

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

سیستم ارت و محاسبات آن

همیشه و تنظیم سیستم: ولی پور غفار

مدرس آموزش برق الکترونیک

مدرستان فنی شهیدناهی سلاس

1396

## فهرست مطالب

صفحه		ردیف
3	فهرست مطالب	1
4	چکیده	2
5	فصل اول (مقدمه)	3
9	فصل دوم (کلیات ارت)	4
22	فصل سوم (زمین کردن)	5
38	فصل چهارم (اجرای ارت)	6
50	فصل پنجم (سیم زمین...)	7
63	فصل ششم (سیستم ارتی...)	8
75	فصل هفتم (آیین نامه...)	9
84	فهرست منابع و مآخذ	10

## چکیده

سیستم ارت مناسب بایستی امپدانس الکتریکی بسیار پایین ، مقاومت مکانیکی بسیار بالا و مقاومت بالا در برابر خوردگی داشته باشد. انواع زمین کردن الکتریکی عبارت است از : زمین کردن به شکل مستقیم ، زمین کردن از طریق مقاومت، زمین کردن از طریق راکتانس، زمین کردن از طریق ترانسفورماتور و زمین کردن ایزوله می باشد. انواع زمین کردن حفاظتی شامل: گراند تجهیزات، گراند صاعقه گیر، گراندبارهای ساکن، گراند ایزوله، گراند منفرد یا مستقل و گراند شبکه ای سیگنال مرجع می باشد. برای اجرای ارت دو روش وجود دارد یکی روش عمقی بوده و دیگری روش سطحی می باشد که روش عمقی از چاه برای اجرای ارت استفاده می شود و در روش سطحی، سیستم ارت در سطح زمین اجرا می گردد. در صورتی می توان از روش سطحی استفاده نمود که فضای لازم به منظور حفاری وجود داشته باشد، ارتفاع از سطح دریا پایین باشد و پستی و بلندی های محوطه کم باشد. برای تست نمودن سیستم های ارتینگ روش هایی نظیر: روش افت ولتاژ ، روش 62 درصد، روش تنزل پتانسیل و روش خط عرضی وجود دارد که بهترین روش اندازه گیری همان روش افت ولتاژ می باشد و عمومی ترین روش اندازه گیری روش خط اصلی است. الکترودهای اتصال به زمین به دو دسته تقسیم می گردند که شامل الکترودهای مصنوعی و الکترودهای موجود یا طبیعی می باشند الکترودهای صفحه ای شامل ، الکترودهای قائم و الکترودهای افقی می باشند.

# فصل اول

مقدمه

ولی پور غفار

## 1-1- مقدمه :

هدف از گردآوری این پروژه درک عمیق تر مفاهیم مربوط به سیستم های زمین و آشنایی با روش های روزآمد و کارآمد این بخش از مهندسی برق است که گرچه در گذشته بی توجه با آن برخورد می شده ولی در وضعیت فعلی کشور و حجم عظیم پروژه های صنعتی و پیشرفت فن آوری، جایگاه خود را پیدا کرده و مطمئناً در آینده هم بهتر از وضعیت فعلی خواهد بود. در این پروژه سعی بر آن است تا با زبان ساده و تصاویر شماتیک، مفهوم برای خواننده جا بیفتد.

## 2-1- اصطلاحات و تعاریف : [1]

### تعریف سیستم زمین:

سیستم زمین یا گراندینگ GROUNDING یا ارتینگ EARTHING عبارت است از اتصال الکتریکی (با سیم) تجهیزاتی که:  
- با برق کار می کنند و بدنه فلزی دارند.  
- حتی در بعضی موارد و در کاربردهای خاص با برق کار نمی کنند و بدنه فلزی هم ندارند و عایق هستند به درون زمین جهت :

1. تامین حفاظت جانی انسان ها
2. عملکرد مناسب دستگاه ها
3. کنترل نویز

بکار می رود.

### بدنه هادی تجهیزات :

بدنه یا اسکلت هادی مربوط به تجهیزات الکتریکی است که در دسترس بوده و می توان آن را لمس کرد. این قسمت از تجهیزات در وضعیت عادی برقرار نیست ولی ممکن است در اثر بروز نقصی در دستگاه یا ایجاد اتصالی داخلی برقرار شود.

### زمین شده :

وصل شده به میله زمین (الکتروود) یا وصل به سیستم هادی های گسترده که به جای زمین عمل می کند.

## الکتروود زمین (Earth electrode):

سازه های فلزی مدفون در خاک که می توانند مسیر جریان های سرگردان زمین را تسهیل یا گرادیان پتانسیل زمین ناشی از این جریان ها را تغییر دهند الکتروود زمین می گویند.  
این الکتروودها می توانند شامل موارد ذیل باشند:

- 1- لوله آب فلزی مدفون
- 2- شبکه های فلزی ساختمان که بطور موثر در زمین قرار گرفته است
- 3- میلگردهای داخل بتن
- 4- شبکه های مسی موسوم به رینگ زمین

### الکتروود رینگ :

یک الکتروود زمین که یک حلقه بسته در سطح یا زیر زمین به دور ساختمان تشکیل می شود.

### الکتروود زمین فونداسیون :

الکتروود زمینی جاسازی شده در فونداسیون بتنی ساختمان. یکی از موثرترین الکتروودهای زمین یک رینگ یا شبکه فلزی است که به اسکلت ساختمان در فواصل مناسب متصل گردیده است.

### جرم کلی زمین :

مفهومی است که ویژگی های آن با عبارات زیر قابل توجیه است  
- جرم کلی زمین را می توان مشابه شینه ای با سطح مقطع بزرگ فرض کرد که مقاومت بین هر دو نقطه آن عملاً نزدیک به صفر است .  
- اتصال به جرم کلی زمین تنها از راه نوعی الکتروود زمین امکان پذیر است.  
- اتصال الکتروود زمین به جرم کلی زمین همواره با مقاومتی همراه است که همان مقاومت اتصال زمین یا مقاومت الکتروود زمین است.

### هم بندی: (bonding)

وصل الکتریکی هر ترکیبی از اجزای هادی، بدنه ها، قسمت های فلزی در دسترس، اجزای فلزی ساختمان ها، انواع لوله کشی ها، پوشش هادی و غیره به یکدیگر به منظور از بین بردن اختلاف پتانسیل احتمالی بین آنها در حالت عادی یا در صورت بروز اتصالی.

### زمین آرام: Quiet ground یا Clean earth

استاندارد IEEE 100 زمین آرام را اینگونه تعریف می کند:  
شبکه زمین ویژه که از بخش های قراردادی سیستم زمین قدرت Power system ground ایزوله می باشد و نویز الکترو مغناطیسی و ولتاژهای ناخواسته موجود در لحظات خطا یا عادی زمین روی آن اثر نمی کند و موجب اختلال در عملکرد مطلوب کامپیوتر نخواهد شد .  
معیار دقیقی جهت تعیین مقاومت زمین آرام در دست نمی باشد و زمینی که ولتاژهای ناخواسته ناشی از جریان های داخل زمین را به کامپیوتر منتقل نکند خواه یک الکتروود باشد خواه یک شبکه وسیع ایزوله، زمین آرام می باشد.

### زمین نویزی: (noisy ground)

برخلاف زمین آرام، زمین نویزی یک شبکه زمین الکتریکی است که استعداد القاء یا تزریق ولتاژهای ناخواسته و مزاحم را به سیستم کامپیوتر دارد.

### تداخل ناشی از میدان الکترو مغناطیسی: ( Electro Magnetic Interference (EMI)

به میدان های الکترو مغناطیسی راه یافته در زمین بخاطر وقوع صاعقه، اتصال کوتاه در زمین های مجاور و نظائر آن که از سیگنال های با فرکانس پایین شهری تا فرکانسهای رادیویی و سیگنال های با سرعت بالای صاعقه را شامل می شود EMI گویند.

### 1-3- تاثیر جریان الکتریکی بر بدن : [ 5 ]

تاثیر جریان الکتریکی عبوری از بدن تابع فرکانس  $f$ ، میزان جریان  $i$  و مدت زمان  $t$  عبور این جریان می باشد.

جریان های تا 9 میلی آمپر در فرکانس 50 تا 60 هرتز آسیب جدی در شخص ایجاد نمی کند ولی چنانچه میزان آن از 9 تا 25 میلی آمپر افزایش یابد خطراتی مثل از کار افتادن ماهیچه های محل تماس مشهود بوده است جریان های بیشتر از 25 میلی آمپر باعث از کار افتادن تنفس و یا منجر به مرگ خواهد شد.

جدول زیر میزان خطرات و اثرات جریان برق بر بدن را برای جریان های AC با فرکانس 60 هرتز و DC نشان می دهد.

Alternating Current (AC) (60 Hz)	Direct Current	Effects
0.5-1	0-4	Perception
1-3	4-15	Siuprise (freactor current)
3-21	15-80	Reflex action (let-go current)
21-40	80-16	Muscular inhibition
40-100	160-300	Respiratory block
Over 100	Over 300	Usually fatal

در این خصوص می توان با استفاده از فرمول تجربی زیر رابطه شدت جریان انتقالی و زمان عبور آن را محاسبه نمود این فرمول توسط DAISLER بیان شده و در مورد افراد با وزن 50 کیلوگرم و زمان کمتر از 3 ثانیه صادق بوده است:

$$0.135 = t_s \times I_b^2$$

در این رابطه  $t_s$  زمان انتقال جریان از بدن و  $I_b$  شدت جریانی عبوری از بدن می باشد. به عنوان مثال طبق فرمول فوق به ازای زمان 5 ثانیه شخص می تواند شدت جریان 164 میلی آمپر را تحمل کند. از لحاظ ولتاژ نیز در استانداردهای ایران ولتاژ متناوب 50 ولت به بالا را ولتاژ خطرناک می گوئیم همچنین اثر جریان برق به وضعیت قرار گرفتن انسان و عضوی که به موضع اتصالی برخورد می کند نیز ارتباط دارد. وضعیت برخورد انسان با موضع اتصالی ممکن است به دو صورت مستقیم و غیر مستقیم باشد.



# فصل دوم

## کلیات ارت

## مقدمه:

به منظور ایمنی و حفاظت افراد و تجهیزات الکتریکی استفاده از سیستم ارت ضروری بوده و بایستی آنرا در احداث ساختمان های مسکونی و صنعتی لحاظ نمود، هرچند که بسیاری از افراد در گذشته بدلیل عدم آگاهی و هزینه کمتر ساخت بنای مسکونی از آن صرف نظر می نمودند ولی در حال حاضر اجرای سیستم ارت در برخی از مراکز جا افتاده است، امید است که در آینده اجرای آن همگانی و ضروری بشود.

### 2-1- تاریخچه ارت : [5]

بین سال های 1880 تا 1924 خطوط انتقال و توزیع برق بدون اینکه نقطه نوترال یا نول زمین شده داشته باشند احداث می شدند و هیچ نقطه ای از شبکه و تجهیزات ارت نمی شدند و اساساً مفهومی به نام ارت وجود نداشت.

مشکلات برق گرفتگی و آتش سوزی در منازل و اماکن عمومی و صنعتی وجود داشت بدون اینکه فیزوهای حفاظتی نصب شده در شبکه عیوب را تشخیص بدهند .

در سال 1924 انجمن مهندسان برق (IEE) اتصال بدنه فلزی وسایل برقی به زمین یا همان ارت کردن را اجباری نمود هر چند اینکار ساده نبوده و مشکلات فراوانی داشت. در سال 1927 کشور فرانسه بحث ارت کردن نقطه نول ترانسفورماتورها را نیز تصویب نمود در سال 1935 استانداردهای جامع حفاظت اشخاص و تجهیزات ، تدوین و اجرایی شد و از آن سالها به بعد ارتینگ همگانی شد.

### 2-2- لزوم استفاده از سیستم ارت و اهداف بکار گیری آن : [5]

به منظور حفاظت افراد و دستگاهها ، اضافه ولتاژهای تولید شده در بدنه که باعث صدمه دیدن دستگاهها و افراد می شود، را باید در جایی خنثی نمائیم به همین منظور استفاده از سیستم ارت و حفاظت از تجهیزات بسیار لازم و ضروری است بعلاوه با افزایش استفاده از سیستمهای دیجیتالی و حساس، لزوم بازنگری در طراحی، نصب و نگهداری سیستمهای حفاظتی گراندینگ وجود دارد.

اهداف بکارگیری سیستم ارتینگ یا گراندینگ عبارتند از :

الف - حفاظت و ایمنی جان انسان

ب - حفاظت و ایمنی وسایل و تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی

ج - فراهم آوردن شرایط ایده‌آل جهت کار

د - جلوگیری از ولتاژ تماسی

ه - حذف ولتاژ اضافی

و - جلوگیری از ولتاژهای ناخواسته و صاعقه

ز - اطمینان از قابلیت کار الکتریکی

### 2-3 - فلسفه ارت نمودن : [1]

در یک مدار تکفاز ساده که نول عمداً به زمین متصل نشده صرفاً وقوع اتصالی مستقیم فاز به نول می تواند فیوز را بسوزاند و جلوی خطرات بعدی را بگیرد در صورت اتصالی فاز به زمین و نول به زمین (هر یک به تنهایی) فیوز نخواهد سوخت و عیب ممکن است روزها وجود داشته باشد که منجر به آسیب به تجهیزات به خاطر تغییر در ولتاژ تغذیه آنها و یا آسیب به شبکه برق گردد در این حالت اگر دست انسان به یک فاز یا نول برخورد نماید خطری نخواهد داشت و فقط اتصال همزمان به فاز و نول باعث برق گرفتگی خواهد شد.

خلاصه:

خطرات انسانی: کمتر  
آسیب به تجهیزات و شبکه برق: زیاد  
همانطور که در تاریخچه نیز اشاره شد به خاطر حفظ پایداری شبکه برق و مسائل دیگر که در ادامه خواهد آمد در سال 1935 به بعد اتصال نول به زمین اجباری شد که در این حالت وضعیت به صورت زیر قابل بیان است:

اتصال فاز به زمین می تواند فیوز را سوزانده و مدار و تجهیزات را محافظت کند.  
اتصال نول به زمین خطری برای شبکه و تجهیزات ندارد.  
اتصال بدن انسان به یک فاز (تنها) بسیار خطرناک است.  
این وضعیت دو حالت دارد:

- اگر بدنه دستگاه به زمین که همان نول است وصل شده باشد (یعنی همان سیستم زمین حفاظتی) که در این حالت فیوز سریعاً سوخته و از عبور طولانی جریان به بدن جلوگیری می کند.
- اگر بدنه دستگاه به زمین که همان نول است وصل نشده باشد یعنی سیستم ارت نداشته باشیم که در این حالت بعید است فیوز بسوزد لذا جریان برق تا زمانی که شخص به خود آمده و خود را رها کند و یا کسی به کمک او بیاید از بدن عبور خواهد کرد و این فاجعه است.

خلاصه این حالت:

**در صورت عدم نصب ارت مناسب**

خطرات انسانی: بسیار زیاد

آسیب به تجهیزات و شبکه برق: زیاد

**در صورت نصب سیستم ارت مناسب**

خطرات انسانی: کمتر

آسیب به تجهیزات و شبکه برق: کمتر

به عبارتی در حالتی که سیستم ارت نصب شده باشد جریان خطا سه مسیر جهت عبور جریان خطا و برگشت به منبع دارد و سهم کمی از جریان خطا ممکن است از بدن شخصی که با دست دستگاه را لمس می کند عبور کند خصوصاً اگر مقاومت زمین نیز خیلی کم باشد .

#### 4-2- ویژگی های مهم یک سیستم زمین : [5]

الف) امپدانس الکتریکی بسیار پایین Electrical Impedance Low

ب) مقاومت مکانیکی بسیار بالا Mechanical Resistance High

ج) مقاومت بالا در برابر خوردگی Resistance Corrosion High

#### 5-2- خطاهای متقارن و نامتقارن : [4]

مطالعات خطا بخش مهمی از تجزیه و تحلیل سیستم های قدرت و شبکه های الکتریکی را تشکیل می دهد مهمترین خطاها در شبکه شامل انواع اتصال کوتاه ها و قطع شدن ها در خطوط انتقال یا تجهیزات سیستم می باشد. خطاهای ایجاد شده منجر به خطرات جانی و مالی فراوان شده و در بسیاری از موارد صدمات جبران ناپذیری را به همراه داشته است . خطا در یک شبکه ، سیستم قطعی برق ، کاهش ولتاژ مصرف کنندگان و آسیب زدن به تجهیزات شبکه و افراد را در پی دارد بعبارتی هر عاملی که سبب بر هم خوردن تعادل سیستم قدرت و شبکه الکتریکی گردد را خطا می نامند .

### 1-5-2- عوامل پیدایش خطا در شبکه :

#### 1- صاعقه :

صاعقه یکی از اسرارآمیزترین پدیده های خلقت است که در عین زیبایی بسیار مخرب بوده، صاعقه از تخلیه الکترواستاتیکی میان ابر و زمین بوجود می آید درصد بالایی از اتصالاتی های خطوط انتقال نیرو از طریق برخورد صاعقه به خطوط انتقال ایجاد می شود.

2- سالم نبودن تجهیزات و لوازم سیستم

3- شرایط جوی مانند باد، یخبندان، باران و...

4- برخورد وسایل نقلیه زمینی با دکل ها و برخورد وسایل نقلیه هوایی با هادی خطوط انتقال

5- برخورد پرندگان با هادی های خطوط انتقال

6- سقوط درختان بر روی هادی های خطوط انتقال

7- عوامل تصادفی و اتفاقات غیر قابل پیش بینی

### 2-5-2- تقسیم بندی خطاها :

بطور کلی خطاها به دو دسته متقارن و نامتقارن تقسیم بندی می گردند. خطای متقارن به خطایی گفته می شود که در آن تقارن و تعادل شبکه بر هم نمی خورد اما در خطای نامتقارن تعادل شبکه بر هم می خورد که در ذیل به معرفی هر یک از خطاهای فوق می پردازیم.

### 2-5-3- طبقه بندی خطاها بر اساس میزان شدت اتصالاتی :

#### الف- اتصال کوتاه متقارن (سه فاز)

این اتصال کوتاه بر اثر اتصال و برخورد سه فاز به یکدیگر بوجود می آید، در این حالت جریان و ولتاژ سه فاز با هم همزمان وصل می شوند پس تقارن شبکه بر هم نمی خورد در نتیجه اتصال کوتاه متقارن می نامیم.

#### ب- اتصال کوتاه دو فاز :

این نوع از اتصال کوتاه ، از نوع نامتقارن می باشد زیرا تعادل شبکه بر هم می خورد و به دو نوع اتصالاتی تقسیم می گردد:

1) اتصال کوتاه دو فاز به یکدیگر (LL): در این حالت دو فاز فقط به یکدیگر وصل می شوند.

2) اتصال دو فاز با هم و به زمین (DLG): در این حالت دو فاز همزمان به زمین متصل می گردند.

#### ج- اتصال کوتاه تکفاز به زمین (SLG):

این اتصالاتی از نوع نامتقارن بوده و ممکن است بر اثر برخورد صاعقه و ایجاد جرقه روی مقره ها بوجود آید بطوریکه یکی از فازها از طریق بدنه دکل به زمین وصل شود.

#### د- قطع هادی ها :

از نوع نامتقارن می باشد که در این نوع از خطای یک یا دو فاز از خط انتقال قطع می گردد و جریان آن به صفر می رسد.

• بیشترین اتصال کوتاه ها از نوع تکفاز به زمین بوده و بیش از 75% اتصال کوتاه های شبکه را تشکیل می دهند و اتصال کوتاه دو فاز حدود 20% اتصال کوتاه های شبکه را تشکیل می دهند، کمترین اتصال کوتاه از نوع متقارن بوده و کمتر از 5% اتصال کوتاه های شبکه از این نوع می باشند.

## 2-5-4- خطاهای موقتی و خطاهای ماندگار :

بسیاری از خطاهای و اتصال کوتاه های یک شبکه موقتی بوده و به خودی خود رفع می شوند (مانند برخورد لحظه ای دو سیم به یکدیگر در اثر وزش باد) و در مقابل برخی از خطاهای شبکه ماندگار و یا دائمی می باشند (افتادن درخت بر روی یک خط انتقال) و برای رفع آنها باید عامل بوجود آورنده خطا را از میان برداشت و یا سیستم را اصلاح کرد.

نمونه هایی از خطاهای موقتی ایجاد شده در شبکه :

- یونیزه شدن هوای اطراف مقره و شکست عایقی هوا (صاعقه)
- برخورد لحظه ای دو فاز به یکدیگر در اثر باد
- برخورد پرندگان با هادی خطوط انتقال
- نمونه هایی از خطاهای ماندگار ایجاد شده در شبکه :
- شکسته شدن نگهدارنده مقره ها در اثر وزن یخ
- خسارت دائمی به دکل
- نقض در برقگیر
- افتادن درخت بر روی یک خط انتقال

در عمل در بعضی از نقاط سیستم قدرت از کلیدهای وصل مجدد (ریگلوزر) استفاده می شود این کلیدها پس از وقوع اتصال کوتاه یک یا دو بار و یا بیشتر وصل می شوند تا از برطرف شدن اتصال کوتاه مطمئن شوند. اگر پس از یک یا دو یا چند بار وصل مجدد هنوز اتصال کوتاه برقرار باشد کلید بطور دائمی باز خواهد ماند و نشان می دهد که اتصال کوتاه از نوع ماندگار می باشد زمان کل این عمل ممکن است یک ثانیه به طول بینجامد.

## 2-6- محاسبات اتصال کوتاه : [4]

محاسبات اتصال کوتاه شامل موارد زیر می باشد:

### 1-2-6-2- مراحل محاسبات اتصال کوتاه سه فاز به هم یا اتصال کوتاه متقارن :

برای تحلیل و محاسبات این نوع اتصال کوتاه بایستی ابتدا معادل مداری و دیاگرام امپدانس را رسم نموده سپس از رابطه زیر رابطه جریان اتصال کوتاه را محاسبه می نمایم .

$$I'' = \frac{V_{th}}{Z_{th}}$$

$V_{th}$  = ولتاژ بی باری نقطه اتصال کوتاه شده

$Z_{th}$  = امپدانس دیده شده در محل اتصالی با حذف منابع ولتاژ سیستم

- اگر امپدانس خطای  $Z_f$  داشته باشیم رابطه جریان اتصالی بصورت زیر درمی آید:

$$I'' = \frac{V_{th}}{Z_{th} + Z_f}$$

• بمنظور سادگی در محاسبات کلیه پارامترها را برحسب پریونیت لحاظ می‌نماییم، همچنین در اتصال کوتاه متقارن فقط مولفه توالی مثبت داریم.

### 2-6-2- محاسبات اتصال کوتاه تکفاز به زمین (SLG):

خطای تکفاز به زمین متداول‌ترین نوع خطاها در سیستم قدرت می‌باشند که عموماً در اثر صاعقه یا اتصال هادی‌ها به دکل زمین‌شده پدید می‌آیند. بمنظور تشریح نمودن محاسبات اتصال کوتاه فرض می‌نماییم در فاز a یک اتصال کوتاه تکفاز به زمین با امپدانس خطای  $Z_f$  رخ دهد، حال داریم:

$$V_a = Z_f \cdot I_a \quad I_b = I_c = 0$$

از روابط فوق نتیجه می‌گیریم که:

$$I^+ = I^- = I^0 = \frac{1}{3} I_a$$

از طرفی دیگر داریم:

$$V^0 = -Z^0 I^0$$

$$V^+ = E_a - Z^+ I^+$$

$$V^- = -Z^- I^-$$

$$V_a = V^+ + V^- + V^0$$

که با جایگذاری  $I^+ = I^- = I^0$  و  $I_a = 3I^+$  در رابطه فوق جریان توالی مثبت، منفی، و صفر عبارتند از

$$I^+ = I^- = I^0 = \frac{E_a}{Z^+ + Z^- + Z^0 + 3Z_f}$$

- با توجه به تساوی جریان های توالی مثبت، منفی، و صفر و رابطه فوق می توان به این نتیجه رسید که در این نوع اتصال کوتاه شبکه های توالی مثبت، منفی، و صفر با یکدیگر سری می شوند و مدار سری آنها بیانگر اتصال کوتاه SLG خواهد بود .
- شرط جریان توالی صفر وجود سیم زمین است و بدون سیم زمین  $Z_n = \infty$  است و بدون امپدانس خطا  $Z_f = 0$  می باشد.

### 3-6-2- محاسبات اتصال کوتاه دو فاز به یکدیگر L-L :

اگر بین دو فاز a و b اتصالی از طریق امپدانس خطای  $Z_f$  رخ دهد محاسبات آن به شرح زیر می باشد :

$$I_a = 0$$

$$I_b = -I_c$$

$$V_b - V_c = Z_f I_b$$

جریان های توالی بصورت زیر می باشد

$$I^0 = 0$$

$$I^+ = \frac{1}{3}(a - a^2)I_b$$

$$I^- = \frac{1}{3}(a^2 - a)I_b$$

از معادلات فوق نتیجه می گیریم که در این نوع اتصالی جریان توالی صفر برابر صفر است و همچنین جریان های توالی مثبت و منفی قرینه یکدیگرند .

با توجه به شرایط مرزی  $V_b - V_c = Z_f I_b$  رابطه جریان اتصالی بصورت زیر می باشد :

$$I^+ = -I^- = \frac{E_a}{Z^+ + Z^- + Z_f}$$

- نتیجه می گیریم که شبکه توالی صفر در محاسبات اتصال کوتاه L-L هیچ نقشی ندارد، همچنین امپدانس  $Z_f$  در مدار توالی صفر بصورت  $3Z_f$  ظاهر می شود از آنجایی که مدار توالی صفر در اتصال L-L رسم نمی شود بنابراین وجود یا عدم وجود سیم زمین تاثیری در اتصال کوتاه L-L ندارد.

