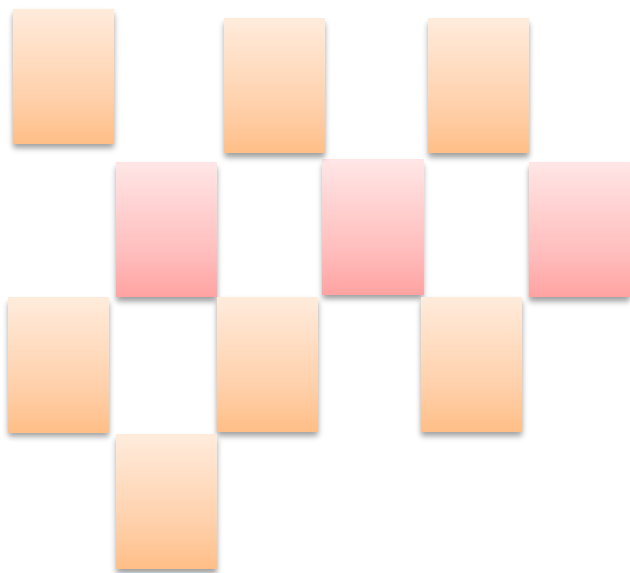




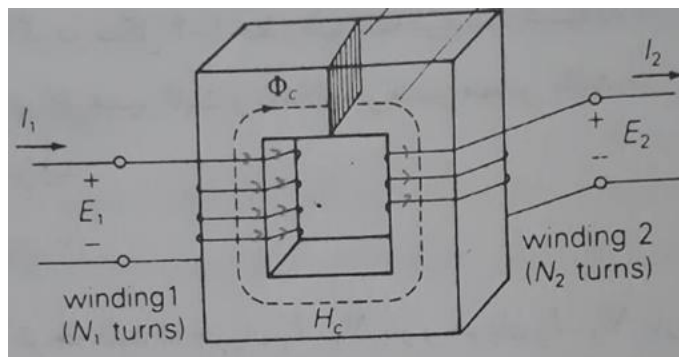
دانشگاه فنی حرفه ایی انقلاب اسلامی
دانشکده مهندسی برق

آموزش مجازی درس
بررسی سیستم های قدرت

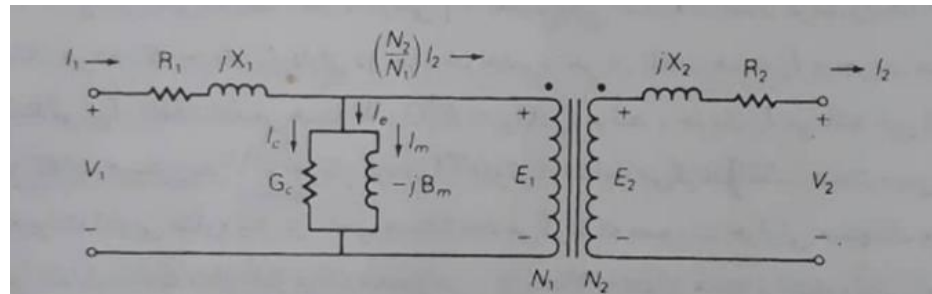
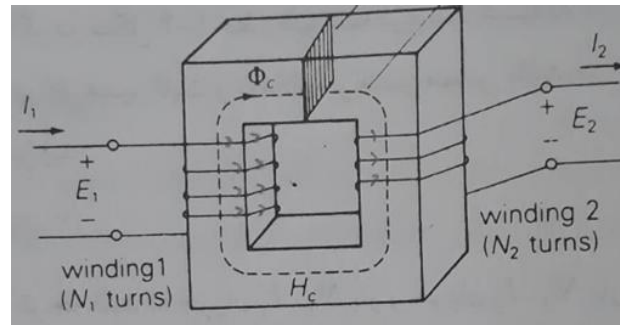
جلسه دوم

ارائه دهنده: دکتر علیرضا ناطقی

مدار معادل ترانسفورماتور



مدار معادل ترانسفورماتور



مقاومت اهمی سیم پیچ های اولیه و ثانویه: R_1, R_2

راکتانس نشتی سیم پیچ های اولیه و ثانویه: X_1, X_2

مقاومت اهمی سیم پیچ های اولیه و ثانویه: R_1, R_2

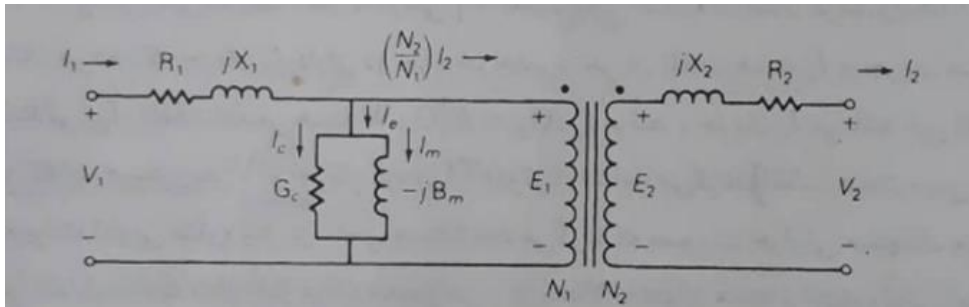
اثر تلفات فوکو و هیستریزیس اولیه: R_c ($G_c = 1/R_c$)

اثر مغناطیسی هسته: X_m ($B_m = 1/X_m$)

ضریب تبدیل ترانسفورماتور a

$$a = N_1/N_2$$

مدار معادل ترانسفورماتور



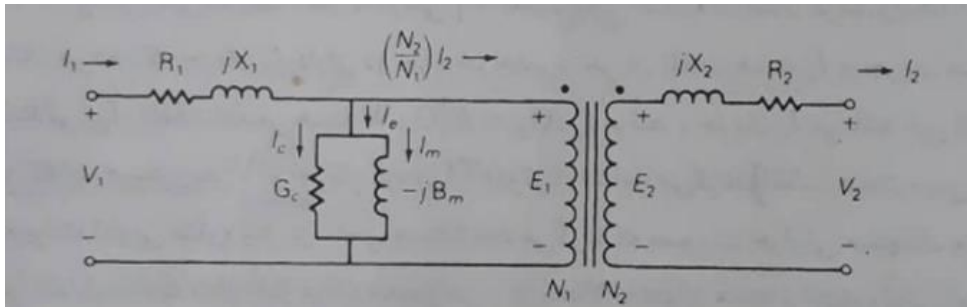
تحلیل مدار از دید اولیه ترانسفورماتور:

