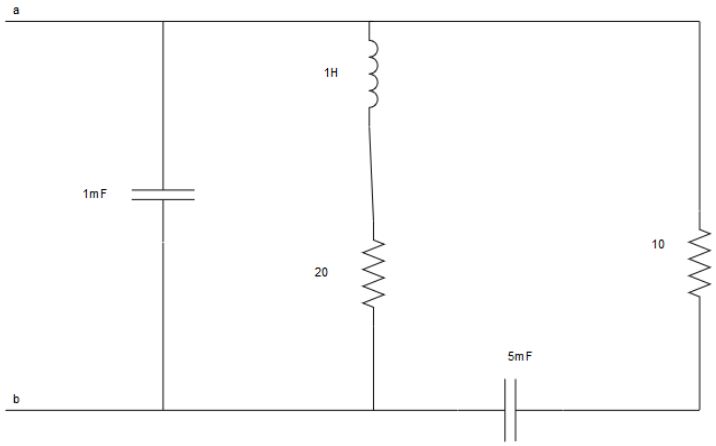
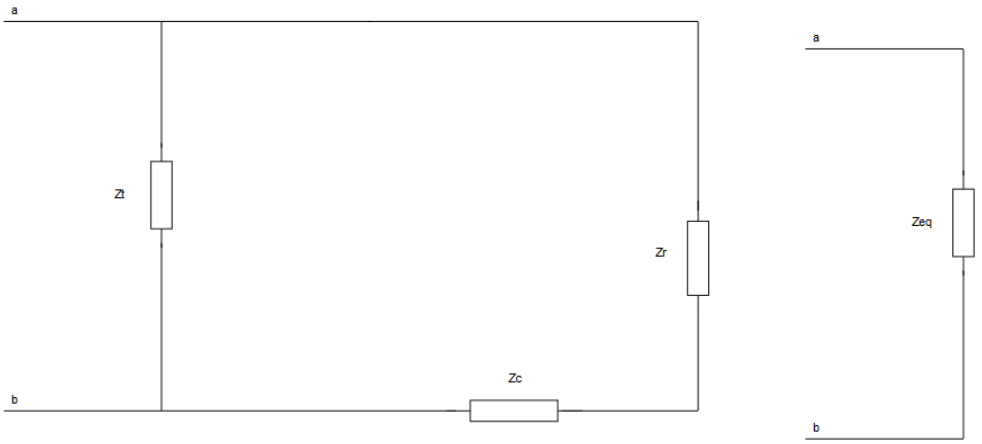
IEE2123 Circuitos Eléctricos - 1^{er} Semestre 2019
Profesor: David Watts
Ayudantes: Nicolás Garrido, Eduardo Guarda, Cristóbal Matute

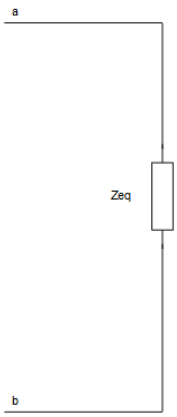
Pauta I3

Problema 1

Lo primero es sacar Z_{eq} para ello se abren los terminales a y b y se calcula la impedancia equivalente vista desde los terminales apagando la fuente

