

برنامه خلاصه

خطرات الکتریسیته،

پیشگیری و حفاظت در برابر آن

مؤلفان:

مهندس سامان سلیمانی

مهندس ایمان نوروزی فرد

عنوان و نام پدیدآور	سلیمانی، سامان - ۱۳۷۳
مشخصات نشر	تهران: نشر تی آرا، ۱۴۰۴.
مشخصات ظاهری	۱۲۲ ص؛ ۲۹×۲۹ س.م.
شابک	978-622-8250-49-6
وضعیت فهرست نویسی	فیپا
یادداشت	کتابنامه.
موضوع	برق -- حوادث و آسیب‌ها
	Electrical injuries
	برق -- حوادث و آسیب‌ها -- پیشگیری
	Electrical injuries -- Prevention
شناسه افزوده	نوروزی‌فرد، ایمان، ۱۳۶۲
رده بندی کنگره	۵/۵۲۷QC
رده بندی دیویی	۵۳۷
شماره کتابشناسی ملی	۱۰۰۲۴۶۱۸
اطلاعات رکورد	فیپا
کتابشناسی	

عنوان کتاب	خطرات الکتریسیته، پیشگیری و حفاظت در برابر آن
مؤلفان	سامان سلیمانی - ایمان نوروزی‌فرد
ناشر	تی آرا
شمارگان	1000 جلد
صفحه آرایی	علی‌رضا احمدی
طراح جلد	علی‌رضا احمدی 09102166409
نوبت چاپ	اول، 1404
شابک	978-622-8250-49-6
قیمت	320/000 تومان

پیشگفتار

مخاطرات تهدید کنندهی جان انسانها و آتش نشانها در مواجهه با الکتریسته و همچنین عدم وجود منبعی جامع که شامل بخش های مختلف و گسترده در این زمینه باشد ما را به این فکر فرو برد که یک منبع مناسبی جهت آشنایی جامعه ایمنی کشور در خصوص پیشگیری و حافظت در برابر الکتریسته را جمع آوری کنیم. همچنین در نگارش این کتاب از مطالعه ای استانداردهای معتبر بین المللی و به روز دنیا از جمله NFPA, NEC, IEC, ... استفاده شده است. امید است که این کتاب یاور متخصصین حوزه ایمنی در بازدید از مجموعه های مختلف در راستای نظارت بر اجرای صحیح دستورالعمل های ایمنی و همچنین سبب افزایش آگاهی پرسنل عملیاتی در مواجهه با خطرات ناشی از الکتریسته باشد.

سامان سلیمانی

ایمان نوروزی فرد



فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه	10
فصل اول: مفاهیم اولیه در برق	11
الکتریسیته	12
شناخت مفاهیم و تعاریف	12
ذره ی باردار	12
الکترون	12
میدان الکتریکی	12
شدت جریان الکتریکی	13
جریان مستقیم و متناوب	13
ولتاژ الکتریکی	14
مقاومت الکتریکی	14
روش محاسباتی	14
مقاومت رنگی	15
تشخیص مقاومت با کدها	16
توان الکتریکی	16
فصل دوم: برق گرفتگی و تاثیرات آن در بدن	19
تاثیر روی قلب	20
تاثیر روی سیستم اعصاب	20
سوختگی	20
ولتاژ:	21
شدت جریان	22
اثر جریان مستقیم	22
اثر جریان متناوب	23
مقاومت	23
مقاومت نقاط اتصال و تماس	24



24	مقاومت زمین
24	مسیر عبور جریان
25	زمان برق گرفتگی
25	فرکانس:
26	سوختگی ناشی از عبور جریان الکتریکی
27	سوختگی ناشی از خود جریان الکتریکی
27	سوختگی ناشی از قوس الکتریکی
28	سوختگی ناشی از شعله به دلیل آتش گرفتن پوشاش فرد
28	شوك الکتریکی
28	انفجارهای الکتریکی

فصل سوم: مناطق خطرناک، الکتریسیته‌ی ساکن و انواع روش‌های حفاظت

31	مناطق خطرناک و ایمن
33	مناطق ایمن
33	کلاس حرارتی تجهیزات الکتریکی و انواع حفاظت‌های الکتریکی در هر ناحیه
34	انواع حفاظت‌های تجهیزات الکتریکی در محیط‌های خطرناک
36	گروههای مواد قابل اشتعال
37	انتخاب تجهیزات الکتریکی برای مناطق خطرناک
38	چگونگی ایجاد الکتریسیته ساکن
38	روش‌های کنترل الکتریسیته ساکن
39	مرطوب نگه داشتن هوای محیط
39	مواد آنتی استاتیک
39	همبندی و اتصال به زمین الکتروستاتیکی
40	یونیزاسیون یا تجزیه محیط اطراف
42	منابع تولید الکتریسیته ساکن در صنایع
43	تسمه ماشین‌آلات انتقال (تسمه نقاله)
43	جمع شدن بارهای ساکن بر روی بدن انسان
43	حمل دستی مایعات قابل اشتعال
44	تانک‌ها و ظروف ذخیره
44	پر کردن بشکه‌ها یا مخازن
44	روش‌های حفاظت در برابر برق گرفتگی
44	وسایل ایمنی
45	لباس کار
46	کلاه ایمنی
47	حفاظت چشم کارگران بر قرار
47	تجهیزات عایق لاستیکی



49	نوع برق گرفتگی و روش‌های حفاظت از آن
49	تماس مستقیم و روش‌های محافظت در برابر آن
51	تماس غیر مستقیم و روش‌های محافظت در برابر آن
53	روش‌های حفاظتی در مقابل برق گرفتگی (مستقیم و غیر مستقیم)
56	اتصال زمین موقت یا سیار
56	اتصال زمین دائم یا ثابت
56	زمین کردن الکتریکی (سیستم الکتریکی)
58	زمین کردن حفاظتی (سیستم حفاظتی):
60	چاه ارت و نحوه‌ی ساخت آن
60	انواع الکترود زمین
62	نحوه‌ی احداث چاه ارت
63	طبقه‌بندی سیستم‌های اتصال به زمین فشار ضعیف
64	سیستم <i>TN</i>
65	سیستم <i>TT</i>
66	سیستم <i>IT</i> :
67	علل ایجاد آتش سوزی ناشی از الکتریسیته
68	اضافه ولتاژ
69	اضافه جریان
69	ضعف عایقی
69	شل بودن اتصالات
69	نفوذ حیوانات و حشرات موذی به تابلو
70	متعادل نبودن بار و سطح مقطع هادی
70	عدم استفاده از واشر فنری
70	قوس الکتریکی (آرک) و محافظت در برابر آن
73	فصل چهارم: شناخت دکل‌ها، صاعقه، تابلو برق و پست‌ها
73	بخش‌های مختلف دکل
75	تشخیص سطح ولتاژ خطوط انتقال
75	تشخیص سطح ولتاژ توسط ارتفاع دکل
76	تشخیص سطح ولتاژ به کمک تعداد مقره‌های
77	حریم امن اطراف دکل
78	صاعقه و سیستم‌های حفاظت در برابر آن
78	نحوه‌ی تشکیل صاعقه
79	نوع صاعقه
80	حفاظت در برابر صاعقه
82	حفاظت خارجی



87	حفاظت داخلی
89	طراحی سیستم حفاظت صاعقه
92	اقدامات ضروری در مواجهه با صاعقه
93	تعریف تابلو برق
94	وظایف
94	اجزاء تشکیل دهنده هر تابلو برق
94	کنتاکتور
94	قطع کننده‌ی حرارتی (بی‌متال)
94	کلیدها
95	رله‌ها
95	تجهیزات اندازه گیری
95	بدنه
95	ارتباطات
95	بانک خازنی
96	انواع تابلو برق
96	تقسیم بندی از نظر شکل طراحی
96	دسته بندی براساس ایستایی
96	انواع تابلو برق از نظر سطح ولتاژ
97	انواع تابلو برق از جهت محل نصب
97	ساختار انواع تابلو برق‌ها
97	تابلوهای <i>Metal Enclosed</i>
98	پست برق چیست؟
98	اجزای مهم در پست برق
98	ترانسفورماتور
102	ترانس‌های اندازه‌گیری
103	ترانسفورماتور زمین(زیگزاگ)
103	سرج ارستر (<i>surge arrester</i>)
104	کلیدهای قدرت
106	خطرات موجود در پست‌ها
106	امکان سنجی سلطانزا بودن پست‌های برق
106	گام ولتاژ (<i>step voltage</i>)
109	ولتاژ لمس (<i>touch voltage</i>)
111	فصل پنجم: کمک‌های اولیه
111	وظایف اصلی امدادگر
113	دور کردن مصدوم از جریان برق و ایمن سازی صحنه



113	کنترل علائم حیاتی
113	چک کردن تنفس مصدوم
114	کنترل نبض مصدوم
115	نحوه انجام تنفس مصنوعی و شیوه های مختلف آن
119	ماساژ قلبی
120	رسیدگی به خونریزی، شکستگی و سوختگی

مهم ترین سرمایه هر جامعه نیروی انسانی فعال آن است و با تکیه بر توان این نیرو یک کشور می‌تواند در جهت توسعه گام بردارد. حال آن که همواره خطرات گوناگون این سرمایه ارزشمند را تهدید می‌کند. با توجه به این که انرژی برق یکی از اصلی‌ترین منابع انرژی در جهان است و از نظر انعطاف پذیری در تبدیل و روش‌های انتقال منحصر به فردش جایگاه ویژه‌ای در میان دیگر انرژی‌ها به خود اختصاص داده و رفاه و آسایش فرآگیری را برای بشر به همراه داشته است عدم توجه به خطرات ناشی از برق گرفتگی باعث خسارت‌های جبران ناپذیری می‌شود. سازمان پزشکی قانونی در سال 1401 اعلام کرد که 834 نفر بر اثر برق گرفتگی در کشور جان خود را از دست داده‌اند، عددی که در مقایسه با سال قبل افزایش 12.9 درصدی را نشان می‌دهد همچنین الکتریسیته می‌تواند باعث وقوع آتش سوزی شود اما متسافانه آمار دقیقی در کشور وجود ندارد آنچه آماری که بین منابع نامعتبر به چشم می‌خورد این است که بین 35-18 درصد از آتش سوزی‌ها به دلیل وجود الکتریسیته به وقوع پیوسته است که باعث افزایش تلفات جانی ناشی از الکتریسیته است به همین منظور برای کاهش این خطرات نکات و مقررات ایمنی در نظر گرفته شده است که رعایت و توجه به این مقررات انسان را در مقابل این تهدید محافظت می‌نماید. در این کتاب به بررسی و شناخت تجهیزات از تولید تا مصرف در پروسه‌ی برق رسانی پرداخته و هم‌زمان به نکات مهم ایمنی در برق و روش‌های جلوگیری از برق گرفتگی پرداخته ایم. امید است این مطالب بتواند در جهت پیشگیری از مخاطرات الکتریکی موثر واقع شود.

فصل اول: مفاهیم اولیه در برق



تاریخچه

در سال 1279 هجری شمسی یک موتور برق 12 اسب بخار و 110 ولت از خارج از کشور خریداری و در "بالا خیابان مشهد" نصب شد تا برای روشنایی حرم مطهر حضرت امام رضا(ع) مورد استفاده قرار گیرد. اما اولین مجوز تاسیس یک کارخانه برق در کشور به یک بازرگان ایرانی به نام حاج حسین آقا امین الضرب داده شد. حاج امین الضرب اقدام به تاسیس اولین کارخانه برق عمومی در تهران کرد. تهران تا سال 1283 هش فاقد برق بود. از آن زمان به بعد چند خیابان عمده تهران دارای برق شدند در این هنگام شهرداری تهران مسولیت تهیه، نصب، تعمیر و نگهداری تأسیسات مربوط به روشنایی معابر را بر عهده داشت و به این منظور در شهرداری تهران واحدی به نام "اداره روشنایی" ایجاد شد. تا اینکه در سال 1315 با تصویب اساسنامه مؤسسه برق شهرداری تهران، اداره روشنایی شهرداری به مؤسسه برق تهران تبدیل شد و به عنوان یک مؤسسه مستقل زیرنظر شهرداری به انجام وظایف خود پرداخت. در واقع تا سال 1341 برای مدیریت برق کشور سازمان واحدی وجود نداشت و تصمیمات کلان از طریق وزارت کشور و سازمان برنامه و بودجه به شهرداری‌ها و مؤسسات خصوصی یا دولتی متولی برق در شهرستانها ابلاغ و اعمال می‌شد. با افزایش تقاضا و خارج شدن تولید و مصرف برق از وضعیت محدود منطقه‌ای و بخصوص ایجاد نیروگاه‌های آبی در برنامه سوم عمرانی کشور که از مهرماه 1341 به اجرا گذاشته شد، صنعت برق اهمیت بیشتری یافت و ایجاد سازمان مستقلی برای توسعه این صنعت تشخیص داده شد. به این منظور در دیماه 1341 سازمان برق ایران تأسیس شد. در سال 1348 نیز شرکت توانیر با مسؤولیت توسعه تأسیسات تولید، انتقال و عمده فروشی برق تشکیل شد.^[1]



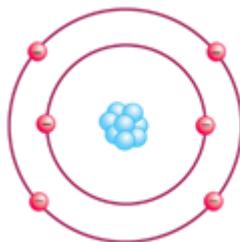
الکتریسیته:

شناخت مفاهیم و تعاریف:

الکتریسیته یا برق یا نیروی الکتریکی مجموعه‌ای از پدیده‌های طبیعی است که به حضور و جریان بار الکتریکی وابسته است. در حقیقت الکتریسیته انرژی ناشی از وجود یا حرکت الکترون‌ها و پروتون‌ها در اجسام است. الکتریسیته آثار متنوع زیادی چون آذرخش، الکتریسیته ساکن و گرمایش الکتریکی و تخلیه بار الکتریکی و ... دارد.

ذره‌ی باردار:

تمامی مواد دارای اتم هستند این اتم‌ها متشکل از الکترون‌ها، پروتون‌ها و نوترون‌ها می‌باشند. الکtron یک ذره با بار منفی پروتون دارای بار مثبت و نوترون‌ها بدون بار یا خنثی هستند. در نظریه‌ی اتم بارهای الکتریکی مثبت هسته به وسیله مجموعه‌ی بارهای الکتریکی منفی الکترون‌ها که روی مدارات فرضی در اطراف هسته قرار دارند متعادل می‌شوند در این حالت اتم را خنثی و بدون اثر می‌گویند هنگامی که اتم تحت اثر نیرویی یک الکترون خود را از دست می‌دهد دارای بار مثبت و در صورت گرفتن یک الکترون دارای بار منفی می‌شود.



شکل 1-1: نحوه قرار گرفتن الکترون‌ها در اطراف هسته

الکترون:

به ذرات بسیار کوچکی که اطراف مرکز اتم بر روی مدارهای مجازی در حال چرخش هستند الکترون می‌گویند. الکترون از جمله ذرات بنیادی ماده است و در حقیقت به ذرات کوچکتری تقسیم نمی‌شوند. این ذره دارای بار منفی است و جدا شدن آن از اطراف هسته باعث ایجاد الکتریسیته خواهد شد. جدا شدن الکترون ممکن است ناشی از اعمال گوناگونی از جمله حرارت، تابش، ضربه، گرما، مالش و فعل و افعالات شیمیایی باشد.

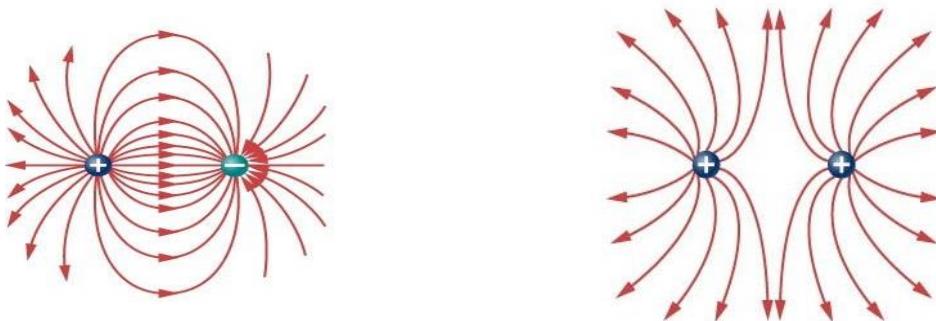
میدان الکتریکی:

خاصیتی است که هر بار الکتریکی در اطراف خود دارد ابتدایی ترین روش برای نشان دادن میدان الکتریکی، استفاده از خطوط میدان است. با بکارگیری این خطوط، می‌توان به توصیف درستی از وضعیت میدان الکتریکی در فضا دست یافت. شکل زیر خطوط میدان الکتریکی را برای دو ذره با بار مثبت و منفی نشان می‌دهند.



شکل 1-2: خطوط میدان الکتریکی اطراف الکترون، خطوط میدان الکتریکی اطراف پروتون

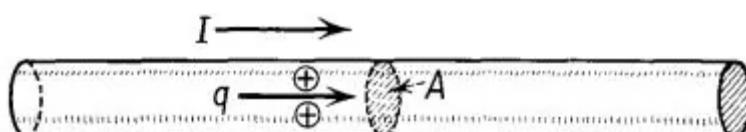
همان‌طور که در شکل بالا نیز مشخص است، خطوط میدان الکتریکی برای ذرات با بار مثبت به صورت شعاعی دورشونده و همین خطوط برای ذرات با بار منفی به صورت نزدیک شونده هستند. این خطوط برای ذراتی با اندازه برابر که در فاصله‌ی مشخصی از هم قرار دارند به شکل زیر است.



شکل 1-3: دو بار یکسان و هم نوع- دو بار مخالف

شدت جریان الکتریکی:

به مقدار بار عبوری که در واحد زمان از مقطع سیم عبور می‌کند شدت جریان الکتریکی می‌گویند.

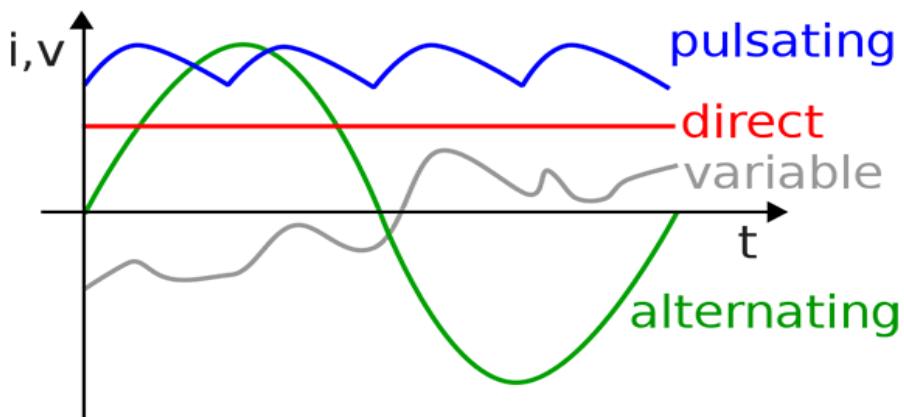


شکل 1-4: مفهوم جریان

جریان مستقیم و متناوب:

جریان مستقیم جریانی یک جهته است، یعنی جریان آن فقط در یک جهت حرکت می‌کند. ولتاژ و جریان آن می‌توانند در زمان متفاوت باشند، ولی جهت آن باید همواره مستقیم باشد و تغییری نکند. جریان تولید شده از باطری‌ها یک جریان مستقیم است این نوع جریان در مراکز تلفن، کارگاه‌های آبکاری و صنایع الکترونیک کاربرد دارد.

جریان متناوب جریانی است که در هر لحظه جهت و در نتیجه قطب‌های مثبت و منفی آن عوض می‌شود در تمام شبکه‌های برق شهری جریان متناوب تولید و توزیع می‌شود در جریان برق شهر که متناوب می‌باشد در هر ثانیه قطب مثبت و منفی 50 بار تعویض می‌گردد یعنی فرکانس یا بسامد آن 50 بار در ثانیه است.



شکل 1-5: نمودار انواع ولتاژ و جریان

ولتاژ الکتریکی:

ولتاژ که به اختلاف پتانسیل الکتریکی یا فشار برق هم مشهور است در واقع یک نیرو یا انرژی الکتریکی است که وظیفه آن جابجا کردن بار الکتریکی از یک نقطه به نقطه دیگر است و می‌توان اینگونه گفت که ولتاژ به زبان ساده، نیرویی است که موجب ایجاد جریان الکتریکی در سیم یا مدار می‌شود.

مقاومت الکتریکی :

مخالفت هادی در برابر الکترون‌های عبوری از مدار را مقاومت می‌گویند به عبارت دیگر مقاومت قابلیت هدایت جریان الکتریکی است مقاومت را با R نمایش می‌دهند و واحد آن بر حسب اهم می‌باشد که با علامت اختصاری Ω نمایش داده می‌شود و متعاقباً می‌توان نتیجه‌گیری کرد که هر چقدر مقاومت بیشتر باشد شدت جریان الکتریکی کمتری از هادی عبور می‌کند در حقیقت مقاومت با جریان عبوری رابطه‌ی معکوس دارد.

مقدار مقاومت از سه روش زیر قابل اندازه‌گیری و تشخیص است:

روش محاسباتی

محاسبه و اندازه‌گیری مقاومت به سه روش صورت می‌گیرد در روش اول که به آن قانون اهم گفته می‌شود از نسبت میان ولتاژ دوسر المان و جریان عبوری از آن مقدار مقاومت بر حسب اهم به دست می‌آید.

$$R = \frac{V}{I} \quad (1-1)$$

در روش دوم از ویژگی‌های ذاتی المان استفاده شده و مقدار مقاومت محاسبه می‌شود.

$$R = \frac{\rho \times L}{A} \quad (2-1)$$



که در آن ρ مقاومت ویژه^۱ که به جنس المان ساخته شده بستگی داشته و L طول المان مورد نظر و A سطح مقطع آن است.

مقاومت رنگی

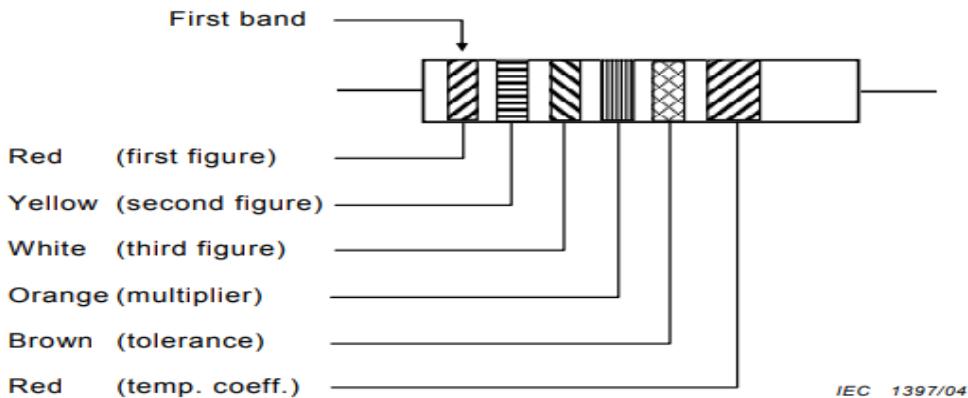
مقدار مقاومت در مدارها را می‌توان از روی شکل ظاهری آنها تشخیص داد. هر مقاومت دارای تعدادی خطوط رنگی به روی آن است همیشه مقدار مقاومت از طریق نوارهای رنگی از سمت چپ به راست خوانده می‌شود البته سازندگان بهمنای رنگ اول را بیشتر در نظر می‌گیرند. برای تعیین مقدار مقاومت ابتدا تعداد نوارهای رنگی روی مقاومت شمرده می‌شود اگر تعداد آن چهار عدد بود اعداد مربوطه به نوار اول و دوم را کنار هم قرار داده و در ده به توان عدد مربوط به نوار سوم ضرب کرده و نوار چهارم مقدار تلورانس خواهد بود. اگر تعداد نوارها پنج عدد بود ارقام نوارهای اول، دوم و سوم را کنار هم قرار داده و در ده به توان عدد نوار چهارم ضرب کرده و نوار آخر تلورانس را نشان می‌دهد و اگر نوارها شش عدد بود به همین حالت مقاومت را حساب کرده و نوار ششم ضریب دمایی را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که برخی از مقاومت‌ها دارای مقداری خطأ هستند و نمی‌توان به صورت دقیق تعیین شوند به همین دلیل یک نوار را برای تعیین این خطأ قرار داده‌اند. برای مثال مقاومت شکل ۱-۶ برابر 249000 اهم با تلورانس $1\% \pm$ و ضریب دمایی $K = 10^{-6} \times 50 \pm$ است.

در تعیین مقاومت رنگی هر رنگ نشان دهنده‌ی یک عدد است که در جدول ۱-۱ تعیین شده است.

جدول ۱-۱: مقاومت رنگی و اعداد مربوط به هر نوار رنگی

رنگ	ارقام	ضریب	خطأ	$10^{-6}/K$	ضریب دمایی
سیاه	0	10^0	-	± 250	
قهوه‌ای	1	10^1	$\pm 1\%$	± 100	
قرمز	2	10^2	$\pm 2\%$	± 50	
نارنجی	3	10^3	$\pm 0.05\%$	± 15	
زرد	4	10^4	-	± 25	
سبز	5	10^5	$\pm 0.5\%$	± 20	
آبی	6	10^6	$\pm 0.25\%$	± 10	
بنفش	7	10^7	$\pm 0.1\%$	± 5	
خاکستری	8	10^8	-	± 1	
سفید	9	10^9	-	-	
نقره‌ای	-	10^{-1}	$\pm 10\%$	-	
طلایی	-	10^{-2}	$\pm 5\%$	-	

^۱ یک ویژگی اساسی ماده که مقاومت ذاتی ماده در برابر عبور جریان الکتریکی نشان می‌دهد و واحد آن $\frac{\Omega}{m}$ است



شکل 1-6: نمونه ای از یک مقاومت رنگی و نحوه قرار گرفتن نوارها

تشخیص مقاومت با کدها

در این روش بر روی مقاومت یک کد شامل حروف و اعداد قرار داده شده است که نشان دهنده مقدار مقاومت هستند این کدها به سه قسمت تقسیم می شوند.

اعداد سمت چپ حروف: مقدار عدد صحیح مقاومت را نشان می دهند

حروف: این حروف شامل R, K, M, G, T هستند که به ترتیب نشان دهنده ضرایب 10^9 , 10^6 , 10^3 و 1 هستند.

اعداد سمت راست حروف: نشان دهنده اعداد بعد از اعشار هستند [2]

جدول 1-2: نمونه هایی از کد مقاومت و مقادیر معادل آنها

مقدار مقاومت	کد مقاومت	مقدار مقاومت	کد مقاومت
0.332Ω	R332	$0.24 \times 10^6 \Omega$	M24
5.9Ω	5R90	$1.5 \times 10^9 \Omega$	1G5
$0.75 \times 10^3 \Omega$	K75	$4 \times 10^9 \Omega$	4G
$12 \times 10^3 \Omega$	12K	$3.32 \times 10^{12} \Omega$	3T32
$1 \times 10^6 \Omega$	1M0	$7 \times 10^{12} \Omega$	7T

توان الکتریکی:

میزان انرژی آزاد شده یا جذب شده در واحد زمان را توان الکتریکی گویند. که با حرف P نمایش داده می شود واحد آن برحسب وات است. رابطه توان با ولتاژ و شدت جریان به قرار زیر است [3].

$$P=V \times I \quad (3-1)$$



دسته بندی مواد از نظر رسانایی:

الف) هادی: به ماده‌ای که در آن الکترون‌ها به راحتی می‌توانند آزاد شوند هادی می‌گویند (معمولًا در لایه ظرفیت خود کمتر از 4 الکtron دارند) این مواد به راحتی الکترون را درون خود انتقال می‌دهند و الکتریسیته در آنها جاری می‌شود. مهمترین هادی‌ها با خاصیت رسانایی بالا عبارتند از نقره، مس، طلا، آمینیوم

ب) عایق: عایق‌ها موادی هستند که آزاد کردن الکترون‌های آخر آنها بسیار مشکل است. (معمولًا در لایه ظرفیت خود بیشتر از 4 الکترون دارند) این مواد الکترون را درون خود انتقال نمی‌دهند و الکتریسیته در آنها جاری نمی‌شود. مهمترین عایق‌ها عبارتند از کاغذ، شیشه، لاستیک، چینی، سرامیک و پلاستیک و

ج) نیمه هادی‌ها: نیمه هادی‌ها معمولًا در لایه ظرفیت خود 4 الکترون دارند و تحت شرایط خاص می‌توانند آزاد شوند و در هدایت نقش داشته باشند. نیمه رساناهای با تغییرات دمایی دارای رسانایی متفاوتی می‌شوند و به شرایط محیطی و مداری وابستگی دارند برخلاف فلزات رسانا افزایش دما باعث کاهش مقاومت و افزایش رسانایی می‌شود وجود نیمه هادی‌ها باعث تولید آی سی ها، دیودها، ترانزیستور و تریستورها شده است.[3]

فصل دوم: برق گرفتگی و تاثیرات آن در بدن



برق گرفتگی چیست

قرار گرفتن دو نقطه از بدن در مسیر جریان برق موجب عبور جریان از بدن می‌شود و با توجه به شدت و مدت عبور جریان، برق گرفتگی بوجود می‌آید و ممکن است عواقب مختلفی نظیر سوختگی داخلی و خارجی، شکستگی استخوان، گرفتگی عضلات و مرگ ناشی از ایست قلبی را به دنبال داشته باشد.

چگونه برق گرفتگی بوجود می‌آید

جریان متناوب دارای دو سیم فاز و نول است؛ البته در سیم‌های سه فاز، سه سیم فاز و یک سیم نول وجود دارد. برخلاف سیستم برق مستقیم که شامل دو قطب منفی و مثبت است، سیستم جریان متناوب دارای قطب مشخص نیست. البته در یک بازه زمانی کوچک می‌توان ادعا کرد که جهت قطبین ثابت می‌شود ولی چون دائماً در حال تغییر است، آن را بدون قطب در نظر می‌گیرند. برای جاری شدن الکتریسیته، احتیاج به یک مسیر بسته است، این بدان معناست که باید در یک مسیر، یک هادی، دو سر فاز و نول را به هم متصل کند و این هادی می‌تواند انسان باشد. اگر انسان مستقیماً دو سر سیم‌های فاز و نول را لمس کند، دچار برق گرفتگی می‌شود و اگر بین زمین و فاز قرار گیرد، مثل حالت قبل دچار برق گرفتگی می‌شود. علت مرگ در زمان برق گرفتگی عبور جریان بیش از حد از بدن، از فاز به نول است و همچنین می‌دانیم انسان موجودی است که تمام حرکات از حرکات ماهیچه‌های قلب گرفته تا حرکت، توسط جریان‌های الکتریکی که از مغز صادر می‌شوند، انجام می‌گیرد. حال فرض کنید که چگونه بدن باید جریان قوی برق شهری را تحمل کند. با اعمال چنین شوک الکتریکی، کلیه اندام‌های حرکتی به حالت انقباض می‌روند و مغز با این شوک از کار می‌افتد.



تاثیرات الکتریسیته بر روی بدن انسان

عبور جریان تاثیرات مختلفی بر روی اجزای داخلی و خارجی بدن انسان می‌گذارد برای مثال باعث پرت شدن فرد برق گرفته، انقباض عضلانی، لرزش و شوک می‌شود که بنا به شدت جریان، این علائم خفیف یا شدید خواهد بود. اختلالات قلبی و عروقی، تغییر ضربان قلب، کاهش یا افزایش فشار خون، لخته شدن خون، کاهش حافظه، اختلالات حسی و عصبی، عفونت عنابیه، کاهش بینایی، سردرد، سوختگی، تشنج، استفراغ، عوارض کلیوی و در نهایت مرگ می‌شود.

تاثیر روی قلب :

قلب انسان در دقیقه بین 70 تا 105 بار می‌تپد و این بستگی به سن و فعالیتی که انجام می‌دهد دارد اما میزان فرکانس برق شهر 50Hz است و این بدین معناست که در ثانیه 50 بار نوسان دارد و این نوسانات در دقیقه 3000 بار خواهد بود. در زمان برق گرفتگی با عبور جریانی با این فرکانس، قلب در تلاش خواهد بود که میزان تپش خود را افزایش داده و از آنجایی که این میزان افزایش از حدود مجاز عضلات و شریانها خارج است و باعث گشاد شدن دریچه‌ها شده و در نهایت تپش قلب کاهش یافته و فرد دچار فیریللاسیون بطنی، حمله قلبی یا ایست قلبی می‌شود.

تاثیر روی سیستم اعصاب :

جریان متناوب با ولتاژ کم اختلال مهمی در اعصاب تولید نمی‌کند حتی اگر شدت جریان باعث ضایعات قلب شود. اما جریان‌های با ولتاژ زیاد بدون آنکه قلب متوقف شود مرکز تنفس واقع در پیاز نخاعی را از بین می‌برد. در این حالت مرگ در اثر تورم ریوی روی می‌دهد. جریان مستقیم به اندازه جریان متناوب ایجاد تشنج نمی‌کند. بر اثر جریان الکتریکی اعصاب محیطی قابلیت تحریک و قابلیت هدایت خود را از دست می‌دهد و همچنین سیستم عضلانی که تحت تاثیر جریان برق قرار گیرد دارای انقباضات کزاری شکل می‌شود و هنگامی که جریان قطع می‌شود انقباض عضلانی از بین می‌رود و گاهی در اثر جریان برق روی عضله مخصوصی استفراغ‌های متوالی ایجاد شده که ممکن است باعث خفگی گردد.

سوختگی :

سوختگی‌هایی که در نقاط تماس پوست بدن با هادی الکتریکی تولید می‌شود مشخصات ویژه دارند که شبیه سوختگی‌ها با عوامل دیگر نیستند. گاهی سوختگی بقدرتی عمیق است که از عضلات گذشته و به استخوان‌ها و مفاصل می‌رسد. تفاوت این سوختگی با سوختگی معمولی این است که ضایعه خشک و بدون تورم است و چرک نمی‌کند و غالباً بدون درد می‌باشد. در اثر عبور جریان برق زیاد در قسمت‌های کم مقطع (بازو و ران) گرمای زیادی بوجود می‌آید این گرمای زیاد عضلات محلی را فاسد می‌کند و ماده‌ی رنگی عضله (میوگلوبین) را فاسد کرده و وارد جریان خون می‌شود اگر مقدار این ماده رنگی در خون از حد معینی تجاوز کند کلیه‌ها مسموم شده و شخص پس از چند روز به علت مسمومیت فوت می‌شود. برای رفع مسمومیت مصرف زیاد مایعات توصیه می‌شود. میزان سوختگی الکتریکی به عوامل مختلفی از جمله میزان زمان تحت جریان بودن بدن، شدت جریان عبوری، نوع جریان (مستقیم یا غیر مستقیم) و مسیر عبوری جریان از بدن بستگی دارد. همیشه دو نقطه یا بیشتر از بدن مورد سوختگی قرار گرفته



است. سوختگی با عمق بیشتر محل ورود جریان و سوختگی با عمق کمتر محل خروج آن است. نزدیک به ۵ درصد از سوختگی‌ها در ایالات متحده‌ی آمریکا بر اثر برق گرفتگی رخ می‌دهد.

مهمترین عواملی که در ایجاد برق گرفتگی نقش دارند:

در بروز برق گرفتگی عوامل بسیاری نقش دارند که هر کدام از آنها می‌توانند تاثیرات برق گرفتگی را در انسان افزایش داده و باعث مرگ شوند از جمله‌ی این موارد می‌توان به میزان سطح ولتاژ، میزان شدت جریان الکتریکی، مقاومت بدن شخص، مسیر عبور جریان از بدن، میزان زمان برق گرفتگی و فرکانس جریان واردہ به بدن اشاره کرد که به توضیح تاثیر هر یک می‌پردازیم: [4]

ولتاژ:

عاملی که باعث عبور جریان از بدن انسان می‌شود و مقدار آن را تعیین می‌کند ولتاژ الکتریکی است، که اگر این ولتاژ از حدی پایین‌تر باشد خطری برای انسان ندارد، که می‌توان آن را به عنوان فشار الکتریکی مجاز در نظر گرفت. ولتاژ متناوب تا ۳۰ ولت بی خطر می‌باشد و ولتاژ ۵۰ ولت به بالا خطرناک است. بر طبق استانداردهای بین‌المللی فشار الکتریکی بر حسب مقدار به دسته‌های ضعیف، متوسط، قوی و خیلی قوی تقسیم بندی می‌شود

• برق فشار ضعیف ۰-۴۴۰ ولت

• برق فشار متوسط ۴۴۰-۲۰۰۰۰ ولت

• برق فشار قوی (فوق توزیع) ۶۳۰۰۰ ولت

• برق فشار قوی (انتقال) ۲۳۰۰۰۰-۴۰۰۰۰۰ ولت

که ولتاژهای ۱۰۰ و ۱۲۰ و ۳۲۰ ولت و کمتر از آن جز دسته اول، فشار ضعیف می‌باشد. در عمل مشاهده شده که ولتاژ ۶۵ ولت که در دستگاههای جوشکاری بکار می‌رود در مواردی برق گرفتگی همراه با مرگ را نیز در برداشته است.

ولتاژ زیاد موجب ایجاد قوس الکتریکی می‌شود قوس الکتریکی^۱ درجه حرارتی معادل ۲۵۰۰ تا ۴۰۰۰ درجه سانتی گراد ایجاد می‌کند. بدیهی است این درجه حرارت موجب شدیدترین تخریب روی بدن انسان می‌شود حاصل آن ذغال شدن یک عضو و حتی تمامی بدن است در شرایط طبیعی جوی هر ۱۰۰۰۰ ولت برق میتواند موجب یونیزه شدن تا ۳ سانتی متر هوای اطراف سیم مدار شود. لذا بدیهی است که در حوالی سیستم‌های انتقال انرژی برق با ولتاژ زیاد، خطر ایجاد قوس الکتریکی و سوختگی فوق العاده شدید وجود دارد. باید توجه داشت حتی در مواردی که عبور جریان برق قطع می‌شود بلافصله نباید به مدار نزدیک شد زیرا اثر خازنی مدار^۲ می‌تواند با تخلیه الکتریکی خود، موجب قوس الکتریکی شود و صدمات ناشی از آن را به وجود بیاورد.

^۱ زمانی که جریان الکتریکی توسط هوا بین دو رسانا که مستقیماً با هم در تماس نیستند منتقل شود، قوس الکتریکی ایجاد می‌شود.

^۲ اثر خازنی به حالتی گفته می‌شود که مدار نقش خازن را ایفا می‌کند و انرژی را در خود ذخیره می‌کند.



شدت جریان:

استانداردهای متفاوت برای جریان متناوب (با فرکانس متفاوت) و جریان مستقیم، شدت جریان‌های مختلفی را بعنوان حدود مجاز تعریف کرده‌اند: بر اساس استاندارد کمیسیون بین‌المللی برق، حد بی‌خطر شدت جریان برای انسان 10 میلی آمپر و حدی که باعث مرگ می‌شود 25 میلی آمپر برای جریان برق متناوب است. حدکشنه برای جریان مستقیم 50 میلی آمپر تعریف شده است. ولی حساسیت اندام‌های مختلف متفاوت می‌باشد شبکیه چشم، زبان و پوست بیشترین آسیب‌دیدگی را در برابر شدت جریان دارند.

جدول 2-1: عکس العمل فیزیولوژی بدن در مقابل افزایش جریان

شدت جریان mA	جریان متناوب 50 تا 60 هرتز	جریان مستقیم
0.6 تا 1.5	احساسی عبور جریان؛ لرزش کم انگشتان	محسوس نیست
2 تا 3	لرزش شدید انگشتان دست	محسوس نیست
5 تا 7	تشنج دستها	محسوس نیست
8 تا 10	دستها به سختی تکان می‌خورند ولی می‌توان آنها را از الکترودها جدا نمود، درد شدید در انگشتان	احساس گرمای شدید
11 تا 12	تشنج عضلات تا شانه‌ها ادامه یافته و درد شدیدی احساس می‌شود و تماس با الکترودها را تا ۳۵ ثانیه می‌توان تحمل کرد	احساس گرمای شدید
15	رها کردن الکترودها غیر ممکن برده و تعرق دستها بوجود می‌آید	احساس گرمای شدید
20 تا 25	دست‌ها ناگهان فلوج می‌شود، الکترودها را می‌توان رها کرد، درد شدید و تنگی نفس بوجود می‌آید	احساس گرمای شدید، انقباض کم عضلات دست
50 تا 80	بند آمدن تنفس، فیبریالسیون بطنی قلب	احساس ازدیاد گرما انقباض عضلات، تشنج و سختی نفس
90 تا 100	قطع تنفسی که اگر بیش از سه ثانیه طول بکشد قلب فلوج شده و حرکت بطن‌های قلب قطع می‌شود	بند آمدن تنفس و خفگی

اثر جریان مستقیم

در جریان مستقیم مقاومت بدن از حالت متناوب بیشتر بوده و از این لحاظ خطر کمتری دارد. عبور جریان مستقیم از بدن باعث انقباض عضلات شده و تکان شدیدی وارد کرده و یا ممکن است انسان به یک طرف پرتاب شود. این جریان ثابت قلب و ریه‌ها را در یک حالت ثابت نگه داشته و از انبساط و انقباض آن جلوگیری نموده و قلب از کار می‌افتد همچنین تنفس غیرممکن شده و انسان دچار خفگی می‌شود. اگر عبور جریان مستقیم در بدن ادامه داشته و قطع نگردد شروع به تجزیه خون و املاح بدن و مواد شیمیایی شده و عضلات را فاسد می‌کند.



اثر جریان متناوب

مقاومت بدن در مقابل جریان متناوب کمتر و به علت تغییر مداوم جهت جریان، ضربات واردہ بر سلسله اعصاب شدیدتر است. هنگامی که جریان متناوب هنگام برق گرفتگی از قلب عبور می‌کند به ماهیچه‌های قلب در هر ثانیه 50 سیگنال قوی اعمال می‌شود، یعنی قلب را وادار می‌سازد در هر ثانیه 50 بار ضربان داشته باشد قلب قادر به تولید این ضربان نیست و شروع به لرزش و ارتعاشات ضعف و نامطمئن می‌نماید، که این پدیده لرزش بطنی نامگذاری شده است. در این حالت قلب هیچ کار مفیدی انجام نداده و از کار می‌افتد و مرگ تقریباً قطعی است.

مقاومت:

مقاومت در برابر جریان الکتریسیته را مقاومت الکتریکی گویند و واحد اندازه گیری آن اهم است. جدول 2-2 مقاومت بدن انسان را در مقابل جریان الکتریسیته نشان می‌دهد از آنجایی که بخش اعظم بدن انسان را آب و مایعات تشکیل داده است، در حالت کلی بدن انسان یک جزء تقریباً رساناً محسوب می‌شود. ولی با خاطر مقاومتی که دارد بخشی از انرژی واردہ را به حرارت تبدیل می‌کند. هرچه مقاومت بدن انسان بیشتر باشد بخش بیشتری از انرژی بصورت گرما هدر می‌رود. این گرما باعث تجزیه مایعات داخل بدن می‌شود.

جدول 2-2: مقاومت برخی از اجزای بدن

اجزای بدن	مقاومت بر حسب اهم
پوست خشک	600000 تا 1000000
پوست خیس	1000
دست و یا اندام داخلی	400 تا 600
گوش تا گوش	100

مقاومت الکتریکی بدن انسان ثابت نیست و بر اثر عوامل فردی و شرایط محیط کار ممکن است به نسبت 1 تا 100 برابر تغییر نماید، مهمترین عواملی که در تغییر این مقاومت مؤثر است عبارتند از:

(1) ضخامت پوست

(2) میزان رطوبت، درجه حرارت و مقدار نمک پوست

(3) فشار تماس پوست با قسمت برق دار

(4) شدت جریان برق

(5) مسیر عبور جریان

(6) مدت عبور جریان

(7) نوع جریان الکتریکی

جدول 2-3 نشان می‌دهد که در ولتاژهای پایین مقاومت بدن بیشتر از ولتاژهای بالا است و با بالا رفتن ولتاژ مقاومت بدن تنزل پیدا می‌کند لازم به توضیح است مقاومت بدن بعد از مرگ حدود 60 درصد افزایش می‌یابد.