#### 4-6-2- محاسبات اتصال کوتاه دو فاز به زمین DLG :

فرض نماییم که در فازهای a و b که از طریق امپدانس خطای  $Z_f$  به زمین وصل شده اند اتصال رخ دهد حال شرایط مرزی بصورت زیر می باشد :

$$V_b = V_c = Z_f (I_b + I_c)$$

$$I_a = 0$$

از آنجاییکه  $V_b = V_c$  می باشد می توان نتیجه گرفت که  $V^+ = V^-$  است بنابراین بطور خلاصه روابط شرایط خطا برای اتصال کوتاه DLG بصورت زیر است :

$$I^0 = I^+ = I^- = 0$$

$$V^+ = V^-$$

$$V^0 - V^- = 3Z_f I^0$$

بنابراین جریان های اتصال بصورت زیر می باشد :

$$I^+ = \frac{E_a}{Z^+ + [Z^- \Pi(Z^0 + 3Z_f)]}$$

$$I^- = (-I^+) \left[ \frac{Z^0 + 3Z_f}{Z^0 + 3Z_f + Z^-} \right]$$

$$I^0 = (-I^-) \left[ \frac{Z^-}{Z^0 + 3Z_f + Z^-} \right]$$

- معادلات فوق نشان می دهند که شبکه های توالی مثبت و منفی با یکدیگر موازی اند و امپدانس  $3Z_f$  با شبکه توالی صفر سری می گردد.



### 5-6-2- مراحل محاسبات اتصال کوتاه نامتقارن :

الف) رسم شبکه های توالی مثبت، منفی و صفر

ب) پریونیت کردن

ج) تعیین مدار معادل تونن سیستم در هر یک از شبکه های توالی مثبت، منفی و صفر

• ولتاژ تونن :

ولتاژ تونن در شبکه توالی مثبت برابر  $V_f$  است .

ولتاژ تونن در شبکه توالی منفی و صفر برابر صفر است .

• امپدانس تونن :

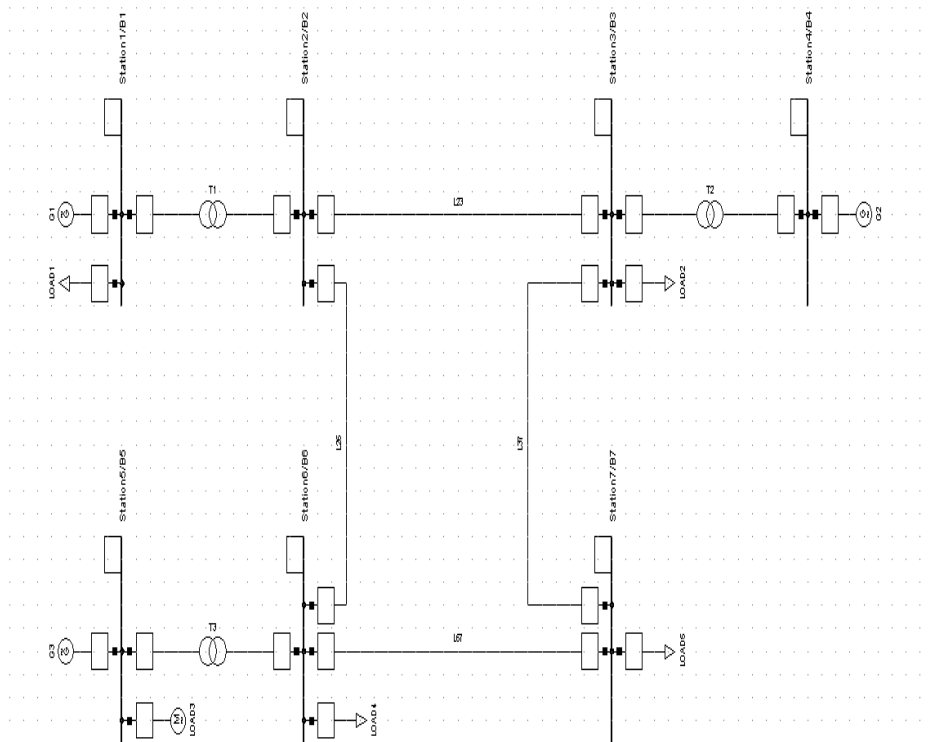
امپدانس تونن دیده شده از دو سر نقطه اتصالی در شبکه توالی مثبت، منفی و صفر .

د) اتصال سری، موازی شبکه های توالی به یکدیگر و محاسبه جریان های توالی از روابط

مربوط به مدار.

حال سیستم قدرت شکل زیر را در نظر گرفته و در وسط خط انتقال L23 یک اتصال کوتاه سه فاز را

توسط نرم افزار Digsilent شبیه سازی نموده واطلاعات فایل متنی خروجی را نمایش می دهیم.



اطلاعات خطوط انتقال :

نام خط	نوع خط	طول خط
L23	OHL 110 KV	80 KM
L26	OHL 110 KV	100 KM
L37	OHL 110 KV	100 KM

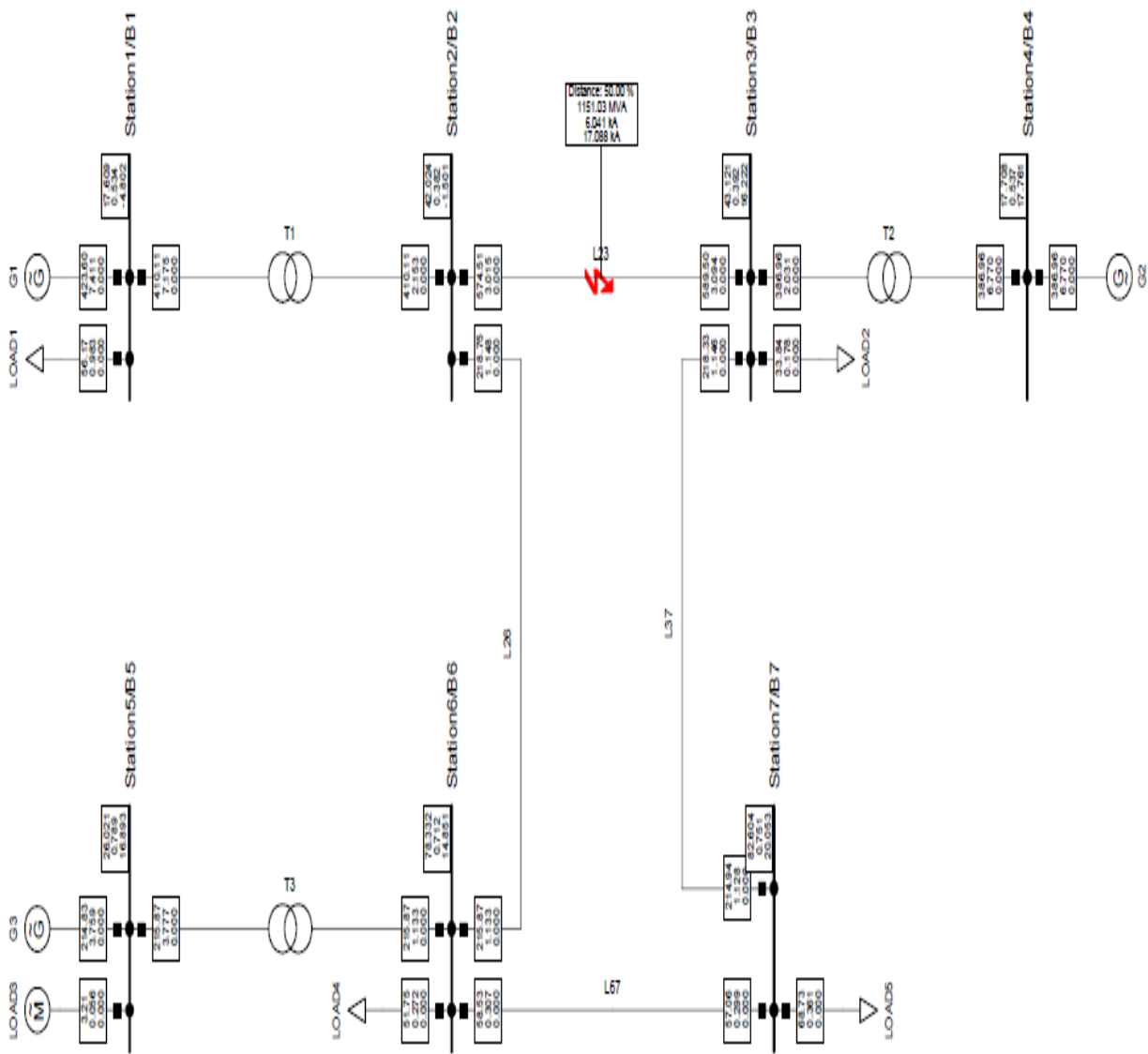
80 KM	OHL 110 KV	L67
-------	------------	-----

کلیه ترانس ها 110/33KV و 80MVA می باشند.  
 مشخصات ژنراتور ها به شرح زیر است :

نام	ولتاژ نامی	توان نامی	نوع شین	توان اکتیو / ولتاژ	ضریب توان
G1	33 KV	150 MVA	SLACK	$ V =1$ pu	-
G2	33 KV	150 MVA	PQ	100 MW	0.95
G3	33 KV	150 MVA	PV	$ V =1$ pu	-

مشخصات بار ها به شرح ذیل است :

نام بار	مشخصات بار
Load 1	100MW و $\text{COS}\theta=0.95$
Load 2	80MW و $\text{COS}\theta=0.95$
Load 3	موتور القایی 3MVA که توان اکتیو 2.5MW را از شبکه دریافت می کند.
Load 4	60MW و $\text{COS}\theta=0.85$
Load 5	80MW و $\text{COS}\theta=0.9$



Short-Circuit Calculation complete

3-Phase Short-Circuit /

0.10 s	Short-Circuit Duration
Decaying Aperiodic Component	Breaker Time
Using Method	B

Fault Distance from Terminal i:	\Demo\Project(44)\Grid\Station2\B2	Absolute
Line:	\Demo\Project(44)\Grid\Line 23	Relative
50.00 %		

Grid: Grid | System Stage: Grid

Ik	Ith	rtd.v.	voltage	c-	sk"	Ik"	ip	Ib	Sb
[kA]	[kA]	[kV]	[kV]	[deg]	[MVA]	[kA]	[deg]	[kA]	[MVA]

Fault Location:

Line 23	0.00	0.00	1.00	1151.03	6.04	-76.81	17.09	5.88	1120.65
6.04 6.04									

between:

B2 /Station2	110.00	24.26	-1.50
--------------	--------	-------	-------

Line 23	Station3	574.51	3.02	-85.79
Line 26	Station6	218.75	1.15	127.66
T1	Station1	410.11	2.15	77.12
land:				
B3 /Station3	110.00	24.90	16.22	
Line 23	Station2	589.50	3.09	-68.06
Line 73	Station7	218.33	1.15	119.85
T2	Station4	386.96	2.03	112.07
General Load 2		33.84	0.18	-1.97

### چکیده مطالب:

بطور کلی استفاده از سیستم ارت موجب افزایش ایمنی افراد و تجهیزات شده و اهداف بکارگیری سیستم ارتینگ یا گراندینگ عبارتند از :

الف- حفاظت و ایمنی جان انسان

ب- حفاظت و ایمنی وسایل و تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی

ج- فراهم آوردن شرایط ایده‌آل جهت کار

د - جلوگیری از ولتاژ تماسی

ه - حذف ولتاژ اضافی

و- جلوگیری از ولتاژهای ناخواسته و صاعقه

ز - اطمینان از قابلیت کار الکتریکی

سیستم ارت مناسب بایستی امیدانس الکتریکی بسیار پایین ، مقاومت مکانیکی بسیار بالا و مقاومت بالا در برابر خوردگی داشته باشد.

در شبکه های الکتریکی خطاها دو دسته اند که شامل خطای متقارن و خطای نامتقارن بوده ، خطای متقارن مانند اتصال سه فاز به یکدیگر و خطای نامتقارن مانند اتصال تکفاز به زمین، اتصال دو فاز به یکدیگر، اتصال دو فاز به یکدیگر به زمین و قطع هادی می باشد که بیشترین اتصال کوتاه ها از نوع تکفاز به زمین بوده و بیش از 75% اتصال کوتاه های شبکه را تشکیل می دهند و اتصال کوتاه دو فاز حدود 20% اتصال کوتاه های شبکه را تشکیل می دهند، کمترین اتصال کوتاه از نوع متقارن بوده و کمتر از 5% اتصال کوتاه های شبکه از این نوع می باشند.

# فصل سوم زمین کردن

غفار

### مقدمه :

در تمامی تاسیسات الکتریکی بخصوص تاسیسات فشار قوی زمین کردن یکی از مهمترین و اساسی ترین اقدامی است که برای رفاه و سلامتی و اصولاً ادامه زندگی اشخاصی که به نحوی با این تاسیسات در تماس هستند می باشد، حال در این فصل به بررسی انواع زمین کردن می پردازیم.

### 3-1- انواع زمین کردن : [2]

زمین کردن به طور کلی به دو بخش تقسیم میشود:

۱- زمین کردن الکتریکی یا زمین کردن نوترال یا نول کردن یا گراندینگ سیستم **System Ground** یعنی زمین کردن نقطه ای از دستگاه های الکتریکی و ادوات برقی که جزئی از مدار الکتریکی می باشند مانند زمین کردن مرکز ستاره سیم پیچی ترانس. به طور کلی منظور از زمین کردن الکتریکی رسیدن به اهداف زیر است :

الف : کاهش تنش الکتریکی ناشی از اثرات کلیدزنی و صاعقه

ب: تامین و کنترل جریان اتصال در حد قابل قبول

ج: کاهش عدم تعادل ولتاژ

د: محدود کردن ولتاژ نقطه نول

### 2- زمین کردن حفاظتی یا ایمنی **Safety Ground**

عبارتست از زمین کردن کلیه قطعات فلزی تاسیسات الکتریکی. از این نوع سیستم حفاظتی در ایجاد ایمنی برای افرادی که بنا به وظیفه شغلی در تماس با تجهیزات سیستم های الکتریکی و نیز برای افراد جامعه که مصرف کننده نهایی انرژی برق میباشند، استفاده میشود. هدف دیگر از این نوع سیستم زمین ، محدود کردن خطر آتش سوزی از راه قطع سریع مدار معیوب به کمک وصل بدنه های فلزی به هادی خنثی یا زمین است در برخی موارد تفکیک دو نوع اتصال زمین برای دو هدف بالا ممکن نیست و به همین دلیل ایجاد یک اتصال زمین برای هر دو منظور کافی است. ولی در بعضی شرایط تفکیک دو سیستم زمین لازم و ضروری است.

### 3-2- انواع زمین الکتریکی : [ 5 ]

روشهای مختلف زمین کردن نوترال عبارتند از :

الف- زمین کردن به شکل مستقیم **ground Solidly**

ب- زمین کردن از طریق مقاومت **ground Resistance**

ج- زمین کردن از طریق راکتانس **ground Reactance**

د- زمین کردن از طریق ترانسفورماتور **ground Transformer**

ه- زمین کردن ایزوله یا زمین کردن از طریق ارستر **Isolated ground or ungrounded**

### • زمین کردن مقاومتی : [2]

اتصال زمین در این روش از طریق یک مقاومت بین نقطه ستاره ترانس و زمین صورت می پذیرد، دلیل این امر بصورت زیر می باشد :

- 1) کاهش آتش سوزی و ذوب شدن تجهیزات ترانس ، کابل و ... در هنگام وقوع خطا
- 2) کاهش شک الکتریکی خطرناک برای اشخاصی که در مسیر جریان برگشتی زمین قرار دارند
- 3) کاهش خطر جرقه و قوس الکتریکی برای اشخاصی که تصادفا در محل حضور دارند
- 4) رفع خطای فاز به زمین

• زمین راکتاسی: [2]

این نوع زمین جهت محدود کردن جریان کاربرد دارد و معمولا جهت اتصال نقطه صفر ژنراتورها استفاده می شود و علت اصلی این امر آن است که با اولین خطای جریانی ژنراتور از مدار خارج نگردد و همچنین سیم پیچ هایش آسیب نبیند. در این روش یک سلف بین خنثی سیستم و زمین قرار می گیرد و نتیجتا جریان خطای فاز به زمین از این طریق به مقدار جریان خطای سه فاز محدود می گردد. هر یک از این روشها ویژگی خاصی دارد که موضوع بحث این پروژه نمیباشد و اطلاعات کامل را در استاندارد IEEE Std C37.101-1993 میتوان یافت.

**3-3- انواع زمین حفاظتی: [5]**

سیستم زمین حفاظتی دراستانداردها و مدارک جدید از جهات گوناگون مورد طبقه بندی قرار گرفته که کاملترین و جدیدترین آنرا میتوان به صورت زیر بیان نمود:

- 1-گراند تجهیزات Equipment Ground
- 2-گراند صاعقه گیر Lightning Ground
- 3-گراند بارهای ساکن Electrostatic Ground
- 4-گراند ایزوله Isolated Ground
- 5-گراند منفرد یا مستقل Transformer Ground
- 6- گراند سیگنال مرجع Reference Signal Ground

**3-3-1- گراند تجهیزات: [5]**

عبارت است از اتصال تمام قسمتهای فلزی یک دستگاه که در حالت عادی جریانی از آنها عبور نمی کند. مثل اتصال بدنه لوازم برقی، موتورها و غیره به زمین این نوع سیستم از معمول ترین و اصلی ترین نوع گراند است.

به این ترتیب در حالت عادی سیم گراند نقشی ندارد و جریانی از آن عبور نمیکند ولی در حالتی که بنا به دلایلی مثلا به خاطر خراب شدن پوشش و عایق، سیم فاز به بدنه فلزی دستگاه برخورد کند (اتصالی کند) این امر باعث قطع سریع فیوزی که این دستگاه از آن تغذیه می کند خواهد شد و لذا پیش از وقوع هر خطری دستگاه معیوب بی برق میشود و از کار می افتد.

نکات قابل ذکر در این سیستم :

- 1- بهتر است سیم گراند روکش دار باشد و داخل لوله و یا کانالهای فلزی و هادی عبور داده شود.
- 2- سیم گراند بایستی درون کانال و یا لوله ( ترجیحا فلزی ) کشیده شود و از لوله مجزا استفاده نشود، زیرا این لوله از سوار شدن نویز روی سیم های تغذیه تجهیزات الکترونیکی حساس جلوگیری میکند.



### 3-3-2- گراند صاعقه گیر: [6]

ایجاد یک مسیر ایمن و غیر مخرب برای عبور جریان ناشی از صاعقه که مستقیماً روی ساختمان یا تجهیزات فلزی در محوطه تخلیه می‌شود را از بام تا زمین گراند صاعقه گیر گویند. در صورتی که صاعقه به طور مستقیم به ساختمان یا تجهیزات فلزی روی بام یا کنار ساختمان برخورد کند و ساختمان سیستم گراند برق گیر نداشته باشد و یا این سیستم درست طراحی و اجرا نشده باشد جریان صاعقه به جای عبور از مسیر امن گراند از طریق دیگر تجهیزات فلزی مثل مخزن آب، آنتن، دودکش، ناودانی، راه پله فلزی و غیره به زمین می‌رسد و این تخلیه جریان که در بعضی اوقات در حد کیلو آمپر است می‌تواند خطرات زیادی را برای افراد و تجهیزات داشته باشد.

#### 1-3-3-2- اجزای گراند صاعقه گیر:

- 1- هادیهای برقی (صاعقه گیر)
- 2- هم بندی بام
- 3- هادیهای نزولی
- 4- رینگ پائین
- 5- سیستم زمین چاهی یا میله ای (ارتینگ)



#### 3-3-2-2- صاعقه چیست و چگونه رخ می‌دهد؟

وقتی بار الکتریکی انباشته شده در ابرها تخلیه شده و به صورت یک قوس الکتریکی به زمین برخورد کند صاعقه اتفاق می‌افتد. هنگام طوفان بار الکتریکی زیادی در ابرها ذخیره می‌شود و به اصطلاح ابرها باردار می‌شوند بدین ترتیب ابر تبدیل به یک منبع انرژی بسیار عظیم می‌شود که بر فراز آسمان در حرکت است. این ذخیره انرژی آنقدر ادامه پیدا می‌کند تا ابر از انرژی الکتریکی اشباع شده و در اولین فرصت ممکن، انرژی خود را تخلیه می‌کند معمولاً بهترین محل برای این تخلیه زمین است زیرا زمین آنقدر بزرگ است که هرگز از الکتریسیته اشباع نمی‌شود بنابراین ابر ابتدا هوای اطراف خود را با یونیزه کردن مستعد عبور جریان برق کرده، سپس انرژی خود را از میان هوای یونیزه شده عبور داده و در زمین تخلیه می‌کند.

اما مقدار انرژی تخلیه شده ، سرعت تخلیه و اثرات آن چقدر است ؟  
صاعقه یکی از قدرتمندترین ، خطرناکترین و عجیب ترین پدیده های طبیعی است . پدیده ای با میلیاردها وات انرژی و اثراتی متعدد و باورنکردنی مانند تولید هزاران درجه حرارت ، تولید گازهای مسموم ، ایجاد امواج نیرومند و ...  
صاعقه چه مشخصاتی دارد ؟

صاعقه ویژگی های منحصر به فردی دارد که آنها را در هیچ رخداد طبیعی دیگری نمی توان یافت . ویژگی هایی که عمدتاً از الکتریسیته خاص صاعقه نشأت می گیرند مهمترین این خصوصیات عبارتند از : ولتاژ صاعقه ، جریان صاعقه ، قدرت صاعقه ، سرعت صاعقه و دفعات تکرار صاعقه .

### **3-2-3-3- ولتاژ صاعقه:**

ولتاژ صاعقه معمولاً بین 10 تا 20 میلیون ولت در نوسان است و بعضاً تا 100000000 ولت هم افزایش پیدا می کند. بزرگی این رقم را وقتی بهتر درک می کنید که آن را با برق شهر ( 220 ولت ) مقایسه کنید به عبارت دیگر ولتاژ صاعقه آنقدر زیاد است که می تواند بر مقاوت بسیار زیاد هوا در برابر عبور جریان برق ، غلبه کرده و از آن بگذرد.

### **3-2-3-3- جریان صاعقه :**

این جریان در حدود 10000 آمپر شدت دارد اما این مقدار همیشگی نیست و گاه تا 200 هزار آمپر هم می رسد.

### **3-2-3-3- قدرت صاعقه :**

با توجه به مطالب می توان نتیجه گرفت که صاعقه به طور معمول حدود 100 میلیارد وات انرژی تولید می کند و می تواند این مقدار را تا 16000 میلیارد وات نیز بالا ببرد . نیرویی که در هیچ کجای دیگر یافت نمی شود.

### **3-2-3-3- سرعت صاعقه :**

صاعقه با تمام نیروی عظیمش تنها در يك لحظه خود را از ابرهای آسمانی به زمین می رساند اما زمان دقیق این لحظه چقدر است ؟ مشاهدات و محاسبات دقیق سازمان فضایی آمریکا ( ناسا ) نشان می دهد که تخلیه الکتریکی ابرها معمولاً در مدت زمانی کمتر از چند صدم تا چند هزارم ثانیه رخ می دهند .

### **3-2-3-3- دفعات تکرار صاعقه در يك محدوده مشخص:**

وقتی در منطقه ای صاعقه ای روی می دهد ، این احتمال هست که صاعقه چندین بار دیگر نیز به آن حوالی برخورد کند اما نمی توان تعداد دقیق آن را تعیین کرد با این وجود می توان گفت در مناطق کویبری و کوهستانهای مرتفع ، احتمال برخورد پی در پی صاعقه بیش از دیگر مناطق است. همچنین برخی از نقاط کره زمین ، صاعقه خیز تر از جاهای دیگر هستند ، امروزه ماهواره های هواشناسی با عکس برداری های دقیق و مداوم از تمام کره زمین ، دفعات بروز صاعقه را در نواحی مختلف شمارش می کنند این شمارش نشان می دهد که مناطق قطبی با میانگین 3 بار صاعقه در ساعت کمترین و رشته کوه آلپ با 1000 بار صاعقه در ساعت بیشترین آمار بروز صاعقه را دارد مناطق هیمالیایی هم از جمله

سرزمین های صاعقه خیز جهان محسوب می شوند همچنین کوههای البرز در ایران و کوههای هندوکش در افغانستان نیز از مناطق پر صاعقه جهان هستند. از دیگر خصوصیات صاعقه زاینده بودن آن است به این معنی که صاعقه می تواند نور ، صدا ، حرارت و ... تولید کند و همه اینها تأثیرات چشم گیری بر محیط اطراف خود دارند.

صاعقه به غیر از نور و صدا چه چیزهای دیگری تولید می کند ؟  
صاعقه علاوه بر پیامدهای مشهودی چون نور و صدا بسیاری تولیدات دیگر نیز دارد که برخی از آنها خطرناک و بعضی دیگر تنها پدیدههایی جالب توجه و عجیب اند از جمله تولیدات صاعقه می توان حرارت، نور ، صدا ، موج ، گاز ، برق زمینی ( ولتاژ گام ) ، خلاء و ... را نام برد.

### 3-3-2-8- صاعقه چگونه و چه مقدار حرارت تولید می کند ؟

عبور جریان برق از هر جسمی حرارت تولید می کند ، حال هرچه مقدار جریان برق و مقاومت آن جسم در برابر عبور جریان برق بیشتر باشد حرارت تولید شده هم بیشتر است . صاعقه نیز هنگام شکافتن هوا و پس از آن هنگام برخورد با زمین حرارت تولید می کند که مقدار این گرما بسیار زیاد است. صاعقه در زمان برخورد با زمین 200000 درجه سانتی گراد گرما تولید می کند این مقدار حرارت می تواند یک آجر نسوز را ذوب کند البته این رقم همیشه یکسان نیست و با توجه به جنس خاک ، میزان رطوبت آن و سایر عواملی که مقاومت زمین را در برابر جریان برق ، کم یا زیاد می کند متفاوت است . در نظر داشته باشید که زمین در برابر جریان عادی برق بسیار مقاوم و کاملاً عایق (نارسانا) است و تنها جریانهای فوق العاده زیادی مانند صاعقه می توانند از زمین عبور کنند. حرارت حاصل از صاعقه می تواند انسانی را در یک لحظه به ذغال تبدیل کند یا مشتی از خاک را با ذوب کردن به سنگ تبدیل کند و یا درخت تنومندی را به آتش بکشد.

