Namatek
True Education

Voltage transforme

www.namatek.com

ترانس ولتاژ

فهرست مطالب

1. ترانس ولتاژ چیست؟
2. ترانس ولتاژ در تابلو فشار متوسط
3. مشخصات ترانس ولتاژ
4. ساخت ترانس ولتاژ
5. نحوه اتصال ترانس به مدار قدرت
6. انواع ترانس ولتاژ
7. خطاهای نسبت تبدیل و زاویه فاز
8. نمودار فازوری
9. کاربردهای ترانسفورمر
10. مدار معادل ترانس
11. مقایسه با ترانس جریان

www.namatek.com

ترانس ولتاژ نقش تغذیه و یا اندازه گیری و نظارت را در تابلوهای فشار متوسط بر عهده دارد .در طراحی تابلوها به منظور کنترل و نظارت بر عملکرد شبکه و رله های حفاظتی استفاده از ترانس ولتاژ الزامی است.

در ادامه با این تجهیز و نحوه جانمایی آن در تابلو فشار متوسط، مشخصات، ساخت، نحوه اتصال، انواع، خطاها، نمودار فازور، کاربردها، مدار معادل و در نهایت مقایسه با ترانس جریان آشنا خواهیم شد.

#1 ترانس ولتاژ چیست؟

ترانسفورماتور ولتاژ، ترانس ولتاژ، VT یا PT همگی بیانگر تجهیزی هستند که وظیفه انتقال ولتاژ از سمت اولیه به ثانویه را دارد.

به طور کلی ترانس های ولتاژ، ترانس هایی با توان اندک هستند که در شرایط معمول بهره برداری جریان ثانویه متناسب با ولتاژ اولیه است.

اختلاف فاز بین اولیه و ثانویه در جهت مناسب اتصالات تقریبا برابر صفر است. انتقال ولتاژ می تواند به منظور اندازه گیری (ولت متر، وات متر و وات - ساعت متر) یا تغذیه باشد.

در صورت نیاز به نصب ترانس ولتاژ در تابلو فشار متوسط به صورت ثابت و یا کشویی نصب می شود. چون ولتاژ فیدرهای خروجی با ولتاژ باسبار برابر است در بسیاری موارد، این تجهیز فقط در یک سلول تعبیه می شود.

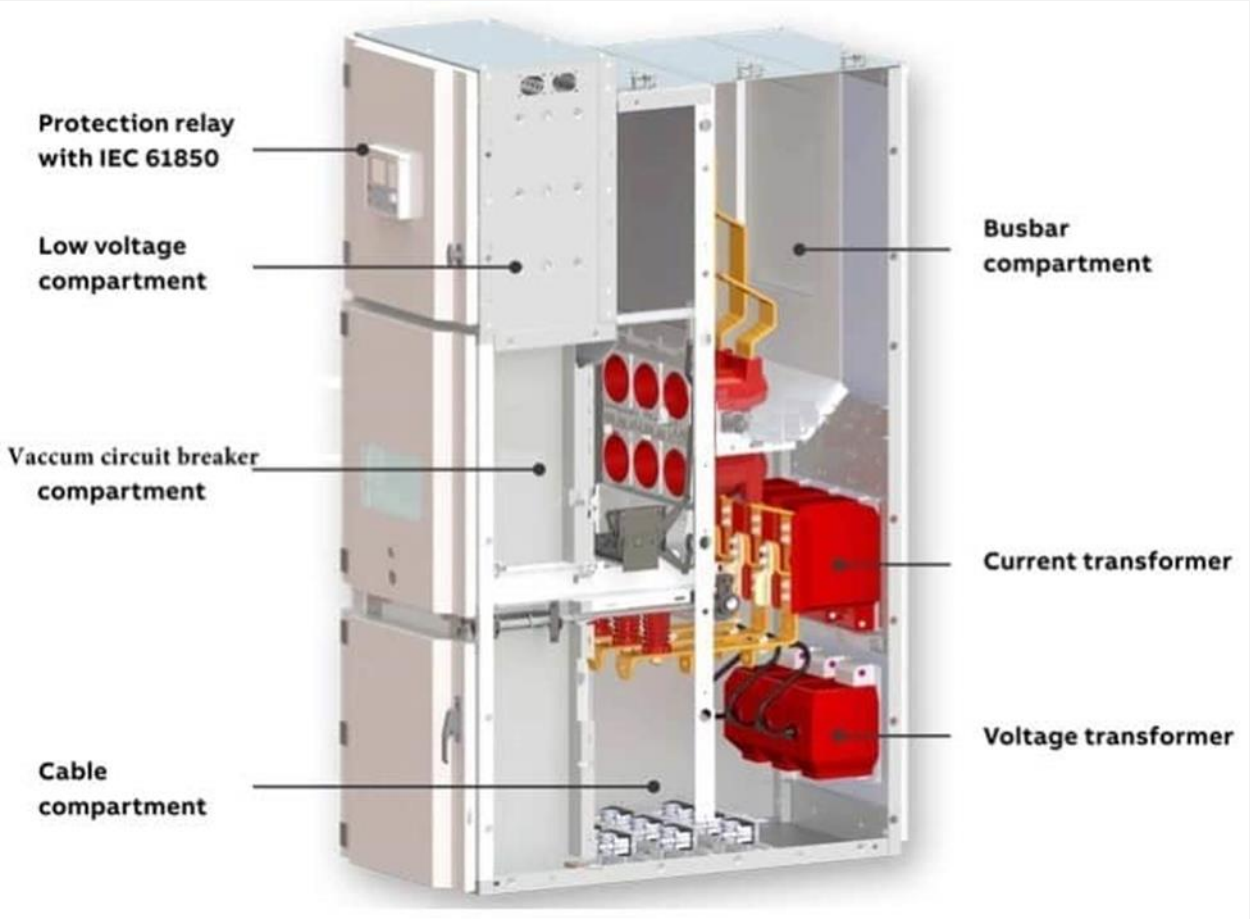
در صورت انتخاب نوع کشویی می توان حین برق دار بودن تابلو، تعویض فیوز ترانس و یا سایر عملیات تعمیر و نگهداری را انجام داد.

