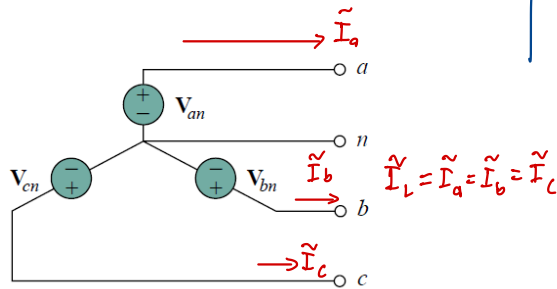


Three – Phase Circuits

วงจรไฟฟ้าสามเฟส (Three – Phase Circuits)

วงจรไฟฟ้าสามเฟสแบบสมดุล

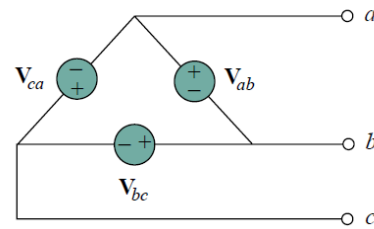
แหล่งจ่ายสมดุล $\tilde{V}_{an}, \tilde{V}_{bn}, \tilde{V}_{cn} \rightarrow \tilde{V}_p$



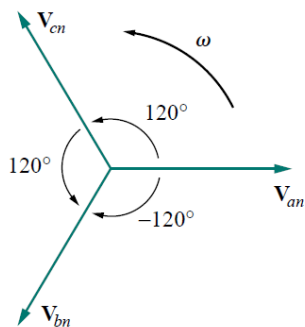
สมดุลแบบ Y

$\tilde{V}_L = \tilde{V}_{ab}, \tilde{V}_{bc}, \tilde{V}_{ca}$

$\tilde{V}_{ab} = 20 \angle 0^\circ \rightarrow \tilde{V}_{bc} = 20 \angle -110^\circ$
 $\tilde{V}_{ca} = 20 \angle 120^\circ$



สมดุลแบบ Δ



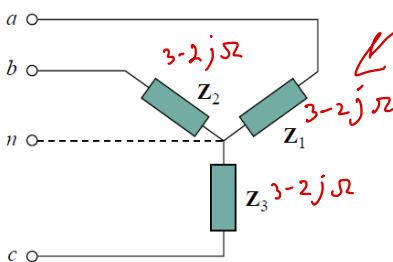
$$\mathbf{V}_{an} = V_p \angle 0^\circ$$

$$\mathbf{V}_{bn} = V_p \angle -120^\circ$$

$$\mathbf{V}_{cn} = V_p \angle -240^\circ = V_p \angle +120^\circ$$

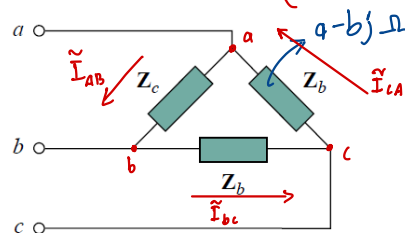
Positive sequence

โหลดสมดุล



สมดุลแบบ Y

$$Z_1 = Z_2 = Z_3 = Z_Y$$



สมดุลแบบ Δ

$$Z_a = Z_b = Z_c = Z_\Delta$$

$$Z_\Delta = 3Z_Y \quad \text{or} \quad Z_Y = \frac{1}{3}Z_\Delta$$

Three – Phase Circuits

สมดุลแบบ Y – Y

$$\rightarrow I_p = I_L$$

$$-\tilde{V}_{qn} + \tilde{Z}_Y \tilde{I}_a = 0$$

$$\tilde{I}_a = \frac{\tilde{V}_{qn}}{\tilde{Z}_Y} =$$

$$\tilde{V}_{qb} = +V_{qn} - V_{bn}$$

$$= V_p \angle 0^\circ - V_p \angle -120^\circ$$

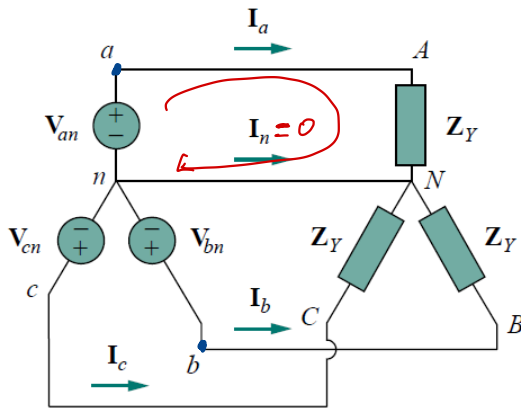
$$= V_p [1 \angle 0^\circ - 1 \angle -120^\circ]$$

