ELECTROTECNIA
INGENIERÍA DE CAMINOS

Un transformador trifásico se alimenta en alta tensión (AT) a través de una línea cuya caída de tensión es el 4% de la tensión en su origen. En su placa de características se lee: 1000KVA,20000/400V,50 Hz, Ucc= 8.24%,Dy11.Además se conoce por su hoja de ensayos, que la potencia en un ensayo en cortocircuito a corriente nominal es 35.4KW.
Este transformador alimenta a 380V dos cargas trifásicas en paralelo:
La primera consume 500KW, con fdp 0,7 (ind).
La segunda se sabe que es resistivo-inductiva, que absorbe 325 A, está en estrella y su resistencia por fase es 0.6 Ω
Determinar, despreciando la corriente de vacío del transformador:

a) La impedancia compleja por fase del equivalente en estrella del primer receptor.

   A. (0.1414 + j 0.1442) Ω
   B. (0.4242 + j 0.4326) Ω
   C. (0.202 + j 45.57) Ω

b) La impedancia compleja por fase del segundo receptor en triángulo.

   A. (0.6 + j 0.3) Ω
   B. (1.8 + j 0.9) Ω
   C. (0.6 + j 0.9) Ω

c) La impedancia compleja por fase en estrella del segundo receptor.

   A. (0.6 + j 0.3) Ω
   B. (1.8 + j 0.9) Ω
   C. (0.6 + j 0.9) Ω

d) Si se cortocircuita una fase del primer receptor, ¿cuál sería la constante de tiempo
   de esta fase cortocircuitada?

   A. 1 ms
   B. 3.24 ms
   C. 1.01 s

e) Suponiendo que en el instante que se cortocircuita la fase ,la bobina tiene almacenada 0.25J de energía, cuánto valdría i(o)?

   A. 33 A
   B. 0 A
   C. 0.5 A

Nota: A partir de este apartado se suponen sanas todas las fases.

f) Factor de potencia del conjunto de las dos cargas trifásicas.

A. 0.86 (ind)
B. 0.75 (ind)
C. 0.98 (ind)

g) Intensidad de línea del conjunto.

A 1000 A
B 1246.1 A
C 1397.5 A

h) Resistencia y reactancia por fase del transformador reducidas al lado de AT

A (1.6 + j 3.96) mΩ
B (5.66 + j 11.9) mΩ
C (14.15 + j 29.75) Ω

i) Intensidad en los arrollamientos de BT.

A 1000 A
B 1246.1 A
C 1397.5 A

j) Intensidad en los arrollamientos de AT.

A 100A
B 16.13 A
C 27.93 A

k) Tensión en el origen de la línea que alimenta al transformador.

A 20 KV
B 19.23 KV
C 21.3 KV

SOLUCION.

a) Sabiendo que la carga consume 500 Kw con fdp 0.7 inductivo a 380 V de línea y que la intensidad de fase y de línea son iguales en estrella, la ecuación

$$P = \sqrt{3}\, UI\cos\varphi$$

nos proporciona el valor de **I** = 1085 A

Como φ = 45.57º del fdp, la impedancia resulta ser en estrella:

$$\bar{Z} = \frac{230}{1085}\angle 45.57\ \Omega$$

que expresada en notación binómica da:

$$\bar{Z} = (0.1414 + j\,0.1442)\Omega$$

siendo la solución A.

b) Como dice en triángulo: la resistencia por fase en estrella que vale 0.6Ω,pasaría a triangulo con valor 1.8Ω, por el teorema de Rosen. Como además

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

siendo R=1.8Ω y $Z = \frac{380}{\frac{325}{\sqrt{3}}} = 2.02\Omega$ con lo que X=0.9Ω, siendo la solución:

$$\bar{Z} = (1.8 + j\,0.9)\Omega$$

que corresponde a B.

c) Por el apartado anterior y aplicando el teorema de Rosen :

$$\bar{Z} = (0.6 + j\,0.31)\Omega$$

que corresponde con la solución A.

d) Como la constante de tiempo de un circuito RL-serie es:

$$\tau = \frac{L}{R}$$

y sabemos que X=0.1442Ω con lo que a 50 Hz X=Lw da L=4.59 10^{-4}H y la R=0.1414Ω, obtenemos un valor de

$$\tau \quad = 3.24ms$$

que corresponde a la solución B.

e) Como la energía que almacena una bobina, viene dada por:

$$W_L = \frac{1}{2} Li^2$$

en el instante t=0 tenemos:

Con 0.25 J y siendo $L = 4.5910^{-4}$H, obtenemos i(0)=33 A, que corresponde a la solución A.