الف- انتقال امپدانسهای ثانویه به اولیه

ب- صرف نظر از شاخه موازی

ج- محاسبه مقاومت و راکتانس معادل

مدار معادل ترانسفورماتور

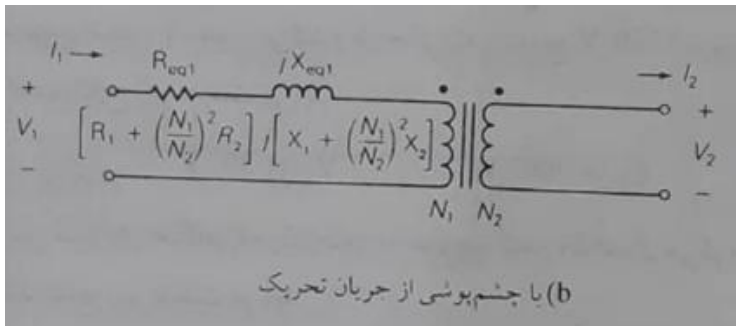


تحلیل مدار از دید اولیه ترانسفورماتور:

الف- انتقال امپدانسهای ثانویه به اولیه

ب- صرف نظر از شاخه موازی

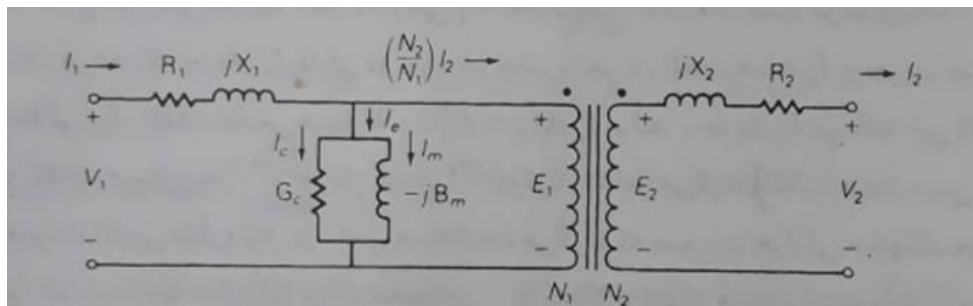
ج- محاسبه مقاومت و راکتانس معادل



مقاومت اهمی معادل ترانسفورماتور : R_{eq1}

مقاومت اهمی معادل ترانسفورماتور : X_{eq1}

مدار معادل ترانسفورماتور

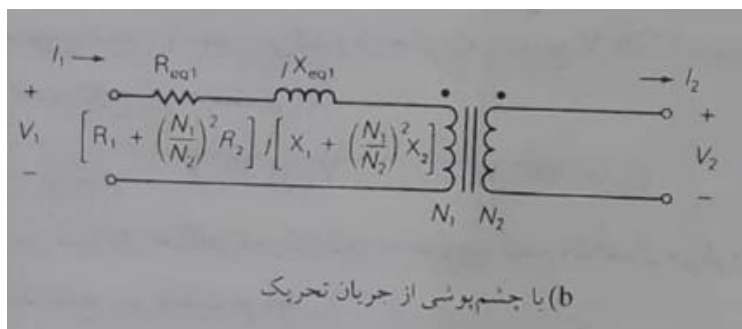


تحلیل مدار از دید اولیه ترانسفورماتور:

الف- انتقال امپدانسهای ثانویه به اولیه

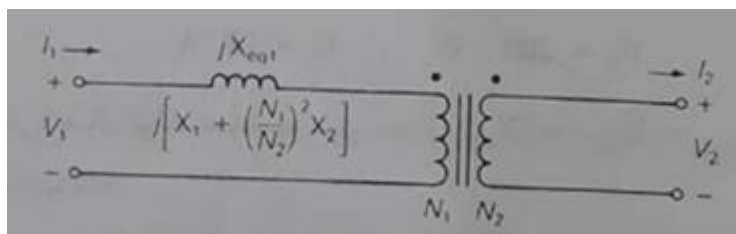
ب- صرف نظر از شاخه موازی

ج- محاسبه مقاومت و راکتانس معادل



مقاومت اهمی معادل ترانسفورماتور : R_{eq1}

مقاومت اهمی معادل ترانسفورماتور : X_{eq1}



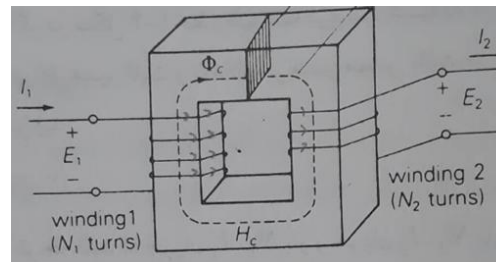
مدار معادل ترانسفورماتور با صرف نظر از امپدانس معادل

و فوکو و هیستریزیس و اثر القایی هسته

مثال ۴-۱ ترانسفورماتور تک فاز دو سیم پیجه ایده آل

یک ترانسفورماتور دو سیم پیجه تک فاز دارای مقادیر نامی $480/120\text{V}$ ، 60Hz ، 20 kVA می باشد. یک منبع به سیم پیچ 480 V متصل شده و ترانسفورماتور یک بار امدانسی متصل شده به سیم پیچ 120 V را تغذیه می کند. بار توان 15 kVA را در ضریب توان 0.8 پس فاز و در ولتاژ 118 V جذب می کند. با فرض ترانسفورماتور ایده آل موارد زیر را محاسبه نمایید :

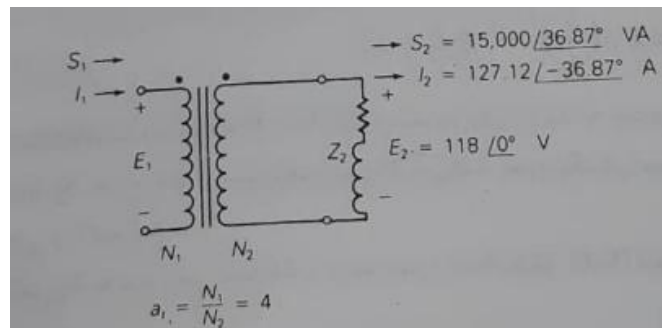
- (a) ولتاژ در سیم پیچ 480 V
 (b) امدانس بار
 (c) امدانس بار ارجاع شده به سمت سیم پیچ 480 V
 (d) توان اکتیو و راکتیو اعمال شده به سیم پیچ 480 V



مثال ۴-۱ ترانسفورماتور تک فاز دو سیم پیچه ایده آل

یک ترانسفورماتور دو سیم پیچه تک فاز دارای مقادیر نامی $480/120\text{V}$ ، 60Hz ، 20 kVA می باشد. یک منبع به سیم پیچ 480 V متصل شده و ترانسفورماتور یک بار امپدانس متصل شده به سیم پیچ 120 V را تغذیه می کند. بار توان 15 kVA را در ضریب توان 0.8 پس فاز و در ولتاژ 118 V جذب می کند. با فرض ترانسفورماتور ایده آل موارد زیر را محاسبه نمایید:

- ولتاژ در سیم پیچ 480 V
- امپدانس بار
- امپدانس بار ارجاع شده به سمت سیم پیچ 480 V
- توان اکتیو و راکتیو اعمال شده به سیم پیچ 480 V



ضریب تبدیل ترانسفورماتور

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

$$a_1 = \frac{N_1}{N_2} = \frac{E_{1rated}}{E_{2rated}} = \frac{480}{120} = 4$$

ولتاژ سیم پیچ 1 عبارتست از:

$$E_1 = a_1 E_2 = 4(118 \angle 0^\circ) = 472 \angle 0^\circ \text{ V}$$

(b) توان مختلط S_2 جذب شده توسط بار عبارتست از:

$$S_2 = E_2 I_2^* = 118 I_2^* = 15,000 \angle \cos^{-1}(0.8) = 15,000 \angle 36.87^\circ \text{ VA}$$

با حل معادله اخیر داریم:

$$I_2 = 127.12 \angle -36.87^\circ \text{ A}$$

امپدانس بار Z_2 عبارتست از:

$$Z_2 = \frac{E_2}{I_2} = \frac{118 \angle 0^\circ}{127.12 \angle -36.87^\circ} = 0.9283 \angle 36.87^\circ \Omega$$

(c) از معادله (۴-۱-۲۱) امپدانس بار ارجاع شده به طرف سیم پیچ ۴۸۰ V عبارتست از:

$$Z_2' = a_1^2 Z_2 = (4)^2 (0.9283 \angle 36.87^\circ) = 14.85 \angle 36.87^\circ \Omega$$

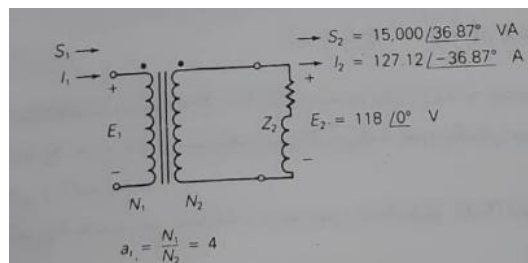
(d) از معادله (۴-۱-۱۹) داریم:

$$S_1 = S_2 = 15,000 \angle 36.87^\circ = 12000 + j9000$$

بنابراین توان اکتیو و راکتیو اعمال شده به سیم پیچ ۴۸۰ V عبارتست از:

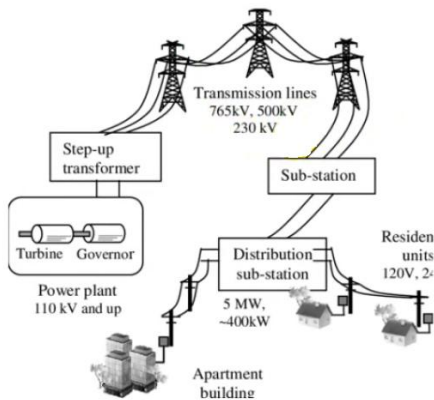
$$P_1 = \text{Re } S_1 = 12000 \text{ W} = 12 \text{ kW}$$

$$Q_1 = \text{Im } S_1 = 9000 \text{ var} = 9 \text{ kvar}$$



کاربرد پریونیت (بر واحد) در تحلیل سیستم‌های قدرت

- در تحلیل سیستم‌های قدرت با پارامترهایی مثل توان، ولتاژ، جریان و امپدانس سروکار داریم.
- به عنوان مثال ($S=30 \text{ Kva}$, $V_L= 23\text{Kv}$)
- برای ساده شدن تحلیل یک سیستم قدرت، اغلب هر متغیر را بر یک عدد پایه متناظر با آن متغیر، تقسیم می‌کند.



$$(\text{مقدار پایه}) \div (\text{مقدار موردنظر}) = \text{مقدار پریونیت}$$

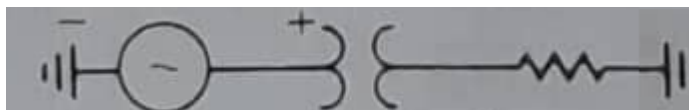
- اعداد پریونیت، بدون واحد هستند.
- نکته:

معمولاً دو متغیرهای توان و ولتاژ نامی را به عنوان توان و ولتاژ پایه انتخاب شده و سپس با کمک متغیرهای فوق ، مقادیر جریان و امپدانس پایه محاسبه میشوند.

مثال:

یک ترانسفورماتور تکفاز ۴۸۰ به ۱۲۰ ولت با توان ظاهری نامی ۲۰ کیلو ولت آمپر یک بار ۱۰۰ اهمی را تغذیه می کند .
این ترانس به یک منبع ۴۶۰ ولتی متصل شده است. در صورتی که از راکتانس نشستی معادل صرف نظر شود. جریان عبوری از منبع را به روش پریونیت محاسبه کنید.

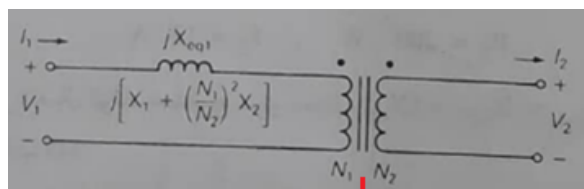
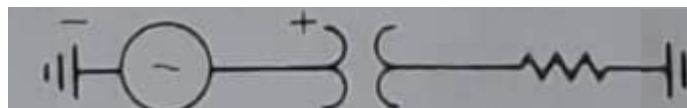
460v 480v/120v



مثال:

یک ترانسفورماتور تکفاز ۴۸۰ به ۱۲۰ ولت با توان ظاهری نامی ۲۰ کیلو ولت آمپر یک بار ۱۰۰ اهمی را تغذیه می کند .
این ترانس به یک منبع ۴۶۰ ولتی متصل شده است. در صورتی که از راکتانس نشتی معادل صرف نظر شود. جریان عبوری از منبع را به روش پریونیت محاسبه کنید.

