

مبانی کار

ترانسفورماتور

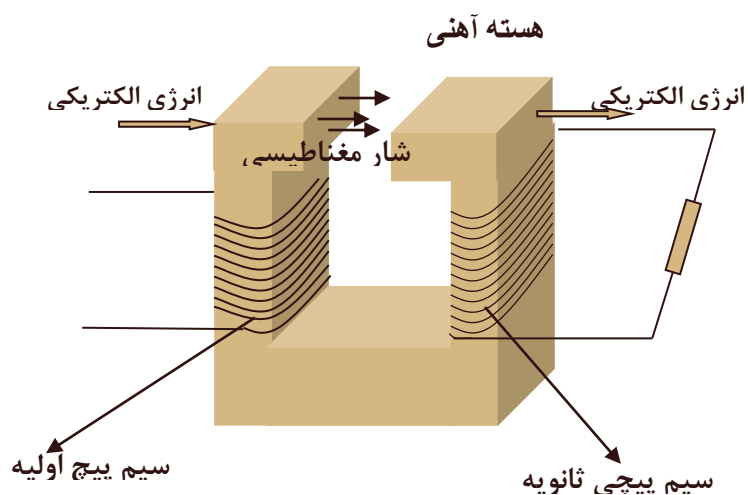


PowerEn.ir

مبانی کار ترانسفورماتور

تعریف ترانسفورماتور:

ترانسفورماتور یک دستگاه الکتریکی است که در اثر القای مغناطیسی بین سیم پیچ‌ها انرژی الکتریکی را از مدار سیم پیچ اولیه به ثانویه انتقال می‌دهد بطوری که در نوع انرژی و مقدار آن تغییر حاصل نمی‌شود بلکه در اندازه کمیت‌های تشکیل دهنده انرژی الکتریکی از قبیل مقدار جریان، ولتاژ، زاویه فاز و ... تغییراتی ایجاد می‌کند.



برخلاف ماشینهای الکتریکی که انرژی الکتریکی و مکانیکی را به یکدیگر تبدیل می کند، در ترانسفورماتور انرژی به همان شکل الکتریکی باقیمانده و فرکانس آن نیز تغییر نمی کند. ارتباط بین ورودی و خروجی ترانسفورماتورها، از طریق شار مغناطیسی است.

نکاتی در مورد ترانسفورماتور:

1. سیم پیچ اولیه و ثانویه از نظر الکتریکی با هم هیچ ارتباطی ندارند.
2. اگر انتقال تحت ولتاژ یکسان صورت پذیرد هدف از استفاده ترانسفورماتور تنها ایزوله کردن دو مدار الکتریکی از یکدیگر است.
3. برای جدا کردن جریان مستقیم از یک جریان متناوب نسبت به دیگری و یا جدا کردن یک مدار از مدار دیگر
4. امکان طراحی وسایل برقی در ولتاژهای مورد نظر

عملکرد ترانسفورماتور

1) ترانسفورماتور ایده آل

2) ترانسفورماتور واقعی

ترانسفورماتور ایده آل:

ترانسفورماتور ایده آل دارای شرایط زیر است:

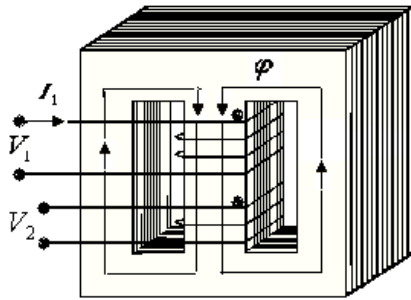
(1) منحنی مغناطیس شدن آن خطی و تلفات هیستریزیس و فوکو در هسته برابر صفر است.

(2) شار پراکندگی نداشته باشد یعنی تمام فورانها مسیر خود را از طریق هسته بسته باشند، و در نتیجه تمامی شار مغناطیسی تولیدی به هسته مغناطیسی محدود می شود.

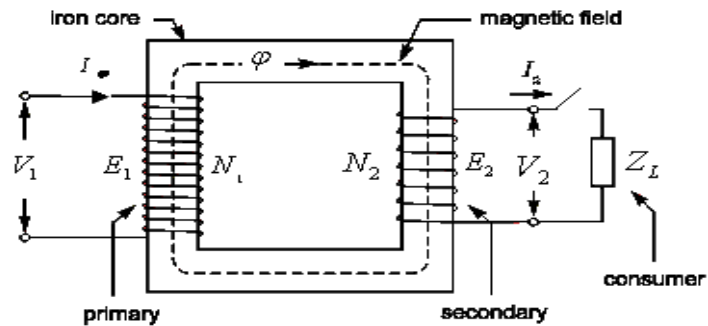
(3) مقاومت سیم پیچ ها برابر صفر باشد.

(4) از ظرفیت خازنی بین سیم پیچ های عایق شده و هسته صرف نظر شده باشد.

(5) جهت جریان و فوران یکی باشد.



ترانسفورماتور ایده آل در حالت بی باری:



اگر ولتاژ اعمال شده به سیم پیچ اولیه V_1 موج سینوسی باشد آنگاه I_ϕ ، ϕ نیز شکل موج سینوسی خواهد داشت، پس:

$$\phi = \phi_{\max} \sin(\omega t)$$

برای شار ϕ ، e_1 در دو سر N_1 نیروی محرکه الکتریکی القا می شود:

$$e_1 = -N_1 \left(\frac{d\phi}{dt} \right) = N_1 \omega \phi_{\max} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

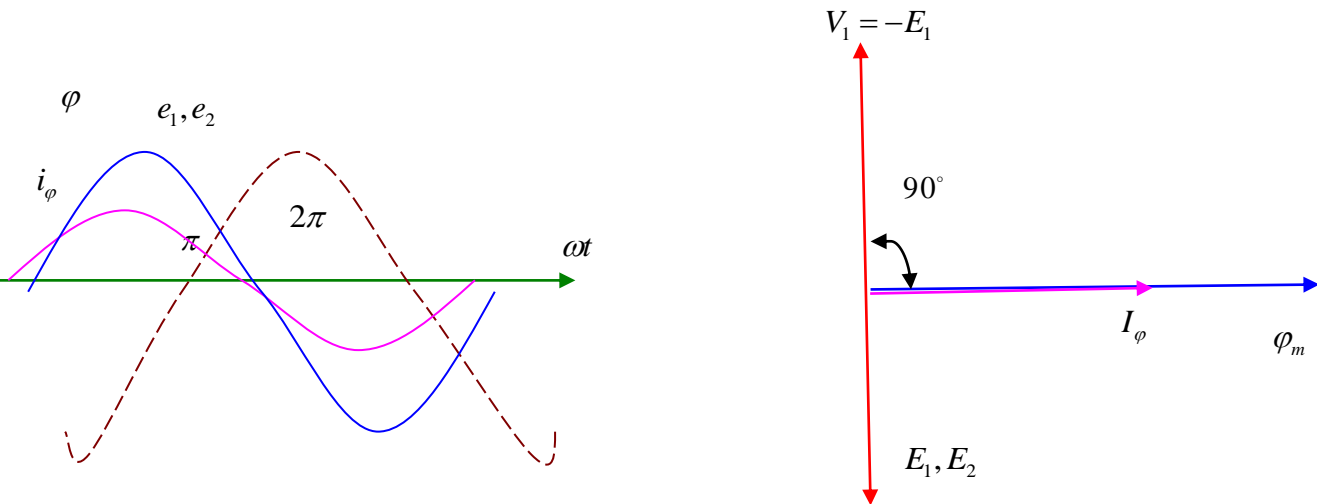
نیروی محرکه القائی در دو سر N_1 ، طبق قانون لنز باید با عامل وجود آورنده خودش یعنی I_ϕ مخالفت می کند. پس جهت e_1 در شکل، خلاف جهت V_1 است. و از نظر مقدار با آن برابر است.

نیروی محرکه الکتریکی در دو سر ثانویه برابر است با:

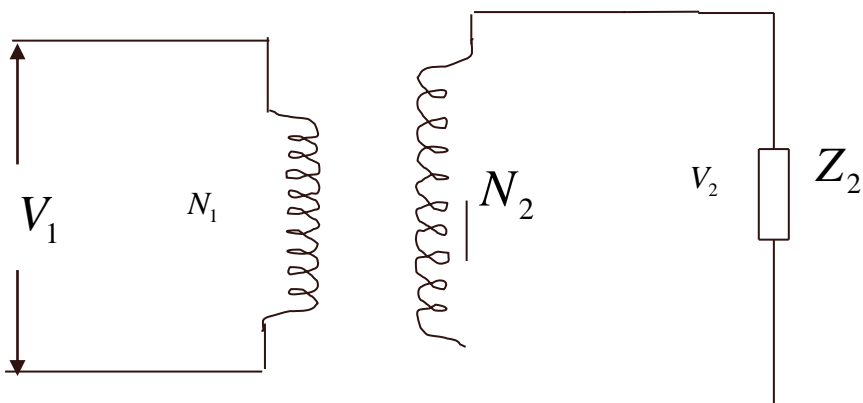
$$e_2 = -N_2 \frac{d\phi}{dt} = -N_2 \omega \phi_{\max} \cos \omega t$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad \text{حال نسبت } \frac{E_1}{E_2} \text{ را بدست آوریم:}$$

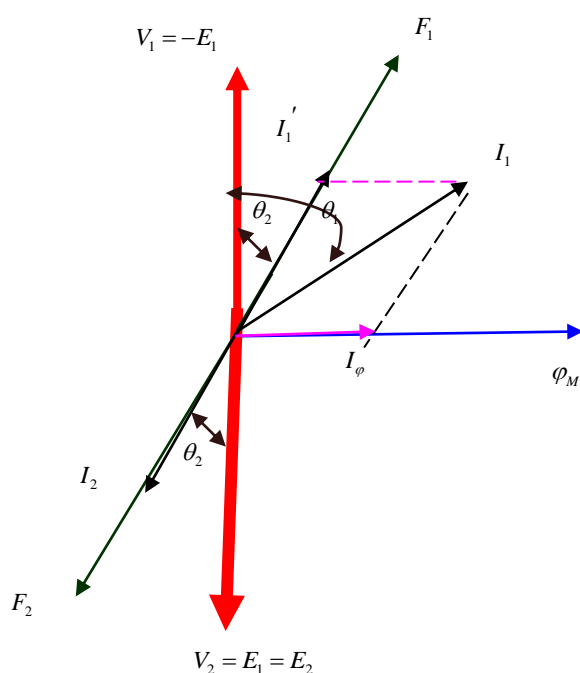
در شکل برای $(N_1 = N_2)$ I_φ و φ و e_1 و e_2 بر حسب زمان رسم شده اند.



ترانسفورماتور در حالت بارداری



بار امپدانسی در دو سر ثانویه قرار دارد. طبق قانون لنز، جهت جریان ثانویه نیروی محرکه مغناطیسی ($F_2 = N_2 I_2$) در خلاف جهت φ_m در هسته باشد پس باید طبق پیکان شکل باشد. F_2 باعث می شود شار φ_m کاهش یابد و نتیجتاً کم خواهد شد و به منظور خنثی کردن اثر F_2 اولیه جریان بیشتری از منبع می گیرد تا E_1 و در نتیجه φ_m ثابت بماند. I_2 باعث می شود که جریان اولیه بیشتر از I_φ و به میزان I'_1 بکشد.



$$I'_1 N_1 = I_2 N_2$$

I'_1 : جبران متعادل کننده جریان اولیه

$$\vec{I}_1 = \vec{I}'_1 + \vec{I}_\varphi$$

از I_φ صرف نظر می کنیم: ($I_\varphi = 0$)

$$N_1 I_1 \approx N_2 I_2$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

$$E_1 I_1 = E_2 I_2$$

$$V_1 I_1 = V_2 I_2$$

مقاومت ظاهری (تبدیل امپدانس)

برای مدار ثانویه:

$$Z_2 = \frac{V_2}{I_2}$$

Z_2 مقاومت ظاهر، بار

$$I_1 = \frac{N_2}{N_1} I_2$$

$$V_1 = \frac{N_1}{N_2} V_2$$

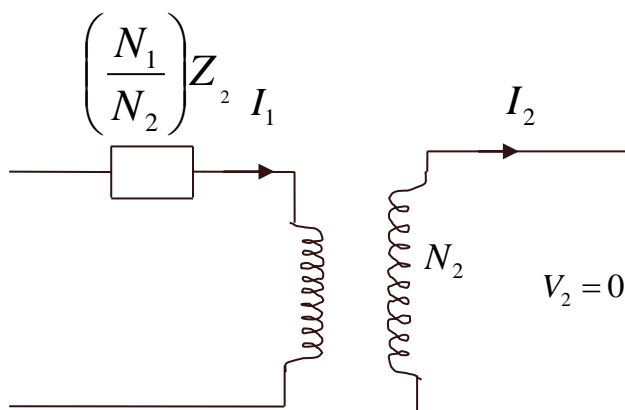
از تقسیم دو معادله اخیر مقاومت ظاهری ورودی موثر در دو سرهای **a** و **b** چنین خواهد شد.

$$\frac{V_1}{I_1} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 \frac{V_2}{I_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 Z_2 = Z'_2$$

این رابطه اثر Z_2 در طرف اولیه را نشان می دهد، یعنی می توان مقاومت

ظاهری Z'_2 در ثانویه معادل

در مدار اولیه جایگزین کرد.



