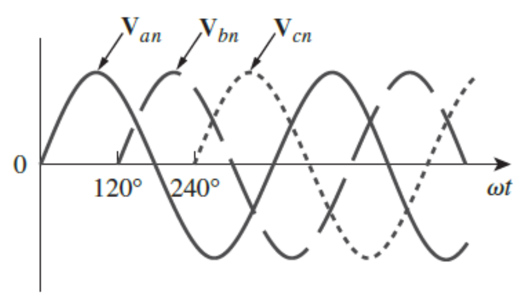
## 1. OBJETIVOS

- Por medio del uso del osciloscopio, obtener el respectivo desfase entre las tensiones de línea respecto a las tensiones de fase, y conjuntamente la diferencia de magnitudes correspondiente a $\sqrt{3}$.
- Por medio del osciloscopio, usando las pinzas ISO1000, obtener el respectivo desfase de las corrientes de línea respecto a las corrientes de fase, conectando la fuente en 'Y' y las cargas en 'Δ' balanceadas.
- Por medio de las herramientas del laboratorio, hallar la corriente a neutro cuando el circuito sea 'Y'-'Y' con conexión al neutro con cargas desbalanceadas.
- Por medio de las herramientas del laboratorio, medir el voltaje $\mathbb{v}_{Nn}$ para el mismo circuito 'Y' pero ahora sin la conexión al neutro.
- Por medio del diagrama fasorial se determinará el comportamiento de los voltajes de línea respecto a los voltajes de fase, conjuntamente, las corrientes de línea respecto a las corrientes de fase.

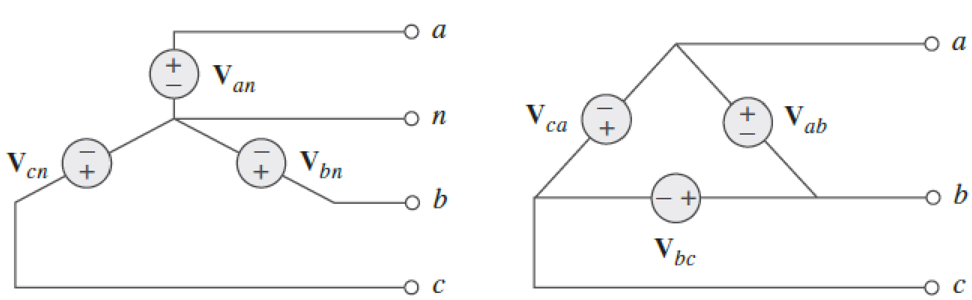
## 2. MARCO CONCEPTUAL

### Circuitos Trifásicos

Un sistema trifásico se produce con un generador que consta de tres fuentes con la misma amplitud y frecuencia, pero desfasadas 120° entre sí.




Un sistema trifásico habitual consta de tres fuentes de tensión conectadas a cargas mediante tres o cuatro conductores. Un sistema trifásico equivale a tres circuitos monofásicos. Dichas fuentes se pueden conectar en 'Y' o el 'Δ'.




*a)* *b)*

Si las fuentes se encuentran conectadas en ‘Y’, ósea, $\mathbb{v}_{an}, \mathbb{v}_{bn}, \mathbb{v}_{cn}$ se encuentran respectivamente entre las líneas a, b, c y la línea neutra. Estas tensiones se llaman tensiones de fase. Esto es sistema trifásico balanceado de voltajes, y se tiene que:

$$\mathbb{v}_{an} + \mathbb{v}_{bn} + \mathbb{v}_{cn} = 0$$

$$V_{an} = V_{bn} = V_{cn}$$

Dado que las tensiones trifásicas se encuentran 120° entre sí, por ende se habla de que hay dos tipos de secuencias:

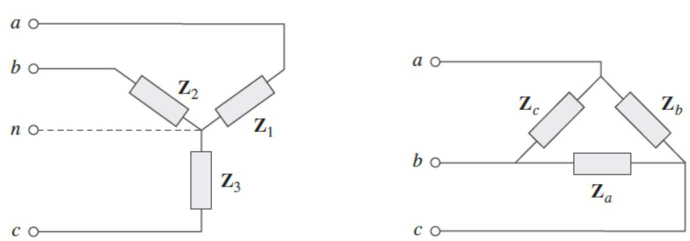
$$\boxed{\begin{aligned} \mathbf{V}_{an} &= V_p\angle 0^\circ \\ \mathbf{V}_{bn} &= V_p\angle -120^\circ \\ \mathbf{V}_{cn} &= V_p\angle -240^\circ = V_p\angle +120^\circ \end{aligned}}$$

