

اجرای تاسیسات الکتریکی

ساختمان

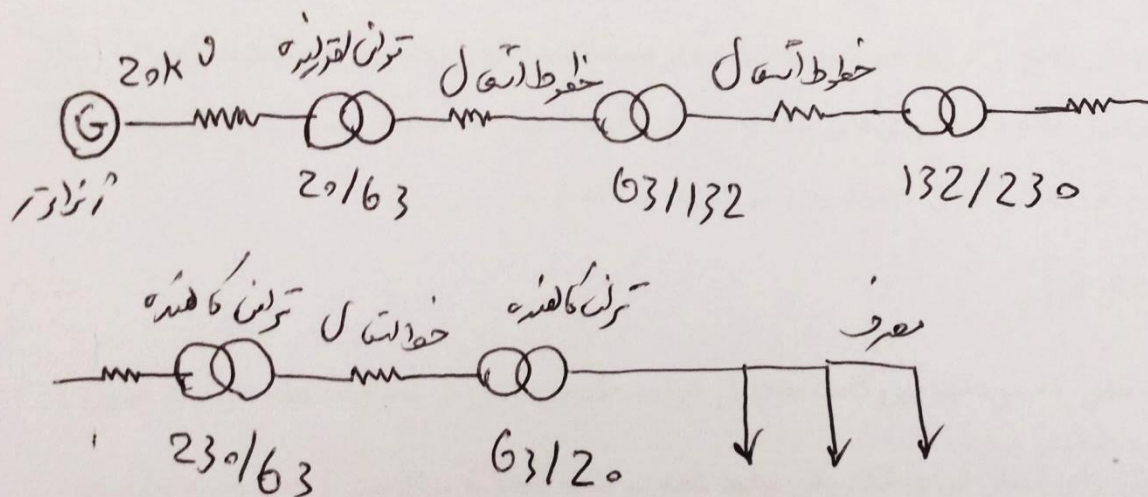
رشته کارشناسی عمران

مدرس: محسن لایقتر

مقدمه‌ای بر تولید انرژی الکتریکی

برای تولید انرژی الکتریکی به یک انرژی مکانیکی نیاز است تا بتواند مولد الکتریکی را به حرکت در آورد. این انرژی مکانیکی می‌تواند نیروی آب، نیروی بخار آب، نیروی یک موتور احتراقی و غیره باشد. انرژی الکتریکی بعد از تولید، بوسیله خطوط انتقال و با استفاده از دکل‌ها و پایه‌ها به محل توزیع می‌رسد و از آنجا به بعد در مکان‌های مصرف مانند کارخانه‌های مختلف، فروشگاه‌ها و بخصوص واحدهای مسکونی به مصرف می‌رسد.

دیagram تک خطی تولید و انتقال



روش‌های تولید انرژی الکتریکی

جهت تولید انرژی الکتریکی روش‌های مختلف ذیل وجود دارد:

- (۱) با استفاده از انرژی آب: یکی از ساده‌ترین روش تولید انرژی الکتریکی استفاده از انرژی آب است که از طریق احداث سد و انباشته شدن آب در پشت سدها به دست می‌آید.
- (۲) با استفاده از سوخت‌های فسیلی: استفاده از سوخت‌های فسیلی از شیوه‌های متداول تولید انرژی الکتریکی است و به دو طریق انجام می‌شود:

الف) انرژی حاصل از سوخت مازوت، گازوئیل که در ماشین احتراقی مستقیماً به انرژی حرکتی تبدیل می شود این انرژی از طریق انتقال به محور مولد برق انتقال یافته و انرژی الکتریکی در خروجی ظاهر می شود.

ب) انرژی حاصل از سوخت دردیگ بخار : با تولید بخار باعث حرکت پره های توربین شده و در اثر حرکت پره های توربین انرژی الکتریکی تولید و روند افزایش و کاهش ولتاژ توسط ترانس ها صورت می گیرد.

۳) با استفاده از انرژی های نو:

در این روش از انرژی خورشید با استفاده از صفحات سلیکونی-باد-جزر و مد دریا- زمین گرمایی که از جمله انرژی های پاک بوده و هیچگونه آسیبی به محیط زیست وارد نمی کند. این انرژی ها را انرژی تجدید پذیر می گویند چرا که از بین نمی روند.

انتقال انرژی

همانطور که می دانیم نیروگاه ها به دلیل شرایط طبیعی از مراکز مصرف فاصله دارند به همین دلیل برای انتقال انرژی الکتریکی تولید شده در نیروگاه ها به مراکز مصرف احتیاج به هادی ها و دکل های انتقال می باشد. علاوه بر آن به دلیل مقاومت اهمی هادی ها و عبور جریان زیاد از آن ها در مسیر انتقال تلفات انرژی زیاد خواهد بود. برای کاهش هزینه انتقال و نیز تلفات انرژی به این نتیجه رسیده اند که اگر در انتقال انرژی الکتریکی ولتاژ را افزایش دهند و جریان را کاهش، انرژی زیادی را می توان انتقال داد. کاهش جریان موجب کوچک شدن سطح مقطع هادی ها شده و همچنین کاهش تلفات انرژی طبق رابطه RI^2 خواهد بود.

توزیع انرژی الکتریکی

انرژی تولید شده در نیروگاه ها توسط خطوط انتقال به مراکز مصرف می رسد در ورودی شهرها با استفاده از ترانس ها با قدرت های متفاوت مورد نیاز، انرژی را به مراکز مصرف که عمدتاً شهرها و مناطق مسکونی است ابتدا ولتاژ خیلی زیاد خط انتقال به وسیله ترانس تا حدودی که قابل استفاده در مصارف شهری باشد سطح ولتاژ را کاهش می دهند.

(در داخل شهرها پست های زمینی که بادرب زرد رنگ و پست های هوایی نشان دهنده ولتاژ مورد نیاز است)

خطرات برق و مقرات ایمنی در برق رسانی

انرژی الکتریکی از طریق شبکه کوچک مورد استفاده قرار می گیرد و به علت خصوصیات جالب توجه آن خیلی سریع توسعه یافت. در مقایسه با انواع دیگر انرژی، انرژی الکتریکی پاکیزه است به سهولت قابل کنترل و انتقال می باشد و به آسانی به انواع انرژی های دیگر مورد نیاز بشر قابل تبدیل است. علی رغم همه این محاسن انرژی برق دارای دو عیب اساسی می باشد. یکی اینکه به میزان قابل ملاحظه ذخیره نمی شود و دیگر اینکه در صورتی که تحت کنترل صحیح نباشد خطرات و خرابی های زیادی به بار می آورد.

خطرات انرژی برق:

(۲) خطر برق گرفتگی

(۱) خطر ایجاد حریق

(۱) خطر ایجاد حریق:

جریان برق در عبور از سیم ها و کلیدها و دیگر وسایل برقی تولید حرارت می کند. این حرارت در شرایط عادی به محیط اطراف داده می شود و درجه حرارت وسایل از حد مجاز تجاوز

نمی‌کنند در صورتی که وسایل مناسبی انتخاب نشده باشد ممکن است درجه حرارت وسایل برق رسانی از حد مجاز تجاوز کرده باشد. برای مثال یک کلید معیوب که محل اتصال آن خورده شده باشد نسبت به کلید سالم حرارت تولید می‌کند این افزایش درجه حرارت سبب فرسوده شدن واز بین رفتن عایق در سیم‌ها و دیگر وسایل می‌گردد. از بین رفتن عایق‌ها باعث اتصال سیم‌ها و ایجاد جرقه الکتریکی می‌شود و حرارت ناشی از جرقه‌ها می‌تواند در شرایط مساعد به سهولت موجب آتش سوزی و حریق گردد حفاظت درمورد خطر ایجاد حریق از طریق انتخاب سیم‌ها و وسایل مناسب و حفاظت مدارها بوسیله فیوزها امکان پذیر است

۲) خطر برق گرفتگی :

برق گرفتگی از اثرات سوء برق روی سیستم بدن انسان است. بطوری که می‌دانیم فرمان‌های لازم جهت حرکات عضلات بدن از مغز بوسیله جریان‌های برقی بسیار ضعیف از طریق سلسله اعصاب به عضلات مخابره می‌شود در صورتی که جریان‌های برقی از خارج بر روی اعصاب اثر بگذارند موجب حرکات ناگهانی و بسیار شدید عضلات گردیده که در این حالت برق گرفتگی یا شوک نامیده می‌شود. که ممکن است بر روی سیستم‌های عصبی اثر بگذارد.

شدت شوک به میزان جریان عبوری از بدن بستگی دارد که به بدن وارد می‌شود این به میزان ولتاژ و مقاومت مدار تشکیل شده دارد. مقاومت مدار معمولاً شامل مقاومت قسمتی از مدار برق رسانی، مقاومت بدن در بیشتر موارد مقاومت مربوط به تماس یا اتصال بدن با زمین است.

اثر جریان‌های برق روی بدن انسان بوسیله آزمایش‌های بسیاری که روی انسان و حیوانات هم جثه انسان صورت گرفته برای برق 50 Hz به شرح زیر است:

اثر	جریان بر حسب میلی آمپر
غیر قابل تشخیص	$I < 1$
همراه با ناراحتی قابل تحمل	$1 < I < 5$
همراه با ناراحتی شدید	$5 < I < 12$
آستانه از دست دادن کنترل عضلات و قدرت رها کردن سیم	مردان $I = 16$ زنان $I = 10/5$
اختلال سیستم تنفسی	$I > 30$
بی نظمی یا توقف کامل قلب یا هلاکت	$I > 75$

بدن انسان ولتاژ ۵۰ ولت را می تواند برای مدت طولانی تحمل کند ولی ولتاژ ۱۰۰ ولت را برای مدت ۳ ثانیه و ولتاژ ۲۲۰ ولت برای مدتی بیشتر از ۰.۵ ثانیه قابل تحمل نمی باشد بنابراین وسایل حفاظتی باید طوری انتخاب شوند که در مدت مجاز مدار را قطع کنند.