$$= \sqrt{3} V_p \angle 0+30^\circ$$

$$\tilde{V}_{qb} = 10 \angle 10^\circ - 10 \angle -110^\circ$$

$$= 10\sqrt{3} \angle 10+30^\circ$$

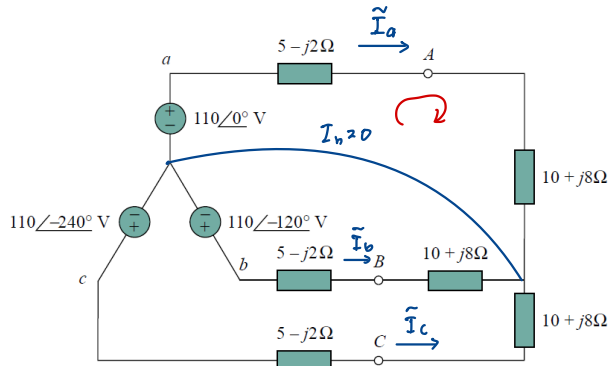
$$= 10\sqrt{3} \angle 40^\circ \text{ V.}$$



$$I_a = \frac{V_{an}}{Z_Y}$$

$$V_L = \sqrt{3} V_p$$

ตัวอย่าง 1 จงหากระแสของเส้น(Line current) ของวงจรสามเฟสดังรูป



$$-110 \angle 0^\circ + (5-j2)\tilde{I}_a + (10+j8)\tilde{I}_a = 0$$

$$\tilde{I}_a = \frac{110 \angle 0^\circ}{15+j6}$$

$$\tilde{I}_L \begin{cases} \tilde{I}_a = 6.81 \angle -21.8^\circ \text{ A} = \tilde{I}_{AN} \\ \tilde{I}_b = 6.81 \angle -141.8^\circ \text{ A} = \tilde{I}_{BN} \\ \tilde{I}_c = 6.81 \angle 98.2^\circ \text{ A} = \tilde{I}_{CN} \end{cases} \tilde{I}_p$$

$$\tilde{V}_{ab} = +110 \angle 0^\circ + 110 \angle -120^\circ$$

$$= 110\sqrt{3} \angle 30^\circ \text{ V.}$$

$$\tilde{V}_{bc} = 110\sqrt{3} \angle -90^\circ \text{ V.}$$

$$\tilde{V}_{ca} = 110\sqrt{3} \angle 150^\circ \text{ V.}$$

Three – Phase Circuits

ตัวอย่าง 2 แหล่งจ่ายไฟฟ้าสมดุลสามเฟสแบบ Y มีค่าความต้านทานเชิงซ้อน $0.4 + 0.3j$ โอห์ม ต่อเข้ากับโหลดซึ่งมีค่าอิมพีแดนซ์ $24 + 19j$ โอห์ม สมดุลแบบ Y เช่นเดียวกัน ถ้าแหล่งจ่ายเป็นแบบ positive sequence และ $\tilde{V}_{an} = 120 \angle 30^\circ \text{ V}$. และถ้าระหว่างแหล่งจ่ายกับโหลดมีอิมพีแดนซ์ $0.6 + 0.7j$ โอห์ม จงหา a) line voltages b) line current

Answer: (a) $207.85 \angle 60^\circ \text{ V}$, $207.85 \angle -60^\circ \text{ V}$, $207.85 \angle -180^\circ \text{ V}$,
(b) $3.75 \angle -8.66^\circ \text{ A}$, $3.75 \angle -128.66^\circ \text{ A}$, $3.75 \angle -248.66^\circ \text{ A}$.