Este tipo de secuencia se conoce como secuencia abc, o simplemente como secuencia positiva.

$$\boxed{\begin{aligned} \mathbf{V}_{an} &= V_p\angle 0^\circ \\ \mathbf{V}_{cn} &= V_p\angle -120^\circ \\ \mathbf{V}_{bn} &= V_p\angle -240^\circ = V_p\angle +120^\circ \end{aligned}}$$

Este tipo de secuencia se conoce como secuencia acb, o simplemente como secuencia negativa.

Al igual que a las conexiones del generador, una carga trifásica también se puede conectar en ‘Y’ o en ‘Δ’, también puede existir tres conductores o cuatro conductores, ya depende de la forma de conexión del circuito.



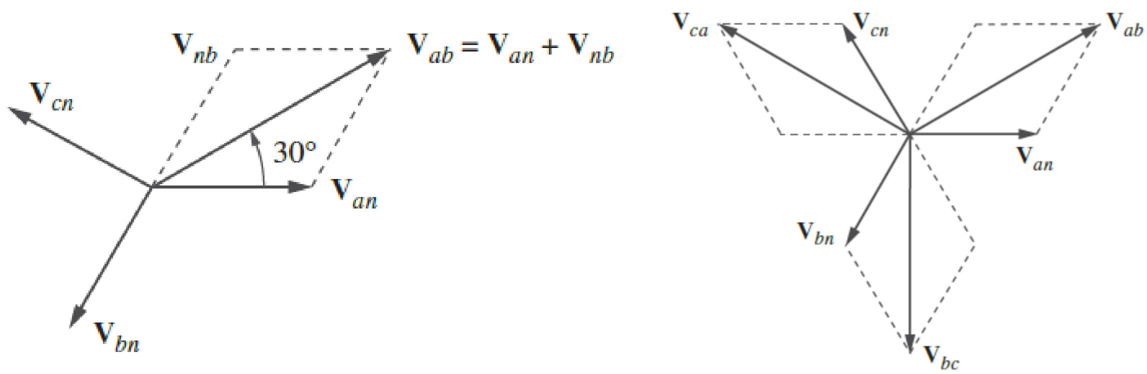

a) b)

En dicha practica se debe comprobar la que la magnitud de las tensiones de linea $V_L$ es $\sqrt{3}$ veces la magnitud de las tensiones de fase $V_F$.

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

Y asi mismo comprobar que los angulos de las tensiones de fase se encuentran atrasadas respecto a las tensiones de linea, cabe recalcar que dicho desfase es de 30°.

$$\theta_{ab} = \theta_{an} + 30°$$

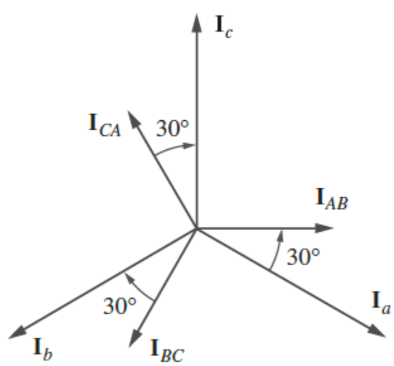



*a)* *b)*

De igual manera, comprobar el desfase entre as corrientes de linea respecto a las de fase, pero en este caso por medio de una ley de corrientes el desfase es -30°, siendo el aumento en su magnitud de $\sqrt{3}$.