جدول 2-3: مقاومت نقاط مختلف بدن انسان

مقاومت بر حسب اهم				
مسیر عبور جریان در بدن	کمتر از 65 ولت	127 ولت	220 ولت	بیشتر از 220 ولت
کف دست تا شانه	3200	2500	800	650
شانه تا پا	3600	2800	1200	800
مسیر کف دست تا پا و مسیر دست تا دست دیگر	4400	3400	1600	1200

مقاومت نقاط اتصال و تماس:

علاوه بر مقاومت داخلی بدن، مسیر جریان اتصالی دارای مقاومت‌های دیگری نیز می‌باشد. مثل مقاومت نقاط اتصال که هر قدر سطح محل تماس کمتر و فشار محل تماس کمتر باشد، مقاومت الکتریکی بیشتر است. رطوبت مقاومت الکتریکی را کم و خطر برق گرفتگی را افزایش می‌دهد.

مقاومت زمین :

در بسیاری از برق گرفتگی‌ها اتصال از طریق زمین برقرار می‌گردد و مقدار این جریان بستگی به وضعیت اتصال بدن با زمین و همچنین مقاومت زمین دارد. معمولاً مقاومت زمین کم است، مخصوصاً وقتی زمین خیس باشد یا داخل زمین دارای رطوبت نسبی باشد خطر برق گرفتگی و مرگ را بیشتر می‌کند. لذا در حال کار با برق باید دقت کرد که زیر پا مرطوب نباشد و یا از چوب خشک یا مواد پلاستیکی که عایق خوبی هستند استفاده شود. در ضمن دست و بدن با لوله آب که به درون زمین ارتباط دارد و از این قبیل مواد تماس نداشته باشد، زیرا در این حالت مقاومت زمین خیلی کم بوده برق گرفتگی چند برابر می‌شود. از آنجا که جریان برق برای عبور از بدن ناچار است به پوست وارد و از آن خارج شود هر گونه اقدامی که در جهت بالا بردن مقاومت محل ورود و خروج جریان صورت گیرد، خطر برق گرفتگی را کاهش می‌دهد. دستکش و کفش برای افرادی که با تأسیسات برقی سرو کار دارند بسیار حائز اهمیت است زیرا دستکش و کفش باعث افزایش مقاومت در برابر عبور جریان می‌گردد.

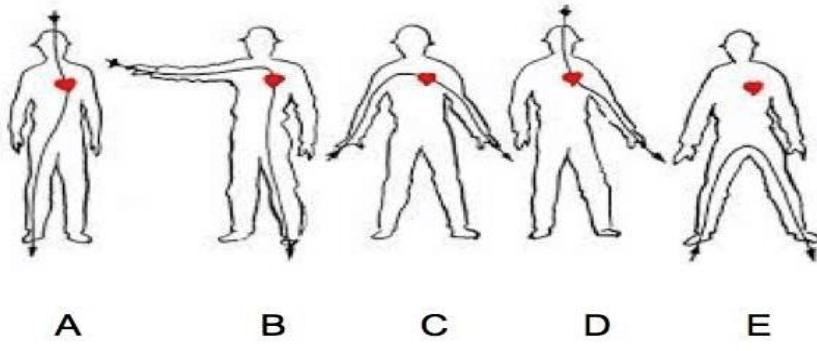
مسیر عبور جریان:

مسیر عبور جریان و همچنین سطحی که جریان از بدن می‌گذرد می‌تواند نقش بسزایی در پیامدهای حادثه داشته باشد. بعنوان مثال در صورتی که مسیر جریان دست به دست باشد شدت پیامدها بسیار وحیم‌تر خواهد بود، در صورتیکه برق گرفتگی در سر باشد علت اصلی مرگ خفگی است. احتمال مرگ بر اثر جریان برق بسته به محل ورود و خروج جریان متفاوت می‌باشد. جدول 2-4 میزان خطر و احتمال وقوع آن را بر حسب مسیر جریان نشان می‌دهد.



جدول 2-4: میزان خطر و احتمال وقوع آن را بر حسب مسیر جریان برق

احتمال وقوع	میزان خطر مرگ	مسیر جریان
خیلی کم	خیلی زیاد (مرگبار)	از سر به اندام‌های دیگر
متوسط	زیاد	از یک دست به دست دیگر
زیاد	خیلی زیاد	از دست به پا
کم	کم	از یک پا به یک دست



شکل 2-1: مسیرهای احتمالی عبور جریان از بدن شخص در برق گرفتگی

زمان برق گرفتگی :

هر قدر زمان عبور جریان در بدن بیشتر باشد خطر و عوارض آن بیشتر خواهد بود، به همین جهت سرعت عمل در قطع جریان و جدا کردن اتصال از بدن شخص برق گرفته، نقش حیاتی در نجات او دارد. در نخستین لحظات عبور جریان از بدن مقاومت پوست بدن زیاد است، ولی با عبور جریان گرما ایجاد شده و در لایه‌ی بالایی پوست که قسمت عمدی مقاومت پوست را دارا است سوراخ‌های متعددی ایجاد شده و مقاومت پوست را سریعاً کاهش و جریان بیشتر از بدن عبور کرده و خطرات بیشتری را ایجاد می‌کند.

فرکانس:

فرکانس جریان یکی از تعیین کننده‌ترین عوامل در تعیین خسارت‌های جانی برق گرفتگی است و دلیل آن توانایی اعصاب در فرکانس‌هایی مختلف است. شدت تحریک اعصاب با کاهش و افزایش فرکانس‌ها به شدت تغییر پیدا می‌کند. برای مثال برای احساس جریان الکتریسیته در فرکانس 50 هرتز، شدت جریانی در حدود 1.3 میلی آمپر کافی خواهد بود. در حالی که در فرکانس‌های 1000 هرتز برای احساس برق گرفتگی و تاثیرات آن ممکن است شدتی معادل 80 میلی آمپر کافی باشد. فرکانس بالا یکی از علی‌است که باعث می‌شود صاعقه منجر به مرگ نشود، چون هرچقدر فرکانس برق بالاتر باشد برق از سطوح بدن بیشتر عبور می‌کند علاوه بر عوامل یاد شده پارامترهای نظری سن افراد، شرایط جوی، رطوبت بدن، خستگی، جنسیت و... می‌تواند بر شدت برق گرفتگی تاثیر داشته باشد.



جدول 2-5: تاثیرات فرکانس‌های مختلف بر روی سگ‌ها

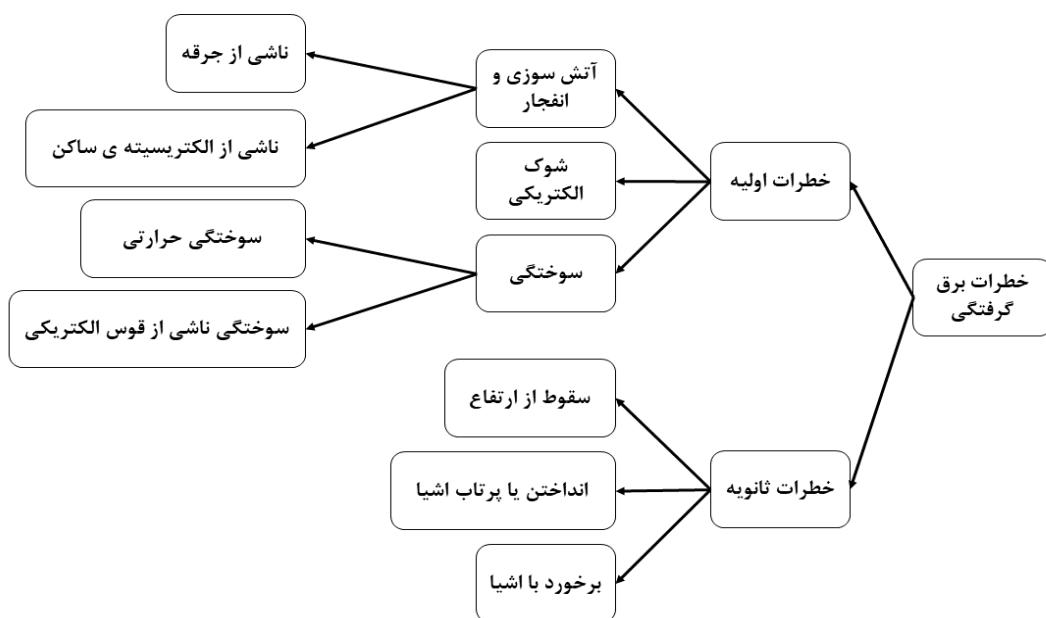
درصد مرگ	تعداد سگ‌های مورد آزمایش	فشار الکتریکی بر حسب ولت	فرکانس بر حسب هرتز
100	10	117-120	50
45	21	117-120	100
20	10	100-121	125
0	10	120-125	150

در جدول 2-5 نتیجه آزمایشاتی را که بر روی سگ‌ها با فرکانس‌های مختلف صورت گرفته آورده شده است. همانطور که مشخص است در فرکانس 50 هرتز تمامی سگ‌ها تلف شده اند در حالی که با همان رنج ولتاژی با فرکانس 150 هرتز هیچ کدام از سگ‌ها از بین نرفته است.

خطرات ناشی از برق گرفتگی به انسان

سوختگی ناشی از عبور جریان الکتریکی

سوختگی ناشی از جریان برق و ضایعات ناشی از آن هنوز به عنوان یک مشکل در جوامع مدرن امروزی مطرح است. برای کاهش عوارض و مرگ و میر ناشی از آن نیاز به اقدامات درمانی طبی و جراحی خاص می‌باشد. سوختگی الکتریکی یکی از علت‌های شایع سوختگی است که با سوختگی حرارتی وجه مشترک داشته ولی تفاوت‌هایی نیز دارد. سوختگی الکتریکی حدود 3 الی 6 درصد از بیماران بستری در بخش‌های سوختگی را به خود اختصاص می‌دهد. سوختگی پوست بر اثر برق گرفتگی به مراتب کمتر از دیگر سوختگی‌ها مانند مواد شیمیایی و حرارت مستقیم است اما چون این آسیب‌های سطحی اغلب با آسیب گسترده‌ی بافت عمقی همراه است اهمیتی ویژه دارند.



شکل 2-2: خطرات برق گرفتگی



بطور کلی سوختگی‌های ناشی از عبور جریان به سه دسته تقسیم می‌شوند:

سوختگی ناشی از خود جریان الکتریکی

سوختگی ناشی از خود جریان الکتریکی کمترین اثر را بر روی پوست ایجاد می‌کند گاهی تنها آسیب‌ها در جای ورود و خروج جریان یافت می‌شود. بیشتر آسیب‌ها در محل ورود جریان و از گونه‌ی سوختگی درجه سه هستند.

سوختگی ناشی از قوس الکتریکی

اگر یک هادی زمین شده با هادی دیگری که دارای ولتاژ بالایی است تماس یابد، ممکن است عایق هوای بین آنها شکسته و باعث ایجاد جرقه شود، این عمل موجب یونیزه شدن هوا شده و مقاومت آن را پایین می‌آورد، که به نوبه خود باعث افزایش جریان برق در نتیجه ایجاد قوس الکتریکی یا ترک می‌شود. حال اگر انسان را یک هادی زمین شده فرض کنیم که به یک خط با ولتاژ بالا بسیار نزدیک شود به وسیله قوس الکتریکی بدون تماس با هادی می‌سوزد. زیرا مقاومت الکتریکی هوا کاهش یافته و سطح وسیعی از پوست می‌سوزد. قوس‌های الکتریکی معمولاً با انرژی زیاد، جابجایی، آمپراژ بالا و قوی که در هوا روی می‌دهد همراه هستند.

هر ساله بیش از 2000 نفر کارگر، که در نتیجه قوس الکتریکی دچار جراحت شده‌اند، در مراکز سوختگی درمان می‌شوند. اثر جراحت سخت قوس الکتریکی برای ماهها و سالها یا حتی تمام عمر می‌تواند باقی بماند. قوس الکتریکی تولید اشعه ماورای بینفیش می‌کند که باعث جراحتی شبیه به آفتاب سوختگی می‌شود. اشعه ماورای بینفیش می‌تواند به نوبه خود باعث حساسیت پوستی و به ویژه حساسیت چشم‌ها شود.

مکان‌هایی که دارای پتانسیل این حوادث هستند عبارتند از:

• تابلوهای برق

• بدنه سلول کلیدهای قطع کننده

• ترانسفورماتورها

• راه اندازهای موتور و محفظه فلزی آنها

• جداکننده‌های فیوز

قربانیان در بعضی موارد نیاز به پیوند پوست داشته یا اینکه باید قطع عضو شوند. البته بسته به درصد سوختگی و سن می‌تواند باعث مرگ نیز شود. آرک ناشی از آمپراژ بالای موج انفجاری، که نیرویی بیش از 1000 پوند داشته، می‌تواند قربانی را پرتاب کرده و در نتیجه آن، مجرح از جایی سقوط کرده یا با اشیاء نزدیک خود برخورد کند. فشار امواج می‌تواند قطعات آزاد و شل، تکه‌های تجهیزات آسیب دیده، ابزار و دیگر اشیاء را به هوا پرتاب کند. همچنین حرارت شدید ممکن است باعث ذوب اجزای فلزی الکتریکی و انفجار باعث پرتاب قطعات مذاب به فوائل قابل توجهی منجر شود و این قطعات تیز، می‌توانند با لباس هر شخصی اصابت کرده، که ضمن سوزاندن لباس به پوست و حتی به ریه شخص آسیب برسانند. [5]



سوختگی ناشی از شعله به دلیل آتش گرفتن پوشک فرد

سوختگی گونه‌ی سوم به دلیل آتش گرفتن پوشک آسیب دیده ناشی از دما، ایجاد شده است و گاهی جدی‌ترین بخش آسیب را شامل می‌شود.

شوك الکتریکی :

شوك الکتریکی یک تحریک ناگهانی سیستم عصبی بدن بر اثر عبور جریان الکتریکی است. بدن انسان در برابر جریان الکتریکی به چند طریق از خود واکنش نشان می‌دهد که احساس شوك الکتریکی تنها یکی از این اثرات است و می‌تواند فوق العاده دردناک باشد. وقتی انسان دچار شوك الکتریکی می‌شود ممکن است جریان برق چندین مسیر را در داخل بدن پیش بگیرد که پیش بینی شدت و اثرات آن در هر منطقه از بدن بسیار مشکل و غیرممکن است. تقریباً همه شوک‌های الکتریکی شدید بوسیله جریان‌های متناوب و به ندرت بوسیله جریان‌های مستقیم ایجاد می‌گردد. شوک‌های الکتریکی همواره با خسارت به اندام‌های بدن همراه نیست و بیشتر همراه با سوراخ شدن یا تیر کشیدن شدید و درد و بی‌حسی در نقاط ورودی و خروجی جریان و ندرتاً در مسیری است که جریان از آن عبور می‌کند. ممکن است فرد در نتیجه یک شوك شدید، هادی و یا ابزاری را بگیرد و دیگر قادر به رها کردن آن نباشد و یا اگر یک هادی برق داری را لمس کند ماهیچه‌های قوی پشت و پاهایش به شدت منقبض می‌شود و بطور غیر ارادی به عقب پرتاپ شده به زمین بیافتد. لذا برای برق گرفتگی دو مرحله می‌توان تعریف نمود: آستانه احساس، آستانه انقباض

با عبور از آستانه احساس و افزایش جریان عبوری عضلات به انقباض روی آورده و حد آستانه انقباض فعال می‌شود. آستانه احساس برای قسمت‌های مختلف بدن متفاوت است. بطور مثال آستانه احساس زبان 0.5 میلی آمپر و آستانه احساس برای پوست بدن در حدود 1 میلی آمپر است. آستانه انقباض اعضا باهم یکی نیستند، در شدت جریان حدود 9 میلی آمپر دست‌ها به سختی تکان می‌خورند، ولی 99.5 درصد افراد سالم می‌توانند سیم برق دار را رها کنند [4].

انفجارهای الکتریکی :

وسایلی نظیر سیوئیچ‌گیرها (کلیدها)، موتورها و کابل‌های قدرت در صورتی که تحت جریان‌های بیش از اندازه قرار گیرند یا دارای اتصالی‌های ناشی از قوس داخلی طولانی باشند، مستعد انفجار خواهند بود که در نتیجه نیروهای الکترومغناطیسی شدیدی را رها کرده و انرژی حرارتی را منتشر می‌نمایند. انفجارهایی که منبع اشتعال آنها الکتریکی است. در یک محیط با قابلیت انفجار، همیشه خطر انفجار بخاطر ترکیب شدن گازها، بخارات و ذرات قابل اشتعال با اکسیژن هوا و حضور منابع جرقه الکتریکی وجود دارد به طور کلی احتراق با سرعت بالا به همراه حرارت و فشار زیاد را انفجار می‌گویند. برای انفجار نیاز به حضور هم زمان سه عنصر اکسیژن، منبع حرارت و ماده قابل اشتعال می‌باشد. منابع حرارت عموماً به دو گروه منابع غیرالکتریکی (سطح داغ بدن تجهیزات و شعله و....) و منابع الکتریکی (جرقه‌ها (در ترمینال‌ها، قطع و وصل کلید‌ها، وقوع خطا)، الکتریسیته ساکن،....) تقسیم می‌شوند.



مواد قابل اشتعال یا مواد سوختنی بر حسب شکل ظاهر به سه گروه مشهور گازها (مواد خالص (هیدروژن،...)) مواد ترکیبی (متان،...)) مایعات (ترکیبات هیدروکربنی (استون، گاز، نفت و ...)، اسپری مایعات قابل اشتعال) جامدها (مواد طبیعی (چوب، کربن،...)) مواد مصنوعی (پلاستیک، دارو، حشره کش،...)، مواد غیر آلی (فلزات، چسب،...)) (تقسیم می شوند.

فصل سوم: مناطق خطرناک، الکتریسیته‌ی ساکن و انواع

روش‌های حفاظت



کلاس بندی مناطق خطرناک

کلاس بندی مناطق خطرناک به منظور تعیین وسعت منطقه قابل اشتعال و تعیین میزان خطر وقوع انفجار و نهایتا تعیین حفاظت تجهیزات الکتریکی برای نصب در مناطق خطرناک صورت می‌گیرد. به عبارت دیگر کلاس بندی مناطق خطرناک یک روش آنالیز و کلاس بندی محیط با احتمال انتشار گازهای قابل انفجار به منظور انتخاب تجهیزات برقی که در آن محیط می‌بایست نصب شوند می‌باشد.

مناطق خطرناک و ایمن

مناطق در معرض خطر را مناطق خطرناک می‌نامند. مناطق خطرناک با توجه به سه معیار زیر تشخیص داده می‌شوند:

- 1) نوع ماده خطرناک (گاز، بخار، گرد و غبار، الیاف و فیبر)
- 2) میزان احتمال وقوع خطر در فضای قابل اشتعال
- 3) دمای اشتعال مواد خطرناک

احتمال وقوع خطر در محیط‌های خطرناک، از یک محیط به محیط دیگر متفاوت می‌باشد. مکانی که به منبع خطر یا مواد خطرناک نزدیک است دارای احتمال خطر بالایی می‌باشد. از طرف دیگر، بیرون و اطراف یک فلنچ لوله ای شامل مواد اشتعال پذیر احتمال وقوع خطر خیلی کمتر است. فقط هنگامی که فلنچ نشستی داشته باشد احتمال



خطر وجود دارد. مناطقی هم وجود دارند که بطور عادی و طبیعی عاری از مواد خطرناک بوده و فقط در زمان وقوع خطأ یا ایجاد نقص در سیستم ممکن است مواد اشتعالزا در آن فضا وجود داشته باشند. بطور کلی برای هر کدام از مواد اشتعال پذیر (گازها، ذرات جامد) سه ناحیه خطر مطابق جداول زیر تعریف می شود.

جدول ٤-٣: تقسیم بندی مناطق خطرناک برای گازها و بخارهای قابل انفجار

ناحیه	٠	١	٢
تعريف	ناحیه‌ای که در آن مواد قابل انفجار یا اشتعال بطور پیوسته و یا برای مدت زمان طولانی وجود دارد	ناحیه‌ای که در آن احتمال ایجاد فضای قابل انفجار در حالت کار عادی سیستم وجود ندارد و یا مدت زمان آن خیلی کم است	ناحیه‌ای که در آن احتمال ایجاد فضای قابل انفجار یا اشتعال در حالت کار عادی سیستم، موقع تعمیر و نگهداری و هنگام نشستی وجود دارد
مثال برای مناطق نمونه	داخل مخازن ذخیره، مخازن فرآیندی بسته، کانتینرها بسته، مناطق دارای مخازن رو باز حاوی محتویات مایع قابل اشتعال و فرار(سبک)	اطراف ناحیه صفر درهای شارژ مخازن مواد اشتعال پذیر، اطراف سیستم لوله‌کشی (شیرها، تجهیزات اندازه‌گیری، اتصالات فلنجی و پیچ و مهره ای)، زیر نواحی تجهیزات نصب شده در ارتفاع که احتمال جمع شدن مواد قابل انفجار در آن نواحی وجود دارد، اتاق پمپ‌های مربوط به مواد قابل اشتعال که دارای تهویه‌ی هوا مناسب نمی‌باشد. مجاری و حوضچه‌ی پساب‌های مایعات نفتی، مناطق بارگیری و تخلیه فرآورده‌های خطرناک	سیستم جابجا کننده‌ی مایعات و بخارات قابل اشتعال در ناحیه با تهویه‌ی ناکافی هوا و با طراحی و بهره‌برداری به نحوی که در حالت کار عادی مواد قابل اشتعال و انفجار در داخل کانتینرها و سیستم‌های بسته محدود شده‌اند و فقط در موقع شرایط غیرعادی سیستم مثل خراب شدن تصادفی واشرها و رها شدن بسته‌ها، امکان نشست مواد قابل انفجار وجود دارد، نواحی که در آن امکان هدایت بخارات قابل اشتعال از طریق لوله‌ها، ترنچ‌ها (کانال کابل‌ها) و ذرات وجود داشته باشد. مکان‌های مجاور ناحیه‌ی یک اتاق‌های تحت فشار که در موقع بروز خطا مکانیکی در سیستم تهویه آنها، امکان ورود گاز و بخار قابل اشتعال به داخل وجود دارد.
حفظ مناسب	‘s’, ‘ia’ , ‘d’, ‘ib’ , ‘p’, ‘e’ , ‘v’, ‘n’, ‘o’, ‘q’	‘s’, ‘ia’ , ‘d’, ‘ib’ , ‘p’, ‘e’, ‘v’	‘s’, ‘ia’

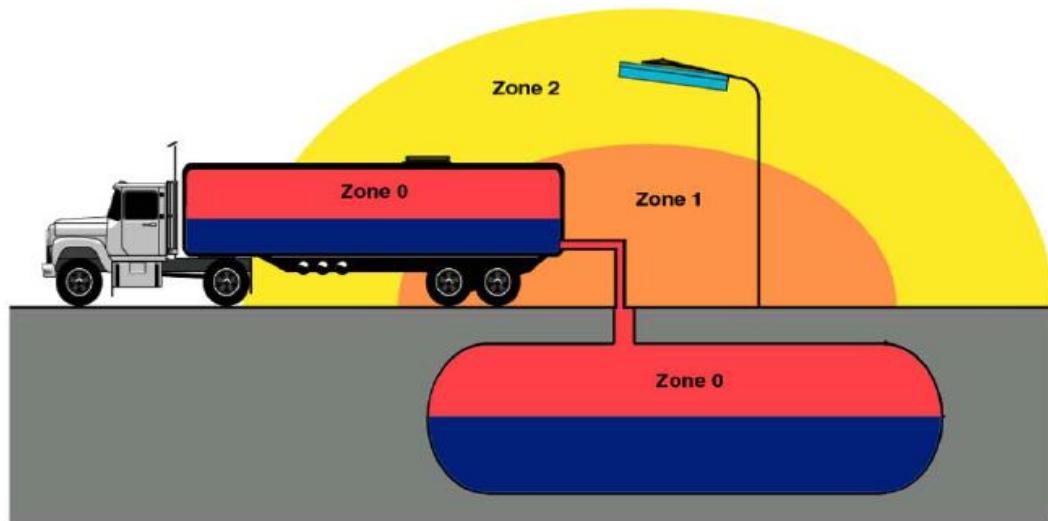
مناطق ذکر شده در جدول ٤-٣ فقط برای محیط‌های شامل گاز و بخارات قابل انفجار می‌باشد برای محیط‌های که شامل ذرات جامد و گرد و غبار مواد قابل انفجار هستند نیز تعاریف مشابهی وجود دارد.

جدول ٤-٤: تقسیم بندی مناطق خطرناک برای ذرات جامد و گرد و غبار قابل انفجار



ناحیه‌ی 20	فضای مستعد انفجار، به طور پیوسته یا برای مدت طولانی وجود دارد.
ناحیه‌ی 21	فضای مستعد برای انفجار، ممکن است در هر لحظه و در حین عملکرد عادی سیستم به وجود آید
ناحیه‌ی 22	فضای مستعد برای انفجار، با احتمال پایین در حین عملکرد عادی به وجود می‌آید اما اگر پدید آید فقط برای مدت کوتاهی باقی می‌ماند.

از این رو نواحی 20، 21، و 22 بترتیب معادل نواحی 0، 1، و 2 برای محیط‌های شامل ذرات گرد و غبار قابل انفجار می‌شوند. عموماً گستردگی مناطق خطرناک در پروژه‌های مختلف به نحوی است که کمتر از 5% کل مناطق خطرناک به عنوان ناحیه‌ی صفر (خطرناک‌ترین ناحیه)، کمتر از 35 درصد به عنوان ناحیه‌ی یک و کمتر از 65 درصد به عنوان ناحیه‌ی دو می‌باشد.



شکل 3-1: نمونه‌ای از تقسیم بندی مناطق خطرناک

مناطق ایمن

مکان‌های زیر به عنوان مناطق ایمن از نقطه نظر تجهیزات برق در نظر گرفته می‌شوند:

- ❖ بخش‌هایی از سیستم لوله کشی که فاقد شیرها، اتصالات، و فلنج‌ها یا اتصالات مشابه می‌باشد.
- ❖ مناطقی که بخارها و مایعات قابل انفجار فقط از طریق مخازن و کانتینرها، جابجا می‌شوند.
- ❖ اتاق دیزل ژنراتور با تهویه‌ی مناسب

کلاس حرارتی تجهیزات الکتریکی و انواع حفاظت‌های الکتریکی در هر ناحیه

همانطور که منابع تولید جرقه و قوس در محیط‌های خطرناک برای اشتعال مواد پذیر مهم است دمای سطح تجهیزات الکتریکی که در محیط‌های خطرناک استفاده می‌شوند نیز مهم و حائز اهمیت است. از این رو دمای سطح تجهیزات برقی که در محیط‌های خطرناک نصب می‌شوند نباید از دمای اشتعال مواد موجود در آن محیط



بیشتر باشد. عموماً دمای سطح تجهیزات برقی برابر حاصل جمع محیط بعلاوهی دمای ناشی از عملکرد تجهیز در شرایط کار عادی و شرایط خطا می‌باشد. انواع کلاس حرارتی مواد خطرناک به شرح زیر است.^[6]

جدول 3-3: کلاس‌های حرارتی و ماکزیمم دمای مجاز در آن‌ها

کلاس دمایی	دماهای ماکزیمم	فارنهایت	سانتی گراد
T1	842	450	
T2	572	300	
T2A	536	280	
T2B	500	260	
T2C	446	230	
T2D	419	215	
T3	392	200	
T3A	356	180	
T3B	329	165	
T3C	320	160	
T4	275	135	
T4A	248	120	
T5	212	100	
T6	185	85	

هرچه عدد کلاس حرارتی افزایش یابد، حداقل دمای اشتعال محیط خطرناک کاهش می‌یابد برای مثال برای محیط با کلاس حرارتی T5 حداکثر دمای سطح تجهیزات برقی نباید بیشتر از 100 درجه سانتی گراد باشد در غیر این صورت امکان اشتعال وجود دارد.

به عبارت دیگر هرچقدر کلاس حرارتی مواد قابل اشتعال بالاتر باشد آنگاه درجه اشتعال آنها پایینتر است و در نتیجه تجهیزاتی که برای این مناطق انتخاب می‌شود باید طوری طراحی شود که در بدترین شرایط، حداکثر دمای اشتعال محیط پیرامون کمتر باشد و در هیچ شرایطی دمای بدنه تجهیزات از دمای مربوطه بالاتر نرود.

انواع حفاظت‌های تجهیزات الکتریکی در محیط‌های خطرناک

هر کلاس حفاظتی دارای یک سری ویژگی‌های منحصر به فرد است که برای نواحی مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد که از اشتعال و انفجار مواد خطرناک جلوگیری کند به واسطه‌ی هر حفاظت و با توجه به الزامات اجرایی در آن یکسری از تجهیزات اجازه‌ی حضور در ناحیه‌ی مورد نظر را خواهند داشت در جدول زیر هر حفاظت توضیح داده شده و تجهیزات قابل استفاده‌ی الکتریکی در آن بیان گردیده است.



جدول 4-3: انواع حفاظت و کاربرد آن

نوع حفاظت	توضیح	کاربرد
'd'	محفظه خد آتش محفظه‌ای که انفجار داخلی گاز یا بخار قابل اشتعال را در خود تحمل می‌کند بدون اینکه آسیب ببیند و یا شعله داخلی را به فضای قابل انفجار خارج محفظه منتقل کند.	مناسب برای موتورها، ترانسفورماتورها، تجهیزات و سیستم‌های کنترلی، جعبه تقسیم و تجهیزات قدرت، تجهیزات روشنایی شدت بالا، تجهیزات گرمایی
'i'	ذاتا ایمن انرژی الکتریکی تجهیز به پایین تر از سطحی که بتواند باعث اشتعال فضای قابل انفجار گردد محدود شده است. 'ia': ایمن تا وقوع دو خطأ در سیستم و تحت هر شرایطی 'ib': ایمن تا وقوع یک خطأ در سیستم و تحت شرایط کار عادی	مناسب برای تجهیزات ابزار دقیق و کنترل فرایند (انرژی پایین)
'p'	تحت فشار استفاده از فشار یک گاز حفاظتی برای جلوگیری از ورود گاز و مواد قابل انفجار به داخل فضایی که ممکن است دارای منبع جرقه یا قوس باشد. همچنین استفاده از سیستم تهویه هوا به منظور خروج گازهای ورودی احتمالی	مناسب برای تابلوها موتورها اتاق کنترل آنالایزرها
'e'	ایمنی مضاعف بکارگیری تجهیزات اضافی برای افزایش امنیت در برابر احتمال ایجاد درجه حرارت‌های بیش از حد وقوع جرقه و قوس (هیچ جرقه یا افزایش دمای غیر مجاز تولید نشود)	مناسب برای تجهیزات غیر جرقه زن در طول کارکرد عادی مثل ترمینال‌ها، اتصالات، موتورهای القایی، جعبه تقسیم، تجهیزات روشنایی
'n'	حفظت نوع n عملکرد طبیعی تجهیزات، قادر به مشتعل کردن محیط قابل انفجار پیرامون نبوده و وقوع عیب و خطایی که قادر به مشتعل سازی محیط باشد نیز محتمل نمی‌باشد.	برای تجهیزات با انرژی محدود و بدون جرقه و قوس الکتریکی و تجهیزات ابزار دقیق (فقط ناحیه 2)



نوع حفاظت	توضیح	کاربرد
's'	حفظاًت مخصوص برای آن نوع از تجهیزات الکتریکی که می‌توان نشان داد (به وسیله‌ی آزمایشات) که عملاً برای استفاده در محیط‌های خطرناک مناسب می‌باشد	باری تجهیزاتی که اینمی آنها اثبات شده اما نه مطابق با یک روش استاندارد شده (آشکارساز گازها، لامپ‌های روشنایی قابل حمل)
'o'	غوطه‌ور در روغن تجهیزات الکتریکی که با غوطه‌ور شدن در مایع حفظاًتی (روغن معدنی)	مناسب برای ترانس‌ها و جاهایی که اجزا متحرک وجود دارد. تجهیزات کنترلی سیگنال و ارتباطات، رئوستاها
'q'	پر شده از پودر ماسه جایی که محفظه با دانه‌های ریز پودری شکل مثل کوارتز و یا ماسه پر شده باشد به نحوی که هیچ قوسی قادر به آتش سوزی و احتراق محیط قابل اشتعال نشود.	مناسب برای جاهایی که اجزا غیر متحرک دارند. تجهیزات سیگنالیگ و مخابرات محوطه
'm'	کپسولی تجهیزاتی که قابلیت تولید جرقه را دارند بوسیله یک محیط کپسولی شکل به نحوی در برگرفته شده است که به هیچ طریقی قادر به مشتعل و منفجر کردن اتمسفر قابل انفجار پیرامون نباشد.	مناسب برای شیرهای سلونوئید و مدارات و سیم پیچی‌های کوچک
'v'	تهویه حفظاًت با جابجایی و تهویه هوا	مناسب برای اتاق تابلوهای برق نزدیک به مناطق خطرناک و آزمایشگاهها

گروه‌های مواد قابل اشتعال

گروه‌بندی مواد قابل اشتعال با میزان خطر مشابه می‌باشد. عموماً مواد به گروه‌های مختلف A,B,C,D,E,F,G مطابق استاندارد NFPA تقسیم می‌شوند. [7]

گروه A : استیلن‌ها

گروه B : بوتادین، اکسید اتیلن، اکسید پروپیلن، اکرولین و هیدروژن

گروه C : سیکلوبروپان، اتیلن اتر، اتیلن و سولفید هیدروژن

گروه D : استن، الکل، آمونیاک، بنزین، بوتان، گازوئیل، متان، گاز طبیعی و پروپان

گروه E : ذرات فلزی قابل احتراق و یا ذراتی که دارای مقاومت مخصوص بالاتر از 102 اهم-سانتیمتر باشند مثل منیزیم آلمینیوم برنز و.....



گروه F : ذرات کربن، ژغال چوب، ژغال سنگ، ژغال کوک و غیره

گروه G : ذرات آرد، نشاسته، شکر و قند نرم شده، کاکائو، پودرهای لبنی و.....

انتخاب تجهیزات الکتریکی برای مناطق خطرناک

معیارهای اصلی در انتخاب تجهیزات الکتریکی برای نصب و استفاده در مناطق خطرناک عبارتند از:

➤ نوع گروه گازی

➤ نوع کلاس حرارتی

➤ نوع ناحیه بندی

باد و جریانات هوا شکل مناطق خطرناک را تغییر می‌دهند. باد ملایم می‌تواند وسعت ناحیه‌ی خطرناک را زیاد کند و باد شدید نیز غلظت میغانات گازی را رقیق می‌نماید بطوریکه می‌تواند آنرا بی خطر سازد. دمای محیط نیز باعث گرم و رقیق شدن گاز می‌شود اما آنچه مطلقاً در نظر گرفته می‌شود بدترین و نامطلوبترین شرایط می‌باشد زیرا ویژگی های جوی ثبات دائمی ندارند.

برای تعیین مناطق خطرناک باید توجه داشت که در غیاب دیوارها، محفظه‌ها و جریانات هوا پراکندگی بخارات گازها بستگی به چگالی و سرعت آنها دارد. بخارها و گازهای سنگین‌تر از هوا به سمت پایین و بیرون و گازهای سبکتر از هوا به سمت بالا و بیرون منتشر می‌شوند. منطقه‌ی خطرناک برای یک منبع تنها به صورت دایره‌ای است. در مورد خطوط لوله نفت و گاز ناحیه‌ی 2 باید 4 متر از هر طرف نشستی در نظر گرفته شود. چاله‌ها بعنوان ناحیه‌ی یک در نظر گرفته می‌شوند. [6]

جدول 3-5: انتخاب صحیح تجهیزات الکتریکی برای مناطق خطرناک

حفظات مناسب برای نواحی خطرناک			نوع تجهیز
ناحیه‌ی دو	ناحیه‌ی یک	ناحیه صفر	
'p', 'd', 'e', 'n'	'p', 'd'	-	موتورهای الکتریکی
'p', 'd'	'd'	-	ترانسفورماتور
'p', 'd'	'd'	-	خازن‌های قدرت
'ia', 'ib'	'ia', 'ib'	-	ترانس‌های اندازه گیری
'd', 'e', 'n'	'd'	-	تجهیزات روشنایی
'd', 'o'	'd'	-	سوئیچگیرها
'ia', 'ib'	'ia', 'ib'	-	لامپ روشنایی قابل حمل
'd', 'o'	'd'	-	تالیلو کنترل
'i'	'ia', 'ib'	'ia', 'ib'	تجهیزات الکترونیکی و اندازه گیری



الکتریسیته ساکن

با آزاد شدن الکترون‌ها از اتم‌ها الکتریسیته بوجود می‌آید. اگر راهی برای انتقال الکترون‌های آزاد شده از اتم موجود در یک جسم وجود نداشته باشد الکترون‌های آزاد در همان جسم باقی خواهند ماند. این نوع بار الکتریکی را الکتریسیته ساکن می‌گویند. زیرا بارهای الکتریکی در حال سکون در آن جسم باقی می‌مانند. وقتی دو سطح ضمن تماس، نسبت به یکدیگر حرکت کنند، معمولاً موجب ایجاد بار الکتریکی ساکن می‌شوند. در سال 1969 دو نفتکش 200000 تنی دچار آتش سوزی شد و تمام توجه‌ها را برای یافتن علت به خود جلب کرد پس از مطالعات فراوان دانشمندان متوجه شدن که سایش آب اقیانوس به سطح خارجی کشتی باعث ایجاد الکترون در مخزن شده و باعث انفجار گردیده است.^[8] این پدیده طی فرآیندهای صنایع شیمیایی به ویژه وقتی که ذرات گرد هنگام جابجایی با یکدیگر برخورد می‌کنند یا وقتی مایعات نسبت به سطح جدارهای لوله حرکت می‌کنند، ظاهر می‌شود. بار الکتریکی به وجود آمده می‌تواند انرژی کافی برای شروع یک انفجار را آزاد نماید.

چگونگی ایجاد الکتریسیته ساکن

کلیه اجسام می‌توانند به روش‌های زیر دارای الکتریسیته ساکن شوند ۱- در اثر تماس یا قطع تماس با یکدیگر ۲- در اثر وارد آمدن فشار یا اعمال کشش به آنها ۳- در اثر گرم یا سرد شدن ۴- در اثر خرد شدن ۵- در اثر تبخیر شدن ۶- در اثر سایش و اصطکاک ۷- در اثر القا^[8]

خطر اصلی ناشی از جمع شدن الکتریسیته ساکن، امکان ایجاد جرقه‌ای باردار در حین تخلیه کنترل نشده در فضای قابل اشتعال است. بنابراین برای این که الکتریسیته ساکن موجب اشتعال و انفجار مواد قابل اشتعال شود، باید سه شرط زیر به صورت همزمان وجود داشته باشند:

- ۱- عاملی که موجب ایجاد الکتریسیته ساکن شود
- ۲- تجمع جرقه‌های ساکن
- ۳- تماس جرقه‌ها با مواد قابل اشتعال

جلوگیری از تولید الکتریسیته ساکن دشوار و یا غیرممکن است اما کنترل خطرات آن تنها با جلوگیری از تجمع و کنترل آنها امکان پذیر است.

روش‌های کنترل الکتریسیته ساکن

هدف از اکثر روش‌های کنترل الکتریسیته ساکن، جلوگیری از ذخیره شدن یا تجمع بارهای الکتریکی به وسیله ایجاد مسیری است که قبل از اینکه اختلاف پتانسیل لازم برای تولید جرقه ایجاد شود، موجب پیوستن یا ترکیب مجدد بارهای جدا شده گردد.

به منظور پیشگیری از بروز خطرات ناشی از تجمع و تخلیه الکتریسیته ساکن با توجه به ماهیت کار، روش‌های متفاوتی ارائه شده است که در بخش زیر به تعدادی از آنها اشاره می‌شود.



مرطوب نگه داشتن هوای محیط

بارهای الکتریکی ساکن بر روی اجسام خشک بیشتر از مرطوب جمع می‌شود، مرطوب سازی روشی برای کاهش تجمع بارهای الکتریکی روی اجسام می‌باشد مولکول آب دارای قطب مثبت و منفی است و همین دو قطبی بودن باعث می‌شود که توانایی تخلیه‌ی بارهای ساکن را داشته باشد و اجسام را به حالت خنثی برگرداند مقدار مطلوب رطوبت در محیط‌های مستعد ایجاد الکتریسیته‌ی ساکن بین 60٪ تا 70٪ است در این حالت ذرات یا لایه‌ای بسیار ظرفی از آب که به قدر کافی هادی الکتریسیته می‌باشد در سطح اجسامی که رطوبت را به خود جذب می‌کند تشکیل شده و مقاومت‌های دی‌الکتریک هوا را کاهش می‌دهد. در بکارگیری این روش لازم است که درجه رطوبت هوا دائماً کنترل شود.

مواد آنتی استاتیک

آنتی استاتیک‌ها موادی هستند که از طریق پایین آوردن مقاومت موجود در سطح یا کل ماده و همچنین بالا بردن هدایت پذیری، از ایجاد بار الکتریکی ساکن در موادی از قبیل پلیمرها جلوگیری به عمل می‌آورند. آنتی استاتیک‌ها مواد شیمیایی هستند که از ایجاد الکتریسیته ساکن روی مواد و سطوح آن‌ها جلوگیری می‌کنند. الکتریسیته ساکن یا همان بار استاتیک می‌تواند به فرآیند تولید با کیفیت مواد، ضربه وارد کند.

این مواد دارای دو بخش آب دوست و آب گریز هستند که قسمت آب دوست آن با رطوبت هوا و اکنش می‌دهد و مولکول‌های آب را به هم متصل می‌کند؛ در حالی که قسمت آب گریز آن با سطح ماده برهم کنش دارند. مواد آنتی استاتیک می‌توانند خارجی یا داخلی باشند. با اجزای خارجی آنتی استاتیکی، ماده مورد نظر به وسیله اسپری کردن یا از طریق غوطه‌وری پوشانده می‌شود. در حالی که اجزای داخلی آنتی استاتیک در درون ساختمان ماده قرار می‌گیرند و سپس به سطح منتقل می‌شوند. گزارش چند مورد آتش سوزی و انفجار در تانکرهای حامل گازوئیل حاوی گوگرد پایین در قاره اروپا، با وجود داشتن زنجیره اتصال به زمین، اهمیت پرداختن به این موضوع را آشکار کرده است.

آنتی استاتیک‌ها اغلب می‌توانند نیازهای کوتاه مدت را مرفوع نمایند و از آنجاییکه صنایع برای جلوگیری از ایجاد مشکلات کیفیتی یا ایجاد حرقه و آتش سوزی به مصونیت بلند مدت نیاز دارند به همین خاطر از افزودنی‌های رسانا مانند کربن سیاه، الیاف رسانا و نانو مواد به عنوان عوامل ضد الکتریسیته دائمی استفاده می‌شود.

همبندی و اتصال به زمین الکتروستاتیکی

همبندی یعنی هم پتانسیل کردن و اجسامی که همبند می‌شوند هیچ اختلاف پتانسیلی بین آنها وجود ندارد و حرقه ایجاد نمی‌کنند. در حقیقت همبندی باعث کاهش خطر برق گرفتگی و حرقه می‌شود در هنگام شارش بار الکتریکی، بارها مسیری را انتخاب می‌کنند که مقاومت کمتری داشته باشند. در هنگام برق گرفتگی نیز بارهای الکتریکی از این قانون تبعیت می‌کنند و ترجیح می‌دهند برای ادامه شارش از مسیری حرکت کنند که مقاومت کمتری داشته باشد بنابراین در سیستم همبندی در هر نقطه‌ای همواره باید مقاومت سیستم همبند شده کمتر از مقاومت بدن انسان باشد که بار، مسیر عبوری از بدن انسان را انتخاب نکند سیم زمین به بدن دستگاه‌ها وصل می‌شود که این اتصال بوسیله جوش دادن با قلع با جوش برق یا سفت کردن با پیچ عملی می‌گردد. لازم است مقاومت



الکتریکی کل سیستم در موقع نصب اندازه‌گیری شده و بطور متناسب مورد کنترل قرار گیرد تا اطمینان حاصل شود که اثر بخشی آن در اثر خوردگی، خرابی مکانیکی یا باز شدن اتصالات سیم زمین از بین نرفته باشد. کلیه اجزا هادی تأسیسات که ممکن است در اثر وضع ساختمان و حمل و نقل مستقیماً یا در اثر القاء برقدار شود باید به زمین ارتباط داشته باشد مگر اینکه این اجزاء به بدن اصلی دستگاه مرتبط باشد (مانند ارتباط با مخازن یا کانال‌ها و لوله کشی زیرزمینی)

در محل‌هایی که ممکن است در معرض خطر اشتعال یا انفجار قرار گیرند باید از کفهای هادی استفاده کرد. همچنین لازم است که دستگاه‌های متحرک را که هادی هستند (مانند میزها و برانکاردهای از جنس هادی) و ممکن است ایجاد الکتریسیته ساکن نمایند (بوسیله غلتک‌ها با چرخ‌های هادی مجهز به روکش پلاستیکی هادی) به زمین ارتباط الکتریکی داد.