احتیاطهای ایمنی:

برای جلوگیری از برق گرفتگی لازم است به نکات زیر توجه شود:

الف) هیچگاه روی مدار برق دار کار نکنید.

ب) قبل از شروع کار مدار را امتحان کنید و از برقرار نبودن مدار اطمینان حاصل کنید به قطع بودن کلید اطمینان نکنید زیرا ممکن است کلید اشتبهاً روی سیم نول نصب شده باشد.

ج) در صورتی که مجبور به کار روی سیم برق دار هستید از کفش های کف پلاستیکی و از ابزار مناسب با عایق بندی سالم استفاده کنید و توجه داشته باشید که عایق ابزارها به مرور زمان

معیوب می‌شوند. در صورت امکان تنها بایک دست کار کنید و دست دیگر را در جیب خود قرار دهید تا مدار الکتریکی بسته از طریق نقاط حساس بدن شما تشکیل نشود.

کنترل مرغوبیت وسایل و وضع مقررات ایمنی:

کاهش خطرات ناشی از برق امری طبیعی بوده و از دو طریق ممکن است. اول از طریق کنترل مرغوبیت و کیفیت مواد وسایل مورد استفاده که توسط کارخانجات مختلف ساخته و به بازار عرضه می‌شود. دوم از طریق وضع و اجرای مقررات که ضامن ایمنی سیستم‌های برق رسانی باشد. در کشورهای مختلف از سالیان پیش سازمانهایی جهت انجام و وضع مقررات ایمنی وجود دارد که آنها را کنترل می‌کند.

شبکه‌های برق رسانی و مدارهای برقی

در ابتدای صنعت برق شبکه‌ای کوچک برق مستقیماً مورد استفاده بودند. لیکن برق متناوب بدلیل سهولت تولید و انتقال به سرعت جانشین برق مستقیم گردید. تولید انرژی الکتریکی در نیروگاه‌های بزرگ با راندمان بالا انجام می‌شود. بدلیل اقتصادی وقتی ولتاژ آلترناتورها به حداکثر ۲۰ کیلو ولت محدود است. به منظور کاهش دادن تلفات در انتقال انرژی به نقاط دور ولتاژ برق را با استفاده از ترانسفورماتورها افزایش می‌دهند و از طریق شبکه به هم پیوسته به نقاط دور منتقل می‌کند (حداکثر ولتاژ در شبکه ایران ۴۰۰ کیلو ولت است) در نزدیکی شهرها ولتاژ را به کمک ترانسفورماتورها به حدود ۶۳ کیلو ولت کاهش و دور شهر و در نزدیکی بار ولتاژ را به ۲۰ کیلو ولت و ۱۱ کیلو ولت کاهش و در پست‌ها توزیع به ولتاژ مصرفی ۳۸۰ ولت تبدیل میشود

پست توزیع:

پست توزیع در مرکز بارقرار می گیرد تا طول خطوط برق رسانی، تلفات انرژی و افت ولتاژ به حداقل ممکن برسد. ظرفیت پست و تعداد ترانسفورماتورها براساس میزان بار، ضریب اطمینان، قیمت پایه و هزینه تلفات انرژی طبق استانداردها معین می شود.

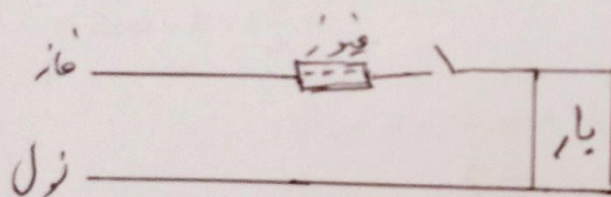
اندازه استاندارد ترانسفورماتورها برحسب کیلو ولت امپر (KVA)

۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ۱۲۵، ۱۶۰، ۲۰۰، ۲۵۰، ۳۱۵، ۴۰۰، ۵۰۰، ۶۳۰، ۸۰۰، ۱۰۰۰

۱۲۵۰، ۱۶۰۰، ۲۰۰۰

مدار برق و برخی کمیته های برقی

تغذیه بارهای الکتریکی توسط مدارهای برقی انجام می شود هر مدار علاوه برسیم های رابط شامل سه جزء منبع تغذیه - وسایل حفاظت و کنترل بار می باشد.



در یک مدار ساده مانند شکل

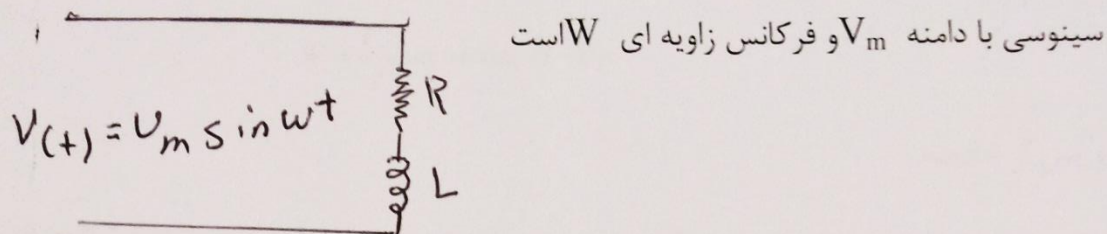
منبع تغذیه برق تکفاز است که از شبکه توزیع گرفته می شود. وسیله حفاظت یک فیوز و وسیله کنترل یک کلید است و بار معمولاً ترکیبی از مقاومت و خود القا می باشد.

جریان و توان در مدارهای تکفاز

بارهای الکتریکی معمولاً از دو جریان مقاومت خود القا تشکیل می شوند. بعضی از بارها نظیر لامپ های الیهای از مقاومت تشکیل شده و بعضی از مقاومت تشکیل شده و بعضی دیگر مانند لامپ های مهتابی و موتورهای تکفاز برقی شامل مقاومت خود القا (سلف) می باشند.

بارهای الکتریکی به ندرت شامل خازن هستند و به طوری که می دانیم خازن برای اصلاح ضریب توان بارها مورد استفاده قرار می گیرد.

در شکل زیر مدار ترکیبی از یک مقاومت R و سلف L را در نظر می گیریم و لتاژ منبع تغذیه



ولتاژ منبع تغذیه برابر مجموعه ولتاژ دوسر مقاومت و ولتاژ دوسر خود القا است براساس قانون اهم و لتاژ دوسر مقاومت با جریان آن مقدار متناسب است.

قانون اهم

$$V = R.I$$

$$V_m \sin wt = Ri + L \frac{di}{dt}$$

پس از حل معادله دیفرانسیل بالا معادله جریان به صورت زیر در می آید:

$$i(t) = \frac{V_m}{Z} \sin(wt - \theta) + \frac{V_m}{Z} \sin \theta e^{-\frac{t}{LR}}$$

جمله دوم با گذشت زمان کاهش می یابد و قسمت گذارای جریان است و مورد توجه ما نیست

ولی جمله اول قسمت ماندگار است که شکل سینوس دارد و دامنه جریان برابر است:

$$I_m = \frac{V_m}{Z}$$

در معادلات بالا Z امپدانس یا مقاومت ظاهری مدارات و برابر است.

$$Z = \sqrt{R^2 + (WL)^2}$$

$$W = V.I$$

برای محاسبه توان ولتاژ را در جریان ضرب می کنیم:

$$W = \sqrt{2} P \quad \text{مقاومت بار (W)}$$

$$W = V_m \sin \omega t \cdot \frac{V_m}{Z} \sin(\omega t - \theta)$$

$$\tan \theta = \frac{2\omega L}{R} = \frac{2\pi f l}{R} \rightarrow \text{ل چرخش در این مدار (R)}$$

$$W = \frac{V_m^2}{Z} \sin \omega t \cdot \sin(\omega t - \theta)$$

و پس از خلاصه :

$$W_e = V_e I_e \cos \theta$$

$$V_e = \sqrt{Z} V_m$$

ملاحظه می کنید که توان مصرفی تابع ضریب توان ($\cos \varphi$) مدار است در صورتی که بار مقاومت خالص باشد ضریب توان برابر یک است و در صورتی که بار خود القا خالص باشد ضریب توان صفر است و مشخص کننده این حقیقت است که یک خود القا خالص توان مصرف نمی کند و تنها درنیمی از سیکل انرژی می گیرد و در میدان مغناطیسی اطراف خود ذخیره می کند و نیم سیکل بعد آن را به منبع تغذیه پس می دهد.

