



Un transformador Dy11 de 500 kVA, 3000/500 V ha dado en los ensayos los siguientes resultados:

TIPO DE ENSAYO	LADO DE ALIMENTACION	TENSION APLICADA (v)	INTENSIDAD CONSUMIDA (A)	POTENCIA (w)
VACIO	SECUNDARIO		20,2	5.800
CORTOCIRCUITO	PRIMARIO	146 V	67	4.980

La medida de resistencia del devanado primario se realizó aplicando entre dos de las fases del devanado primario una fuente de corriente continua de 15,9 V, con el devanado conectado en triángulo, la intensidad de la corriente absorbida fue de 50 A en este ensayo.

Se pide:

- 1) Resultado del ensayo de vacío si se realizara desde el primario
- 2) Circuito equivalente fase-neutro referido al primario
- 3) Resistencia de una fase del devanado secundario
- 4) Tensión de cortocircuito porcentual

### SOLUCIÓN

- 1) Resultado del ensayo de vacío si se realizara desde el primario

El ensayo de vacío se debe hacer a tensión nominal, de modo que si se hiciera por el primario se deberían aplicar 3000 V de tensión de línea. El voltímetro marcará 3000 V.

Al aplicar la tensión nominal por el primario, el flujo que se crea en el núcleo es el mismo que si se aplica tensión nominal al secundario.

De esta forma los amperios-vuelta que se precisan para crear el flujo son los mismos. Eso significa que el cociente de tensiones arrollamiento a arrollamiento debe ser idéntico al cociente de corrientes por los arrollamientos

$$\frac{U_{1NL}}{U_{2NFN}} = \frac{N_1}{N_2}$$

Con

$$U_{2NL} = \sqrt{3}U_{2NFN}$$

$$N_1 I_{01F} = N_2 I_{02L}$$

Con

$$I_{01L} = \sqrt{3}I_{01F}$$

De las ecuaciones anteriores se llega a

$$I_{01L} = I_{02L} \frac{U_{2NL}}{U_{1NL}} = 20,2 \frac{500}{3000} = 3,37 \text{ A}$$

El amperímetro marcará 3,37 A.

Al ser el flujo idéntico las pérdidas en el hierro también lo son. El vatímetro marcará 5800 W.

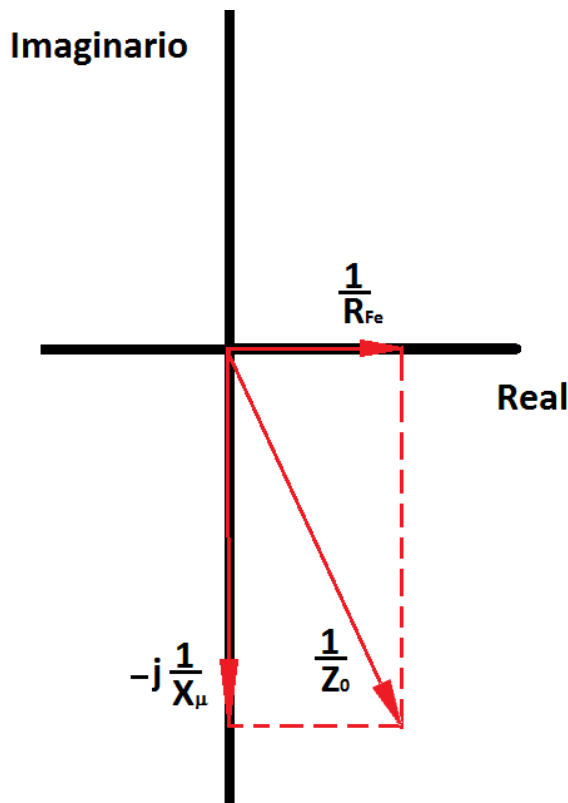
2) Circuito equivalente fase-neutro referido al primario

Obtendremos la rama derivación del circuito equivalente de tres formas diferentes

