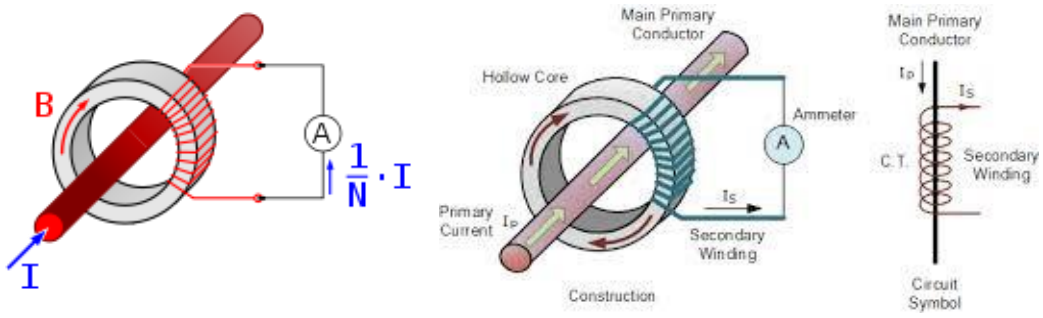
ترانس های جریان:

همانگونه که می دانیم در پست های فشار قوی به دلیل سطح ولتاژ بالا و جریان بالا نمی توان وسایل اندازه گیری و حفاظت را مستقیما به این شبکه متصل نمود. لذا از ترانسفورماتورهای جریان جهت اندازه گیری جریان خط و کاهش مقدار جریان به مقدار قابل قبول وسایل اندازه گیری و حفاظت استفاده می شود.

از آنجا که طرف اولیه ترانس های جریان به ولتاژ فشار قوی و جریان بالا متصل است لذا باید از نظر عایقی با تجهیزات فشار قوی هماهنگ باشد و سمت فشار ضعیف که به وسایل اندازه گیری و حفاظت متصل هستند باید از نظر با آنها هماهنگ باشد. همینطور لازم است که در ساختمان ترانس های جریان دقت شود که موضوع اختلاف سطح ولتاژ بین اولیه و ثانویه لحاظ گردد. بنابر این یک ترانس جریان وسیله ای است که از جریان خط نمونه گیری کرده و سطح دامنه آن را تا حد قابل قبول وسایل اندازه گیری و حفاظتی کاهش می دهد و در این میان سعی می گرددCT طوری طراحی گردد که سایر مشخصات جریان اولیه نظیر فرکانس وفاز و... تغییر نکند هرچند تا حدودی در خطای فاز نیز بیشتر می آید. در CT ها نسبت جریان اولیه به جریان ثانویه را نسبت تبدیل آن می نامند. به همین علت برای هر CT یک خطای نسبت تبدیل و یک خطای فاز وجود دارد.



متعلقات ترانس های جریان :

هسته: معمولا از ورقه های فولادی جهت داده شده ساخته می شود که به صورت مدور روی هم قرار می گیرند. سپس روی هسته با یک لایه عایق پوشانده می شود.

سیم پیچ اولیه : در CT ها معمولا سیم پیچ اولیه دارای یک دور (یا دو و سه دور) می باشد. که از مرکز هسته عبور داده می شود و بسته به نوع طراحی آن ممکن است عایق بندی گردد.

سیم پیچ ثانویه : سیم پیچ ثانویه از مس با روکش عایق ساخته می شود و بر روی هسته پیچیده می شود و تعداد دور آن متناسب با نسبت تبدیل انتخاب می گردد(البته معمولا جهت جبران خطا در بار نامی تعداد

دور ثانویه یک دور یا دو دور کمتر پیچیده می شود.) و باید از نظر سطح مقطع نیز تحمل جریان ثانویه را داشته باشد. پس مجموعه سیم پیچ ثانویه با یک لایه عایق بندی دیگر پوشانده می شود.