مثال: سیم پیچی دارای مقاومت ۸ اهم و ضریب خودالقای ۰.۳ / هانری است و به برق تکفاز ۲۲۰ ولت با فرکانس ۵۰ هرتز متصل است جریان و توان سیم پیچ را محاسبه کنید.

$$R = 8 \Omega \text{ اهم}$$

$$L = 0.3 H$$

$$V = 220 V$$

$$F = 50 Hz$$

$$I = ?$$

$$W = ?$$

$$V_e = I_e \cdot Z$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (WL)^2}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (2\pi FL)^2} = \sqrt{(8)^2 + (2 \times 2 / 14 \times 50 \times 0.3)^2}$$

$$Z = 12.36$$

$$\text{حل:}$$

$$W = 2\pi FL$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{220}{12.36} = 17.8 A$$

$$W = V_e I_e \cos \phi \text{ توان}$$

$$\tan \theta = \frac{2WL}{R} = \frac{2\pi fL}{R}$$

$$\tan \theta = \frac{2.3.14.50.03}{8} = \frac{9.42}{8} = 1/17$$

$$\tan^{-1} 1/17 = 49/72$$

$$\phi = 49/72$$

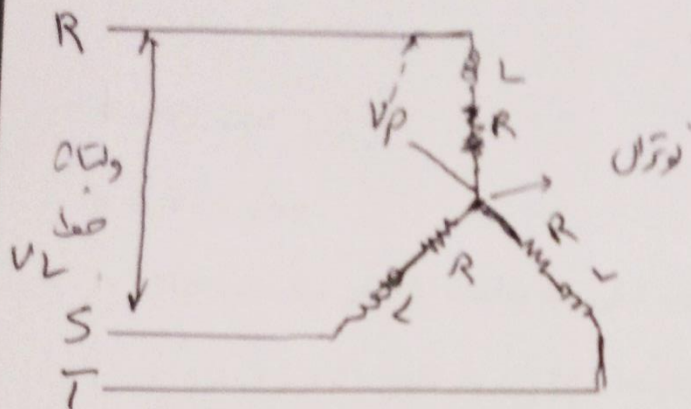
$$W = 220 \times 17.8 \times \cos(49/72)$$

$$W = 2534.16 \text{ وات}$$

جریان و توان در مدارهای سه فاز

بیشتر بارهای صنعتی سه فاز هستند واز برق سه فاز تغذیه می‌شوند واز این نظر متعادل نامیده می‌شوند که امپدانس هر سه فاز یکسان است. در غالب بارهای صنعتی امپدانس

معادل هر بار ترکیبی از مقاومت و خودالفا است. در شبکه‌های توزیع سه فاز و ولتاژ هریک از فازها نسبت به نوترال ۲۲۰ ولت است و این فازها نسبت به هم زاویه ۱۲۰ درجه اختلاف فاز دارند و ولتاژ بین هر دو فاز ۳۸۰ ولت است.

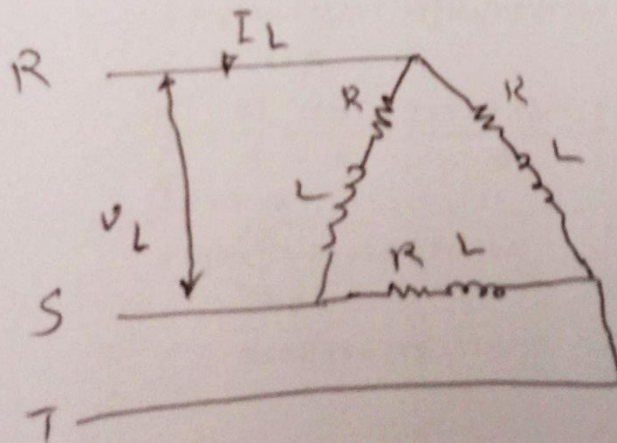


اتصال بارهای الکتریکی سه فاز به دو صورت ستاره و مثلث انجام می‌شود و ولتاژ بین دو خط شبکه را ولتاژ خط V_L و جریان خط را I_L می‌نامیم و ولتاژ هر فاز را V_p و جریان هر فاز را I_p نشان می‌دهیم.

در اتصال ستاره

$$I_L = I_p$$

$$V_L = \sqrt{3} V_p = 1.73 V_p$$



در اتصال مثلث

$$V_L = V_p$$

$$I_L = \sqrt{3} I_p$$

توان موثر یک بار سه فاز متعادل بدون توجه به نحوه اتصال آن برابر توان یکی از فازهای آن است بنابراین با استفاده از رابطه:

$$W = V_e I_e \cos \varphi \text{ تک فاز}$$

$$W = 3 V_e I_e \cos \varphi$$

$$W = \sqrt{3} V_L I_L \cos \varphi$$

مثال: هرفاز یکبارسه فاز متعادل از ترکیب توالی یک مقاومت ۵۰ اهمی و یک خود القا ۳ /

هانری تشکیل شده است شبکه دارای ولتاژ خط ۳۸۰ ولت و فرکانس ۵۰ هرتز است .

الف) جریان خط و توان بار را برای اتصال ستاره بدست آورید.

ب) جریان خط و توان بار را برای اتصال مثلث بدست آورید

حل:

ابتدا امپدانس هرفاز را محاسبه میکنیم.

$$Z = \sqrt{R^2 + (WL)^2} = \sqrt{(50)^2 + (2\pi FL)^2}$$

$$Z = \sqrt{(50)^2 + (2 \times 3 / 14 \times 50 \times / 3)^2}$$

$$Z = \sqrt{2500 + (8873 / 64)} = \sqrt{11373 / 64}$$

$$Z = 106 / 64 \Omega$$

$$R = 50 \Omega$$

$$L = 1 / 3 H$$

$$V = 380 V$$

$$F = 50 Hz$$

$$\cos \varphi = \frac{WL}{R} = \frac{2\pi FL}{R} = \frac{2 \times 3 / 14 \times 50 \times / 3}{50}$$

$$\cos \varphi = 1 / 88$$

$$\varphi = \arccos 1 / 88 \Rightarrow \varphi = 61 / 99 =$$

$$\cos \varphi$$

$$\cos 61 / 99 = 47$$

$$I_a = ?$$

$$U_a = ?$$

$$V_L = \sqrt{3} V_P$$

$$I_L = I_P$$

الف) در حالت ستاره

$$V_p = \frac{V_L}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 219.39 = 220 \text{ ولت}$$

$$V = R.I = I = \frac{V}{Z}$$

$$I_p = \frac{V}{Z} = \frac{220}{10.6/64} = 20.6 \text{ آمپر}$$

چون در حالت ستاره جریان خط با جریان فاز برابر است:

$$P \leq W = \sqrt{3} V_L I_L \cos \phi$$

$$W = \sqrt{3} \times 380 \times 20.6 \times 0.47 = 637/25 \quad \text{وات}$$

(ب) در حالت مثلث

با توجه به اینکه ولتاژ خط و ولتاژ فاز برابر است

$$I_p = \frac{V_L \text{ یا } V_p}{Z} = \frac{380}{10.6/69} = 3/56 \text{ آمپر}$$

$$V_L = V_p \text{ و } I_L = \sqrt{3} I_p$$

با استفاده از روابط مثلث که

$$I_L = \sqrt{3} \times 3/56 = 6/17 \text{ A}$$

$$P \leq W = \sqrt{3} V_L I_L \cos \phi$$

$$W = \sqrt{3} \times 380 \times 6/17 \times 0.47 = 1908/65 \text{ W}$$

(توجه: در حالت ستاره است)

شبکه برق رسانی:

توزیع برق از ثانویه ترانسفورماتور بوسیله خطوط هوایی یا کابل‌های زیرزمینی انجام می‌شود. در نقاط کم جمعیت به علل اقتصادی خطوط هوایی مورد استفاده قرار می‌گیرند لیکن در نقاط پر جمعیت به علل زیبایی ایمنی از کابل‌های زیرزمینی برای تغذیه بارهای صنعتی و خانه‌های مسکونی استفاده می‌شود. توزیع زیرزمینی در حدود ۵ برابر توزیع هوایی هزینه بر می‌دارد.

انواع شبکه‌های توزیع:

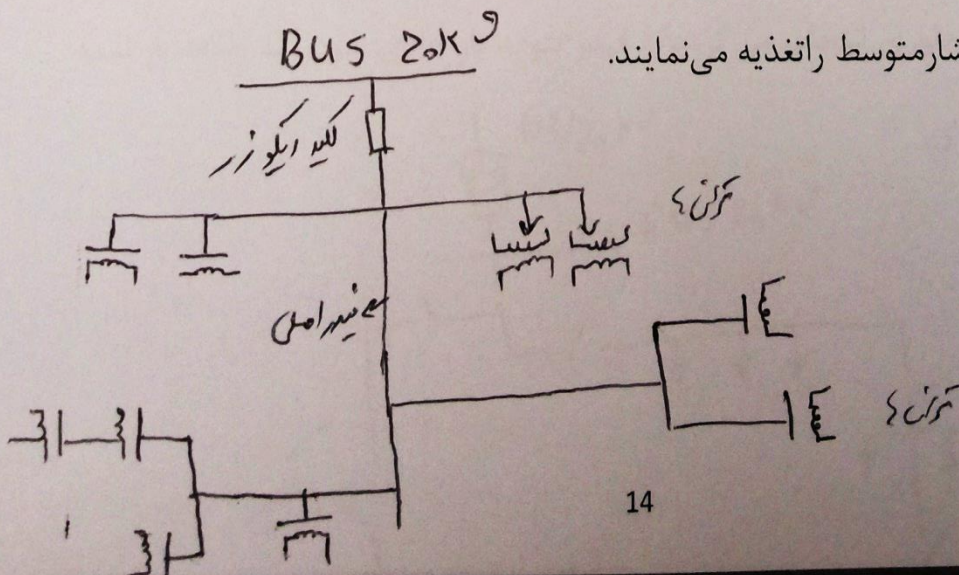
بخشی از سیستم الکتریکی که بین پست‌های $132kV$ و 63 و 20 و ترانسفورماتورهای فشار متوسط قرار دارد سیستم اولیه نامیده می‌شود. این سیستم از مدارهای تشکیل شده که به آنها فیدرهای اولیه گفته می‌شود. هر فیدر شامل یک بخش اصلی یا فیدر اصلی که معمولاً یک مدار سه سیم سه فاز است و شاخه‌ها یا انشعاب‌هایی که از فیدر اصلی منشعب می‌شوند. در صورت لزوم ممکن است انشعاب‌های فرعی دیگر از انشعاب‌ها جدا شده باشد. اغلب ترانسفورماتورها توزیع سه فاز بوده و توسط فیوزهای فشار متوسط که کات اوت نامیده می‌شود. در پست‌های هوایی محافظت می‌شود و برای حفاظت ترانس‌های قدرت در پست‌های زمینی از دیژنکتور استفاده می‌شود.