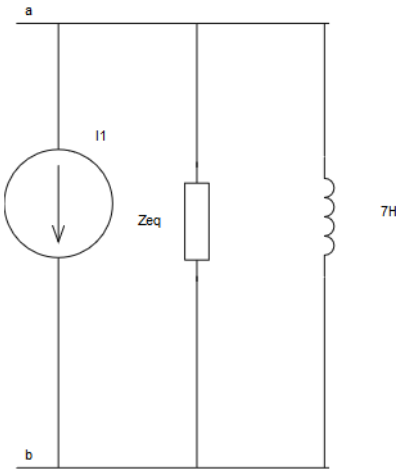




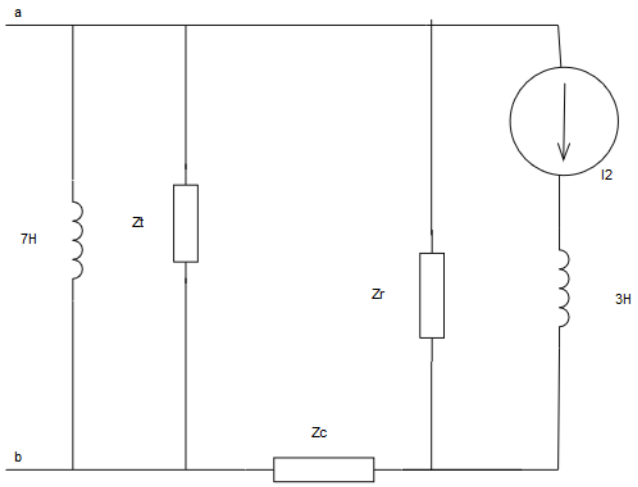


Quedando como se muestra en la figura con $Z_{eq} = 3,12 < -71,78$.

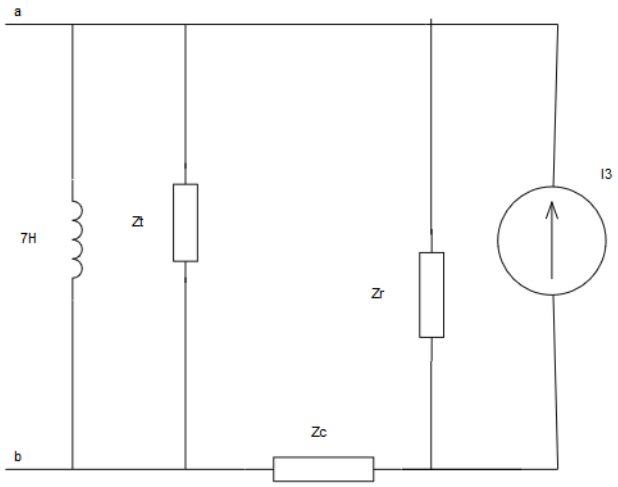
Para la corriente en el circuito equivalente se aplicara superposición teniendo los siguientes circuitos



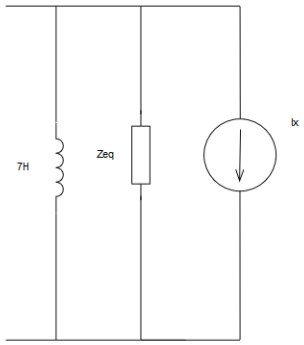
con $I_{x1} = \frac{Z_{eq}}{Z_L + Z_{eq}} I_1$



con $I_{x2} = \frac{Z_R}{(Z_L||Z_T)+Z_C+Z_R} I_2 \frac{Z_T}{Z_L+Z_T}$



con $I_{x2} = \frac{Z_R}{(Z_L||Z_T)+Z_C+Z_R} I_3 \frac{Z_T}{Z_L+Z_T}$
Finalmente: $I_x = I_{X1} + I_{X2} + I_{X3}$ Con esto llegamos a este circuito equivalente:



Si aumento la frecuencia 2 veces, sucederia que las impedancias aumentarian (Inductivas) y otra disminuirian al aumentar la frecuencia se veria tambien cambios significativos en la corriente ix ya que esta disminuiria al aumentar la frecuencia

Para la correccion: 2 puntos por los circuitos equivalentes (10 total), 3 puntos por los valores de las impedancias. 3 puntos por analisis del doble de frecuencia

Problema 2

a)

Para graficar los voltajes, primero hay que reconocer que los voltajes de línea (o fase-fase) son los que están puestos en el circuito. De esta manera:

$$V_{ab} = 208\angle 20^\circ$$

$$V_{bc} = 208\angle -100^\circ$$

$$V_{ca} = 208\angle -220^\circ = 208\angle 140^\circ$$

Los voltajes fase-neutro se obtienen dividiendo los voltajes de línea por $\sqrt{3}$ y restándoles 30°. Queda:

$$V_{an} = 120\angle -10^\circ$$

$$V_{bn} = 120\angle -130^\circ$$

$$V_{cn} = 120\angle -250^\circ = 120\angle 110^\circ$$

Como V_{bn} está desfasado de V_{an} en -120°, podemos afirmar que la fuente trifásica está en secuencia positiva (**1 punto**). El diagrama se ve de la siguiente manera:

Puntaje: 2 puntos por voltajes fase-fase, 2 puntos por voltajes fase-neutro, 1 punto por diagrama fasorial.