460v 480v/120v



$$\begin{aligned} S_{b1} &= S_{b2} = 20 \text{ Kva} \\ V_{b1} &= 480 \text{ V} \\ V_{b2} &= 120 \text{ V} \end{aligned}$$

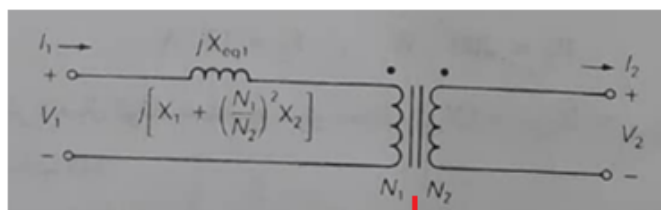
الف- ناحیه بندی مدار

ب- تعیین مقادیر پایه برای هر ناحیه

نکته: توان نامی ترانسفورماتور را به عنوان توان نامی پایه برای هر دو ناحیه در نظر میگیریم

ناحیه ۱	ناحیه ۲
$S_{b1} = 20 \text{ Kva}$	$S_{b2} = 20 \text{ Kva}$
$V_{b1} = 480 \text{ V}$	$V_{b2} = 120 \text{ V}$
$Z_{b1} = \frac{V_{b1}^2}{S_{b1}}$	$Z_{b2} = \frac{V_{b2}^2}{S_{b2}}$
$I_{b1} = \frac{V_{b1}}{Z_{b1}} = \frac{S_{b1}}{V_{b1}}$	$I_{b2} = \frac{V_{b2}}{Z_{b2}} = \frac{S_{b2}}{V_{b2}}$

ج- در هر ناحیه با کمک مقادیر پایه ولتاژ و توان آن ناحیه ، مقادیر پایه جریان و پایه امپدانس را برای آن ناحیه محاسبه میکنیم.



$$\begin{aligned} S_{b1} &= S_{b2} = 20 \text{ Kva} \\ V_{b1} &= 480 \text{ V} \\ V_{b2} &= 120 \text{ V} \end{aligned}$$

ناحیه ۱	ناحیه ۲
$S_{b1} = 20 \text{ Kva}$	$S_{b2} = 20 \text{ Kva}$
$V_{b1} = 480 \text{ V}$	$V_{b2} = 120 \text{ V}$
$Z_{b1} = \frac{V_{b1}^2}{S_{b1}}$	$Z_{b2} = \frac{V_{b2}^2}{S_{b2}}$
$I_{b1} = \frac{S_{b1}}{V_{b1}}$	$I_{b2} = \frac{S_{b2}}{V_{b2}}$

$$I_{b1} = 20000 / 480 = 41.67 \text{ A}$$

$$I_{b2} = 20000 / 120 = 166.67 \text{ A}$$

$$Z_{b1} = V_{b1} / I_{b1} = 480 / 41.67 = 11.52 \text{ ohm}$$

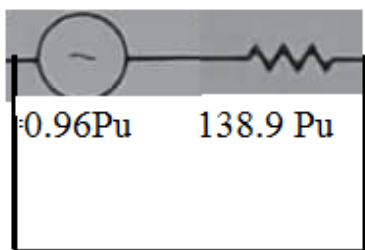
$$Z_{b2} = V_{b2} / I_{b2} = 120 / 166.67 = 0.72 \text{ ohm}$$

د- حذف ترانسفورماتور از مدار (در صورتی که مقاومت و راکتانس معادل از معلومات مسئله باشد باید اثر آنها را به صورت سری در مدار اعمال نمود)

نکته: اغلب مقدار راکتانس معادل مدار از معلومات مسئله است و طراح ترانس مقدار آن را با کمک مقادیر نامی ترانسفورماتور بر حسب پریونیت محاسبه کرده و ارائه میدهد.

ه- تحلیل حلقه و محاسبه جریان مدار بر حسب پریونیت

نکته: جریان واقعی مدار در سمت اولیه و ثانویه با کمک جریان پریونیت و با ضرب آن در جریان پایه هر ناحیه محاسبه خواهد شد.



$$V_s = 460/480 = 0.96 \text{ Pu}$$

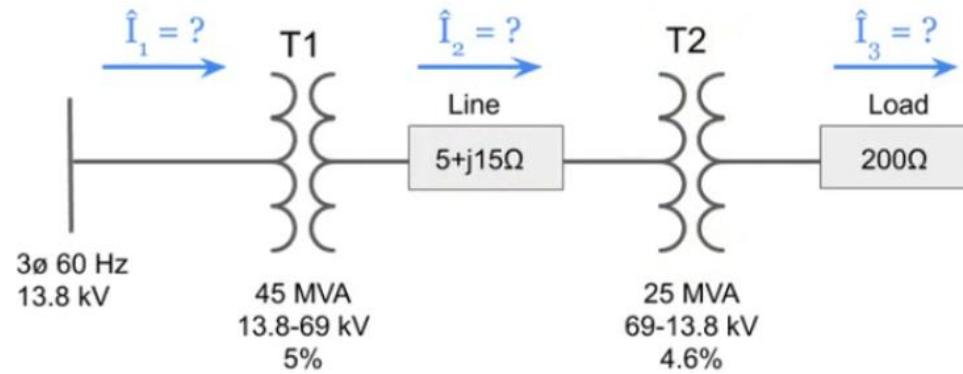
$$R_{\text{load}} = 100/Z_{b2} = 100/0.72 = 138.9 \text{ Pu}$$

$$I = 0.96/138.9 = \underline{0.007 \text{ Pu}}$$

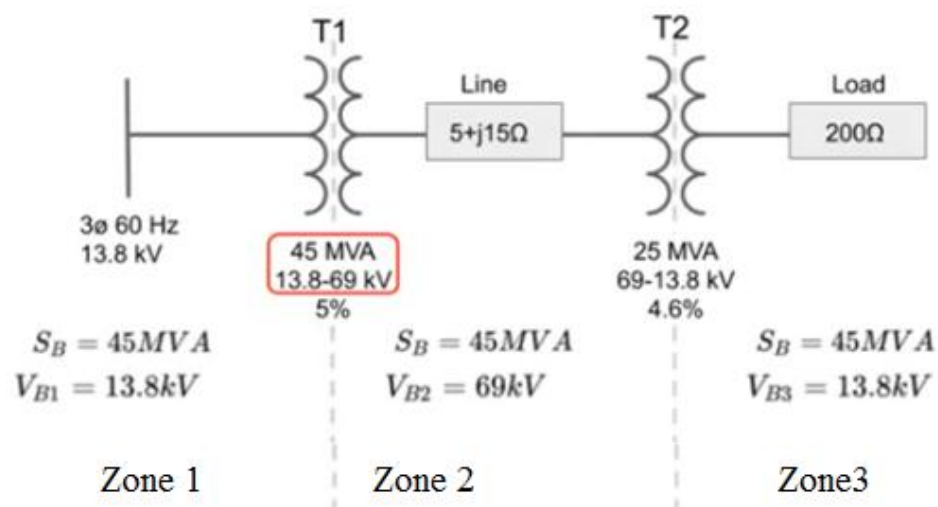
$$I_1 = I_{pu} \cdot I_{b1} = \underline{0.007} * 41.67 \quad I_1 = 0.291 \text{ A}$$

$$I_2 = I_{pu} \cdot I_{b2} = \underline{0.007} * 166.67 \quad I_2 = 1.17 \text{ A}$$

