

Trafo trifásico de distribución según UNE 20-138-90

Con potencia de 250 kVA grupo de conexiones Dyn11, relación de tensiones de línea 20kV/400V se tiene que en el ensayo de vacío circula el 2% de la corriente nominal y genera 650 W de pérdidas, y en el ensayo cortocircuito consume el 4% de la tensión nominal para que circule la corriente de carga, y se disipan 3250 W.

Obtener:

- Esquema de conexiones en terminales del trafo.
- Parámetros del circuito equivalente reducidos al primario
- Tensiones relativas
- Tensión secundaria, regulación y rendimiento para una carga de 1,5 ohmios y un f.d.p. 0,8 tanto inductivo como capacitivo.
- Rendimiento máximo y potencia aparente de máximo rendimiento para f.d.p. 0,8.
- Intensidad de corto de fallo.
- Se pretende acoplar en paralelo un trafo de 630 kVA del grupo de conexiones Dyn11, con relación de tensiones de línea 20kV/400V, donde en el ensayo de vacío circula el 1,6% de la corriente nominal y genera 1300 W de pérdidas, y en el ensayo de cortocircuito consume el 4% de la tensión nominal para que circule la corriente de carga, y se disipan 6500 W. Calcular índices de carga y potencias.

SOLUCION

TRAFO TRIFASICO Dy (Unidades en el SI)

$$\begin{aligned}
 S_n &= 250000 \text{ VA} & S_n &:= 250000 & S_{nF} &:= \frac{S_n}{3} & S_{nF} &= 8.333 \times 10^4 \\
 \text{Estrella: } U_{n1L} &= 20 \text{ kV} & U_{n1F} &:= 20000 & I_{n1F} &:= \frac{S_{nF}}{U_{n1F}} & I_{n1F} &= 4.167 \\
 \text{Triángulo: } U_{o2L} &= 400 \text{ V} & U_{o2F} &:= \frac{400}{\sqrt{3}} & r_{tF} &:= \frac{U_{n1F}}{U_{o2F}} & r_{tF} &= 86.603 & I_{n2F} &:= I_{n1F} \cdot r_{tF} \\
 & & & & & & I_{n2F} &= 360.844 \\
 \text{b) Parámetros del circuito equivalente reducidos al primario} \\
 \text{Ensayo Vacío (BT) -----} \\
 I_o\% &:= 0.02 & U_{o1F} &:= U_{n1F} \\
 P_o &:= 650 & I_{o1F} &:= I_o\% \cdot I_{n1F} & I_{o1F} &= 0.083 \\
 & & P_{oF} &:= \frac{P_o}{3} \\
 \text{Ango} &:= \arccos\left(\frac{P_{oF}}{U_{o1F} \cdot I_{o1F}}\right) & \text{Ango} \cdot \frac{180}{\pi} &= 82.53 & R_{fe} &:= \frac{U_{o1F}}{I_{o1F} \cdot \cos(\text{Ango})} & R_{fe} &= 1.846 \times 10^6 \\
 I_{fe} &:= I_{o1F} \cdot \cos(\text{Ango}) & I_{fe} &= 0.011 \\
 I_m &:= I_{o1F} \cdot \sin(\text{Ango}) & I_m &= 0.083 & X_m &:= \frac{U_{o1F}}{I_{o1F} \cdot \sin(\text{Ango})} & X_m &= 2.421 \times 10^5 \\
 \text{Ensayo cortocircuito (AT) -----} \\
 E_{cc} &:= 0.04 & U_{cc1F} &:= E_{cc} \cdot U_{n1F} & U_{cc1F} &= 800 \\
 I_{cc1F} &:= I_{n1F} & I_{cc1F} &= 4.167 \\
 P_{cc} &:= 3250 & P_{ccF} &:= \frac{P_{cc}}{3} & P_{ccF} &= 1.083 \times 10^3 \\
 \text{Angcc} &:= \arccos\left(\frac{P_{ccF}}{U_{cc1F} \cdot I_{cc1F}}\right) & U_{ccr} &:= U_{cc1F} \cdot \cos(\text{Angcc}) & U_{ccx} &:= U_{cc1F} \cdot \sin(\text{Angcc}) \\
 \text{Angcc} \cdot \frac{180}{\pi} &= 71.034 & \text{Angcc} &= 1.24 & U_{ccr} &= 260 & U_{ccx} &= 756.571 \\
 R_{cc} &:= \frac{U_{ccr}}{I_{cc1F}} & R_{cc} &= 62.4 & X_{cc} &:= \frac{U_{ccx}}{I_{cc1F}} & X_{cc} &= 181.577 & Z_{cc} &:= R_{cc} + (X_{cc}) \cdot i
 \end{aligned}$$