کلیه ترانس های اندازه گیری باید مطابق استاندارد IEC-61869-1 طراحی، ساخته و به کار گرفته شوند اما استانداردهای مختص ترانس های ولتاژ در استاندارد IEC-61869-3 موجود است.

طبق استاندارد، مقادیر نامی توان خروجی برای ترانس ولتاژ القایی 10، 25، 50 و 100 VA (ولت آمپر) است. کلاس های دقت نیز به صورت 0.1، 0.2، 0.5، 1 و 3 است. بدیهی است بالاترین دقت مربوط به کلاس های 0.1 و 0.2 است.

2# ترانس ولتاژ در تابلو فشار متوسط

به طور کلی یک تابلو فشار متوسط شامل خانه های زیر است:



1. خانه تجهیز کلیدزنی
2. خانه باسبار
3. خانه اتصالات
4. خانه فشار ضعیف
5. خانه ترانس ولتاژ
6. خانه ترانس جریان

ترانس ولتاژ در خانه ترانس ولتاژ در تابلو برق فشار متوسط قرار می گیرد.

در ادامه با آن بیشتر آشنا خواهیم شد.

#3 مشخصات ترانس ولتاژ

#3-1 مقادیر نامی ولتاژ سیم پیچ اولیه و ثانویه

مقدار ولتاژ نامی سیم پیچ اولیه ترانس تک فاز و سه فاز همان ولتاژ بهره برداری شبکه ای است که VT به آن متصل است. اگر VT تک پل باشد بین فاز و زمین بسته می شود و در صورتی که دوبل باشد بین فاز و فاز بسته می شوند.

اتصال PT ها در شبکه های توزیع معمولا به صورت فاز به فاز (دوپل) و در پست های فشار قوی به صورت فاز به زمین (تک پل) است. اگر VT بین دو فاز شبکه بسته شده باشد، ولتاژ اولیه همان ولتاژ فاز به فاز شبکه خواهد بود. اگر اتصال VT بین فاز و زمین باشد ولتاژ اولیه آن تقسیم ولتاژ شبکه بر رادیکال 3 خواهد بود.

طبق استاندارد، مقدار ولتاژ نامی ترانس های تک فاز و سه فاز، 100 و 110 ولت است. در شبکه های توزیع معمولا از ترانس 100 و در پست های فشار قوی معمولا از ترانس 110 ولت استفاده می کنند.

#3-2 شمای داخلی PT

شامل یک هسته مغناطیسی و دو سیم پیچ است. یک سیم پیچ (سیم پیچ اولیه) به خط وصل می شود و طبق قانون القای فارادی، در هسته مغناطیسی شار پیوندی ایجاد می شود.

شار پیوندی در هسته گردش می کند و چون سیم پیچ دیگر (سیم پیچ ثانویه) را قطع می کند، در آن متناسب با تعداد دور سیم پیچ و تغییرات شار در واحد زمان، ولتاژ القا می شود.

این ولتاژ به عنوان خروجی ترانس ولتاژ به رله، ولت متر و یا مرکز اندازه گیری فرستاده می شود.

