

❖ ترانس جریان : C.T (Current Transformer) ❖

به دلیل بالا بودن جریان در شبکه های انتقال نیرو و همچنین به دلیل بالا بودن ولتاژ نیاز به نمونه برداری جریان از قسمتهای مختلف شبکه می باشد به همین دلیل نیاز به وسیله ای داریم به نام ترانس جریان که دو عمل را برای ما انجام می دهد:

الف . جریانهای بالا را به جریانهای پایین (A5 و یا A1) تبدیل می کند .

ب . باعث ایزوله شدن شبکه های فشار قوی از سیستمهای اندازه گیری و حفاظت باشد ضمناً لازم به ذکر است که CT در مدار فشار قوی بصورت سری در مدار قرار می گیرد .

انواع ترانس جریان:

(۱) CT های هسته پایین

(۲) CT های هسته بالا

(۳) نوع پوشینگی

(۴) نوع قالبی یا رزینی

الف) ترانسهای جریان هسته پائین:

در این نوع ترانس، هادی اولیه در داخل یک پوشینگ به شکل "U" قرار دارد، بطوریکه قسمت پایین "U" در داخل یک تانک قرار میگیرد و در این حالت اطراف هادی اولیه بوسیله کاغذ عایق شده و در روغن غوطه‌ور می‌باشد در این حالت مخزن فلزی از نظر الکتریکی محافظت میشود. سیم پیچی‌های ثانویه بصورت حلقه، هادی اولیه را در بر می‌گیرند. در این طرح طول اولیه نسبتاً زیاد بوده و عبور جریان باعث گرم شدن ترانس جریان می‌گردد. استفاده از این نوع ترانس های جریان بیشتر در مواقعی است که چندین هسته و نیز اتصالات متعدد در اولیه برای دسترسی به نسبتهای مختلف جریان لازم باشد. در این ترانسها ترکیب روغن به همراه دانه های ریز کوارتز خالص است که منجر به حد اقل شدن ابعاد ترانس میشود. محفظه روغن کاملاً آب بندی است و نیاز به باز بینی و نگهداری ندارد. باید در نظر داشته باشیم که در مکانهای زلزله خیز از نوع کر پایین معمولاً استفاده می شود (بعلت تعادل بیشتر فیزیکی در اثر تکان خوردن زمین در زمان وقوع زلزله)

ب) ترانسهای جریان هسته بالا :

در این نوع ترانسها مسیر طی شده در اولیه بسیار کوتاه میشود . هادی اولیه از داخل یک حلقه عبور کرده و سیم پیچ ثانویه دور هسته حلقوی پیچیده شده است . که ثانویه آن در قسمت بالا بوده و به نام "Top Core" و یا "Inverted" مشهور می باشد. کلیه سیم پیچ ها در داخل عایقی از روغن قرار دارد و سرهای ثانویه بوسیله سیم های عایق شده از داخل یک لوله به جعبه ترمینال هدایت میشود. جهت ایجاد عایق کافی بین ثانویه و اولیه در اطراف سیم پیچ ثانویه تعداد زیادی دور کاغذ که با توجه به ولتاژ ترانسفورماتورها تعیین می گردد، پیچیده می شود و فضای خالی بین کاغذ و اولیه نیز توسط روغن احاطه می شود. در ولتاژهای بالا ممکن است که سیم پیچ ثانویه در یک قالب آلومینیومی جاسازی شود. در هر دو حالت فوق بایستی سعی شود که به هیچ عنوان هوا و یا ذرات دیگر به داخل محفظه ترانسفورماتورهای جریان نفوذ ننموده و از طرف دیگر امکان انبساط و انقباض روغن در اثر تغییر درجه حرارت نیز وجود داشته باشد، لذا در بالای ترانسفورماتورها بایستی فضای خالی به وجود آورد که به منظور ایزوله نمودن از هوا، از فولاد یا تفلون و یا دیافراگم های لاستیکی (ممبران) استفاده می شود که در اثر انبساط و انقباض روغن بالا و پایین می روند. در بعضی از طرح ها نیز محفظه بالای روغن را از گاز نیتروژن پر می کنند.

ج) ترانس های جریان بوشینگی :

در بعضی از دستگاهها نظیر کلیدهایی از نوع "Dead Tank Type" و یا ترانسفورماتورهای قدرت و راکتورها جهت صرفه جویی می توان ثانویه یک ترانس جریان را در داخل بوشینگ دستگاهها قرار داده، بطوریکه اولیه آن با اولیه دستگاه مشترک باشد. این نوع ترانس را ترانسفورماتورهای جریان از نوع بوشینگی می نامند. در ولتاژهای پایین نیز ممکن است از رزین به عنوان ماده جامد عایقی استفاده نمود که این نوع ترانسفورماتورهای جریان تا ولتاژ ۶۳ کیلوولت کاربرد بیشتری دارند و در حال حاضر سازندگان مختلفی سعی می نمایند که این طرح را برای ولتاژهای بالاتر نیز مورد استفاده قرار دهند.

د) ترانس جریان نوع قالبی یا رزینی:

از این نوع CT ها بیشتر در مناطق گرمسیری و به منظور جلوگیری از نفوذ رطوبت و گرد و خاک به داخل CT استفاده می شود و تا سطح ولتاژ ۶۳ کیلو ولت و جریان ۱۲۰۰ آمپر بیشتر طراحی نشده اند. این ترانسها بمنظور جداسازی مدارهای حفاظتی و اندازه گیری از مدار فشار قوی و تبدیل مقادیر جریان یا ولتاژ به میزان مورد نظر بکار میروند. این نوع ترانسها قابل نصب در تابلوهای فشار متوسط است. عایق این نوع ترانسها از نوع اپوکسی رزین است که تحت خلا ریخته گری میشود و با خواص عایقی و مکانیکی مناسب ساخته میشود

ساختمان ترانس جریان :

۱) تشکیل شده از یک سیم پیچ اولیه

۲) سیم پیچ ثانویه

۳) هسته (CORE)

۴) ماده ایزوله کننده

۵) مقره خارجی و بیرونی

۶) ترمینالهای فشار قوی

۷) ترمینالهای فشار ضعیف

CT ها از نظر ساختمان به دو نوع کربالا و کربایین تقسیم می شود که نسبت به مکان و نوع موجود استفاده می شود در نوع کربالا ، هسته ترانس جریان در بالا قرار دارد و در نوع کربایین که امروز ، رایج تر می باشد هسته ترانس جریان در پایین قرار دارد.

کاربرد CT ها :

از CT ها به دو منظور استفاده می شود :

(۱) برای مقاصد اندازه گیری

(۲) برای مقاصد حفاظت شبکه

در نوع اول خروجی ترانس جریان به دستگاههای اندازه گیری آمپر متر ، مگاوات متر ، مگاوار متر ، کنتور اکتیو و راکتیو وصل می شود . ترانس های جریان با هسته اندازه گیری وظیفه دارند که در حدود جریان نامی و عادی شبکه از دقت لازم برخوردار باشند. و این نوع هسته ها باید در جریان های اتصالی کوتاه به اشباع رفته و مانع از ازدیاد جریان در ثانویه و در نتیجه مانع سوختن و صدمه دیدن دستگاه های اندازه گیری در طرف ثانویه شوند.

