

به نام خدا

ترانسفورماتورهای شبکه توزیع



فهرست

1. مقدمه
2. انواع ترانسفورماتورهای توزیع
3. پلاریته ترانسفورماتور
9. اتصالات ترانسفورماتور تک فاز
10. اتصالات ترانسفورماتور سه فاز
11. ترانسفورماتور سه فاز
12. اتصال T یا اسکات
13. اتوترانسفورماتور
14. ترانسفورماتور بوستر
15. ترانسفورماتور فلز آمورف

مقدمه

- هدف: تبدیل ولتاژ فشار متوسط (۳۳، ۲۰ و ۱۱ کیلوولت) به ولتاژ فشار ضعیف (۴۰۰ ولت و پایین تر)
- نوع: تکفاز و سه فاز
- نحوه نصب: تا قدرت ۵۰۰ کیلوولت آمپر بر روی تیر برق و بیشتر از آن زمینی و یا زیر زمینی استفاده میشود.
- امپدانس: بین ۲ تا ۶ درصد. ترانس کوچکتر امپدانس پایین تر
 - امپدانس پایین تر، تنظیم ولتاژ بهتر ولی افزایش جریان خطا
- اضافه بار: ترانسهای توزیع تحمل اضافه بار بیشتر از ترانسهای انتقال را دارند.

Technical Specification of Standard Transformers (20/0.4 kv)

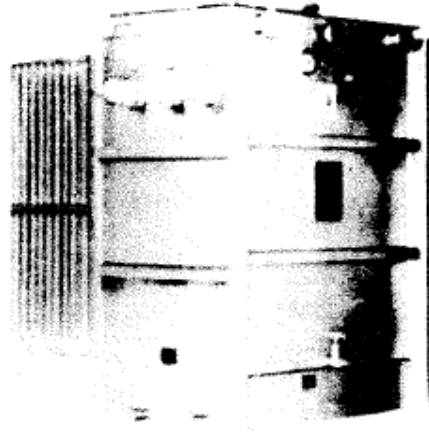
Type		TSUN 4444	TSUN 4744	TSUN 5044	TSUN 5344	TSUN 5444	TSUN 5544	TSUN 5644	TSUN 5744	TSUN 5844	TSUN 5944	TSUN 6044	TSUN 6144	TSUN 6244	TSUN 6344	
Rated power	(kVA)	25	50	100	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	
Rated HV/LV voltage	(kV)	20/0.4	20/0.4	20/0.4	20/0.4	20/0.4	20/0.4	20/0.4	20/0.4	20/0.4	20/0.4	20/0.4	20/0.4	20/0.4	20/0.4	
Taps in HV	(%)	+4	+4	+4	+4	+5	+5	+5	+5	+5	+5	+5	+5	+5	+5	
Rated Frequency	(Hz)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	
Vector Group		Yzn5	Yzn5	Yzn5	Yzn5	Dyn5	Dyn5	Dyn5	Dyn5	Dyn5	Dyn5	Dyn5	Dyn5	Dyn5	Dyn5	
Short Circuit Voltage	(%)	4	4	4	4	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
Max. Ambient Temp.	(°C)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	
Max Altitude above Sea Level	(m)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	
Rated HV Current	(A)	0.72	1.44	2.89	5.77	7.22	9.09	11.55	14.43	18.2	23.09	28.87	36.1	46.2	57.7	
Rated LV Current	(A)	36.1	72.2	144.3	289	361	455	577	722	909.3	1155	1443	1804	2309	2887	
No-Load Losses	(W)	A	150	210	340	570	610	720	850	1000	1200	1450	1750	2100	2550	3200
		B	-	125	210	360	425	510	610	720	800	950	1100	1300	1700	2050
No-Load Current	(%)	A	4.3	2.8	2.6	2.4	2.1	2	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.4	1.3	1.5
		B	-	2	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1	1	1.1	1.2	1.3
Short Circuit Losses in 75°C	(W)	A	750	1250	2150	3600	4450	5400	6450	7800	9300	11000	13500	16400	19800	23000
		B	-	875	1475	2350	2750	3250	3850	4950	5600	7400	9500	11400	14000	17500
Applied insulation Test Voltage (kV)		50/3	50/3	50/3	50/3	50/3	50/3	50/3	50/3	50/3	50/3	50/3	50/3	50/3	50/3	

انواع ترانس

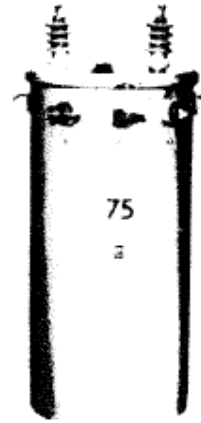
- گرما مهمترین عامل محدود ساز در ترانس است. مهمترین کار در طراحی ترانس، خروج گرمای سیم پیچها از تانک است.
- انواع ترانسهای از حیث خنک سازی
 - روغنی
 - در ترانسهای با ظرفیت بالاتر از ۲۵kVA، برای افزایش خنک سازی، از پره دار کردن قسمت بیرونی تانک استفاده می کنند. (Self-Cooled)
 - در ترانسهای بزرگتر، از دمیدن هوا بر روی تانک استفاده می کنند. (Forced-Air-Colled)
 - خشک

انواع ترانسهای هوایی

- ترانس معمولی
- بدون تجهیزات حفاظتی داخلی
- ترانس خود محافظ: Completely Self-Protecting (CSP)
 - با حفاظت داخلی سیم پیچ اولیه در مقابل اضافه بار، خطا داخلی و صاعقه
- ترانس خود محافظ با حفاظت ثانویه: Completely Self-Protecting for secondary banking (CSPB)
 - مشابه ترانس CSP با کلید قدرت اضافه در سمت ثانویه برای جدا کردن سمت ثانویه در صورت لزوم

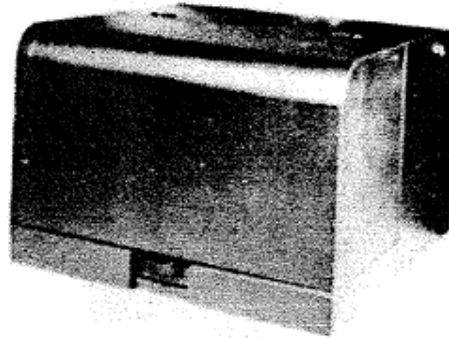


(a)

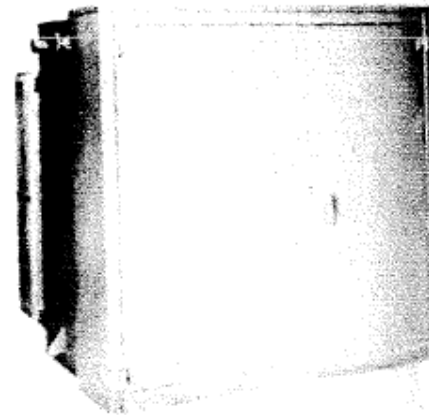


(b)

۵۰۰-۱۰ kVA



(c)



(d)

ترانس تکفاز

۱۶۷-۱۰ kVA :Pad-Mounted

ترانس سه فاز

۲۵۰۰-۴۵ kVA :Pad-Mounted

انواع ترانس تکفاز – ساختمانی

- نوع ستونی

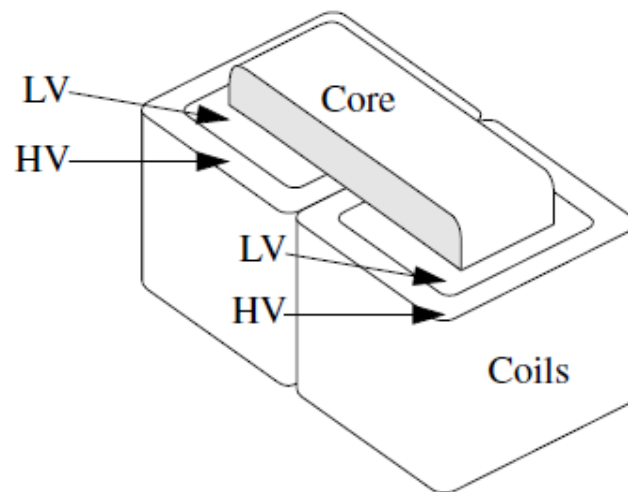
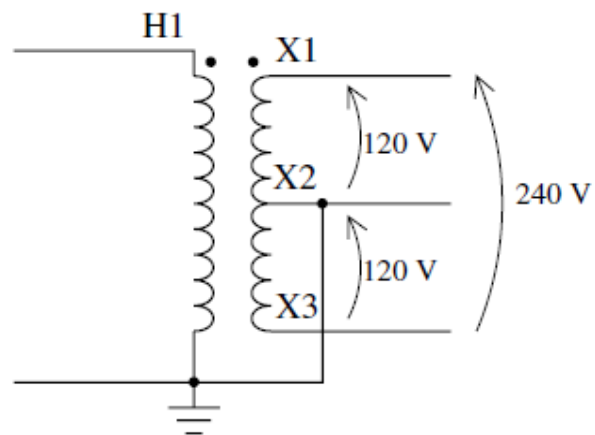
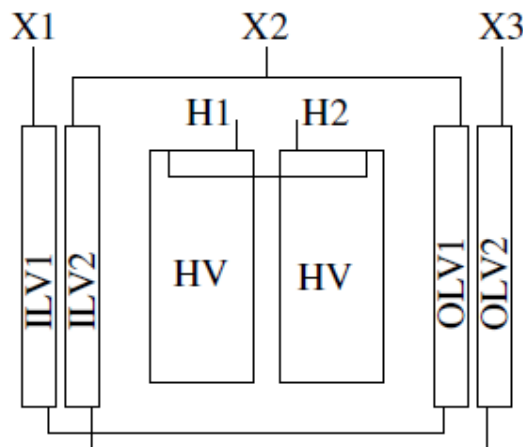
- باید سیم پیچ ثانویه به صورت در هم تنیده (Interlaced) باشد هر خروجی ۱۲۰ ولت

برروی ۲ هسته پیچیده شده است

- اجازه نامتعادلی بار در دو خروجی را می دهد. شار به طور متعادل بین دو هسته توزیع می شود.

