



ELECTROTECNIA Y ELECTRÓNICA

(Mecánica - Electromecánica - Computación)

TRABAJO DE APLICACIÓN Nº 08

Preparado por: Ing. Pablo Morcelle del Valle, Ing. Augusto Cassino, Ing. Guillermo Renzi, Ing. Carlos Wall

Revisado por: Ing Fabian Blasetti

POTENCIA EN CIRCUITOS ELÉCTRICOS.

Potencia instantánea. Potencia activa. Potencia reactiva. Potencia aparente. Potencia compleja. Factor de potencia. Implicancias técnico-económicas y mejora del factor de potencia. Potencia en los sistemas trifásicos. Determinación de la potencia trifásica. Potencia deformación en circuitos con componentes poliarmónicas. Sus consecuencias sobre la diferenciación entre factor de potencia y $\cos\phi$.

REPASAR: Análisis de circuitos en régimen permanente. Circuitos en alterna monofásica y trifásica. Poliarmónicas.

EJERCICIO Nº 01:

En el circuito de la figura: $\underline{U}_f = 311 \text{ V}$, $\underline{X}_L = 10 \Omega$, $\underline{R}_1 = 20 \Omega$ y $\underline{R}_2 = 10 \Omega$.

a) Calcular la potencia activa, reactiva y aparente en los tres componentes pasivos.

RESPUESTA: $P_{R1} = 2418 \text{ W}$; $S_{R1} = 2418 \text{ VA}$; $P_{R2} = 2420 \text{ W}$; $S_{R2} = 2420 \text{ VA}$; $P_L = Q_{R1} = Q_{R2} = 0$; $Q_L = 2420 \text{ var}$; $S_L = 2420 \text{ VA}$.

b) Calcular la P, Q y S en la fuente y verificar que la suma de potencias en las cargas es igual a la potencia de la fuente.

RESPUESTA: $P = 4838 \text{ W}$; $Q = 2420 \text{ var}$; $S = 5410 \text{ VA}$.

c) Se desea compensar el factor de potencia para que sea unitario.

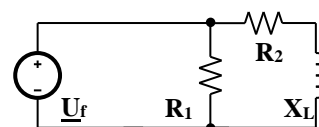
i. Mostrar en un circuito qué elemento se debe agregar.

ii. Explicar cómo se debe conectar justificando la respuesta.

iii. Indicar qué valor debe tener ese componente si la frecuencia de operación de la fuente es **50 Hz**.

RESPUESTA: $C = 160 \mu\text{F}$.

d) ¿Qué ventajas se consiguen con el aumento del factor de potencia en una instalación? Justificar la respuesta y demostrar comparando los valores de potencia y corriente de la fuente con y sin compensación.



EJERCICIO Nº 02:

Una fuente trifásica perfecta de tensiones eficaces **220/380 V** se conecta mediante una conexión trifilar a un motor en estrella de impedancia $\underline{Z} = 10 + j10 \Omega$.

a) Calcular la potencia activa, reactiva y aparente de la fuente y realizar el triángulo de potencias.

RESPUESTA: $P_T = 7260 \text{ W}$; $Q_T = 7260 \text{ var}$; $S_T = 10.267 \text{ VA}$.

b) Determinar el factor de potencia del circuito. ¿Es posible? Justificar la respuesta.

RESPUESTA: $FP = 0,707$ inductivo.

c) Determinar las potencias del sistema trifásico utilizando las variables de línea (tensiones y corrientes de línea). Verificar que el resultado es igual al obtenido en el primer inciso.

EJERCICIO Nº 03:

a) ¿Cómo se define **S** en un circuito con tensiones y corrientes poliarmónicas? Fundamentar la respuesta.

Nota: Recordar que **S** se define de la misma manera para circuitos con cualquier tipo de forma de onda.

b) ¿Cómo se definen **P** y **Q** de un circuito en el cual las formas de onda de las tensiones y/o corrientes son poliarmónicas? Escribir en forma generalizada las expresiones matemáticas de ambas magnitudes.