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

$$\theta_{a=}\theta_{AB} - 30°$$




Todo esto solamente para secuencia positiva

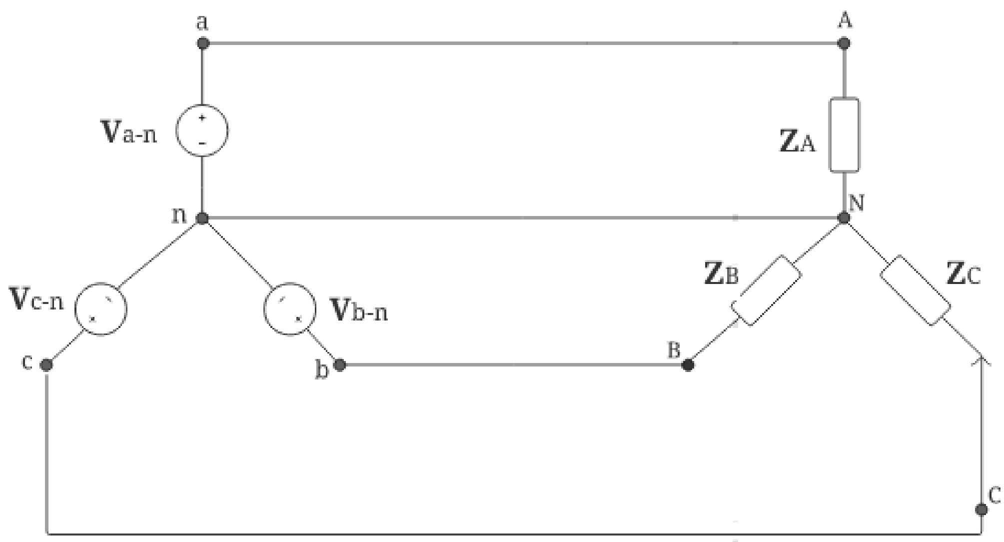
En la practica se hara la conexión con carga en ‘Y’ desbalanceado al cual se conectara al neutro y al mismo circuito sin la conexión al neutro, al cual se debe comprobar el cumplimiento de la Ley de Corrientes de Kirchhosff cuando esta la conexión al neutro y cuando no la halla.

Por último, con carga en ‘Δ’ balanceada, se comprueba los desfases de las corrientes de línea respecto a las de fase con el osciloscopio. El cual debe estar dado por secuencia de fases.

4. **MEMORIA DE CALCULOS**

**Datos circuito Y-Y con neutro y sin neutro**

**t:**



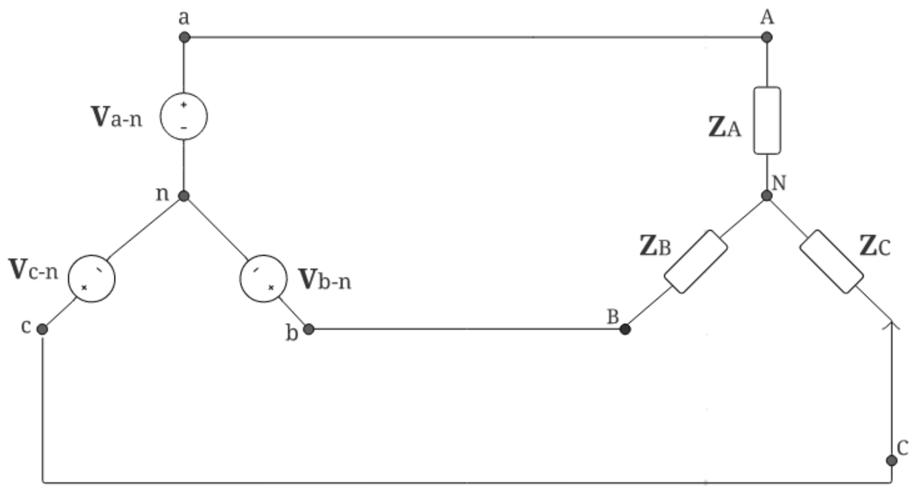

$L = 2.0779[H]$ (2)

$C_1 = \ 3.9816[\mu F]$ (3) $C_2 = \ 2.526[\mu F]$ (2) $C_3 = \ 2.526[\mu F]$ (2)

$R_1 = 788.4[\Omega]$ (2) $R_1 = 788.4[\Omega]$ (2)