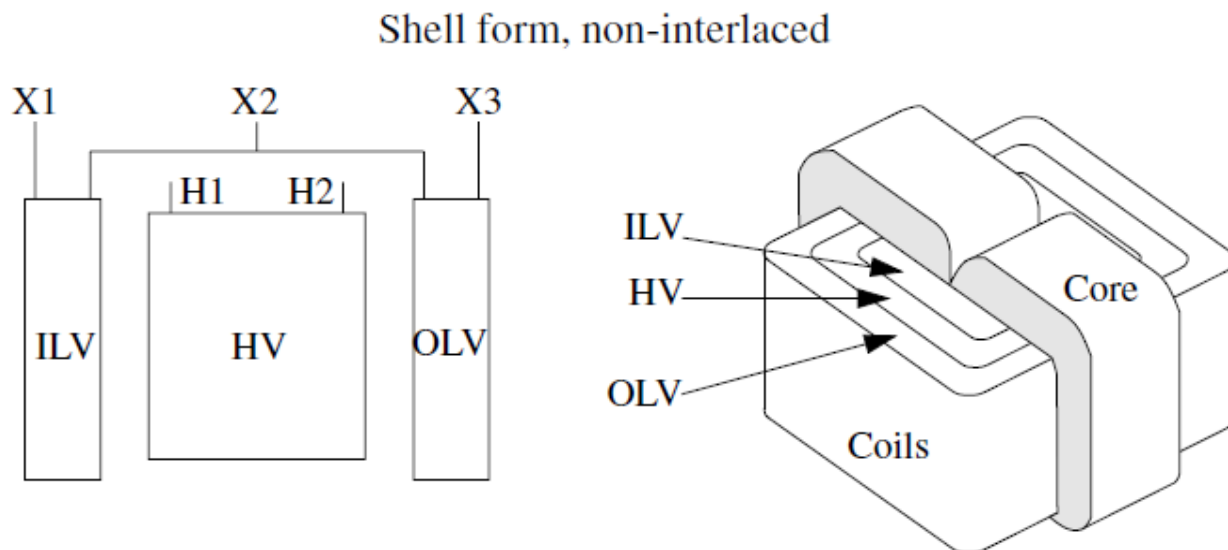
- مسیر برگشت شار ندارد و در صورت در هم تنیده نبودن، شار مسیر خود را از طریق تانک می بندد و تانک به شدت گرم می شود

Core form, interlaced



انواع ترانس تکفاز – ساختمانی – ادامه

- نوع زرهی

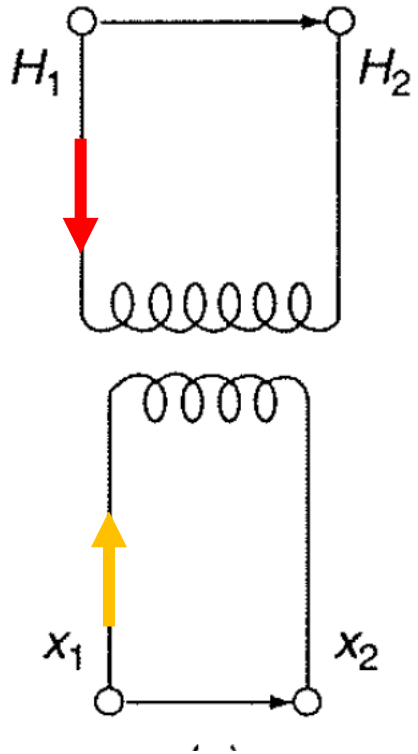


(Interlaced) باشد

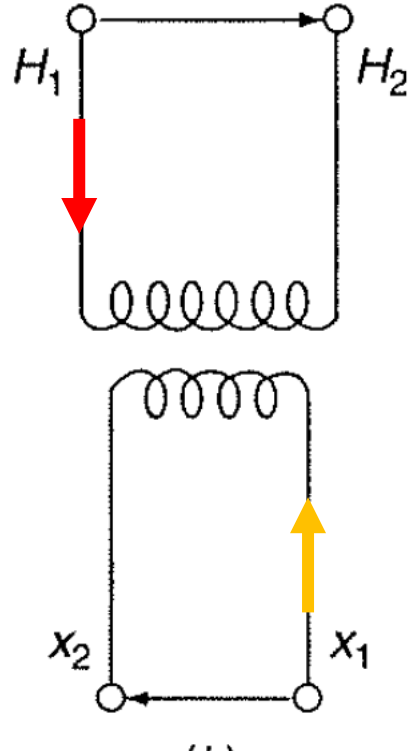
- راکتانس آن ۲ تا ۴ برابر ترانس نوع هسته ستونی است.

- مسیر برگشت شار دارد

پلاریته ترانس



کسری



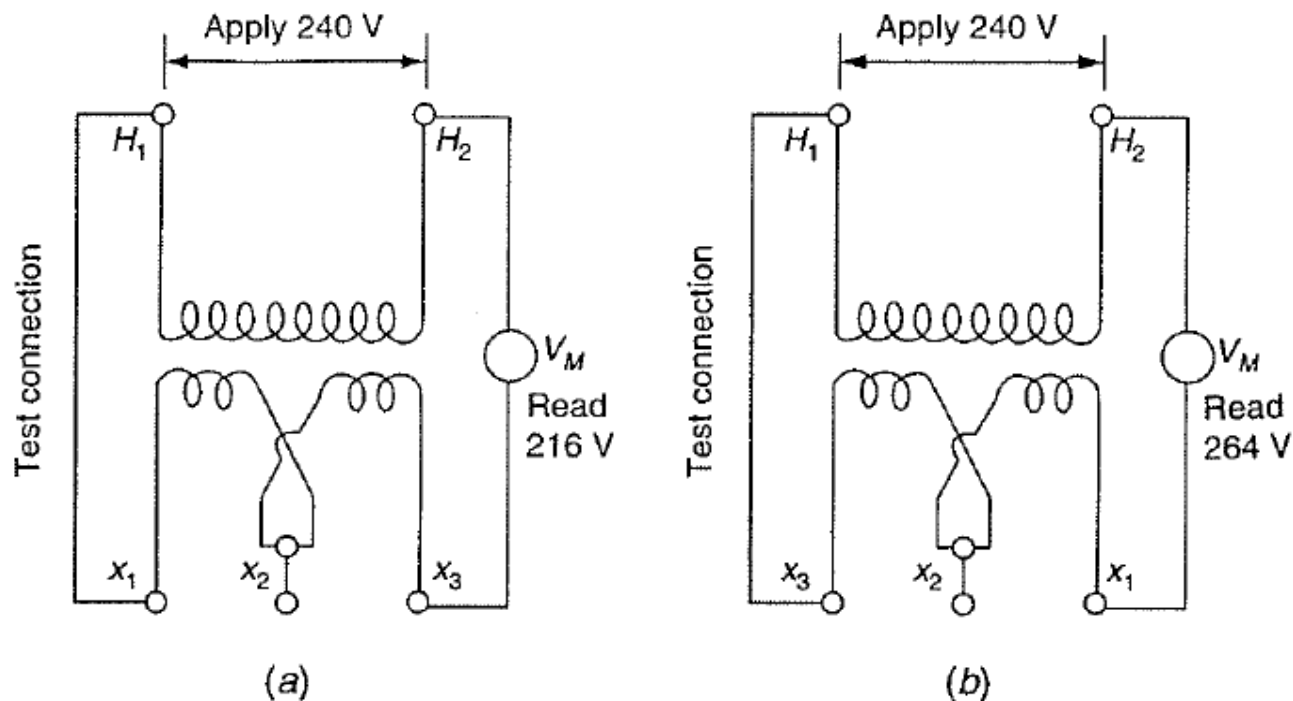
اضافی

• اضافی (Additive)

• کسری (Subtractive)

• جهت جریان H_1 و X_1 و جهت H_2 و X_2 یکسان است

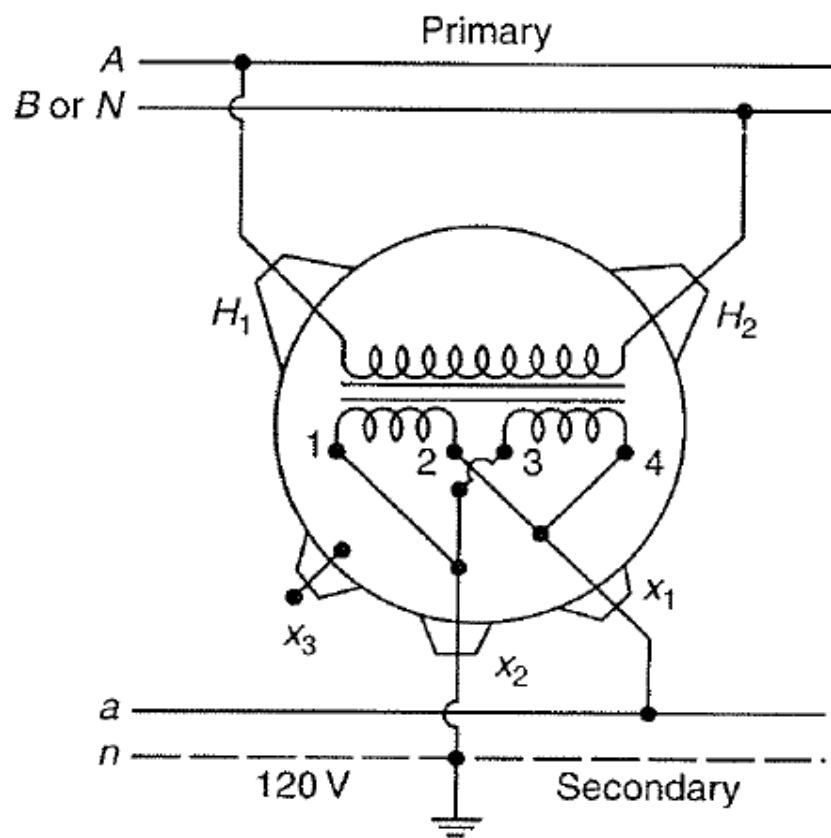
پلاریته ترانس-اندازه گیری



- اتصال یکی از بوشینگهای مجاور
- نصب ولتметр بین دو بوشینگ دیگر
- اعمال ولتاژ به سمت فشار متوسط
- اضافی: قرائت ولتметр بزرگتر از ولتاژ اعمالی
- کسری: قرائت ولتметр کمتر از ولتاژ اعمالی

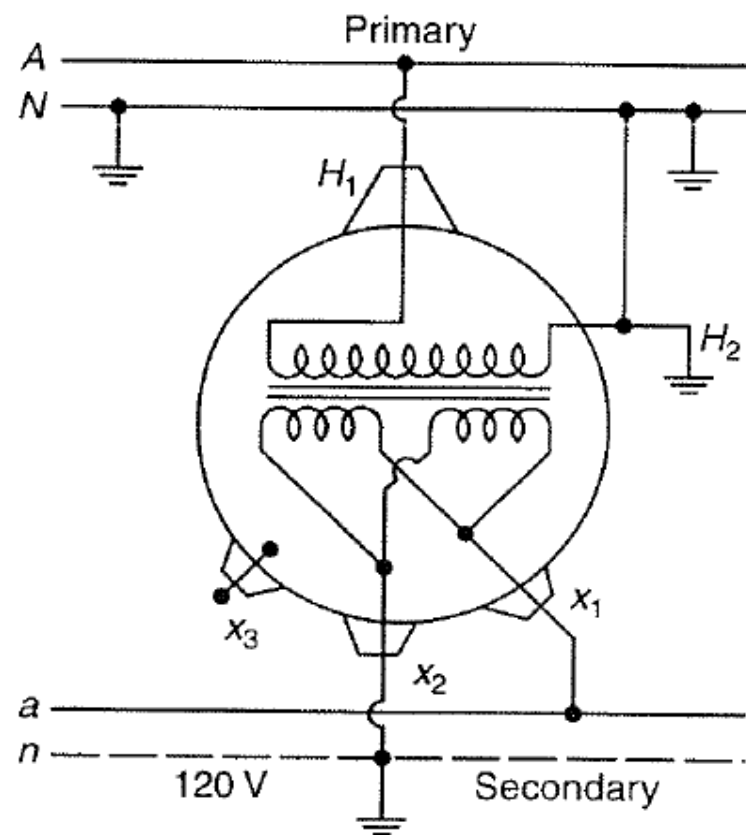
اتصال ترانسهای تکفاز

- تعداد بیشتر ترانس تکفاز نسبت به چند فاز
- مصرف کننده بیشتر تکفاز
- عموماً ترانس تکفاز یک سیم پیچ فشار قوی و ۲ سیم پیچ فشار ضعیف دارد.
- موازی کردن دو سیم پیچ ثانویه
- سری کردن دو سیم پیچ



(a)