Sugerencia: Tener en cuenta la teoría de Budeanu, en particular para el caso de Q.

c) ¿Cómo se define el factor de potencia **FP** en este tipo de circuitos? Fundamentar la respuesta.

Nota: Observar cómo, a partir de la posibilidad de existencia de corrientes y tensiones poliarmónicas en un circuito, surge la conveniencia de una definición adecuada de **FP** a partir de **P** y de **S**, y no del **coseno**, como se mencionó oportunamente.

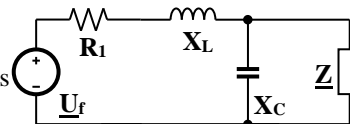
d) Explicar cómo se obtiene la potencia o carga de deformación **D** y en qué unidades se mide. ¿Cuál es la explicación conceptual que se atribuye a la misma a partir de la teoría de Budeanu?



EJERCICIO N° 04:

En el circuito de la figura: $\underline{U}_f = 24 \angle 0^\circ \text{ V}$; $\underline{R}_1 = 5 \Omega$; $\underline{X}_L = 3 \Omega$; $\underline{X}_C = 6 \Omega$; $\underline{Z} = 10 \angle 60^\circ \Omega$.

NOTA: En los cálculos utilizar al menos tres decimales redondeados al valor más próximo.



- a) Calcular la potencia compleja en cada componente y a partir de éstas, la potencia compleja de la fuente de alimentación.

RESPUESTA: $\underline{S}_{R1} = 9,702 \text{ W}$; $\underline{S}_L = j5,821 \text{ var}$; $\underline{S}_C = -j36,289 \text{ var}$; $\underline{S}_Z = 10,889 \text{ W} + j18,860 \text{ var}$; $\underline{S}_f = 20,591 \text{ W} - j11,608 \text{ var}$.

- b) Obtener la impedancia equivalente del circuito y calcular la potencia compleja de la fuente. Comparar con los resultados de a).

RESPUESTA: $\underline{Z}_{eq} = 12,19 \angle -29,4^\circ \Omega$; $\underline{S}_f = 20,59 \text{ W} - 11,60 \text{ var}$.

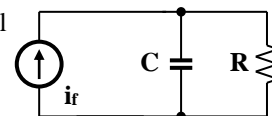
- c) Determinar el factor de potencia del circuito y compararlo con el coseno del ángulo de la carga (impedancia equivalente hallada en b)). Sacar conclusiones y explicar.

RESPUESTA: $\text{FP} = 0,87$ capacitivo.

EJERCICIO N° 05:

Un circuito **RC** se excita con una fuente de corriente poliarmónica de frecuencia fundamental **50 Hz**, $\underline{i}_f(t) = 5 \cdot \sin(\omega t) + 0,3 \cdot \sin(3\omega t + 30^\circ) + 0,1 \cdot \sin(5\omega t + 150^\circ) \text{ A}$, $\underline{G} = 0,1 \text{ S}$ y $\underline{C} = 637 \mu\text{F}$.

NOTA: En los cálculos utilizar al menos tres decimales redondeados al valor más próximo.



- a) Calcular los valores eficaces de la corriente y de la tensión de la fuente.

RESPUESTA: $I_{\text{ef}} = 3,543 \text{ A}$; $V_{\text{ef}} = 15,815 \text{ V}$.

- b) A partir del análisis de a), calcular la potencia aparente, activa, reactiva, de deformación y el factor de potencia.

RESPUESTA: $P = 25,042 \text{ W}$; $Q = -50,061 \text{ var}$; $S = 56,033 \text{ VA}$; $D = 2,548 \text{ VAD}$; $\text{FP} = 0,447$

EJERCICIO N° 06:

Una carga industrial de potencia aparente **25 kVA** tiene un factor de potencia **FP = 0,8** (inductivo). Esta se conecta en paralelo con un grupo de resistores de calentamiento (con **FP = 1**), quedando **FP = 0,85** inductivo para el conjunto. Este conjunto de cargas se alimenta con una fuente de tensión alterna senoidal.

- a) Dibujar el circuito y calcular la potencia activa y reactiva de la carga industrial inductiva. Dibujar el triángulo de potencia de esta última.