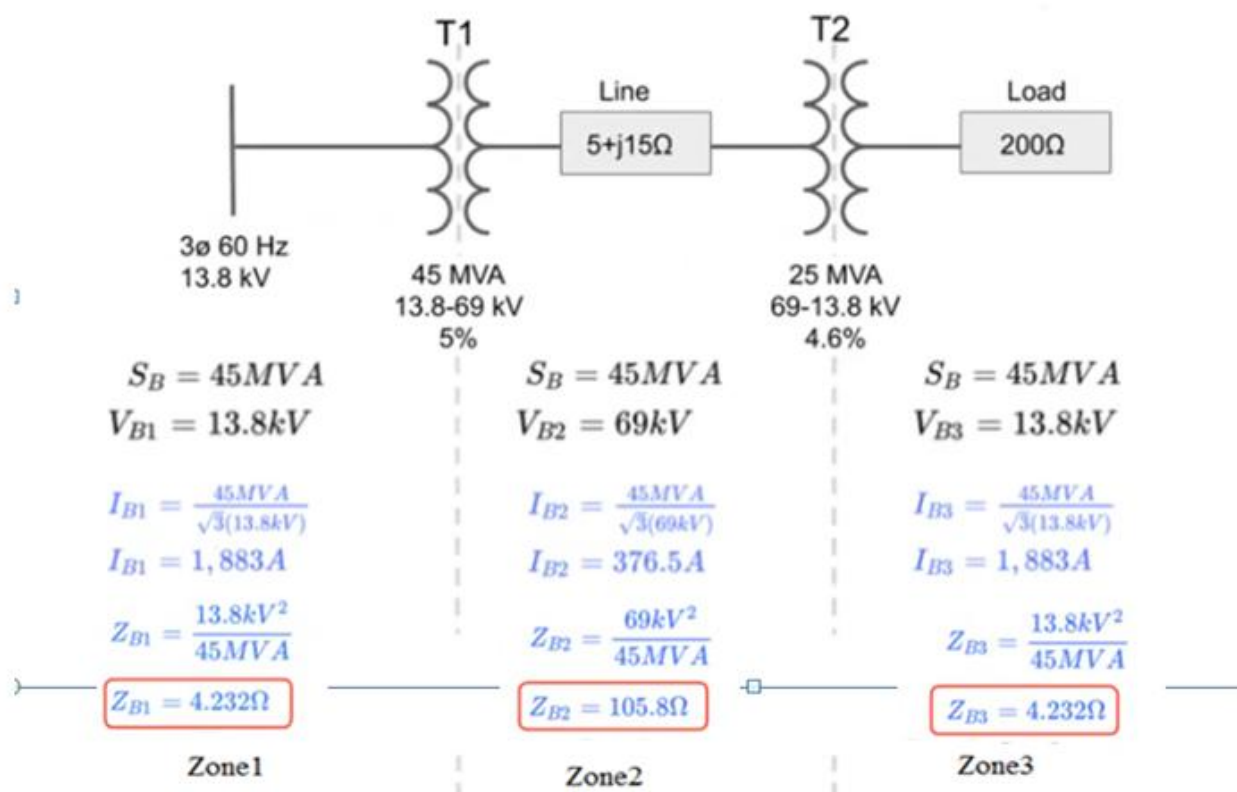
مثال: با استفاده از سیستم پریونیت جریان‌ها را در سیستم قدرت زیر محاسبه کنید.



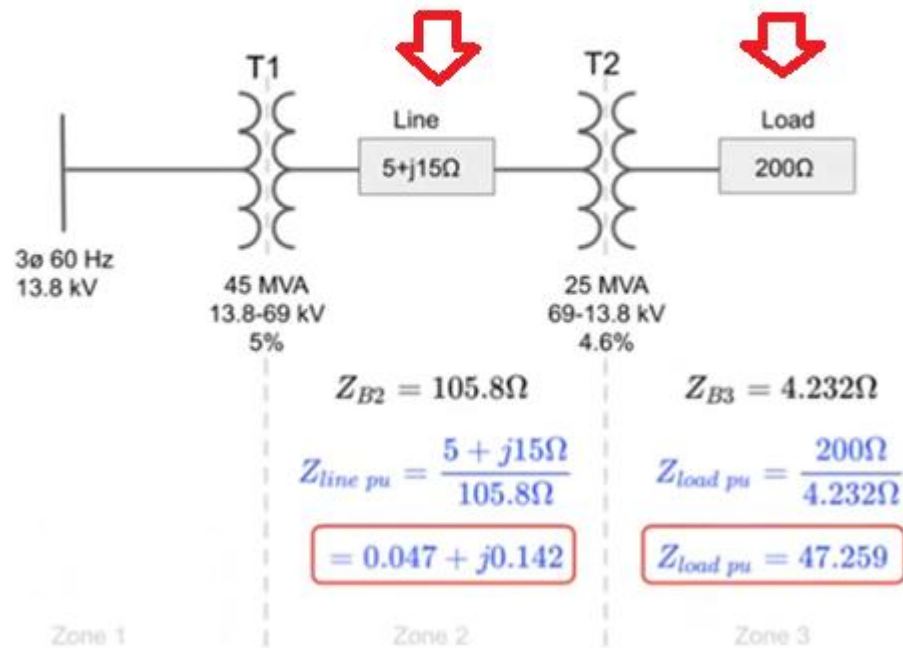
تخصیص مقدار پایه برای تمام نواحی



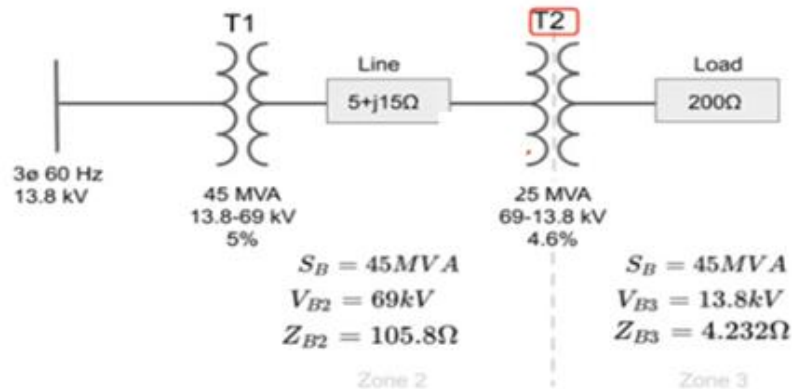
محاسبه امپدانس و جریان پایه هر ناحیه به طور مجزا