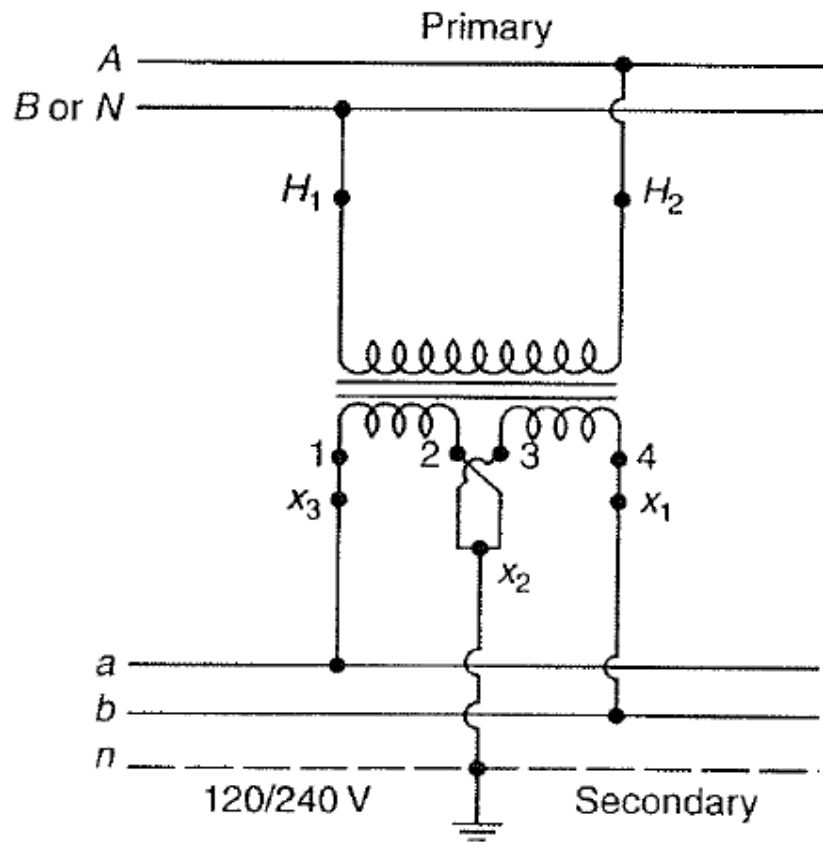
دو بوشینگ



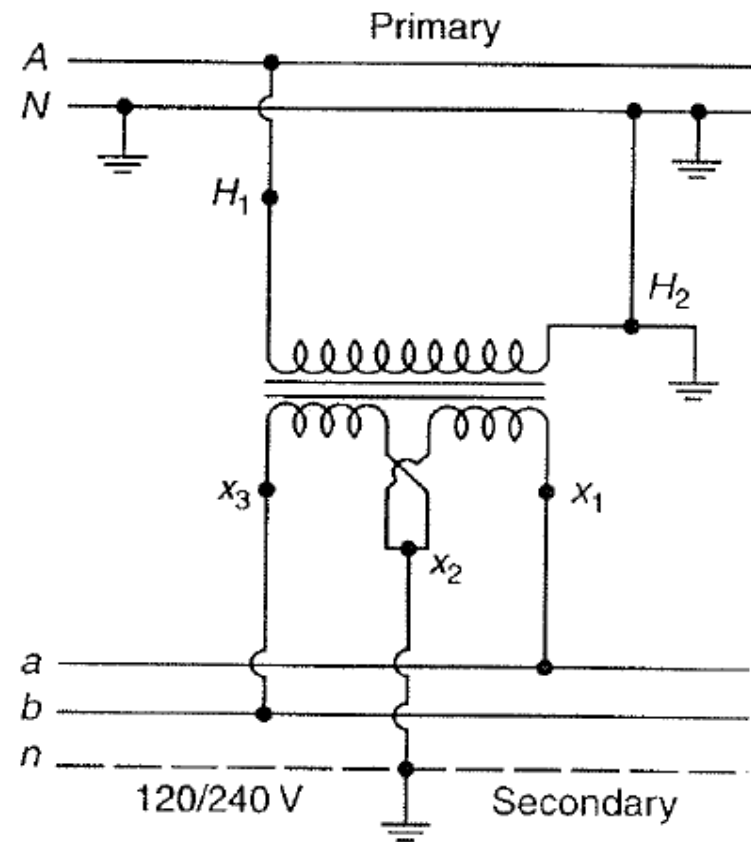
(b)

تک بوشینگ - سیستم زمین شده

موازی کردن دو سیم پیچ ثانویه

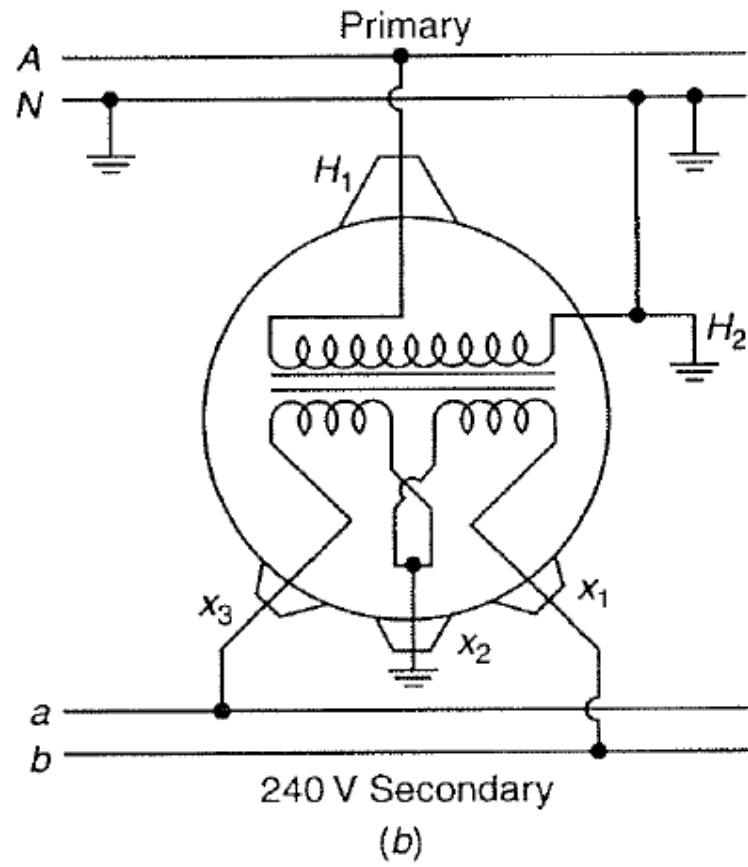
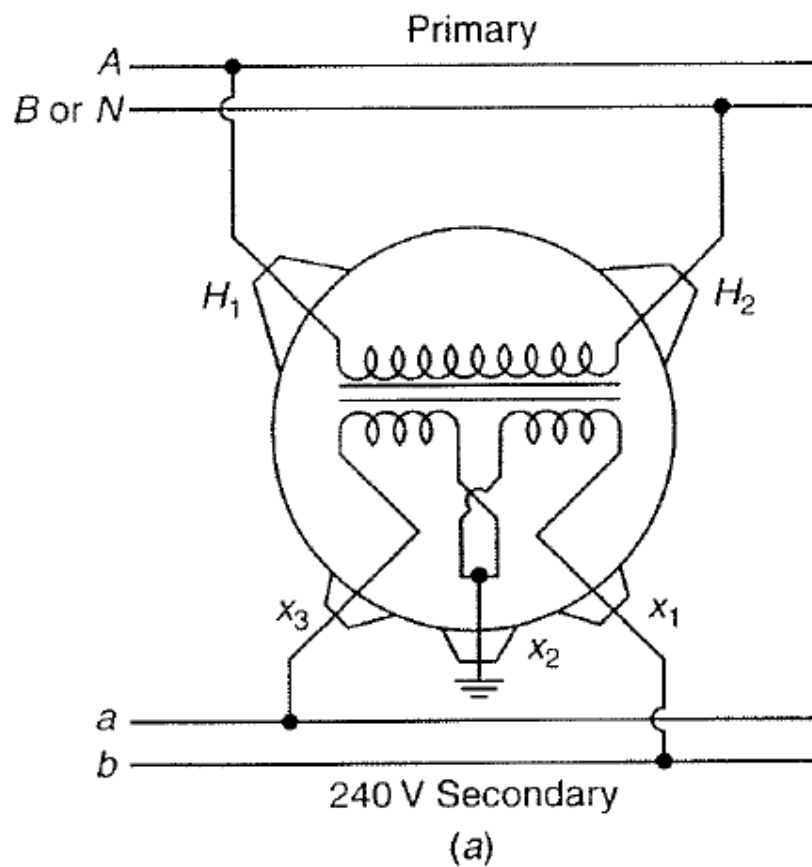


(c)



(d)

