

CURRENT TRANSFORMERS

محولات التيار

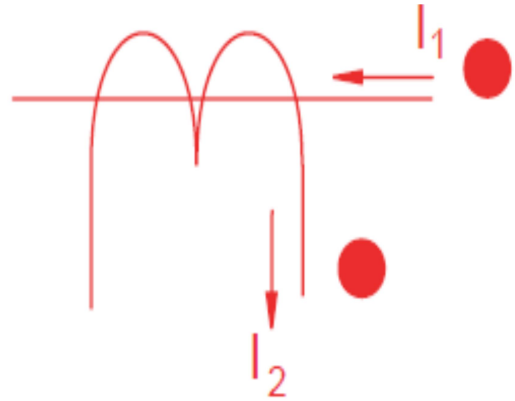
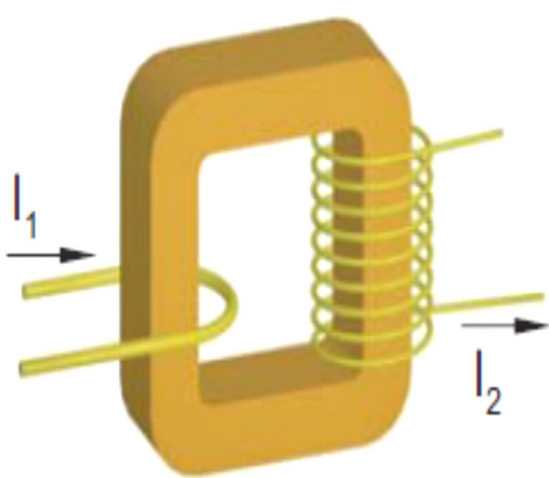
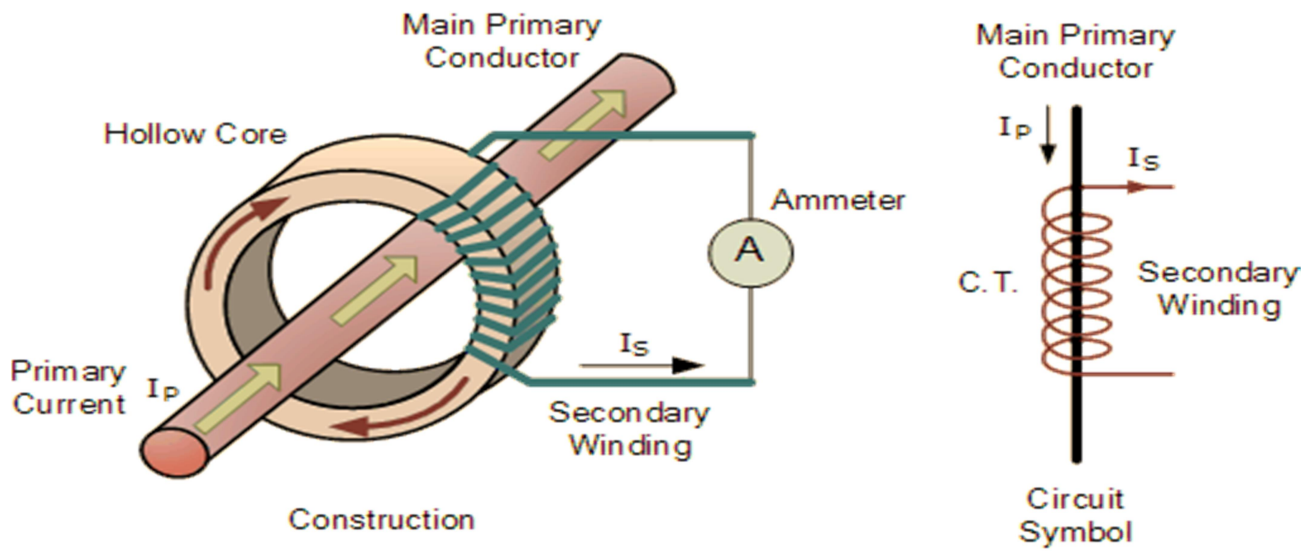


Current Transformers
for MV applications

ماهي ال (CT) CURRENT TRANSFORMER

محولة التيار هي عبارة عن جهاز يستخدم لقياس **شدة التيار المتردد** وظيفته محول التيار أن يغذى أجهزة القياس / الوقايه بتيار صغير تتناسب قيمته مع التيار الأصلي المار في الدائره وحسب نسبة تحويل معينه أي تمكنا من التعامل مع قيم التيار العاليه في منطقة الجهود العاليه .

يتكون محول التيار المتناوب من جانبين ابتدائي و ثانوي
الجانب الابتدائي : يتكون من عدد قليل من الحلقات يمر به **التيار المتردد** المرتفع القيمة.
الجانب الثانوي : يحتوي بالعادة على عدد كبير من اللفات (الحلقات) حول قلب حديد.

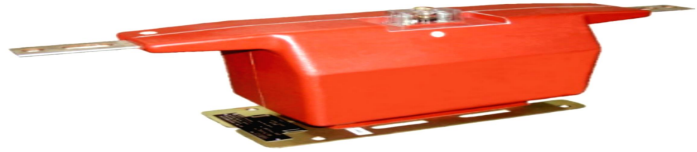


انواع محولات التيار

يوجد العديد من انواع محولات التيار تختلف حسب الموقع حسب الوظيفة وحسب الشكل والغرض من استخدامها وكما موضح ادناه بعض اشكالها.



Window-type



Wound



Bar-type



15kV Outdoor CT



15kV Indoor CT

Window or Bus Bar



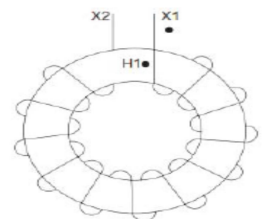
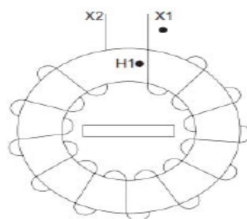
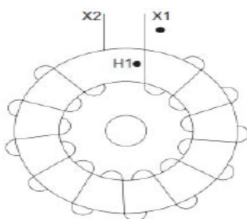
Window-type