الف) اثر تلفات هسته ترانسفورماتور که شامل تلفات پس ماند و تلفات فوکو می باشد. طریقه کاهش دادن تلفات پس ماند، با استفاده از فولاد نورد شده سرد با دانه های جهت دار است و برای کاهش تلفات جریان فوکو (گردابی) از ورقه های نازک برای هسته استفاده می شود.

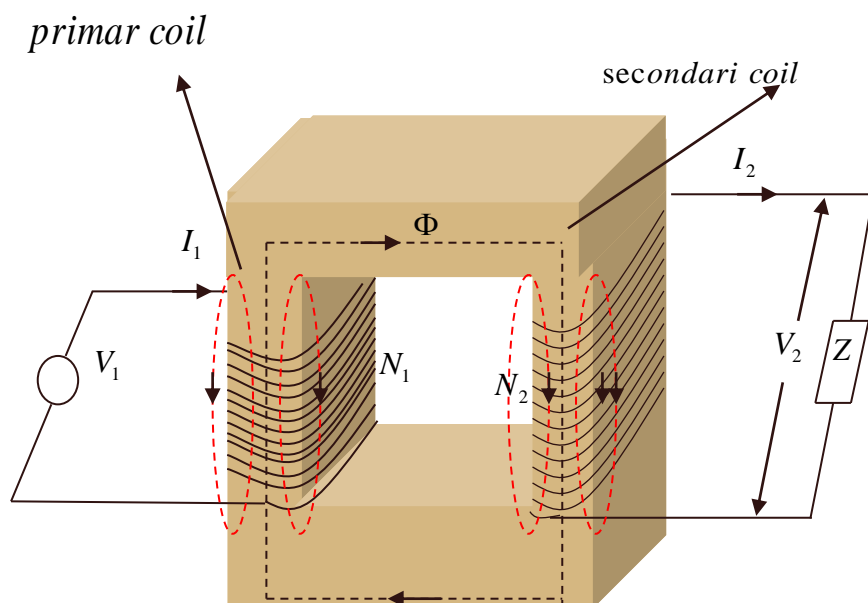
$$I_e = \sqrt{I_\phi + I_C}$$

ب) اثر مقاومت ترانسفورماتور:

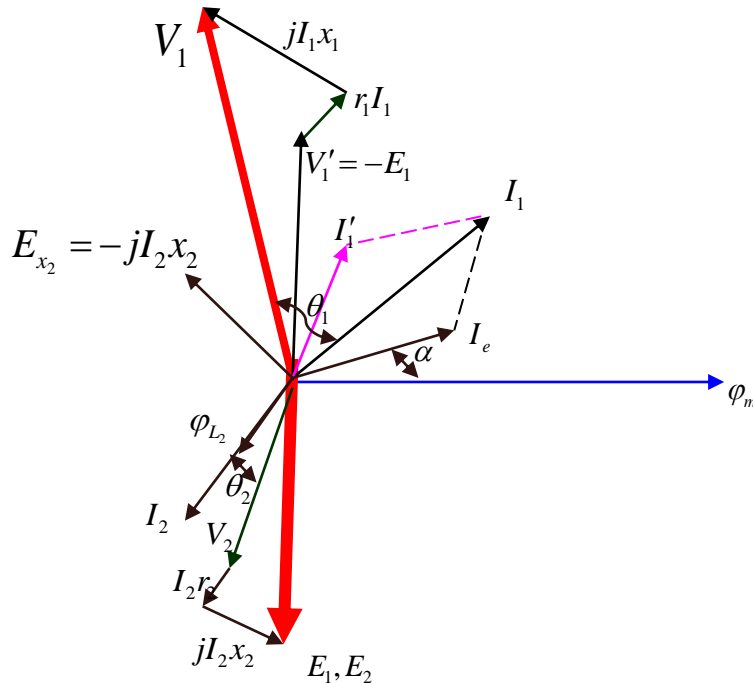
اثر مقاومت اولیه r_1 می توان با اضافه کردن $r_1 I_e$ به V'_1 در نظر گرفت و همفاز با I_e است و به موازات آن رسم شده است.

ج) اثر شار نشتی (پراکندگی)

ترانسفورماتور واقعی در زیر بار:



ابتدا مدار ثانویه ترانسفورماتور و سپس مدار اولیه در نظر گرفته می شود. باری که دارای ضریب قدرت پس فاز است در نظر بگیرید پس I_2 نسبت به ولتاژ به θ_2 اندازه عقب است.



افت مقاومت ثانویه به موازات I_2 است.

φ_{L_2} بوسیله $N_2 I_2$ ایجاد می شود و تنها با سیم پیچ ثانویه در پیوند است و با I_2

همفاز است. φ_{L_2} تولید emf بنام E_{x_2} در سیم پیچ ثانویه می کند که 90 درجه با

φ_{L_2} پس فاز است. ولتاژ بی باری ثانویه E_2 ، باید دارای مولفه ای برابر و مخالف

$(-j x_2 I_2)$ باشد.

معادله ولتاژ برای ثانویه :

$$E_2 = V_2 + I_2(r_2 + j x_2) = V_2 + I_2 Z_2$$

Z_2 : امپدانس نشتی ثانویه

ϕ_m نسبت به E_2 90 درجه پیش فاز و جریان تحریک I_e نسبت به ϕ_m به اندازه α جلوتر رسم می شوند.

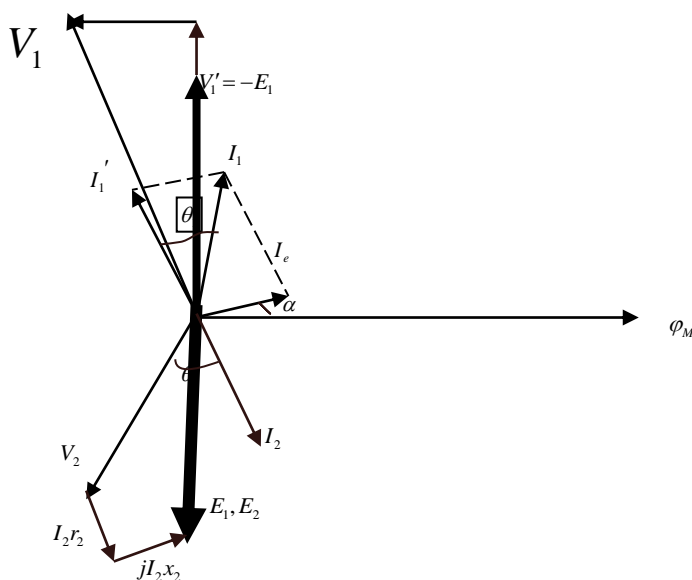
معادله ولتاژ اولیه تحت بار به صورت:

$$\bar{V}_1 = \bar{V}'_1 + \bar{I}_1(r_1 + jx_1) = \bar{V}'_1 + \bar{I}_1 Z_1$$

Z_1 : امپدانس نشتی اولیه

θ_1 : زاویه بین V_1 و I_1 : ضریب قدرت اولیه در زیر بار است.

اگر I_1 نسبت به V_1 پیش فاز باشد، ضریب قدرت هم پیش فاز خواهد بود.



این نمودار موقعی مفید است که

:

(1) ترانسفورماتور بطور منفرد مورد مطالعه قرار گیرد.

(2) هنگامی که فهم کاملی از رفتار و عملکرد داخلی ترانسفورماتور داشته باشیم.

مدار معادل ترانسفورماتور

$$\bar{E}_2 = \bar{V}_2 + \bar{I}_2(r_2 + jx_2) = \bar{V}_2 + \bar{I}_2 Z_2$$

طبق معادلات

$$\bar{E}_1 = \bar{V}_1 = \bar{V}'_1 + \bar{I}'_1(r_1 + jx_1) = \bar{V}'_1 + \bar{I}'_1 Z_1$$

طبق نمودار

$$\begin{aligned}\bar{I}_1 &= \bar{I}'_1 + \bar{I}_e \\ I_e &= \bar{I}_c + \bar{I}_\varphi\end{aligned}$$

I'_1 : مولفه بار که با mmf ثانویه مقابله می کند.

I_c همفاز با V'_1 است و $V'_1 I_c$ تلفات هسته را به دست می دهد. R_c موازی با V'_1 است و P_c را

بوجود می آورد.

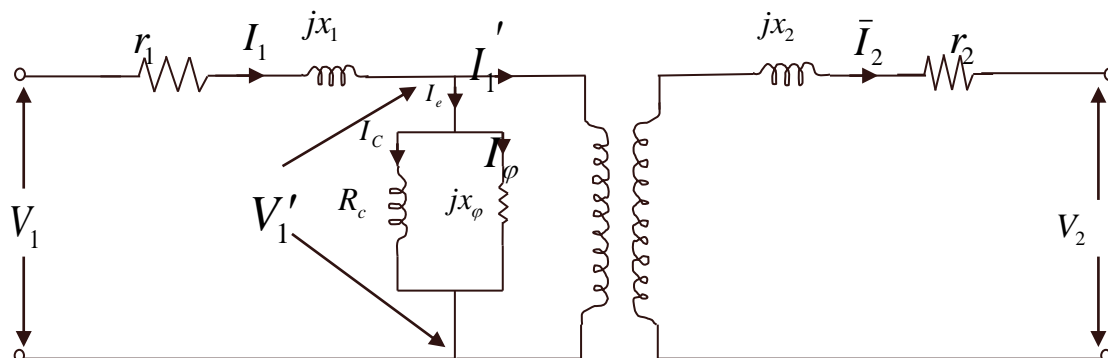
$$P_c = R_c I_c^2 = V'_1 I_c = \left(\frac{V'_1}{R_c}\right)^2$$

