

EJERCICIOS PROPUESTOS

1. Un T/C de razón 2.000/5, tiene las siguientes características: Sección del núcleo: 20 cm^2 ; Impedancia de fuga: $0,3 \Omega$; $N_2=400$ espiras.; $f=50 \text{ Hz}$; Inducción máxima en el núcleo: 1,86 Tesla. Verificar si se encuentra saturado, cuando por la línea en que está conectado circula una corriente de 40.000 Amperes y la impedancia del burden y conductores es de 2Ω .

2. Un relé está conectado a través de un T/C de razón 100/5, 50 VA; 50 Hz; cuya curva de excitación se muestra en la Figura 1.

La impedancia de fuga del T/C es de $0,5 \text{ ohm}$, la de los conductores $0,4 \text{ ohm}$ y el relé tiene una resistencia de $0,8 \text{ ohm}$ y una inductancia de 4,41 milihenry. Si la corriente mínima de operación del relé es de 8 amperes (TAP=8), determinar la corriente primaria mínima que realmente lo hace operar.

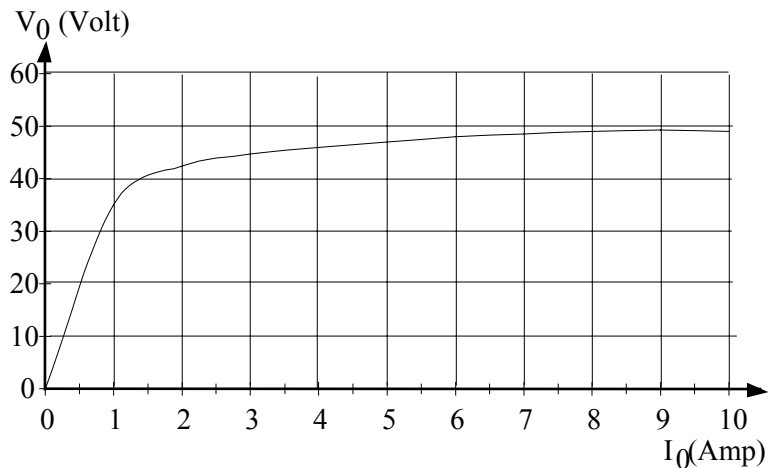


Figura 1

3. En el T/C del problema anterior, determine, usando el criterio de la E.E.C.:

- a. El índice de saturación para el 50, 100 y 150% del burden nominal.
- b. El error de razón para las mismas cargas anteriores.

4. En el sistema de la Figura 2, la lectura del wátmmetro es de 966,405 watt, el factor de potencia de la carga es 0,866 y la tensión entre líneas, de 13.800 volts. Los TT/CC son de razón 50/5 y el T/P es de razón 13.800/110. Suponiendo que la carga es equilibrada y que los errores de razón y angular de los TT/CC y del T/P son despreciables, determinar la corriente en las líneas.

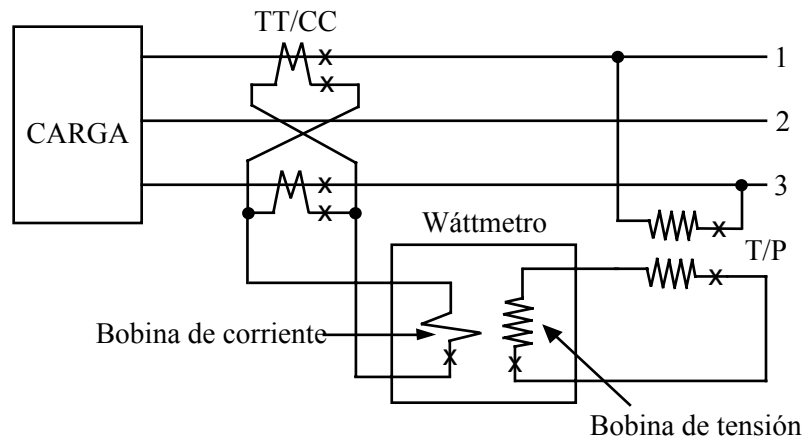


Figura 2

5. En el sistema mostrado en la Figura 3, determinar los TT/CC a usar en los puntos P y Q y calcular las corrientes en sus secundarios. Las características de los TT/CC disponibles son:

Capacidad térmica: $80 I_N$ por 1 seg.; Capacidad permanente: $1,2 I_N$

Razones: 400/5; 500/5; 600/5; 800/5; 1.000/5; 1.200/5; 1.500/5; 2.000/5; 2.500/5; 3.000/5; 4.000/5; 5.000/5.