تبدیل کلیه امپدانس های مدار به پریونیت



اصلاح راکتانس معادل ترانسفورماتور دوم



$$p.u._{NEW} = p.u._{OLD} \frac{Base_{OLD}}{Base_{NEW}}$$

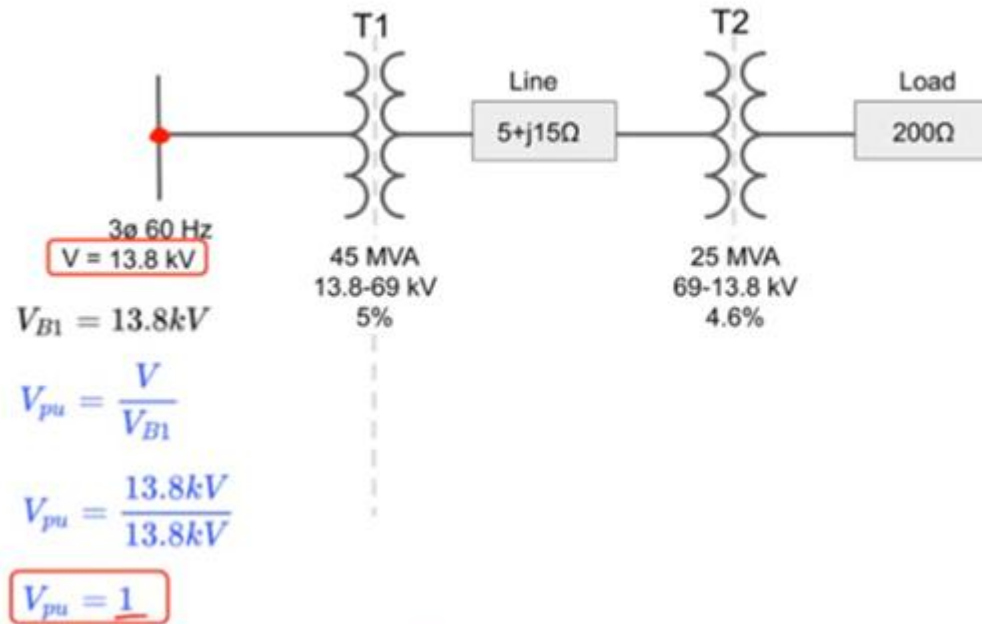
$$\%Z_{NEW} = \%Z_{OLD} \left(\frac{S_{BASE\ NEW}}{S_{BASE\ OLD}} \right) \left(\frac{V_{BASE\ OLD}}{V_{BASE\ NEW}} \right)^2$$

$$Z_{T2\ pu\ new} = 4.6\% \left(\frac{45 \text{ MVA}}{25 \text{ MVA}} \right) \left(\frac{69 \text{ kV}}{13.8 \text{ kV}} \right)^2$$