$$R_c = \frac{V'_1}{I_c}$$

$$X_\varphi = \frac{V'_1}{I_\varphi}$$

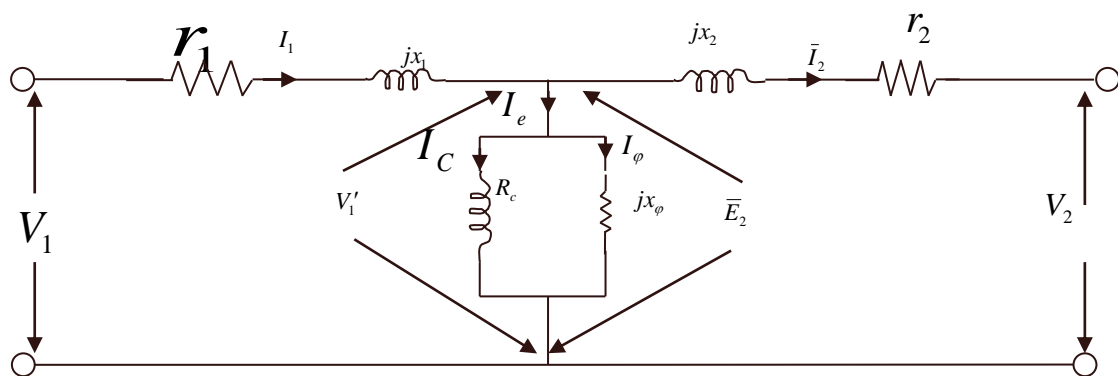
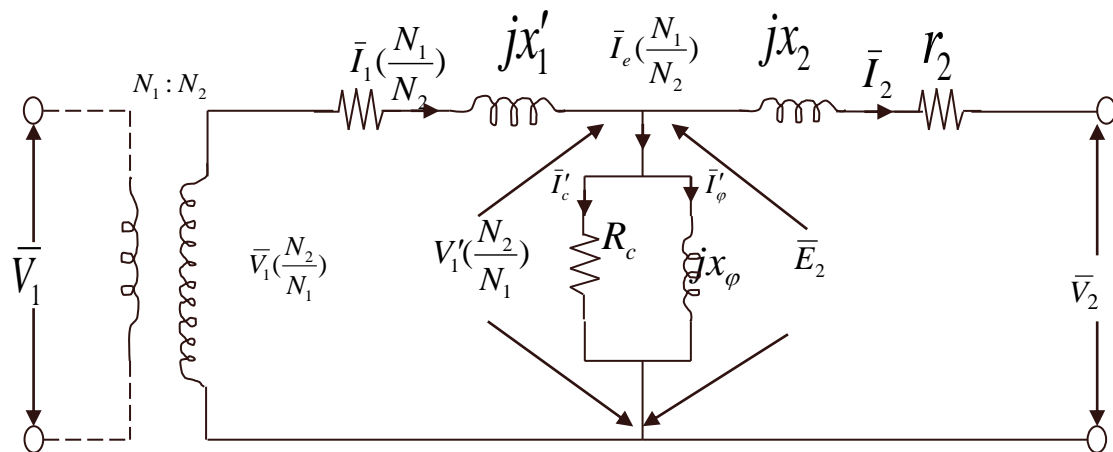
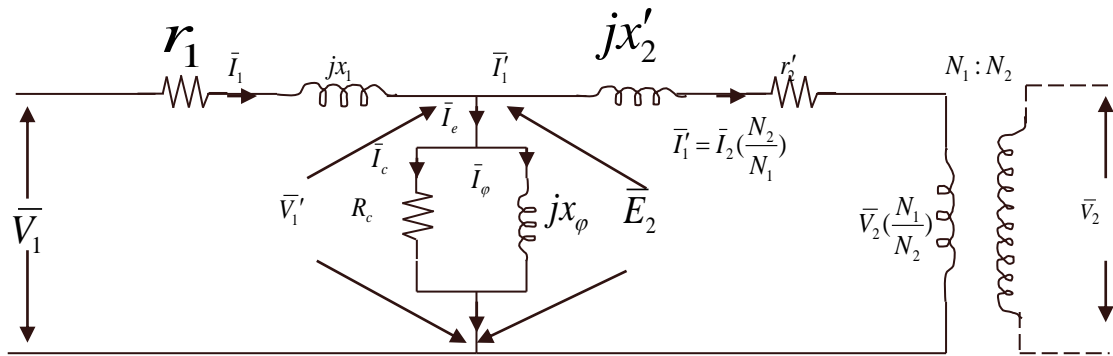
X_φ : راکتانس مغناطیس کنندگی

I_φ نسبت به V'_1 90 درجه عقب می باشد.



نکته: برای تحلیل کار ترانسفورماتور مقادیر ثانویه را به طرف اولیه و یا مقادیر اولیه را به طرف

ثانویه انتقال می دهند.



افت ولتاژ $r_2 I_2$ در هنگام ارجاع باید در $\frac{N_1}{N_2}$ ضرب شود.

$$\text{افت ولتاژ} = r_2 I_2 \left(\frac{N_1}{N_2} \right)$$

$$I_2 = I_1 \left(\frac{N_1}{N_2} \right)$$

$$\text{افت ولتاژ} = \left(I_1 \frac{N_1}{N_2} r_2 \right) \left(\frac{N_1}{N_2} \right) = I_1 r_2'$$

$$r_2' = r_2 \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2$$

r_2' : مقاومت ثانویه ارجاع داده شده به اولیه

$$r_{e_1} = r_1 + r_2'$$

r_{e_1} : مقاومت کل در مدار اولیه

و به طور مشابه

$$r_1' = r_1 \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^2$$

r_1' : مقاومت ارجاع شده به ثانویه

$$r_{e_2} = r_2 + r_1'$$

r_{e_2} : مقاومت کل در مدار ثانویه

و برای راکتانس نیز می توان نوشت:

$$x_{e_1} = x_1 + x_2'$$

$$x_2' = x_2 \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2$$

$$x_{e_2} = x_2 + x_1'$$

$$x_1' = x_1 \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2$$

امپدانس نشتی کل ارجاع داده شده به سمت اولیه : $z_{e_1} = r_{e_1} + jx_{e_1}$

امپدانس نشتی کل ارجاع داده شده به سمت ثانویه: $z_{e_2} = r_{e_2} + jx_{e_2}$

$$z_{e_1} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 z_{e_2} \quad \text{و یا} \quad z_{e_2} = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 z_{e_1}$$

آزمایشهای بی باری و اتصال کوتاه

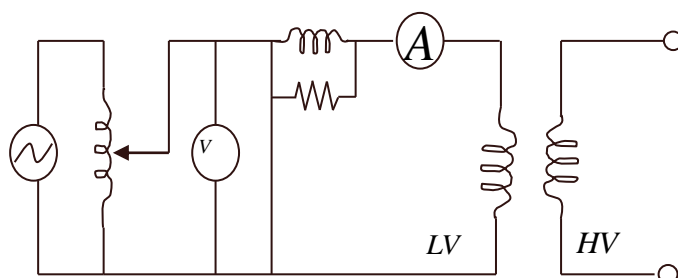
هدف از این آزمایشها

1) تعیین پارامترهای معادل

2) تنظیم ولتاژ

3) تعیین راندمان

آزمایش مدار باز (بی باری)



شکل

یک ولت‌متر، آمپر‌متر و وات‌متر در طرف فشار ضعیف قرار داده می‌شود و در طرف فشار قوی مدار باز است. ولتاژی با فرکانس نامی بطرف فشار ضعیف اعمال می‌شود هنگامی که این مقدار به ولتاژ نامی برسد تمامی مقادیر سه وسیله اندازه‌گیری ثبت می‌شود. I_e جریان بی‌باری (تحریک)، بین 2 تا 6 درصد جریان نامی است و افت ولتاژ بر روی امپدانس ناچیز و تقریباً $V_1 = V_1'$ است.

قدرت خوانده شده شامل تلفات هسته و تلفات مسی است:

تلفات مسی ($0.04 \leq I_e^2 r_1 \leq 0.36$) درصد نسبت به حالت بار کامل است و از این مقدار

نیز صرف‌نظر می‌شود:

$$P_c = V_1 I_c \cos \theta_0$$

P_c : تلفات هسته

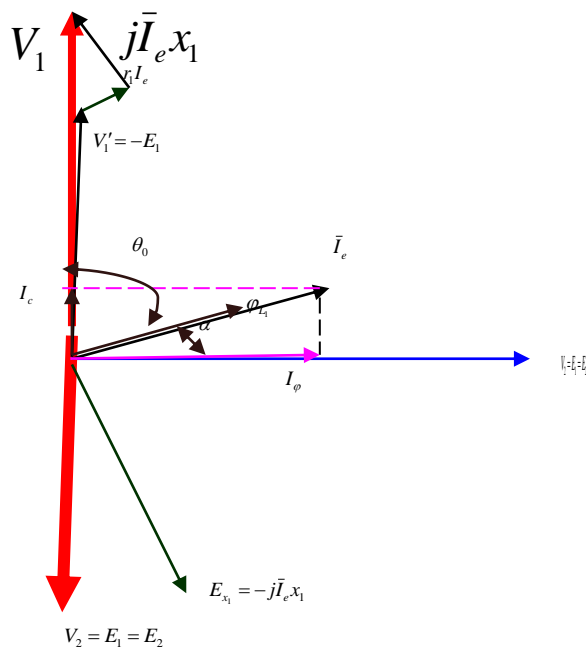
V_1 : ولتاژ اعمال شده نامی به طرف اولیه

I_e : جریان تحریک

$$pf = \cos \theta_0 = \frac{P_c}{V_1 I_e}$$

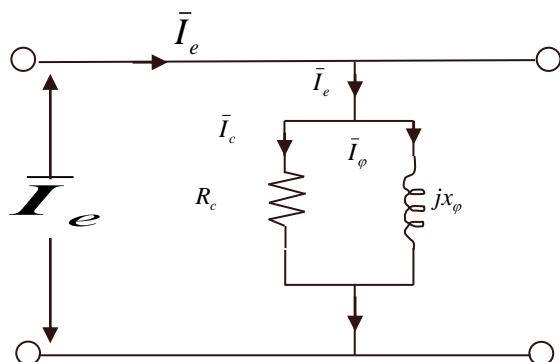
ضریب قدرت در حالت بی‌باری برابر:

شکل



$$I_c = I_e \cos \theta_0$$

$$I_\varphi = I_e \sin \theta_0$$



شکل

$$I_c = \frac{P_c}{V_1}$$

مقاومت معادل تلفات هسته

$$R_{CL} = \frac{V_1}{I_c} = \frac{V_1}{I_e \cos \theta_0} = \frac{V_1^2}{V_1 I_e \cos \theta_0} = \frac{V_1^2}{P_c}$$

$$I_c^2 R_{CL} = P_c$$

$$R_{CL} = \frac{P_c}{I_c^2} = \frac{P_c}{(I_c \cos \theta_0)^2}$$

$$X_{\varphi L} = \frac{V_1}{I_\varphi} = \frac{V_1}{I_e \sin \theta_0}$$

$X_{\varphi L}$: راکتانس مغناطیس کنندگی

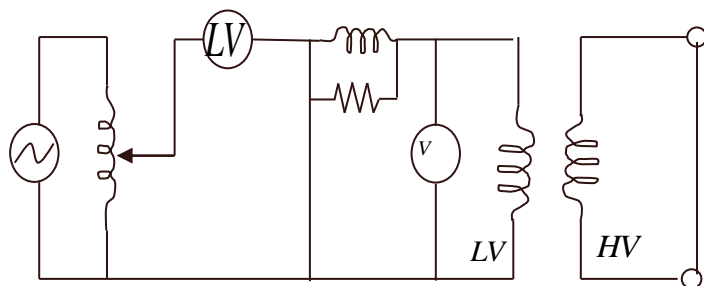
آزمایش مدار باز اطلاعات زیر را در اختیار قرار می دهد:

(1) تلفات هسته در فرکانس و ولتاژ نامی

(2) پارامترهای R_{CL} و $X_{\varphi L}$

(3) نسبت تبدیل ترانسفورماتور

آزمایش اتصال کوتاه



شکل

یک ولت‌متر، آمپر‌متر و وات‌متر در طرف فشار قوی قرار داده می‌شود و در طرف فشار ضعیف مدار باز است. ولتاژ اعمالی به طرف فشار قوی باعث برقراری جریان نامی در طرف فشار قوی و در نتیجه به برقراری جریان نامی در طرف فشار ضعیف می‌انجامد. افت ولتاژ امپدانس ناشی ثانویه بین 1% تا 6% ولتاژ اعمالی در دو سر شاخه موازی تحریک ظاهر می‌شود. بود.

قدرت خوانده شده شامل تلفات هسته و تلفات مسی است:

تلفات هسته بین 0/01% تا 0/36% مقدار نامی در ولتاژ نامی است و از این مقدار صرف‌نظر می‌شود.