c) Tensiones relativas

$$E_{ccr} := \frac{U_{ccr}}{U_{n1F}} \quad E_{ccr} = 0.013 \quad E_{ccx} := \frac{U_{ccx}}{U_{n1F}} \quad E_{ccx} = 0.038 \quad E_{cc} := \sqrt{E_{ccr}^2 + E_{ccx}^2}$$

$$E_{cc} = 0.04$$

c) Tensión secundaria, regulación y rendimiento para una carga de 1,5 ohmios y un f.d.p. 0,8 tanto inductivo como capacitivo.

$$fdp_carga := 0.8 \quad Ang_carga := \arccos(fdp_carga) \quad \frac{180}{\pi} Ang_carga = 36.87$$

Inductivo -----

$$Z_{2c} := 1.5 \cdot e^{(Ang_carga) \cdot i}$$

$$Z_{2c_reducida} := Z_{2c} \cdot rtF^2 \quad Z_{2c_reducida} = 9 \times 10^3 + 6.75i \times 10^3 \quad |Z_{2c_reducida}| = 1.125 \times 10^4$$

$$I_{2reducida_cargaF} := \frac{U_{n1F}}{Z_{cc} + Z_{2c_reducida}} \quad I_{2reducida_cargaF} = 1.392 - 1.065i$$

$$C := \frac{|I_{2reducida_cargaF}|}{I_{n1F}} \quad C = 0.421 \quad |I_{2reducida_cargaF}| = 1.753$$

$$U_{2reducidaF} := U_{n1F} - C \cdot (U_{ccr} \cdot fdp_carga + U_{ccx} \cdot \sin(\arccos(fdp_carga)))$$

$$U_{2reducidaF} = 1.972 \times 10^4 \quad U_{2F} := \frac{U_{2reducidaF}}{rtF} \quad U_{2F} = 227.724 \quad U_{2L} := \sqrt{3} \cdot U_{2F}$$

$$U_{2L} = 394.43$$

$$E_c := \frac{U_{n1F} - U_{2reducidaF}}{U_{n1F}} \quad E_c = 0.014$$

$$\text{O también: } E_c := C \cdot (E_{ccr} \cdot fdp_carga + E_{ccx} \cdot \sin(Ang_carga)) \quad E_c = 0.014$$

$$Rend := \frac{|I_{2reducida_cargaF}| \cdot U_{2reducidaF} \cdot fdp_carga}{|I_{2reducida_cargaF}| \cdot U_{2reducidaF} \cdot fdp_carga + C^2 \cdot \frac{P_{cc}}{3} + \frac{P_o}{3}} \quad Rend = 0.985$$

Capacitivo -----

$$Z_{2c} := 1.5 \cdot e^{-(Ang_carga) \cdot i}$$

$$Z_{2c_reducida} := Z_{2c} \cdot rtF^2 \quad Z_{2c_reducida} = 9 \times 10^3 - 6.75i \times 10^3 \quad |Z_{2c_reducida}| = 1.125 \times 10^4$$

$$I_{2reducida_cargaF} := \frac{U_{n1F}}{Z_{cc} + Z_{2c_reducida}} \quad I_{2reducida_cargaF} = 1.447 + 1.049i$$

$$C := \frac{|I_{2reducida_cargaF}|}{I_{n1F}} \quad C = 0.429 \quad |I_{2reducida_cargaF}| = 1.787$$

$$U_{2reducidaF} := U_{n1F} - C \cdot (U_{ccr} \cdot fdp_carga - U_{ccx} \cdot \sin(\arccos(fdp_carga)))$$

$$U_{2reducidaF} = 2.011 \times 10^4 \quad U_{2F} := \frac{U_{2reducidaF}}{rtF} \quad U_{2F} = 232.158 \quad U_{2L} := \sqrt{3} \cdot U_{2F}$$

$$U_{2L} = 402.109$$

$$E_c := \frac{U_{n1F} - U_{2reducidaF}}{U_{n1F}} \quad E_c = -5.274 \times 10^{-3}$$

$$\text{O también: } E_c := C \cdot (E_{ccr} \cdot fdp_carga - E_{ccx} \cdot \sin(Ang_carga)) \quad E_c = -5.274 \times 10^{-3}$$