#3-3 توان خروجی

توان خروجی، کل بار ولتاژ آمپر خارجی در ثانویه در ولتاژ ثانویه نامی است. بار نامی یک PT یک بار VA است که اگر ترانس با دقت نامی خود کار کند، نباید از آن عبور کند. بار نامی بر روی پلاک مشخص شده است.

بار محدود کننده یا بار ماکزیمم، بیشترین بار VA است که در آن ترانس ولتاژ بدون گرم شدن بیش از حد سیم پیچ هایش به طور مداوم کار خواهد کرد. این بار چندین برابر بار نامی است.

#4 ساخت ترانس ولتاژ

ترانس ولتاژ با هسته با کیفیت بالا که در چگالی شار کم کار می کند، ساخته می شود. به همین دلیل جریان مغناطیسی کوچک است.

ترمینال ترانس باید به نحوی طراحی شود که نرخ تغییرات ولتاژ نسبت به بار حداقل باشد و تغییر فاز بین ولتاژ ورودی و خروجی نیز نزدیک به صفر باشد.

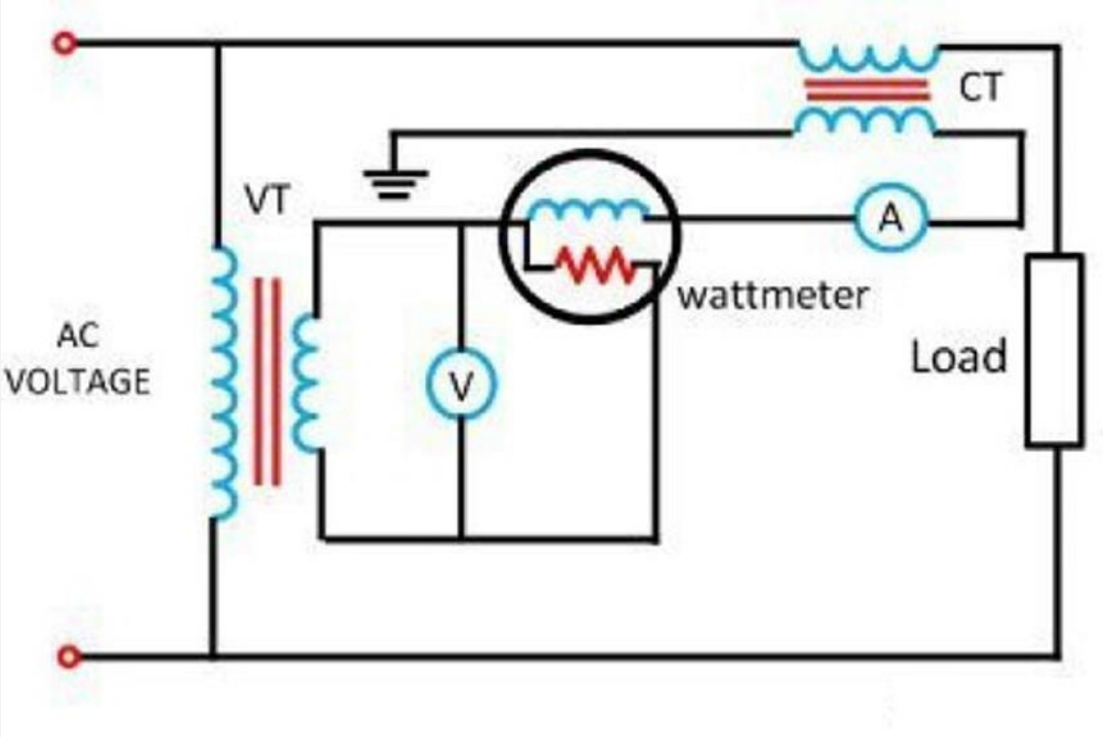
تعداد دور برای سیم پیچ اولیه زیاد و برای سیم پیچ ثانویه بسیار کم است. برای کاهش راکتانس نشتی از سیم پیچ هم محور (کواکسیال) استفاده می شود. همچنین با تقسیم سیم پیچ اولیه به مقاطعی که باعث کاهش عایق بین لایه ها می شود، هزینه عایق کردن نیز کاهش می یابد.

#5 نحوه اتصال ترانس به مدار قدرت

ترانس ولتاژ به طور موازی به مدار متصل می شود. سیم پیچ های اولیه ترانس ولتاژ مستقیماً به مدار قدرت (که ولتاژ آن باید اندازه گیری شود) متصل می شوند.

ترمینال های ثانویه ترانس ولتاژ به دستگاه اندازه گیری مانند ولت متر، وات متر و غیره متصل می شوند.

سیم پیچ های ثانویه به طور مغناطیسی از طریق مدار مغناطیسی سیم پیچ های اولیه جفت (کوپل) می شوند.