سری کردن دو سیم پیچ ثانویه - سه سیمه - خروجی ۱۲۰ یا ۲۴۰



سری کردن دو سیم پیچ ثانویه - دو سیمه - خروجی ۲۴۰ برای صنایع کوچک

موازی کردن ترانسهای تکفاز

- هدف: تامین وقت افزایش تقاضا

- شرایط

- نسبت تبدیل برابر

- اتصال به فاز مشابه در سمت اولیه

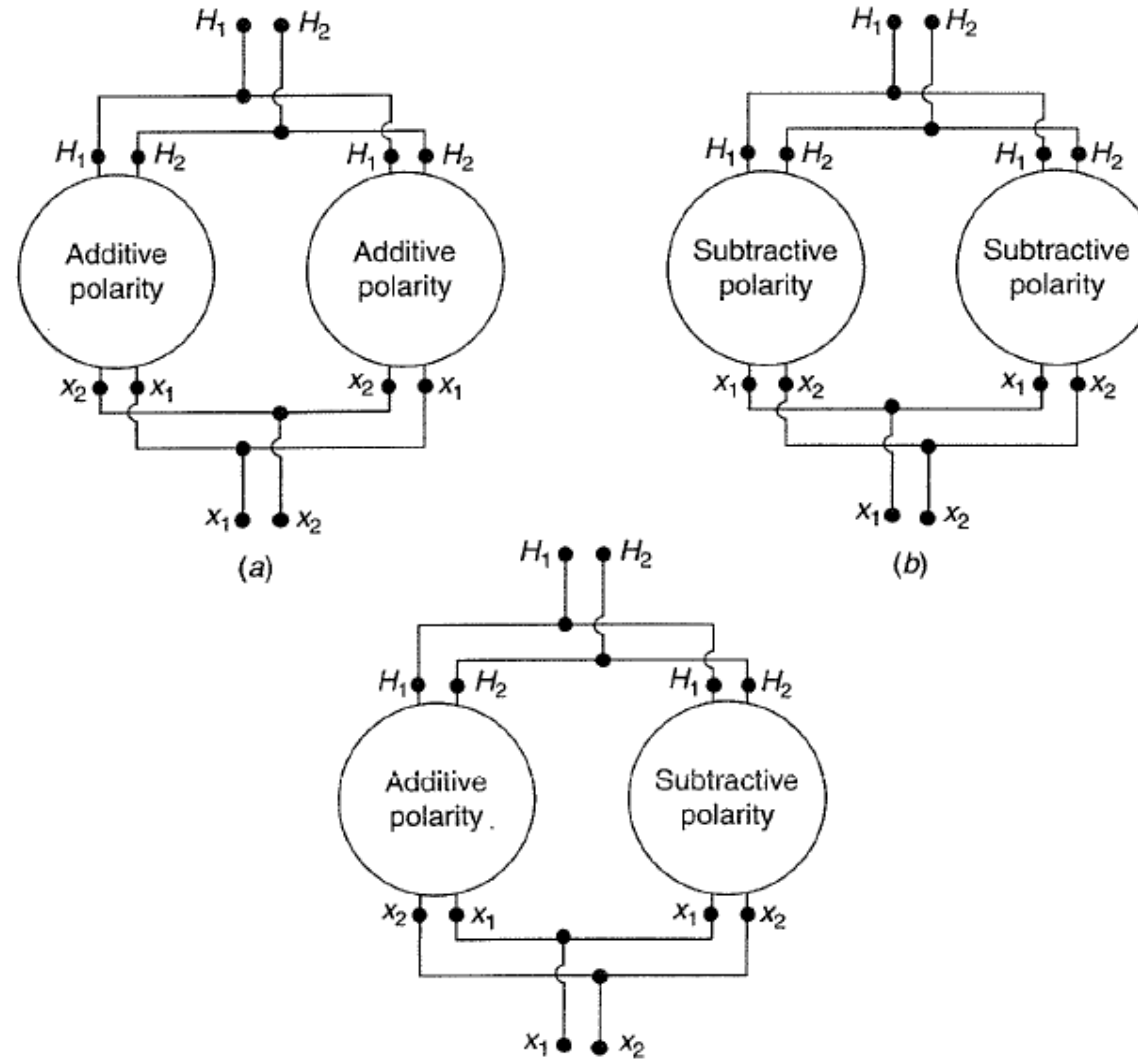
- فرکانس نامی یکسان

- ولتاژ نامی یکسان

- تنظیم یکسان تپ چنجر

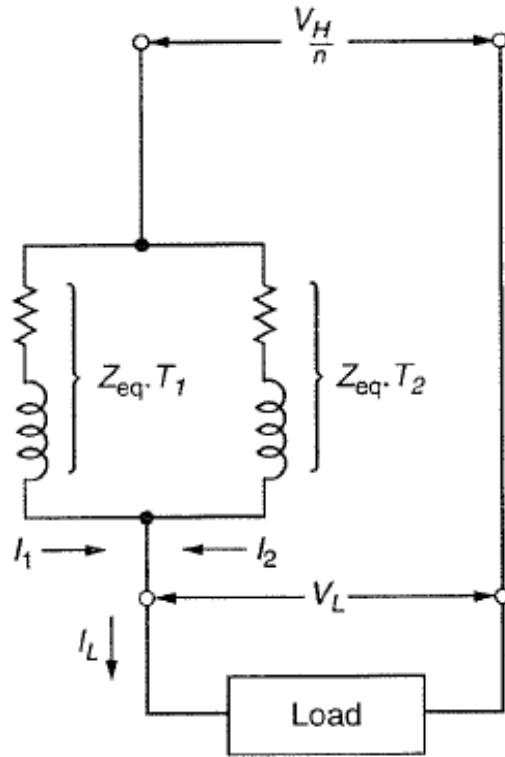
- نسبت امپدانس پریونت ترانسها نسبت به یکدیگر باید بین ۱.۰۷۵ تا ۰.۹۲۵ باشد تا از حداکثر ظرفیت استفاده کرد.

در ترانسهای موازی، هزینه سرمایه گذاری و تلفات در مقایسه با یک ترانس بزرگتر با ظرفیت برابر مجموع دو ترانس موازی شده، بیشتر است.

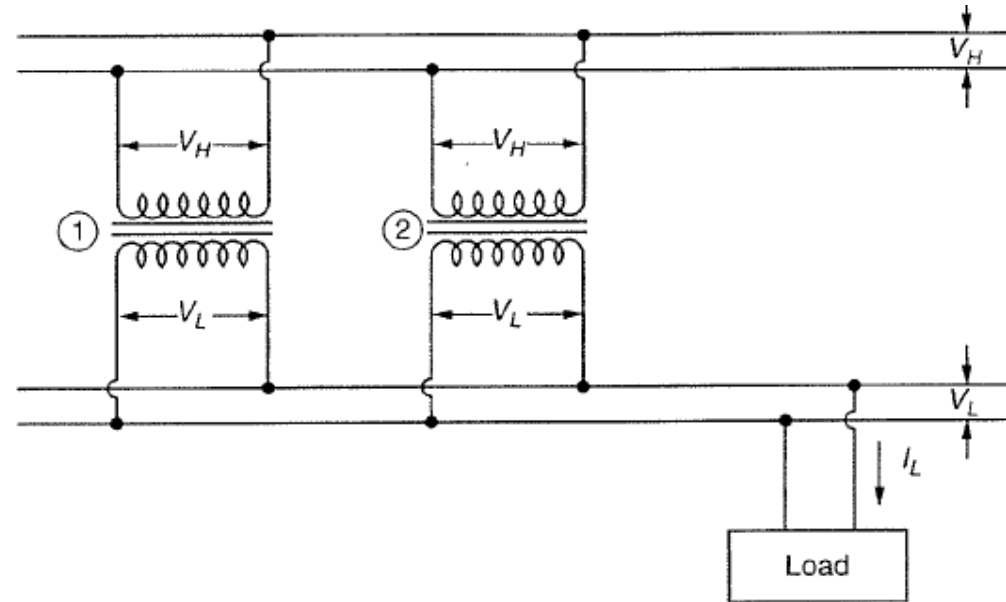


Additive و Subtractive

تقسیم بار بین دو ترانس موازی



سیم پیچ ثانویه دو ترانس موازی - پس
افت ولتاژ در دو سیم پیچ برابر



بار تغذیه شدن توسط دو ترانس موازی

تقسیم بار بین دو ترانس موازی – ادامه

$$I_1(Z_{eq, T1}) = I_2(Z_{eq, T2}) \quad \longrightarrow \quad \frac{I_1}{I_2} = \frac{Z_{eq, T2}}{Z_{eq, T1}}$$

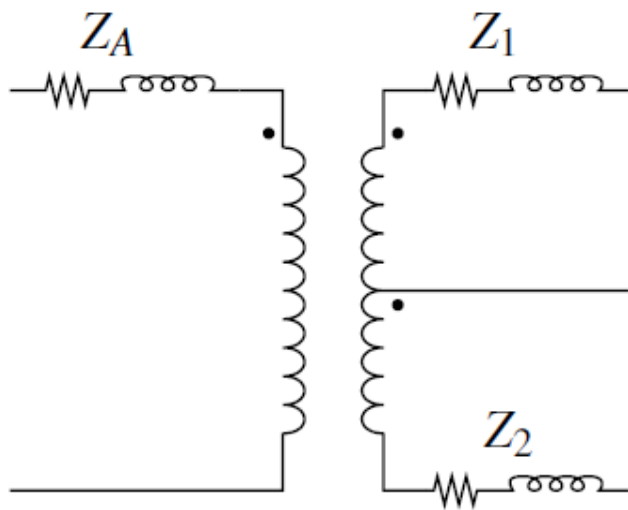
$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{(\%Z)_{T2}}{(\%Z)_{T1}} \frac{S_{T1}}{S_{T2}} \quad \longrightarrow \quad \frac{S_{L1}}{S_{L2}} = \frac{(\%Z)_{T2}}{(\%Z)_{T1}} \frac{S_{T1}}{S_{T2}}$$

• معادله (۱)

امپدانس ترانس

- امپدانس حک شده بر پلاک ترانس تک فاز ، امپدانس کامل ترانس از سمت اولیه است وقتی که $X1$ و $X3$ اتصال کوتاه شده اند. (R and X)

$$Z_{HX1-2} = Z_{HX2-3} = 1.5 R + j 1.2 X$$



Full-winding impedance = $R + jX$

Interlaced secondary winding

$$Z_A = 0.5R + j0.8X$$

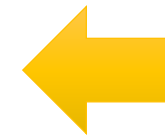
$$Z_1 = Z_2 = R + j0.4X$$

Noninterlaced secondary winding

$$Z_A = 0.25R - j0.6X$$

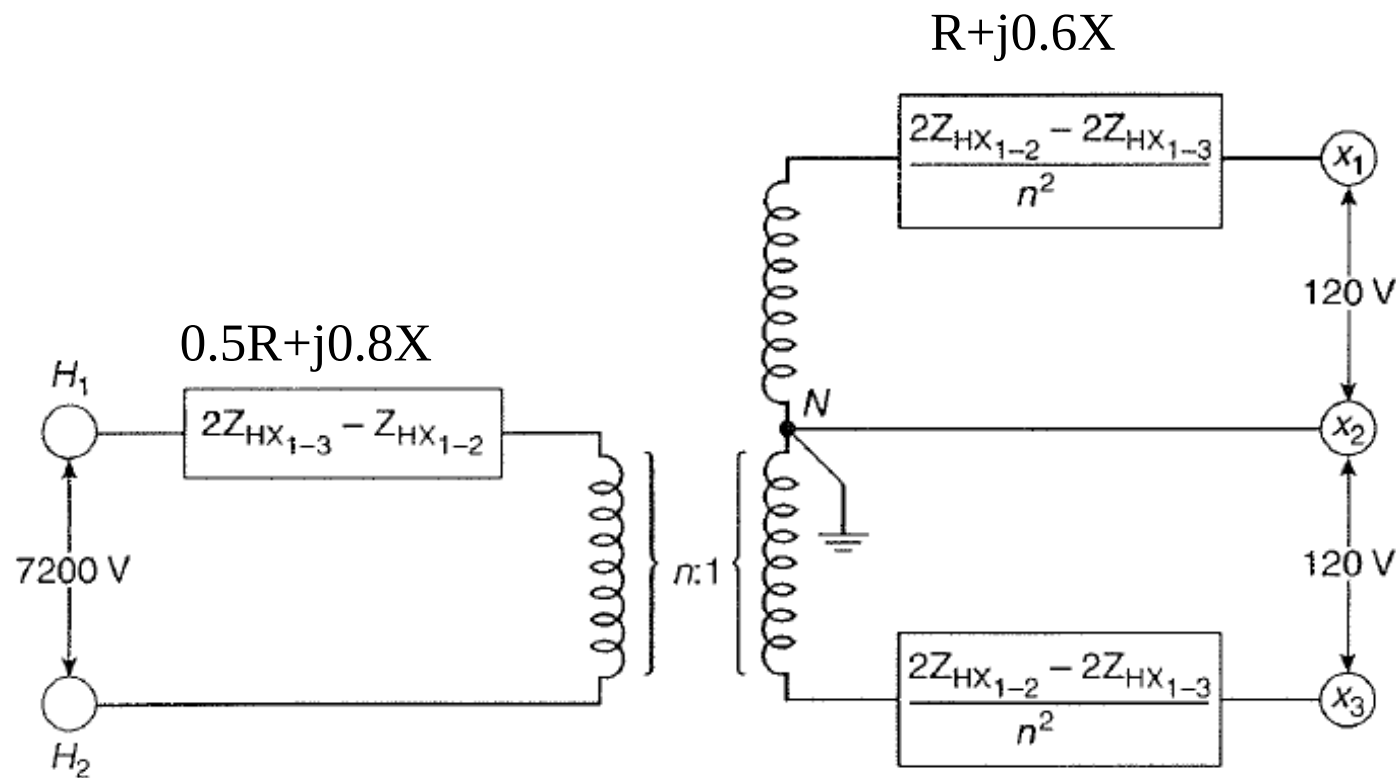
$$Z_1 = 1.5R + j3.3X$$

$$Z_2 = 1.5R + j3.1X \text{ (inner winding)}$$



مقادیر تقریبی
امپدانس سیم
پیچها- الگوی
اول

امپدانس ترانس-ادامه



مقادیر تقریبی
امپدانس سیم
پیچها- الگوی
دوم

امپدانس ترانس-ادامه

• مثال ۱: ترانس تکفاز سه سیمه، با قدرت 25kVA و 7200-120/240 مفروض است. مقاومت و

راکتانس حک شده بر روی پلاک ترانس به صورت زیر: $R_T = 0.014 \text{ pu}$ $X_T = 0.012 \text{ pu}$.

• امپدانس سیم پیچهای مختلف را بر حسب پریونیت و اهم محاسبه نمایید.

