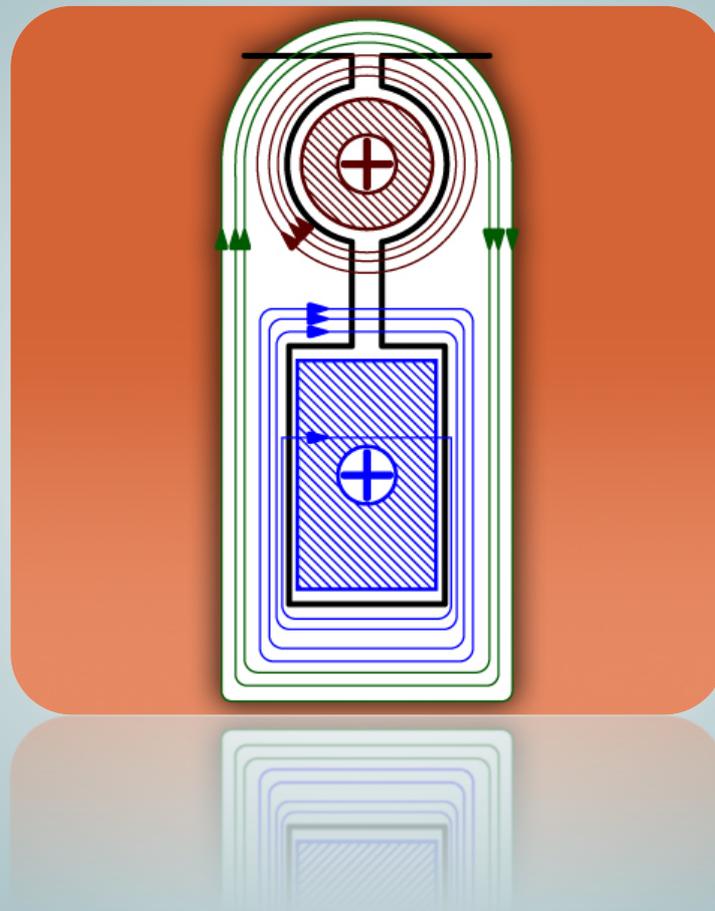


Máquinas Eléctricas II

Tema 1. Transformadores. Problemas propuestos



Miguel Ángel Rodríguez Pozueta

Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética

Este tema se publica bajo Licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

© 2018, Miguel Angel Rodríguez Pozueta

Universidad de Cantabria (España)

Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética

This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.



Está permitida la reproducción total o parcial de este documento bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Unported que incluye, entre otras, la condición inexcusable de citar su autoría (Miguel Angel Rodríguez Pozueta - Universidad de Cantabria) y su carácter gratuito.

Puede encontrar más documentación gratuita en la página web del autor: <http://personales.unican.es/rodrigma/primer/publicaciones.htm>

PROBLEMAS PROPUESTOS DE TRANSFORMADORES

MÁQUINAS ELÉCTRICAS II

- 1) Un transformador monofásico de 5000 kVA, 12000/30000 V, 50 Hz ha dado los siguientes resultados en unos ensayos:

Vacío: 30000 V; 12 A; 15000 W (Medido en el lado de Alta Tensión (A.T.))

Cortocircuito: 500 V; 400 A; 20000 W (Medido en el lado de Baja Tensión (B.T.))

- a) Calcular los parámetros del circuito equivalente.
 - b) Calcular la tensión relativa de cortocircuito ϵ_{cc} .
 - c) Intensidad que circula por el primario en régimen permanente cuando hay un cortocircuito en el secundario y la intensidad de choque en el caso más desfavorable.
 - d) Tensión que existe en el secundario cuando el primario está conectado a la tensión asignada y el transformador alimenta una carga de 4000 kVA con factor de potencia 0,75 capacitivo.
 - e) Rendimiento cuando alimenta a una carga de 3500 kW con factor de potencia 0,8 inductivo.
 - f) Potencia aparente de máximo rendimiento y rendimiento máximo con factor de potencia unidad.
- 2) Un transformador trifásico estrella-triángulo de 12000/220 V, 300 kVA y 50 Hz ha dado los siguientes resultados en un ensayo de cortocircuito donde las medidas se han realizado en el lado de Alta Tensión:

624 V; 12 A; 7500 W

Cuando el transformador está en vacío conectado a la tensión y frecuencia asignadas consume 5400 W.