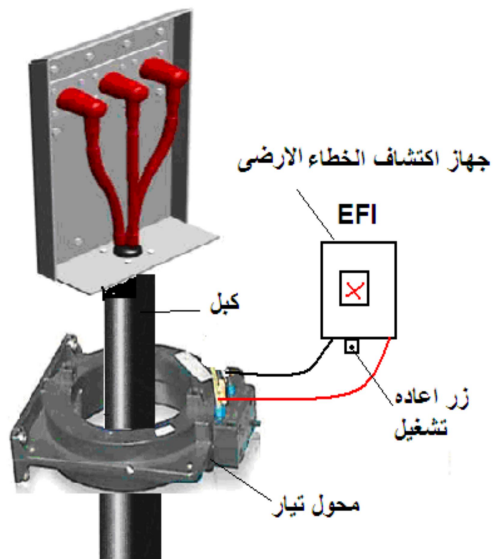


Bar-type

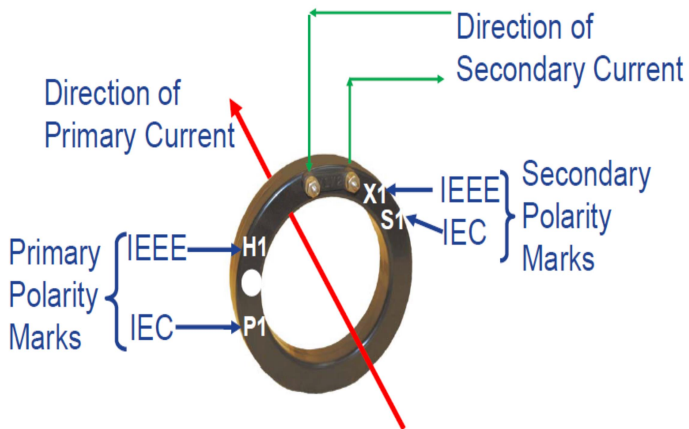


Wound

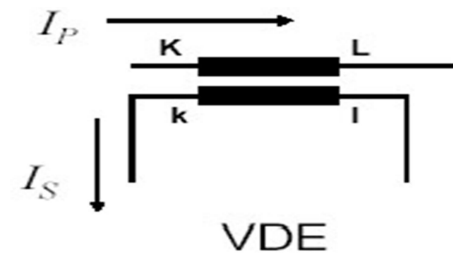
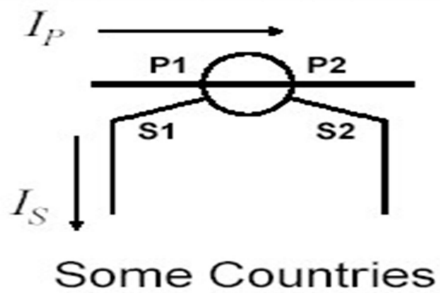
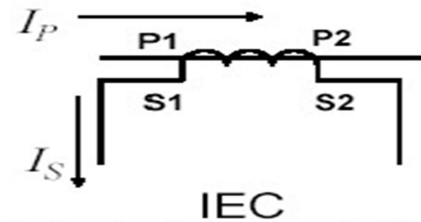
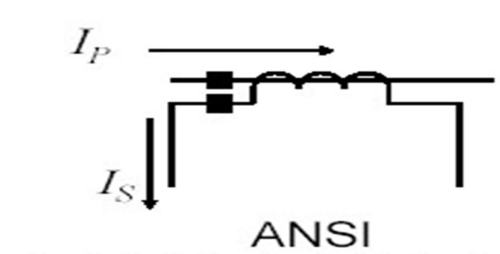
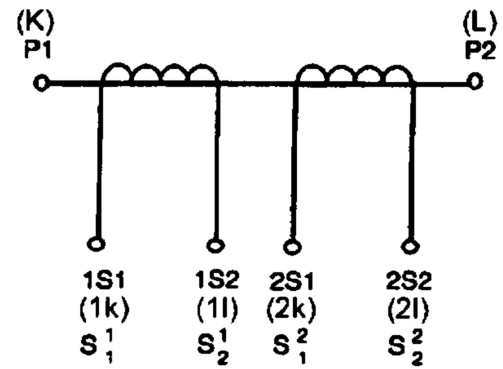
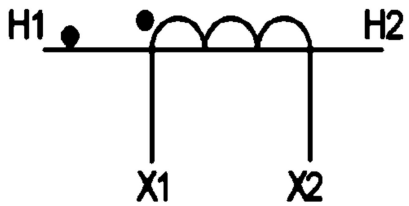


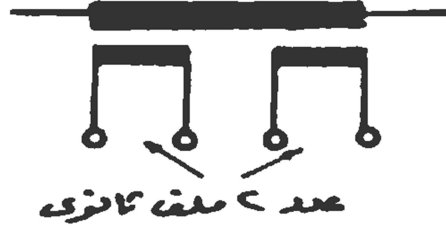
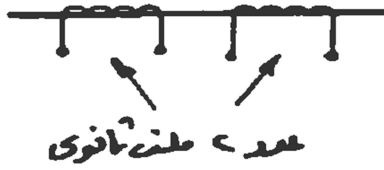
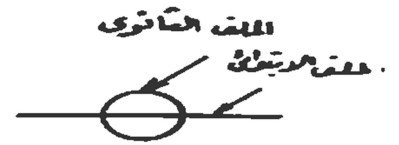
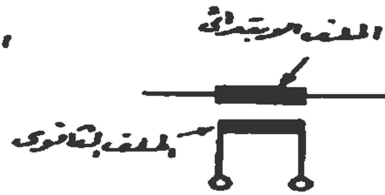
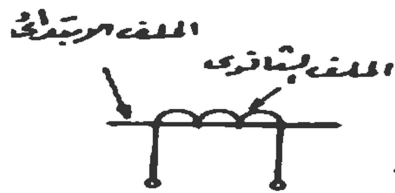


بعض الرموز لتمثيل محولات التيار

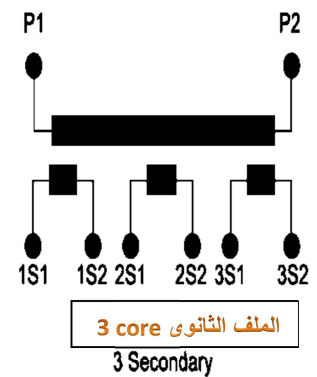
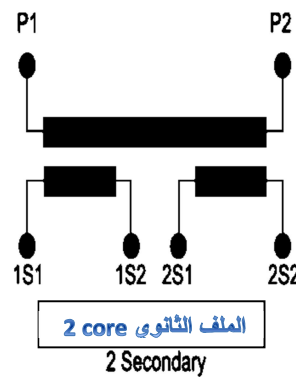
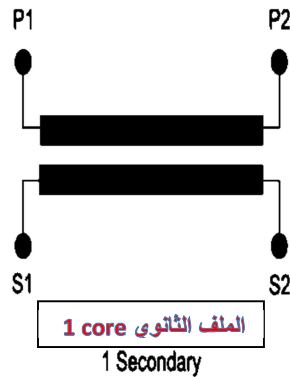


IEEE C57.13

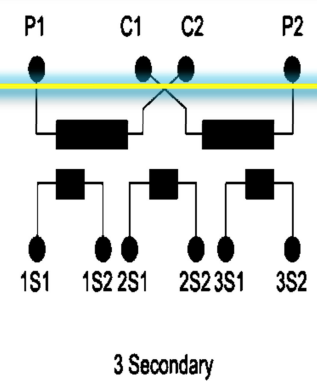
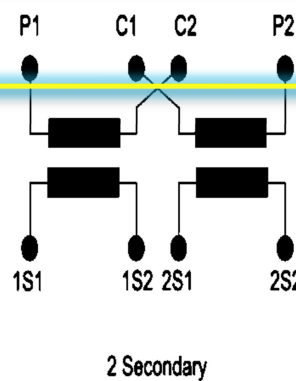
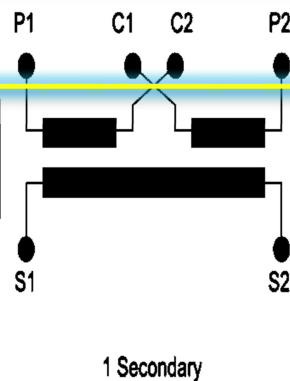




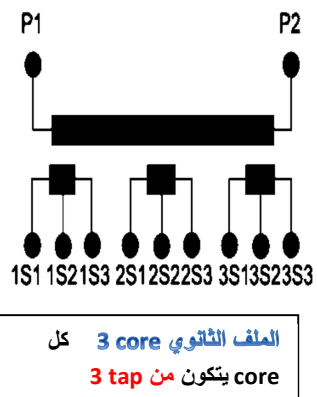
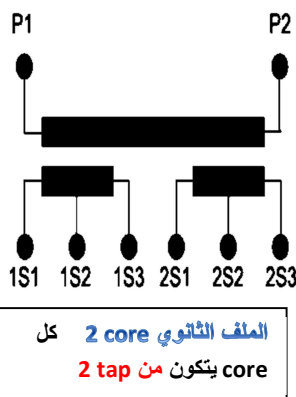
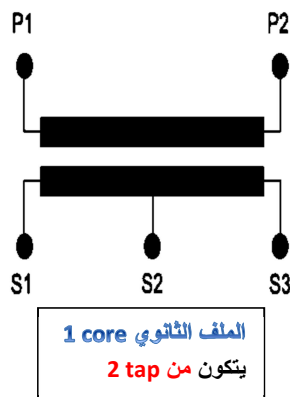
Single ratio