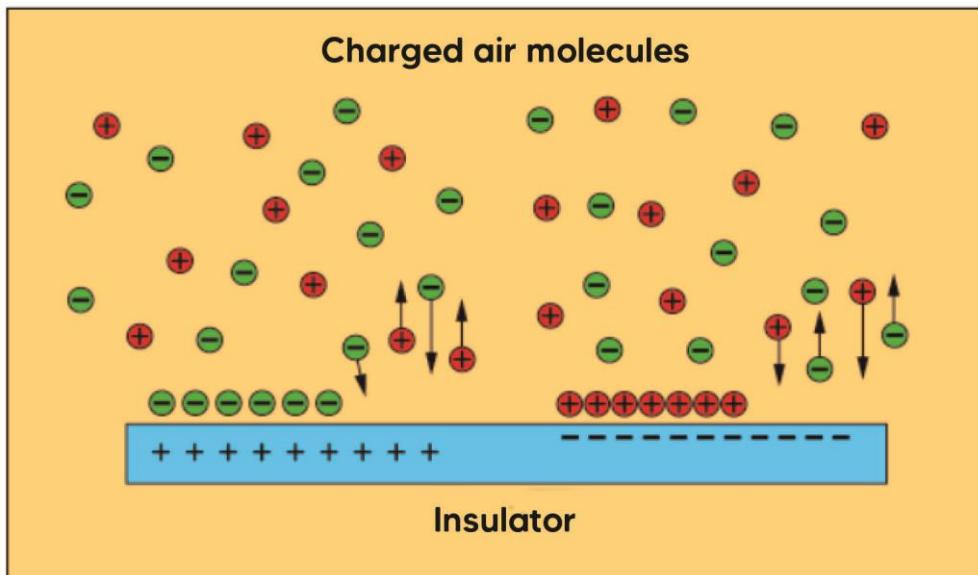
یونیزاسیون یا تجزیه محیط اطراف

به تفکیک و جداسازی یون‌های مثبت و منفی در یک محیط، یونیزاسیون گفته می‌شود. در هوای اطراف ما به طور معمول بین 3000-2000 یون در سانتی‌متر مکعب وجود دارد، این یون‌های مختلف ناشی از گرد و غبار، رطوبت‌ها، بوها و آلرژی‌ها وجود دارند. یونیزاسیون هوای اطراف یک جسم باردار موجب ایجاد مسیر هادی برای تخلیه بار الکتریکی می‌شود. روش‌هایی که چنین یونیزاسیونی را به وجود می‌آورند. عبارتند از جاروک (فلز گرد دندانه دار)، خنثی‌کننده‌های الکتریکی (عبور‌ها از میدان الکتریکی)، مواد رادیواکتیو و... هنگام استفاده از چنین محدود‌کننده‌هایی در نظر گرفتن شرایط محیطی نظیر بخار و گرد و غبار قابل اشتعال، درجه حرارت و غیره و محل قرار گرفتن دستگاه‌ها، قطعات ماشین‌آلات و کارکنان حائز اهمیت است.

روش‌های یونیزاسیون هوا:

الف- هدایت هوا و خنثی سازی آن

در این روش هوای یونی را از یک میدان الکتریکی عبور می‌دهند. از آنجایی که در این میدان دو قطب مثبت و منفی وجود دارد یون‌های هوا با عبور از این محدوده به قطب‌های ناهم در صفحات میدان چسبیده و هوای خنثی شده را به محیط بر می‌گردانند.

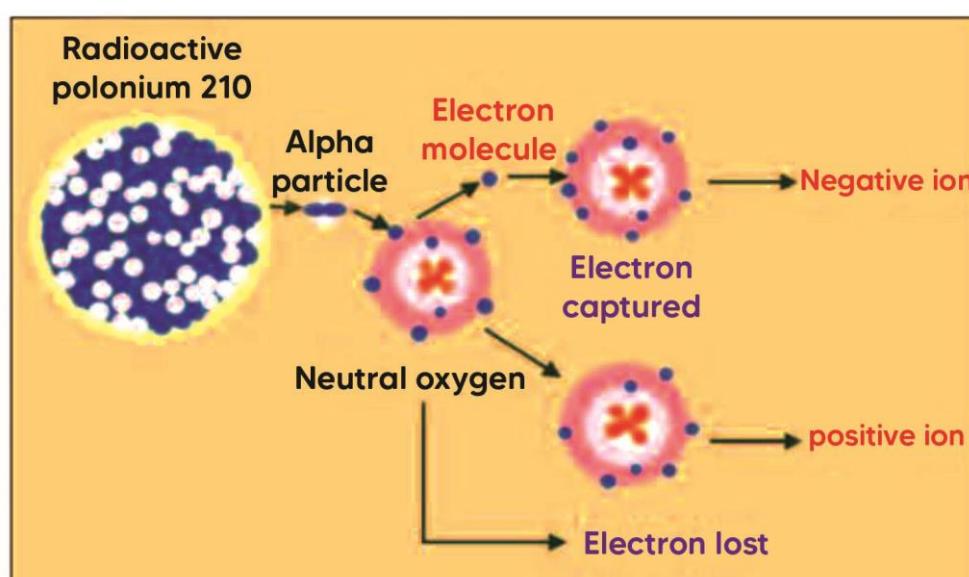


شکل 3-2: یونیزاسیون هوا با عبور از میدان الکتریکی

در این روش ملکول‌های دو قطبی پس از جذب توسط یک ناحیه از هم شکافته شده و قطب مخالف آن به محیط برمی‌گردد و در حقیقت در کاهش یونیزاسیون هوا اثر سریع نخواهد داشت و تنها برای یون‌های تک قطبی به خوبی عمل می‌کند. [9]

ب- یونیزاسیون آلفا

در این روش با اضافه کردن الکترون‌ها و یا حذف آنها در محیط، هوا یونیزه می‌شود. در این روش با اضافه کردن پولوتونیم 210 که یک منبع هسته‌ای تولید کننده‌ی تابش آلفا است برخورد ذره‌ی آلفا به ذرات موجود در هوا باعث شده که یک الکترون از اتم جدا شده و اتم داری بار مثبت شود و همچنین الکترون جدا شده بلافاصله جذب اتم دیگر شده و بار آن را منفی می‌کند و در حقیقت یک بار منفی و یک بار مثبت در هوا ایجاد می‌شود. تابش آلفا باعث می‌شود که همواره تعادل بارهای مثبت و منفی در هوا حفظ شود و اختلاف پتانسیل صفر را تولید می‌کند. [9]



شکل 3-3: تابش اشعه‌ی آلفا



ج- یونیزاسیون کرونا

این روش به کمک ولتاژ بالا برای به حرکت درآوردن سریع الکترون‌ها و یونیزاسیون آنها استفاده می‌شود. اثرات رادیوакتیو موجود در هوا و زمین باعث می‌شود که همواره تعدادی الکترون آزاد در هوا یافت شود. با اعمال یک ولتاژ قوی، یک میدان قوی ایجاد شده که قطب مثبت میدان باعث حرکت سریع الکترون‌ها به سمت صفحه‌ی مثبت می‌شود. این الکترون‌ها در مسیر خود با مولکول‌های هوا برخورد داشته و هر کدام یک الکترون از دست داده و رشته‌های مولکولی با بار مثبت را ایجاد می‌کنند این رشته‌ی مثبت در مناطقی که به آنها نیاز است جهت یونیزه شدن مورد استفاده قرار می‌گیرد. به طور مشابه از صفحه‌ی منفی، الکترون جدا شده و در مسیر به مولکول‌های گاز برخورد کرده و توسط آنها جذب می‌شوند. ایزوله به روش کرونا به طور معمول نمی‌تواند بالانس یونی که در روش ایزوله‌ی آلفا وجود داشت را انجام دهد از این رو باید نرخ تولید یون‌های مثبت و منفی همواره در نظر گرفته شود تا ولتاژی در هوا محيط ایجاد نشود.[9]

د- یونیزاسیون به وسیله‌ی جاروک

علاوه بر موارد بالا اگر جاروبک زمین شده‌ای را به یک جسم باردار ایزوله نزدیک کنیم، یونیزاسیون هوا در آن نقطه موجب افزایش قابلیت هدایت و تخلیه سریع بار به زمین می‌شود. از این روش برای تخلیه بار الکتریکی در تسممه‌های انتقال نیرو (تسممه نقاله)، پارچه، کاغذ و غیره استفاده می‌گردد. خنثی کننده الکتریکی، سیمی است که برای تخلیه بارهای الکتریکی ساکن از موادی نظیر پنبه، پشم، ابریشم یا کاغذ در فرآیند تولید یا چاپ استفاده می‌شود. از خنثی کننده الکتریکی نباید در محلهایی که ممکن است بخارات، گازها و گرد و غبارهای قابل اشتعال وجود داشته باشد، استفاده کرد.[9]

منابع تولید الکتریسیته ساکن در صنایع

عوامل متعددی در صنایع برای ایجاد الکتریسیته ساکن نقش دارند که معمول ترین آنها عبارتند از:

- 1- استفاده از تسممه‌های انتقال نیرو و مکانیزم‌های مشابه، به طوری که مواد نارسانا بر روی یا در بین قرقره‌ها یا غلتک‌ها حرکت می‌کنند.
- 2- جاری شدن مایعات از لوله‌ها یا کانال‌ها یا روزنه‌ها به داخل تانک‌ها یا مخازن مانند ریختن مایعات قابل اشتعال به داخل ظروف، تانک‌ها و مخازن بار، پر یا تخلیه کردن تانک‌ها، عمل مخلوط یا صاف کردن
- 3- تولید و حرکت توده‌های گرد و غبار مانند مخلوط کردن، به هم زدن و پر کردن پودرها یا گرددها، در چوب بری‌ها گرد و غبار خاک ارّه
- 4- جریان گاز از روزنه‌ها
- 5- استفاده از الستیک وسایل نقلیه
- 6- جمع شدن بارهای الکتریکی بر روی بدن انسان
- 7- ته نشین شدن مواد غیر قابل ترکیب در مخازن



۸- عملیات تصفیه در برخی از مایعات

۹- خارج شدن گاز از مایع

۱۰- آسیاب مواد [۸]

تسمه ماشین آلات انتقال (تسمه نقاله)

برخی از ماشین آلات انتقال نیرو، الکتریسیته ساکن ایجاد می‌کنند اگر از چنین ماشینی در محیطی استفاده شود که محل انبار کردن مواد شیمیایی و گرد و غبارهای قابل اشتعال باشد، کنترل تجمع الکتریسیته ساکن ضرورت دارد. بر اثر تماس یا قطع تماس (یا جدا شدن) تسمه‌های گردان با قرقه‌ها الکتریسیته ساکن تولید می‌شود. بهترین روش برای جلوگیری از تجمع الکتریسیته ساکن، استفاده از مواد هادی برای تسمه است که به محض تشکیل، باعث تخلیه بار الکتریکی می‌شود. تسمه‌های هادی ممکن است دارای سیم‌های داخلی یا مواد هادی افزودنی مانند کربن باشند. همچنین استفاده از مواد آنتی الکتریسیته به تسمه‌های نارسانا در دوره‌های زمانی مختلف، روش دیگری برای کنترل خطر الکتریسیته ساکن است. یک فلز زمین شده به نام جاروک با نقاط تیز در قسمت داخلی تسمه و نزدیک به آن قرار داده شده که برای تخلیه الکتریسیته ساکن ذخیره شده در تسمه بسیار موثر است. محور یا شافت نیز معمولاً به وسیله جاروک‌های کربنی یا مسی زمین شده است.

جمع شدن بارهای ساکن بر روی بدن انسان

شخص و لباس‌هاییش قابلیت تجمع بارهای الکتریکی تا چندهزار ولت را دارند. الکتریسیته ساکن بر روی بدن انسان معمولاً به وسیله تماس کفش‌ها با زمین در مجاورت دستگاه‌هایی که الکتریسیته ساکن تولید می‌کنند ایجاد می‌شود. اگر کفش‌ها و لباس فرد به اندازه کافی مرتکب باشد، به محض تولید بارهای الکتریکی ساکن باعث تخلیه آن‌ها می‌شود. بنابراین در محل‌هایی که گازها و گرد و غبارهای قابل اشتعال وجود دارد، استفاده از کف‌های (زمین‌های) هادی، صفحه زمین شده و کف‌های هادی ضروری است. اگر شخصی کفش‌هایی با کف عایق (مانند لاستیک) داشته باشد، در اثر حرکت بر روی زمین، ساییده شدن لباس‌ها بر روی یکدیگر، اصطکاک لباس یا زیرپوش با بدن شخص در اثر القاء بدن وی دارای بار الکتریسیته ساکن می‌شود. بنابراین باید از کف‌های پلاستیکی استفاده کرد و از پوشیدن لباس‌ها و زیرپوش‌های نایلونی خودداری نمود. [۸]

حمل دستی مایعات قابل اشتعال

همه مایعات در حال حرکت توانایی تولید الکتریسیته ساکن دارند. در شرایطی معین مایعات نارسانا (هیدروکربن‌ها) ممکن است به هنگام عبور از لوله‌ها، مخلوط شدن، پمپ شدن، عبور از صافی، تکان خوردن و از ظرفی به ظرف دیگر ریختن، بارهای الکتریکی ساکن بسیار زیادی را ذخیره کنند. لذا بایستی غیر از همبندی و اتصال زمین، روش‌های پیش گیرنده دیگری (اضافه کردن آنتی استاتیک‌ها) را اتخاذ کرد تا حفاظت لازم در مقابل این خطرات ایجاد شود.



تانک‌ها و ظروف ذخیره

در تانک‌ها و ظروف ذخیره رعایت یکسری مطالب دارای اهمیت ویژه‌ای هستند که از تولید الکتریسیته ساکن و همچنین انفجار و اشتعال جلوگیری کرد، از جمله این موارد می‌توان به ملاحظات زیر اشاره کرد:

1- لوله ورودی مایع به طور افقی به کف تانک (مخزن) نزدیک شود تا از نشت و در نتیجه ایجاد الکتریسیته ساکن جلوگیری گردد 2- از پر کردن به صورت مقادیر کم و کوتاه مدت باید جلوگیری شود، زیرا شکسته شدن مایع به قطرات باعث تولید الکتریسیته ساکن می‌گردد. در حالی که لوله ورودی به خوبی در مایع فرو رفته، برای وارد یا خارج کردن مایع با سرعت بسیار کم (تقریباً 3 فوت در ثانیه) شروع شود 3- باید ناخالصی‌ها (یا آلودگی‌ها) آب یا دیگر مواد مخلوط نشدنی را از هیدروکربن‌ها یا مایعات مشابه دور نگه داشت. تصفیه آب از درون روغن یا دیگر هیدروکربن‌ها باعث ایجاد الکتریسیته ساکن می‌شود 4- از پمپ کردن مقدار قابل توجهی هوا یا دیگر گازها به داخل تانک یا مخزنی که دارای فضایی از بخار است باید اجتناب شود، زیرا حباب‌های گاز درون مایع قابل اشتعال در تانک ممکن است باز الکتریکی ایجاد کنند 5- باید ابتدا هر ماده شناور در سطح مایع را قبل از پر کردن برطرف کرد تا از جرقه زدن بین سطح مایع و جسم شناور جلوگیری شود 6- پس از پمپ کردن مایع در داخل مخزن، تا زمانی که سطح متلاطم مایع آرام نشده باید از اندازه‌گیری یا نمونه‌گیری مایع خودداری شود. 7- بارهای الکتریکی ساکن در سطح مایع را نمی‌توان از طریق همبندی و اتصال زمین از بین برد، اما می‌توان به طور ایمن تنها به وسیله خنثی کردن فضای بخار الکترون‌ها را خنثی کرد 8- تمیز کردن یا آزاد کردن گاز از تانک‌ها یا ظروف به وسیله بخار یا آب، در صورتی که فواره یا نازل لوله‌های بخار یا آب به طور موثر به تانک اتصال زمین نشده یا همبندی نشده است، می‌تواند خطرناک باشد.

پر کردن بشکه‌ها یا مخازن

همبندی و اتصال زمین دقیق ظروف و خطوط لوله و جلوگیری از متلاطم شدن فوق العاده مایعات، بهترین روش برای جلوگیری از ایجاد بارهای الکتریکی است. باید توجه داشت که بشکه‌ها و مخازن به وسیله‌ی لوله‌های ورودی و خروجی پر و یا تخلیه شوند زیرا وجود این لوله‌ها باعث عدم پاشش مایعات قابل اشتعال و در نتیجه کاهش تولید الکتریسیته‌ی ساکن می‌شود.

روش‌های حفاظت در برابر برق گرفتگی

وسایل ایمنی

قبل از صحبت در مورد وسایل ایمنی لازم است شرایط و ضوابط کار در محیط‌های مختلف را بدانیم از این رو با بیان چند نکته به این شرایط می‌پردازیم.

قبل از شروع به کار، کلیه جواهرات و اشیاء فلزی با لباس‌های اضافی را باید از بدن دور کرد. این موارد در صورتی که پوشیده شوند و نزدیک به جریان‌های زیاد قرار گیرند می‌توانند سبب سوختگی شده و در زمان انجام کار به جایی



گیر کنند. موها به طریقی باید پوشانده شوند که با کار با اینمی تداخل نکنند. موهای باز و بلند می‌تواند باعث برق گرفتگی شوند.

به خاطر داشته باشید که هر خطری در شرایط مرتبط و خیس خطرناک‌تر خواهد شد. برای اینکه در شرایط اینم باشید، فرض کنید که در هر موقعیت کاری رطوبت وجود دارد حتی عرق می‌تواند شرایط مرتبطی ایجاد کند. در نواحی خیس یا مرتبط نباید بر روی مدار کار کرد یا از تجهیزات الکتریکی استفاده کرد. در صورت ضرورت، منطقه را از وجود مدار اضافی یا اشیاء آویزان، پاک و سطح خیس را با تخته‌های چوبی باید پوشاند که بتواند منطقه را خشک نگه دارد.

کارگران و تکنسین‌های مربوط به خطوط جریان هوایی باید توجه داشته باشند که با سیم‌های لخت دیگر، تماس پیدا نکنند. بیش از نیمی از مرگ‌های ناشی از جریان برق به علت تماس با خطوط هوایی است. وقتی در نقاط مرتفع نزدیک به خطوط هوایی کار انجام می‌شود، از قرارگیری در موقعیت‌هایی که سبب می‌شود فرد با خط بدون محافظ یا بدون عایق تماس پیدا کند، باید خودداری کرد. بطور کلی، حداقل فاصله از خطوط انتقال ولتاژ بالا 3 متر است.

لباس کار

لباس کار به عنوان یکی از لوازم حفاظتی فردی در همه‌ی مشاغل از جمله فعالیت‌های برقی مطرح است و کلیه کارکنان باید با لباس مناسب با نوع کار در محل فعالیت شغلی خود حاضر شوند. معمولاً لباس کار به عنوان یک پوشش سراسری، تن، دست و پاها را در مقابل عوارض محیطی حفاظت می‌کند. در محیط عملیاتی دو نوع البسه مورد استفاده قرار می‌گیرد نوع اول پوشش‌هایی هستند که به طور مستقیم وظیفه‌ی حفاظت در برابر قوس الکتریکی را به عهده دارند، نوع دیگر البسه عادی کار می‌باشد که آنها هم در کارهای مرتبط با برق باید دارای مشخصات ویژه‌ای باشند.

جنس لباس کار در شرایط وجود قوس

جنس البسه در این شرایط باید از نوع مقاوم در برابر شعله باشد. این البسه به همراه سایر پوشش‌های مقاوم در برابر تجهیزات حفاظت فردی مورد استفاده قرار می‌گیرند. البسه یا یونیفرم‌های مقاوم در برابر شعله و حرارت باید برای تمام کارگرانی که به طور طبیعی در معرض خطرات قوس قرار دارند تهیه و بر استفاده از آنها نظارت شود و این شامل ولتاژهای در حد 480 ولت و بالاتر می‌شود. البسه مقاوم در برابر تجهیزات حفاظت فردی در انواع دو تکه و سراسری یا پوشش کامل بدن تهیه می‌گردد. انتخاب هرکدام از انواع لباس به نوع و میزان مواجهه با خطر بستگی دارد در صنعت برق، برای لباس کار از دکمه و زیپ فلزی نباید استفاده شود. همچنین لباس برقکاران باید از پارچه ضخیم، سبک و نخی تهیه شود. دلیل استفاده از لباس‌های نخی برای لباس کار این است که هنگام ایجاد قوس الکتریکی سرعت سوختن پارچه‌های نخی از الیاف مصنوعی خیلی کمتر بوده و حرارت تولیدی آنها پایین خواهد بود. پارچه‌های نخی هنگام سوختن به بدن نمی‌چسبند. این لباس باید از حداقل تغییر رنگ در برابر عوامل مختلف طبیعی، مکانیکی و شیمیایی برخوردار باشد.



روش‌های نگهداری و محافظت از البسه مقاوم در برابر شعله

این البسه به لحاظ اهمیتی که در اینمی افراد دارند باید همواره در شرایط ویژه‌ای از لحاظ نگهداری قرار داشته باشند. برخی از ضوابط نگهداری این تجهیزات عبارتند از:

- از آغشتنگی یا آلودگی این البسه به مواد روغنی و گریس یا تمیز کردن آن‌ها با مواد قابل اشتعال خودداری شود.
- شستشو بر اساس توصیه سازنده که معمولاً با آب گرم و مواد شوینده است رعایت گردد.
- از شستن این البسه به همراه سایر البسه با جنس متفاوت خودداری شود.
- استفاده از انواع مواد سفیدکننده در شستن این البسه ممنوع است.
- قبل از هریار استفاده از این لباس‌ها به دقت مورد بررسی قرار گرفته و لباس‌های آلوده یا دارای مشکل برای انجام اقدامات لازم کنار گذاشته شوند.

کلاه ایمنی

فعالیت‌های عملیاتی برق دارای تنوع بالایی هستند این فعالیت‌ها را می‌توان در دسته‌های زیر تقسیم بندی نمود:

- ✓ کار در ارتفاع بالا با احتمال برخورد سر کارگران با شبکه‌ها و تجهیزات برقدار
- ✓ کار در ارتفاع بالا بدون احتمال برخورد سر کارگران با شبکه‌ها و تجهیزات برقدار
- ✓ فعالیت در سطح زمین در کارهایی نظیر کابل‌کشی و تعمیرات تجهیزات شبکه
- ✓ فعالیت در درون کانال‌های کابل و دریچه‌های آدم رو
- ✓ کار در داخل پست‌های برق یا تاسیسات برقدار مانند پست‌های انتقال

هر کدام از این شرایط، استفاده از انواع خاصی از تجهیزات حفاظتی بخصوص حفاظت سر را ایجاب می‌نماید که باید بر اساس ارتباط مستقیم با نوع ریسک‌های محاسبه شده طی یک برنامه ارزیابی ریسک عملی گردد. یکی از کاربردهای خوب ارزیابی این است که با استفاده از آن می‌توان از صرف هزینه‌های بی مورد در تهیه تجهیزات حفاظتی غیرضروری پیشگیری نمود. به عنوان مثال قیمت کلاه‌های ایمنی عایق در برابر جریان الکتریکی نسبت به کلاه‌های عادی اختلاف قابل ملاحظه‌ای دارد در صورتی که استفاده از آنها فقط برای گروه‌های عملیاتی خط گرم ضرورت دارد. کلاه ایمنی مورد استفاده در این فرایندها را می‌توان در دو دسته عایقی و غیرعایقی تقسیم بندی نمود. استاندارد ASNI Z89.1 کلاه‌های ایمنی از نظر جنس و کاربرد را به دسته‌های مختلفی تقسیم نموده است که دو نوع E و G برای استفاده در گروه‌های کاری که در معرض خطر با خطوط برقدار هستند معرفی شده‌اند [10].

کلاس E: ویژه حفاظت در ولتاژ‌های بالا: این نوع کلاه برای حفاظت در برابر ولتاژ 20 کیلو ولت جریان متناوب با فرکانس 50 الی 60 هرتز مورد آزمایش قرار گرفته و تأیید شده است. جریان نشستی حاصل از اعمال ولتاژ مذکور در کلاه در حد 9 میلی آمپر استاندارد شده است.



کلاس G: مخصوص حفاظت در برابر ولتاژ فشار ضعیف: این نوع کلاه نیز برای تماس با ولتاژ 2200 ولت متناوب فاز به زمین آزمایش و تایید شده است. جریان نشتی حاصل از اعمال ولتاژ مذکور در کلاه در حد 3 میلی آمپر استاندارد شده است.

کلاه‌های غیر عایق برق کاران نیز باید از جنس غیرهادی الکتریسیته انتخاب شده و با توجه به این که همواره ریسک سقوط از ارتفاع برای این افراد وجود دارد، باید استحکام کافی برای حفظ سر این افراد در صورت برخورد بازمین در تمام جهت‌ها را داشته باشد.

حفظ چشم کارگران بر قرار

چشمان این افراد با توجه به نوع کار خود در معرض خطرات ویژه‌ای قرار دارد. افرادی که با انواع قوس الکتریکی سروکار دارند در معرض پرتاب مواد مذاب ناشی از ذوب شدن فلزات قرار دارند که در صورت برخورد با چشم باعث تخریب شدید آن می‌گردند بنابراین وجود تجهیزات حفاظت چشم به صورت مستقل یا در قالب نقاب محافظ صورت که ساخت آن‌ها بر اساس استاندارد صورت گرفته و آزمون‌های معتبر نیز آن را تایید می‌نماید کاملاً ضروری است.

یکی دیگر از خطراتی که کارگرانی که در ارتفاع و بر روی پایه‌ها یا سازه‌های مرتفع برق کار می‌کنند را در معرض تهدید قرار می‌دهد مواجهه طولانی مدت با اشعه فرابنفش موجود در نور خورشید است که در این مورد نیز توصیه ایمنی استفاده از عینک‌های ایمنی محافظت در برابر این اشعه است که ضمن ایجاد این حفاظت مانع از دیدن کامل موقعیت و اجزا کار نیز نگردد.

تجهیزات عایق لاستیکی

کار بر روی سیستم الکتریکی تحت شرایط مختلفی انجام می‌شود و هر شرایطی مستلزم استفاده از تجهیزات خاص مربوط به خود است. این تجهیزات دارای تنوع بسیار بالایی می‌باشند که می‌توان آن‌ها را در رده کاری فشار متوسط و ضعیف شامل تجهیزات حفاظتی عایقی مانند دستکش عایق لاستیکی در سطوح ولتاژی مختلف و همچنین فرش عایقی و تجهیزات عایقی عملیات خط گرم شامل تجهیزات عایقی مانند روکش هادی‌های برق عایق تقسیم بندی نمود. پرداختن به بحث تجهیزات ایمنی خط گرم مستلزم ارائه یک بحث کامل در ارتباط با اصول و معیارهای کار در شرایط برقدار بودن شبکه و عملیات خط گرم است. که باید به صورت تخصصی به آن پرداخته شود در این بخش فقط اشاره‌ی مختصری به دستکش‌های عایق داریم.

دستکش‌های عایق لاستیکی:

این دستکش‌ها که پر مصرف‌ترین تجهیز حفاظتی در مشاغل برقی می‌باشند. با توجه به اهمیتی که در حفاظت دست‌ها که از نظر ایمنی مهم ترین (به دلیل پر احتمال ترین نقطه عبور جریان برق به بدن) و در عین حال پرکاربردترین عضو بدن در ارتباط با فعالیت‌های الکتریکی ایفا می‌کند باید نحوه انتخاب، استفاده، نگهداری و آزمایش آنها تحت سختگیرانه‌ترین استانداردها و مقررات قرار داشته باشد. مطالب زیر به طور خلاصه به این موضوعات اشاره خواهد داشت:



الف- جنس دستکش:

جنس دستکش‌ها براساس اظهار سازندگان و همچنین آزمون‌های انجام شده ترکیبی از مواد پلاستیکی شامل ترکیبات اصلی پلاستیک و ترکیبات آلاستومر^۱ که ممکن است مصنوعی یا طبیعی یا ترکیبی از هر دو باشد که با هم تشکیل یک عایق بسیار خوب در برابر پارامترهای الکتریکی را می‌دهند. هنگام بالا رفتن از تیر سیمانی و چوبی باید از دستکش‌های کف چرمی با پشت برزنتی استفاده شود. برای تیرهای فولادی و دکل‌های فلزی انواع آجدار موجود هستند.

ب- طول دستکش‌ها:

این عامل نیز از جمله مشخصات مهم دستکش‌های عایق می‌باشد با توجه به نوع ریسک‌های الکتریسیته مورد مواجهه، بهترین طول برای دستکش‌های عایق پوشانندگی دست تا آرنج توسط آنها می‌باشد. همچنین باید اندازه‌ی دستکش سایز دست همخوانی داشته باشد.

ج- ضخامت دستکش‌ها :

اصولاً بین ضخامت و قدرت عایقی در این تجهیزات رابطه معناداری وجود دارد بنابراین باید بر اساس استاندارد مرجع، دستکش را انتخاب نمود که ضمن دارا بودن قدرت عایقی کافی از نظر قابلیت انعطاف کار با آنها برای کارگران دشوار نگردد.

با توجه با اینکه در صورت تماس مستقیم دستکش‌های عایق هادی‌ها و تجهیزات فلزی در معرض پارگی یا سوراخ شدگی قرار داشته یا در صورت استفاده در کار با قوس الکتریکی امکان سوختن آنها وجود دارد لازم است برای محافظت آنها از حفاظه‌های دستکش که معمولاً از جنس چرم می‌باشد بعنوان روکش استفاده گردد. ضمناً باید توجه نمود که روکش‌های چرمی هیچگونه وظیفه‌ای جز محافظت از دستکش‌های چرمی به عهده نداشته و نباید از آنها به صورت مستقل بعنوان دستکش حفاظتی استفاده به عمل آید. حجم بالایی از عملیات برقی در شرایط بی‌برقی انجام می‌گیرد که در این نوع کارها نیز دستکش‌های کار باید بر اساس نوع عملیات مورد نظر انتخاب گرددند. در کارهای ساده کارگری دستکش‌های کار با کف چرمی و مقاوم در برابر جذب رطوبت مورد تاکید می‌باشد تا در صورت انجام کار در شرایط رطوبت در نزدیکی شبکه‌های برق دار خطری متوجه کارگران نشود.

استانداردهایی نظیر OSHA و ANSI در این مورد اشاراتی دارند اما استاندارد ASTM به طور جامع الزاماتی را در مورد ساخت دستکش عایق(D120)، ساخت روکش حفاظت چرمی (F696)، حفاظت در حین کار (F496) و بازرسی از تجهیزات عایقی و دستکش‌ها (F1236) معرفی نموده است که می‌تواند به عنوان یک مرجع بسیار خوب مورد پذیرش قرار گیرد.

^۱ از ترکیب پلیمر و الاستیک ساخته می‌شود که در برابر نیرو انعطاف بسیار بالایی دارد.



فرش عایق:

در صورتی که افراد با خطر شوک الکتریکی مواجه باشند و ضمناً در برنامه کنترل ریسک، عایق کردن کف محل کار مانند سطح جلوی تابلوها و پنل‌های الکتریکی، کف بالابرها یا کف زمین محل قطع و وصل کلیدهای قدرت به عنوان معیار ایمنی انتخاب شده‌اند برای افزایش ایمنی محل کار، در کنار استفاده از سایر تجهیزات عایقی، فرش عایق نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. جنس این فرش‌ها نیز از ترکیباتی شبیه دستکش‌های عایق اما با ضخامت بیشتر می‌باشد. این تجهیزات نیز در ۵ طبقه ولتاژی طراحی و ساخته شده اند [11].

کفش ایمنی:

در ارزیابی ریسک فعالیت‌های برقی علاوه بر ریسک‌های مکانیکی، معمولاً اینطور فرض می‌شود که کارگران همواره در معرض خطر بروز ولتاژ تماس و گام قرار دارند که در هر صورت بحث ورود یا خروج جریان الکتریکی از پاهای مطرح می‌شود. بنابراین استفاده از تجهیزات حفاظت پا که شامل انواع کفش ایمنی هستند توسط افراد در معرض خطر باید مورد کنترل جدی قرار گیرد. کیفیت ساخت این تجهیزات باید به نحوی باشد که بتواند حفاظت کافی در برابر این ریسک‌ها را برقرار نمایند. کفش ایمنی بر قاران برای حفاظت در برابر صدمات مکانیکی شامل برخورد پا با اجسام خارجی، ورود اجسام تیز به کف پا و همچنین سقوط اشیا سنگین بر روی پا باید دارای ویژگی‌های عمومی مورد نیاز باشند وجود مقاومت بالا در برابر خروج جریان الکتریکی از سمت بدن به زمین و برعکس از سمت زمین به بدن انسان و همچنین نبود عنصر فلزی در پنجه آنها از الزامات اختصاصی کفش‌های ایمنی بر قاران می‌باشد که باید در هنگام تهیه آنها به این موضوع توجه شود. مقاومت در برابر شوک الکتریکی در کف کفش معیاری است که باید توسط سازندگان رعایت و توسط خریداران کنترل گردد. بر اساس استاندارد، کف کفش‌ها باید قدرت ایستادگی در برابر ۱۴ کیلو ولت در فرکانس ۵۰ تا ۶۰ هرتز برای یک دقیقه را داشته باشند. بر این اساس نباید جریانی بالاتر از ۳۰ میلی آمپر تحت شرایط خشکی زمین از آن عبور نماید.

انواع برق گرفتگی و روش‌های حفاظت از آن

تماس مستقیم و روش‌های محافظت در برابر آن

هنگامی که سیستم کاملاً سالم است و انسان به سهو یا بر اثر بی‌توجهی با هادی برقدار در یک نقطه تماس حاصل کند دچار برق گرفتگی تماس مستقیم شده است. برای حفاظت در برابر این گونه برق گرفتگی روش‌های گوناگونی ارائه شده است که در ادامه به تفسیر هر یک پرداخته می‌شود.

عایق بندی قسمت‌های برقدار

می‌توان قسمتی از سیم برقدار در دسترس را به وسیله نوار چسب عایق برق، عایق کرد تا از تماس افراد با آن جلوگیری کرد. پوشش‌هایی مانند رنگ و وارنیش و لاک و نظایر آن به تنها یکی برای عایق کردن مناسب نیست و باید جسم عایق مقاوم و استاندارد باشد. لازم به ذکر است که ممکن است بخشی از سیم‌ها در محل‌های اتصال چند سیم و یا ترمینال‌ها لخت شده و بدون محافظت عایقی شوند در این موارد نیز باید به عایق کردن آنها توجه نمود.



محصور کردن تجهیزات:

جهت ایمن کردن قسمت‌های برقدار معمولاً آنها را محصور می‌نمایند تا دور از دسترس باشند بعضی از وسایل را در داخل کپسول محصور می‌نمایند حصار باستی دارای محفظه یا سوراخ‌های جهت خنک کردن داخل باشد. البته باید توجه نمود که وجود این سوراخ‌ها به اندازه‌ای نباشد که رطوبت و گرد و خاک و یا براده آهن با نفوذ به آن مسیر اتصال تجهیز به بدن را ایجاد کند.

کلید جریان نشستی:

این کلید به وسیله مقایسه جریان‌های که از فاز و نول عبور می‌کند جریان نشستی به زمین را تشخیص می‌دهد. اصول کار این کلید به این ترتیب است که دو هادی با جریان‌هایی در جهت مخالف و با اندازه‌ی یکسان در داخل یک هسته آهنی که روی آن سیم پیچی تعبیه شده قرار گرفته‌اند. میدان‌های حاصل از آن‌ها در هسته، مخالف هم بوده و هم‌دیگر را خنثی می‌کنند. در نتیجه در سیم پیچ روی هسته نیروی محرکه القا نمی‌شود و رله جریانی که به سیم پیچ وصل است، تحریک نمی‌شود. یعنی کلید در حالت عادی کاری انجام نمی‌دهد در صورتی که از یکی از دو هادی جریان عبور نکند یا جریان هادی‌ها یکسان نباشد میدان حاصل باعث ایجاد نیروی محرکه در سیم پیچ شده و رله جریانی که توسط این سیم پیچ تغذیه می‌شود را تحریک می‌کند. این رله خود می‌تواند باعث قطع کنترکت‌های کلید و در نهایت قطع کلی مدار گردد. این وسیله به اندازه‌ای حساس است که کوچکترین جریان نشستی را تشخیص داده و عمل می‌کند.

باید توجه داشت در صورتی که یک تابلو از چند کلید جریان نشستی استفاده شده باشد، حتماً شینه‌ی نول جدا داشته باشند. در صورت یکسان بودن شینه‌ها، جریان نشستی در آنها به چرخش در می‌آید و سیستم به خوبی عمل محافظت را انجام نخواهد داد. اگر شخص از قسمتی که نسبت به زمین برقدار است دچار شوک الکتریکی شود، به دلیل جریانی که از بدن وی به زمین عبور می‌کند، این کلید در چند صدم ثانیه منبع تغذیه را قطع می‌کند. لازم به یادآوری است که این کلید مقدار جریان را کاهش نخواهد داد، بلکه تنها مدت زمان شوک را محدود خواهد کرد. این کلید شخصی که بین دو فاز یا نول دچار شوک شود را محافظت نخواهد کرد و همچنین در صورتی که خطای اضافه بار رخ دهد عمل نمی‌کند.



شکل 4-3: کلید جریان نشستی



کلید کامپکت یا اتوماتیک

عملکرد کلید اتوماتیک به شیوه‌ای است که اگر به طور ناگهانی در کابل‌ها با اضافه بار یا اتصال کوتاه کوتاه مواجه شویم می‌توان از این کلید استفاده کرد. سرعت قطع با توجه به بار متفاوت خواهد بود و در مصارف جریان بالا و ولتاژ ضعیف کاربرد دارند. این کلیدها برای حفاظت در برابر افزایش دما و جریان خطا به کار می‌روند و از قدرت قطع بالایی هم برخوردارند. در مدل‌های چند هزار آمپری تا چند هزار آمپری موجودند. کلید کامپکت در انواع تک پل تا چهارپل موجود هستند و از آنها بیشتر در صنعت استفاده می‌شود. برخلاف کلیدهای مینیاتوری قابلیت کنترل از راه دور را دارا هستند.



شکل ۵-۳: کلید کامپکت

استقرار در خارج از دسترس

قسمت‌های برقدار بایستی طوری قرار گیرند که دسترسی به آنها با دراز کردن دست‌ها امکان پذیر نباشد تعریف حدود دسترسی: حدودی است که در محل‌های مورد استفاده بتوان بدون هیچگونه وسیله اضافی از محل ایستادن به آن دسترسی پیدا کرد.

تماس غیر مستقیم و روش‌های محافظت در برابر آن

هنگامی که در اثر خراب شدن عایق‌بندی یا هر علت دیگری یک هادی برقدار با سطوح فلزی در دسترس مربوط به سیستم با بدن‌های مانند، بدن‌های موتور، تابلوی برق یا دستگاه دیگری تماس حاصل کند و در عین حال انسان با همان سطح فلزی در تماس باشد چار برق گرفتگی می‌شود که به آن، برق گرفتگی تماس غیر مستقیم می‌گویند.

قطع خودکار مدار تغذیه با استفاده از اتصال زمین

اکثر شوک‌های الکتریکی وقتی رخ می‌دهند که شخص با زمین تماس دارد و قسمتی را که برقدار است یا بر اثر اتصال بدن‌های برقدار شده لمس می‌کند. اگر بین قسمت برقدار و محفظه آن اتصالی رخ داد، فیوز یا کلید قطع کننده مدار عمل می‌کند و منبع الکتریکی را جدا خواهد کرد نحوه‌ی عملکرد سیستم حفاظتی بستگی به مدل زمین سیستم زمین که در بخش بعد به آن پرداخته می‌شود متفاوت خواهد بود. در بعضی موارد صرف نظر از مقدار ولتاژ تماس و با توجه به نوع اتصال زمین سیستم، حداقل زمان قطع به مدت ۵ ثانیه مجاز است.



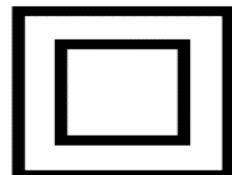
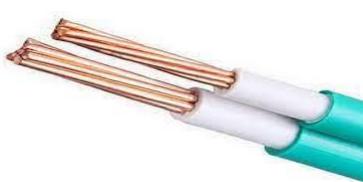
وجود اجسام فلزی هادی در اطراف انرژی الکتریکی و وقوع اتصالی بین آنها باعث برقدار شدن این فلزات می‌شود. بنابراین توصیه می‌شود که اجسام فلزی توسط یک هادی به زمین متصل شوند و حتی اگر به یکدیگر اتصالی کردند، هیچ ولتاژ خطرناکی برای انسان به وجود نیاید. این ملاحظات اولیه در مکان‌هایی نظیر حمام آشپزخانه و به طور کلی زمان‌هایی که دست‌های مرطوب باعث کاهش مقاومت پوست بدن و در نتیجه افزایش قابلیت شوک الکتریکی می‌شود باید رعایت شوند.

در روش قطع خودکار منبع تغذیه، به محض اتصالی فاز به بدن هادی دستگاه، باید وسیله حفاظتی، جریان برق تغذیه دستگاه یا مدار را در مدت زمانی کوتاه قطع کند تا ولتاژ تماس نتواند به مدتی بیش از زمان تعیین شده برقرار بماند.

عایق بندی مضاعف یا دوبل

اگر دستگاه الکتریکی دارای محفظه فلزی باشد، برای جلوگیری از برقدار شدن بدن فلزی آن باید از عایق‌بندی مضاعف استفاده شود. در عایق‌بندی مضاعف هادی‌های برقدار، وسایل الکتریکی به وسیله دو لایه مجزا یا مکمل عایقی پوشیده شده که هر کدام به طور مناسب هادی را عایق کند و مجموعه هر دو لایه این اطمینان را بوجود می‌آورد که بر اثر شکست عایق خطری رخ ندهد. هدف از این نوع حفاظت جلوگیری از تماس با بدن هادی دستگاه از طریق عایق کردن آن است تا در صورت بروز خرابی در عایق‌بندی اولیه، بدن هادی در دسترس نباشد و ایجاد برق گرفتگی نکند.

دستگاه‌های برقی برای اینکه در هنگام فعالیت به کاربر صدمه وارد نکنند به یک سیم اتصال به زمین وصل می‌شوند، در دو شاخه اکثر ابزارهای برقی موجود در بازار این سیم وجود ندارد، عایق دوبل به کاربر کمک می‌کند که از این سیم اتصال به زمین تا حدودی بی نیاز شد.



شکل 3-6: علامت عایق‌بندی دوبل - نمونه‌ای از عایق‌بندی دوبل

عایق کردن محیط

عایق کردن اطراف محل دستگاه مانند کف زمین و دیوارها نیز اشخاص را در برابر ولتاژ تماسی نسبت به زمین حفظ می‌کند. چنین حفاظتی تنها برای دستگاه‌هایی که در یک محل ثابت هستند می‌تواند اجرا شود. به عنوان مثال در کارگاه‌هایی که همواره با برق سرو کار دارند عایق‌بندی کف و استفاده از میز کارهای چوبی و پلاستیکی توصیه می‌شود.