ساختار شبکه‌های توزیع:

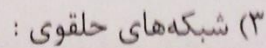
شبکه‌های توزیع با توجه موقعیت و محل نیرو رسانی و در جهت تامین انرژی از روش‌های زیر استفاده می‌شود:

(۱) شبکه‌های شعاعی:

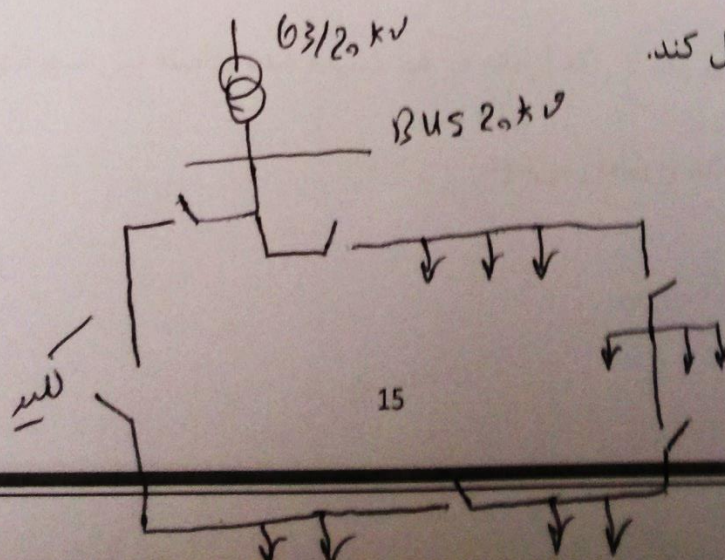
ساده‌ترین، کم هزینه‌ترین و رایج‌ترین شکل فیدر اولیه نوع شعاعی آن می‌باشد فیدر اصلی دارای انشعاب‌های اولیه مختلف و هریک از انشعاب‌ها خود دارای انشعاب فرعی می‌باشد. که ترانسفورماتورهای فشار متوسط را تغذیه می‌نمایند.



ضریب اطمینان چنین شبکه بطور قابل توجهی بالا می‌باشد زیرا از کار افتادن یکی از دومنبع و یا قسمتی از خط تغذیه کننده شبکه همواره از سمت دیگر انرژی می‌گیرد بدیهی است که شرط اصلی محاسبه شبکه، تغذیه از یک سمت است یعنی سطح مقطع سیم‌های اصلی باید برای حالتی محاسبه گردد، که شبکه از یکسو تغذیه می‌شود. در قسمت فشار ضعیف استفاده از این نوع شبکه تغذیه از دو سوء در روستاها بیشتر کاربرد دارد که در جهت طول گسترش یافته است



دیگر حلقه را تحمل کند.



در شبکه های حلقوی در صورت بروز خطا بریکر فیدر باز شده و تا زمانی که محل خطا از هر دو طرف ایزوله شوند، بریکر باز می ماند. فیدر اولیه نوع حلقوی بخصوص در حالتی که وجود قابلیت اطمینان بالایی برای سرویس دهی مطرح باشد سودمند است.

جریان مجاز سیم ها و کابل های فشار ضعیف

بطوری که می دانیم جریان برق در عبور از سیم ها و کابل ها ایجاد حرارت می کند که سبب افزایش درجه حرارت اجزا تشکیل دهنده سیم می گردد. در صورتی که این افزایش درجه حرارت ادامه یابد موجب خرابی عایق ها می شود. برای مثال حداکثر درجه حرارت مجاز برای عایق پلاستیکی پی - وی - سی برابر ۷۰ درجه سانتیگراد است. بنابراین برای حفاظت عایق ها لازم است در حالت تعادل درجه حرارت آنها از حداکثر مجاز تجاوز نگردد. لازمه ثابت ماندن درجه این است که حرارت تولید شده کلا به محیط خارج منتقل شود.

جریان مجاز سیم های مسی با عایق پی - وی - سی

سیم های عایق دار را بسته به وضعیت نصب آنها به سه گروه تقسیم می کنیم:

گروه ۱: سیم های داخل لوله را شامل می شود و تعداد سیم ها در هر لوله یک تاسه در نظر گرفته شده است.

گروه ۲: سیم های دولا یا سه لا که آزادانه در هوا کشیده می شوند و معمولا برای تغذیه مصرف کننده های قابل حمل و نقل به کار می برند را شامل می شود.

گروه ۳: تعداد سیم یک لا که آزادانه در هوا کشیده شده و فاصله بین سیم های مجاور حداقل برابر قطر سیم باشد را شامل می شود.

جریان مجاز سیم استاندارد با عایق پی وی سی برای حداکثر حرارت مجاز ۷۰ درجه و حرارت محیط ۲۵

درجه

سطح مقطع سیم mm^2	جریان مجاز گروه ۱ تا سه سیم در لوله	جریان مجاز گروه ۲ سیم چند لا در هوا	جریان مجاز گروه ۳ چند سیم یک لایر هوا
۱/۷۵	۱۲	۱۳	۱۶
۱	۱۶	۱۶	۲۰
۱/۱۸	۱۶	۲۰	۲۸
۲/۱۸	۲۱	۲۷	۳۶
۴	۲۷	۳۶	۴۸
۶	۳۸	۴۷	۸۷
۱۰	۴۸	۶۵	۷۸
۱۶	۶۸	۸۷	۱۰۴
۲۸	۸۸	۱۱۸	۱۳۷
۳۵	۱۱۰	۱۴۳	۱۶۸

جدول ۱

درجه	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰
ضریب	۱/۲	۱/۵	۱/۱	۰/۵	۱	۹۴	۱/۸۸	۱/۸۲	۱/۷۵	۱/۶۷

جدول ۲

تعیین مقاطع سیم‌های عایق دار و کابل‌ها

مقاطع سیم‌های عایق دار و کابل‌ها توسط جریان مجاز و حداکثر افت ولتاژ مجاز معین می‌شود.

بارهای روشنایی در مکان‌های مسکونی، تجاری، و صنعتی عموماً از مدارهای تک‌فاز تغذیه می‌شوند.

موتورهای کوچک که در وسایل خانگی مثل کولرها - ماشین لباسشویی

ماشین ظرفشویی و غیره مورد استفاده قرار می گیرند تکفاز هستند و موتورهای بزرگ صنعتی معمولاً سه فاز می باشند.

۱) تعیین مقاطع در مدارهای تکفاز براساس جریان مجاز :

در بارهای روشنایی توان های قید شده ، توان ورودی بوده و جریان این گونه مدارها از رابطه زیر محاسبه می گردد.

$$I = \frac{W}{V \cos \phi}$$

در رابطه بالا W توان ورودی بار متصل به مدار برحسب وات ، V ولتاژ مدار برحسب ولت و $\cos \phi$ ضریب توان مدار می باشد.

در مورد چراغ های رشته دار ضریب توان برابر یک و در مورد لامپ های فلورسنت مجهز به خازن ضریب توان در حدود ۰/۹ و در مورد لامپ های فلورسنت ۵/ تا ۶/ می باشد.

در محاسبه جریان طبق رابطه بالا فرض بر این است کلیه چراغ ها به طور همزمان مورد استفاده قرار می گیرند که در عمل چنین نیست و همه چراغ های متصل به یک مدار به ندرت به مدار همزمان روشن می شوند. نسبت حداکثر توان مصرفی همزمان را به کل توان بارهای متصل مصرف یا ضریب همزمانی می گوئیم و آن را با K_d نشان می دهیم. با به کار گرفتن این ضریب معادله محاسبه جریان به صورت زیر در می آید:

$$I = K_d \frac{W}{V \cos \phi}$$

ضریب مصرف برای بارهای روشنایی مختلف را به صورت زیر در نظر می گیریم:

نوع بار روشنایی	ضریب مصرف
مدار روشنایی خانگی	۱
مدار روشنایی مراکز صنعتی جدا از مراکز مجاور	۰/۹۵
مدار روشنایی مراکز صنعتی مرکب از قسمت های بزرگ	۰/۸۵
مدار روشنایی انبارهای بزرگ	۰/۳۵
مدار روشنایی مراکز تجاری	۰/۹۵
مدار روشنایی مخلوط روشنایی و وسایل خانگی	۰/۸

(جدول ۳)

سوال مهم دیگر که در نقش مقطع انشعاب یا انشعاب ها تاثیر دارد این است که حداکثر چند لامپ را می توان روی انشعاب قرار داد. مثلاً در یک خانه مسکونی استفاده از یک مدار روشنایی کافی است. و یا اینکه لازم است از مدارهای متعددی استفاده به عمل آید شک نیست که استفاده از یک انشعاب ارزانتر تمام می شود لیکن در این صورت اتصال کوتاه در سر پیچ یکی از لامپ ها سبب قطع فیوز و در تاریکی فرو رفتن همه خانه خواهد شد. هرچه تعداد انشعابات را بیشتر کنیم ضریب اطمینان افزایش می یابد. ولی هزینه افزایش می یابد. براساس ضوابط بیشتر کشورها بار روشنایی بیشتر از صدمتر مربع را هیچگاه روی یک انشعاب قرار نمی دهند. در بعضی مقررات حتی برای هر ۵۰ متر یک انشعاب جداگانه در نظر می گیرند.

مثال: محاسبات روشنایی استفاده از ۵۰ لامپ ۱۰۰ واتی در یک خانه را نشان می‌دهند
جریان انشعاب یا انشعاب‌های لازم و اندازه سیم مناسب برای سیم کشی در لوله را معین کنید.