6. Demostrar que el ángulo β en un T/C se puede expresar, según las normas ASA, en forma aproximada como:

$$\beta = 2600 (\text{FCR} - \text{FCT})$$

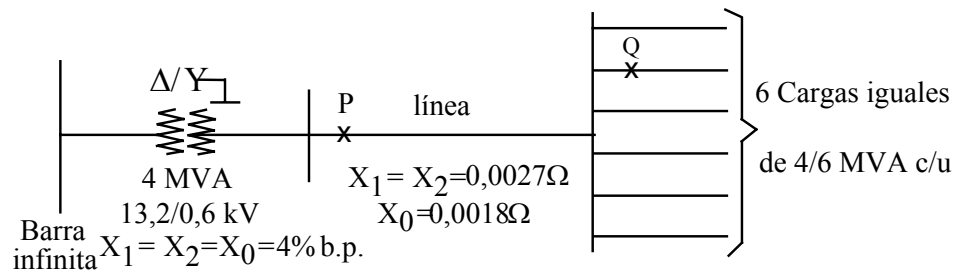


Figura 3

7. Considerando el circuito equivalente aproximado de un DCP, demostrar que la razón de transformación se puede expresar como:

$$\frac{V_1}{V_2} = a \left(1 + \frac{C_2}{C_1} \right)$$

8. Las características de cierto burden conectado a un T/C se encuentra expresada por $R=6,5 \Omega$ y $L=11,9$ mH para 50 Hz. Expresar el burden en VA y factor de potencia, especificado para 5 A.

9. Un relé está conectado, a través, de un T/C de razón 200:5. El relé de sobre corriente está ajustado en el Tap 3. Calcular la corriente primaria que hace operar el relé, considerando que la impedancia de fuga del transformador más las impedancias de las líneas es de $0,2 \Omega$. Las características del relé son: $R=0,4 \Omega$; $L=2,208$ mH y del T/C se indican en la Tabla 1.

Tabla 1.- Características del transformador de corriente

E_{sec}	0,5	1	2	3	4	5	Volts
I_o	0,01	0,05	0,1	0,115	0,13	0,14	Amperes

Efectuar los cálculos sumando directamente los módulos de las impedancias y luego considerando la impedancia de fuga y de las líneas como reactivas puras. Comparar los resultados.

10. Para los transformadores de corriente conectados en Delta de la Figura 4, determinar el valor de las corrientes de fases secundarias (I_x ; I_y ; I_z) en función de las componentes simétricas de la fase a. Considerar que los TT/CC son de razón 1:1

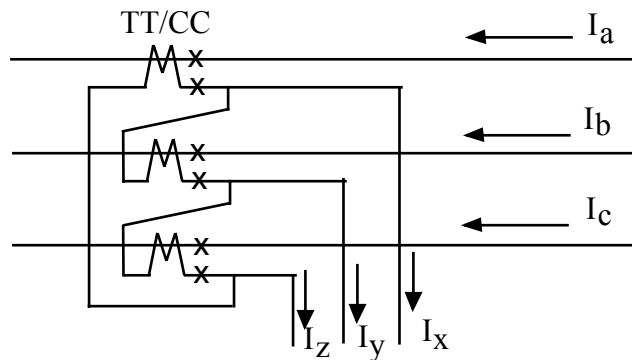


Figura 4

11. En el sistema de la Figura 5, determinar los MVA simétricos, a tensión nominal, en los interruptores 1-2-5 y 6, cuando ocurre un cortocircuito trifásico simétrico en el punto F, estando el sistema en vacío. Todos los datos están en por unidad, base 100 MVA