Sugerencia: No hace falta conocer tensión y frecuencia de operación de las cargas para resolver este ejercicio hasta el apartado d).

RESPUESTA: $P_C = 20 \text{ kW}$; $Q_C = 15 \text{ kvar}$.

- b) Desde el punto de vista de la potencia ¿qué características presenta un resistor o un grupo de resistores y por qué? Dibujar el triángulo de potencias del grupo de resistores.

- c) Calcular la potencia activa, reactiva y aparente de la fuente de tensión que alimenta dichas cargas y dibujar su triángulo de potencias.

RESPUESTA: $P_f = 24 \text{ kW}$; $Q_f = 15 \text{ kvar}$; $S_f = 28,3 \text{ kVA}$.

- d) Explicar cómo se obtendría el triángulo de potencias en la fuente a partir de los triángulos individuales de cada carga.

Se agrega un capacitor para compensar el factor de potencia a **0,955** (inductivo) en paralelo con la carga formada por la carga industrial y los resistores de calentamiento.

- e) Calcular el valor del capacitor si la tensión de alimentación es de **220 V** eficaces y la frecuencia de **50 Hz**.

RESPUESTA: $C = 500 \mu\text{F}$.

EJERCICIO N° 07:

Una fuente trifásica perfecta de **50 Hz** con tensiones de línea de **380 V** secuencia directa alimenta el circuito de la figura. $\underline{R}_1 = 23 \Omega$; $\underline{R}_2 = 9 \Omega$; $\underline{L} = 63,7 \text{ mH}$ y $\underline{C} = 13 \mu\text{F}$.

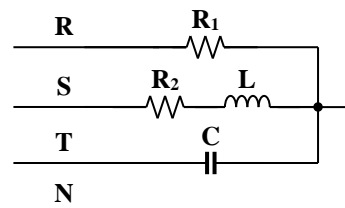
- a) Calcular la potencia activa, reactiva y aparente del circuito.

RESPUESTA: $P = 3 \text{ kW}$; $Q = 1802 \text{ var}$; $S = 3,5 \text{ kVA}$.

- b) ¿Es posible determinar el factor de potencia del mismo? ¿Por qué?

- c) Repetir los incisos anteriores suponiendo que el circuito no posee el conductor de neutro. Comentar los resultados.

RESPUESTA: $\underline{U}_{O0} = 18,5 \angle 187^\circ \text{ V}$; $P = 3258 \text{ W}$; $Q = 1580 \text{ var}$; $S = 3621 \text{ VA}$.





EJERCICIO N° 08:

Al aplicarle a un circuito una tensión senoidal de valor: $u(t) = 240.\text{sen}(500t)$ V se obtiene una corriente de valor: $i(t) = 5 + 3,18.\text{sen}(500t + 56^\circ) + 0,566.\text{sen}(1500t - 27^\circ) + 0,186.\text{sen}(2500t - 68^\circ)$ A.

- a) Calcular los valores eficaces de la corriente y de la tensión de la fuente.

RESPUESTA: $I_{\text{ef}} = 5,5\text{A}$; $U_{\text{ef}} = 170\text{V}$.

- b) Con los resultados obtenidos, calcular la potencia aparente, activa, reactiva, de deformación y el factor de potencia.

RESPUESTA: $P = 214\text{W}$; $Q = -317\text{ var}$; $S = 935\text{ VA}$; $D = 853\text{ VAD}$.

EJERCICIO N° 09:

IMPORTANTE: Evitar representar la carga como una impedancia; hacer esto complica la resolución de este problema y no ayuda a cumplimentar los objetivos del tema.

Se alimenta un taller mediante una línea monofásica con resistencia de $0,1\ \Omega$, cuya corriente admisible es de 40 A. El taller está caracterizado como una carga de 5 kW con $\text{FP}=0,6$ inductivo. Se requiere que la tensión en bornes de la carga sea de 220 V (eficaces).

- a) Dibujar el circuito representativo de la situación planteada. Verificar si se supera o no la corriente máxima admisible por el conductor de alimentación y calcular la tensión de la fuente. Explicar los resultados.

