رعایت ایمنی در شبکه های توزیع برق (قسمت اول)

مقدمه:

ایمنی به معنی در امان بودن از خطر و میزان دوری از خطر است. تحقق ایمنی محیط کار با رعایت کامل قوانین، مقررات، آئین نامه ها و دستورالعمل های ایمنی فنی و بهداشتی کار و وزارت نیرو بدست می آید.

در اجرای پروژه‌ها و در هنگام کار با برق و تجهیزات الکتریکی رعایت ایمنی فردی و گروهی ضروری می‌باشد و همچنین با رعایت رفتارهای ایمن باید موارد زیر در محیط کارگاه ایمن گردد:

- خطری متوجه مجری کار نشود.
- خطری متوجه گروه اجرایی نشود.
- خطری متوجه رفت و آمد عابرین پیاده و وسایل نقلیه نشود.
- تأسیسات زیربنایی موجود دچار حادثه و اتفاق نگردند.

تعاریف:

ایمنی: میزان یا درجه دور بودن از خطرات و یا در امان بودن از ریسک غیرقابل قبول یک خطر

HSE (بهداشت، ایمنی، محیط زیست):

- Health (سلامتی و بهداشت):
  - بهداشت کار (مباحث پیشگیرانه در صنعت)
  - طب کار (عوامل زیان آور فیزیکی ،شیمیایی، بیولوژیکی ، ارگونومیکی و روانی)
  - خدمات پرستاری و توان بخشی مرتبط با کار
- Safety (ایمنی):
  - ایمنی در عملیات شامل: حفاری ،کار در ارتفاع، جوشکاری و برشکاری، ایمنی ماشین آلات و...
  - ایمنی در پروژه ها شامل: ایمنی انبار، مدیریت حریق، محصورسازی، علائم هشداردهنده و ...
  - ایمنی اشخاص در پروژه ها شامل: استفاده از تجهیزات حفاظت فردی و گروهی
- Environmental (محیط زیست):
  - در پروژه‌های مختلف شامل موارد هوا، خاک، آب، منابع آلاینده و همچنین حفاظت از منابع طبیعی

انواع حوادث:

حادثه: رویدادی است که منجر به جراحت، بیماری یا مرگ شود.

حوادث شدید: منجر به فوت، نقص عضو، غیبت بیش از ۳ روز از محل کار.

حوادث کوچک: منجر به غیبت یک روز از محل کار.

حوادث جزیی: با کمک‌های اولیه در محل کارگاه رفع می‌شود.

شبه حادثه: رویدادی که منجر به صدمه جسمی به کارگر نشده و در واقع به خیر گذشته است.

طبق بررسی‌های انجام شده، مشخص شده است که وقتی در یک کارگاه یک حادثه شدید اتفاق افتاده، تعداد حوادث کوچک و جزیی بیشتر بوده است، تعداد شبه حوادث نیز به مراتب بیشتر از آن بوده است (حدود ۶۰۰ به یک). ضمن اینکه شبه حوادث که منجر به صدمه به افراد نشده است، کمتر ثبت و گزارش می شوند. به همین دلیل شبه حوادث که چه بسا هر کدام استعداد ایجاد یک حادثه شدید را نیز داشته باشند، بصورت حوادث پنهان در کارگاه باقی می‌مانند و اقدامات اصلاحی نیز در مورد آنها صورت نمی‌گیرد.

توجه: شبه حوادث (موارد بخیر گذشت) باید ثبت و گزارش شود، تا موارد غیر ایمن در محیط کار اصلاح گردد و تبدیل به حادثه نشود.

مثال شبه حادثه: اپراتور بالابر با سیمبان داخل سبد حرکت می‌کند. در عبور از دست‌انداز و ترمز کردن، سیمبان به بیرون پرت شده ولی در لحظه آخر موفق می‌شود که دست خود را به لبه سبد بگیرد و حادثه نبیند.

خطوط برق فشارضعیف: ۲۲۰ولت تکفاز و ۳۸۰ولت سه فاز

خطوط برق فشارمتوسط: ولتاژهای ۱۱ و ۲۰ و ۳۳ کیلوولت

خطوط انتقال: خطوط انتقال نیروی برق که دارای ولتاژ بالاتر از ۶۳ کیلوولت هستند.

شرکت توزیع نیروی برق: معمولاً وظیفه تأمین برق مشترکین (خانگی ، تجاری، کشاورزی، صنعتی و عمومی) به عهده شرکت‌های توزیع می‌باشد، که این امر با بکارگیری شبکه‌های فشارمتوسط (۱۱و ۲۰ و ۳۳ کیلوولت) و فشارضعیف (سه فاز ۳۸۰ولت و تکفاز ۲۲۰ولت) انجام می‌شود.