محیط دارای درجه حرارت ۳۵ و مساحت خانه را ۱۸۰ متر مربع فرض کنید.

$$\cos \varphi = 1 \quad k_d = 1 \quad I = Kd \frac{W}{V \cos \varphi} = 1 \times \frac{50 \times 100}{220 \times 1} = 22.72 A$$

بر اساس ضوابط یاد شده استفاده از حداقل دو انشعاب الزامی است و جریان هر انشعاب

$$22.72 / 2 = 11.36$$

با توجه به درجه حرارت محیط ۳۵ درجه و استفاده از ضریب تصحیح که برابر ۰.۸۸ می باشد
جریان برابر

$$\frac{11.36}{0.88} = 12.9$$

(با توجه به عدد بدست آمده و از جدول تعداد آمپر داخل لوله ۱۲/۹ که باید ۱۶ انتخاب که
سیم ۱/۵ می باشد)

(با استفاده از جدول ۱ سیم‌های ۱/۵ در لوله با ظرفیت مجاز ۱۶ آمپر در حرارت ۲۵ درجه
انتخاب می شود)

در بسیاری از کشورها برای داشتن استحکام مکانیکی از سیم کوچکتر از ۱/۵ در لوله
استفاده نمی شود.

موتورهای الکتریکی کوچک که در حدود یک کیلووات یا کمتر و از نوع القایی در کلیه وسایل
خانگی و نیز در مراکز تجاری مورد استفاده قرار می گیرند در این موتورها جریان یک موتور تکفاز
از رابطه زیر بدست می آید:

$$I = \frac{W}{V \eta \cos \varphi}$$

در این رابطه W توان خروجی موتور تکفاز V ولتاژ مدار تغذیه بر حسب ولت و η راندمان موتور و $\cos \varphi$ ضریب قدرت موتور می باشد راندمان این موتورهای ۵/ تا ۶/ و ضریب قدرت آنها ۶/ تا ۷/ می باشد.

مثال: یک ماشین لباسشویی به ظرفیت ۱/۵ کیلووات و ولتاژ ۲۲۰ ولت از طریق سیم با عایق پلاستیکی واقع در لوله تغذیه می شود. مقطع سیم را با توجه به حرارت محیط ۴۰ درجه محاسبه کنید.

حل: با فرض راندمان ۶/ و ضریب قدرت ۷/ جریان برابر است:

$$I = \frac{W}{V \eta \cos \varphi} = \frac{1500}{220 \times 6/ \times 7/} = 16/23 A$$

از جدول ۲ ضریب تصحیح برابر در دمای ۴۰ درجه ۸۲/ می باشد بنابراین ظرفیت سیم در حرارت ۲۵ درجه

$$\frac{16/23}{82/} = 19/79$$

با استفاده از جدول شماره ۱ کابل ۲/۵ انتخاب می شود.

تعیین مقطع کابل در مدارهای سه فاز بر اساس جریان

بیشتر بارهای صنعتی را موتورهای القایی سه فاز یا رو تور قفسی سنجابی تشکیل می دهند جریان خط یک موتور سه فاز در حالت کار با ظرفیت اسمی برابر است با:

$$\textcircled{A} \quad I = \frac{W}{\sqrt{3} V \eta \cos \varphi}$$

η راندمان موتور

در رابطه W بر حسب وات،

V ولتاژ خط بر حسب ولت $\cos \phi$ ضریب توان موتور می باشد

راندمان بستگی به ظرفیت موتور و سرعت آن دارد و در موتورهای بزرگتر با سرعت بیشتر

دارای مقدار بزرگتری است. ضریب توان موتور نیز تابع قدرت و سرعت آن است.

رابطه (A) جریان اسمی موتور را در حالت کار بدست می دهند بطوریکه می دانیم جریان این -

گونه موتورها در لحظه شروع کار ممکن است از ۵ تا ۷ برابر این مقدار باشد. چون جریان

شروع برای مدتی کمتر برقرار است لذا سبب ایجاد حرارت در سیم ها نمی شود و لذا در

محاسبه مقطع انشعاب در نظر گرفته نمی شود.

جریان مجاز کابل ها با هادی مسی و عایق پی وی سی

کابل سه یا چهار سیمی		کابل دو سیمی		کابل یک سیمی		سطح
هوا ۳۰°	زمین ۲۰°	هوا ۳۰°	زمین ۲۰°	هوا ۳۰°	زمین ۲۰°	
۱۸	۲۷	۲۱	۳۰	۲۶	۳۷	۱/۸
۲۸	۳۶	۲۹	۴۱	۳۸	۸۰	۲/۸
۳۹	۴۶	۳۸	۸۳	۴۶	۶۸	mm ²
۴۴	۸۸	۴۸	۶۶	۸۸	۸۳	۶
۶۰	۷۷	۶۶	۸۸	۸۰	۱۱۰	mm ²
۸۰	۱۰۰	۹۰	۱۱۸	۱۱۰	۱۴۸	۱۶
۱۰۸	۱۳۰	۱۲۰	۱۸۰	۱۴۰	۱۹۰	۲۸
۱۳۰	۱۸۸	۱۸۰	۱۸۰	۱۷۸	۲۳۸	۳۸

جدول ۴

در صورتی که درجه حرارت هوا نیز از ۳۰ درجه و حرارت زمین غیر از ۲۰ درجه باشد باید

ضریب تصحیح را در نظر گرفت:

درجه	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵
ضریب	۱/۲۷	۱/۲۱	۱/۱۷	۱/۱۲	۱/۰۶	۱	۱/۹۴	۱/۸۷	۱/۷۹	۱/۷۱	۱/۶۱

جدول ۵

درجه حرارت زمین	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵
ضریب تصحیح	۱/۱۰	۱/۰۵	۱	۱/۹۵	۱/۸۹	۱/۸۴

جدول ۶

مثال: کابلی با عایق پلاستیکی در زیرزمین نصب شده و یک موتور القایی سه فاز ۱۰ کیلو

وات ۳۸۰ وات را تغذیه می کنند. مقطع کابل را با فرض حرارت زمینی ۲۰ درجه و ضریب

قدرت ۸۷ و راندمان ۸۶ محاسبه کنید

ن
رابطه

$$\eta = 86$$

$$V = 380V$$

$$I = \frac{W}{\sqrt{3} \eta V \cos \varphi} =$$

$$I = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 86 \times 87 \times 380} = 20/31A$$

$$\cos \varphi = 87$$

$$20 \text{ درجه} = \text{دمای خاک}$$

$$W = 1000 \text{ kw} = 10000 \text{ w}$$

چون دمای زیر خاک ۲۰ درجه می باشد ضریب تصحیح دمای ۲۰ درجه ۱ است پس همان

آمپر می شود. و با استفاده از جدول ۲ مقطع کابل سه فاز ۱/۵ انتخاب که تا ۲۷ آمپر مجاز

است

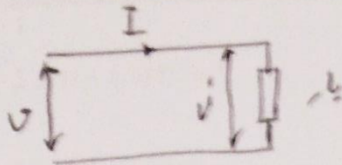
$$3 \times 1/5$$

کابل

تعیین مقطع سیم و کابل را براساس افت ولتاژ مجاز

بطوریکه می‌دانیم ولتاژ استاندارد تکفاز و سه فاز در ایران به ترتیب ۲۲۰ ولت و ۳۸۰ ولت می‌باشد. در صورتی که ولتاژ از این مقدار بطور قابل ملاحظه‌ای افزایش یابد، خرابی در دستگاه‌های برقی بوجود می‌آورد و در صورتی که از این مقادیر کاهش قابل ملاحظه یابد نیز مشکلات و اختلالاتی در کار دستگاهها ایجاد خواهد شد. در موتورهای برقی توان موتور با مجذور ولتاژ متناسب است در صورتی که ولتاژ تغذیه یک موتور برقی ۵ درصد افت داشته باشد. توان موتور ۱۹ درصد کاهش می‌یابد. در مورد لامپ‌های رشته‌دار کاهش ولتاژ به اندازه ۵ درصد توان نورانی خروجی را ۱۶ درصد کاهش می‌دهد و کاهش ولتاژ به اندازه ۱۰ درصد میزان نور ۳۰ درصد کاهش می‌یابد. دلیل این امر این است که با کاهش ولتاژ درجه حرارت کار لامپ شدیداً کاهش می‌یابد و نور تولید شده بستگی به درجه حرارت کار لامپ دارد. با توجه به نکات گفته شده در برق رسانی باید سعی شود از کاهش قابل ملاحظه ولتاژ جلوگیری به عمل آید. البته افت ولتاژ را نمی‌توان بطور کامل از بین برد و لذا مقررات حداکثر افت ولتاژ مجاز معین شده است. این افت ولتاژ در مورد مدارهای روشنایی ۴ درصد و در مورد مدارهای تغذیه موتورها ۶ درصد است.