ترمینال اولیه ترانس تا چند هزار ولت (متناسب با شبکه مورد نظر) و ترمینال ثانویه همیشه در یک مقدار ثابت (100 یا 110 ولت) طراحی می شوند. نسبت ولتاژ اولیه به ولتاژ ثانویه به عنوان نسبت تبدیل نامیده می شود.

#6 انواع ترانس ولتاژ

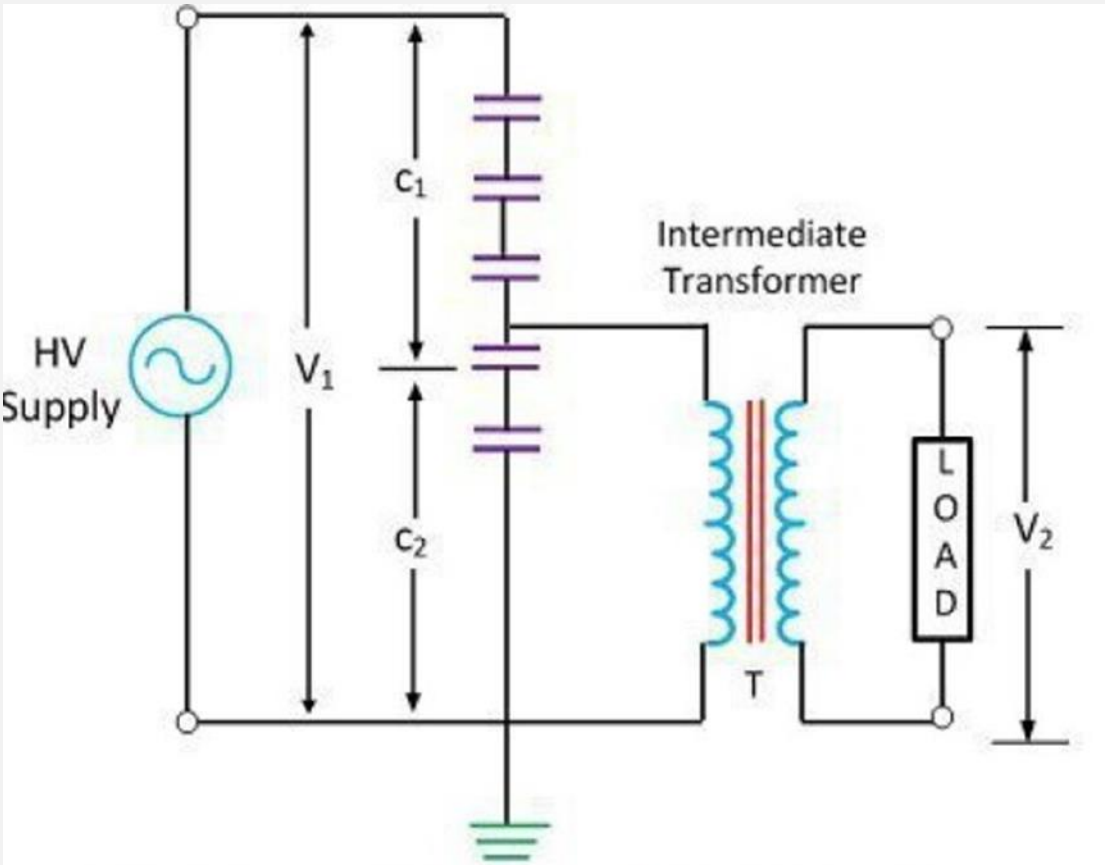
ترانس ولتاژ عمدتا به دو نوع طبقه بندی می شود.

1. ترانس ولتاژ الکترومغناطیسی

2. ترانس ولتاژ خازنی

ترانس الکترومغناطیسی به دلیل نیاز به عایق بسیار گران قیمت است. ترانس ولتاژ خازنی ترکیبی از یک مقسم ولتاژ خازنی و یک ترانس ولتاژ مغناطیسی (با نسبت کوچک) است.

دیاگرام مدار ترانس ولتاژ خازنی در شکل زیر نشان داده شده است.



Capacitor Potential Transformer Circuit Diagram

در طرفین مقسم ولتاژ خازن ها به دو بخش C1 و C2 تقسیم می شوند و Z کل بار (توان خروجی) است.

ترانس میانی باید دارای خطای نسبت تبدیل و خطای زاویه فاز بسیار کمی باشد. ولتاژ ترمینال ثانویه با فرمولی که در زیر نشان داده شده است داده می شود.

$$V_2 = V_1 \times \frac{C_1}{C_1 + C_2}$$

#7 خطاهای نسبت تبدیل و زاویه فاز

در یک ترانس ولتاژ ایده آل جریان اولیه و جریان ثانویه ضربدر تعداد دور ثانویه دقیقا برابر هستند و هیچ اختلاف فازی بین ورودی و خروجی وجود ندارد اما در یک ترانس واقعی عملا همچین رابطه ای برقرار نیست.