PRIMERA FORMA: A PARTIR DE LAS ADMITANCIAS

En un circuito paralelo la admitancia del circuito es la suma de las admitancias de cada una de las ramas en paralelo

$$\bar{Y}_0 = \frac{1}{R_{Fe}} + \frac{1}{jX_\mu} = \frac{1}{R_{Fe}} - j \frac{1}{X_\mu}$$



$$Y_0 = \frac{I_0}{U_{2N}} = \frac{20,2}{\frac{500}{\sqrt{3}}} = 0,07 \Omega^{-1}$$

$$\cos \varphi_0 = \frac{P_{Fe}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot I} = \frac{5800}{\sqrt{3} \cdot 500 \cdot 20,2} = 0,332$$

$$\frac{1}{R_{Fe}} = Y_0 \cos \varphi_0 = 0,07 \cdot 0,332 = 0,023 \Omega^{-1}$$

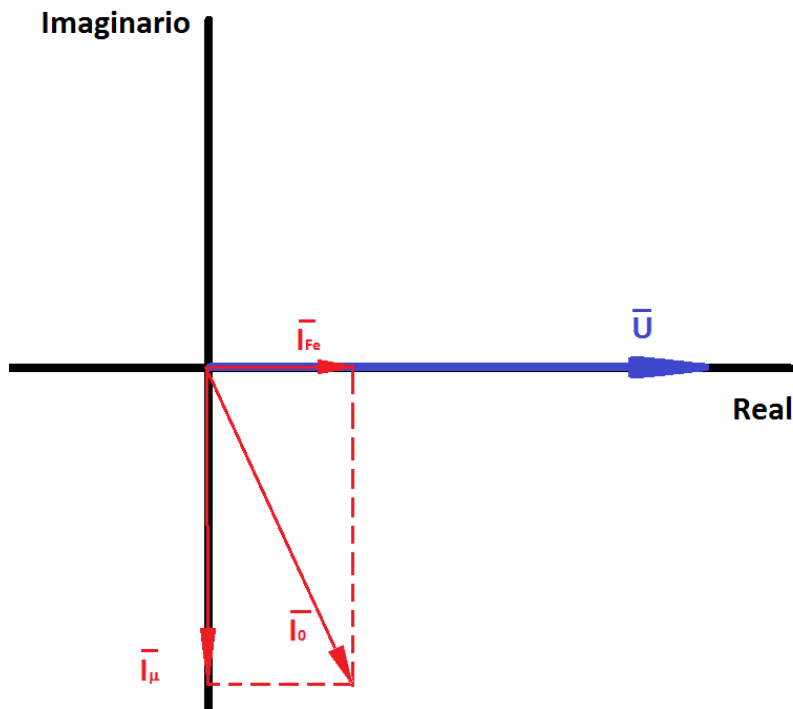
$$R_{Fe} = \frac{1}{0,023} = 43,1 \Omega$$

$$X_{\mu} = \frac{1}{Y_0 \sin \varphi_0} = 15,15 \Omega$$

### SEGUNDA FORMA: A PARTIR DE LAS CORRIENTES

En un circuito paralelo la corriente es la suma de las corrientes

$$\bar{I}_0 = I_{Fe} - jI_{\mu}$$

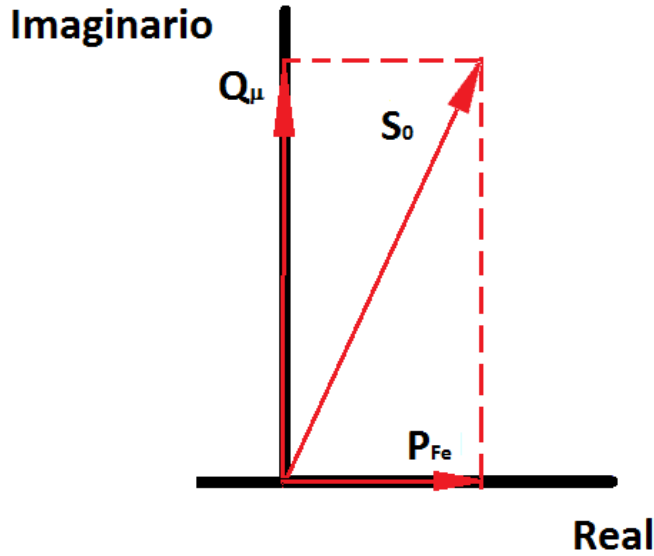


$$I_{Fe} = I_0 \cdot \cos \varphi_0 = 20,2 \cdot 0,332 = 6,7 \text{ A}$$

$$I_{\mu} = I_0 \cdot \sin \varphi_0 = 19,06 \text{ A}$$

$$R_{Fe} = \frac{U_{2N}}{I_{Fe}} = \frac{500}{6,7} = 43,1 \Omega$$

$$X_{\mu} = \frac{U_{2N}}{I_{\mu}} = \frac{500}{19,06} = 15,15 \Omega$$

TERCERA FORMA: A PARTIR DE LAS POTENCIAS


$$P_{Fe} = 3 \frac{U_{2NFN}^2}{R_{Fe}} = 3 \frac{\left(\frac{500}{\sqrt{3}}\right)^2}{R_{Fe}} = 5800 \text{ W}$$

