

بهره بردار:

مسئول بهره برداری با تعریف فوق است

مشخصات اپراتور بهره بردار:

دارای سلامت جسم و روح - مسئولیت پذیر - خونسرد - دارای دانش و تجربه کافی - دارای سرعت عمل - صادق

دستورالعمل ثابت بهره برداری:

با توجه به رشد بار(مصرف) در شبکه برق نیاز به دستورالعملهایی برای نحوه بهره برداری از تجهیزات از توانیر صادر میشود

تعاریف تجهیزات

خط L	ژنراتور G	فیدر F	ترانسفورماتور T
ترانس ولتاژ PT-VT	ترانس خازنی CVT	ترانس توزیع داخلی	SS
ترانس نولساز GT	برقگیر LA		
...			

ولتاژ 400 کیلوولت	کد 9	ولتاژ 230 کیلوولت	کد 8
ولتاژ 132 کیلوولت	کد 7	ولتاژ 66-63 کیلوولت	کد 6
ولتاژ 20 کیلوولت	کد 4	ولتاژ 11 کیلوولت	کد 3

سکسیونر خط	کد 3	بریکر	کد 2	سکسیونر زمین	کد 9
.....					

مثلا 6042 یعنی بریکر خط 604 که دارای ولتاژ 66kv میباشد

رنگ و لثاژ در هنگام رسم نقشه های شبکه برق

قهوه ای	بالای 400 کیلوولت
بنفش	400 کیلوولت
قرمز	230 کیلوولت
سبز	132 کیلوولت
آبی	66 و 63 کیلوولت
نارنجی	33 کیلوولت
زرد	11-20 کیلوولت
مشکی	11 کیلوولت به پایین

مقررات نگهداری از تجهیزات برق (تولید انتقال فوق توزیع توزیع)

وظیفه بهره‌بردار شبکه های برق ، نظارت مداوم بر کارکرد صحیح کلیه تجهیزات داخل اتاق فرمان و محوطه سویچ یارد و کلیه محلهای مرتبط و همینطور نظارت بر کار گروه تعمیرات و یادداشت کلیه اطلاعات و آمار و ارقام و حوادث و عملکرد تجهیزات و گزارش کامل و بموقع به مراجع ذیربط میباشد

قطع تجهیزات

- 1- دستی
- 2- اتوماتیک

قطع دستی

زمان انجام قطع دستی

- 1- زمانیکه دیسپاچینگ مشکلی در شبکه سراسری ببیند و به ایستگاه اعلام نماید
- 2- زمانیکه گروه تعمیرات طبق مجوز درخواست نماید
- 3- زمانیکه بار خطوط خروجی و ترانسفورماتور به 95٪ مقدار مجاز و ست set شده برسد
- 4- زمانیکه ولتاژ ورودی ایستگاه آنقدر زیاد شود که به غیر قابل تحمل برسد
- 5- زمانیکه ولتاژ خروجی ایستگاه کاهش یابد و به غیر قابل تحمل

در قطع و وصل دستی رعایت نکات ذیل در حراست از جان انسانها و حفظ و نگهداری و بهبود بهره‌برداری عدم اعمال خاموشی و عمر تجهیز اهمیت دارد

نحوه انجام قطع دستی

- 1- هماهنگی با واحدهای پنج گانه جهت اعلام آمادگی برای قطع و دریافت مجوز خاموشی و صدور کارتها و فرمهای مخصوص (1- دیسپاچینگ 2- بهره‌برداری 3- ایستگاههای مبادی و واردکننده انرژی به این ایستگاه 4- ایستگاههای دریافت کننده و مصرف کننده و مقاصد انرژی از این ایستگاه 5- گروههای انسانی تعمیر و بازسازی و طرح)
- 2- قطع کلید و خارج نمودن تک به تک فیدرهای خروجی سپس قطع کلید ورودی (چنانچه باشد و یکباره بار زیادی از تجهیز برداشته شود هم به کلید قدرت و هم در اثر اضافه ولتاژ ناشی از قطع کلید به عایقی تجهیزات آسیب میرسد)
- 3- اعلام زمان قطع به پنج واحد فوق و حصار کشی تجهیزات برقرار از بی برق (و تحویل به گروه تعمیرات و بازسازی و طرح)

XX

4- پس از اتمام کار و دریافت کارتهای پایان کار و برداشتن حصار و هماهنگی کامل با واحدهای پنج گانه فوق ، برقدار نماید بترتیب زیر (کلیه خروجیها حتما قطع باشد - ورودی وصل گردد - خروجیها تک تک برقدار شوند)

توجه: هنگام قطع دستی کلید جهت گروه تعمیرات یک تجهیز ، بایستی پس از قطع کلید سکیونر طرفین کلید باز گردد و سکیونر زمین بسته شده و سکیونر ها قفل و کلید آن قفل تحویل گروه تعمیرات گردد و در انتها هنگام بازگشت گروه تعمیرات و اتمام کار قفل ها باز و پس از اطمینان از اینکه کلید هنوز قطع است با هماهنگی امورهای ذیربط ، سکیونر طرفین کلید را بسته و سپس کلید وصل نماید

قطع اتوماتیک

هنگامیکه اتوماتیک یک خط خروجی قطع شود

- 1- کلیه علائم هشدار دهنده و آلامها و وضعیت کلیدها یادداشت نماید
- 2- نام ایستگاه و زمان قطع و علت قطع و مقدار بار قطع شده و نام تجهیزات عمل کننده و عملکرد رله های حفاظتی و اینکه این قطع چه تاثیری بر شبکه گذاشته و چه حوادث طبیعی در منطقه بوده و اعلام نیاز به وصل مجدد به دیسپاچینگ و واحدهای ذیربط اعلام شود و در دفاتر ثبت گردد (هینطور اعلام اینکه همزمان با این قطعی چه حوادث دیگری همزمان رخ داده)
- 3- پس از اطمینان از رفع عیب در خطوط خروجی (یا اطمینان از اینکه عیب گذرا در طول خط بوده) با هماهنگی، با امورهای مرتبط ، برقرار نماید

هنگامیکه اتوماتیک خط ورودی قطع شود و ایستگاه بی برق گردد

- 1- کلیه علائم هشدار دهنده و آلامها و وضعیت کلیدها یادداشت شود
- 2- به امورهای ذیربط اطلاع دهد
- 3- کلیه کلیدهای خروجی قطع شود
- 4- با هماهنگی با امورهای مرتبط ، کلید ورودی وصل و تک به تک کلیدهای خروجی برقرار نماید

هنگامیکه اتوماتیک یک تجهیز قطع شود

- 1- کلیه علائم هشدار دهنده و آلامها و وضعیت کلیدها یادداشت شود
 - 2- به امورهای ذیربط اطلاع دهد
 - 3- کلیه کلیدهای لازم قطع شود
- با هماهنگی با امورهای مرتبط ، کلیدهای لازم وصل و وضعیت تجهیز عادی گردد
- تذکر: در صورتیکه ترانسفورماتور قدرت با عملکرد رله دیفرانسیل و بوخهلتس از سرویس خارج شد بایستی گروه تعمیرات در محل حاضر گردد و بهیچوجه بدون تایید گروه تعمیر و بازدید کننده از ترانس قدرت نباید ترانس برقرار گردد.

مقررات حفاظت

کارت‌های حفاظت

- 1- کارت حفاظت شخصی
- 2- کارت حفاظت دستگاه
- 3- کارت احتیاط
- 4- فرم تضمین

کلیه کارت‌ها دارای محلهایی می‌باشد که شامل نام و نام خانوادگی و موقعیت و عیب تجهیز و مسئولیت نفرات و توضیحات می‌باشد

کارت احتیاط :

کارتی که برای صدور آن عملیات بی برق شدن و جداسازی صورت نمی‌گیرد در نتیجه هیچ حفاظتی را تضمین نمی‌کند

کاربرد کارت احتیاط : در شرایطی که گروه‌هایی در کنار خط گرم می‌خواهند مشغول بکار شوند این کارت توسط متقاضی از ایستگاه درخواست می‌شود و مفهوم آن اینکه اگر حین کار گروه در طول خط ، کلید خط در ایستگاه قطع شد کلید خط در ایستگاه بدون هماهنگی با متقاضی صدور کارت نباید وصل گردد.

کارت حفاظت شخصی :

کارتی که برای صدور آن عملیات بی برق شدن و جداسازی صورت می‌گیرد در نتیجه این عملیات محیط کار ایمن می‌شود (برای ولتاژهای زیر یک کیلو ولت)

کاربرد کارت حفاظت شخصی : در شرایطی که گروه‌های تعمیراتی تصمیم به تعمیر بخشی از سیستم را می‌گیرند با تکمیل کارت این بخش با هماهنگی امورهای ذیربط بدون انرژی برق گردیده و با حصار کشی تحویل گروه متقاضی می‌گردد

بعد از اتمام کار تعمیرات ، گروه تعمیرات باید وسائل اضافی از پای کار جمع نموده و مسئول تعمیرات تقاضای ابطال کارت حفاظت نماید مسئول ایستگاه با بازدید از محل و هماهنگی امورهای ذیربط اقدام به برقرار نمودن نماید

هر کارت مخصوص یک کار می‌باشد بنابراین کار گروه‌های همزمان کارت جداگانه لازم دارد

کارت حفاظت دستگاه :

کارتی برای حفظ دستگاه از آسیب بیشتر و پایداری شبکه برق و جلوگیری از صدمات جنبی کاربرد کارت حفاظت دستگاه : در شرایطی که مسئول ایستگاه وضعیت نامطلوبی را مشاهده کند برای جلوگیری از صدمات بیشتر این کارت صادر می‌شود مثلاً صدای ناهنجار از فن ترانس قدرت باید کارت صادر و کلید مربوط به فن قطع و کارت روی این کلید نصب شود و تقاضای اعزام گروه تعمیرات گردد.

XX

وظیفه بهره‌برداری

- 1- حفظ و پایداری و بهم پیوستگی شبکه تولید و انتقال
- 2- کنترل فرکانس و تولید نیروگاهها
- 3- کنترل تبادل بار نواحی مجاور و کنترل بار ایستگاهها و خط و ترانس و نیروگاهها
- 4- کنترل ولتاژ
- 5- پیش بینی بار
- 6- کنترل ورود و خروج افراد و نظارت بر برنامه تعمیرات و دوره‌ای و حصار کشی جهت تعمیرات
- 7- مانور عملیات
- 8- تهیه آمار و گزارش

وظیفه دیسپاچینگ

(مشاهده و کنترل شبکه برق از راه دور)

- 1- کنترل شبکه تحت پوشش ترانس 0 کابل - خط و تجهیزات و صدور دستور
- 2- ایجاد هماهنگی با مرکز کنترل دیسپاچینگ منطقه
- 3- اعمال کنترل صحیح خاموشی در زمان کمبود برق یا محدودیت ها
- 4- نظارت در کنترل بار و ولتاژ ترانس و کابل و خط
- 5- دریافت اطلاعات و گزارش و آمار و ارقام
- 6- کنترل و هماهنگی مانور منطقه ، دستور مانور ، ارزیابی تصمیم ، هماهنگی با توزیع توزیع منطقه
- 7- کنترل برنامه و روزانه تعمیراتی و اضطراری
- 8- هماهنگی با بهره برداری در صورت بروز حوادث
- 9- تهیه نقشه تک خطی
- 10- بررسی عملکرد تجهیزات

تعریف سطوح ولتاژ

انتقال	400 و 230 کیلوولت
فوق توزیع	132 و 63 کیلوولت
توزیع	33 و 20 و 11 کیلوولت
فشارقوی	کلیه ولتاژهای بالای 63KV و بالاتر
فشار متوسط	کلیه ولتاژهای بالای 11KV, 20KV, 33KV
فشار ضعیف	ولتاژ 220V, 380V

XX

تعریف دیسپاچینگ

مشاهده و کنترل شبکه برق را دیسپاچینگ گویند

SCC = SYSTEM CONTROL CENTER (سطح صفر) دیسیپلیننگ ملی

کنترل تولید نیروگاه‌های بزرگ (بیش از 100 مگاوات) ، ایستگاه‌های انتقال

AOC = AREA OPERATING CENTER (سطح یک) دیسپاچینگ منطقه ای

کنترل ایستگاهها و خطوط انتقال

RDC = REGIONAL DISPATCHING CENTER (سطح دو)

کنترل ایستگاهها و خطوط فوق توزیع

DCC = DISTRIBUTION CONTROL CENTER (سطح سه)

کنترل شبکه توزیع برق

محدوده ولتاژ انتقال (230kv- 400kv)

ولتاژ (230,400KV)	کاهش	وظیفه	افزایش	وظیفه
ولتاژ عادی $V_n * 0.98 < V < V_n * 1.02$	کاهش تا 2٪ ولتاژ نامی	-	افزایش تا 2٪+ ولتاژ نامی	-
ولتاژ بحرانی $V_n * 0.90 < V < V_n * 1.05$	کاهش تا 10٪ ولتاژ نامی	تصحیح با تپ و ورود خازن و خروج راکتور	افزایش تا 5٪+ ولتاژ نامی	تصحیح با تپ و خروج خازن و ورود راکتور
ولتاژ غیر قابل تحمل $V < V_n * 0.90$ $V > V_n * 1.05$	کاهش کمتر از 10٪ ولتاژ نامی	تصحیح ولتاژ به روش فوق و قطع خطوط خروجی کم اهمیت	افزایش بیش از 5٪+ولتاژ نامی	تصحیح ولتاژ به روش فوق و قطع خطوط ورودی

محدوده ولتاژ فوق توزیع (63kv-132kv)

ولتاژ (63,66,132KV)	کاهش	وظیفه	افزایش	وظیفه
ولتاژ عادی $V_n * 0.95 < V < V_n * 1.05$	کاهش تا 5٪ ولتاژ نامی	-	افزایش تا 5٪ + ولتاژ نامی	-
ولتاژ بحرانی $V_n * 0.90 < V < V_n * 1.07$	کاهش تا 10٪ ولتاژ نامی	تصحیح با تپ و ورود خازن و خروج راکتور	افزایش تا 7٪ + ولتاژ نامی	تصحیح با تپ و خروج راکتور خازن و ورود راکتور
ولتاژ غیر قابل تحمل $V < V_n * 0.90$ $V > V_n * 1.07$	کاهش کمتر از 10٪ ولتاژ نامی	تصحیح ولتاژ به روش فوق و قطع خطوط خروجی کم اهمیت	افزایش بیش از 7٪ + ولتاژ نامی	تصحیح ولتاژ به روش فوق و قطع خطوط ورودی

محدوده ولتاژ توزیع (11kv-20kv-33kv)

عادی تا 5%+ و عادی تا 5%- $V_n * 0.95 < V < V_n * 1.05$

محدوده فرکانس

فرکانس عادی	کاهش تا 49.7 هرتز		افزایش تا 50.3	
فرکانس بحرانی	کاهش تا 49.5 هرتز		افزایش تا 50.5	
فرکانس غیر قابل تحمل	کاهش کمتر از 49.2 هرتز	مانور با دستور دیسپاچینگ ملی	افزایش تا 50.5	مانور با دستور دیسپاچینگ ملی

محدوده جریان و توان برابر با 95% جریان نامی یا ظرفیت ترانسی می باشد

در صورت عملکرد رله بوخهلتس و دیفرانسیل ترانس های شبکه نبایستی قبل از بازدید گروه تعمیرات در سرویس قرار گیرد.

رابطه A.L.F و بار بسته شده روی C.T.

هرچه امپدانس بار بیشتر شود، ضریب حد دقت کاهش پیدا میکند. لذا اتصالات شل (Loose Connections) در ثانویه، تأثیر مخربی در به اشباع رفتن ترانسفورماتور جریان خواهد داشت، بنابراین اتصالات شل، بر امپدانس مدار ثانویه خواهد افزود.

نسبت تبدیل C.T.

اگر نسبت یک C.T. حفاظتی 400/5 باشد.

در یک اتصال کوتاه، که از اولیه آن 600 آمپر بگذرد.

$$400 / 5 = 80$$

$$600 / 80 = 7.5$$

در ثانویه آن 7.5 آمپر ایجاد میشود

نحوه اتصال ثانویه یک CT

ترانسهای اندازه گیری جریان بصورت سری با شبکه بسته میشود. سرهای ثانویه آن یا به تجهیزات حفاظتی یا به تجهیزات اندازه گیری وصل شده یا باید اتصال کوتاه شوند وگرنه در مدت کوتاهی بدلیل افزایش ولتاژ و شکستن ولتاژ مجاز مرتبط با عایقهای داخل ترانس، منجر به انفجار این CT میشود

انواع C.T به جهت مورد استفاده

نوع H، M و U

الف) C.T نوع H برای: 1- آمپرمترها و احیاناً دستگاههای اندازه گیری. 2- رله دیستانس. 3- حفاظت اورکارت و یا سایر رله ها که برای هر کدام از کور (CORE یا هسته) جداگانه استفاده میگردد.

ب) C.T نوع M برای: 1- حفاظت اورکارت و ارت فالت 2- حفاظت دیفرانسیل

ج) C.T نوع U برای: 1- حفاظت رله های اورکارت و ارت فالت 2- حفاظت رله دیفرانسیل 3- برای آمپرمترها و اندازه گیری

منظور از قدرت اسمی و کلاس دقت ترانسفورماتور جریان چیست؟ مختصراً توضیح دهید.

قدرت اسمی:

قدرت اسمی ترانسفورماتور عبارت است از توانی که در وضعیت نرمال تولید میکند و بر حسب ولت آمپر است.

کلاس دقت:

میزان خطای ترانسفورماتور در جریان حد دقت است.

XX

تستهای C.T.

1- تست نسبت تبدیل 2- تست پلاریته 3- تست نقطه زانویی 4- تست عایقی 5- تست منحنی اشباع 6- تست مقاومت داخلی 7- تست فشار قوی

ترانسفورماتورهای جریان کور بالا (Core) و کور پایین

الف) ترانسفورماتور جریان کور بالا: در این گونه ترانسفورماتورها، هسته سیم پیچ ثانویه و اولیه در قسمت بالا و در امتداد تجهیزات شبکه قرار میگیرند.

ب) ترانسفورماتور جریان کور پایین: در این گونه ترانسفورماتورها، هسته سیم پیچ ثانویه و اولیه در قسمت پایین قرار میگیرد.

در یک ترانسفورماتور جریان کور بالا: میدان الکتریکی یکنواخت، عدم امکان به اشباع رفتن موضعی هسته، طراحی و ساخت آسان و هزینه کم. معایب ترانسفورماتور کور بالا: امکان شکستن تحت تأثیر نیروهای ناشی از باد یا زلزله و یا دیگر نیروهای مکانیکی (به علت قرار گرفتن وزن ترانسفورماتور در قسمت فوقانی) و در ترانسفورماتور جریان کور پایین بالعکس میباشد

امپدانس داخلی یک C.T. و یک P.T.

امپدانس داخلی یک C.T. حدوداً صفر و برای P.T. بسیار زیاد

بردن (Burden)

کل مصرف قابل اعمال به یک سی تی بطوری که کلاس دقت آن حفظ شود را بردن نامند
مصرف در هر ترانسی ولت آمپر میباشد حال اگر مثلاً C.T. 30 ولت آمپر باشد و جمع مصرف اعمال شده به آن 45 ولت آمپر باشد، سی تی دقت نخواهد داشت

مقایسه ترانسهای اندازه گیری ولتاژ C.V.T. – PT (VT)

در سطوح ولتاژ بالا به دلیل آنکه ترانسفورماتور ولتاژ مغناطیسی، بسیار حجیم و سنگین شده و گران تمام میشود از ترانسفورماتور ولتاژ خازنی ($\text{Capacitance Voltage Tr.} = \text{C.V.T.}$) استفاده میشود. اساس کار C.V.T آن است که ولتاژ مدار اولیه، به دو سر تعدادی خازن کاملاً مشابه اعمال میشود و اندازهگیری ولتاژ در بخش یا درصدی از این خازنها (به عنوان نمونههای از کل) انجام میگیرد و این ولتاژ نمونه به دو سر یک ترانسفورماتور ولتاژ منتقل میگردد و بقیه موارد کار شبیه یک ترانسفورماتور ولتاژ معمولی خواهد بود.

C.V.T دارای حجم کمتر و ارزانتر است ضمن آنکه از آن میتوان در مخابرات شبکه قدرت (Power Line Carrier = P.L.C) نیز استفاده کرد.

نحوه اتصال ثانویه یک P.T.

ترانسهای اندازه گیری ولتاژ بصورت موازی با شبکه بسته میشود. سرهای ثانویه آن یا به تجهیزات حفاظتی یا به تجهیزات اندازه گیری وصل شده یا باز میمانند. برعکس ترانسفورماتور جریان که ثانویه برای حالت اتصال

XX

کوتاه طراحی میشود، طراحی ثانویه ترانسفورماتور ولتاژ برای وضعیت مدار باز (امپدانس بینهایت) صورت میگیرد و از آنجا که در حکم یک منبع ولتاژ است، در صورت اتصال کوتاه شدن ثانویه، جریان بسیار بزرگی در آن برقرار شده و باعث ذوب سیم پیچهای ثانویه و مشتعل شدن ترانسفورماتور ولتاژ خواهد گشت.

مفاهیم مشخصات یک C.T.

C.T. CORE 1 : 0.5 C.T. CORE 2 : 5 P 20 CTR : 1000/5/5

1- کلاس دقت کُور یک، 0.5 میباشد.

2- در کور دوم به ازای 20 برابر جریان نامی 5٪ خطا داریم.

3- C.T فوق دارای دو کُور در ثانویه با جریان 5 آمپر میباشد.

یک C.T. با نسبت تبدیل 200/1 با کلاس دقت 10 P20 در جریان اتصال کوتاه 4000 آمپر

چه جریانی را میدهد

$$200 / 1 = 200$$

$$4000 / 200 = 20$$

$$I_{sc} = 20 \text{ A}$$

$$Err = 10\% * 20 = 2$$

$$I_{err} = 20 - 2 = 18$$

یعنی بجای 20A ممکن است با بی دقتی 18A در نظر بگیرد

باتریخانه و اهمیت نگهداری آن

جهت تغذیه رله و حفاظت و دیتا و فرامین و به تجهیزات زمانی که اصلاً برق موجود نباشد و دیزل هم از کار افتاده باشد از باتریخانه استفاده میشود

در ایستگاهها ولتاژ باتریها بصورت 110 ولت - 48 ولت - 24 ولت - 12 ولت
باتری ممکن است بصورت:

اسیدی باشد SO_4H_2 (اسید سرب) هر سلول ولتاژ حدود 2.2

و یا بصورت قلیایی KOH هر سلول ولتاژ حدود 1.1

بنابراین برای یک ولتاژ 110 ولت حدود 100 سلول باتری قلیایی دارد

بنابراین برای یک ولتاژ 110 ولت حدود 50 سلول باتری اسیدی دارد

فرض کنید بدلیلی (مثلا قطعی گسترده برق سراسری) ایستگاه ما کاملاً بی برق شده هم اکنون باتریخانه برق به بریکرها و رله های حفاظتی تزریق میکند زیرا هم اکنون اگر بخواهد ایستگاه ما برقدار شود اگر ولتاژ زیاد باشد بایستی سیستم حفاظت ما متوجه ولتاژ بالا شود و اجازه ندهد برق وارد ایستگاه شود حال اگر این سیستم حفاظت خودش کار نکند طبعاً نمیتواند حفاظت کند میدانیم هر دستگاه الکترونیکی از جمله رله ها باید با برق تغذیه شوند که این تغذیه در زمان بی برقی ایستگاه، توسط باتری تامین میشود بدینترتیب وجود باتری در ایستگاه الزامی میشود

برای ورود به باتریخانه از لباس ایمنی و ماسک و ابزار استاندارد استفاده کنیم

باتریها طبق دستورالعمل سازنده باتریها، دوره های منظم سرویس تعمیر و نگهداری دارند.

بایستی در آن بازه زمانی باتریها بازدید شوند شوره ها زدوده شوند بست باتریها محکم شوند کابل های باتریها چک شوند تهویه باتریخانه درست صورت گیرد آب و اسید باتریها با دستگاه های سنجش تست و سطح مایع باتریها با تزریق مایع مربوطه (اسید یا آب ..) تنظیم گردد.