Three – Phase Circuits

ตัวอย่าง 2 แหล่งจ่ายไฟฟ้าสมดุลสามเฟสแบบ Y มีค่าความต้านทานเชิงซ้อน $0.4 + 0.3j$ โอห์ม ต่อเข้ากับโหลดซึ่งมีค่าอิมพีแดนซ์ $24 + 19j$ โอห์ม สมดุลแบบ Y เช่นเดียวกัน ถ้าแหล่งจ่ายเป็นแบบ positive sequence และ $\tilde{V}_{an} = 120 \angle 30^\circ \text{ V}$. และถ้าระหว่างแหล่งจ่ายกับโหลดมีอิมพีแดนซ์ $0.6 + 0.7j$ โอห์ม จงหา a) line voltages b) line current *C, complex power*

$$\rightarrow \tilde{S} = 3 \tilde{V}_p \tilde{I}_L^*$$

$$\tilde{V}_p = \tilde{V}_{an} = 120 \angle 30^\circ \text{ V}$$

$$\tilde{I}_L = \tilde{I}_a = 3.75 \angle -8.66^\circ \text{ A}$$

$$\tilde{S} = 3 \tilde{V}_{an} \tilde{I}_a^* = 3 (120 \angle 30^\circ) (3.75 \angle 8.66^\circ)$$

$$\tilde{S} = 1054 + 843j \text{ VA} \rightarrow P = 1054 \text{ Watt}$$

$$Q = 843 \text{ VAR}$$

$$\tilde{S} = 1350 \angle 38.66^\circ \text{ VA} \rightarrow S = 1350 \text{ VA}$$

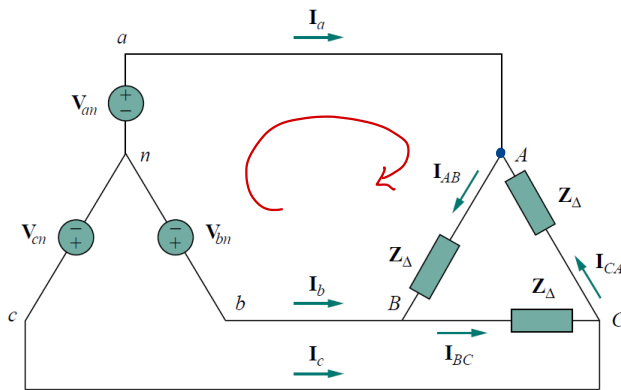
$$pf = \frac{P}{S} = \cos 38.66^\circ$$

$$pf = 0.78 \text{ lagging}$$

Answer: (a) $207.85 \angle 60^\circ \text{ V}$, $207.85 \angle -60^\circ \text{ V}$, $207.85 \angle -180^\circ \text{ V}$,
(b) $3.75 \angle -8.66^\circ \text{ A}$, $3.75 \angle -128.66^\circ \text{ A}$, $3.75 \angle -248.66^\circ \text{ A}$.

Three – Phase Circuits

สมดุลแบบ Y – Δ



$$-\tilde{V}_{an} + \tilde{Z}_{\Delta} \tilde{I}_{AB} + \tilde{V}_{bn} = 0$$

$$\tilde{I}_{AB} = \frac{\tilde{V}_{an} - \tilde{V}_{bn}}{\tilde{Z}_{\Delta}}$$

KCL ที่ node A.

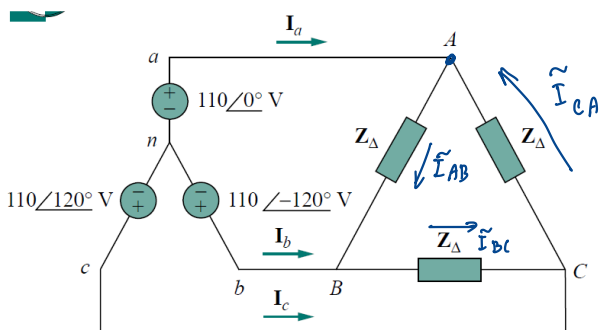
$$\tilde{I}_a + \tilde{I}_{CA} = \tilde{I}_{AB}$$