### 3-3-2-9- صاعقه چگونه و چه مقدار نور تولید می کند ؟

همانطور که گفته شد صاعقه یک قوس الکتریکی یا به عبارت دیگر یک جرقه بسیار بزرگ است و با شکافتن ملکولهای هوا نور تولید می کند نوری که صاعقه تولید می کند از فاصله 100 کیلومتری قابل رؤیت است. این نور می تواند تا شعاع چند کیلومتری اطراف خود را روشن کرده و کسانی را که از نزدیک آن را ببینند به طور موقت یا دائم نابینا کند.

### 3-3-2-10- صدای صاعقه :

صدا از پیامدهای همیشگی صاعقه است این صدا بر اثر شکافته شدن هوا ایجاد می شود و در حقیقت صدای انفجار ناشی از برخورد صاعقه است . صدای صاعقه همیشه چند ثانیه پس از دیده شدن برق آن به گوش می رسد ، علت این مساله بیشتر بودن سرعت نور به نسبت سرعت صوت است یعنی هر چند صدا و نور صاعقه همزمان تولید می شوند اما ما اول نور صاعقه ( برق ) را می بینیم ، بعد صدای آن ( رعد ) را می شنویم.

### 3-3-2-11- موج ناشی از صاعقه :

همانطور که گفته شد صاعقه را می توان نوعی انفجار نیز محسوب کرد ، خصوصاً وقتی به زمین برخورد می کند بنابراین صاعقه هم موج انفجار تولید می کند ، موجی که گاه می تواند انسانی را به هوا پرتاب کند.

### 3-3-2-12- توليد گاز توسط صاعقه :

شايد يکي از عجيب ترين پيامدهاي صاعقه ، توليد گاز باشد و بيشتر تعجب مي کنيد وقتي که بدانيد اين گاز ازون است همان گازی که با قرار گرفتن در لايه هاي بالايي جو سدي در برابر تشعشعات زيانبار کيهاني ايجاد مي کند. ازون در حقيقت همان اکسيژن است ولي به جاي 2 اتم ، داراي 3 اتم اکسيژن است مولکول اکسيژن به علت مشکلات پيوندي نمي تواند به راحتی به صورت 3 اتمي در آيد و به همين دليل مقدار گاز ازون در طبيعت بسيار محدود است اما صاعقه اين کار را به زور و اجبار انجام مي دهد و اتم هاي اکسيژن را سه به سه به هم پيوند مي زند وازون توليد ميکند ازون بر خلاف اکسيژن يك گاز سمی است و تنفس آن مي تواند خطرناک باشد.

### 3-3-2-13- برق زميني (ولتاژ گام)

برق زميني يا ولتاژ گام يکي ديگر از عواقب خطرناک صاعقه است ، برق زميني جرياني است که پس از وقوع صاعقه براي لحظاتي در زمين باقي مي ماند تا جذب زمين شده يا تبديل به گرما شود. معمولاً قسمت عمده برق زميني در اعماق فرو مي رود اما اگر سطح زمين مرطوب ، داراي بستر سنگي يا پوشيده از خاک مناسب يا علفزار باشد ترجيح مي دهد که روي سطح زمين و در جهات مختلف حرکت کند اين پديده را ولتاژ گام مي نامند زيرا با وارد کردن برق از راه گام هاي شخص ( پاهاي او ) باعث برق گرفتگي او مي شود. ولتاژ گام تا شعاع چندين متر در اطراف محل اصابت صاعقه پراکنده شده و اشخاصي که در مسير حرکت آن قرار گرفته باشند را دچار برق گرفتگي مي کند اينکه ولتاژ گام دقيقاً چقدر برد دارد قابل محاسبه نيست و به ميزان رسانايي خاک آن محل بستگي دارد. ولتاژ گام مختص صاعقه نيست و در حوادث صنعت برق مانند افتادن کابل هاي فشار قوي برق بر روي زمين نيز ايجاد مي شود البته به طور حتم ولتاژ گام ناشي از صاعقه بسيار قوي تر است.

### 3-3-2-14- انواع صاعقه گیر:

صاعقه گیر چگونه عمل می کند و انواع آن کدامند ؟

ميله هاي ساده فرانکليني : اولين واحد جذب که توسط فرانکلين پيشنهاده گرديد، ميله هاي ساده بودند که ضربه مستقيم صاعقه به اندازه طول ميله ها، دور از ساختمان اتفاق می افتاد و شعاع حفاظتي اين صاعقه گیرهاي ساده در کلاسهاي حفاظتي براساس تئوري زاويه محاسبه مي گرديد. قفس فارادی : با گسترش ابعاد ساختمانها و با توجه به محدوديت هاي ميله ساده ، قفس فارادي جايگزين ميله هاي ساده فرانکليني شد، امروزه نيز اکثر استانداردهاي جهاني استفاده از قفس فارادي را بهترين روش ميدانند. در اين روش سعي مي شود ساختمان را در قفسي از هاديهاي مسي يا فولادي محصور نمود.

- صاعقه گیرهای يونيزه کننده هوا : طراحي و نصب اين صاعقه گیر هاي براساس استاندارد NFC 102-17 انجام مي گيرد.

صاعقه گیر پس از نصب روي ساختمان، مي بايست بوسيله هاديهاي مياني Down Conductor از طريق سيم مسي بدون روکش به سيستم زمين متصل گردد. مقاومت الکتروود زمين صاعقه گیر مي بايست زير 10 اهم باشد و پس از اجرا به شبکه هم پتانسيل کل سايت متصل شود.

در اجرای الکتروود زمین هر صاعقه گیر می بایست از اقلامی چون صفحه های مسی، مواد کاهنده مقاومت (LOM)، اتصالات جوش انفجاری استفاده نمود.

**- صاعقه گیر الکترونیکی:** درست قبل از حدوث صاعقه بطور طبیعی محتوی الکتریکی اتمسفر بطور ناگهانی افزایش می یابد. این تغییر وضعیت توسط واحد جرعه زن حس و کنترل می شود صاعقه گیرهای الکترونیکی انرژی موجود در هوای پیش از طوفان را که حدود چندین هزار ولت بر هر متر است جذب و در واحدهای جرعه زن ذخیره می نماید و در نهایت واحد جرعه زن با تخلیه بار الکتریکی خازنها بین الکترودهای فوقانی و الکتروود مرکزی اش هوای اطراف را یونیزه می نماید.

#### اصول عملکرد صاعقه گیر الکترونیکی

آزاد سازی کنترل شده یونها: واحد جرعه زن (TRIGGERING) صاعقه گیرهای الکترونیکی شرایطی را ایجاد می کند تا چشمه جوشانی از یون (کرونا) در اطراف میله نوک تیز فراهم شود. دقت عمل این واحد باید به گونه ای کنترل شده باشد که آزاد سازی یونها را درست چند میکرو ثانیه قبل از حدوث و تخلیه صاعقه صورت دهد.

اثر کرونا و واحد جرعه زن: حضور حجم وسیع بارهای الکتریکی در اطراف میله نوک تیز صاعقه گیر پس از یونیزاسیون توسط واحد جرعه زن سبب می شود تا پدیده طبیعی تجمع بارهای الکترونیکی اطراف میله تقویت و تشدید شود.

### 3-3-2-15- حفاظت در برابر صاعقه:

سیستم هم پتانسیل:

وجود اختلاف پتانسیل بالا بین دو هادی الکتریکی نزدیک به هم باعث بوجود آمدن قوس الکتریکی می شود که خطر و خسارت ناشی از آن کمتر از صاعقه نیست، به همین دلیل در ایجاد یک سیستم حفاظتی، هم پتانسیل سازی از ارکان کار بوده و بدین مفهوم است که در یک مکان حفاظت شده بایستی تمامی هادی های الکتریکی از قبیل بدنه دستگاه ها، سازه های فلزی، لوله های آب و ... هم پتانسیل باشند زیرا در غیر این صورت این اختلاف پتانسیل باعث تخلیه شدن رعد و برق از مسیرهای نامناسب خواهد شد که احتمالاً خسارت آن کمتر از اصابت مستقیم صاعقه نیست برای ایجاد سیستم هم پتانسیل بایستی تمامی اجزاء هادی در ساختمان به گونه ای به سیستم زمین مشترک متصل گردند برای طراحی سیستم حفاظت از سایت های ارتباطی در مقابل رعد و برق مؤلفه های فراوانی وجود دارد که مواردی در ذیل آمده است:

1- **موقعیت جغرافیای سایت ارتباطی:** که به وسیله آن احتمال وقوع رعد و برق در آن ناحیه و ضرورت نصب سیستم ارتینگ محاسبه می گردد.

2- **فاکتور تأثیر سطوح خارجی ساختمان:** شکل و ارتفاع یک ساختمان با کاهش یا افزایش احتمال اصابت صاعقه به آن ساختمان مستقیماً در ارتباط است.

3- **نوع ساختمان:** آجری یا بتونی بودن ساختمان و این که دارای اسکلت فلزی است یا نه؟

4- **ارزش تجهیزات ارتباطی داخل ساختمان:** بسته به قیمت تجهیزات می توان مقدار هزینه مطلوب برای ایمنی آن را برآورد نمود.

در حالت کلی برای حفاظت از یک سایت ارتباطی در نظر گرفتن دو نوع حفاظت خارجی و حفاظت داخلی الزامی می باشد

حفاظت يك ساختمان بطورکامل شامل موارد زیر می شود:

1- حفاظت جلد خارجی ساختمان از ضربه های مستقیم صاعقه

2- حفاظت تجهیزات نصب شده داخل ساختمان در مقابل آثار ثانویه صاعقه

1- حفاظت جلد خارجی ساختمان:  
 منظور از حفاظت خارجی، حفظ بدنه و استراکچر ساختمان از آتش سوزی و انهدام در اثر اصابت صاعقه است.

استانداردهای موجود در این بخش به شرح زیر می باشد:

استاندارد	روش یونیزاسیون	روش میله ساده	روش قفسی فارادی
IEC 61024 (INTERNATIONAL)	-----	✓	✓
NFPA 780 (USA)	-----	✓	✓
VDE 0185 (Germany)	-----	✓	✓
BS 6651(UK)	-----	✓	✓
ISRI 6217, 6213-1, 6213-1-1 (IRAN)	-----	✓	✓
NFC 17-100 (FRANCE)	-----	✓	✓
NFC 17-102 (FRANCE)	✓	-----	-----
UNE 21-186 (SPAIN)	✓	-----	-----
1-20 (ROMANIA)	✓	-----	-----
Jus N.B4.810 (YOUGOSLAVIA)	✓	-----	-----
MKS N.B4.810 (MECEDONIA)	✓	-----	-----
STN 341391 (SLOVAKIA)	✓	-----	-----
NFPA 780 (USA)	✓	-----	-----
AS17 68-2003 (AUSTRALIA)	✓	✓	✓
IEC 60-1	✓	✓	✓
فصل ۱۲ نشریه ۱۱۰ سازمان برنامه و بودجه (IRAN)	✓	✓	✓

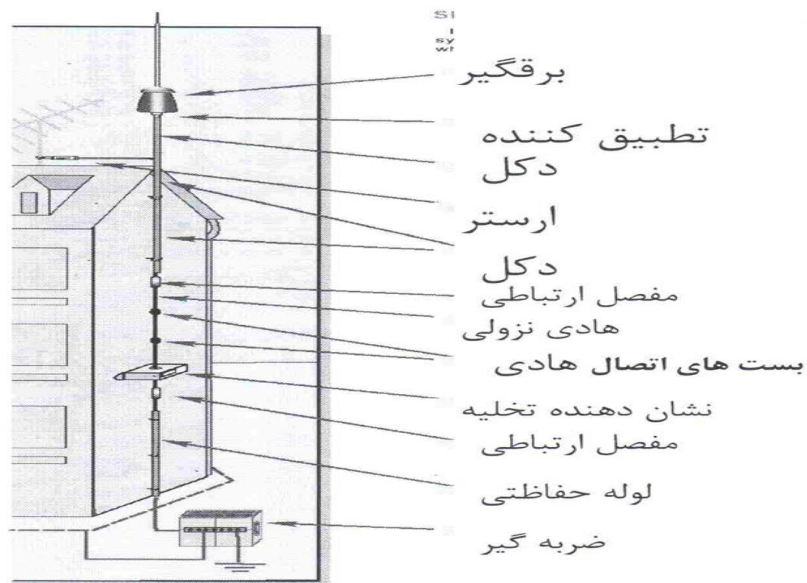
حفاظت خارجی سایت ارتباطی را در مقابل اصابت مستقیم رعد و برق محافظت می نماید و از سه قسمت ذیل تشکیل گردیده است .

1- برقگیر

2- هادی میانی

3- سیستم زمین

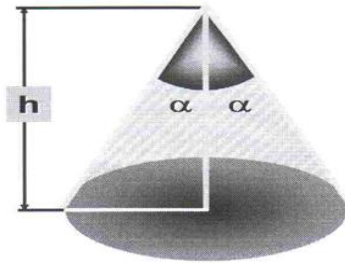
که هر کدام از موارد فوق دارای انواع محاسبات عدیده ای می باشد که به اختصار شرح داده می شود



### برقگیر :

برقگیر وسیله ای است که در بالاترین نقطه ساختمان نصب گشته و اولین نقطه اصابت رعد و برق می باشد به دلیل این که رعد و برق از کوتاه ترین فاصله بین ابر و زمین تخلیه می گردد البته از نوک برقگیر نصب شده به زاویه 45 درجه تا سطح افق را مخروط ایمنی می گویند و هر جسمی که در درون مخروط ایمنی قرار گیرد دیگر در معرض اصابت مستقیم صاعقه نخواهد بود و به همین دلیل است که در بعضی موارد برای پوشش کل ساختمان از چندین برقگیر به صورت قفس فاراده استفاده می گردد و حتی در استاندارد فرانسه برای حفاظت از کارخانجات پتروشیمی و نفت و ... پیشنهاد گردیده که در اطراف ساختمان چهار دکل نصب و هر کدام از آن ها به وسیله سیم از سر به هم وصل شوند تا بدین صورت مخروط ایمنی با ضریب اطمینان بالا حاصل گردد. در حالت کلی می توان برقگیرها را با توپولوژی ساده نصب نمود .

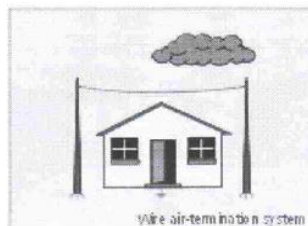
مخروط ایمنی



$$\alpha = 45^\circ$$



برقگیر تکی



برقگیر با اتصالات سیمی



برقگیر با اتصالات مش یا فاراده

**برقگیر بر دو نوع است :**

1- برقگیر غیرفعال ( پسیو )

2- برقگیر فعال ( اکتیو )

برقگیر غیرفعال شامل یک میله ساده نوک تیز است که دقیقاً مخروط ایمنی از نوک آن به فاصله 45 درجه می باشد و در محاسبات عملی برای بالا رفتن اطمینان این زاویه را 35 درجه یا حتی پایین تر در نظر می گیرند . برقگیر فعال با فناوری مختلف ( خازنی ، اتمی و ... ) هوای اطراف خویش را یونیزه می نماید و بدینوسیله ایمنی بیشتری را ایجاد می نماید این نوع برقگیرها با توجه به توان ایمنی ایجاد شده به کلاس های 1 ، 2 و 3 تقسیم می گردند. در برقگیرهای فعال معمولاً سه مؤلفه کلاس حفاظتی ، شعاع حفاظت و ارتفاع برقگیر نسبت به سطح بایستی مورد توجه قرار گیرد. از نظر قیمت نیز برقگیرهای فعال گران تر هستند و می بایست در انتخاب برقگیر دقت نماییم تا مجهز به سیستم هادی میانی مناسب باشد تا برقگیر درست عمل کرده و موجب خسارت نشود.

**هادی میانی :**

ارتباط بین برقگیر و سیستم زمین توسط هادی میانی انجام می گیرد و اگر ارتفاع ساختمان از 28 متر بالاتر باشد بایستی برای اتصال برقگیر به سیستم زمین از هادی میانی استفاده نمود. در مورد سطح مقطع هادی برای مصارف خانگی سیم مسی 50 و برای مصارف صنعتی سیم های 75 ، 90 ، 120 و ... بسته به مؤلفه محتویات ساختمان می توان استفاده نمود.



یک نکته ضروری در مورد هادی میانی تخلیه جانبی است اگر هنگام نصب اتصالات هادی میانی به اندازه کافی دقت نگردد، امکان ایجاد اتصال کوتاه و تخلیه انرژی از مسیرهای نامناسب وجود دارد که خطر این مسئله می تواند بیشتر از خطر اصابت صاعقه باشد. برای نصب هادی میانی از بست های مخصوصی استفاده می گردد که معمولاً از جنس مس یا استیل هستند و همچنین منطبق بر استاندارد اروپا فاصله هادی میانی از دیوار بایستی کمتر از یک دهم متر باشد.

### سیستم زمین :

یکی از مهم ترین قسمت های سیستم ارتینگ سیستم زمین می باشد. با اصابت رعد و برق به برقگیر انرژی آن به برقگیر منتقل می گردد و سیستم هادی میانی وظیفه دارد بدون تخلیه از مسیرهای نادرست از یک مسیر مناسب که در طراحی مدنظر بوده آن را به سیستم زمین منتقل گرداند و کار سیستم ارت به تزیق انرژی رعد و برق به زمین منتهی می شود.

با توجه به توضیح بالا معلوم می گردد که قسمت زمین سیستم ارت بایستی به نحوی تخلیه انرژی به زمین را در اسرع وقت انجام نماید و می دانید زمین میداء توان است و دارای مقاومت صفر ، ولی به علت وجود لایه های پوسته زمین، در سطح زمین مقاومت آن دقیقاً صفر نیست و ما با ایجاد سیستم زمین مقاومت زمین را به صفر نزدیک می نماییم تا قابلیت جذب انرژی رعد و برق را داشته باشد. پس مهمترین مؤلفه یک سیستم زمین مقدار مقاومت آن است که هر چه پایین تر باشد بهتر است. برای سیستم های قدرت، مقاومت ارت زیر ده اهم قابل قبول می باشد ولی برای سیستم های حساس از قبیل سیستم های مخابراتی معمولاً مقاومت زیر سه اهم مدنظر است که در موارد خاص با توجه به پیشنهاد سازنده دستگاه این مقدار تغییر می یابد.

سیستم زمین به انواع مختلفی از قبیل سیستم چاه، سیستم حلقه و سیستم میله ای ارت تقسیم بندی می شود و با توجه به نوع خاکی که می خواهیم سیستم زمین ایجاد نماییم انتخاب می گردد. مثلاً در جاده های سنگلاخی، میله های ارت که به صورت شبکه ای در زمین فرو می روند برای ایجاد و گسترش سیستم زمین بهترین گزینه است.

### 2- حفاظت تجهیزات نصب شده در داخل ساختمان :

منظور از حفاظت داخلی ، اجرای سیستم هم پتانسیل در داخل ساختمان و نصب ارسترهای حفاظت در مقابل ولتاژ ناشی از صاعقه و سو بیچینگ بر روی کابل های تغذیه ، دیتا، تلفن و تجهیزات حساس می باشد. استانداردهای موجود در این بخش به شرح زیر می باشد:

IEC 61024

IEC 61312

VDE 0675 , VDE0185

حفاظت داخلی سایت ارتباطی را در مقابل عوامل مختلفی از قبیل نوسانات ولتاژ و القای ناشی از اصابت غیرمستقیم رعد و برق محافظت می نماید. ارسترها تجهیزاتی هستند که کار حفاظت از سیستم های مخابرات و الکترونیک، در برابر نوسانات ناشی از رعد و برق را بر عهده دارند البته نقش ضربه گیرهای ولتاژ را نباید از قلم انداخت. سیستم حفاظت خارجی مخصوصاً در قسمت انتهای آن قدرت آنی تخلیه انرژی زیاد ایجاد شده از اصابت مستقیم را ندارد و گفته می شود در لحظه اول تنها 50 درصد انرژی تخلیه می گردد و با توجه به هم پتانسیل بودن ساختمان امکان برگشت انرژی به داخل سایت و مورد حمله قرار دادن آن موجود می باشد، با نصب ضربه گیرها این امکان از بین خواهد رفت.

ضربه گیرها در کلاس های حفاظتی مختلف یک، دو، سه و به صورت یک پل، دو پل تا چهار پل موجود است که در محاسبه نصب آن ها جریان گذرنده در محل نصب و مکان نصب مهم می باشد به طور مثال اگر می خواهیم ضربه گیر را در ورودی اصلی برق ساختمان قرار دهیم بهتر است از ضربه



متحرک از سیستم های جاروبک های ذغالی یا اتصالات برنجی جهت اتصال زمین استفاده می شود. روش هم بندی و اتصال زمین در فرآیندهایی که تجهیزات استفاده شده دارای قطعات غیر هادی بزرگی هستند و امکان اتصال زمین آنها وجود ندارد مثل صنایع کاغذ سازی، لاستیک و پارچه عملی نمی باشد. در صنایع نفت و پالایشگاهها که بارهای ساکن روی مایعات با هدایت کم جمع می شوند نیز این روش قابل استفاده نمی باشد و باید از روشهای دیگر استفاده نمود. هم بندی (bonding) و اتصال به زمین (grounding) دو جسم که احتمال تجمع و تخلیه بارهای ساکن بین آنها وجود دارد روش موثری جهت از بین بردن اثرات سوء بارهای ساکن است. در این روش بخش های مختلف تجهیزات و ماشین آلات به هم متصل شده و تماماً به زمین وصل می شوند. این روش می تواند پاره ای از مشکلات بارهای ساکن را حل نماید این نوع گراند را گراند بارهای ساکن میگویند.

### **(b) روش کنترل رطوبت**

بعضی مواد عایق نظیر پارچه، چوب، کاغذ یا بتن خود دارای یک مقدار رطوبت در تعادل با محیط می باشند و هر چه رطوبت ذاتی یا مصنوعی روی سطح این مواد بیشتر باشد هدایت آنها بیشتر شده و احتمال جمع شدن بارهای ساکن روی آنها کمتر است در بعضی حالتها، مرطوب کردن موضعی تجهیزات بوسیله تزریق بخار نتایج رضایت بخشی خواهد داد و رطوبت عمومی محیط را هم بالا نخواهد برد.

### **(c) یونیزاسیون**

در این روش هوای محیط پیرامون جسمی که احتمال جمع شدن بارهای ساکن روی آن می باشد را یونیزه می کنند به این ترتیب هوای یونیزه شده بارهای ساکن تولیدی را جذب کرده و به هوای خنثی تبدیل می شود یا می توان از طریق هوای یونیزه شده که یک مسیر هادی است بارهای ساکن انباشته شده روی جسم را به زمین هدایت نمود، یونیزه کردن هوا می تواند بوسیله شانه های استاتیک یا خنثی سازهای القایی یا خنثی سازهای الکتریکی انجام شود.

### **(d) کف های کاذب هادی**

در نواحی قابل انفجار که تخلیه بارهای ساکن سبب تولید جرقه می شود از کف های هادی یا کف پوش های هادی استفاده میکنند این کف پوش ها می توانند بارهای ساکن را که از طریق انسان یا تجهیزات تولید می شود به زمین متصل نماید این کف های کاذب باید از موادی تشکیل شوند که امکان تخلیه بار روی آنها وجود نداشته باشد مثل کف پوش های لاستیکی ضد الکترواستاتیک، سربی یا دیگر ترکیبات هادی.

### **(e) تمهیدات مخصوص نصب و نگهداری**

افرادی که به سائیت های دارای کف کاذب هادی وارد می شوند یا در آنجا کار می کنند باید کفش های هادی بپوشند. تجهیزات متحرک باید مستقیماً یا از طریق چرخک هایی به کف هادی متصل شوند. اپراتورها لباس هایی از جنس پشم و ابریشم که تولید کننده بارهای ساکن هستند نپوشند از کف های لاستیکی هادی موضعی برای جاهائیکه بطور کامل دارای کف هادی نمی باشد استفاده گردد.

## **4-3-3- گراند ایزوله: [5]**

تأثیر نویزهای ایجاد شده توسط منبع تغذیه بر روی بارهای حساس را گاهی اوقات میتوان با ایجاد یک زمین ایزوله برای آن بهبود بخشید اینکار با استفاده از پریرز های زمین ایزوله انجام می گردد. در این نوع سیستم ، سیم گراند تجهیزات خاصی مثل تجهیزات الکترونیکی حساس به نویز را بدون اینکه در مسیر تغذیه تا دستگاه به بخش های فلزی و تابلو های فرعی و سوکت ها وصل کنیم به طور ایزوله برای آن دستگاه مورد نظر می کشیم و سیم زمین ایزوله تنها در فیدر تغذیه ورود به ارت متصل میشود به این ترتیب تأثیر نویزهای ایجاد شده توسط منبع تغذیه بر روی بارهای حساس الکترونیکی را کاهش داده ایم.

هادی مربوط به زمین ایزوله ممکن است از کلیه تابلوها عبور کرده و به زمین محلی متصل نشود تا در انتها در ورودی سرویس زمین شود. حالتی خاص از زمین های ایزوله برای تعدادی از تجهیزات بیمارستانی بکار میرود.