$$R_{Fe} = \frac{U_{2NI}^2}{P_{Fe}} = \frac{500^2}{5800} = 43,1 \Omega$$

$$Q_{\mu} = P_{Fe} \cdot \operatorname{tg} \varphi_0 = 5800 \cdot 2,845 = 16\,504 \text{ VAR}$$

$$X_{\mu} = \frac{U_{2NI}^2}{Q_{\mu}} = \frac{500^2}{16504} = 15,15 \Omega$$

Una vez obtenidos los parámetros de la rama derivación se han de pasar al primario, ya que el ensayo ha sido realizado desde el secundario

$$R_{Fe1} = R_{Fe2} \left(\frac{3000}{500}\right)^2 = 1552 \Omega$$

$$X_{\mu1} = X_{\mu2} \left(\frac{3000}{500}\right)^2 = 545 \Omega$$

Obtendremos la rama serie del circuito equivalente de tres formas diferentes

PRIMERA FORMA: A PARTIR DE LAS IMPEDANCIAS

$$\cos \varphi_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot I} = \frac{4980}{\sqrt{3} \cdot 146 \cdot 67} = 0,294$$

$$Z_{cc} = \frac{U_2}{I_0} = \frac{\frac{146}{\sqrt{3}}}{67} = 1,258 \Omega$$



$$R_{cc} = Z_{cc} \cdot \cos \varphi_{cc} = 1,258 \cdot 0,294 = 0,37 \Omega$$

$$X_{cc} = Z_{cc} \cdot \sin \varphi_{cc} = 1,202 \Omega$$

#### SEGUNDA FORMA: A PARTIR DE LAS TENSIONES

$$U_{Rcc} = U_{cc} \cdot \cos \varphi_{cc} = \frac{146}{\sqrt{3}} \cdot 0,294 = 24,78 V$$

$$U_{Xcc} = U_{cc} \cdot \sin \varphi_{cc} = \frac{146}{\sqrt{3}} \cdot 0,955 = 80,57 V$$

$$R_{cc} = \frac{U_{Rcc}}{I} = \frac{24,78}{67} = 0,37 \Omega$$

$$X_{cc} = \frac{U_{Xcc}}{I} = \frac{80,57}{67} = 1,2025 \Omega$$

#### TERCERA FORMA: A PARTIR DE LAS POTENCIAS

$$R_{cc} = \frac{P_{CC}}{3I^2} = \frac{4980}{3 \cdot 67^2} = 0,37 \Omega$$

$$Q_{cc} = P_{cc} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{cc} = 4980 \cdot 3,25 = 16190 \text{ VAR}$$

$$X_{cc} = \frac{Q_{cc}}{3I^2} = \frac{16190}{3 \cdot 67^2} = 1,202 \Omega$$

3) Resistencia de una fase del devanado secundario

$$R_{1eq} = \frac{2R_1 \cdot R_1}{2R_1 + R_1} = \frac{2}{3} R_{1\Delta} = \frac{15,9}{50} = 0,318 \Omega$$

$$R_{1\Delta} = \frac{3}{2} R_{1eq} = \frac{3}{2} \cdot 0,318 = 0,477 \Omega$$

$$R_{1Y} = \frac{1}{3} R_{1\Delta} = \frac{1}{3} \cdot 0,477 = 0,159 \Omega$$

$$R_{cc} = R_{1Y} + R_{2Y} r_t^2$$

$$R_{2Y} = \frac{R_{cc} - R_{1Y}}{r_t^2} = \frac{0,37 - 0,159}{\left(\frac{3000}{500}\right)^2} = 5,87 \text{ m}\Omega$$

4) Tensión de cortocircuito porcentual

$$\varepsilon_{cc} = \frac{Z_{cc} \cdot I_{1NL}}{U_{1NFN}} 100 = \frac{Z_{cc} \cdot S_N}{U_{1NL}^2} 100 = \frac{1,258 \cdot 500000}{3000^2} = 7 \%$$