تلفات مسی $(0.04 \leq I_e^2 r_1 \leq 0.36)$ درصد نسبت به حالت بار کامل است و از این مقدار

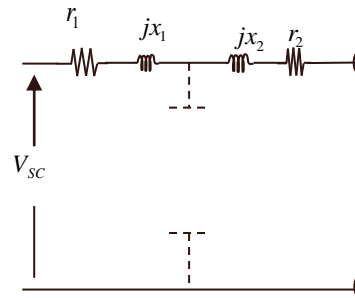
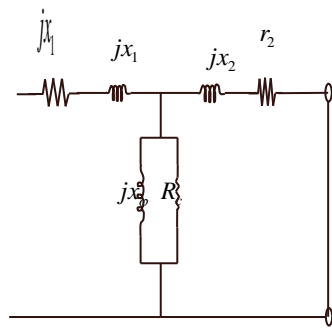
نیز صرف‌نظر می‌شود.

$$z_{eH} = \frac{V_{sc}}{I_{sc}}$$

$$r_{eH} = \frac{P_{sc}}{I_{sc}^2}$$

$$x_{eH} = \sqrt{(z_{eH}^2 - r_{eH}^2)}$$

شکل



تنظیم ولتاژ یک ترانسفورماتور (رگولاسیون)

تعریف: عبارت است از درصد تغییر ولتاژ در ترمینالهای ثانویه نسبت به ولتاژ نامی ثانویه وقتی که بار تحت ضریب توان معین تا صفر کاهش یابد. در حالی که ولتاژ اولیه ثابت بماند.

$$\text{تنظیم ولتاژ} = \left(\frac{E_2 - V_2}{E_2} \right) \times 100$$

V_2 : ولتاژ ثانویه در بارداری

E_2 : ولتاژ ثانویه در بی باری

$$E_2 = V_1 \frac{N_2}{N_1}$$

در حالت بی باری افت امپدانس نشستی قابل صرف نظر است:

$$\text{تنظیم ولتاژ} = \frac{V_1 - V_2 \frac{N_1}{N_2}}{V_1} \times 100$$

V_1 : ولتاژ اعمال شده به طرف اولیه

تنظیم ولتاژ یک ترانسفورماتور پس فاز

شکل

$$E_2 - V_2 = I_2 r_{e_2} \cos \theta_2 + I_2 x_{e_2} \sin \theta_2$$

$$\frac{E_2 - V_2}{E_2} = \frac{I_2 r_{e_2}}{E_2} \cos \theta_2 + \frac{I_2 x_{e_2}}{E_2} \sin \theta_2$$

$$\frac{I_2 r_{e_2}}{E_2} = \varepsilon_r$$

$$\frac{I_2 x_{e_2}}{E_2} = \varepsilon_x$$

$$\text{در صد تنظیم ولتاژ در بار نامی} = (\varepsilon_r \cos \theta_2 + \varepsilon_x \sin \theta_2) \times 100$$

تنظیم ولتاژ یک ترانسفورماتور پیش فاز

$$\text{در صد تنظیم ولتاژ در بار} = (\varepsilon_r \cos \theta_2 - \varepsilon_x \sin \theta_2) \times 100$$

شرط تنظیم ولتاژ برابر صفر

$$\varepsilon_r \cos \theta_2 + \varepsilon_x \sin \theta_2 = 0$$

$$\tan \theta_2 = -\frac{r_{e_2}}{x_{e_2}}$$

$$\cos \theta_2 = \frac{x_{e_2}}{z_{e_2}}$$

ضریب قدرت بار برابر است با:

نکته: مقدار منفی $\tan \theta_2$ نشان دهنده ضریب قدرت پیش فاز است. یعنی با ضریب

قدرت پیش فاز $\frac{x_{e_2}}{z_{e_2}}$ تنظیم ولتاژ صفر می شود.

تلفات ترانسفورماتور:

(1) تلفات هسته (P_c)

$$P_c = P_h + P_e$$

P_h : تلفات پس ماند

P_e : تلفات ناشی از جریان گردابی

$$P_h = K_h f B_m^x$$

$$P_e = K_e f^2 B_m^2$$

K : ضریب تناسب

B : چگالی شار مغناطیسی در هسته

f : فرکانس شار متناوب

$$P_r = RI^2$$

(2) تلفات اهمی:

تلفات اهمی بر هر دو سیم پیچ اولیه و ثانویه ظاهر می شود و برای 75 درجه محاسبه می شود.

(3) تلفات بار اضافی: میدان های ناشی در هادیها، محفظه تانک و کانال های روغن، محل بست ها، جریان گردابی تولید می کند که باعث به وجود آمدن بار اضافی می شود.

(4) تلفات عایقی:

شامل تلفات عایق کاری روغن است.

نکته: تلفات بار اضافی و تاپلفات عایقی قابل صرف نظر است.

راندمان ترانسفورماتور: برابر نسبت قدرت خروجی به قدرت ورودی

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{V_2 I_2 \cos \theta_2}{V_2 I_2 \cos \theta_2 + P_c + I_2^2 r_{e2}}$$

خروجی $VA: V_2 I_2$

$\cos \theta_2$: ضریب قدرت بار

$I_2^2 r_{e2}$: کل تلفات اهمی

P_c : کل تلفات هسته

شرایط راندمان ماکزیمم:

(1) P_c ثابت باشد

(2) ولتاژ بار V_2 ثابت باشد.

(3) مقدار $\cos \theta_2$ معین باشد.

از معادله برحسب I_2 مشتق گرفته و مساوی صفر قرار می دهیم. $\frac{d\eta}{dI_2} = 0 \Rightarrow P_c = I_2^2 r_{e2}$

تعویض کننده های اتصال (تپ چنجر) بر روی ترانسفورماتور

ولتاژ خروجی بوسیله تپ هایی کنترل می شود .

قاعده کلی: تغییر دادن تعداد دورهای اولیه یا ثانویه، یعنی اگر N_1 کاهش یابد emf

اولیه افزایش می یابد در نتیجه ولتاژ خروجی V_2 افزایش خواهد یافت.

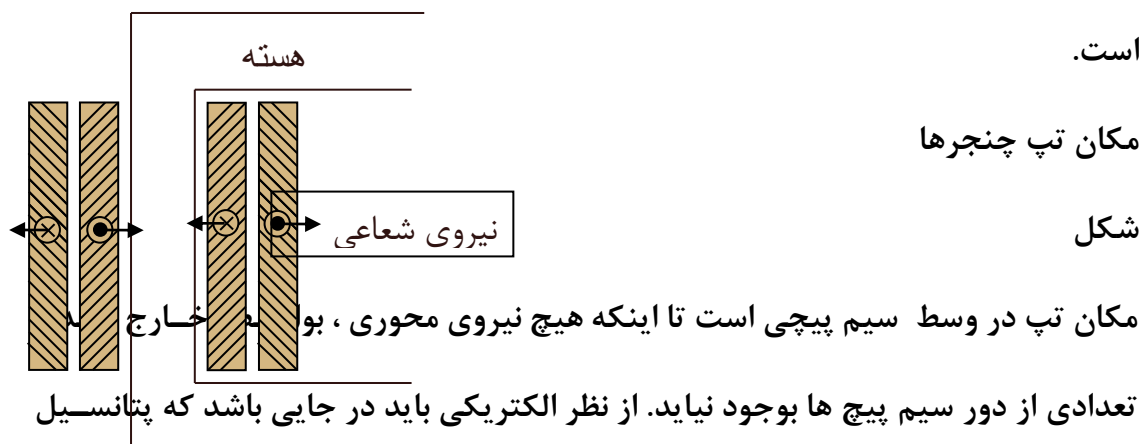
تپ ها در هر دو طرف ممکن است نصب شود ولی در نیروگاه ها در طرف ثانویه نصب می شود.

عواملی که در جهت طرفی را که تپ می خواهد روی آن تعبیه شود :

(1) ترانسفورماتورهای با نسبت دور بزرگ، تپ در طرف فشار قوی قرار می گیرد.
علت : کنترل یکنواخت تری از خروجی خواهیم داشت.

(2) در طرف فشار قوی تپ چنجر با جریان پایین در ارتباط خواهد بود.

(3) تغییر دادن اتصالات فشار ضعیف مشکل است چون عایق کاری در نزدیک هسته



آن نقطه نسبت به زمین در حداقل مقدار باشد.

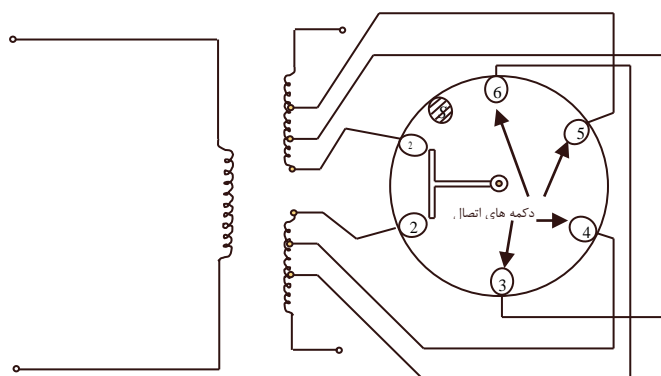
تپ چنجر بی بار:

اگر تپ چنجر طوری طراحی شده باشد که با ترانسفورماتور در خارج از مدار، عمل کن،

تپ چنجر بی بار نامیده می شود.

کاربرد : برای تغییرات فصلی

نمونه تپ چنجر در شکل



بوسیله بازوی R تنظیمات انجام می شود.

اگر سیم پیچی در فواصل $2/5$ ٪ تغییر اتصال داده می شود:

(1) در کنتاکت های 1 و 2 : تمامی سم پیچی در مدار است.

(2) در کنتاکت های 2 و 3 : $97/5$ ٪ سم پیچی در مدار است.

(3) در کنتاکت های 3 و 4 : 95 ٪ سم پیچی در مدار است.

(4) در کنتاکت های 4 و 5 : $92/5$ ٪ سم پیچی در مدار است.

(5) در کنتاکت های 5 و 6 : 90 ٪ سم پیچی در مدار است.

S: تثبیت کننده است و از چرخش در جهت عقربه های ساعت جلوگیری می کند.

عمل تغییر اتصال در هنگامی که ترانسفورماتور از منبع جدا شده است انجام می شود.

تپ چنجر باردار

اگر تپ چنجر طوری طراحی شده باشد که با ترانسفورماتور در مدار عمل کند تپ چنجر

در زیر بار خوانده می شود.

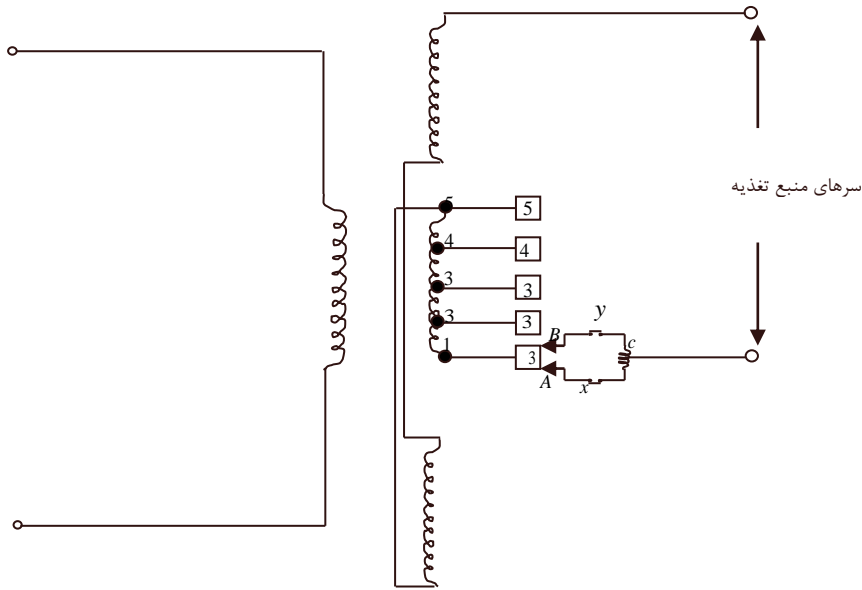
کاربرد: برای تغییر روزانه یا کوتاه مدت ولتاژ

ترانسفورماتور بدون قطع شدن از منبع تغذیه ، توسط تپ چنجر تنظیم می شود.

در طی عملکرد تپ چنجر در زیر بار

(1) مدار اصلی نباید اتصال باز شود چون قوس الکتریکی خطرناکی بوقوع خواهد پیوست.

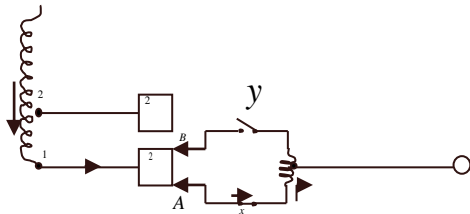
(2) هیچ کدام از قسمت های سیم پیچی تپ چنجر ، نباید اتصال کوتاه شود.



شکل

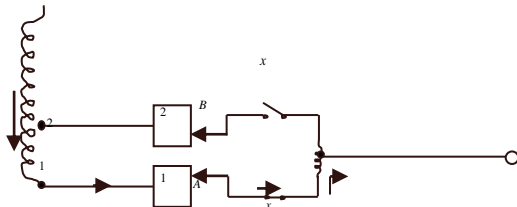
بوسیله سرهای A و B تپ ها تغییر می دهند.

مراحل برای تغییر تپ

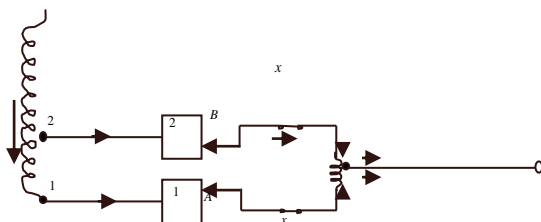


شکل

1) کلید Y را باز می کنیم .