### 3-3-5-3-3-5-3-3-3 گرانند منفرد: [5]

یک سیستم منفرد دارای زمین مرجعی است که مستقل از دیگر سیستم ها می باشد مثال مرسوم در این زمینه استفاده از یک ترانسفورماتور با نسبت تبدیل یک به یک و از نوع مثلث ستاره می باشد. نقطه گره ثانویه به زمین محلی جدیدی متصل میشود تا زمین مرجع جدیدی بسازد که از سیستم اصلی مستقل است. سیستم های منفرد یک مرجع زمین محلی برای بارهای حساس ایجاد میکنند در این حالت مقدار نویز در دستگاه های متصل به این سیستم زمین به طور قابل ملاحظه ای کاهش می یابد مزیت دیگر این روش کاهش دامنه جریان نوترال در سیستم توزیع اصلی است.

### 3-3-6-3-3-6-3-3-6 گرانند شبکه ای سیگنال مرجع: [1]

از مهم ترین سیستم های گرانند می باشد که در دهه های اخیر از آن بعنوان کاهش نویز در سیستم های کنترل و مخابرات و تله متری استفاده میشود. با گسترش فن آوری تبادل اطلاعات بین کامپیوترها از طریق ماهواره یا سرور محلی (اینترنت، اینترانت و ...) که گاهی سرور کیلومتر ها از کامپیوترهای فرعی دور بوده بحث نویز هم جدی شد به این ترتیب که کامپیوترهای دور از هم دارای تغذیه های جداگانه و دور از هم هستند و در اینصورت امکان هم بندی (Bonding) سیستم هایی که با هم در حال تبادل داده هستند عملاً غیر ممکن بود، در اینصورت بر اثر عبور جریانهای سرگردان و اضافی در زمین، بین کامپیوترهای در حال تبادل داده اختلاف ولتاژ ایجاد می شد، این اختلاف ولتاژ گذرا ممکن است دارای فرکانس شبکه برق (60 هرتز، 50 هرتز) یا فرکانس های بالاتر باشد بنابراین در صورتی که کامپیوترهای اصلی و فرعی دور از هم به همراه سیستم زمین قدرت به شبکه زمین ساختمان خود وصل شده باشند اختلاف پتانسیل قابل توجهی در حد چند ولت بین دو کامپیوتر تولید می شود که می تواند روی سیگنال های معمولی ارتباطی بین کامپیوترها اثر سوء داشته باشد. در صورتیکه سیستم های سنتی یعنی اتصال کامپیوترها از طریق پریش برق به ارت و سپس اتصال به نول استفاده شده باشد مسیر برگشت نول، جریان غیر قابل کنترلی روی سیستم زمین جاری می کند در هر نقطه که نول به زمین متصل شده و مسیرهای موازی وجود دارد جریان به نسبت عکس امپدانس ها طبق قانون اهم تقسیم می شود. بر اثر این جریان غیر قابل کنترل که روی سیستم زمین اعمال می شود و روی سیستم برق شهر هم تأثیر سوء می گذارد اصطلاحاً شبکه برق با زمین نویزی (noisy) یا کثیف (dirty) خواهیم داشت در اینصورت کامپیوترهایی که از این شبکه برق شهر با ارت نویزی برق می گیرند دچار اختلال خواهند شد.

**توجه:** در این مبحث به طور کلی به همه تجهیزات حساس به جریانهای ناخواسته تجهیزات الکترونیکی حساس گفته می شود. تمامی اجزاء یک سیستم اتوماسیون صنعتی که شامل سیستم های زیر است نیز تجهیزات الکترونیکی حساس گفته می شود:

PLC ·

Industrial computers ·

Operator interface terminals ·

Display devices ·

Communication network ·

### چکیده مطالب:

بطور کلی دو نوع زمین کردن داریم یکی زمین کردن الکتریکی و دیگری زمین کردن حفاظتی می باشد. منظور از زمین کردن الکتریکی یعنی زمین کردن نقطه ای از دستگاه های الکتریکی مانند زمین کردن مرکز ستاره سیم پیچی ترانس می باشد و زمین کردن حفاظتی یعنی زمین کردن کلیه قطعات فلزی تاسیسات الکتریکی.

اهداف زمین کردن الکتریکی عبارتند از : کاهش تنش الکتریکی ناشی از اثرات کلیدزنی و صاعقه، تامین و کنترل جریان اتصالی در حد قابل قبول، کاهش عدم تعادل ولتاژ و محدود کردن ولتاژ نقطه نول می باشد و انواع زمین کردن الکتریکی عبارت است از : زمین کردن به شکل مستقیم ، زمین کردن از طریق مقاومت، زمین کردن از طریق راکتانس، زمین کردن از طریق ترانسفورماتور و زمین کردن ایزوله می باشد.

انواع زمین کردن حفاظتی شامل: گراند تجهیزات، گراند صاعقه گیر، گراند بارهای ساکن، گراند ایزوله، گراند منفرد یا مستقل و گراند شبکه ای سیگنال مرجع می باشد که از بین این روش ها گراند تجهیزات معمول ترین و اصلی ترین نوع گراند است و گراند شبکه ای سیگنال مرجع از مهمترین سیستم های گراند می باشد و بیشتر به منظور کاهش نویز در سیستم های کنترل و مخابرات بکار می رود.

# فصل چهارم اجرای آرت

#### مقدمه:

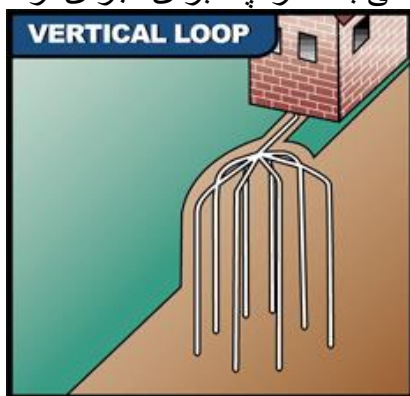
به منظور ایمنی افرادی که با تجهیزات برقی سروکار دارند تمهیداتی را در نظر می گیرند، از جمله آن اجرای سیستم ارتینگ می باشد که این روش خود دارای انواع متفاوت با شرایط متفاوتی بوده که در این فصل به آن می پردازیم.

#### 1-4- روشهای اجرای ارت: [1]

بطور کلی جهت اجرای ارت و سیستم حفاظتی دو روش کلی وجود دارد که در ذیل ضمن بیان آنها، موارد استفاده و تجهیزات مورد نیاز هر روش و نحوه اجرای هر یک بیان می گردد.

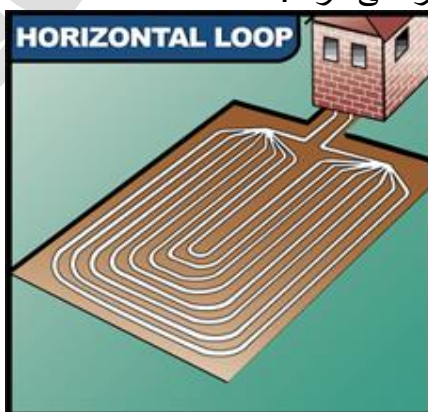
##### 1- روش عمقی:

در این روش که یک روش معمول می باشد از چاه برای اجرای ارت استفاده می شود.



##### 2- روش سطحی:

در این روش سیستم ارت در سطح زمین (برای مناطقی که امکان حفاری عمیق در آنها وجود ندارد) و یا در عمق حدود 80 سانتیمتر اجرا می گردد.



#### 2-4- شرایط استفاده از روش سطحی: [5]

در مکانهایی که:

- فضایی لازم و امکان حفاری وجود داشته باشد.
- ارتفاع از سطح دریا پائین باشد مانند شهرهای شمالی و جنوبی کشور.
- پستی و بلندی محوطه کم باشد.

با توجه به مزایای روش سطحی اجرای ارت به این روش ارجعیت دارد .

#### 3-4- اجرای ارت به روش عمقی : [6]

##### الف - انتخاب محل چاه ارت :

چاه ارت را باید در جاهایی که پایینترین سطح را داشته و احتمال دسترسی به رطوبت حتی الامکان در عمق کمتری وجود داشته باشد و یا در نقاطی که بیشتر در معرض رطوبت و آب قرار دارند مانند زمینهای چمن ، باغچه‌ها و فضاهاي سبز حفر نمود.

##### ب- عمق چاه :

با توجه به مقاومت مخصوص زمین ، عمق چاه از حداقل 1.5 متر تا 3.5 متر و قطر آن حدودا 70 سانتیمتر می تواند باشد. در زمین هایی که با توجه به نوع خاک دارای مقاومت مخصوص کمتری هستند مانند خاکهای کشاورزی و رسی عمق مورد نیاز برای حفاری کمتر بوده و در زمینهای شنی و سنگلاخی که دارای مقاومت مخصوص بالاتری هستند نیاز به حفر چاه با عمق بیشتر می باشد. برای اندازه گیری مقاومت مخصوص خاک از دستگاههای خاص استفاده می گردد. در صورتی که تا عمق 1.5 متر به رطوبت نرسیدیم و احتمال بدهیم در عمق بیشتر از 2.5 متر به رطوبت نخواهیم رسید نیازی نیست چاه را بیشتر از 2.5 متر حفر کنیم .

جدول عمق چاه ارت در مناطق مختلف : [5]

نوع خاک	عمق چاه	بنتونیت اکتیو	درصد ترکیبات	توضیحات
خاک رس معمولی	1.5 متر	50 کیلوگرم	65% بنتونیت اکتیو جهت ساخت در دوغاب و 35% در مخلوط ( بنتونیت + خاک رس + آب و نمک ) استفاده می شود	مناطق شهری با آب و هوای معتدل و زمین معمولی مناطقی که از درصد باران متوسط یا نسبتاً خوبی برخوردار هستند.
سنگلاخ	2 متر	65 کیلوگرم	65% بنتونیت اکتیو جهت ساخت در دوغاب و 35% در مخلوط (بنتونیت + خاک رس + آب و نمک ) استفاده می شود	زمین های حومه شهر- مناطقی که ریزش بارانی کمتر از حد میانگین دارند.



تخته سنگ	3 متر	80 کیلوگرم	65% بنتونیت اکتیو جهت ساخت در دوغاب و 35% در مخلوط ( بنتونیت + خاک رس + آب و نمک ) استفاده می شود	مناطق کوهستانی و تخته سنگی
مناطق خشک و شوره زار	3.5 متر	100 کیلوگرم	65% بنتونیت اکتیو جهت ساخت در دوغاب و 35% در مخلوط ( بنتونیت + خاک رس + آب و نمک ) استفاده می شود	مناطق گرم سیر و خشک - بارش بارانی خیلی کم دارند- مناطق کویری و شوره زار.

### ج - مصالح مورد نیاز:

مصالح مورد نیاز و مشخصات آن برای اجرای چاه ارت (روش عمقی) و Rod کوبی در جدول زیر آمده است:

ردیف	نوع جنس	توضیحات
1	میله برقیگیر	میله برقیگیر به طول 1/5 متر و قطر آن 16 میلیمتر و جنس آن مس خالص و نوک تیز باشد
2	بست میله برقیگیر به سیم ارت	جهت اتصال میله برقیگیر به سیم ارت در نقاطی که ارتفاع دکل حدودا 20 متر باشد
3	یونولیت	جهت استفاده در میله برقیگیر
4	بست سیم به دکل	سیم نمره 50 را به اندازه های لازم بریده و رشته رشته کرده جهت اتصال سیم ارت به دکل استفاده می نمائیم
5	تسمه آلومینیومی یا مسی	در اندازه 3*30*100 میلیمتر عدد بکار گیری با یوبولیت جهت بستن میله برق گیر در دکل های مهاری
6	سیم مسی نمره 50	7 رشته
7	کابلشو نمره 50	جهت اتصال سیم ارت به شینه داخل سایت و یا اتصال پای دکل های مهاری و خود ایستا به سیستم ارت
8	لوله پلی اتیلن 10 اتمسفر	برای ایجاد پوشش عایق روی سیم مسی در محوطه و محل تردد
9	بست لوله پلی اتیلن همراه پیچ و رول پلاک	جهت اتصال لوله پلی اتیلن به دیوار
10	پودر انفجاری cadweld	جهت جوش دادن سیم به صفحه یا سیم به میله ROD یا اتصال سیمها به یکدیگر در نقاطی که دسترسی به جوش نقره یا جوش برنج وجود ندارد

11	شینه مسی به ابعاد 250*30*3 میلی‌متر	برای نصب در داخل سایت و اتصال دستگاهها به آن
12	صفحه مسی 50*50*0.5	مورد استفاده در روش عمقی
13	مقره همراه پیچ و رول پلاک	جهت اتصال شینه مسی به دیوار
14	پیچ و مهره نمره 8 با واشر فنری و تخت	جهت استفاده شینه مسی - شینه پای دکل و ...
15	بست سیم به صفحه مسی	به منظور محکم کردن اتصال سیم روی صفحه مسی
16	بست دو سیم نمره 50	جهت اتصال دو سیم نمره 50 روی زمین
17	پلیت مخصوص اتصال میله برقیگیر به دکل	برای دکل های خود ایستای 60 متری استفاده می گردد
18	شینه مسی مخصوص پای دکل 100*30*3	برای وصل نمودن پای دکل های خود ایستای 60 متری به سیستم ارت
19	میله ROD	در روش سطحی استفاده می گردد
20	بست مربوط به سیم مسی و میله ROD	برای اتصال سیم به میله برقیگیر یا ROD
21	کرپی ابرویی همراه پیچ و مهره	برای بستن میله برقیگیر به دکل های 100 فوتی و دکل های خود ایستای لوله ای
22	بنتونیت اکتیو	برای روش عمقی و سطحی
23	بست میله برقیگیر به پلیت	جهت اتصال میله برقیگیر به پلیت در دکلهای خود ایستای 60 متری

\* صفحه مسی به ابعاد 40\*40\*0.5 سانتیمتر مکعب برای مناطق شمالی کشور و 50\*50\*0.5 سانتیمتر مکعب برای مناطق نیمه خشک مانند تهران و 70\*70\*0.5 سانتیمتر مکعب برای مناطق کویری استفاده شده و محصول کارخانه مس شهید باهنری باشد و از صفحه مسی با ضخامت 3 یا 4 میلیمتر نیز می توان استفاده نمود.

#### د - اتصال سیم به صفحه مسی

اتصال سیم به صفحه مسی بسیار مهم می باشد و هرگز و در هیچ شرایطی نباید این اتصال تنها با استفاده از بست ، دوختن سیم به صفحه و یا ... برقرار گردد بلکه حتما باید سیم به صفحه جوش داده شود و برای استحکام بیشتر با استفاده از 2 عدد بست سیم به صفحه ( ردیف 15 جدول مصالح مورد نیاز ) بسته شده و محکم گردد. برای جوش دادن قطعات مسی به یکدیگر از جوش برنج یا نقره استفاده شود و در صورت عدم دسترسی به این نوع جوش از جوش (Cadweld) استفاده گردد .

#### ه - حفر چاه ارت

با توجه به شرایط جغرافیایی منطقه، چاهی با عمق مناسب و در مکان مناسب حفر گردد. در صورتی که مسیر دو سیم مشترک باشد بهتر است مسیر دو سیم ایزوله گردند. همینطور مسیر سیمها باید کوتاهترین مسیر بوده و سیم میله برقیگیر و ارت حتی الامکان مستقیم و بدون پیچ و خم باشد و نبایستی خمهای تند داشته باشد.

#### و - پر نمودن چاه ارت

- 1- ابتدا حدود 20 لیتر محلول آب و نمک تهیه و کف چاه میریزیم بطوریکه تمام کف چاه را در برگیرد بعد از 24 ساعت مراحل زیر را انجام می دهیم .
- 2- به ارتفاع 20 سانتیمتر از ته چاه را با خاک رس و یا خاک نرم پر مینمائیم.
- 3- به مقدار لازم بنتونیت را با آب مخلوط کرده و بصورت دوغاب در میاوریم و مخلوط حاصل را به ارتفاع 20 سانتیمتر از کف چاه میریزیم هر چه مخلوط حاصل غلیظ تر باشد کیفیت کار بهتر خواهد بود.
- 4- صفحه مسی را به دو سیم مسی نمره 50 جوش می‌دهیم این سیمها یکی به میله برقی روی دکل و دیگری به شینه داخل ساختمان خواهد رفت بنابراین طول سیمها را متناسب با طول مسیر انتخاب می نمائیم.
- 5- صفحه مسی را بطور عمودی در مرکز چاه قرار می دهیم.
- 6- اطراف صفحه مسی را با دوغاب تهیه شده تا بالای صفحه پر می نمائیم.
- 7- لوله پلیکای سوراخ شده را بطور مورب در مرکز چاه و در بالای صفحه مسی قرار می دهیم و داخل لوله پلیکا را شن میریزیم تا 50 سانتیمتر از انتهای لوله پر شود این لوله برای تامین رطوبت ته چاه می باشد و در فصول گرم سال تزریق آب از این لوله بیشتر انجام گردد. لازم بذکر است در مواردی که چاه ارت در باغچه حفر شده باشد و یا ته چاه به رطوبت رسیده باشد و یا کلا در جاهایی که رطوبت ته چاه از بالای چاه یا از پایین چاه تامین گردد نیازی به قراردادن لوله نمی باشد.
- 8- بعد از قراردادن لوله پلیکا به ارتفاع 20 سانتیمتر از بالای صفحه مسی را با دوغاب آماده شده پر مینمائیم.
- 9- الباقی چاه را هم تا 10 سانتیمتر بر سر چاه مانده ، با خاک معمولی همراه با ماسه یا خاک الک شده کشاورزی پر می نمائیم و 10 سانتیمتر از چاه را برای جلوگیری از نفوذ آب باران و آبهای سطحی به داخل چاه با شن و سنگریزه پر می نمائیم . روی چاه مخصوصا در مواقعی که از لوله پولیکا استفاده نمی گردد نباید آسفالت شده و یا با سیمان پر گردد.
- 10- داخل شیار های حفاری شده را با خاک الک شده کشاورزی یا خاک نرم معمولی و یا خاک معمولی مخلوط با بنتونیت پر نمائید.

#### 4-4- اجرای ارت به روش سطحی: [5]

هفت روش برای اجرای زمین سطحی وجود دارد که عبارتند از :

1- ROD

2- RING

3- پنجه ای (شعاعی)

4- مختلط

5- حلزونی

6- الکتروشیمیایی

7- شبکه ای

#### 4-4-1- اجرای ارت به روش ROD کوبی :

مصالح مورد نیاز:

مصلح مورد نیاز همانند روش عمقی می باشد با این تفاوت که به جای صفحه مسی از میله های مغز فولادی 1 متری و با روکش مس استفاده می نمایم.

#### روش اجرا:

کانالی به عمق 80 سانتیمتر و عرض 45 سانتیمتر و طول X حفر می نمایم.  
طول کانال را به دو روش میتوان تعیین نمود.

الف- اندازه گیری مقاومت مخصوص خاک و انجام محاسبات لازم  
ب- به روش تجربی که در ادامه شرح داده می شود.

- پس از آماده شدن کانال دو میله در زمین میکوبیم به گونه ای که حدود 15 سانتیمتر از میله ها بیرون بمانند سپس دومیله را با کابل مسی یا کابل برق به هم وصل نموده و با دستگاه ارت سنج مقاومت زمین ایجاد شده را اندازه میگیریم ، چنانچه مقاومت نشان داده شده با دستگاه بالای 4 اهم بود میله دیگری به زمین میکوبیم و با اتصال سه میله به هم مقاومت زمین ایجاد شده را اندازه گیری می نمایم . اینکار را تا زمانی که مقاومت اندازه گیری شده به زیر 4 اهم برسد ادامه می دهیم بعد از آنکه به تعداد کافی میله کوبیده شد سیمی را که به شینه مسی نصب شده به تک تک میله ها جوش داده .

- برای پر نمودن کانال ابتدا با بنتونیت روی سیم مسی را پوشانده (در زمینهایی که رطوبت کافی ندارند) و سپس با خاک الک شده کشاورزی یا خاک نرم کانال را پر می نمایم.

- مقاومت زمین اجرا شده را اندازه گیری نموده و ثبت مینمائیم ( بعد از پر کردن کانال مقاومت زمین اندازه گیری شده کاهش خواهد داشت و باید کمتر از 3 اهم باشد)

نکته : در مناطق سردسیر عمق کانال حفاری شده و بطور کلی مسیر عبور کابل مسی خیلی مهم می باشد و نباید در معرض یخبندان قرار گیرد .

#### 4-5- اجرائی ارت در ارتفاعات: [5]

ارتفاعات کشور را با توجه به نوع زمین و خاک میتوان به دودسته تقسیم کرد.  
ارتفاعات خاکی که امکان حفاری و کوبیدن میله مغز فولادی در آنها وجود دارد.  
ارتفاعات سنگلاخی و صخره ای که امکان حفاری عمیق در آنها وجود ندارد ولی میتوان شیار ایجاد کرد.

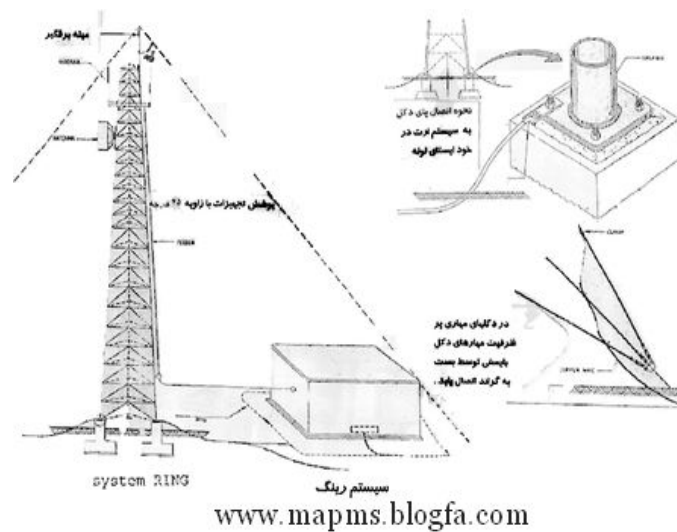
حالت اول: به یکی از روش های حفر چاه یا کوبیدن ROD میتوان سیستم ارت را اجرا نمود.  
حالت دوم: شیارهایی بصورت ستاره و پنجه ای ایجاد نموده و تسمه مسی را در داخل شیار ها خوابانده و برای کاهش مقاومت روی تسمه را با مخلوط خاک و بنتونیت می پوشانیم.  
نکته : کلیه اتصالات در زیر خاک باید به یکدیگر جوش داده شود.

#### 4-6- نکات عمومی و مهم در خصوص سیستمهای ارت : [6]

1- کلیه اتصالات با مفتول برنج یا نقره جوشکاری گردد. سطح جوش باید 6cm باشد و جهت اتصالات و جوشکاری رعایت گردد (در مواردی cadweld توصیه میشود).

2- از هر پایه دکلهاي خودایستا هم فونداسیون دکل توسط سیم مسی و بست مخصوص به سیستم ارت و هم پای دکل به سیستم ارت جوشکاری گردد.

3- سیم میله برقی از پایه ای که آنتنهای کمتری نصب می شود و با کابلها حداکثر فاصله را داشته باشد، بدون خمش در مسیر و مستقیماً به رینگ داخل کانال و از کوتاهترین مسیر توسط جوش متصل گردد.



www.mapms.blogfa.com

- 4- میلۀ برقگیر روی دکل در بالاترین نقطه دکل (با رعایت مخروط حفاظتی با زاویه 45 درجه) بطوریکه تجهیزات را کاملاً پوشش دهد قرارگیرد و جنس آن تمام مس با آلیاژ استاندارد به قطر 16mm و طول آن بستگی به ارتفاع نصب انتهایی روی دکل دارد.
- 5- زاویه قوس سیم مسی حداقل 60 درجه رعایت گردد.
- 6- به هیچ عنوان در روی دکل جوشکاری صورت نگیرد.
- 7- اتصال از شبکه گراند سیستم اجرا شده به تانکر سوخت دیزل ژنراتور، تانکر آب هوایی، اسکلت فلزی ساختمان و در و پنجره های اتاق دستگاه صورت گیرد.
- 8- اگر سیستمی از قبل اجرا شده باشد، سیستم قدیم به جدید در عمق خاک متصل گردند.
- 9- سیم ارت در روی زمین باید با روکش، و سیم داخل کانالها باید بدون روکش و مستقیم کشیده شود.
- 10- پرکردن کانال باید با خاک الک شده کشاورزی یا خاک نرم انجام گردد.
- 11- ارتفاع نصب شینه مسی 50cm از کف تمام شده باشد.
- 12- شینه داخل اتاق حدالمقدور به چیدمان دستگاهها نزدیک باشد.
- 13- از هر دستگاهی جداگانه سیم ارتی به شینه متصل گردد ( قطر و طول شینه گراند بستگی به تعداد انشعابات آن دارد)
- 14- در دکل‌های مهاري پر ظرفيت، مهارهاي دکل بایستی توسط بست مخصوص به گراند اتصال یابد.
- 15- جهت استفاده ترانس برق شهر در ایستگاه‌های مخابرات بایستی گراند جداگانه اجرا گردد.
- 16- در سایت‌های کامپیوتری جهت اجرای سیستم زمین حتی المقدور بایستی از يك زمین با سطح یکنواخت ( بدون شیب ) استفاده نمود.
- 17- در ایستگاهها بین نول و گراند نبایستی اختلاف ولتاژ وجود داشته باشد.
- 18- در دکل‌های پر ظرفيت که ابعاد قسمت بالایی دکل بیشتر از 2m می‌باشد نیاز به نصب يك عدد برقگیر اضافی در سمت مقابل برقگیر اول می‌باشد.
- 19- در سیم‌کشی داخل محوطه سایت های کامپیوتری برای چراغ‌های روشنایی و سایر موارد باید از کابل زمینی استفاده گردد و در ایستگاه‌های بالایی کوه و نقاط دور از شهر نباید از چراغ‌های روشنایی خیابانی استفاده شود.

20- استاندارد قابل قبول آزمایش و تحویل اتصال زمین برای سایتهای کوچک زیر 10 اهم و برای سایت های بزرگ و مهم و زیر 3 اهم می باشد.