خطای نسبت تبدیل: براساس اختلاف بین جریان اولیه و جریان ثانویه ضربدر تعداد دور ثانویه بیان می شود.

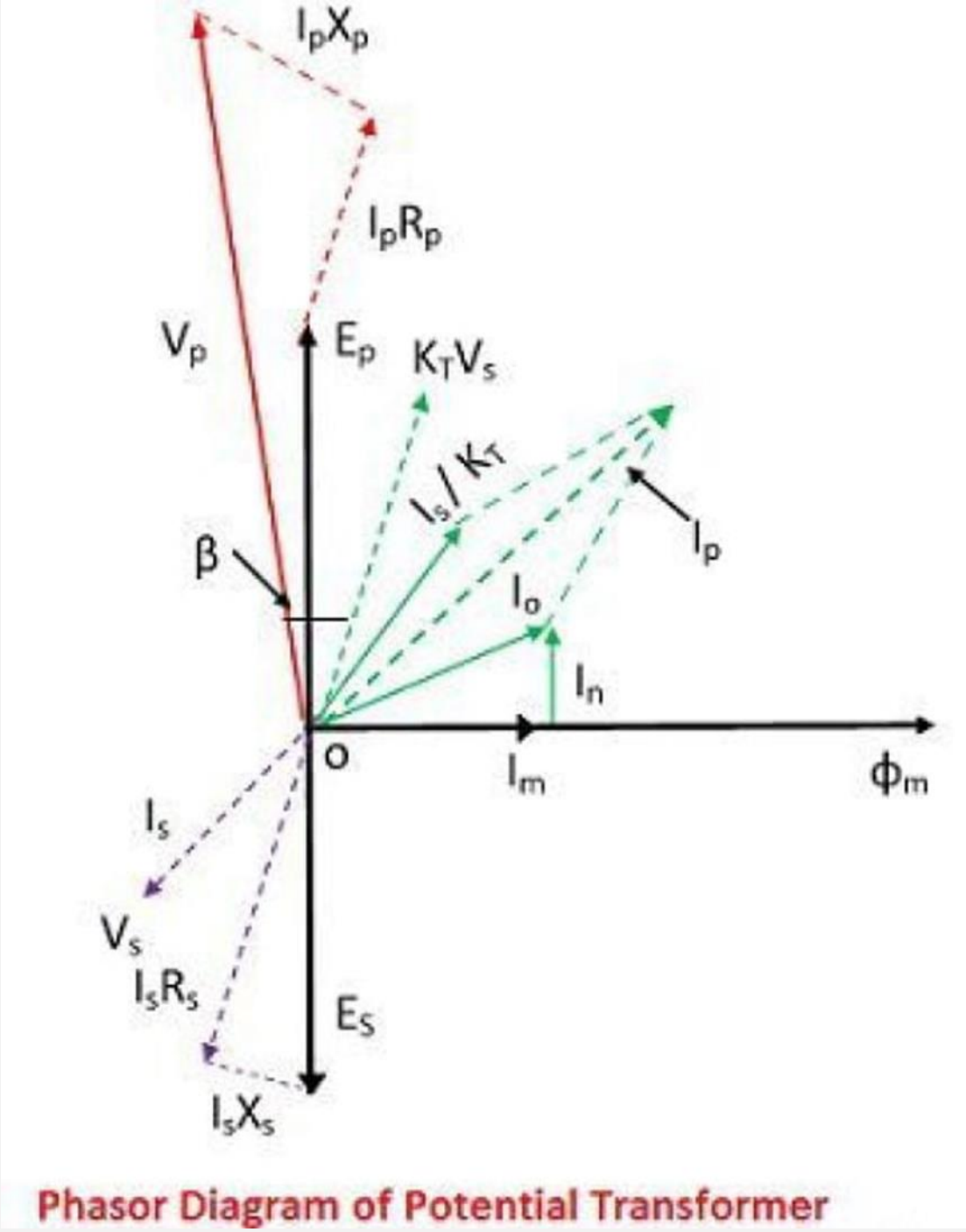
$$Ratio\ Error = \frac{K_t I_s - I_p}{I_p}$$

خطای زاویه فاز: بر اساس اختلاف فاز بین جریان اولیه و معکوس جریان ثانویه بیان می شود.

افزایش تعداد تجهیزات موجود در رله متصل به ثانویه ترانس باعث افزایش خطاهای ترانس های ولتاژ می شود.