سیستم توزیع اولیه: سیستم توزیع اولیه بخشی از سیستم در ولتاژهای بالاتر بوده و برای برق‌رسانی به واحدهای بزرگ‌تر با مصرف بیشتر نسبت به مصرف‌کنندگان ولتاژ ضعیف کاربرد دارد.

سیستم توزیع ثانویه: سیستم توزیع ثانویه سیستمی فشار ضعیف است و در ولتاژ ۳۸۰ ولت بین دو فاز و ۲۲۰ ولت بین فاز و نول کار می‌کند. مدار توزیع اولیه، توان را به پست‌های مختلف توزیع ثانویه تحویل می‌دهد.

خطوط هوائی شبکه‌های توزیع: خطوطی هستند که هادی‌های جریان برق با رعایت اصول فنی و ایمنی، بالاتر از سطح زمین بصورت آویزان بر روی پایه‌ها و یا نگهدارنده‌ها مهار شده است.

خطوط زمینی برق: خطوطی هستند که هادی‌های جریان برق با رعایت اصول فنی و ایمنی، در پایین‌تر از سطح زمین بصورت مستقیم و یا با احداث ابنیه مخصوص نصب می‌شوند.

رله (Relay)

نوعی کلید الکتریکی سریع یا بی‌درنگ است که با هدایت یک مدار الکتریکی دیگر باز و بسته می‌شود. روش کنترل باز و بسته شدن این کلید الکتریکی به صورت‌های مختلف مکانیکی، حرارتی، مغناطیسی و... می‌باشد.

بدیهی است انواع شبکه‌های توزیع نیاز به حفاظت اتوماتیک دارند که این کار توسط رله‌ها انجام می‌شود. رله‌ها در صورت لزوم با قطع کردن جریان الکتریکی مانع از ایجاد خطرات در شبکه می‌شوند.

رله اور کارنت (over current)

رله کنترل جریان رله‌ای است که وظیفه آن پایش دائمی جریان و نگه داشتن آن در محدوده تعریف شده توسط کاربر است. در واقع، رله کنترل جریان علاوه بر محافظت در برابر اضافه‌جریان، اگر جریان از حدی کمتر باشد نیز عمل خواهد کرد و مدار را قطع می‌کند. زمان قطع به تنظیماتی بستگی دارد که توسط کاربر تعریف می‌شود.

این رله‌های مشخصه جریان زمان خاصی دارند و برای کارکرد فقط کافیست میزان جریان و مدت زمان را به آنها اعلام کرده و وقتی جریانی بیشتر ار آن مقدار ، از رله عبور کند و زمان عبور آن از زمان داده شده به رله اضافه جریان بیشتر باشد ، رله عمل خواهد کرد و وظیفه ی حفاظت خود را نشان خواهد داد.

رله های اضافه جریان جهت دار

در بین رله های اضافه جریان نیز رله اضافه جریان جهتی کاربرد فراوانی دارد. امروزه از رله های جریان زیاد جهت‌دار به طور گسترده در سیستم های قدرت چه از نوع شعاعی و چه از نوع حلقوی به عنوان اقتصادی ترین بخش سیستم حفاظتی استفاده می‌شود. معایب بسیاری از رله ها که به تنهایی کاربردی ندارند عدم جهت دار بودن آن ها می‌باشد. رله های جریان زیاد جهت دار یا همان رله های اضافه جریان جهت دار در خطوط چند سو تغذیه رینگ و پارالل مورد استفاده قرار می‌گیرند و یا رله های جهت توان که جهت پرهیز از موتوری شدن ژنراتور هنگام قطع کوپلینگ آن به کار می‌رود.

رله دیستانس (Distance Relay)

رله دیستانس یک وسیله محافظت از راه دور است که برای اندازه‌گیری نقطه خطا طراحی شده است. عملکرد این رله به مقدار امپدانس بستگی دارد. وقتی امپدانس نقطه معیوب کمتر از امپدانس رله باشد، قطع‌کننده مدار (دژنکتور) را قطع کرده و کنتاکت‌ها را می‌بندد. ولتاژ و جریان عبوری از ترانس ولتاژ (PT) و ترانس جریان (CT) به طور مداوم توسط رله کنترل می‌شود و فقط در صورتی که نسبت ولتاژ و جریان (مقدار امپدانس) کمتر از مقدار امپدانس از پیش تعیین شده باشد، رله شروع به کار می‌کند.