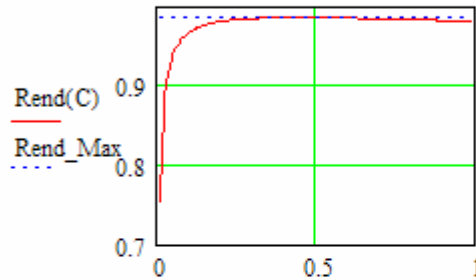
$$Rend := \frac{|I_{2reducida_cargaF}| \cdot |U_{2reducidaF}| \cdot fdp_carga}{|I_{2reducida_cargaF}| \cdot U_{2reducidaF} \cdot fdp_carga + C^2 \cdot \frac{P_{cc}}{3} + \frac{P_o}{3}} \quad Rend = 0.986$$

d) Rendimiento max y potencia de max rendimiento para f.d.p. 0,8

$$\begin{aligned}
 fdp2 &:= 0.8 \\
 Ang_fdp2 &:= \arccos(fdp2) \\
 Cop &:= \sqrt{\frac{Po}{Pcc}} \quad Cop = 0.447 \\
 SrendMax &:= Cop \cdot Sn \\
 SrendMax &= 1.118 \times 10^5 \\
 Rend_Max &:= \frac{SrendMax \cdot fdp2}{Cop \cdot Sn \cdot fdp2 + Cop^2 \cdot Pcc + Po} \\
 Rend_Max &= 0.986
 \end{aligned}$$

----- Grafica del rendimiento para f.d.p. 0,8

$$\text{Rend}(C) := \frac{C \cdot Sn \cdot 0.8}{C \cdot Sn \cdot 0.8 + C^2 \cdot Pcc + Po} \quad C := 0.01, 0.015 \dots 1$$



e) Intensidad de c.c. de fallo

$$\begin{aligned}
 Icc1FALLOF &:= \left(\frac{1}{Ecc}\right) \cdot In1F \\
 Icc1FALLOF &= 104.167
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Icc2FALLOF &:= \left(\frac{1}{Ecc}\right) \cdot In2F \\
 Icc2FALLOF &= 9.021 \times 10^3 \\
 Icc2FALLOF &:= rtF \cdot Icc1FALLOF \quad C \\
 \frac{1}{Ecc} &= 25
 \end{aligned}$$

g) Se pretende acoplar en paralelo un trafo de 630 kVA del grupo de conexiones Dyn11, con relación de tensiones de línea 20kV/400V, donde en el ensayo de vacío circula el 1,6% de la corriente nominal y genera 1300 W de pérdidas, y en el ensayo de cortocircuito consume el 4% de la tensión nominal para que circule la corriente de carga, y se disipan 6500 W. Calcular índices de carga y potencias.

$$\begin{aligned}
 SnII &= 630000 \text{ VA} \quad SnII := 630000 \\
 SnIIF &:= \frac{SnII}{3} \quad SnIIF = 2.1 \times 10^5 \\
 \text{Triángulo: } Un_{1L} &= 20 \text{ kV} \quad Un1IIF := 20000 \\
 In1IIF &:= \frac{SnIIF}{Un1IIF} \quad In1IIF = 10.5 \\
 \text{Estrel: } Uo_{2L} &= 400 \text{ V} \quad Uo2IIF := \frac{400}{\sqrt{3}} \\
 rtIIF &:= \frac{Un1IIF}{Uo2IIF} \quad rtIIF = 86.603 \\
 In2IIF &:= In1IIF \cdot rtF \quad In2IIF = 909.327 \\
 rtF &= 86.603
 \end{aligned}$$

b) Parámetros del circuito equivalente reducidos al primario

Ensayo Vacío (BT) -----

$$\begin{aligned}
 IoII\% &:= 0.016 \quad Uo1IIF := Un1F \quad Io1IIF := IoII\% \cdot In1IIF \quad Io1IIF = 0.168 \\
 PoII &:= 1300 \quad PoIIF := \frac{PoII}{3} \\
 AngoII &:= \arccos\left(\frac{PoIIF}{Uo1IIF \cdot Io1IIF}\right) \quad AngoII \cdot \frac{180}{\pi} = 82.59 \\
 RfeII &:= \frac{Uo1IIF}{Io1IIF \cdot \cos(AngoII)} \\
 RfeII &= 9.231 \times 10^5 \\
 IfeII &:= Io1IIF \cdot \cos(AngoII) \quad IfeII = 0.022 \\
 ImII &:= Io1IIF \cdot \sin(AngoII) \quad ImII = 0.167 \\
 XmII &:= \frac{Uo1IIF}{Io1IIF \cdot \sin(AngoII)} \quad XmII = 1.201 \times 10^5
 \end{aligned}$$