در حالت دوم خروجی ترانس جریان به رله های حفاظتی که کمیت جریان را نیاز دارند متصل می شوند مانند رله اضافه جریان ، رله اتصال زمین و رله های دیستانس .

ترانس های جریان با هسته حفاظتی :

ترانس های جریان با هسته حفاظتی باید در جریانهای اتصال کوتاه هم بتوانند دقت لازم را داشته و دیرتر به اشباع رفته تا بتوانند متناسب با افزایش جریان در اولیه ، آن را در ثانویه ظاهر کرده و با تشخیص این اضافه جریان در ثانویه توسط رله های حفاظتی فرمان قطع یا تریپ به کلیدهای مربوطه داده تا قسمتهای اتصالی شده و معیوب از

شبکه جدا شوند. به طور کلی می توان گفت با توجه به کاربردهای مختلف CT معمولاً چندین گر (هسته) در ترانسهای جریان تعبیه می شود که هر کدام با توجه به نوع کاربرد و خصوصیات خاص خود را دارد .

مثلاً زمانیکه اتصالی در شبکه اتفاق می افتد جریان زیادی از اولیه CT عبور می نماید اگر قرار باشد همان جریان به نسبت ، نسبت تبدیل CT در ثانویه ظاهر شود ، جریان نسبتاً زیادی در ثانویه خواهیم داشت که این امر باعث صدمه زدن به دستگاههای اندازه گیری می شود . بنابراین باید از هسته هایی استفاده شود که دارای نقطه اشباع پایین باشد که هنگام بروز اتصالی در شبکه ، جریان سیم پیچ اولیه در ثانویه القاء نشود (اشباع زمانی است که هسته خاصیت خود را جهت کامل کردن مدار مغناطیسی از دست می دهد) بالعکس در مورد دستگاههای حفاظتی در هنگام اتصالی در شبکه جریان ثانویه باید یک نسبت تقریباً خطی با جریان اولیه داشته باشد به همین دلیل از هسته هایی استفاده می شود که دارای نقطه اشباع بالایی داشته باشند در عمل معمولاً از ۲ ، ۳ و یا ۴ هسته در ترانسهای جریان استفاده می شود که به هسته های حفاظتی و اندازه گیری تقسیم می شوند.

کلاس دقت CT ها :

میزان خطای CT ها با توجه به کلاس دقت آنها مشخص می گردد. کلاس دقت CT برای هسته اندازه گیری و حفاظتی به دو صورت مختلف بیان می گردد. مشخصه های یک ترانس جریان :

۱- نسبت تبدیل CT بطور مثال ۵/۵۰۰-۱۰۰۰ یا ۱۲/۵۰۰-۱۰۰۰

۲- توان خروجی یا بردن بر حسب VA

۳- کلاس دقت

۴- کلاس عایقی

بعضی ویژگیها که در ساختمان و نصب ترانس جریان باید رعایت گردد :

— ترانسفورماتورهای جریان باید از نوع روغنی و خود خنک شونده بوده و دارای عایق بندی مناسبی باشند (در سطح ولتاژ ۶۳ کیلوولت ترانسفورماتورهای جریان از نوع رزینی نیز می تواند استفاده شود).

— ترانسفورماتورهای جریان باید برای نصب در فضای آزاد و بر روی پایه نگهدارنده مناسب باشند.

— خروجی هر یک از ترانسفورماتورهای جریان باید برای عملکرد صحیح وسایل حفاظتی و اندازه گیری در محدوده مورد نیاز بار و شرایط خطای مشخص شده مناسب باشد. نسبت تبدیل های متفاوت ترانسفورماتور جریان، حتی الامکان به وسیله سرهای مختلف از ثانویه آن گرفته شود.

ترانسفورماتورهای جریان نوع روغنی باید به تسهیلات زیر مجهز باشند:

— نشاندهنده سطح روغن

— دریچه پر کردن روغن

— شیر تخلیه

— درپوش تخلیه

— تسهیلات لازم جهت بلند کردن ترانسفورماتور کامل پر شده با روغن

☞ قسمت فلزی پایین ترانسفورماتور جریان باید به دو ترمینال زمین در دو سمت مقابل هم مجهز باشد به طوری که بتوان هادی مسی با اندازه مناسب را به آن وصل نمود. اتصال زمین باید آنچنان باشد که ناخواسته قطع نگردد. برای برقرار کردن اتصالات اولیه و ثانویه آرایش تأیید شده‌ای باید در نظر گرفته شود.

☞ کلیه قطعاتی که در معرض خوردگی می‌باشند باید از جنس مقاوم در برابر خوردگی، یا به صورت گالوانیزه گرم ساخته شوند.

☞ دسته‌ها و آویزهای مخصوص حمل و نقل و جابجایی ترانسفورماتور جریان بایستی به طور محکم به بدنه ترانسفورماتور متصل شوند.

☞ ترانسفورماتورهای جریان، باید به یک جعبه ترمینال ثانویه با سوراخها و گلندهای کابل کافی جهت اتصال کابلها مجهز باشد.

☞ جعبه ترمینال باید دارای فضای کافی برای انجام اتصال سیمهای ارتباطی مورد نیاز و اتصال کوتاه کردن ترمینال‌های ثانویه ترانسفورماتور به طور آسان باشد.

☞ جعبه ترمینال می‌بایستی دارای درجه حفاظت IP54 باشد و در هنگام کار ترانسفورماتور قابل دسترسی بوده و نیز به حفاظ باران، سوراخهای تنفس پوشیده شده با تور و در صورت لزوم به گرمکن‌های ضد تقطیر کنترل شده با ترموستات مجهز باشد.

☞ جعبه ترمینال همچنین باید به یک ترمینال زمین جهت زمین کردن سیم‌پیچهای ثانویه و حفاظ کابلها مجهز باشد (این عمل می‌تواند توسط یک میله مسی انجام شود).

☞ کلیه پیچها و عناصر اتصال‌دهنده باید از فلز مقاوم در برابر خوردگی ساخته شده باشند.

☞ برای هر سه ترانسفورماتور جریان باید یک جعبه ترمینال مادر در نزدیکی استراکچر فاز میانی با درجه حفاظت IP54 تهیه شود تا اتصالات بین فازها در آن انجام گیرد.

➡ حداکثر فاصله باید بین گروه‌های سیم‌پیچی مختلف در نظر گرفته شود.

➡ احتیاطات لازم باید در نظر گرفته شود تا از توزیع یکنواخت فشار الکتریکی در سرتاسر عایق اطمینان حاصل گردد.

➡ پس از طی فرآیند ساخت، عایق باید تماماً از رطوبت و هوا عاری شود.

➡ جزئیات روش‌های پیشنهادی برای عملیات خشک کردن و پر کردن ترانسفورماتور و زمان خشک کردن، درجه خلاء و غیره بایستی اعمال گردد.

➡ هر ترانسفورماتور جریان باید با روغن با مشخصات استاندارد IEC شماره ۶۰۲۹۶ پر شود.

➡ هر هسته ترانسفورماتور جریان باید از نظر الکتریکی از کلیه سیم‌پیچها جدا باشد.

➡ پیش‌بینی‌های لازم به جهت جلوگیری از وارد آمدن فشارهای مکانیکی و حرارتی بر اثر اتصال کوتاه بروی سیم‌پیچ اولیه بایستی انجام شود.