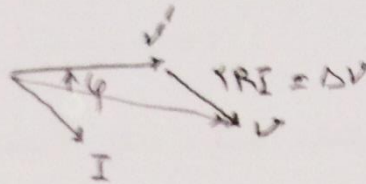
افت ولتاژ به علت مقاومت، ضریب خود القایی و ظرفیت خازن مدارها می‌باشند در خطوط برق رسانی بخصوص در سیم‌های داخل لوله بعلت نزدیک سیم‌های رفت و برگشت به یکدیگر اثرات القایی قابل صرفنظر است. همچنین بعلت طول کم مدارها اثرات خازن خط نیز قابل صرفنظر است. بنابراین در محاسبات سیم کشی داخلی تنها مقاومت سیم‌ها در محاسبات وارد می‌شوند.



$$V = V' + 2RI \cos \phi$$

$$\Delta V = V - V' = 2RI \cos \phi$$

۱- تعیین مقطع با در نظر گرفتن افت ولتاژ



در صورتی که P مقاومت ویژه هادی بر حسب اهم متر در درجه حرارت کار باشد مقاومت

$$R = \frac{PL}{A}$$

موثر هر سیم بطول L برابر است

A سطح مقطع می باشد

در صورتی که افت مجاز را با $\%u$ نمایش دهیم

$$\%u = 100 \times \frac{\Delta V}{V} = 100 \times \frac{2RI \cos \phi}{V} = 100 \times \frac{2 \frac{PL}{A} I \cos \phi}{V}$$

$$\%u = 200 \times \frac{PL I \cos \phi}{AV}$$

$$\%u = \frac{200 pLI \cos \phi}{\frac{A}{V}} = \%u = \frac{200 pLI \cos \phi}{AV}$$

$$A = \frac{200 pLI \cos \phi}{\%u \cdot V}$$

مثال: یک ماشین ظرفشویی به ظرفیت ۲ کیلو وات از طریق سیم بطول ۲۰ متر با عایق

پلاستیکی در داخل لوله تغذیه می شود. ولتاژ خط ۲۲۰ ولت می باشد. ضریب توان ۰/۷ و

راندمان ۰/۶ می باشد

(۱) مقطع سیم را در درجه حرارت ۴۰ درجه محاسبه کنید

(۲) با افت ولتاژ مجاز ۳٪ آیا مقطع سیم مناسب است

$$P = 2/062 \times 10^{-8} \text{ سیم}$$

$$W = 2 \times 10^3 \text{ w}$$

$$I = \frac{W}{V \eta \cos \phi} = \frac{2000}{220 \times 0.6 \times 0.7} = 16/23 \text{ A}$$

از جدول شماره ۲ تصحیح در دمای ۴۰ درجه (۱۸۲) بنابراین سیم

$$I = \frac{16/23}{1/82} = 19/72 \text{ A}$$

با استفاده از جدول کابل‌ها با توجه به جریان مجاز کابلی ۲/۵ بدست می‌آید

(۲) بافت ولتاژ مجاز ۳ /

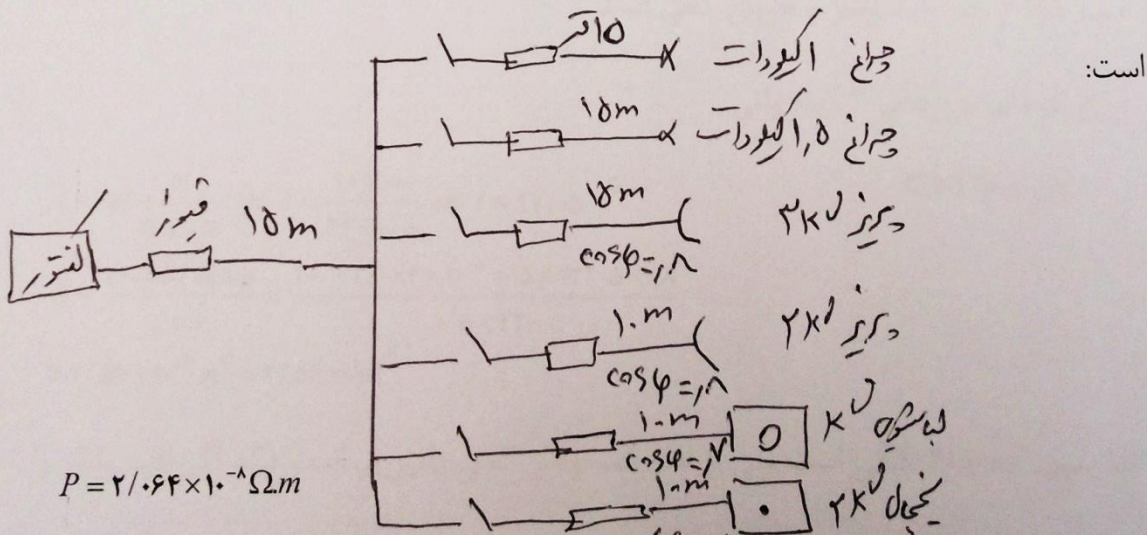
$$A = \frac{200 \times P \times L \times \cos \phi}{\% u.v} = \frac{200 \times 2/062 \times 10^{-8} \times 20 \times 16/23 \times 0.7}{3 \times 220}$$

$$A = 1/42 \text{ m}^2$$

بنابراین سیم ۲/۵ میلی متر مربع انتخاب شده از نظر افت ولتاژ نیز مناسب است

مثال: یک خانه مسکونی که از برق تکفاز استفاده می‌کند و دارای دو انشعاب برای چراغ‌ها

دو انشعاب برای پریزها و دو انشعاب برای یخچال و ماشین لباسشویی مطابق شکل زیر



مقاطع سیم‌های اصلی و انشعاب‌ها را فرض ۱ درصد افت ولتاژ در خط اصلی و ۱/۵ درصد

در هر یک از انشعاب‌ها تعیین کنید. ضریب مصرف همزمان انشعاب‌های فرعی را یک و

انشعابات اصلی را ۶۰٪ فرض کنید. آیا مقاطع محاسبه شده از نظر جریان مجاز هم مناسبند

$$P = 2/0.64 \times 10^{-8}$$

$$I = kd \frac{w}{v_1 \cos \varphi}$$

مدار روشنایی 1^{KW}

$$\left[\cos \varphi = 1 \text{ (جریان با هم)} \right]$$

$$K_d = 1 \text{ (طبق داده مسئله)}$$

$$I = kd \frac{w}{v_1 \cos \varphi}$$

$$I = \frac{1 \times 1000}{220} = 4/55 \text{ A}$$

$$A = \frac{200 \cdot P \cdot I \cdot \cos \varphi}{\% u \cdot v} = \frac{200 \times 2/0.64 \times 10^{-8} \times 15 \times 4/55 \times 1}{1/5 \times 220}$$

سطح

$$A = 1/85 \times 10^{-6} \text{ m}^2 = 1/85 \text{ mm}^2$$

مقطع سیم ۱ میلی متر مربع هم از نظر افت ولتاژ و هم از نظر جریان کافی است

$$I = kd \frac{w}{v_1 \cos \varphi}$$

$$I = \frac{1/5 \times 1000}{220} = 6/82 \text{ A}$$

$$A = \frac{200 \cdot P \cdot I \cdot \cos \varphi}{\% u \cdot v} = \frac{200 \times 2/0.64 \times 10^{-8} \times 15 \times 6/82 \times 1}{1/5 \times 220}$$

$$= 1/28 \times 10^{-6} \text{ m}^2 = 1/28 \text{ mm}^2$$

برای مدار روشنایی $1/5^{KW}$

$$K_d = 1 \text{ (طبق داده مسئله)}$$

سیم ۱/۵ از نظر افت ولتاژ و جریان کافی است

برای انشعاب پریزهای ۳ کیلو واتی

$$I = kd \frac{w}{v \cdot \cos \varphi} \Rightarrow I = \frac{1 \times 3000}{220 \times 0.8} \Rightarrow I = 17/05 \text{ A}$$

$$\cos \varphi = 0.8$$

$$A = \frac{200 \cdot P \cdot I \cdot \cos \varphi}{\% u \cdot v} = \frac{200 \times 2/0.64 \times 10^{-8} \times 15 \times 17/05 \times 0.8}{1/5 \times 220}$$

$$= 2/56 \times 10^{-6} \text{ m}^2 = 2/56 \text{ mm}^2$$

لذا سیم $2/5 \text{ mm}^2$ کافی است ولی از نظر افت ولتاژ کمی پایین تر است (که اگر افت ولتاژ رابا مقطع $2/5$ حساب کنیم برابر $1/54$ می شود) که بدون اشکال است و لذا استفاده از سیم

نمره ۴ از نظر اقتصادی به صرفه نیست

برای پریز 2^{KW} با ضریب ۸/۱

$$I = kd \frac{w}{v \cdot \cos \varphi} \Rightarrow I = \frac{1 \times 2000}{220 \times 0.8} = 11.36 A$$

$$A = \frac{200 \cdot pLI \cos \varphi}{\% u \cdot v} = \frac{200 \times 2 \cdot 0.64 \times 10^{-3} \times 10 \times 11.36 \times 0.8}{1/5 \times 220}$$

$$A = 1/14 \times 10^{-3} m^2 = 1/14 mm^2$$

لذا سیم ۱/۵ میلی متر مربع کافی است

برای ماشین لباسشویی 4^{KW} با ضریب ۷/۱

$$I = kd \frac{w}{v \cdot \cos u} \Rightarrow I = 1 \times \frac{4000}{220 \times 0.7} = 25.97 A$$

$$A = \frac{200 \cdot pLI \cos \varphi}{\% u \cdot v} = \frac{200 \times 2 \cdot 0.64 \times 10^{-3} \times 12 \times 25.97 \times 0.7}{1/5 \times 220}$$

$$= 2/73 \times 10^{-3} m^2 = 2/73 mm^2$$

لذا از سیم ۴ میلی متر مربع استفاده می کنیم که برابر جدول ۱ صفحه ۱۷ تا ۲۷ آمپر تحمل می کند.