الملف الابتدائي 2 core يمكننا من التحكم بنسبة التحويل من خلال ربط الابتدائي

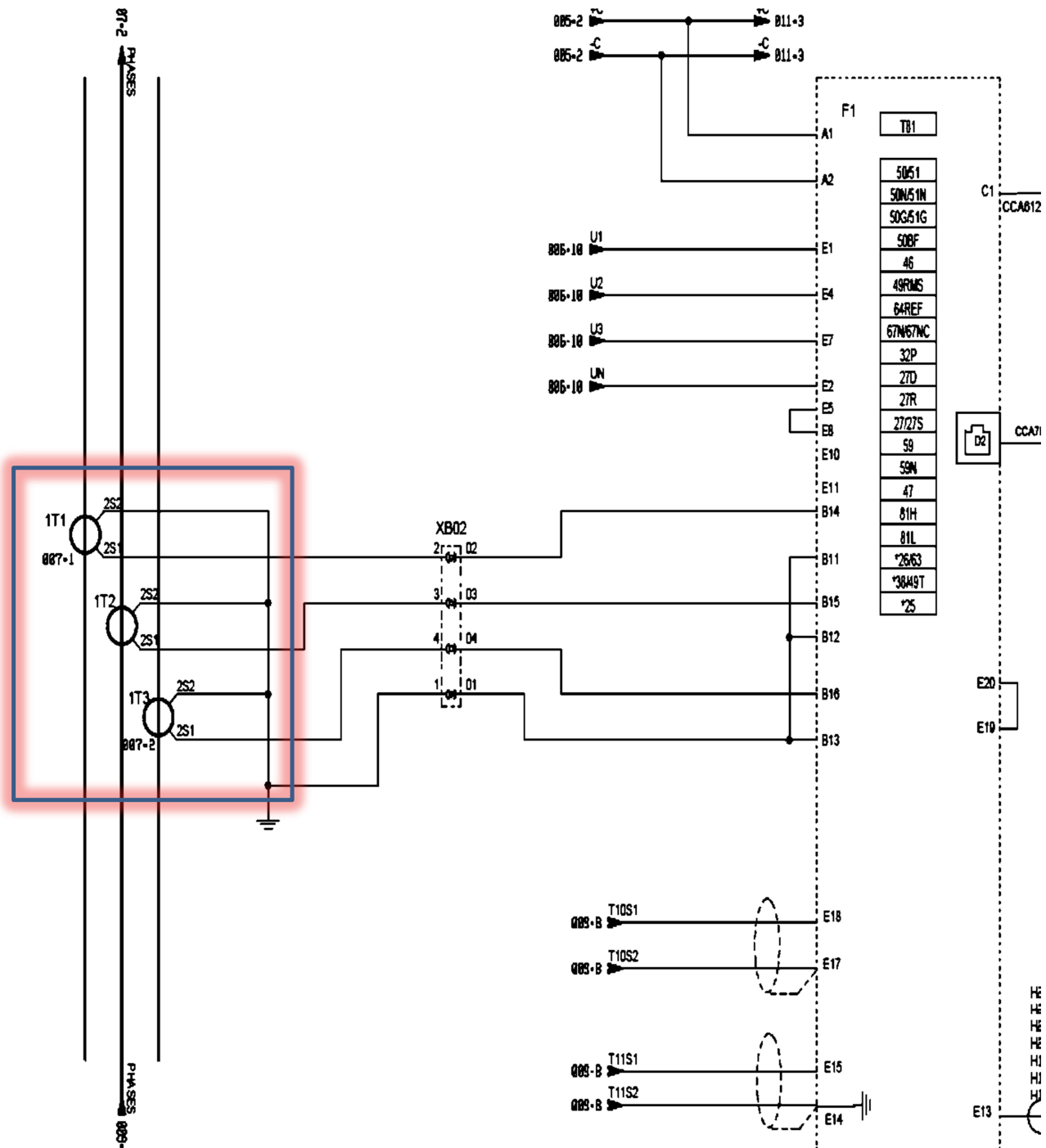


Double ratio with tap on the secondary winding

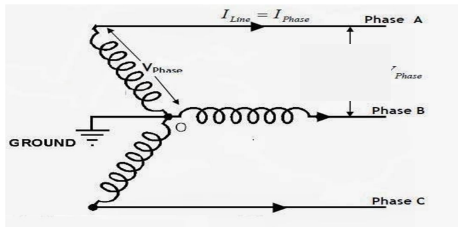
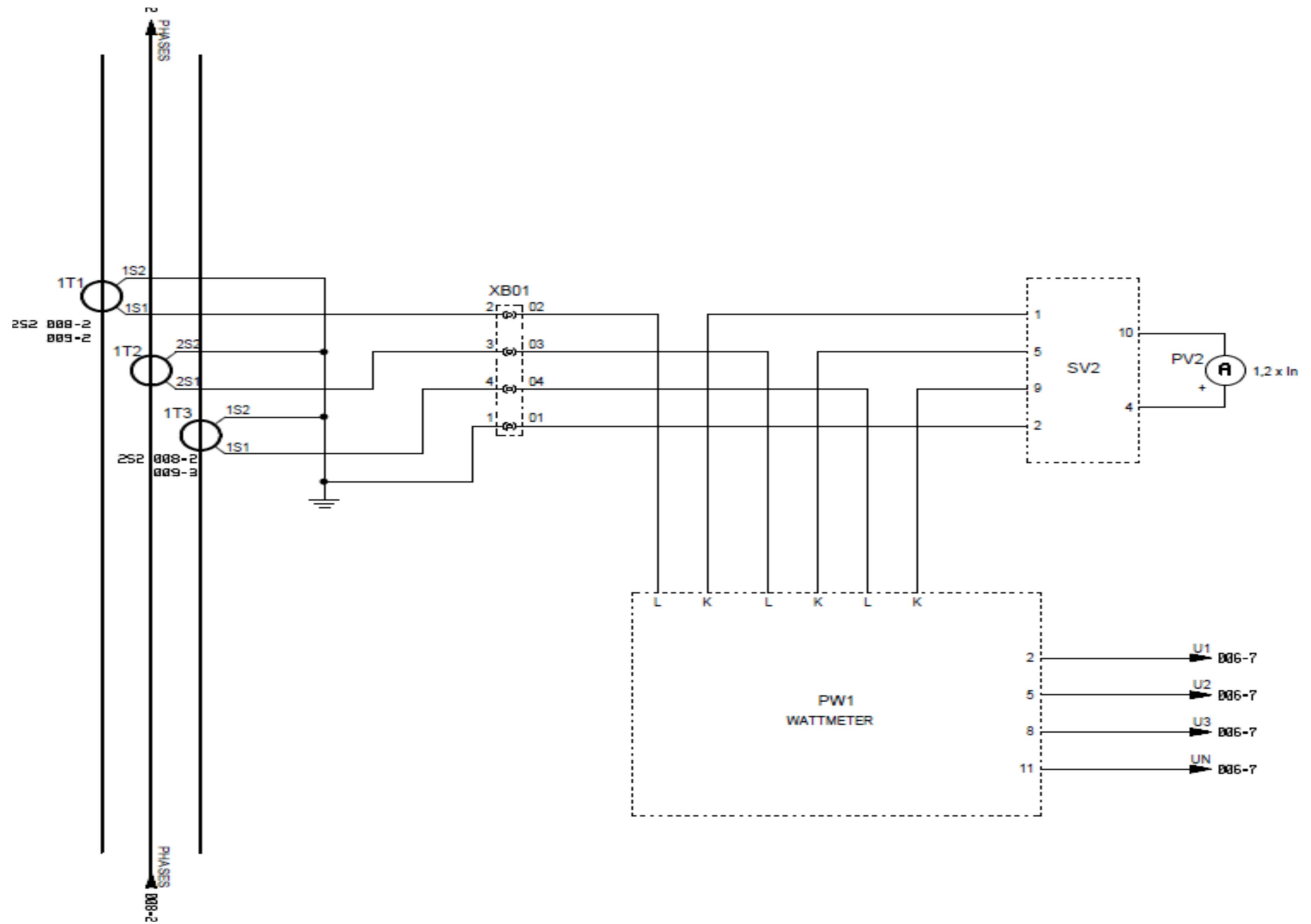


