه گیری شود و در صورت افزایش مقاومت باید چاه جدید حفر گردد

۷- مراجع:

۱- ایمنی فنی در کارگاه برق، ذوب آهن اصفهان

2- <http://ghalenoy.persianblog.ir>

3- <http://www.safetymessage.com/education/electrical-safety/742-2014-05-12-07-28-29>