Respuesta: $I_a = 37,7/-53,1^\circ\text{ A}$, $U_{fa} = 222/-0,8^\circ\text{ V}$

- b) Con el objeto de calefaccionar las instalaciones del taller, se conecta una nueva carga de 3 kW ($\text{FP}=1$) en paralelo con la carga original. Repetir el inciso a) en estas nuevas condiciones y sacar conclusiones.

Respuesta: $I_b = 47,2/-39,8^\circ\text{ A}$, $U_{fb} = 224/-0,8^\circ\text{ V}$

- c) En las condiciones del inciso b) se realiza la compensación completa del factor de potencia. Repetir los cálculos y obtener la nueva corriente de alimentación y tensión de la fuente. Explicar y sacar conclusiones.

Respuesta: $I_c = 36,4/0^\circ\text{ A}$, $U_{fc} = 224/0^\circ\text{ V}$

EJERCICIO N° 10:

IMPORTANTE: Evitar representar la carga como una impedancia; hacer esto complica la resolución de este problema y no ayuda a cumplimentar los objetivos del tema.

La figura muestra el circuito equivalente monofásico de una línea aérea trifásica. La línea, de 20 km de longitud, alimenta una carga (trifásica) de 45 MVA, con $\text{FP}=0,8$ inductivo.

Se requiere que la tensión (de línea) sobre la carga (al final de la línea, extremo 2) sea de $132/0^\circ\text{ kV}$ (eficaces). La impedancia longitudinal de la línea es $Z_L = 0,1 + j0,4\ \Omega/\text{km}$.

Calcular:

- a) La tensión en el otro extremo de la línea (en bornes de la fuente U_f , extremo 1).

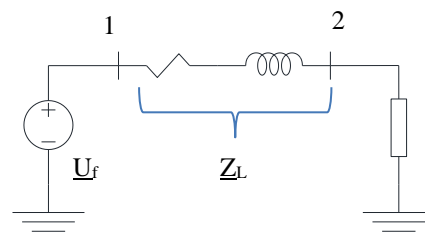
Respuesta: $U_1 = 133,3/0,44^\circ\text{ kV}$

- b) Las pérdidas en la línea.

Respuesta: $P_{pb} = 232,38\text{ kW}$

Se pretende abastecer la misma potencia P , pero ahora compensando la carga utilizando un banco de capacitores en paralelo con la misma (un capacitor en paralelo con cada impedancia de fase), de forma tal que el $\text{FP}=1$. Calcular la corriente por la línea y las pérdidas, realizando comparaciones con los incisos a) y b).

Respuesta: $I_L = 157,46/0^\circ\text{ A}$, $P_{pc} = 49,58\text{ kW}$





EJERCICIOS ADICIONALES

Sugerencia: Resolver todos los ejercicios siguiendo las pautas establecidas para los ejercicios anteriores: No dar por hechos u obvios suposiciones o afirmaciones, nada debe darse por implícito. Plantear, explicar, justificar, respetar la nomenclatura y simbología. En este caso, el hábito hace al monje.

EJERCICIO N° 11:

Una fábrica posee un generador trifásico perfecto que alimenta entre otras cosas un gran horno. El cable utilizado para alimentar la carga posee una impedancia como se muestra en la figura. $\underline{Z}_M = 10,3/61^\circ \Omega$, $U_{Lef} = 190 \text{ V}$, $R_C = 0,5 \Omega$, $L_C = 1,59 \text{ mH}$, $f = 50 \text{ Hz}$.

a) Determinar la P, Q y S en la fuente trifásica.

RESPUESTA: $P = 1.650 \text{ W}$; $Q = 2.850 \text{ var}$; $S = 3293 \text{ VA}$

b) Calcular la potencia activa, reactiva y aparente en la carga \underline{Z}_M . Comparar con los resultados de a).