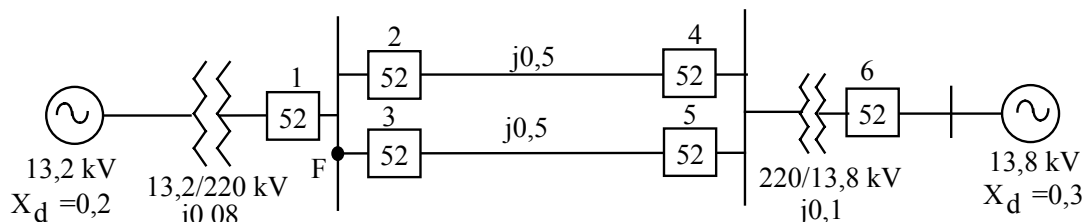


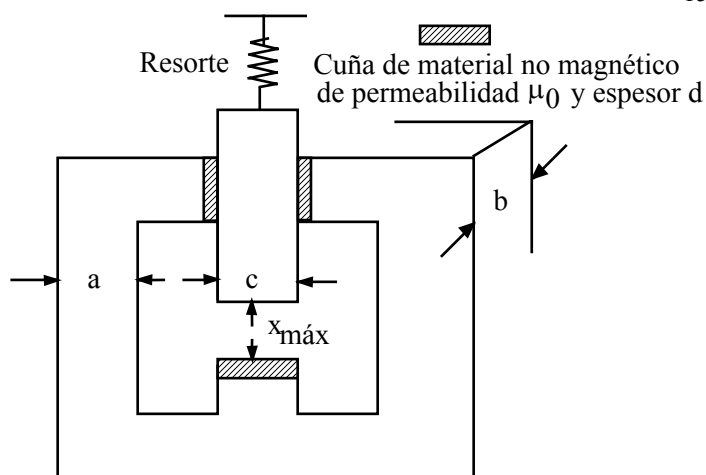
Figura 5

12. En el relé tipo Plunger de la Figura 6, considerar que la permeabilidad del núcleo (μ_n) es mucho mayor que la del vacío ($\mu_n \gg \mu_0$). Las características constructivas están indicadas en la Figura.

a. Demostrar que la razón de reposición se puede escribir como:

$$RR = 1 + \frac{2a x_{\max}}{d(2a + c)}$$

Figura 6



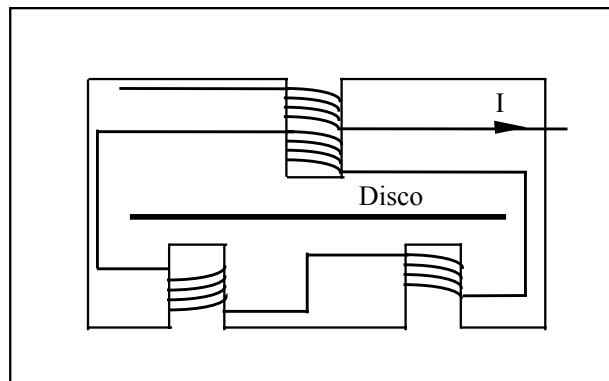
b. Si la fuerza ejercida por el resorte antagónico es de 153 (gr-fuerza) y las características del relé son: $a=2$ cm, $d=1$ mm, $b=4$ cm, $x_{\max}=8$ mm, $c=4$ cm y $N=100$ espiras; determinar las corrientes de pick-up y de drop-out del relé, así como la razón de reposición.

13. Determinar el torque motriz de un relé tipo disco de inducción wattmétrico en que una bobina se alimenta con corriente alterna sinusoidal y la otra con corriente continua. ¿Existe torque neto? Explique.