باتری در بازه زمانی تست باید تحت بارگیری قرار گیرد و از صحت عملکرد آن و صحت عملکرد شارژر آن مطمئن شویم.

شارژرها ممکن است دوتا باشند Main & BackUp صحت عملکرد هر دو بررسی شود

در حالت عادی کار یک ایستگاه، ترانسفورماتورهای توزیع داخلی نه تنها تغذیه برق به رله های حفاظتی و موتور بریکر و موتور تپ چنجر و .. بعهده دارند بلکه باتریها را توسط شارژر، شارژ میکند.

معمولاً در زمان قطعی تغذیه و قطع برق از ترانسفورماتورها توزیع داخلی انتظار داریم باتری ها تا دوساعت بتوانند تغذیه رله های حفاظتی و بریکرها را بر عهده بگیرند

شناسنامه یست (اطلاعات در خصوص یست و تجهیزات یست)

مشخصات فنی پست

ناحيه : شمال شرقی

یست : کارخانه

سال بهره برداری : 1355

ابعاد یست (متر) : 12000

موقعیت جغرافیایی شهرستان

بعد ساخت از مرکز شهر (km) : 5

سطح ولتاژ یست : 132/11

تعداد ترانس، های قدرت : 2

ظرفیت اسمی (MVA) : 45/40

ظرفیت خازنی (MVAR) : 2*2.5

تعداد خطوط ورودی و خروجی : یک خط ورودی و 4 فیدر خروجی

تعداد کلیدهای قدرت : (11)

تعداد ترانسهای مصرف داخلی : 2

آدرس :

	اطلاعات ژنراتور (شماره دیسپاچینگ)
	نام کارخانه سازنده
	سال ساخت
	نوع واحد
	ظرفیت اسمی (مگاوات آمپر)
	ولتاژ خروجی ژنراتور
	تعداد قطب ها
	ضریب قدرت
	نوع توربین
	دور توربین (در دقیقه)
	نوع سیستم کنترل سرعت (Speed governor)
	قابلیت تنظیم حساسیت سیستم کنترل سرعت (Speed droop)
	قدرت توربین (مگاوات)
	نوع سیستم تحریک
	حداکثر و حداقل مگاوات واحد (مگاوات)

- 3- ابلیت مخابره سیگنالهای مختلف صحبت - داده - حفاظت با قابلیت اطمینان بالا
- 4- دسترسی و کنترل انحصاری سیستم مخابراتی PLC توسط دست اندرکاران و بهره‌برداران شبکه فشار قوی

محدودیت :

محدود بودن طیف فرکانسی

کاربردها:

- 1- انتقال صحبت ، برقراری ارتباط شبکه تلفنی اختصاصی وزارت نیرو
- 2- انتقال اطلاعات و فرمانهای دیسپاچینگ فوق توزیع
- 3- برقراری ارتباط DTS دیسپاچینگ ملی منطقه‌ای
- 4- ارسال سیگنالهای حفاظت در خطوط شبکه انتقال

تلفات کوپلاژ:

- 1- تلفات تجهیزات کوپلاژ و کابل کوکسیال یا زوج سیم
- 2- تلفات ناشی لاین تراپ Trapping Loss و از فازهای بدون لاین تراپ
- 3- تلفات ناشی از کوپلاژ چند ترمینال به یک خط

سیستم کنترل از راه دور مکانیزه SCADA

Supervisory Control And Data Acquisition

این سیستم جهت کنترل و جمع آوری اطلاعات سیستمهای انرژی الکتریکی بعهده دارد اسکادا شامل عناصر ذیل است - محل تولید سیگنال (CT/PT/CB Contacts/TC) و پایانه راه دور RTU و مودم و مخابراتی (.. / Fiber Optic / PLC) - مسیر مخابراتی - مرکز کنترل (سرورهای کامپیوتری) - صفحه نمایشگر (جهت مشاهده) و صفحه کلید (جهت فرمان)

1) مرکز کنترل

شبکه ای از کامپیوترهای قوی و مطمئن جهت دریافت اطلاعات از ایستگاههای تحت پوشش و انجام پردازشهای مورد نظر و بنمایش درآوردن اطلاعات جهت دیسپاچرها و کارشناسان فنی و اجرای برنامه های مانند PAS و Training و ...

2) محیط مخابراتی مطمئن

شامل PLC و رادیو مودم ها و خطوط مستقیم Leased Line و خطوط تلفن و فیبر نوری Optical Fiber و شبکه های بیسیم و مخابرات ماهواره ای و .. که انتخاب هر کدام با توجه به قیمت و هزینه های تکنولوژی آن و امکانات محل قابل بررسی است

ترمینال راه دور RTU (Remote Terminal Unit)

پایانه راه دور در محل ایستگاه فشار قوی نصب میگردد و کلیه عملیات جمع آوری اطلاعات ایستگاهها و اعمال فرامین مرکز را مدیریت مینماید.

RTU های جدید تا حدودی هوشمند میباشند و قابلیت پردازش اولیه اطلاعات ، بعنوان مثال MWH و MVARH را نیز دارا میباشند

داده ها در سیستم اسکادا

در سیستم اسکادا ایستگاهها با چهار نوع متفاوت داده Data سر و کار داریم که عبارتند از:

1) Indication : وضعیت بریکرها (باز و بسته بودن و خارج از سلول بودن بریکر) و وضعیت سکسیونر و وضعیت تپ ترانس ها

2) Alarm : آلامهای گوناگونی که در اثر وقایع مختلف در تجهیزات ایستگاه ظاهر میگردند مثل آلام درجه حرارت ترانس و آلام قطع AC و ..

3) Control : دستوراتی که از مرکز به RTU ارسال میشوند جهت باز و بسته نمودن کلیدها یا تغییر تپ ترانس ها و ..

4) Measurand : مقادیر ولتاژ خطوط و باس ها و MW و MVAR خطوط و ترانسها که میتوان این مورد را مهمترین نوع داده در سیستم اسکادای ایستگاه بحساب آورد

دستگاه ترمینال راه دور RTU

امروزه نظارت و کنترل پستهای برق در بسیاری از نقاط جهان توسط سیستمهای کامپیوتری انجام میگیرد. کامپیوتر علاوه بر افزایش سرعت عمل و قابلیت اطمینان می تواند با اجرای برنامه های تحلیل شبکه، سریعاً

XX

اپراتور را در اتخاذ تصمیم یاری نماید. بدین ترتیب نظارت بر شبکه آسان تر و مطمئن تر خواهد بود. برای این کار لازم است تا کلیه اطلاعات شبکه برق در پستهای مختلف جمع آوری گردند. این اطلاعات شامل مقادیر آنالوک (نظیر ولتاژ، جریان) و مقادیر دیجیتال (نظیر وضعیت کلیدها و سکسیونرها) می باشد. بهمین منظور پروژه طراحی و ساخت REMOTE TERMINAL UNIT (RTU) بعنوان بخشی از یک شبکه کامپیوتری کنترل و نظارت بر شبکه برق تعریف و اجرا گردیده است. سیستم RTU حاصل از این پروژه یک دستگاه میکروپروسسوری با سخت افزار کاملاً مدولار مبتنی بر باس ها و پروتکل های استاندارد است که به نرم افزاری مدولار و انعطاف پذیر نیز مجهز گردیده است. این سیستم می تواند اطلاعات آنالوک و دیجیتال را از پست انتقال نیرو اخذ نموده و توسط مدم (MODEM) از طریق مدارهای مخابراتی به یک ایستگاه مرکزی (MASTER STATION) ارسال نماید. بدین ترتیب مجموعه ای شامل بیش از شانزده RTU قادر هستند کلیه اطلاعات جمع آوری شده از پستهای مربوطه را به یک مرکز کنترل بفرستند، این ایستگاه مرکزی (به اختصار) MS می تواند بکمک اطلاعات دریافت شده از پستهای مختلف تصمیمات مقتضی را اتخاذ نموده و فرامین لازم را صادر کند. این فرامین که ماهیت دیجیتال و آنالوک دارند از طریق کانال ارتباطی به سیستمهای RTU مورد نظر رسیده RTU می تواند بکمک سخت افزار و نرم افزار خود آن را بطور دقیق و اطمینان بخش در پست اجرا نماید. مدولار بودن سیستم RTU سبب گشته تا به نسبت وسعت پست مورد نظارت و کنترل، سخت افزار لازم را بتوان با هزینه ای مناسب و بسادگی هرچه تمامتر تهیه و نصب کرد و بدین ترتیب RTU را در پستهای مختلف شبکه مورد استفاده قرار داد. در سیستم RTU نرم افزار نظارت داخلی و خود عیب یابی نیز جهت بالا بردن قابلیت اطمینان سیستم پیش بینی شده است. RTU می تواند اطلاعات جمع آوری شده از پست را به یک میکرو کامپیوتر محلی نیز ارسال دارد. در نتیجه اطلاعات و وضعیت چند دقیقه قبل پست در حافظه های این کامپیوتر محلی واقع در پست ذخیره می گردد تا در صورت نیاز در اختیار اپراتور محلی قرار گیرد.

مشخصات RTU

کلیه RTU ها دارای اصول کار یکسان بوده و دارای یک نرم افزار و همه در داشتن کارتهای زیر مشترک میباشند

- (1) منبع تغذیه Power Supply
- (2) کارت اصلی CPU - Main
- (3) کارت ارتباط داخلی (کارتهای مشترک) ICOM - UIOC و ...
- (4) مودم Modem وظیفه برقراری ارتباط با مرکز کنترل یا RTU های دیگر
- (5) کارتهای Analogue Input - AI جمع آوری مقادیر اندازه گیری وات وار ولتاژ و ... و تبدیل به فرم دیجیتال
- (6) کارتهای Digital Input - DI جمع آوری وضعیت کلید و سکسیونر و تپ ترانس
- (7) کارتهای Digital Output - DO ارسال فرمان به کلید و به تپ ترانس
- (8) تابلو MR تعدادی ترمینال ورودی و خروجی سیستم اسکادا - اطلاعات وضعیتها (indication) و آلارمها مستقیماً به کارتهای DI وارد میشوند و تعدادی کارت دیگر

XX

اتوماسیون ایستگاههای انتقال برق

تعریف :

اتوماسیون ایستگاهها یعنی یک سیستم برای مدیریت، کنترل و حفاظت سیستمهای قدرت می باشد این با در دست داشتن اطلاعات در زمان واقعی real-time از سیستم حاصل میشود و حاصل آن داشتن امکان کنترل محلی و راه دور و حفاظت پیشرفته تجهیزات میباشد.

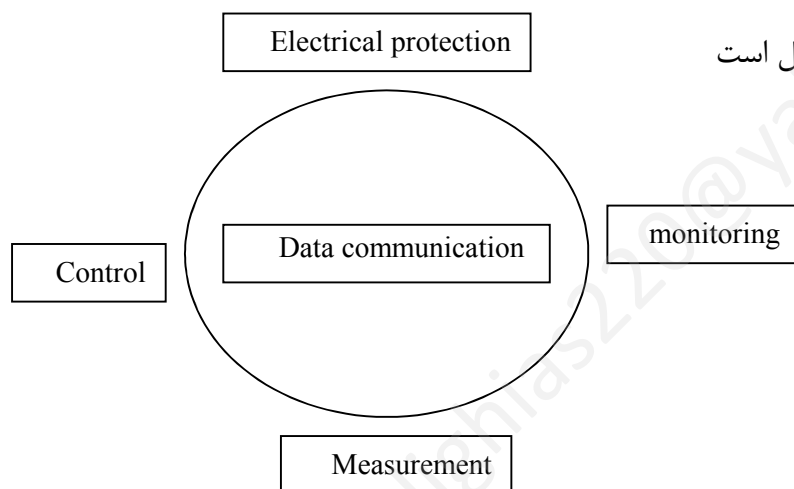
این اتوماسیون ایستگاههای برق به ولتاژهای زیاد و کم میتواند کاربرد داشته باشد در مفهوم عمومی اتوماسیون یعنی پروسس اطلاعات میباشد

مفهوم اتوماسیون ایستگاههای انتقال از این حقیقت ناشی میشود که تجهیزاتی که هسته این سیستم را تشکیل میدهند در یک ایستگاه یا اتاق کنترل قرار دارند و این تجهیزات مدرن هوشمند مطمئن میسازد که حضور و مداخله نیروی انسانی در ایستگاه کاهش مییابد

هدف سیستم اتوماسیون ایستگاه عبارت از حفاظت، مانیتور و کنترل یک ایستگاه میباشد

اتوماسیون ایستگاهها چیست

اتوماسیون ایستگاهها از اجزاء زیر متشکل است



حفاظت الکتریکی Electrical Protection :

حفاظت الکتریکی یکی از مهمترین تجهیزات یک سیستم الکتریکی میباشد و در ازا، یک خطای الکتریکی برای موارد ذیل میباشد :

حفاظت تجهیزات ، حفاظت نیروی انسانی ، محدود نمودن عیب
حفاظت الکتریکی یک عمل محلی است و بایستی بتواند مستقل از اتوماسیون ایستگاه کار کند هر چند این قسمت مهمی از اتوماسیون میباشد. ضمناً بایستی توسط سیستم اتوماسیون هیچ محدودیتی برای آن ایجاد شود

کنترل Control

کنترل شامل کنترل محلی و از راه دور میباشد کنترل محلی شامل عملهای واحد کنترلی که بوسیله خودشان کنترل میشوند مثلاً اینترلاکها ، ترتیب انجام عملیات ، چک سنکرونایزینگ.
که اینگونه کارها از بروز خطای انسانی چه بصورت عمدی چه بصورت غیر عمدی جلوگیری مینماید.
کنترل محلی بایستی حتی بدون نیاز سیستم اتوماسیون براحتی کار کند
فرامین میتواند به واحدهای قابل کنترل اعمال شود مثلاً قطع و وصل بریکر . تنظیم رله ها از طریق این سیستم میتواند تنظیم شود و از سیستم اسکادا تقاضای اطلاعات مطمئن نماید
که این کار باعث عدم نیاز به حضور اپراتور برای رفتن بایستگاه مینماید و سرعت در عملیات بیشتر خواهد بود
که در زمانهای اضطراری بسیار مهم خواهد بود
کارگران با ایمنی بیشتر کار میکنند
و از بسیاری موارد اسراف آمیز جلوگیری میکند
حضور اپراتور و مهندس در ترمینال سیستم اسکادا یک نمای از کل سیستم مشاهده میکند و در نتیجه کیفیت تصمیم گیری را بهبود میدهد.

اندازه گیری Measurement

حجم زیادی اطلاعات در زمان واقعی خود از یک ایستگاه حاصل میشود که در مونیتر نمایش و در بانک اطلاعاتی ذخیره میشود . اندازه گیری شامل موارد ذیل خواهد بود

- ◀ اندازه گیری الکتریکی (شامل میتینگ) - ولتاژ ، جریان ، قدرت ، ضریب قدرت ، هارمونیک ها
- ◀ اندازه گیری آنالوگ - درجه حرارت ترانسفورماتور و موتورها ..
- ◀ ثبت خطا از ثبات خطا

که در نتیجه از ورود اپراتور به ایستگاه برای جمع آوری اطلاعات بی نیاز میسازد در نتیجه یک محیط کار ایمن تر بوجود میآورد

حجم زیاد اطلاعات در زمان واقعی میتواند مطالعات شبکه و جریان بار را کمک زیادی نماید
برنامه ریزی پیش گیرانه و ممانعت از آسیب های بزرگ در شبکه قدرت باعث بالا رفتن بهره وری از سیستم میگردد

XX

مونیتورینگ Monitoring

مشاهده ترتیب ثبت وقایع

وضعیت و موقعیت مشاهده مواردی چون اطلاعات تعمیرات ، تنظیم رله ها و ..
این اطلاعات کمک به تحلیل حوادث میکند و تعیین اینکه چه اتفاق افتاده و چه موقع و کجا و با چه ترتیبی
این باعث افزایش راندمان و کارایی سیستم قدرت و سیستم حفاظت میگردد
با توجه به مشاهده اطلاعات حاصله ، رویه تعمیرات پیش گیرانه حاصل خواهد شد

مخابره داده Communication Data

مخابره داده هسته سیستم اتوماسیون ایستگاه را تشکیل میدهد و در حقیقت نقطه پیوند دهنده سیستم بهم
میباشد . بدون مخابره داده کارها بصورت محلی میتواند انجام شود. تجهیزات محلی ممکن است مقداری داده
در خود نگه دارد اما کاری جهت اتوماسیون نمیتوان انجام داد.
فرم مخابره داده بستگی به معماری سیستم و بستگی به سیستم مخابراتی در دسترس دارد.

sedighias220@yahoo.com

حفاظت (حفاظت سیستم های الکتریکی)

همانطوری که قبلا اشاره کردیم حفاظت سیستم های الکتریکی از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است و امروزه کمپانی های متعددی در حال طراحی و ساخت رله های حفاظتی می باشند . برخی از کمپانی های معتبر که در این زمینه مشغول به فعالیت می باشند را معرفی می کنیم .

Schneider	GE Power	ABB	Alstom	Siemens
			Reyroll	CEE

مشخصات و خصوصیات سیستم حفاظت:

1) قابلیت اطمینان: Reliability

سیستمهای حفاظتی باید از تجهیزات مرغوب و طراحی مناسب تشکیل شده باشد تا هنگام بروز خطا دچار اشکال نشده و عمل کند درجه قابلیت اطمینان سیستم حفاظتی بستگی به اهمیت و حساسیت آن بخش از شبکه قدرت را دارد که آن سیستم حفاظتی وظیفه آنرا به عهده دارد .

اعتماد و اطمینانی که به سیستم حفاظتی می توان داشت و بصورت زیر بیان می گردد
قابلیت اطمینان برابر است با حاصل تقسیم تعداد دفعاتی که سیستم عمل میکند تقسیم بر تعداد دفعاتی که سیستم باید عمل کند

مهمترین عوامل افزایش و کاهش Reliability یک سیستم حفاظت عبارتند از:
- طراحی - استفاده از تجهیزات مناسب و کافی - نصب - بهره برداری

2) قابلیت انتخاب: Selectivity

این پارامتر نیز بسیار مهم است زیرا در شبکه هایی که دارای چند باس بار و رله حفاظتی هستند هنگام وقوع خطا می باید قسمت معیوب به درستی تشخیص داده شده و از شبکه جدا گردد و قسمت های سالم به کار خود ادامه دهد.

خاصیتی از سیستم حفاظت که به موجب آن در موقع بروز فالت تنها قسمت های معیوب از سیستم جدا شده و قسمت های سالم به حالت عادی باقی بمانند. که خود بر دو نوع می باشد:

الف- سلکتیو مطلق: در صورتی که سیستم حفاظتی تنها نسبت به فالت های زون خود حساس باشد آن را سلکتیو مطلق گویند. (مثل رله دیفرنسیل, R.E.F)

ب- سلکتیو نسبی: در صورتی که سیستم حفاظتی علاوه بر زون خود نسبت به فالت های زونهای دیگر نیز حساس باشد آن را سلکتیو نسبی گویند. (O/C و دیستانس)

3) تمایز- توانایی فرق گذاری Discrimination

یک سیستم حفاظتی مناسب باید بتواند شرایط عادی سیستم را از وضعیت غیر عادی آن بخوبی تشخیص دهد یا بعبارت دیگر بتواند حالت های بروز فالت را از حداکثر تغییرات مجاز تشخیص دهد مثل جریان هجومی ترانسها قدرت, یا جریان راه اندازی موتورهای آسنکرون, نوسانات سیستم قدرت که در تمام حالات فوق سیستم حفاظت نباید فعال گردد.

XX

1 _ بین خطاهایی که محدوده آن قرار دارد با خطاهای خارج از محدوده فرق بگذارد . مثلاً یک رله ارت فالت محدود شده باید خطاهای خارج از ترانس را از خطاهای داخل ترانس تشخیص دهد .
(رله REF) restricted earth Fault

2 _ بین حالتی که شبیه خطا می باشد با خطاهای واقعی فرق بگذارد . مانند زمان کلید زنی ترانسهای قدرت که یک جریان هجومی زمان کلید زنی در ترانسها بوجود می آید و رله های مربوط باید این حالت را خطا نبینند .

3 _ بین خطاهای ماندگار و گذرا فرق بگذارد . بعضی خطاها بسیار زودگذر بوده و ناشی از حالتی گذرا می باشند که در این حالت تجهیزات حفاظتی باید این حالات را با حالت دائم تشخیص دهند ، مانند عبور لحظه ای یک پرند از بین دو فاز یک خط تحت بار .

4) پایداری (Stability):

پایداری یعنی اگر سیستم با تریپهای غیر ضروری مواجه شده ثابت بماند اصطلاحاً دارای پایداری باشد.

این پارامتر به این باز میگردد که یک رله حفاظتی به تمامی خطاهایی که در محدوده حفاظتی خود به درستی عکس العمل نشان دهد و در مقابل خطاهای این محدوده عکس العملی نشان ندهد .

5) حساسیت: Sensitivity

این پارامتر به حداقل جریانی که سبب قطع رله می گردد بر میگردد . سیستم حفاظتی باید در مقابل کوچکترین تغییرات از حالت عادی به غیر عادی حساسیت داشته و عکس العمل نشان دهد . البته در بعضی موارد باید از سیستم حفاظتی بسیار حساس استفاده کرد و در بعضی از موارد از سیستم حفاظتی که دارای حساسیت کمتر است استفاده نمود . حساسیت یک سیستم حفاظت مربوط به مقادیر لازم برای عملکرد آن است مثلاً هر چه مقدار مینیمم جریان لازم برای عملکرد رله ای کمتر باشد آن رله ای حساس تر است.

6) سرعت عملکرد : Speed

این پارامتر در رله های حفاظتی بسیار حائز اهمیت است چون رله های حفاظتی هنگام خطا موظفند با سرعت هرچه تمامتر بخش های معیوب را از قسمت های سالم جدا نمایند . سیستم حفاظتی باید در تشخیص خطا بسیار سریع باشد ولی در پاک کردن خطا سرعت سیستم حفاظتی بوسیله بهره بردار انتخاب می شود . این انتخاب سرعت با استفاده از تنظیمی که بر روی رله است انجام میگیرد سرعت یکی از خصوصیات حفاظتی مناسب است و باید فالت حادث شده را در حداقل زمان ممکن بر طرف یا محدود سازد.

زمان عملکرد بریکر + زمان عملکرد رله = زمان حذف فالت

7) مناسب و کافی بودن: Adequateness

باید با توجه به پارامترهای زیر حفاظت کافی و مناسب را برای هر قیمت در نظر گرفت و نباید مسائل اقتصادی باعث حفاظت ناقص گردد:

- قدرت تجهیزات تحت حفاظت

XX

- محل تجهیزات تحت حفاظت
- قیمت و اهمیت تجهیزات تحت حفاظت
- مثلا حفاظت ترانسهای نیروگاه و ایستگاههای برق خیلی مهمتر و کاملتر از یک ترانس توزیع است.

رله حفاظتی (نگهبانان ساکت) :

رله حفاظتی دستگاهی است که بطور خودکار جهت تشخیص خطا در شبکه ، حس کردن خطا ، نشان دادن خطا و فرمان جدا کردن بخش معیوب بکار می رود .

ناحیه حفاظتی (زون حفاظتی):

Zone of protection شبکه قدرت را به بخش هایی تقسیم کرده و برای هر یک از آنها طرحهای حفاظتی با توجه به خطایی که برای آن پیش می آید در نظر گرفته می شود که به هر یک از این بخش ها زونهای حفاظتی گفته می شود که این نواحی حفاظتی باید همپوشانی (Over Lap) داشته باشند و هیچ نقطه ای از شبکه نباید بدون حفاظت باقی بماند. C.T. ها طوری قرار می گیرند که بریکرها در محل تداخل دو منطقه قرار گیرند.

رله حفاظتی: به دستگاهی گفته می شود که کمیت های الکتریکی مانند ولتاژ و جریان و یا غیر الکتریکی مانند درجه حرارت، سطح روغن و غیره را بعنوان ورودی دریافت داشته و در صورتی که این کمیات از محدوده عادی خود خارج شوند رله فعال شده و عملکرد مناسبی را انجام می دهد.