تانک: مجموعه هسته و سیم پیچ اولیه و ثانویه در داخل یک تانک پر از روغن قرار دارند از آنجا که عایق مورد استفاده اکثرا کاغذ می باشد نفوذ روغن در این کاغذ سیستم عایق بندی را تقویت می نماند ، بنابراین جهت انبساط روغن و انقباظ روغن لازم است که در قسمت بالایی تانک یک فضای خالی از روغن وجود داشته باشد که این فضا معمولا با گاز نیتروژن پر می گردد که مانند یک بالش عمل می نماید.

مقره ایزولاتور: جهت جداسازی ولتاژ فشار قوی از زمین پست ،از ایزولاتور ها یا مقره ها استفاده می شود.

باکس ترمینال فشار ضعیف : خروجی سیم پیچ ثانویه با عبور از داخل یک صمغی به ترمینال های خروجی CT متصل می گردد که این مجموعه داخل باکس ترمینال فشار ضعیف قرار دارد.

انواع CT از نظر ساخت:

ترانسفورماتورهای جریان فشار قوی با توجه به نوع کاربرد و سطح ولتاژ و جریان به دو نوع ساخته می شود:

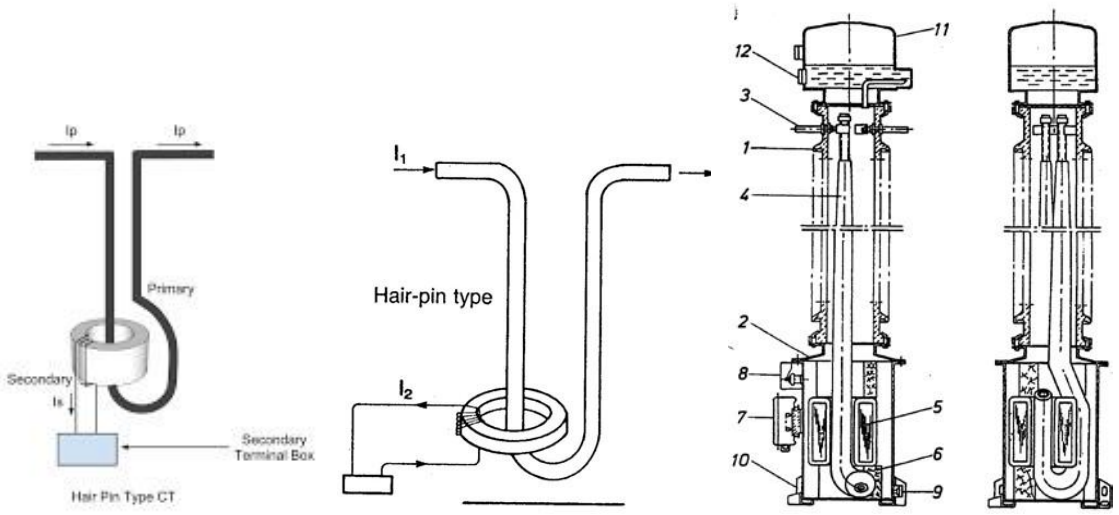
۱. ترانسفورماتورهای $Tank\ ty$ حفاظتی e یا کر پایین یا هسته پایین

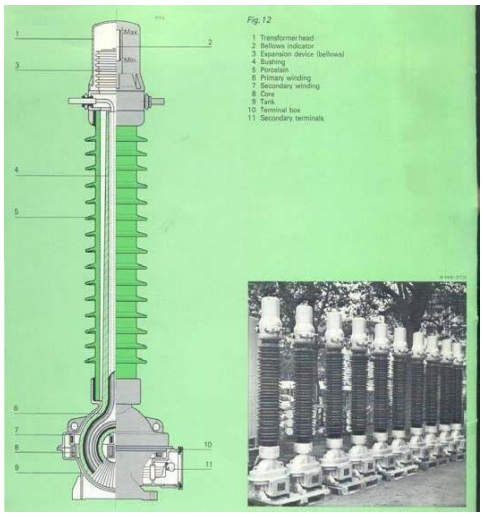
۲. CT های Ta حفاظتی $core$ یا کر بالا یا هسته بالا