• حل: امپدانس $\bar{Z}_{HX_{1-2}}$ ، امپدانس ترانس از سمت فشار قوی است وقتی که X2 و X3 اتصال کوتاه شده باشند.

$$\bar{Z}_{HX_{1-2}} = 1.5R_T + j1.2X_T$$

$$n = \frac{V_H}{V_X} = \frac{7200 \text{ V}}{120 \text{ V}} = 60.$$

امپدانس ترانس-ادامه

$$\begin{aligned}\bar{Z}_{HX_{1-3}} &= R_T + jX_T \\ &= 0.014 + j0.012 \text{ pu.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\bar{Z}_{HX_{1-2}} &= 1.5R_T + j1.2X_T \\ &= 1.5 \times 0.014 + j1.2 \times 0.012 \\ &= 0.021 + j0.0144 \text{ pu.}\end{aligned}$$

• ادامه حل:

$$\begin{aligned}2\bar{Z}_{HX_{1-3}} - \bar{Z}_{HX_{1-2}} &= 2(0.014 + j0.012) - (0.021 + j0.0144) \\ &= 0.007 + j0.0096 \text{ pu} \\ &= 14.515 + j19.906 = 24.637 \angle 53.9^\circ \Omega\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{2\bar{Z}_{HX_{1-2}} - 2\bar{Z}_{HX_{1-3}}}{n^2} &= \frac{2(0.021 + j0.0144) - 2(0.014 + j0.012)}{60^2} \\ &= 3.89 \times 10^{-6} + j1.334 \times 10^{-6} \text{ pu} \\ &= 0.008064 + j0.0028 = 8.525 \times 10^{-3} \angle 18.9^\circ \Omega.\end{aligned}$$

امپدانس ترانس-ادامه

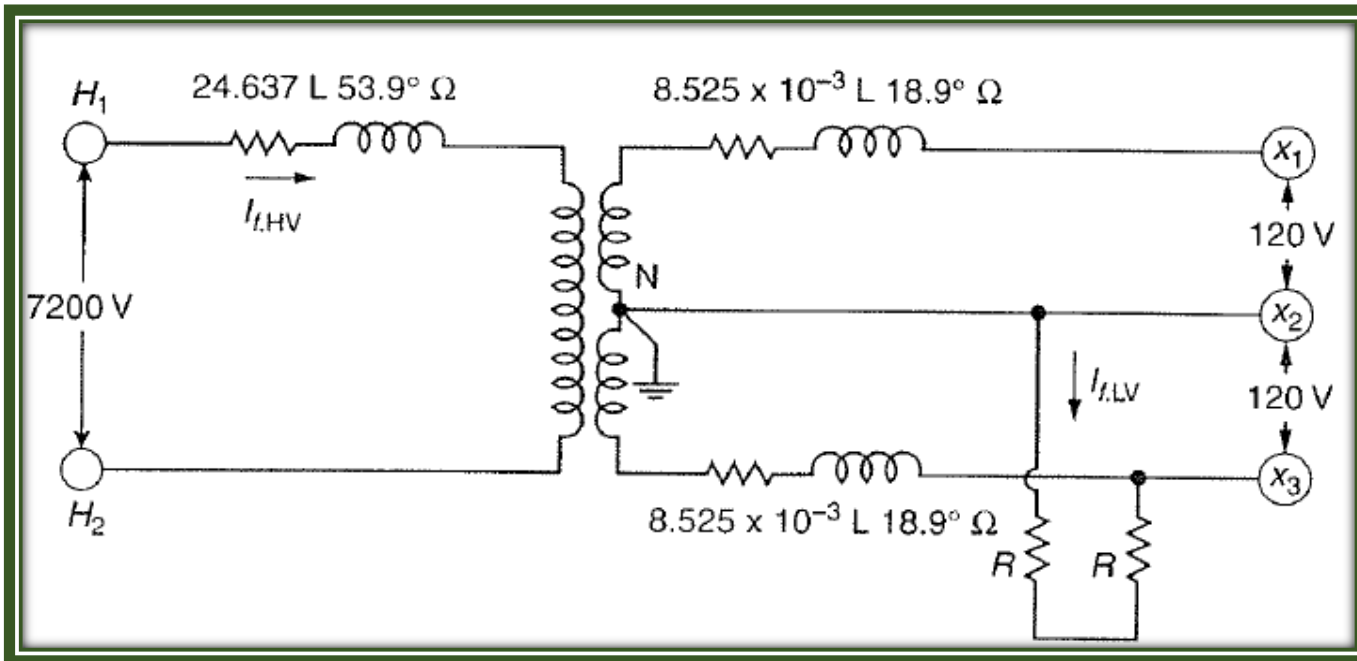
• مثال ۲: مقادیر مثال (۱) مفروض است جریان خطا برای خطای خط به زمین (120V) و خط به خط (240V)

را در ترانس سه سیمه با توجه شکلهای زیر محاسبه کنید. R در شکلهای زیر بیانگر مقاومت اهمی کابل سرویس مشترک برای هر هادی است. مطلوبست

۱- مقدار موثر جریان خطای متقارن در سمت فشار قوی و فشار ضعیف برای ۱۲۰ و ۲۴۰ ولت با فرض $R=0$

۲- اگر ترانس از نوع CSPB باشد، حداقل ظرفیت مجاز قطع کلید قدرت در سمت فشار ضعیف را تعیین کنید.

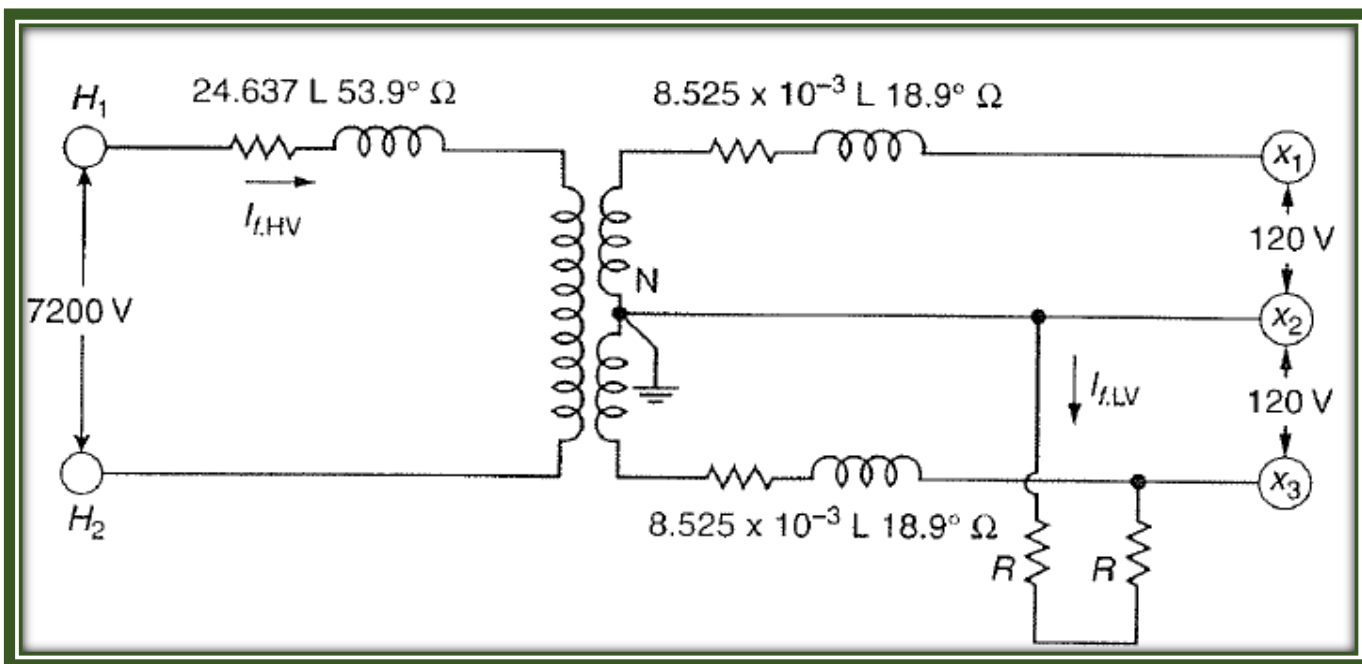
امپدانس ترانس-ادامه



• حل (۱):

خطای خط به زمین

امپدانس ترانس-ادامه



• حل (۱):

خطای خط به زمین

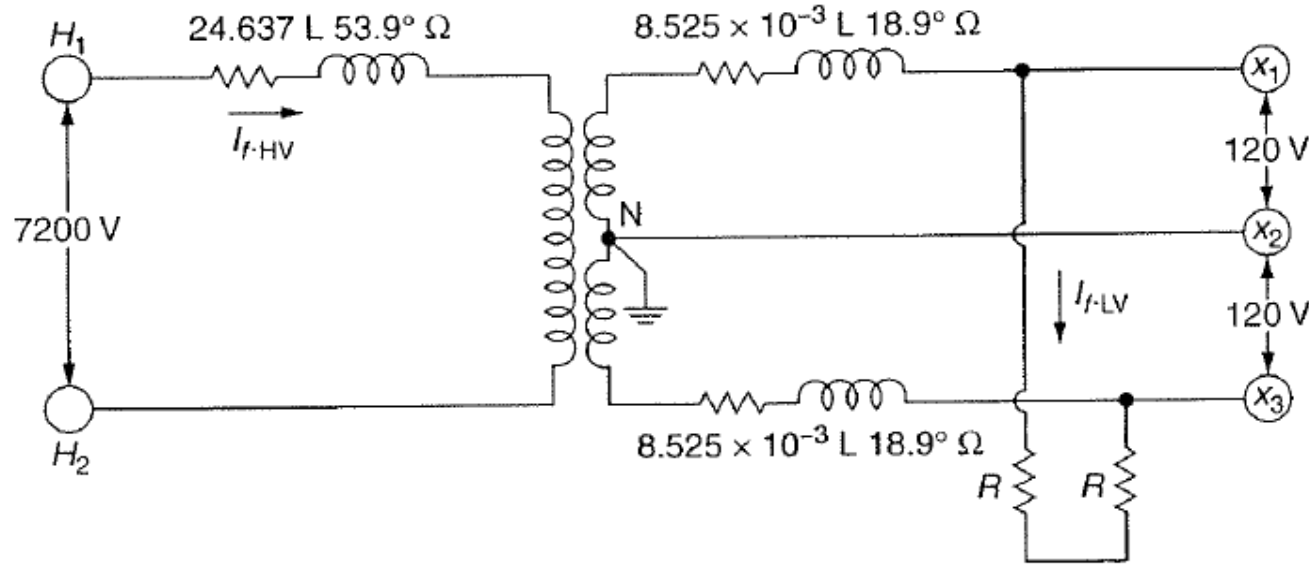
$$\bar{I}_{f, LV} = \frac{120}{8.525 \times 10^{-3} \angle 18.9^\circ + \left(\frac{1}{60}\right)^2 (24.637 \angle 53.9^\circ)}$$

$$= 8181.7 \angle -34.4^\circ \text{ A.}$$

$$\bar{I}_{f, HV} = \frac{\bar{I}_{f, LV}}{n}$$

$$= \frac{8181.7}{60} = 136.4 \text{ A.}$$

امپدانس ترانس-ادامه



خطای خط به خط

$$\bar{I}_{f, LV} = \frac{240}{2(8.525 \times 10^{-3} \angle 18.9^\circ) + \left(\frac{1}{30}\right)^2 (24.637 \angle 53.9^\circ)}$$

$$= 5649 \angle -40.6^\circ \text{ A.}$$

$$\bar{I}_{f, HV} = \frac{\bar{I}_{f, LV}}{n}$$

$$= \frac{5649}{30} = 188.3 \text{ A.}$$

امپدانس ترانس-ادامه

- حل (۲): با توجه به اینکه جریان خطای خط به زمین با مقاومت صفر بیشترین جریان است لذا کلید باید براساس این جریان انتخاب شود. لذا کلید باید قابلیت قطع حداقل جریان ۸۱۸۱.۷ آمپر را داشته باشد.