#### 4-7- کار با شبکه و اتصال زمین موقت: [5]

در صنعت برق از نقطه نظر ایمنی می توان کارها را در بخش های تولید ، انتقال و توزیع به دو دسته زیر تقسیم نمود :

1- کار با شبکه های برقدار

2- کار با شبکه های بی برق

الف - از آنجا که کار با تاسیسات برقدار به ندرت انجام می پذیرد و از طرفی پرسنل ، مجاز این رشته شغلی از تخصص بالایی برخوردار بوده و به خطرات واقف می باشند با استفاده از لوازم عایق استاندارد ضمن رعایت فواصل مجاز از بروز برق گرفتگی جلوگیری نموده و حادثه از این بابت در مقایسه با کارهای دسته دوم بسیار ناچیز می باشد.

ب - گروه های نوسازی ، تعمیرات ، نگهداری و بهره برداری بیشترین پرسنل اجرایی صنعت برق را تشکیل می دهند ، آمار حوادث نشان می دهد ، شرکت برقی وجود ندارد که سالانه برای فرد یا افرادی از مشاغل کارهای فوق حادثه ای نداشته باشد.

در مقام توازن همان گونه که بیشترین حوادث تاسیسات و ایجاد خاموشی های ناخواسته از نقطه نظر اتصالیها:

- فاز به زمین

- فاز به فاز

- دوفاز به زمین

- سه فاز به هم

مربوط به فاز به زمین می باشد ، حادثه برق گرفتگی که در حقیقت یک نوع اتصالی می باشد و زمانی اتفاق می افتد که فرد مجری بین فاز و زمین قرار گرفته. برای از بین بردن اینگونه حوادث برای افراد اجرایی که سرمایه های ارزشمند شرکت ها محسوب می گردند و کنترل ضایعات از این بابت ، زمانی به حد قابل قبول و نتیجه مطلوب خواهیم رسید که کاربرد ارت موقت را سر لوحه ایمنی درکار برای اینگونه شغل ها قبل از شروع به عملیات اجرایی قرار دهیم . با استفاده صحیح از اتصال زمین موقت می توان حادثه را کاملاً از بین برد و زمانی به این مهم دست خواهیم یافت که قطع کلید را به تنهایی عامل بی برقی ندانسته و بپذیریم شبکه بی برق به شبکه ای اطلاق می گردد که پس از قطع مدار تست و تخلیه شده و طرفین محل کار در معرض دید فرد مجری ارت موقت شده باشد ، در غیر اینصورت :

1- اشتباه قطع مدار توسط مجری یا همکاران می تواند باعث برق گرفتگی گردد.

2- اشتباه وصل مدار تاکنون عامل حادثه برق گرفتگی بوده است ، مسلماً افرادی که می خواهند روی شبکه کار کنند حتماً آن را بی برق می کنند و بعضاً آزمایش هم می نمایند ولی گاهی در اثر بی دقتی یا سوء تفاهم در امر قطع و وصل کلیدها ممکن است سیستم برقدار گردد.

3- هنگام بی برق شدن شبکه و خاموشی مشترکین ، راه اندازی ژنراتورهای اضطراری می تواند عامل برقدار شدن مدار و بروز برق گرفتگی برای گروه تعمیرات گردد.

4- ولتاژ القایی از فازهای مجاور نکته ای است که دائم باید به آن توجه داشت حتی در مدارهایی که بی برق گردیده اند امکان تغذیه الکترومغناطیسی و الکترواستاتیکی از فازهای مجاور برقدار وجود دارد ، این ممکن است در یک سیستم یا از سیستمی که به تاسیسات مجاور نصب شده است باشد ، نکته مهم آن است که این ولتاژ القایی باید از طریق زمین کردن تخلیه شود تا از امکان هر گونه

خطری از قبیل صدمه الکتریکی یا ناراحتی به هنگام کار یا عکس العمل های بدن شخصی که کار می کند جلوگیری به عمل آید.

5- بروز اتصال کوتاه و اتصالی های شبکه اثر قابل ملاحظه ای در اینگونه ولتاژهای القایی به شبکه های بی برق مجاور دارد ، اگر چه جریانات اتصالی های شبکه ممکن است در زمان های کوتاهی بوجود آید ولی مقادیر آنها به حدی است که قادر است به صورت لحظه ای فرد مجری را از بین ببرد.

6- ممکن است قسمتی از شبکه که بی برق شده و گروه اجرایی مشغول کار است ظاهراً بی خطر دیده شود ولی ولتاژ گذرا ناشی از رعدو برق یا طوفان احتمالی ، در صورت عدم استفاده از اتصال زمین موقت قطعاً حادثه آفرین خواهد بود. ( حتی شبکه تازه احداث شده که هنوز هیچ ارتباطی به مصرف کننده ای ندارد و در ظاهر امن است می تواند به دلایل مختلف از جمله صاعقه برقرار شود.)

#### 4-8- دستگاه اتصال زمین موقت برای خطوط فشار ضعیف ، متوسط: [5]

دستگاه ارت موقت وسیله ای است حفاظتی که به اصطلاح برای قفل کردن یا بستن خطوط بی برق شده و ارتباط آن به زمین بکار میرود. هدف از این کار این است که در مواقع برق دار شدن ناگهانی شبکه که ممکن است در اثر عوامل مختلف پیش آید ، جریان برق به سمت زمین هدایت شده و افرادی که روی شبکه کار میکنند از خطر برق گرفتگی مصون بمانند.

#### 4-9- عواملی که ممکن است خط در حال تعمیر ناگهانی برق دار شود: [5]

- رعد و برق که بصورت بروز چندین میلیون ولت برق را وارد شبکه در حال تعمیر مینماید.  
- مانور های اشتباهی توسط گروه های عملیات و اتفاقات.  
- القاء برق از شبکه های رو گذر شبکه .  
- پاره شدن اتفاقی سیمهای عبوری از بالای شبکه تحت تعمیر .  
- روشن نمودن موتور ژنراتور توسط مشترکین ، کارخانجات یا بیمارستانها و غیره که ممکن است بطور اشتباه کلید برگشت برق شبکه را قطع نمایند .  
در صورتیکه شبکه تحت تعمیر از دو نقطه ورودی و خروجی شبکه بوسیله دستگاه اتصال زمین موقت ارت شود کلیه عوامل بالا در صورت بروز ، خنثی خواهد شد و خطر برق گرفتگی افراد مشغول به کار را تهدید نخواهد کرد . برای کلیه اکیپها اعم از فشار ضعیف ، متوسط و قوی کاربرد اجباری داشته و استفاده از آن امری اجتناب ناپذیر و ضروری است. رعایت موارد زیر در استفاده دستگاه اتصال زمین موقت الزامی است :

بایستی دقت نمود که دستگاه اتصال زمین موقت حتماً بعد از آزمایش خط مورد نظر مورد استفاده قرار گیرد. قبل از بستن گیره ها به فاز ، انتهای سیم های رابط به زمین متصل گردد محل نصب دستگاه در جلو دید مجری بوده و خط از دو طرف زمین شود تا پایان کار دستگاه در محل کار نصب شده باقی بماند و مراقبت و نگهداری از دستگاه و همچنین نظارت بر جمع آوری و تمیز کاری آن بعهده سرگروه میباشد.

#### 4-10- دستورالعمل استفاده از دستگاه ارت موقت: [5]

گروه های اجرایی یا تعمیراتی موظفند پس از آزمایش خطوط و کسب اطمینان از بی برق بودن مدار آن را بشرح زیر ارت موقت نمایند. میله ارت را یک فاصله قبل از محل کار و در مرطوبترین نقطه ممکن از زمین مجاور پایه کوبیده شده و سپس کلمپ اتصال زمین به آن متصل میشود ، کارگر پس از بالا رفتن از پایه و استقرار در زیر شبکه به کمک طناب دستگاه را به بالا میکشد و پس از بازرسی از گیره

ها و تعیین فاصله ، توسط پرچ عایق ، گیره قرمز رنگ را به خط وسطی و سپس فازهای دیگر متصل مینماید برای جمع آوری دستگاه ابتدا گیره های کناری توسط پرچ عایق از خط جدا و سپس با کنترل نمودن وزن کابل ، گیره وسطی از خط آزاد شده و در پایان کلمپ از میله زمین جدا گردد .

• نکته ضروری :

تعداد دستگاه ارت مورد استفاده باید متناسب با تعداد خطوط ورودی به محل کار باشد ، متأسفانه مشاهده می گردد که گروه اجرایی بر روی سکتشنی که دارای چهار خط ورودی است از دو دستگاه ارت استفاده می نماید که کاملاً غیر ایمن بوده و در این شرایط باید حتماً از چهار دستگاه ارت استفاده گردد.

• توجه :

به هیچ عنوان نباید کارگر پس از بی برقی گیره های اتصال زمین را با دست به خط وصل نماید.

چکیده مطالب :

برای اجرای ارت دو روش وجود دارد یکی روش عمقی بوده و دیگری روش سطحی می باشد که روش عمقی از چاه برای اجرای ارت استفاده می شود و در روش سطحی، سیستم ارت در سطح زمین اجرا می گردد.

در صورتی می توان از روش سطحی استفاده نمود که : فضای لازم به منظور حفاری وجود داشته باشد، ارتفاع از سطح دریا پایین باشد و پستی و بلندی های محوطه کم باشد.

برای اجرای ارت به روش عمقی بایستی یکسری شرایط را لحاظ نمود که عبارتند از :

- انتخاب محل چاه ارت

- عمق چاه

- مصالح مورد نیاز

- اتصال سیم به صفحه مسی

- حفر چاه ارت

- پر نمودن چاه ارت

هفت روش برای اجرای زمین سطحی وجود دارد که عبارتند از :

ROD -1

RING -۲



۳- پنجه اي (شعاعي)

۴- مختلط

۵- حلزوني

۶- الكتروشميائي

۷- شبكه اي

در خصوص سيستم هاي ارت يكسري نکاتي را بايد توجه نمود كه عبارتند از :

1 - كلييه اتصالات با جوش برنج و نقره باشند در غير اينصورت از جوش Cadweld استفاده گردد.

2- زاويه قوس سيم مسي 60 درجه رعايت گردد.

3- سيم ارت در روي زمين بايد با روکش و سيم داخل كانالها بدون روکش و مستقيم کشيده شود.

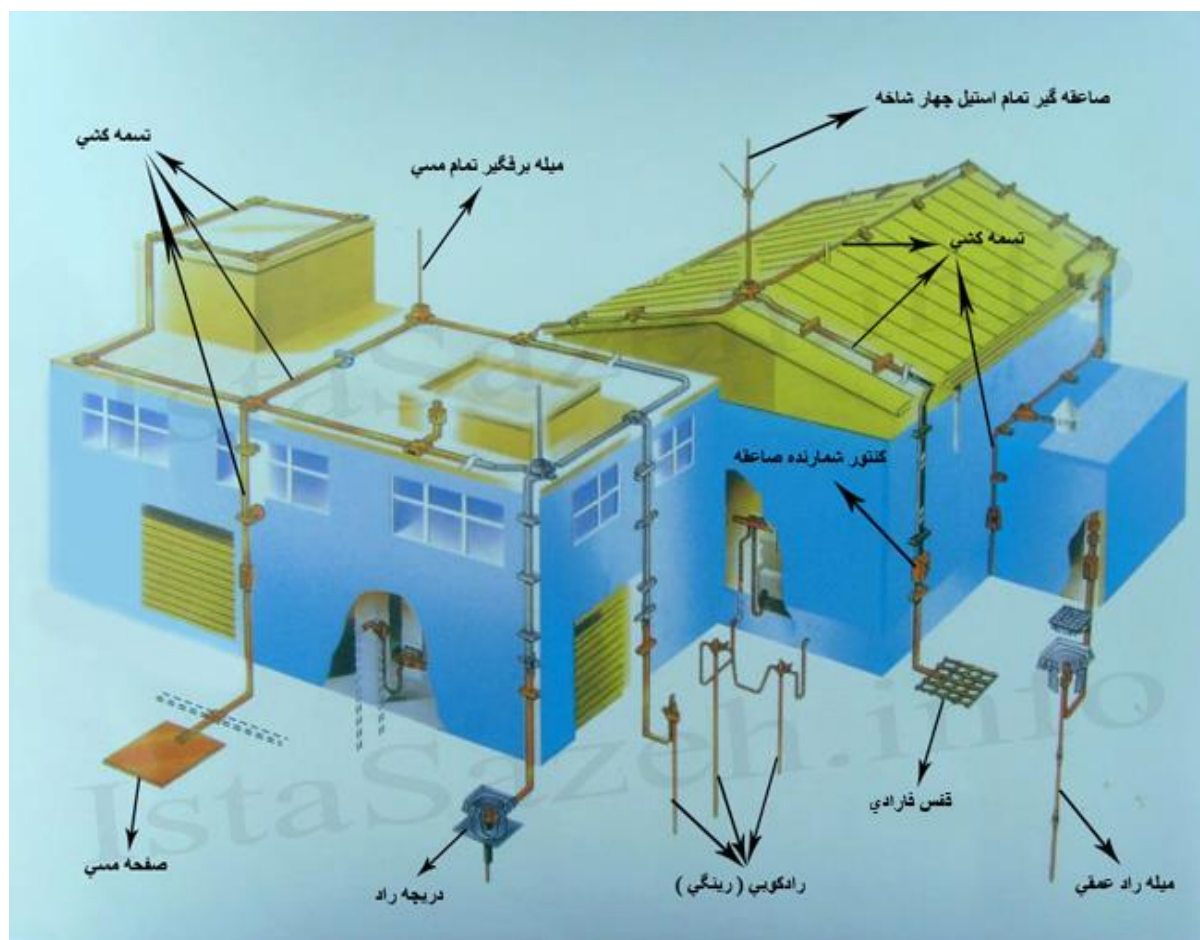
4- پرنمودن كانال بايستي با خاک الك شده کشاورزي يا خاک نرم انجام گردد.

# فصل پنجم

## سیم زمین . تجهیزات

#### مقدمه:

سیم زمین تجهیزات الکتریکی در واقع همان سیم سوم است، این سیم به موازات سیم های فاز و نول در مدارهای الکتریکی مورد استفاده قرار می گیرد، هدف از به کارگیری سیم زمین بر طرف نمودن مشکل نشت جریان الکتریکی است. در صورت نادیده گرفتن سیم زمین تجهیزات حوادث ناگواری پیش می آید که منجر به خسارت مالی و حتی خسارت جانی می شود.



### 5-1- اجرای سیستم ارتینگ در مراکز مسکونی: [1]

در ابتدا گودالی حفر می کنیم با عمق حداقل یک و نیم متر و یا بیشتر البته عمق این گودال بهتر است از دو متر کمتر نباشد و رطوبت کافی در کف آن وجود داشته باشد بعبارت دیگر عمق چاه ارت را تا حدی افزایش می دهیم که در کف آن به رطوبت کافی برسیم اما عمق آن از دو متر کمتر نباشد. مقدار رطوبت باید به حدی باشد که دست بر راحتی نمناک شود و اگر دو تا سه روز چاه را به حال خود رها کنیم همچنان رطوبت خود را حفظ کرده باشد و خشک نشده باشد، اگر خشک شده بود باید باز هم مقداری عمق را افزایش دهیم سپس کف چاه را با مقداری خاک ذغال و نمک نمناک پر می کنیم و لایه ای خاک بر روی آن می ریزیم، بعد از آن الکتروود را داخل چاه می گذاریم بطوریکه با خاک ذغال و نمک مرطوب شده تماس نداشته باشد، آنگاه چاه را پر می کنیم، البته بهتر است اطراف الکتروود را نیز خاک ذغال و نمک بریزیم تا مقاومت چاه ارت به حداقل مقدار ممکن برسد به شرطی که الکتروود با این مواد تماس پیدا نکند و فقط با خاک تماس داشته باشد زیرا تماس الکتروود با نمک باعث خوردگی و از بین رفتن آن در طول زمان می شود و ممکن است که چاه ارت حتی شش ماه هم دوام نیاورد و بر اثر پوسیدگی الکتروود سیستم ارتینگ معیوب شود و شرایط خطر سازی را فراهم آورد. البته به جای نمک و پودر ذغال از مواد شیمیایی نظیر سولفات منگنز و سولفات مس نیز استفاده می شود اما بهترین آنها همان نمک و پودر ذغال است زیرا این مواد شیمیایی به مرور زمان و بر اثر باران و تخلیه طبیعی در خاک از بین می رود. نکته ی بسیار مهم دیگر اینکه زاویه ای که الکتروود در زمین قرار می گیرد نباید از 60 درجه تجاوز کند و

باید حتما الکتروود بصورت عمودی در خاک قرار گیرد و فرقی نمی کند که الکتروود میله ای باشد یا صفحه ای یا نعلی یا تسمه ای و یا غیره ...

البته در الکتروود های نعلی یا الکتروودهایی که شبیه چرخ گاری ساخته می شوند اگر به مرکز آنها میله وصل باشد بایستی میله بطور عمود در زمین قرار گیرد و نعل یا چرخ متصل شده به آن بصورت افقی در ته چاه خوابانیده شود، اما اگر فقط از یک نعل فلزی بزرگ استفاده می کنید بایستی آنرا بطور عمودی و در عمق مناسب در زمین قرار دهید و در نهایت الکتروود را بگونه ای در زمین قرار دهید که با سطح زمین حداقل 50 سانتی متر فاصله داشته باشد و اگر چاه ارت برای تخلیه ی جریانهایی با ولتاژ بزرگ منظور شده است بایستی حداقل یک متر با سطح زمین فاصله داشته باشد تا ولتاژ گام ایجاد نشود.

یادتان باشد شما فقط زمانی مجاز خواهید بود که میله را در زمین بکوبید(فرو کنید) و یا با زاویه بیشتر از 60 درجه و بدون مواد شیمیایی در زمین قرار دهید که منطقه کوهستانی باشد و به خاطر وجود صخره های قطور رعایت استانداردها مقدور نباشد که البته آن هم تابع تمهیداتی است.

همانطور که متوجه شدید یکی از راههای کاهش مقاومت زمین استفاده از مواد شیمیایی و پودر ذغال و نمک می باشد راه دیگر استفاده از چاههای ارت بیشتر و متصل کردن آنها به یکدیگر است بطوریکه فاصله ی هر کدام از این چاهها از دو و نیم برابر طول الکتروود کمتر نباشد این عمل دو مزیت دارد :

یکی اینکه مقاومت زمین را بشدت کاهش می دهد و دوم اینکه قدرت چاه ارت را افزایش می دهد و سیستم ارتینگ قادر خواهد بود جریان های بالاتری را بدون صدمه دیدن و ایجاد خطر به زمین تخلیه کند. زیرا اگر سیستم ارتینگ معیوب باشد و الکتروود به سطح زمین بسیار نزدیک باشد و یا مقاومت زمین زیاد باشد سبب ایجاد ولتاژهای گام خواهد شد ضمن اینکه عمل حفاظت و زمین کردن را نیز بخوبی نمی تواند انجام دهد.

با توجه به توضیحات فوق اگر ما جریان بالایی را برای تخلیه به زمین تحت نظر داشته باشیم باید سیستم ارتینگ قوی و کارآمدی را برای اینکار انتخاب کنیم بطوریکه بتواند این جریان بالا را که تحت ولتاژ بالایی نیز می باشد، به زمین تخلیه کند.

نقاطی که معمولا در شبکه ها و تاسیسات صنعتی و مسکونی بایستی به ارت متصل شوند به شرح زیر می باشد:

- 1- یکی از دو سیم ثانویه ترانسفورماتور تکفاز دو سیمه
  - 2- سیم نول یک سیستم سه فازه چهار سیمه فشار ضعیف
  - 3- مرکز ستاره ترانسفورماتور سه فاز
  - 4- ترمینال زمین برقگیرها
  - 5- بدنه یا محفظه ی کلیه ی دستگاههای برقی و ترانسفورماتورهای هوایی و زمینی
  - 6- تاورها و دکلهای فلزی و هر میله ی فلزی با ارتفاع بیش از 30 متر
  - 7- بدنه ی سوله ها و اسکلت فلزی ساختمان ها بخصوص اگر در دسترس باشند
  - 8- یک سیم ثانویه هر کدام از ترانسفورماتورهای جریان و ولتاژ
  - 9- سیم نول کلیه مشترکین در محل ورود برق به مکان آنها ( در محل کنتور )
  - 10- بدنه ی فلزی کلیه ی وسایل برقی که در داخل حمام، دستشویی و یا آشپزخانه استفاده می شوند
- در هنگام راه اندازی سیستم ارتینگ مقاومت آن از 10 اهم و در صورت امکان از 5 اهم تجاوز نکند البته در جاهای حساس مانند نیروگاه و پست های انتقال و فوق توزیع این مقاومت حتی به 2 اهم هم می رسد.

در نهایت چاه ارت باید در مکانی منظور شود که خاکش همواره مرطوب باشد و در صورت امکان آب های سطحی را به توسط کانالها و گودالهایی بر روی مکانی که چاه ارت در آنجا قرار دارد هدایت می کنند تا همیشه خاک آن ناحیه مرطوب باشد.

#### 2-5- جدول مقاومت ویژه انواع معمول زمین: [ 5 ]

مقاومت ویژه	نوع زمین
50-5	باغچه
100-10	زمین معمولی
200-100	ماسه نرم و مرطوب
500-250	زمین سنگلاخی
1000-500	زمین صخره ای

الکتروود چاه ارت را قبل از اتصال به تابلو اصلی یا قبل از اتصال به دستگاه مورد نظر، ابتدا به پیچ بزرگ دستگاه مگر وصل می کنند و هر کدام از پیچ های (ترمینال ها) کوچکتر بوسیله ی سیم مناسب با فاصله مثلا ده متر از چاه ارت و مخالف جهت هم با میخ به زمین کوبیده می شوند و اطراف محل کوبیده شدن میخ آب نمک می ریزند. منظور از مخالف جهت هم اینست که مثلا یک میخ در فاصله ی 5 الی 10 متری و در جهت شمال چاه ارت بوسیله ی سیم مثلا دو و نیم میلیمتر مربعی وصل می کنند و ترمینال دیگر را در سمت جنوبی چاه ارت با همان مشخصات فاصله ای با میخ به زمین وصل می کنند و در پایان برای تماس الکتریکی بهتر میخ با زمین اطراف آنرا مقداری آب یا آب نمک می ریزند و چند دقیقه می گذارند تا خاک آن خوب خیس بخورد سپس محرک دستگاه مگر را که ممکن است بصورت هندلی (چرخشی) و یا بوسیله ی یک کلید عمل کننده می باشد فعال کرده تا ولتاژ بالایی به زمین منتقل گردد و مقدار مقاومت زمین بر روی صفحه ی مدرج یا دیجیتالی آن نمایش داده شود معمولا تست چاه ارت بهتر است هر دو ماه یکبار انجام شود و در مکان هایی که چاه ارت اهمیت بالایی دارد این زمان کمتر نیز می باشد.

#### 3-5- نصب شینه و میله برقگیر در واحد های مسکونی: [ 5 ]

شینه داخل ساختمان باید توسط مقره هایی از دیوار ساختمان ایزوله گردد قطر و طول شینه بستگی به تعداد انشعابات داخل ساختمان دارد. (تمامی تجهیزات داخل ساختمان بایستی بطور جداگانه و موازی به این شینه متصل گردد.) در حالتیکه دکل روی ساختمان قرار داشته باشد سیم میله برقگیر نبایستی از داخل ساختمان برده شود بلکه باید خارج از ساختمان سیم کشیده شود و همینطور مسیر عبوری سیم ارت به داخل ساختمان تا شینه ورودی ساختمان باید عایق دار باشد.

در پای دکل توسط بست ، سیم میله برقگیر به یکی از پایه های دکل خیلی محکم متصل می شود و تا بالایی دکل به میله برقگیر متصل می گردد. لازم بذکر است مسیر میله برقگیر از کابلهایی که به آنها می روند باید جدا باشد.

#### 4-5- استفاده از بنتونیت در احداث اتصال زمین: [ 6 ]

در هدایت الکتریکی و انتقال جریان به درون زمین دو عامل اساسی نقش دارند :  
الف) اندازه و شکل الکترودهایی که در منطقه استفاده می شود ( اعم از میله ای یا صفحه ای )  
ب) مقاومت خاک منطقه که خود بستگی به عوامل زیر دارد :

- نوع خاک
- ترکیب شیمیایی نمک های حل شده در آب های درون خاک
- درصد رطوبت خاک
- دمای خاک به طوری که خاک های یخ زده دارای مقاومت بالایی هستند
- اندازه دانه ها و توزیع دانه در خاک
- تراکم خاک و فشار وارد بر آن

لازم به ذکر است که به جز موارد فوق پارامترهای دیگری نیز در مسئله قابلیت هدایت الکتریکی زمین نقش دارند مانند عمق نصب الکترودها ، خواص شیمیایی خاک مانند pH ، تغییرات عمق لایه بندی و توزیع دانه ها.

با توجه به نتایج تحقیقات و تجربیات در سیستم های توزیع برق در خصوص روش های بهینه سازی اتصال زمین، افزودن نمک به خاک ها از ساده ترین و رایج ترین روش ها بوده و اگر چه در کوتاه مدت مشکل مقاومت زمین را رفع می کند ولی به دلیل خاصیت خوردگی بسیار بالای نمک ، پس از مدت کوتاهی الکترودها و اتصالات مربوطه به طور کامل از بین رفته و بایستی با صرف هزینه های اضافی مکرر اقدام به تعویض الکترودها نمود از طرفی بر اثر بارندگی های سالیانه پس از مدتی این نمک ها نیز شسته شده و به لایه های زیرین منتقل گشته و مقاومت زمین مجدداً افزایش می یابد. در نتیجه حداکثر کارایی با مخلوطهای نمکی بین 5 تا 7 سال است.