- $\omega = 2\pi f \ \rightarrow \ \omega = 2\pi \cdot 60 \ \rightarrow \ \omega = 377\ rad/s$
- $\boldsymbol{Z_L} = j\omega L = j \cdot 377 \cdot 2.0779 = j783.35\ [\Omega]$
- $\boldsymbol{Z_{C1}} = -j\frac{1}{\omega c} = -j\frac{1}{377 \cdot 3.9816 \cdot 10^{-6}} = -j419.709[\Omega]$
- $\boldsymbol{Z_{C2}} = \boldsymbol{Z_{C3}} = -j\frac{1}{\omega c} = -j\frac{1}{377 \cdot 2.526 \cdot 10^{-6}} = -j1050.11[\Omega]$
- $\boldsymbol{V_{an}} = 140\angle 0°$ $\boldsymbol{V_{bn}} = 140\angle -120°$ $\boldsymbol{V_{cn}} = 140\angle 120°$
- $\boldsymbol{Z_A} = 788.4 - j666.21[\Omega]$
- $\boldsymbol{Z_B} = -j266.762[\Omega]$
- $\boldsymbol{Z_C} = 788.4 - j1050.11[\Omega]$

**Conexión Y-Y Sin Neutro**




**Nodo de referencia ‘n’**

LCK (N)

$$\boldsymbol{I_a} + \boldsymbol{I_b} + \boldsymbol{I_c} = 0$$

$$\frac{\boldsymbol{V_a} - \boldsymbol{V_N}}{\boldsymbol{Z_A}} + \frac{\boldsymbol{V_b} - \boldsymbol{V_N}}{\boldsymbol{Z_B}} + \frac{\boldsymbol{V_c} - \boldsymbol{V_N}}{\boldsymbol{Z_C}} = 0$$

$$\frac{\boldsymbol{V_a}}{\boldsymbol{Z_A}} + \frac{\boldsymbol{V_b}}{\boldsymbol{Z_B}} + \frac{\boldsymbol{V_c}}{\boldsymbol{Z_C}} = \frac{\boldsymbol{V_N}}{\boldsymbol{Z_A}} + \frac{\boldsymbol{V_N}}{\boldsymbol{Z_B}} + \frac{\boldsymbol{V_N}}{\boldsymbol{Z_C}}$$

$$\frac{\boldsymbol{V_a Z_B Z_C} + \boldsymbol{V_b Z_A Z_C} + \boldsymbol{V_c Z_A Z_B}}{\boldsymbol{Z_A Z_B Z_C}} = \frac{\boldsymbol{V_N Z_B Z_C} + \boldsymbol{V_N Z_A Z_C} + \boldsymbol{V_N Z_A Z_B}}{\boldsymbol{Z_A Z_B Z_C}}$$

$$\boldsymbol{V_a Z_B Z_C} + \boldsymbol{V_b Z_A Z_C} + \boldsymbol{V_c Z_A Z_B} = \boldsymbol{V_N}(\boldsymbol{Z_B Z_C} + \boldsymbol{Z_A Z_C} + \boldsymbol{Z_A Z_B})$$

$$\boldsymbol{V_N} = \frac{\boldsymbol{V_a Z_B Z_C} + \boldsymbol{V_b Z_A Z_C} + \boldsymbol{V_c Z_A Z_B}}{\boldsymbol{Z_B Z_C} + \boldsymbol{Z_A Z_C} + \boldsymbol{Z_A Z_B}}$$

$$\boldsymbol{V_N} = \frac{(140\angle 0°)(-j266.762)(788.4 - j1050.11) + (140\angle -120°)(788.4 - j666.21)(788.4 - j1050.11)}{(-j266.762)(788.4 - j1050.11) + (788.4 - j666.21)(788.4 - j1050.11) + \cdots}$$

$$\boldsymbol{V_N} = 93.7431\angle -96.2037°[V] = \boldsymbol{V_{Nn}}$$

$$\boldsymbol{I_a} = \frac{\boldsymbol{V_a} - \boldsymbol{V_N}}{\boldsymbol{Z_A}} \quad = \quad \frac{(140\angle 0°) - (93.7431\angle -96.2037°)}{788.4 - j666.21}$$

$$\boldsymbol{I_a} = 0.171193\angle 72.0285°[A]$$

$$\boldsymbol{I_b} = \frac{\boldsymbol{V_b} - \boldsymbol{V_N}}{\boldsymbol{Z_B}} \quad = \quad \frac{(140\angle -120°) - (93.7431\angle -96.2037°)}{-j266.762}$$

$$I_b = 0.247842\angle -64.8966°[A]$$

$$\boldsymbol{I_c} = \frac{\boldsymbol{V_c} - \boldsymbol{V_N}}{\boldsymbol{Z_C}} = \frac{(140\angle 120°) - (93.7431\angle -96.2037°)}{788.4 - j1050.11}$$