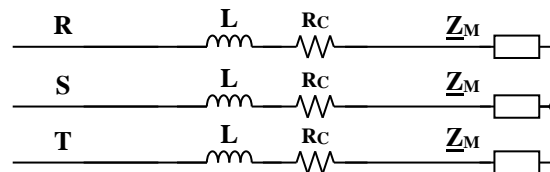
RESPUESTA: $P_Z = 1500 \text{ W}$; $Q_Z = 2700 \text{ var}$; $S_Z = 3089 \text{ VA}$

c) Determinar qué porcentaje de la potencia activa de la fuente se transforma en potencia activa en los conductores.

RESPUESTA: 9%

d) Si se considera a esta potencia como una pérdida y a la potencia activa en la carga como útil. ¿Qué rendimiento tiene el sistema? Analizar el resultado.

RESPUESTA: 91%



EJERCICIO N° 12:

Una carga monofásica de impedancia $\underline{Z}_M = 440/30^\circ \Omega$ es alimentada por una fuente real de tensión $\underline{U}_f = 110/0^\circ \text{ V}$ e impedancia interna $\underline{Z}_i = 2 + j4 \Omega$.

a) Dibujar el circuito e indicar qué elemento se debe colocar, dónde debe conectarse y por qué, para compensar el factor de potencia de la carga que ve la fuente a 0,98 inductivo (tener en cuenta que la fuente es real).

b) Calcular el valor del elemento si la frecuencia de operación de la fuente es **50 Hz**.

RESPUESTA: $C = 2,27 \mu\text{F}$.

c) En esta nueva condición calcular el factor de potencia de la fuente.

RESPUESTA: $FP = 0,98$

d) Calcular la P en la \underline{Z} interna antes y después de la compensación. Comparar los resultados y sacar conclusiones.

RESPUESTA: antes 61mW; luego 50mW. La compensación reduce la corriente entonces también reduce las pérdidas en las impedancias internas de las fuentes y de los cables utilizados.

EJERCICIOS RESUELTOS

Aclaración: Debe observarse que en la resolución de estos ejercicios se efectúan planteos, explicaciones, justificaciones, y nada se da por sobreentendido.

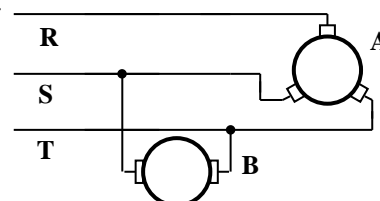
EJERCICIO N° 13:

Un ramal trifásico trifilar **220V / 380V** alimenta a un motor trifásico y a un motor monofásico como muestra el circuito de la figura. El motor **A** es un motor trifásico de $\underline{Z}_A = 19,1/35^\circ \Omega$ y el motor **B** es un motor monofásico de $\underline{Z}_B = 52,7/45^\circ \Omega$.

a) Calcular las corrientes de línea.

b) Determinar la potencia activa de la fuente trifásica.

c) Determinar la carga aparente de las cargas y de la fuente.





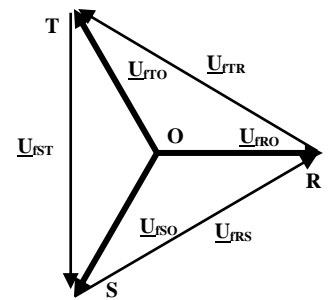
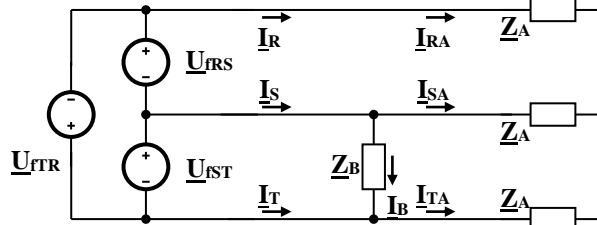
RESOLUCIÓN:

Como primer paso se elabora el diagrama fasorial de tensiones del sistema trifásico:

- a) Para realizar los cálculos se plantea un circuito con impedancias equivalentes para cada motor.

El motor trifásico se puede representar en estrella o triángulo.

En este caso se elige el circuito equivalente estrella.