برای یخچال ۲ کیلو واتی

$$\cos \varphi = 0.95$$

$$I = \frac{kdw}{v \cdot \cos u} = \frac{1 \times 2000}{220 \times 0.95} = 13.99 A$$

$$A = \frac{200 \cdot pLI \cos \varphi}{\% u \cdot v} = \frac{2 \times 2 \cdot 0.64 \times 10^{-3} \times 10 \times 13.99 \times 0.95}{1/5 \times 220}$$

$$A = 1/14 \times 10^{-3} m^2 = 1/14 mm^2$$

از سیم ۱/۵ استفاده می کنیم

جریان خط اصلی برابر است

$$I = 4/55 < 0 + 6/82 < 0 + 17/0.5 < -\cos^{-1}/8 + 11/36 < -\cos^{-1}/8 + \\ 25/97 < -\cos^{-1}/7 + 13/99 < -\cos^{-1}/65 = 76/83 < -36/99 \\ I = 76/83 < -36/99$$

با احتساب ضریب هم زمانی ۶/ جریان کل برابر است با:

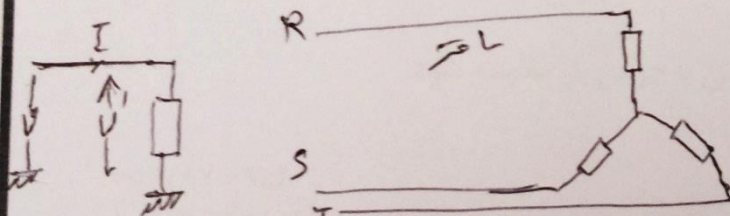
$$I = 76/83 \times 6 = 46/10 \text{ A}$$

$$A = \frac{200 pLI \cos \phi}{\% u.v} = \frac{200 \times 2/0.64 \times 10^{-4} \times 15 \times 46/10 \times \cos 36/99}{1 \times 220} =$$

$A = 17/27 \times 10^{-6} m^2 = 17/27 mm^2$ که با مراجعه به جدول سیم نمره ۲۵ مناسب تر است

افت ولتاژ در مدارات سه فاز

مدار سه فازی مطابق شکل در نظرمی گیریم که دارای طول L متر و مقاومت هر یک از سیم های آن R است و در انتهای آن بار متعادلی که جریان I با ضریب توان $\cos \phi$ می گیرد.



بسیار ساده با بار متعادل

بدیهی است که زمانی که بارها متعادل هستند جریان سیم نوترال صفر آمپر خواهد بود.

$$V = V' + RI \cos \phi \quad R = \frac{pL}{A}$$

$$V - V' = \Delta V = RI \cos \phi = I \left(\frac{pL}{A} \right) \cos \phi = 1.4 = 1 - \frac{\Delta V}{V} = 1 - \frac{pLI \cos \phi}{V \cdot A}$$

$$A = \frac{pLI \cos \phi}{u.v} = \frac{100 pL (3VI \cos \phi)}{3 u.v^2}$$

$$= \frac{100 pLW}{\% u.v^2}$$

$$= 1 - \frac{pLI \cos \phi}{V \cdot A} \Rightarrow ①$$

در رابطه ①

از فرمت دمج ۳ فاز و دواصلی استرله

توان است

در ۳ فاز یکیم هین می شود

در معادلات بالا V ولتاژ فاز و V_L ولتاژ خط و w توان بار است

مثال: یک کابل چهار سیمی بطول ۷۰ متر در هوا کشیده شده و یک مصرف کننده سه فاز متعادل ۳۸۰ ولت، ۴۰ kW با ضریب توان ۰/۸ تغذیه می کند سطح مقطع کابل برای افت ولتاژ مجاز ۲ درصد چقدر باید انتخاب شود؟ آیا این سطح مقطع از نظر جریان مجاز کافی است؟ (درجه حرارت هوا ۴۰ درجه می باشد)

$$L = 70m$$

$$V = 380V$$

$$W = 40 \text{ W}$$

$$\cos \varphi = 0.8$$

$$u\% = 2\%$$

$$A = \frac{100 p L W}{u V_L^2} = \frac{100 \times 2 / 0.64 \times 10^{-6} \times 70 \times 40000}{2 \times (380)^2}$$

$$A = 20 / 0.1 \times 10^{-6} m^2 = 20 / 0.1 mm^2$$

لذا کابل ۱۶+۳×۲۵ (کابل چهار سیم با سیم ۲۵ میلی متر برای فازها و یک سیم ۱۶ میلی متر مربع برای نول) در نظر گرفته می شود

جریان مجاز این کابل طبق جدول شماره ۴ در هوای ۳۰ درجه برابر ۱۰۵ آمپر و در هوای ۴۰ درجه برای ۹۱ آمپر است که بایستی با جریان بار مقایسه شود.

$$105 \times 0.87 = 91A$$

$$I = \frac{40 \times 1000}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.8} = 75/97 \text{ جریان بار}$$

بنابراین کابل انتخاب شده از نظر جریان مجاز نیز مناسب است

سیستم زمین الکتریکی و انواع آن

در وسایل الکتریکی نیاز است که پتانسیل بعضی قسمت های دستگاه با زمین یکی شود. برای این منظور از اتصال به زمین استفاده می شود

سیستم اتصال زمین چیست؟

همانطور که بیان شد لازم است که پتانسیل وسایل الکتریکی با زمین یکی شود. برای این منظور از اتصال زمین استفاده می‌کنیم اساس زمین کردن بر این است که جرم بزرگ زمین بعنوان پتانسیل صفر به خصوص در مهندسی برق در نظر گرفته می‌شود. و تمام قسمت‌هایی که به زمین وصل شده‌اند هم پتانسیل زمین شوند، بعبارت دیگر پتانسیل صفر زمین را بگیرند.

انواع زمین کردن

در تاسیسات برق دو نوع زمین کردن وجود دارد

(۱) زمین کردن حفاظتی (۲) زمین کردن الکتریکی

(۱) زمین کردن حفاظتی

زمین کردن حفاظتی عبارت است از زمین کردن کلیه قطعات فلزی تاسیسات الکتریکی که در ارتباط مستقیم با مدار الکتریکی قرار ندارند. این زمین کردن بخصوص برای حفاظت اشخاص در مقابل اختلاف سطح تماس زیاد بکار برده می‌شود.

(۲) زمین کردن الکتریکی

زمین کردن الکتریکی یعنی زمین کردن نقطه‌ای از دستگاههای الکتریکی و ادوات برقی که جزئی از مدار الکتریکی می‌باشند. مثل زمین کردن مرکز ستاره سیم پیچی ترانسفورماتور یا ژنراتور و یا زمین کردن سیم وسط یا سیم مشترک دو ژنراتور جریان دایم سری شده، زمین کردن الکتریکی دستگاهها به خاطر کار صحیح دستگاهها و جلوگیری از ازدیاد فشار الکتریکی فازهای سالم نسبت به زمین در موقع تماس یکی از فازها با زمین می‌باشد.

سیستم زمین فشار ضعیف

در شبکه‌های توزیع ولتاژ پایین، که نیروی الکتریکی را بین تعداد بیشتری از مصرف کننده‌ها، نهایی توزیع می‌کند، مهمترین نگرانی در طراحی سیستم اتصال به زمین امنیت مصرف کننده‌ای است که از لوازم الکتریکی استفاده می‌کند تا او را از شوک‌های الکتریکی در امان نگه دارد. این سیستم باید به گونه‌ای طراحی شود که اطمینان حاصل شود شخص مصرف کننده هیچگاه با شی فلزی که پتانسیل الکتریکی آن نسبت به شخص بیش از پتانسیل آستانه امنیت (معمولاً حدود ۵۰ ولت) است تماس نمی‌گیرد.

سیستم‌های حفاظتی

مطابق با استاندارد بین‌المللی IEC60364 سیستم‌های زمین حفاظتی به سه دسته اصلی تقسیم می‌شوند و به صورت دو حرفی نمایش داده می‌شود. بصورت سیستم TT ، TN ،

IT

انواع سیستم‌های حفاظتی:

(۱) سیستم TN:

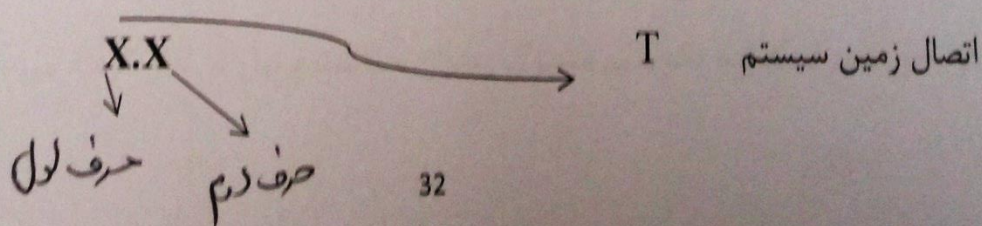
TN-S (۱)

TN-C (۲)

TN-C-S (۳)

(۲) سیستم TT

(۳) سیستم IT



ایزوله بودن از زمین سیستم I

حفاظت

استفاده از سیم نول برای تاسیسات N

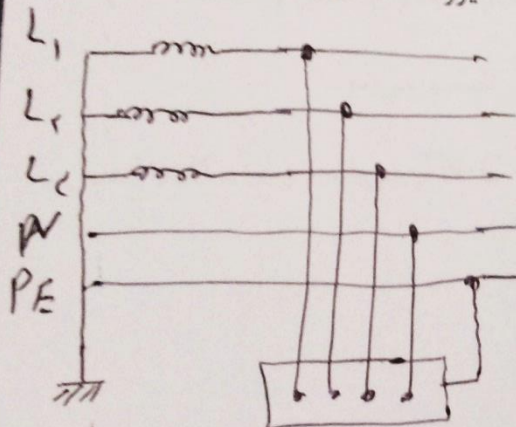
اتصال به زمین مجزا برای تاسیسات T

T: Terrain زمین S: Seprated مجزا

N: Neatral خنثی C: Combined مرکب

I: I Solated ایزوله

PE: Protective earth زمین حفاظتی



سیستم حفاظتی TN-S

در شبکه TN-S طبق استاندارد IEC

مرکز ستاره ترانسفورماتور بصورت مستقیم

به زمین متصل شده و در محل مصرف کننده

سیم‌های حفاظتی و خنثی جدا و نسبت به هم عایق می‌باشد

این نوع سیستم زمین برای اکثر سیستم‌های الکتریکی مسکونی و خنثی مورد استفاده است

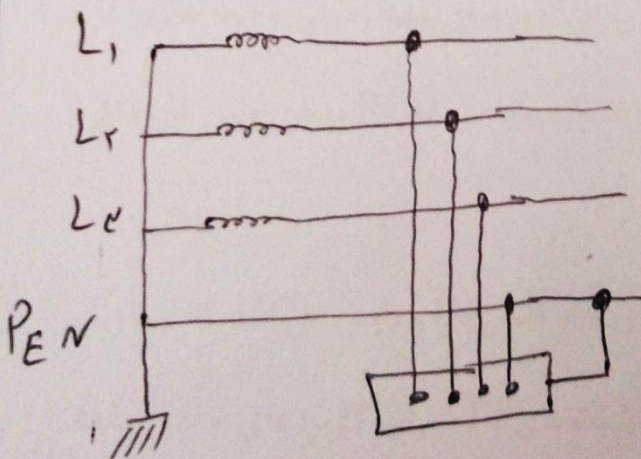
سیستم حفاظتی TN-C

در شبکه TN-c

طبق استاندارد IEC

مرکز ستاره ترانسفورماتور

بصورت مستقیم به زمین وصل شده و



در محل مصرف کننده یک سیم مشترک بعنوان حفاظت و نول در نظر گرفته می‌شود.