حفاظت اولیه:

حفاظتی است که با وقوع Fault در ناحیه حفاظتی مربوط در کوتاهترین زمان معین خطا را بر طرف نماید. که در صورتی که حفاظت اولیه دچار مشکل شود آنگاه:

حفاظت ثانویه Back Up

با تاخیر زمان مشخصی وارد شده و خطا را بر طرف می نماید. معمولا سرعت عملکرد حفاظت اولیه بیشتر از حفاظت Back UP است.

دلایل پیش بینی حفاظت Back UP :- ممکن است بروز اشکال و یا نقصی در هر یک از عناصر سیستم حفاظت اصلی مانع عملکرد آن گردد.

-در زمانهای تست و یا تعمیرات که حفاظت اصلی از مدار خارج می شود سیستم بدون حفاظت نباشد.

عواملی که باعث عمل نکردن سیستم حفاظت اصلی می شوند:- نرسیدن ولتاژ یا جریان صحیح به رله ها

- عمل نکردن رله ها

- بروز اشکال در مدارات تریپ از رله تا بریکر

- مدار قطع کننده یا مکانیزم کلید کار نکند

XX

حفاظت های پشتیبان به سه دسته تقسیم می شوند:

- 1- حفاظت پشتیبان محلی (موضعی) : local
 - 2- حفاظت پشتیبان از راه دور : Remote
 - 3- حفاظت پشتیبان مدار شکن (حفاظت نقص بریکر): (Breaker Failure Protection (B.F.P
- حفاظت محلی، مثل حفاظت یک خط با رله دیستانس بعنوان حفاظت اصلی و حفاظت O/C یا E/F بعنوان Back UP و حفاظت از راه دور مثل رله های دیستانس بین دو ایستگاه برق.
- این حفاظت در صورت عدم عملکرد مدار شکن (در حالیکه رله های حفاظتی مربوط فرمان قطع را صادر کرده اند) این مورد را تشخیص داده و پس از تاخیر زمانی مناسب فرمان قطع را به کلیه مدار شکن هایی که می توانند مدار شکن معیوب را تغذیه نماید ارسال می دارد.

حفاظت واحد (محدود)

- مرز تشخیص وجود دارد و محدوده عملکرد آن معلوم است.
- با تغییرات در شبکه قدرت محدوده آن و عملکرد آن تغییر پیدا نمی کند.
- قدرت تشخیص مطلق دارد.
- عموماً زمان عملکرد پائینی دارند و نیاز به هماهنگی با سایر حفاظت ها را ندارند مثل R.E.F و دیفرانسیل.

حفاظت غیر واحد

- مرز تشخیص و محدوده عملکرد معینی ندارند.
- با تغییر در شبکه قدرت محدوده عملکرد آن تغییر پیدا می نماید.
- قدرت تشخیص نسبی است.
- نیاز به هماهنگی با سایر حفاظت ها را دارد، هم بعنوان حفاظت اصلی و هم Back UP استفاده می شود، مثل دیستانس و O/C .

تعاریف مقدماتی در رله های حفاظتی:

- 1- کمیت مشخصه رله: کمیتی است که مقادیر آن مشخص کننده شرایط عملکرد یا عدم عملکرد رله است. مثلاً کمیت رله جریان زیاد شدت جریان است.
- 2- کمیت یا کمیت های محرک رله: کمیت های الکتریکی مانند جریان و ولتاژ که به تنهایی و یا به صورت یک ترکیب باید به رله اعمال شود تا عملیات خود را که برای آن منظور طراحی شده است انجام شود. مثلاً رله جریان کمیت محرکه آن جریان و رله دیستانس کمیت محرکه آن ولتاژ و جریان است.
- 3- منحنی مشخصه رله: منحنی که بر اساس منحنی مشخصه رله ترسیم می گردد و مرز بین عملکرد و عدم عملکرد را معلوم می نماید.
- 4- تنظیم رله: آن مقدار از کمیت مشخصه که سبب می شود رله عمل کند که عمدتاً بصورت ضریب و یا درصدی از کل جریان می باشد.

XX

2- راه های زمان معکوس:

انواع رله های فوق جریان از لحاظ منحنی مشخصه معکوس:

- 1- معکوس زمانی
 - 2- خیلی معکوس زمانی
 - 3- فوق العاده معکوس زمانی
- روشهای حفاظتی جریان زیاد:
- 1- سه فاز: Phase 3
 - 2- سه فاز + ارت فالت: Phase + Earth fault 3
 - 3- دو فاز + ارت فالت:

دیگر رله ها:

دسته بندی رله های حفاظتی بر اساس پارامترهای اندازه گیری :

الف) رله های جریانی : این رله ها بر اساس میزان جریان ورودی به رله عمل می کند . حال این جریان می تواند جریان فازها - جریان سیم نول - مجموع جبری جریانهای فازها است (رله های جریان زیاد - رله های ارت فالت و) و جریان ورودی رله می تواند تفاضل دو یا چند جریان باشد (رله های دیفرانسیل و رستریکت ارت فالت)

(ب) رله های ولتاژی : این رله ها بر اساس ولتاژ ورودی به رله عمل میکند این ولتاژ می تواند ولتاژ فازها باشد (رله های اضافه یا کمبود ولتاژ و ...) و یا میتواند مجموع جبری چند ولتاژ باشد (رله تغییر مکان نقطه تلاقی بردارهای سه فاز)

(ج) رله های فرکانسی : این رله ها بر اساس فرکانس ولتاژ ورودی عمل میکند (رله های افزایش و کمبود فرکانس)

(د) رله های توانی : این رله ها بر اساس توان عمل می کنند به عنوان مثال رله هایی که جهت توان را اندازه گیری می کنند یا رله هایی که توان اکتیو و راکتیو را اندازه گیری می کنند .

ه) رله های جهتی : این رله ها از جنس رله های توانی هستند که بر اساس زاویه بین بردارهای ولتاژ و جریان عمل میکنند مانند رله های اضافه جریان جهتی که در خطوط چند سوتغذیه رینگ و پارالل بکار می روند و یا رله های جهت توان که جهت پرهیز از موتوری شدن ژنراتور هنگام قطع کولپینگ آن بکار میرود .

و) رله های امیدانسی : مانند رله های دیستانس که در خطوط انتقال کاربرد فراوانی دارند .

ز) رله های وابسته به کمیت های فیزیکی : مانند حرارت - فشار - سطح مایعات و مانند رله بوخ هلتنس ترانسفورمرها

ح) رله های خاص : رله هایی هستند که برای منظوره های خاص به کار میروند مثلا رله تشخیص خطای بریکر - رله مونیتورینگ مدار تریپ بریکر - رله لاک اوت و

هماهنگی رله های جریان زیاد

هنگامی که در شبکه های شعاعی یا رینگ چند رله به صورت سری قرار گرفته اند این بسیار مهم است که هنگام وقوع خطا چه رله هایی عکس العمل نشان دهند و چه رله هایی غیر فعال باشند . با هماهنگی مناسب رله ها تنها قسمت معیوب از مدار خارج و قسمت های سالم به کار خود ادامه می دهند . در غیر این صورت با وقوع مثلا یک اتصال کوتاه ممکن است سطح وسیعی از شبکه به علت هماهنگی غلط رله ها از مدار خارج شوند .

هماهنگ جریانی رله ها

در این روش دو رله جریان زیاد زمانی که در شبکه به صورت سری قرار گرفته اند با متفاوت بودن جریان قطع یا تریپشان هماهنگ می گردد

رله و حفاظت

در تاسیسات الکتریکی ممکن است خطا رخ دهد
خطا ها ناشی از :

- اتصال کوتاه - اتصال زمین - پارگی و قطعی هادی
- خورد شدن و شکستن عایق و مقره

قطعات و وسائل عامی چنین خطا باید از شبکه جدا شوند تا :

- از گسترش خطا جلوگیری - از کار افتادن دیگر قسمتها جلوگیری

دستگاههای تامین کننده حفاظت را رله حفاظتی گویند

حفاظت هم به انتخاب رله بستگی و هم به طرز توزیع و سیستم انتقال بستگی دارد

لازم بذکر است یک اتصالی در روی یک سیم نه تنها سیم بلکه کلیه دستگاههای مرتبط به آن محل را تحت تاثیر قرار میدهد (تا چند برابر جریان نامی)

مثال :

XX

اگر ژنراتور شینی را تغذیه کند که از آن چند خط انتقال خارج میشود و اتصالی رخ دهد ، در حوالی اتصال جریان کمتر از جریان ژنراتور است و نمیتوان از کمیت سنجش محل اتصال را مشخص کرد و از کمیت زمان استفاده میکنیم

مثلا رله ای جریان 200 آمپر را در 2 ثانیه و دیگری در 6 ثانیه قطع میکند در جریانهای زیاد تمام رله ها تقریبا در یک زمان مثلا 3 ثانیه قطع میکنند معمولا از ترانس جریان CT یا ترانس ولتاژ PT برای این مورد استفاده میشود رله ولتاژ زیاد رله دیستانس :

رله حفاظتی در زمان اتصال کوتاه ، تابع محل اتصال نسبت به رله میباشد یعنی زمان قطع آن تابع مقاومت طول سیم میباشد. رله دیفرانسیل :

برای حفاظت اتصال کوتاه در نیروگاه یا پست ، که امپدانس آن کوچک است از رله دیستانس نمیتوان استفاده کرد و از رله دیفرانسیل که بر اساس مقایسه جریان دو سر ترانس کار میکند استفاده میشود.

اجزاء رله های حفاظتی:

(1) عضو سنجش

(2) عضو زمانی

(3) عضو کمکی

1 _ عضو سنجشی :

توسط این عضو مقدار جریان یا ولتاژ دریافت می شود سپس تغییراتی اگر لازم باشد در آن داده می شود و با مقدار مبنا که برای آن تعبیه شده است مقایسه میگردد و تصمیمات لازم را از قبیل فعال نمودن می گیرد .

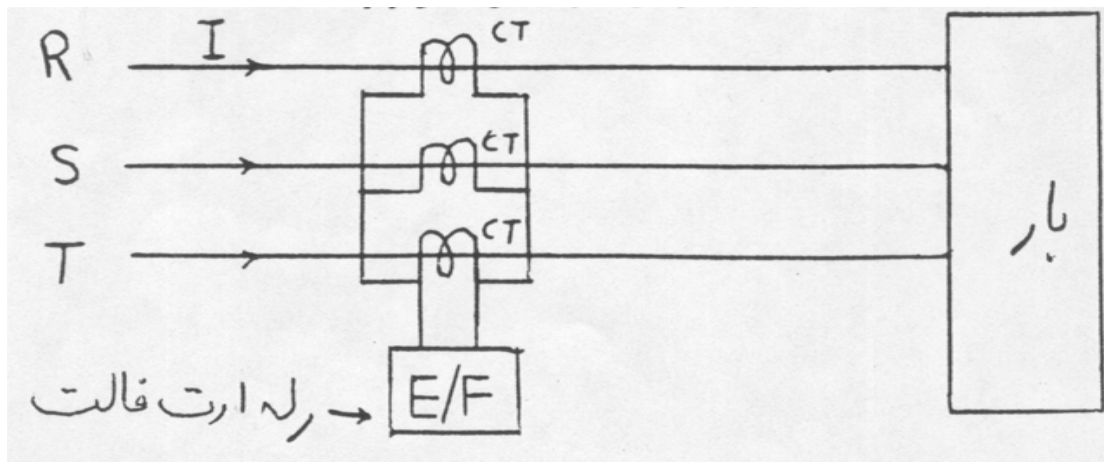
2 _ عضو زمانی :

در بسیاری از رله های حفاظتی عضو زمانی وجود دارد ولی در بعضی از رله های حفاظتی عضو زمانی وجود ندارد عضو سنجش و مقایسه کمیت ورودی در صورت لزوم عضو زمانی را فعال می کند و این عضو بر حسب نوعش که تأخیر زمان ثابتی ایجاد می کند و یا تأخیر زمانی مناسب با کمیت ورودی به عضو سنجشی ایجاد می کند و بعد از اتمام تأخیر زمانی عضو کمکی را فعال می کند .

3 _ عضو کمکی :

چون رله های حفاظتی هنگام عملکرد باید سیگنالهای متعددی را به دستگاههای حفاظت و کنترل و اعلام خطر ارسال کنند ، احتیاج به رله های کمکی یا عضو کمکی دارند که توانایی ارسال چندمین سیگنال مختلف یا قدرت جریان دهی مناسب را داشته باشند . ممکن است این سه جزء در یک مجموعه واحد ساخته شوند و یا ممکن است بطور جداگانه ساخته شوند .

XX



قانون کلی برای اتصال ترانسهای جریان

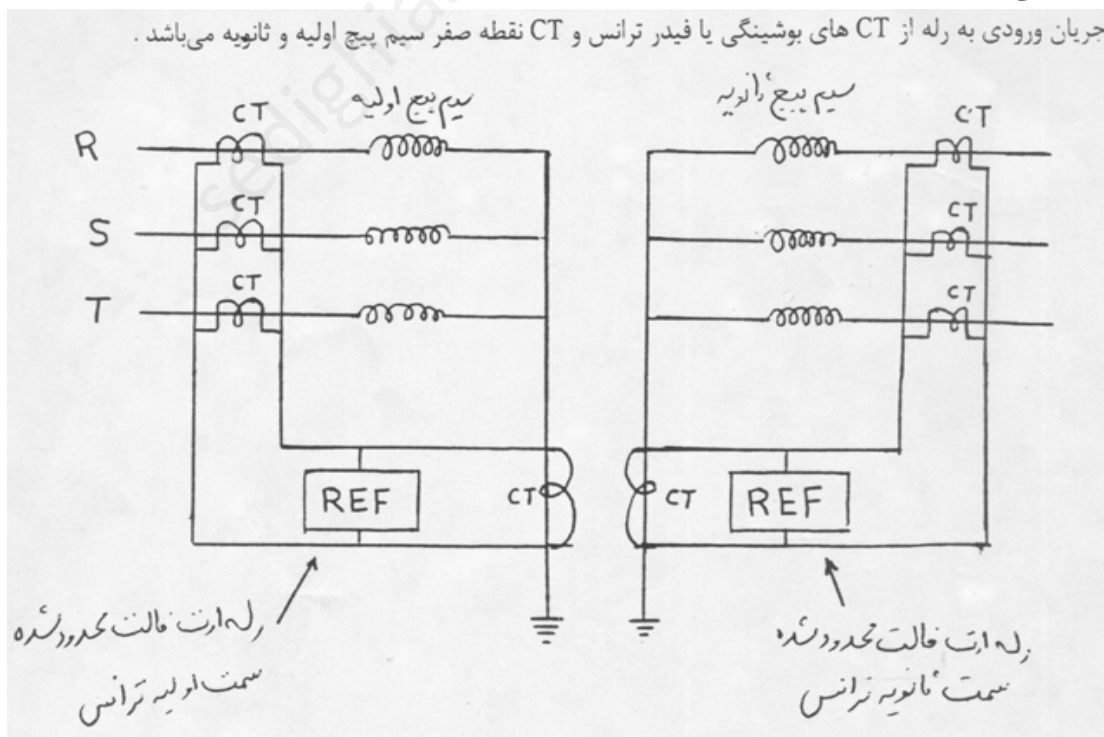
اتصال ترانس جریان بلعکس اتصال سیم پیچ ترانس در قسمت ذیل نحوه اتصال ترانسهای میج خروجی CT به ترانسهای میج و تغذیه رله دیفرانسیل می باشد برای مثال :

(1) اتصال ستاره در طرف مثلث

(2) اتصال مثلث در طرف ستاره

رله اتصال زمین محدود شده (REF) restricted earth Fault

این رله مشابه رله دیفرانسیل بوده و برای اتصالیهای فاز با زمین در داخل ترانس بکار میرود و این رله به طور جداگانه در دو طرف ترانس نصب میشود . طریقه در مدار قرار گرفتن آن مطابق شکل زیر است . همانطور که در شکل می بینیم جریان ورودی به رله از CT های پوشینگی با فیدر ترانس و CT نقطه سیم صفر پیچ اولیه و ثانویه می باشد .

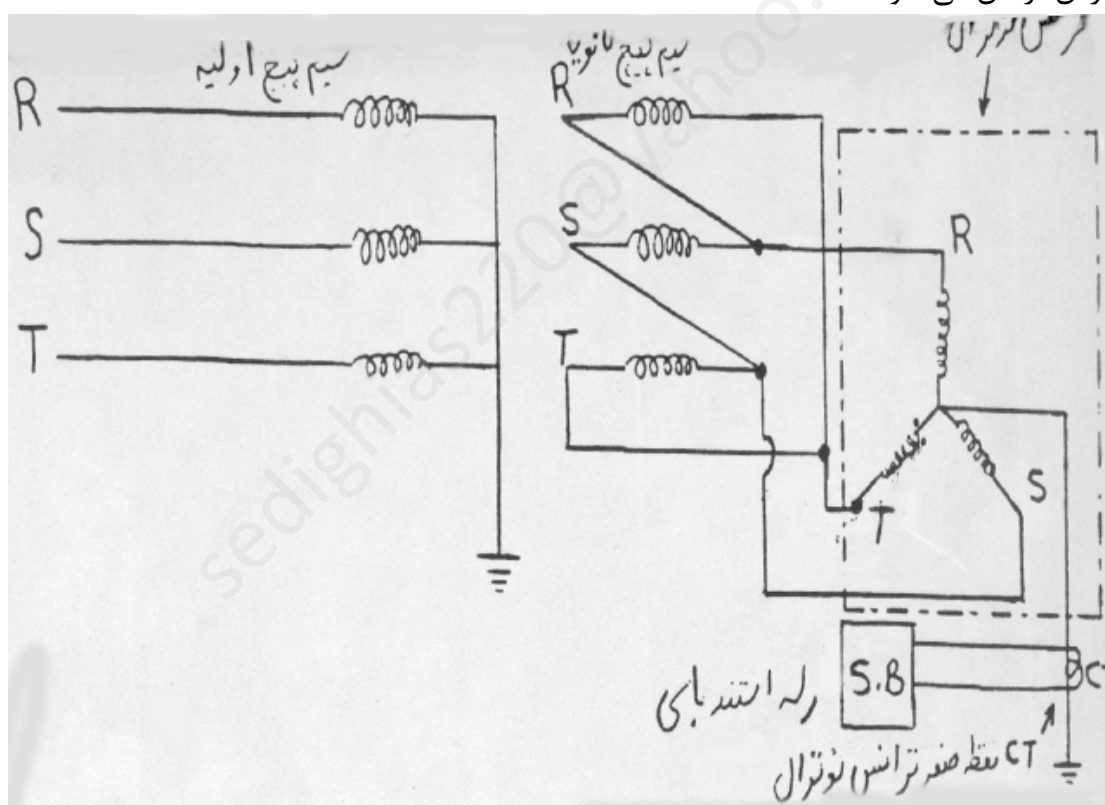


شرح

برای طرف ستاره با نقطه نول ترانس جریان نقطه نول بصورت پارالل با CT های خط بسته شده است در حالت نرمال جریان که CT های خط می گذرد و همان جریان هم از CT نقطه نول می گذرد در صورتی که اتصال داخل باشد بالانس جریانها بهم می خورد و فقط جریان از CT نقطه نول می گذرد در نتیجه باعث عملکرد رله می شود. و برای طرف مثلث نیز از CT های بوشینگی یا فیدرهای ترانس و CT نقطه صفر ترانس نوترال گرفته می شود.

رله استندبای :

این رله که یک رله جریانی است ، مانند جریان زیاد عمل می کند ، این رله معمولاً در ایستگاههای فوق توزیع استفاده شده و بعنوان پشتیبان حفاظت فیدرهای خروجی (11 _ 20 کیلوولت) می باشد و زمانی عمل می کند که یک اتصال به زمین بروی فیدرهای خروجی باقیمانده و زمانیکه حفاظت فیدرهای مذکور عمل نکند ، این رله بعنوان پشتیبان حفاظتها عمل کرده و فرمان قطع را به طرف اول و ثانویه ترانس داده و باعث خارج کردن ترانس می شود .



رله های ولتاژی :

رله هایی که کمیت ورودیشان ولتاژ باشد رله های ولتاژی گویند این رله ها از نظر ساختمان از نوع جاذبه مغناطیسی یا از نوع الکترونیکی یا دیجتالی می باشند .

1) رله های اضافه ولتاژ

این رله ها زمانی که ولتاژ از مقدار ستینگ آنها بالاتر رود دارند عمل کرده و سیگنالی را یا سگنالهایی را صادر می کنند می دانیم که تجهیزات برق دار عایق بندی الکتریکی هستند که مناسب با سطح ولتاژ نامی آنهاست اگر چنانچه ولتاژ شبکه افزایش یابد به تجهیزات ولتاژی بیش از مقدار نامی آنها اعمال می شود که باعث ضعف در عایق بندی آنها شده و در صورت ادامه باعث تخریب عایق بندی الکتریکی آنها خواهد شد به همین دلیل رله های اور ولتاژ در پستهای برق فشار قوی نصب می شود که تجهیزات را در مقابل این پدیده محافظت کند . این رله ها معمولاً بر روی 120٪ ولتاژ نامی شبکه تنظیم می شود و دارای تأخیر عملکردی حدود چند ثانیه می باشد .

2) رله کمبود ولتاژ

این رله هنگامی عمل می کند که ولتاژ از مقدار نامی پایین تر بیاید و معمولاً آنرا روی 80٪ ولتاژ نامی تنظیم می کنند یعنی اگر ولتاژ شبکه کمتر از 80٪ مقدار نامی شود این رله با تأخیر زمانی که معمولاً چند ثانیه تنظیم شده است عمل کرده و سیگنالهای لازم را به قسمت های مختلف اعمال می کند . کم شدن ولتاژ در شبکه برق باعث

اضافه بار ترانس :

اضافه بار که معمولاً در اثر گرفتن بار بیش از ظرفیت نامی ترانس بوجود می آید همیشه با افزایش حرارت همراه می باشد و عامل محدود کننده اضافه بار درجه حرارت مجاز سیم پیچ می باشد که معمولاً جهت گرفتن حداکثر قدرت ترانس باید دمای سیم پیچ و روغن ترانس را در حد معمول نگه داشت و جهت پایین آوردن دمای ترانس معمولاً از فن ها و پمپ های روغن استفاده میشود .

حفاظت برای اضافه بار ترانسفورماتور

همانطور که گفته شد چون اضافه بار باعث بالا رفتن درجه حرارت سیم پیچ و روغن ترانس میگردد . معمولاً حفاظت اضافه بار بر اساس افزایش درجه حرارت سیم پیچ و روغن تعبیه می شود که این درجه حرارت معمولاً بوسیله اثرات حرارتی اندازه گیری میشود . المنت جهت گرفتن حرارت ترانس و سنسور حرارتی در بالای روغن ترانس نصب میگردد که با بالا رفتن درجه حرارت ترانس از حد مجاز همراه آلارم و در صورت برطرف نشدن گرما باعث تریپ و خارج شدن ترانس می گردد .

حفاظت بوخهلنس

هر نوع خطا و اشکال در داخل ترانسفورماتور ایجاد حرارت می کند که باعث تجزیه روغن می شود . گاز حاصل از تجزیه روغن بطرف بالای ترانس و به طرف کنسرواتور حرکت خواهد کرد . رله بوخهلنس بین مخزن ترانس و کنسرواتور نصب شده است گازهای حاصل در رله بوخهلنس جمع شده و در یک حد معین ایجاد سیگنال و آلارم می کند در اتصالاتی های شدید گازهای زیاد همراه با جهش روغن ایجاد شده که فشار حاصله در رله بوخهلنس باعث عملکرد رله و تریپ ترانس می شود . گازهای حاصله از تجزیه روغن ، گازهایی از قبیل هیدروژن ، استیلین ، اتیلین ، متان ، اتان و می باشد .

XX

حفاظت سیستم های الکتریکی

رله های مختلف

رله بوخهلتس جهت حفاظت از ترانس

رله دیفرانسیل جهت حفاظت از ترانس

رله جریان زیاد حفاظت خط و ترانس

رله جریان زمین حفاظت خط و ترانس

رله دیستانس حفاظت از خط

رله های پشتیبان

و ...