رله ارت فالت (Earth Fault Relay)

رله ارت فالت (خطای زمین) یک دستگاه الکترونیکی است که برای تشخیص و حفاظت از دستگاه‌های الکتریکی در برابر شوک الکتریکی و آتش سوزی ناشی از خطرات ارت فالت (نشت برق به زمین) طراحی شده است.

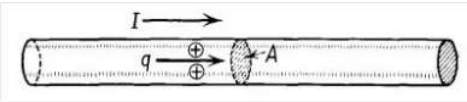
رله ارت فالت با اندازه گیری جریان بین نقطه‌ای از سیستم الکتریکی و زمین، اگر جریان اندازه‌گیری شده بیش از حد مجاز باشد، بلافاصله عملکرد حفاظتی خود را شروع می‌کند و با قطع کردن جریان الکتریکی مانع از ایجاد خطرات جدی مانند شوک الکتریکی و آتش سوزی می‌شود.

رله سنسیتیو (S. E. F)

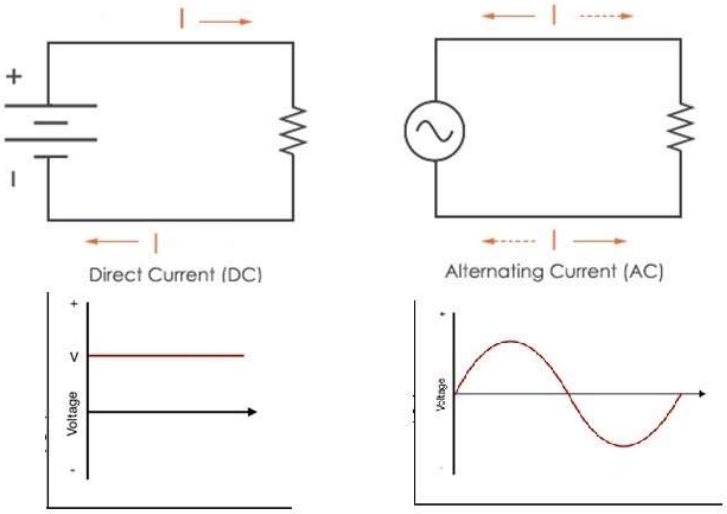
این رله همانند رله اِرت فالت می‌باشد با حساسیت جریانی بسیار بالا، یعنی چنانچه سیم ها بر روی زمین قرار گیرد و به دلیل بالا بودن مقاومت زمین رله اِرت فالت عیب را تشخیص ندهد، رله سنسیتیو اِرت فالت (S. E. F) عمل می‌نماید.

اصول اولیه برق

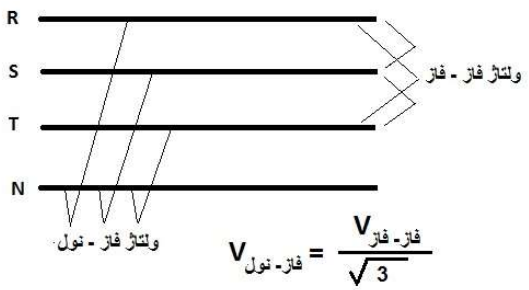
جریان: به مقدار بار عبوری در واحد زمان، از مقطع A، جریان الکتریکی گفته می‌شود.



انواع جریان: جریان DC جریان مستقیم (باطری‌ها) و جریان AC جریان متناوب (برق شهر) می‌باشد.

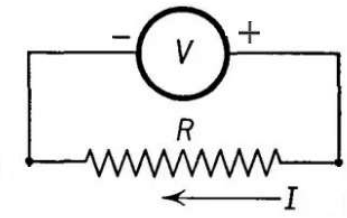


ولتاژ: به اختلاف پتانسیل دو سر یک بسترِ رسانا ولتاژ می‌گویند و جهت حرکت بارها همواره از پتانسیل بالاتر به پتانسیل کمتر است. (به بیان ساده ولتاژ، قدرت هل دادن الکترون است.)