➡ ترانسفورماتورهای جریان می‌توانند دارای اولیه به شکل میله‌ای، یک یا چند دور باشند.

➡ ترانسفورماتورهای جریان روغنی بایستی کاملاً آب‌بندی شده بوده و مجهز به وسیله انبساط باشند که این ساختار در مورد ترانسفورماتورهای جریان هسته بالا پذیرفته نمی‌باشد.

➡ عایق داخلی باید به طور دائم و رضایت‌بخش در مقابل نفوذ رطوبت حفاظت شده باشد.

➡ وسائل آب‌بندی مربوطه باید در برابر نور خورشید، هوا و آب مقاوم باشد.

➡ اتصال مقره چینی به قسمتهای فلزی بایستی بگونه‌ای باشد که اطمینان حاصل شود که در شرایط بارگذاری خصوصاً در شرایط گذرا نشتی روغن اتفاق نخواهد افتاد.

👉 در لحظات اول وقوع اتصال کوتاه، هسته‌های حفاظتی ترانسفورماتورهای جریان باید به درستی عمل انتقال را انجام دهند. آنها باید خطاهای سه فاز با وصل مجدد سرعت بالا را دنبال نموده و در زمان ایجاد حداکثر سطح خطا و جریان DC مربوط به آن به اشباع نروند.

👉 ولتاژ ایجاد شده در هسته در اثر وقوع خطا یا در هنگام پدیده‌های گذرا در سیستم باید به حد کافی از ولتاژ اشباع ترانسفورماتور جریان پایین تر باشد تا پاسخ گذاری رضایت بخشی حاصل شود.

👉 یک شیلد الکترواستاتیکی باید بین اولیه و ثانویه ترانسفورماتور جریان تهیه گردد تا از ورود جریانهای بالا به ثانویه و رله‌ها جلوگیری نماید.

👉 ترمینالهای ثانویه باید به نحوی قرار گیرد که در حالت برقرار بودن ترانسفورماتور جریان، دسترسی به آن میسر باشد.

👉 ترمینالهایی از سیم پیچ ثانویه که مورد استفاده قرار نمی گیرد بایستی زمین شوند. استقامت مکانیکی پیچهای ترمینال ثانویه باید به اندازه مناسب باشد.

👉 کلیه پیچهای ترمینالها باید مجهز به واشر فنی باشند. جزئیات هر آرایش و یا ساختمان خاص سیم پیچ ها که برای اصلاح دقت و یا به هر دلیل دیگر در نظر گرفته شده است باید در مدارک نشان داده شود.

👉 برای ترانسفورماتورهای جریان با چندین نسبت تبدیل باید برچسب هایی تهیه شود تا اتصالات لازم برای کلیه نسبت تبدیل ها را نشان دهد. این اتصالات همچنین باید در تمامی دیاگرام های اتصالات نشان داده شود.

👉 ترانسفورماتورهای جریان باید از نظر مکانیکی طوری طراحی شوند که در مقابل فشارهای ناشی از بار یخ، نیروی باد، نیروهای کششی روی ترمینال های فشارقوی، همینطور نیروهای ناشی از اتصال کوتاه و زلزله که در این متن مشخصات آمده است مقاوم باشند.

👉 مقره چینی باید بر طبق استانداردهای IEC مربوطه ساخته و آزمایش شوند و با نیازمندیهای ترانسفورماتورهای جریان مطابقت داشته باشد.

👉 هنگامی که ترانسفورماتور جریان دارای چندین دور در اولیه یا از نوع هسته پایین باشد، سیم‌پیچی اولیه بایستی در صورت لزوم توسط برق‌گیر محافظت شود.

👉 مشخصه‌های حفاظتی برق‌گیر باید هماهنگ با عایق موجود بین بخش‌های اولیه باشد.

قدم های انتخاب ترانسفورماتور جریان:

۱- مشخص شدن مشخصات سیستم شامل

- ولتاژ حداکثر سیستم

- فرکانس سیستم

- جریان نامی موقعیت نصب ترانسفورماتور جریان با توجه به توسعه آینده

- سطح اتصال کوتاه در موقعیت نصب ترانسفورماتور جریان

۲- مشخص شدن سیستم حفاظت و کنترل پست

با توجه به اینکه کلاسی دقت، توان خروجی، تعداد و نوع کورهای ترانسفورماتورهای جریان در ارتباط با سیستم حفاظت و کنترل پست مشخص می‌گردد. لذا ابتدا می‌بایست با محاسبات ترانسفورماتورهای جریان، اعداد مناسب را انتخاب نمود و سپس نسبت به سفارش، خرید و تامین این اقلام اقدام نمود.

۳- مشخص شدن مشخصات محیطی محل نصب

۴- تعیین پارامترها و مشخصات ترانسفورماتور جریان

- نوع ترانسفورماتور جریان از نظر عایقی

- نوع ترانسفورماتور جریان از نظر محل قرارگیری هسته‌ها

- نوع ترانسفورماتور جریان از نظر تعداد تپ و نحوه تعویض تپ‌ها
- نوع ترانسفورماتورهای جریان از نظر تعداد کورها
- نوع هسته‌های (کورهای) ترانسفورماتور جریان (اندازه‌گیری یا حفاظتی)
- فاصله خزشی مقره ترانسفورماتور جریان
- استقامت مکانیکی مورد نیاز مقره‌ها و ترمینال‌های فشار قوی ترانسفورماتور جریان
- ولتاژ حداکثر
- سطوح عایقی نامی
- فرکانس نامی
- جریان نامی اولیه
- جریان نامی ثانویه
- نسبت تبدیل نامی
- جریان اتصال کوتاه (حرارتی) کم مدت نامی
- جریان دینامیکی نامی
- جریان دائمی حرارتی نامی
- توان نامی خروجی
- کلاس دقت

مشخصات محیطی و شرایط اقلیمی:

۱- ارتفاع محل نصب از دریا

۲- حداکثر درجه حرارت مطلق هوای محیط

۳- حداقل درجه حرارت مطلق هوای محیط

۴- سرعت باد

۵- میزان رطوبت نسبی

۶- شتاب زلزله

۷- ضخامت یخ

۸- میزان آلودگی

مشخصات ساختاری ترانسفورماتور جریان:

۱- نوع ترانسفورماتور جریان از نظر عایقی

۲- نوع ترانسفورماتور جریان از نظر محل قرار گیری هسته‌ها

۳- نوع ترانسفورماتور جریان از نظر تعداد تپ‌ها و نحوه تعویض تپ‌ها

۴- نوع ترانسفورماتور جریان از نظر تعداد کورها (هسته‌ها)

۵- نوع ترانسفورماتور جریان (اندازه‌گیری یا حفاظتی)

۶- فاصله خزشی که همان مسیر قوس بر روی مقره می‌باشد و حداقل این مقدار به آلودگی محیط بستگی دارد. ضمناً IEC 185 متذکر شده است که نسبت فاصله خزشی به فاصله قوس (ARcing DISTANCE) نباید از ۳/۵ کمتر باشد.