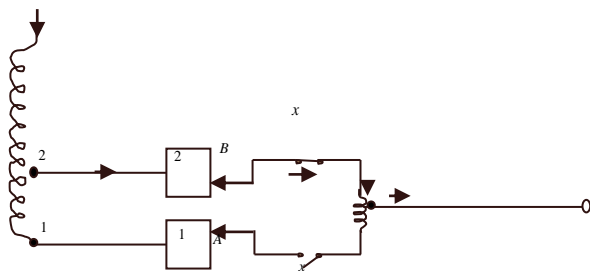


2) به طرف کنتاكت 2 برده می شود.



3) کلید Y را ببندید.

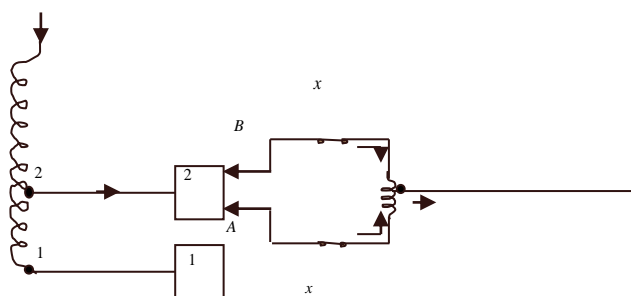
4) کلید X را باز کنید.



5) از سر A از کنتاكت 1 به کنتاكت

2 برده شود و سپس X بسته می

شود.



فصل دوم

ساختمان ترانسفورماتور

هسته آهنی (مدار مغناطیسی)

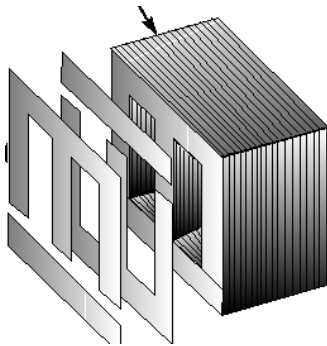
برای انتخاب هسته آهنی به دو اثر مهم توجه می شود:

الف) تلفات هیستریزیس: برای کاهش این اثر به هسته آهنی نا خالصی اضافه می کنند که

معمولا از جنس سلیس است.



ب) تلفات فوکو: برای کاهش این اثر هسته را به صورت ورقه ورقه در می آورند تا یک مسیر مداوم مغناطیسی با حداقل فاصله هوایی مهیا شود. ضخامت ورقه در ترانسفورماتورهای معمولی 0/35 یا 0/50 میلیمتر



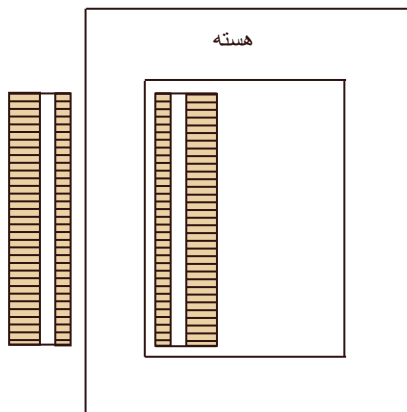
است. این ورقه ها نسبت به هم عایق هستند.

سه راه موجود برای عایق کاری عبارتند از:

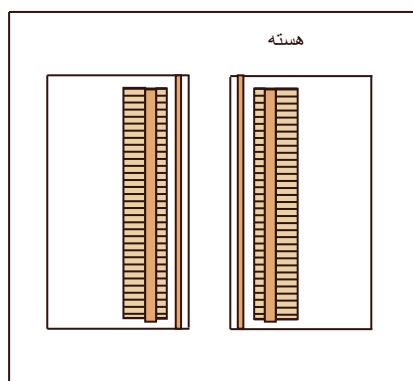
1. با کاغذهای به ضخامت 0/03 یا 0/04 میلیمتر در یک یا دو طرف ورقه
2. با روکش ورنی به ضخامت 0/01 میلیمتر در دو مرحله 0/005 میلیمتری
3. روش مشتقات تاسیون که فیلم نازک در حدود میکرون از جنس کارلایت بین ورقه ها قرار می دهند.

ترانسفورماتورها در انواع هسته ای و جداری (زرهی) ساخته می شوند. کاربرد نوع هسته ای بیشتر در فشار قوی می باشد و نوع زرهی آن کاربرد عمومی تری دارد. در شکل زیر نوع هسته ای و زرهی ترانسفورماتورها نشان داده شده است.

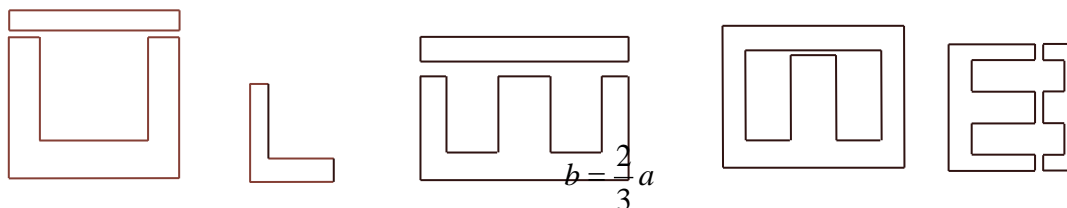
الف) ترانسفورماتور هسته ای (close – core) این هسته ها معمولا به صورت یک مربع بسته ساخته شده اند که هر سیم پیچ جداگانه بر روی یک طرف هسته پیچیده می شود.



ب) ترانسفورماتور جداری (زرهی) هسته (shell - type) هسته این ترانسفورماتور به صورت دو حلقه چسبیده به هم می باشد و سیم پیچ های اولیه و ثانویه بر روی هم روی ستون وسط پیچیده می شوند. از این نوع نیز در مدارهای اشعه ایکس استفاده می شود.



انواع هسته در شکل آمده است.



$$c = \frac{1}{6} a$$

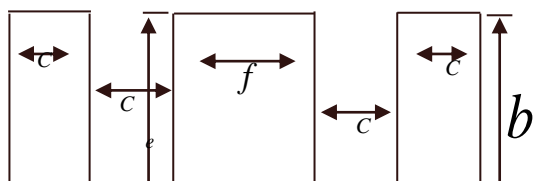
آمده است.

رایجترین برش در شکل زیر

$$e = \frac{1}{2} a$$



$$f = \frac{1}{3} a$$



$$g = \frac{2}{3} a$$

اندازه های استاندارد برش EI در جدول آمده است 0

اندازه	a	b	c	d	e	f	g	i	ضخامت ورق
EI92	92	62.5	11.5	4.5	51	23	66	82	0.27-0.65
EI106	106	70.5	14.5	5.5	56	29	77	94	“
EI130	130	87.5	17.5	6.8	70	35	95	115	“
EI150	150	100	20	7.8	80	40	110	135	“
EI170	170	117.5	22.5	8	95	45	125	150	“
EI195	195	152.5	27.5	11	125	55	140	170	“
EI231	231	176.5	32.5	13	144	65	166	201	“

سیم پیچ

سیم پیچ های ترانسفورماتورها اغلب از سیم لاکه مسی می پیچند. برای قدرت های بالا از سیم آلومینیومی نیز استفاده می شود.

مزایای سیم مسی :

1. هدایت الکتریکی بالا
2. مشخصات مکانیکی خوب (قابلیت خورد شدن خوب ، احتمال شکستگی کم، نرم بودن و پیچش ساده و لحیم کاری ساده)
3. در مقابل تنش ها و کنشهای حاصل از اتصال کوتاه ناگهانی مقاوم است.
4. در مقابل اضافه ولتاژهای ناگهانی ؛مقاومت و سختی از خود نشان می دهد.
5. از نقطه نظر اقتصادی مقرون به صرفه است.

نکته : فلز آلومینیوم اگر چه سبک تر و نرم تر از مس است ولی استحکام مکانیکی کمی دارد.

نوع	چگالی	نقطه ذوب	هدایت حرارتی	مقاومت مخصوص	ضریب حرارتی
مس	8.94	1083	350	0.01786	0.00393
آلومینیوم	2.7	657	200	0.0286	0.0035

روکش سیم های مسی در مقاطع پایین از لاک و در مقاطع بالا از کاغذ یا الیاف رشته ای استفاده می شود.

حداکثر درجه حرارت قابل تحمل	طبقه سیم لاکه
105	A
130	B

155	F
180	H

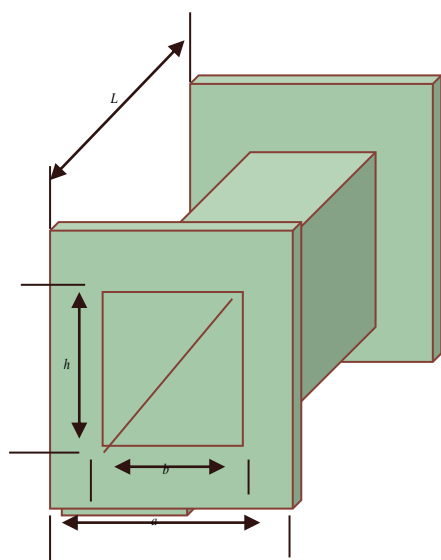
سیم های لاکمی مورد استفاده در ترانسفورماتورها بر اساس قطرشان در زیر طبقه بندی شده اند.

(جدول)

قطر سیم	سطح مقطع	وزن	مقاومت در 15 درجه	سیم پیچی یک لایه	سیم پیچی دو لایه	سیم پیچی سه لایه
0.08	0.00503	0.0447	3550	0.08	0.056	0.046
0.16	0.0201	0.1788	865	0.16	0.112	0.092
0.30	0.0706	0.629	243	0.30	0.221	0.173
0.40	0.1257	1.120	137.2	0.40	0.281	0.231
0.45	0.1590	1.420	108.4	0.45	0.316	0.260
0.50	0.1964	1.750	78.5	0.50	0.352	0.289
0.60	0.286	2.52	60.9	0.60	0.422	0.364
0.70	0.386	3.42	44.8	0.70	0.492	0.404
0.75	0.441	3.93	39	0.75	0.528	0.433
3.80	11.34	100.8	1.518	3.80	2.676	2.196
0.95	0.708	6.31	24.3	0.95	0.669	0.549
1.00	0.785	6.98	21.9	1.00	0.704	0.578
1.20	1.131	10.05	15.22	1.20	0.845	0.693

1.35	1.431	12.73	12.01	1.35	0.950	0.780
1.60	2.01	17.90	8.57	1.60	1.126	0.924
1.80	2.54	22.7	6.77	1.80	1.267	1.087
1.90	2.83	25.2	6.08	1.90	1.338	1.098
2.10	3.46	30.8	4.97	2.10	1.478	1.213
2.83	6.29	55.9	2.73	2.83	1.992	1.635
3.28	8.45	75.1	2.04	3.28	2.309	1.865

قرقره



برای حفاظ و نگهداری از سیم پیچ‌های ترانسفورماتور خصوصا در ترانسفورماتورهای کوچک باید از قرقره استفاده نمود. سیم پیچ‌های ترانسفورماتور ابتدا بر روی قرقره پیچیده می‌شود بخاطر همین اول قرقره متناسب با ابعاد هسته تهیه می‌شود و بر دستگاه سیم پیچ قرار داده می‌شود.

قرقره از جنس ترمو پلاست در توان پائین و در توان بالا از فیبرهای استخوانی به ضخامت

1الی 3 میلیمتر است.

اندازه قرقره باید با اندازه ی ورقه‌های ترانسفورماتور متناسب باشد و سیم پیچ نیز طوری بر روی آن پیچیده شود. که از لبه های قرقره مقداری پایین تر قرار گیرد تا هنگام جا زدن ورقه‌های ترانسفورماتور ، لایه ی رویی سیم پیچ صدمه نبیند. اندازه قرقره های ترانسفورماتورها نیز استاندارد شده است اما در تمام موارد ، با توجه به نیاز ، قرقره مناسب را می توان طراحی کرد.

نوع	a	b	h	L
EI92	67.4 ^{mm}	23.6 ^{mm}	24.5 ^{mm}	47 ^{mm}
EI106	75.5	29.6	33.5	55
EI130	92	35.7	37.7	69
EI150	107	40.7	41.6	79
EI170	121	45.7	56.7	94
EI195	136	56.5	57.7	124
EI231	159	66.5	64.7	143

عایق بندی

به منظور جلوگیری از شکست الکتریکی لایه های مختلف سیم پیچی بوسیله ورقه هایی از هم جدا می شوند بین سیم پیچ فشار قوی و فشار ضعیف و هسته نیاز به عایق بندی مخصوصی دارد . در ولتاژهای بالا به دی الکتریک قوی نیاز است که معمولا از ورقه هایی از جنس میکا و پرس اشبان، چوب فشرده و کاغذ عایقی استفاده می شود.