14. Considere el relé tipo disco de inducción de la Figura 7. Suponga que las inductancias de las bobinas y las pérdidas magnéticas son despreciables. Si las bobinas inferiores son iguales:

- Dibuje el Diagrama fasorial, indicando claramente los diferentes flujos
- Determine la ecuación de torque

Figura 7



15. La bobina de potencial de un relé direccional monofásico de 60 Hz (Figura 8) tiene una impedancia $Z=(230+j560) \Omega$. Si se conecta como se muestra en la Figura 7, el relé desarrolla torque máximo positivo cuando se alimenta una carga capacitiva en una dirección dada. Se desea modificar el relé de modo que desarrolle torque máximo positivo para una carga inductiva de factor de potencia 0,707; en la misma dirección y con la misma corriente mínima. Indique y determine los cambios necesarios.

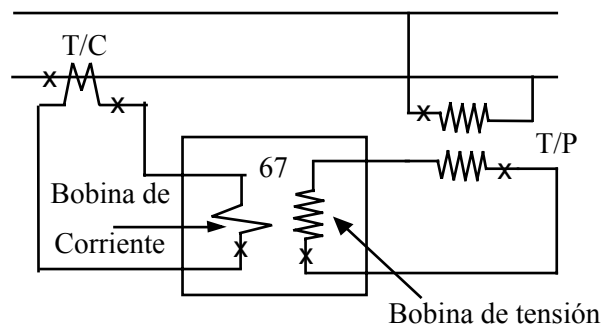


Figura 8

16. La ecuación de torque de un relé direccional es de la forma, $VI \cos(\phi - 60^\circ) \geq 57,5$.

- Represente la característica de operación en coordenadas polares, indicando la zona de operación.
- Si el voltaje aplicado es de 115 V, determine el menor valor de la corriente mínima de operación y las corrientes mínimas de operación cuando la corriente y el voltaje están en fase y cuando la corriente adelanta 90° al voltaje.

17. Calcular el ajuste (TAP y LEVER), de un relé de sobrecorriente de tipo IAC conectado a través de un T/C de 1000/5, para que opere con una corriente mínima de 1.200 Amperes y con una corriente de cortocircuito de 8.000 Amperes su tiempo de operación sea de 1 segundo. Las curvas tiempo-corriente corresponden a las de la Figura 3.8 del apunte y sus características son: **TAP 51:** 4-5-6-8-10-12-16; **TAP 50:** 20-40-60-80.

18. El sistema de la Figura 9, se protege con un relé IAC cuyas características se indicaron en el Problema 17. Suponga que la corriente de partida del motor es 6 veces la corriente nominal y que demora aproximadamente 0,4 segundos en partir. Determine las protecciones necesarias, calculando TAP y LEVER y grafique la curva de operación del relé indicando claramente los valores de tiempos y corrientes más importantes.

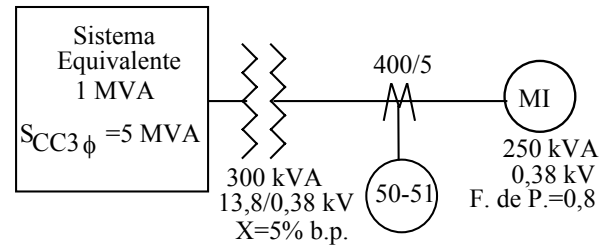


Figura 9

19. El sistema de la Figura 10 está protegido con relés de sobrecorriente tipo IAC (Problema 17). Todos los datos en pu, están en base 10 MVA. Considerando para el relé 50-1 un ajuste de 1,5 veces la corriente nominal, determine:

- Las protecciones necesarias, calculando TAP y LEVER de los relés para la generación máxima indicada.
- Los tiempos de operación de los relés para una falla en el secundario del transformador