۷- استقامت مکانیکی مقره و ترمینال‌های ترانسفورماتور جریان

مشخصات الکتریکی ترانسفورماتور جریان:

۱- ولتاژ حداکثر (HIGHEST VOLTAGE FOR EQUIPMENT)

حداکثر ولتاژ موثر فاز به فاز است که ترانسفورماتور جریان برای استفاده از این ولتاژ تحت شرایط کار عادی طراحی شده است مقدار این ولتاژ در بخش‌های قبل ذکر شده است.

۲- سطوح عایقی (RATED INSULATION LEVELS)

در ترانسفورماتورهای جریان استقامت عایقی بعلا وجود چند سیم‌پیچ به صورت استقامت عایقی اولیه، استقامت مابین سیم‌پیچ‌های اولیه و سیم‌پیچ‌های ثانویه و استقامت عایقی مابین حلقه‌های داخلی (دورهای) سیم‌پیچ‌های ثانویه بیان می‌شود.

در مورد استقامت عایقی اولیه با توجه به سطوح ولتاژ مورد استفاده اعداد استاندارد IEC 71 و IEC 185 نیز تکرار شده است و می‌توان به بخش هماهنگی عایقی این جزوه نیز رجوع نمود. تذکر اعداد ذکر شده برای ارتفاع زیر ۱۰۰۰ متر می‌باشند و برای محیط‌های با ارتفاع بالاتر می‌بایست تصحیح گردند.

برای استقامت الکتریکی مابین بخش‌های مختلف یا سیم‌پیچ‌های مختلف اولیه و همچنین ثانویه (BETWEEN - SECTION INSULATION REQUIEMENT) می‌بایستی عایق مابین سیم‌پیچ‌ها، توانایی تحمل ولتاژ فرکانس قدرت سه کیلوولت (موثر) به مدت یک دقیقه را داشته باشند.

همچنین سیم‌پیچ‌های ثانویه باید تحمل ولتاژ فرکانس قدرت سه کیلوولت (موثر) به مدت یک دقیقه را داشته باشند.

برای تعیین استقامت عایقی مابین حلقه‌های داخلی (INTERTURN INSULATION REQUIREMENT) هر سیم پیچ در حالت مدار باز تحت ولتاژی از طریق اعمال جریان به اولیه قرار می‌گیرد و می‌بایستی ولتاژ چهارونیم (۴/۵) کیلوولت موثر را به مدت یک دقیقه تحمل نماید.

۳- فرکانس نامی (RATED FREQUENCY)

مقادیر استاندارد این فرکانس ۵۰ یا ۶۰ هرتز است که برای شبکه ایران ۵۰ هرتز می‌باشد.

۴- جریان نامی اولیه (RATED PRIMARY CURRENT)

جریان نامی اولیه جریانی است که عملکرد ترانسفورماتور جریان بر پایه آن استوار شده و مقدار آن براساس جریان عبوری در محل نصب ترانسفورماتور جریان خواهد بود. استاندارد IEC 185 اعداد زیر را پیشنهاد نموده است [یا مضارب ده یا یکدهم این اعداد].

۱۰-۱۲.۵-۱۵-۲۰-۲۵-۳۰-۴۰-۵۰-۶۰-۷۵

مقادیری که زیر آنها خط کشیده شده است ارجحیت دارند.

۵- جریان نامی ثانویه (RATED SECONDARY CURRENT)

جریان نامی ثانویه مقدار جریانی است که با توجه به جریان اولیه و نسبت تبدیل ترانسفورماتور جریان در ثانویه ترانسفورماتور برقرار می‌گردد. استاندارد IEC 185، سه عدد ۱، ۲ و ۵ آمپر را توصیه کرده است که اعداد ۱ و ۵ آمپر در ایران کاربرد دارند.

نکته‌ای که باید تذکر داد این است که هرچه جریان ثانویه بزرگتر انتخاب شود تعداد دور سیم پیچ هسته کمتر و در نتیجه ترانسفورماتور از نظر حجم کوچکتر و اقتصادی‌تر خواهد بود ولی در عوض افت ولتاژ و تلفات در کابل‌های ارتباطی بین ترانسفورماتور جریان و دستگاه‌های متصل بیشتر بوده و در نتیجه ظرفیت بیشتری در خروجی ترانسفورماتور جریان نیاز خواهد بود.

از آنجائی که در ولتاژهای بالا (۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت) ابعاد و اندازه پستهای نسبتاً بزرگ می‌باشند، لذا طول کابل‌های ارتباطی قابل توجه بوده و بنابراین برای جلوگیری از افزایش ظرفیت خروجی ترانسفورماتور جریان معمولاً جریان ثانویه یک آمپر انتخاب می‌گردد ولی در ولتاژهای پائین‌تر هر دو گزینه یک آمپر و پنج آمپر مورد می‌باشد لکن استفاده از ترانسفورماتور جریان با جریان ثانویه ۵ آمپر بعلاوه اقتصادی‌تر بودن، مناسب‌تر می‌باشد.

۶- نسبت تبدیل نامی (RATED TRANSFORMATION RATIO)

مطابق استاندارد عبارت است از نسبت جریان نامی اولیه به جریان نامی ثانویه. معمولاً به دلیل رشد تدریجی بار و سطح اتصال کوتاه، بایستی امکان انتخاب نسبت تبدیل‌های مختلف وجود داشته باشد که توضیح در مورد انواع روش‌های تغییر تعداد دور سیم پیچ‌ها در بخش‌های قبل داده شده است.

۷- جریان اتصال کوتاه (حرارتی) کم مدت نامی

(RATED SHORT – TIME THERMAL CURRENT (I_{th}))

حدکثر مقدار جریان موثر اولیه است که یک ترانسفورماتور جریان بدون ایجاد مشکل در آن به مدت یک ثانیه تحمل می‌نماید. البته در این حالت باید ثانویه اتصال کوتاه باشد.

۸- جریان دینامیک نامی (PATEC DYNQMIC CURRENT (I_{dyn}))

مقدار پیک جران اولیه است که یک ترانسفورماتور جریان بدون بروز مشکل الکتریکی یا مکانیکی در اثر نیروهای الکترومغناطیسی در حالت اتصال کوتاه بودن ثانویه، در سیکل‌های اولیه اتصال کوتاه تحمل می‌نماید. این مقدار معمولاً ۲/۵ برابر جریان اتصال کوتاه مدت نامی می‌باشد.

۹- جریان دائمی حرارتی نامی (RATED CONTINUOUS THERMAL CURRENT)

جریان دائمی حرارتی نامی ترانسفورماتور جریان عبارت است از جریانی که از اولیه ترانسفورماتور بطور پیوسته عبور کند هنگامی که ثانویه ترانسفورماتور به بار نامی‌اش متصل بوده و افزایش درجه حرارت بیش از مقدار مجاز

نداشته باشد. مقدار این جریان عموماً برابر جریان نامی اولیه ترانسفورماتور می‌باشد مگر اینکه عدد دیگری برای آن ذکر گردد.

در استاندارد IEC مقادیر مجاز افزایش جریان دائمی حرارتی نامی نسبت به جریان نامی با ضریب ۱۲۰٪ و ۱۵۰٪ و ۲۰۰٪ مشخص شده است که با توجه به ترانسفورماتورهای موجود در سطح کشور مورد قبولیت بین سازندگان، ضریب ۱۲۰٪ نسبت به جریان نامی برای جریان دائمی حرارتی نامی انتخاب گردیده است.