#8 نمودار فازوری

نمودار فازور ترانس ولتاژ در شکل زیر نشان داده شده است.



پارامترهای به کار رفته در نمودار در زیر بیان شده اند.

I_s – secondary current
E_s – secondary induced emf
V_s – secondary terminal voltage
R_s – secondary winding resistance
X_s – secondary winding reactance
I_p – Primary current
E_p – primarily induced emf
V_p – primary terminal voltage
R_p – primary winding resistance
X_p – primary winding reactance
K_t – turn ratio
I_o – excitation current
I_m – magnetising component of I_o
I_w – core loss component of I_o
Φ_m – main flux
B- phase angle error

افت ولتاژ ناشی از مقاومت و راکتانس سیم پیچ اولیه از IpXp و IpRp به دست می آید.

وقتی میزان افت ولتاژ از ولتاژ اولیه ترانس کم می شود، EMF القایی اولیه در پایانه ها به دست می آید.

EMF اولیه ترانس با القای متقابل به سیم پیچ ثانویه منتقل شده و به EMF القایی ثانویه (Es) تبدیل می شود.

این EMF با مقاومت و راکتانس سیم پیچ ثانویه کاهش می یابد و ولتاژ حاصل در ولتاژ ترمینال ثانویه ظاهر می شود و با Vs نشان داده می شود.

#9 کاربردهای ترانسفورمر

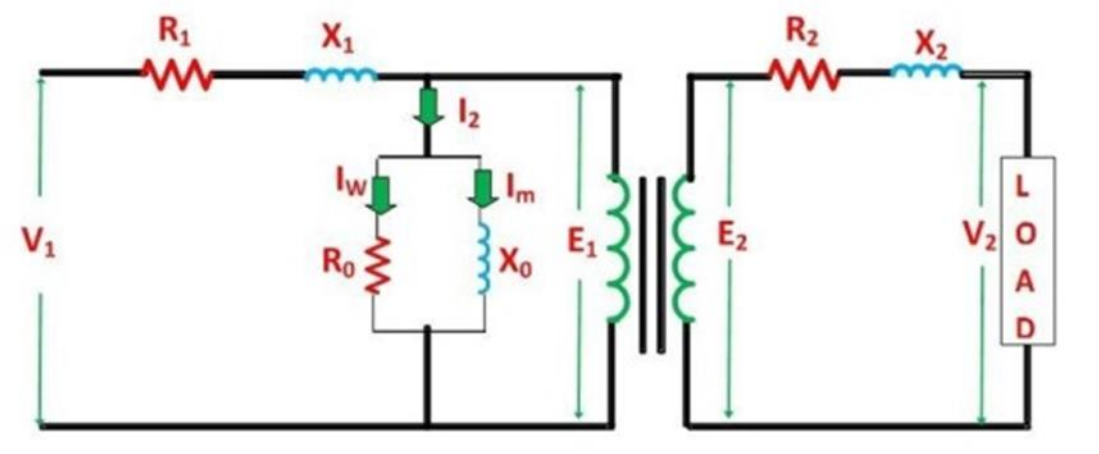
- به منظور اندازه گیری
- برای محافظت از فیدرها
- برای محافظت از امپدانس ژنراتورها
- برای همگام سازی ژنراتورها و فیدرها

ترانس های ولتاژ در طرح رله محافظ استفاده می شوند زیرا سیم پیچ های ولتاژ دستگاه محافظ در سیستم های ولتاژ بالا مستقیما به سیستم متصل نیستند. بنابراین لازم است ولتاژ کاهش یابد و همچنین تجهیزات محافظتی از مدار اولیه جداسازی شوند.

#10 مدار معادل ترانس

مدار معادل، در واقع نمایش مداری معادله ای است که عملکرد دستگاه را توصیف می کند.

مدار معادل ترانس در زیر نشان داده شده است.



فرض کنید نسبت تبدیل ترانس K = E2 / E1 باشد emf. القایی E1 برابر است با ولتاژ اعمال شده اولیه V1 منهای افت ولتاژ اولیه.

این ولتاژ باعث ایجاد جریان بدون بار I0 در سیم پیچ اولیه ترانس می شود. مقدار جریان بدون بار بسیار کم است و بنابراین از آن صرفنظر می شود.

از این رو؛ I1 = I'1

جریان بدون بار به دو جز جریان مغناطیسی (Im) و جریان کاری (Iw) تقسیم می شود.

این دو جز جریان بدون بار، ناشی از جریانی هستند که توسط مقاومت غیر القایی R0 و راکتانس خالص X0 با ولتاژ E1 یا – V1 (افت ولتاژ اولیه) دریافت می شود.