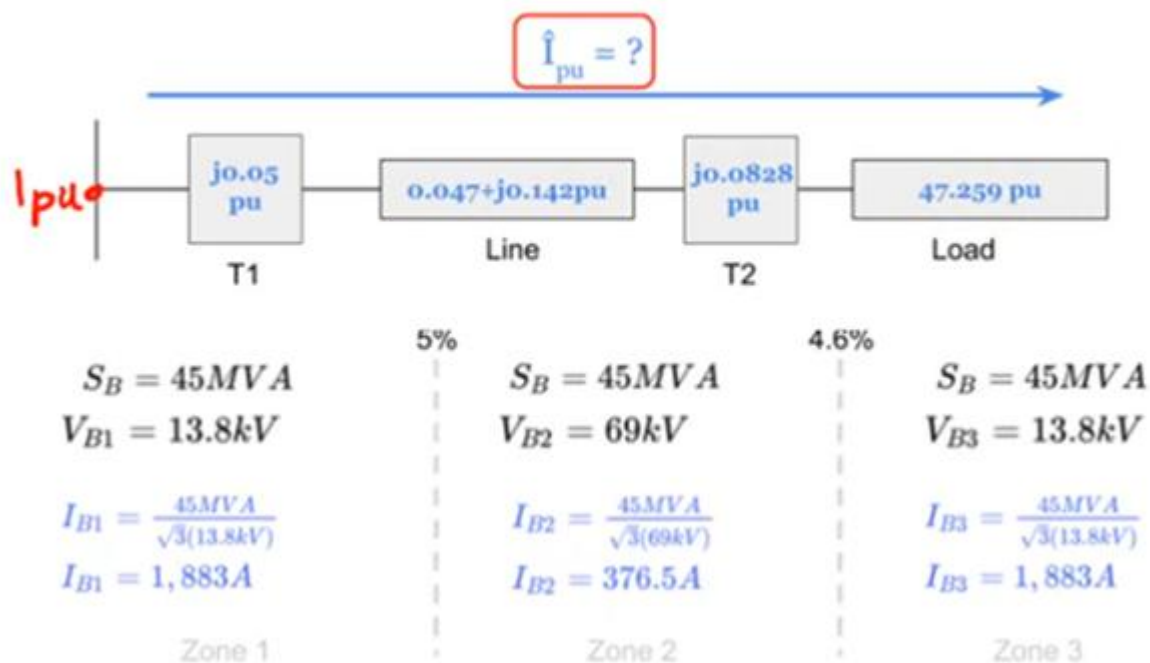
$$Z_{T2\ pu\ new} = 8.28\%$$

$$Z_{T2\ pu\ new} = j0.0828$$

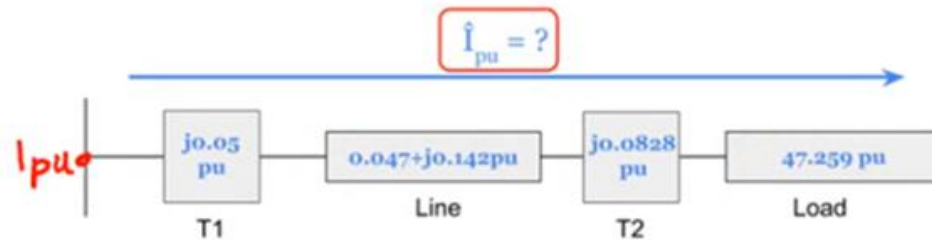
محاسبه جریان کلی مدار پریونیت



محاسبه جریان مدار معادل پریونیت شبکه بر حسب پریونیت



محاسبه جریان مدار معادل پریونیت شبکه بر حسب پریونیت



$$\hat{I}_{pu} = \frac{\hat{V}_{pu}}{\hat{Z}_{pu}} = \frac{1}{\hat{Z}_{pu}}$$

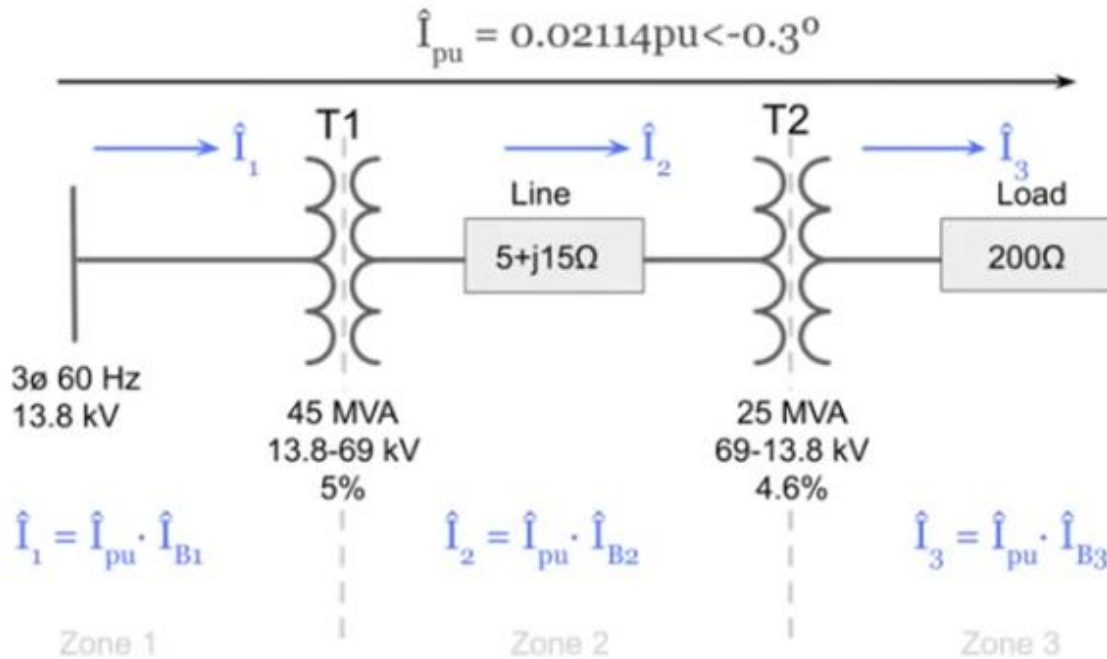
$$\hat{I}_{pu} = \frac{1}{j0.05 + (0.047 + j0.142) + j0.0828 + 47.259 pu}$$