رله های جریان :

رله های جریانی به منظور حفاظت شبکه های الکتریکی در مقابل عیوب ناشی از خطاهای جریان بکار میروند .

عمده عیوبی که توسط رله های جریانی تشخیص داده می شوند عبارت است از :

اتصال کوتاه در شبکه

اضافه جریان

اضافه بار

جریان ناشی (ارت فالت)

عدم تقارن جریان سه فاز

کاهش بار (در مورد موتورها)

افزایش مدت زمان راه اندازی (در مورد موتورها)

قفل بودن روتور (در مورد موتورها)

حفاظت اتصال کوتاه و اضافه جریان و اتصالی زمین :

اولین و یکی از مهمترین حفاظت هایی که در یک سیستم وجود دارد حفاظت اتصال کوتاه و اضافه جریان و

ناشی زمین می باشد

این حفاظت ها با حفاظت اضافه بار تفاوت آشکاری دارد چون حفاظت اضافه بار بر اساس ظرفیت حرارتی واحد

می باشند .

در این نوع حفاظت جریان سه فاز توسط سه عدد ترانسفورمر جریان حس می گردند و به رله انتقال می یابند

و بر اساس آن حفاظت صورت می گیرد .

در مورد حفاظت فوق منحنی قطع رله از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است زیرا حفاظت صحیح بر اساس آن

صورت میگیرد

این رله ها می توانند دارای دو گروه منحنی قطع باشند :

- نوع زمان ثابت که پارامتر جریان و زمان به هم وابستگی ندارند و به صورت جداگانه تنظیم می گردند و رله بر

اساس جریان تنظیمی در زمان تنظیم شده فرمان قطع را صادر می کنند .

XX

خطوط انتقال برق:

مصوبه هیات دولت در مورد حریم خطوط انتقال و فوق توزیع برق

هیات وزیران در جلسه ۹۴/۱/۳۰ به پیشنهاد شماره ۹۳/۱۷۸۱۴/۳۰/۱۰۰ مورخ ۹۳/۳/۲۰ وزارت نیرو به استناد تبصره ۲ ماده ۱۸ قانون سازمان برق ایران حریم خطوط هوایی انتقال و فوق توزیع را به شرح زیر تصویب کرد:

حریم: حریم خطوط نیروی برق به دو نوع زمینی و هوایی تقسیم می شود

حریم زمینی: دو نوار در طرفین مسیر خط و متصل به آن از سطح زمین که عرض هر یک از این دو نوار در جدول زیر تعیین شده است.

سطح ولتاژ (کیلو ولت)	۶۳	۱۳۲	۲۳۰	۴۰۰	۷۶۵
حریم زمینی (متر)	۸	۹	۱۱/۹	۱۴	۲۵



حریم هوایی: تقاطعی در هوا در امتداد هادی و به شکل مستطیل، ناشی از اعمال حریم های افقی و عمودی به شرح زیر که هادی جریان برق در مرکز آن قرار می گیرد.

حریم عمودی: فاصله عمودی در هوا از طرفین هادی جریان برق در راستای افق که در جدول زیر تعیین شده است.

حریم افقی: فاصله افقی در هوا از طرفین هادی جریان برق در راستای افق که در جدول زیر تعیین شده است.

تبصره: وزارت نیرو می تواند در داخل و خارج از محدوده شهرها به صورت کلی یا موردی بر اساس ضوابط فنی

ابلاغی آن وزارت، موقعیت محلی و سایر شرایط و به شرط اطمینان از ایستقامت خط، حریم هوایی را به **پیشنهاد شوکت برق عربوطه**

و تصویب وزیر نیرو (با رعایت ضوابط فنی و ایمنی) و به شرح جدول زیر اعمال نماید: در این صورت رعایت حداقل سی درصد (۳۰٪)

از حریم زمینی جدول بالا لازم الاجرا است.

سطح ولتاژ (کیلو ولت)	حریم افقی	حریم عمودی	حریم ۳۰٪ زمینی الزامی
۶۳	۳	۶	۲/۴
۱۳۲	۴/۵	۷	۲/۷
۲۳۰	۶/۵	۸	۳/۵۷
۴۰۰	۹	۱۰	۴/۲
۷۶۵	۲۰	۱۵	۷/۵

تهیه کننده: علی رشیدی

برای نگهداری خطوط انتقال برق هم دستورات عملیاتی وجود دارد که در بازه های زمانی مشخص توسط گروه های ناظر و تعمیرات مورد بازبینی قرار میگیرد

بررسی و پاکسازی لانه پرندگان، بررسی ارتفاع درختان نسبت به هادیهای سه فاز، بررسی ارتفاع ساختمانها و یا سازه های در حال ساخت با توجه به حریم، بررسی موانع ضد صعود انسانهای متفرقه روی دکلها، بازبینی باز نشدن پیچها و مهره های دکلها، فونداسیون دکلها، عدم شوره زدگی پایه ها و بررسی نقاط اتصال زمین، موجود بودن شماره خط و شماره دکل، و شاخص نام فازها با توجه به موقعیت آنها، بررسی مقرهای کششی آویزی، بررسی هادیها فازها باندل ها چند مداره ها

بررسی سیم گارد اتصالات آن و فیبرنوری OPGW و کاست فیبرنوری و JointBox

ترمینال تاور انتهایی ترین تاور نسبت به پست میباشد ، که دارای استقامت بیشتر میباشد ، این تاور را تاور زاویه نیز گویند

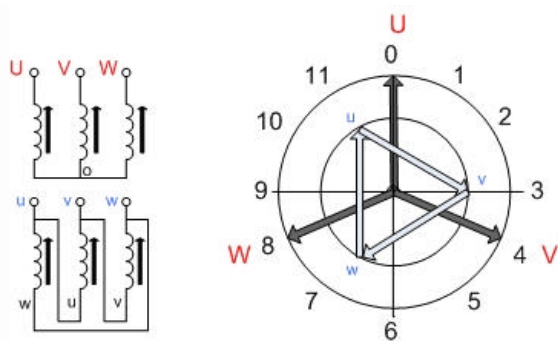
1- مقره آویزی - که معمولاً برای تاور عبوری است

خطوط انتقال برق یک دوره آموزشی جداگانه را طلب میکند

گروه برداری در ترانسفورماتورها

گروه برداری یکی از مشخصات ترانسفورماتورهای سه فاز است که آرایش سیم پیچ‌های اولیه، ثانویه و ثالثیه را مشخص می‌کند. گروه برداری ترانس‌ها که بر روی پلاک آن‌ها مشخص می‌شود نمایانگر نوع اتصال (ستاره، مثلث یا زیگزاگ) و جابجایی فاز در ثانویه نسبت به اولیه است. نوع اتصال با کمک حروف بزرگ برای سمت فشارقوی و حروف کوچک برای سمت فشارضعیف مشخص می‌شود که در آن D یا d بیان‌کننده اتصال مثلث، Y یا y ستاره، و Z یا z بیان‌کننده اتصال زیگزاگ هستند. در صورت وجود سیم نول آن را با N یا n مشخص می‌کنند. عددی که در گروه برداری می‌آید نمایانگر جابجایی فاز سمت فشارضعیف بر حسب 30° و نسبت به ولتاژ فاز به زمین سمت فشار قوی است.

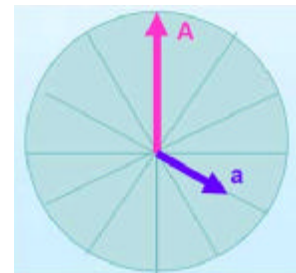
برای محاسبه گروه برداری، بردار ولتاژ سمت فشارقوی را روی عدد ۱۲ یک ساعت فرض می‌کنند و محل بردار



ولتاژ فشارضعیف را نسبت به فشارقوی محاسبه می‌نمایند و عددی که بردار ولتاژ فشارضعیف نمایش می‌دهد همان عدد گروه برداری خواهد بود. برای نمونه Dyn1 معرف یک ترانس سه فاز با اتصال مثلث در سمت اولیه و اتصال ستاره زمین‌شده در سمت ثانویه و پس فاز بودن 30° ولتاژهای فشارضعیف نسبت به فشارقوی است.

یعنی اگر برداری ولتاژ فشارقوی روی عدد ۱۲ یک ساعت باشد،

برداری ولتاژ فشار ضعیف روی عدد ۱ خواهد بود. در این محاسبات فرض می‌شود که نیروی محرک الکتریکی در سه فاز مساوی، متوازن، دارای اختلاف فاز 120° درجه بین فازها و توالی فاز معین هستند.



گروه‌های برداری معمولاً برای توالی فاز مثبت و با فرض اتصال هر فاز به پایه خودش محاسبه می‌شوند، اما در صورتی که توالی فاز تغییر کند و پایه‌ها عوض شوند، امکان دارد (به ظاهر) گروه‌های برداری دیگری برای یک ترانس معین به دست آید. برای نمونه برای یک ترانس معین، ممکن است با توجه به توالی فاز در نظر گرفته شده برای ترانس، نمادهای Yd1، Yd9، یا Yd5 برای گروه برداری آن حاصل شوند.

مانور دادن روی ترمینال‌ها این امکان را فراهم می‌آورد که بتوان ترانسفورماتورهایی با اتصالات داخلی متفاوت را با هم موازی کرد. بر همین اساس موازی کردن ترانسفورماتورهای دارای اتصال Yy با Dd و Yd با Dy و Yd با Yz امکان پذیر است

3- تشخیص نوع گروه با دیاگرام ساعتی : در این روش به کمک یک دیاگرام ساعتی می توان بردارهای اولیه و ثانویه را با توجه به نوع اتصال ترانسفورماتورها ترسیم نموده و شروع های دو فاز مشابه را با هم مقایسه کرده و مقدار اختلاف فاز و نوع گروه آن را تشخیص داد. برای رسم دیاگرام ساعتی باید شرایط زیر را در نظر گرفت:

1) فاصله بین شروع فازهای اولیه و ثانویه ۱۲۰ درجه رعایت شده باشد.

2) بردارهای اولیه و ثانویه دو فاز مشابه موازی باشند.

3) بردارهای اولیه و ثانویه هم جهت و یا مخالف باشند.

4) سربندی کلاف ها با دیاگرام ساعتی مطابقت داشته باشد.

در ترانسفورماتورهای تکفاز ولتاژهای اولیه و ثانویه با هم صفر یا ۱۸۰ درجه اختلاف فاز دارند، یعنی شامل دو گروه ۰ و ۶ می باشد. در ترانسفورماتورهای سه فاز با اتصال ستاره ولتاژ فازی نسبت به ولتاژ خطی ۳۰ درجه عقبتر است. در اتصال مثلث جریان فازی نسبت به جریان خطی ۳۰ درجه جلوتر است. در اتصال مثلث جریان فازی نسبت به جریان خطی ۳۰ درجه جلوتر است. ترانسفورماتورهای سه فاز شامل گروههای استاندارد ۰، ۵، ۶، ۱۱ و گروههای غیر استاندارد ۱، ۲، ۴، ۷، ۸، ۱۰ خواهد بود که با توجه به نوع اتصال ترانسفورماتور این گروه ها بدست می آید.

1- گروههای ترانسفورماتور ستاره - ستاره : این نوع شامل دو گروه زوج ۰ و ۶ خواهد بود که دیاگرام ساعتی و سربندی کلافها و موجهای ولتاژی خطی اولیه و ثانویه دو فاز مشابه مربوط به آن در زیر آمده است:

الف) $Yy0$ ترانس ستاره - ستاره با گروه صفر :

ب) $Yy6$ ترانس ستاره - ستاره با گروه ۶ : در این نوع اتصال اگر سر خروجی ترانسفورماتور را مطابق شکل زیر تغییر دهیم اختلاف فاز ۱۲۰ درجه به دست خواهد آمد:

2- گروه های ترانس مثلث - مثلث : این نوع شامل چهار گروه زوج ۰، ۴، ۶، ۱۰ خواهد بود. دیاگرام ساعتی و سربندی کلافها و نمودار تغییرات ولتاژهای خطی اولیه و ثانویه دو فاز مشابه در زیر نشان داده شده است :

الف) $Dd0$ ترانس مثلث - مثلث گروه صفر :

ب) $Dd10$ ترانس مثلث - مثلث گروه ۱۰ :

ج) $Dd4$ ترانس مثلث - مثلث گروه ۴ :

د) $Dd6$ ترانس مثلث - مثلث گروه ۶ :

3- گروههای ترانسفورماتور ستاره - مثلث : این نوع اتصال شامل چهار گروه فرد ۱، ۵، ۷، ۱۱ خواهد بود. دیاگرام ساعتی و سربندی کلافها و نمودار تغییرات ولتاژهای خطی اولیه و ثانویه دو فاز مشابه در شکل نشان داده می شود :

الف) $Yd1$ ترانس مثلث - مثلث گروه ۱ :

ب) $Yd11$ ترانس مثلث - مثلث گروه ۱۱ :

ج) $Yd5$ ترانس مثلث - مثلث گروه ۵ :

د) $Yd7$ ترانس مثلث - مثلث گروه ۷ :

4- گروههای ترانسفورماتور مثلث - ستاره : این نوع اتصال شامل دو گروه فرد ۵ و ۱۱ خواهد بود. دیاگرام ساعتی و سربندی کلافها و نمودار تغییرات ولتاژهای خطی اولیه و ثانویه دو فاز مشابه در زیر آمده است

XX

الف) Dy5 :

.Dy11 : 5 (ب)

5- گروه‌های ترانسفورماتور ستاره زیگزاگ : این نوع اتصال شامل چهار گروه فرد ۱، ۵، ۷، ۱۱ خواهد بود. دیاگرام ساعتی و سربندی کلافها و نمودار تغییرات ولتاژهای خطی اولیه و ثانویه دو فاز مشابه در زیر آمده است

Yz11 (الف)

: Yz1 (ب)

Yz7 (ج

.Yz5 : 6 (Δ

6- گروه‌های ترانسفورماتور مثلث - زیگزآگ: این نوع اتصال شامل چهار گروه زوج ۰، ۴، ۶، ۱۰ خواهد بود. دیاگرام ساعتی و سربندی کلافها و نمودار تغییرات ولتاژهای خطی اولیه و ثانویه دو فاز مشابه در زیر آمده است

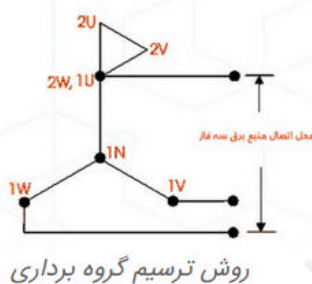
Dz0 (الف)

Dz10 (ب)

Dz6 (ج

Dz4 (c)

رسم گروه برداری ترانسفورماتور



برای رسم گروه برداری ابتدا نقطه صفر یا نوترال اتصال ستاره را به زمین متصل نمایید، سپس U1 از خطوط فشار قوی را به W2 از سیم فشار ضعیف به همدیگر متصل نمایید. سپس 415 ولت ولتاژ از طریق یک منبع برق سه فاز در پایانه فشار قوی اعمال نمایید. پس از این مرحله می بایست ولتاژ بین ترمینال های طرف فشار ضعیف نسبت به نوترال و ترمینال های فشار قوی نسبت به فشار ضعیف را اندازه بگیرید.

دسته بندی

در ترانسفورماتورهای سه فاز، بسته به نحوه اتصالات و اختلاف فاز بین ولتاژهای سمت فشارقوی و فشارضعیف، ترانسفورماتورها را به چهار گروه برداری تقسیم می‌کند.

گروه برداری شماره ۱ بیانگر اختلاف فاز صفر درجه است و اتصال‌های $Yy0$ ، $Dd0$ و $Dz0$ را شامل می‌شود.

در گروه شماره ۲، اختلاف فاز ۱۸۰ درجه است. اتصالات Yy6 و Dd6 در این گروه قرار دارند.

در گروه سوم بردار ولتاژ خط فشار ضعیف نسبت به بردار خط فشار قوی 30° پس فاز است و به عبارت دیگر اختلاف فاز گروه سوم منفی 30° است. اتصال‌های Yd1 و Dy1 از گروه سوم هستند.

در گروه چهارم اختلاف فاز مثبت 30° است و بردار ولتاژ خط فشار ضعیف نسبت به فشار قوی 30° درجه پیش فاز است. اتصال‌های Dy11 و Yd11 در این گروه هستند.

یکی از شرایط ضروری برای موازی کردن ترانسفورماتورها داشتن اختلاف فاز برابر است، یعنی اختلاف فاز ولتاژهای خط ثانویه ترانسفورماتورهایی که می‌خواهند موازی شوند باید صفر باشد یا به عبارت دیگر از یک گروه برداری باشند. با این حال ترانسفورماتورهای گروه ۳ و ۴ را می‌توان با هم موازی کرد. برای مثال در صورت نیاز به موازی کردن ترانسفورماتور Dyn1 و Yd11 با هم، کفایت در ترانس Dyn1 سرهای تغذیه را به صورت دوره‌ای جابجا کنیم (توالی تغذیه را از ABC به CAB تغییر می‌دهیم) و سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه را با کمک ترمینال‌هایشان معکوس می‌کنیم. به این ترتیب بردارهای خط دو ترانس بر هم منطبق خواهند شد

کاربردهای خاص گروه‌های برداری مختلف

در انتخاب یک گروه برداری برای یک مقصود معین باید عوامل فنی و اقتصادی را همزمان در نظر گرفت.

اتصال YNyn0

اتصال YNyn0 معمولاً برای کاهش هزینه عایق‌بندی سمت فشارقوی ترانسفورماتور استفاده می‌شود زیرا در اتصال ستاره بر خلاف اتصال مثلث که سیم‌پیچ‌ها در معرض ولتاژ خط قرار می‌گیرند، سیم‌پیچ‌ها تنها در معرض ۶۰٪ ولتاژ خط به خط خواهند بود. این اتصال برای سامانه‌های فشارضعیف که در آن‌ها از رله‌های حفاظتی اضافه‌جریان برای محافظت در برابر تماس غیرمستقیم استفاده شده است و یا بخش بزرگی از سامانه را بارهای تک‌فاز تشکیل می‌دهد، مناسب نیست زیرا در اتصال ستاره بار در سوی دیگر ترانسفورماتور متعادل نمی‌شود و می‌تواند منجر به اختلاف بسیار شدید ولتاژها در سمت ثانویه شود.

گروه برداری Dyn1 یا Dyn11

در ترانسفورماتورهای فشار متوسط (۱۱/۳۳ کیلوولت یا ۳۰/۳/۱۱ کیلوولت) و فشارضعیف، معمولاً از گروه برداری Dyn1 یا Dyn11 استفاده می‌شود زیرا

(۱) جریان‌های هارمونیک سوم سمت فشارضعیف در اتصال مثلث سمت فشارقوی حالت گردشی پیدا می‌کنند و نمی‌توانند وارد شبکه سمت فشارقوی شوند.

(۲) جریان‌های خطای زمین سمت ستاره در سمت مثلث بازتاب پیدا نمی‌کنند و این امر می‌تواند در رسیدن به هماهنگی عایقی بهتر مفید باشد

(۳) هزینه عایق‌بندی سیم‌پیچ ستاره و مثلث در ولتاژهای زیر ۳۳ کیلوولت تفاوت زیادی نمی‌کند. راه تشخیص سریعی برای تمیزدادن بین اتصال‌های Dyn1 و Dyn11 در سامانه‌های توزیع وجود ندارد و قاعده این است که ترانسفورماتورهای به کار رفته در یک سامانه باید همگی از یک گروه برداری باشند، به‌ویژه اگر بخواهیم آن‌ها را با هم موازی کنیم. با وجود اینکه استفاده از گروه YNyn0 در ترانس‌های توزیع ممکن است، اما استفاده از دو اتصال قبلی رایج‌تر است. برای کاهش هارمونیک می‌توان از اتصال‌های Dz استفاده کرد، اما باید مزایا و معایب این اتصال از جمله افزایش ۲۰ تا ۳۰ درصدی هزینه را در نظر گرفت.

XX

گروه برداری Dyn5

در ترانسفورماتورهای توزیع سامانه‌های صنعتی با توان نامی بیشتر از ۲۵۰ کیلوولت آمپر استفاده از اتصال Dyn5 ترجیح داده می‌شود. گروه برداری Yzn5 در ترانسفورماتورهای توزیع با توان نامی کمتر از ۲۵۰ به کار می‌رود زیرا اتصال زیگزاگ توانایی بیشتری برای تأمین بارهای نامتوازن دارد که به‌ویژه در سامانه‌های سه‌فاز کوچک با بارهای تک‌فاز دیده می‌شوند.

گروه برداری Ynd1 یا Ynd11

در ترانسفورماتورهای افزایشنده ژنراتورهای صنعتی و تجاری، اتصالات Ynd1 یا Ynd11 کاربرد دارند که در آن‌ها اتصال مثلث سمت ژنراتور قرار می‌گیرد. با این وجود بر خلاف باور رایج که استفاده از اتصال ستاره در سمت ژنراتور را از نظر هارمونیک مشکل‌ساز می‌دانند، در عمل نشان داده شده است که اتصال Yyn0 می‌تواند با موفقیت برای این منظور استفاده شود.

گروه برداری YNd5

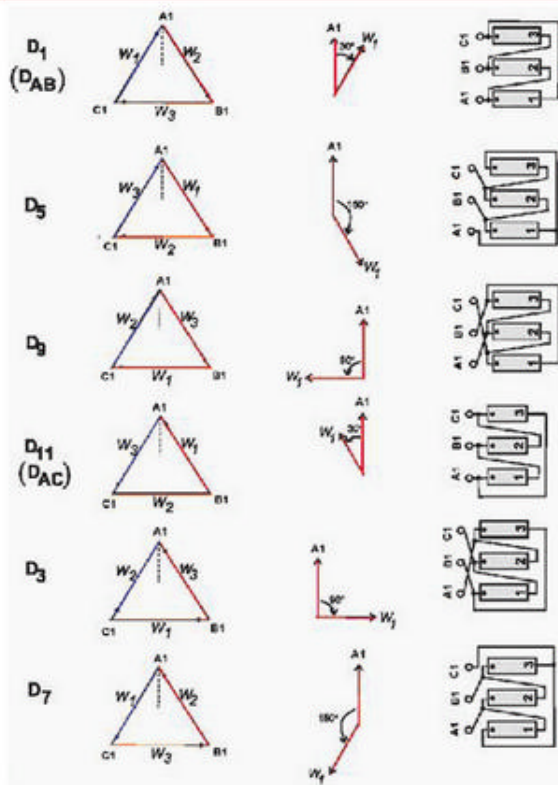
گروه برداری YNd5، گروه برداری ترجیح‌داده شده برای ترانسفورماتور ژنراتورها در نیروگاه‌ها و پست‌های انتقال ۱۱۰ kv/MV است.

هنگام انتخاب گروه برداری برای ترانسفورماتورها اندازه‌گیری راه دور، باید به تأثیر عواملی چون جابجایی فاز در اتصال ستاره-مثلث و نحوه گذر جریان‌های خطا از داخل ترانسفورماتور دقت کرد. برای مثال در حالت‌های خاصی که جریان توالی صفر به سمت دستگاه اندازه‌گیری هدایت نشود امکان اندازه‌گیری صحیح فاصله هنگام وقوع خطاهای زمین وجود نخواهد داشت.

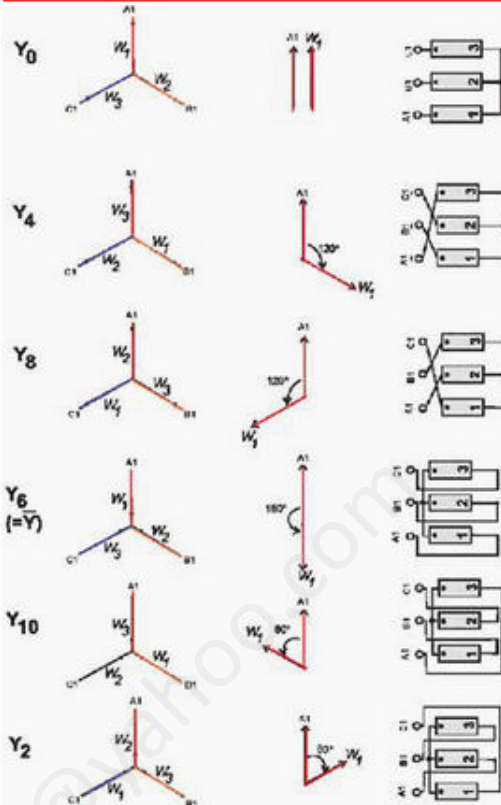
تست گروه برداری

تست گروه برداری به آزمایشی گفته می‌شود که برای تشخیص نماد گروه برداری ترانسفورماتور به کار می‌رود. این تست‌ها در حالتی که ترانسفورماتورها روی تپ نامی‌شان هستند انجام می‌شوند. یک روش انجام آزمایش این است که پس از اتصال منبع تغذیه آزمایش به سمت فشارقوی، ترمینال‌های a2 و A2 را به هم متصل کنیم تا یک نقطه مشترک بین اولیه و ثانویه ایجاد شود و سپس با اندازه‌گیری ولتاژها بین همه ترمینال‌ها و رسم نمودارهای مربوطه، گروه برداری را به دست آوریم.