الف) *Tank core* : در این ترانسفورماتورها ، تانک در قسمت پایین ایزولاتور قرار دارد و بنابراین سیم پیچ اولیه که به شکل U ساخته شده ،از داخل مقره ایزوله عبور کرده و در داخل تانک از درون هسته عبور می کند. بنابراین لازم است که حتما سیم پیچ اولیه به نحو مناسب عایق بندی گردد. در این طرح طول سیم پیچ اولیه زیاد بوده (نقطه $P2$ تا $P1$) و عبور جریان از سیم پیچ اولیه باعث گرم شدن CT می گردد.

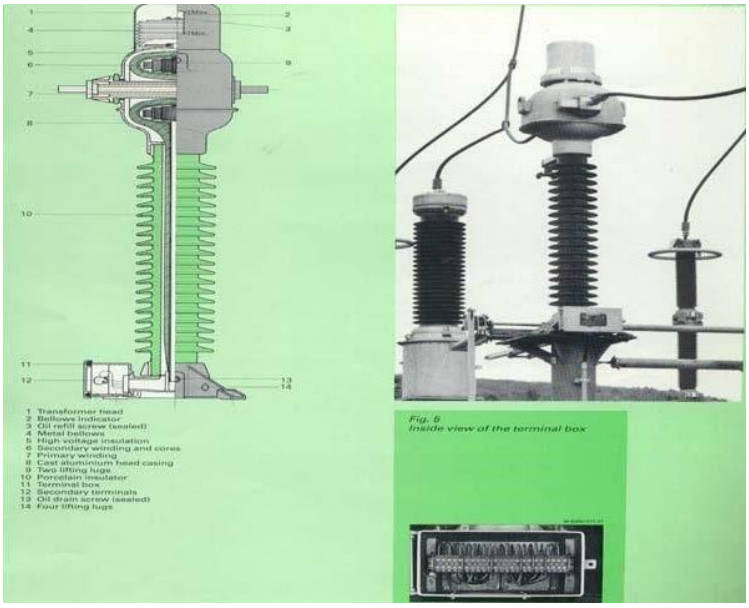
همچنین بر اثر عبور جریان در CT بین مسیر رفت و مسیر برگشت جریان یک نیروی الکترومکانیکی ایجاد می گردد که اگر در محاسبات مد نظر قرار نگیرد باعث انفجار CT خواهد شد. دلایل فوق سبب می گردد که تا سطح ولتاژ $765\ KV$ و جریان $3000\ A$ طراحی به صورت تانک کر انجام گردد و برای مقادیر بالاتر لازم است از نوع $TaP\ core$ استفاده شود.

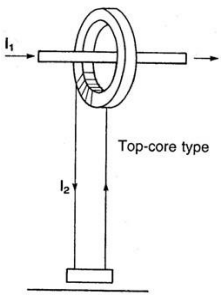
مزیت عمده این CT ها تعادل بهتر آنها در نوسانات مکانیکی نظیر زلزله می باشد چرا که مرکز ثقل گرانشی که در تانک می باشد در قسمت پایین قرار دارد.