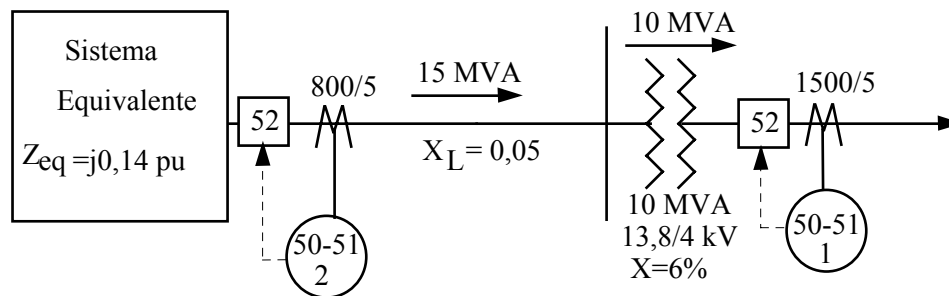


Figura 10

20. En el sistema de la Figura 11, los relés son direccionales de sobrecorriente, tipo tiempo definido. El tiempo mínimo de operación de cada uno es de 0,2 seg y el máximo de 3,0 seg., con pasos de 0,4 seg.: a. Determine el ajuste de tiempo y la dirección que debe tener cada uno de los relés para que el sistema opere selectivamente. Suponga que las líneas L_1 , L_2 y L_3 son iguales. A partir de los resultados obtenidos en a., determine: b. ¿Qué relés deben operar para aislar una falla en la carga 1, permitiendo que la carga 2 pueda mantenerse en servicio? c. ¿Qué relés deben operar para aislar una falla en la carga 2, permitiendo que la carga 1 se mantenga en servicio?

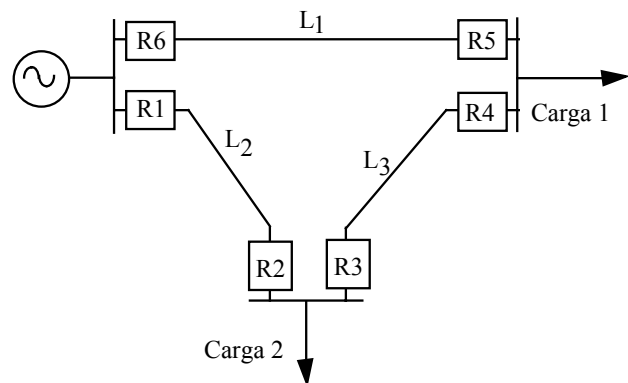


Figura 11

21. El generador conectado en triángulo, de 15 MVA, 13,8 kV de la Figura 12, se protege con un relé diferencial de porcentaje sin TAP y con un porcentaje del 10%.

- Determine usando diagramas fasoriales, la conexión de los Transformadores de corriente y la protección
- Considerando la conexión realizada y que la reactancia del generador es de 0,2 (pu) base propia, determine si el relé opera cuando ocurre un cortocircuito trifásico en el punto P. Explique

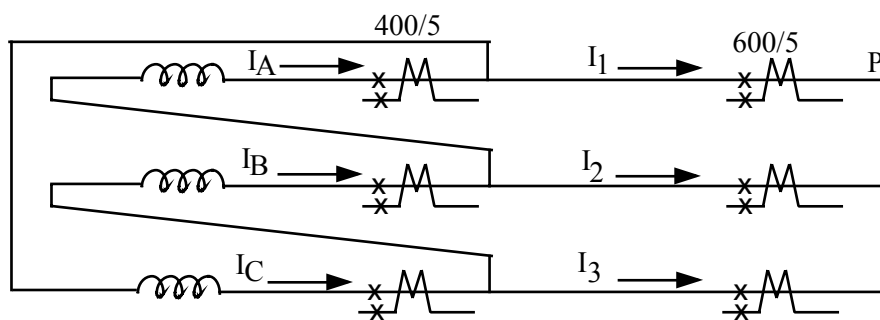


Figura 12

22. Un transformador trifásico de 50 MVA, 345/34,5 kV, conexión $Y\Delta_5$, se protege con un relé diferencial de porcentaje de 25 %. Determinar:

- La correcta conexión de los TT/CC a ambos lados
- Los TAPS del relé y la razón de transformación de los TT/CC, de manera que el error por tap no sea superior al 15%

Los TT/CC son de razón: 50/5-100/5-150/5-200/5-400/5-600/5-800/5-1000/5-1200/5 y 1500/5

Los taps del relé son: 3,2-3,5-3,8-4,2-4,6 y 5,0 (superior); 8,7-5,0 y 4,6 (inferior)

23. Un transformador trifásico en conexión $Y\Delta_7$ se protege con un relé diferencial de porcentaje. Conecte el relé y los TT/CC, de manera que se anule el desfase introducido por la conexión del transformador de poder. Demuestre usando diagramas fasoriales.