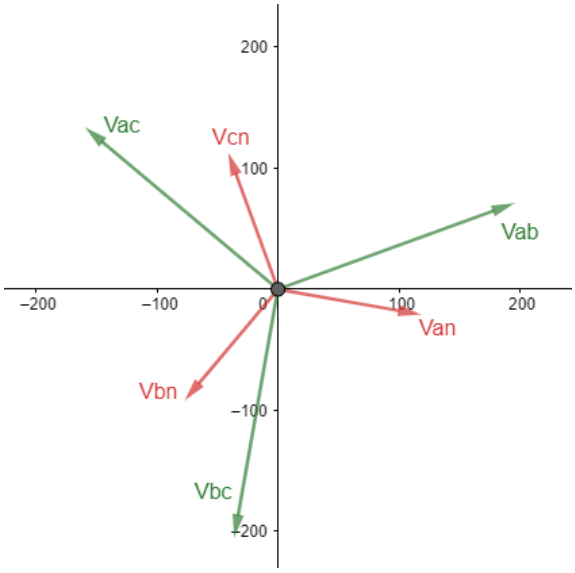


Figura 1: Diagrama fasorial para la pregunta 2

b)

El equivalente monofásico de la fase a es una fuente de voltaje de valor V_{an} alimentando a la impedancia total de la fase $Z_T = 8{,}1 + j2{,}8\Omega$, y hay que unir el punto n con el N. Se ve de la siguiente manera:

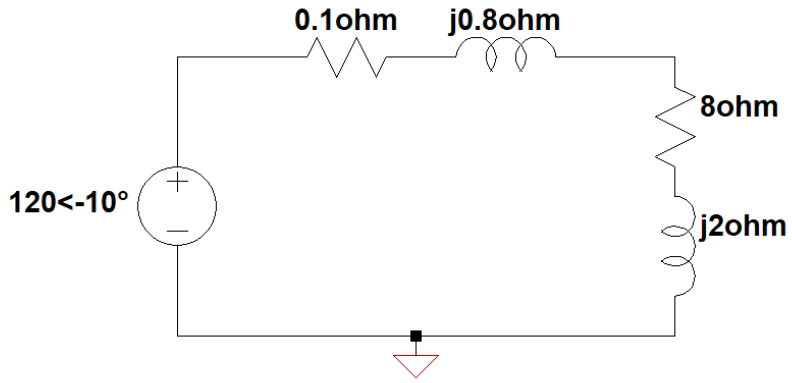


Figura 2: Equivalente monofásico de a

El valor de la impedancia total en forma polar es:

$$Z_T = 8{,}57\angle 19{,}07°$$

Luego la corriente de línea (fasor) se calcula por Ley de Ohm:

$$I_a = \frac{V_{an}}{Z_T} = 14\angle -29{,}07°$$

La caída de tensión en la línea (entre a y A) se calcula usando Ley de Ohm con la impedancia de línea

(es decir, entre a y A, $Z_L = 0{,}1 + j0{,}8\Omega$) y la corriente de linea (I_a):

$$V_{aA} = Z_L \cdot I_a = 11{,}287\angle 53{,}805°$$

La caída de tensión en la carga se calcula de la misma manera, sólo que con la impedancia de carga ($Z_C = 8 + j2\Omega$) en vez de la impedancia de línea:

$$V_{AN} = Z_C \cdot I_a = 115{,}44\angle -15{,}03°$$

Al sumar estas dos caídas de tensión, efectivamente da $120\angle -10°$, por lo que se cumple la regla de voltajes de Kirchhoff.

