

۲-۲ آماده سازی جهت آزمایش

- در يك ترانسفورماتور با تعداد دور اولیه N_1 و ثانویه N_2 ، نسبت ولتاژ خط ثانویه به اولیه را در حالتی که اولیه ستاره و ثانویه نیز ستاره سربندی شده است؛ بدست آورید. همین کار را برای حالتی که ثانویه مثلث سربندی شده است نیز تکرار کنید.

$$\begin{aligned} a &= N_2 / N_1 && \text{ستاره به ستاره:} \\ a &= N_2 / N_1 * \sqrt{3} && \text{ستاره به مثلث:} \end{aligned}$$

- مرحله قبل را با فرض اولیه مثلث تکرار کنید.

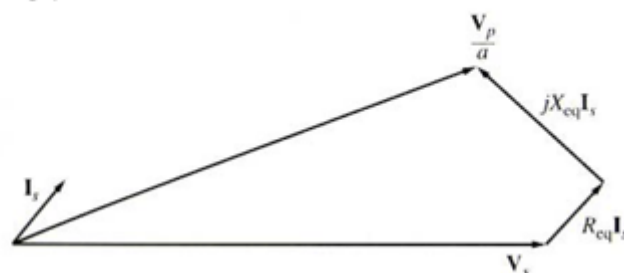
$$\begin{aligned} a &= N_2 / N_1 && \text{مثلث به مثلث:} \\ a &= N_2 * \sqrt{3} / N_1 && \text{مثلث به ستاره:} \end{aligned}$$

- چرا قبل از بستن کامل مثلث باید ولتاژ مثلث باز اندازه گیری شود.

تا بتوان هارمونیک سوم ولتاژ که در درون حلقه ی مثلثی می باشد را مشاهده کرد. همچنین اگر سر ترانسفورمر را درست بسته باشیم باید ولتاژ اندازه گیری شده در حد صفر باشد. پس برای اطمینان از صحت اتصالات خود ولتاژ مثلث باز را بررسی کنیم.

- با صرف نظر از امپدانس شاخه عرضی، نمودار فازوری يك ترانسفورماتور سه فاز را در بار مختلط پیش فاز رسم نمایید و در مورد رگولاسیون ولتاژ آن بحث کنید.
برای هر فاز:

■ Leading power factor



- ولتاژ رگولاسیون بستگی به مقدار بار دارد که میتواند کوچکتر یا بزرگتر یا حتی برابر صفر گردد.
- نشان دهید که در یک سیستم سه فاز سه سیمه، توان حقیقی را می توان با دو وات متر تکفاز اندازه گیری نمود.

$$V_1 = V_P$$

$$V_2 = V_P \angle 120^\circ = -\frac{V_P}{2} + j \frac{V_P \sqrt{3}}{2}$$

$$V_3 = V_P \angle -120^\circ = -\frac{V_P}{2} - j \frac{V_P \sqrt{3}}{2}$$

$$i_1 = i_L \angle 0^\circ = i_L$$

$$i_2 = i_L \angle 120^\circ = -\frac{i_L}{2} + j \frac{i_L \sqrt{3}}{2}$$

$$i_3 = i_L \angle -120^\circ = -\frac{i_L}{2} - j \frac{i_L \sqrt{3}}{2}$$

$$V_{L1} = V_1 - V_2$$

$$V_{L2} = V_2 - V_3$$

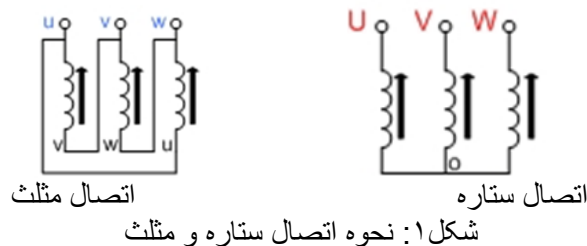
$$\Rightarrow P_1 + P_2 = V_{L1} \cdot i_1 + V_{L2} \cdot i_2 = V_P \cdot i_L + \frac{V_P i_L}{2} - j \frac{V_P \sqrt{3}}{2} i_L + \left(+ \frac{V_P i_L \sqrt{3}}{2} + j \frac{V_P i_L \sqrt{3}}{2} \right)$$