ظرف روغن (تانک)

قسمت های فعال ترانسفورماتورها یعنی سیم پیچ ها و هسته داخلی ظرفی پر از روغن قرار می گیرند. روغن در مجاورت سیم پیچ ها و هسته گرم می شود و شروع به چرخیدن می کند و عمل جابجایی روغن سرد و گرم صورت می گیرد و با این عمل قسمت فعال ترانسفورماتور خنک می ماند.

این ظرف ها در ترانسفورماتورهای قدرت شکل بیضی دارد که برای ترانسفورماتورهای قدرت 10mVA بوسیله خنک کننده های رادیاتوری خنک می کند. در ترانسفورماتورهای قدرت بیش از 10mVA بوسیله رادیاتورهای مجهز به بادبزن که هوا را با فشار به بدنه و لوله های گردش دهنده روغن می دهد. در ترانسفورماتورهای خشک که قدرت آنها کمتر 10Mva است برای خنک کردن آنها از وسیله خاصی استفاده نمی شود بلکه گرمای ترانسفورماتور به هوای پیرامون آن منتقل می گردد. روغن های ترانسفورماتور عمدتاً ترکیبات پیچیده ای از هیدروکربنهای مشتق از نفت خام می باشند و به جهت دارا بودن خواص مناسب، روغنهای پایه نفتینک ترانسفورماتور مناسب تر تشخیص داده شده اند.

ترمومتر روغن

ترمومتر روغن برای نشان دادن دمای روغن ترانسفورماتورهای توزیع دارای منبع انبساط و یا هرمتیک بکار می رود. این ترمومتر ها دارای دو سوئیچ الکتریکی و یک نشانگر حداکثر می باشند.

مشخصات کلی:

دمای کار محیط: 40- درجه سانتیگراد تا 80 درجه سانتیگراد

فشار: 50kPa- تا 200kPa

تست عایق بندی: 60sec .50HZ ,V2000

کلاس حفاظتی: IP54

بدنه: آلومینیوم ریختگی

رنگ: پوشش رنگ پودری الکترواستاتیک

صفحه شکاف: پلی کربنات

ترموول: فولاد ضد زنگ

اورینگ: نیتریل

جنس مواد:

Contact	E	D	C	B	A	Type
2	15	12	117	104	R $\frac{1}{2}$	TA1015
2	17	12	117	106	R $\frac{3}{4}$	TA1517
2	17	12	117	106	R1	TA2017

در مورد سفارش خرید روغن برای ترانسفورماتور ها دو مورد مهم را مد نظر قرار می

دهند:

1- کیفیت روغن ترانسفورماتور

2_ انتخاب نوع ترانسفورماتور

دو نوع آلودگی روغن ترانسفورماتورها:

(1) آلودگی فیزیکی (2) آلودگی شیمیائی

مهمترین منابع آلودگی روغن عبارتند از:

1) مواد معلق در روغن 2- آب 3- اکسیداسیون روغن

به طور کلی 3 نوع تست بر روی روغن ترانسفورماتور انجام می گیرد که عبارتند از:

1 - تستهای فیزیکی

2- تست های شیمیائی

3- قسمت های الکتریکی

معمولاً " مخزن ترانسفورماتور به شکل دیواره های کنگره ای شکل است، که به دو نوع هرمتیک یا منبع انبساط دار ساخته می شود. دو دیواره کنگره ای شکل با دستگاه اتوماتیک ایجاد شده و سپس با ماشین های خودکار از دو گوشه با بهترین کیفیت به همدیگر جوش داده می شوند. تعداد دیواره ها، عمق و طول آنها طوری طراحی می شود تا براحتی بتواند گرمای موجود در روغن را از طریق کنوکسیون طبیعی دفع کند. در مورد ترانسفورماتور های هرمتیک علاوه بر دفع حرارتی، فشار داخلی روغن منبسط شده نیز در طراحی دیواره ها دخالت دارد.

در برخی موارد ویژه بجای دیواره های کنگره ای، بر روی بدنه مخزن، از رادیاتور استفاده می شود.

بعد از جوشکاری جهت پرداخت سطح و بهبود چسبندگی رنگ، مخزن ساچمه زنی شده و به روش الکترواستاتیک (با ضخامت لایه ای 60 μm) یا به روش غرقابی (با ضخامت لایه ای 80 μm) رنگ آمیزی می شود. استفاده از این روش رنگ آمیزی محافظت عالی در برابر خوردگی برای مناطق مختلف آب و هوایی را ممکن می سازد.

خواص روغن

بطور کلی دلایل اصلی بکار بردن روغن ها در ترانسفورماتورها را می توان بصورت زیر

خلاصه نمود:

- 1- عایق کاری الکتریکی
- 2- کنترل درجه حرارت داخل ترانس و انتقال حرارت
- 3- جلوگیری از خوردگی مواد عایق و قسمتهای فلزی ترانسفورماتور
- 4- طول عمر زیادتر و تضمین پایداری شیمیایی برای ترانسفورماتور
- 5- آب بندی و جمع آوری و حمل مواد ناخالص ناشی از کاربرد به خارج از محیط سیستم
- 6- خاموش کردن جرقه الکتریکی

وظیفه روغن

وظیفه یک روغن خوب به عنوان یک سیال عایق و یک ماده انتقال دهنده حرارت که به

نحو احسن انجام وظیفه می کند عبارت است از:

- 1- استقامت دی الکتریک (یا ولتاژ شکست) بالا
- 2- قابلیت انتقال حرارت خوب
- 3- ویسکوزیته کم
- 4- نقطه ریزش یا سیلان پائین
- 5- نقطه اشتغال بالا
- 6- تمایل به اکسیداسیون و تشکیل لجن کم کم
- 7- ضریب تلفات عایق پائین
- 8- میزان تغییرات خواص در درجه حرارت بالا کم

سرهای خروجی از ظرف و عایق ها

1. مقره ها (بوشینگ ها)

سرهای خروجی سیم پیچ های فشار قوی و فشار ضعیف باید نسبت به بدنه فلزی تانک ، عایقکاری شوند . برای این منظور از مقره ها استفاده می شود . مقره یا بوشینگ تشکیل شده است از یک هادی مرکزی که توسط عایق های مناسبی در میان گرفته شده است .

بوشینگها روی در پوش فوقانی ترانس نصب می شوند و در موارد نادری بوشینگها را روی دیواره جانبی تانک هم نصب می کنند . انتهای پایینی مقره در داخل تانک جای می گیرد، در حالیکه سر دیگر آن در بالای درپوش و در هوای خارج واقع می شود

ترمینالهای هر دو سر دارای بستهای مناسبی برای اتصال به سر هادی های داخل ترانس و نیز هادی های شبکه می باشند . شکل و اندازه بوشینگها به کلاس ولتاژ ، نوع محل (داخل ساختمان یا در هوای آزاد) و جریان نامی آن بستگی دارد . بوشینگهای داخل ساختمانی نسبتاً کوچک بوده و سطح آن صاف است ،

بوشینگهای هوای آزاد کاملاً در معرض شرایط مختلف جوی نظیر برف و باران و آلودگی و ... قرار می گیرند ، بنابراین از نظر شکل کاملاً متفاوتند و از سپرهایی به شکل چتر تشکیل می شوند ، تا سطح زیرین آنها در مقابل باران خشک نگه داشته شوند . در این صورت سطح خارجی آنها زیاد شده و فاصله خزش جرقه روی سطح چینی عایق زیادتر می گردد و در نتیجه استقامت الکتریکی بوشینگ افزایش می یابد .

در حال حاضر تمام ترانسهای با قدرت زیاد ، برای کار در هوای آزاد ساخته می شوند و مقره های عایقی ، برای ولتاژهای مختلف زیر موجود می باشند : 0.5 و 1 و 3 و 6 تا 10 و 20 و 35 و 110 و 220 و 320 و 500 و 750 کیلووات در ترانسهای قدرت از 3 تا 10 کیلووات ، همان بوشینگ 10 kv بکار می رود. برای ترانسهای 1 kv و کمتر از مقره چینی ساده یا مقره اپوکسی زرین ساخته می شود.

2- مخزن روغن لوله های تخلیه گاز: مخزن باید طوری باشد که ظرف ترانسفورماتور همواره پر نگه دارد. برای جلوگیری از اکسیداسیون و جرقه در بین مخزن و ظرف ترانس از یک رله بوخهلتز استفاده می شود.

رله بوخهلتز

تجهیزات الکتریکی که داخل آنها پر از روغن است نظیر ترانسفورماتورها ، بوشینگهای آنها و ترمینال باکس مربوط به کابلها را می توان جهت محافظت از عیوب داخلی و از دست رفتن روغن آنها ، با رله بوخهلتز حفاظت کرد . این رله که در لوله رابط بین تانک و منبع ذخیره نصب می شود از دو گوی شناور که در داخل محفظه رله نصب شده اند و می توانند همراه با سطح روغن جابجا شوند ، تشکیل شده است . دو عدد کلید جیوه ای نیز با شناور همراه هستند و می توانند کنتاکتهایی را قطع یا وصل کنند رله بوخهلتز بسیار دقیق است و از آنجا که در مراحل اولیه آغاز شدن بسیاری از مشکلات ، آلام می دهد . این شانس را به پرسنل بهره برداری می دهد که شرایط خطرناک را خیلی زود شناسایی کنند و از آسیب های جدی به تجهیزات جلوگیری نمایند .

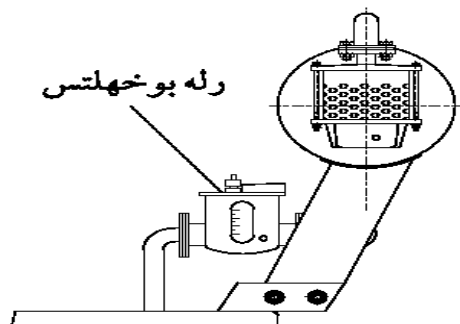
تنظیم درجه حساسیت رله بوخهلتز کاملاً تجربی است و بستگی به ترانس و رله دارد. در هر حال باید دقت داشت که رله خیلی حساس نباشد ، زیرا اضافه بار کم و جریانهای

اتصال کوتاه شدید خارجی و حتی تغییرات درجه حرارت موسمی ، سبب جریان پیدا کردن روغن می شود که نباید رله بوخهولتز را بکار اندازد . پس از هر تریپ ترانس ، در اثر رله بوخهولتز باید گازهایی که در محفظه رله جمع شده است را خارج نمود تا شناور آن به حالت اولیه خود بازگردد .

در ضمن باید گازهایی را که به محفظه گاز رله خارج می کنیم ، از نظر قابلیت اشتعال مورد آزمایش قرار دهیم ، زیرا در صورتیکه ترانسفورماتور خوب تحت خلاء قرار نگرفته باشد ، هوای موجود در داخل روغن ، کم کم خارج شده و در رله جمع می گردد و می تواند سبب ظاهر شدن آلارم گردد . همچنین ممکن است به طریقی هوا به داخل ترانسفورماتور نفوذ کرده باشد . این عمل در ترانسهایی که روغن آنها جدیداً عوض کرده اند بیشتر پیش می آید . با وجود اینکه رله بوخهولتز یک رله بسیار خوبی است و می تواند از آغاز پیدایش نقص آن را تشخیص دهد ، و لیکن دارای محدودیت هایی نیز هست که در ادامه ذکر می گردد .

محدودیت های رله بوخهولتز

1) فقط خطاهایی را تشخیص می دهد که در سطح روغن پایین تر از رله اتفاق افتاده باشد 2) تنظیم کلید جیوه ای را نمی توان زیاد حساس گرفت ، زیرا در این صورت لرزشهای ناشی از بهره برداری ، زلزله ، شوکهای مکانیکی در خط و حتی نشستن پرنده ها ، ممکن است اشتبهاً آنها را به کار اندازند ،



- 3) می نیمم زمان عمل کردن آن 0.1 ثانیه است و متوسط آن 0.2 ثانیه . چنین رله ای خیلی کند به حساب می آید ، و لیکن با وجود آن ارزش این رله بسیار بالاست .
- 4) از نظر اقتصادی رله بوخهولتز برای ترانسهای کمتر از 500 kva بکار برده نمی شود .