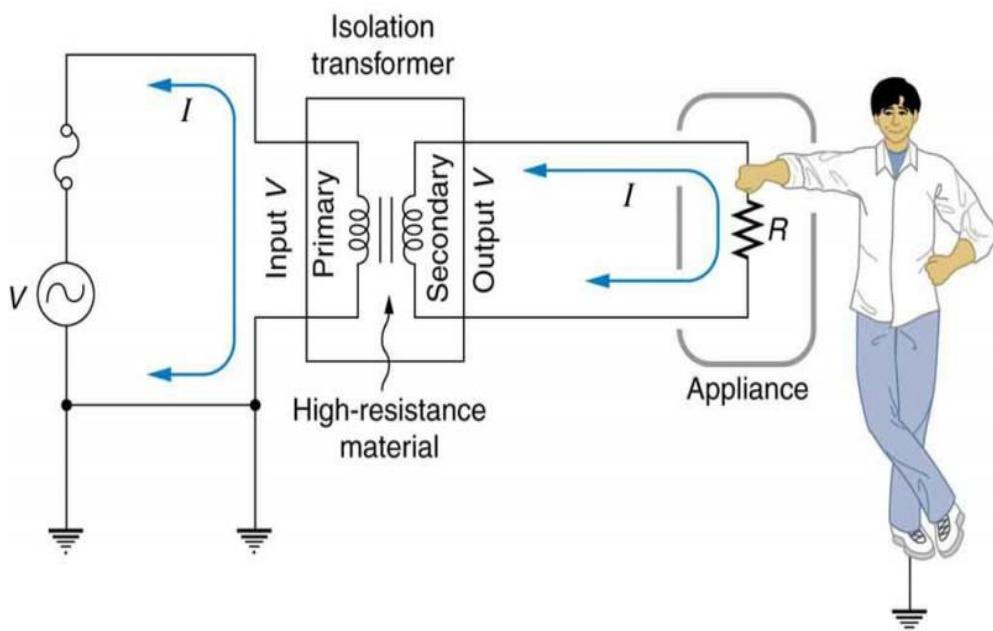


هم ولتاژ کردن و همبندی

همبندی یعنی اتصال موثر الکتریکی بین بدن‌های تجهیزات به یکدیگر و هم پتانسیل کردن آنها و در نهایت اتصال آنها با زمین یا سایر هادی‌های بیگانه (اسکلت و فوندانسیون) است. در صورت اتصال الکتریکی هادی جریان با بدن‌های تجهیزات و لمس تجهیز توسط انسان، جریان مسیر دارای مقاومت کمتر (هم بندی و زمین) را انتخاب کرده و از بدن عبور نخواهد کرد.

جدا کردن منبع تغذیه از زمین (ایزوله کردن)

اگر مداری از قسمت‌های اصلی، ارت اجسام فلزی یا هر مدار دیگری کاملاً جدا باشد هیچ ولتاژی بین هادی برقدار و ارت یا قسمت‌های فلزی به وجود نمی‌آید و امکان دریافت شوک الکتریکی را کاهش می‌دهد. البته چون همه‌ی سیستم‌ها تا حدودی بوسیله‌ی کوپلینگ (اتصال خازنی و سلفی)، با یکدیگر ارتباط دارند نمی‌توان به هادی‌های مدار سیستم‌های مجزا مطمئن بود مگر اینکه سیستم مجزا شده خیلی کوچک و محلی باشد. سیستم مجزا شده از سیم پیچی ثانویه‌ی یک ترانسفورماتور مجزا کننده تغذیه می‌شود. به همین جهت اگر هیچ ارتباطی بین قسمتی از مدار و اتصال زمین وجود نداشته باشد، برای کاربر که زمین و یک قسمت برقدار را لمس می‌کند، مدار کاملاً به وجود نمی‌آید و از ایجاد شوک الکتریکی نسبت به زمین جلوگیری می‌شود.



شکل 3-7: سیستم جداکننده توسط ترانسفورماتور مجزا کننده

روش‌های حفاظتی در مقابل برق گرفتگی (مستقیم و غیر مستقیم)

سیستم حفاظت توسط سیم زمین

در این سیستم به منظور حفاظت از جان تمامی افرادی که از وسایل، ابزارها و دستگاه‌های برقی استفاده می‌کنند، در برابر برق گرفتگی اقدامات زیر انجام می‌شود.



الف- نقطه نول سیم پیچ مولدهای برق در نیروگاهها، نقطه نول سیم پیچ ترانسفورماتور در پستهای برق، سیم ارت شبکه خطوط هوایی در ابتدا و انتهای خط و در خطوطی به طول بیش از 200 متر علاوه بر ابتدا و انتهای خط در فواصل 200 متری به الکترود زمین مربوطه متصل می‌شود که این سیستم به طور کلی اتصال زمین نامیده می‌شود.

ب- بدنه یا محفظه فلزی کلیه وسایل و ابزار، دستگاهها، ماشینآلات و تابلوهای برقی و همچنین اسکلت و اجزای فلزی داخلی، هر یک که حامل جریان برق نباشد، به سیستم اتصال زمین ساختمان مربوطه وصل می‌شوند. این سیستم به طور کلی اتصال زمین وسایل نامیده می‌شود.

اتصال زمین با ارت: در تمامی تأسیسات الکتریکی، بخصوص تأسیسات فشار قوی، زمین کردن یکی از مهم ترین و اساسی‌ترین اقداماتی است که برای حفظ جان اشخاصی که به نحوی با این پست‌ها در ارتباط بوده و یا در خارج از پست در رفت و آمد هستند صورت می‌گیرد.

حفظاظت توسط عایقکاری

در این نوع حفاظت تمام قسمت‌های دستگاه که امکان تماس سیم هادی با آن وجود دارد عایقکاری می‌شود. در مورد دستگاه‌هایی که ساکن هستند می‌توان کل زمین و یا دیوارها را عایق کاری نمود.

یکی از روش‌های اساسی حفاظت از کارگران جدا کردن فرد به وسیله دستکش، کلام، پوشک و کفش حفاظتی است که در مورد آنها مواردی بیان شد هم چنین برای جلوگیری از خروج جریان الکتریکی از بدن، کل محل کار را با مواد عایق مانند فرش پلاستیکی پوشانیده و یا از چهارپایه با پایه‌های عایق استفاده گردد. پوشش‌ها، توری‌های حفاظتی و حصارها باید از مواد غیر اشتعالزا ساخته شده و دارای مقاومت مکانیکی کافی بوده و بطور محکم و مطمئن نصب شوند. جهت نصب پوشش و حصار بایستی اطمینان حاصل گردد که برقدار نمی‌شوند.

حفظاظت توسط ولتاژ کم

در واقع استفاده از ولتاژ‌های پایین سبب می‌گردد تا به هنگام کار با این نوع تأسیسات حفاظت در برابر شوک‌های الکتریکی به حداقل برسد. در حقیقت این ولتاژ را به اختلاف پتانسیل کمتر از 50V_{DC} و یا همان 120V_{AC} بین فاز و نول و یا فاز و زمین مربوط می‌دانند. ولتاژ‌های ELV در سطح پایین تری قرار دارند استفاده از ولتاژ خیلی پایین در تأسیسات محیط‌های خاص از قبیل حمام، استخر، سونا و غیره استفاده می‌شود.

سیستم‌های ولتاژ پایین به سه دسته‌ی SELV , PELV , FELV تقسیم بندی می‌شوند هر کدام از این نوع ولتاژ‌های بسیار پایین در نوع ترانس‌های استفاده شده در آن‌ها تفاوت دارند و نحوه حفاظت آنان نیز در مقابل شوک الکتریکی تا حدودی با یکدیگر متفاوت است که به شرح هر یک می‌برداریم.

الف- سیستم ولتاژ پایین ایمنی (SELV(Safe Extra low Voltage)

نوعی از ولتاژ است که بسیار پایین بوده و با استفاده از ترانس‌های ایزوله کننده که ویژه همین سیستم‌ها می‌باشند، به دست می‌آید. ولتاژ ثانویه این نوع ترانس‌ها نباید بیشتر از 50V_{RMS} باشد. ولتاژ‌های بسیار پایین در



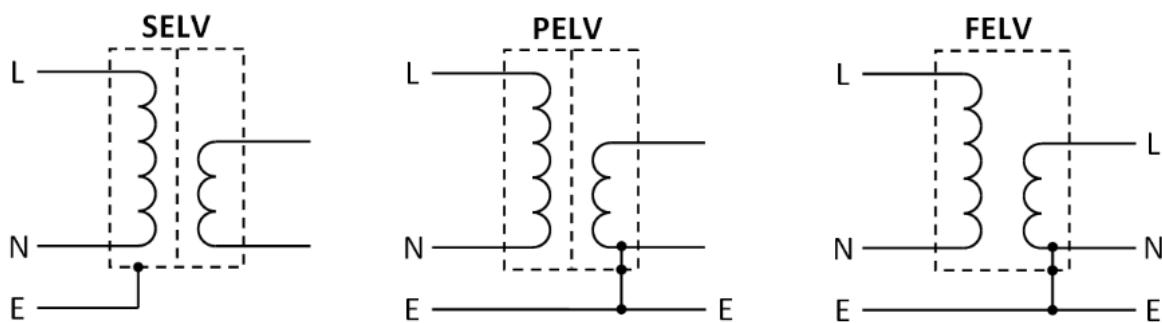
مناطقی نظیر استخر و شهربازی می‌تواند خطرات جدی به دنبال داشته باشد که مطابق استانداردها هیچ کدام از هادی‌های حامل که دارای ولتاژ بسیار پایین ایمن بوده نباید با زمین تماس داشته باشد. پریزهایی که برای سامانه SELV در نظر گرفته می‌شود، کناتکت زمین ندارد و سوکت آن به نحوی ساخته می‌شود که امکان اتصال ناخواسته با دیگر سطح‌هایی از ولتاژ وجود نداشته باشد. به ولتاژ‌های بسیار پایین، ولتاژ پایین جدا شده گفته می‌شود چون زمین از دیگر بخش‌های سامانه، جدا ساخته شده است و خطاهای تکی در این سامانه بر اثر اتفاق افتادن شوک الکتریکی وجود نخواهد داشت. سیستم‌های کنترل دستی، تابلوهای کنترل روشناکی، دوربین مدار بسته و سیستم‌های امنیتی از جمله موارد کاربرد این سیستم ایمنی ولتاژ پایین است.^[12]

ب- سیستم حفاظت ولتاژ پایین (PELV)

ولتاژ بسیار پایین حفاظتی در مواردی استفاده می‌گردد که در آن‌ها خطر سیستم به گونه‌ای است که نیاز به استفاده از ولتاژ بسیار پایین وجود ندارد. سامانه‌هایی که دارای PELV هستند معمولاً در سامانه‌های حفاظتی آن‌ها یکی از نقاط ثانویه ترانسفورماتور به زمین وصل می‌گردد. این نوع از تجهیزات معمولاً دارای ولتاژ 25 RMS هستند و تنها در محیط‌های خشک که امکان تماس سریع با بدن انسان وجود نداشته باشند به کار گرفته می‌شوند تنها تفاوتی که با روش SELV دارد این است که در صورت ضرورت به زمین اتصال پیدا می‌کند و در این روش، ایمنی در برابر تماس مستقیم تامین نمی‌شود. نور پردازی باغ‌ها روشناکی عمومی مدارهای کنترل ماشین از جمله کاربردهای سیستم حفاظتی ولتاژ پایین هستند.^[12]

ج- ولتاژ بسیار پایین عملی (FELV)

روش ولتاژ بسیار پایین عملی روشی پوشش دهنده برای تمامی ولتاژ‌های بسیار ضعیف و ایمن است در این روش حفاظت در برابر تماس مستقیم و غیر مستقیم به طور کامل تضمین نمی‌شود. سیستم‌ها و تجهیزاتی که با ولتاژ بسیار پایین عملی سرو کار دارند باید برای حفاظت از آن‌ها راهکارهایی برای محافظت در برابر شوک الکتریکی ارائه شود. در این سیستم‌ها معمولاً از ترانسفورماتور معمولی برای کاهش ولتاژ استفاده می‌شود. در این نمونه از سیستم‌ها انجام تمامی اقدامات حفاظتی مانند زمین کردن همه هادی‌های در معرض تماس ثانویه اجباری و الزامی است.



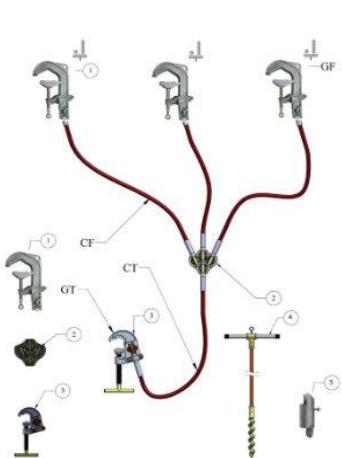
شکل ۳-۸: شماتیک سه طرح ولتاژ خیلی پایین



انواع اتصال زمین

اتصال زمین موقت یا سیار

به منظور جلوگیری از برق گرفتگی به هنگام اجرایی و تعمیراتی و فقط در مدت زمان مربوط استفاده می‌شود. این تجهیز که در شکل 9-3 به نمایش گذاشته شده است دارای چنگک برای هر فاز است که با اتصال سه فاز به یکدیگر و به زمین باعث اتصال موثر زمین شده و امکان کار کردن ایمن بر روی خط را ایجاد می‌کند.

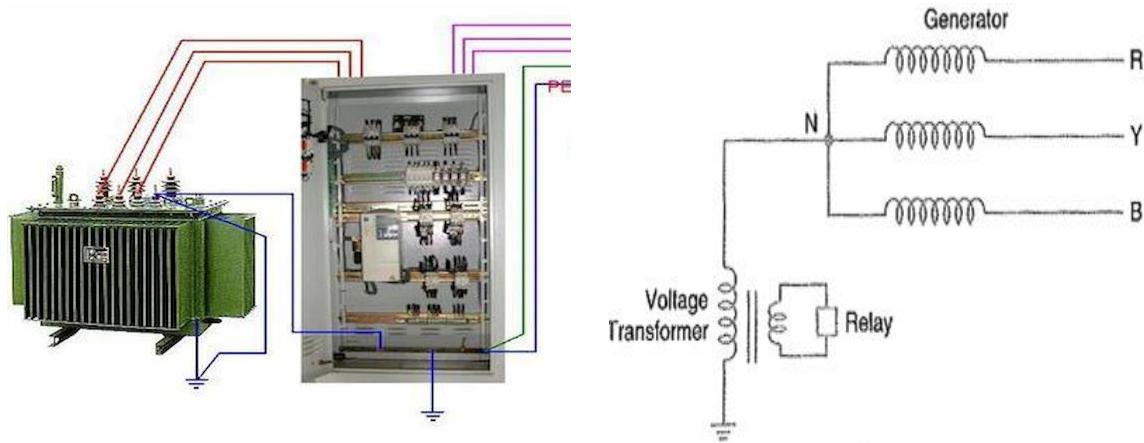


شکل 9-3: نمونه‌ای از اتصال زمین موقت

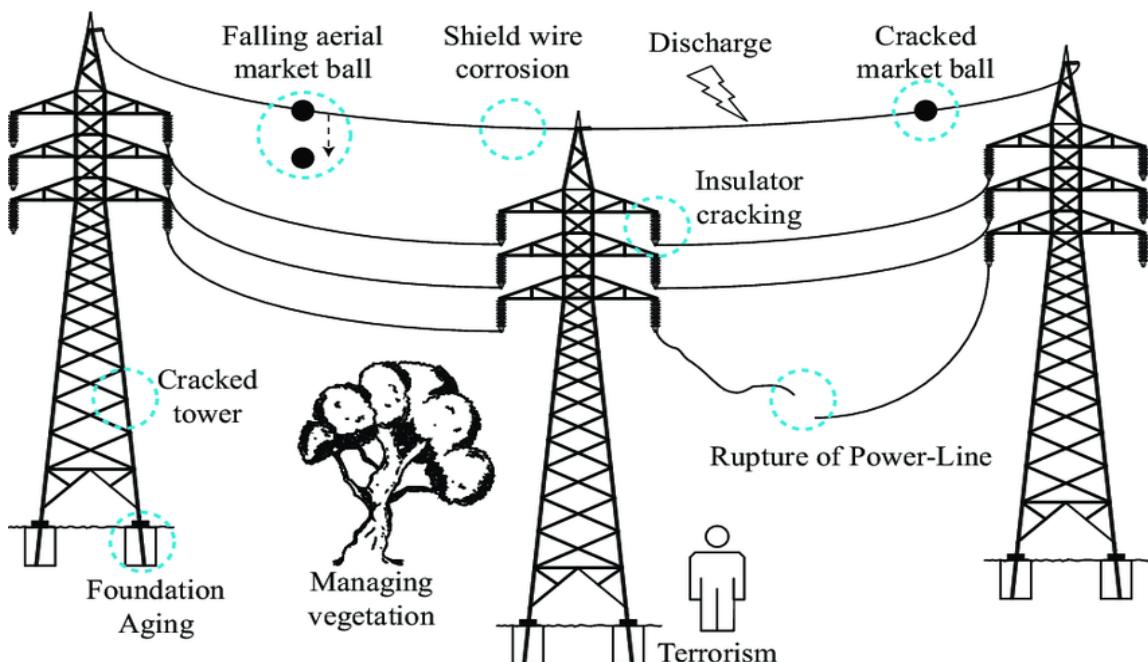
اتصال زمین دائم یا ثابت

زمین کردن الکتریکی (سیستم الکتریکی)

اتصال یک قسمت از شبکه‌ی الکتریکی، مستقیماً و یا توسط امپدانس را با زمین، زمین کردن الکتریکی می‌نامند. هدف اصلی از اتصال نقطه‌ی مرکزی ترانسفورماتور به زمین، این است که پتانسیل در مقدار صفر ولت ثبیت شود. این زمین کردن به خاطر کار صحیح دستگاه‌ها و جلوگیری از افراش و لتاژ فازهای سالم به زمین در موقع تماس یکی از فازها با زمین صورت می‌گیرد از جمله زمین کردن الکتریکی در شبکه الکتریکی می‌توان به سیم نول شبکه و مرکز ستاره ترانسفورماتور و مولدها اشاره کرد. سیستم زمین برای هر سطح ولتاژ 150 ولت تک فاز یا بیش از 600 ولت فاز به فاز ضروری است و باید نصب شود [7] در زیر نحوه‌ی زمین کردن قسمتهای مختلف شبکه‌ی تولید و انتقال به نمایش گذاشته شده است.



شکل 3-10: زمین کردن ژنراتور- زمین کردن ترانسفورماتور



شکل 3-11: زمین کردن خطوط انتقال

لازم به ذکر است که نول حفاظتی و نول ایمنی در یک نقطه زمین نمی‌شوند و حداقل فاصله‌ی بیست متری برای آنها توصیه شده است. همانطور که از تصویر بالا مشخص است خطوط انتقال از تولید تا مصرف همواره تحت مخاطرات گوناگونی قرار دارند که زمین کردن آن را حائز اهمیت می‌کند از جمله‌ای این خطرات می‌توان به شکستگی مقره‌ها، شکستگی برج انتقال، پارگی خطوط انتقال و خط محافظ، صاعقه، سقوط گوی‌های رنگی، تروریست و عوامل طبیعی (سیل زلزله طوفان شکستگی درخت‌ها و....) اشاره کرد. لازم به ذکر است بررسی بیشتر در مورد دکل‌های انتقال و شناخت آنها در فصل چهارم صورت می‌گیرد.



زمین کردن حفاظتی (سیستم حفاظتی):

در این سیستم قسمت‌های فلزی وسایل الکتریکی، که ارتباطی به شبکه‌ی تغذیه ندارند، توسط سیم به زمین اتصال می‌یابند. چنانچه به بدن‌هی وسیله‌ی الکتریکی، سیم دارای ولتاژ متصل نشده باشد، پتانسیل بدن‌هی این وسیله، با پتانسیل زمین برابر است. اگر در اثر پیدا شدن عیب، سیم دارای ولتاژ به بدن وصل شود، جریانی از طریق زمین و سیم متصل به زمین و نقطه‌ی MP ترانسفورماتور و سیم فاز جاری می‌شود. مقدار این جریان باید به اندازه‌های باشد که جریان خط، در کمتر از 0.5 ثانیه وسیله‌ی حفاظتی (مثل فیوز) را قطع کند. این جریان را جریان قطع می‌نامند و مقدار آن بستگی به جریان نامی فیوز، که در مسیر دستگاه قرار گرفته دارد و برابر است با:

$$I_A = K \cdot I_N$$

در این رابطه I_N جریان نامی فیوز و K ضریبی است که مقادیر آن در جدول زیر مشخص شده است.

جدول ٣-٦: مقادیر ضریب K برای کلیدهای حفاظتی مختلف

K	نوع
1.25	کلیدهای محافظ مغناطیسی سری
2.5	کلیدهای محافظ خانگی (HLs) تا 25 آمپر
	محافظ کابل‌ها، سیم‌های هوایی و تابلوهای منازل
3.5	کلیدهای (Ls) تا 25 آمپر
	فیوزهای تندکار و کندکار تا 50 آمپر
5	فیوزهای کندکار از 63 آمپر به بالا

مقدار جریان قطع که باید باعث قطع فیوز شود بستگی به مقاومت سیم زمین و مقاومت محدوده‌ی محل تماس سیم با زمین دارد (R_s). همانطور که ذکر شد، ولتاژ تماس نباید از 65 ولت بیشتر باشد.

$$U_B < 65(V)$$

از طرفی مقدار ولتاژ تماس U_B برابر است با مقاومت مسیر ضرب در جریان اتصالی؛ یعنی:

$$U_B = R_s \cdot I_A$$

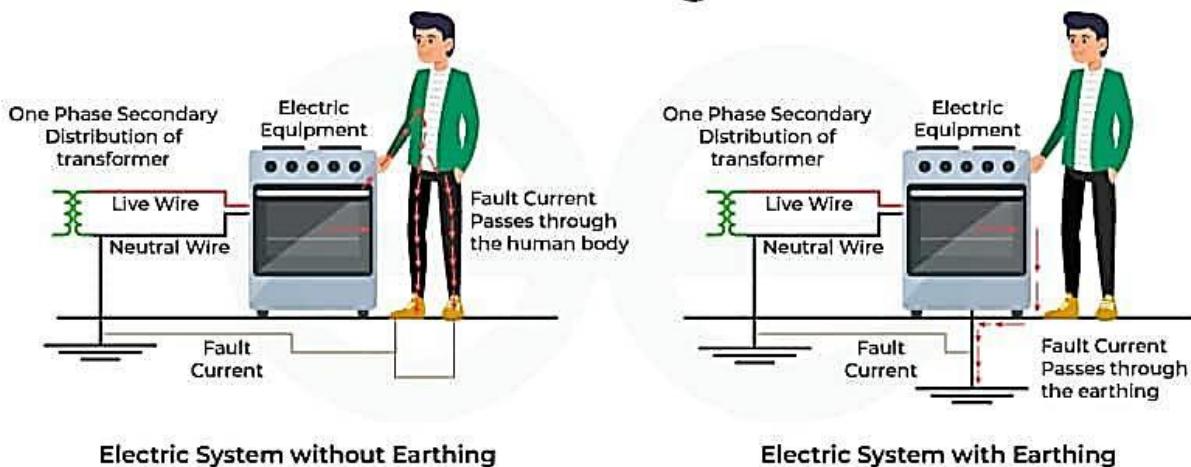
پس می‌توان نوشت.

$$R_s \cdot I_A = U_B < 65(V)$$

از رابطه‌ی بالا می‌توان مقدار مجموع مقاومت زمین و مقاومت محل تماس سیم با زمین را به دست آورد. موارد استفاده‌ی این سیستم حفاظتی، $R_s \leq \frac{65(V)}{I_A(A)}$ کم قدرت است. زیرا در صورت بالا بودن جریان مصرف کننده، باید مقدار مقاومت زمین بسیار کم باشد، که تأمین چنین مقاومتی مشکل است و می‌توان با جایگزین کردن سیستم‌های



حفاظتی دیگر، از خطرات احتمالی اتصال بدنی مصرف کننده‌های پرقدرت جلوگیری کرد. شکل زیر طریقه‌ی استفاده از سیستم حفاظت زمین را برای مصرف کننده نشان می‌دهد.



شکل ۱۲-۳: شماتیک عملکرد سیستم زمین حفاظتی

زمانی که سیم فاز به بدنی دستگاه وصل شود جریان اتصالی جاری شده در بدنی دستگاه، دو مسیر برای عبور پیدا می‌کند، یکی عبور از بدن شخص و زمین و دیگری مستقیماً به زمین است. چون مقاومت بدن اشخاص به طور متوسط حدود ۱۳۰۰ اهم است، بنابراین جریان از طریق مقاومت کمتر، یعنی زمین عبور می‌کند و نهایتاً باعث قطع سریع فیوز می‌شود. اتصال زمین می‌تواند توسط لوله یا میله‌ی فلزی، نوار، سیم فلزی و صفحه فلزی انجام پذیرد که معمولاً توسط یک رشته سیم با مقطع مناسب (با توجه به جریان نامی مصرف کننده) به اتصال زمین وصل می‌شود. علاوه بر زمین کردن حفاظتی و الکتریکی یک مورد زمین کردن دیگر نیز وجود دارد که مختص تجهیزات جریان ضعیف مانند شبکه‌های کامپیوتری و مخابرات است و این زمین عملیاتی امکان عملکرد صحیح این شبکه‌ها را با به وجود آوردن ولتاژ صفر به وجود می‌آورد.

شناخت سیستم‌های ایمنی در برابر الکتریسیته

هنگامی که یک جریان به دو مقاومت در دو شاخه‌ی موازی می‌رسد درصد بیشتری از آن از مقاومت کوچکتر عبور می‌کند. پس اگر بتوان سیمی را به بدنی تجهیزات و یا نول ژنراتور و ترانس وصل کرد که مقاومت آن از مقاومت بدن انسان بسیار کمتر باشد انسان را از خطرات برق گرفتگی مصون می‌دارد.

سیستم‌های ایمنی در برابر الکتریسیته انواع مختلفی دارند که هر کدام از بخش‌های مختلفی تشکیل می‌شوند اما مهمترین بخش از آنها چاه ارت و نحوه‌ی ساخت آن است که مقاومت آن باید به حدی کم باشد که جریان بسیار بالایی را به سمت خود کشیده و مقاومت بدن انسان در برابر آن بسیار بزرگ باشد.



چاه ارت و نحوه ساخت آن

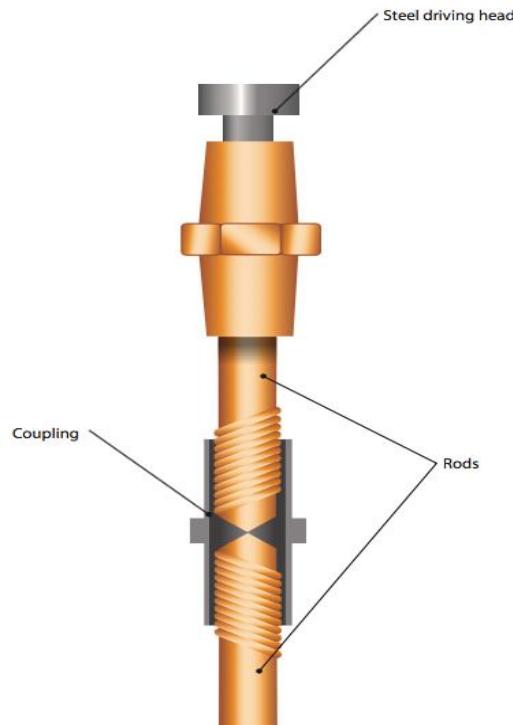
به قسمتی از سیستم اتصال به زمین با مقاومت بسیار کوچک نسبت به بدن انسان که باعث کشش جریان به سمت خود می‌شود چاه ارت می‌گویند تعیین مقاومت حاصل در چاه ارت از پارامترهای مختلفی از جمله جنس خاک و محتويات چاه ارت، تراکم خاک، و نوع الکترود نصب شده در آن به دست می‌آید.

انواع الکترود زمین

جنس زمین و ویژگی‌های ساختاری آن باعث تعیین نوع الکترود به کار رفته در چاه ارت و سیستم زمین می‌شود. برای احداث چاه ارت ابتدا باید با توجه به محیط و جنس خاک نوع الکترود را تعیین کرد در حالت کلی الکترودها به دو دسته‌ی الکترود مصنوعی (قائم، صفحه‌ای، مش) و طبیعی (که شامل تجهیزاتی می‌شود که به منظور دیگری در ساختمان استفاده شده اما می‌توان به عنوان الکترود کمکی از آن استفاده کرد[7]) تقسیم کرد. به همین منظور به معرفی انواع الکترود پرداخته شده است:

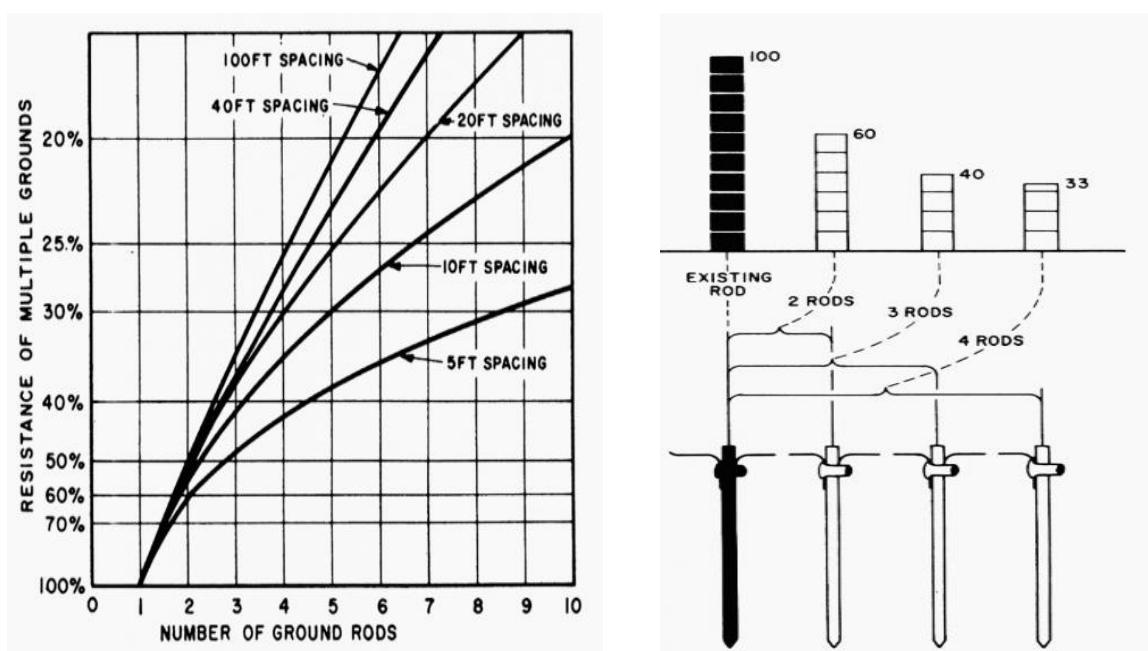
الکترود قائم

میله، لوله یا چند مفتول که جنس آن معمولاً از جنس فولاد با روکش مسی است. طول الکترود از 1 الی 1.5 متر بوده و قابل افزایش است. معمولاً الکترود میله‌ای مغزی فولادی و با روکش مسی بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند زیرا مغزی فولادی استقامت بیشتری در برابر ضربات مکانیکی حاصل از کوبش داشته و روکش مس نیز در برابر خودگی مقاوم می‌باشد. برای کوبش الکترودها در زمین می‌توان از میل کوب استفاده نمود، بطوری که ابتدا یک میله 1.5 متری در زمین کوبیده می‌شود، سپس از کوبler جهت افزایش طول آن استفاده می‌شود تا بتوان میله دیگری را به انتهای آن اضافه نمود. افزایش قطر میله‌های زمین تأثیر چندانی در کاهش مقاومت زمین نداشته، تنها به استحکام مکانیکی آن در زمان کوبش کمک می‌کند. استفاده از الکترودهای کوتاه که اکثراً در بازار ارائه می‌شود مجاز نیست. از طرفی الکترودهای بزرگتر از 6 متر علاوه بر مقرون به صرفه نبودن تاثیر آنچنانی در کاهش مقاومت زمین نخواهند داشت. قطر الکترود نباید کمتر از 13 میلی‌متر باشد[13].



شکل 3-13: الکترود قائم و اجزای آن

گاهی اوقات تنها یک الکترود عمودی نمی‌تواند مقاومت کافی را جهت عملکرد مناسب سیستم زمین ارائه دهد. به همین منظور از الکترودهای موازی با فواصل مشخص استفاده می‌شود. موازی کردن چند المان همواره مقاومت کل را کاهش می‌دهد. در این حالت توصیه می‌شود حداقل فاصله بین هر دو الکترود، حتی‌الامکان کمتر از 2.2 برابر طول هر الکترود نباشد. همان‌طور که در شکل 3-14 می‌بینید با افزایش تعداد میله‌های موازی مقاومت کاهش چشمگیری دارد. همچنین با توجه به نمودار سمت چپ مشخص است با افزایش فاصله‌ی میان الکترودهای موازی مقدار مقاومت کاهش داشته و این کاهش با تعداد الکترودها نیز رابطه‌ی مستقیم دارد.[13]

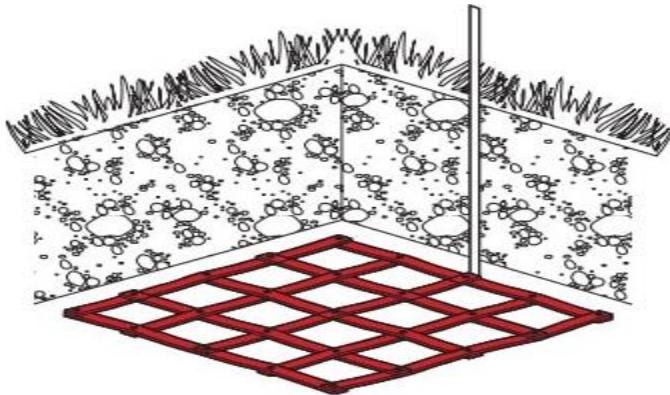


شکل 3-14: کاهش مقاومت به کمک افزایش تعداد الکترودهای افقی



الکترود افقی:

در مناطق سنگلاخی که امکان حفر چاه وجود ندارد و از لحاظ محیطی فضای کافی وجود دارد در عمق 0.5 تا 0.8 متری از سطح زمین نصب می‌شوند این نوع از الکترود به صورت تسمه‌ای، صفحه‌های مشبک و الکترود مش که از جنس مسی یا آهن گالوانیزه است ساخته می‌شود.



شکل 3-15: نمونه‌ای از الکترود افقی به صورت شبکه‌ای یا مش بندی شده

الکترود صفحه‌ای کم عمق

در مناطق مرطوب از الکترود صفحه‌ای کم عمق استفاده می‌شود و حداقل پوشش خاک از لبه بالایی صفحه 1.5 متر است. معمولاً الکترود صفحه‌ای کم عمق در جایی که رطوبت خاک بالا و مقاومت مخصوص خاک پایین است مورد استفاده قرار می‌گیرد. علت اصلی دفن صفحه الکترود در عمق بیشتر دستیابی به نم بیشتر و مقاومت مخصوص کمتر زمین است. بنابراین در مناطقی که خاکی مرطوب دارند، استفاده از الکترودهای صفحه‌ای عمیق محتاج حفاری های عمیق و پرهزینه و چندان معقول نیست [13]. در ایران صفحه مسی به ابعاد 41.5×41.5 سانتیمتر برای مناطق مرطوب شمالی کشور و 51×51 سانتیمتر برای مناطق نیمه خشک مانند تهران و 71×71.5 سانتیمتر برای مناطق کویری استفاده می‌شود.

لازم به ذکر است که جنس و قطر الکترودها با توجه به شبکه‌ی بالا سری باید تغییر کند، الکترود باید بتواند شدیدترین جریان‌ها را از خود عبور دهد بدون آنکه آسیبی ببیند. قطر الکترود در شبکه‌های AC و DC متفاوت است با توجه به عبور جریان در سطح در جریان متناوب و گرم شدن آن، اینطور استنبط می‌شود که قطر الکترود در جریان متناوب کمی بیشتر است.

نحوه‌ی احداث چاه ارت

پس از تعیین نوع الکترود با توجه به ساختار زمین برای الکترود قائم یا صفحه‌ای با عمق زیاد با توجه به شرایط، چاهی به عمق 4-8 متر و قطر حداقل 80 سانتیمتر حفر می‌گردد در اکثر موارد عمق 6 متر لحاظ می‌شود که این عمق به صورت تجربی و با توجه به رطوبت خاک تعیین می‌شود. پس از طراحی ابعاد چاه بایستی چاه ارت را پر نمود.



در ابتدای ماده‌ای به نام بنتونیت زغال و نمک را که جاذب رطوبت است و ناخالصی اصلی آن سدیم است را با آب مخلوط کرده و در انتهای چاه ریخته تا انتهای چاه به عمق ۳۰ سانتیمتر پر شود پس از سفت شدن این محلول صفحه نصب شده را به صورت عمودی روی آن قرار داده و هادی را با جوش احترافی به صفحه متصل می‌کنند. مجدداً محلول بنتونیت و آب را اطراف صفحه ریخته تا محلول روی صفحه را پوشاند. پس از سفت شدن آن مجدداً ۱۰ سانتیمتر بنتونیت خشک را در چاه ریخته و لایه‌ی بعدی را خاک نرم و رس قرار داده و هرچه به دریچه‌ی چاه نزدیکتر شد از خاک با ذرات درشت‌تر و متراکم‌تر استفاده شود و در نهایت روی چاه را با شن و ماسه می‌پوشانند. لازم به ذکر است برای رطوبت‌دهی به چاه یک لوله PVC که در تمام جهات سوراخ شده است را در سراسر چاه قرار داده تا در موقعی که خاک خشک شد با آب دهی مقدار مقاومت را کاهش داد. وجود نمک در محلول و همچنین در خاک باعث خوردگی و ایجاد یک لایه عایقی می‌شود و مانع عبور جریان شده و عملکرد چاه ارت را مختل می‌کند برای جلوگیری از این اتفاق حفاظت کاتدی توصیه می‌شود این کاتد که حدود ۵ درصد وزن صفحه را به خود اختصاص می‌دهد با آزاد کردن یون‌های مثبت مانع از خوردگی می‌شوند. عمر مفید اینگونه چاه‌ها گاهای به ۳۰ سال نیز می‌رسد.

ساختن چاه ارت هزینه‌های گزافی را بر روی دست مصرف کننده‌های خانگی و بخش توزیع سیستم می‌گذارد هر چند در بالا دست شبکه ساخت آن الزامی است. اما در مصرف کننده‌های خانگی برای به دست آوردن مسیری با مقاومت پایینتر جهت محافظت از جان انسان راه حل دیگری نیز وجود دارد. زیرساخت‌های ساختمانی شامل فنداسیون و اسکلت، لوله‌های آب فلزی به واسطه‌ی رابطه‌ی وسیعی که با سطح زمین دارند، در صورت اتصالی بین فاز و بدن، جریان راههای عبوری با مقاومت کمتری را در مسیر خود می‌بینند و از بدن انسان عبور نمی‌کند.

در سیستم اتصال به زمین بعد از چاه ارت انتخاب کابل ارت که بین چاه تا شینه قرار دارد و باید در تمامی مسیر دارای سایز یکنواخت بوده و در صورتیکه جنس آن از آلومینیوم باشد به هیچ وجه نباید سایز آن از نمره ۳۵ کمتر شود بدین ترتیب اگر جنس آن از مس باشد به هیچ وجه نباید سایز آن از نمره ۵۰ کمتر باشد.^[7]

طبقه‌بندی سیستم‌های اتصال به زمین فشار ضعیف

بطور کلی، انواع روش‌های زمین کردن سیستم تغذیه فشار ضعیف به شرح زیر می‌باشد.

➤ سیستم (TN-C-S, TN-S, TN-C) TN

➤ سیستم TT

➤ سیستم IT

حرف اول از سمت چپ نشان دهنده ارتباط سیستم تغذیه با زمین می‌باشد.

T: نول ترانس تغذیه، بطور مستقیم به زمین متصل است.

I: هیچ نقطه از ترانس تغذیه به زمین متصل نیست و یا با امپدانس بالا اتصال دارد.

حرف دوم از سمت چپ نشان دهنده ارتباط بدن هادی مصرف‌کننده با زمین می‌باشد.



N: بدن هادی مصرف کننده‌ها از طریق هادی اتصال زمین منبع تغذیه (ژنراتور) به زمین متصل هستند.

T: بدن هادی مصرف کننده‌ها به سیستم زمین منبع تغذیه (ژنراتور) اتصال ندارند.

در سیستم TN، حروف بعدی :

✓ TN-C: به معنای استفاده از یک هادی مشترک به عنوان هادی نول (N) و هادی حفاظتی (PE) می‌باشد که به صورت (PEN) تعریف شده است.

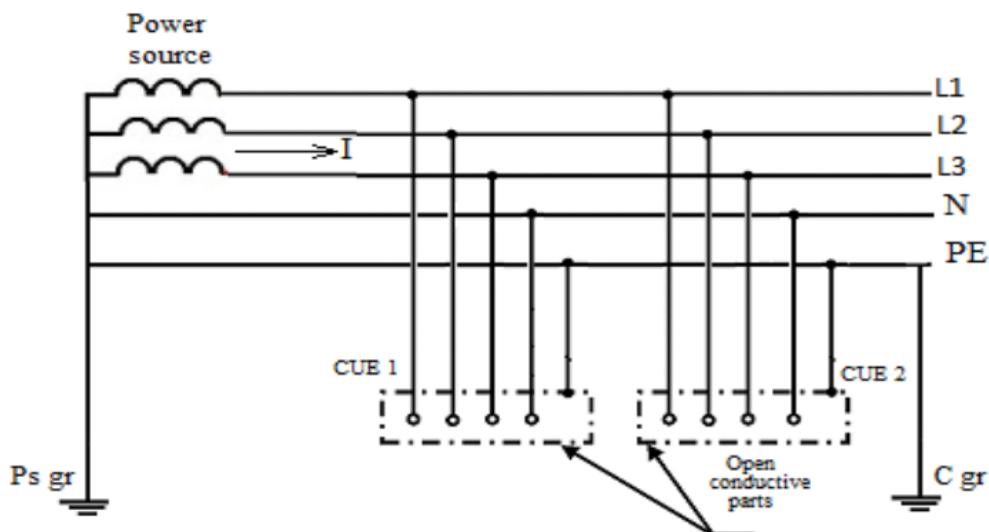
✓ TN-S: نیز به معنای استفاده از دو هادی جداگانه به عنوان هادی‌های نول (N) و حفاظتی (PE) می‌باشد

سیستم TN

سیستم TN متداولترین سیستم توزیع انرژی الکتریکی می‌باشد، در این ساختار نقطه خنثی (N) مستقیماً به زمین وصل است ولی بسته به نوع اتصال بدن تجهیزات به زمین و توزیع سیم حفاظتی PE، از سه سیستم به نام‌های TN-C-S, TN-S, TN-C استفاده می‌گردد.

سیستم TN-S

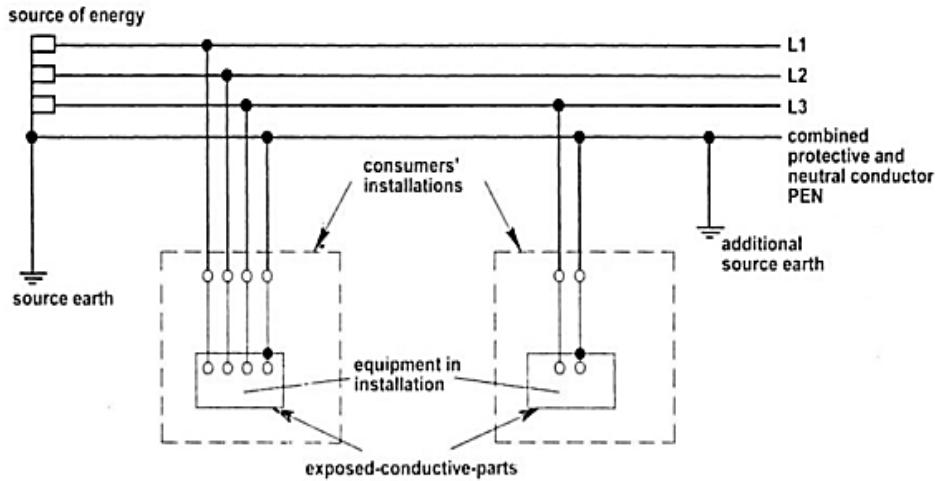
✓ در سیستم TN-S علاوه بر سه هادی فاز، هادی خنثی (N) و هادی حفاظتی (PE) نیز بطور جداگانه از یکدیگر وجود دارند که این دو هادی در منبع به یکدیگر متصل بوده و در بقیه مسیر جدا می‌باشند در سیستم TN-S از هادی نول جریان‌های برگشتی تکفاز عبور می‌کند، از هادی PE در صورت اتصال فاز به بدن جریان خطاب عبور می‌کند.