در این سیستم سیم نول و سیم خنثی PE با در نظر گرفتن شرایطی بطور مشترک استفاده

می شود

سیستم حفاظتی TN-C-S

شبکه TN-C-S طبق استاندارد IEC

مرکز ستاره ترانسفورماتور بصورت مستقیم به زمین

وصل شده و در محل مصرف کننده از زیر تابلوی اصلی

ژنراتور یا ترانسفورماتور تا تابلوی زیر کنتور یک سیم مشترک بعنوان خنثی و حفاظت امتداد

دارد و در تابلو مصرف کننده به دو سیم حفاظتی و خنثی تقسیم می شود.

در حقیقت این سیستم ترکیب دو سیستم TN-C و TN-S می باشد و از پرکاربردترین

سیستم های حفاظتی است

سیستم حفاظتی TT:

در شبکه TT یا (Terra- Terra) طبق استاندارد IEC

ترانسفورماتور بصورت مستقیم به زمین متصل شده و در محل مصرف کننده تجهیزات توسط

الکتروود زمین بطور مستقیم زمین شده اند. بین این دو هیچ سیم زمینی وجود ندارد. در

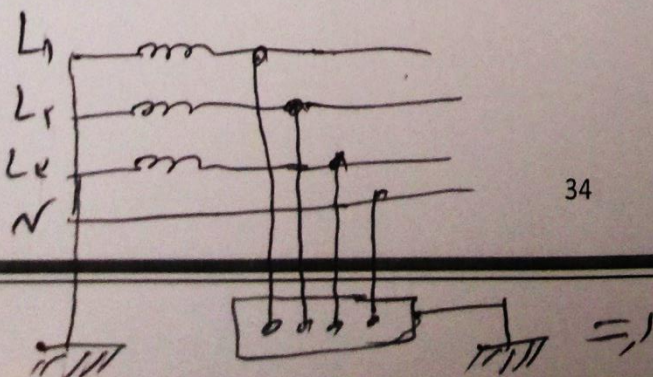
سیستم TT امپدانس فالت بزرگتر بوده و همواره باید از RCD بعنوان اولین ایزولاتور

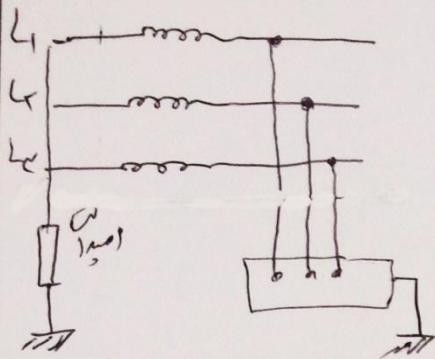
استفاده شود

بزرگترین مزیت سیستم TT عدم وجود نویزهای با فرکانس بالا و پایین می باشد که از طریق

سیستم نول متصل به تجهیزات وارد می شود. شبکه های TT برای کاربردهای خاصی مانند

سایت های مخابراتی استفاده می شود.





سیستم حفاظتی IT

در شبکه‌های IT یا Isolated- Terra

مرکز ستاره ترانسفورماتور بصورت ایزوله می‌باشد و در محل

مصرف کننده تجهیزات توسط الکتروود زمینی بطور مستقیم

زمینی شده‌اند در این سیستم‌ها جهت نظارت امپدانی از یک

مانیتور عایقی استفاده می‌شود.

ارت و سیستم‌های ارتینگ

در وسایل الکتریکی همانطور که گفته شد لازم است که پتانسیل بعضی قسمت‌های دستگاه با

زمین یکی شود برای این منظور از اتصال به زمین استفاده می‌شود.

تمام قسمت‌هایی که به زمین وصل شده‌اند هم پتانسیل زمین شوند بعبارت دیگر پتانسیل

صفر زمین را بگیرند. سیستم ارتینگ در صنعت مخصوصاً صنعت برق به معنی اتصال به

زمین می‌باشد.

اتصال زمین برای تجهیزات الکتریکی، الکترونیکی، مخابراتی، دکل‌ها و... از ارکان اصلی بوده

و نمی‌توان آن را نادیده گرفت برای داشتن یک سیستم ارتینگ استاندارد و برای حفاظت از

برخورد صاعقه و برق گرفتگی ناشی از اتصال کوتاه و اتصال الکتریسته به بدنه فلزی دستگاه-

های الکتریکی و برقی موجود در منزل و کارگاه که به برق وصل می‌شود و در اثر تماس

انسان برای وی خطر ایجاد می‌کند معمولاً بهترین راه احداث چاه ارت است.

دلایل مهم استفاده از ارتینگ

- حفاظت و ایمنی جان افراد

- جلوگیری از ولتاژ تماسی و برق دار نشدن بدنه فلزی تجهیزات

- جلوگیری از نویزپذیری

- دفع صاعقه و ولتاژهای ناخواسته

- حذف ولتاژ اضافی و الکتریسته ساکن

ضرورت اجرای سیستم ارتینگ برای حفاظت جان افراد و تجهیزات مربوطه ضرورت دارد و تمامی کارگاههای ساختمانی و عمرانی و برجهای بزرگ باید از سیستم ارت استفاده کنند. عملکرد چاه ارت در حفظ ایمنی موثر می باشد. در بعضی مکان ها از سیستم ارتینگ استفاده می شود و در برخی دیگر از چاه ارت استفاده می شود. با توجه به این که سیستم ارتینگ از نوع حفاظتی یا الکتریکی باشد می توان از روش های مختلف چاه ارت استفاده کرد.

چاه ارت

چاه ارت یک سیستم حفاظتی می باشد که برای حفظ ایمنی بیشتر در اکثر مکان ها اجرا می شود. اجرای چاه ارت می تواند در هر مکانی انجام شود. بطوری که در برخی زمین ها اجرای چاه ارت به صورت عمقی و در بعضی دیگر به صورت سطحی انجام می شود. برای حفر چاه ارت به صورت عمقی بایستی زمین دارای خاک مناسب باشد و در برخی زمین ها که امکان چاه ارت به صورت عمقی وجود ندارد. اجرای چاه ارت بصورت سطحی انجام شود.

اجرای چاه ارت

جهت اجرای چاه ارت لازم است ابتدا چاهی به قطر حدود ۸۰ سانتی متر و عمق ۴ تا ۶ متر ترجیحاً درون مناطقی مانند باغچه حفر کنیم. اندازه چاه به نوع خاک و مکان محل اجرا بستگی دارد اما معمولاً باید به حدی کنده شود که به رطوبت طبیعی خاک برسیم که در بعضی مناطق که دارای خاک پست می باشند عمق ۴ متری کافی است اما در مناطقی که ماسه‌ای است حداقل ۶ متر توصیه می شود

برخی از مراحل اجرای چاه ارت

بعد از اینکه چاه برابر مطالب گفته شده کنده شد جهت اتصال سیم مسی به صفحه مسی از جوش احتراق و یا با پیچ‌ها و کابل‌شوهای بی‌متال به صفحه مسی وصل شود. قبل از قرار دادن صفحه، ریختن حدود ۲۰ سانتی متر مواد کاهنده یا بتونیت به درون خاک الزامی است برای حفظ رطوبت خاک لازم است یک لوله پولیکا جهت تزریق آب نیز در نظر گرفته شود و پس از ریختن بتونیت و موادی مانند زغال و نمک درون چاه را با خاک نرم پر می کنند

مزایای بکار بردن اتصال ارتینگ به موارد زیر اشاره می شود:

- باعث می شود که دستگاههای برق گیر به درستی عمل کنند.
- باعث کشف اتصالی‌ها و عیب سیستم در کمترین زمان ممکن
- مانع از افزایش ولتاژ سیستم در اثر بروز اتصالی و افت ولتاژ بر اثر عدم تعادل بار
- حفظ جان اپراتورها و تعمیرکاران در مقابل برق گرفتگی
- حفاظت الکتریکی تجهیزات را فراهم می کند.

تست سیستم زمین

(۱) تست سیستم زمین با استفاده از ترانسفورماتور

در این تست مقاومت چاه ارت با استفاده از دستگاه ترانسفورماتور ایزوله و یک عدد ولتمتر و یک عدد آمپر متر بدست می‌آید. در ابتدا میله‌ها را در زمین قرار داده و یک سر آزاد ترانس را به سیم چاه ارت و سر دیگر را به میله اول وصل می‌کنیم.

(۲) تست سیم زمین با استفاده از دستگاه ارت سنج

در این روش با دستگاه ارت سنج یا میگر سیستم ارت را تست می‌کنیم ارت سنج دارای ۳ میله می‌باشد بطوریکه میله اول را به سیم مسی و ۲ میله دیگر را در فواصل ۱۰ و ۲۰ متری چاه ارت در زمین قرار می‌دهیم و سپس مقاومت چاه ارت را قرائت می‌کنیم.