

# Práctico 3 - Electrotécnica 2

## Transformador trifásico

### Problema 1

Tres transformadores monofásicos se conectan entre sí para formar un banco trifásico. Los transformadores tienen relación de vueltas igual a 10. La conexión se realiza como se muestra en la Figura 1.

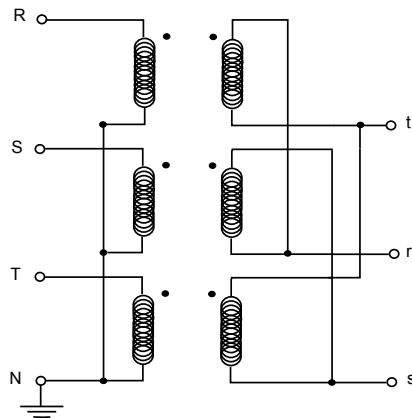


Figura 1: Esquema del Problema 1.

- Determinar el grupo de conexión del banco.
- En el primario se conecta una fuente trifásica perfecta de  $U = 600V$  y en el secundario se conecta una impedancia en estrella de valor por fase  $5\angle 30^\circ \Omega$ . Determinar la potencia que toma la carga y la que entrega la fuente.

### Problema 2

La Figura 2 presenta una topología de conexión para un transformador trifásico. El sistema trifásico equilibrado, perfecto y directo de tensión compuesta  $U = 30kV$ .

#### Datos:

- $T_1$ : Transformador de potencia,  $10MVA$ ,  $30/6kV$ .
  - $T_2$ : Transformador de corriente ideal de relación  $200/5$ .
  - $T_3$ : Transformador de corriente ideal de relación  $500/5$ .
  - $T_4$ : Transformador de corriente ideal de relación  $100/5$ .
- Determinar el grupo de conexión e índice horario del transformador  $T_1$ .
  - Manteniendo los circuitos de medida se conecta en el secundario una carga trifásica perfecta de  $800kVA$ , determinar la indicación de cada amperímetro.
  - Estando el transformador en vacío, en la misma fase donde se conecta  $T_3$  se conecta una resistencia a tierra de  $4\Omega$ , determinar la corriente que circula por la misma (en módulo y fase).
  - En las condiciones de (c), determinar la indicación de cada amperímetro.

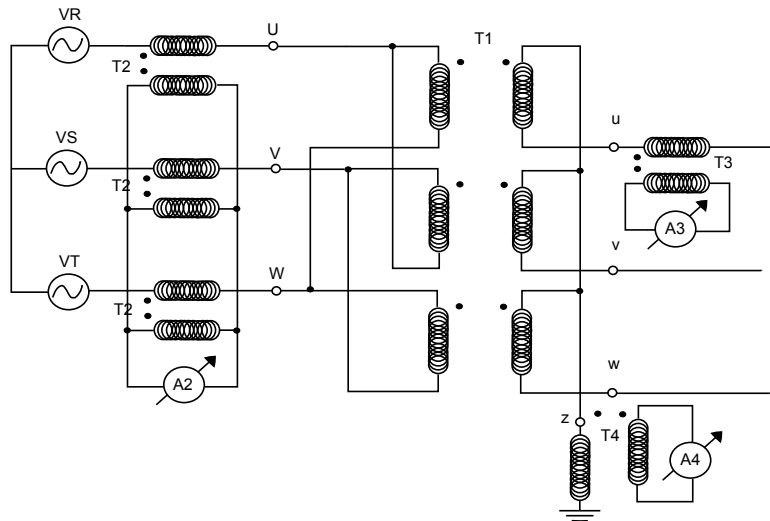


Figura 2: Esquema del Problema 2.

### Problema 3

Para alimentar una carga trifásica  $C$  de baja tensión desde una red de media tensión se requiere poner dos transformadores trifásicos en paralelo, ya que cada uno de ellos por si solo no podría alimentar la carga sin quedar sobrecargado.