قانون اهم

به ضریب ثابتی که جریان الکتریکی (I) و اختلاف پتانسیل (V) دو سر رسانا را به یکدیگر ارتباط می‌دهد، مقاومت الکتریکی (R) گفته می‌شود که واحدآن اهم است؛ این رابطه به صورت زیر بیان می‌شود:

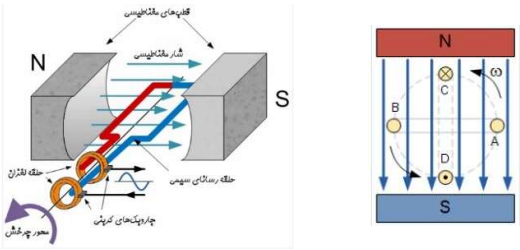


$$R = \frac{V}{I}$$

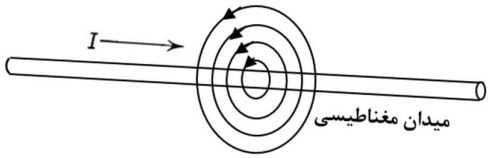
تولید برق

طبق اصل القای الکترومغناطیسی، هنگامی که یک سیم هادی در میدان مغناطیسی دائمی حرکت و خطوط شار را قطع کند، یک نیروی محرکه الکتریکی در آن القا می‌شود (تولید برق).

تولید برق در ژنراتور: شکل زیر نحوه تولید نیروی محرکه الکتریکی در یک هادی ژنراتور را نشان می‌دهد.



تولید برق در مجاورت خطوط برقدار: با عبور جریان برق از درون یک هادی، در اطراف آن یک میدان الکترومغناطیس دوار تشکیل می‌شود. قدرت میدان مغناطیسی به مقدار جریان سیم و فاصله از سیم بستگی دارد.



با توجه به شکل بالا در وجود میدان مغناطیسی در اطراف خط برقدار و بیان این مطلب، که با حرکت یک هادی درون میدان مغناطیسی نیروی محرکه الکتریکی در آن القا و تولید برق می‌شود، بدیهی است کار در مجاورت خطوط برقدار بر روی هادی‌های بدون برق همراه با تولید برق و خطرناک می‌باشد. (حتماً باید هادی ارت شود.)

البته باید به این نکته توجه شود که در برق متناوب، میدان مغناطیسی ثابت نیست، که در نتیجه اگر هادی‌های مورد عملیات ثابت هم باشند، در آنها تولید برق می‌شود.

انواع توان

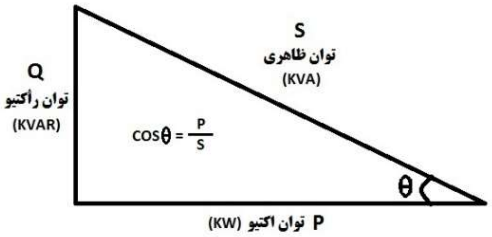
سه نوع توان در سیستم‌های الکتریکی تعریف می‌شوند:

- توان حقیقی یا اکتیو: واحد آن وات (W) و آن را با P نشان می‌دهند.
- توان موهومی یا رأکتیو: واحد آن وار (VAR) و آن را با Q نشان می‌دهند.
- توان ظاهری یا ظرفیت: واحد آن ولت آمپر (VA) و آن را با S نشان می‌دهند.

فرمول بین توان و ولتاژ و جریان به شرح زیر می‌باشد:

(سه فاز) $S = \sqrt{۳}.V.I$ (تک فاز) $S = V.I$

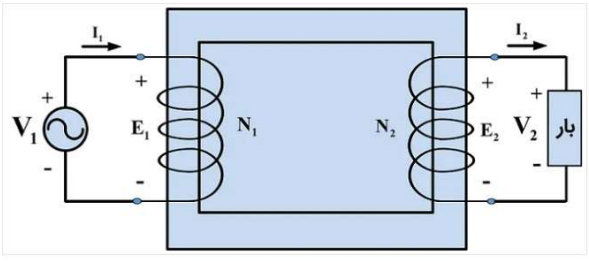
ضریب توان: طبق تعریف ضریب توان (کسینوسθ) برابر با نسبت توان اکتیو به توان ظاهری است. این پارامتر، عددی بین صفر و یک است و هرچه مقدار ضریب توان به ۱ نزدیک‌تر باشد، بازده سیستم بالاتر خواهد بود. ضریب توان، واحدی ندارد.



ترانسفورماتور به زبان ساده

می‌دانیم که با عبور جریان از درون یک سیم هادی، در اطراف آن میدان مغناطیسی بوجود می‌آید. در سیم‌پیچ اولیه ترانس که برقدار است، با تجمیع شار مغناطیسی درون هسته و هدایت به طرف ثانویه ترانس، با عبور شار مغناطیسی از سیم‌پیچ ثانویه، یک نیروی محرکه الکتریکی در آن القا و تولید برق می‌شود.