$$\tilde{I}_a = \tilde{I}_{AB} - \tilde{I}_{CA}$$

$$\mathbf{I}_{AB} = \frac{\mathbf{V}_{AB}}{\mathbf{Z}_{\Delta}}, \quad \mathbf{I}_{BC} = \frac{\mathbf{V}_{BC}}{\mathbf{Z}_{\Delta}}, \quad \mathbf{I}_{CA} = \frac{\mathbf{V}_{CA}}{\mathbf{Z}_{\Delta}}$$

$$I_L = \sqrt{3} I_p$$

ตัวอย่าง 3 จงหา line current and phase current ของวงจรสามเฟสดังรูป, $\tilde{Z}_{\Delta} = 6 + 9j \, \Omega$



$$-110\angle 0^\circ + (6 + 9j) \tilde{I}_{AB} + 110\angle -120^\circ = 0$$

$$\tilde{I}_{AB} = \frac{110\angle 0^\circ - 110\angle -120^\circ}{6 + 9j}$$

$$\tilde{I}_{AB} = 17.61 \angle -26.31^\circ \text{ A}$$

$$\tilde{I}_{BC} = 17.61 \angle -146.31^\circ \text{ A}$$

$$\tilde{I}_{CA} = 17.61 \angle 93.69^\circ \text{ A}$$

KCL ที่ Node A

$$\tilde{I}_a + \tilde{I}_{CA} = \tilde{I}_{AB}$$

$$\tilde{I}_a = \tilde{I}_{AB} - \tilde{I}_{CA} \\ \approx 17.61 \angle -26.31^\circ - 17.61 \angle -146.31^\circ$$

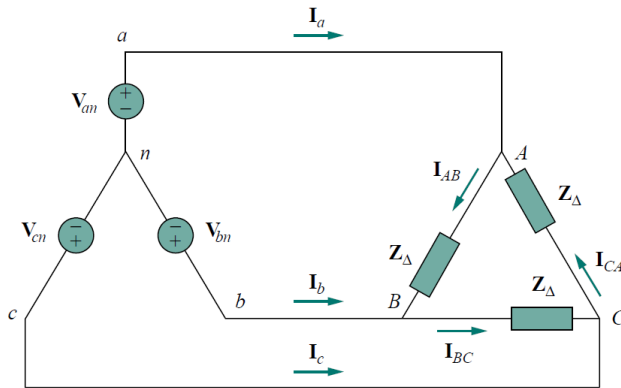
$$\tilde{I}_a = 30.5 \angle -56.3^\circ \text{ A}$$

$$\tilde{I}_b = 30.5 \angle -176.3^\circ \text{ A}$$

$$\tilde{I}_c = 30.5 \angle 63.7^\circ \text{ A}$$

Three – Phase Circuits

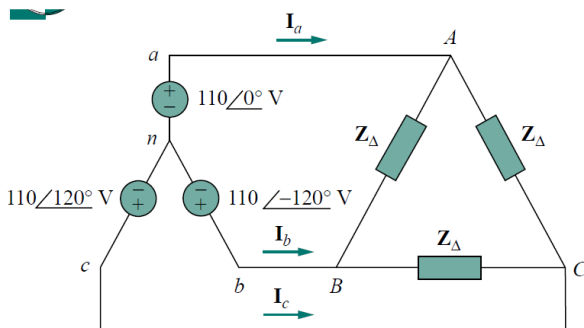
สมดุลแบบ $Y - \Delta$



$$I_{AB} = \frac{V_{AB}}{Z_{\Delta}}, \quad I_{BC} = \frac{V_{BC}}{Z_{\Delta}}, \quad I_{CA} = \frac{V_{CA}}{Z_{\Delta}}$$