۱۰- توان نامی خروجی (VALUES OF RATED OUTPUT)

۱۰-۱- ظرفیت نامی (BURDEN)

امیدانس مدار ثانویه با توجه به ضریب توان می‌باشد. ظرفیت خروجی معمولاً بصورت توان یا ولت آمپر در جریان نامی و ضریب توان تعریف شده، بیان می‌گردد. این ظرفیت در واقع توان جذب شده توسط تجهیزات متصل به ثانویه و افت سیم پیچ ثانویه را مشخص می‌کند.

۱۰-۲- ظرفیت نامی (RATED BURDEN)

مقدار ظرفیت خروجی یا BURDEN است که در آن ملاحظات مربوط به دقت ترانسفورماتور اعمال شده است.

۱۰-۳- توان نامی خروجی (RATED OUTPUT)

مقدار توان (به ولت آمپر و با ضریب توان مشخص) است که یک ترانسفورماتور جریان با جریان نامی به باری با ظرفیت خروجی تحویل می‌دهد.

توان نامی خروجی مقادیر استاندارد شده دارد که عبارتند از:

۲۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۳۰۰ VA

برای مقادیر بالاتر از ۳۰ VA می‌بایستی مقداری مناسب عملکرد انتخاب شود. ظرفیت خروجی نامی ترانسفورماتور جریان را اصل همان توانی است که به وسیله مصرف‌کننده‌ها و تلفات سیم پیچ ثانویه ترانسفورماتور جریان مصرف می‌شود و ترانسفورماتور جریان بایستی بتواند توان ظاهری مصرف شده توسط دستگاه‌های اندازه‌گیری و رله‌ها و کابلها و سیم‌های رابط و سیم پیچ ثانویه خود را تامین نماید.

۱۱- کلاس دقت (ACCURACY CLASS)

این بند در قسمتهای قبل کاملاً تشریح گردیده است.

۱۲- محدودیت افزایش درجه حرارت

درجه حرارت ترانسفورماتور جریان، با جریان اولیه‌ای برابر جریان نامی و باری با ضریب قدرت واحد و معادل ظرفیت خروجی نامی نبایستی از مقادیر مجاز ذکر شده در جدول استاندارد IEC 185 فراتر رود لازم به ذکر است که این افزایش درجه حرارت برای ارتفاع زیر ۱۰۰۰ متر می‌باشد و برای ارتفاع‌های محیطی بیشتر از هزار متر می‌بایستی مقادیر این جدول به ازاء هر ۱۰۰ متر افزایش ارتفاع به مقدار ۰/۴٪ برای ترانسفورماتورهای روغنی و ۰/۵٪ برای ترانسفورماتورهای خشک کاهش داده شود.

کلاس دقت ترانسفورماتورهای جریان حفاظتی:

هسته حفاظتی ترانسفورماتورهای جریان به منظور تغذیه رله‌های حفاظتی در شرایط غیرعادی (اتصال کوتاه) بکار می‌روند. ترانسهای جریان حفاظتی می‌بایستی عملکرد مناسبی، حتی برای جریان‌های چندین برابر جریان نامی که ناشی از اتصال کوتاه می‌باشند را داشته باشند. این ترانسفورماتورها دو تفاوت عمده با ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری جریان دارند که عبارتند از:

– دقت کمتر

– ولتاژ نقطه زانویی بالا

طبق استاندارد IEC 185 جهت ترانسفورماتور جریان حفاظتی فاکتور حد دقت یا (ACCURACY LIMIT FACTOR) که به طور اختصاصی ALF گفته می‌شود تعریف می‌گردد. این پارامتر ضریبی از جریان نامی است که تا آن مقدار از جریان، خطای مرکب ترانسفورماتور در محدوده ذکر شده باقی می‌ماند. علاوه بر آن کلاس دقت نیز می‌بایستی در این نوع ترانسفورماتورهای جریان مشخص شود که ذیلاً عنوان می‌گردد:

ACCURACY CLASS	CURRENT ERROR AT RATED PRIMARY CURRENT %	PHASE DISPLACEMENT AT RATED PRIMARY CURRENT		COMPOSITE ERROR AT RATED ACCURACY LIMIT PRIMARY CURREN %
		MINUTES	CENTIRADIANS	
5P	+1	60	1.8	5
10P	+3	-	-	10

ارقام استاندارد فاکتور حد دقت (ALF) عبارتند از:

۵-۱۰، -۱۵-۲۰، -۳۰

مطابق استاندارد کلاس دقت و فاکتور حد دقت بصورت زیر بیان می‌شود: XYZ

که در آن XY همان کلاس دقت یعنی 5P یا 10P و Z فاکتور حد دقت (ALF) است مثلاً 5P10 معمولاً کلاسهای دقت 10P20، 5P20، 10P10، 5P10 بیشترین کاربرد را دارند. در صورتی که ظرفیت خروجی (BURDEN) تغییر نماید حد دقت (ALF) نیز تغییر خواهد نمود و رابطه زیر صادق است:

$$(ALF)^1 = (ALF) \left[(Pn + Rct I^2 sn) / (P + Rct I^2 sn) \right]$$

که در این رابطه Pn برابر مقدار ظرفیت خروجی نامی، P مقدار توان متصل به ترانسفورماتور جریان حفاظتی، Rct مقدار مقاومت سیم‌پیچ ثانویه ترانسفورماتور جریان و I_{sn} جریان نامی ثانویه می‌باشد.

بعبارت دیگر اگر به ترانسفورماتور جریان عملاً باری با BURDEN کمتر از مقدار نامی ترانسفورماتور جریان وصل شود فاکتور حد دقت یا ALF آن بالاتر خواهد رفت و دقت مورد نظر تا جریان‌های اتصال کوتاه با دامنه بیشتر هم بدست خواهد آمد.

مطابق استاندارد BS 3938 جهت ترانسفورماتورهای جریان حفاظتی، کلاس دقت (CLASS X)X نیز مطرح می‌باشد در این کلاس دقت، ترانسفورماتور جریان با ولتاژ زانو و حداکثر مقاومت سیم‌پیچ ثانویه و حداکثر جریان مغناطیسی کننده معرفی می‌گردد. جهت حفاظت‌های دیفرانسیل یا دیستانس خصوصاً در بیشتر از این نوع ترانسفورماتور جریان استفاده بعمل می‌آید.

IEC 44-6 کلاس‌های جدید حفاظتی از نوع TP را معرفی کرده است. این کلاس جدید بعلت نیاز فعلی به عملکرد سریع رله‌های حفاظتی در سیستم و نتیجتاً لزوم وجود دقت در زمان‌های گذرا برای ترانسفورماتورهای جریان مطرح شده است این کلاس‌ها عبارتند از:

الف) کلاس TPX

ترانسفورماتور جریان با هسته بدون فاصله هوایی می‌باشد که خطای نسبت ۵/۰ درصد داشته و ثابت زمانی ثانویه ≤ 5 دارد این ترانسفورماتور قابلیت استفاده مشترک با ترانسفورماتورهای کلاس TPY, TPX را دارد.