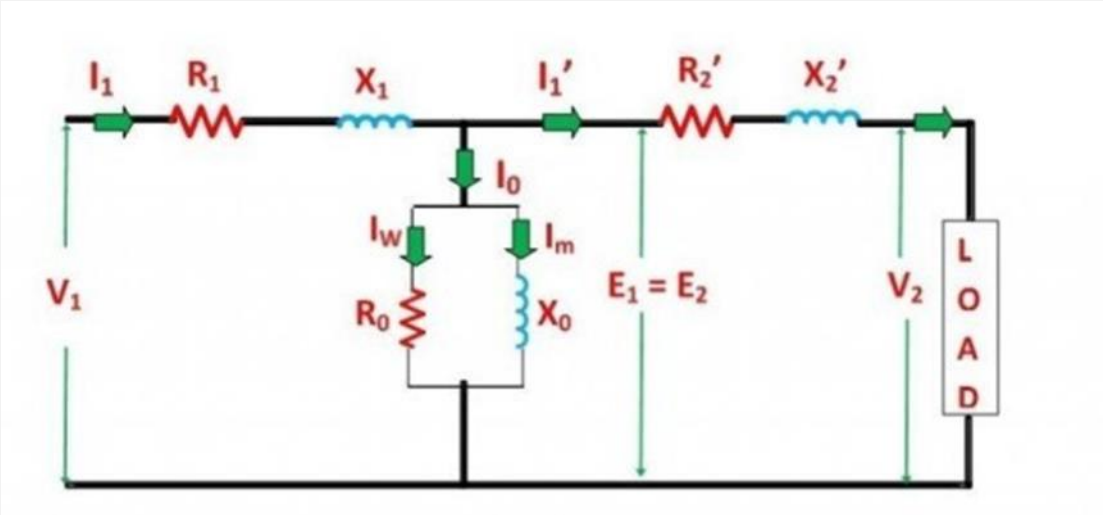
جریان ثانویه I2 است.

$$I_2 = \frac{I_1'}{K} = \frac{I_1 - I_0}{K}$$

ولتاژ ترمینال V2 دو سر بار برابر است با emf القایی E2 منهای افت ولتاژ در سیم پیچ ثانویه.

#1-10 مدار معادل از دید اولیه

همانطور که در شکل زیر نشان داده شده است همه مقادیر به سمت اولیه انتقال می یابند.



مقادیر مقاومت و راکتانس در زیر ارائه شده است.

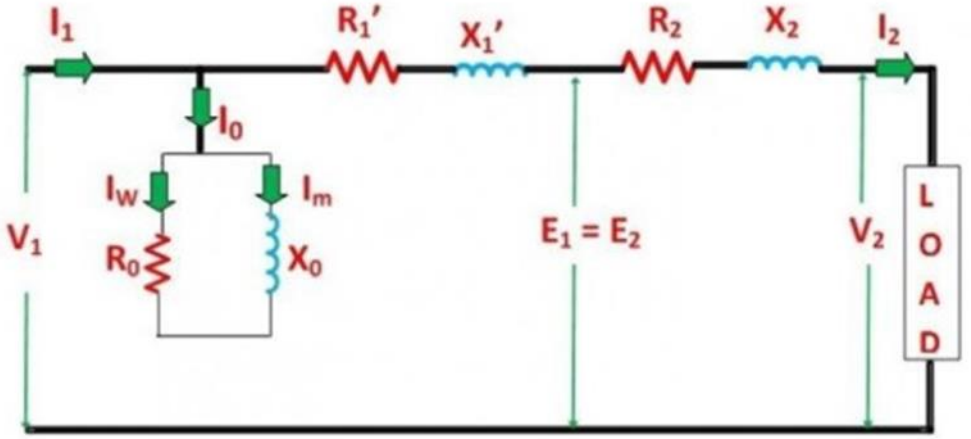
مقاومت و راکتانس ثانویه و مقاومت و راکتانس معادل منتقل شده به اولیه به شرح زیر هستند.

$$R'_2 = \frac{R_2}{K^2} \qquad X'_2 = \frac{X_2}{K^2}$$

$$R_{ep} = R_1 + R'_2 \qquad X_{ep} = X_1 + X'_2$$

#2-10 مدار معادل از دید ثانویه

همانطور که در شکل زیر نشان داده شده است همه مقادیر به سمت ثانویه انتقال می یابند.



مقاومت و راکتانس اولیه و مقاومت و راکتانس معادل منتقل شده به ثانویه به شرح زیر هستند.