Ip
Ip
Primary
Secondary
Is
Secondary
Terminal Box
Hair Pin Type CT
I1
Hair-pin type
I2
11
12
3
1
4
2
8
7
10
5
6
9



ب) *TaP core*: در این ترانسفورماتور های تانک در قسمت بالای ایزولاتور قرار دارد و بنابراین سیم پیچ اولیه به صورت یک هادی مستقیم کوتاه بوده که از داخل هسته عبور می کند. بنابراین معمولا عایق کمتری مورد استفاده قرار می گیرد. چون طول سیم پیچ اولیه کم می باشد بنابراین CT کمتر داغ می شود و این موضوع باعث می گردد که در سطح ولتاژهای بالا و یا جریانهای بیشتر از $3000\ A$ استفاده شوند و این از مزیت های این نوع CT می باشد. ثانویه از داخل ایزولاتور عبور داده شده و به باکس ترمینال ثانویه متصل می گردد. عیب عمده این CT ها این است که تانک در قسمت فوقانی قرار دارد و تعادل مکانیکی خوبی نخواهد داشت و در هنگام زلزله امکان سقوط آن زیاد است.





جریان ثانویه CT ها:

ترانس های جریان معمولا به نحوی طراحی می گردند که جریان نامی ثانویه آنها اغلب $1A$ یا $5A$ باشد. اگر فاصله وسایل اندازه گیری و حفاظتی از ترانس های جریان کم باشد از CT های $5A$ استفاده می شود چرا که افت ولتاژ و نیز تلفات در سیم های ارتباطی CT به وسایل اندازه گیری کم خواهد بود اما اگر فاصله نصب CT یا وسایل اندازه گیری مانند پست های انتقال زیاد باشد جهت کاهش تلفات و افت ولتاژ در سیم های ارتباطی از CT های $1A$ استفاده می شود.

مثال : اگر اهم سیم های ارتباطی در هر $100m$ یک اهم باشد مطلوب است محاسبه تلفات در

الف : اگر از یک CT $5A$ استفاده کنیم :

$$\Delta V = RI = 1 * 5 = 5\ v$$

$$P_{loss} = RI^2 = 1 * 5^2 = 25\ VA$$

ب : اگر از یک CT $1A$ استفاده کنیم :

$$\Delta V = RI = 1 * 1 = 5\ v$$
$$P_{loss} = RI^2 = 1 * 1^2 = 1\ VA$$

بنا براین لازم است وسایل حفاظت و اندازه گیری بر اساس مقدار جریان نامی ثانویه CT ها انتخاب شوند ($1A$و $5A$)

بردن: مقدار بار مجاز متصل به ثانویه CT بردن نامیده می شود ،که معمولا به صورت VA و در بعضی مواقع به صورت امپدانس بردن بیان می شود. گاهی اوقات ممکن است چندین بار به صورت سری با هم به ثانویه CT متصل گردند و مجموع امپدانس ها یا VA آنها به عنوان بار CT محسوب می گردد. مقدار بار اعمالی به CT نباید از مقدار بردن مجاز تجاوز کند ،چرا که در این صورت در حالت کار عادی CT سبب عملکرد نادرست تجهیزات حفاظتی و اندازه گیری و در زمان بروز اتصال کوتاه باعث عملکرد نادرست رله ها ی حفاظتی و یا آسیب به CT می گردد.

همچنین بار اعمالی نباید از مقدار مجاز خیلی کمتر باشد چرا که در این صورت در زمان اتصال کوتاه ممکن است رله های حفاظتی و وسایل اندازه گیری ها آسیب ببینند. بنابراین انتخاب بار نزدیک به بردن CT توصیه می گردد.