شکل 3-16: نمونه‌ای از اجرای سیستم TN-S

سیستم TN-C

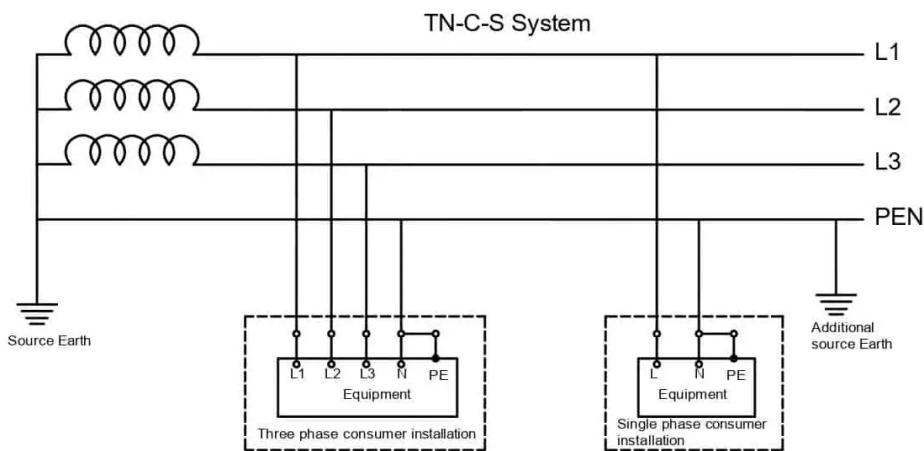
ساختار این سیستم شبیه سیستم TN-S می‌باشد با این تفاوت که در سیستم TN-C دو هادی PE, N به یک هادی PEN تبدیل می‌شود تا وظایف دو هادی را به عهده گیرند.



شکل ۳-۱۷: نمونه‌ای از اجرای سیستم TN-C

سیستم TN-C-S

✓ ترکیبی از دو سیستم TN-S و TN-C می‌باشد به طوری که برای تغذیه بارهای سه فاز از سیستم‌های TN-C و برای ارتینگ تغذیه بارهای تکفاز از سیستم TN-S استفاده می‌شود. پس از جداسازی سیم نول و حفاظتی (تبدیل سیستم به TN-S) مجاز به اتصال دوباره آن‌ها به یکدیگر نیستند.



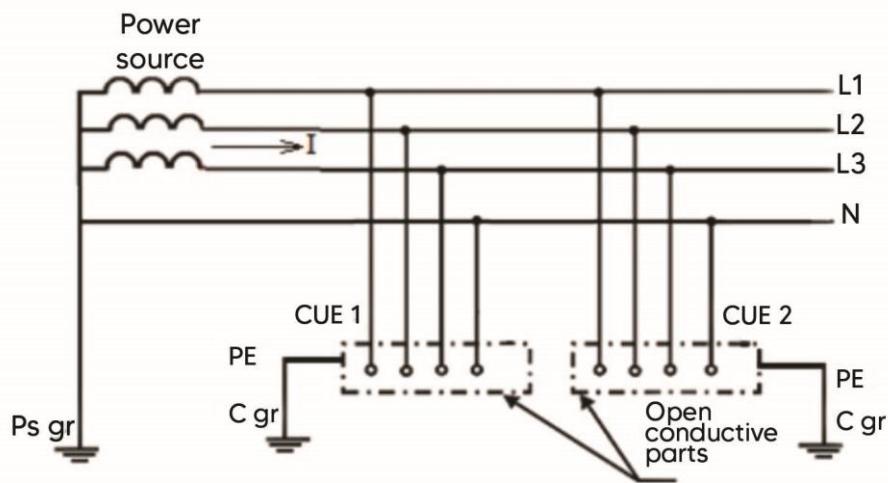
شکل ۳-۱۸: نمونه‌ای از اجرای سیستم TN-C-S

سیستم TT

در سیستم TT نقطه خنثی و بدنه تجهیزات مستقیماً به زمین متصل می‌گردند. در مواردی سیستم را TT در نظر می‌گیرند که از ماهیت ارتینگ تغذیه و نحوه عملکرد عناصر حفاظتی (کلیدها، فیوزها و ...) با خبر نیستند. و یا در مواردی که فاصله‌ی کابلی تجهیز تا منبع زیاد باشد (وجود فاصله‌ی زیاد باعث افزایش امپدانس سیم ارت می‌شود) از



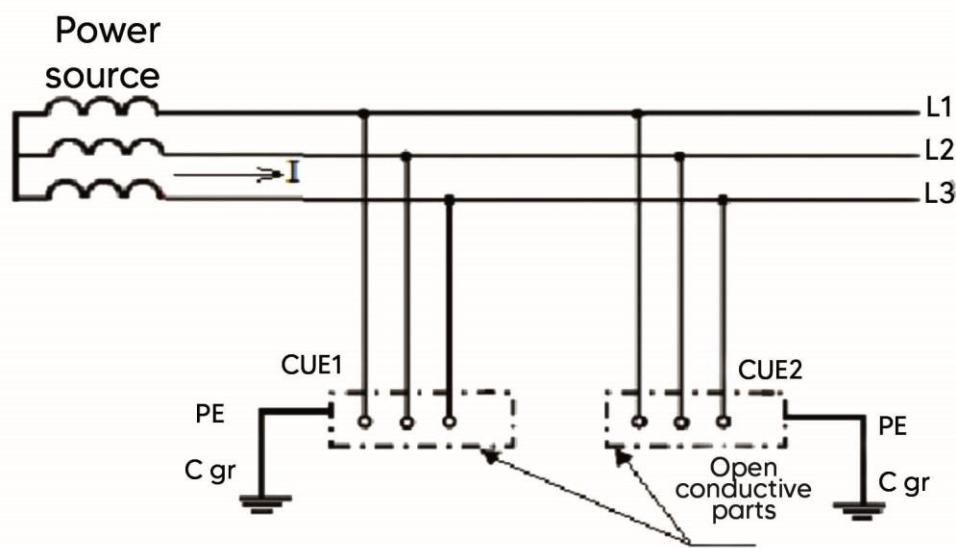
نظر کاربردی سیستم TT ساده‌تر از سیستم TN، IT می‌باشد و بیشترین استفاده را در کشورهای جهان و اروپا دارد. این سیستم به دلیل وجود RCD‌ها در مکانهایی که حفاظت در برابر برق گرفتگی مهم است الیت دارد [14].



شکل ۱۹-۳: نمونه‌ای از اجرای سیستم TT

: سیستم IT

در این سیستم در شرایط کار نرمال به دلیل وجود امپدانس خازنی هادی‌ها X_C فقط یک جریان نشتی اندک بین هادی‌ها و زمین جاری می‌شود که این امر وابسته به گسترش شبکه کابلی می‌باشد. در سیستم‌های سه فاز به دلیل تقارن، این جریان وجود ندارد. در این سیستم با وقوع اولین خطا برق گرفتگی وجود نداشته و به سیستم آسیبی نمی‌رسد اما در اثر بوجود آمدن دومین خطا به دلیل زیاد شدن جریان، سیستم حفاظتی عمل می‌کند.



شکل ۲۰-۳: نمونه‌ای از اجرای سیستم IT

در سیستم IT تا حد امکان سیم نول توزیع نگردد زیرا :

الف - اگر به هر دلیلی نول به زمین اتصال پیدا کند سیستم از TN به IT یا TT تبدیل می‌شود.



ب - در صورت وجود هادی خنثی در این مسیر می‌بایست وسیله حفاظتی مانند فیوز برای آن‌ها پیش‌بینی گردد.

کاربرد سیستم IT :

با توجه به اینکه در سیستم IT در اثر بروز اولین خطا (اتصال بدنه یا فاز به زمین) سبب قطع برق نمی‌گردد و همچنین برق‌گرفتگی به وجود نمی‌آید، لذا در مواردی که قطعی برق مطلوب نمی‌باشد مانند اتاق‌های عمل، کوره‌های ذوب فلزات و شیشه و... استفاده می‌گردد سیستم‌های توزیع IT در توزیع برق شهری متداول نبوده و بکار نمی‌رود. از آنجا که چگونگی نصب ارسترها در سیستم‌های تغذیه TT, TN متفاوت بوده و در نحوه حفاظت و طول عمر ارسترها بسیار مهم است، ضروری است که در ابتدای کار، سیستم ارتینگ تغذیه به درستی تشخیص داده شود [14].

آتش‌سوزی و علل آن

در ایران سالانه 50000 آتش‌سوزی رخ می‌دهد که زنگ خطری برای توجه بیشتر به عوامل آتش‌سوزی است در حالی که بخش بزرگی از حوادث آتش‌سوزی مربوط به آتش‌سوزی منازل مسکونی می‌باشد. طبق آمار علت 30 درصد از آتش‌سوزی‌ها وسایل و تاسیسات برقی بوده است. به موارد زیر که حاوی نکات جالبی در مورد آتش‌سوزی‌های تاسیسات برقی است توجه کنید:

آتش‌سوزی اغلب در خانه‌های یک و دو نفره (83 درصد) رخ داده است.

آتش‌سوزی اغلب در اوایل ماه (12٪) به دلیل افزایش استفاده از وسایل گرمایشی رخ داده است.

تنها در 17 درصد از آتش‌سوزی‌ها، گسترش حریق به جسم محل شروع آتش‌سوزی محدود شده است.

آتش‌سوزی اکثرا در اتاق خواب‌ها (15٪) و اتاق‌های بهار خواب یا فضای خالی از افراد (13٪) شروع می‌شود.

اگرچه بیشتر آتش‌سوزی‌ها از اتاق خواب شروع می‌شوند، ولی بیشترین تعداد تلفات مربوط به آتش‌سوزی واقع در پذیرایی، و قسمت‌های دنج منزل است.

غالب موادی که در این نوع آتش‌سوزی‌ها مشتعل می‌شوند سیم برق و عایق آن (31 درصد) و مصالح مربوط به ساخت منزل مسکونی (18 درصد) بوده‌اند.

عوامل اصلی که در احتراق آتش‌سوزی تاسیسات برقی ساختمان‌های مسکونی نقش دارند از جمله می‌توان به نقص در وسایل برقی (43 درصد)، قوس اتصال کوتاه به علت نامشخص (23 درصد) و قوس اتصال کوتاه ناشی از عایق می‌یوب و فرسوده‌ی وسایل و تاسیسات برقی (11 درصد) اشاره کرد.

علل ایجاد آتش‌سوزی ناشی از الکتریسیته

در ابتدای باید مناطق خطرناک و مواد اشتعالزا موجود در هر محیط را بشناسیم و تجهیزات الکتریکی مناسب با آن محیط انتخاب شود اما باز هم حوادث آتش‌سوزی ناشی الکتریسیته اتفاق افتاده و باعث صدمه‌ی جانی به انسان و خسارات مالی به سیستم الکتریکی گردیده است. همانطور که در بخش مربوط به تقسیم بندی و شناخت مناطق خطرناک بیان شد. برای جلوگیری از آتش‌سوزی باید یکی از عوامل مثلث آتش را از بین برد تا از آتش‌سوزی



جلوگیری به عمل آید در راه رسیدن به این هدف حذف مواد اشتعالزا غیر ممکن بوده زیرا شاکله‌ی اصلی یک فرایند هستند همچنین برای حذف اکسیژن و ایجاد خلا در اطراف مواد اشتعال زا باید هزینه‌ی بالایی را متقبل شد که بصره نیست هرچند در بعضی موارد این عمل انجام می‌شود. پس تنها راه کاهش ریسک آتش‌سوزی جلوگیری از جرقه و آتش‌سوزی تجهیزات برقی است. از جمله عوامل ایجاد جرقه و آتش‌سوزی در سیستم الکتریکی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

اضافه ولتاژ

به ولتاژی که بیشتر از مقدار تعیین شده در طراحی‌ها به مدار یا بخشی از آن می‌رسد اضافه ولتاژ می‌گویند و ممکن است وضعیت خطرناکی را به وجود بیاورد. بر اساس مدت زمان اضافه ولتاژ، ممکن است یک اضافه ولتاژ گذرا یا دائمی باشد. اضافه ولتاژها عوامل مختلفی دارند که در حالت کلی می‌توان به عوامل درون سیستمی و خارجی تقسیم شوند.

الف - علل ایجاد اضافه ولتاژ درون سیستمی عبارتند از ۱- اضافه ولتاژ ناشی از کلیدزنی ۲- اضافه ولتاژ ناشی از خازنی شدن خط و اثر فرانتی^۱ ۳- فرورزونانس^۲ ۴- اتصال کوتاه و جابجایی فاز

ب - علت اضافه ولتاژ خارجی شامل صاعقه است که در فصل بعد به توضیح درباره‌ی آن می‌پردازیم اضافه ولتاژها در تمام سیستم الکتریکی می‌توانند باعث ایجاد خطرات گوناگونی از جمله آسیب به انسان، تجهیزات و حیوانات شود. به همین دلیل محافظت در برابر اضافه ولتاژ دارای اهمیت بالایی است و معمولاً از چند روش زیر انجام می‌شود:

✓ به وسیله قطع اتوماتیک تغذیه در زمان اتفاق افتادن اضافه ولتاژ و جلوگیری از رسیدن اضافه ولتاژ به حد خطرناک

✓ ایجاد محدودیت برای بالاترین میزان اضافه ولتاژ در حدی که خطری برای تجهیزات و افراد نداشته باشد.
✓ استفاده از کلیدهای مینیاتوری و بی‌متال و ذوب شونده و حرارتی که طبق جریان اسمی تجهیزات انتخاب می‌شوند.

✓ استفاده از رله‌ی کنترل فاز برای جلوگیری از جابجایی فاز و رله‌ی کنترل ولتاژ که معمولاً در خروجی ژنراتورها و باس بار اصلی قرار می‌گیرد.

^۱ در صورت بی‌باری، کم باری یا باز شدن انتهای خطوط انتقال بار سلفی خطوط کاهش یافته و به دلیل وجود خازن‌های موازی موجود، ولتاژ انتهای خط بیشتر از ولتاژ تولید شده می‌شود.

^۲ فرورزونانس یک پدیده روزونانس غیر خطی است که بین خازن شبکه و اندوکتانس غیرخطی ترانس در هنگام اشباع رخ می‌دهد. این پدیده می‌تواند منجر به مشکلات عایقی شود.



اضافه جریان

به هر جریانی بالاتر از جریان نامی وسایل و تجهیزات اضافه جریان می‌گویند. اضافه جریان می‌تواند باعث گرم شدن بیش از حد سیم‌ها و تجهیزات شده و باعث از بین رفتن عایق و حتی آتش سوزی شود البته هر اضافه جریانی مضر نیست و در صورتی که در مدت زمان کمی اعمال شود و قبل از داغ شدن سیم‌ها کاهش یابد بلامانع است. موتورهای الکتریکی برای راه اندازی به پنج الی شش برابر جریان نامی نیاز دارند تا در نهایت به سرعت نامی رسیده و جریان مورد نیاز کاهش می‌یابد. لذا ذکر علل ایجاد اضافه جریان و راههای حفاظت در مقابل آن ضروری است.

به طور کلی اضافه بارها باعث به وجود آمدن اضافه جریان می‌شوند حال اینکه اضافه بارها خود دلایل مختلفی از جمله؛ اتصال کوتاه، اتصال زمین و افزایش بار مدار دارند. برای جلوگیری از اضافه جریان‌ها و تاثیرات مخرب آن از رله‌های اضافه بار استفاده می‌شود. اما همانطور که گفته شد روشن شدن موتورها به جریانی چند برابر جریان نامی نیاز دارند و در این حالت رله‌ی اضافه بار عمل کرده و اجازه نمی‌دهد موتور روشن شود برای رفع این مشکل رله‌های اضافه بار با توجه به کلاس موتورها ابتدا مقداری تاخیر در عملکرد خواهند داشت تا موتور روشن شود و با رسیدن به سرعت نامی جریان مورد نیاز کاهش می‌یابد.

ضعف عایقی

وجود پوشش عایقی ضعیف در سیم‌ها باعث گرم شدن آنها و در نهایت وقوع آتش‌سوزی می‌شود. این ضعف عایقی می‌تواند به دلیل طراحی نامناسب مدار و یا کهنه بودن سیم کشی‌ها باشد. به طور معمول هر بیست سال یکبار باید سیم کشی خانه‌ها تعویض گردد زیرا وسایل الکتریکی مورد استفاده در خانه‌ها همواره روبه افزایش است و سیم کشی‌ها نمی‌توانند این مقدار عبور جریان را تحمل کنند. در صورتی که قادر به تعویض سیم کشی‌ها نبودید به این نکته توجه کنید که وسایل مصرفی مختلف را در یک خروجی الکتریکی قرار ندهید. پریزها معمولاً ظرفیت تحمل عبور 16 آمپر را دارند ولی بهتر است بیش از 10 آمپر به طور دائم از آنها عبور داده نشود و خود این اعداد نیز به کیفیت پشت پریز بستگی دارند.

شل بودن اتصالات

اتصال شل باعث افزایش مقاومت در محل اتصال و در نتیجه افزایش دما و حریق می‌شود. لذا همواره در سفت کردن اتصالات نهایت دقت وجود داشته باشد.

نفوذ حیوانات و حشرات مودی به تابلو

نفوذ حیوانات مختلف از جمله مار، پرندگان، موس و... باعث ایجاد اتصال کوتاه در تابلوهای توزیع و خانگی شده و خطر آتش‌سوزی را به وجود می‌آورد به همین دلیل در مناطقی که اتصالات وجود دارد باید محفظه‌ای عایق و غیرقابل نفوذ با تهیه‌ای مناسب ایجاد گردد.



متعادل نبودن بار و سطح مقطع هادی

همواره سطح مقطع هادی و بار مصرفی در طراحی‌ها مورد توجه هستند و باید تعادل مناسبی میان آنها وجود داشته باشد. در صورتی که سطح مقطع کابل و سیم از جریان مورد نیاز بار کمتر باشد اضافه جریان برای سیم اتفاق افتاده و باعث آتش سوزی می‌گردد.

عدم استفاده از واشر فنری

واشر فنری نوعی واشر است که خاصیت فنری دارد. هنگام بستن پیچ در زیر آن فشرده می‌شود و باعث می‌شود پیچ و مهره در اثر ارتعاشات باز نشوند و همچنین سطح تماس کامل شده و مانع از خوردگی در محل اتصال می‌شود.

قوس الکتریکی (آرک) و محافظت در برابر آن

قوس الکتریکی از یونیزه شدن هوای اطراف یک هادی به وجود می‌آید که در خطوط انتقال و بخش تولید باعث هدررفت انرژی و خطای اتصال به زمین شده و علاوه بر این در بخش توزیع و مصارف خانگی باعث آتش سوزی می‌گردد. طبق استاندارد 1994 برق ملی آمریکا تمام تجهیزات موجود در منازل باید از تجهیز محافظ در برابر قوس الکتریکی استفاده کنند تا مانع از آتش سوزی‌ها در منازل شوند در همان سال تعداد آتش سوزی‌های الکتریکی در این کشور از مرز 40000 گذشت و تعداد مرگ و میر ناشی از همین تعداد آتش سوزی 350 نفر و تعداد مصدومین بیش از 1400 نفر اعلام شد همین مسئله و خسارات جانی و مالی، الزام استفاده از قطع کننده‌های تشخیص قوس الکتریکی را به وجود آورد. به همین دلیل حفاظت در برابر آن از اهمیت بالایی برخوردار است.^[15]

علل ایجاد قوس الکتریکی

قوس الکتریکی در بخش توزیع ناشی از سوراخ شدن عایق سیم، اتصالات شل، سیم‌کشی فرسوده، سیم‌هایی زخمی و یا با روکش عایقی ضعیف یا اضافه ولتاژها هستند در حالی که در بخش انتقال دلایل دیگری از جمله اضافه ولتاژها و... باعث آرک و کرونا^۱ می‌شوند.

محافظت در برابر قوس الکتریکی

محافظت در برابر خطای قوس الکتریکی توسط Arc-Fault Current Interrupter (AFCI) صورت می‌گیرد آرکها به سه صورت سری، موازی و زمین اتفاق می‌افتد و باعث افزایش دما در محل برخورد تا 1000 درجه فارنهایت شده و همین مسئله دلیل ایجاد آتش‌سوزی‌های ناشی از قوس الکتریکی می‌شود بریکرهای معمولی توانایی تشخیص اضافه بار یا اتصال کوتاه را دارند و این در حالی است که AFCI‌ها توانایی تشخیص آرکهای سری و موازی و حتی میزان خطر آنها را نیز دارند. در شبکه‌ها و منازل آرکها به دو دسته تقسیم بندی می‌شوند و همه‌ی آنها خط‌نناک نیستند گاهی یک آرک می‌تواند ناشی از روشن کردن یک جارو برقی باشد و یا تغییر حالت یک کلید باعث ایجاد آن شود و گاهی نیز ممکن است در مناطق با آلودگی زیاد و یا ناشی از قطع سیم و باشد.

^۱ پدیده کرونا در اطراف خطوط فشار قوی که جریان متناوب دارند باعث مقداری تلفات الکتریکی و در شدیدترین حالت منجر به قوس الکتریکی و تخلیه کامل می‌شود



برای جلوگیری از عدم عملکرد در برابر آرکهای طبیعی موجود در مدار، نحوه‌ی عملکرد آن به این صورت است این تجهیز همواره میزان جریان عبوری را پایش می‌کند و آن را با شکل موج‌های از پیش تعیین شده‌ی خود مقایسه می‌کند و اگر شکل موج آن با شکل موج پیش فرض خود مطابقت نداشت به مدت چند میلی ثانیه صبر کرده و فرمان قطع صادر شده و مانع از آتش سوزی می‌شود.

فصل چهارم: شناخت دکل‌ها، صاعقه، تابلو برق و پست‌ها



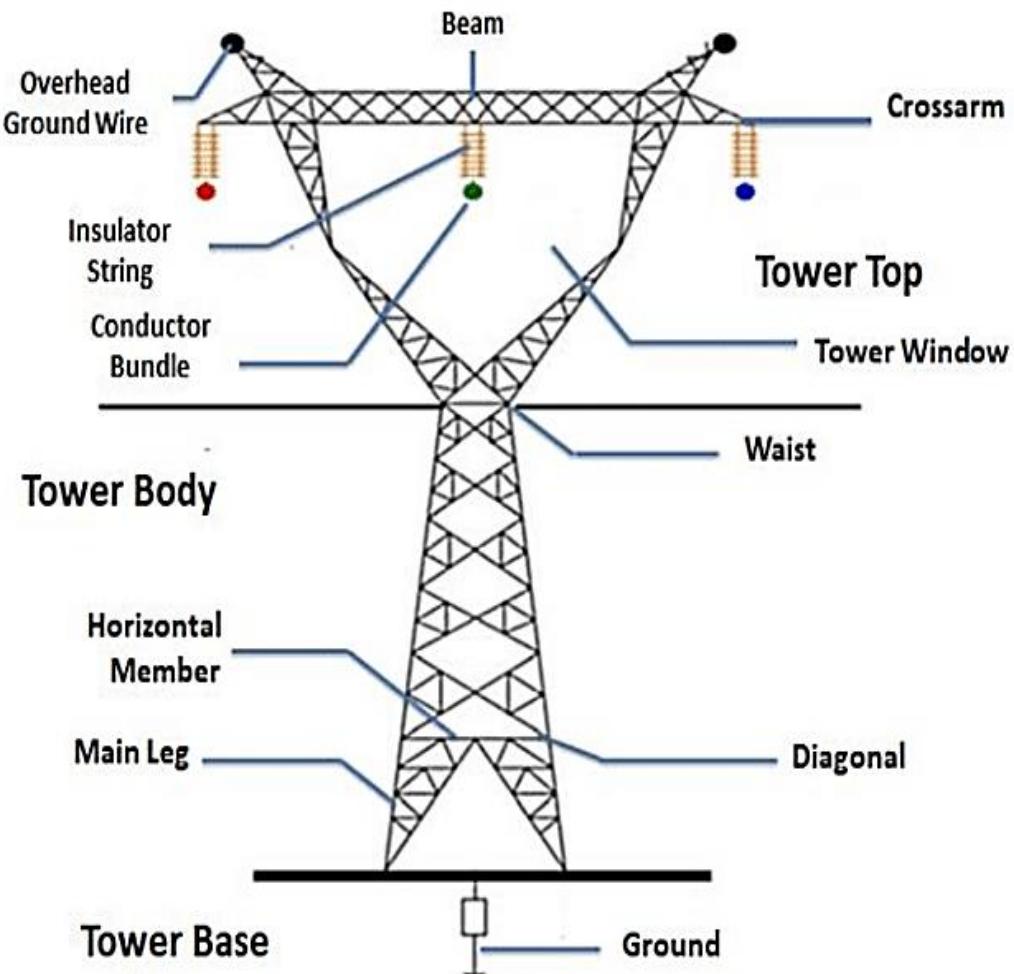
دکل‌ها

در انتقال توان الکتریکی همواره از راههای گوناگونی برای انتقال قدرت استفاده می‌شود و انتخاب روش انتقال وابسته به نوع توان (متناوب و مستقیم) و طول خطوط انتقال و شرایط محیطی می‌تواند متفاوت باشد.

خط انتقال هوایی نوعی از خط انتقال است که در آن از دکل برق و تیر برق برای نگه داشتن کابل‌ها بالاتر از سطح زمین استفاده می‌شود. از آنجایی که در این گونه خطوط از هوا به عنوان عایق کابل‌ها استفاده می‌شود این روش انتقال یکی از کم هزینه‌ترین و رایج‌ترین روش‌های انتقال توان است. دکل برق یک سازه‌ی بلند فلزی است که معمولاً از فولاد ساخته می‌شود و برای پشتیبانی و ممکن ساختن خط انتقال هوایی استفاده می‌شوند. دکل‌ها پایه‌ی اساسی انتقال توان از تولید تا مصرف هستند و شناخت آنها از اهمیت بالایی برخوردار است. دکل‌ها و تیرهایی که برای نگه داشتن کابل‌ها استفاده می‌شود می‌توانند از جنس چوب، فولاد، بتون، آلومینیوم و در برخی موارد پلاستیک مسلح باشند.

بخش‌های مختلف دکل

از نقطه نظر طراحی، دکل‌ها با توجه به سطح ولتاژ قابل انتقال و شرایط آب و هوایی منطقه شکل‌های گوناگونی به خود می‌گیرند. دکل‌های مشبک رایج‌ترین دکل‌ها در خطوط انتقال فشار قوی در ایران هستند که دارای مقاومت بسیار زیادی در برابر بادهای شدید و حتی زمین لرزه هستند نوع دیگر از برج‌های انتقال می‌توان به برج‌های تک پایه اشاره کرد که استفاده از آن در چند سال اخیر قوت گرفته است. در این بخش به کامل‌ترین نوع دکل با تمامی تجهیزات پرداخته شده است.



شکل 4-1: دکل انتقال انرژی الکتریکی

بالاترین بخش از دکل، قله دکل بوده که سیم‌های محافظتی در برابر صاعقه روی آن قرار داده است. عمدتی کابل‌های مورد استفاده در خطوط هوایی از جنس آلومینیوم هستند. اما چون آلومینیوم سبک است و گاه‌ها در فواصل دور، وزن سبک توانایی ثابت ماندن در برابر شرایط جویی مختلف را ندارد و امکان برخورد هادی‌های سه فاز به یک دیگر به وجود می‌آید. لذا از نوعی هادی استفاده می‌شود که مرکز آن از جنس مس بوده و اطراف آن با آلومینیوم پوشانده می‌شود. البته از کابل‌های مسی در برخی خطوط انتقال ولتاژ متوسط و ولتاژ پایین و محل اتصال به مصرف‌کننده استفاده می‌شود.

در طراحی‌ها همواره به دو بخش بازو و تیر نگهدارنده توجه ویژه‌ای می‌شود زیرا نحوه تقسیم وزن هادی‌ها روی دکل توسط این دو بخش تعیین می‌شود. در حقیقت بازوها به واسطه‌ی مقره‌ها هادی‌ها را نگه داشته و تیر تگهدارنده بازوها را در بالای دکل حفظ می‌کند. تمامی دو بخش بازوها و تیرهای نگهدارنده بر روی بخشی به نام قفسه سینه‌ی دکل سوار می‌شوند که با توجه به مدل طراحی ممکن است داری پنجره و یا فاقد آن باشد. به تمامی آنچه که پایین تر از کمر برج قرار دارد بدن‌های دکل می‌گویند که با تغییرات ارتفاع در آن فاصله‌ی بین هادی‌ها با زمین تغییر می‌کند که باید بر یک فوندانسیون مستحکم سوار باشد. [16]



تشخیص سطح ولتاژ خطوط انتقال

افراد شاغل در شبکه‌های برق و نیروهای امدادرسان به جهت شغلشان نیازمند اطلاعاتی در زمینه‌ی میزان ولتاژ عبوری از هادی‌ها دارند که به واسطه‌ی آن میزان فاصله‌ی ایمن از این هادی‌ها رعایت شود. برای تشخیص سطح ولتاژ دو راه اساسی وجود دارد که عبارتند از :

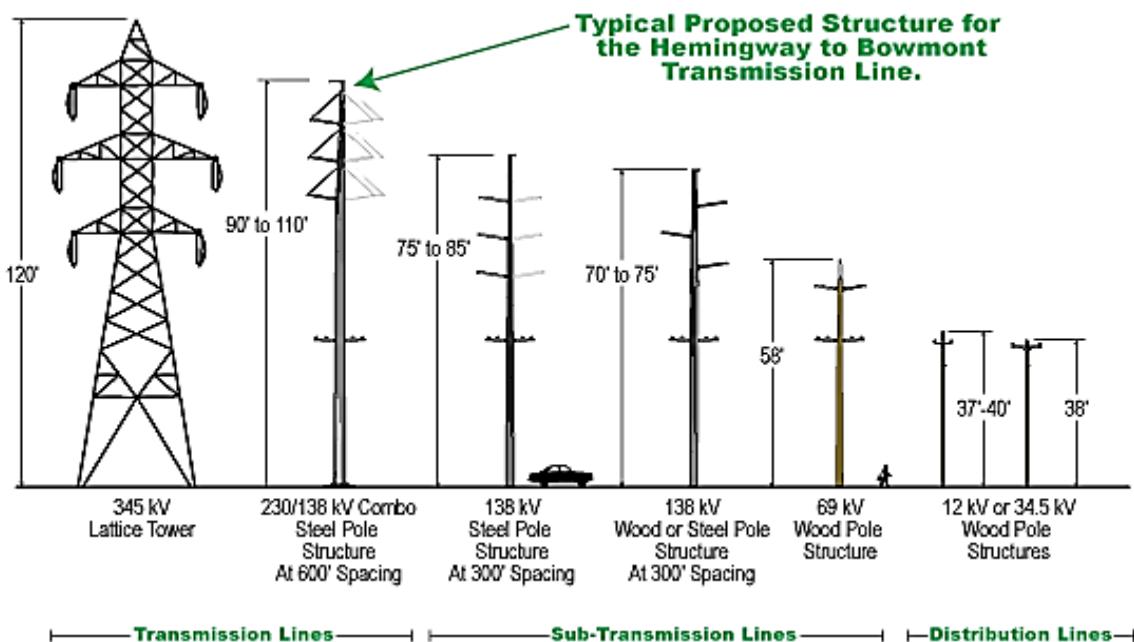
الف - ارتفاع دکل

ب - تعداد مقره‌ها

تشخیص سطح ولتاژ توسط ارتفاع دکل

وقتی راجع به میزان فاصله‌ی ایمن از خطوط انتقال و دکل صحبت می‌شود سه نوع از خطوط انتقال، توزیع و مخابراتی مورد بحث خواهند بود. در ابتدا باید مطلع باشید که سطح ولتاژ بین 0-600 ولت را ولتاژ پایین و به ولتاژهای بالاتر از 600 ولت، ولتاژ بالا گفته می‌شود که هر دو مورد خطرناک بوده اما میزان فاصله‌ی ایمنی با هر ولتاژی متفاوت است.

هر هادی با سطح ولتاژ متفاوت داری یک محدوده‌ی ایمن است و نباید وارد این محدوده شد لذا با توجه به همین مسئله دکل‌های مختلف با سطح ولتاژ متفاوت دارای ارتفاع گوناگون هستند و با توجه به افزایش سطح ولتاژ ارتفاع نیز افزایش پیدا می‌کند تا خطری برای انسان و تجهیزات ایجاد نشود. با استناد به این موضوع با توجه به ارتفاع دکل و اطلاعات موجود در شکل 2-4 می‌توان سطح ولتاژ را تشخیص داد.^[17]



شکل 2-4: ارتفاع لازم برای سطوح ولتاژی مختلف



تشخیص سطح ولتاژ به کمک تعداد مقره ها

در سیستم های قدرت از مقره الکتریکی برای جلوگیری از عبور جریان های ناخواسته به زمین استفاده می شود. مقره نقش مهمی در سیستم های الکتریکی ایفا می کند. و یک مسیر با مقاومت بسیار بالا است که جریانی از آن عبور نمی کند و باید بین دکل یا تیر و هادی های جریان قرار گیرد تا از عبور جریان هادی ها به زمین (از طریق بدنه دکل ها یا تیرها) جلوگیری شود. بعلاوه باید بتواند وزن هادی که بر روی آن قرار دارد را تحمل کند. از مقره ها در پست ها و نیروگاه ها برای عبور هادی و جلوگیری از برخورد آن با بدنه تجهیزات استفاده می شود.

با توجه به مواد سازنده ای آنها انواع مختلفی از جمله چینی (آلومینیوم سیلیکات)، شیشه ای (مخلوطی از آهک و پودر کوارتز ذوب شده) و مقره کامپوزیتی (ترکیبی از مواد پلیمری) دارند و از لحاظ کاربرد نیز انواع گوناگونی از جمله مقره ای اتکایی، عبوری، کششی، و مقره مهار تقسیم می شوند.



شکل 4-3: انواع مقره ها از لحاظ جنس و طراحی

هر دیسک از مقره قادر به تحمل ولتاژی تا حدود 11kv را دارد و برای سطح ولتاژ بالاتر این دیسک ها را به صورت سری با هم قرار داده تا ولتاژ بالاتری را تحمل کرده و دچار شکست نشوند. هر چند گاهی از مقره های یکپارچه نیز استفاده می شود که اکثر از جنس کامپوزیت ساخته می شوند و مزیت های بیشتری نسبت به دو مدل دیگر دارد اما باز هم تعداد دیسک های روی آن قابل شمارش بوده و می توان به کمک تعداد دیسک ها به سطح ولتاژ هادی رسید.

خطوط برق 0.4 کیلوولت که در همه شهرک ها یافت می شود. این سطح ولتاژ همیشه از عایق های پین ساخته شده از جنس چینی یا شیشه ای استفاده می کنند. دکل یا تیر آنها از بتن یا چوب ساخته شده اند. در این سطح از ولتاژ دو سیم در یک خط تک فاز وجود دارد و اگر سه فاز باشد، چهار سیم یا بیشتر بر روی تیر قرار می گیرد.

سطح ولتاژ بعدی بین 6 و 10 کیلوولت هستند. از نظر بصری، سطوح ولتاژ در این محدوده قابل تشخیص نیستند. زیرا همیشه سه سیم وجود دارد. هر کدام از دو عایق چینی یا شیشه ای به صورت پین یا یک دیسک و حداقل فاصله تا قطعات رسانای جریان 0.6 متر تعیین شده است.



در خط انتقال برای ولتاژ 66 کیلو ولت از 3 تا 5 مقره آویزان در یک حلقه برای هر یک از سیم‌های سه فاز استفاده می‌شود. به طور معمول، چنین انتقال هوایی از شهرها عبور نمی‌کنند. فاصله مجاز در نظر گرفته شده از اجسام رسانا 0.6 متر است. تکیه‌گاه‌ها باید بتنی یا فلزی تقویت شده باشند.

در یک خط انتقال برق 110 کیلوولت، هر یک از سیم‌ها از یک رشته عایق معلق بین 6-9 عدد آویزان می‌شوند. حداقل فاصله نزدیک به هادی‌ها 1 متر است و نباید به این فاصله تجاوز کرد. مواد مورد استفاده برای تکیه‌گاه در این سطح ولتاژ بتن یا فلز است.

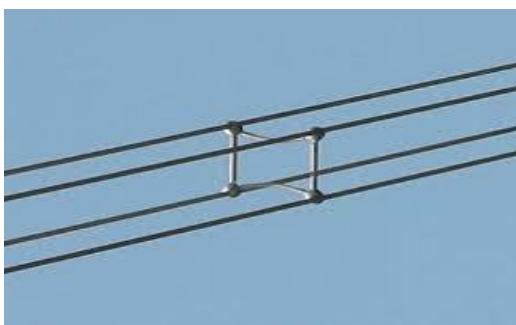
برای سطح ولتاژ 150 کیلو ولت هادی از 8-9 عدد دیسک که به صورت رشته ای پشت هم قرار دارند آویزان می‌شود و فاصله 1.5 متر از هادی‌های جریان توصیه می‌شود.

زمانی که ولتاژ 220 کیلو ولت باشد، تعداد مقره‌های مورد استفاده در محدوده 10 تا 40 واحد است. فاصله اجسام رسانا تا هادی‌ها نباید از 2 متر کمتر باشد.

در سطوح بعدی خطوط برق فشار قوی، تفاوت در تعداد سیم در هر فاز ظاهر می‌شود. اگر دو هادی روی یک فاز (باندل شده) باشد و عایق‌ها در رشته‌های 14 تایی نصب شده باشند، با ولتاژ 330 کیلوولت سرو کار دارید. حداقل فاصله تا قطعات رسانا در آن 3.5 متر در نظر گرفته می‌شود.

اگر فاز به 2-3 هادی باندل شود و عایق‌های آویزان یک رشته‌ی 20 عددی باشد، ولتاژ خط هوایی 500 کیلوولت است. فاصله کمتر از 3.5 متر تا سیم‌ها خطرناک محسوب می‌شود.

در صورت باندل کردن فاز به 4 یا 5 هادی که اتصال آنها دایره‌ای یا مربعی است و وجود 20 مقره یا بیشتر در هر رشته، ولتاژ خط هوایی 750 کیلوولت است. و حداقل فاصله‌ی جسم رسانا از آنها 5 متر است. [17]



شکل 4-4: باندل سه تایی و چهار تایی

حریم امن اطراف دک

هر هادی در سیستم انتقال داری یک حریم امنی است که نباید وارد آن شد و یا حداقل با رعایت ملاحظات خاص وارد این ناحیه شد این حریم امن با سطح ولتاژ ارتباط مستقیم دارد و هرچند سطح ولتاژ بالاتر باشد این فاصله‌ی امن بزرگتر خواهد بود طبق استاندارد تجهیزات حداقل باید 10 فوت فاصله از خطوط برق با ولتاژ تا 50 کیلوولت را داشته باشند. برای خطوط با ولتاژ بالاتر از 50 کیلو ولت، فاصله مورد نیاز حتی بیشتر است وقتی از ولتاژ خط برق مطمئن نیستید، برای ولتاژهای تا 350 کیلو ولت 20 فوت و برای ولتاژهای بیشتر از 350 کیلو ولت 50 فوت فاصله



بگیرید. جرثقیل‌ها و نردهان‌های آتش نشانی و.... باید قبل از شروع کار اقدامات بیشتری را انجام دهند. در صورت عدم تشخیص سطح ولتاژ هادی انتقال قبل از شروع کار با شرکت برق محلی تماس بگیرید تا ولتاژ خطوط برق را شناسایی کنید. (هر فوت تقریباً معادل 30 سانتیمتر است)

جدول 4-1: فاصله‌ی ایمن از سطوح مختلف ولتاژ

فاصله‌ی ایمن	سطح ولتاژ
0-50kv	10 feet
50-200kv	15 feet
200-350kv	20 feet
350-500kv	25 feet
500-700kv	35 feet

علاوه بر این باید به چند نکته‌ی دیگر جهت جلوگیری از آتش‌سوزی و برق گرفتگی توجه نمود:

* ساختمان‌هایی با مساحت زیر 186 متر مربع و با اسکلت آهنه از نزدیکترین سیم هادی به اندازه 31 الی 61 متر باید فاصله داشته باشند.

* ارتفاع محصولات کشاورزی و گیاهی کاشته شده در مزارع حریم دکل‌ها نباید از 3 متر بلندتر باشند.

* سیم‌های خارداری که موازی با خطوط انتقال فشار قوی و به فاصله 38-77 متر رد شده به طول بیش از 1830 متر باید در فواصل معین با میله‌ی که تا عمق 61 سانتی متری زمین پایین رفته در زمین نصب شده باشند. (جلوگیری از ایجاد ولتاژ ناشی از کوپلینگ خازنی در سیم خاردار)

باید از انتقال خطوط آبرسانی و سوخت و هر نوع کابل زیرزمینی از نزدیکی خطوط فشار قوی اجتناب کرد، همچنین در صورت لزوم باید حداقل 15 متر فاصله از دکل داشته باشند.

صاعقه و سیستم‌های حفاظت در برابر آن

صاعقه، نوعی تخلیه الکتریکی است که برای ایجاد تعادل بین بارهای مثبت و منفی درون یک ابر، بین دو ابر، یا بین ابر و زمین تولید می‌شود. براساس مطالعات به عمل آمده توسط متخصصین تعداد رعد و برق در هر لحظه در سراسر دنیا بین 1500 تا 2000 بار می‌باشد که باعث ایجاد 100 صاعقه در هر ثانیه می‌شود که به معنای 7 الی 8 میلیون صاعقه در طول شباهه روز است و این عدد هرساله در حال افزایش است. تخلیه‌ی صاعقه باعث به خطر افتادن جان انسان‌ها، و آسیب به ساختمان‌ها و تجهیزات فنی می‌شود. به طور ویژه، صاعقه‌های الکتریکی هر ساله چند صد میلیون یورو خسارت وارد می‌کنند.

نحوی تشکیل صاعقه

برای پیدایش این پدیده ابتدا باید ابرهای داری بار به وجود آیند در پیدایش این پدیده طبیعی دو عامل نقش اساسی دارند. یکی عامل حرکت هوا خصوصاً از سطح زمین به طرف بالا می‌باشد و دیگری وجود رطوبت در ارتفاع بالا است. حرکت هوا یا باد به طرف بالا ممکن است ناشی از گرم شدن سطح زمین بر اثر تابش آفتاب بوده یا به دلیل



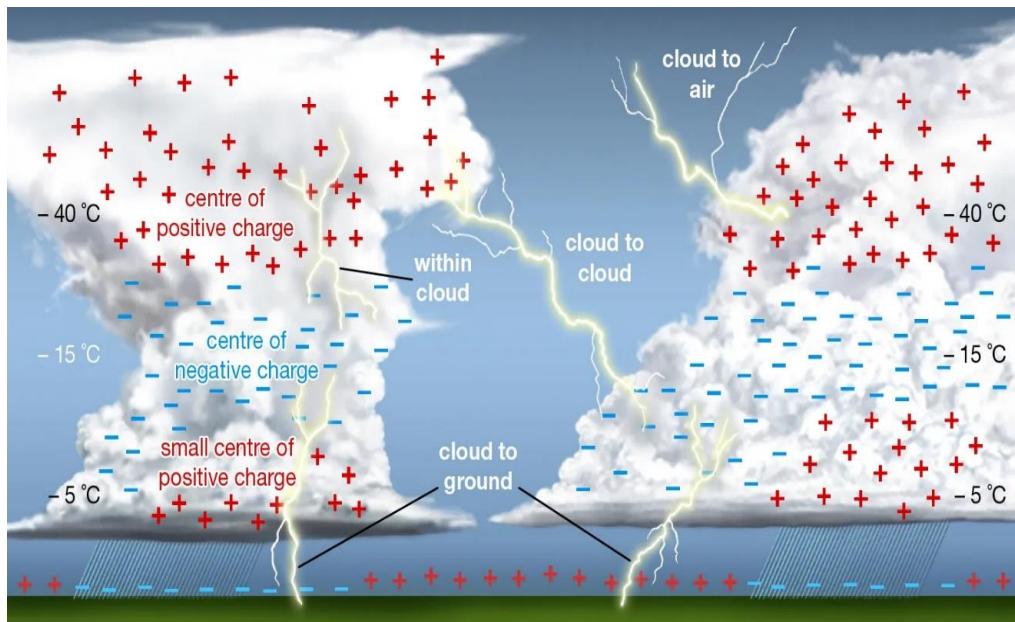
حرکت لایه‌های هوا در جهت افقی یا صعود آن‌ها در دامنه کوه باشد و رطوبت هوا ممکن است در اثر تبخیر آب در سطح زمین و یا نفوذ هوا مرطوب جانبی باشد.