Debido a que la fuente trifásica es perfecta y a que el motor trifásico es equilibrado, la tensión entre centros de estrella es nula y por lo tanto cada impedancia de fase tiene aplicada la tensión de fase. Con lo cual, las corrientes tendrán un desfase de 35° en atraso con respecto a cada tensión de fase aplicada en cada impedancia:

$$I_{f_{ef}} = \frac{U_{f_{ef}}}{|Z_A|} = 11,5 A, \text{ entonces } I_{RA} = 11,5 \cdot e^{-j35^\circ} A ; I_{SA} = 11,5 \cdot e^{-j155^\circ} A ; I_{TA} = 11,5 \cdot e^{j85^\circ} A$$

Para calcular la corriente del motor monofásico se puede observar que tiene aplicada la tensión de línea U_{ST} , por lo tanto, para el motor B la corriente va a estar desfasada 45° en atraso con respecto a la tensión que tiene aplicada el motor U_{ST} :

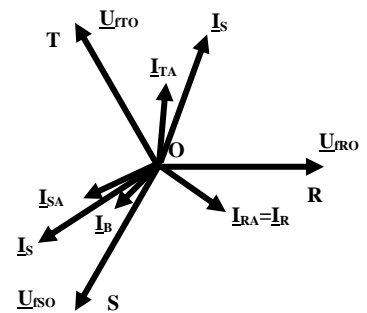
$$I_B = \frac{U_{ST}}{Z_B} = 7,2 \cdot e^{-j135^\circ} A$$

Aplicando la primera ley de Kirchhoff:

$$I_R = I_{RA} = 11,5 \cdot e^{-j35^\circ} A$$

$$I_S = I_{SA} + I_B = 11,5 \cdot e^{-j155^\circ} + 7,2 \cdot e^{-j135^\circ} = -10,4 - j4,9 - 5,1 - j5,1 = 18,4 \cdot e^{-j147^\circ} A$$

$$I_T = I_{TA} - I_B = 11,5 \cdot e^{j85^\circ} - 7,2 \cdot e^{-j135^\circ} = 1 + j11,4 + 5,1 + j5,1 = 17,6 \cdot e^{j70^\circ} A$$



- b) Debido a que el conjunto se trata de una carga desequilibrada, se calcula la P de cada línea por separado:

$$P_R = U_{fRO_{ef}} \cdot I_{R_{ef}} \cdot \cos(\angle U_{fRO}, I_R) = 220 \cdot 11,5 \cdot \cos(-35^\circ) = 2072 W$$

$$P_S = U_{fSO_{ef}} \cdot I_{S_{ef}} \cdot \cos(\angle U_{fSO}, I_S) = 220 \cdot 18,4 \cdot \cos(-27^\circ) = 3606 W$$

$$P_T = U_{fTO_{ef}} \cdot I_{T_{ef}} \cdot \cos(\angle U_{fTO}, I_T) = 220 \cdot 17,6 \cdot \cos(50^\circ) = 2489 W$$

Por lo tanto: $P_{Total} = P_R + P_S + P_T = 8.167 W$

- c) La potencia aparente del motor trifásico resulta: $S_A = \sqrt{3} \cdot U_{l_{ef}} \cdot I_{l_{ef}} \cdot e^{j\phi} = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 11,5 \cdot e^{j35^\circ} = 7.569 \cdot e^{j35^\circ} VA$

$$S_B = |U_{ST_{ef}}| \cdot |I_{B_{ef}}| \cdot e^{j\phi_B} = 380 \cdot 7,2 \cdot e^{j45^\circ} = 2.736 \cdot e^{j45^\circ} VA$$

La potencia aparente del motor monofásico resulta:

Si se suman las cargas aparentes complejas se obtiene la carga aparente de la fuente:

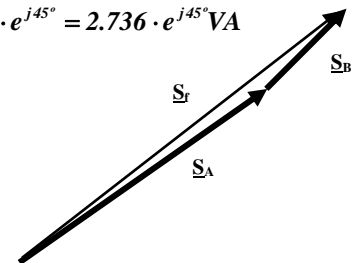
$$S_f = S_A + S_B = 6200 + j4341 + 1934 + j1934 = 10.273 \cdot e^{j37^\circ} VA$$