- **چرا نباید ثانویه *CT* مدار باز بماند؟**

یکی از مهمترین تفاوت های ترانس های جریان با ترانس های قدرت این است که در ترانس های قدرت مقدار جریان عبوری از اولیه وابسته به بار اعمالی به ثانویه ترانس است. هر چه بار بیشتری به ثانویه اعمال گردد بار بیشتری از اولیه کشیده می شود،ولی در *CT* ها جریان اولیه جریان خط انتقال نیرو است و ربطی به بار ثانویه *CT* ندارد. در این صورت اگر ثانوبه *CT* مدار باز بماند درون هسته تنها شار ناشی از جریان سیم پیچ اولیه وجود دارد و شار مخالفی که ناشی از بار ثانویه باشد وجود ندارد پس به علت وجود شار زیاد در هسته ، هسته داغ شده و ذوب خواهد شد. همچنین به دلیل اینکه جریان اولیه *CT* معمولا بالاست با وجود حتی اهم کمی در اولیه *CT* ولتاژ کمی بر روی پورت های اولیه *P1* و *P2* قرار می گیرد با توجه به نسبت تبدیل *CT* ها این ولتاژ در ثانویه بسیار بیشتر می گردد بنا براین این افزایش ولتاژ در ثانویه ممکن است سبب شکست عایقی در *CT* گردد. به خصوص اگر در حالت مدار باز بودن ثانویه *CT* فالتی در شبکه حادث شود در این صورت ولتاژ ثانویه *CT* بسیا بالا رفته و حتما *CT* دچار شکست عایقی و انفجار خواهد شد . این موضوع را با نثال ذیل می توان به نحو مطلوبتری بیان نمود.

مثال : در یک ایستگاه برق از یک *CT* با مشخصات ذیل استفاده می کنیم. در دو حالت بار نامی و اتصال کوتاه با *10In* ولتاژ ثانویه را درصورت مدار باز بودن ثانویه محاسبه نمایید.

اهم سیم پیچ اولیه *CT* : $.005\Omega$ جریان اولیه *CT* : *1000 A* نسبت تبدیل *CT* :

1/1000 در حال بار نامی داریم :

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} => \frac{5}{V_2} = \frac{1}{1000}$$

$$V_1 = R_1 I_1 = 0.005 * 1000 = 5v$$

$$V_2 = 1000 * 5 = 5000 \text{ v}$$

در زمان بروز اتصال کوتاه *In=Ifs=10* داریم:

$$V_1 = 0.005 * 10 * 1000 = 50v$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{I_1}{I_2} => \frac{V_2}{50} = \frac{10000}{1} => V_2 = 500\ Kv$$

بنا براین در هر حال نباید ثانویه *CT* مدار باز بماند به همین دلیل علت استفاده از فیوز یا کلید مینیاتوری در ثانویه *CT* ها مجاز نمی باشد چرا که با سوختن فیوز یا افتادن کلید مینیاتوری ثانویه مدار باز می گردد.

تفاوتهای ترانس جریان با ترانس قدرت:

الف: نسبت تبدیل ترانس قدرت بر اساس ولتاژ بیان می گردد در حالی که در CT نسبت تبدیل بر اساس جریان بیان می شود .

ب : ترانس های قدرت برای کار در فرکانس های نامی طراحی می شوند و بکار می روند و در فرکانس های بالا مشخصات آنها تغییر می کند ولی در CT ها به خصوص CT های حفاظتی قادرند در فرکانس های بالا و هارمونیک های موجود در جریان اتصال کوتاه مشخصات خود را از قبیل نسبت تبدیل و اختلاف فاز را حفظ می کنند.

ج: ترانس های قدرت اغلب به صورت سه فاز و گاهی به صورت تک فاز استفاده می شوندو CT ها معمولا به صورت تک فاز مورد استفاده قرار می گیرند.

د: در ترانس های قدرت جریان توسط بار در ثانویه تعیین می گردد در حالی که در CT ها جریان ثانویه بر اساس جریان اولیه تعیین می گردد و جریان ثانویه تاثیری بر روی جریان اولیه ندارد.

ه: در ترانس های قدرت می توان ثانویه را مدار باز نمود ولی در ترانس های جریان به دلایلی که ذکر شد این کار مجاز نمی باشد.

انواع CT ها از نظر کاربرد یا استفاده :

هسته های حفاظتی: در این هسته ها طراحی و نیز موارد مورد استفاده در هسته به نحوی است که دقت عملکرد CT یا خطای نسبت تبدیل آن در چندین برابر جریان نامی قابل قبول باشد. این امر سبب می شود که رله های حفاظتی به درستی خطا را تشخیص داده و عملکرد مناسبی داشته باشند. لذا از کر های حفاظتی فقط و فقط باید برای وسایل حفاظتی استفاده شود. این هسته ها معمولا در مقادیر زیر جریان نامی دقت خوبی نداشته و نباید قرائت جریان از روی آنها صورت گیرد و برای کار در جریانهای های اتصال کوتاه مناسب می باشند.