$$I_L = \sqrt{3} I_p$$

ตัวอย่าง 3 จงหา line current and phase current ของวงจรสามเฟสดังรูป

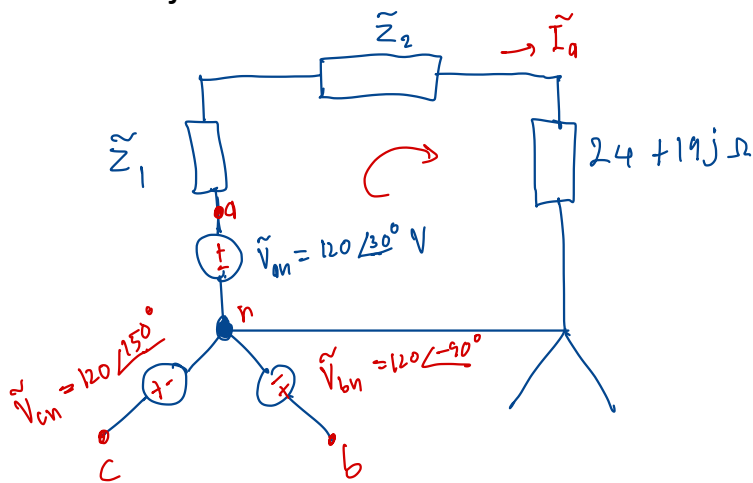


Three – Phase Circuits

ตัวอย่าง **4** วงจรไฟฟ้าสามเฟส มีแหล่งจ่ายสมดุบแบบ Y ซึ่ง $\tilde{V}_{an} = 100\angle 10^\circ V$. ต่อเชื่อมกับ โหลดสมดุลแบบ Δ ซึ่ง $\vec{Z} = 8 + 4j \Omega$ ต่อ เฟส จงหา phase and line currents

Three – Phase Circuits

ตัวอย่าง 7 แหล่งจ่ายไฟฟ้าสมดุลสามเฟสแบบ Y มีค่าความต้านทานเชิงซ้อน $0.4 + 0.3j$ โอห์ม ต่อเข้ากับ โหลดซึ่งมีค่าอิมพีแดนซ์ $24 + 19j$ โอห์ม สมดุลแบบ Y เช่นเดียวกัน ถ้าแหล่งจ่ายเป็นแบบ positive sequence และ $v_{an} = 120 \angle 30^\circ \text{ V}$. และถ้าระหว่างแหล่งจ่ายกับโหลดมีอิมพีแดนซ์ $0.6 + 0.7j$ โอห์ม จงหา กำลังไฟฟ้าเชิงซ้อนของแหล่งจ่าย โหลด และ ไลน์



$$\tilde{S} = 3 \tilde{V}_{an} \tilde{I}_a^*$$

$$-120 \angle 30^\circ + (\tilde{Z}_1 + \tilde{Z}_2 + \tilde{Z}_3) \tilde{I}_a = 0$$

$$\tilde{I}_a = \frac{120 \angle 30^\circ}{25 + 20j} = 3.75 \angle -4.66^\circ \text{ A}$$

$$\tilde{I}_b = 3.75 \angle -124.66^\circ \text{ A}$$

$$\tilde{I}_c = 3.75 \angle 111.34^\circ \text{ A}$$

$$\begin{aligned} \tilde{V}_{ab} &= +120 \angle 30^\circ - 120 \angle -90^\circ \\ &= 120\sqrt{3} \angle 60^\circ \text{ V} \end{aligned}$$

$$\tilde{V}_{bc} = 120\sqrt{3} \angle -60^\circ \text{ V}$$

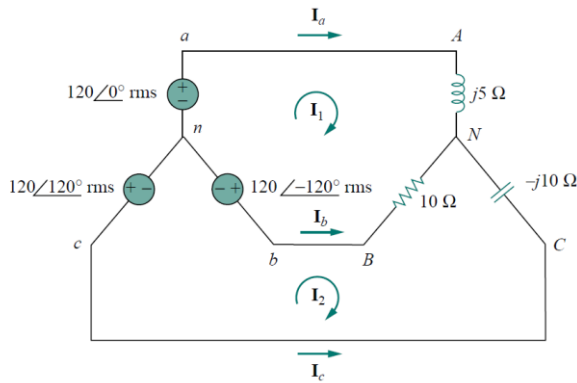
$$\tilde{V}_{ca} = 120\sqrt{3} \angle 140^\circ \text{ V}$$

Answer: $-(1054 + j843.3) \text{ VA}$, $(1012 + j801.6) \text{ VA}$.