Different Delta Connection



Different Star connection



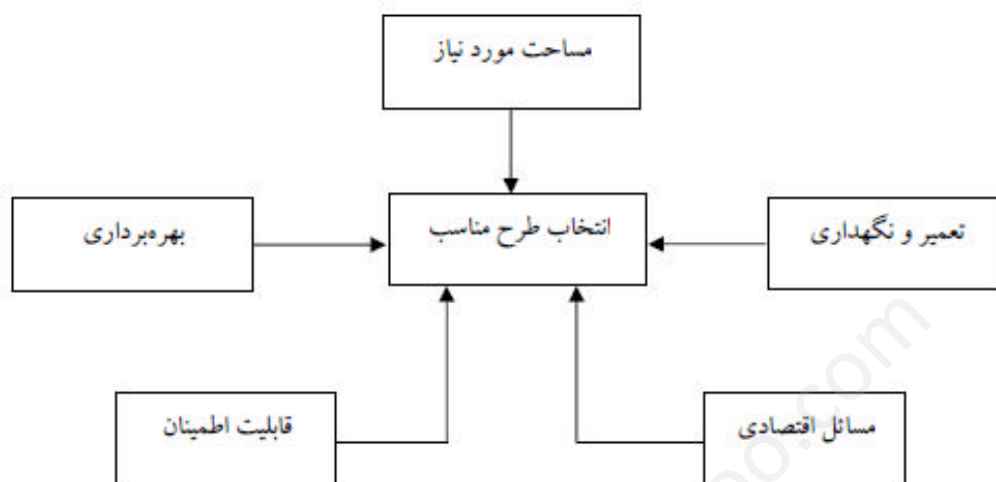
در زمان انجام آزمایش‌ها در صورت وجود سیم نول، این سیم به زمین متصل نمی‌شود تا مانع برقراری جریان گردابی گردد؛ جریانی مصرفی ترانس در حین آزمایش ناشی از جریان مغناطیس‌کنندگی است که خود این جریان در حالت عادی حدود ۱ درصد جریان نامی است و در هنگام آزمایش مقدار آن به نسبت ولتاژ آزمایش به ولتاژ نامی ترانس بستگی خواهد داشت. آزمایش مشابهی روی اتوترانسفورماتورها نیز قابل انجام است اما در روش بالا به علت وجود نقطه مشترک بین اولیه و ثانویه اتوترانسفورماتور، ایجاد جریان گردشی محاسبات را پیچیده خواهد کرد. در صورتی که اتوترانسفورماتور دارای سیم‌پیچ ثالثیه مثلث باشد باید بین این سیم‌پیچ و سمت فشارقوی نیز ارتباط الکتریکی ایجاد کرد.

در ترانسفورماتورهای ولتاژ سه‌فاز نیز می‌توان با استفاده از تست گروه برداری استفاده کرد. اما به علت کوچک بودن ولتاژ ثانویه این ترانسفورماتورها (مثلاً ۱۰۴ ولت برای ولتاژ تغذیه ۴۱۵ ولتی در یک ترانسفورماتور ولتاژ ۳۳ کیلوولت/۱۱۰ ولت)، کشیدن نمودار برداری غیرعملی است و به همین خاطر تست گروه برداری در این ترانسفورماتورها انجام نمی‌شود و به نتایج آزمایش‌های تحت بار اعتماد می‌کنند.

شینه بندی:

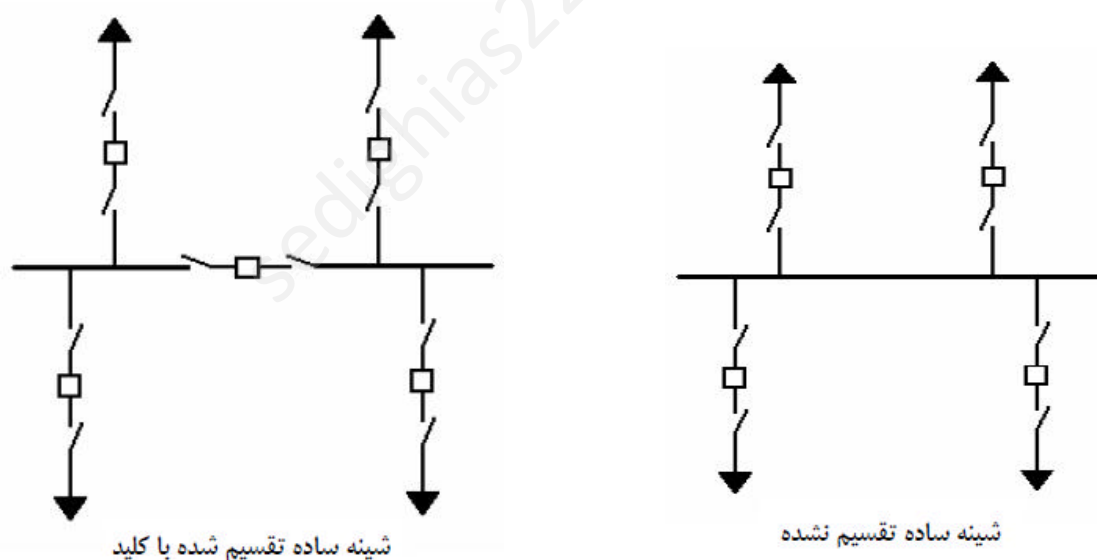
نحوه اتصال الکتریکی فیدرهای مختلف به یک باس و یا به یکدیگر و یا اتصالات بین تجهیزات را شینه بندی گویند

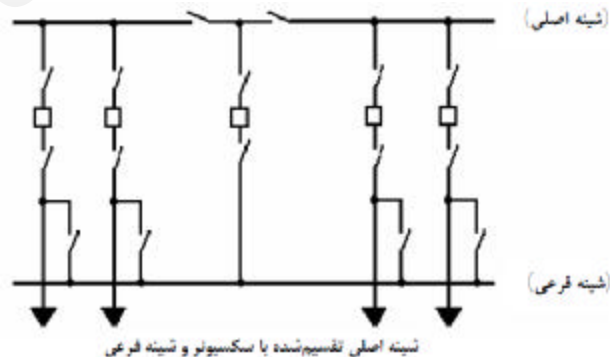
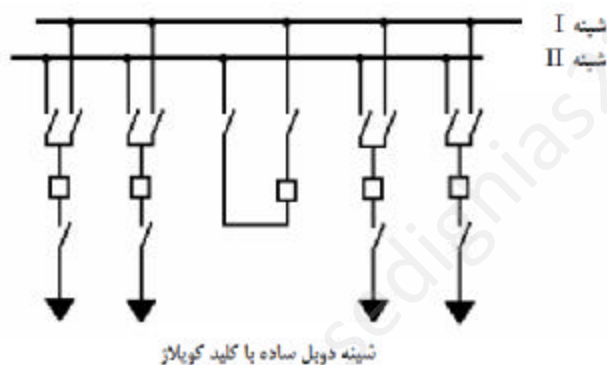
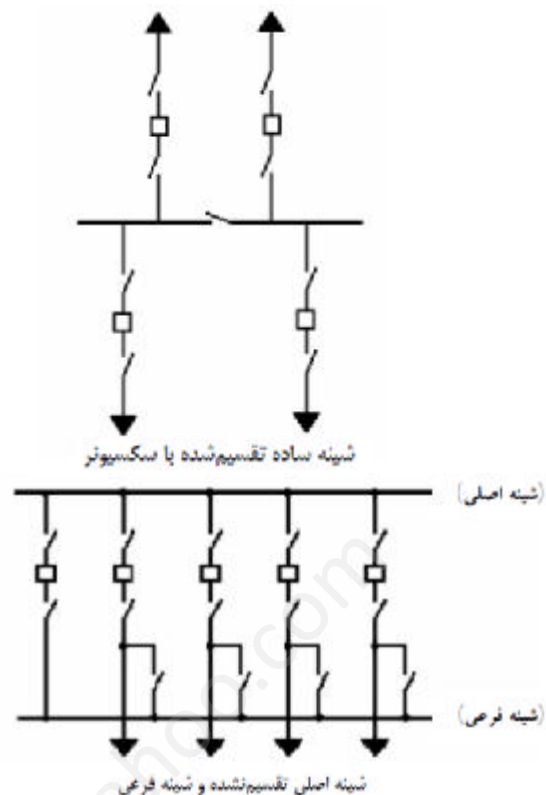
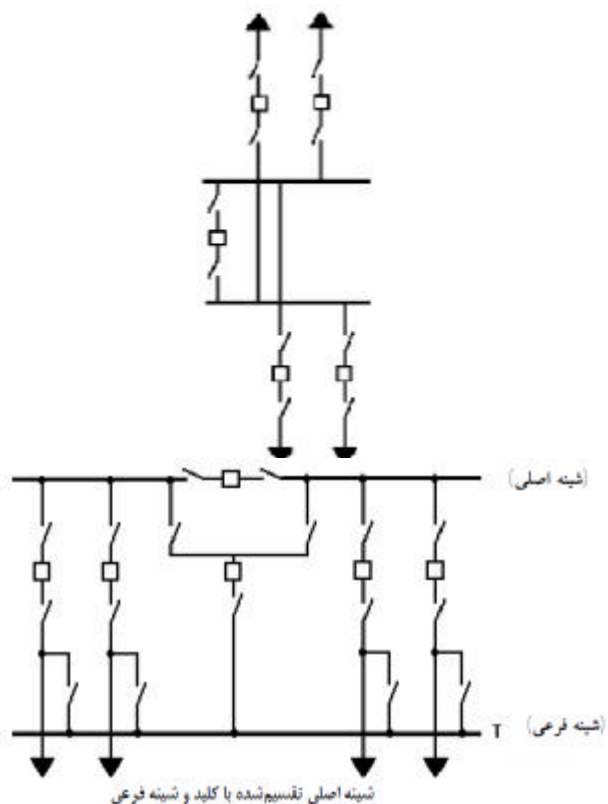
عوامل زیر باعث انتخاب یک طرح شینه بندی از بین انواع طرح ها میگرد

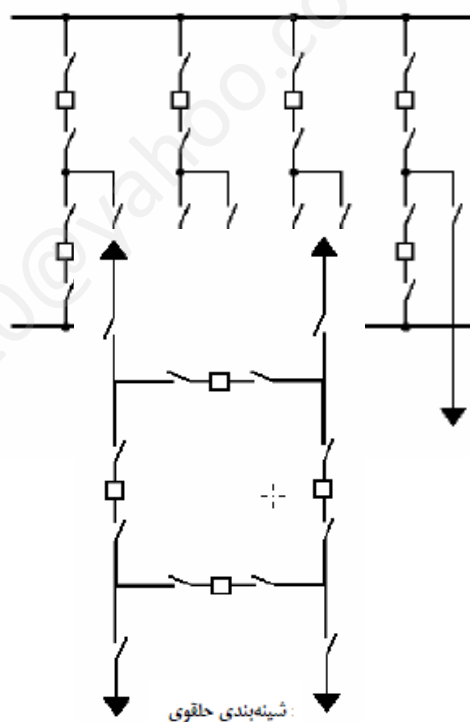
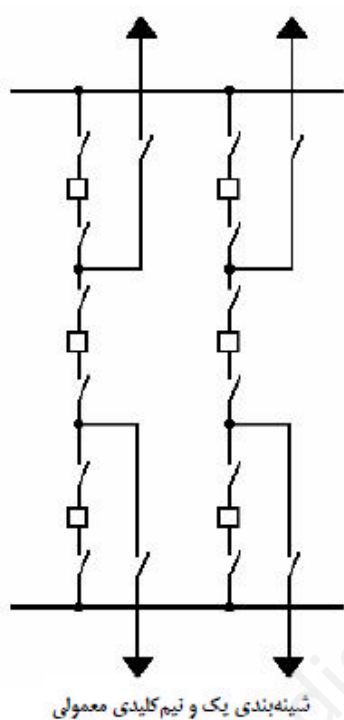
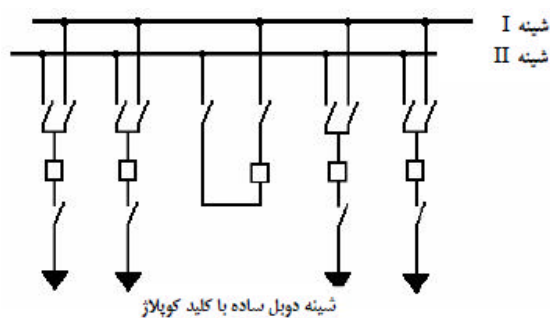
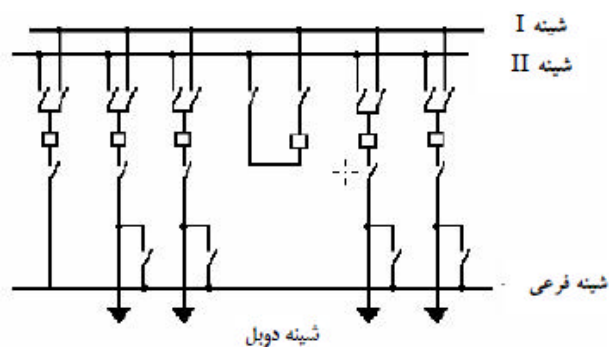


شاخصهای مختلف در انتخاب طرح مناسب

انواع شینه بندی







انواع شینه بندی:

- 1- سیستم بدون باسبار Without Busbar
- 2- سیستم تک شینه Busbar Single (ساده)
- 3- شینه بندی اصلی و انتقالی Main & Transfer Busbar
- 4- شینه بندی دابل (دو شین اصلی) Duplicate Busbar
- 5- شینه بندی دابل با دیسکانکت موازی Duplicate Busbar with By pass Disconec

6- شینه بندی یک و نیم بریکری One & halfe Breaker System

7- شینه بندی دو بریکری Double Breaker System

8- شینه بندی حلقوی Ring Busbar System

9- شینه بندی ترکیبی Combined System

10- سیستم های شینه بندی با بیش از دو شین

1سیستم بدون باسبار : without Busbar

این طرح اصولاً بندرت و تنها در پست های کم اهمیت و یا موقتی استفاده می شود و دارای معایب زیر است:

- برای انجام تعمیرات روی هر یک از تجهیزات کل یست بی برق می شود.

- با بروز هر اتصال کوتاهی، در روی خط و یا هر قسمت از مدارات داخل پست کل پست بدون برق خواهد شد.

- ضریب اطمینان بسیار کمی دارد.

- برای تغذیه های کوتاه مدت بکار می رود.

- امکان مانور روی تغذیه کننده ها وجود ندارد.

**** تنها مزیت سیستم بدون پاسبار حفاظت ساده و ارزان قیمت آن است.**

2- سیستم تک شینه: Single Busbar (ساده)

مزایا: هزینه کم

حفاظت و عملیات ساده

در این سیستم تمام انشعابات روی یک شین و توسط یک بریکر با یکدیگر ارتباط پیدا می کنند.

معایب:

- با اتصال کوتاه روی شین تمام پست بی برق می شود.
- در صورت تعمیرات روی یک انشعاب آن انشعاب بدون برق می شود.
- امکان توسعه ایستگاه بدون خاموشی کل ایستگاه وجود ندارد.

این نوع شینه بندی مناسب برای مصرف کننده هایی است که امکان تغذیه از ایستگاه دیگر را داشته باشند.

می توان برای برطرف کردن بعضی از معایب طرح فوق از

بریکر (Bus Section = Bus Tie)

و یا از دیسکانکت استفاده کرد. در صورتی که برای قطع

طولی شین از دیسکانکت استفاده شده باشد برای قطع و

وصل آن یک طرف شین بدون برق باشد ولی در صورت

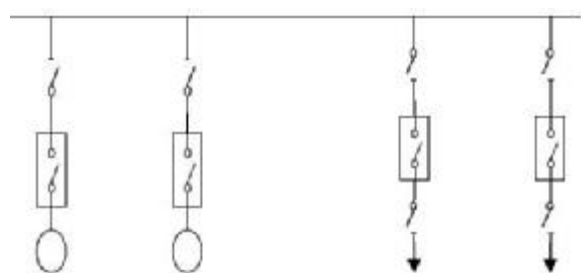
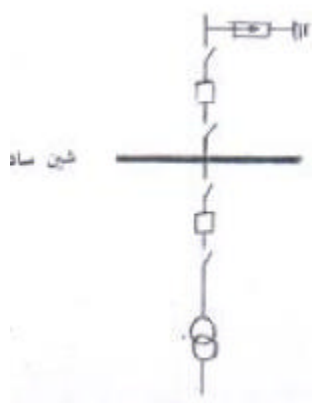
استفاده از بریکر می توان در هر شرایطی بریکر را باز و بسته

نمود.

در صورت استفاده از بریکر باس شکن در صورت اتصالی روی هر قسمت از شین، همان قسمت بدون برق می

شود و تداوم و سرویس دهی بهتری را دنبال خواهد داشت و بریکر باس شکن در حالت کار عادی ایستگاه بسته

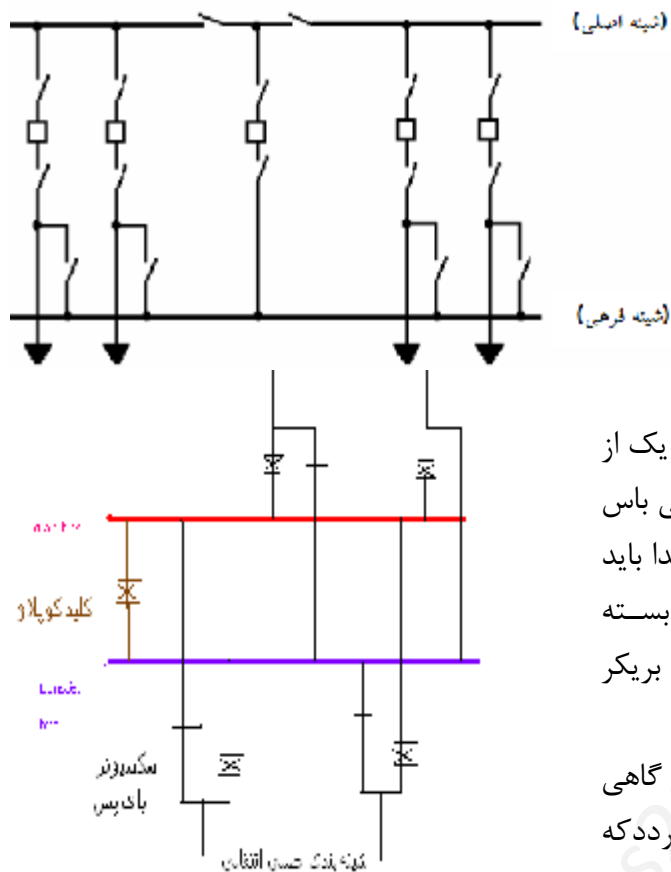
نگه داشته می شود.



شین بندی ساده با دو ورودی و دو خروجی

3- شینه بندی اصلی و انتقالی: Main & Transfer Busbar

در صورت اتصال کوتاه روی شین تمام انشعابات بدون برق خواهد شد مگر اینکه از باس شکن استفاده نمائیم.



در حالت کار عادی سیستم تنها شین اصلی برقرار بوده و از شین فرعی استفاده نمی شود و بریکر کوپلر باز است. و بریکر باس کوپلر در هر زمان تنها می تواند جانشین یکی از بریکرهای خطوط و یا ترانس شود در این سیستم از یک شین اصلی و از یک شین فرعی که ارتباط دو شین توسط یک بریکر موسوم به Bus Coupler امکان پذیر است، هر انشعاب از طریق بریکر به شین اصلی و از طریق دیسکانکت به شین فرعی

وصل است. بریکر باس کوپلر در صورت اشکال در هر یک از بریکرها می تواند جایگزین آنها شود. پس هنگام جایگزینی باس کوپلر بجای هر یک از بریکرهای خط و یا ترانس، ابتدا باید دیسکانکتهای طرفین کوپلر را بست و بعدا بریکر کوپلر بسته شده و در نهایت سکسیونر متصل به شین فرعی بسته و بریکر خط یا ترانس را از مدار خارج می نمایند.

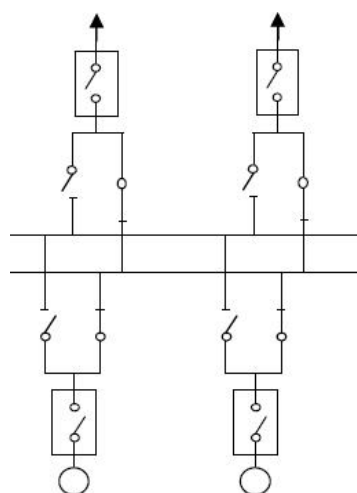
در صورتی که تعداد انشعابات از شین اصلی زیاد باشد گاهی شین اصلی و فرعی به دو یا چند بخش نیز تقسیم می گردد که ارتباط بخش ها در شین اصلی معمولاً از طریق بریکر و در شین

فرعی از طریق دیسکانکت انجام می شود باید توجه داشت که توسعه ایستگاه بدون خاموشی کامل آن امکان پذیر نیست. ولی در صورت استفاده از باس شکن می توان یک طرف آن را برای توسعه بدون برق کرد. شین بدون خاموشی قابل تعمیر نیست ولی بریکرهای خط و یا ترانس بدون خاموشی خط و یا ترانس قابل تعمیرند.

در صورت استفاده از باس شکن، باس کوپلر برای دو طرف در نظر گرفته می شود و در صورت استفاده از باس شکن در شین فرعی، می توانیم دو بریکر را در آن واحد تعمیر نماییم.

معمولاً این نوع شینه بندی تا سطح ولتاژ 132 Kv مورد استفاده قرار می گیرد.

4- شینه بندی دابل (دوشین): Duplicate Busbar



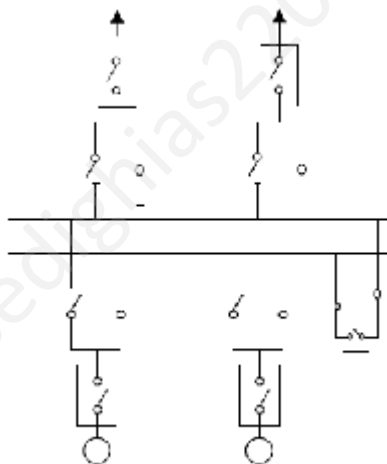
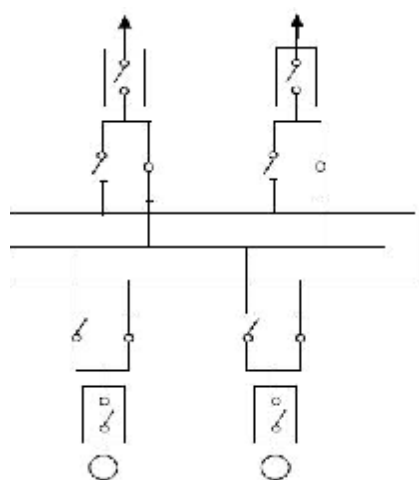
نقش بریکر کوپلر در این شینه بندی با بریکر کوپلر در شینه بندی اصلی و انتقالی متفاوت است.