شكل محولات التيار في بعض المخططات

تغذية جهاز الحماية



تغذية اجهزة القياس



طريقة ربط اغلب محولات التيار لثلاث اطوار هي ستار

كيف ربط اكثر من جهاز حماية على نفس محولة التيار هي بالتوالي على ان لا تتجاوز العبء burden

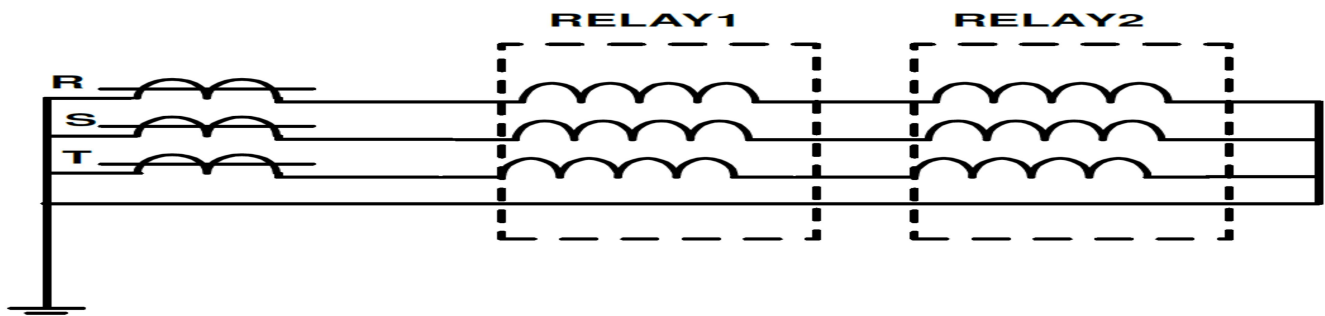
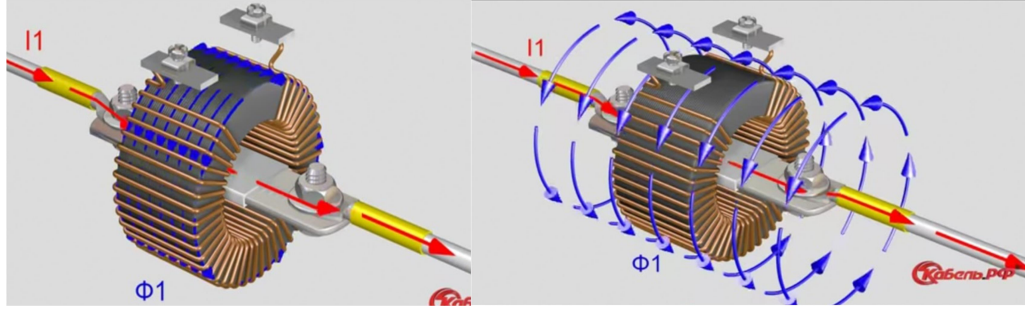
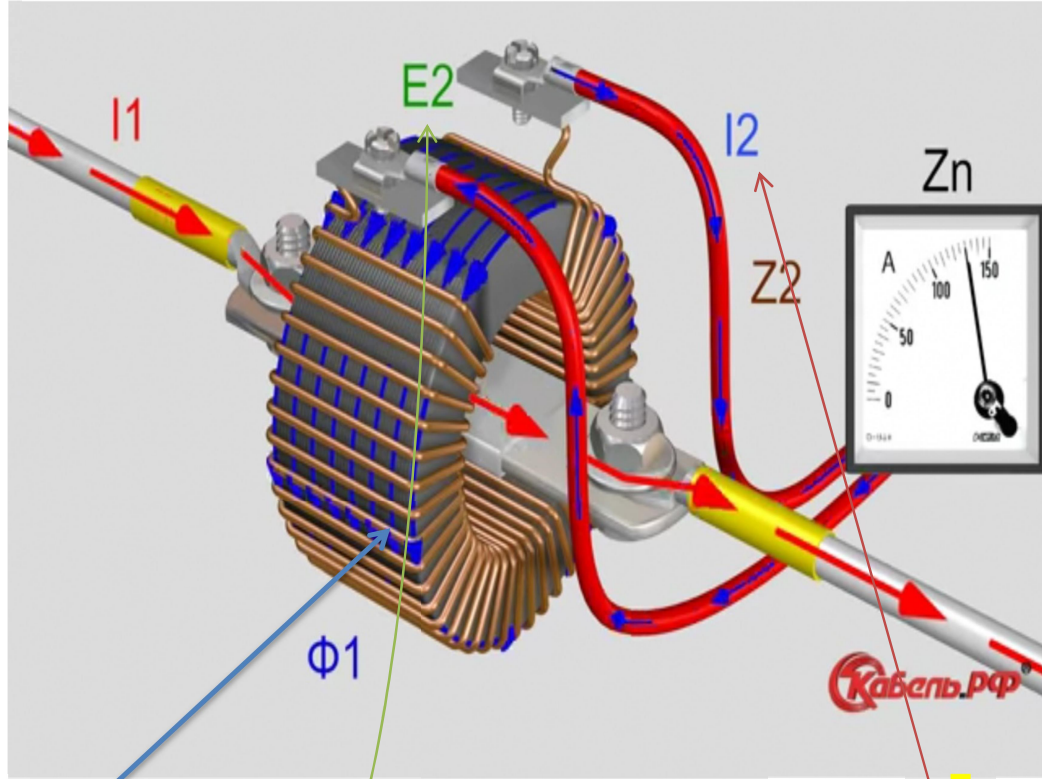


Figure 2: Two relays connected in series at the same core

النظرية الاساسية لمحولة التيار



١
عند مرور تيار
في الملف الابتدائي



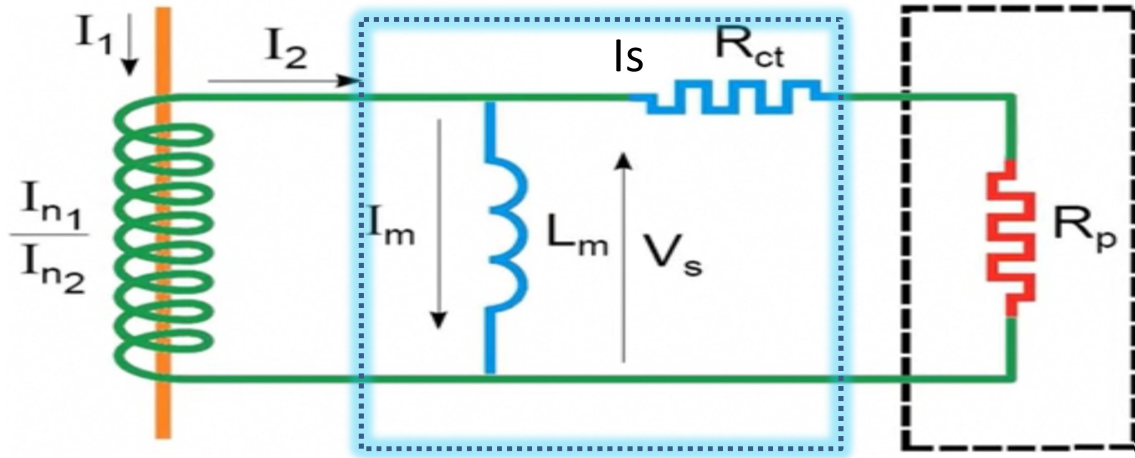
٢
ينشأ فيض مغناطيسي Φ في القلب الحديدي
ينتج عنها قوة دافعة كهربائية E.M.F أي
جهد E على طرفي الملف الثانوي يؤدي الى
مرور التيار