امپدانس ترانس-ادامه

• مثال ۳: داده های مثال ۲ مفروض است.

۱- اگر بخواهیم جریان خطا در دو حالت خط به خط و خط به زمین برابر باشد، مقدار R را محاسبه کنید.

۲- طول کابل سرویس را با فرض اینکه هادی $\#4AWG$ با مقاومت $2.58 \Omega/mi$ یا $\#1AWG$ با مقاومت $1.03 \Omega/mi$ استفاده شود، محاسبه کنید.

امپدانس ترانس-ادامه

$$\frac{240}{2R + 0.032256 + j0.02765} = \frac{120}{2R + 0.012096 + j0.0083} \rightarrow R \cong 0.0075 \Omega. \quad \bullet \text{ حل}$$

1 Miles = 5280 ft

$$\begin{aligned} \text{Service drop length} &= \frac{R}{4.886 \times 10^{-4}} \\ &= \frac{0.0075 \Omega}{4.886 \times 10^{-4} \Omega / \text{ft}} \\ &\cong 15.35 \text{ ft.} \end{aligned}$$

#4AWG نوع هادی

$$\begin{aligned} \text{Service drop length} &= \frac{0.0075 \Omega}{1.9508 \times 10^{-4} \Omega / \text{ft}} \\ &\cong 38.45 \text{ ft.} \end{aligned}$$

#1AWG

امپدانس ترانس-ادامه

- مثال: اگر یک ترانس با ظرفیت 250kVA و ۲.۴٪ امپدانس با یک ترانس 500kVA با ۳.۱٪ امپدانس موازی شود، حداکثر بارگیری مجموعه دو ترانس موازی را بدون اضافه بار محاسبه کنید.

$$\frac{S_{L1}}{S_{L2}} = \frac{(\%Z)_{T2}}{(\%Z)_{T1}} \frac{S_{T1}}{S_{T2}}$$

$$= \frac{3.1}{2.4} \times \frac{250}{500} = 0.6458.$$

$$S_{L2} = \frac{S_{L1}}{0.6458}$$

$$= \frac{250}{0.6458}$$

$$= 387.1 \text{ kVA.}$$

- هرگاه ترانس اول به ظرفیت نامی برسد، ترانس دوم به ۷۷٪

ظرفیت نامی خود می رسد

$$\sum_{i=1}^2 S_{Li} = S_{L1} + S_{L2}$$

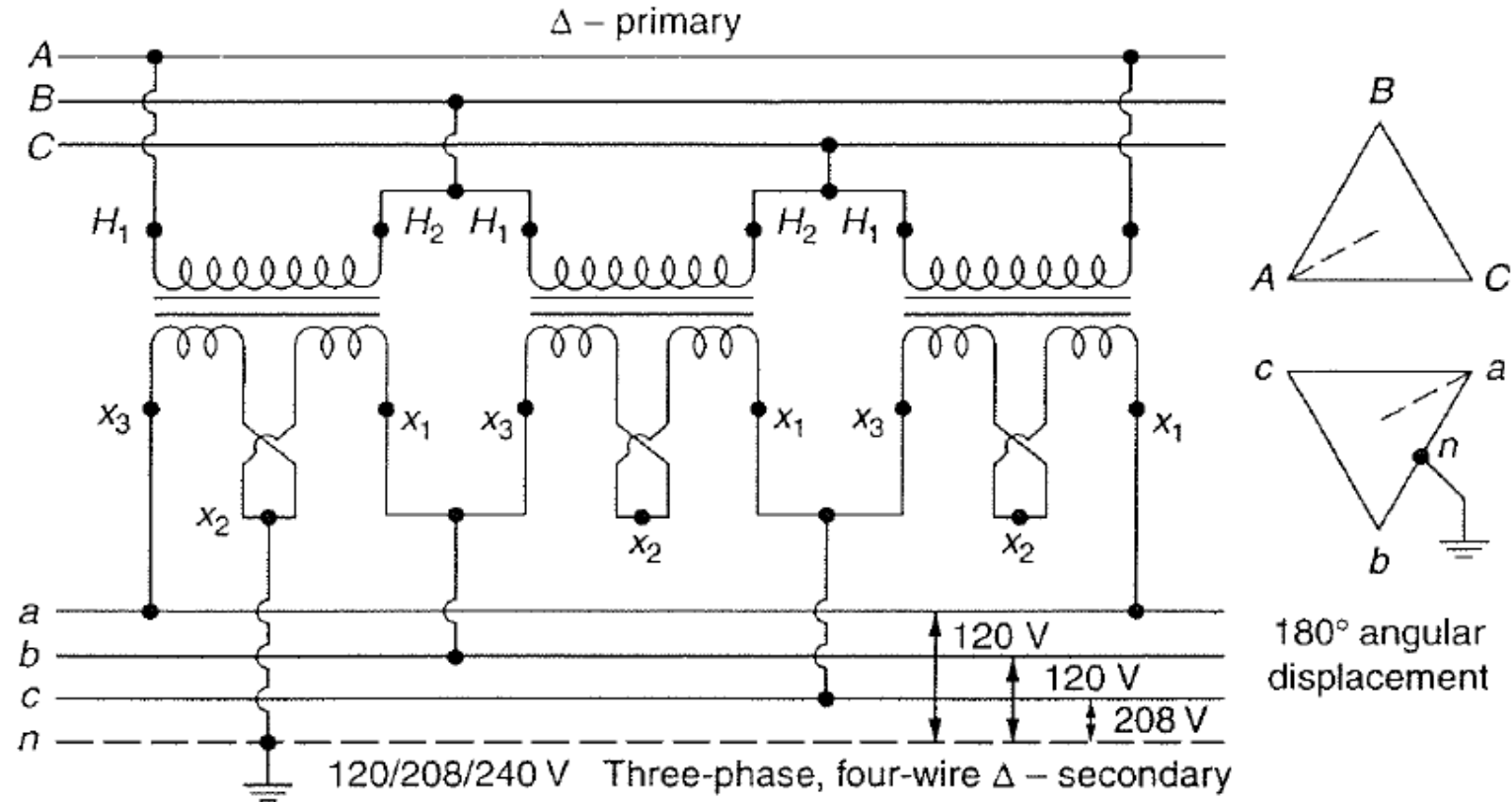
$$= 250 + 387.1$$

$$= 637.1 \text{ kVA.}$$

ترانسهای سه فاز

- اتصال مثلث- مثلث
- اتصال ستاره -ستاره
- اتصال ستاره-مثلث و بالعکس
- مثلث باز
- اسکات

ترانس سه فاز – اتصال بانک مثلث-مثلث

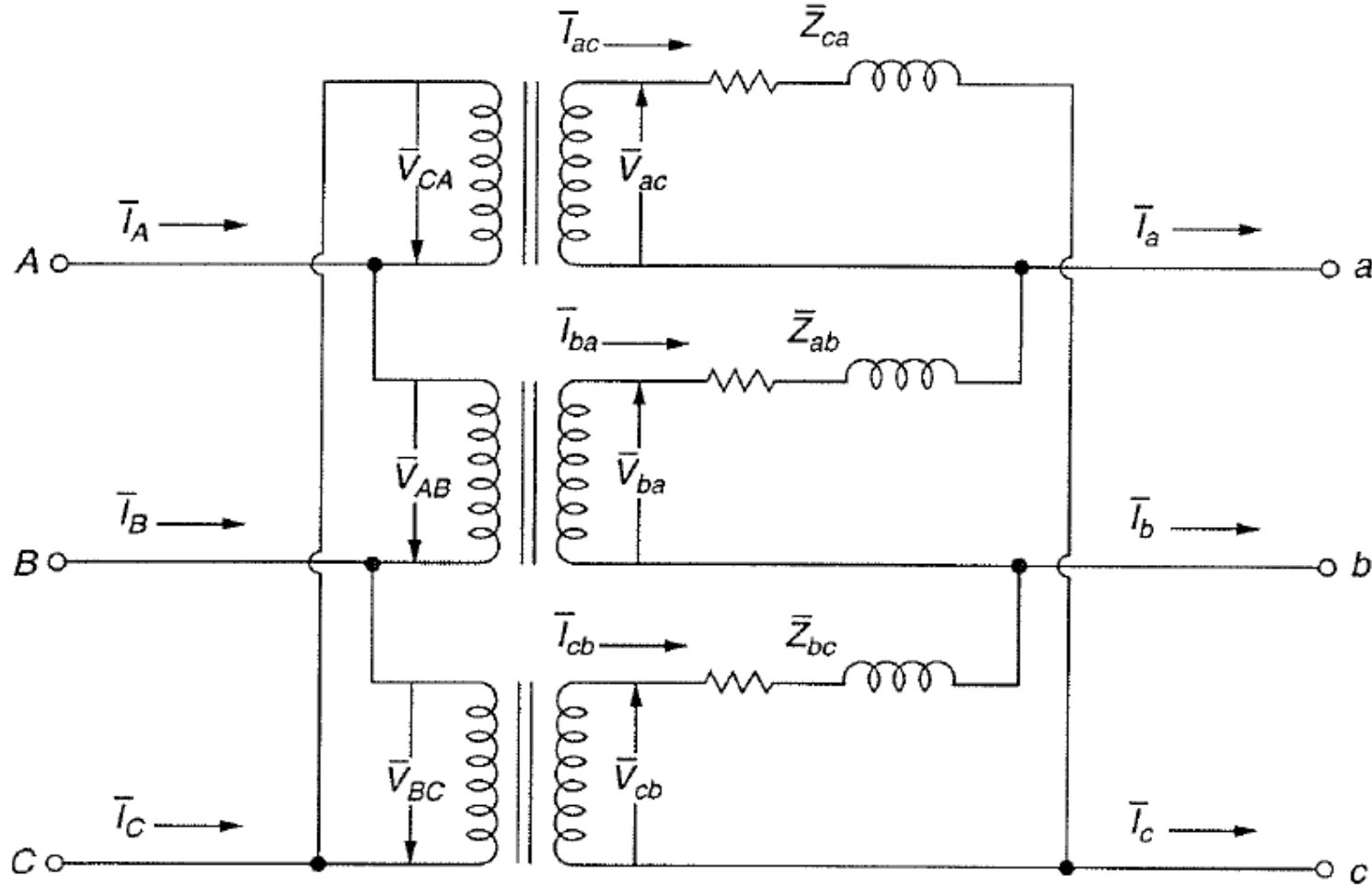


$$V_{cn} = V_{cb} + V_{bn}$$

$$= 240 \angle 120^\circ + 120 \angle 0^\circ = 208 \angle 90^\circ$$

ترانس مثلث-مثلث با خروجی ۴ سیم و تپ وسط یکی از سیم پیچها زمین شده
دارای سه خروجی ۱۲۰، ۲۴۰، ۲۰۸ ولت

ترانس سه فاز-اتصال مثلث-مثلث- محاسبه جریان سیم پیچ ثانویه



ترانس سه فاز-اتصال مثلث-مثلث-محاسبه جریان سیم پیچ ثانویه

• با اعمال KVL در سمت ثانویه داریم (۱)

$$\bar{V}_{ba} + \bar{V}_{ac} + \bar{V}_{cb} = \bar{I}_{ba}\bar{Z}_{ab} + \bar{I}_{ac}\bar{Z}_{ca} + \bar{I}_{cb}\bar{Z}_{bc}$$

• مجموع ولتاژهای سه فاز مثلث صفر است: (۲)

$$\bar{V}_{ba} + \bar{V}_{ac} + \bar{V}_{cb} = 0.$$

• لذا بر اساس معادله اول داریم: (۳)

$$\bar{I}_{ba}\bar{Z}_{ab} + \bar{I}_{ac}\bar{Z}_{ca} + \bar{I}_{cb}\bar{Z}_{bc} = 0.$$