24. Un transformador trifásico de 80 MVA, 154/220 kV, conexión $Y\Delta_1$, se protege con un relé diferencial de porcentaje de 25 %. Determine:

- La correcta conexión de los transformadores de corriente a ambos lados
- Los Taps del relé y razón de transformación de los transformadores de corriente, de manera que el error por tap no sea superior al 15 %
- Si el relé opera cuando se conecta una reactancia de 242 ohm entre las fases b y c en el punto P (Figura 13), estando el transformador en vacío.

Los TT/CC son de razón: 50/5-100/5-150/5-200/5-250/5-300/5-400/5-500/5-600/5-800/5

Los taps del relé son: 3,2-3,5-3,8-4,2-4,6 y 5,0 (superior) 8,7-5,0 y 4,6 (inferior)

Considere que la reactancias de secuencia positiva y negativa son iguales, tanto para el sistema como para el transformador.

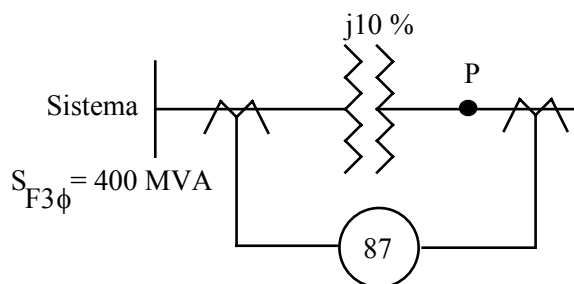


Figura 13

25. Un transformador trifásico de 100 MVA, 110/220 kV, conectado según la Figura 14, se protege con un relé diferencial de porcentaje de 25%. Las características de los TT/CC y del relé son:

Razones de los TT/CC: 50/5-100/5-150/5-200/5-250/5-300/5-400/5-600/5-800/5-1.000/5-1.500/5.

TAP del Relé: 3,2-3,5-3,8-4,2-4,6-5,0 (superior) y 4,6-5,0-8,7 (inferior). Datos en la base propia del T/F.

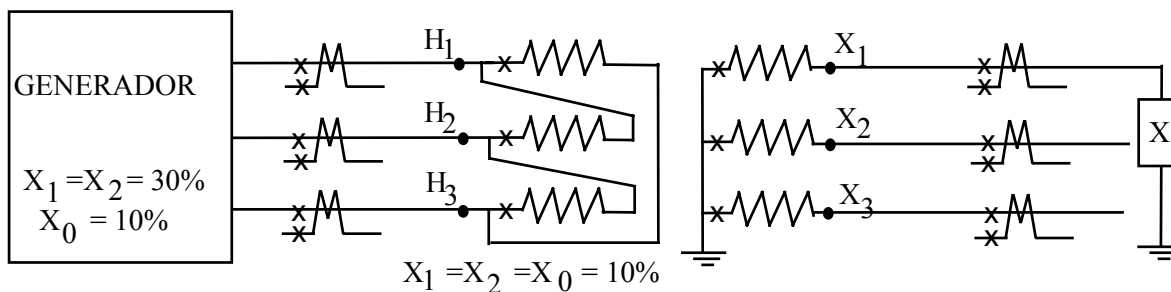


Figura 14

- Utilizando diagramas fasoriales, determine la correcta conexión de los TT/CC
- Determine los TAPS del relé y las razones de los TT/CC, considerando un error por TAP no mayor del 15%
- Determine si el relé opera y que unidades (de que fases) lo hacen, cuando se conecta una reactancia $X=0,1$ (pu), en el punto indicado, estando el transformador en vacío. Demuestre y explique