Se puede realizar una verificación sumando las potencias aparentes

de cada fase ya que el sistema trifásico completo es desbalanceado:

$$\begin{aligned} S_f &= U_{fRO} \cdot I_R^* + U_{fSO} \cdot I_S^* + U_{fTO} \cdot I_T^* = 220 \cdot e^{j0^\circ} \cdot 11,5 \cdot e^{j35^\circ} + 220 \cdot e^{-j120^\circ} \cdot 18,4 \cdot e^{j147^\circ} + 220 \cdot e^{j120^\circ} \cdot 17,6 \cdot e^{-j70^\circ} = \\ &= 2.530 \cdot e^{j35^\circ} + 4.048 \cdot e^{j27^\circ} + 3.872 \cdot e^{j50^\circ} = 2.072 + j1.451 + 3.606 + j1.838 + 2.489 + j2.966 = 8.167 + j6.255 = \\ &= 10.287 \cdot e^{j37^\circ} VA \end{aligned}$$

La diferencia se debe al redondeo en las cuentas parciales.





EJERCICIO N° 14:

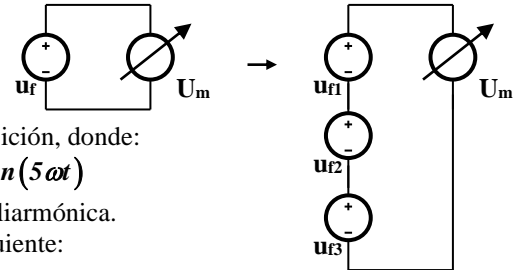
Un voltímetro de valor eficaz verdadero, está conectado a un alternador que entrega la siguiente tensión:

$$u_f(t) = 8000 \cdot \sin(\omega t) + 540 \cdot \sin(3\omega t) + 350 \cdot \sin(5\omega t) \text{ V}; \text{ la frecuencia fundamental es de } 50 \text{ Hz.}$$

- Determinar la lectura del voltímetro.
- Hallar el valor eficaz de la corriente en el circuito si se aplicara esta tensión a un capacitor de $125 \mu\text{F}$ conectado en serie con un resistor de 10Ω .
- Calcular la carga aparente, activa, reactiva y de deformación.

RESOLUCIÓN:

- El circuito eléctrico se muestra en la figura como así también un circuito equivalente:



Para obtener el segundo circuito equivalente se aplica el método de superposición, donde:

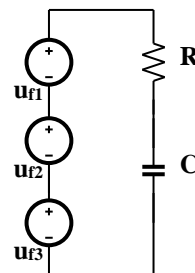
$$u_{f1}(t) = 8000 \cdot \sin(\omega t) \quad ; \quad u_{f2}(t) = 540 \cdot \sin(3\omega t) \quad ; \quad u_{f3}(t) = 350 \cdot \sin(5\omega t)$$

El voltímetro de valor eficaz verdadero, mide valores eficaces de la señal poliarmónica.

Como se trata de una fuente poliarmónica, el valor eficaz medido será el siguiente:

$$U_{ef} = \sqrt{U_{1ef}^2 + U_{2ef}^2 + U_{3ef}^2} = \sqrt{\frac{U_{1max}^2}{2} + \frac{U_{2max}^2}{2} + \frac{U_{3max}^2}{2}}$$

$$\text{Utilizando los datos: } U_{ef} = \sqrt{\frac{8000^2}{2} + \frac{540^2}{2} + \frac{350^2}{2}} = 5.675 \text{ V}$$



- El circuito que representa esta situación es el siguiente:

La corriente en el circuito se resolvió en el ejercicio resuelto del TAP de poliarmónicas y resulta:

$$i(t) = 292 \cdot \sin(\omega t - 69^\circ) + 41,2 \cdot \sin(3\omega t - 40^\circ) + 31,3 \cdot \sin(5\omega t - 27^\circ) \text{ A}$$

$$\text{El valor eficaz de esta corriente es el siguiente: } I_{ef} = \sqrt{\frac{I_{1max}^2}{2} + \frac{I_{2max}^2}{2} + \frac{I_{3max}^2}{2}} = \sqrt{\frac{292^2}{2} + \frac{41,2^2}{2} + \frac{31,3^2}{2}} = 210 \text{ A}$$

$$\text{La potencia aparente resulta: } S = U_{ef} \cdot I_{ef} = 5.675 \cdot 210 = 1.191.750 \text{ VA}$$