ب) کلاس TPY

ترانسفورماتور جریان با هسته مغناطیسی و فاصله هوایی کوچک است که خطای ۱+ درصد دارد و دارای ثابت زمانی ثانویه صفر تا ۱۰ ثانویه است و نسبت به جریان‌های DC گذرا رفتار مناسب‌تری از خود بروز می‌دهد و قابلیت استفاده مشترک با ترانسفورماتورهای کلاس TPY و TPX را دارد.

ترانسفورماتور جریان با هسته مغناطیسی و فاصله هوایی بزرگ است که خطای $1+$ درصد دارد و ثابت زمانی ثانویه آن $60+6$ میلی ثانیه می باشد زمان سقوط جریان DC (DC COLLAPSE TIME) در آن بسیار کوتاه است و تنها با ترانسفورماتورهای نوع TPZ قابلیت کار کرد دارد.

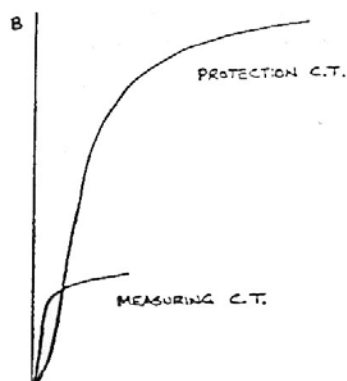
کوره های ترانسفورماتور جریان:

ترانسفورماتورهای جریان که برای تغذیه مدارها با سیستم های اندازه گیری (آمپر مترها، وات مترها، وارمترها و کنتورها) بکار می روند باید دقت کافی جهت اندازه گیری کمیت ها در مقادیر نامی داشته باشند که مطابق استاندارد این تجهیزات باید دقت کافی برای جریانی تا حدود 120% جریان نامی را داشته باشند. ضمناً تجهیزات اندازه گیری می بایستی در مقابل جریانهای بسیار بالایی که ممکن است در اثر بروز اتصال کوتاه در شبکه به آنها اعمال می شود محافظت شوند چون این وسائل وظیفه اندازه گیری مقادیر نامی را دارند و از آنجائیکه بکار بردن فیوز با هر حفاظتی قطع مدار ثانویه مجاز نمی باشد لذا خود کور یا هسته ترانسفورماتور جریان باید قابلیت محدود کردن جریانهای خطا یا جریانهای بالاتر از حد نامی مدار یا شبکه را داشته باشد بنابراین باید این هسته ها در جریان های بالا به اشباع بروند.

در مورد کورهایی که به منظور تغذیه مدارهای حفاظت بکار می روند موضوع فرق می کند وظیفه این وسائل عملکرد در هنگام خطا می باشد لذا لازم نیست دقت زیادی در جریان نامی داشته باشند ولی باید دقت مناسب در رنج گسترده تا سطح جریان های خطا داشته باشند و به اشباع نروند.

با توجه به موارد فوق باید کلاً گفت که کوره های (هسته ای) ترانسفورماتورهای جریان بصورت کوره های اندازه گیری و کوره های حفاظت دسته بندی می شوند.

ذیلاً مقایسه های مابین کوره های اندازه گیری و حفاظت نمایش داده می شود:



- MEASURING C.T.'S.
- REQUIRE GOOD ACCURACY UP TO APPROX 120% RATED CURRENT
 - REQUIRE LOW SATURATION LEVEL TO PROTECT INSTRUMENTS
 - THUS USE NICKEL IRON ALLOY CORE WITH LOW EXCITING CURRENT AND KNEE POINT AT LOW FLUX DENSITY
- "PROTECTION" C.T.'S
- ACCURACY NOT AS IMPORTANT AS ABOVE
 - REQUIRE ACCURACY UP TO MANY TIMES RATED CURRENT.
 - THUS USE GRAIN ORIENTATED SILICON STEEL WITH HIGH SATURATION FLUX DENSITY.

خطاهای ترانسفورماتور جریان:

خطاهای ترانسفورماتور جریان به صورت خطای جریان (بزرگی جریان)، خطای فاز و خطای مرکب بیان

می شوند که عبارتند از:

الف) خطای جریان (CURRENT (RATIO) ERROR)

خطای بزرگی دامنه جریان ثانویه نسبت به جریان اولیه می باشد که بصورت زیر بیان می شود:

$$\text{CURRENT ERROR}\% = \frac{100(K_n I_s - I_p)}{I_p}$$

K_n = RATED TRANSFORMATION RATIO

I_p = ACTUAL PRIMARY CURRENT

I_s = ACTUAL SECONDARY CURRENT

=====

=====

ب) خطای فاز (PHASE DISPLACEMENT)

جابجایی فاز مابین بردارهای جریان اولیه و ثانویه یک ترانسفورماتور جریان که بصورت زاویه بیان می‌شود.

ج) خطای مرکب که بصورت زیر بیان می‌شود (COMPOSITE ERROR)

$$Es = \frac{100}{I_p} \sqrt{(1/T) \int_0^T ((Kn)(is) - (ip))^2 dt}$$

که T مدت زمان یک سیکل جریان می‌باشد.

توانایی‌های عمومی و ساختار ترانسفورماتورهای جریان:

توانایی‌های عمومی ترانسفورماتورهای جریان

ترانسفورماتورهای جریان بایستی بتوانند نیازهای زیر را برآورده نمایند:

۱- بطور پیوسته بتوانند ولتاژ و جریان نامی را بدون ایجاد حرارت اضافی و شکست عایقی تحمل نمایند.

۲- ترانسفورماتورهای جریان حفاظتی بایستی در حالت اضافه جریان در اثر بروز عیب در شبکه با دقت خوبی عمل تبدیل را انجام دهند.

۳- ترانسفورماتورهای جریان اندازه‌گیری، بایستی در حالت اضافه جریان مربوط به اتصال کوتاه شبکه، بطور ذاتی محدود نمایند تا آسیبی به دستگاه‌های اندازه‌گیری وارد نگردد.

ساختار ترانسفورماتورهای جریان

ترانسفورماتورهای جریان بر حسب نوع عایق در انواع مختلف ساخته می‌شوند و عبارتند از:

– نوع روغنی با کاغذ آغشته به روغن

– نوع خشک با عایق رزینی

– نوع SF6

ساخت ترانسفورماتورهای جریان نوع خشک با عایق رزینی برای ولتاژهای پائین تا سطح ۶۳ کیلوولت عملی بوده و خصوصاً در محل‌های سرپوشیده با توجه به عدم احتمال انفجار این نوع ترانسفورماتورهای مرسوم می‌باشد.

نوع روغنی با کاغذ آغشته به روغن برای تمامی سطوح ولتاژی معمول می‌باشد و در حال حاضر اکثر ترانسفورماتورهای جریان خصوصاً در سطح ولتاژ بالا از این نوع می‌باشد.

نوع SF6 که در آنها از گاز SF6 بعنوان ماده عایقی استفاده می‌شود هنوز در مراحل اولیه طراحی و استفاده، می‌باشد و تنها سازندگان محدودی این نوع ترانسفورماتور را تولید می‌کنند.