لوله انفجار

در اثر اتصال کوتاه ناگهانی و یا هر حادثهٔ دیگر در هسته و سیم پیچها که منجر به ایجاد گاز شدید شود ، فشار داخل تانک می تواند به میزان خطرناکی افزایش یابد . برای جلوگیری از خطر انفجار تانک ، در بالای درپوش آن شیر فشار شکن نصب می گردد . این شیر در عرض چند میلی ثانیه عمل خواهد کرد و سبب تخلیه فشار خواهد شد . در همین موقع ، میکرو سویچی که همراه آن است ، سبب بسته شدن مدار تریپ می گردد . پس از کاهش فشار در اثر نیروی فنر ، شیر خود به خود بسته خواهد شد.

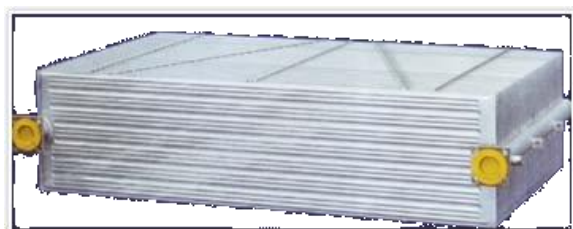
رادیاتور یا مبدل حرارتی

نظر به اینکه روغن دارای خاصیت عایقی خوب و همچنین تبادل حرارتی زیاد می باشد . در ترانسفورماتورها بعنوان خنک کننده مورد استفاده قرار می گیرد . جهت تبادل حرارتی بهتر با محیط اطراف ، اصولاً روغن از طریق رادیاتور و پمپ های روغن یک سیکل بسته را طی می نماید و حین عبور از رادیاتورها توسط فن ها با محیط اطراف تبادل

حرارتی انجام می دهد . لازم به توضیح است در بعضی از ترانسفورماتورهای واحدهای آبی روغن توسط کولرهای آبی (Heat exchanger) خنک می شود.

ظرفیت خنک کنندگی رادیاتورها بر اساس تعداد و ابعاد پره های آن تعیین می گردد. ساخت رادیاتورها نیز مطابق استاندارد DIN42559 صورت می گیرد. عدم استفاده از جوش ظاهری برای سرهای رادیاتور مزیت اصلی رادیاتورهای ما می باشد. با اینکار سطح صاف و بدون نشتی و کار اضافه ایجاد می شود.

رادیاتورهای قابل ارائه دارای مشخصات ذیل می باشند:



طول پره ها: از 800 الی 3500mm

پهنا 520mm

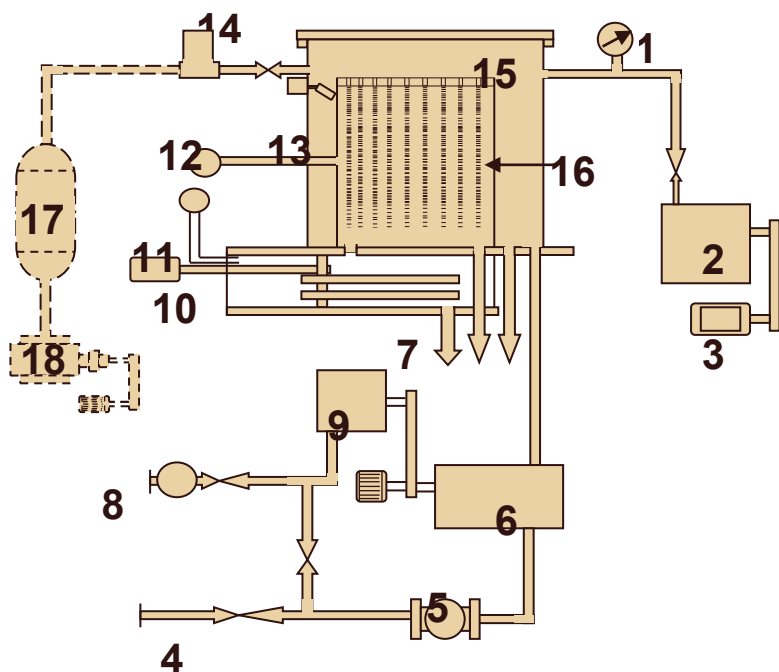
فاصله پره ها: 45mm

تعداد پره ها: 4 تا 28 پره در هر رادیاتور

پمپ و فن ها

جهت تبادل حرارتی بهتر با محیط اطراف ، اصولاً روغن از طریق رادیاتور و پمپ های روغن یک سیکل بسته را طی می نماید و حین عبور از رادیاتورها توسط فن ها با محیط اطراف تبادل حرارتی انجام می دهد . ترانسفورماتورهای مجتمع فولاد دارای چهار عدد فن می باشد که در شرایط خاص حرارت بالا 2 به 2 شروع می کنند .

دیگرام کار دستگاه خنک کننده



- | | |
|------------------------|------------------------|
| 1- درجه سنج خلا | 2- پمپ خلا |
| 3- موتور الکتریکی | 4- خروجی |
| 5- نشان دهنده جریان | 6- پمپ تمیز کننده روغن |
| 7- خشک کن ها | 8- ورودی |
| 9- پمپ مقایسه | 10- ترموستات |
| 11- میزان الحراره | 12- درجه سنج میزان |
| 13- کلید شناور کف روغن | 14- اتصالی هوای تازه |
| 15- مخزن خلا | 16- اطاق صافی |
| 17- مخزن هوا | 18- کمپرسور |

انواع ترانسفورماتورها

ترانسفورماتور قدرت

ترانسفورماتور قدرت: برای انتقال و توزیع انرژی الکتریکی

ترانسپهای قدرت برای مقاصد خاص مانند کوره های ذوب آلومینیم ،

انواع مختلف ترانسفورماتورهای فوق توزیع و قدرت شامل:

ترانسفورماتورهای تکفاز و سه فاز

ترانسفورماتورها و اتو ترانسفورماتورهای پست های فشار قوی

ترانسفورماتورهای نیروگاهی

ترانسفورماتورهای سه سیم پیچه

ترانسفورماتورهای دو ولتاژ

ترانسفورماتورهای مخصوص پست های موبایل

با حداکثر قدرت MVA500 تا ولتاژ KV420 می باشد. ترانسفورماتورهای فوق می توانند مجهز به کلید تنظیم ولتاژ تحت بار یا در حالت بی باری و انواع سیستم های خنک کنندگی ONAN, ONAF, OFAF, ODAF, OFWF, ODWF باشند. ترانسفورماتورها معمولاً بر اساس استاندارد IEC طراحی، تولید و آزمایش می گردند، با این حال در صورت درخواست می توان سایر استانداردهای ملی و بین المللی را نیز پوشش داد.

ترانسفورماتورهای تکفاز



تمامی انواع ترانسفورماتورهای قابل ساخت را بر حسب نیاز می توان بصورت تکفاز یا سه فاز

سفارش داد. ترانسفورماتورهای تکفاز که بصورت بانک ترانسفورماتوری مورد بهره برداری واقع می شوند در مواردی از قبیل محدودیت های وزنی و ابعاد حمل، الزامات شرایط سایت و ملاحظات مربوط به قابلیت اطمینان بر ترانسفورماتورهای سه فاز برتری دارند.

$$166.7 \text{ MVA}, \frac{400}{\sqrt{3}} \frac{230}{\sqrt{3}} \frac{20}{\sqrt{3}}$$

kV single phase autotransformer

ترانسفورماتورها و اتو ترانسفورماتورهای پست های فشار قوی



250MVA , 230/63kV transformer

اتوترانسها جهت تبدیل ولتاژ با نسبت کم و راه اندازی موتورهای القایی مورد استفاده قرار می گیرد.

ترانسفورماتورهای نیروگاهی



ترانس پشت ژنراتور در نیروگاه های بزرگ معمولاً بطور مستقیم از طریق شینه ها به

ترمینال های خروجی ژنراتور متصل می گردد. قابلیت اطمینان و دسترسی بالاتر و ملاحظات خاص در طراحی، ویژگی های متمایز این گروه از ترانسفورماتورها می باشد. معمولا میزان ولتاژ سمت ثانویه این نوع ترانسفورماتورها و جریان سمت اولیه آنها بالا بوده، اتصالات فشار قوی نیز می توانند از طریق خط هوایی و بوشینگ های مربوطه، جعبه کابل های روغنی یا از نوع SF6 بوده در سمت فشار ضعیف از طریق باسداکت باشد.

200MVA, 245/15.75kV generator step-up transformer

ترانسفورماتور سه سیم پیچه

ترانسفورماتورهای سه سیم پیچه در موارد مختلفی از قبیل ترانسفورماتور پشت ژنراتور و ترانسفورماتور شبکه برای مرتبط کردن سه سطح ولتاژ که غالبا سیم پیچ سوم به عنوان ثالثیه برای سیم پیچ های اصلی محسوب می شود مورد استفاده قرار می گیرند.

ترانسفورماتورهای دو ولتاژه

در برخی موارد لازم می شود که بتوان دو ولتاژ مختلف در سمت ثانویه در دسترس قرار گیرد. ایران ترانسفو قادر به ساخت چنین ترانسفورماتورهایی بوده و تا کنون تعداد قابل توجهی به مشتریان مختلف تحویل گردیده است.

ترانسفورماتورهای مخصوص پست های موبایل

پست موبایل بهترین گزینه برای برق دار کردن اضطراری بارها با توجه به عدم نیاز به تاسیس یک پست جدید بوده که پس از اتمام عملیات ساخت پست در صورت لزوم می

توان آنرا به آسانی به محل دیگری جابجا نمود. در مورد برق دار کردن بارهای موقت نیز این پست ها مزیت قابل توجهی در بر دارند.

پست های موبایل قدرت تا ولتاژ KV245 و قدرت MVA50 دارا می باشد.

البته محدودیت قدرت و ولتاژ مذکور با توجه به محدودیت های تریلر، حمل و نقل و قوانین ترافیکی مطرح می باشد.

ترانسفورماتورهای خاص

ترانسفورماتورهای موبایل

ترانسفورماتورهای یکسو ساز (رکتیفایر)

ترانسفورماتورهای مخصوص کوره های قوس الکتریکی

ترانسفورماتورهای مخصوص تست

ترانسفورماتورهای زمین

ترانسفورماتورهای یکسو ساز

ترانسفورماتورهای یکسو ساز به عنوان منبع تغذیه مناسب برای مدارهای یکسو ساز از نوع نیمه هادی ها، غالبا در صنایع الکترولیز و کارخانه های تولید فلزاتی از قبیل آلومینیوم، روی، مس و ... کاربرد دارند.

انواع ترانسفورماتورهای یکسو ساز مورد استفاده در یکسوسازهای 6 فاز، 12 پالسی یا هر ترکیب پیچیده دیگری را تولید می شود. ملاحظات خاص این نوع ترانسفورماتورها از جمله تاثیرات جریان های بالای سمت فشار ضعیف و مسائل ناشی از هارمونیک های جریان در مراحل طراحی و ساخت بطور کامل در نظر گرفته می شود

ترانسفورماتورهای کوره قوس الکتریکی AC

ترانسفورماتورهای کوره دارای ویژگی های بارز جریان های بسیار بالا در سمت فشار ضعیف و دوره بارگیری خاص آنها می باشند. بنابر این در مراحل طراحی و ساخت درک رفتار جریان های بالا از قبیل اثرات جریان های فوکو، توزیع یکنواخت جریان در هادی های موازی، جلوگیری از داغ شدن موضعی و بروز نقاط داغ و کارکرد پیوسته در وضعیت اتصال کوتاه در شروع مرحله ذوب از اهمیت بسیار بالایی برخوردار می باشد.

تنظیم ولتاژ این نوع ترانسفورماتورها می تواند بصورت مستقیم یا از طریق یک ترانسفورماتور بوستر تامین شود و همچنین بدلیل نرخ بسیار بالای تولید گرما در این نوع ترانسفورماتورها معمولاً از سیستم خنک کننده OFWF استفاده شود. ایران ترانسفو آمادگی دارد تا این نوع ترانسفورماتورها را بر اساس مشخصات مشتری تامین نماید.

ترانسفورماتورهای مخصوص تست



انواع ترانسفورماتورهای مخصوص تست از قبیل ترانسفورماتورهای تست اتصال کوتاه واقعی تجهیزات،

ترانسفورماتورهای مخصوص تست های فشار قوی و نیز ترانسفورماتورهای پیچیده مورد استفاده در آزمایشگاه های فشار قوی می باشد.

one stage of 250kV HV transformer testing

ترانسفورماتورهای موبایل

ترانسفورماتورهای موبایل پست جدید بوده که پس از اتمام عملیات ساخت پست در صورت لزوم می توان آنرا به آسانی به محل دیگری جابجا نمود. در مورد برق دار کردن بارهای موقت نیز این پست ها مزیت قابل توجهی در بر دارند. پست موبایل بهترین گزینه برای برقرار کردن اضطراری بارها است.