باردار شدن ابرها شباهت زیادی به باردار کردن اجسام توسط اصطحکاک دارد. ابرها حاوی میلیون‌ها قطره معلق آب و ذرات یخ هستند که به صورت متلاطم در حال چرخش هستند با تبخیر آب از زمین و بالا رفتن آنها به ارتفاعات با دمای کمتر مجدداً به آب تبدیل شده و این آب و رطوبت تبخیر شده‌ی زمین با قطرات آب درون ابرها برخورد می‌کنند در این برخوردها الکترون‌ها از قطرات آبی که در حال بزرگ شدن هستند جدا می‌شوند و این فرآیند باعث جدایی الکترون‌های منفی از قطره آب می‌شود. بارهای منفی به بخش پایین تر ابر سقوط می‌کنند و بارهای مثبت در بخش‌های میانی و بالاتر می‌مانند، موقعی که اختلاف بارها به قدر کافی بزرگ شد، یک جریان الکتریسیته بین بارهای مثبت و منفی برقرار می‌شود این جریان می‌تواند داخل ابر یا بین دو ابر یا بین زمین و ابر باشد به این ترتیب مجموعه ابر، هوا و زمین به یک خازن بسیار بزرگ تبدیل می‌شوند که لحظه به لحظه بار آن بیشتر می‌شود و اختلاف پتانسیل دو قطب آن افزایش پیدا می‌کند بالاخره مقدار این بار الکتریکی آنقدر زیاد می‌شود که اختلاف پتانسیل بین ابر و زمین به 10 تا 100 میلیون ولت رسیده و میدان الکتریکی حاصل از چنین اختلاف پتانسیلی می‌تواند هوا را با اینکه در حالت عادی نارسانا است در یک سیر خاص یونیزه و آن را به رسانا تبدیل کند و به محض ایجاد چنین مسیری از مولکول‌های یونیزه رسانا از ابر تا زمین، بارهای الکتریکی به طرف هم حرکت می‌کنند و در عرض 0.0001 ثانیه جریان وحشتناکی در حدود 30 هزار آمپر از هوا یونیزه با سرعت 300 کیلومتر در ثانیه می‌گذرد. اما هر جریانی ضمن عبور از ماده با مقاومت اتم‌های آن روبرو می‌شود و این مقاومت بخشی از انرژی الکتریکی را به گرما تبدیل می‌کند. این گرما باعث می‌شود دمای هوا در مسیر آذرخش به 30 هزار درجه سانتی‌گراد برسد، که این تغییر ناگهانی دما حجم هوا را 100 برابر کرده و باعث شنیده شدن صدای رعد می‌شود.

انواع ساعقه

ساعقه‌ها به انواع میان ابر و زمین، میان ابر و ابر، و نوع درون ابری تقسیم می‌شوند. بسته به نوع بار الکتریکی، انواع زیر چند نوع ساعقه معروف هستند:

- ✓ منفی ابر به زمین
- ✓ مثبت ابر به زمین
- ✓ مثبت زمین به ابر
- ✓ ساعقه درون ابری



شکل 4-5: انواع صاعقه‌ی تولیده شده

مشاهدات نشان می‌دهد 90 درصد از تخلیه‌های صاعقه که بین ابر و زمین رخ می‌دهد از نوع صاعقه‌ی منفی ابر به زمین هستند، در این حالت، صاعقه در بخشی از ابر که دارای بار منفی است شروع شده و به سمت زمین با بار مثبت گسترش می‌یابد. با این حال، اکثر صاعقه‌ها در داخل خود ابر رخ می‌دهند، یا این که بین یک ابر با ابر دیگر به وقوع می‌پیوندند وقوع صاعقه‌های مثبت، 5% از کل تمام صاعقه‌های رخ داده در یک بازه زمانی است. صاعقه‌های مثبت آسیب‌های جدی‌تری را به همراه دارند زیرا که شدت آن‌ها بیشتر است.

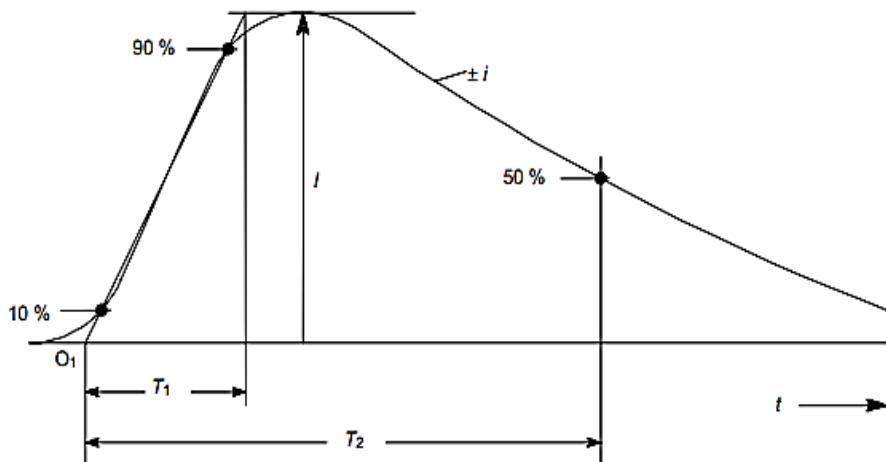
برای ما تخلیه الکتریکی از سمت ابر به زمین در طراحی سیستم حفاظت در برابر صاعقه اهمیت دارد. این تخلیه در دو مرحله اتفاق می‌افتد. مرحله اول از سمت ابر شروع می‌شود و در مرحله دوم فرایند، از زمین یا سازه شروع می‌شود.

حفاظت در برابر صاعقه

برای حفاظت در برابر صاعقه باید میزان اهمیت قسمت مورد حفاظت تعیین شود و با توجه به آن الزامات حفاظتی تعیین می‌شود به همین منظور اکثر استانداردهای ارائه شده راهکار خاصی را پیش گرفته‌اند به این صورت که تمامی تجهیزات را از نقطه نظر اهمیت به چهار بخش تقسیم کرده و با توجه به این سطوح حفاظتی پارامترهای حفاظت تغییر پیدا می‌کنند. برای مثال حفاظت از یک مخزن قابل اشتعال نسبت به یک ساختمان مسکونی با ارتفاع کم متفاوت خواهد بود از این رو سیستم‌های حفاظت صاعقه (LPS) مختلف ایجاد می‌شود. این سیستم‌های حفاظتی از سطوح حفاظت صاعقه (LPL) نشست می‌گیرند. هر صاعقه دارای میزان ولتاژ و جریان و در نتیجه‌ی انرژی متفاوتی است. از این رو با توجه به همین تفاوت‌ها صاعقه‌ها را در چهار سطح تقسیم بندی می‌کنند که هر سطح مستلزم رعایت سیستم حفاظت در خود را می‌باشد.



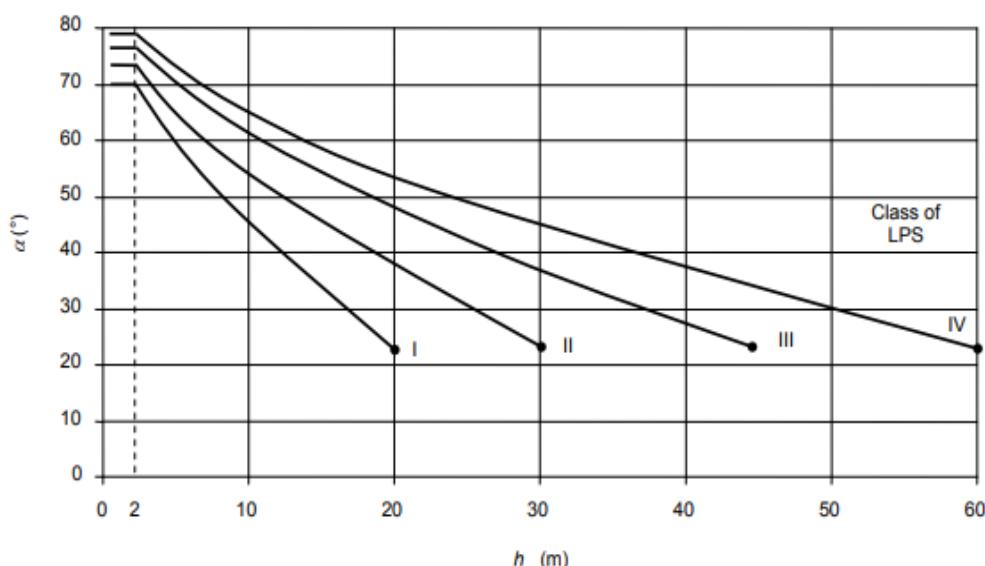
صاعقه دارای شدت جریان بالا و انرژی زیادی است و این انرژی در یک لحظه‌ی کوتاه تخلیه می‌شود و معمولاً آن را به صورت تابع ضربه در نظر می‌گیرند و گاهی نیز به صورت چند تابع ضربه ظاهر می‌شود و مقدار پیک انرژی آن کاهش می‌یابد نمودار جریان - زمان صاعقه به شکل زیر است. [18]



شکل 4-6: نمودار تغییرات جریان صاعقه و پارامترهای آن

در این نمودار زمان بر حسب میکرو ثانیه و T_1 مقدار زمان لازم برای رسیدن جریان از 10 % به 90 % پیک است و T_2 مقدار زمان لازم برای رسیدن جریان در حالت نزولی به 50 % مقدار پیک است.

متناظر با هر سطح LPS، یک LPL تعریف می‌شود. و با توجه به جدول بالا تمامی سازه‌ها و محیط‌های قابل حفاظت با توجه به اهمیت آن‌ها در یکی از سطوح حفاظتی قرار داده می‌شوند و با توجه به LPS مربوطه پارامترهای محافظتی تغییر خواهند کرد این پارامترها در شکل 4-10 به نمایش در آمده است و همچنین مقدار تغییرات زاویه آلفا به صورت نمودار زیر قابل تغییر است.



شکل 4-7: میزان زاویه‌ی آلفا برای سطوح مختلف حفاظتی صاعقه



برای حفاظت در برابر صاعقه دو روش کلی پیشنهاد شده است:

الف) حفاظت مستقیم (خارجی) از ساختمان‌ها و تجهیزات

ب) حفاظت ثانویه (داخلی)

پس از برخورد صاعقه به زمین یا ساختمان، وسایل الکترونیکی داخل ساختمان‌هایی که تا شعاع ۱.۵ کیلومتری از محل برخورد و در محدوده میدان الکترومغناطیسی ایجاد شده قرار دارند، در معرض کوپلاژ مقاومتی، سلفی و خازنی خواهند بود. حفاظت موثر این تجهیزات در مقابل ولتاژهای القایی زمانی امکان‌پذیر است که کلیه سیستم‌های حفاظت داخلی همراه با حفاظت خارجی ساختمان هم زمان نصب شده باشند.

حفاظت خارجی

صاعقه گیر

اولین راهکار میله برق‌گیر توسط بنجامین فرانکلین ارائه شد وی معتقد بود که صاعقه به نقاط با ارتفاع بالاتر برخورد می‌کند و با قرار دادن یک میله‌ی نوک تیز در بالای ساختمان‌ها و اتصال موثر آن به زمین توانست اولین روش محافظت از صاعقه را ارائه دهد. این ایده بر این اصل استوار است که قدرت میدان الکتریکی در اطراف یک جسم نوک تیز زیاد است. میدان‌های الکتریکی شدید اطراف یک جسم نوک تیز باعث یونیزه کردن هواست شده و توانایی هدایت الکتریکی را افزایش می‌دهند. این نظریه بیان می‌کند که با نزدیک شدن ابر باردار قطبی شده یک مسیر رسانا بین ابر با بار ثابت و میله برق‌گیر به وجود می‌آید. طبق این نظریه بارهای ساکن به تدریج در طول این مسیر به سمت زمین حرکت می‌کنند و بنابراین احتمال تخلیه ناگهانی و انفجاری کاهش می‌یابد.

صاعقه گیرهای اکتیو (فعال)

صاعقه گیرهای اکتیو به مجموعه حفاظتی مبتنی بر استفاده از صاعقه گیرهای یونیزه کننده هوا در راستای ایجاد محیطی یونیزه در اطراف محل نصب صاعقه گیر فعال جهت جذب ضربه مستقیم صاعقه و هدایت آن به سمت سیستم زمین گفته می‌شود.

بسته به چگونگی انجام عملیات یونیزاسیون این گونه صاعقه گیرها به دسته‌های مختلف تقسیم می‌شوند، از قبیل:

۱- صاعقه گیر الکترونیکی خازنی

مکانیسم عملکرد این صاعقه گیر بر اساس وجود پتانسیل الکتریکی اتمسفر طراحی شده و در صورتی که شرایط جوی فاقد پتانسیل الکتریکی باشد این صاعقه گیر همانند یک برق‌گیر ساده است و فعالیتی ندارد. واحد حسکننده این صاعقه گیر وقتی انرژی الکتریکی اتمسفر فراتر از حد معینی (مثلاً ۵ کیلو ولت بر متر) می‌رود، واحد شارژ را برای جمع آوری انرژی بکار می‌اندازد. این واحد تا پر شدن خازن‌های یک مدار الکترونیکی بکار ادامه می‌دهد. همین واحد وقتی میزان پتانسیل اتمسفر از حد معینی (نزدیک به وقوع صاعقه مثلاً در حدود 100 کیلو ولت بر متر) عبور کرد، واحد شارژ دستور تخلیه خازن‌ها را به الکترود میانی متصل به زمین می‌دهد. اینکار باعث یونیزاسیون هواست



اطراف ساعقه‌گیر خواهد شد. اینکار بصورت متوالی تکرار شده و با افزایش پتانسیل اتمسفر شدت می‌باید. روش عملکرد این نوع ساعقه‌گیر بعلت وابستگی مطلق به شرایط جوی ساعقه خیز بهترین کارآیی را دارد.



شکل 4-8: نمونه‌ای از ساعقه‌گیر خازنی

2- ساعقه‌گیر اتمی

اینگونه ساعقه‌گیرها در گذشته کاربرد داشت و بر اساس ارتعاشات اتم‌های رادیو اکتیو (اتم سزیم) عملیات یونیزاسیون هوا را انجام می‌داد ولی امروزه به علت اثرات زیست محیطی استفاده از این ساعقه‌گیرها ممنوع شده است .

3- ساعقه‌گیر بادی یا پیزو الکتریک

این نوع ساعقه‌گیر از یک محفظه خالی با مسیر ورود و خروج دوکی شکل آیرو دینامیک ساخته شده که ورود و خروج هوا از آن طی یک سیکل و مسیر مشخص صورت می‌پذیرد و سبب ارتعاش یک الکترود عمودی می‌شود. الکترود موصوف به یک سلول پیزوالکتریک متصل است. نوسانات الکترود سبب ایجاد الکتریسیته ساکن در سلول می‌شود و این انرژی ذخیره شده بین الکترود و جداره خارجی ساعقه‌گیر تخلیه شده و سبب یونیزاسیون هوای اطراف خواهد شد. تکنیک فوق خودکفا اما بسیار حساس و آسیب‌پذیر است. چراکه ورود یک جسم خارجی و عدم خروج آن به سبب مسیر دوکی شکل خروجی ممکن است باعث انسداد مسیر و از کار افتادن دستگاه شود. ضمن اینکه وزش هر نوع باد (که لزوماً ساعقه‌ای به دنبال ندارد) باعث شارژ شدن بی‌مورد دستگاه و کاهش طول عمر سلول پیزوالکتریک و عملکرد ارتعاشی آن می‌شود.

4- ساعقه‌گیر خورشیدی

این نوع ساعقه‌گیر مجهز به باتری و تعدادی سلول خورشیدی دریافت کننده انرژی است که در تابش نور آفتاب سبب شارژ شدن باتری و ذخیره الکتریسیته در آنهاست. این انرژی بایستی در لحظه مناسب باعث تخلیه و یونیزاسیون هوا شود. صرف نظر از مکانیسم عمل آن، این نوع ساعقه‌گیرها هم به علت وابستگی شدید به باتری، فتوسل (طول عمر باتری و زمان محدود ذخیره انرژی) عملأً مکانیسم مناسبی برای تضمین ایمنی نیستند چرا که



هیچ اطمینانی وجود ندارد که هوای ابری و غیر آفتایی کمتر از ساعات شارژ ماندن باتری طول خواهد کشید و اگر بیشتر باشد، قطعاً از صاعقه‌گیر فوق کاری ساخته نیست.

چند نکته اساسی در طراحی سیستم حفاظت در برابر صاعقه توسط صاعقه‌گیر الکترونیکی

- ✓ صاعقه‌گیر الکترونیکی باید حداقل 2 متر بالاتر از هر تجهیزی که قرار است حفاظت شود، نصب شود.
- ✓ اتصال هر صاعقه‌گیر الکترونیکی توسط دو هادی نزولی که از روی فضای خارجی ساختمان پایین می‌آیند به سیستم زمین انجام می‌شود.
- ✓ هادی‌های نزولی صاعقه‌گیر الکترونیکی از هم مجزا باشند و ترجیحاً از روی دیوارهای متفاوتی به سمت پایین هدایت شوند.
- ✓ در هر متر حداقل باید از سه عدد بست دیواری جهت هدایت هادی‌های نزولی صاعقه‌گیر الکترونیکی به سمت پایین استفاده شود.
- ✓ سطح مقطع هادی‌های نزولی صاعقه‌گیر الکترونیکی باید حداقل 50 میلیمتر مربع باشد.
- ✓ هادی‌های نزولی صاعقه‌گیر الکترونیکی باید در 2 متری سطح زمین درون باکس محافظ قرار گیرند.
- ✓ شمارنده صاعقه گیر الکترونیکی باید در درون باکس محافظ به هادی‌های نزولی وصل شود.
- ✓ توصیه می‌شود میان هادی‌های نزولی صاعقه‌گیر الکترونیکی با لوله‌های گاز روکار حداقل 5 متر فاصله در نظر گرفته شود.
- ✓ میزان فاصله‌ی هادی‌های میانی در اطراف یک ساختمان با توجه به سطح حفاظت صاعقه‌ی آن متفاوت است و از جدول زیر طبعیت می‌کند.

جدول 4-2: فاصله‌ی مناسب هادی‌های نزولی

فاصله‌ی مناسب هادی‌های میانی نزولی	کلاس حفاظتی
1	10m
2	10m
3	15m
4	20m

صاعقه‌گیرهای پسیو (غیر فعال)

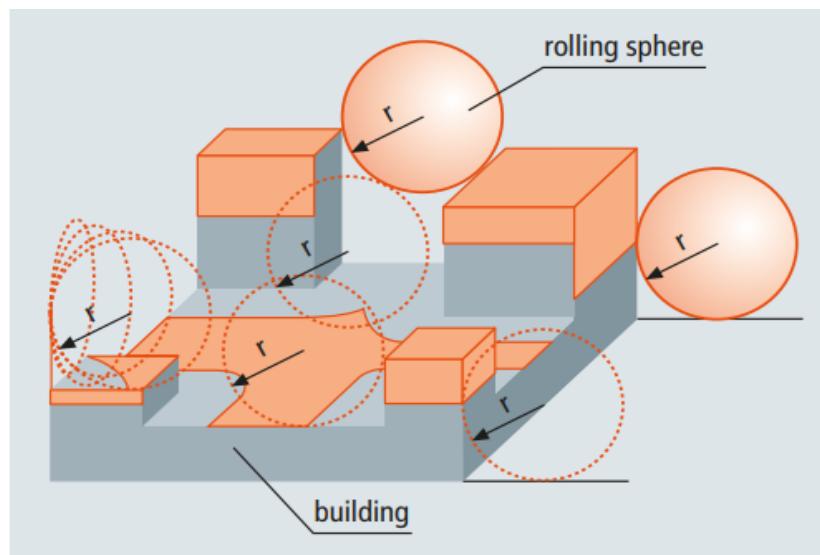
صاعقه‌گیرهای پسیو مجموعه حفاظتی است، مبتنی بر استفاده از میله‌های برق‌گیر ساده و روش قفس فارادی که براساس استاندارد بین‌المللی IEC و تئوری گوی غلطان و زاویه حفاظتی، حفاظت جلد خارجی ساختمان را تامین می‌کند. صاعقه‌گیرهای ساده مسی، مسی با پوشش آب کرم، استنلس استیل، گالوانیزه با طول و قطرهای مختلف، انواع بست و کلمپ و هادی‌های ارتباطی و نزولی با جنس و مقاطع مختلف در این روش کاربرد دارد.



1- گوی غلتان

روش گوی غلتان از جامع ترین روش‌های طراحی سیستم حفاظت در برابر ساعقه است. در این روش کره‌ای فرضی به روی سازه غلتانیده می‌شود و قسمت‌هایی از سازه که گوی با آن محدوده‌ها تماس پیدا می‌کند، مستعد برخورد ساعقه و نیازمند محافظت هستند و باید پایانه‌های ساعقه گیر در آن مناطق نصب شوند به نحوی که گوی با نواحی که قبلاً با آنها تماس داشته، دیگر تماس پیدا نکند.

اجزا سیستم حفاظتی بر اساس استاندارد IEC 20 درصد بالایی کناره‌های ساختمان با ارتفاع بیشتر از 60 متر لازم است. اجزاء سیستم حفاظت در برابر ساعقه: میله‌های ساعقه گیر، اتصال هادی‌ها، کابل معلق یا قسمت‌های فلزی سازه می‌باشد.

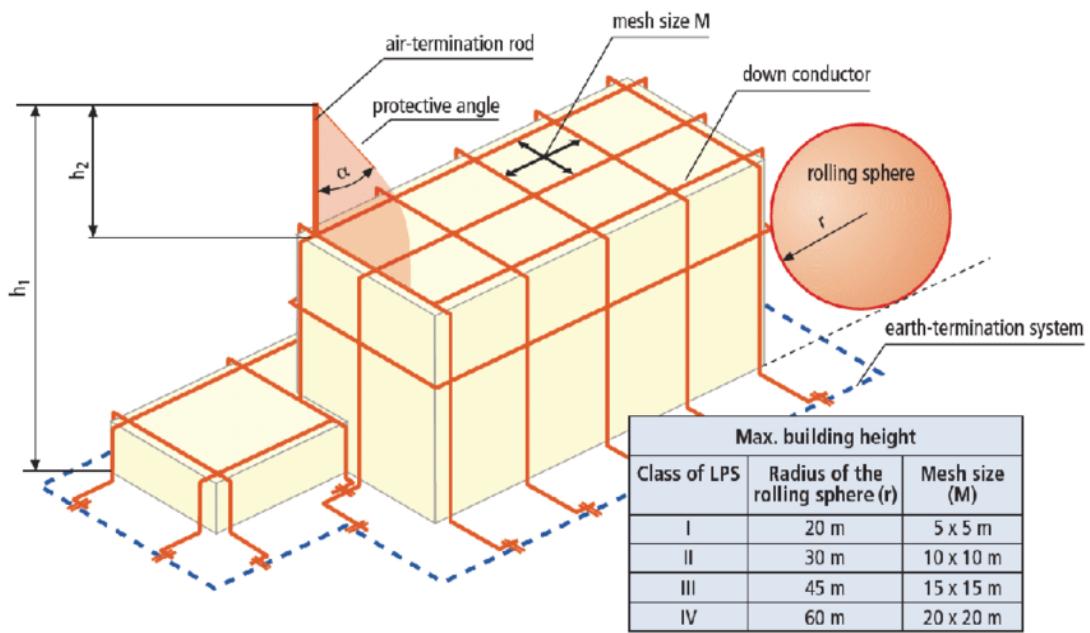


شکل 4-9: طراحی سیستم حفاظتی به روش گوی غلتان

میزان شعاع گوی فرضی با توجه به سطح محافظت متغیر بوده و در شکل 4-10 نمایش داده شده است.

2- سیستم مش

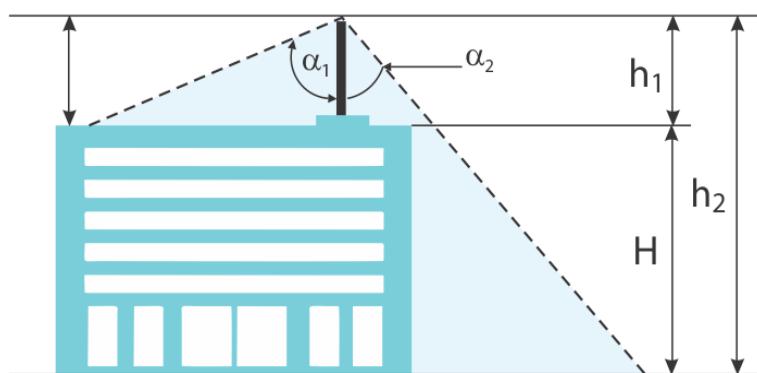
روش مش برای ساختمان‌هایی با سطوح مسطح مناسب است و برای حفاظت از این ساختمان‌ها باید هادی‌های مش تمام سطح بام را بپوشاند. از این روش نباید در ساختمان‌های دارای سطح منحنی استفاده شود، ولی برای سطوح غیر افقی یا دارای شکل ترکیبی می‌توان استفاده کرد. چنانچه شیب سطوح ترکیبی بیش از یک دهم باشد، اتصالات باید روی قسمت برآمده پشت بام نصب شود. در این سیستم تمامی سطح حفاظت شده توسط هادی‌ها مش بندی می‌شود. فاصله‌ی هادی‌ها به سطح کلاس حفاظتی مرتبط بوده و با توجه به آن تغییر می‌کند.



شکل 4-10: نمونه ای از مش بندی یک سازه

3- روش زاویه‌ی حفاظتی

این روش برای ساختمان‌هایی با شکل هندسی ساده یا برای بخش‌های کوچکی از یک ساختمان بزرگ مناسب است. این روش برای ساختمان‌هایی که ارتفاعی بیشتری از شعاع گوی غلتان مرتبط با تراز حفاظت صاعقه انتخاب شده دارند، مناسب نمی‌باشد. این روش مبتنی بر ارتفاع هادی از یک سطح مرجع می‌باشد. در این حالت با ایجاد یک سطح حفاظتی مخروطی شکل و قرارگرفتن تجهیزات تحت حفاظت در ناحیه ایمن زیر آن، محافظت صورت می‌گیرد. معمولاً برای کل یک سازه چندین میله صاعقه‌گیر استفاده می‌شود. قابل ذکر است که برای سازه‌هایی که از روش مش استفاده می‌شود، برای تکمیل روش مش، برای حفاظت از برآمدگی‌های موجود در سطوح هموار از روش زاویه حفاظتی استفاده می‌شود. روش زاویه حفاظتی برای سطوح شیبدار قابل استفاده است.



شکل 4-11: حفاظت به وسیله‌ی زاویه‌ی حفاظتی

در تصویر بالا مقادیر زاویه‌ی حفاظتی به میزان ارتفاع h_1 و h_2 بستگی دارد با توجه به ارتفاع میله و طول خود میله از روی شکل 4-7 مقدار زوایا برای سطوح مختلف حفاظتی تعیین می‌شود.

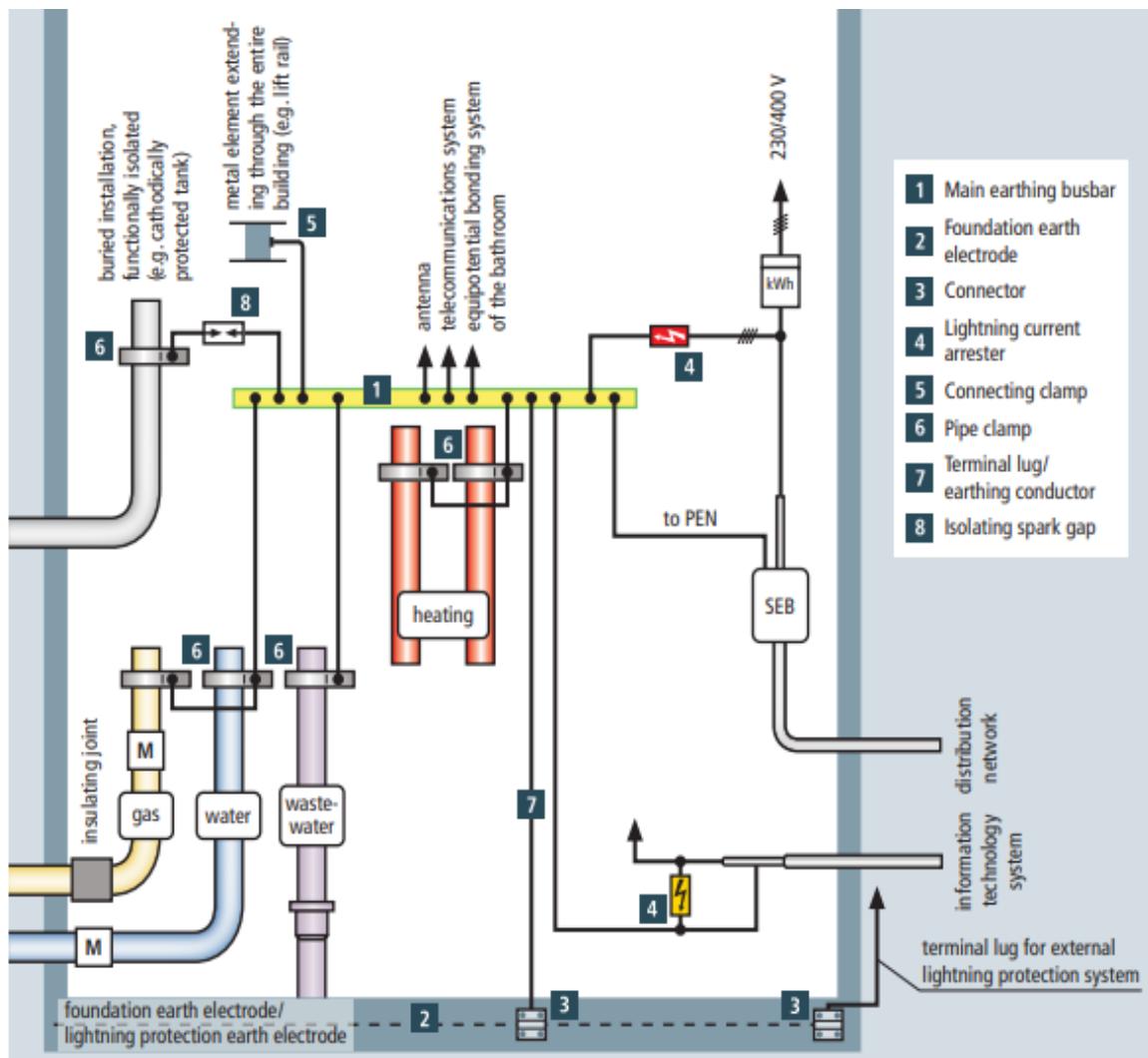


نوع دیگری از حفاظت وجود دارد که در بالای تجهیزات پستهای برق یا مخازن حاوی مواد اشتعالزا ایجاد می‌شود در این روش که به حفاظت با سیم هوایی معروف است اطراف محیط مورد نظر را میله گذاری می‌کنند و از روی آنها یک یا چند سیم هوایی در بالای ناحیه مورد حفاظت عبور داده می‌شود. سیم هوایی گفته شده در بالای دکل‌ها نیز همین وظیفه را بر عهده دارد.[18]

حفظ داخلى

حفظ داخلى عبارتست از حفاظت در برابر اضافه ولتاژهای ناشی از برخورد صاعقه به محیط پیرامون یا برخورد صاعقه به هادیهای خط ورودی به محل مورد حفاظت می‌باشد. وجود صاعقه در خارج از یک محوطه و نزدیک به آن باعث ایجاد پتانسیل بر روی تجهیزات داخلی فلزی ساختمان می‌شود و این اختلاف پتانسیل باعث خطراتی برای انسان‌ها و تجهیزات خواهد شد. به منظور جلوگیری از عوارض صاعقه در داخل ساختمان‌ها از همبندی لستفاده می‌شود که نمونه‌ای از آن را در تصویر 4-12 مشاهده می‌کنید.

نکته‌ی قابل توجه در همبندی تجهیزات داخلی این است که اگر تجهیزات با سطوح ولتاژی مختلف با هم همبند شوند در صورت اتصال بدنه‌ی هادی، جریان از بالا دست به سمت پتانسیل کمتر سرازیر می‌شود و خود خطر آفرین خواهد شد لذا تجهیزاتی که بالاتر از یک کیلوولت کار می‌کنند را باهم همبند کرده و ولتاژهای کمتر از یک کیلوولت نیز با یکدیگر همبند می‌شوند. حفاظت خارجی و داخلی نیازمند یک سیستم مناسب جهت تخلیه جریانات صاعقه است.[19]



شکل 4-12: نمونه ای از همبندی درون ساختمان

صاعقه گیر تابلویی

برای حفاظت از تجهیزات داخلی علاوه بر همبندی از صاعقه گیرها نیز استفاده می شود. این تجهیزات با میزان در دسترس بودن تابلو نسبت به صاعقه انتخاب می شوند. برای یک انتخاب مناسب نواحی مختلف داخل یک ساختمان برای حفاظت تقسیم بندی می شود و صاعقه گیر با توجه به آن انتخاب می شود. همانطور که در شکل زیر می بینید این نواحی با توجه به میزان در دسترس بودن نسبت به صاعقه اسم گذاری می شود.

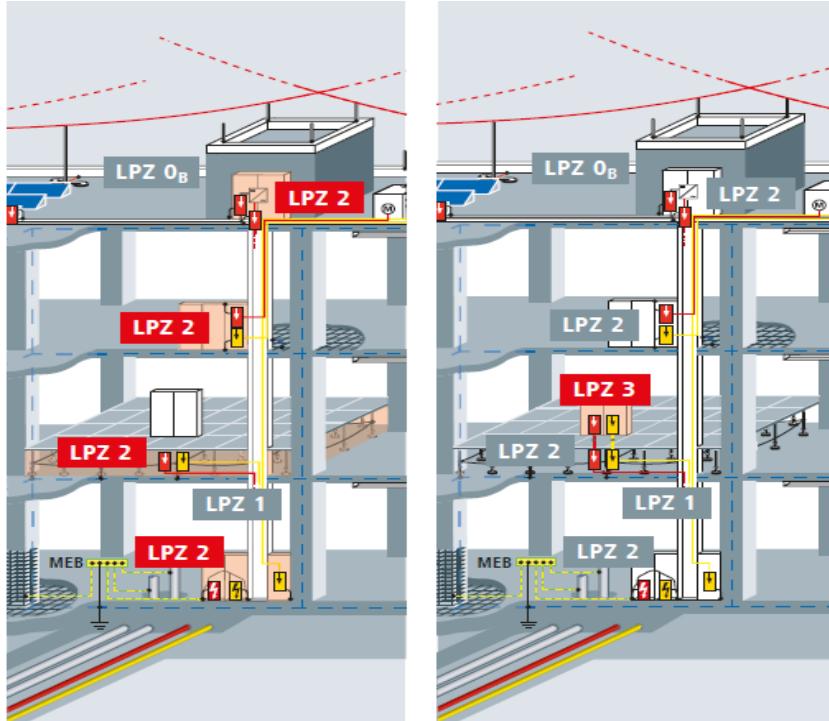
LPZ0A: قسمت هایی هستند که بدون هیچ محافظت خارجی در دسترس صاعقه هستند و صاعقه می تواند با آنها برخورد داشته باشد.

LPZ0B: قسمت هایی که مورد حفاظت خارجی قرار گرفته اند اما در فضای باز هستند. مانند سطح روی ساختمان ها و

LPZ1: قسمت هایی که توسط یک لایه فیزیکی مانند مصالح ساختمانی و به نسبت LPZ0B محافظت می شوند.



LPZ1: قسمت‌هایی که توسط یک لایه فیزیکی مانند مصالح ساختمانی (دیوار و سقف) و ... به نسبت LPZ1 محافظت می‌شوند. و این روند لایه به لایه برای سایر نواحی داخلی وجود داشته و سرج ارسترهای با توجه به این نواحی حفاظتی انتخاب می‌شوند. [20]



شکل 13-4 : نواحی مختلف حفاظت داخلی

صاعقه‌گیرهای تابلویی (سرج ارسترهای) وسیله‌ای جهت محافظت از تاسیسات الکتریکی و سیستم‌های برقی در مقابله با اضافه ولتاژ گذرا ناشی از خطاهای الکتریکی، سوئیچینگ، اتصال کوتاه، جرقه‌ها و همچنین رعد و برق است. بر قریب در داخل تابلو برق نصب و تاسیسات برقی را از داخل محافظت می‌کند، اضافه ولتاژ گذرا را شناسایی و انرژی اضافه را به سیم ارت ارسال می‌نماید.

طراحی سیستم حفاظت صاعقه

برای طراحی یک سیستم حفاظت صاعقه کارآمد باید از احتمال برخورد صاعقه به ساختمان با خبر بود که به حجم ساختمان و شدت صاعقه بستگی دارد و همچنین نحوه محافظت به میزان اهمیت ساختمان و مواد موجود در آن و مصالح مورد استفاده بستگی دارد.

به همین منظور پارامتری جهت تعیین تعداد برخورد مستقیم صاعقه مورد انتظار به ساختمان (N_d) تعریف شده است که از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

$$N_d = 2 N_g \times A_e \times C_1 \times 10^{-6} \quad (1-4)$$



که در آن A_e مساحت تجمیعی معادل ساختمان بوده و برابر سطحی است که از برخورد خطوط با زاویه شیب 30 درجه در همه جهات ساختمان با گذر از بالای ساختمان و سطح زمین ایجاد می‌گردد و از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$A_e = L \times W + 6 \times H \times (L + W) + 9 \times \pi \times H^2 \quad (2-4)$$

که در آن W ، L و H به ترتیب عرض، طول و ارتفاع هستند.

چگالی صاعقه، متوسط شدت صاعقه سالیانه در ناحیه‌ای است که ساختمان در آن قرار گرفته است (تعداد N_g دفعات صاعقه در هر کیلومتر مربع در هر سال) این مقدار معمولاً از نقشه‌های مربوطه چگالی برخورد صاعقه آن منطقه مشخص می‌گردد. در صورتی که این نقشه‌ها در دسترس نباشند، N_g از رابطه زیر تخمین زده می‌شود:

$$N_g = 0.1 \times T_d \quad (3-4)$$

که T_d تعداد روزهای طوفانی در سال است.

و C_1 ضریب محیط بوده و طبق استاندارد برابر با:

نحوه قرارگیری ساختمان در محیط پیرامون	C_1
ساختمان در منطقه‌ای قرار دارد که سایر ساختمان‌ها و درخت‌ها و ... بلندتر از آن هستند	0.25
ساختمان توسط ساختمان‌های دیگری که ارتفاع کمتری دارند احاطه شده است	0.5
ساختمان یا ساختار دیگری در نزدیکی ساختمان مورد نظر وجود ندارد	1
ساختمان در بالای یک تپه قرار گرفته است.	2

حال که مقدار N_d محاسبه شد باید پارامتر دیگری نیز محاسبه شود و با آن تعداد قابل قبول برخورد سالیانه‌ی صاعقه محاسبه شود و بتوان آن را با N_d مقایسه کرد. استانداردها آن را با N_C معرفی کرده‌اند.

$$N_C = \frac{5.5 \times 10^3}{(C_2 \times C_3 \times C_4 \times C_5)} \quad (4-4)$$

که در آن مقادیر C_2, C_3, C_4 و C_5 به صورت زیر تعیین می‌شوند.

نوع مصالح ساختمانی C_2 :

اثر نوع مصالح مورد کاربرد	
قابل اشتعال رایج فلز سقف	
بدنه	
فلز	0.5 1 2
رایج	1 1 2.5
قابل اشتعال	2 2.5 3



C_3 محتويات ساختمان بوده و طبق جدول زير تعين می شود:

C_3	تأثير مواد موجود در ساختمان
0.5	ريسک آتش وجود ندارد
1	ريسک آتش سوزی پايان است
2	ريسک آتش سوزی بالاست
3	ريسک آتش سوزی بسيار بالاست

C_4 مسکونی یا غير مسکونی بودن ساختمان را بیان می کند:

C_4	وجود و يا عدم وجود انسان
0.5	نبود انسان
1	صورت رايچ انسانها در آن حضور دارند
3	تخليه کردن ساختمان بسيار دشوار است (تراکم حضور بالا است)

و در نهايـت C_5 اثرات برخورد ساعقه به ساختمان است:

C_5	نتایج برخورد ساعقه به ساختمان
1	اثرات محیطي نخواهد داشت (اختلال در سرويس دهی ایجاد می شود)
5	اثرات زیست محیطي نخواهد داشت (در سرويس دهی اخلالی ایجاد نمی شود)
10	اثرات زیست محیطي دارد

انتخاب سطح حفاظت:

پس از محاسبه N_d و N_C می توان نیاز به حفاظت و همچنین سطح حفاظتی لازم برای سازه خاص را تعیین کرد. اگر $N_d < N_C$ باشد در این صورت نیاز به نصب ساعقه گير نمی باشد ولی اگر $N_d \geq N_C$ باشد در این صورت باید ساعقه گير مناسب با سطح حفاظتی مورد نظر نصب شود برای تعیین سطح حفاظتی از فرمول و جدول زير استفاده می شود.

$$\geq 1 - \frac{N_C}{N_d} E \quad (4-4)$$

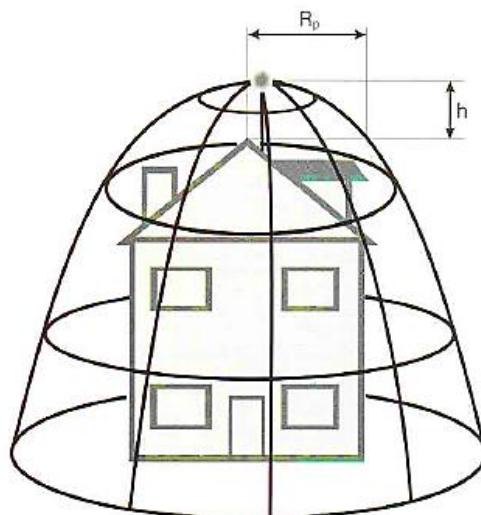
مقایسه E	سطح حفاظتی مورد نیاز
$E > 0.98$	سطح يك بعلاوه وسائل حفاظتی بيشتر
$0.95 < E < 0.98$	سطح يك
$0.9 < E < 0.95$	سطح دو
$0.8 < E < 0.9$	سطح سه
$0 < E < 0.8$	سطح چهار



و در نهایت با تعیین شدن سطح حفاظتی و انتخاب یکی از روش‌های حفاظت خارجی مش، گوی غلتان و صاعقه گیرهای پسیو یا اکتیو به طراحی حفاظت صاعقه پایان داده می‌شود.

نکته‌ی قابل توجه در کاربرد استفاده از صاعقه گیرهای اکتیو این است که ناحیه‌ی حفاظتی مانند صاعقه گیرهای پسیو نیست زیرا با یونیزه کردن هوای بالای صاعقه گیر در واقع ارتفاع صاعقه گیر افزایش پیدا کرده و ناحیه‌ی بیشتری را حفاظت خواهد کرد. برای تعیین میزان ناحیه‌ی مورد حفاظت در صاعقه گیرهای الکتریکی روش خاصی در استاندارد NEC 17-102 معرفی شده است. در این استاندارد میزان ناحیه‌ی حفاظتی گنبدی به مرکز صاعقه گیر و شعاع R_p بوده و شعاع آن وابسته به پارامترهای مختلفی است که به توضیح هر یک پرداخته شده است.

$$R_p = \sqrt{h(2D - h) + \Delta L(2D + \Delta L)} \quad (5-4)$$



شعاع حفاظتی صاعقه گیر الکترونیکی

که در آن h ارتفاع صاعقه گیر نسبت به ساختار مورد حفاظت و D برابر با شعاع کره‌ی غلتان است که با سطح حفاظت تناسب داشته و $20, 30, 45, 60$ خواهد بود و ΔL میزان ارتفاع یونیزه شده توسط صاعقه گیر الکترونیکی است که به مدارات داخلی صاعقه گیر وابسته است و از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

$$\Delta L = V \left(\frac{m}{sec} \right) \times \Delta T (\mu sec) \quad (6-4)$$

که ΔT میزان زمان پیشرفت محرک است که در آزمایشگاه به دست آمده و توسط سازنده‌ی صاعقه گیر اعلام می‌شود و سرعت حرکت صاعقه که بین 30000-200000 متفاوت است و می‌توان میانگین آن را انتخاب کرد.[21]

اقدامات ضروری در مواجهه با صاعقه

✓ در داخل منزل بمانید یا به داخل منزل بروید اگر صدای صاعقه را شنیدید، بیرون نروید مگر اینکه واقعا ضروری باشد توجه کنید که با شمردن تعداد ثانیه‌های بین برق و صدای رعد و تقسیم آن بر 5، می‌توانید فاصله خود از صاعقه را (بر حسب مایل) به دست آورید.