- Determinar para el caso de alimentar la carga con un solo transformador, en que porcentaje quedaría de su corriente nominal cada uno de los transformadores trifásicos disponibles. ( $T_1$  y  $T_2$ ).
- Para el caso de conectar  $T_1$  en paralelo con  $T_2$ , determinar la tensión de vacío secundaria que tendría el conjunto y la corriente de circulación.
- En las condiciones de (2), determinar la tensión en la carga y en que porcentaje de su corriente nominal queda cada transformador.
- Determinar el rendimiento del conjunto de los dos transformadores en paralelo.

#### Datos:

**Fuente:** Media tensión,  $U = 6,04kV$ , potencia infinita.

**Carga C:** Carga conectada en triángulo con impedancia de fase  $Z_f = (1,35 + j0,69)\Omega$ .

$T_1$ :  $200kVA, 6,1/0,4kV$ .

Ensayo de vacío:  $U = 6,1kV, P = 1,6kW$ .

Ensayo de cortocircuito:  $U = 488V, P = 2,4kW, I = 17,04A$ .

$T_2$ :  $200kVA, 6/0,38kV$ .

Ensayo de vacío:  $U = 6,0kV, P = 1,5kW$ .

Ensayo de cortocircuito:  $U = 360V, P = 3,0kW, I = 17,71A$ .

*Nota: Considerar que  $T_1$  y  $T_2$  tienen el mismo índice horario. En los casos que se pide calcular la corriente nominal, calcularla a nivel de tensión secundaria.*

### Problema 4

El objetivo del siguiente problema es estudiar la conexión en paralelo de transformadores trifásicos. Se pide:

- Dados dos transformadores trifásicos de idéntico índice horario, igual relación de transformación  $m = U_p/U_s$  e idéntica impedancia en p.u.  $u$ . Demostrar que si estos se acoplan en paralelo alimentando una carga dada, ambos se cargan al mismo porcentaje de su corriente nominal. Concluya que ambos llegan al mismo tiempo a su corriente nominal.
- Aplicación, dos transformadores trifásicos de idéntico índice horario se conectan en paralelo a un sistema trifásico ideal de  $6kV$  y a una carga variable, determinar cual de ellos llega primero a la potencia nominal en los siguientes casos (no se tendrá en cuenta  $Z_0$ ):

- $6/0, 23kV, 500kVA, U_z = 4\%$  con  $6/0, 23kV, 500kVA, Z_{cc}$  a nivel de  $6kV$  vale  $j2, 88\Omega$ .
- $6/0, 23kV, 500kVA, U_z = 4\%$  con  $6/0, 23kV, 300kVA, U_z = 4\%$ .

## Problema 5

Tres transformadores monofásicos idénticos se conectan entre sí para formar un banco trifásico. Son alimentados por una sistema trifásico equilibrado, directo de  $6kV, 50Hz$  a través de un cable de  $200m$  como se indica en la Figura 3. El primario del banco se conecta en triángulo mientras que el secundario se conecta en estrella con neutro aterrado.

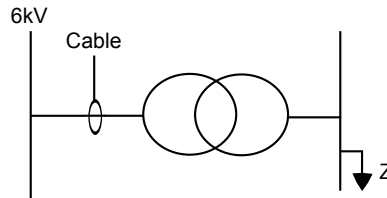


Figura 3: Esquema del Problema 5.

El banco trifásico alimenta a su vez a una carga trifásica equilibrada compuesta de impedancias de la cual se sabe que si se conecta bajo  $380V, 50Hz$  entre sus bornes toma una potencia aparente de  $100kVA$  bajo un  $\cos(\phi) = 0,9$  inductivo.

- Determinar el circuito equivalente monofásico versión estrella equivalente de la instalación.
- Determinar el rendimiento del conjunto cable transformador.
- Despreciando la impedancia del cable y la impedancia de vacío de los transformadores, determinar los valores(en módulo) de las corrientes de línea que circulan por el cable del lado primario del transformador si estando la carga desconectada se pone una fase a tierra del lado secundario del transformador.

### Datos:

**Transformador monofásico:**  $6/0, 22kV, S_n = 50kVA$ .

Ensayo de vacío:  $U = 230kV, P = 0kW, Q = 2200VAR, f = 60Hz$ .

Ensayo de cc.(secundario):  $U = 18V, P = 380W, Q = 2400VAR, f = 60Hz$ .