می توان با استفاده کردن از دیسکانکت D.S بدون خاموشی از دو شین اصلی استفاده شود هر انشعاب دارای سه دیسکانکت است که دو دیسکانکت امکان اتصال از یک شین به شین دیگر به این صورت است که ابتدا دیسکانکتهای مربوط به کوپلر و بریکر کوپلر را بسته و پس دیسکانکتهای شین دوم را بسته و شین اول را باز می نمایند در صورتی که تعداد انشعابات زیاد باشد می توان از بریکر Bus section استفاده کرد که در اینصورت برای هر بخش از شین یک بریکر کوپلر مورد نیاز خواهد بود. در این سیستم می توان تعدادی از انشعابات را از یک شین و تعدادی

دیگر را از شین دوم تغذیه کرده توسعه پست بدون برق کردن پست امکان پذیر است.

عیب اساسی:

تعمیر بریکر خط و یا ترانس، خاموشی انشعاب مربوطه را بدنبال خواهد داشت تا سطح ولتاژ 132 کیلوولت مورد استفاده قرار می گیرند.



5- سیستم شینه بندی با دو شین اصلی و دیسکانکتور موازی:

Duplicate Busbar With by pass Disconnect

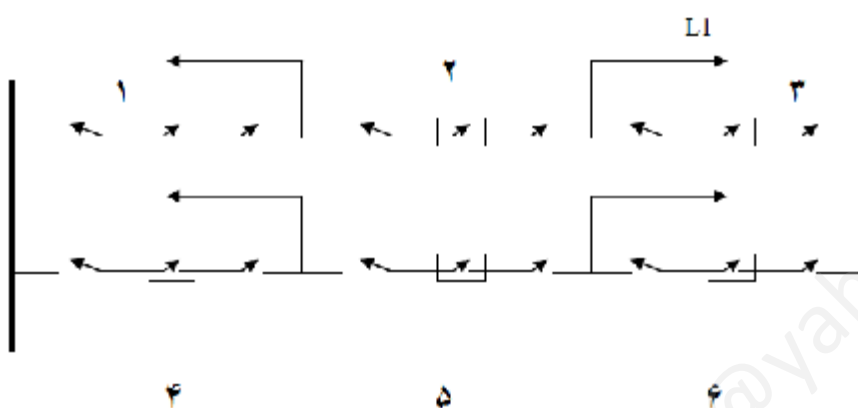
این سیستم در واقع ترکیبی از دو سیستم شینه بندی دابل و اصلی انتقالی است. هر یک از دو شین می توانند در حالت عادی در مدار باشند و دیگری بعنوان درز و مورد استفاده قرار گیرد. در مواردی که در بریکر هر انشعاب نقصی وجود داشته باشد می توان یک مسیر موازی به کمک بریکر کوپلر ایجاد کرد و بدون خاموشی انشعاب مربوطه نسبت به رفع اشکال از بریکر معیوب اقدام کرد. بدین ترتیب مزیت های دو سیستم در یک سیستم جمع شده است. اما به لحاظ تعداد زیاد دیسکانکتهای، کنترل و حفاظت کل سیستم پیچیده تر و نیز از نظر اقتصادی گرانتر خواهد بود.

این نوع شینه بندی نیز معمولا در پستهای با ولتاژ 132 Kv که دارای اهمیت زیادی باشند و گاهی در پسی های با سطح ولتاژ 230 Kv نیز مورد استفاده قرار می گیرند

sedighias220@yahoo.com

6- سیستم شینه بندی یک و نیم بریکری : One & half Breaker System

سیستم های شینه بندی تاکنون معرفی شده است بهنگام کار عادی پست همگی فقط دارای یک شین برقرار هستند و شین دوم معمولاً بصورت رزرو بوده و باری روی آن قرار ندارد. در چنین سیستم هایی چنانچه اتصال کوتاهی روی شین برقرار رخ دهد تمام بریکرهای تغذیه کننده انشعابات توسط سیستم حفاظت باسبار تریپ خواهند خورد و کل پست و یا بخشی از آن برای مدتی بی برق خواهد شد در پست هایی با ولتاژ 230 Kv و بالاتر که معمولاً ایستگاهایی در یک منطقه قرار دارند بی برق شدن یک بخش از پست می تواند منجر به خاموشیهای گسترده ای هر چند کوتاه مدت گردد بخصوص در نواحی پر مصرف که دارای کارخانجات و مجتمع های صنعتی بزرگ باشد این مسئله بیشتر اهمیت خواهد داشت. لذا برای بالا بردن قابلیت اطمینان سیستم و پایداری شبکه از سیستم های شینه بندی گرانتر ولی مطمئن تری استفاده می شود که سیستم یک و نیم بریکری یکی از آنهاست.



در این نوع شینه بندی برای هر دو انشعاب سه بریکر وجود دارد) برای یک انشعاب یک و نیم بریکر هزینه شده است). امکان مانور روی بریکرها و انشعابات زیاد است و هیچ انشعابی با معیوب شدن یک بریکر تغذیه کننده آن

از مدار خارج نمی شود چون در هر لحظه دو مسیر تغذیه برای هر انشعاب وجود دارد. سیستم دارای دو شین اصلی بوده که در حالت عادی کارکرد هر دو برقرار بوده و کلیه بریکرها نیز در مدار می باشند. به این ترتیب در صورتی که روی هر یک از اتصال کوتاهی رخ دهد هیچ یک از انشعابات از مدار خارج نخواهد شد. توسعه ایستگاه بدون قطع هیچ یک از انشعابات امکان پذیر است. در این سیستم شینه بندی:

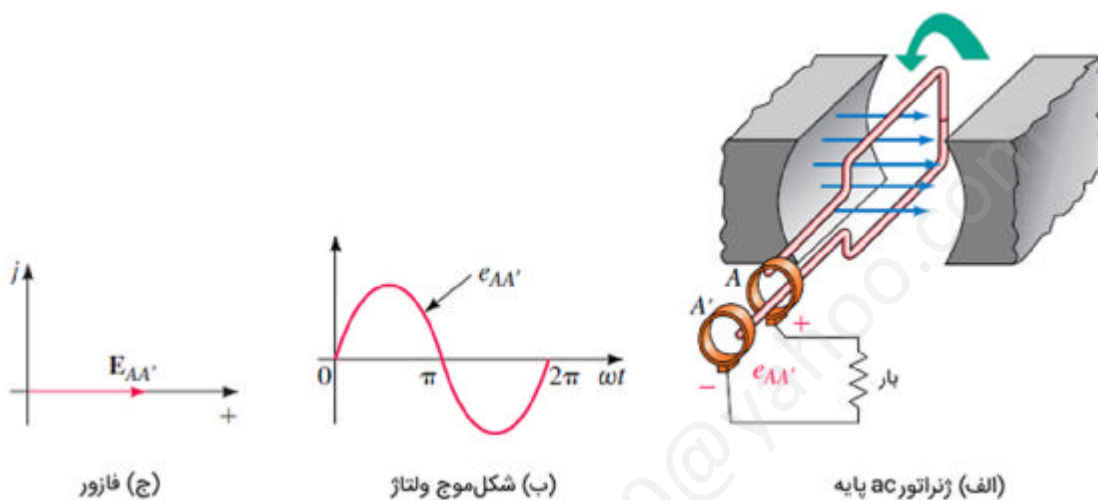
- تمام کلیدها در حالت عادی وصلند.
 - در صورت اتصال کوتاه روی شین بریکرهای مربوطه به همان شین بدون برق خواهند شد.
 - در صورت اتصالی روی هر انشعاب دو بریکر از مدار خارج خواهند شد.
 - امکان تعمیر هر کدام از بریکرها و شین ها بدون قطع انرژی امکان پذیر است.
 - توسعه پست براحتی امکان پذیر است.
- تا سطح ولتاژهای 230 kv و 400 kv مورد استفاده دارند. و نقش عمده در این نوع شینه بندی بعهده بریکرهاست.

تولید ولتاژ سه فاز

ژنراتورهای سه فاز، سه مجموعه سیم پیچی دارند و به همین دلیل سه ولتاژ e_{ac} را تولید می کنند. برای درک چگونگی این موضوع، ابتدا ژنراتور ساده تک فاز شکل ۱ را در نظر بگیرید. وقتی حلقه سیم پیچ AA'

می چرخد، شکل موج سینوسی $e_{AA'}$ را مطابق شکل ۱ (ب) تولید می کند. این ولتاژ را می توان با فازور $E_{AA'}$

شکل ۱ (ج) نشان داد.



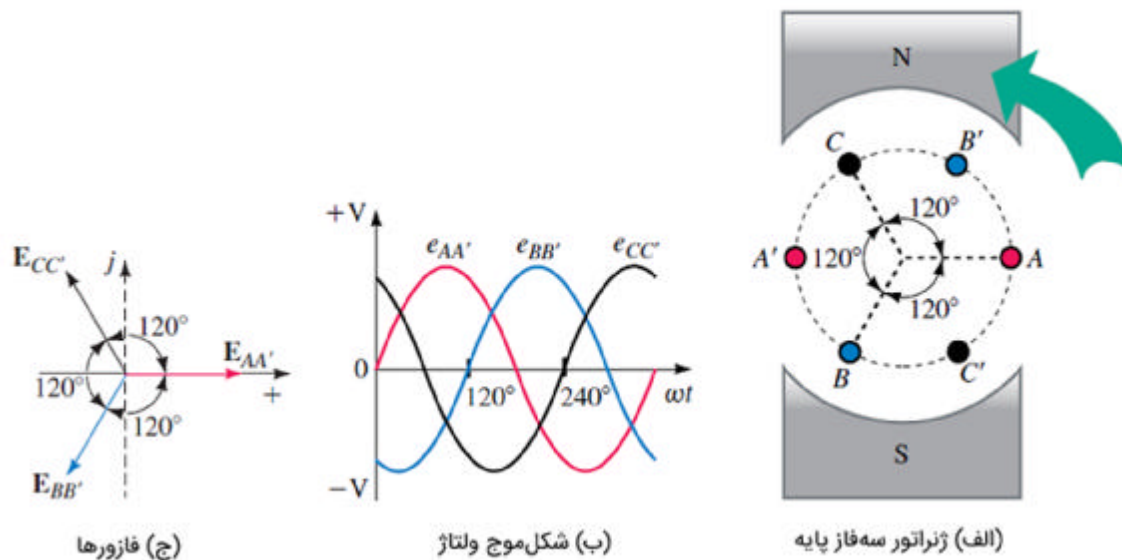
شکل ۱:

یک ژنراتور تک فاز پایه

اگر دو سیم پیچ دیگر به شکل ۱ اضافه کنیم، دو ولتاژ دیگر نیز تولید می شود (شکل ۲). از آن جایی که این سیم پیچ ها مشابه AA'

هستند (تفاوت آن ها فقط در موقعیت روی رتور است)، ولتاژهای یکسانی تولید می کنند. هرچند، چون سیم پیچ BB' به اندازه 120° عقب تر از سیم پیچ AA' است، ولتاژ $e_{BB'}$ به اندازه 120° از $e_{AA'}$ عقب تر خواهد بود. به طریق مشابه، سیم پیچ CC' که 120° جلوتر از سیم پیچ AA' است، ولتاژ $e_{CC'}$ را تولید می کند که به اندازه 120° پیش فاز است. شکل موج ها در شکل ۲ (ب)، و فازورها در شکل ۲ (ج) نشان داده شده اند. همان گونه که مشخص است، اندازه ولتاژها برابر است و زاویه آن ها به اندازه 120°

با هم تفاوت دارد.



شکل

۲: تولید ولتاژ سه فاز متعادل

بنابراین، اگر فرض کنیم $E_{AA'}$

در زاویه فاز 0° قرار دارد، آن گاه $E_{BB'}$ در -120° و $E_{CC'}$ در $+120^\circ$ خواهند بود. اگر فرض کنیم مقدار rms ولتاژ $120V$ باشد و مرجع 0° را برای فازور $E_{AA'}$ در نظر بگیریم، دنباله ولتاژهای $E_{AA'} \angle -120^\circ$ ، $E_{BB'} \angle 0^\circ$ و $E_{CC'} \angle 120^\circ$

را داریم. چنین مجموعه‌ای از ولتاژها را متعادل می‌گوییم. به دلیل وجود رابطه مشخص بین ولتاژهای متعادل، می‌توان با داشتن یکی از آن‌ها، دو ولتاژ دیگر را به سادگی تعیین کرد.

اتصالات اساسی مدار سه فاز

منبع شکل ۲، سه سیم پیچ مستقل AA'

، BB' و CC' دارد. در ابتدا شاید بارها را با شش سیم به منابع ولتاژ متصل کنیم (شکل ۳ الف). این کار، شدنی است، اما چیزی نیست که در عمل انجام می‌شود (البته می‌توان از مفهوم آن استفاده کرد). برای درک بهتر این موضوع، فرض کنید ولتاژ $120V$ ولتی سیم پیچ، به یک بار مقاومتی 12Ω اهمی وصل است. با در نظر گرفتن $E_{AA'}$

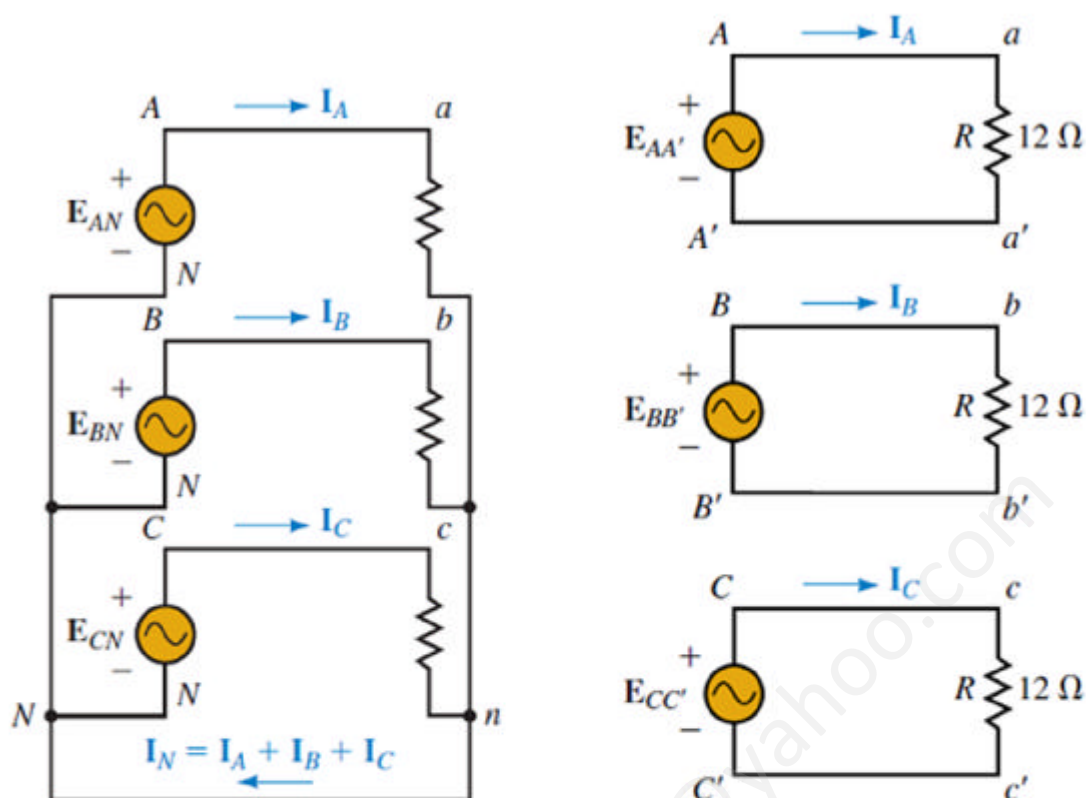
به عنوان مرجع، قانون اهم را به مدار اعمال کرده و جریان‌ها را به صورت زیر به دست می‌آوریم:

$$I_A = E_{AA'}/R = 120 V \angle 0^\circ / 12 \Omega = 10 A \angle 0^\circ$$

$$I_B = E_{BB'}/R = 120 V \angle -120^\circ / 12 \Omega = 10 A \angle -120^\circ$$

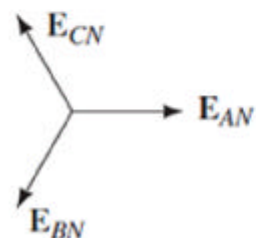
$$I_C = E_{CC'}/R = 120 V \angle 120^\circ / 12 \Omega = 10 A \angle 120^\circ$$

جریان‌های فوق، مطابق شکل ۳ (ب)، یک مجموعه متعادل را تشکیل می‌دهند.

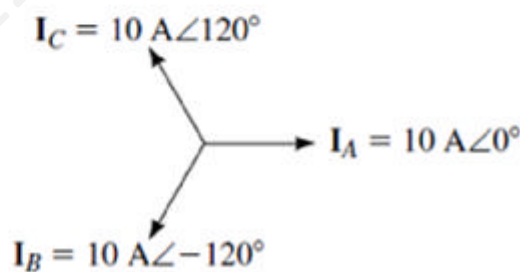


(ج) سیستم چهارسیمه
سیم برگشتی، خنثی نامیده می‌شود

(الف) تصور اولیه



(د) فازورهایی که دوباره
نام‌گذاری شده‌اند



(ب) جریان‌های یک مجموعه متعادل

شکل

۳: اتصالات سه‌فاز

سیستم‌های چهارسیمه و سه‌سیمه

در شکل ۳ (الف)، هر بار، مدار بازگشت جریان مربوط به خود را دارد. اگر این مدارها را با مدار شکل ۳ (ج) جایگزین کنیم چه اتفاقی می‌افتد؟ با استفاده از قانون جریان کیرشهف (KCL)، جریان سیمی که «خنثی» (Neutral) نامیده می‌شود، برابر با جمع فازوری سه جریان I_A

، I_B و I_C است. برای سیستم شامل بار 12

اهمی، داریم:

$$\begin{aligned} I_N &= I_A + I_B + I_C = 10 \text{ A} \angle 0^\circ + 10 \text{ A} \angle -120^\circ + 10 \text{ A} \angle 120^\circ \\ &= (10 \text{ A} + j0) + (-5 \text{ A} - j8.66 \text{ A}) + (-5 \text{ A} + j8.66 \text{ A}) = 0 \text{ amps} \end{aligned}$$

بنابراین، سیم برگشت، جریانی ندارد. این نتیجه در سیستم‌های متعادل (یعنی با بارهای یکسان)، بدون توجه به امپدانس بار همواره درست است. در عمل، سیستم‌های قدرت تقریباً متعادل هستند. بنابراین، جریان برگشتی نزدیک صفر است و البته لزوماً صفر نیست. به همین دلیل می‌توان سطح مقطع سیم خنثی را نسبت به سایر سیم‌ها کوچک‌تر انتخاب کرد. این پیکربندی، سیستم چهارسیمه (Four-wire system) نامیده می‌شود و یکی از پیکربندی‌هایی است که در عمل مورد استفاده قرار می‌گیرد.

خطوط شکل ۳ (الف)، هادی‌های خط یا فاز نامیده می‌شوند. احتمالاً این هادی‌ها را در خطوط انتقال یا توزیع دیده‌اید.

نمادگذاری

نقاط اتصال a

، b و c شکل 3 (ج) را با A'، B' و C' نشان می‌دهیم و برای سادگی با نقطه مشترک N نشان می‌دهیم. بنابراین، ولتاژها با نام‌های E_{AN}، E_{BN} و E_{CN}

مطابق شکل ۳ (د) نشان می‌دهیم. این ولتاژها به نام ولتاژهای خط به خنثی شناخته می‌شوند.

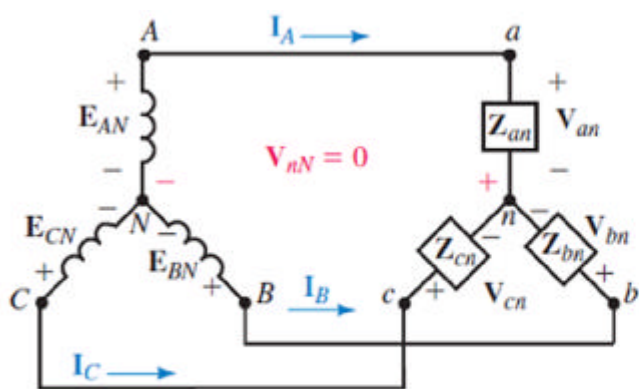
نمایش استاندارد

مدارهای سه‌فاز را معمولاً مطابق آنچه در شکل ۳ (الف) و (ج) نشان داده شده است، نمایش نمی‌دهند. برای نمایش سیم‌پیچ ژنراتور از نماد سلف و نیز دایره برای منبع ولتاژ آن استفاده می‌شود.

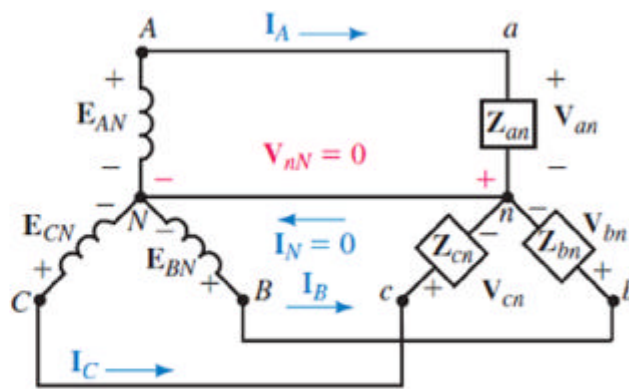
همان‌گونه که از شکل ۴ (الف) مشخص است، یک مدار Y-Y یا ستاره-ستاره داریم که به‌عنوان یک سیستم Y-
Y چهارسیمه شناخته می‌شود. با کمی تغییر می‌توان مطابق شکل ۴ (ب) به یک سیستم Y-Y سه‌سیمه رسید.

هنگامی می‌توان از مدارهای Y-Y سه‌سیمه استفاده کرد که تضمین شود سیستم متعادل باقی می‌ماند، زیرا در شرایط تعادل، از هادی خنثی جریانی نمی‌گذرد. در عمل، سیستم‌های Y-Y اغلب چهارسیمه هستند.

XX



(ب) سیستم Y-Y سه سیمه



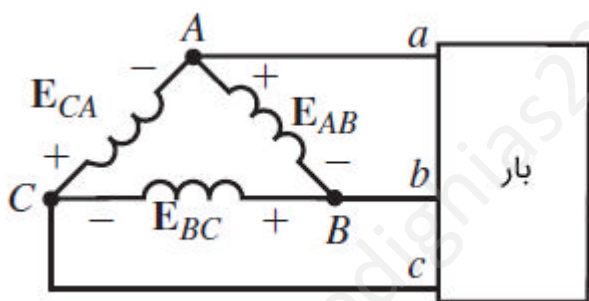
(الف) سیستم Y-Y چهار سیمه

شکل ۴: نمایش استاندارد مدارهای سه فاز

ژنراتورهای با اتصال دلتا یا مثلث

اکنون ژنراتورهایی را بررسی می‌کنیم که اتصال سیم‌پیچ آن‌ها به صورت Δ

یا مثلث است. از نظر تئوری، این کار مطابق شکل ۵ انجام خواهد شد. هرچند در عمل، دشواری‌هایی وجود دارد. برای مثال، وقتی بار به ژنراتور وصل شود، به دلیل شار مغناطیسی ناشی از جریان بار، در ولتاژ سیم‌پیچ‌ها اعوجاج رخ می‌دهد.



شکل ۵: یک ژنراتور با اتصال Δ

در اتصال ستاره، اعوجاج‌ها حذف می‌شوند، اما در اتصال مثلث باقی می‌مانند. اعوجاج باعث تولید هارمونیک سوم جریان می‌شود که در سیم‌پیچ‌های ژنراتور با اتصال Δ

گردش می‌کند، در نتیجه، بازده کاهش می‌یابد. به این دلیل و دلایل دیگر، ژنراتورهایی که اتصال سیم‌پیچ آن‌ها به صورت Δ

است، به ندرت در سیستم‌های قدرت مورد استفاده قرار می‌گیرند. به همین دلیل، در این آموزش، این سیستم‌ها را بررسی نمی‌کنیم.