Zone 1

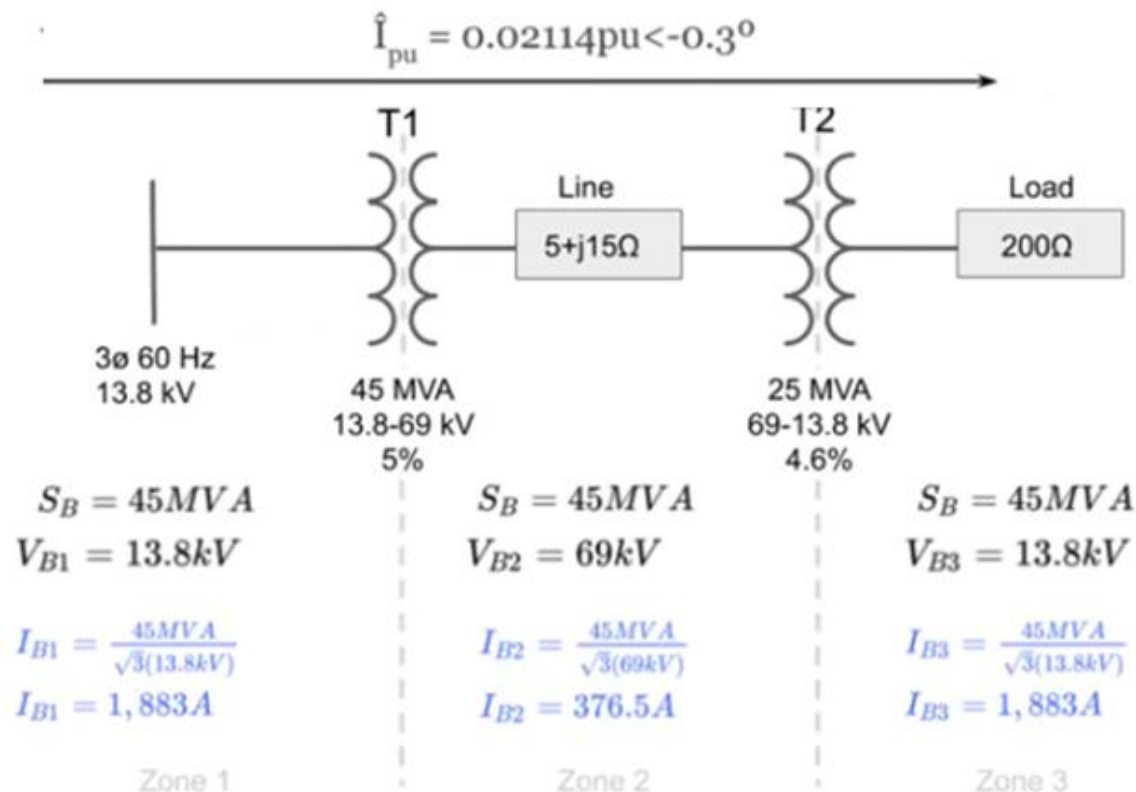
Zone 2

Zone 3

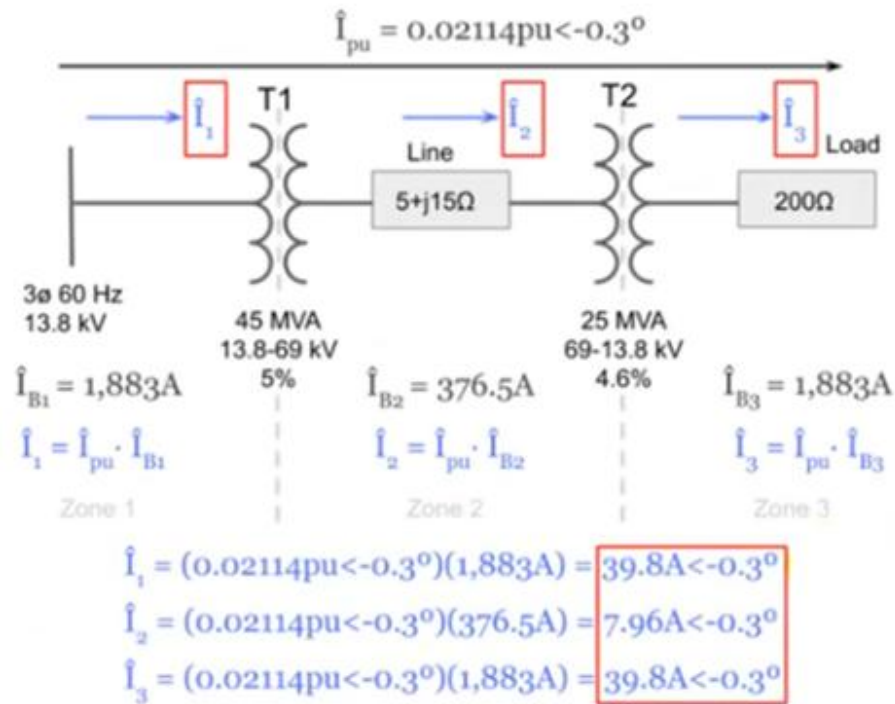
محاسبه جریان حقیقی تمام نواحی بر حسب آمپر



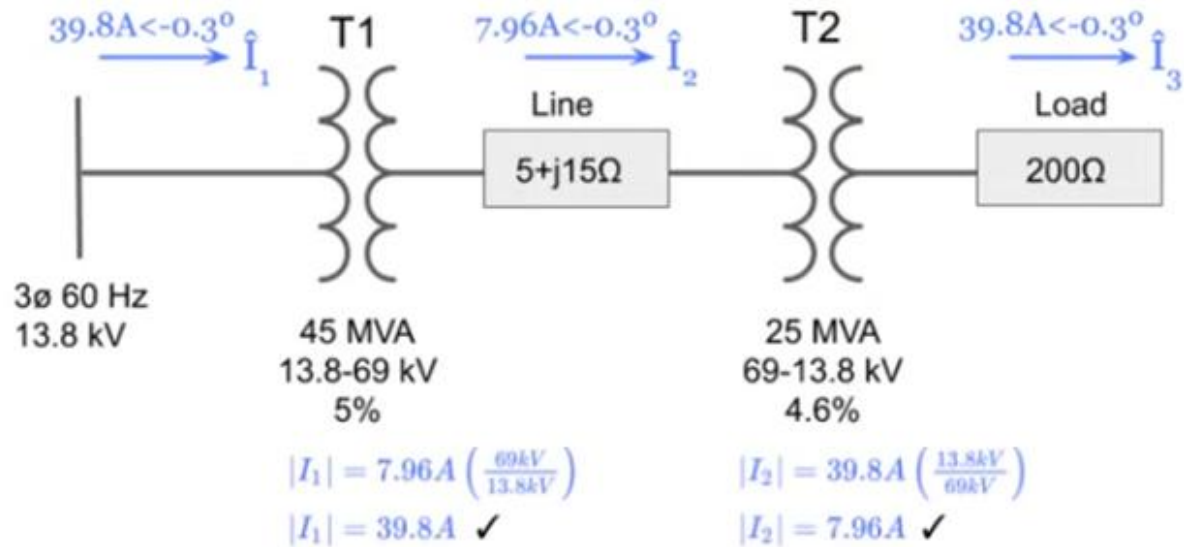
محاسبه جریان حقیقی تمام نواحی بر حسب آمپر



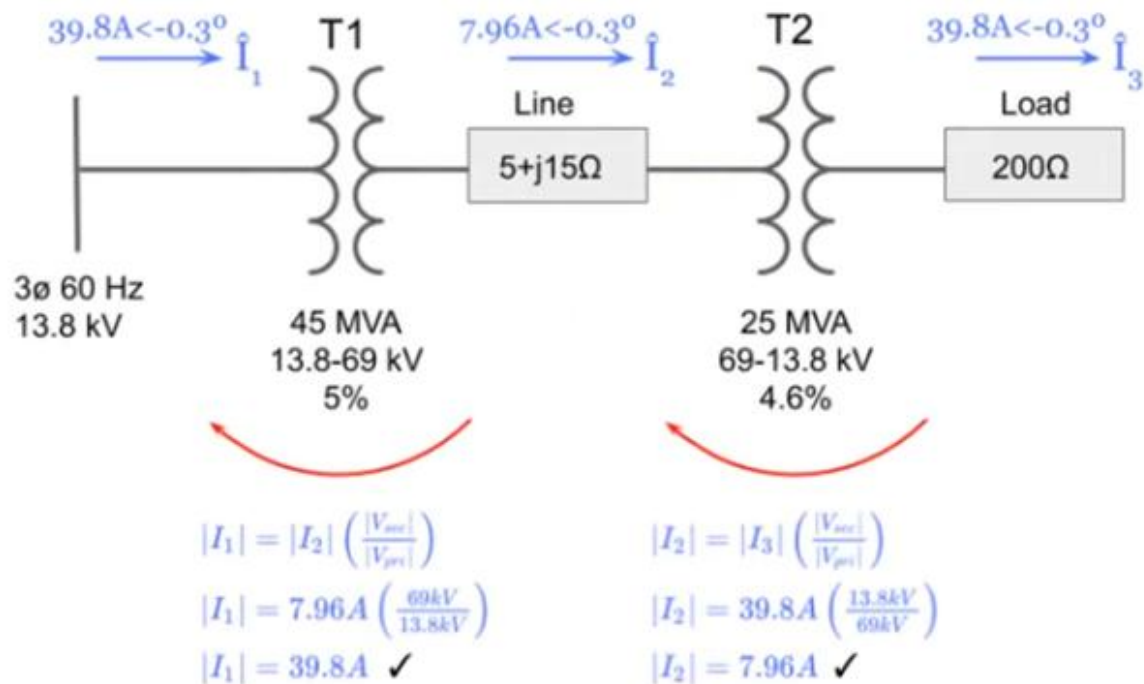
محاسبه جریان حقیقی تمام نواحی بر حسب آمپر



محاسبه جریان هر سطح



تست مقادیر توسط نسبت‌های ترانسفورماتورها



مثال:

ترانسفورماتورهای T_1 و T_2 با مقادیر نامی ارائه شده در شکل بهم متصل می‌باشند. با استفاده از مقادیر پایه 30 kVA و 240 V برای ناحیه 1، مدار را برحسب مقادیر پریونیت رسم نمایید. همچنین امپدانس و ولتاژ منبع را برحسب پریونیت محاسبه نمایید. سپس جریان بار را برحسب پریونیت و آمپر تعیین کنید. از مقاومت سیم پیچ‌های ترانسفورماتور و شاخه‌های ادمیتانس موازی چشم‌پوشی کنید.