٣
وعند ربط جهاز قياس او
حماية على الملف الثانوي
سوف يمر تيار قيمته تعتمد
على نسبة التحويل

$$I_P = I_S \times \frac{N_S}{N_P} = I_S \times N$$

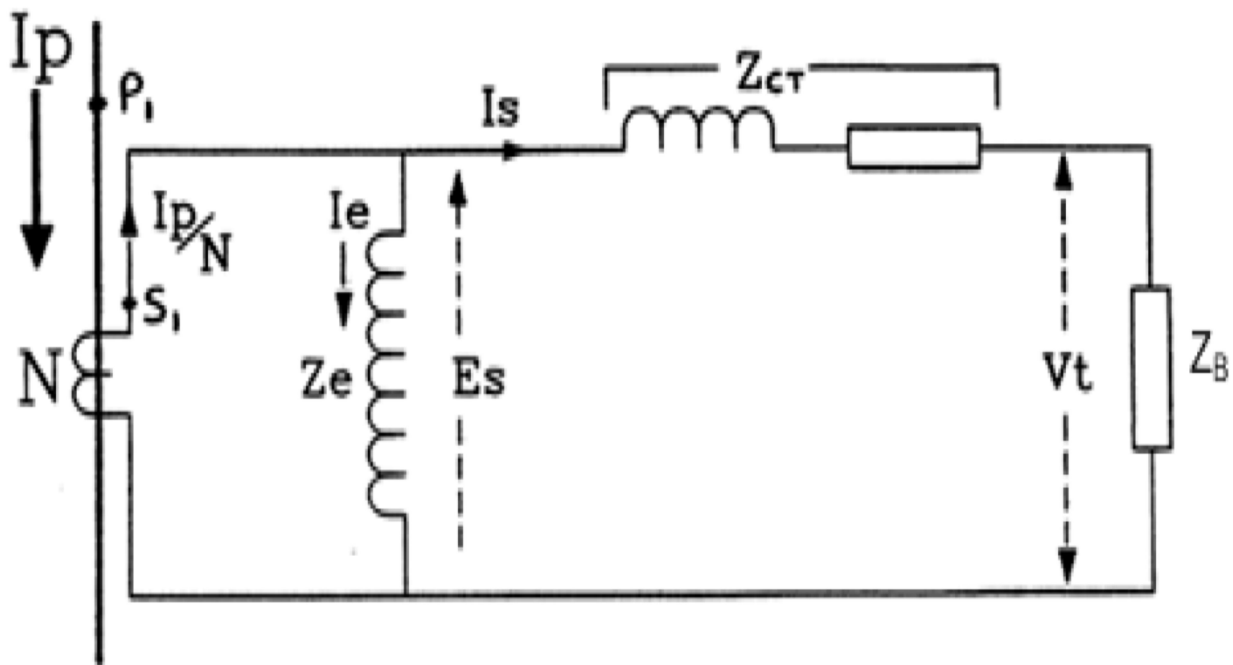
الدائرة المكافئة لمحولة التيار (المثالية)

تيار الملف الابتدائي



دائرة الحث المغناطيسي للملف الثانوي تيار الملف الثانوي I_2 ينقسم الى I_m , I_s

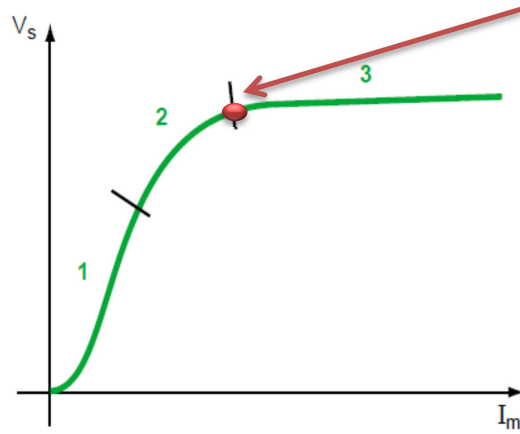
مقاومة اجهزة القياس او الحماية



المنحنى المغناطيسي لمحولة التيار

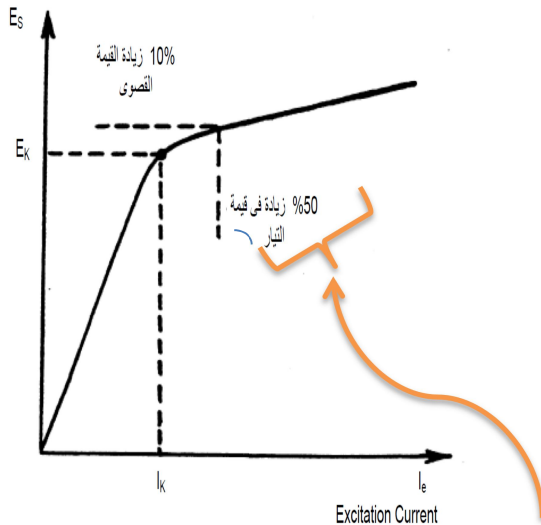
لكل محولة تيار **منحنى مغناطيسي** خاص به يوضح العلاقة بين فرق الجهد الذي ينشأ في الملف الثانوي والتيار المسبب للفيض (I_e or I_m) وهذا التيار يمثل جزء صغير من التيار المتولد في الجانب الثانوي، وهو يسحب داخل الممانعة الداخلية لمحول التيار Z_e التي تظهر ضمن الدائرة المكافئة لمحول التيار اما الجزء الاكبر من التيار يذهب لجهاز القياس او الحماية.

يوجد على منحنى المغناطيسية نقطة هامة تسمى **نقطة الانقلاب (knee point)** و **٥٠ %** وبمعنى آخر، هي النقطة التي يبدأ بعدها محول التيار في دخول مرحلة التشبع، وأغلب محولات التيار يجب أن تعمل في المنطقة الخطية قبل هذه النقطة حتي لا يحدث تشبع للمحول.



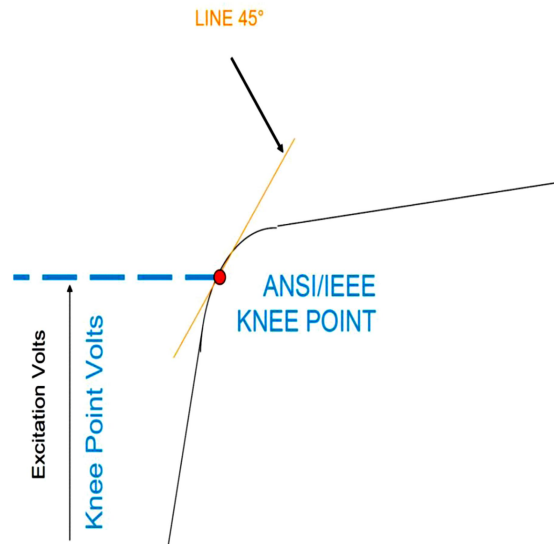
- 1 - Non-saturated zone
- 2 - Intermediate zone
- 3 - Saturated zone

نقطة الانقلاب (knee point)
هي النقطة التي يبدأ بعدها محول التيار في دخول مرحلة التشبع