f) Aplicaremos el Teorema de Boucherot:

carga 1: 500Kw $\varphi = 45.57$
$Q = P \tan \varphi = 510.04Kvar$

carga 2: $\varphi = 27.32$ de la ecuación
$\varphi = \tan^{-1} \frac{0.31}{0.6} = 27.32º$
$P = \sqrt{3}UIcos\,\varphi = \sqrt{3}380\;325\;\cos 27.32 = 190.04Kw$
$Q = P \tan \varphi = 98.17Kvar$

El total resulta de sumar P y Q de cada carga:
P=500+190.04=690.04Kw
Q=510.04+98.17=608.21Kvar
que resulta dar una potencia aparente de conjunto:
$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = 919.82Kva$
con un factor de potencia de conjunto:
$\cos \varphi = \frac{P}{S} = 0.75(ind)$
y ángulo:
$\varphi = \tan^{-1} \frac{Q}{P} = 41.4º$
siendo, pues la solución B.

g) Aplicando la ecuación:
$S = \sqrt{3}UI$
con valores:
$919.82 = \sqrt{3}\;\; 0.38\,I$

obtenemos una intensidad de línea de conjunto de valor:
$I = 1397.5\ A$
siendo la solución C.

h) La reducción a A.T. es esta vez al primario.
De los datos de placa del transformador:
$$I_{1N} = \frac{S_N}{\sqrt{3}U_{1N}} = 28.86\ A$$
ya que la aparente nominal es de 1000 Kva y la tensión nominal del primario es de 20 Kv.
De los datos de cortocircuito a plena carga, tenemos:
$P_{CC} = 3R_{C1}{I_{1N}}^2 = 35400\ W$
de donde obtenemos el valor de la resistencia: 14.16 Ω.
Conociendo además la caída de tensión porcentual del ensayo de cortocircuito , 8.24%, obtenemos la impedancia combinada al lado uno:

$$u_{CC} = \frac{Z_{CC}\, I_N}{U_N} 100$$

siempre con datos del primario y de fase, es decir:

$$8.24 = \frac{Z_{CC}\ 28.86}{\frac{20000}{\sqrt{3}}} 100$$
de donde $Z_{CC} = Z_{C1} = 32.96\ \Omega$
y que aplicando Pitágoras:

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

obtenemos $X_{C1} = 29.76\ \Omega$
siendo, pues la solución C.

i) Como los devanados del secundario están realmente en estrella, la intensidad de los mismos será 1397.5 A, ya que la intensidad de fase y línea coinciden.

j) A partir del equivalente en estrella, donde se cumple la relación:

$$I_1' = r_t I_1$$

ya que suponemos la intensidad de vacío despreciable, con la relación de transformación de valor 50 ya que se obtiene de dividir las tensiones de placa, y sabiendo que la intensidad del primario reducida al secundario coincide con la de secundario de valor 1397.5, obtenemos una intensidad de valor 27.95 A.
Como los devanados del primario están en triángulo, habrá que dividir por $\sqrt{3}$ la intensidad obtenida, dando 16.13 A y correspondiendo a la solución B.

k) Para calcular la tensión en el origen de la línea, habrá que calcular primero la del primario del transformador a partir de la caída interna del mismo:

$$\Delta U = \sqrt{3}\,(R_{C2}\cos\varphi_2 + X_{C2}\sin\varphi_2)I_2$$

con los valores:

$r_t = 50$

$\cos\varphi_2$=0.75

$\sin\varphi_2 = 0.66$

$R_{C2} = \frac{R_{C1}}{r_t^{\,2}} = 5.66\ m\Omega$

$X_{C2} = \frac{X_{C1}}{r_t^2} = 11.9\ m\Omega$

$I_2 = 1397.5\ A$

obteniendo $\Delta U = 29.29\ V$

Que a su vez da un tensión de vacío de 409.29 V ya que en carga sabemos que es para nuestro caso es 380 V:

$\Delta U = U_{20} - U_2$

$U_{20} = U_1' = 409.29\ V$

obteniendo en el primario:

$U_1 = r_t U_1' = 20464.5\ V$

de línea.

Como la caída de tensión porcentual de línea tiene por fórmula:

$$u(\%) = \frac{\Delta U}{U}100 = 4$$

siendo:

$\Delta U = U_{ORIGEN} - 20462.5$

y

$U = U_{ORIGEN}$

resultando:

$U_{ORIGEN} = 21.3\ kV$ (C)

Fuente: enunciado correspondientes a exámenes de la Universidad Politécnica de Valencia.