هسته های اندازه گیری : قرائت جریان در این هسته ها از مقادیر صفر تا مقادیر جریان نامی مناسب و قابل قبول است .در این هسته ها با افزایش جریان از مقدار نامی درصد خطا به شدت افزایش یافته به نحوی که در حدود $2.1\ I2$ مقدار خطا به حدی می رسد که دیگر اندازه گیری قابل قبول نخواهد بود. بنابراین این هسته ها برای کار تا حد جریان نامی مناسب می باشند.

ضریب حد دقت یا کلاس دقت در کرهای حفاظتی:

وقتی که اتصال کوتاهی در شینه رخ می دهد جریان تا چندین برابر جریان نامی افزایش می یابد با افزایش جریان خطای نسبت تبدیل (و نیز خطی فاز) افزایش می یابد که مقدار این خطا را به صورت یک عدد بیان می کنند مثلا منظور از کلاس دقت 5 حفاظتی 20 این است که حد اکثر مقدار خطا در ۲۰ برابر جریان نامی ۵٪ خواهد بود. اگر جریان اتصال کوتاه از این بیشتر شود دیگر CT دقت مناسب رانداشته و هسته به اشباع

می رود. از آنجا که در لایه انتقال احتمال وقوع اتصال کوتاه های بسیار شدید با دامنه جریانی بیشتر از ۲۰ برابر جریان نامی ممکن است رخ دهد و همچنین نوع رله های حفاظتی و ساختار برقراری سیم حفاظتی ایجاب می کند از هسته هایی استفاده شود که در مقادیر بسیار بالا جریان نیز به اشباع نروند که در این *CT* ها هسته دارای یک گپ یا فاصله هوایی می باشد و معمولا با کلاس دقت *X ,Y,...* نامگذاری می گردند.

کلاس دقت در کرهای اندازه گیری:

از آنجا که این کر ها جهت اندازه گیری استفاده می شوند باید در مقادیر زیر جریان نامی دقت مناسبی داشته باشند بنابراین کلاس دقت آنها معمولا به صورت *0.5 FS* و یا *0.2 FS* و ... بیان می شود که منظور وجود حداکثر *5.0* ٪ خطا تا مقدار *1.2 I2* خواهد بود. حدود خطا در کلاس دقت *1.0* تا *1* در جدول زیر ارائه شده است

کلاس دقت	درصد خطای جریان به ازای درصدهای متفاوت از جریان نامی		
	از ۱۰تا۲۰ اما نه شامل ۲۰	از ۲۰تا۱۰۰ اما نه شامل ۱۰۰	از ۱۰۰تا۱۲۰
۰/۱	۰/۲۵	۰/۲	۰/۱
۰/۲	۰/۵	۰/۳۵	۰/۲
۰/۵	۱	۰/۷۵	۰/۵
۱	۲	۱/۵	۱

کاربرد	خطا		حدود ولتاژ ٪	برای بارهای ۱٪ از بار نامی	کلاس دقت
	نسبت تبدیل ٪	خطای فاز (دقیقه)			
آزمایشگاهها	۰/۱	۵	۸۰تا۱۲۰	۲۵تا۱۰۰	۰/۱
اندازه گیریهای دقیق	۱۰	۰/۲	۸۰تا۱۲۰	۲۵تا۱۰۰	۰/۲
اندازه گیریهای نرمال	۲۰	۰/۵	۸۰تا۱۲۰	۲۵تا۱۰۰	۱
اندازه گیری های صنعتی	۴۰	۱	۸۰تا۱۲۰	۲۵تا۱۰۰	۱
ابزار دقیق	–	۳	۸۰تا۱۲۰	۲۵تا۱۰۰	*3P*
حفاظت	۱۲۰	۳	۵تا	۲۵تا۱۰۰	*3P*
حفاظت	۲۴۰	۶	۵تا	۲۵تا۱۰۰	*6P*