El factor de potencia de la carga se calcula con el ángulo de la potencia compleja de la carga, la cual es $S_C = V_{AN} \cdot \bar{I}_a$:

$$S_C = 1616{,}16\angle 14{,}04°$$

De acá podemos calcular la potencia real y la aparente:

$$P_C = 1616{,}16 \cdot \cos(14{,}04°) = 1567{,}88W$$

$$Q_C = 1616{,}16 \cdot \sin(14{,}04°) = 392{,}08\text{VAr}$$

Luego, calculando el factor de potencia:

$$fp = \cos(14{,}04°) = 0{,}97$$

El diagrama fasorial se ve a continuación:

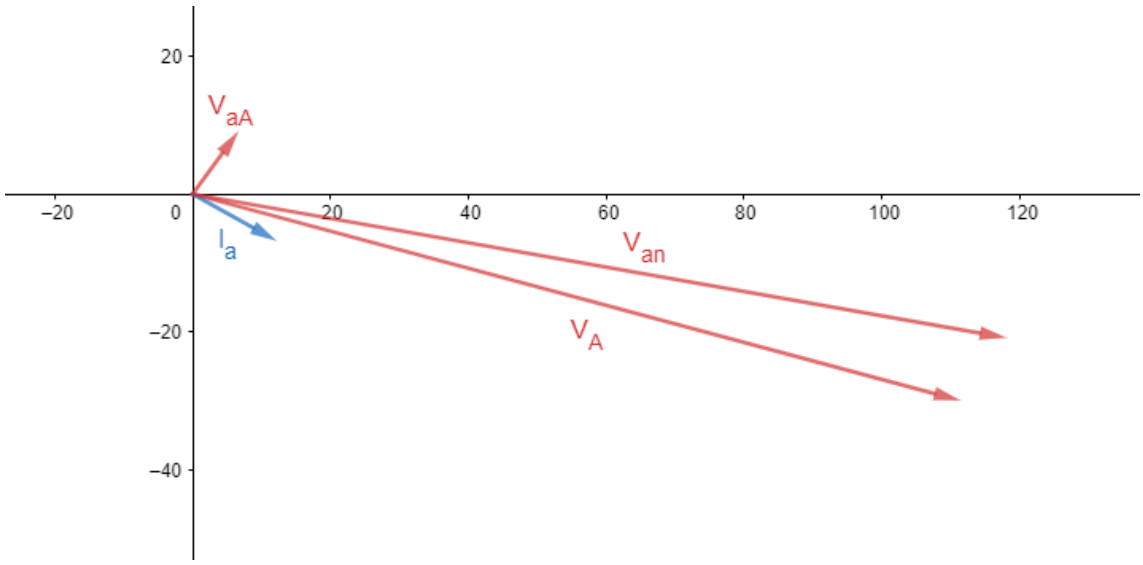


Figura 3: Diagrama fasorial del punto b

Puntaje: 1 punto por I_a, 1 punto por V_{AN}, 1 punto por V_{aA}, 1 punto por fp, 1 punto por diagrama fasorial.

c)

La corriente de fase se calcula como la multiplicación entre la corriente de línea (fasor) por $\frac{1}{\sqrt{3}}\angle 30°$. Luego, la corriente I_{ab} es:

$$I_{ab} = 8{,}078\angle 0{,}93°$$

La potencia compleja de b es exactamente la misma que para a y c:

$$S_b = V_{an} \cdot \bar{I}_a = 1680\angle 19{,}07°$$

Por lo tanto, queda:

$$P_b = 1587{,}8W$$

$$Q_b = 548{,}89\text{VAr}$$

El factor de potencia del generador se obtiene con la potencia compleja del circuito entero, ya que toda la potencia presente en las impedancias es aportada por los generadores. La potencia compleja total es:

$$S_T = 3 \cdot 1680\angle 19{,}07° = 5040\angle 19{,}07°$$

El factor de potencia queda:

$$fp = 0{,}945$$

Como se puede notar, el factor de potencia considerando la línea es peor que al considerar sólo la carga. Esto es debido a la inductancia de las líneas, ya que no consumen potencia real, solo potencia reactiva.