$$\boldsymbol{I_c} = 0.169548\angle 158.701°[A]$$

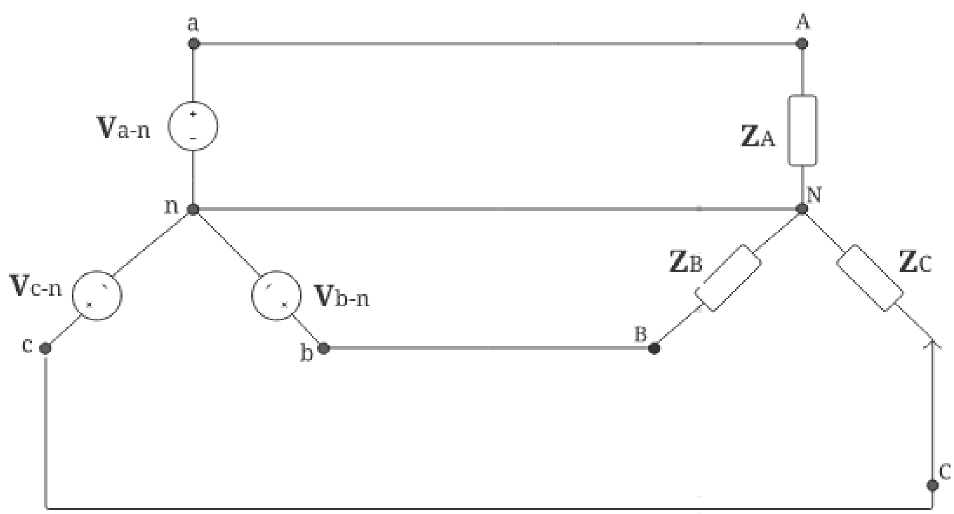
LCK(N)

$$\boldsymbol{I_a} + \boldsymbol{I_b} + \boldsymbol{I_c} = 0$$

$$(0.171193\angle 72.0285°) + (0.247842\angle -64.8966°) + (0.169548\angle 158.701°) = 0$$

$$0.0000005\angle -80°[A]$$

**Conexión Y-Y Con Neutro**




$$\boldsymbol{I_a} = \frac{\boldsymbol{V_a}}{\boldsymbol{Z_A}} = \frac{140\angle 0°}{788.4 - j666.21} \qquad \boldsymbol{I_a} = 0.135634\angle 40.1983°[A]$$

$$\boldsymbol{I_b} = \frac{\boldsymbol{V_b}}{\boldsymbol{Z_B}} = \frac{140\angle -120°}{-j266.762} \qquad \boldsymbol{I_b} = 0.524812\angle -30°[A]$$

$$\boldsymbol{I_c} = \frac{\boldsymbol{V_c}}{\boldsymbol{Z_C}} = \frac{140\angle 120°}{788.4 - j1050.11} \qquad \boldsymbol{I_c} = 0.106616\angle 173.102°[A]$$

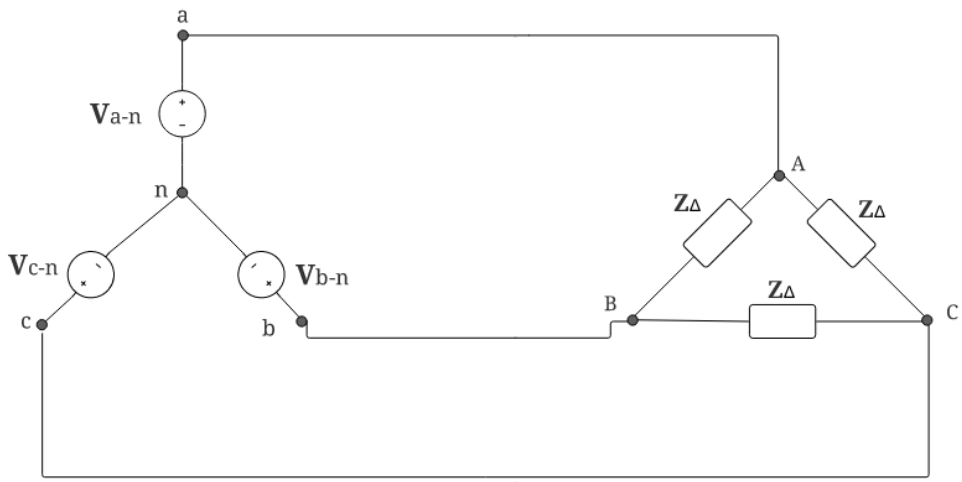
LCK (N)