- ✓ از هر چیزی که رسانای برق است دور شوید. که شامل اجاق گاز، رادیاتور، بخاری، لوله‌های فلزی، دستشویی فلزی و تلفن نیز می‌باشد.
- ✓ از وسایل الکتریکی متصل شده به پریز، همچون سشووار، مسواک برقی، یا ریش تراش برقی استفاده نکنید. اگر ساعقه به خانه شما برخورد کند این موارد می‌توانند برق آن را به شما منتقل سازند.
- ✓ در زمان طوفان، از تلفن استفاده نکنید، ساعقه ممکن است به خطوط تلفن در بیرون از منزل اصابت کند.
- ✓ اگر در داخل اتومبیل در حال حرکت هستید از آنجا بیرون نیایید. اتومبیل شما را در برابر ساعقه به خوبی محافظت می‌کند.
- ✓ از اجسام فلزی در فضای آزاد همچون قلاب ماهیگری و میله فلزی دوری کنید.
- ✓ اگر در آب هستید از آب بیرون بیایید این مورد شامل خارج شدن از قایقهای کوچک روی آب نیز هست.
- ✓ اگر در فضای آزاد هستید برای حفاظت در برابر ساعقه سرپناهی را جستجو کنید بهترین سرپناه، ساختمان است ولی اگر بنایی پیدا نکردید، می‌توانید به درون یک غار، گودال یا دره پناه ببرید. درختان پوشش خوبی برای ساعقه ایجاد نمی‌کنند درختان بلند ساعقه را به سوی خود جذب می‌کنند.
- ✓ اگر نتوانستید سرپناهی پیدا کنید از بلندترین شئ در محلی که هستید دور شوید و اگر در نزدیکی شما فقط درختان پراکنده یافت می‌شود بهترین راه برای حفاظت از خودتان این است که در فضای آزاد دولا دولا رفته و به اندازه دو برابر ارتفاع درختان پراکنده از آنها فاصله بگیرید.
- ✓ هر وقت بار الکتریکی را حس کردید وقتی که موهای سرطان سیخ سیخ شد یا در پوست خود احساس مور مور کردید ممکن است ساعقه شما را بزند فوراً روی زمین دراز بکشید. [21, 22]

تابلوهای برق

در گذشته خطرات ناشی از عوامل محیطی و مشکلات ناشی از نصب تجهیزات و پدیده‌هایی مانند اتصال کوتاه در تجهیزات الکتریکی به وجود می‌آمد که سبب آسیب‌های جانی و همچنین عدم کنترل پذیری سیستم توزیع می‌شد به این دلیل ضرورت افزایش ایمنی بیش از پیش احساس می‌شد البته از جمله عوامل دیگری که ضرورت و اهمیت تابلو برق را یادآور می‌شود این است که تمامی قسمت‌های برقدار در دسترس اپراتور قرار می‌گرفتند، از این رو تابلو برق را به شکل یک محفظه بسته طراحی کردند تا تجهیزات داخل آن غیر قابل دسترس باشند.

تعریف تابلو برق

مجموعه‌ای از قطعات الکتریکی است که به یکدیگر متصل شده‌اند تا جریان الکتریکی را در تجهیزات الکتریکی توزیع کنند. دستگاه‌های تابلو برق مکانیسم‌هایی هستند که اتصال و قطع برق را به سایر مدارها و بارها نظیر فیوزها، قطع کننده‌های مدار و رله‌ها کنترل می‌کنند و برای توزیع و کنترل برق در یک ساختمان، کارخانه‌ی صنعتی و حتی در پست‌های فشار متوسط نیز کاربرد دارند. البته لازم است بدانید که تابلوها بسته به نوعشان می‌توانند دارای تجهیزات پنوماتیک مانند شیرهای برقی، کمپرسور، خازن، باتری و... نیز باشند.



وظایف

وجود تجهیزات دقیق و حساس صنعتی از نقطه نظر عکس العمل سریع، طراحان را وادار به کنترل هرچه سریعتر این تجهیزات کرد کنترل دستی و پنوماتیک قطعات در محوطه‌ای به نام تابلو برق قابل اجرا شد بعلاوه می‌توان گفت مهمترین وظیفه تابلو برق تقسیم بر قیمت مسکونی و یا صنعتی می‌باشد تا اینمی آن را فراهم و از خطرات مختلف جلوگیری کند. در مصارف صنعتی به دلیل وجود بارهای اهمی- سلفی مصرف توان راکتیو بالا خواهد بود تابلوها با ارائه‌ی تجهیزاتی از جمله رگولاتور خازنی و خازن‌ها به اصلاح ضریب توان کمک می‌کنند همانطوری که می‌دانید بسیاری از صنایع کوچک و بزرگ امروزه از دستگاه‌های الکترونیکی متعدد و نیز گران قیمت استفاده می‌کنند که محافظت از آنها، با استفاده از تابلوهای برق صورت می‌گیرد.[23].

اجزاء تشکیل دهنده هر تابلو برق

کنتاکتور

کنتاکتور یکی از پرکاربردترین قطعات الکتریکی است که در مدارهای الکتریکی برای قطع و وصل مدار الکتریکی با توان بالا مورد استفاده قرار می‌گیرد. کنتاکتور یک کلید مغناطیسی است که مانند کلیدهای ساده سه فاز دارای 3 کنکاکت اصلی با قدرت برای ارتباط تجهیزات و دستگاه‌های الکتریکی به شبکه و همچنین تعدادی کنکاکت‌های کمکی جهت استفاده در طراحی مدارهای فرمان است.

قطع کننده‌ی حرارتی (بی‌متال)

فرمان قطع در اثر عبور جریان زیاد را صادر می‌کند. رله حرارتی یا بی‌متال حفاظت مدارها در برابر اضافه بار (به ویژه در موتورها) را به عهده دارد. بی‌متال معمولاً از دو تیغه فلزی غیر هم جنس و با ضریب انبساط طولی¹ مختلف ساخته می‌شود. چنانچه جریان عبوری از بی‌متال از حدی بالاتر رود، گرمای ایجاد شده از عبور جریان، دو فلز را گرم کرده طول آنها را افزایش می‌دهد و از آنجا که طول یکی بیشتر از دیگری افزایش می‌یابد، دو فلز خم شده و از طریق اهرم‌هایی کنکاکت بی‌متال را باز می‌کنند و به این ترتیب مدار قطع می‌شود.

کلیدها

کلیدهای تابلو برق را می‌توان از چند منظر دسته‌بندی کرد. در حالت کلی، کلیدها را می‌توان در دو دسته قرار داد که یک گروه از آن‌ها قطع و وصل را زیر بار انجام می‌دهند و گروه دیگر که در حالت بدون بار قطع و وصل می‌کنند. کلیدهایی که در زیر بار قابلیت قطع و وصل را ندارند، عمل کلیدزنی را در خطوط و ترانسفورماتورهای بدون بار، برای جداسازی مدار انجام می‌دهند. یکی از ویژگی‌های این کلیدهای قابل مشاهده بودن کنکاکت‌هاییشان است که موجب افزایش سطح ایمنی افراد در هنگام کار تعمیرات و نگهداری می‌شود. سکسیونر و سوئیچ‌های چاقویی از این نوع کلیدهای هستند.

¹ به افزایش طول واحد یک جسم به ازاء یک درجه سانتی گراد افزایش دما گفته می‌شود.



کلیدهای قابل قطع و وصل زیر بار، به گونه‌ای طراحی شده‌اند که در شرایط ولتاژ و جریان نامی می‌توانند عمل قطع و وصل را انجام دهند و علاوه بر آن، در مدت زمان کوتاهی قابلیت تحمل جریان خطای بیش از جریان نامی را دارند. کلیدهای گردان، کلیدفیوزهای تیغه‌ای، دزناکتورهای کشویی و تیغه‌ای فشار متوسط، از این نوع کلیدها هستند. با توجه به قیمت پایین‌تر کلید فیوز نسبت به کلیدهای اتوماتیک، این تجهیزات در تابلوهای فشار ضعیف بیشتر به کار می‌روند. دزناکتور تیغه‌ای از تجهیزات مورد استفاده در تابلوهای فشار متوسط برای کلیدزنی خطوط ورودی و خروجی است و نوع فیوزدار آن در کلیدزنی ترانسفورماتورها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

اما یکی از مهم‌ترین و کاربردی‌ترین کلیدهای قطع و وصل در زیر بار، مدارشکن‌ها یا کلیدهای قدرت هستند که در ولتاژ و جریان نامی ساخته و ارائه می‌شوند. کلیدهای قدرت که به آن‌ها دزناکتور نیز می‌گویند، نقش مهمی را در قطع و وصل مدار و همچنین، حفاظت از آن بر عهده دارند. انواع کلیدها که وظیفه قطع و وصل مدار را انجام می‌دهند. کلیدهای غلتکی، سلکتوری و بوش باتون، میکروسوئیچ، فلوتر سوئیچ و ... هستند.

رله‌ها

انواع رله‌ها به منظور ارسال فرمان قطع یا وصل در اثر عوامل مختلف و خطاهای گوناگون در تابلو برق قرار می‌گیرد. رله‌ها انواع مختلفی دارند که می‌توانیم از بین آن‌ها به رله‌ی کنترل فاز، رله‌ی کنترل بار، رله‌ی زمانی یا تایمر و ... اشاره کنیم.

تجهیزات اندازه گیری

این تجهیزات به منظور محاسبه پارامترهای متغیر مثل جریان، ولتاژ، توان، فرکانس و ... کاربرد دارند.

بدنه

هر تابلو برق دارای بدنه است تا تجهیزات را محصور کند. این محفظه باعث جلوگیری از ورود آلودگی‌های محیطی به تجهیزات حساس شده و همچنین از برخورد ناخواسته انسان با بخش‌های خطرناک داخل تابلو جلوگیری می‌کند.

ارتباطات

هادی‌ها وظیفه ارتباط تجهیزات را بر عهده دارند. لازم است بدانید که ارتباطات توسط سیم، شینه، کابلشو و غیره ... انجام می‌شود. همچنین لازم به ذکر است کلیه فعالیت قسمت‌های وایرینگ و شینه‌کشی در این دسته قرار می‌گیرند و به دو دسته ارتباطات انعطاف پذیر مثل سیم و کابل و ارتباطات انعطاف ناپذیر مثل شینه‌ها تقسیم می‌شوند.

بانک خازنی

از خازن‌ها برای تزریق توان راکتیو به مدار استفاده می‌شود و با شارژ و دشارژ شدن باعث خنثی سازی اثرات سلفی بارها و اصلاح ضریب توان می‌شوند. حضور بانک خازنی در مدارات صنعتی لازم بوده و در اکثر موقعیت‌ها تجهیز در تابلو قرار گرفته و به وسیله‌ی رگولاتور خازنی میزان داد و ستد انرژی آن تنظیم خواهد شد.



انواع تابلو برق

دسته بندی‌های گوناگونی در مورد تابلوهای برق از نقطه نظرهای مختلفی صورت گرفته است.

تقسیم بندی از نظر شکل طراحی

فیکس

بیشترین استفاده را در صنعت برق به خود اختصاص داده است و از نمونه‌های آن می‌توان به تابلو برق ایستاده و دیواری اشاره کرد. از مشخصه‌های بارز این نوع تابلو برق می‌توان به تجهیزات نظارت، کنترل و اطلاعاتی مخابراتی نصب شده روی آن اشاره کرد.

کشویی

دلیل نامگذاری این نوع تابلو برق به خاطر ساخت کشویی آن است. نسبت به سایر تابلوهای برق هزینه و قیمت بالاتری دارند. طراحی این تابلو به گونه‌ای است که کاربر به راحتی به تمامی نقاط آن دسترسی دارد و به آسانی می‌تواند بخش‌های کنترل آن را بازدید کند. بیشترین کاربرد آن در شرکت‌های بزرگ است.

مدولار

از پیشرفته‌ترین تابلوهای برق در دنیا به شمار می‌رود طراحی آن به صورت ایستاده و صفحه‌ای می‌باشد. دسترسی به قسمت‌های مختلف آن بسیار راحت است و به دو صورت کاربر می‌تواند از جلو و پشت تابلو به قسمت‌های مختلف آن دسترسی داشته باشد.

دسته بندی براساس ایستایی

ایستاده

به صورت جداگانه طراحی و ساخته می‌شود. مهمترین ویژگی این نوع تابلو جنس بدنی بسیار قوی است که در برابر شرایط محیطی و نیز در برابر برق عایق می‌باشد.

دیواری

این نوع تابلو برق به دو صورت توکار و روکار بر روی دیوار نصب می‌شود، این نوع تابلو را در همه آپارتمان‌ها و به خصوص کارگاه‌های کوچک می‌توان دید.

انواع تابلو برق از نظر سطح ولتاژ

تابلوها از لحاظ سطح ولتاژ به دو دسته تقسیم می‌شوند:

تابلوهای فشار ضعیف (LV) تا 1000v

تابلوهای فشار متوسط (MV) از 1000 الی 36000v



تابلو برق فشار ضعیف

تابلو برق‌های فشار ضعیف در سطح ولتاژ کمتر از ۱۰۰۰v طبقه بندی می‌شوند. مطابق [7] تابلوی فشار ضعیف ترکیبی از یک یا چند وسیله قطع و وصل فشار ضعیف همراه با تجهیزات اندازه‌گیری و کنترلی و نشانگر، حفاظتی، تنظیم‌کننده و... است.

ولتاژ نامی تابلوهای فشار ضعیف معمولاً ۶۹۰v و ولتاژ سرویس تا ۴۰۰v هستند. این تابلوها نقش تابلوهای نیمه اصلی و فرعی را ایفا می‌کنند. اینگونه تابلوهای برق بلوک ساختمانی یا قسمت مستقلی از مجموعه را توزیع و از تابلو برق اصلی تغذیه می‌شود.

تابلو برق فشار متوسط

تابلوهای فشار متوسط در سطح ولتاژ بین ۱۰۰۰v تا ۳۶۰۰۰v طبقه بندی می‌شوند. یک تابلو فشار متوسط شامل کلید (دیزکتور) و بدن و یا کنتاکتور فشار متوسط، رله، باسبار، ترانسفورماتور ولتاژ و جریان، لوازم اندازه‌گیری و تجهیزات کنترلی است. تابلوهای فشار متوسط نقش تابلوهای اصلی را در سیستم ایفا می‌کنند که ورودی آن توسط یک ترانس تامین می‌گردد.

انواع تابلو برق از جهت محل نصب

داخلی (Indoor)

تابلو برق‌های داخلی، تابلو برق‌هایی هستند که در فضای بسته مانند داخل سالن یا سوله نصب می‌شود و مورد استفاده قرار می‌گیرند.

خارجی یا فضای باز (Outdoor)

تابلو برق‌هایی هستند که در فضای باز نصب می‌شود.

ساختار انواع تابلو برق‌ها

تابلوهای Metal Enclosed

این نوع تابلو برق‌ها به شکل محفظه بسته‌ی تمام فلزی است که تمام تجهیزات الکتریکی اعم از کلیدها، ترانس‌های جریان و ولتاژ، لوازم اندازه‌گیری و... در داخل آن نصب می‌شود. این تابلوها به دو دسته تقسیم می‌شوند.

تابلوهای Metal Clad

این نوع تابلوها نوعی از تابلوهای Metal Enclosed هستند و محفظه‌های مختلف آن از یکدیگر تفکیک شده‌اند. یکی از مزایایی که این نوع تابلو برق‌ها دارند این است که اگر خطایی در یکی از محفظه‌ها روی دهد، این خطایی محفظه‌های دیگر منتقل نمی‌شود و سایر محفظه‌ها نیز تحت تأثیر این خطای قرار نمی‌گیرند و به شکل آسیب ندیده و سالم باقی می‌مانند. تابلو Metal Clad به چهار بخش محفظه باسبار، محفظه سرکابل، محفظه کلید محفظه LV (کنترل) که تجهیزات اندازه‌گیری، حفاظتی و کنترلی در آن قرار می‌گیرند، تقسیم می‌شود. [23]



تابلوهای Compartment Type

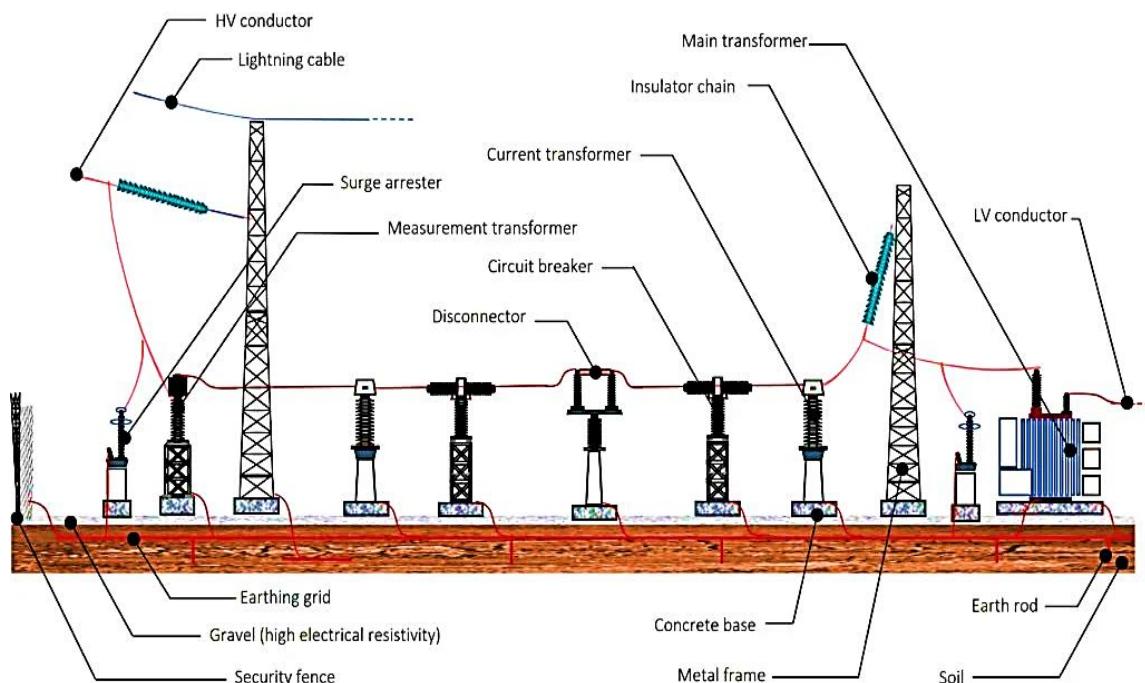
این نوع تابلوها نوعی از تابلوهای Metal Enclosed هستند اما در آن‌ها، محفظه‌های مختلف از یکدیگر تفکیک نشده‌اند.

پست‌های برق

پست برق چیست؟

بخشی از شبکه‌ی انتقال و توزیع است که به کمک تجهیزات مختلفی که در آن قرار دارد سطح ولتاژ را کاهش و یا افزایش می‌دهد. کاهش و یا افزایش سطح ولتاژ با توجه به نیاز شبکه و برای جلوگیری از اتلاف انرژی و یا افزایش قابلیت انتقال با توجه به امکانات موجود صورت می‌گیرد علاوه بر این در پست‌های برق برای اتصال دو یا چند خط با سطوح ولتاژی یکسان یا متفاوت استفاده می‌شود.

اجزای مهم در پست برق



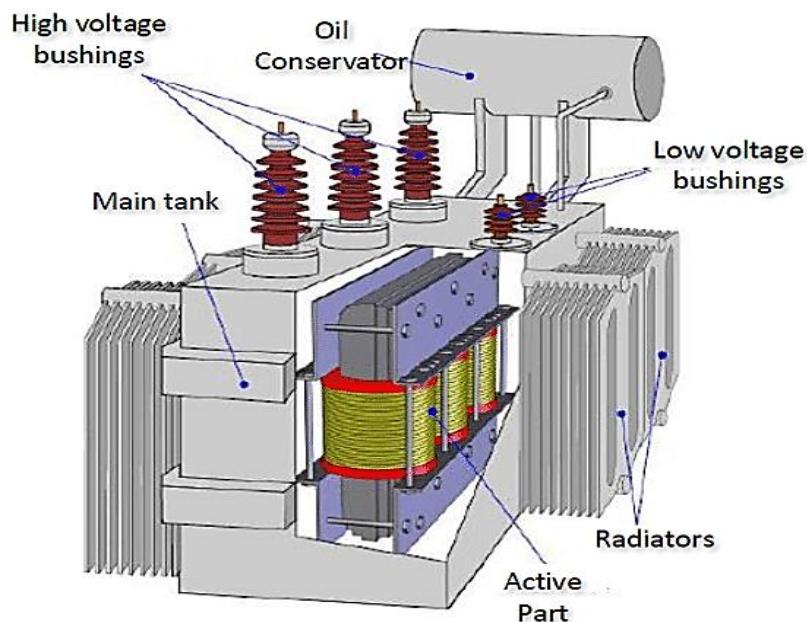
شکل ۱۴-۴: شماتیکی از قرارگیری اجزای مهم در پست‌های برق

ترانسفورماتور

این تجهیز از اهمیت بالایی برخوردار بوده و بعد از ژنراتور جایگاه ویژه‌ی در سیستم الکتریکی برخوردار است. ترانسفورماتورها وظیفه‌ی افزایش و یا کاهش سطح ولتاژ را بر عهده دارند و در سطوح مختلف ولتاژ مورد استفاده قرار می‌گیرند. ترانسفورماتور ساختار و عملکرد ساده‌ای دارد و دارای دو بخش ورودی (اولیه) و خروجی (ثانویه) است در هر بخش یک سیم پیچ به دور یک هسته‌ی فلزی پیچیده شده و تعداد دورهای سیم‌پیچ‌ها تعیین کننده‌ی افزایش یا کاهش ولتاژ توسط ترانسفورماتور خواهد بود. همانطور که از شکل ۱۵-۴ پیداست در قسمت ولتاژ بالا یا اولیه‌ی ترانس

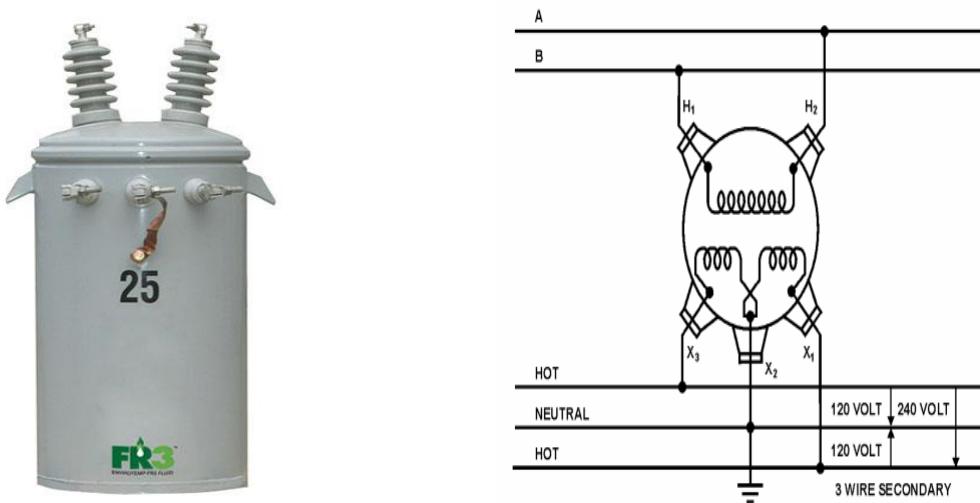


سه ورودی (سه فاز) و در قسمت خروجی آن چهار بوشینگ یا خروجی (سه فاز و یک نول) وجود دارد نول ترانس از محل برخورد سه فاز به یک دیگر در اتصال ستاره به وجود می‌آید و نول را برای مصرف کننده‌ها به وجود می‌آورد لازم به ذکر است که حتماً باید نول ترانس به زمین هم متصل باشد در غیر این صورت اگر تعادل بار بر روی سه فاز به هم بخورد سیم نول دارای جریان خواهد شد و می‌توان با اتصال آن به زمین ریسک جریان دار شدن سیم نول ناشی از عدم تعادل بار را به کلی از بین برد.



شکل 4-15: نمونه‌ای از ترانس و اجزای آن

در ابتدا ترانسفورماتورهای تکفاز به تولید رسیدند و با مرور زمان و نیاز به برق سه فاز ترانس‌های سه فاز به وجود آمدند. در واقع از کنار هم قرار دادن سه فاز ترانس تک فاز ترانس سه فاز به وجود می‌آید و گاهها همین اتفاق افتاده و هر فاز جداگانه کار خود را انجام می‌دهد. اما وجود یک سری مسائل از جمله هزینه‌ی کمتر و نیاز به مساحت کمتر برای ترانس سه فاز با یک محفظه باعث استفاده‌ی بیشتر از اینگونه از ترانس‌های سه فاز گردیده است.



شکل 4-16: ترانس تکفاز و نحوه اتصال به شبکه



در سطح شبکه‌ی قدرت ترانس‌هایی با ظرفیت گوناگون وجود دارد ترانس‌فورماتورهای توزیع ظرفیت نصب تا 315 کیلوولت آمپر به صورت هوازی هستند. این ترانس‌فورماتورها در قدرت‌های 15، 25، 50، 75، 100، 125، 160، 200 و 250 کیلوولت آمپر نیز به کار می‌روند. وجود این ترانس‌ها در ارتفاع در حضور برخی تجهیزات دیگر گونه‌ای از پست برق هوازی را به وجود می‌آورد. ترانس‌فورماتورهای با قدرت بیشتر از 315 کیلوولت آمپر به صورت زمینی به کار رفته و در قدرت‌های نصب 400، 500، 800، 1250، 1600 و 2000 کیلوولت آمپر استفاده می‌شوند.

انواع ترانس‌فورماتور

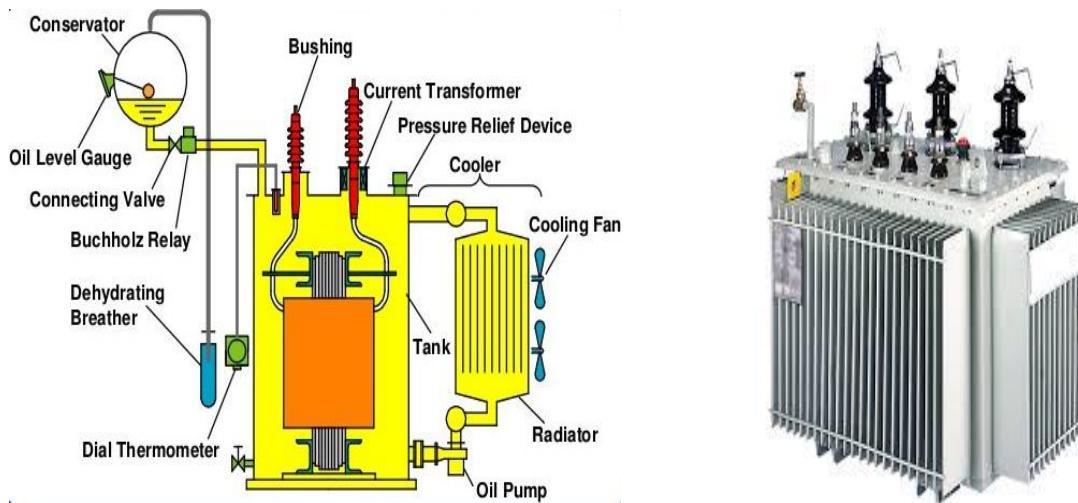
ترانس روغنی:

همانطور که گفته شد سیم پیچ‌های ترانس اطراف هسته پیچیده می‌شوند و به کمک القای الکتریکی عمل کاهش و یا افزایش ولتاژ را انجام می‌دهند این القای الکتریکی باعث گرم شدن هسته شده و در صورت گرمای بیش از اندازه باعث سوختن سیم پیچی‌ها می‌شود لذا هسته و سیم پیچی را درون عایق روغنی قرار داده تا باعث خنک شدن هسته و همچنین جلوگیری از برخورد آلودگی‌های محیطی به ساختمان داخلی ترانس شود همچنین از اکسید شدن، خوردگی و کاهش اثربخشی سیم‌کشی و عایق‌های مبتنی بر سلولز جلوگیری می‌کنند. علاوه بر این ساختمان خارجی ترانس را به گونه‌ای می‌سازند که جریان هواز عبوری در اطراف ترانس باعث خنکتر شدن روغن و در نتیجه ترانس شود.

افزایش دمای روغن باعث انبساط و افزایش حجم آن شده لذا این افزایش حجم به دیوارهای ترانس‌فورماتور فشار وارد کرده و باعث ترکیدن آن می‌شود برای جلوگیری از این اتفاق دو روش ارائه شده است.

الف) در بالای ترانس یک مخزن استوانه‌ای قرار داده شده است که با روغن درون ترانس در ارتباط است با افزایش دما و انبساط روغن، مازاد آن به سمت این مخزن (کنسرواتور) رفته و با کاهش دما مجدداً به محوطه‌ی ترانس بر می‌گردد. لازم به ذکر است که بخشی از مخزن کنسرواتور از هوا تشکیل شده است که با وارد شدن روغن به مخزن این هوا از آن خارج شده و با رفتن روغن مجدداً به آن وارد می‌شود، اما هواز محیط همواره داری آلودگی و یا رطوبت است که برای ترانس و عملکرد آن بسیار مضر است لذا از ماده‌ای به نام سیلیکوژن استفاده می‌شود که رطوبت هوا را به خود جذب می‌کند. یکی از الزامات که مانع از آتش سوزی و ترکیدن ترانس می‌شود تعویض به موقع سیلیکوژن است زمانی که $\frac{1}{2}$ این ماده از آبی به رنگ صورتی در آمد زمان تعویض آن فرا رسیده است. [23]

ب) ساختمان ترانس را از روغن پر نمی‌کنند و روی آن از گاز ازت یا نیتروژن پر می‌شود و انبساط و انقباض به صورت آکاردئونی انجام می‌شود. این عمل ترانس را از مراقبت و نگهداری، کاهش فرسودگی مواد عایقی به علت قطع ارتباط با هوا، عدم نیاز به برخی تجهیزات بی نیاز می‌کند. به اینگونه ترانس، هرمتیک گفته می‌شود.



شکل 4-17: ترانس هرمتیک- ترانس با خنک کننده‌ی کنسرواتور

ترانس خشک:

در این نوع ترانس مدار مغناطیسی و سیم پیچ‌ها با مخلوط رزین اپوکسی پوشانده می‌شوند مهمترین مزیت این ترانس‌ها تحمل حرارتی بالا و حذف خطر آتش سوزی روغن می‌باشد. در کل نوع خشک بسیار مدرن‌تر و جدیدتر است و از نظر اقتصادی، تعمیرات و نگهداری، تحمل در برابر فشار ناگهانی بار و تغییرات ولتاژ به صرفه‌تر است. قابلیت اطمینان بالاتر یکی دیگر از ویژگی‌های ترانسفورماتور خشک است. تأثیر زیست محیطی بسیار کمتری نسبت به ترانسفورماتورهای روغنی دارند ترانسفورماتور خشک معمولاً با خنک‌سازی طبیعی توسط هوا خنک می‌شود، اگرچه در موارد خاصی نیاز به استفاده از فن‌ها برای خنک‌سازی است. در طول کارکرد عادی، انفجار ترانس تقریباً غیرممکن است. همچنین برای محیط‌های مرطوب و آلوده مناسب هستند زیرا هیچ گونه ارتباطی با محیط خارجی ندارند و در اجزای هسته داخل محفظه‌ی فلزی محبوس هستند. از این نوع ترانس در محیط‌هایی که مواد اشتعالزا وجود دارد می‌توان بهره برد. البته لازم به ذکر است که این نوع ترانس اگر دچار خطا شوند نیازمند تعمیرات سینگینی خواهند بود و یا باید با ترانس دیگری جایگزین شوند.^[24]

محافظت از ترانس

بزرگترین خطری که ناشی از خطا در ترانس‌ها اتفاق می‌افتد آتش سوزی است. آتش سوزی ترانس‌ها عوامل گوناگونی دارد:

► اختلال در عملکرد روغن ترانس: این اختلال ناشی از افزایش حرارت بیش از اندازه‌ی روغن که باعث تجزیه شدن آن شده و عایق‌های داخلی هسته را از بین می‌برد و در نهایت باعث آتش سوزی می‌شود. برای جلوگیری از این اتفاق از رله‌های حفاظتی درون روغن استفاده می‌شود. توجه به عملکرد صحیح رله‌های حفاظتی و سرویس‌های دوره ای مشخص از الزامات محافظت از ترانس‌ها است.



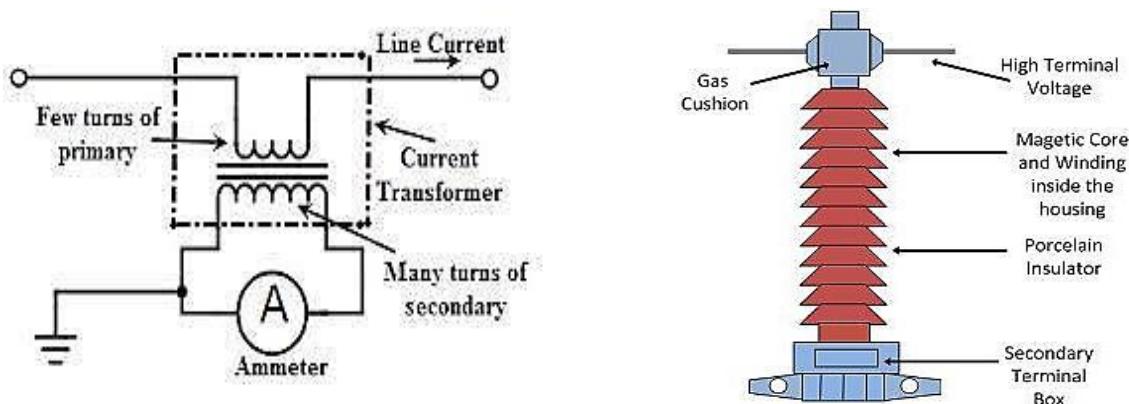
- کاهش حرارت روغن ترانس توسط رادیاتور و تهويه مناسب آن صورت می‌گيرد توجه به کارکرد صحیح تهويه ترانس به صورت دوره‌ای می‌تواند از وقوع آتش سوزی ترانس جلوگیری کند.
- توجه کافی به تغییرات رنگ سیلیکوژن و تعویض به موقع آن باعث جلوگیری از ورود رطوبت به روغن و در نهایت آتش سوزی می‌شود.
- همواره باید از اتصال موثر بدنی ترانس به زمین اطمینان حاصل کرد. همچنین برای عملکرد صحیح رله‌های حفاظتی در برابر مخاطرات سیستم، خروجی نول ترانس را با فاصله‌ی بیست متر زمین می‌کنند. جهت جلوگیری از آتش سوزی‌ها و سایر مخاطرات ناشی از ترانس توجه به عملکرد صحیح این دو اتصال ضروری است.

ترانس‌های اندازه‌گیری

در شبکه‌ی انتقال و توزیع به دلیل بالا بودن جریان و ولتاژ اتصال مستقیم وسایل اندازه‌گیری و رله‌های حفاظتی امکان پذیر نیست زیرا از نظر فنی و اقتصادی مقرن به صرفه نبوده و یا بسیار نایمین هستند تنها راه حل معقول کاهش این ولتاژها و جریان‌ها به وسیله‌ی ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری است.

ترانس اندازه‌گیری جریان (CT) :

برای اندازه‌گیری جریان خط از این تجهیز استفاده می‌شود. این ترانس باید در مدار به صورت سری قرار گیرد اما قطع کردن خط ایده‌ی مناسبی به نظر نمی‌رسد لذا از هادی به عنوان اولیه‌ی ترانس با یک دور سیم استفاده می‌شود و در ثانویه تعداد دور زیادی قرار گرفته و به نسبت همان تعداد دور مقدار جریان ثانویه نسبت به اولیه کاهش پیدا می‌کند و با اتصال آمپر متر معمولی که در دو سر ثانویه قرار دارد مقدار جریان اندازه‌گیری شده و به رله‌های حفاظتی فرستاده می‌شود.



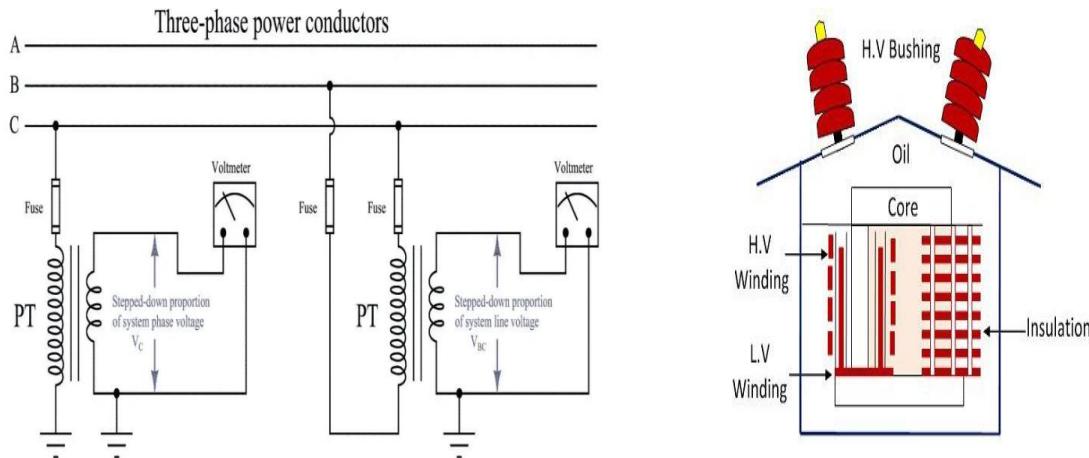
شکل 4-18: ترانس CT- مدار معادل ترانس

ترانس ولتاژ (PT) :

ترانسفورماتور ولتاژ را می‌توان ترانسفورماتوری موازی دانست که مدار ثانویه آن باز است جریان اولیه در ترانسفورماتور ولتاژ به بار ثانویه بستگی دارد. تعداد دور اولیه‌ی PT زیاده بوده و در مقابل تعداد دور ثانویه کمتر است و به همین نسبت مقدار ولتاژ در ثانویه کاهش پیدا کرده تا جایی که توسط یک ولتمتر معمولی قابل اندازه‌گیری



باشد. ثانویه مستقیم به ولت متر متصل است و عملاً مدار باز محسوب می‌شود و این در حالی است که ثانویه‌ی CT نمی‌تواند مدار باز باشد.



شکل 4-19: ترانس PT اندازه‌گیری ولتاژ خط-خط و خط-زمین

ترانسفورماتور زمین (زیگزاگ)

در پست‌های انتقال ترانس اصلی ستاره – مثلث است یعنی اولیه‌ی آن ستاره بوده و ثانویه به صورت مثلث بسته می‌شود. از آنجایی که اتصال ستاره در دور دست و با فاصله‌ی زیاد تشکیل شده و انتقال داده شده است پس در پست و طرف ثانویه نقطه‌ای با پتانسیل صفر (نوترال) وجود ندارد همانطور که قبلاً گفته شد پتانسیل صفر برای محافظت از ایمنی از اهمیت بالایی برخوردار است برای ساخت پتانسیل صفر از ترانسفورماتور زمین استفاده می‌شود. این ترانس در سمت ثانویه‌ی ترانس اصلی قرار گرفته و به صورت زیگزاگ سیم پیچی می‌شود و در خروجی هر سه فاز به یکدیگر متصل شده و در نهایت زمین می‌شود. محل برخورد سه فاز به عنوان نقطه‌ی با اختلاف پتانسیل صفر در نظر گرفته می‌شود. اتصال به زمین و مقابله با خطای زمین در نقطه صفر از بروز حادثه و شوک الکتریکی و آسیب به دستگاه پیشگیری می‌کند.

سرج ارستر (surge arrester)

سرج ارسترهای وسایلی هستند که با افزایش ناگهانی ولتاژها مقابله کرده و از رو به رو شدن تجهیزات با آنها پیشگیری می‌کند. این افزایش ناگهانی ولتاژ می‌تواند ناشی از عوامل خارجی مثل رعد و برق باشد و یا اینکه ناشی از خطاهای داخلی سیستم مثل اتصال کوتاه و کلیدزنی و.... باشد. سرج ارسترهای انواع گوناگونی دارند که به توضیح هر یک پرداخته می‌شود.

سرج ارستر ثانویه

اینگونه سرج ارسترهای برای محافظت از تجهیزات با سطح ولتاژ کمتر از 1000V مناسب هستند. بیشتر خرابی‌های موجود در ترانس‌ها در سمت ثانویه آنها صورت می‌گیرد و استفاده از سرج ارستر ثانویه باعث کاهش چشمگیر خرابی‌های ناشی از اضافه ولتاژ در ترانسفورماتور می‌شود.



Station arrester

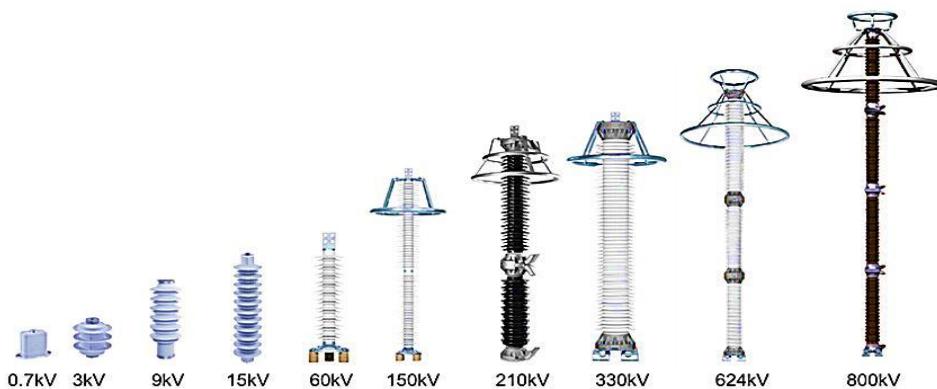
برقگیرهای Station arrester بهترین انتخاب برای کنترل ولتاژ هستند. در بین انواع برقگیرها، آنها بهترین ولتاژهای تخلیه را ارائه می‌دهند و توانایی تحمل بالاترین جریان‌های معیوب را دارند. این برقگیرها در ولتاژهای مختلف از 3kV تا 684kV موجود هستند.

سرج ارسنر میانی

برقگیرهای میانی اغلب در پست‌های کوچک یا در مواردی که نیاز به حفاظت کابل زیرزمینی وجود دارد استفاده می‌شود. همچنین برای ترانسفورماتورهای نوع خشک استفاده شده و توانایی تحمل ولتاژهای دشارژ بالا را دارند در برابر جریان‌های بالا مقاوم بوده و به درستی عمل می‌کنند این برقگیرها توانایی عملکرد در محدوده‌ی 3Kv تا 120Kv را دارند.

سرج ارسنرهای توزیع

برقگیرهای توزیع کمترین قابلیت حفاظتی را در مورد انواع برقگیر دارند. به این ترتیب، آنها فقط در شبکه‌های ولتاژ متوسط استفاده می‌شوند. در مناطقی که فعالیت صاعقه‌ای زیاد وجود دارد، از نوع سنگین برقگیر برای مقابله با تقاضاها استفاده می‌شود. مناطقی که رعد و برق کمتری دارند معمولاً می‌توانند با برقگیرهای معمولی کار کنند. [19]



شکل 4-20: سرج ارسنرهای مورد استفاده در سطوح ولتاژی مختلف

کلیدهای قدرت

بریکر

نوعی کلید قدرت هستند که توانایی قطع جریان برق تحت شرایط اتصالی را دارند. این نوع کلیدها برخلاف فیوزها که تنها یکبار عمل می‌کنند بارها عمل قطع و وصل را انجام داده و از آسیب رسیدن به تجهیزات در برابر خطاها محافظت کنند.



دژنکتور

دژنگتورها گونه ای از بریکرها هستند که در ولتاژهای متوسط و فشار قوی کاربرد دارند که علاوه بر قطع و وصل کردن مدار یا خط، از شبکه در موقع بروز اتصالی نیز حفاظت می‌کند. این کلید قدرت، قابل قطع زیر بار می‌باشد، یعنی در شرایطی که مصرف کننده وصل است و به اصطلاح مدار تحت بار است، می‌تواند مدار را قطع کند. دژنکتورها بسته به طراحی آنها، می‌توانند یک یا چند پارامتر از یک خط الکتریکی را کنترل کنند.

در سیستم‌های قدرت اصولاً با جدا شدن کنکات‌های کلیدهای فشار قوی، جریان و ولتاژ خط به صفر نمی‌رسد و تا صفر شدن مقادیر آنها، قوس و یا جرقه خواهیم داشت، که یکی دیگر از وظایف کلیدهای قدرت رفع این مشکل است. معمولاً جرقه را در محفظه‌ای روغنی یا شامل گاز SF6 از بین می‌برند تا قطع کامل جریان صورت گیرد.