Se calcula la potencia activa que desarrolla cada fuente:

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

$$P_1 = U_{f1ef} \cdot I_{ef} \cdot \cos(\angle U_{f1}, I) = 0,5 \cdot 8.000 \cdot 292 \cdot \cos(-69^\circ) = 418.574 \text{ W}$$

$$P_2 = U_{f2ef} \cdot I_{ef} \cdot \cos(\angle U_{f2}, I) = 0,5 \cdot 540 \cdot 41,2 \cdot \cos(-40^\circ) = 8.521 \text{ W}$$

$$P_3 = U_{f3ef} \cdot I_{ef} \cdot \cos(\angle U_{f3}, I) = 0,5 \cdot 350 \cdot 31,3 \cdot \cos(-27^\circ) = 4.880 \text{ W}$$

$$P = 431.975 \text{ W}$$

Se calcula la potencia reactiva que desarrolla cada fuente:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$Q_1 = U_{f1ef} \cdot I_{ef} \cdot \sin(\angle U_{f1}, I) = 0,5 \cdot 8.000 \text{ V} \cdot 292 \text{ A} \cdot \sin(-69^\circ) = -1.090.422 \text{ var}$$

$$Q_2 = U_{f2ef} \cdot I_{ef} \cdot \sin(\angle U_{f2}, I) = 0,5 \cdot 540 \text{ V} \cdot 41,2 \text{ A} \cdot \sin(-40^\circ) = -7.150 \text{ var}$$

$$Q_3 = U_{f3ef} \cdot I_{ef} \cdot \sin(\angle U_{f3}, I) = 0,5 \cdot 350 \text{ V} \cdot 31,3 \text{ A} \cdot \sin(-27^\circ) = -2.488 \text{ var}$$

$$Q = -1.100.060 \text{ var}$$

La carga de deformación se puede obtener de la siguiente forma:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2 + D^2}$$

$$D = \sqrt{S^2 - P^2 - Q^2} = \sqrt{1.191.750^2 - 431.975^2 - 1.100.060^2} \cong 0 \text{ VAD}$$

La justificación del resultado nulo se debe a que no existen alinealidades en la carga que provoquen la deformación de la corriente.



COMENTARIOS FINALES Y CONCLUSIONES

En el desarrollo de este **TAP** han resultado importantes los siguientes aspectos:

1. El concepto de **P, Q, S**, en circuitos monofásicos con señales alternas senoidales.
2. Interpretación de las funciones que surgen del análisis de la potencia instantánea $p(t)$.
3. Origen del triángulo de potencia.
4. Concepto y utilización de la potencia compleja.
5. El concepto de **factor de potencia**
6. La importancia de considerar el **FP** de una instalación.
7. La justificación y formas de compensación del **FP**.
8. La importancia de trabajar con el triángulo de potencia, particularmente para realizar la compensación del **FP**.
9. El cálculo de la potencia activa total **P** del circuito trifásico.
10. El cálculo de la potencia activa **P**, la potencia reactiva **Q** y la potencia aparente **S** si el generador es perfecto y la carga es perfecta, sólo dependen de valores de línea y del argumento de la carga.
11. El cálculo de **P, Q** y **S** para generador perfecto y carga desequilibrada. ¿Qué pasa con el Factor de potencia?
12. El concepto de **P, Q, S**, en circuitos con señales poliarmónicas.
13. El concepto de **factor de potencia** en circuitos con señales poliarmónicas como extensión de estudiado en circuitos con señales senoidales.
14. Justificación de por qué el **FP** debe siempre expresarse como el cociente **P/S** para no dar lugar a interpretaciones incorrectas.
15. Surgimiento del concepto de **D**.