در سطوح ولتاژی ۶۳ کیلوولت و بالاتر، ترانسفورماتورها از نظر محل قرار گرفتن هسته‌ها، به دو نوع تانک (TANK) [که به معنی قرار گرفتن هسته‌ها در پائین است] و معکوس (TAP CORE, INVERTED) [که به معنی قرار گرفتن هسته در بالا است] تقسیم می‌شوند. در نوع تانک بخشی سنگین ترانسفورماتور در پائین قرار دارد لذا از نظر تحمل ضریب زلزله و نیروهای مکانیکی وضعیت مناسب‌تری دارد، اما در این نوع ترانسفورماتور، ولتاژ یا مدار فشارقوی از طریق شینه اولیه به سطح زیرین ترانسفورماتور جریان منتقل شده است، لذا در تمام طول مسیر از نظر عایقی باید ملاحظات لازم بعمل آید. همچنین ابعاد این ترانسفورماتور جریان بزرگتر از نوع دیگر است. ترانسفورماتور نوع معکوس از نقطه نظر تحمل شدت زلزله و نیروهای مکانیکی محدودیت بیشتری دارد اما در ساخت آن ملاحظات سهل‌تر می‌باشد و ابعاد کوچکتری دارد. با تمام این مزایا و معایب هر دو ترانسفورماتورها معمول می‌باشند و مورد استفاده قرار می‌گیرند.

در مورد تغییر نسبت تبدیل ترانسفورماتور جریان که از طریق تغییر نسبت سیم‌پیچی‌ها انجام می‌شود، امکان این تغییر با تغییر تعداد دورها در ثانویه و یا اولیه ممکن است که هر یک مزایا و معایب خود را دارند. این موارد ذیلاً بیان می‌گردند.

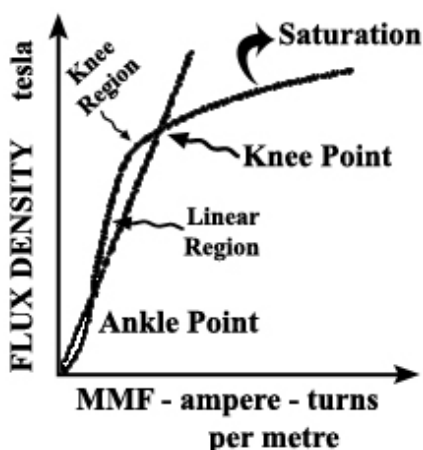
۱- با تغییر نسبت تبدیل از اولیه مشخصات خروجی کور تغییر نمی‌نماید و کلاس دقت و سایر مشخصات کماکان به قوت خود باقی می‌ماند در حالی که با اتصال مجدد از ثانویه این مشخصات تغییر می‌یابد. بنابراین در انتخاب اتصال از ثانویه باید دقت کافی در عملکرد کورهای حفاظتی و اندازه‌گیری نمود.

۲- تغییر نسبت تبدیل از اولیه با نسبت‌های «۲:۱» و بعضاً «۴:۲:۱» امکان پذیر است ولی با اتصال مجدد از ثانویه نسبت‌های متعدد و با مقادیر دلخواه قابل ساخت می‌باشد.

۳- ساخت ترانسفورماتور با تغییر نسبت تبدیل از ثانویه راحت‌تر می‌باشد.

اشباع ترانسفورماتورهای جریان :

هر هسته ترانسفورماتور جریان دارای منحنی مغناطیسی است که در واقع همان منحنی مغناطیسی ماده تشکیل دهنده هسته می‌باشد این منحنی بصورت زیر است:



البته با توجه به روابط:

$$E_f = 4.44fNAB \Rightarrow E_f = Kvb$$

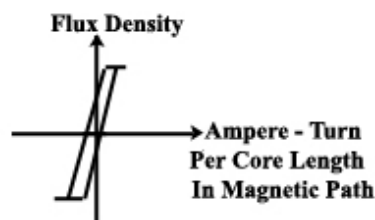
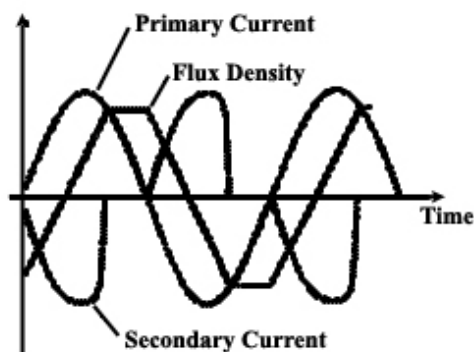
$$NI = H.L \Rightarrow I = KIH$$

می‌توان دریافت که این منحنی بر حسب ولتاژ و جریان نیز قابل رسم می‌-

باشد که در عمل برای تعیین این منحنی از اعمال ولتاژ به اولیه و اندازه‌گیری ولتاژ و جریان عبوری از سیم پیچ ثانویه با باز بودن سیم پیچ اولیه استفاده می‌شود.

مفهوم اشباع را می‌توان چنین بیان کرد که با اعمال میدان الکتریکی بر سیم پیچی که یک ماده مغناطیسی در مجاورت آن قرار دارد کشتاورهای مغناطیسی موجود در این ماده که ابتدا جهات مختلفی دارند با اعمال آمپر دوری تغییر محور می‌دهند و لذا تاخیری با رابطه غیر خطی مابین افزایش آمپر دور و افزایش چگالی شار عبوری از مسیر یا مدار مغناطیسی خواهیم داشت پس از آن کشتاورها محورهاشان، بتدریج در یک سمت قرار می‌گیرند که در نتیجه رابطه تقریباً خطی مابین آمپر دور و چگالی شار بدست می‌آید لکن پس از این مرحله، به محدوده‌ای می‌رسیم که اعمال آمپر دور اضافی موجب عبور شار مغناطیسی بیشتر از مدار مغناطیسی نمی‌گردد و لذا شارهای پراکندگی افزایش می‌یابد و نتیجتاً هم خطای تبدیل جریانه‌ها افزایش می‌یابد و هم ولتاژ اعمالی به سیم پیچ ثانویه به شدت کاهش می‌یابد و مدار ثانویه تقریباً به صورت مدار باز عمل خواهد نمود اگر منحنی مغناطیسی را بصورت دو خط صاف مدل نمائیم و تقریب بزیم و نه بصورت یک منحنی چند جمله‌ای، با اعمال ولتاژ سینوسی به اولیه یا عبور جریان سینوس در محدوده‌ای که Φ دارای شیب می‌باشد ولتاژ متوجه در ثانویه که مشتق این شار است مقدار مشخصی است ولی در زمان ورود به ناحیه‌ای که Φ بصورت خطی ثابت می‌باشد، ولتاژ صفر خواهد بود.

رابطه جریان اولیه و ثانویه در حالت اشباع بصورت زیر می‌باشد.



این مسئله موجب ایجاد خطا در سنجش و استفاده از جریان ثانویه می‌گردد. لذا لزوم

دارد که از ورود به منطقه اشباع خودداری نمود و تجهیزات همواره در منطقه غیر اشباع ترانسفورماتور جریان کار کنند.

در عمل جهت اندازه‌گیری منحنی اشباع از مداری استفاده می‌کنند که توسط یک منبع ولتاژ متغیر یا اتوترانسفورماتور متغیر ولتاژی را به ثانویه ترانسفورماتور جریان با سیم‌پیچ اولیه باز اعمال می‌کنند و در مراحل یا پله‌های مختلف ولتاژ اعمالی را ۱۰٪ افزایش می‌دهند و جریان بدست آمده را می‌سنجند به مرحله‌هایی می‌رسیم که با افزایش ۱۰٪ ولتاژ اعمالی، جریان بیش از ۵۰٪ افزایش می‌یابد. این نقطه، نقطه یا ولتاژ زانوی ترانسفورماتور جریان می‌باشد.