سکسیونر یا جدا کننده

کلید قطع و وصل مکانیکی است و برای عملکرد زیر بار مناسب نیست زیرا با حرکت تیغه‌ی محرک، جریان قطع نشده و با ایجاد قوس الکتریکی هوا را یونیزه می‌کند. کاربرد این کلید برای زمانی است که خطابی روی داده و دژنگتور مدار را قطع کرده است و باید بر روی خط عملیاتی اتفاق بیافتد در این صورت برای اطمینان بیشتر سکسیونر را قطع می‌کنند.



شکل 21-4: انواع سکسیونر



خطرات موجود در پست‌ها

امکان سنجی سرطانزا بودن پست‌های برق

تعدادی از محققان در مورد ارتباط قرار گرفتن در معرض میدان مغناطیسی و سرطان تردید دارند. زیرا تفسیر آن از نظر بیولوژیکی مشکل است و نتایج تحقیقات متفاوت به نظر می‌رسد و با هم هماهنگی ندارند. بسیاری از محققان به این نتیجه رسیده‌اند که به اطلاعات بیشتری در خصوص تاثیرات میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی بر سلامت انسان نیاز است. هرچند پژوهشگران روسی در سال 1960 اعلام کردند که کارگران خطوط فشار قوی از سردرد و خستگی و کوفتگی بدن رنج برد و میل جنسی آنها کاهش محسوسی به همراه داشته است. Neutra و همکاران در سال 2002 از افزایش دو برابری تعداد افراد بالغ مبتلا به لوسی که با میدان مغناطیس ناشی از خطوط انتقال برق نزدیک منازلشان بود، خبر داد.^[25] همچنین مطالعات کلینیکی دیگری از سقط خود به خودی جنین خانم‌های شاغل در کارخانجات صنایع الکترونیک مخصوصاً رادیو تلویزیون اشاره داشته و به موجب بررسی دیگری مشخص گردید که کارگران شاغل در خطوط انتقال نیرو، افزایش معنی داری در میزان ناهنجاری‌های لنفوسیت دارند، به علاوه ناهنجاری‌های کروموزومی در سلول‌های در حال تقسیم این افراد نیز گزارش شده است هرچند هیچ کدام از این اثرات اثبات نشده است ولی نمی‌توان از اثرات نیروی الکتریسیته چشم پوشی کرد.

هر سیمی که حامل جریان الکتریکی باشد در اطراف آن میدان مغناطیسی ایجاد می‌شود. از آنجایی که در پست‌های برق هادی‌های حامل جریان الکتریکی با سطوح بالا وجود دارند این میدان مغناطیسی شدیدتر بوده و زندگی کردن در محیط‌های با این ویژگی باعث به وجود آمدن سلول‌های سرطانی در بدن انسان می‌شود اما همانطور که می‌دانید پست‌ها دارای فنسکشی‌ها و یا دیوارکشی‌هایی در محیط اطراف خود هستند، شدت میدان مغناطیسی در مرز پست‌های ایمپکت بین $1\text{--}2\text{ }\mu\text{T}$ بوده که با افزایش فاصله‌ی یک تا دو متر این میزان به شدت کاهش پیدا کرده و میزان شدت میدان مغناطیسی نسبت به میدان موجود در خانه‌ها کمتر می‌شود در کشور انگلستان از استاندارد International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) برای تعیین حد مجاز میزان تشعشعات مضرر استفاده می‌کنند طبق این استاندارد میزان شدت میدان مغناطیسی کمتر از $100\text{ }\mu\text{T}$ با فرکانس 50 Hz بی‌خطر بوده و سرطانزا نیست.

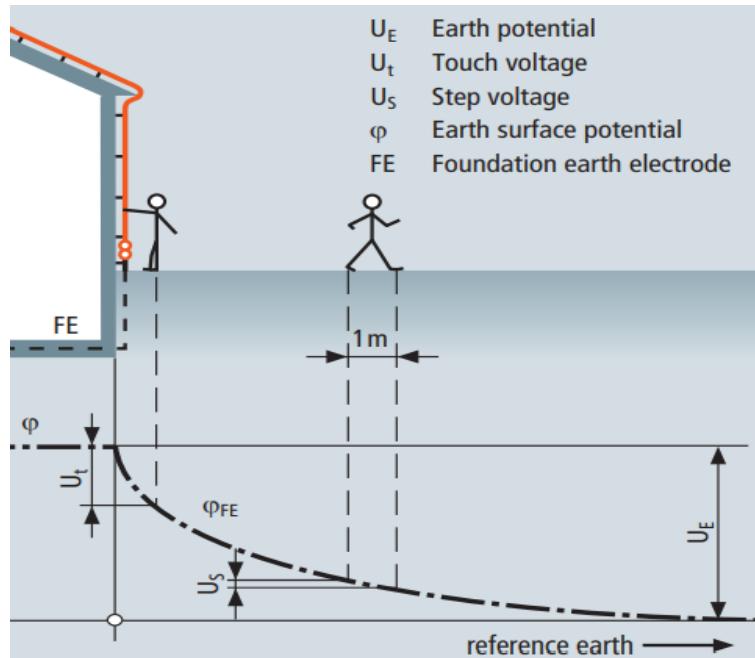
گام ولتاژ (step voltage)

گام ولتاژ عبارت است از اختلاف پتانسیل زمین بین پاهای شخصی که قدم‌هایی به طول یک متر برمی‌دارد. این ولتاژ می‌تواند ناشی از جمله اتصال کوتاه فاز به زمین، فاز به بدن‌هی تجهیزات و رعد و برق بر روی زمین ایجاد شود. این ولتاژ در زمین‌های با جنس مختلف متفاوت است و به گرادیان پتانسیل زمین^۱ در ناحیه برخورد بستگی دارد. در واقع زمانی که یکی از این اتفاق‌ها می‌افتد به دلیل داشتن مقاومت متفاوت در نقاط مختلف خاک روی زمین، توزیع ولتاژ رخ می‌دهد. این ولتاژ می‌تواند خطراتی را برای افرادی که در مجاورت سیستم زمین ایستاده

^۱ با برخورد جریان به زمین در مسیرهای مختلف پخش می‌شود. میزان پخش پذیری جریان را گرادیان پتانسیل زمین می‌گویند.



اند، ایجاد کند. زمانی که شخص بر روی این زمین شروع به قدم برداشتن می‌کند بین دو پا که در فاصله‌ی متفاوتی از نقطه‌ی برخورد قرار دارد اختلاف ولتاژی ظاهر می‌شود و الکتریسیته از بدن شخص عبور می‌کند و باعث برق گرفتگی یا ترکیدن بیضه در مردان می‌شود.[26]



شکل 4-22: نمونه‌ای از گام و لتاژ

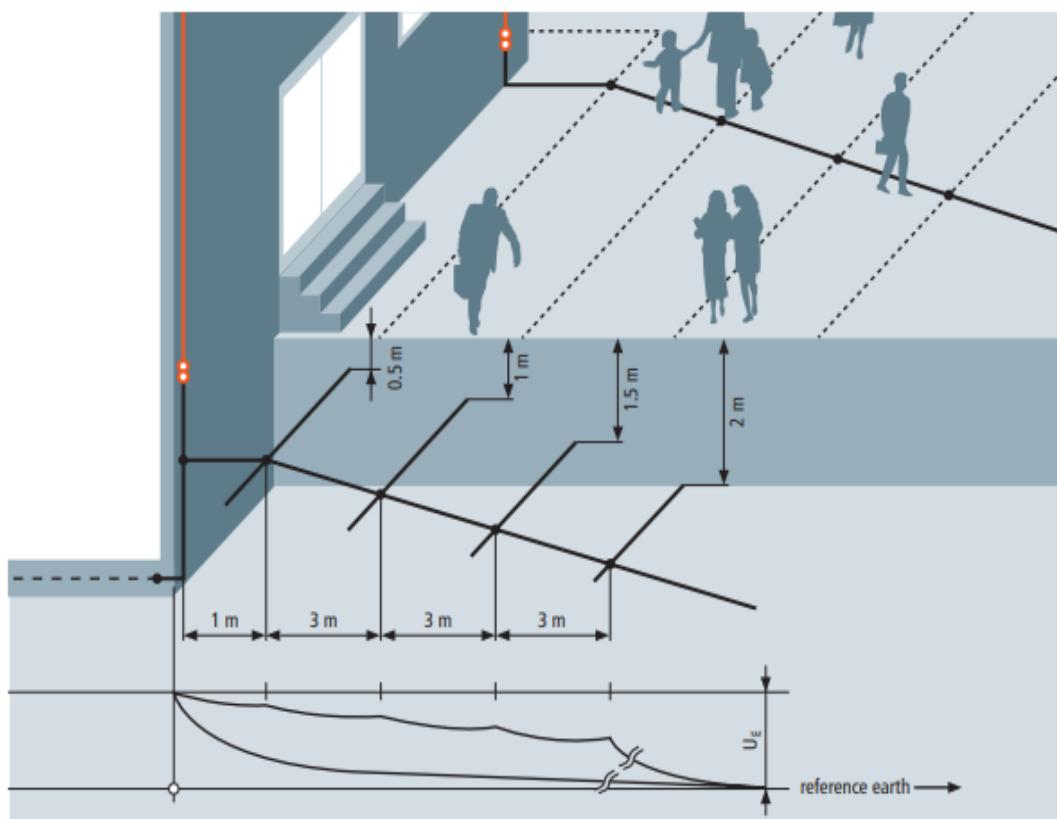
با رعایت کردن موارد زیر می‌توان از خطرات ناشی از گام و لتاژ جلوگیری کرد.

- جلوگیری از دسترسی افراد به نواحی دارای ریسک
- کاهش اندازه‌ی شبکه‌ی مش در ارتینگ
- مقاومت زمین در فاصله‌ی سه متری از محل برخورد هادی به زمین کمتر از $100\text{k}\Omega$ باشد[26]
- اما اگر اشخاص زیادی در ناحیه‌ی دارای ریسک قرار بگیرند باید محافظت‌هایی از آنها صورت گیرد برای مثال برای محافظت افراد در نواحی خطرناک، مقاومت زمین نباید از $1\Omega/\text{m}$ تجاوز کند.

برای کاهش مقاومت زمین در نواحی دارای ریسک بالا (پست، ساختمان‌های بلند، سالن‌های همایش، مراکز خرید و مناطق با تراکم جمعیت بالا) از رینگ‌هایی که در فواصل مختلف با ارتفاع دفن متفاوت قرار دارند استفاده می‌شود بعلاوه باید تمامی رینگ‌ها را به هم متصل کرد تا به شبکه‌ای مش مانند به حالت رینگ تبدیل شود.

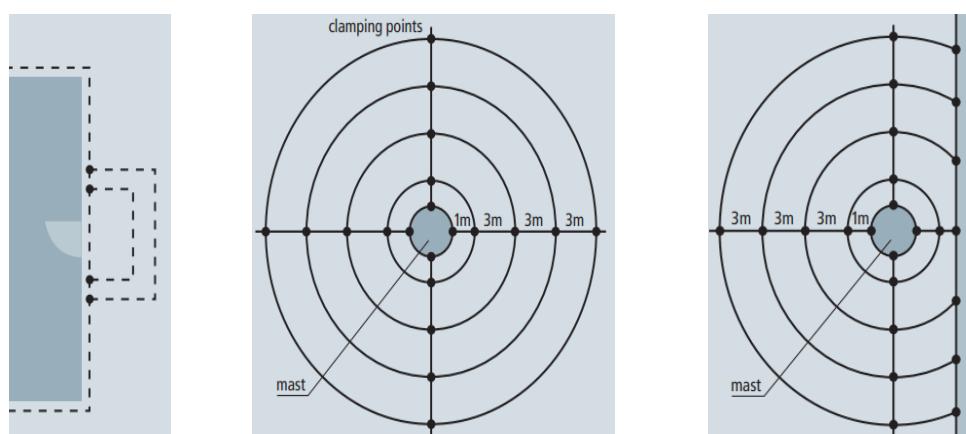
جدول 4-3: ملاحظات رینگ گذاری جهت کاهش خطرات و لتاژ گام

عمق دفن رینگ	فاصله از ساختمان یا نقطه‌ی برخورد هادی به زمین
رینگ اول	1m 0.5m
رینگ دوم	4m 1m
رینگ سوم	7m 1.5m
رینگ چهارم	10m 2m



شکل 4-23: شماتیکی از رینگ گذاری جهت کاهش مخاطرات گام ولتاژ

سطح حفاظت در برخی مناطق در شبکه‌ی قدرت به حدی بالا است که اجرای این چنین عملیات پرهزینه‌ای دور از انتظار نیست اما در بعضی از مناطق اجرای این طرح معقولانه نیست در چنین شرایطی لازم نیست که از رینگ کامل در تمامی زمین اطراف سازه استفاده کرد بلکه می‌توان تنها در اطراف هادی رابط بین صاعقه گیر و الکترود زمین از طرحی شبیه به طرح زیر استفاده نمود.



ورودی یک سازه

نمای بالای محافظت از یک دکل

نورافکن یا دکل مخابراتی

شکل 4-24: کنترل اتصال

اطراف الکترود زمین



ولتاژ لمس (touch voltage)

زمانی که شخص یک هادی یا یک جسم دارای ولتاژ را لمس می‌کند یک اختلاف ولتاژی بین شخص و هادی وجود داشته که به آن ولتاژ لمس گفته می‌شود.

برای ساختمان‌هایی که اسکلت فلزی دارند و یا از بتن تقویت شده استفاده شده مشروط بر اینکه آرماتور به هم متصل بوده و در نهایت به الکترود زمین وصل شده باشد و از آنها به عنوان زمین استفاده شود خطر ولتاژ لمسی وجود نداشته و یا کم خطر است. برای کاهش خطرات ناشی از ولتاژ لمس انجام دادن موارد زیر الزامی است.

➢ در زمینی که اطراف هادی قرار دارد از عایق حفاظتی (کفپوش عایق) با ضخامت حداقل 3 میلی متر از جنس پلی اتیلن استفاده شود.

➢ هادی رابط صاعقه‌گیر و الکترود زمین حdalامکان در نزدیکی ورودی ساختمان نصب نشود.

➢ نصب علائم هشدار دهنده در اطراف هادی‌ها مانع نزدیک شدن افراد به این گونه هادی‌ها خواهد شد.

➢ مقاومت زمین در فاصله‌ی سه متری از محل برخورد هادی به زمین کمتر از $100\text{k}\Omega$ باشد.(یک لایه آسفالت به ضخامت 5cm یا یک لایه شن دانه درشت با ضخامت 15cm این مقاومت را ایجاد خواهد کرد). [27]

همانطور که از شکل 21-4 مشخص است ولتاژ لمسی به نسبت ولتاژ گام بزرگتر بوده و در نتیجه خطرات حادتری را به همراه دارد علاوه بر رعایت موارد فوق اجرای رینگ در اطراف هادی‌های خطرناک مطابق شکل 23-4 باعث کاهش ولتاژ لمسی نیز خواهد شد.

فصل پنجم: کمک‌های اولیه



کمک‌های اولیه شامل اقداماتی است که هنگام وقوع حوادث برای جلوگیری از مرگ، پیشگیری از صدمات و عوارض بعدی و یا کاهش درد و رنج مصدوم پیش از رسیدن به پزشک و یا انتقال وی به مراکز درمانی به عمل می‌آید.

اهداف کمک‌های اولیه

- ✓ نجات و زنده نگه داشتن شخص مصدوم یا بیمار
 - ✓ جلوگیری از شدت یافتن عارضه
 - ✓ کمک به بهبود حال بیمار تا رسیدن به مراکز درمانی و یا انتقال شخص به مراکز درمانی
- خصوصیات امدادگر
- * امدادگر باید سرعت عمل داشته و در هر حادثه به سرعت از وضع بیمار و نوع حادثه اطلاعاتی کسب نموده و اقدام به نجات بیمار نماید.
 - * در هر حادثه خونسردی خود را حفظ نموده و با آرامش دست بکار شود.
 - * به روحیه بیمار توجه نموده و سخنانش تصلی بخش بوده و رفتارش اطمینان بخش و توام با دلسوزی باشد.
 - * در کارش وارد بوده و با اصول کمک‌های اولیه آشنا باشد و بداند که در هر حادثه به چه نحو باید عمل کند

وظایف اصلی امدادگر

در هر حادثه آنچه بسیار ضروری بوده حفظ ترتیب عمل در کمک‌های اولیه است. بدین ترتیب که امدادگر باید هنگام رسیدن به بالین مصدوم یا بیمار به ترتیب زیر اقدام نماید:



1. دور کردن شخص مجرح یا مصدوم از محیط خطر در صورت لزوم مثل سیم برق دار، آتش سوزی و
2. بازرسی راههای تنفسی و کنترل علائم حیاتی بدن (نبض، فشار خون و تنفس)
3. جلوگیری از خونریزی
4. کنترل شکستگی‌ها و انجام کمک‌های اولیه

مراحل نجات شخص برق گرفته

برای شناخت و نجات شخصی که دچار برق گرفتگی شده است باید علائم ناشی از برق گرفتگی را بشناسید تا بتوانید نسبت به آن عکس العمل صحیحی داشته باشید به همین منظور به معرفی علائم برق گرفتگی در انسان پرداخته شده است.

علائم برق گرفتگی

مصدومی که دچار برق گرفتگی می‌شود ممکن است تمام علائم زیر را داشته باشد:

- * سوختگی‌های محل ورود و خروج جریان برق از بدن
- * قطع راههای عصبی که به صورت فلچ اندام ظاهر می‌شود
- * احساس درد و حساس شدن ماهیچه‌ها
- * افرایش فشار خون یا کاهش فشار خون همراه با علائم ناشی از شوک
- * تنفس دشوار و یا ایست تنفسی (متورم شدن زبان راه هوایی را مسدود می‌کند)
- * ضربان نامنظم قلب یا ایست قلبی
- * بی‌قراری و تحریک پذیری، در صورت هوشیاری مصدوم
- * بیهوش شدن
- * اختلالات بینایی
- * شکستگی استخوان‌ها و درفتگی مفاصل به علت انقباضات شدید عضلات یا پرت شدن
- * تشنج

آسیب‌های الکتریکی سبب تخریب وسیع عضلات شده، که باعث آزاد شدن مواد سمی (مانند میوگلوبین) به داخل خون می‌شود. این مواد از راه خون به کلیه‌ها رسیده و در ادرار ترشح می‌شود و رنگ آن را قرمز می‌کند و از طرفی با رسوب در کلیه‌ها سبب نارسایی کلیه خواهد شد. بنابراین برای جلوگیری از این عارضه به مصدومین برق گرفتگی که ادرار قرمز دفع می‌کنند باید حجم زیادی از مایعات داخل وریدی (ترجیحا حاوی بی‌کربنات سلیم) تزریق کرد تا با شسته شدن کلیه‌ها، آسیب کلیوی کاهش یابد.[28]



اولین دستورالعمل احیا در سال 1960 و سپس در سال‌های 1974، 1980، 1986، 1992، 2005، 2010 و 2015 صادر شد. سازمان‌های متعددی در خصوص دستورالعمل‌های CPR وجود دارد که شامل انجمن قلب آمریکا، AHA، انجمن قلب اروپا و می‌باشد.

دور کردن مصدوم از جریان برق و ایمن سازی صحنه

برای امداد رسانی به شخصی که دچار برق گرفتگی شده اولین اقدام امکان سنجی نزدیک شدن به شخص برق گرفته است یعنی باید توجه داشت که نزدیک شدن شخص امدادگر خطرات ناشی از ولتاژ گام و یا ولتاژ تماسی بالا را نداشته باشد برای رفع این موارد در صورت بالا بودن سطح ولتاژ باید منتظر رسیدن اورژانس و امداد سوانح بود و یا اینکه با شرکت برق منطقه‌ای تماس گرفت تا جهت قطع برق اقدام کنند. اما در صورتی که سطح ولتاژ کمتر از 500 ولت بود می‌توان شخصاً به قطع برق اقدام کرد. برای قطع برق ابتدا باید سعی در قطع به کمک کلیدهای برق داشت. در منازل مسکونی باید به سراغ تابلوهای برق رفت و فیوز یا کلید مینیاتوری را قطع نمود. در صورت عدم دسترسی به تابلو باید نزدیک به شخص روی جسم عایق (کتاب، روزنامه‌ی چند لایه، پلاستیک) ایستاد و توسط جسم عایق دیگری مانند چوب یا پلاستیک سیم حامل جریان را از شخص دور کرد در صورتی که امکان دور کردن سیم هادی نبود طنابی را به دور قوزک پای شخص اندادته و روی زمین کشیده تا از الکتریسیته جدا شود و اقدامات امدادی آغاز می‌شود.

کنترل علائم حیاتی

پس از اطمینان از امنیت محل باید بین بیهوش بودن و خواب بودن فرق قائل شد. برای این کار به آرامی به شانه بیمار زده و با صدای بلند از جملاتی برای برقراری ارتباط استفاده کنید. مثلاً بپرسید: صدای منو می‌شنوید؟ یا حالتون خوبه؟ اگر بیمار تغییری در واکنش به صدای شما نشان بدهد به معنای وجود حیات در بیمار است، در غیر این صورت بیمار نیازمند احیا است. در شیرخواران به آهستگی به پای شیرخوار بزنید و صدا بزنید. در صورتی که پاسخی دریافت نشد باید تنفس شخص چک شود. البته باید توجه داشت که در صورت کبودی یا سیاهی پوست نیازی به چک کردن تنفس بیمار نیست و برای باز کردن راه هوایی اقدامات لازم صورت می‌گیرد.

چک کردن تنفس مصدوم

اولویت در درمان هر فرد برقراری و نگهداری تنفس موثر و گردش خون کافی است، توالی تکنیک‌هایی که برای بقای حیات در غیاب تنفس خود به خود و ضربان قلب بکار برده می‌شود بنام احیای قلبی ریوی یا CPR(Resuscitation Cardio Pulmonary) نامیده می‌شود. برای چک کردن تنفس گوش خود را نزدیک دهان و بینی فرد برده تا صدای تنفس یا فشار هوای خروجی را بر روی پوست صورت حس کنید و هم زمان به سینه‌ی شخص نگاه کرده و تغییرات آن را زیر نظر بگیرید اگر مصدوم نفس نمی‌کشید به دنبال باز کردن راه هوایی باشید.



باز کردن راه هوایی Airway

اولین قدم باز کردن راه هوایی فرد است در فرد بیهوش تمامی ماهیچه‌ها شل شده‌اند. عضلات زبان و گردن هم از این قاعده مستثنی نیستند و احتمال دارد که زبان به طرف حلق برگشته و راه هوایی را مسدود کرده باشد. کف دست را روی پیشانی مصدوم گذاشته و سر او را به طرف عقب برگردانید. هم‌زمان با این کار دست دیگر را زیر چانه او قرار داده و به سمت بالا فشار دهید به طوریکه دندان‌های فک بالا و پایین در مقابل هم قرار گیرند. در صورت انجام صحیح این مراحل شما موفق به باز کردن راه هوایی مصدوم خواهید شد. مراقب باشید که دهان فرد را بیش از حد باز نشود چون در این صورت ممکن است زبان به عقب برگردد و راه هوای را مسدود کند.^[29]

در هنگام برق گرفتگی معمولاً دستگاه تنفس زودتر از قلب از کار می‌افتد و رنگ صورت مصدوم متمایل به آبی می‌شود. به همین دلیل قبل از اینکه ضربان قلب متوقف گردد، باید تنفس مصنوعی هر چه زودتر شروع گردد که این امر نیازمند سرعت عمل، دقت و خونسردی است.

کنترل نبض مصدوم

دو انگشت دست را در وسط گردن بالای نای و حنجره روی برآمدگی جلوی گردن (یا سیب آدم) بگذارید. انگشتان خود را به آرامی به سمت پایین و کنار آن قسمت بلغزائید و سپس کمی فشار دهید. به مدت ۵-۱۰ ثانیه این کار را ادامه دهید تا از وجود یا عدم وجود نبض مطمئن شوید. اگر فرد نبض داشت به تنفس مصنوعی با اندازه دوازده بار در دقیقه ادامه دهید.



شکل 5-1: نحوه‌ی کنترل نبض

البته باید توجه داشت که گرفتن نبض در کودکان با بزرگسالان متفاوت بوده و باید از نبض براکیال (مچ دست) استفاده کرد.

در صورتی که مصدوم نفس نمی‌کشد یا تنفس نرمالی ندارد (بریده نفس کشید) و پاسخی نمی‌دهد، اما نبض دارد هر 5 تا 6 ثانیه یک تنفس بدھید یا تعداد 10-12 تنفس در دقیقه و هر 2 دقیقه نبض را دوباره چک کنید.



نحوه‌ی انجام تنفس مصنوعی و شیوه‌های مختلف آن

بدن برای ادامه حیات نیازمند به اکسیژن کافی می‌باشد تا وارد ریه‌ها شده و از طریق جریان خون به تمام سلول‌های بدن برسد. مخصوصاً در مورد مغز که ارگان کنترل کننده تمامی اعمال بدن است اگر تامین اکسیژن کافی صورت نپذیرد بعد از سه الی چهار دقیقه موجب افت عملکرد آن خواهد شد. بدون اکسیژن شخص هوشیاری خود را از دست داده ضربان قلب و تنفس دچار اختلال شده و در نهایت می‌تواند منجر به مرگ گردد.

منظور از تنفس مصنوعی این است که شخص را با وسایل و ابزاری غیر از آنچه طبیعت در اختیار او قرار داده است به تنفس وادار کنیم. این عمل را به روش‌های مختلفی که با شرایط متفاوت تعیین می‌شود انجام می‌دهند.

- ✓ تنفس مصنوعی دهان به دهان
- ✓ دهان به بینی
- ✓ به روش فشار بر سینه و کشیدن بازو (روش سیلوستر (Silvestre))
- ✓ روش شیفر (یک نفره)

تنفس مصنوعی دهان به دهان یا دهان به بینی

تنفس مصنوعی به روش دهان به دهان بهترین و مؤثرترین نوع تنفس مصنوعی است چرا که می‌توان مقدار اکسیژن لازم را به آسانی به مصدوم رسانید. اما اگر صورت و دهان مصدوم آسیب شدید دیده باشد و یا دهان وی قفل شده باشد می‌توان از روش تنفس مصنوعی دهان به بینی استفاده کرد.

تکنیک تنفس مصنوعی به این صورت است ابتدا سر را به عقب متمایل کنید به صورتیکه دهان کمی بازتر باشد با انگشتان دستی که روی پیشانی مصدوم است سوراخ‌های بینی فرد را ببندید. دهان خود را روی دهان مصدوم بگذارید بطوریکه، لب‌های شما کاملاً اطراف دهان او را بگیرد. با یک بازدم عمیق هوا را وارد دهان فرد مصدوم کنید. همزمان از گوش‌هه چشم خود به قفسه سینه فرد نگاه کنید و از باد شدن آن اطمینان حاصل کنید.

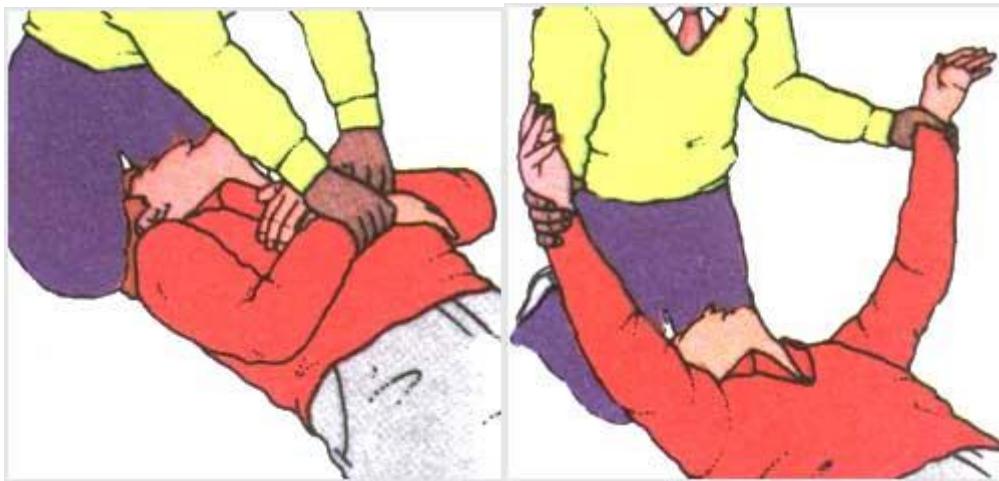


شکل 5-2: نحوه تنفس دهان به دهان

وقتی قفسه سینه فرد بالا می‌آید تنفس را قطع کنید و دهان خود را از دهان فرد جدا کرده و بینی او را آزاد بگذارید و خودتان برای تنفس بعدی نفس بگیرید. هنگام تنفس موثر سینه و شکم مصدوم بالا و پایین می‌آید و به تدریج رنگ پوست فرد از زردی و کبودی به صورتی تغییر می‌یابد. این عمل را 10-12 بار در دقیقه انجام دهید. [30]

تنفس مصنوعی به روش سیلوستر(کششی)

زمانی از تنفس مصنوعی به روش سیلوستر هنگامی استفاده می‌شود که صورت، دهان و فک مصدوم دچار خونریزی شده باشد و ماهیچه‌های تنفسی بر اثر عواملی از کار افتاده یا مصدوم حالت استفراغ داشته باشد به طوری که براثر صدمات واردہ به صورت و با توجه به حالت استفراغ نتوان از روش‌های دهان به دهان و دهان به بینی استفاده کرد. برای انجام تنفس مصنوعی به روش سیلوستر یاری دهنده ابتدا کمربند و دکمه‌های پیراهن و کت مصدوم را آزاد کرده و اشیاء سفت و تیز از جیب‌های وی خارج می‌کند وی را بر سطح صاف و سفتی به پشت می‌خواباند به گونه‌ای که صورت وی به طرف بالا باشد.



شکل ۵-۳: نحوه اجرای تنفس مصنوعی به روش سیلوستر

امدادگر کت، متکا، لباس را زیر شانه‌های مصدوم قرار می‌دهد و به گونه‌ای بالای سر مصدوم زانو می‌زند که سر در میان زانوهای وی قرار گیرد و خط فرضی بالای گوش‌های مصدوم از زانوهای وی بگذرد، سپس مج دست‌های مصدوم را گرفته و تا حد امکان به صورت نیم دایره بالا می‌آورد و بعد مستقیم هم تراز بدن وی قرار می‌دهد و ۲ ثانیه صبر می‌کند. در این وضعیت هوا وارد ریه‌های مصدوم شده و در حقیقت عمل دم انجام می‌شود. در این حالت یاری‌دهنده روی ران‌های خود می‌نشیند.

امدادگر دست‌های مصدوم را بلند می‌کند و بعد آنها را پایین می‌آورد و از آرنج خم می‌سازد و ساعدهای مصدوم را روی سینه وی در ناحیه انتهای قفسه سینه قرار می‌دهد و در حالتی که دست‌های خود را مستقیم نگه می‌دارد، به شکلی که از آرنج خم نشود، به جلو می‌خزد و بروی سینه مصدوم فشار وارد کرده تا هوا داخل ریه وی تخلیه گردد. در این حالت یاری‌دهنده کاملاً از روی ران‌های خود بلند می‌شود.

* در این روش تعداد تکرار ۱۰-۱۲ بار در دقیقه است.

* تنفس مصنوعی نبایستی متوقف گردد مگر این که تنفس طبیعی مصدوم شروع شده باشد و یا اینکه پزشک مرگ او را اعلام نماید.

* هنگام انجام تنفس مصنوعی باید سعی گردد تا مصدوم گرم نگه داشته شود.

* هنگام انجام تنفس مصنوعی دقت شود که هنگام بالا آوردن دست‌های مصدوم سر او از زمین بلند نشود.

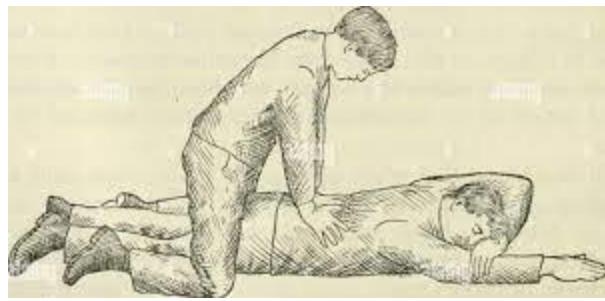
* هنگام انجام تنفس مصنوعی دقت شود که هنگام بالا آوردن دست‌های مصدوم و قرار دادن آنها در راستای بدن، مصدوم به طرف امدادگر کشیده نشود.

* فشار وارد و نیروی اعمال شده به سینه مصدوم بستگی به وضعت جسمانی، سن و جثه وی دارد و باید دقت شود تا با فشار بیش از حد به قفسه سینه مصدوم آسیب وارد نشود.



تنفس مصنوعی به روش شیفر (فساری)

تنفس مصنوعی به روش شیفر هنگامی انجام می‌شود که دنددها و مهره‌های مصدوم سالم باشد اما صورت، دهان و فک دچار شکستگی و خونریزی شده باشند و در کتفها، شانه‌ها و دست‌ها نیز آسیب دیدگی شدیدی دیده شود و مصدوم حالت استفراغ نیز داشته باشد به گونه‌ای که نتوان از روش‌های دهان به دهان یا دهان به بینی استفاده کرد. برای انجام تنفس مصنوعی به روش شیفر امدادگر ابتدا کمریند و دکمه‌ها پیراهن و کت مصدوم را آزاد و یقه لباس وی را شل می‌کند و اشیاء سفت و تیز را از جیب‌های او خارج می‌نماید، سپس شخص را روی سطح صاف و سفتی به شکم می‌خواباند یک دست او را مستقیم در راستای بدن وی قرار می‌دهد و دست دیگر مصدوم را از آرنج خم می‌کند و صورت وی را طوری روی آن قرار می‌دهد که راه دهان و بینی مصدوم برای تنفس آزاد باشد امدادگر پشت مصدوم قرار گرفته و زانوهای خود را مقابل ابتدای استخوان ران‌های وی بر روی زمین می‌گذارد و روی ران‌های مصدوم می‌نشیند.



شکل ٤-٥: نحوه اجرای تنفس مصنوعی به روش شیفر

امدادگر از روی ران‌های مصدوم بلند می‌شود و دست‌های خود را در حالی که انگشتان آنها بسته شده طوری روی کمر مصدوم قرار می‌دهد که انگشتان کوچک دست‌های یاری دهنده، انتهای دنددهای دهنده مصدوم را لمس نماید. امدادگر در حالی که دست‌هایش کاملاً صاف و بدون خمیدگی است به آرامی به جلو می‌خزد، به گونه‌ای که دست‌ها و شانه‌ها در یک امتداد قرار گیرد. در این وضعیت وزن یاری دهنده به آرامی بر روی کمر مصدوم قرار می‌گیرد و فشاری به کمر وی وارد می‌شود که باعث خروج هوا داخل ریه‌های مصدوم می‌گردد و عمل بازدم انجام می‌شود. یاری دهنده بی‌درنگ به عقب بر می‌گردد و دست‌ها را از روی کمر مصدوم بر می‌دارد و روی ران‌های وی می‌نشیند. در این حالت فشار وارد بر پشت مصدوم کاملاً برداشته شده و هوا وارد ریه‌های وی می‌گردد و عمل دم صورت می‌گیرد.

* تعداد تکرار این عمل بین ١٠ تا ١٢ بار در دقیقه است.

* تنفس مصنوعی نباید متوقف گردد مگر این که تنفس طبیعی مصدوم شروع شده باشد و یا اینکه پزشک مرگ او را اعلام نماید.

* هنگام انجام تنفس مصنوعی باید سعی گردد تا مصدوم گرم نگه داشته شود.



* وقتی مصدوم به هوش آمد بایستی او را گرم نگه داشت و مایعات گرم به او داد و در حالت استراحت کامل ضمن جلوگیری از حرکت کردن مصدوم، او را تحت درمان پزشک قرار داد.

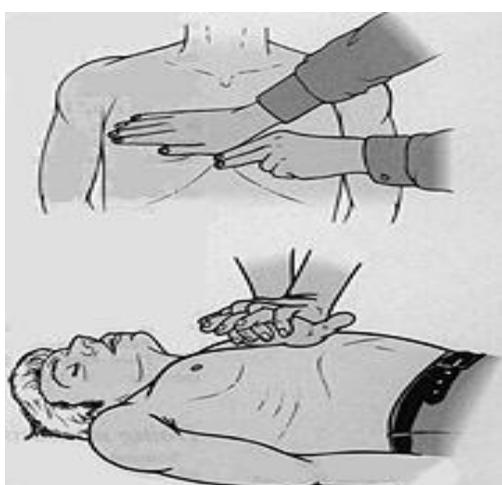
* نیروی اعمال شده به کمر مصدوم بستگی به وضع ساختمانی، سن و جثه وی دارد و باید دقت شود که با فشار بیش از حد به قفسه سینه و کمر مصدوم آسیبی وارد نشود.

در هنگامی که هیچ یک از روش‌های زیر کار آمد نباشد از طریق ایجاد یک سوراخ در گلوی فرد که به آن استوما می‌گویند می‌توان راه هوایی جهت تنفس ایجاد کرد. البته شایان ذکر است که این روش تنها توسط افراد متخصص و آموزش دیده قابل اجرا است [30].

ماساژ قلبی

محل ماساژ قلبی

در بزرگسالان و کودکان قسمت میانی قفسه سینه در ناحیه نیمه تحتانی استرنوم و در نوزادان و شیرخواران وسط خط فرضی که دو پستان را به هم وصل می‌کند. با پاشنه هردو دست در بزرگسالان در شیرخواران با پاشنه یک کف دست و در نوزادان با دو شست که 4 انگشت هر دو دست دور قفسه سینه نوزاد را محصور می‌کند.



شکل 5-5: محل ماساژ قلبی

شرایط یک ماساژ قلبی مناسب

فسردن قفسه سینه با سرعت 100 تا 120 بار در دقیقه توصیه شده است. عمق فشار قفسه سینه برای بزرگسالان، دست کم 5 سانتی متر و حداقل 6 سانتی متر توصیه شده است. امدادگران باید اجازه دهند تا قفسه سینه به حد اولیه خود در حین ماساژ باز گردد. بدون برداشتن دست‌ها این عمل سبب بازگشت کامل و خونگیری قلب و عروق قبل از فشار بعدی می‌شود. زمان انجام فشار بر روی قفسه سینه و مرحله رها سازی کامل تقریباً برابر می‌باشد. احیاگر در شرایطی که تنهاست، باید نسبت 30 ماساژ به 2 تنفس را برای CPR مصدومین در تمام سنین استفاده کند. در صورت وجود دو احیاگر نسبت 15 ماساژ قلبی و 2 تنفس برای کودکان و شیرخواران انجام می‌گردد. در نوزادان باید نسبت ماساژ به تنفس 3 به 1 رعایت شود.



رسیدگی به خونریزی، شکستگی و سوختگی

در ادامه به بررسی خونریزی‌ها، شکستگی‌ها و سوختگی‌های مصدوم بپردازید. در صورت وجود خونریزی در صورت امکان روی زخم را با پارچه‌ی تمیز یا بانداژ استریل فشار داده تا خونریزی قطع شود سپس روی زخم را با بانداژ و چسب بیندید. اگر هیچ کدام از این موارد در دسترس نبودند از دست برای جلوگیری از خونریزی استفاده کنید.

در مواجه با شکستگی‌ها نیز ابتدا نیز شریان زیر ناحیه آسیب دیده را بگیرید و خاطر جمع شوید که نبض شریانی قابل لمس است. این موضوع به شما کمک می‌کند تا مطمئن شوید که هنوز خون رسانی به ناحیه بعد از آسیب صورت می‌گیرد. اگر چنین نبود یعنی نبضی احساس نشد، شخص آسیب دیده در معرض خطر از دست دادن عضو آسیب دیده خواهد بود بنابراین به سرعت او را به نزدیک‌ترین مرکز درمانی منتقل کنید.

اگر شکستگی از نوع باز بود و استخوان شکسته معلوم شده بود با اعمال فشار بر موضع، خونریزی را متوقف کنید. همچنین به منظور کاهش جریان خون در محل شکستگی، ناحیه آسیب دیده را بالا نگه دارید.

برای درمان سوختگی، استفاده از پماد آنتی بیوتیک و پانسمان‌های استریل و بستن زخم‌ها توصیه می‌شود. همچنین با توجه به خشک بودن اینگونه سوختگی، خنک کردن محل مورد نظر توصیه می‌شود.[30]

مراجع

- .1 دولتی, ف., تاریخچه‌ی برق در ایران, ed. 1. 2015, تهران: اندیشه‌ی برتر.
2. IEC, 60062 Marking codes for resistors and capacitors, in International Electrotechnical Commission. 2019.
- .3 طولابی, م.م., تعاریف و اصطلاحات برق: آکادمیک, ed. 1. 1401: 3.
4. Kouwenhoven, W., Effects of electricity on the human body. Electrical engineering, 1949. 68(3): p. 199-203.
5. Buja, Z., H. Arifi, and E. Hoxha, Electrical burn injuries. An eight-year review. Annals of burns and fire disasters, 2010. 23(1): p. 4.
6. Cox, A.W., F.P. Lees, and M. Ang, Classification of hazardous locations. 1990: IChemE.
7. NFPA, 70, in Hazardous (Classified) Locations, Classes I, II, and III, Divisions 1 and 2. 2017, National Electrical Code: Massachusetts.
8. Gibson, N., Static electricity—an industrial hazard under control? Journal of electrostatics, 1997. 40: p. 21-30.
9. Steinman, A., The basics of air ionization for high-technology manufacturing applications. Compliance Engineering, 2006.
10. Wu, J.Z., C.S. Pan, and B.M. Wimer, Evaluation of the shock absorption performance of construction helmets under repeated top impacts. Engineering failure analysis, 2019. 96: p. 330-339.
11. IEC, 61111 Live working - Electrical insulating matting, in International Electrotechnical Commission. 2009. p. 66.
12. BS, 7671-1, in Wiring regulations. 2002, IEE: Londen, UK.
13. Stockin, D.R., McGraw-Hill's National Electrical Code® 2014 Grounding and Earthing Handbook. 2014: McGraw-Hill Education.
14. Mitolo, M., Electrical Safety of Low-Voltage Systems. 2009: McGraw-Hill Education.
15. Ault, S., Smith, "1996 Residential Fire Loss Estimates". US Consumer Product Safety Commission, Directorate for Epidemiology and Health Sciences, 1998.
16. Farr, H.H., Transmission line design manual. 1980: US Department of the Interior, Water and Power Resources Service.
17. Department-for-Energy-and-Mining, Identifying powerlines, in <https://www.sa.gov.au/topics/energy-and-environment/using-electricity-and-gas-safely/powerline-safety/identifying-powerlines>. 2017.
18. IEC, 62305-3 Protection against lightning part 3 : physical damage to structures and life hazard, in International Electrotechnical Commission. 2010: Geneva, Switzerland.
19. IEC, 60099-5 Surge arresters - Part 5: Selection and application recommendations, in International Electrotechnical Commission. 2018.
20. IEC, 62305-4 Protection agnist lightening part 4 : Electrical and electronic systems within structures., in International Electrotechnical Commission. 2010.
21. NFC, 17-102, in lightning Protection : protection ao structures and open areas against lightning using early streamer emission air terminals. 2010, French Standard.



22. NFPA, 70, in Installation of Lightning Protection Systems. 2017, National Electrical Code: Massachusetts.
23. IEC, 60067-7 Power transformers - Part 7: Loading guide for mineral-oil-immersed power transformers., in International Electrotechnical Commission. 2020.
24. IEC, 60076-11 Power transformers Part 11: Dry-type transformers, in International Electrotechnical Commission. 2004: Switzerland.
25. Neutra, R., V. Delpizzo, and G.M. Lee, An evaluation of the possible risks from electric and magnetic fields (EMFs) from power lines, internal wiring, electrical occupations, and appliances. 2002: California EMF Program Oakland, CA.
26. Heidler, F. and W.J. Zischank, Necessary Separation Distances for Lightning Protection Systems—IEC 62305-3 Revisited. X SIPDA, 2009. 91103.
27. Sekioka, S., Lightning protections of renewable energy generation systems, in Integration of distributed energy resources in power systems. 2016, Elsevier. p. 193-228.
28. Potts, J. and B. Lynch, The American Heart Association CPR Anytime Program: the potential impact of highly accessible training in cardiopulmonary resuscitation. Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention, 2006. 26(6): p. 346-354.
29. Swor, R., et al., CPR training and CPR performance: do CPR-trained bystanders perform CPR? Academic Emergency Medicine, 2006. 13(6): p. 596-601.
30. Miller, R.D., et al., Miller's anesthesia e-book. 2014: Elsevier Health Sciences.