با توجه به مقاومت بالا، زمینهایی که خاک و بستر آن سنگی ، سنگلاخی و سخت بوده ، از لحاظ هدایت الکتریکی از نظر موارد اشاره شده در مقاومت خاک ، دارای مشکلات بسیاری جهت احداث اتصال زمین می باشند ، باعث شده تا استفاده از مواد کاهش دهنده مقاومت زمین ، متداول شده و این مواد دارای تنوع زیادی باشند. از جمله این مواد : **Ground Enhanced Material (GEM)** ، مارکونیت ، بنتونیت سدیم ، پلیمرهای جاذب رطوبت و **Ultra Fill** را می توان نام برد. به لحاظ فراوانی و قیمت مناسب خاک طبیعی بنتونیت سدیم (**Sodium Bentonite**) ، استفاده از این ماده جهت ایجاد اتصال زمین به عنوان یک روش مؤثر و نوین متداول تر شده است. بنتونیت سدیم دارای اندازه ذرات بسیار ریز ( کمتر از 0.02 میکرون ) که دارای سطح تماس بسیار بالا ( 800 متر مربع به گرم ) هستند بوده و قابلیت جذب آب تا 5 برابر وزن اولیه خود و افزایش حجم تا 13 برابر حجم خشک اولیه را دارد همچنین این ماده وقتی به 6 برابر حجم اولیه خود می رسد بصورت غلیظ در آمده و نه تنها شکل خود را نگه می دارد بلکه در صورت تماس با هر سطحی به آن می چسبد و در نتیجه می تواند هم مشکل تراکم خاک و هم چسبندگی و اتصال لازم را حل کند.

خاک بنتونیت زمانی که هیدراته می شود بصورت شیمیایی می تواند آب را داخل خود نگه داشته و به عنوان یک عامل خشک کننده ، آب و رطوبت اطراف را با خاصیت مکشی خود جذب کند. در اثر تماس بنتونیت با نور خورشید سطح بیرونی آن خشک شده و از خروج رطوبت از قسمت های داخلی آن جلوگیری می کند. این ماده رسی نیاز به مواد افزودنی ندارد ( صرفاً بنتونیت نوع سدیم اینگونه است ) و فاقد خاصیت خوردگی بوده و خواص آن برای سالیان متمادی ثابت می ماند.

مقاومت بنتونیت سدیم در 300% رطوبت ( وزن آب به وزن بنتونیت ) حدود 2 اهم بوده که به دلیل تشکیل الکترولیت ناشی از افزودن آب است آبی که به صورت شیمیایی در بنتونیت نگهداری می شود

اجازه می دهد تا پتاس آهک ( Ca O ) ، اکسید منیزیم ( Mg O ) و دیگر نمک های معدنی موجود در آن یونیزه شده و با pH حدود 8/5 تا 10/5 تشکیل یک الکترولیت قوی را بدهد.

شوک الکتریکی Electric shock هنگامی رخ می دهد که دو عامل زیر به طور همزمان رخ دهد :

1- ابتدا فرد باید با یک سیستم حامل جریان یا یک قطعه فلزی مرتبط با سیم حامل جریان تماس داشته باشد.

2- فرد باید با زمین در ارتباط باشد.

به طور کلی هر مدار الکتریکی سه سیم دارد سیم فاز یا سیم حامل جریان با عایق مشکی رنگ ، که قابل تشخیص است البته برای سیم فاز می توان از رنگ مشکی یا هر رنگ دیگری به جز سفید، سبز یا خاکستری استفاده کرد. علاوه بر سیم فاز ، یک سیم نول و یک سیم زمین نیز در مدار های الکتریکی وجود دارد سیم نول معمولاً با عایقی به رنگ سفید یا خاکستری قابل شناسایی است. سیم زمین نیز به صورت سیم مسی بدون روکش یا سیم با عایق سبز رنگ اجرا می شود. سیم فاز در واقع خطرناک ترین سیم در مدار الکتریکی ساختمان به شمار می رود چون حامل بار الکتریکی بوده و به محض تماس با اجزای رسانا بار الکتریکی خود را به آن ها منتقل می کند اما جریان الکتریکی تا زمانی که مسیر برگشت به منبع نداشته باشد، برقرار نمی شود. سیم نول در واقع همان سیمی است که برای ایجاد این مدار یا مسیر بسته در نظر گرفته می شود به عبارت دیگر با قرار دادن کلید یک وسیله الکتریکی در وضعیت روشن مسیر ارتباطی بین سیم فاز و سیم نول برقرار می شود و به این ترتیب با کامل شدن مدار جریان الکتریکی برقرار شده و آن وسیله روشن می شود. سیم فاز بلافاصله مسیر را حس نموده و انرژی الکتریکی را آزاد می کند در صورتی که هیچ عاملی موجب جلوگیری از عبور جریان در مدار نشود، بخش عمده انرژی بدون استفاده خواهد ماند می توان گفت که یک لامپ یا هر وسیله الکتریکی دیگری که بین سیم فاز و نول قرار می گیرد تقریباً تمام انرژی موجود در آن مدار را مصرف می کند و به طور مجازی هیچ انرژی دیگری برای بازگشت از طریق سیم نول به منبع باقی نمی ماند دلیل آن این است که تماس دست با سیم فاز موجب ایجاد شوک الکتریکی می شود. در هنگام ایجاد شوک الکتریکی، بدن همانند سیم نول عمل کرده و مدار الکتریکی را کامل می کند علت این مسأله آن است که زمین به خودی خود مسیر بسیار مناسبی برای عبور جریان و کامل کردن مدار الکتریکی به شمار می رود در واقع در چنین مواردی سیستم الکتریکی از زمین به عنوان یک مسیر جایگزین استفاده می کند. بهترین روش برای مقابله با شوک الکتریکی این است که اطمینان حاصل کنید که بدن شما با زمین در ارتباط نیست به خاطر داشته باشید که جریان الکتریکی تنها در صورتی از بدن شما عبور خواهد کرد که بدن شما همانند مسیر عبور جریان به زمین عمل کند بنابراین هیچ گاه روی زمین خیس و یا بر روی نردبانی که روی زمین خیس قرار گرفته است با مدارها و تجهیزات الکتریکی کار نکنید استفاده از ابزار های برقی و سایر تجهیزات الکتریکی در محدوده سیستم های لوله کشی نیز می تواند بسیار خطرناک باشد زیرا سیستم های لوله کشی در واقع به عنوان رابط بین بدن شما با زمین عمل می کنند که نتیجه آن ایجاد شوک الکتریکی است. در استاندارد NEC ، سه مشخصه برای افزایش ضریب ایمنی تجهیزات و مدار های الکتریکی مطرح شده است:

1- اتصال تجهیزات به زمین

2- مجهز کردن سیستم به رله عیب اتصال زمین

3- استفاده از درپوش های قطبی Polarized plugs

5-5- استانداردها و مقررات سیستم زمین : [3]

با توجه به ارتباط نقطه خنثی سیستم و زمین و اتصالات در ساختار توزیع برق سیستم های زمین به انواع زیر تقسیم می گردد:



**TN:** در این مدل در مبدا تحویل نیرو نقطه خنثی و زمین با یکدیگر متصل می گردد این مدل خود به سه زیر مجموعه TNS، TNC، TNS-C تقسیم می گردد.  
اتصال TNS شبکه چهار سیمه می باشد که در آن سیم خنثی نقش سیم حفاظتی زمین را نیز دارا است.  
اتصال TNC شبکه پنج سیمه می باشد که در آن از محل مبدا نیرو سیم خنثی و سیم حفاظتی از یکدیگر مجزا می گردد. اتصال TNS-C ترکیبی از دو مدل TNS و TNC می باشد یعنی تا قسمتی از سیستم توزیع داخلی چهار سیم و دارای اتصال TNS و در نقطه ای از تابلوها و ایستگاه ها سیستم خنثی و حفاظتی مجزا گردیده و سیستم TNC را ایجاد می کند و لذا به مجموعه ترکیبی آنها TNS-C اطلاق می شود.

**TT:** در این مدل زمین سیستم داخلی از زمین سیستم نیرو مجزا است بدین معنا که تجهیزات داخلی مصرف کنندگان از طریق زمینی جدای از ایستگاه اصلی نیرو، زمین می گردد در این سیستم حتماً باید از وسایل حفاظتی جریان باقی مانده جهت ایمنی استفاده کرد.

**IT:** در این مدل نول و خنثی تجهیزات مصرف کننده، زمین داخلی مصرف کنندگان است و زمین سیستم نیرو از طریق امیدانسی با یکی از فازها مرتبط است، باز هم زمین مصرف کننده و زمین سیستم نیرو مجزا است و از نول سیستم نیرو استفاده نمی گردد این مورد جهت کاهش قطعی سیستم در نقاط حساس استفاده می گردد زیرا لازم است که با اولین خطا سیستم نیرو رسانی از مدار خارج نگردد.  
مفهوم حروف اختصاری به کار رفته در مورد سیستم های توزیع نیرو به ترتیب زیر می باشد:  
حروف اول (سمت چپ) تعیین کننده نوع رابطه سیستم توزیع نیرو با زمین می باشد:

**T** - یک نقطه از سیستم مستقیماً به زمین وصل شده است.  
**I** - همه قسمت های برقدار نسبت به زمین عایق بوده و یا یک نقطه از سیستم از طریق امیدانسی به زمین وصل شده است.

حروف دوم (سمت راست) تعیین کننده نوع رابطه بدنه های هادی تاسیسات الکتریکی با زمین می باشد.  
**t** - بدنه های هادی از نظر الکتریکی بطور مستقیم از اتصال زمین هر نقطه ای از سیستم نیرو به زمین وصل شده است.

**n** - بدنه های هادی از نظر الکتریکی بطور مستقیم به نقطه زمین شده سیستم نیرو وصل شده است (در سیستم های جریان متناوب و نقطه زمین شده معمولاً نقطه خنثی می باشد).

### 5-6- سیم زمین تجهیزات: [3]

سیم زمین تجهیزات الکتریکی در واقع همان سیم سوم است. سیم زمین ممکن است به صورت بدون روکش و یا با روکش سبز رنگ در نظر گرفته شود این سیم به موازات سیم های فاز و نول در مدارهای الکتریکی مورد استفاده قرار می گیرد وجود سیم زمین را می توان از روی نوع دوشاخه ها و پریزهای به کار رفته در مدار نیز تشخیص داد سیم زمین تجهیزات الکتریکی در واقع همان شاخه سوم دوشاخه برق است که در سوراخ میانی پریز فرو می رود.

هدف از به کارگیری سیم زمین بر طرف نمودن مشکل نشت جریان الکتریکی است. سیم فاز معمولاً توسط مواد عایق پوشیده می شود و به وسیله جعبه تقسیم Electrical box دیواری یا بدنه موتور یا سرپیچ تاسیسات روشنایی پوشیده می شود به مرور زمان با فرسوده شدن تجهیزات و عایق ها، احتمال نشت جریان افزایش می یابد. در مواردی که ارتعاشات یا حرکت های دیگر موجب ساییده شدن عایق سیم یا قطع شدن سیم زمین تجهیزات می شود، احتمال بروز عیب اتصال زمین در تجهیزات الکتریکی افزایش می یابد یخچال ها و ماشین های لباسشویی قدیمی که لرزش بسیار زیادی دارند یکی از عوامل متداول بروز این مشکل به شمار می روند.

لامپ های قدیمی و پر استفاده که عایق سیم برق آن ها به مرور زمان خشک می شد نیز در همین گروه بودند در هنگام بروز چنین مشکلی ، احتمال قرار گرفتن سیم فاز در معرض تماس دست افراد یا برق دار شدن تمام قسمت های فلزی وسیله مربوطه بسیار زیاد است که نتیجه آن ایجاد شوک الکتریکی خواهد بود. در صورت بروز عیب اتصال زمین ، ممکن است بدنه فلزی وسیله الکتریکی با مدار برق مرتبط شود به این ترتیب در صورت تماس دست افراد با بدنه فلزی و یا در زمین مرطوب ، شوک الکتریکی شدیدی به فرد منتقل خواهد شد در این وضعیت اگر دست افراد در هنگام تماس مرطوب باشد ، شوک الکتریکی حاصله بسیار شدید و کشنده خواهد بود در نتیجه سازندگان تجهیزات الکتریکی توصیه می کنند که بدنه فلزی تجهیزات الکتریکی از طریق اتصال به سیستم ارت به زمین متصل شود به همین منظور نیز تولید کنندگان تجهیزات یاد شده از پریزهای سه شاخه استفاده می کنند به این ترتیب دو رشته از سیم ها به وسیله برقی و یک رشته به بدنه فلزی متصل می شود که اتصال وسیله برقی به زمین را تأمین می کند.

سیم زمین در کنار سیم فاز و سیم نول اجرا می شود و به اجزای فلزی مانند جعبه های تقسیم ، خروجی ها و ابزارها و تجهیزات برقی که قابلیت انتقال جریان الکتریکی در هنگام نشت جریان را دارند متصل می شود کاری که سیم زمین تجهیزات انجام می دهد آن است که جریان نشتی ایجاد شده را تخلیه نموده و درست همانند سیم نول ، مسیر برگشت به تابلو برق اصلی را تأمین می کند در عمل ، در صورت عبور جریان نشتی از طریق سیم زمین ، فیوز یا قطع کننده تعبیه شده در مدار فعال شده و جریان را قطع می کند قطع شدن جریان در این مرحله در واقع نشانه وجود یک عیب اساسی در مدار است که باید در اولین فرصت بر طرف شود.

برای استفاده از پریزهای سه شاخه که قابلیت اتصال سیم زمین را هم دارند و نیز به منظور تأمین مسیر زمین ایمن بر مبنای استاندارد NEC ، باید از پریزهای برق متصل به زمین استفاده شود همچنین سیم کشی مدار با در نظر گرفتن مسیر زمین به صورت مجزا از سیم نول انجام پذیرد. در استانداردهای الکتریکی تصریح شده است که تمامی مدارهای 120 ولت باید مجهز به سیم اتصال به زمین باشند رعایت این نکته مانع از ایجاد شوک الکتریکی به واسطه تماس دست افراد با اجزای رسانا مانند کلیدها ، جعبه های تقسیم و درپوش های فلزی می شود.

#### 5-7- نادیده گرفتن سیم زمین تجهیزات : [5]

در خانه های قدیمی با پریزهای دو شاخه اغلب با مشکل چگونگی اتصال سه شاخه تجهیزات الکتریکی به پریز مواجه می شویم از طرفی خارج کردن شاخه سوم و کنار گذاشتن مسیر اتصال زمین موجب کاهش ایمنی تجهیزات و افزایش احتمال ایجاد شوک الکتریکی می شود.

تعویض پریزهای دوشاخه قدیمی با پریزهای جدید سه شاخه متصل به زمین که قابلیت کار با تمامی انواع دوشاخه ها را دارند به عنوان یکی از راه حل های مناسب برای بر طرف نمودن این مشکل مطرح است البته در سیستم های قدیمی دو سیمی که سیم زمین وجود ندارد حتی تعویض پریزهای قدیمی با پریزهای جدید نیز عملاً تأثیری در افزایش ایمنی سیستم ندارد چرا که در این سیستم ها اساساً سیم زمین در نظر گرفته نمی شود بنابراین در صورت تعویض پریزهای قدیمی با پریزهای جدید حتماً باید سیم اتصال به زمین نیز برای آن ها در نظر گرفته شود زیرا در غیر این صورت ممکن است این تصور در ذهن ایجاد شود که سیستم مجهز به سیم اتصال زمین است در حالی که در عمل چنین نیست و این مسأله موجب کاهش ضریب ایمنی سیستم می شود.

یکی دیگر از روش های مواجهه با این مشکل ، استفاده از مبدل های سه شاخه به دوشاخه است بر مبنای استاندارد NEC نیز استفاده از این روش به شرط آن که پیچ مربوط به صفحه روکش به زبانه زمین

تجهيزات متصل شود مجاز است این روش نیز در نهایت می تواند موجب اشتباه افتادن کاربران و کاهش ایمنی آن ها شود.

در مجموع باید گفت که به هیچ عنوان نباید شکل ظاهری سیستم طوری تغییر کند که افراد به اشتباه تصور کنند مدار مجهز به سیم زمین نیز هست و باید در اسرع وقت نسبت به اصلاح سیستم اقدام نمود.

### 8-5- اجرای نادرست سیستم ارتینگ و ایجاد برق گرفتگی: [8]





پس از بررسی و معاینه محل حادثه، مشخص می گردد که یک فاز از سه فاز الکتروموتور اتصال بدنه کرده و دستگاه با همین شرایط کار می کرده است و به دلیل اینکه جریان ناشی بیشتر از جریان نامی فیوز حفاظتی نبوده است، لذا فیوز این جریان خطا را ندیده و تحریک نشده و عمل نکرده است. همانطور که در تصویر بالا می بینید سیم هایی که به بدنه الکتروموتور، سرشلنگی و بدنه در فلزی متصل هستند

فردی که اینکار را انجام داده تصور کرده با اتصال سر سیم رابط به بدنه در فلزی که به زمین ارتباط دارد، بدنه الکتروموتور را به اصطلاح اتصال به زمین نموده و شرایط ایمن شده است. اما این تصور کاملاً نادرست بوده و همانطور که بیان گردید این سیستم نه تنها موجب قطع فیوز حفاظتی نشده بلکه این عمل می توانست پیامدهای دیگری نیز داشته باشد.

باید متذکر شد که هر شی فلزی که قسمتی از آن داخل زمین و خاک است را نمی توان بعنوان الکتروود زمین در نظر گرفت پس استفاده از لوله های آب بعنوان الکتروود زمین اقدام نادرستی است که باید افراد به آن توجه داشته باشند. در این بررسی مشخص شد که در فلزی کاملاً برق دار است، که اگر در این بین عابر یا کودک کنجکاو در فلزی را لمس می کرد حتماً دچار برق گرفتگی می شد. به دلیل همین تصور نادرست بارها شاهد بودیم در یک منزل به دلیل ارتباط سیم رابط بدنه وسیله برقی با لوله آب و برقرار شدن ناخواسته آن موجب برق دار شدن کلیه لوله های فلزی آب یک منطقه شده که حتی منجر به بروز حادثه نیز شده است.



### 9-5- شرایط یک اتصال زمین خوب: [8]

- 1- پایین بودن مقاومت اتصال زمین در حد استاندارد
- 2- مقاوم در برابر فساد تدریجی و عوامل مخرب زمین (اثر مواد شیمیایی خاک بر روی هادی زمین یا خوردگی شیمیایی)
- 3- قابلیت تحمل جریان های زیاد و تکراری
- 4- دوام و طول عمر بیشتر
- 5- جلوگیری از خوردگی الکتروشیمیایی (تشکیل پیل به وسیله فلزات ناهمگون در زمین)
- 6- مقاوم در برابر نیروهای مکانیکی که ممکن است سبب پارگی هادی زمین شوند.

#### • نکته مهم در ارتباط با اتصال زمین

نکته ای که در خصوص اتصال زمین ضروری است این است که برای تأسیسات و تجهیزات برقی نمی‌توان از لوله های آبرسانی عمومی، لوله های گاز، نفت، هوای فشرده و فاضلاب به عنوان تنها وسیله اتصال به زمین استفاده کرد.

#### چکیده مطالب:

با توجه به ارتباط نقطه خنثی سیستم و زمین و اتصالات در ساختار توزیع برق سیستم های زمین به انواع زیر تقسیم می گردد:

**TN:** در این مدل در مبدا تحویل نیرو نقطه خنثی و زمین با یکدیگر متصل می گردد این مدل خود به سه زیر مجموعه **TNS-C, TNC, TNS** تقسیم می گردد.

**TT:** در این مدل زمین سیستم داخلی از زمین سیستم نیرو مجزا است در این سیستم حتما باید از وسایل حفاظتی جریان باقی مانده جهت ایمنی استفاده کرد.

**IT:** در این مدل زمین سیستم نیرو از طریق امپدانس با یکی از فازها مرتبط است، و زمین مصرف کننده و زمین سیستم نیرو مجزا است و از نول سیستم نیرو استفاده نمی گردد.

سیم زمین تجهیزات: هدف از به کارگیری سیم زمین بر طرف نمودن مشکل نشت جریان الکتریکی است. در صورت نادیده گرفتن سیم زمین تجهیزات حوادث ناگواری پیش می آید که منجر به خسارت مالی و حتی خسارت جانی می شود.

ولی پور غفار

# فصل هشتم

## تست سیستم اریتمیک

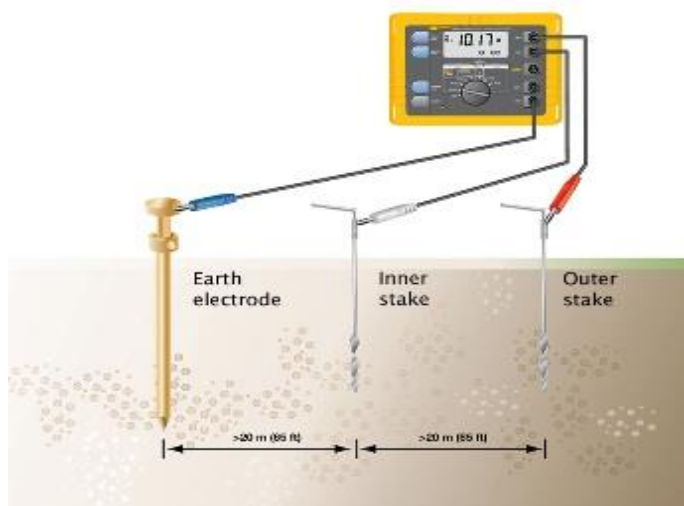
وفعی پور غفار

### مقدمه:

بمنظور اجرای صحیح ارت بایستی بر روی سیستم مورد استفاده شده آزمایشاتی انجام گردد و میزان مقاومت چاه ارت اندازه گیری شود که این آزمایشات دارای روش های متفاوتی بوده است، همچنین بایستی تاثیر مقاومت مخصوص خاک و الکتروود اتصال زمین بر سیستم ارت مورد بررسی قرار گیرد حال در این فصل به توضیح هر یک از موارد فوق پرداخته می شود.

### 6-1- روشهای تست سیستم ارتینگ: [7]

اولین نکته این است که اندازه گیری مقاومت شبکه زمین اعم از یک چاه یا میله ارت تا یک شبکه ارت بزرگتر را نبایستی ساده انگاشت و بیشتر روی روشهای مرسوم قدیمی و اکثرا توام با اشتباه پافشاری نمود. از بین روشهای اندازه گیری مقاومت شبکه زمین بهترین روش اندازه گیری همان روش افت ولتاژ یا potential of fall است که در شکل زیر نشان داده شده است:



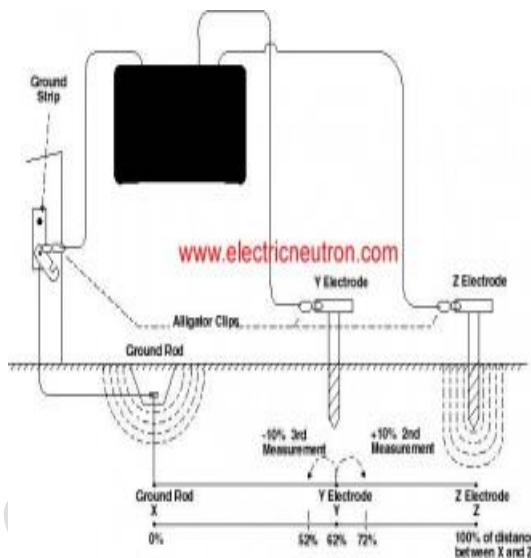
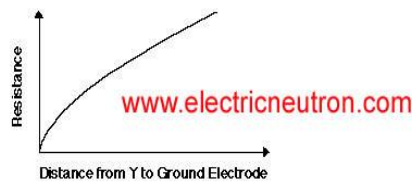
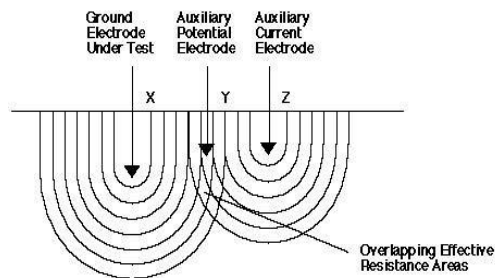
#### • روش افت ولتاژ

اصول کار این است که یک جریان با فرکانس حول و حوش 100 هرتز به شکل مربعی از طریق دستگاه و الکتروود به زمین وارد می شود و این جریان از زمین عبور کرده و از طریق صفحه ارت به دستگاه بر می گردد و این جریان در زمین افتی ایجاد می کند که افت ولتاژ نسبت به چاه ارت است و این افت توسط الکتروود دیگری اندازه گیری می شود میزان این افت تقسیم بر جریان ارسالی بر حسب  $\Omega$  است که دستگاه نشان می دهد و همان مقاومت چاه ارت است.

#### • روش ۶۲٪

اساس این روش دقیقا مانند روش فوق است با این تفاوت که فاصله الکتروود ولتاژ تا سیستم ارت اندازه گیری شده باید 62 درصد فاصله الکتروود الکتروود جریان تا سیستم ارت باشد.





این روش مورد تایید و توصیه اکثر استانداردها از جمله IEEE می باشد و اخیراً در تمامی پروژه ها از این روش جهت اندازه گیری مقاومت شبکه های ارت استفاده می شود این روش برای سیستم های با تعداد چاه بیشتر با افزایش فاصله الکتروود جریان تا سیستم ارت حتی تا چند صد متر قابل انجام است. بطور کلی در صورتیکه بتوان به قسمت تخت منحنی برسیم عدد بدست آمده درست است. توجه شود که میزان کوبیدن الکتروود های تست چندان به صحت و دقت آزمایش کمک نمی کند و بر عکس بایستی میله ها را بیش از 20cm درون خاک نکوبیم ولی در عوض ریختن آب پای الکتروودها دقت آزمایش را بالا می برد و عدد واقعی تری را اندازه گیری می کنیم. این روش برای شبکه های زمین گسترده شامل چندین میله یا چاه ارت که در فواصل مختلف نصب شده و به هم متصل شده اند و همچنین شبکه توری زمین پست ها نیز قابل انجام است به شرطی که بتوان به قسمت تخت منحنی رسید که لازمه این کار سیم کشی در طول های زیاد است.