**Cable:** Resistencia por fase  $0,001m\Omega/m$ , reactancia por fase a  $50Hz$   $0,003\Omega/m$ .

*Nota: La curva de magnetización del hierro se supone lineal para toda condición. Se desprecia la variación de la resistencia óhmica con la frecuencia.*

## Problema 6

Para una industria de selladores y PVC es necesario alimentar cargas en  $110V$ , la instalación está compuesta normalmente por una sistema ideal trifásico de  $500V, 50Hz$  y dos transformadores  $T_1$  idénticos en paralelo, cuyos datos son:

- $T_1$ : Trifásico,  $5kVA, 500/110V, 50Hz, Yd7, Z_{cc} = 5\%$  inductiva pura,  $Z_o = \infty$ .

Falla uno de los transformadores ("se quema"), por lo que se presenta la necesidad de proceder a una ampliación de la capacidad de transformación en forma urgente. Ud. dispone en forma inmediata de un transformador trifásico  $T_2$  y tres transformadores monofásicos idénticos  $T_3, T_4$  y  $T_5$  cuyos datos son:

- $T_2$ : Trifásico,  $10kVA, 500/330V, 50Hz, Yy4, Z_{cc} = 5\%$  inductiva pura,  $Z_o = \infty$ .
- $T_3, T_4$  y  $T_5$ : Monofásicos,  $3kVA, 380/220V, 50Hz$ .
  - Ensayo de vacío:  $380V, 50Hz$ , corriente despreciable.
  - Ensayo de c.c.: Del lado primario,  $16V, 0W, 8A$ .

- Indique como conectaría el banco trifásico formado por  $T_3, T_4, T_5$  con el  $T_2$  a fin de lograr una relación de transformación cercana a  $500/110V$  y que además su índice permita la posibilidad de conectar la conexión de los transformadores anteriores en paralelo con el  $T_1$ . (Se debe indicar claramente como conecta estos nuevos transformadores entre sí, el índice horario y el grupo de conexión de cada transformador).
- Expresar el modelo monofásico estrella equivalente del sistema paralelo obtenido en la parte (1) expresando las impedancias en  $\Omega$  del lado de  $110V$ .
- Determinar que transformador es el limitante en la capacidad de transformación de la planta.
- Calcule la nueva capacidad de transformación.

*Nota: Las impedancias y capacidades nominales de los transformadores no son reales se han simplificado a fin de facilitar el cálculo.*

## Problema 7

La Figura 4 muestra tres transformadores monofásicos idénticos conectados como banco trifásico. El banco está alimentado por una fuente trifásica perfecta conectada en estrella con neutro conectado a tierra. La correspondencia de bornes en el transformador trifásico equivalente es:  $1P - 1S, 2P - 2S, 3P - 3S$ .

- Determinar los 3 voltajes en los bornes secundarios del transformador trifásicos, respecto a tierra:  $V_{1S}, V_{2S}, V_{3S}$
- Determinar el índice horario del transformador trifásico equivalente.
- Se conecta una resistencia  $R = 8\Omega$  entre el borne  $2S$  y tierra. Determinar el valor de la corriente  $I_R$  por dicha resistencia. Tomar el sentido de la corriente saliente por la resistencia hacia tierra.
- En las condiciones de (c) determinar las corrientes por la fuente:  $I_{V1}, I_{V2}, I_{V3}$ . Tomar el sentido de la corriente saliente por el positivo de la fuente.
- Determinar la corriente por el neutro de la fuente (indicado en la figura como  $I_{IN}$ )

### Notas:

Todos los voltajes y corrientes solicitados, se deben expresar en forma fasorial con notación polar (modulo - ángulo).