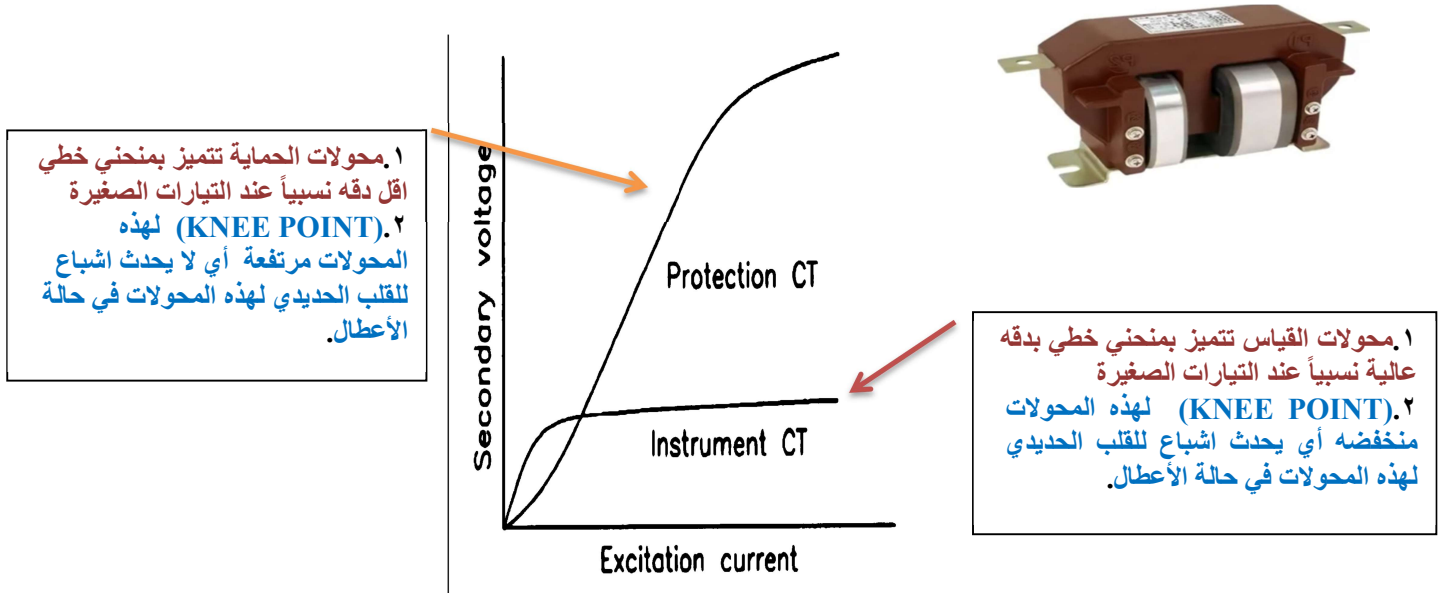


نقطة الانقلاب (knee point)
تعرف هذه النقطة طبقاً لل IEC بأنها النقطة التي تتسبب في زيادة قدرها ١٠ % في قيمة الجهد (E_s or V_s) نتيجة ارتفاع قيمة التيار I_e بمقدار 50%

اما تعريف knee point حسب IEEE/ANSI standards فهو مختلف عن IEC standards حيث يعرف نقطة الانحناء بأنها نقطة التقاء خط المماس بزاوية 45 مع منحنى المغناطيسية وفي الشكل نلاحظ ان نقطة الانحناء حسب IEC standards أعلى من النقطة المعرفة حسب IEEE standards



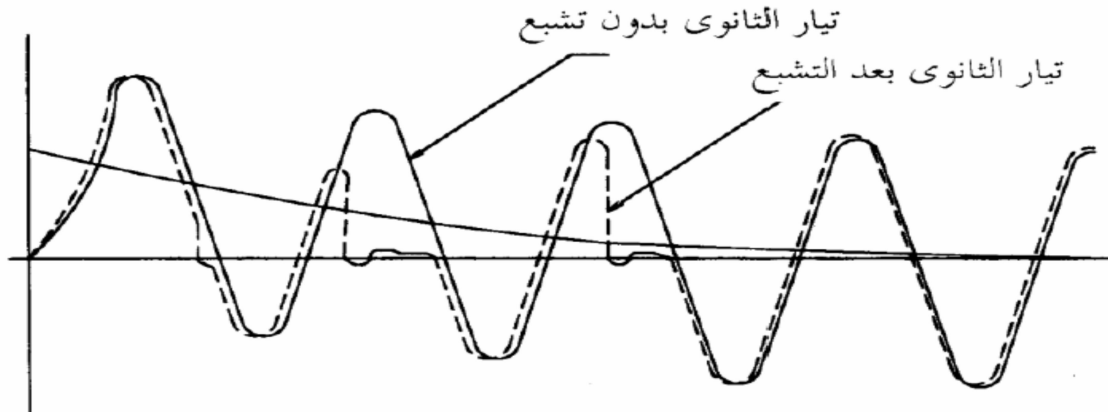
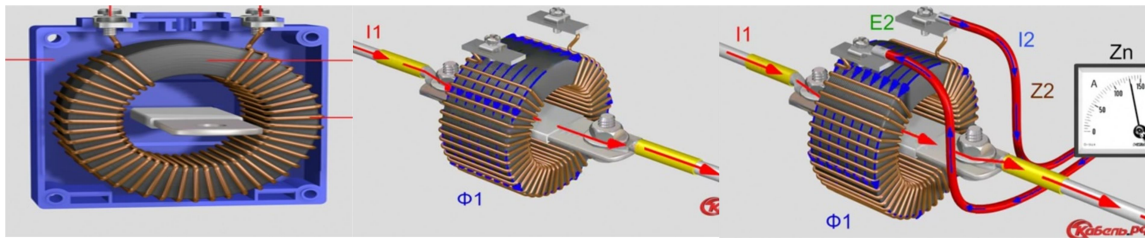
الفرق بين المنحنى المغناطيسي لمحولات التيار المستخدمة للقياس عن محول التيار المستخدمة للحماية



ماذا يعني التشبع saturation

معلوم أن التيار الكهربائي المتردد ينتج عنه فيض مغناطيسي متردد يتناسب طردياً معه , وبالتالي كلما زاد التيار زاد الفيض , ومشكلة التشبع تحدث مع الزيادة الكبيرة في قيمة التيار عند حدوث العطل حيث يتسبب ذلك في نشوء فيض عالي جداً لا يستطيع القلب الحديدي تحمله فيحدث له ما يسمى التشبع saturation

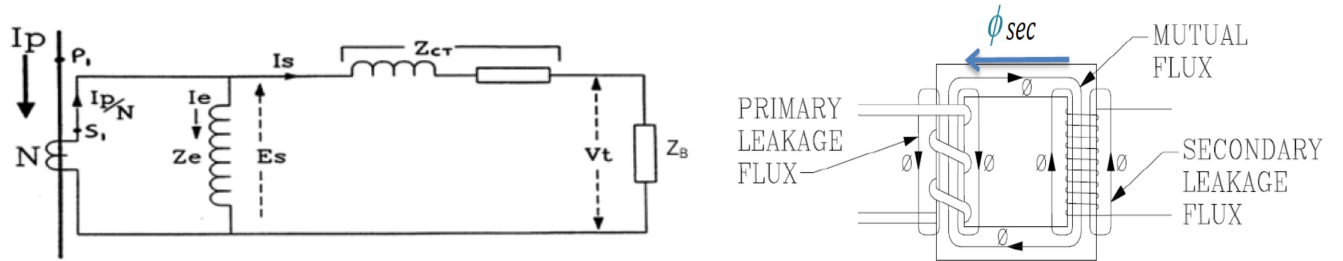
يتسبب تشبع القلب الحديدي في توقف زيادة الفيض العالي , وبالتالي تثبت قيمة الفيض على قيمه معينه ثابتة (حد التشبع) , وبالتالي لا ينشأ أي تيار في الملف الثانوي (يصل تقريباً إلى الصفر)