• روش تنزل پتانسیل

این روش تکنیک اصلی در اندازه گیری مقاومت زمین است این روش اگرچه تنها در الکترودهای زمین منفرد و کوچک عملی است لکن بدلیل محدودیت ابعاد سطح در دسترس برای اجرای آزمایش اجرایی تر می باشد. الکتروود جریانی در فاصله چندمتری متری الکتروود زمین قرار می گیرد و الکتروود ولتاژی بین الکتروود زمین و الکتروود جریانی قرار می گیرد تمامی الکتروودها باید در یک مسیر مستقیم قرار گیرند و سیمها نباید در کنار یکدیگر واقع شوند تا اثر القا مغناطیسی آنها در کمترین مقدار بوده و مقدار مقاومت قرائت می گردد سپس الکتروود ولتاژی یکبار جلوتر و بار دیگر عقب تر قرار می گیرد و دو بار اندازه گیری تکرار می شود. در صورتیکه نتایج بهم نزدیک باشد، میانگین ارقام جواب با دقت بالا خواهد بود.

#### • روش خط عرضی

عمومی ترین روش اندازه گیری مقاومت مخصوص بوده که چهار الکتروود زمین در مسیر مستقیم در زمین قرار می گیرند و مقاومت بدست می آید با تکرار این آزمایش در مسیرهای مختلف نواحی با مقاومت پایین تر شناخته می شود.

### 2-6- روش های تست چاه ارت : [2]

(الف) توسط دستگاه ارت سنج

در این حالت برای تست چاه ارت دو عدد سوند که جزء لوازم جانبی دستگاه ارت سنج می باشد را در فاصله های مساوی بین و در یک راستا از چاه در زمین قرار دهید لازم به ذکر است جهت تست دقیق ، این فاصله ها حتماً برابر باشند سپس سه عدد پراپ دستگاه را بترتیب به سیم ارت چاه و سوند اول و دوم وصل نموده و بعد از آن چاه ارت را تست نمایید .

(ب) توسط یک عدد ترانسفورماتور ایزوله ، یک عدد آمپر متر

در این حالت نیز مانند حالت قبل سوند ها را در زمین قرار دهید سپس آمپر متر را با ثانویه ترانس سری نمایید و یک سر آزاد ترانس را به سیم ارت چاه وصل نموده و یک سر آمپر متر را به سوند آخر وصل نمایید یک سر ولت متر را به سیم ارت چاه و سر دیگر آن را به سوند اول وصل نمایید سپس اولیه ترانس ایزوله را به برق 220 ولت وصل نموده و مقدار ولت قرائت شده را بر مقدار عدد آمپر متر تقسیم نمایید مقدار بدست آمده مقاومت تقریبی چاه ارت شما می باشد.

### 3-6- اندازه گیری مقاومت الکتروود زمین و مقاومت مخصوص خاک : [3]

لازم است توجه شود که نقش جرم کلی زمین در این مورد نیز منحصر به فرد است از دو نوع اندازه گیری گفته شده ، اندازه گیری مقاومت ویژه خاک قبل از شروع احداث الکتروود با هدف تصمیم گیری در باره مشخصات آن انجام می شود و اندازه گیری مقاومت الکتروود که پس از پایان احداث الکتروود انجام می شود بسیار مهم بوده و اگر بدون ایراد و اشتباه انجام شود همان چیزی است که ایمنی افراد، سلامت دستگاهها و صحت کار آنها بستگی به مقدار آن خواهد داشت در واقع اندازه گیری مقاومت زمین امتحانی است که بعد از مدت ها فکر و اندازه گیری های اولیه و تصمیم گیریهای مبتنی بر داده های محلی و تجربه شخصی و تجربه دیگران پس داده می شود.

### 6-3-1- تاثیر آماده سازی محل احداث الکتروود زمین :

در بعضی موارد برای کم کردن مقاومت اتصال به زمین ممکن است لازم باشد اقدام به آماده سازی و یا حتی تعویض خاک شود آماده سازی خاک با استفاده از مواد شیمیایی انجام می شود در این صورت لازم است ترتیبی اتخاذ شود که در نتیجه کم شدن و شسته شدن املاح در طول زمان آماده سازی پیوسته

در حال تجدید و یا تکمیل باشد تا از کارایی اتصال زمین کاسته نشود از طرف دیگر در انتخاب روش آماده سازی برای هر موقعیت لازم است محیط زیست و اثری را که مواد شیمیایی در آن باقی خواهند گذارد به حساب آورد. برای ایجاد یک اتصال زمین با عمری طولانی، شاید لازم باشد زمینی را که بلافاصله در اطراف الکتروود قرار دارد با خاک یا ماده ای که مقاومت ویژه آن کم است تعویض نمود. بهترین نمونه های این نوع آماده سازی عبارتند از:

- بتونیت

- بتن

- بتن خاص با سیمان هادی که در آن از گرانولهای کربن یا خاکه ذغال به جای ماسه استفاده می شود این نوع آماده سازی مخصوصاً در زمینهای سنگی و زمینهایی که لایه سنگی در نزدیکی سطح آن قرار دارد بسیار موثر می باشد. روش سنتی با استفاده از مخلوطی از نمک و ذغال. استفاده از خاکستر کک به علت خاصیت خوردگی شدید آن برای آماده سازی توصیه نمی شود.

### 6-3-2- اثر شکل الکتروود بر مقاومت اتصال زمین :

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

### 6-3-3- بررسی خصوصیات الکتروودهای متداول و مقاومت آنها :

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

-الکتروودهای مصنوعی

-الکتروودهای موجود یا طبیعی

#### • الکتروودهای موجود

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

الکتروودهای موجود شناخته شده به قرار زیر می باشند:

- غلافهای هادی کابلها

- اجزای فلزی سازه ها

- سپرهای فلزی و میلگردهای شمعهای بتنی

- لوله کشی آب

- لوله کشی های فلزی دیگر

- هر گونه تاسیسات زیرزمینی فلزی که در تماس با زمین بوده و مانعی برای استفاده از آن به عنوان الکتروود زمین وجود نداشته باشد.

### • الکترودهای مصنوعی

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

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

- الکترودهای صفحه ای

- الکترودهای قائم

- الکترودهای افقی

### الکترودهای صفحه ای کم عمق

در مناطقی از دنیا که بطور کلی جوی نمناک دارند استفاده از الکترودهای صفحه ای عمیق مرسوم نیست زیرا علت اصلی دفن صفحه الکتروود در عمق بیشتر دستیابی به نم بیشتر و مقاومت ویژه کمتر زمین است. در این گونه مناطق الکتروودها معمولا از مس با ضخامت حداقل دو میلیمتر یا آهن گالوانیزه گری با ضخامت حداقل سه میلیمتر می باشد. اتصال هادی زمین به صفحه زمین باید دست کم در دو نقطه مجزا انجام و برای هادی زمین و صفحه الکتروود از دو جنس مختلف، محل اتصالها با ماده ای قیر مانند اندود شود تا این نقاط از عوارض الکتروولیتی در امان بماند. در مواردی که امکان خوردگی سریع هادی زمین وجود داشته یا هادی زمین با مقطع کم انتخاب شده باشد، توصیه می شود هادی زمین از نوع عایق دار باشد تا از خوردگی سریع آن در اثر عوارض الکتروولیتی پیشگیری شود البته در این صورت سهم هادی لخت در کم کردن مقاومت زمین از دست خواهد رفت. اگر یک الکتروود صفحه ای مقاومت لازم را ارائه نداد، میتوان از چند صفحه به صورت موازی استفاده کرد

### الکترودهای صفحه ای عمیق

علت دفن الکتروود در عمق زیاد (بیش از حدود 3 متر) رسیدن به لایه های نمناک زمین با مقاومت ویژه کمتر است. بدیهی است که دفن الکتروود در عمق زیاد علاوه بر تحمیل مخارج اضافی اولیه، این اشکال را در بر دارد که برای کم کردن مقاومت از راه دفن بیش از یک صفحه لازم خواهد بود و فاصله این صفحات نسبت به هم خیلی باشد (بیش از دو متر) از طرف دیگر قسمت قائم الکتروود باید به حساب آورده شود که در کم کردن مقاومت آن نقش عمده دارد و در واقع عکس مقاومت کل تقریبا برابر مجموع عکس دو مقاومت صفحه ای و قائم (سیم اتصال) خواهد بود.

### الکترودهای قائم

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

### 4-6- ساختمان و جنس الکترودهای قائم که با روش کوبیدن نصب می شوند: [3]

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

- الکترودهای میله ای از مس سخت

- الکترودهای میله ای با هسته فولاد و روکش مس عجین شده با هسته فولادی (مشابه Copperweld)

- الکترودهای میله ای از فولاد ضد زنگ

- الکترودهای میله ای از فولاد گالوانیزه گر (لوله آب)

- الکترودهای لوله ای از چدن

قطر الکترودهای کوبیده شده حدود 5، 9، 15 و یا 16 میلیمتر است.

طول الکترودهای استاندارد ممکن است 1، 1.5 تا 2 متر باشد. اغلب الکتروودها از نوع قابل امتداد

میباشند به این معنا که با استفاده از وسیله ای قطعات استاندارد را می توان طولانی تر کرده و در زمین

کوبیدن با توجه به قابلیت امتداد آنها، الکترودها را می توان تا عمق دلخواه کوبیدن البته به شرطی که نوع زمین مناسب بوده و وسیله کوبیدن لازم برای اجرای کار در دست باشد.

#### **6-4-1- کوبیدن الکترودها در زمین:**

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

- کوبیدن با پتک معمولی

- کوبیدن با پتک لوله ای

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

پتک معمولی احتیاج به معرفی ندارد کوبیدن با پتک معمولی خسته کننده تر و ناراحت کننده تر از همه انواع دیگر است. پتک لوله ای در واقع لوله ای است که طول آن متناسب با طول قسمتی از الکترودها که خارج از زمین است تنظیم می گردد در انتهای بالایی یا در وسط لوله وزنه ای نصب می شود که همراه با وزن لوله، وزنه پتک را تشکیل می دهد کارگری لوله را که به طور کاملاً آزاد روی الکترودها لغزد، بلند کرده و سپس آن را رها میکند جرم لوله و وزنه در هنگام سقوط آنها، روی میله الکترودها ضربه وارد کرده و آن را در زمین فرو می برد.

- کوبیدن با پتک برقی یا بنزینی

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

#### **6-4-2- ساختمان و جنس الکترودهایی که با روش دفن نصب می شوند :**

- الکترودهای لوله ای از فولاد گالوانیزه گرم (لوله آب)

- الکترودهای لوله ای از مس سخت (لوله مسی)

- الکترودهای لوله ای از چدن

در مواردی که وسایل مناسب برای کوبیدن الکترودها در دست نباشد یا جنس الکترودها با توجه به سختی زمین انجام این کار را غیرممکن یا مشکل سازد و یا لازم باشد برای کم کردن مقاومت الکترودها در اطراف آن اقدام به آماده سازی زمین شود، از الکترودهای دفن شده به صورت قائم استفاده می شود. جز در موارد الکترودهای صفحه ای سنتی، در سایر موارد عمق دفن این الکترودها معمولاً از 3 متر بیشتر نیست. حفر چاه برای دفن الکترودها یا با روش سنتی و یا با روش استفاده از مته حفر زمین در عمقهای کم انجام می شود. در این روش نصب، با توجه به حجمی که خواه ناخواه در اطراف الکترودها خالی می ماند بهتر است که نوعی آماده سازی به عمل آید مگر آنکه نوع خاک به قدری خوب باشد که احتیاج به این کار نباشد.

#### **6-5- آماده سازی خاک اطراف الکترودها با روش سنتی: [5]**

روشی که در ایران برای عمل آوردن خاک بکار می رود، استفاده از مخلوط نمک، ذغال چوب یا کک و خاک رس است. مخلوطی که به این ترتیب تهیه می شود دور الکترودها ریخته شده و متراکم می گردد. روش دیگری که از آن استفاده می شود ریختن و متراکم کردن لایه های نمک و ذغال به تناوب می باشد در بعضی موارد برای الکترودهای صفحه ای پس از ریختن مخلوط نمک، ذغال، خاک رس، تا ارتفاعی که بوسیله مهندس مجری در محل انتخاب می شود لایه های نمک و ذغال به ترتیبی که گفته شد پر و متراکم می شود نباید فراموش کرد که در اثر مرور زمان و حل شدن نمک، از حجم مواد پراکنده

کم شده و در صورتی که این حجم از دست رفته با خاک جایگزین نشود و به صورت خلل خالی باقی بماند مقاومت الکتروود بیش از حد زیاد خواهد شد لذا استفاده از نمک به مقداری بیش از حد معقول حتی اگر به محدودیتهای زیست محیطی هم توجه نشود صحیح نخواهد بود. لازم است توجه شود که یک الکتروود زمین، مخصوصاً اگر نصب آن با آماده سازی همراه باشد دایمی نبوده و بایستی در دوره های معین که بستگی به شرایط محلی دارد ترمیم شود. در نواحی با هوای خشک آماده سازی با طریقی که گفته شد احتیاج به آبیاری خواهد داشت که از عمر مفید الکتروود خواهد کاست.

#### **6-6- آماده سازی الکتروودها با بتونیت: [5]**

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

#### **6-7- آماده سازی الکتروودها با استفاده از بتن: [5]**

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

#### **6-8- ساختمان و جنس الکتروودهای افقی و عمق دفن آنها (الکتروودهای دفن شده در کانال): [3]**

- الکتروودهای تسمه ای از مس

- الکتروودهای تسمه ای از آهن گالوانیزه گرم

- الکتروودهای سیم مسی

حداقل سطح مقطع تسمه مسی نباید از 50 میلیمتر مربع و ضخامت آن هم از 2 میلیمتر کمتر باشد همچنین حداقل سطح مقطع تسمه فولادی گالوانیزه گرم نباید از 100 میلیمتر مربع و ضخامت آن هم از 3 میلیمتر کمتر باشد. عمق دفن الکتروود بر مقاومت آن بی تاثیر نیست ولی این تاثیر بسیار بارز نمی باشد بنابراین در تعیین عمق دفن الکتروود مسایل مربوط به خاکبرداری در درجه اول قرار دارند، در عمل کمتر اتفاق می افتد که عمق دفن الکتروود افقی از دو متر بیشتر باشد و اغلب این مقدار بین 0.5 تا 0.8 متر انتخاب می شود. هنگامی که لازم باشد سطحی هم پتانسیل در اطراف الکتروود برقرار شود عمق دفن الکتروود باید کم باشد ولی نه به حدی که در اثر فعالیتهای عادی بر روی زمین به آن آسیب وارد شود در این موارد عمق دفن معمولاً 0.5 متر انتخاب می شود. از دیدگاه نظری آماده سازی الکتروودهای افقی فرقی با نوع قائم آنها ندارد اما حفظ آماده سازی این الکتروودها مخصوصاً هنگامی که در مسیر رفت و آمد عموم باشند مشکل است و در صورت لزوم در این مورد باید تنها به استفاده از خاک رس به جای خاک حفاری شده اکتفا نمود.

#### **6-9- واکنش فلز الکتروود و هادی اتصال به زمین با انواع خاک (خوردگی شیمیایی): [5]**

جنس الکتروود و هادی اتصال به زمین آن باید از نوعی انتخاب شود که تا حد امکان نوع خاک کمتر سبب خوردگی الکتروودها شود، بررسی این موضوع از نظر طول عمر الکتروودها اهمیت دارد. از طرفی مقررات ایمنی حکم می کند که برای از بین بردن اختلاف پتانسیل بین اجزای فلزی مختلف کلیه تاسیسات فلزی با یکدیگر و با الکتروود زمین همبندی شوند حال اگر خاک، املاح و نم موجود در آن را در نظر بگیریم در واقع با نوعی الکتروولیت سر و کار داریم که فلزات مختلفی در آن فرو رفته اند که با همدیگر همبندی شده اند و این چیزی نیست جز یک پیل عظیم که الکتروودهای آن به همدیگر اتصال کوتاه (همبندی) شده اند. پس بطور خلاصه الکتروود یا الکتروودهای در تماس با زمین را باید از دو جنبه مورد مطالعه قرار داد که هر دوی این جنبه ها جز در مورد طرحهای مخصوص نادیده گرفته می شوند:

1- از نظر اثر مواد شیمیایی و دیگر عوامل موجود در خاک بر روی فلز الکتروود و هادی اتصال زمین  
2- از نظر خوردگی در اثر جریانهای گالوانیک که در نتیجه همبندی الکتروود زمین با فلزات دیگر که با سیستم الکتریکی مربوط نبوده ولی در نزدیکی محل استقرار الکتروود مستقر می باشند بوجود می آیند این در واقع همان مسئله ای است که مربوط به حفاظت کاتدی می شود.

#### 6-10- تأثیر نوع خاک در خوردگی الکتروود: [6]

عوامل زیر در خوردگی الکتروود بوسیله خاک دخالت دارند:

1- خواص شیمیایی خاک مخصوصاً از نظر اسیدی بودن و محتوای نمکهای آن

2- وجود باکتریهای غیر هوازی در خاک

3- هوا خورش نسبی خاک (differential aeration)

درجه بندی کلی انواع خاکها از نظر شدت اثر آنها بر روی فلزات بترتیب زیر می باشد:

- خاکهای شنی

- خاکهای ماسه ای

- خاکهای رسوبی

- خاکهای رسی

- خاکهای برگ و خاکهای دارای مواد آلی

- خاکهای دستی مخلوط محتوی خاکه ذغال و خاکستر

معمولاً شدت اثر شیمیایی خاکهایی که دارای مقاومت مخصوص الکتریکی بالاترند بر روی فلزات الکتروود کمتر است و بر عکس. محل استقرار الکتروودها باید به نحوی انتخاب شود که بدور از مسیر احتمالی آبرفت های آلوده به کودهای زمینهای کشاورزی باشد و خاکهای لایه رومی زمین را نباید در پس ریزی (backfill) اطراف الکتروودها مورد استفاده قرار داد. با اندازه گیری مقاومت مخصوص الکتریک خاک در شرایط هوا خورده و اندازه گیری پتانسیل اکسایشی - کاهش (redox potential) آن، می توان اطلاعات دقیقتری را بدست آورد اولی نشانگر خوردگی در اثر هواخورد و دومی نشانگر خوردگی در اثر وجود باکتریهای غیرهوازی است. در

عمل مس بهترین ماده ای است که در ساخت الکتروود و هادی زمین در تماس با خاک از آن استفاده می شود در مواردی که جریان اتصال کوتاه مورد انتظار خیلی بالا نباشد بجای مس خالص می توان از فولاد پوشیده شده با غلاف مس مانند میله های کاپرولد که مقاومت مکانیکی آنها نیز بیشتر است در مقاطع کوچکتر استفاده کرد. در هر حال اثر منفی نمکهای حل شده در زمین، وجود اسیدهای آلی در خاک و خاکهایی با ساختار اسیدی باید در تخمین عمر الکتروود منظور شوند. از فولاد یا میلگردهای بتن که در برابر خوردگی خاک بوسیله بتن حفاظت می شوند به شرطی که مداومت الکتریکی آنها برقرار باشد می

توان بعنوان نوعی الکتروود زمین استفاده کرد که تا بحال این روش ایجاد اتصال به زمین کمتر مورد توجه بوده است.

مزیت استفاده از فولاد داخل بتن بعنوان الکتروود زمین علاوه بر مسایل بارزی مانند مخارج اضافی ناچیز برای آماده نمودن اتصالات میلگردها به سیستم الکتریکی، این است که پتانسیل الکتریکی سیستم فولاد/ بتن و مس برابر بوده و لذا امکان وصل مستقیم سیستم الکتروودهای فولاد/ بتن و مس یا جنس دیگری که دارای پوشش مس باشد (مانند فولاد پوشیده شده با مس) وجود دارد در صورتی که انجام این کار، همبندی فولاد گالوانیزه با فولاد/ بتن یا مس به علت الکتروود نگاتیو بودن شدید فولاد گالوانیزه امکان ندارد.

خوردگی الکتروودها در اثر همبندی با فلزات دیگر (خوردگی الکتروشیمیایی با کاتدی) همبندی اجزای فلزی مختلف مدفون در خاک یا برای دستیابی به مقاومتی کوچکتر برای یک سیستم الکتروود زمین انجام می شود یا اینکه هدف از آن حصول ایمنی از راه هم ولتاژ کردن اجزای ساختمانی مختلف است. شمار فلزات دفن شده در زمین که با همدیگر همبندی می شوند ممکن است بسیار زیاد باشد، در زیر بعضی از آنها نام برده می شوند:

- زره کابلها
- فولاد / بتن پی ها
- لوله های سرویس مانند آب ، گاز ، فاضلاب و نظایر آن
- تسمه ، ورق و سیمهای مسی
- تسمه ها و میله های فولادی
- تسمه ها و میله های فولادی ضد رنگ
- تسمه ها و میله های فولادی با پوشش مسی
- تسمه ها و میله های فولاد گالوانیزه
- تسمه ها و سیمهای مسی قلع اندود
- هرگونه اجسام فلزی دیگر

سرعت تحلیل الکتروودها در درجه اول به جنس الکتروودها و تا حدودی به سطح نسبی آنها بستگی دارد. نظر به اینکه فلزات یگانه که در محدوده الکتروود زمین و فلزات همبندی شده با آن موجودند در خوردگی خود آنها و فلزات الکتروودها بی تاثیر نمی باشند. انتخاب جنس الکتروودها باید با مطالعه انجام شود تا سازگاری آنها نسبت به هم مراعات شود یا روشهای دیگری برای رفع خوردگی بکار گرفته شوند.

#### **6-11- پیش بینی مقاومت کل یک سیستم اتصال زمین بتن / فولاد : [5]**

معیار اصلی کارایی یک سیستم اتصال زمین پس از آماده شدن آن برای بهره برداری به کمک اندازه گیری بدست می آید ولی قبل از آن و در مراحل مختلف پیشرفت کار برای پیش بینی مقاومت یک سیستم کامل، لازم است اندازه گیریهای متعدد انجام شود در شروع کار و در طول عمر تاسیسات نیز به تناوب با اندازه گیری های دوره ای بهره برداران باید نسبت به کارایی سیستم مطمئن شوند. یادآوری می گردد که قسمت عمده مقاومت زمین بعلت وجود بتنی است که بلافاصله در اطراف فلزات (میلگرد) پی قرار دارد و بستگی شدیدی به رطوبتی دارد که در بتن موجود می باشد (بتن جاذب رطوبت است) به مرور زمان رطوبت بتن به حالت تعادل در می آید و با توجه به فصل به مقدار آن افزوده می شود که تمام این عوامل باید در محاسبات و پیش بینی های مربوطه به حساب آورده شوند.

#### **6-12- انتخاب و نصب هادی زمین: [3]**



هادی زمین آن قسمت از سیستم زمین است که الکتروود زمین را به ترمینال اصلی زمین وصل می کند. محل اتصال هادی زمین به الکتروود معمولاً در زیرزمین و محل ترمینال اصلی بیشتر در داخل ساختمان و در دسترس قرار دارد. از آلومینیوم لخت یا آلومینیوم دارای پوشش مس نباید در تماس با زمین چه بعنوان الکتروود و چه بعنوان هادی زمین استفاده کرد در محیط های مرطوب نیز نباید از این مواد بعنوان هادی زمین استفاده نمود.

در انتخاب نوع و سطح مقطع هادی زمین توجه به توانایی عبور حداکثر شدتهای جریان اتصال کوتاه به زمین در طول زمانهایی که پیش بینی می شوند در درجه اول اهمیت دارد و همراه با آن باید تکیه گاههایی با استقامت مناسب برای مقاومت در برابر بزرگترین جریانهای احتمالی اتصالی به زمین و نشستی انتخاب شوند بطور خلاصه سیستم هادی زمین باید از هر دو نظر مکانیکی و خوردگی دارای استقامت لازم باشد.

### **6-13- دمای بالا در اثر جریانهای نشستی: [3]**

برای مواردی که جریان نشستی به طور دائمی وجود دارد لازم است اطمینان حاصل شود که از نظر دمای مجاز عایق بندی و یا تکیه گاهها شرایط قابل قبول وجود دارند و برای هادیهای لخت که در دسترس می باشند دما از 70 درجه سلسیوس تجاوز نخواهد کرد. لازم است توجه شود که هنگام انتخاب هادی برای عبور جریان اتصال کوتاه، دمای اولیه هادی که ممکن است در اثر جریانهای نشستی بیش از مقادیر معمولی باشد بحساب آورده شود.

### **6-14- استحکام هادی اتصال زمین: [3]**

علاوه بر نیروهای مکانیکی که ممکن است موجب پارگی هادی اتصال زمین شوند، خوردگی شیمیایی (اثر مواد شیمیایی خاک بر روی فلز هادی اتصال زمین) و خوردگی الکتروشیمیایی (تشکیل پیل بوسیله فلزات ناهمگون در زمین) خطراتی است که هادی اتصال زمین با آنها روبرو می باشد. در مورد خوردگی الکتروشیمیایی، دو فلزی که بیش از همه بهم اتصال داده می شوند مس و فولاد است مس ساده نسبت به فولاد ساده تشکیل قطب مثبت می دهد که سبب خوردگی سریع خواهد شد.

### **6-15- اتصالات و بستها: [3]**

بستهای بکار رفته برای اتصال الکتروود به هادی زمین باید با هر دوی آنها سازگار باشد تا از خوردگی گالوانیک تا جایی که ممکن است جلوگیری شود. بستها باید از نظر مکانیکی محکم باشند و جنس آنها از نوع مقاوم در برابر خوردگی باشد در مورد بستهای پیچی، پیچها باید در برابر گشتاوری حداقل به مقدار 20 نیوتن متر استقامت کنند. اتصال هادی زمین به الکتروود یا هر سازه زمین شده دیگر که از آن برای زمین کردن استفاده می شود بهتر است به کمک لحیم کاری یا با استفاده از بستهای بزرگ غیر آهنی انجام شود. در مواردی که از غلاف فلزی و زره فلزی کابل استفاده می شود، غلاف و زره باید با لحیم کاری به یکدیگر همبندی شده و اتصال اصلی هادی حفاظتی به کابل با لحیم کاری به زره انجام شود.