$$= 3 V_P \cdot i_P$$

کوان متر: $V_P \cdot i_P$ ✓

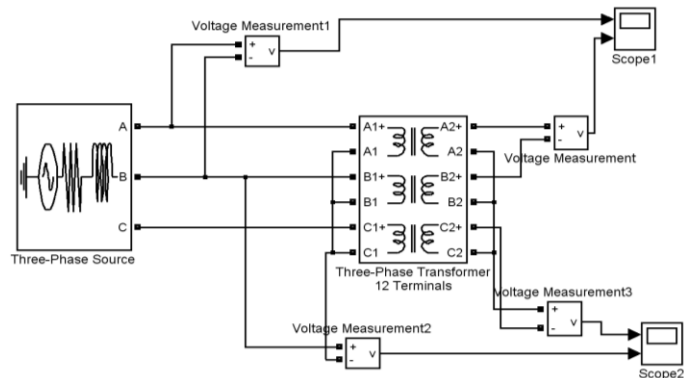
۳-۲ شبیه‌سازی

در این قسمت با استفاده از نرم افزار MATLAB/ Simulink اتصالات مختلف یک ترانسفورماتور سه فاز و عملکرد تحت بار آن مورد بررسی قرار می گیرد. شکل ۱ نحوه سربندی ترانسفورماتور سه فاز به صورت ستاره و مثلث را نشان می‌دهد.



۱-۳-۲ بررسی اتصالات مختلف ترانسفورماتور

یک صفحه Simulink باز کنید و مدار شکل ۲ را رسم نمایید. پارامترهای ترانسفورماتور و منبع تغذیه را به صورت شکل ۳ تنظیم نمایید و نوع Solver را ode23t انتخاب کنید. در صورتی که از نسخه ۲۰۱۲ نرم‌افزار، استفاده می‌کنید؛ لازم است؛ نوع حل مساله را در بلوک PowerGUI از قسمت Configure Parameter آن Discrete با Sample time برابر 5e-6 تعیین کنید. در قسمت Solver نیز نوع حل مساله باید Discrete انتخاب گردد.



شکل ۲: مدار شبیه‌سازی برای بررسی اتصالات مختلف ترانسفورماتور

شبیه‌سازی را در شرایط زیر انجام دهید:

- اولیه و ثانویه ترانسفورماتور را به صورت ستاره سربندی کنید (مانند شکل ۲) و ولتاژ خط و فاز اولیه و ثانویه را مشاهده نمایید.

STATES:

Il_Lm: TP Trans 12 Term/T1= 1.66 Arms -90.06 °
 Il_winding_1: TP Trans 12 Term/T2= 2.35 Arms -165.06 °
 Il_Lm: TP Trans 12 Term/T2= 1.66 Arms 149.94 °
 Il_winding_1: TP Trans 12 Term/T3= 2.35 Arms 74.94 °
 Il_Lm: TP Trans 12 Term/T3= 1.66 Arms 29.94 °

MEASUREMENTS:

U_V line p = 17299.91 Vrms 29.95°
 U_V line s = 43238.52 Vrms 29.94°
 U_V phase s = 24963.77 Vrms -60.06°
 U_V phase p = 9988.11 Vrms -120.05°

SOURCES:

U_A: Three-Phase Source= 10000.00 Vrms 0.00°
 U_B: Three-Phase Source= 10000.00 Vrms -120.00°
 U_C: Three-Phase Source= 10000.00 Vrms 120.00°

- اتصال ثانویه را در حالت مثلث قرار دهید. مثلث را باز کنید و ولتاژ مثلث باز را مشاهده نمایید.