**Fuentes:** Los voltajes en voltios de las fases de la fuente son los siguientes:

$$V_1 = 230 \angle 0^\circ, V_2 = 230 \angle -120^\circ, V_3 = 230 \angle +120^\circ$$

**Transformadores:** Los tres transformadores monofásicos son idénticos. Considerarlos ideales.

**Relación de transformación:**  $\frac{N_A}{N_B} = 2,5$

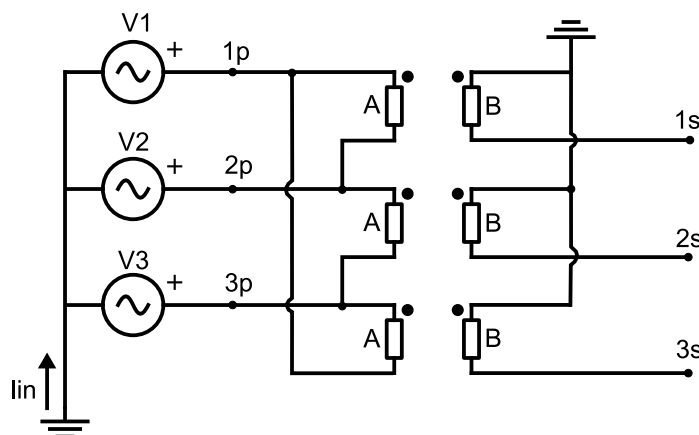


Figura 4: Ejercicio 7

## Problema 8

Una planta industrial es alimentada por una red de  $30kV$ ,  $50Hz$ , trifásica perfecta considerada ideal. La planta dispone de una estación de transformación, como indica el diagrama unifilar de la Figura 7 compuesta por dos transformadores en paralelo  $T_1$  y  $T_2$  que alimentan una carga  $Z_1$  y un transformador  $T_3$ . Este transformador alimenta a su vez a una carga  $Z_2$ .

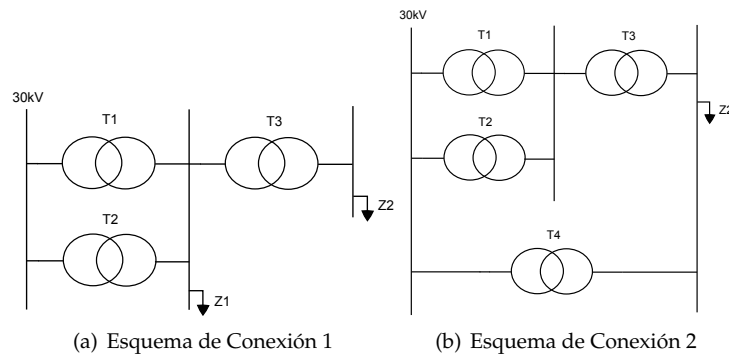


Figura 5: Esquema del Problema 8

### Datos:

- $T_1$ :  $1MVA$ ,  $30/6kV$ ,  $Z_{cc} = 8\%$ ,  $Yd5$ .
  - $T_2$ :  $2MVA$ ,  $30/6kV$ ,  $Z_{cc}$  vista del lado de alta  $36\Omega$  inductiva pura,  $Yd5$ .
  - $T_3$ :  $1MVA$ ,  $6/0,22kV$ ,  $Z_{cc} = 6\%$ ,  $Yd7$ .
  - $Z_1$ : Carga trifásica equilibrada. Bajo  $6,3kV$  consumió  $2,2MVA$  bajo  $\cos(\phi) = 0,8$  inductivo.
  - $Z_2$ : Carga trifásica equilibrada. Bajo  $230V$  consumió  $1MW$  bajo  $\cos(\phi) = 0,8$  inductivo.
- a) Determinar el modelo estrella equivalente de la instalación a nivel de  $220V$  de acuerdo a los datos disponibles. Se indicarán los valores de las impedancias en  $\Omega$ .
  - b) Determinar la impedancia de cortocircuito en p.u. de  $T_2$ . ¿Que particularidad presenta el reparto de cargas en paralelo?
  - c) Determinar si existen transformadores sobrecargados en corriente.(Despreciar  $Z_{cc}$  de  $T_3$ ).
  - d) Se requiere adquirir un cuarto transformador  $T_4$  para ser conectado como indica la Figura 8(b). Especificar la potencia nominal, las tensiones nominales, la impedancia de  $cc$  en p.u. e índice horario de  $T_4$ , de tal manera que estando  $Z_1$  desconectada, la carga en  $VA$  que pasa por  $T_4$  sea idéntica a la que pasa por  $T_3$  para cualquier valor de  $Z_2$  compatible con que no se sobrecargue ningún transformador.