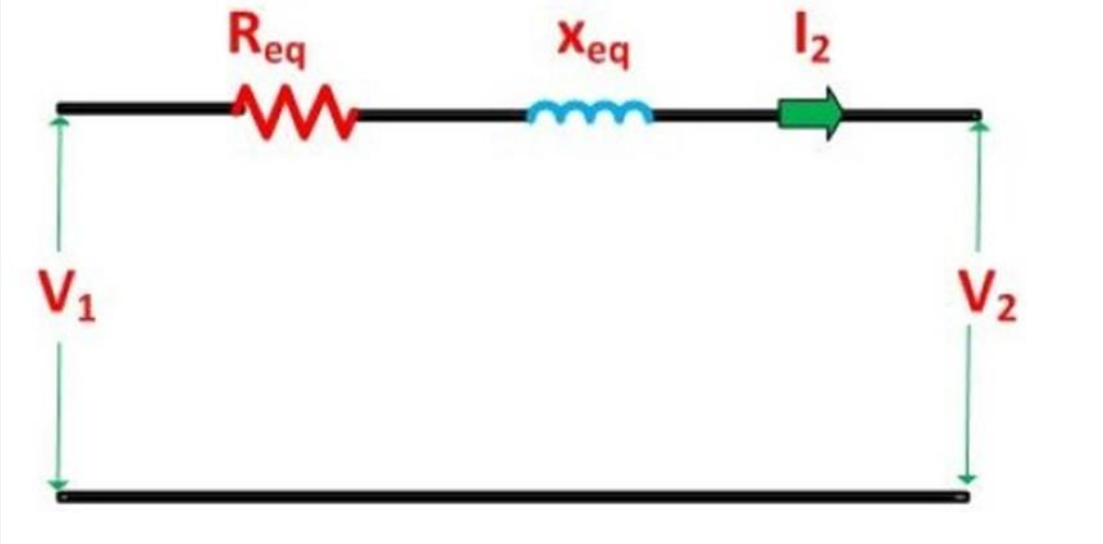
$$R'_1 = K^2 R_1 \qquad X'_1 = K^2 X_1$$

$$R_{es} = R_2 + R'_1 \qquad X_{eq} = X_2 + X'_I$$

جریان بدون بار I0 حدود 3 تا 5٪ جریان نامی بار کامل است.

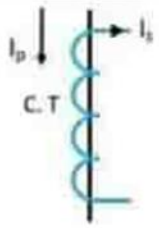
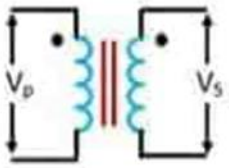
شاخه موازی متشکل از مقاومت R0 و راکتانس X0 را می توان بدون ایجاد خطای قابل ملاحظه ای در رفتار ترانس تحت شرایط بارگذاری شده حذف کرد.

مدار معادل ساده شده ترانس در زیر نشان داده شده است.



#11 مقایسه با ترانس جریان

در جدول زیر یک مقایسه کلی بین ترانس ولتاژ و جریان انجام شده است.

مبنای مقایسه	ترانس جریان	ترانس ولتاژ
تعریف	تبدیل جریان از مقدار بالا به پایین	تبدیل ولتاژ از مقدار بالا به پایین
سمبل مداری		
هسته	فولاد سیلیکونی ورقه سیلیکون	فولاد با کیفیت بالا که در چگالی شار کم کار می کند
سیم پیچ اولیه	حامل جریانی است که می خواهیم اندازه بگیریم	حامل ولتاژی است که می خواهیم اندازه بگیریم
سیم پیچ ثانویه	به سیم پیچ جریان تجهیز متصل می شود	به تجهیز یا وسیله اندازه گیری متصل می شود
اتصال	سری با تجهیز قرار می گیرد	موازی با تجهیز قرار می گیرد
مدار اولیه	تعداد دور کم	تعداد دور زیاد
مدار ثانویه	تعداد دور زیاد و نمی تواند مدار باز باشد	تعداد دور کم و می تواند مدار باز باشد
محدوده عملکرد	5 آمپر یا 1 آمپر	100 ولت یا 110 ولت
نسبت تبدیل	بالا	پایین
توان خروجی	به بار ثانویه بستگی ندارد	به بار ثانویه بستگی دارد
ورودی	جریان ثابت	ولتاژ ثابت
جریان خط کامل	سیم پیچ اولیه حامل جریان خط کامل است	سیم پیچ اولیه حامل ولتاژ خط کامل است
انواع	دو نوع؛ هسته بسته و هسته شیاردار	دو نوع؛ الکترومغناطیسی و ولتاژ خازنی
امپدانس	پایین	بالا
کاربرد	اندازه گیری جریان و توان، نظارت بر شبکه برق برای عملکرد رله حفاظتی	اندازه گیری، منبع تغذیه، کنترل رله حفاظتی