ولتاژ خنثی به خنثی در یک مدار Y-Y

در یک سیستم Y-Y متعادل، جریان خنثی صفر است، زیرا مجموع جریان‌های خطوط، صفر است. در نتیجه، ولتاژ بین نقاط خنثی صفر است. برای دیدن دلیل این گفته، دوباره شکل ۴ (الف) را ببینید. فرض کنید امپدانس سیم رابط بین دو نقطه N

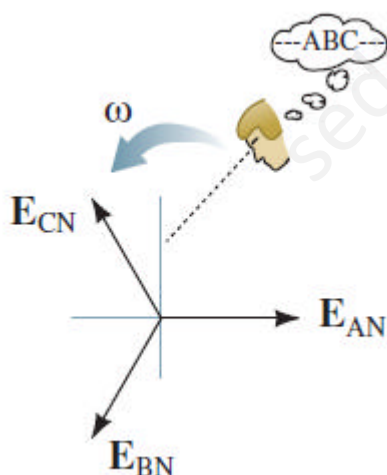
و n برابر با Z_{nn} باشد. در نتیجه، ولتاژ برابر است با $V_{nn} = I_n \times Z_{nn}$. اما از آنجایی که $I_n = 0$ است، $V_{nn} = 0$ خواهد بود (بدون توجه به مقدار Z_{nn}). اگر هادی خنثی در شکل ۴ (ب) وجود نداشته باشد، مقدار V_{nn} هم‌چنان صفر باقی می‌ماند. بنابراین، در یک سیستم Y-Y متعادل، ولتاژ بین نقاط خنثی، صفر است.

دنباله فاز

دنباله فاز، به ترتیب ولتاژهای سه‌فاز گفته می‌شود. این موضوع را می‌توان در قالب فازورها بررسی کرد. اگر (از نظر مفهومی) به چرخش فازور مجموعه شکل ۶ نگاه کنیم، برای مثال، می‌بینیم که فازورها با ترتیب ...ABCABC...

می‌چرخند. این دنباله را دنباله فاز ABC یا دنباله فاز مثبت می‌نامیم. از سوی دیگر، اگر جهت چرخش را عکس کنیم، دنباله به صورت ACB خواهد بود (دنباله فاز منفی). از آنجایی که سیستم‌های قدرت، دنباله ABC را تولید می‌کنند (شکل ۲)، فقط این دنباله را بررسی می‌کنیم. در حالی که ولتاژها در دنباله ABC

تولید می‌شوند، ترتیب ولتاژهای اعمالی به بار، به نحوه اتصال آن به منبع بستگی دارد. برای بسیاری از بارهای متعادل، دنباله فاز اهمیتی ندارد. البته، ترتیب فاز در موتورهای سه‌فاز مهم است، زیرا اگر هر یک جفت سیم را با هم تعویض کنیم، جهت چرخش موتور تغییر خواهد کرد.



شکل ۶: دنباله فاز

روابط اساسی مدارهای سه‌فاز

در این بخش، روابط اساسی ولتاژ و جریان مربوط به مدارهای سه فاز با اتصال ستاره و مثلث را بیان خواهیم کرد.

تعاریف

ولتاژهای خط (که خط به خط نیز نامیده می شود)، ولتاژ بین خطوط هستند. بنابراین، E_{AB}

، E_{BC} و E_{CA} ولتاژهای خط به خط ژنراتور و V_{ab} ، V_{bc} و V_{ca}

ولتاژهای خط به خط بار هستند.

ولتاژهای فاز، ولتاژ فازها هستند. در یک بار Y ، ولتاژ فاز، به عنوان اختلاف ولتاژ خط تا خنثی تعریف می شود (شکل ۷ (الف)). بنابراین، V_{an}

، V_{bn} و V_{cn} ولتاژهای فاز یک بار Y هستند. برای بار Δ ، فازها مطابق شکل ۷ (ب)، به صورت خط به خط بیان می شوند. همان طور که می بینیم، ولتاژهای فاز و خط در یک بار Δ مشابه هستند. برای ژنراتور شکل ۷ (الف)، مقادیر E_{AN} ، E_{BN} و E_{CN}

ولتاژ فاز هستند.

جریان های خط، جریان هایی هستند که در هادی های خط می گذرند. برای نمایش این جریان، فقط از یک اندیس استفاده می کنیم. بنابراین، می توانیم از نمادهای I_a

، I_b و I_c در شکل ۷ یا I_A ، I_B و I_C در شکل ۴ استفاده کنیم. (البته گاهی از نمادهایی با دو اندیس نیز استفاده شده است، مانند I_{Aa}

)

جریان های فاز، جریان هایی هستند که از فازها عبور می کنند. برای بار Y شکل ۷ (الف)، جریان های I_a

، I_b و I_c

از امپدانس های فاز می گذرند و به همین دلیل، جریان فاز هستند.

امپدانس های فاز یک بار Y ، امپدانس های بین $a-n$

، $b-n$ و $c-n$ هستند (شکل ۷ (الف)) و با نمادهای Z_{an} ، Z_{bn} و Z_{cn} نمایش داده می شوند. برای یک بار Δ شکل ۷ (ب)، امپدانس های فاز، Z_{ab} ، Z_{bc} و Z_{ca}

XX

شکل ۷: نمادگذاری و نام‌گذاری ولتاژها و جریان‌های سه فاز

در این قسمت، می‌خواهیم رابطه بین ولتاژ فاز و خط را در یک مدار ستاره پیدا کنیم. بدین منظور، شکل ۸ را در نظر بگیرید.



بنابر این:

(رابطه ۱)

با جایگذاری این دو مقدار در رابطه (۱)، داریم:

از طرفی می‌دانیم که $V_{an}=V\angle 0^\circ$

در نتیجه، رابطه زیر بین ولتاژ خط و ولتاژ فاز برقرار است:

۲) رابطہ

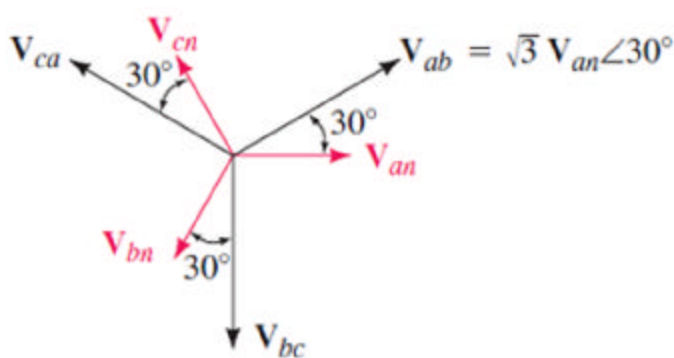
رابطه (۲) نشان می‌دهد که اندازه ولتاژ خط، سه برابر اندازه ولتاژ فاز است. همچنین، زاویه ولتاژ خط، به اندازه 30°

از ولتاژ فاز جلوتر است. این موضوع، در شکل ۹ (الف) نشان داده شده است. برای دو فاز دیگر نیز روابط مشابه است (شکل ۹ (ب)). بنابراین، برای منبع می‌توان نوشت:

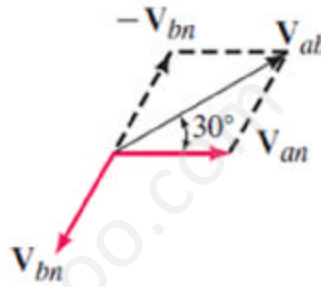
$$E_{AB} = \sqrt{3} E_{AN} \angle 30^\circ$$

۳)

رابطه (۲)



(ب) ولتاژهای فاز و خط، متعادل هستند



(الف) V_{ab} به اندازه 30° از V_{an} جلوتر است

شکل ۹: ولتاژهای یک بار ستاره متعادل

ولتاژهای نامی

ولتاژ خط خروجی ترانسفورماتورهای توزیع برق، 400 ولت است. مشترکان خانگی، معمولاً ولتاژ تک فاز استفاده می‌کنند و با رابطه‌ای که بیان کردیم و عدد 400 ولت خط، مقدار ولتاژ فاز حدوداً 230 ولت خواهد بود. این مقادیر را مقادیر نامی یا اسمی ولتاژ می‌نامند که استفاده از آن‌ها متداول است. احتمالاً ولتاژ 220 ولت را بیشتر از 230 ولت شنیده‌اید. هیچ کدام از این اعداد، اشتباه نیستند. ولتاژ 230 ولت، مربوط به خروجی ترانسفورماتور است. به دلایلی تلفاتی که وجود دارد، این ولتاژ با اندازه حدود 220 ولت به مصرف کننده می‌رسد.

با استفاده از معادلات (۲) و (۳)، می‌توان ولتاژ خط را با داشتن ولتاژ فاز محاسبه کرد:

$$V_{an} = \frac{V_{ab}}{\sqrt{3} \angle 30^\circ} \quad E_{AN} = \frac{E_{AB}}{\sqrt{3} \angle 30^\circ}$$

(رابطه ۴)

با بیان موارد فوق، اکنون این توانایی را داریم که با داشتن هریک از شش ولتاژ خط یا فاز، سایر ولتاژها را حساب کنیم. این کار به راحتی و با ضرب یا تقسیم اندازه بر $\sqrt{3}$

و جابه‌جایی زاویه به‌اندازه 30°

انجام می‌شود.

جریان در مدار ستاره

همان‌طور که دیدیم، ولتاژ خط و فاز در یک بار ستاره، با هم برابر است. مطابق شکل 10 (ب)، داریم:

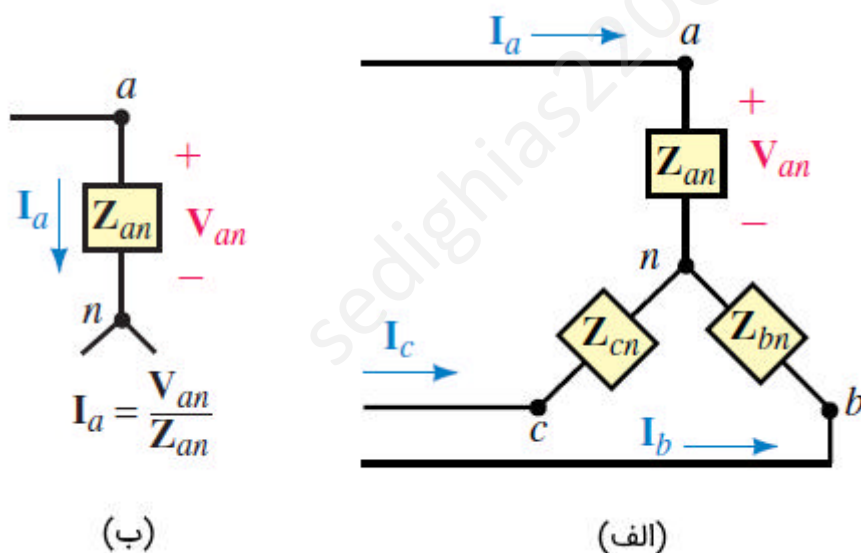
$$I_a = V_{an}/Z_{an}$$

(رابطه ۵)

برای I_b

و I_c نیز روابط مشابهی برقرار است. از آن جایی که V_{an} ، V_{bn} و V_{cn} یک مجموعه متعادل را تشکیل می‌دهند، جریان‌های خط V ، I_b و I_c

نیز یک مجموعه متعادل را شکل می‌دهند. بنابراین، با دانستن یکی از آن‌ها می‌توان دوتای دیگر را نیز به‌دست آورد.



شکل 10: تعیین جریان‌های بار ستاره

جریان‌های خط و فاز یک مدار مثلث

بار مثلث شکل ۱۱ را در نظر بگیرید. جریان فاز I_{ab}

را می‌توان مطابق قسمت (ب) این شکل به‌دست آورد:

$$I_{ab} = V_{ab}/Z_{ab}$$

(رابطه ۶)

با روابط مشابه می‌توان جریان‌های I_{bc}

و Ica را نیز محاسبه کرد. از آنجایی که ولتاژ خطوط متعادل است، جریان‌های فاز نیز متعادل هستند. مجدداً شکل ۱۱ (الف) را در نظر بگیرید. با اعمال KCL در گره a

داریم:

$$\mathbf{I}_a = \mathbf{I}_{ab} - \mathbf{I}_{ca}$$

۷) رابطه

با کمی محاسبات جبری، می‌توان رابطه زیر را نوشت:

$$\mathbf{I}_a = \sqrt{3}\mathbf{I}_{ab}\angle -30^\circ$$

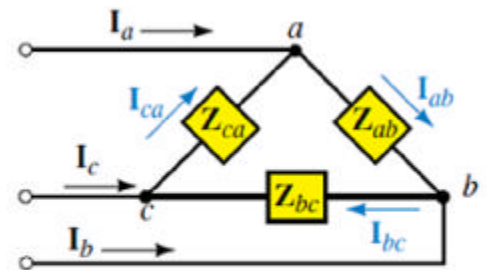
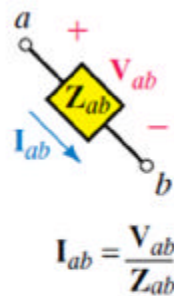
۸) رابطه

بنابراین، اندازه Ia

، برابر با $\sqrt{3} I_{ab}$ است. همچنین، زاویه I_a ، به اندازه 30° از زاویه I_{ab} جلوتر است. این گفته برای دو فاز دیگر نیز صادق است. بنابراین، در یک مدار مثلث، اندازه جریان خط، $\sqrt{3} I_{ab}$ برابر اندازه اندازه جریان فاز است. همچنین، جریان هر خط، به اندازه 30°

از جریان فاز متناظر آن عقب‌تر است. از آن جایی که جریان‌های فاز، متعادل هستند، جریان‌های خط نیز متعادل خواهند بود. این موضوع، در شکل ۱۱ ج (نشان داده شده است. برای یافتن جریان‌های فاز با استفاده از جریان‌های خط، از رابطه زیر استفاده می‌کنیم:

9) $\frac{4}{5} = \frac{8}{10}$



$$I_a = I_{ab} - I_{ca}$$

(الف)

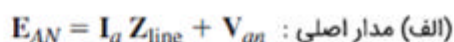
(پ)

مدار معادل تک فاز

با توجه به نکاتی که گفتیم، واضح است اگر حل یک فاز سیستم سه فاز متعادل را داشته باشیم، می‌توانیم به سادگی کمیت‌های سه فاز دیگر را به دست آوریم. این گفته را می‌توان در قالب روش مدار معادل تک فاز برای سیستم‌های متعادل بیان کرد. یک سیستم Y-Y را با امپدانس خط در نظر بگیرید. سیستم ممکن است سه سیمه یا چهارسیمه با امپدانس هادی خنثی باشد. در هر دو حالت، از آن جایی که ولتاژ بین نقاط خنثی صفر است، می‌توان نقاط n

N 9

را با یک هادی با امپدانس صفر به یکدیگر متصل کرد، بدون اینکه ولتاژ یا جریان در هر جای مدار دچار تغییر شود. این موضوع، در شکل ۱۲ (الف) نشان داده شده است.



مطابق شکل 12 (ب)، می توان مدار فاز a

(به بار Y تبدیل می‌کنیم. این کار را می‌توان بدون توجه به پیکربندی یا پیچیدگی مدار انجام داد، زیرا مدار متعادل است.

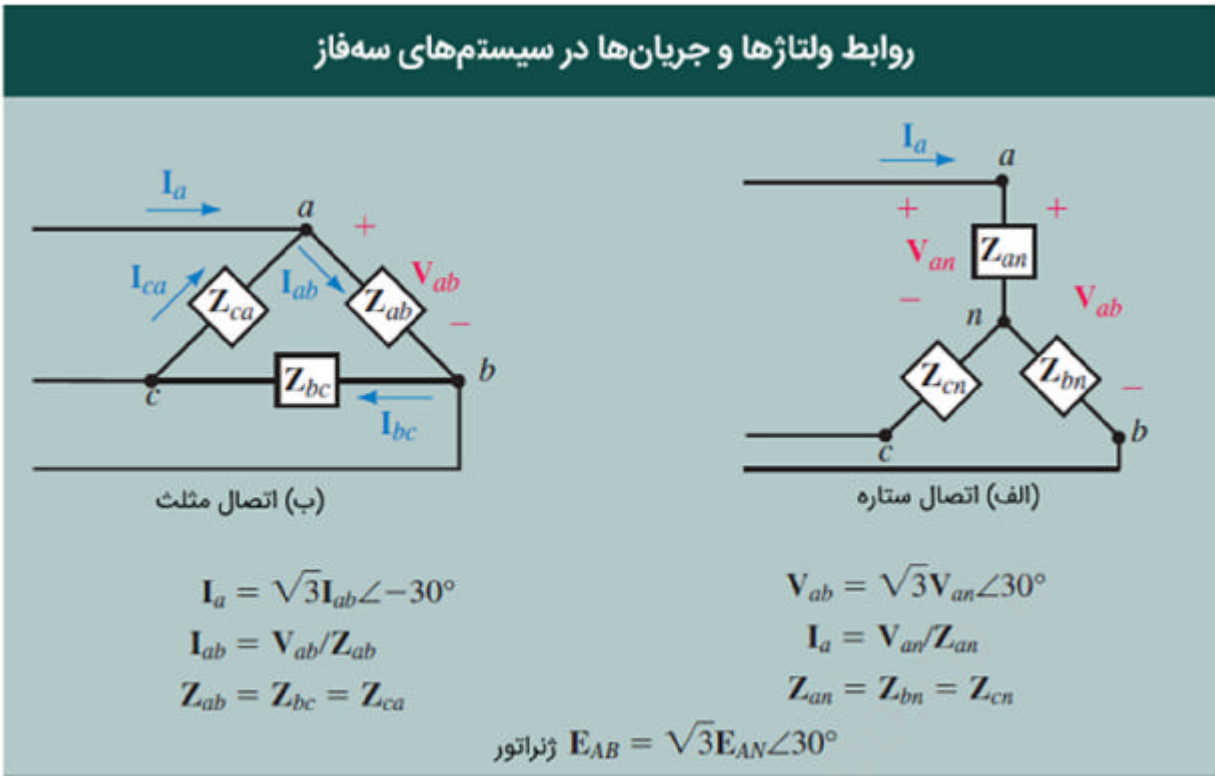
انتخاب مرجع

یا V_{an} را به عنوان مرجع در نظر می‌گیریم. برای مدارهای Δ نیز، معمولاً E_{AB} یا V_{ab}

را انتخاب می کنیم.

خلاصه روابط سه فاز اساسی

جدول زیر، خلاصه روابط اساسی در مدارهای سه فاز را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که در سیستم‌های متعادل (ستاره یا مثلث)، همه ولتاژها و همه جریان‌ها متعادل هستند.



توان در سه فاز

برای به دست آوردن توان در یک سیستم سه فاز، ابتدا توان یک فاز را محاسبه، سپس آن را در سه ضرب می‌کنیم. برای این کار می‌توان از کمیت‌های [پریونیت](#) نیز استفاده کرد. از آنجایی که فقط اندازه کمیت‌ها در بسیاری از فرمول‌ها و محاسبات توان وجود دارد، و از آنجایی که اندازه‌های مربوط به سه فاز برابر است، می‌توان از یک عبارت ساده برای به دست آوردن توان استفاده کرد. در ادامه، از V_{ϕ} برای نمایش اندازه ولتاژ فاز، I_{ϕ} برای اندازه جریان فاز و V_L و I_L به ترتیب، برای ولتاژ و جریان خط استفاده می‌کنیم. همچنین، Z_{ϕ}

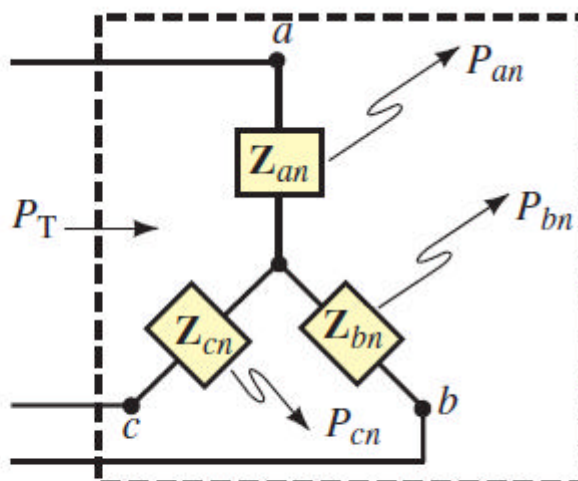
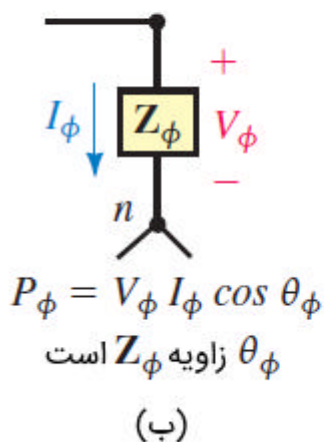
را برای اندازه امیدانس فاز به‌کار می‌بریم.

توان اکتیو بار ستاره متعادل

بار ستاره شکل ۱ را در نظر بگیرید. توان هریک از فازها در بخش (ب) این شکل نشان داده شده و برابر با حاصل ضرب اندازه ولتاژ فاز V_ϕ

و جریان فاز I_{ϕ} و کسینوس زاویه θ_{ϕ}

بین آنها است.



$$P_T = P_{an} + P_{bn} + P_{cn} = 3 P_{\phi} \quad (\text{الف})$$

شکل ۱: توان در

بار ستاره

از آنجایی که زاویه بین ولتاژ و جریان فاز، همواره برابر با زاویه امپدانس بار است، توان هر فاز به صورت زیر تعریف می شود:

$$P_{\phi} = V_{\phi} I_{\phi} \cos \theta_{\phi} \quad (\text{W})$$

(رابطه ۱)

که در آن، θ_{ϕ}

زاویه امپدانس Z_{ϕ}

است. توان کل نیز برابر است با:

$$P_T = 3P_{\phi} = 3V_{\phi} I_{\phi} \cos \theta_{\phi} \quad (\text{W})$$

(رابطه ۲)

فرمول اخیر را می توان بر حسب کمیت های خط نیز بیان کرد. همان طور که می دانیم، برای یک بار ستاره، $I_{\phi} = I_L$

و $V_{\phi} = V_L / \sqrt{3}$ است که در آن ها، I_L و V_L به ترتیب، اندازه جریان و ولتاژ خط هستند. با جایگذاری این روابط در رابطه (۲)، و دانستن اینکه $\sqrt{3}/\sqrt{3} = 1$

داریم،

ولتاژ دو سر آن است.

توان ظاهری

توان ظاہری، بہ صورت زیر تعریف می‌شود:

$$S_{\phi} = V_{\phi} I_{\phi} = I_{\phi}^2 Z_{\phi} = \frac{V_{\phi}^2}{Z_{\phi}} \quad (\text{VA})$$

۹) رابطہ

$$S_T = \sqrt{3}V_L I_L \quad (\text{VA})$$

۱۰) رابطه

ضریب توان

ضریب توان، نسبت توان اکتیو به توان ظاهری است:

$$F_p = \cos \theta_\phi = P_T/S_T = P_\phi/S_\phi$$

(رابطه ۱۱)

توان بار مثلث متعادل

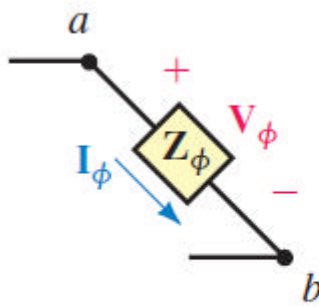
برای یک بار مثلث (شکل ۲ الف))، توان هر فاز، به صورت زیر تعریف می شود:

$$P_{\phi} = V_{\phi} I_{\phi} \cos \theta_{\phi} \quad (\text{W})$$

(رابطه ۱۲)

که در آن، θ_ϕ

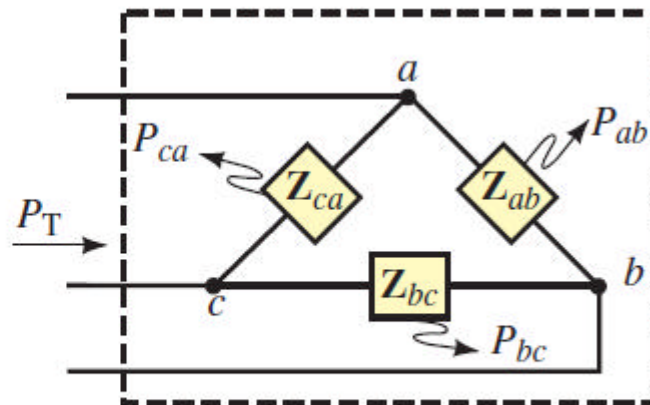
زاویه امپدانس بار مثلث است. همان‌طور که می‌بینیم، این فرمول مشابه رابطه ۱ (مربوط به بار ستاره است. برای توان راکتیو و ضریب توان نیز این شباهت وجود دارد.



$$P_\phi = V_\phi I_\phi \cos \theta_\phi \quad (\text{ب})$$

θ_ϕ زاویه امپدانس بار است

شکل 2: توان در بار مثلث



$$P_T = P_{ab} + P_{bc} + P_{ca} = 3 P_\phi \quad (\text{لف})$$

در جدول زیر، فرمول‌های مربوط به توان برای بارهای ستاره و مثلث آورده شده است. در همه فرمول‌های این جدول، θ_ϕ

زاویه امپدانس بار است (Z_{an} برای بارهای ستاره و Z_{ab}

برای بارهای مثلث).