$$\boldsymbol{I_a} + \boldsymbol{I_b} + \boldsymbol{I_c} = \boldsymbol{I_{Nn}}$$

$$(0.135634\angle 40.1983°) + (0.524812\angle -30°) + (0.106616\angle 173.102°) = \boldsymbol{I_{Nn}}$$

$$\boldsymbol{I_{Nn}} = 0.480415\angle -19.7142°[A]$$

**Conexión Y-Δ**




$L = 1.2734[H]$ (3) $C = 3.9816[\mu F]$ (3) $R = 788.4[\Omega]$ (2)

- $\boldsymbol{V_{an}} = 140\angle 0°$ $\boldsymbol{V_{bn}} = 140\angle -120°$ $\boldsymbol{V_{cn}} = 140\angle 120°$
- $\boldsymbol{Z_A} = \boldsymbol{Z_B} = \boldsymbol{Z_C} = \boldsymbol{Z_\Delta} = 788.4 - j186.15[\Omega]$

$$\boldsymbol{V_{AB}} = \boldsymbol{V_{an}} - \boldsymbol{V_{bn}} \quad = \quad (140\angle 0°) - (140\angle -120°)$$

$$\boldsymbol{V_{AB}} = \sqrt{\boldsymbol{3}}140\angle 30°[V] = 242.487\angle 30°[V]$$

$$\boldsymbol{V_{BC}} = \boldsymbol{V_{bn}} - \boldsymbol{V_{cn}} \quad = \quad (140\angle -120°) - (140\angle 120°)$$

$$\boldsymbol{V_{BC}} = \sqrt{\boldsymbol{3}}140\angle -90°[V] = 242.487\angle -90°[V]$$

$$\boldsymbol{V_{CA}} = \boldsymbol{V_{cn}} - \boldsymbol{V_{an}} \quad = \quad (140\angle -120°) - (140\angle 0°)$$

$$\boldsymbol{V_{CA}} = \sqrt{\boldsymbol{3}}140\angle 150°[V] = 242.487\angle 150°[V]$$

**Corrientes De Fase**

$$\boldsymbol{I_{AB}} = \frac{\boldsymbol{V_{AB}}}{\boldsymbol{Z_\Delta}} \quad = \quad \frac{\sqrt{\boldsymbol{3}}140\angle 30°}{788.4 - j186.15} \qquad \boldsymbol{I_{AB}} = 0.2999338\angle 43.2849°[A]$$

$$\boldsymbol{I_{BC}} = \frac{\boldsymbol{V_{BC}}}{\boldsymbol{Z_\Delta}} \quad = \quad \frac{\sqrt{\boldsymbol{3}}140\angle -90°}{788.4 - j186.15} \qquad \boldsymbol{I_{BC}} = 0.2999338\angle -76.7151°[A]$$

$$\boldsymbol{I_{CA}} = \frac{\boldsymbol{V_{CA}}}{\boldsymbol{Z_{\Delta}}} = \frac{\sqrt{\boldsymbol{3}}140\angle 150°}{788.4 - j186.15} \qquad \boldsymbol{I_{CA}} = 0.2999338\angle 163.285°[A]$$

**Corrientes De Línea**

$$\boldsymbol{I_a} = \boldsymbol{I_{AB}} - \boldsymbol{I_{CA}} = (0.2999338\angle 43.2849°) - (0.2999338\angle 163.285°)$$

$$\boldsymbol{I_a} = 0.518469\angle 13.2849°[A]$$

$$\boldsymbol{I_b} = \boldsymbol{I_{BC}} - \boldsymbol{I_{AB}} = (0.2999338\angle -76.7151°) - (0.2999338\angle 43.2849°)$$

$$\boldsymbol{I_b} = 0.518469\angle -106.715°[A]$$

$$\boldsymbol{I_c} = \boldsymbol{I_{CA}} - \boldsymbol{I_{BC}} = (0.2999338\angle 163.285°) - (0.2999338\angle -76.7151°)$$

$$\boldsymbol{I_c} = 0.518469\angle 133.285°[A]$$