### چکیده مطالب :

برای تست نمودن سیستم های ارتینگ روش هایی نظیر: روش افت ولتاژ ، روش 62 درصد، روش تنزل پتانسیل و روش خط عرضی وجود دارد که بهترین روش اندازه گیری همان روش افت ولتاژ می باشد و عمومی ترین روش اندازه گیری روش خط اصلی است.

الکترودهای اتصال به زمین به دو دسته تقسیم می گردند که شامل الکترودهای مصنوعی و الکترودهای موجود یا طبیعی می باشند. الکتروود مصنوعی به الکتروودی گفته می شود که فقط با هدف ایجاد اتصال به زمین نصب می شوند شامل الکترودهای صفحه ای، الکترودهای قائم و الکترودهای افقی می باشند. الکترودهای طبیعی الکترودهایی هستند که با هدف دیگر در زمین نصب شده اند مانند سازه های فلزی و هرگونه تاسیسات زیر زمینی که در تماس با زمین بوده است.

## فصل ہفتم

آمین نامہ ایمنی تاسیسات الکتریکی با اتصال بہ زمین

غفران پور

## 7-1-1 کلیات: [1]

- 1- هدف ایجاد محیط ایمن از نظر برق‌گرفتگی باتوجه به مقررات و دستورالعمل‌های این آیین‌نامه می‌باشد.
- 2- دامنه‌کاربرد این آیین‌نامه برای اجرا در کلیه کارگاه‌ها مشمول قانون کار که ولتاژ نامی موثر سیستم‌های برقی آنها حداکثر 1000 ولت جریان متناوب می‌باشد تدوین گردیده‌است.
- 3- حداکثر مقاومت اتصال زمین مجاز برای هر سیستم حفاظتی (دو اهم) بر مبنای ولتاژ فاز 380 ولت تعیین گردیده و همین مقدار برای مدارهای با ولتاژ فاز حداکثر 1000 ولت قابل قبول است چنانچه در موارد و تحت شرایط خاصی که ایجاد اتصال زمین موثر با مقاومت کل سیستم (دو اهم) امکان پذیر نباشد باید مجوز لازم در این مورد از وزارت کار اخذ گردد.
- 4- رعایت کلیه مقررات این آیین‌نامه الزامی بوده و عدم اجرای موارد پیش‌بینی شده یا انجام نیمه‌کاره آنها سبب بی‌اثر شدن بقیه و در نتیجه کل سیستم ایمنی مربوطه خواهدگردید.

## 7-2 تعاریف: [1]

- واژه‌هایی به کار رفته در این آیین‌نامه به شرح زیر تعریف می‌گردد:
- 1- تجهیزات الکتریکی: مصالح و تجهیزاتی که برای تولید، تبدیل و یا مصرف انرژی الکتریکی به کار می‌روند از قبیل مولدها، موتورهای برق، ترانسفورماتورها، دستگاه‌های برقی، دستگاه‌های اندازه‌گیری، وسایل حفاظتی و مصالح الکتریکی.
  - 2- تاسیسات الکتریکی: هر نوع ترکیبی از وسایل و مصالح بهم پیوسته الکتریکی در محل یا فضای معین.
  - 3- مدار الکتریکی: ترکیبی از وسایل و واسطه‌ها که جریان الکتریکی می‌تواند از آنها عبور نماید.
  - 4- قسمت برقدار: هر سیم یا هادی که در شرایط عادی تحت ولتاژ الکتریکی باشد.
  - 5- بدنه هادی: قسمتی که به سادگی در دسترس بوده و در حالت عادی برقدار نمی‌باشد ولی ممکن است در اثر بروز نقصی در دستگاه برقدار شود.
  - 6- قسمت‌های بیگانه: قسمت هادی که جزئی از تاسیسات الکتریکی را تشکیل نداده باشد (نظیر اسکلت فلزی ساختمان‌ها، لوله‌های فلزی، گاز، آب و حرارت مرکزی و غیره).
  - 7- هادی حفاظتی: هادی‌هایی که از آن در اقدامات حفاظتی در برابر برق‌گرفتگی هنگام بروز اتصالی استفاده شده و بدنه‌های هادی را به قسمت‌های زیر وصل می‌نماید:

- بدنه‌های هادی دیگر

- قسمت‌های هادی بیگانه

- الکتروود زمین

- هادی زمین شده یا قسمت برقدار زمین شده

8 - هادی خنثی: هادی‌ای که به نقطه خنثی وصل بوده و به منظور انتقال انرژی الکتریکی از آن استفاده شود.

9- الکتروود زمین: یک یا چند قطعه هادی که به منظور برقراری ارتباط الکتریکی سیستم یا جرم کلی زمین، در خاک مدفون شده باشد.

10- الکتروودهای زمین مستقل از نظر الکتریکی: الکتروودهایی هستند که فواصل آنها از یکدیگر به قدری است که در صورت عبور حداکثر جریان ممکن از آنها ولتاژ الکتروودهای دیگر به مقدار قابل ملاحظه‌ای

تحت تاثیر قرار نگیرند.

### 11- مقادیر اسمی (جریان، توان، سطح مقطع....):

الف- در مورد ابعاد و دیگر مشخصات مکانیکی، مقدار اسمی مشخص کننده کمیت معینی در حدود تعیین شده می‌باشد.

ب- در مورد کمیت‌هایی نظیر توان جریان ولتاژ و غیره که مقدار واقعی آنها بستگی به عوامل دیگری مانند تغییرات در مصرف افت ولتاژ و غیره دارد، مقدار اسمی کمیتی است که در اثر آن دما و تنش‌های مکانیکی یا الکترومغناطیسی در دستگاه مولد موتور یا وسایل مصرف کننده دیگر در شرایط متعارفی محیط کار از مقادیر مجاز مربوطه تجاوز نخواهد نمود.

12- جریان اتصال کوتاه: اضافه جریانی است که در اثر متصل شدن دو نقطه با پتانسیل‌های مختلف در موقع کار عادی از طریق امپدانس بسیار کوچک بوجود آمده باشد.

13- جریان اتصالی: جریانی است که در اثر خرابی عایق یا اتصالی بوجود آید.

14- جریان اتصالی به زمین: جریان اتصالی است که به زمین جاری می‌شود.

15- جریان احتمالی اتصال کوتاه: جریانی است که احتمال بروز آن در اثر اتصال کوتاه در یک نقطه یا روی ترمینال‌های سیستم یا تاسیسات مورد نظر وجود دارد.

16- جریان برق گرفتگی: جریانی که از نظر پاتوفیزیولوژی خطرناک است. جریانی است که از بدن انسان و حیوانات عبور نموده و مقدار آن (با در نظر گرفتن هارمونیکها و زمان تأثیر) به قدری باشد که آسیب بوجود آورد.

17- تجهیزات یا وسایل حفاظتی: تجهیزات و وسائلی است که هدف اولیه آنها قطع جریان مدار در صورت بروز اضافه جریان یا اتصال کوتاه یا اختلال در سیستم ایمنی آن می‌باشد (مانند انواع فیوزها، کلیدهای خودکار، کلیدهای جریان تقاضی و غیره).

18- ولتاژ تماس: ولتاژی که بین قطعاتی که در آن در دسترس باشند بوجود آید.

19- قطعاتی که در آن واحد در دسترس می‌باشند: هادی‌ها با بدنه‌های هادی که در آن واحد توسط یک شخص قابل لمس باشد، قسمت‌های برقدار، بدنه‌های هادی، بیگانه، هادی‌های حفاظتی و الکترودهای زمین قطعاتی هستند که در آن واحد ممکن است در دسترس باشد.

20 - دسترس: منطقه ایست که حدود آن از محل فعالیت عادی افراد قابل لمس باشد.

21- مقاومت سیستم اتصال زمین: مقاومت معادلی است از مقاومت الکتروود زمین و مقاومت هادی‌های اتصال زمین نسبت به جرم کلی زمین.

### 3-7- سیستم‌های توزیع نیروی برق: [3]

ماده 1: از انواع سیستم‌های گفته شده استفاده از سیستم اتصال زمین (سیستم نوع TN) در کارگاه‌ها الزامی می‌باشد مگر آنکه نحوه کارگاه و استفاده از سیستم‌های (سیستم نوع TT یا IT) ضروری نماید و یا در موارد مخصوصی که ممکن است لازم باشد از روش‌های ایمنی دیگر مانند هم پتانسیل کردن یا عایق نمودن یا روش‌های دیگری استفاده گردد، در این صورت استفاده از این روش‌ها به موافقت مرجع صلاحیت داری می‌باشد که توسط وزارت کار و امور اجتماعی تعیین می‌گردد.

ماده 2: جهت اجرای صحیح مقررات ایمنی در مورد سیستم TN شرایط زیر باید رعایت شوند:

الف - بدنه‌های هادی دستگاه‌ها نباید به صورت انفرادی به زمین وصل شوند.

ب - هادی خنثی باید در محل پست ترانسفورماتور یا در محل تحویل نیروی برق و در محل‌های مناسب دیگری در داخل محوطه کارگاه‌های بزرگ به طور موثر و مطمئن به زمین وصل شده باشد به نحوی که ولتاژ هادی خنثی نسبت به زمین در صورت بروز اتصال به زمین به مدت طولانی از مقدار مجاز 50

ولت تجاوز ننماید بنابر این لازم است که مقدار کل مقاومت اتصال زمین از دو اهم تجاوز نکند.  
 ج - در شبکه‌های هوایی با سطح مقطع هادی فاز تا 50 میلیمتر مربع و در شبکه‌های کابل با سطح مقطع هادی فاز تا 16 میلیمتر مربع و سطح مقطع هادی خنثی باید معادل سطح مقطع هادی فاز باشد و برای سطح مقطع هادی بالاتر می‌توان سطح مقطع هادی خنثی را حدود نصف سطح مقطع هادی فاز انتخاب نمود .

د- چنانچه سطح مقطع هادی‌های فاز ( L1 , L2 , L3 ) کمتر از 10 میلیمتر مربع باشد، هادی‌های خنثی (N) و حفاظتی (PE) باید از همدیگر مجزا بوده و فقط در يك نقطه (نقطه‌مبدأ) به‌یکدیگر وصل شده باشند. در مورد سطح مقطع هادی‌های فاز برابر 10 میلیمتر مربع و بیشتر می‌توان از يك هادی مشترك به عنوان هادی خنثی و حفاظتی استفاده نمود. از محل جدا شدن هادی‌های خنثی و حفاظتی نباید آنها را در نقطه دیگر مجدداً به هم وصل نمود.

ه- نصب هادی حفاظتی و هادی خنثی باید عیناً با دقتی که برای نصب هادی‌های فاز به کار می‌رود و یا همان عایق بندی فازها و همراه با آنها انجام شود و ضمناً در شبکه‌های جدید الاحداث در صورتی که توزیع نیرو توسط کابل انجام شود، هادی حفاظتی نیز باید به صورت یکی از رشته‌های داخلی کابل پیش‌بینی گردد.

چنانچه سیم کثی مدارها در داخل لوله انجام گیرد، هادی حفاظتی نیز باید به صورت سیم روپوش دار از داخل همان لوله عبور نماید.

و- وسایل حفاظتی (مانند فیوزها، کلیدهای خودکار و کلیدهای مینیاتوری و غیره) باید به نحوی انتخاب شوند که در اثر بروز اتصال کوتاه بین هادی فاز و هادی خنثی (در بدترین شرایط ممکن یعنی در دورترین نقطه شبکه مصرف کننده) و یا اتصال هادی فاز به هادی حفاظتی، قطع مدار هر چه سریع‌تر مطابق جدول شماره زیر انجام پذیرد.

حداکثر زمان قطع به ثانیه	حداکثر ولتاژ تماس دست (موثر)
10	25
5	50
1	75
0/5	90
0/2	110
0/1	150
0/05	220
0/08	280

جریان اتصال

حداقل

کوتاه لازم برای قطع سریع وسیله حفاظتی یا معلوم بودن نوع وسیله و جریان اسمی آن و ضریب انتخابی ( k ) که تابعی از نوع شبکه (هوایی یا زیرزمینی) و محل نصب وسیله حفاظتی می‌باشد، تعیین می‌گردد به عبارت دیگر باید:  $ia \geq kin$  که در آن  $ia$  حداقل جریان اتصال کوتاه لازم برای قطع سریع مدار می‌باشد.

ضریب K در سیستم توزیع نیرو (شبکه هوایی یا کابلی تا کنتور و دو سیستم توزیع اختصاصی پست‌های داخل کارگاه در محل تابلوی توزیع اصلی فشار ضعیف) باید برابر 2/5 انتخاب گردد.

K= 3/5	- فیوز زود ذوب (همه اندازه ها)
K= 3/5	- فیوز دیر ذوب (برابر یا کمتر از 50 آمپر)
K= 5	- فیوز دیر ذوب (برابر یا بیشتر از 63 آمپر)
K= 3/5	- کلید خودکار مینیاتوری
1/25 K=	- کلیدهای خودکار

ضریب  $k$  در سیستم‌های مصرف کننده (بعد از کنتور و در سیستم توزیع اختصاصی در محل تابلوهای توزیع فرعی) باید به شرح زیر انتخاب گردد: توضیح آنکه در مورد کلیدهای خودکار،  $IN$  جریان تنظیمی رله اتصال کوتاه کلید می‌باشد.

ماده 3: اتصال زمین مشترک یا مجزای فشار متوسط و ضعیف باید باتوجه به شرایط زیر انتخاب شود:  
الف- استفاده از یک اتصال زمین به عنوان اتصال زمین سیستم فشار متوسط (11، 20، و 33 کیلوولت) و اتصال زمین حفاظتی فشار ضعیف در پست ترانسفورماتور فقط زمانی امکان پذیر می‌باشد که خط یا خطوط فشار متوسط ورودی به پست از نوع زیر زمینی (کابلی) باشد چنانچه خط یا خطوط فشار متوسط ورودی به پست از یک خط یا خطوط هوایی منشعب شده باشد در صورتی استفاده از یک اتصال زمین برای فشار متوسط و ضعیف امکان پذیر خواهد بود که طول خط یا خطوط کابلی بین خط هوایی و پست سه کیلومتر یا بیشتر باشد.

ب- در صورتی که خط یا خطوط فشار متوسط هوایی بوده یا خطوط ورودی و خروجی به پست ترانسفورماتور کابلی ولی منشعب از خط هوایی و طول آنها نیز کمتر از سه کیلومتر باشد، اتصال زمین حفاظتی (فشار ضعیف) و اتصال زمین سیستم (فشار متوسط) باید مجزا بوده و خارج از حوزه مقاومت زمین یکدیگر قرار گرفته باشد به عبارت دیگر حداقل فاصله دو اتصال زمین از یکدیگر باید بیست متر یا بیشتر باشد.

#### 4-7- الکتروود اتصال زمین: [3]

ماده 4: برای ایجاد اتصال زمین می‌توان یکی از انواع الکترودهایی اتصال زمین زیر را انتخاب نمود:  
الف- الکتروود اتصال زمین قائم (کوبیده شده):

- میله فولادی اتصال زمین با روکش مسی حدود 3 میلیمتر و با قطر میله حداقل 16 میلیمتر به انضمام کلمپ انشعاب و ارتباط و سرچکش خوار در داخل زمین به عمق مناسب کوبیده می‌شود.

- میله فولادی گالوانیزه به قطر حداقل 16 میلیمتر و لوله فولادی گالوانیزه استاندارد به قطر حداقل 1 اینچ و یا نبشی گالوانیزه نمره 65 و یا سپری گالوانیزه نمره 6 در داخل زمین به عمق مناسب (حداقل 3 متر) قرار داده می‌شود.

ب- صفحه و هادی (داخل چاه) با مشخصات زیر:

1- ابعاد صفحه مسی باید حداقل  $1*0.5$  متر و ضخامت آن حداقل 2 میلیمتر باشد. هادی مسی اتصال زمین مرتبط با صفحه مسی باید حداقل دارای سطح مقطع 50 میلیمتر مربع بوده و توسط لحیم سخت (جوش اکسیژن) به صفحه مسی متصل شود این هادی نباید از نوع افشان باشد در صورت استفاده از هادی چند مفتوله، قطر هر مفتول آن نباید از حدود  $1/8$  میلیمتر کمتر باشد.

2- ابعاد صفحه فولاد گالوانیزه باید حداقل  $1*0.5$  متر و ضخامت آن 3 میلیمتر باشد. هادی اتصال زمین جهت ارتباط با صفحه گالوانیزه باید حداقل دارای سطح مقطع 100 میلیمتر مربع در مورد تسمه و 95 میلیمتر مربع در مورد هادی چند مفتوله باشد و با لحیم سخت (جوش اکسیژن) به صفحه متصل شود این هادی باید از جنس فولاد گالوانیزه بوده و نباید از نوع افشان باشد.

تبصره 1 - صفحه باید به صورت عمودی در داخل زمین قرار گیرد.  
تبصره 2 - حداقل فاصله لبه فوقانی صفحه الکتروود از سطح زمین نباید از 1 متر کمتر باشد.  
تبصره 3 - صفحه باید در عمقی که رطوبت زمین به صورت دائم وجود دارد نصب گردد  
تبصره 4- اطراف صفحه الکتروود باید با مخلوطی از نمک و خاکه ذغال چوب و خاک نرم الک شده به ترتیب پر شود، سپس خاک الک شده در داخل چاه ریخته شده و پی در پی آب به آن اضافه و با دقت کوبیده گردد تا خاک داخل چاه به طور کامل متراکم و از نشت بعدی آن جلوگیری بعمل آید.  
تبصره 5 - به جای استفاده از صفحه مسی می‌توان هادی مسی مربوط به اتصال زمین را به قطر  $0/8$  متر و به تعداد 5 حلقه در ته چاه چمبره نمود.

ج - الکترودهای اتصال زمین افقی به شرح زیر:

1- این الکترودها در عمق  $0/5$  الی 1 متر از سطح زمین دفن شده و طول آنها در حالی که فقط از یک الکتروود به صورت شعاعی استفاده شود تا حدود 100 متر انتخاب می‌گردد، این الکترودها را می‌توان به صورت چند شعاع در فواصل زاویه ای حداقل 60 درجه از یکدیگر نیز نصب نمود بعد از خواباندن الکتروود، خاک الک شده همراه با آب روی آن ریخته و کوبیده می‌گردد.

2- تسمه مسی با حداقل سطح مقطع 50 میلیمتر مربع و حداقل ضخامت آن 2 میلیمتر می‌باشد.

3- سیم مسی با حداقل سطح مقطع 35 میلیمتر مربع بوده و نباید از سیم افشان برای این منظور استفاده نمود.

4- تسمه فولاد گالوانیزه با حداقل سطح مقطع 100 میلیمتر مربع و حداقل ضخامت  $3/5$  میلیمتر می‌باشد.

### 5-7- هادی اتصال زمین: [3]

ماده 5 : جنس و سطح مقطع هادی اتصال زمین (اتصال بین الکتروود زمین و نقطه خنثی تاسیسات) به قرار زیر می‌باشد:

الف - هادی فولادی با روکش مسی با سطح مقطع حداقل 100 میلیمتر مربع فولاد.

ب - سیم مسی چند مفتوله با سطح مقطع حداقل 50 میلیمتر مربع (از نوع افشان نباشد)

ج - تسمه فولاد گالوانیزه به ابعاد حداقل  $30*35$  میلیمتر.

د - تسمه مسی با سطح مقطع حداقل 50 میلیمتر مربع و حداقل ضخامت 2 میلیمتر می‌باشد.

تبصره 1- کلیه اتصالات مربوط به اتصال زمین، در انتهای الکتروود اتصال زمین باید با لحیم سخت (جوش اکسیژن) انجام گیرد و در انتهای دیگر آن (محل اتصال به نقطه خنثی تابلو) اتصال باید با پیچ و مهره‌هایی از جنس خود هادی و یا از جنس برنز انجام شود. اتصالات باید در مقابل خوردگی و زنگ زدگی کاملاً مقاوم و مصون بوده و قطر پیچ و مهره‌ها نباید از 10 میلیمتر کمتر باشد.

تبصره 2- هادی اتصال زمین در صورتی که از نظر مکانیکی حفاظت نشده باشد باید قابل رویت بوده و در برابر عوامل مکانیکی احتمالی و مواد شیمیایی محافظت گردد برای محافظت این هادی نباید از لوله‌های فلزی استفاده نمود و حتی المقدور سعی شود هادی در طولهای زیاد در مقابل اجسام حجیم فلزی قرار نگیرد.

تبصره 3- در مسیر هادی اتصال زمین در نقطه ای مناسب لازم است یک محل اتصال پیچی که در



مواقع انجام اندازه‌گیری مقاومت زمین باز خواهد شد پیش‌بینی گردد این نقطه ممکن است همان نقطه وصل هادی اتصال زمین به نقطه خنثی تاسیسات باشد.

### 6-7- ابعاد هادی‌های حفاظتی و خنثی: [3]

ماده 6: جهت ارتباط بدنه‌های لوازم و تجهیزات به نقطه خنثی باید حداقل از هادی مسی طبق جدول حداقل سطح مقطع هادی حفاظتی استفاده شود.

#### جدول حداقل سطح مقطع هادی حفاظتی

هادی مسی لخت		هادی حفاظتی عایق دار		هادی فاز
هادی بدون حفاظت مکانیکی	هادی با حفاظت مکانیکی	کابل 4 رشته‌ای	هادی عایق‌دار	
4	1.5	1.5	1.5	1.5
4	1.5	2.5	2.5	2.5
4	2.5	4	4	4
4	4	6	6	6
6	6	10	10	10
10	10	16	16	16
16	16	16	16	25
16	16	16	16	35
25	25	25	25	50
35	35	35	35	70
50	50	50	50	95
50	50	70	70	120
50	50	70	70	150
50	50	95	95	185
50	50	120	-	240
50	50	150	-	300
50	50	185	-	400

تبصره 1 - هادی مسی لخت (مربوط به جدول سطح مقطع هادی حفاظتی) نباید در طول مسیر خود تا محل اتصال با هادی خنثی با زمین تماس الکتریکی داشته باشد مقصود از زمین‌کلیه هادی‌های بیگانه اجزاء ساختمان (کف، دیوار و سقف) و غیره می‌باشد.

تبصره 2 - استفاده از هادی آلومینیومی به عنوان هادی حفاظتی ممنوع می‌باشد.

ماده 7: هادی خنثی: سطح مقطع‌های خنثی در مقایسه با هادی فاز باید مطابق جدول حداقل سطح مقطع هادی خنثی زیر باشد:

#### جدول حداقل سطح مقطع هادی خنثی

سطح مقطع هادی‌ها (میلی‌متر مربع)	هادی فاز
هادی خنثی	

سیم عایق دار در داخل لوله و کابل‌ها	سیم لخت در شبکه‌های هوایی در سیم کشی‌های روکار در داخل و خارج ساختمان‌ها
1/5	-
2/5	-
4	4
6	6
10	10
16	16
25	25
35	35
50	50
70	50
95	70
120	70
150	70
185	95
	120
	150
	185

#### 7-7- هم پتانسیل کردن [1]

ماده 8: در هر کارگاه یا محیط کار (که ممکن است قسمتی از یک ساختمان را اشغال کرده باشد) یک هادی هم بندی باید کلیه قسمت‌های هادی بیگانه و هادی‌های حفاظتی را از نظر الکتریکی به شرح زیر به یکدیگر وصل نماید.

- هادی حفاظتی اصلی
- هادی اتصال زمین
- لوله‌های اصلی آب
- لوله‌های اصلی گاز
- لوله‌های اصلی حرارت مرکزی
- لوله‌های اصلی فاضلاب
- قسمت‌های فلزی ساختمان (ستون‌ها، خریاهای اصلی، در و پنجره‌ها در صورتی که از طریق اجزای فلزی ساختمانی به اسکلت فلزی وصل نشده باشد).
- میزهای فلزی که به صورت ثابت نصب شده باشند.
- میزهای فلزی متحرک (با هادی قابل انعطاف و گیره مخصوص اتصال زمین موقت).

ماده 9: سطح مقطع هادي هم بندي براي هم پتانسيل كردن بايد با مقررات مربوط به هادي حفاظتي (جدول حداقل سطح مقطع هادي حفاظتي) مطابقت داشته و مخصوصاً هدايت الكتريكي آن بايد با نظير هادي حفاظتي اصلي تاسيسات برابر بوده و سطح مقطع آن در مواردی كه حفاظت مكانيكي نداشته باشد از 6 ميلي متر مربع کمتر نباشد لذا انتخاب سطح مقطع اين هادي مقدار بيش از 25 ميلي متر مربع در مواردی كه جنس آن از مس بوده و يا با هدايت الكتريكي معادل وقتي كه جنس آن از مس نباشد ضروري نخواهد بود.

## فهرست منابع و مآخذ:

- [1] کتاب مشخصات فنی عمومی و اجرایی تاسیسات برقی ساختمان ، جلد اول ، نشریه شماره 1-110 ، معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور
- [2] پروژه تحقیقاتی بهینه سازی سیستم حفاظت و اتصال زمین در شبکه های فشار متوسط برق ، کارفرما: سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور ، دستگاه اجرایی: شرکت برق منطقه ای مازندران ، مجری پروژه دکتر جواد روحی
- [3] کتاب مقررات ملی ساختمان مبحث سیزدهم : طرح و اجرای تاسیسات برقی ساختمان ، تهیه کننده : دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان ، 1383
- [4] کتاب بررسی سیستم های قدرت مولف : استیونسون مترجم : دکتر محمد فرخی ، انتشارات شهر آب چاپ اول
- [5] جمع آوری و انتشار وبلاگ ولی پورغفار [valipurghaffar.blog.ir](http://valipurghaffar.blog.ir)