ترانسفورماتورهای زمین

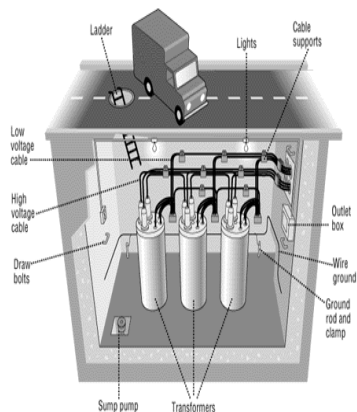
وظیفه اصلی ترانسفورماتور زمین ایجاد نقطه نوترال برای سمت با اتصال مثلث ترانسفورماتورهای اصلی می باشد. فازهای این ترانسفورماتورها بصورت زیگزاگ متصل شده و می تواند دارای سیم پیچ کمکی برای تغذیه داخلی پست نیز باشد. در صورت نیاز می توان کلید تنظیم ولتاژ در حالت بی باری نیز در سیم پیچ های اصلی برای آن در نظر گرفت. مهم



ترین عواملی که باید در طراحی این ترانسفورماتورها در نظر گرفت امپدانس توالی صفر و زمان تحمل اتصال کوتاه می باشد

63 kV, 2300 A, Znyn(d) Earthing Transformer

ترانسفورماتورهای توزیع



ترانسهای توزیع در پستهای توزیع زمینی و هوایی ، برای پخش انرژی در سطح شهرها و کارخانه ها بکار برده می شود.

ترانسفورماتورهای توزیع خشک رزینی

ترانسفورماتورهای توزیع روغنی

ترانسفورماتورهای توزیع خشک رزینی

در حال حاضر امکان ساخت برای ترانسفورماتورهای خشک رزینی با ظرفیت 160kVA تا 3150kVA و کلاس ولتاژ تا KV36 فراهم می باشد . تمامی ترانسفورماتورهای خشک رزینی بر اساس استاندارد IEC60076-11 یا سایر استانداردهای ملی و بین المللی طراحی، تولید و آزمایش می گردند. همچنین در زمینه تولید این محصولات دارای گواهینامه ISO 9001-2000 برای مدیریت کیفیت می باشد. ترانسفورماتورهای خشک رزینی بهترین گزینه برای توزیع انرژی الکتریکی با درجه بالای ایمنی می باشند. علاوه بر

اینکه خودشان آتشگیر نیستند، سبب انتشار آتش نیز نبوده و در صورت آسیب دیدن آن، خطر نشت مواد آتشزا یا آلوده کننده ای مثل روغن وجود ندارد. علاوه بر این، نیاز به نگهداری نداشته و بدلیل عاری بودن از تخلیه جزئی دارای عمر طولانی می باشند. موارد فوق باعث می شود که ترانسفورماتورهای خشک، ایمن ترین و قابل اطمینان ترین نوع ترانسفورماتور در بازار باشد.

چرا ترانسفورماتورهای خشک؟

ترانسفورماتورهای خشک رزینی تولید شده با توجه به دانش فنی جدید و تکنولوژی روز آن مزایای ذیل را دربر دارند:

عملکرد بدون تخلیه جزئی، بدون نیاز به نگهداری، مناسب برای فضاهای محدود، تلفات پائین، استقامت بالا در برابر اتصال کوتاه، امکان نصب در نزدیک ترین موقعیت به مراکز بار و مصرف، کاهش هزینه های توزیع برق، بدون آلودگی زیست محیطی ناشی از روغن، عاری از مواد سمی، سطح صدای پایین، مقاوم در برابر رطوبت، نصب آسان، بدخطر آتش سوزی، قابل اشتعال نبودن خود دستگاه

L.V. TERMINAL-1

H.V. TERMINAL-2

L.V. WINDING-3

H.V. WINDING-4

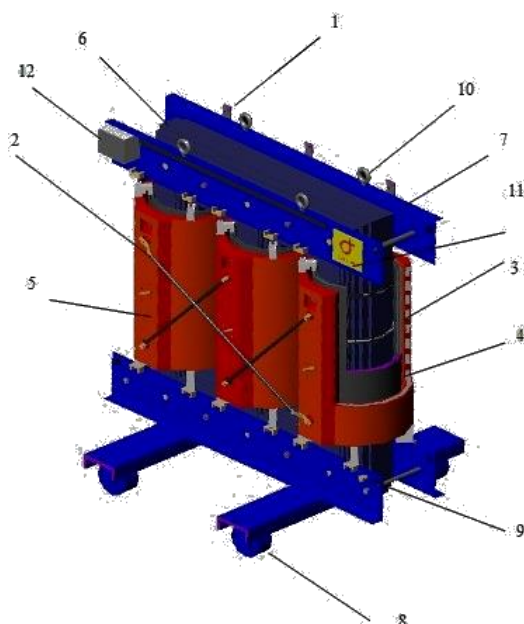
OFF - CIRCUIT TAPCHANGING LINKS-5

MAGNETIC CORE-6

CORE FRAME-7

UNDERCARRIAGE WITH -8

BIDIRECTIONAL ROLLERS



EARTHING TERMINAL-9

LIFTING EYES-10

NAME PLATE-11

AUXILIARY CIRCUIT BOX-12

ترانسفورماتورهای توزیع روغنی

با بهره گیری از فناوری جدید ساخت ترانسفورماتورهای توزیع با کیفیت بالا در حال

حاضر ظرفیت تولید سالانه MVA15000 یا ۴۵/۰۰۰ دستگاه ترانسفورماتور توزیع

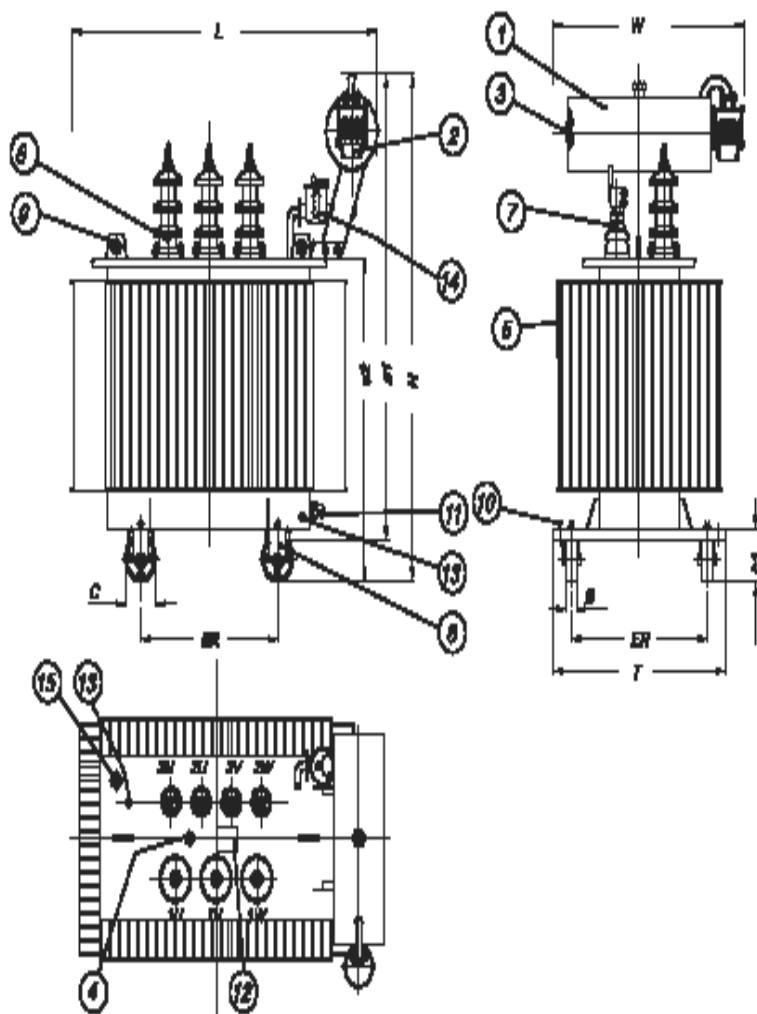
روغنی با قدرت نامی تا KVA5000 و سطح ولتاژ تا KV36 فراهم گردیده است.

ترانسفورماتورهای توزیع روغنی را از نقطه نظر ارتباط روغن با بیرون (تنفس

ترانسفورماتور) به دو دسته ذیل می توان تقسیم کرد:

نوع دارای منبع انبساط

نوع هرمتیک



- ۱- منبع انبساط
- ۲- محفظه رطوبت گیر
- ۳- روغن نما
- ۴- کلید تنظیم ولتاژ
- ۵- پلاک مشخصات اصلی
- ۶- مقره فشار قوی
- ۷- مقره فشار ضعیف
- ۸- چرخ انتقال
- ۹- قلاب حمل ترانسفورماتور
- ۱۰- قلاب کشش ترانسفورماتور
- ۱۱- شیر تخلیه و نمونه برداری
- ۱۲- تابلو (U.V.W)
- ۱۳- پیچ اتصال زمین
- ۱۴- رله بوخهانس
- ۱۵- ترمومتر

اصولاً آسیب دیدگی ترانس به دو صورت اتفاق می افتد .

1- هادی شدن عایق ترانس

2- پاره شدن یا قطع شدن هادیهای ترانس.

هر دو مورد ذکر شده پیامد سه عامل افزایش دمای داخل ترانس ، اضافه ولتاژ و ضربات مکانیکی است .

عواملی که باعث صدمه دیدن ترانس میگردند:

اضافه بار، نشت روغن، نفوذ رطوبت، اضافه ولتاژهای موقت، عمر بالای ترانس، بالا رفتن دمای محیط

عواملی که در جلوگیری از صدمه دیدن ترانس موثر است:

جلوگیری از پاره گی هادیهای ترانس، تست روغن ، بازدیدهای دوره ای و مداوم پست های

توزیع، استاندارد بودن اتصالات در تابلوها ، پیشگیری از بروز اضافه بار برای ترانسها

حفاظتهای ترانس :

الف : حفاظتهای داخلی

1) اتصال کوتاه: دستگاه حفاظت روغن (رله بوخهلتز، رله توی دستگاه حفاظت

درمقابل جریان زیاد) فیوز، رله جریان زیادی زمانی C، رله دیفرانسیل

2) اتصال زمین: مراقبت روغن با رله بوخهلتز، رله دیفرانسیل، سنجش جریان زمین

3) افزایش فلوی هسته

ب : حفاظتهای خارجی:

1) اتصالی در شبکه: فیوز، رله جریان زیاد زمانی، رله دیستانس

2) اضافه بار: ترمومتر روغن و سیم پیچ، رله جریان زیاد تاخیری، رله توی، منعکس

کننده حرارتی

3) اضافه ولتاژ در اثر موج سیار: توسط انواع برق گیر

ج : حفاظتهای غیر الکتریکی:

1) کمبود روغن: رله بوخهلتز،

2) قطع دستگاه خنک کن

3) نقص در تپ چنجر: رله تخله فشار یا گاز

انواع زمین کردن:

- زمین کردن حفاظتی:

زمین کردن حفاظتی عبارت است از زمین کردن کلیه قطعات فلزی تأسیسات الکتریکی که در ارتباط مستقیم (فلز به فلز) با مدار الکتریکی قرار ندارد. این زمین کردن بخصوص برای حفاظت اشخاص درمقابل اختلاف سطحتماس زیاد به کار گرفته می شود

- زمین کردن الکتریکی:

زمین کردن الکتریکی یعنی زمین کردن نقطه ای از دستگاه های الکتریکی و ادوات برقی که جزئی از مدار الکتریکی می باشد. مثل زمین کردن مرکز ستاره سیم پیچ ترانسفورماتور یا ژنراتور. که این زمین کردن بخاطر کار صحیح دستگاه و جلوگیری از ازدیاد فشار الکتریکی فازهای سالم نسبت به زمین در موقع تماس یکی از فازهای دیگر با زمین.

روشهای زمین کردن:

— روش مستقیم: مثل وصل مستقیم نقطه صفر ترانس یا نقطه ای از سیم رابط بین

ژنراتور جریان دائم به زمین

— روش غیر مستقیم: مثل وصل نقطه صفر ژنراتور توسط یک مقاومت بزرگ به زمین یا

اتصال نقطه صفر ستاره ترانس توسط سلف پترزن (پیچک محدود کننده جریان زمین