STATES:

Il_Lm: TP Trans 12 Term/T1= 1.66 Arms -90.06 °
 Il_winding_1: TP Trans 12 Term/T2= 2.35 Arms -165.06 °
 Il_Lm: TP Trans 12 Term/T2= 1.66 Arms 149.94 °
 Il_winding_1: TP Trans 12 Term/T3= 2.35 Arms 74.94 °
 Il_Lm: TP Trans 12 Term/T3= 1.66 Arms 29.94 °

MEASUREMENTS:

U_V line p = 17299.91 Vrms 29.95°
 U_V line & phase s = 0.00 Vrms -173.15°
 U_V phase p = 9988.11 Vrms -120.05°

SOURCES:

U_A: Three-Phase Source= 10000.00 Vrms 0.00°
 U_B: Three-Phase Source= 10000.00 Vrms -120.00°
 U_C: Three-Phase Source= 10000.00 Vrms 120.00°

- مقادیر ولتاژهای فاز و خط (اولیه و ثانویه) را در این اتصال (ستاره به مثلث) مشاهده نمایید.

STATES:

Il_Lm: TP Trans 12 Term/T1= 1.66 Arms -90.06 °
 Il_winding_1: TP Trans 12 Term/T2= 2.35 Arms -165.06 °
 Il_Lm: TP Trans 12 Term/T2= 1.66 Arms 149.94 °
 Il_winding_1: TP Trans 12 Term/T3= 2.35 Arms 74.94 °
 Il_winding_2: TP Trans 12 Term/T3= 0.00 Arms 0.00 °
 Il_Lm: TP Trans 12 Term/T3= 1.66 Arms 29.94 °

MEASUREMENTS:

U_V line p = 17299.91 Vrms 29.95°
 U_V line & phase s = 24963.77 Vrms -0.06°
 U_V phase p = 9988.11 Vrms -120.05°

SOURCES:

U_A: Three-Phase Source= 10000.00 Vrms 0.00°
 U_B: Three-Phase Source= 10000.00 Vrms -120.00°
 U_C: Three-Phase Source= 10000.00 Vrms 120.00°

- اولیه را به صورت مثلث ببندید و با ثانویه ستاره و مثلث شبیه‌سازی را تکرار کنید.

مثلث به ستاره:

STATES:

Il_winding_1: TP Trans 12 Term/T1= 4.07 Arms -15.17 °
 Il_Lm: TP Trans 12 Term/T1= 2.88 Arms -60.17 °
 Il_winding_1: TP Trans 12 Term/T2= 4.07 Arms -135.17 °
 Il_Lm: TP Trans 12 Term/T2= 2.88 Arms 179.83 °
 Il_winding_1: TP Trans 12 Term/T3= 4.07 Arms 104.83 °
 Il_Lm: TP Trans 12 Term/T3= 2.88 Arms 59.83 °

MEASUREMENTS:

U_V line & phase p = 17258.81 Vrms 29.85°
 U_V line s = 74713.40 Vrms 59.83°
 U_V phase s = 43135.80 Vrms -30.17°

SOURCES:

U_A: Three-Phase Source = 10000.00 Vrms 0.00°
 U_B: Three-Phase Source = 10000.00 Vrms -120.00°
 U_C: Three-Phase Source = 10000.00 Vrms 120.00°

مثلث به مثلث :

STATES:

Il_winding_1: TP Trans 12 Term/T1= 4.07 Arms -15.17 °
 Il_Lm: TP Trans 12 Term/T1= 2.88 Arms -60.17 °
 Il_winding_1: TP Trans 12 Term/T2= 4.07 Arms -135.17 °
 Il_Lm: TP Trans 12 Term/T2= 2.88 Arms 179.83 °
 Il_winding_1: TP Trans 12 Term/T3= 4.07 Arms 104.83 °
 Il_winding_2: TP Trans 12 Term/T3= 0.00 Arms 154.60 °
 Il_Lm: TP Trans 12 Term/T3= 2.88 Arms 59.83 °