خلاصه فرمول‌های توان برای مدارهای سه‌فاز ستاره و مثلث متعادل

توان اکتیو

$$P_\phi = V_\phi I_\phi \cos \theta_\phi = I_\phi^2 R_\phi = \frac{V_R^2}{R_\phi}$$

$$P_T = \sqrt{3} V_L I_L \cos \theta_\phi$$

توان راکتیو

$$Q_\phi = V_\phi I_\phi \sin \theta_\phi = I_\phi^2 X_\phi = \frac{V_x^2}{X_\phi}$$

$$Q_T = \sqrt{3} V_L I_L \sin \theta_\phi$$

توان ظاهری

$$S_\phi = V_\phi I_\phi = I_\phi^2 Z_\phi = \frac{V_\phi^2}{Z_\phi}$$

$$S_T = \sqrt{3} V_L I_L$$

ضریب توان

$$F_p = \cos \theta_\phi = \frac{P_T}{S_T} = \frac{P_\phi}{S_\phi}$$

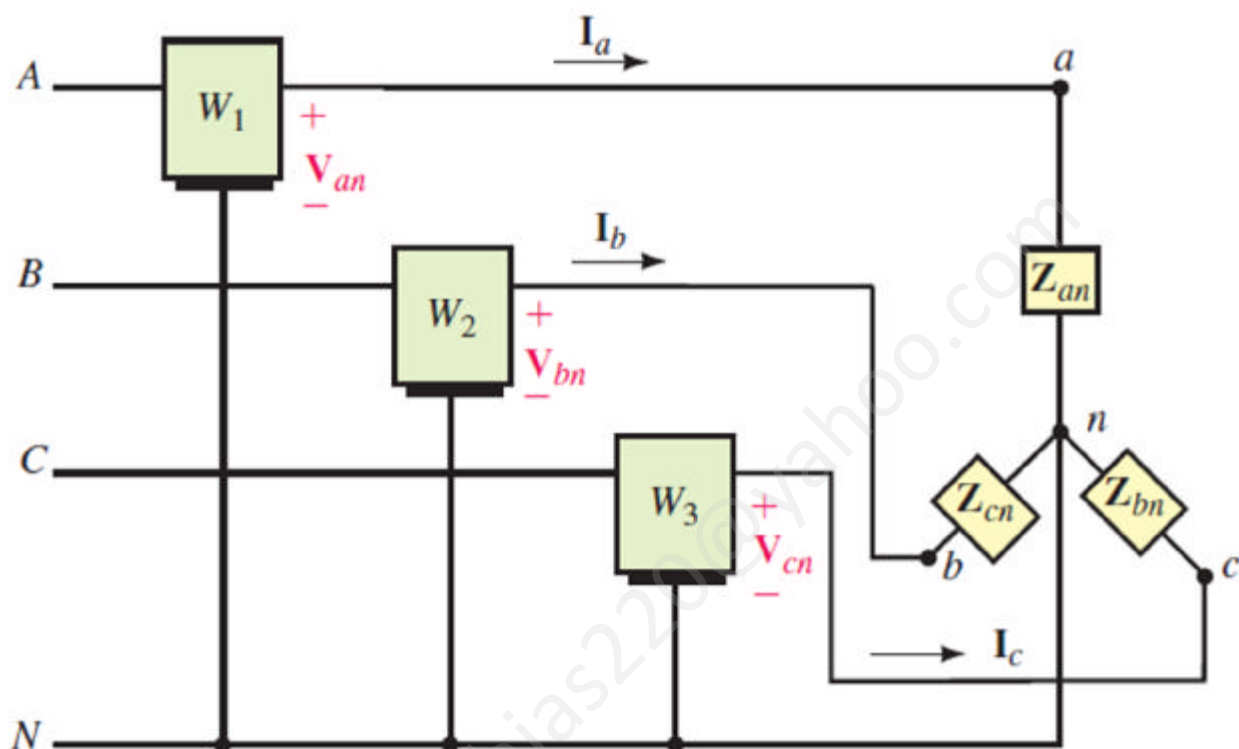
مثلث توان

$$S_T = P_T + jQ_T$$

توجه کنید که برای محاسبات توان، از مدار معادل تکفاز نیز می‌توانیم استفاده کنیم.

اندازه‌گیری توان در مدارهای سه‌فاز

برای اندازه‌گیری توان در یک سیستم سه‌فاز، بسته به اینکه سه‌سیمه یا چهارسیمه باشد، باید از چند وات‌متر استفاده کرد. برای یک سیستم چهارسیمه به سه وات‌متر نیاز داریم، در حالی که در یک سیستم سه‌سیمه دو وات‌متر کافی است.



شکل ۳: اتصال سه وات‌متر برای یک بار چهارسیمه

ابتدا سیستم چهارسیمه شکل ۳ را در نظر بگیرید. برای اندازه‌گیری توان این مدار، توان هریک از فازها را با یک وات‌متر اندازه‌گیری می‌کنیم. برای این کار، هر وات‌متر را به‌گونه‌ای متصل می‌کنیم که جریان فاز از سیم‌پیچ آن بگذرد و ولتاژ آن، همان ولتاژ فاز باشد. برای مثال، ولتاژ وات‌متر W_1

برابر V_{an} و جریان آن برابر I_a

است. بنابراین، نتیجه‌ای را که از وات‌متر می‌خوانیم، برابر است با:

$$P_1 = V_{an} I_a \cos \theta_{an}$$

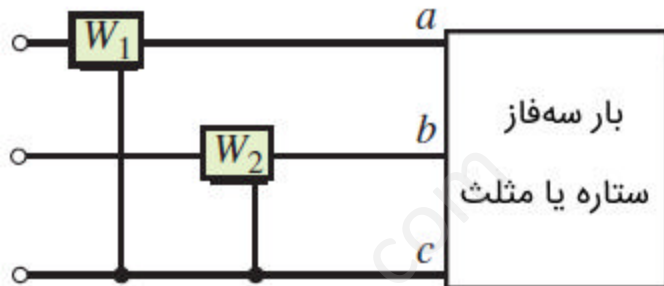
که همان توان فاز an

است. به طریق مشابه، W_2 توان فاز bn و W_3 توان فاز cn را نشان می‌دهد. توان کل، برابر است با:

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3$$

(رابطه ۱۳)

روند فوق، برای مدارهایی با بار نامتعادل نیز برقرار است. برای اندازه‌گیری توان در یک سیستم سه‌سیمه، دو وات‌متر کافی است. اتصال وات‌مترها در شکل ۴ نشان داده شده است. بارها می‌توانند ستاره یا مثلث، متعادل یا نامتعادل باشند.



شکل ۴: اتصال دو وات‌متر

همان‌طور که در شکل بالا نشان داده شده است، می‌توان دو سر وات‌مترها را به دو ترمینال ولتاژ خط و سر دیگر آن را به ترمینال ولتاژ خط سوم متصل کرد. در نتیجه، توان کل بار، برابر با جمع جبری مقادیری است که وات‌مترها نشان می‌دهند. این روش، روش دو وات‌متر نامیده می‌شود. عددی که هر وات‌متر نشان می‌دهد برابر با حاصل ضرب اندازه ولتاژ، جریان و کسینوس زاویه بین آن دو است.

پریونیت

در محاسبات پریونیت، از مقادیر پایه استفاده می‌شود. مقادیر پارامترها، با مقادیر پایه مقایسه شده و پریونیت به‌دست می‌آید. اعداد پریونیت، بدون واحد هستند و آن‌ها را به‌سادگی به ولتاژ، توان یا هر پارامتر دیگری برگرداند. هرچند از پریونیت در سیستم‌های مختلف استفاده می‌شود، اما عمده کاربرد آن در سیستم‌های قدرت الکتریکی است.

در سیستم پریونیت، معمولاً با مقادیری مثل توان، ولتاژ، جریان و امپدانس سروکار داریم. معمولاً دو مورد از این پارامترها را به‌عنوان پایه انتخاب و پس از آن، سایر مقادیر پایه را طبق آن دو انتخاب می‌کنیم. یک کمیت پریونیت، نسبت بین مقدار پارامتر مورد نظر و پایه یا مبنای آن است:

$$(\text{مقدار پایه}) \div \text{مقدار مورد نظر} = \text{مقدار پریونیت}$$

گاهی مقادیر مقادیر پریونیت را به‌صورت درصدی بیان می‌کنند. برای مثال، اگر مقدار پایه ولتاژ $V_{13,000}$ و مقدار کنونی آن $V_{11,000}$ باشد، مقدار پریونیت ولتاژ به‌صورت زیر است:

$$V_{PU} = 11,000 \div 13,800 = 0.797 \text{ PU}$$

یا

$$V_{PU} = 0.797(100) = 79.7\% \text{ PU}$$

اغلب، مقادیر پلاک (نامی) به‌عنوان مقادیر پایه در نظر گرفته می‌شوند، اما اجباری برای آن نیست.

سیستم پریونیت تکفاز

در سیستم پریونیت تکفاز، معمولاً مقادیر زیر را داریم:

$$P_{base} = 1 \text{ PU}$$

$$V_{base} = 1 \text{ PU}$$

همچنین،

$$Q_{base} = \text{توان راکتیو}$$

$$S_{base} = \text{توان ظاهری}$$

سایر مقادیر پایه با استفاده از روابط زیر به‌دست می‌آیند:

$$S = IV$$

$$P = S \cos \varphi$$

$$Q = S \sin \varphi$$

$$V = I \cdot Z$$

$$Z = R + jX$$

$$I_{base} = \frac{S_{base}}{V_{base}}$$

$$Z_{base} = \frac{V_{base}}{I_{base}} = \frac{V_{base}^2}{S_{base}}$$

$$Y_{base} = \frac{1}{Z_{base}}$$

XX

سیستم پریونیت سه فاز

در مدارهای سه فاز، روابطی وجود دارد که متفاوت از روابط مورد استفاده در مدارهای تک فاز است. به طور ویژه، در مدارهای سه فاز داریم:

$$S_{base} = \sqrt{3} V_{base} \cdot I_{base}$$

$$I_{base} = \frac{S_{base}}{V_{base} \times \sqrt{3}}$$

$$Z_{base} = \frac{V_{base}}{I_{base} \times \sqrt{3}} = \frac{V_{base}^2}{S_{base}}$$

$$Y_{base} = \frac{1}{Z_{base}}$$

در حالت کلی، مقادیر پریونیت به صورت زیر با هم رابطه دارند:

$$V_{pu} = \frac{V}{V_{base}}$$

$$I_{pu} = \frac{I}{I_{base}}$$

$$S_{pu} = \frac{S}{S_{base}}$$

$$P_{pu} = \frac{P}{P_{base}}$$

$$Z_{pu} = \frac{Z}{Z_{base}}$$

$$Y_{pu} = \frac{Y}{Y_{base}}$$

برای تغییر مقادیر پایه، باید از عبارت زیر استفاده کرد:

$$Z_{pu-new} = Z_{pu-old} \times \left(\frac{S_{base-new}}{S_{base-old}} \right) \left(\frac{V_{base-old}}{V_{base-new}} \right)^2$$

مثال 1

یک ترانسفورماتور سه فاز را با توان نامی 700 MVA و ولتاژ ثانویه 145 kV در نظر بگیرید. مقادیر I_{base} ، Z_{base} و Y_{base} را محاسبه کنید.

حل: هیچ اجباری به انتخاب مقادیر نامی ترانسفورماتور به عنوان مقادیر پایه نیست، اما می توان آن ها را در نظر گرفت. با استفاده از مقادیر توان ظاهری و ولتاژ ثانویه به عنوان مقادیر پایه، داریم $S_{base}=700\text{MVA}$:

XX

و $V_{base}=145kV$ ، مقادیر I_{base} ، Z_{base} ، Y_{base} ،
را می توان به سادگی محاسبه کرد:

$$I_{base} = \frac{S_{base}}{V_{base} \times \sqrt{3}} = \frac{700MVA}{145kV \times \sqrt{3}} = 2.78kA$$

$$Z_{base} = \frac{V_{base}}{I_{base} \times \sqrt{3}} = \frac{145kV}{2.78kA \times \sqrt{3}} = 30.1\Omega$$

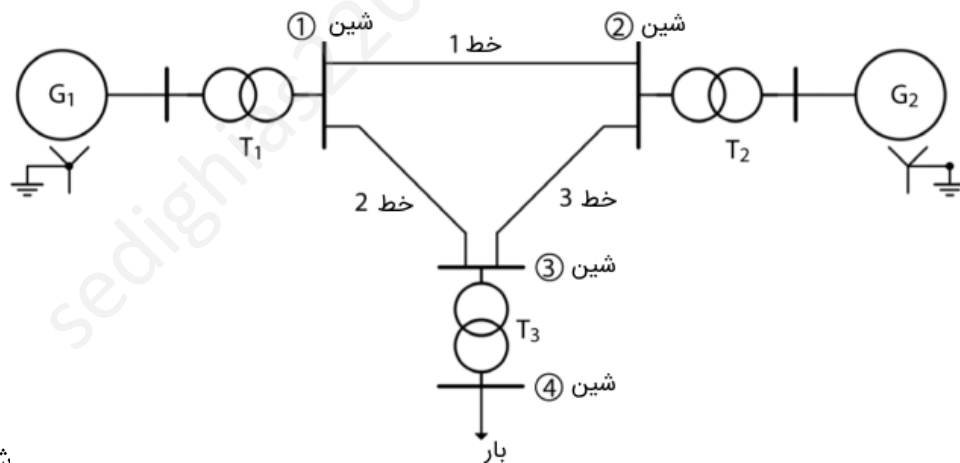
$$Y_{base} = \frac{1}{30.1} = 0.0332S$$

اگر مقدار ولتاژ ثانویه 130kV باشد، مقدار پریونیت آن برابر است با

$$V = \frac{V}{V_{base}} = \frac{130kV}{145kV} = 0.89pu$$

مثال 2

نمودار تک خطی یک سیستم سه فاز در شکل ۱ نشان داده شده است. با استفاده از مقدار پایه $S_{base}=50MVA$ ، نمودار امپدانس را برحسب پریونیت رسم کنید. مقادیر نامی به صورت زیر است:



شکل 1: نمودار تک خطی

مثال 1

تجهیز	S_n	$U_{(L-L)n}$	X_n
ژنراتور G_1	48 MVA	20 kV	20%
ژنراتور G_2	25 MVA	13.8 kV	15%
ترانسفورماتور T1	50 MVA	20/110 kV	8%
ترانسفورماتور T2	30 MVA	13.8/110 kV	6%
ترانسفورماتور T3	50 MVA	11/110 kV	10%

بار سه فاز شین ۴، برابر 60 MVA در ضریب توان (پس فاز) 0.75 است. و راکتانس خطوط 1، 2 و 3 به ترتیب 40، 32 و 30 اهم است.

حل: سیستم شکل ۱ را می توان به بخش های مختلفی با سطوح ولتاژ متفاوت تقسیم کرد که با نسبت دور ترانسفورماتور تعیین می شود. مقدار توان پایه ای که برای کل سیستم انتخاب می شود، برابر با $S_b=50\text{MVA}$ است. اما ولتاژ پایه را باید برای هر بخش به صورت جدا محاسبه کنیم: ولتاژ پایه شین های ۱، ۲ و ۳ برابر است با $V_b(1)=V_b(2)=V_b(3)=110\text{kV}$ ولتاژ پایه شین ۴ برابر است با $V_b(4)=11\text{kV}$ مقادیر پریونیت راکتانس ژنراتورها و ترانسفورماتورها به صورت زیر است:

$$G_1 : X_{G1} = 0.2 \times \frac{50}{48} = 0.0208 pu$$

$$G_2 : X_{G2} = 0.15 \times \frac{50}{25} = 0.3 pu$$

$$T_1 : X_{T1} = 0.08 \times \frac{50}{50} = 0.08 pu$$

$$T_2 : X_{T2} = 0.06 \times \frac{50}{30} = 0.1 pu$$

$$T_3 : X_{T3} = 0.1 \times \frac{50}{50} = 0.1 pu$$

امپدانس پایه خطوط 1، 2 و 3 از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$Z_{b(L1)} = Z_{b(L2)} = Z_{b(L3)} = \frac{(110)^2}{50} = 242 \Omega$$

بنابراین، راکتانس خطوط به صورت زیر محاسبه می شود:

$$L_3 : \quad X_{L3} = \frac{30}{242} = 0.124 pu$$

پس فاز است. بنابراین، توان مختلط یا ظاهری بار، $SL=60\angle\cos-10.75=60\angle41.4141^\circ\text{MVA}$ ،
در نتیجه، امپدانس بار برحسب اهم برابر است با

$$Z_{Load} = \frac{V^2}{S_L^*} = \frac{11^2}{(60 \angle 41.41^\circ)^*} = \frac{11^2}{60 \angle -41.41^\circ} = 2.02 \angle -41.41^\circ = 1.515 + j1.336 \Omega$$

$$Z_{b(bus4)} = \frac{11^2}{50} = 2.42\Omega$$
$$Z_{Load} = \frac{1.515 + j1.336}{2.42} = 0.626 + j0.552 pu$$

فاز سیستم شکل 1

[illegible]

$$V_{pu} = \frac{V}{V_{base}}$$

$$I_{pu} = \frac{I}{I_{base}}$$

$$S_{pu} = \frac{S}{S_{base}}$$

$$Z_{pu} = \frac{Z}{Z_{base}}$$

در همه عبارات بالا، صورت، یک بردار مختلط و مخرج یک عدد حقیقی است.

مزایای سیستم پریونیت

مزایای زیادی برای استفاده از پریونیت در سیستم‌های قدرت می‌توان نام برد که برخی از آن‌ها به شرح زیر است:

1. سازنده‌ها معمولاً اطلاعات تجهیز الکتریکی را به‌عنوان پایه ارائه می‌کنند.
2. محدوده مقادیر درصد یا پریونیت را می‌توان ثابت در نظر گرفت.
3. در شبکه‌هایی که سطوح ولتاژ متفاوت و ترانسفورماتور در آن‌ها وجود دارد، استفاده از سیستم پریونیت مفید خواهد بود.
4. امپدانس پریونیت ترانسفورماتور مستقل از ولتاژ پایه آن است.
5. فرمول تبدیل پایه استاندارد در دسترس است.
6. مقادیر واقعی امپدانس تجهیزات سیستم برحسب اهم ممکن است در محدوده گسترده‌ای باشد، اما پریونیت آن‌ها در بازه محدودی خواهد بود.
7. امپدانس پریونیت ارجاع داده شده به اولیه و ثانویه ترانسفورماتورها با هم برابر است که خود، محاسبات را بسیار ساده‌تر می‌کند.
8. در معادلات محاسبه توان و ولتاژ سیستم‌های سه‌فاز، ضرایب $\sqrt{3}$
8. و ۳ وجود دارد که در سیستم پریونیت حذف می‌شوند.
9. پریونیت، ابزار بسیار مفیدی برای محاسبات کامپیوتری در تحلیل حالت ماندگار و دینامیکی است.

جمع‌بندی

سیستم‌های قدرت مدرن، از خطوط انتقال مختلف با ولتاژهای متفاوت تشکیل می‌شوند که در آن‌ها ترانسفورماتورهای افزایشنده یا کاهشنده در نقاط مختلف شبکه به‌کار می‌رود. محاسبات مربوط به شبکه برای سطوح ولتاژ مختلف دشوار است و برای غلبه بر این مشکل، از مقادیر نرمال شده پریونیت برای محاسبات سیستم استفاده می‌شود.

XX

نمایش پریونیت کمیت‌های فیزیکی، بیان‌گر نسبت آن‌ها به مقادیر پایه است. در یک سیستم پریونیت، هر متغیر یا کمیت سیستم نسبت به مقدار پایه آن نرمال می‌شود:

$$X_{pu} = \frac{X_{actual}}{X_{base}}$$

یا

$$X_{pu} = \frac{X_{actual}}{X_{base}} \times 100$$

داشتن چهار کمیت پایه توان، ولتاژ، جریان و امپدانس برای توصیف کامل یک سیستم پریونیت ضروری است. هرچند، با داشتن دو کمیت پایه، می‌توان دو مقدار دیگر را محاسبه کرد. معمولاً از توان S_b و ولتاژ V_b به‌عنوان مقادیر پایه برای محاسبه جریان I_b و Z_b مبنا استفاده می‌شود:

$$I_b = \frac{S_{b(3\phi)}}{\sqrt{3}V_{b(L-L)}}$$

$$Z_b = \frac{(V_{b(L-L)} \text{ in kV})^2}{S_{b(3\phi)} \text{ in MVA}}$$

در حالت کلی، $S_b(3\phi)$

، توان ظاهری پایه سه‌فاز است که برای کل سیستم اعمال می‌شود. ولتاژ $V_b(L-L)$ ، ولتاژ پایه خط به خط است که به‌دلیل وجود ترانسفورماتور در شبکه، برای بخش‌های مختلف شبکه متفاوت است. سازندگان معمولاً مشخصه نامی تجهیزاتی مانند ژنراتورها و ترانسفورماتورها را بر حسب پریونیت یا درصد بر مبنای مقدار نامی‌شان ارائه می‌کنند.

فرم افزارهای الکترونیک

شبیه ساز تحلیل مدارات الکترونیک	Pspice
وقت گیر است	
بعضا جواب نهایی مطلوبیت ندارد	
شبیه ساز تحلیل مدار مدارات الکترونیک	Proteus
میکروکنترلرها	
مدار چاپی	
رسم شماتیک، طراحی مدارهای الکترونیکی، طرح پشت فیبر مدار چاپی	Orcad
قابلیت ارتباط با دیگر نرم افزارها	
طراحی مدار چاپی (PCB) ترسیم	Protel
شبیه سازی و بررسی عملکرد و پیاده سازی مدارات الکترونیکی	
مدار چاپی	Altium
شبیه ساز مدارات الکترونیکی	Multisim
طراحی و پیاده سازی مدارات الکترونیکی	Electronic Circuit Shop

دیجیتال

طراحی مدارات منطقی و دیجیتال	MaxPlus
طراحی مدارات منطقی و دیجیتال	VHDL

مخابرات

ADS قدرتمندترین نرم افزار تجزیه و تحلیل فرکانسی امواج (RF و مایکروویو و ..)

پایان

در هر حرفه ای که هستید نه اجازه دهید که به بدبینیهای بیحاصل آلوده شوید و نه بگذارید که بعضی لحظات تاسف بار که برای هر ملتی پیش می آید شما را به یاس و ناامیدی بکشاند. در آرامش حاکم بر آزمایشگاهها و کتابخانه هایتان زندگی کنید.

نخست از خود پرسید: " برای یادگیری و خودآموزی چه کرده ام ؟ "

سپیس همچنان که پیشتر می‌روید بپرسید: "من برای کشورم چه کرده‌ام؟"

و این پرسش را آنقدر ادامه دهید تا به این احساس شادبخش و هیجان انگیز برسید که شاید سهم کوچکی در پیشرفت و اعتلای بشریت داشته اید.

اما هر پاداشی که زندگی به تلاشهایمان بدهد یا ندهد هنگامی که به پایان تلاشهایمان نزدیک میشویم هر کدامان باید حق آن را داشته باشیم که با صدای بلند بگوییم " من آنچه در توان داشته ام انجام داده‌ام " لوئی یاستور 1895