ترانس سه فاز-اتصال مثلث-مثلث- محاسبه جریان سیم پیچ ثانویه

$$\bar{I}_a = \bar{I}_{ba} - \bar{I}_{ac}$$

$$\bar{I}_b = \bar{I}_{cb} - \bar{I}_{ba}$$

$$\bar{I}_c = \bar{I}_{ac} - \bar{I}_{cb}$$

• برای اتصال مثلث داریم: (۴)

$$\bar{I}_{ba}\bar{Z}_{ab} = -\bar{I}_{ac}\bar{Z}_{ca} - \bar{I}_{cb}\bar{Z}_{bc}$$

• از معادله (۳) داریم: (۵)

ترانس سه فاز-اتصال مثلث-مثلث- محاسبه جریان سیم پیچ ثانویه

- با اضافه کردن $\bar{I}_{ba}\bar{Z}_{bc}$ and $\bar{I}_{ba}\bar{Z}_{ca}$ به دو طرف معادله (۵) و اعمال رابطه (۴) داریم:

$$\bar{I}_{ba} = \frac{\bar{I}_a \bar{Z}_{ca} - \bar{I}_b \bar{Z}_{bc}}{\bar{Z}_{ab} + \bar{Z}_{bc} + \bar{Z}_{ca}}$$

- و به طور مشابه برای دو سیم پیچ دیگر:

$$\bar{I}_{ac} = \frac{\bar{I}_c \bar{Z}_{bc} - \bar{I}_a \bar{Z}_{ab}}{\bar{Z}_{ab} + \bar{Z}_{bc} + \bar{Z}_{ca}}$$

$$\bar{I}_{cb} = \frac{\bar{I}_b \bar{Z}_{ab} - \bar{I}_c \bar{Z}_{ca}}{\bar{Z}_{ab} + \bar{Z}_{bc} + \bar{Z}_{ca}}.$$

ترانس سه فاز-اتصال مثلث-مثلث- محاسبه جریان سیم پیچ ثانویه

- اگر امپدانس درصد (UK%) سه ترانس مشابه باشد و نسبت X/R سه ترانس برابر باشد، داریم:

$$\bar{I}_{ba} = \frac{\frac{\bar{I}_a}{S_{T,ca}} - \frac{\bar{I}_b}{S_{T,bc}}}{\frac{1}{S_{T,ab}} + \frac{1}{S_{T,bc}} + \frac{1}{S_{T,ca}}}$$

$$\bar{I}_{ac} = \frac{\frac{\bar{I}_c}{S_{T,bc}} - \frac{\bar{I}_a}{S_{T,ab}}}{\frac{1}{S_{T,ab}} + \frac{1}{S_{T,bc}} + \frac{1}{S_{T,ca}}}$$

$$\bar{I}_{cb} = \frac{\frac{\bar{I}_b}{S_{T,ab}} - \frac{\bar{I}_c}{S_{T,ca}}}{\frac{1}{S_{T,ab}} + \frac{1}{S_{T,bc}} + \frac{1}{S_{T,ca}}}$$

ترانس سه فاز-اتصال مثلث-مثلث-مثال

- مثال: سه ترانس تکفاز، اتصال مثلث-مثل را تشکیل دادند. به این ترانس یک بار سه فاز 200kVA با ضریب قدرت پسفار ۰/۸ با اتصال ستاره و یک بار تکفاز 80kVA با ضریب قدرت پسفاز ۰/۹ متصل شده اند. امپدانس درصد (UK%) و نسبت X/R سه ترانس برابر است. ولتاژ اولیه ۷۶۲۰/۱۳۲۰۰ ولت و ثانویه ۲۴۰ ولت است. ترانس متصل بین b و c دارای قدرت 100kVA و دو تای دیگر 75kVA هستند. مطلوبست:

۱- جریان خط سمت ثانویه

۲-جریان عبوری از هر یک از سیم پیچهای ثانویه

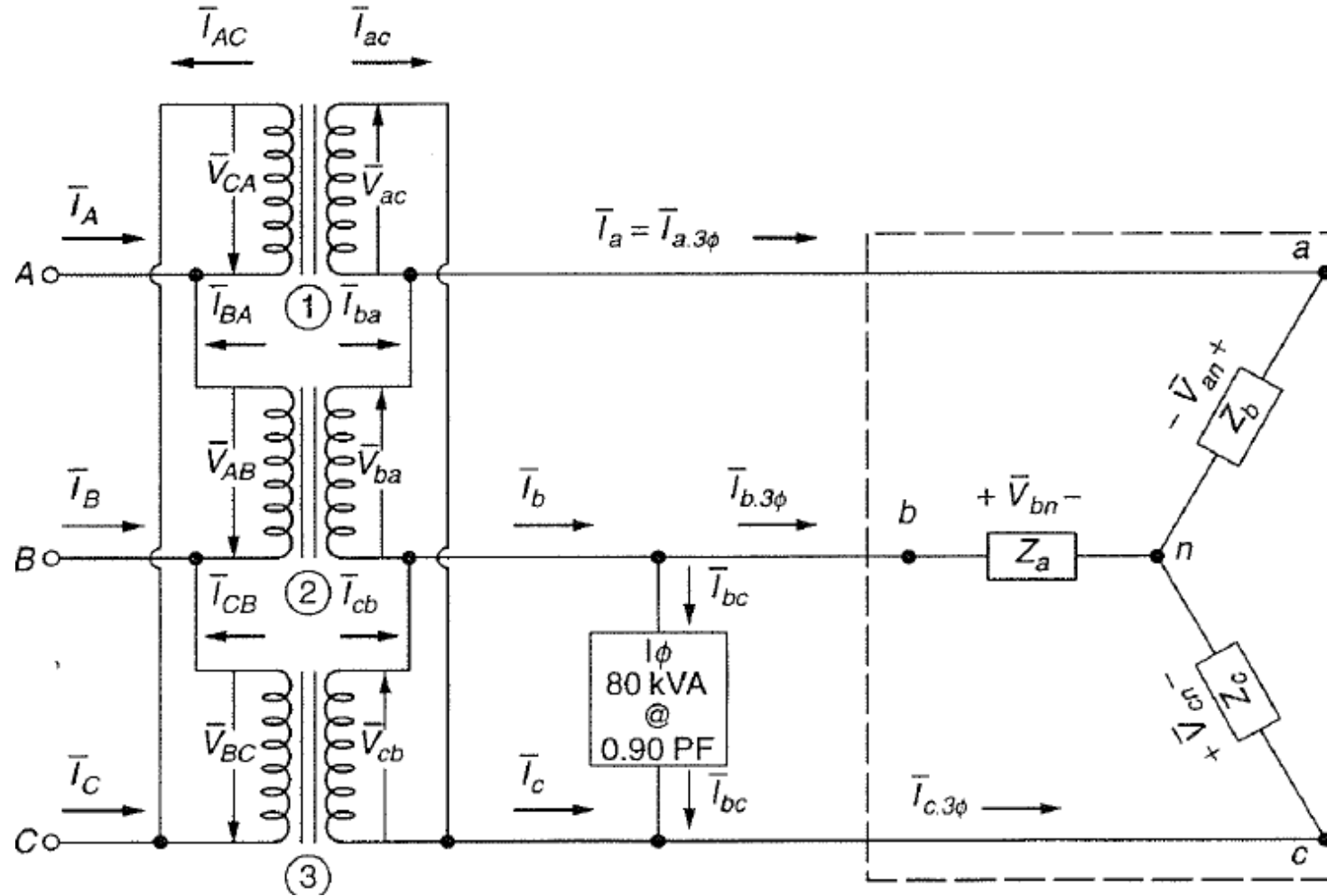
۳- بار هر ترانس

۴-جریان عبوری از هر یک از سیم پیچهای اولیه

۵- جریان خط سمت اولیه

ترانس سه فاز-اتصال مثلث-مثلث-مثال

• حل:



ترانس سه فاز-اتصال مثلث-مثلث-مثال

• حل (۱): با فرض Van به عنوان مرجع، جریان خط ناشی از بار سه فاز

$$|\bar{I}_{a,3\phi}| = |\bar{I}_{b,3\phi}| = |\bar{I}_{c,3\phi}| = \frac{S_{L,3\phi}}{\sqrt{3} \times V_{L-L}} = \frac{200}{\sqrt{3} \times 0.240} = 481.7 \text{ A.}$$

• با توجه به ضریب قدرت ۰/۸ داریم:

$$\bar{I}_{a,3\phi} = |\bar{I}_{a,3\phi}|(\cos \theta - j \sin \theta) = 481.7(0.80 - j0.60) = 481.7 \angle -36.9^\circ \text{ A.}$$

$$\bar{I}_{b,3\phi} = a^2 \bar{I}_{a,3\phi} = (1 \angle 240^\circ) 481.7 \angle -36.9^\circ = 481.7 \angle 203.1^\circ \text{ A.}$$

$$\bar{I}_{c,3\phi} = a \bar{I}_{a,3\phi} = (1 \angle 120^\circ) 481.7 \angle -36.9^\circ = 481.7 \angle 83.1^\circ \text{ A.}$$

ترانس سه فاز-اتصال مثلث-مثلث-مثال

$$|\bar{I}_{bc}| = \frac{S_{L,1\phi}}{V_{L-L}} = \frac{80}{0.240} 333.33 \text{ A.}$$

• جریان خط ناشی از بار تکفاز

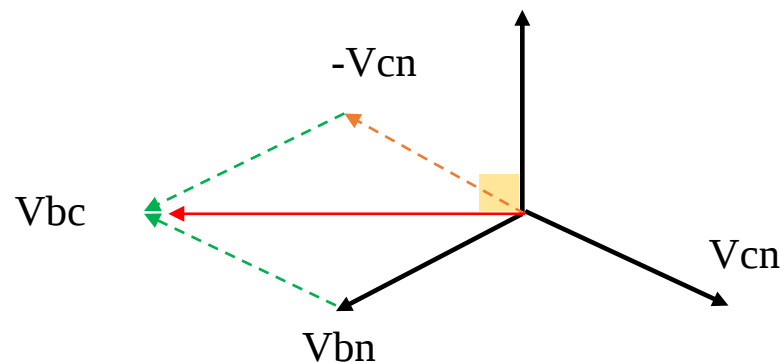
• از آنجایی که بار تکفاز یک بار پسفاز با ضریب قدرت ۰/۹ می باشد لذا جریان bc به اندازه ۲۵.۸ درجه

نسبت به ولتاژ bc پس فاز است. همچنین ولتاژ bc نیز به اندازه ۹۰ درجه از ولتاژ مرجع an عقب تر است.