انواع تست های CT در سایت:

- تست نسبت تبدیل:

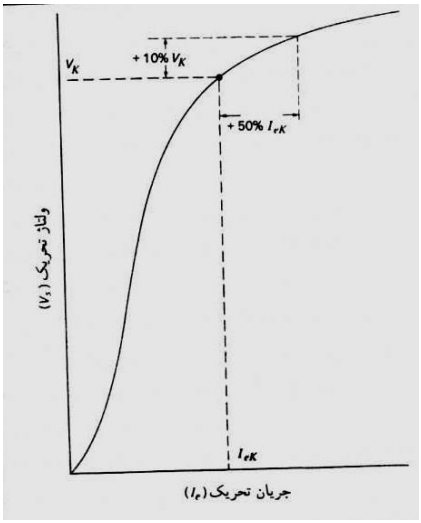
در این تست با تزریق جریان به اولیه و قرائت جریان در ثانویه و تقسیم آن بر هم نسبت تبدیل CT به دست می آید.

- تست میگر با استقامت عایقی :

در این تست سمت HV با ولتاژ $2.5\ Kv$ یا $5Kv$ و سمت LV با ولتاژ $500\ V$ برای مدت یک دقیقه تحت تست قرار میگیرند و مقدار نهایی (قرائت یک دقیقه) آنها ثبت می گردد.

- تست منحنی اشباع:

در این قسمت با تزریق ولتاژ به اولیه CT مقدار جریان ان را قرائت می کنند، مقدار ولتاژ را با افزایش پله ای ۱۰٪ نسبت به پله قبل افزایش می دهد. با افزایش ولتاژ ،جریان نیز افزایش می یابد. هرگاه با افزایش ۱۰٪ ولتاژ مقدار جریان ۵۰٪ افزایش یافت هسته به اشباع رفته است.



- تست بردن مدار:

با تزریق جریان نامی ثانویه CT به مدار متصل به ثانویه، مقدار ولتاژ را قرائت نموده و از ضرب جریان و در ولتاژ (VI) مقدار بردن مدار به دست می آید.

شاخص های مهم در انتخاب CT :

۱. ولتاژ نامی

۲.جریان نامی اولیه

۳. جریان نامی ثانویه

۴. تعداد کُر ها

۵. کلاس دقت هر کُر

۶.بردن هر کُر و هر نسبت تبدیل

نکات بهره برداری:

۱. لازم است که CT از لحاظ نشتی روغن هر روز چک گردد معمولا نشتی از شیشه های روغن نما یا باکس ترمینال ثانویه می باشد. در هر صورت نشتی از هر قسمت CT حائز اهمیت است.

۲. معمولا در CT دو شیشه نمایشگر روغن وجود دارد که شیشه بالایی باید خالی از روغن (در قسمت بالش هوا باشد) و شیشه پایینی پر از روغن باشد.

۳. عدم وجود شکستگی در بشقاب های مقره ایزولاتور

۴. اتصال سیم ارت باکس و نیز بدنه به استراکچر مورد بررسی و بازدید باشد.

۵. در باکس ترمینال فشار ضعیف CT ترمینالی باعنوان F وجود دارد که لازم است حتما ارت گردد چرا که توسط این ترمینال شارژهای اضافی و پراکنده موجود در هسته و سایر قسمتهای CT زمین و تخلیه می گردند.

۶. دقت گردد CT هایی که هنوز نصب نشده است باید به صورت ایستاده نگهداری گردند و از خوابانیدن آنها حتما جلوگیری به عمل آید.