Puntaje: 1 punto por I_{ab}, 1 punto por S_b, 1 punto por P_b, 1 punto por Q_b, 1 punto por fp.

Problema 3

a)

El cálculo de voltaje entre los neutros en un sistema desequilibrado simplemente se hace calculando el promedio ponderado entre los voltajes de las fases, donde los ponderadores son las admitancias de cada fase. Esto fue demostrado en clases [2 puntos]:

$$\dot{V}_{Nn} = \frac{Y_{aN}\dot{V}_{an} + Y_{bN}\dot{V}_{bn} + Y_{cN}\dot{V}_{cn}}{Y_{aN} + Y_{bN} + Y_{cN}}$$

La demostración se realiza transformando las fuentes de voltaje en fuentes de corriente, ponderando por las admitancias. Luego con ley de nodos se suman las admitancias al quedar en paralelo, y al hacer la suma de corrientes en el nodo N se llega al resultado.

Y se nos pide $\dot{V}_{nN}$, por lo que hay que agregar 180 grados para corregir la polaridad [0.75 puntos]. Calculamos las admitancias:

$$Y_{aN} = Y_{cN} = \frac{1}{8 + j0{,}8} = 0{,}6098 - 0{,}4878iS$$

$$Y_{bN} = \frac{1}{1 + j0{,}8} = 0{,}6098 - 0{,}4878iS$$

El resultado será [1 punto]:

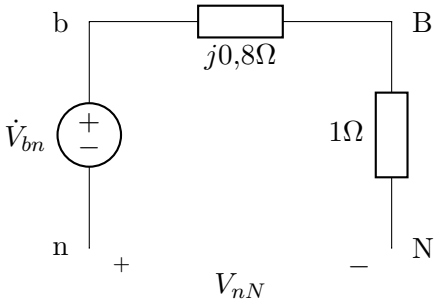
$$\dot{V}_{nN} = -\frac{(0{,}6098 - 0{,}4878i)208\angle 20 + (0{,}6098 - 0{,}4878i)208\angle -100 + (0{,}6098 - 0{,}4878i)208\angle -220}{0{,}6098 - 0{,}4878i + 0{,}6098 - 0{,}4878i + 0{,}6098 - 0{,}4878i}$$

$$\dot{V}_{nN} = 141{,}5796\angle 66{,}5043V$$

También se puede llegar al resultado por medio de un análisis de impedancia y transformación de fuentes, caso en el cual se asigna todo el puntaje igualmente. Sin embargo, es un poco más complicado el desarrollo, y en el ámbito de la potencia se trabaja con admitancia.

b)

El equivalente monofásico es el siguiente [0.75 puntos]:



La corriente se calcula con la ley de Ohm [1 punto]:

$$I_{linea} = \frac{V_{bn} + V_{nN}}{Z_{linea} + Z_{carga}} = \frac{208\angle -100 + 141{,}5796\angle 66{,}5}{1 + j0{,}8} = 60{,}6821\angle -113{,}49A$$

La caída de tensión en la línea y en la carga son [1 punto cada valor]:

$$V_{linea} = I_{linea} \cdot Z_{linea} = 48{,}5457\angle -23{,}49V$$

$$V_{carga} = I_{linea} \cdot Z_{carga} = 60{,}6821\angle -113{,}49V$$

Alternativamente se puede usar un divisor de voltaje:

$$V_{linea} = (V_{bn} + V_{nN})\frac{j0{,}8}{j0{,}8 + 1} = 48{,}5457\angle -23{,}49V$$

$$V_{carga} = (V_{bn} + V_{nN})\frac{1}{j0{,}8 + 1} = 60{,}6821\angle -113{,}49V$$

c)