Ensayo cortocircuito (AT) -----

$$E_{ccII} := 0.04 \quad U_{cc1IIF} := E_{ccII} \cdot U_{n1IIF} \quad U_{cc1IIF} = 800 \quad I_{cc1IIF} := I_{n1IIF} \quad I_{cc1IIF} = 10.5$$

$$P_{ccII} := 6500 \quad P_{ccIIF} := \frac{P_{ccII}}{3} \quad P_{ccIIF} = 2.167 \times 10^3 \quad \text{Ang}_{ccII} := \arccos\left(\frac{P_{ccIIF}}{U_{cc1IIF} \cdot I_{cc1IIF}}\right)$$

$$U_{ccrII} := U_{cc1IIF} \cdot \cos(\text{Ang}_{ccII}) \quad U_{ccxII} := U_{cc1IIF} \cdot \sin(\text{Ang}_{ccII}) \quad \text{Ang}_{ccII} \cdot \frac{180}{\pi} = 75.052$$

$$U_{ccrII} = 206.349 \quad U_{ccxII} = 772.929$$

$$R_{ccII} := \frac{U_{ccrII}}{I_{cc1IIF}} \quad R_{ccII} = 19.652 \quad X_{ccII} := \frac{U_{ccxII}}{I_{cc1IIF}} \quad X_{ccII} = 73.612$$

$$Z_{ccII} := R_{ccII} + (X_{ccII}) \cdot i$$

$$Z_{ccI} := Z_{cc} \quad Z_{ccI} = 62.4 + 181.577i$$

$$Z_{ccII} = 19.652 + 73.612i$$

$$\text{fdp2carga} := 0.6 \quad \text{Ang2carga} := \arccos(\text{fdp2carga})$$

$$P2carga := 500000 \quad P2cargaF := \frac{P2carga}{3} \quad P2cargaF = 1.667 \times 10^5$$

$$U_{o2reducidaF} := U_{o2F} \cdot rF$$

$$I_{2reducida_cargaF} := \left(\frac{P2cargaF}{U_{o2reducidaF} \cdot \text{fdp2carga}} \right) \cdot e^{-\text{Ang2carga} \cdot i} \quad |I_{2reducida_cargaF}| = 13.889$$

$$I_{2reducida_cargaF} = 8.333 - 11.111i \quad \frac{180}{\pi} \cdot \arg(I_{2reducida_cargaF}) = -53.13$$

$$I_{2reducida_cargaIF} := I_{2reducida_cargaF} \cdot \left(\frac{Z_{ccII}}{Z_{ccI} + Z_{ccII}} \right) \quad I_{2reducida_cargaIF} = 2.524 - 3.035i$$

$$|I_{2reducida_cargaIF}| = 3.948$$

$$I_{2reducida_cargaIIF} := I_{2reducida_cargaF} \cdot \left(\frac{Z_{ccI}}{Z_{ccI} + Z_{ccII}} \right) \quad I_{2reducida_cargaIIF} = 5.809 - 8.076i$$

$$|I_{2reducida_cargaIIF}| = 9.948$$

--- Potencias

$$SI := 3U_{o2reducidaF} \cdot I_{2reducida_cargaIF} \quad SI = 1.514 \times 10^5 - 1.821i \times 10^5 \quad |SI| = 2.369 \times 10^5$$

$$SII := 3U_{o2reducidaF} \cdot I_{2reducida_cargaIIF} \quad SII = 3.486 \times 10^5 - 4.845i \times 10^5 \quad |SII| = 5.969 \times 10^5$$

Las potencias que suministran los trafos cubre la potencia que demanda la carga:

$$PI2carga := \text{Re}(SI)$$

$$PII2carga := \text{Re}(SII) \quad PI2carga + PII2carga = 5 \times 10^5$$

--- Indice de carga

$$CI := \frac{|SI|}{|S_n|} \quad CI = 0.947 \quad CII := \frac{|SII|}{|S_{nII}|} \quad CII = 0.947$$

O también:

$$CI := \frac{|I_{2reducida_cargaIF}|}{|I_{n1F}|} \quad CI = 0.947 \quad CII := \frac{|I_{2reducida_cargaIIF}|}{|I_{n1IIF}|} \quad CII = 0.947$$