Three – Phase Circuits

UNBALANCED THREE-PHASE SYSTEMS

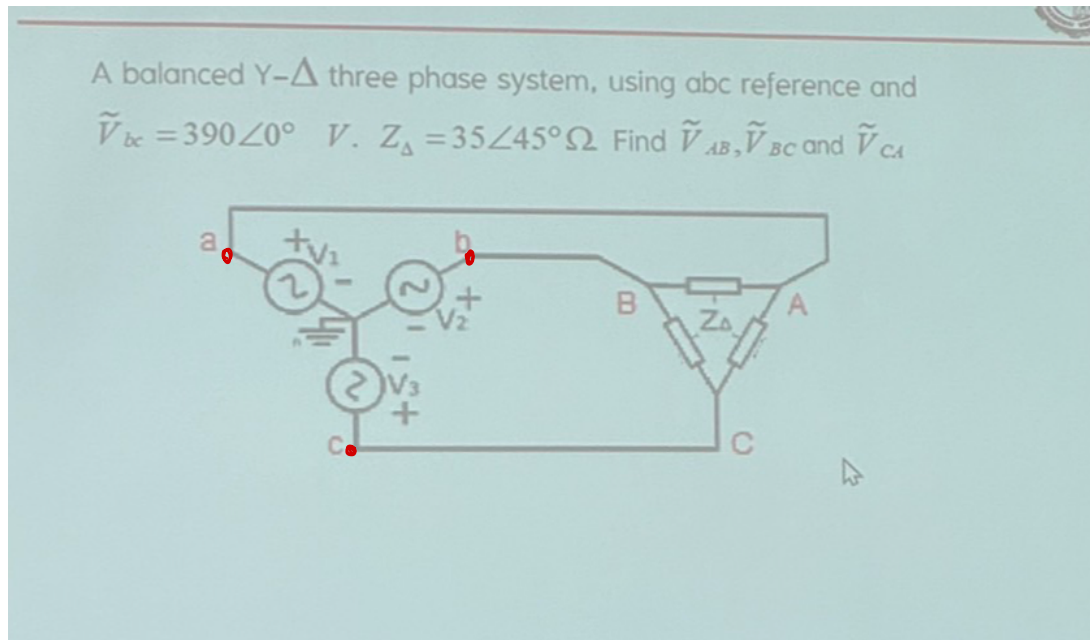
ตัวอย่าง 8 จงหา line current กำลังไฟฟ้าเชิงซ้อนของโหลด และกำลังไฟฟ้าเชิงซ้อนของแหล่งจ่าย



$$S_L = S_A + S_B + S_C = 6480 - j2156 \text{ VA}$$

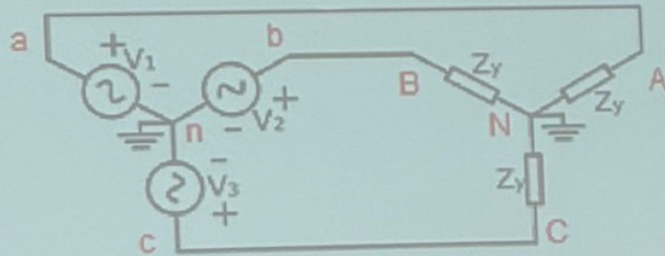
$$S_s = S_a + S_b + S_c = -6480 + j2156 \text{ VA}$$

Three – Phase Circuits



Three – Phase Circuits

A balanced Y-Y three phase system, using abc reference and $\tilde{V}_{ca} = 390 \angle -120^\circ$ V. $Z_Y = 50 \angle 30^\circ \Omega$ Find \tilde{V}_{AN} , \tilde{V}_{BN} and \tilde{V}_{CN}



$$\tilde{V}_{AN} = 225 \angle 90^\circ \text{ V.}$$

$$\tilde{V}_{BN} = 225 \angle -30^\circ \text{ V.}$$

$$\tilde{V}_{CN} = 225 \angle -150^\circ \text{ V}$$