شکل زیر مدار یک ترانسفورماتور تکفاز را نشان می‌دهد. سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه ترانس، به ترتیب N1 و N2 دور دارند. ولتاژ و جریان مربوط به هر سیم‌پیچ هم روی شکل نشان داده شده است.



با فرض ایده‌آل بودن ترانسفورماتور می‌توان نسبت‌های زیر را نوشت:

$$V_1 I_1 = V_2 I_2 \qquad V_1 = aV_2 \qquad \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} = a \qquad \frac{E_1}{E_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} = a$$

ترانسفورماتورهای توزیع

جدول مشخصات و ظرفیت‌های استاندارد ترانسفورماتورهای توزیع که کاربرد آنها در شبکه فشارمتوسط ۲۰ و ۳۳کیلوولت می‌باشد، در زیر آورده شده است:

Dimensions in mm													
Rating (kVA)	HV (kv)	Figure	L	W	H	a1	a2	ER	T	h1	B	C	Total weight (kg)
25	20	1	845	690	1220	-	-	520	690	-	-	-	345
50	20	2	865	690	1265	-	-	520	690	-	-	-	430
50	33	3	1150	840	1600	-	-	520	690	-	-	-	570
100	20	3	950	690	1520	-	-	520	690	-	-	-	580
100	33	3	1150	770	1680	-	-	520	690	-	-	-	690
125	33	3	1080	800	1550	-	-	520	690	-	-	-	800
200	20	4	990	720	1640	-	-	520	690	-	-	-	830
200	33	4	1160	730	1730	-	-	520	690	-	-	-	1020
250	20	4	1395	810	1580	-	-	520	690	-	-	-	995
250	33	4	1290	820	1740	-	-	520	690	-	-	-	1130
315	20	5	1480	970	1620	1480	1080	670	840	176	50	150	1210
315	33	5	1420	995	1810	-	-	670	840	176	50	150	1290
400	20	5	1715	980	1750	1620	1145	670	840	176	50	150	1495
400	33	5	1385	1025	1925	1790	-	670	840	176	50	150	1625
500	20	5	1710	1040	1840	1240	1710	670	840	176	50	150	1675
500	33	5	1460	1100	1950	1820	-	670	840	176	50	150	1875
630	20	5	1635	1085	1900	1770	1300	670	840	176	50	150	2030
630	33	5	1565	1070	1990	1860	-	670	840	176	50	150	2240
800	20	5	1820	1095	2100	1965	1410	670	840	232	68	200	2430
800	33	5	2030	1170	2145	1970	-	670	840	232	68	200	2510
1000	20	5	1940	1155	2270	2110	1575	820	1030	232	68	200	2935
1000	33	5	2110	1165	2325	2145	-	820	1030	232	68	200	2960
1250	20	5	2100	1270	2380	2225	1680	820	1030	232	68	200	3720
1250	33	5	2130	1260	2460	2280	-	820	1030	232	68	200	3465
1600	20	6	2225	1350	2455	2310	1755	820	1030	232	68	200	4570
1600	33	5	1960	1520	2490	2310	-	820	1030	232	68	200	4315
2000	20	6	2195	1380	2435	2290	1740	1070	1285	232	68	200	4895

اتصال زمین های الکتریکی و حفاظتی پست هوائی:

به طور کلی هر پست هوایی باید دارای دو حلقه چاه ارت باشد، که چاه ارت حفاظتی در نزدیک‌ترین فاصله به پست هوایی و چاه ارت الکتریکی به فاصله حداقل ۲۰ متر از چاه حفاظتی احداث می‌گردد.

مسیر اتصال خروجی برقگیرها، بدنه ترانسفورماتور و بدنه تابلوی توزیع منصوبه، باید پس از همبندی در شعاع یک متری اطراف پست هوایی (در فضاهایی که امکان اجرا وجود دارد) با سیم مسی به مقطع ۵۰ میلیمتر مربع و در عمق کانال ۴۰ سانتیمتری اجرا شود و ارتباط آن به الکترود چاه حفاظتی صورت گیرد. شینه نول تابلو فشار ضعیف نیز که از بدنه تابلو ایزوله است، باید توسط سیم یا کابل با مقطع ۵۰ به الکترود چاه الکتریکی متصل گردد.

مقاومت زمین نقطه خنثی ترانسفورماتور در این حالت نباید از ۵ اهم تجاوز نماید، ولی جهت ایمنی و اینکه سیستم حفاظتی باید به فوریت عمل نماید، لذا مقاومت چاه حفاظتی باید به مقدار کافی کوچک بوده و از ۲اهم تجاوز ننماید.