26. Determine si el relé de admitancia cuya característica se muestra en la Figura 15 opera, para los siguientes valores de Impedancia:

- $Z = -3 + j 6$
- $Z = 2 + j 8$
- $Z = 10 + j 4$

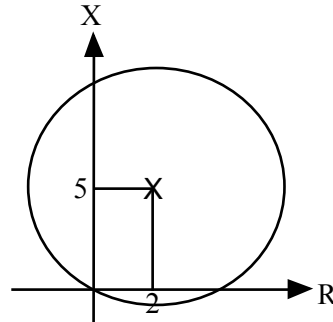


Figura 15

27. Considere el sistema de la Figura 16. Las impedancias están en ohm/fase y los voltajes de los generadores están en volt “por fase”, todos en términos secundarios. Determine la impedancia “aparente” que mide el relé de distancia 21 ubicado en la barra A cuando se tiene una falla en el punto F, al final de la línea AC, de tipo:

- Trifásica
- Bifásica (fases b y c)
- Monofásica a tierra (fase a)

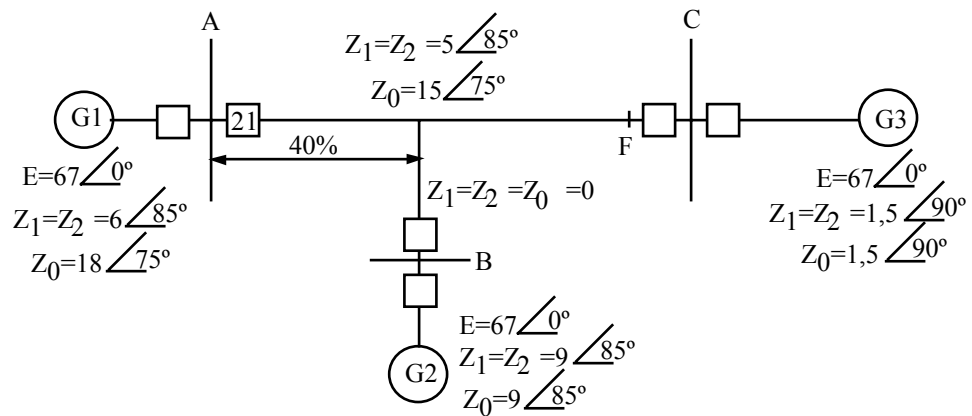


Figura 16

28. El relé de distancia (21) de la Figura 17 es de impedancia simple y consta de 3 elementos (uno por cada zona), ajustados según se indica y sin considerar la fuente intermedia. Determine que elementos operan cuando ocurre una falla trifásica en el punto F, límite de la 2ª zona, suponiendo que la generación de G1 y G2 es máxima.

Los valores por fase de las impedancias de cada tramo son: $Z_{AB}=10 \Omega$; $Z_{BC}=12 \Omega$ y $Z_{CD}=16 \Omega$, todas con el mismo ángulo (60°).