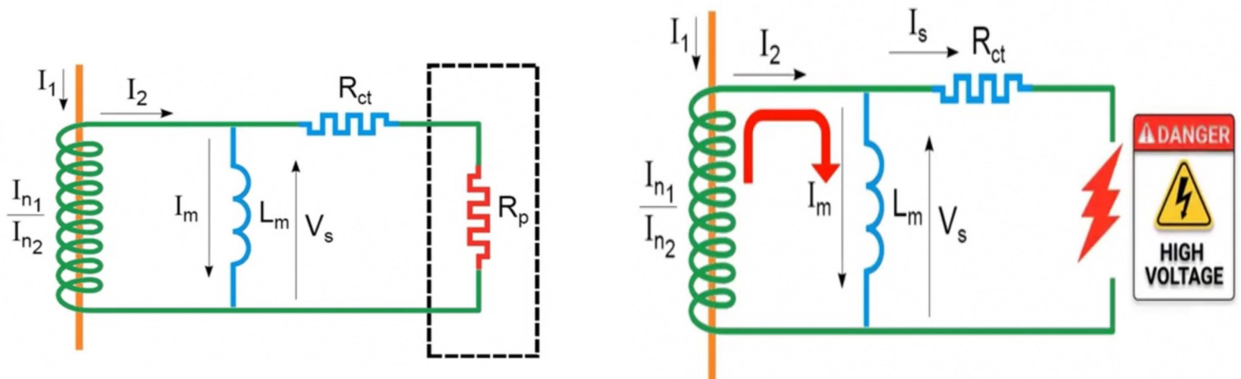
لماذا يجب قصر طرفي محول التيار عند عدم اتصالهم بحمل؟

معلوم من أساسيات عمل المحولات أنه عند توصيل مصدر كهربي على الجانب الابتدائي فإنه ينشأ قوة دافعة مغناطيسية mmf ، تقوم بدفع الفيض في القلب الحديدي ، ثم يقطع هذا الفيض ملفات الثانوي فينشأ فيه تيار الثانوي ، ثم يقوم تيار الثانوي بتوليد mmf جديدة و معاكسة لتلك الموجودة في الابتدائي .

الآن ، في حالة فتح دائرة الثانوي في محول التيار، فلن تنشأ أى mmf مضادة لتلك المتولدة في الابتدائي ، وبالتالي تكون كل mmf في الابتدائي مركزة على $core$ فقط ، ويظهر جهد عالى على أطراف المحول بسبب مرور كل تيار الابتدائي في Shunt $Impedance, Z_e$ التي ظهرت في شكل  ، وهذا الجهد العالى يمثل خطورة ليس فقط على المحول وإنما على الأشخاص المتعاملين مع هذه المحولات في حالة صيانتها مثلاً . والذين تعرضوا بالفعل لهذا الموقف احترقت أيديهم تماماً كما لو أنهم أمسكوا بنار مشتعلة.



شكل 7-2 المكافئة لمحول التيار



مواصفات محول التيار

Network voltage characteristics
 Rated insulation voltage: 17.5 kV
 Power frequency withstand voltage: 38 kV 1 mn 50Hz
 Impulse withstand voltage: 95 kV peak

CT serial number
with year of
manufacture

Network
current
characteristic
 I_{th} : 25 kA/1 s
 I_{dyn} : 62.5 kA peak

Ratio

1 primary circuit
1 secondary circuit 1S1 - 1S2
1 secondary circuit 2S1 - 2S2

CT type

Applicable
CT standard

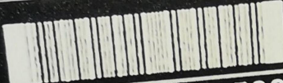
Safety
factor (SF)

Accuracy limit
factor (ALF)

Accuracy
power

Accuracy
class

Schneider			
Electric		N° 1090387	
TRANSFORMATEUR DE COURANT / CURRENT TRANSFORMER			
ARJP3/N2 J		7.2/20/60 kV	50 Hz
I_{th} 31.5 kA	1.0 s	I_{din} 79 kA	
RAPPORT RATIO	A A	BORNES TERMINALS	VA
			CLASSE CLASS
			Fs / FI
1000/1	1S1-1S2	15	0.2 5
FOR 1S1-1S2 RCT<4.3Ω			
1000/1	2S1-2S2	15	5P 10
FOR 2S1-2S2 RCT<6.5Ω			
NORMES STANDARDS IEC60044-1			Ext 120 %

Schneider Electric				N° 1093002	
TRANSFORMATEUR DE COURANT / CURRENT TRANSFORMER					
TCF4F/N2		36/70/170 W		50	Hz
In 25.0		IA 1.0 s		Idin 63 IA	
RAPPORT RATIO		BORNES TERMINALS		VA	CLASSE CLASS
300/1		1S1-1S3		30	0.2
FOR 1S1-1S3 RCT<3.6Ω					
150/1		1S1-1S2		15	0.2
FOR 1S1-1S2 RCT<1.8Ω					
300/1		2S1-2S3		20	5P
FOR 2S1-2S3 RCT<4.4Ω					
150/1		2S1-2S2		10	5P
FOR 2S1-2S2 RCT<2.2Ω					
NORMES STANDARDS IEC60044-1				Ext 120 %	
Schneider Electric					

مواصفات محولة تيار من شركة شneider

Upr= 7.2kv rated primary voltage

فولتية العمل من جهة الابتدائي وهي دائما اعلى من الجهد الطبيعي للعمل ولتوحيد المواصفات بين المصنعين يتم التصنيع حسب الجدول ادناه

Ud = 20kv rated power frequency withstand voltage

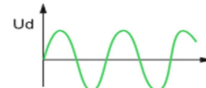
اعلى جهد عزل تتحمله المحولة عند تردد 50Hz واحدة يتم التصنيع حسب الجدول ادناه

Up = 60kv impulse withstand voltage

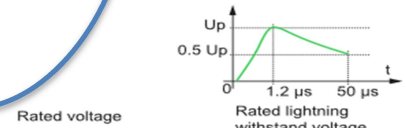
اعلى جهد عزل تتحمله المحولة عند الصواعق أي اعلى جهد لحظي يتم التصنيع حسب الجدول ادناه

U	33	5	5.5	6	6.6	10	11	13.8	15	20	22	30	33
Upr					7.2kV								
						12kV							
							17.5kV						
								24kV					
									36kV				

IEC standardised voltages



Rated power frequency withstand voltage 50 Hz 1 mn



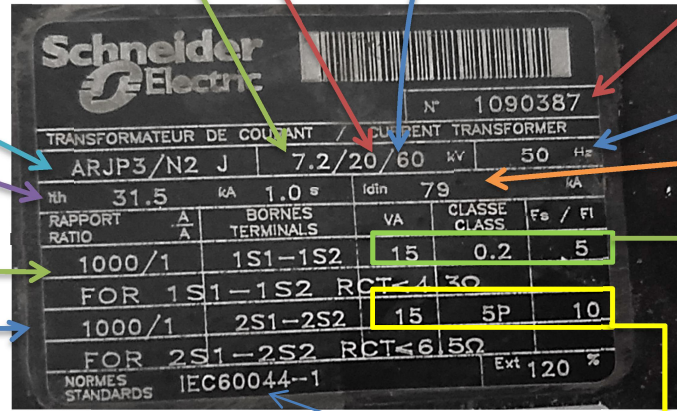
Rated voltage

Ud	Ur	Up
20	7.2	60
28	12	75
38	17.5	95
50	24	125
70	36	170

رمز المنتج

Rated short-time thermal current (Ith): 31.5 KA 1 S

اعلى تيار عطل تتحمله المحولة لمدة ثانية واحد ولا تتأثر بالحرارة الناتجة عنه لكي نتمكن من اختيار قيمة قياسية لهذا التيار يمكن الاستفادة من ملاحظة شركة شneider ادناه