Los valores se calculan con el equivalente monofasico de cada fase, y considerando el voltaje entre neutros. En la fase a [0.8125 puntos cada valor]:

$$I_a = \frac{V_{an} + V_{nN}}{Z_{eqa}} = \frac{208\angle 20 + 141{,}5796\angle 66{,}5}{8 + j0{,}8} = 40{,}08\angle 32{,}87A$$

$$V_{carga} = I_a \cdot Z_{carga} = 320{,}6597\angle 32{,}87V$$

Alternativamente se puede usar un divisor de voltaje:

$$V_{carga} = (V_{an} + V_{nN})\frac{8}{j0{,}8 + 1} = 320{,}6597\angle 32{,}87V$$

Para la fase c:

$$I_c = \frac{V_{cn} + V_{nN}}{Z_{eqc}} = \frac{208\angle -220 + 141{,}5796\angle 66{,}5}{8 + j0{,}8} = 35{,}188\angle 105{,}6A$$

$$V_{carga} = I_c \cdot Z_{carga} = 281{,}5032\angle 105{,}6V$$

Alternativamente se puede usar un divisor de voltaje:

$$V_{carga} = (V_{cn} + V_{nN})\frac{8}{j0{,}8 + 1} = 281{,}5032\angle 105{,}6V$$

d)

El conductor de neutro, al ser de muy baja impedancia, canaliza la corriente de desequilibrio. Esto permite separar las fases y de esta forma la corriente de desequilibrio de una fase no afecta a los voltajes de las otras fases [0.45 puntos]. El valor del voltaje entre neutros es [0.5 punto]:

$$\dot{V}_{Nn} = \frac{Y_{aN}\dot{V}_{an} + Y_{bN}\dot{V}_{bn} + Y_{cN}\dot{V}_{cn}}{Y_{aN} + Y_{bN} + Y_{cN} + Y_{nN}} \approx 0V$$

Esto último ya que la admitancia del conductor de neutro es muy grande. Ahora, el cálculo de valores será el cálculo del equivalente monofásico de cada fase [0.4 puntos por cada valor]:

- a

$$I_{linea} = \frac{208\angle 20}{8 + j0{,}8} = 25{,}871\angle 14{,}289A$$

$$V_{carga} = I_{linea} \cdot Z_{carga} = 206{,}9677\angle 14{,}289V$$

- b

$$I_{linea} = \frac{208\angle -100}{1 + j0{,}8} = 162{,}4207\angle -138{,}66A$$

$$V_{carga} = I_{linea} \cdot Z_{carga} = 162{,}4207\angle -138{,}66V$$

- c

$$I_{linea} = \frac{208\angle -220}{8 + j0{,}8} = 25{,}871\angle 134{,}2895A$$

$$V_{carga} = I_{linea} \cdot Z_{carga} = 206{,}9677\angle 134{,}2895V$$

Se observa que los desequilibrios de los voltajes desaparecen gracias al conductor de neutro. También los voltajes de la carga son muy similares a los de los generadores en las fases sin falla, por una mínima cáida de tensión en la línea. Finalmente, la corriente entre neutros será la suma de las corrientes por las fases [0.4 puntos]:

$$I_{Nn} = 141{,}4129\angle -144{,}3706$$

Pregunta 4

1. Notamos que en el edificio A tenemos un angulo 45.57 con 71.41KVAr, Para el edificio B tenemos que el angulo es de 11.47 con 6.08 KVAr Para C se tiene un angulo de 11.53 con 49KW y 10 KVAr. Con esto los triangulos quedan dibujados con la informacion recien entregada. Se desea bajar Q del eje imaginario por lo que la resta del capacitor debe ser -57.24 KVAr lo que da un capacitor 3.76. Se asigna un punto por cada angulo entregado ademas de 2 puntos por el valor del capacitor, 2 puntos por la entrega de los triangulos.

2. Para las ecuaciones del opamp notamos 3 ecuaciones las cuales son

$$V_2 = -5$$

$$\frac{V_1 + 10}{40K} + \frac{V_1}{40K} + \frac{V_1 - V_3}{10K} + \frac{V_1 + 5}{20K} = 0$$

$$\frac{V_3 + 5}{25K} + \frac{V_3 - V_1}{10K} + \frac{V_3}{15K} = 0$$

2ptos por ecuacion.