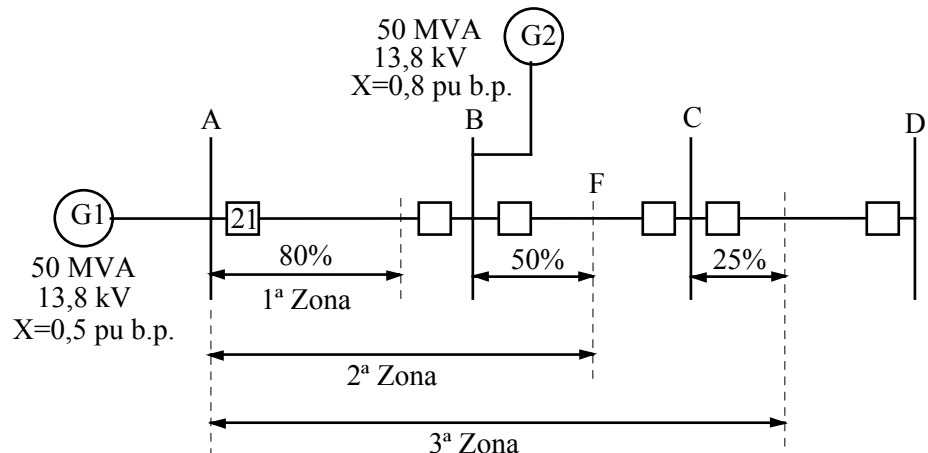


Figura 17

29. Un relé de distancia simple tiene los siguientes parámetros : $k_i = 0,5 \text{ (Nm/A}^2 \text{)}$; $k_p = 0,06 \text{ (Nm/VA)}$ y el ángulo característico es de 60° :

- Deduzca la característica de operación y represéntela en el plano R-X
- Determine si el relé opera cuando se alimenta con 115 volts, 12 Amp. y $\phi = 30^\circ$
- Idem cuando $V=115 \text{ Volts}$; $I = 6 \text{ Amp}$ y $\phi = 80^\circ$

30. En la S/E “A” de la Figura 18 se instala un relé de distancia (21), para proteger la línea de 110 kV en 3 zonas. La impedancia de la línea es de $0,3 \angle 60^\circ \text{ ohm/km}$ y el relé 21 es de tipo GCX, con tres elementos

Relé GCX:

Primera zona: reactancia

Segunda zona: reactancia

Tercera zona: admitancia, con $\theta = 60^\circ$

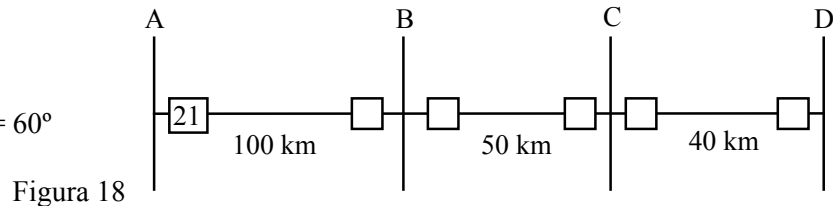


Figura 18

- Calcular ajustes secundarios del relé para cada zona, si se usan TT/MM de 110/0,11 kV y 500/5 A.
- Determinar el diámetro del círculo en el elemento de tercera zona
- Graficar los resultados en el Diagrama R-X

31. Una línea trifásica de 110 kV, cuya impedancia por fase es de $0,5 \angle 60^\circ \text{ ohm/km}$ se protege con un relé de distancia tipo reactancia, el que se encuentra ajustado en 4 ohm (secundario) y conectado en forma convencional a través de TT/MM de razones 110/0,11 kV y 250/5 A.

- Calcular el alcance en km
- Si por la línea trifásica se transmiten $(60+j15) \text{ MVA}$, determinar si el relé opera.

32. Considere el sistema radial de distribución trifásico de la Figura 19, con las cargas indicadas (kVA) y suponiendo factor de potencia uniforme para todas ellas. Determine los fusibles de tipo T que se deben ubicar en los puntos A, B, C, D, E y F, de manera que el sistema de protecciones sea selectivo.

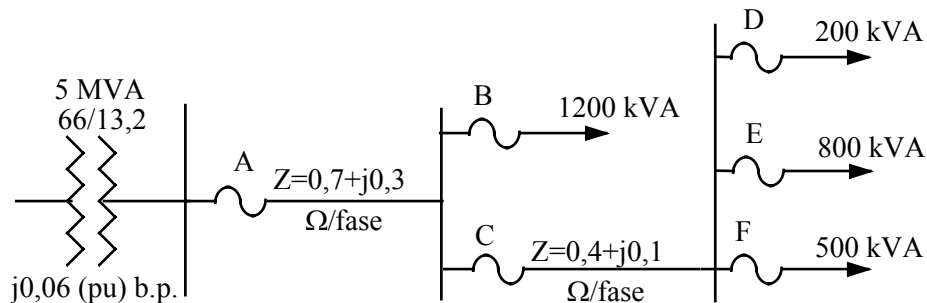


Figura 19