الرقم التسلسلي للمنتج

التردد

Rated dynamic current (Idyn): 79 KA

اعظم قيمة لتيار العطل الذي تتحمله المحولة دون حدوث تلف كهربائي و ميكانيكي بسبب القوى الكهرومغناطيسية الناتجة

نسبة التحويل 1000/1
IS1 - IS2 الملف الثانوي لدائرة الحماية
RCT ≤ 6.5Ω

رقم المواصفات القياسية

15 VA CLASS 5P ALF 10

15 VA CLASS 0.2 FS 5

نسبة التحويل 1000/1
IS1 - IS2 الملف الثانوي لدائرة القياس
RCT ≤ 4.3Ω

Order of magnitude	Manufacture
Ksi	
Ksi < 100	Standard
100 < Ksi < 300	Sometimes difficult for certain secondary characteristics
300 < Ksi < 400	Difficult
400 < Ksi < 500	Limited to certain secondary characteristics
K > 500 V	Very often impossible

Accuracy class

- Metering: class 0.1 - 0.5
- Switchboard metering: class 0.5 - 1
- Overcurrent protection: class 5P
- Differential protection: class PX
- Zero-sequence protection: class 5P

Application	Class
Laboratory measurement	0.1-0.2
Industrial metering	0.5-1
Billing metering	0.5
Switchboard indicators	0.5-1

ACCURACY POWER (VA) معدل القدرة لمحولة التيار ويعطى بدلالة الفولتية والتيار ومنها يمكن معرفة اقصى عبء BURDEN يمكن توصيله على المحولة لأجهزة القياس او الحماية .

ACCURACY CLASS (CLASS 5P , CLASS 0.2) دقة القياس وتحدد نسبة الخطا في القراءة لأجهزة القياس او الحماية وهذه بعض الارقام والرمز الذي يحدد نوع المحول

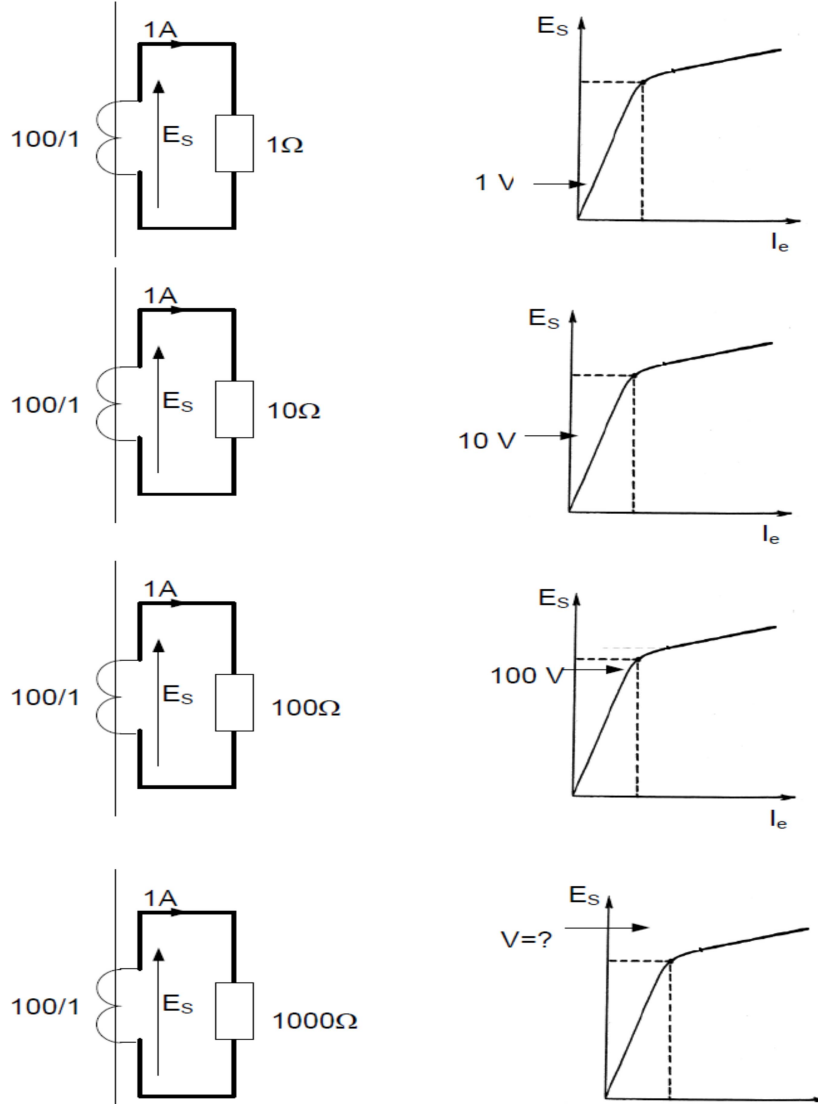
FS 5 SAFTY FACTOR وهو معامل الحماية لأجهزة القياس ويحدد قيمة التيار عند تيارات العطل الكبيرة بإيصال المحولة لحالة التشبع وبهذا يحمي اجهزة القياس الدقيقة

Accuracy Limit Factor ALF10 معامل يبين عدد مضاعفات التيار التي يمكن للمحولة يوفرها اثناء العطل مع المحافظة على الدقة أي اقصى تيار يمر بالملف الابتدائي دون الوصول الى حالة التشبع ويساوي هذا الرقم في تيار الثانوي 10 * 1000 في المحول اعلاه

ما هو مصطلح BURDEN ؟

BURDEN وهي مصطلح يعبر عن حمل دوائر القياس والوقاية الموصلة على الملف الثانوي لمحولة التيار. و تقاس ال **BURDEN** بال **Ampere Volt** وليس بالأوم ولكنهما متكافئان ويمكن استنتاج أحدهما بدلالة الآخر فعلى سبيل المثال محول تيار يتحمل **BURDEN 12.5VA** وتياره الطبيعي في الملف الثانوي **5A** فبإمكانه توصيل **BURDEN** مقاومته $(R = S/I^2)$ **0.5Ω** $12.5/25=0.5Ω$.

وكلما كان جهاز الوقاية يمثل **burden low** على محول التيار كلما كان ذلك أفضل لأننا لن نحتاج في هذه الحالة إلى محول ذي قدره عالية . وهذه إحدى الميزات العديدة لأجهزة الوقاية الرقمية لأنها تمثل **Burden Low** مقارنة بأنواع الأجهزة التقليدية (Electromagnetic or static relays). ويوضح الشكل التالي قيمة مقاومة جهاز الوقاية / القياس على احتمالية تشبع محول التيار , فكلما زادت مقاومة الجهاز , كلما زاد الجهد بين أطرافه , كلما اقترب من نقطة الانقلاب وهذا يعني أن محول التيار على وشك أن يتشبع



ما هي الاختبارات المطلوبة لمحولات التيار قبل البدء في إدخالها في الخدمة ؟

١ - إختبار نسبة التحويل TURN ratio.

٢ . إختبار القطبية Polarity test

٣ - إختبار التشبع Saturation test .

٤ - قياس المقاومة الداخلية للملف الثانوي.

٥ - إختبار العزل .

ان اجهزة الفحص الحديثة سهلت عملية الفحص بشكل كبير ومنها

جهاز CT ANALYZER - من شركة omicron

1- فحص مقاومة الملف الثانوي Rct

2- فحص ورسم منحنى المغناطيسية Excitation curve

3- فحص نسبة التحويل Turns ratio

4- فحص القطبية Polarity test

وجهاز MVCT من شركة MEGGER



هذه الاجهزة وغيرها اعطت نتائج اكثر دقة وهي اكثر امان من طرق
الفحص السابقة التي بعضها عند الخطأ يودي الى تلف بعض المعدات
سوف يتم تناول موضوع فحص المعدات ومنها محولات التيار لاحقا ان
شاء الله