MEASUREMENTS:

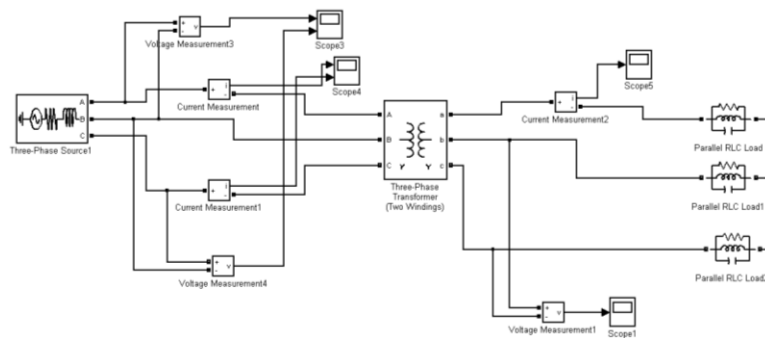
U_V line & phase p = 17258.81 Vrms 29.85°
 U_V line & phase s = 43135.80 Vrms 29.83°

SOURCES:

U_A: Three-Phase Source = 10000.00 Vrms 0.00°
 U_B: Three-Phase Source = 10000.00 Vrms -120.00°
 U_C: Three-Phase Source = 10000.00 Vrms 120.00°

۲-۳-۲ شبیه‌سازی حالت باباری

مدار شکل ۴ را در محیط Simulink رسم کنید. پارامترهای منبع تغذیه، ترانسفورماتور و بار را به صورت شکل ۵، تنظیم نموده و نوع Solver را ode23t انتخاب نمایید.



شکل ۴: مدار شبیه‌سازی در حالت با باری

شکل ۵: پارامترهای منبع تغذیه، ترانسفورماتور و بار

شبیه‌سازی را با بار اهمی (در این شرایط مقدار QL و QC را در پارامترهای بار صفر انتخاب کنید)، بار اهمی-القایی (در این شرایط مقدار QC را در پارامترهای بار صفر انتخاب کنید) و بار اهمی-خازنی (در این شرایط مقدار QL را در پارامترهای بار صفر انتخاب کنید) انجام دهید. با توجه به اینکه برای اندازه‌گیری توان اکتیو و راکتیو در سیستم سه فاز می‌توان از دو واتمتر تکفاز نیز استفاده کرد (روش دو واتمتری)، دو واتمتر تکفاز به اولیه ترانسفورماتور شکل ۴، اضافه کنید و شبیه‌سازی را با بار اهمی، اهمی-القایی و اهمی-خازنی، تکرار کنید.

بار اهمی :

STATES:

Il_transfo_1_Lm: Three-Phase Transformer (Two Windings)= 0.39 Arms -90.96 °
 Il_transfo_2_winding_1: Three-Phase Transformer (Two Windings)= 39.61 Arms -122.43 °
 Il_transfo_2_winding_2: Three-Phase Transformer (Two Windings)= 91.50 Arms 58.13 °
 Il_transfo_2_Lm: Three-Phase Transformer (Two Windings)= 0.39 Arms 149.04 °
 Il_transfo_3_winding_1: Three-Phase Transformer (Two Windings)= 39.61 Arms 117.57 °
 Il_transfo_3_winding_2: Three-Phase Transformer (Two Windings)= 91.50 Arms -61.87 °
 Il_transfo_3_Lm: Three-Phase Transformer (Two Windings)= 0.39 Arms 29.04 °

MEASUREMENTS:

U_Voltage Measurement= 734920.72 Vrms 29.97°
 U_Voltage Measurement1= 734920.72 Vrms 89.97°
 U_Voltage Measurement2= 314501.18 Vrms -91.87°
 I_Current Measurement= 91.50 Arms -1.87°
 I_Current Measurement1= 39.61 Arms -2.43°
 I_Current Measurement2= 39.61 Arms 117.57°

SOURCES:

U_A: Three-Phase Source= 424352.45 Vrms 0.00°
 U_B: Three-Phase Source= 424352.45 Vrms -120.00°
 U_C: Three-Phase Source= 424352.45 Vrms 120.00°

بار اهمی – سلفی :

STATES:

Il_RLC Load1= 171.83 Arms 148.34 °
 Il_RLC Load2= 171.83 Arms 28.34 °
 Il_RLC Load= 171.83 Arms -91.66 °
 Il_transfo_1_Lm: Three-Phase Transformer (Two Windings)= 0.38 Arms -90.82 °
 Il_transfo_2_winding_1: Three-Phase Transformer (Two Windings)= 82.84 Arms 175.02 °

Il_transfo_2_winding_2: Three-Phase Transformer (Two Windings)= 192.11 Arms -5.10 °
Il_transfo_2_Lm: Three-Phase Transformer (Two Windings)= 0.38 Arms 149.18 °
Il_transfo_3_winding_1: Three-Phase Transformer (Two Windings)= 82.84 Arms 55.02 °
Il_transfo_3_winding_2: Three-Phase Transformer (Two Windings)= 192.11 Arms -125.10 °
Il_transfo_3_Lm: Three-Phase Transformer (Two Windings)= 0.38 Arms 29.18 °

MEASUREMENTS:

U_Voltage Measurement= 734133.18 Vrms 29.98°
U_Voltage Measurement1= 734133.18 Vrms 89.98°
U_Voltage Measurement2= 295313.41 Vrms -91.66°
I_Current Measurement= 192.11 Arms -65.10°
I_Current Measurement1= 82.84 Arms -64.98°
I_Current Measurement2= 82.84 Arms 55.02°

SOURCES:

U_A: Three-Phase Source= 424352.45 Vrms 0.00°
U_B: Three-Phase Source= 424352.45 Vrms -120.00°
U_C: Three-Phase Source= 424352.45 Vrms 120.00°

بار اهمی و خازنی :

STATES:

Uc_RLC Load1= 194191.88 Vrms -122.11 °
Uc_RLC Load2= 194191.88 Vrms 117.89 °
Uc_RLC Load= 194191.88 Vrms -2.11 °
Il_transfo_1_Lm: Three-Phase Transformer (Two Windings)= 0.41 Arms -91.12 °
Il_transfo_2_winding_1: Three-Phase Transformer (Two Windings)= 93.60 Arms -59.01 °
Il_transfo_2_winding_2: Three-Phase Transformer (Two Windings)= 218.81 Arms 121.32 °
Il_transfo_2_Lm: Three-Phase Transformer (Two Windings)= 0.41 Arms 148.88 °
Il_transfo_3_winding_1: Three-Phase Transformer (Two Windings)= 93.60 Arms -179.01 °
Il_transfo_3_winding_2: Three-Phase Transformer (Two Windings)= 218.81 Arms 1.32 °
Il_transfo_3_Lm: Three-Phase Transformer (Two Windings)= 0.41 Arms 28.88 °

MEASUREMENTS:

U_Voltage Measurement= 735816.27 Vrms 29.95°
U_Voltage Measurement1= 735816.27 Vrms 89.95°
U_Voltage Measurement2= 336350.20 Vrms -92.11°
I_Current Measurement= 218.81 Arms 61.32°
I_Current Measurement1= 93.60 Arms 60.99°
I_Current Measurement2= 93.60 Arms -179.01°

SOURCES:

U_A: Three-Phase Source= 424352.45 Vrms 0.00°
U_B: Three-Phase Source= 424352.45 Vrms -120.00°
U_C: Three-Phase Source= 424352.45 Vrms 120.00°