اجتناب از باز بودن سمت ثانویه ترانسفورماتور جریان :

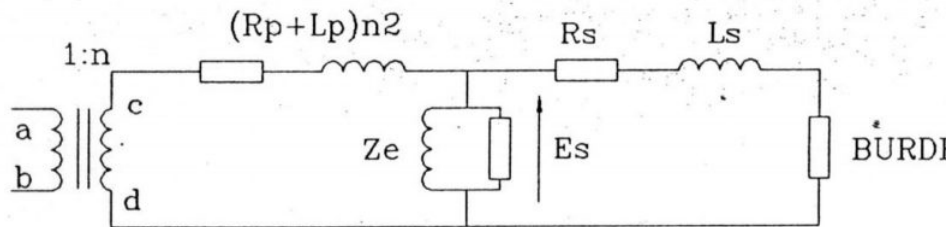
ترانسفورماتور جریان به علت نیاز به دقت بالا در آنها و عدم نیاز به تامین توان عمده، طوری طراحی می‌شوند که جریان مغناطیسی کننده کوچکی داشته باشند. حال اگر بنا به مشکلی سمت ثانویه ترانسفورماتور جریان از بار جدا شود چه اتفاقی می‌افتد؟ جدا شدن بار از ترانسفورماتور جریان موجب می‌شود که کل جریان سمت اولیه صرف جریان مغناطیسی کنندگی شود این جریان که از مقدار واقعی جریان مغناطیس کننده در عملکرد نامی بسیار بیشتر است موجب دو مشکل عمده می‌گردد:

۱- عبور جریان بالای مغناطیسی کننده موجب افزایش تلفات آهن و نتیجتاً گرم شدن بیش از حد هسته و از بین رفتن عایق‌های فیمایین سیم‌پیچ‌ها و هسته و سوختن خود هسته می‌گردد.

۲- افزایش بیش از حد جریان مغناطیسی کننده موجب القاء ولتاژ بسیار بالا در ثانویه ترانسفورماتور جریان شده و این مسئله برای نفرات استفاده کننده از تجهیزات در سمت فشار ضعیف و همچنین ترمینال‌های اتصالی مشکلات و خطرات فراوانی را در بر خواهد داشت. لذا هرگز نباید با جدا کردن بار از ثانویه ترانسفورماتورهای جریان موجب بی‌بار شدن آنها گردیم و نتیجتاً هرگز نباید در مسیر ثانویه ترانسفورماتور جریان از فیوز یا وسائل جریانی استفاده شود و همچنین در زمان قطع رله‌ها متصل به ثانویه از مدار جهت تست باید همواره از اتصال کوتاه بودن سمت ثانویه ترانسفورماتور جریان اطمینان داشته باشیم.

مدار معادل ترانسفورماتور جریان :

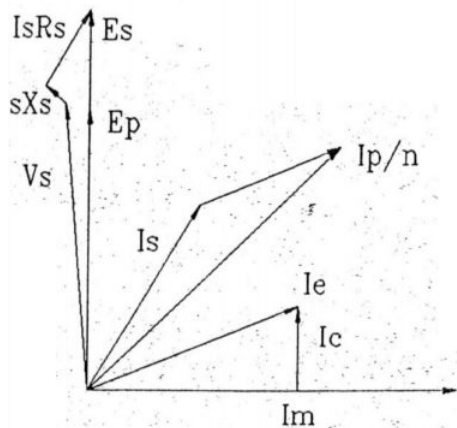
یک ترانسفورماتور جریان همانند یک ترانسفورماتور قدرت دارای مدار معادل است که با انتقال اولیه به ثانویه خواهیم داشت:



=====

=====

دیagram فاز ساده شده ترانسفورماتور جریان عبارت است از:



I_e = Excitation current

I_p = Primery current

I_c = Iron losses

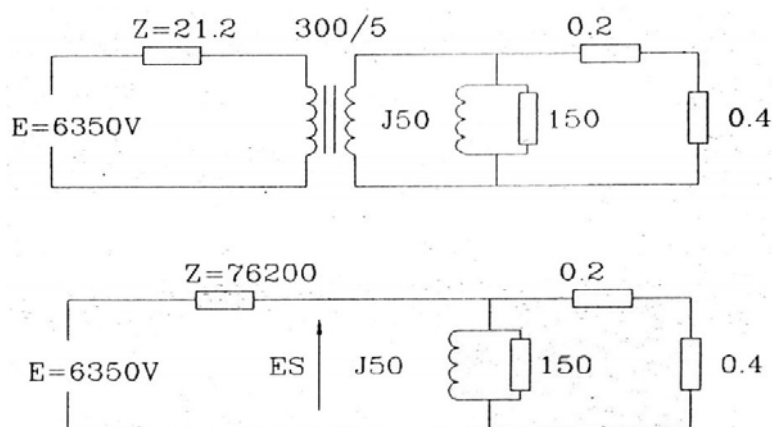
I_m = Magnetisig current

Φ = Flux

E_p = PRIMERY Voltage

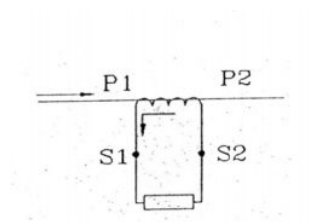
E_s = Secondary Voltage

اصولاً جریان ثانویه امکان تاثیر گذاری بر جریان اولیه را نخواهد داشت این مسئله از مدار معادل فوق مشاهده می گردد، زیرا برای انتقال امپدانس اولیه به ثانویه امپدانس مدار اولیه در نسبت تبدیل بتوان دو ضرب شده و به ثانویه منتقل می شود لذا امپدانس انتقال یافته، امپدانس خیلی بزرگی خواهد شد و این امپدانس غالب مدار خواهد بود مثلاً در یک شبکه ۱۱ کیلوولت با امپدانس شبکه $Z = 21.2\Omega$ و ترانسفورماتور جریان با نسبت تبدیل ۳۰۰/۵ آمپر، مدار معادل به قرار زیر است:



لذا مشاهده می شود که جریان اولیه در حد قابل قبولی، از بار متصل به ثانویه مستقل می باشد.

در روی ترانسفورماتورهای جریان، پلاریته هایی مشخص می شود که نشان دهنده ارتباط بین جهت جریان عبوری در ثانویه و در اولیه است. علامات انتخابی برای این پلاریته به صورت زیر می باشند:



در زمان اتصال ترانسفورماتورهای جریان به تجهیزات فشار ضعیف در صورتیکه تنها مقدار جریان برای ما با اهمیت باشد نیاز به در نظر گرفتن پلاریته‌ها نیست لکن در صورتی که جهت جریان تعیین کننده عملکرد سیستم باشد حتماً باید به پلاریته‌ها توجه نمود مثال بارز این مسئله رله‌های دیفرانسیل یا خطای اتصال زمین محدود یا RESTRICTED EARTH FAULT می‌باشند که براساس تقاضی از جریان‌های عبوری چند ترانسفورماتور جریان کار می‌کنند لذا لازم است که در حین اتصال مدارهای جریانی به این رله‌ها مسئله فوق را مدنظر داشت.

پایان