لذا جریان bc به اندازه ۱۱۵.۸ درجه از ولتاژ مرجع an عقب تر است.

$$-115.8^\circ (= -25.8^\circ - 90^\circ).$$

$$\begin{aligned}\bar{I}_{bc} &= 333.33 \angle -115.8^\circ \\ &= -145.3 - j300 \text{ A.}\end{aligned}$$



ترانس سه فاز-اتصال مثلث-مثلث-مثال

• جریان خط سمت ثانویه برابر است با:

$$\begin{aligned}\bar{I}_a &= \bar{I}_{a,3\phi} \\ &= 481.7 \angle -36.9^\circ \text{ A.}\end{aligned}$$

$$\bar{I}_b = \bar{I}_{b,3\phi} + \bar{I}_{bc} = 481.7 \angle 203.1^\circ + 333.33 \angle -115.8^\circ = 765.05 \angle 219.7^\circ \text{ A.}$$

$$\bar{I}_c = \bar{I}_{c,3\phi} - \bar{I}_{bc} = 481.7 \angle 83.1^\circ - 333.33 \angle -115.8^\circ = 198.5 \angle -63.8^\circ \text{ A.}$$

ترانس سه فاز-اتصال مثلث-مثلث-مثال

• حل (۲): جریان عبوری از هر سیم پیچ ثانویه به شرح زیر محاسبه می شود:

$$\begin{aligned}\bar{I}_{ac} &= \frac{\frac{\bar{I}_c}{S_{T,bc}} - \frac{\bar{I}_a}{S_{T,ab}}}{\frac{1}{S_{T,ab}} + \frac{1}{S_{T,bc}} + \frac{1}{S_{T,ca}}} = \frac{\frac{198.5 \angle -63.8^\circ}{100} - \frac{481.7 \angle -36.9^\circ}{75}}{\frac{1}{75} + \frac{1}{100} + \frac{1}{75}} \\ &= -116.07 + j56.55 \\ &= 129.11 \angle -33.1^\circ \text{ A.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\bar{I}_{ba} &= \frac{\frac{\bar{I}_a}{S_{T,ca}} - \frac{\bar{I}_b}{S_{T,bc}}}{\frac{1}{S_{T,ab}} + \frac{1}{S_{T,bc}} + \frac{1}{S_{T,ca}}} = 300.34 + j28.08 \\ &= 301.65 \angle 5.3^\circ \text{ A}\end{aligned}$$
$$\begin{aligned}\bar{I}_{cb} &= -245.6 - j112.95 \\ &= 270.3 \angle 204.7^\circ \text{ A.}\end{aligned}$$

ترانس سه فاز-اتصال مثلث-مثلث-مثال

• حل (۳): بار گیری هر ترانس

$$\begin{aligned} S_{L, ab} &= V_{ba} \times |\bar{I}_{ba}| \\ &= 0.240 \times 301.65 \\ &= 72.4 \text{ kVA.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{L, bc} &= V_{cb} \times |\bar{I}_{cb}| \\ &= 0.240 \times 270.33 \\ &= 64.88 \text{ kVA.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{L, ca} &= V_{ac} \times |\bar{I}_{ac}| \\ &= 0.240 \times 129.11 \\ &= 30.99 \text{ kVA.} \end{aligned}$$

ترانس سه فاز-اتصال مثلث-مثلث-مثال

• حل (۴): محاسبه جریان هر سیم پیچ اولیه

$$n = \frac{7620 \text{ V}}{240 \text{ V}} = 31.75$$

$$\bar{I}_{AC} = \frac{\bar{I}_{ac}}{n} = \frac{129.11 \angle -33.1^\circ}{31.75} = 4.07 \angle -33.1^\circ \text{ A.}$$

$$\bar{I}_{BA} = \frac{\bar{I}_{ba}}{n} = \frac{301.65 \angle 5.3^\circ}{31.75} = 9.5 \angle 5.3^\circ \text{ A.}$$

$$\bar{I}_{CB} = \frac{\bar{I}_{cb}}{n} = \frac{270.3 \angle 204.7^\circ}{31.75} = 8.51 \angle 204.7^\circ \text{ A.}$$

ترانس سه فاز-اتصال مثلث-مثلث-مثال

• حل (۵): جریان خط سمت اوليه

$$\bar{I}_A = \bar{I}_{AC} - \bar{I}_{BA} = 4.07 \angle -33.1^\circ - 9.5 \angle 5.3^\circ = 6.8 \angle 270.1^\circ \text{ A.}$$

$$\bar{I}_B = \bar{I}_{BA} - \bar{I}_{CB} = 9.5 \angle 5.3^\circ - 8.51 \angle 204.7^\circ = 17.76 \angle 14.5^\circ \text{ A.}$$

$$\bar{I}_C = \bar{I}_{CB} - \bar{I}_{AC} = 8.51 \angle 204.7^\circ - 4.07 \angle -33.1^\circ = 11.22 \angle 186.8^\circ \text{ A.}$$

سایر ترانسفورماتورهای توزیع

- مثلث باز-مثلث باز (V-V)

- کاربرد

- در صورت معیوب شدن یکی از ترانس ها (در صورت استفاده از ۳ ترانس تکفاز)، دو ترانس دیگر می توانند ولتاژ سه فاز تحویل دهند.

- در صورتی که در یک منطقه هنوز بار به طور کامل رشد نکرده است، می توان از این اتصال استفاده کرد.

- ولتاژ و جریان، کاملاً سه فاز است.

$$S_{\Delta-\Delta} = \frac{\sqrt{3}V_{L-L}I_L}{1000} \text{ kVA}$$

- توان خروجی بانک ترانس، ۵۷.۷٪ ترانس مثلث کامل است.

$$S_{\angle-\angle} = \frac{\sqrt{3}V_{L-L}I_L}{\sqrt{3} \times 1000} \text{ kVA.} \quad \frac{S_{\angle-\angle}}{S_{\Delta-\Delta}} = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.577 \text{ or } 57.7\%$$

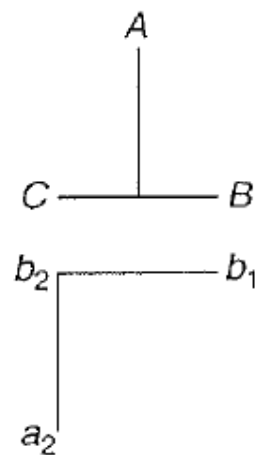
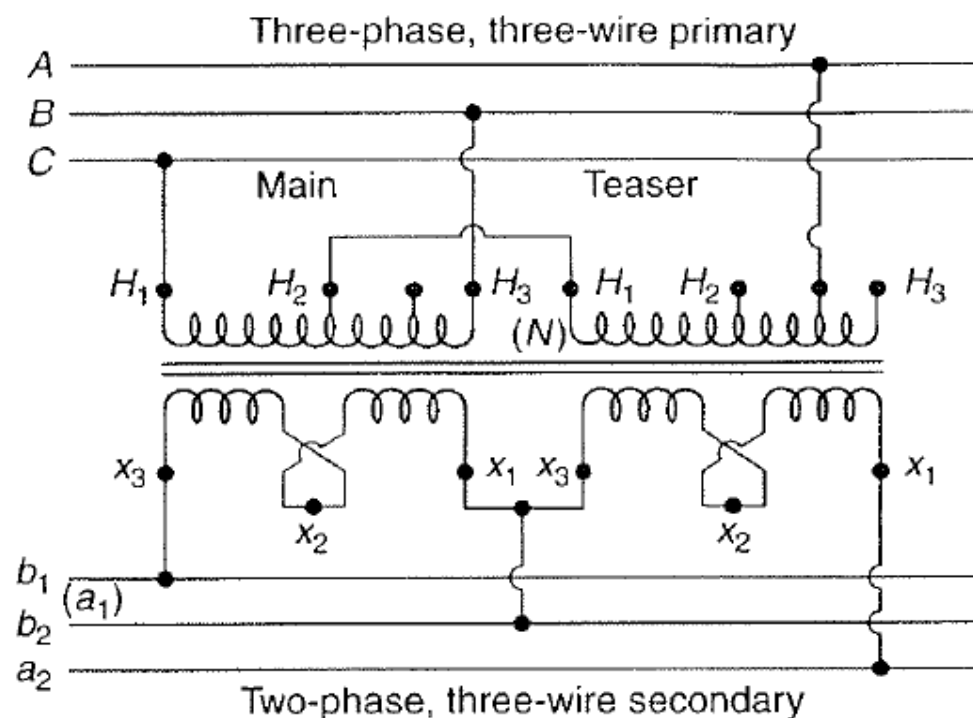
- توان خروجی هر ترانس، ۶۶.۶٪ ظرفیت نامی خودش است.

ترانس سه فاز-مثث باز

- اگر بار دارای ضریب توان یک باشد، هریک از ترانس ها دارای ضریب قدرت ۰.۸۶۶ هستند.
- یکی از ترانس ها راکتیو تولید می کند و دیگری مصرف

ترانس T یا اسکات

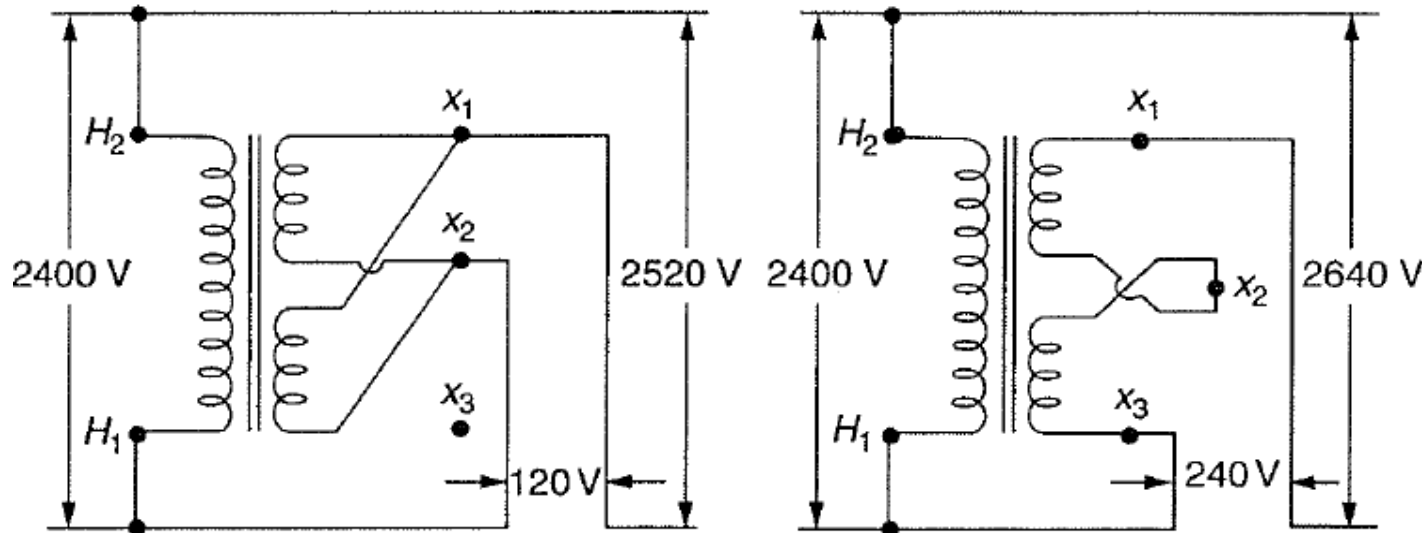
- تبدیل سه فاز به دو فاز یا بالعکس
- تبدیل سه فاز به سه فاز با استفاده از ۲ ترانس
- با استفاده از ۲ ترانس (ترانس اصلی و ترانس پیچش



بوستر

• ترانسفورماتور بوستر (Booster or Buck-Boost transformer)

- برای جبران افت ولتاژ در خطوط طولانی کاربرد دارد.
- برای جلوگیری از ولتاژ القایی شدید، اولیه ترانس نباید هرگز باز شود و لذا در اولیه نباید از سکسیونر و یا فیوز استفاده شود.



ترانس آمورف

- آلیاژ آهن با بور، سیلیکون و فسفر
- کاهش تلفات هسته به میزان ۶۰ درصد
- برای مثال تلفات بی باری ۸۶ وات برای ترانس سیلیکونی 25kVA-12470/120 به ۲۸ وات برای ترانس آمورف می رسد.
- صدای کمتر

موضوعات تحقیق

- کاربرد ترانس تکفاز در آمریکا، اروپا و آسیا شرقی
- پتانسیل سنجی جایگزینی ترانس تکفاز با سه فاز توزیع در مناطق مختلف ایران
- تحلیل اقتصادی استفاده از ترانس تکفاز
- تحلیل فنی استفاده از ترانس تکفاز