Calcular:

- a) Parámetros de la rama en serie del circuito equivalente del transformador y la tensión relativa de cortocircuito ϵ_{cc} .
- b) Intensidad que circula en régimen permanente por el primario cuando hay un cortocircuito trifásico simétrico en el secundario e intensidad de choque en el caso más desfavorable.
- c) Tensión en el secundario cuando el transformador tiene su primario conectado a la tensión asignada y alimenta una carga de 200 kW con factor de potencia 0,8 capacitivo.
- d) Rendimiento del transformador cuando alimenta una carga de 225 kVA con factor de potencia 0,9 inductivo.
- e) Potencia aparente de máximo rendimiento y rendimiento máximo con factor de potencia 0,95.

- 3) Un transformador trifásico Dy5 12000/500 V, 500 kVA y 50 Hz ha dado los siguientes resultados en unos ensayos:

Vacío (Medido en el lado de B.T.): 500 V; 30 A; 9000 W

Cortocircuito (Medido en el lado de A.T.): 800 V; 20 A; 12000 W

Calcular:

- a) Parámetros del circuito equivalente.
- b) Tensiones relativas de cortocircuito: ϵ_{Acc} , ϵ_{ARcc} y ϵ_{AXcc} .

Este transformador A se acopla en paralelo con otro B de 12000/500V, 200 kVA, 50 Hz con la conexión de Yd5 y que ha dado estos resultados en un ensayo de cortocircuito a la intensidad asignada y medidos en el primario:

864 V, 5000 W

Calcular:

- c) Tensiones relativas de cortocircuito del nuevo transformador.
 - d) Máxima potencia aparente que pueden proporcionar ambos transformadores en paralelo sin sobrecargar ninguno.
 - e) Tensiones relativas de cortocircuito del conjunto de ambos transformadores en paralelo.
 - f) Reparto de potencias aparentes entre ambos cuando alimentan una carga de 400 kW y factor de potencia 0,8 inductivo.
 - g) Corrientes permanentes de cortocircuito del primario y del secundario cuando ambos están en paralelo y el cortocircuito es trifásico y simétrico.
 - h) Tensión con que hay que alimentar el primario para obtener la tensión asignada en el secundario cuando los dos transformadores están alimentando en paralelo la carga del apartado f).
 - i) Potencia aparente de máximo rendimiento y rendimiento máximo con factor de potencia 0,9 para el conjunto de los dos transformadores en paralelo. Las pérdidas en el hierro del transformador B valen 6000 W.
- 4) Un transformador trifásico Dy5 de 8000 kVA y 66000/15000 V ha dado los siguientes resultados en unos ensayos:

Cortocircuito (medidas en el lado de B.T.): 264 A; 841 V; 75000 W

Vacío (medidas en el lado de A.T.): 7 A; 66000 V; 60000 W

Calcular:

- a) Parámetros del circuito equivalente.
- b) Intensidad de línea que circula en régimen permanente por el primario cuando se produce un cortocircuito en el secundario.
- c) Potencia aparente de máximo rendimiento y rendimiento máximo para un factor de potencia 0,8 capacitivo.
- d) Tensión que hay que aplicar en el primario para conseguir alimentar a 15000 V una carga de 5000 kW con factor de potencia 0,8 capacitivo.
- e) Este transformador se acopla en paralelo con otro de 8000 kVA, 66000/15000 V y $\epsilon_{cc} = 9\%$. ¿Cuál es la máxima potencia aparente que el conjunto de los dos transformadores puede suministrar sin sobrecargar ninguno de ellos?

- 5) Se tiene un transformador trifásico Yd5 de 15000/400 V y 500 kVA que ha dado los siguientes resultados en un ensayo de cortocircuito en el que las medidas se han efectuado en el lado de Baja Tensión (B.T.)

$$650 \text{ A}; \quad 15 \text{ V}; \quad 12000 \text{ W}$$

Las pérdidas en el hierro a tensión asignada de esta máquina son 6 kW.

Este transformador está conectado en paralelo con otro de 300 kVA, tensión relativa de cortocircuito de 3%, ángulo φ_{cc} de 45° y pérdidas en el hierro de 4500 W.

Ambos transformadores alimentan una carga de 480 kW y factor de potencia 0,8 inductivo.

Calcular:

- Parámetros R_{cc} , X_{cc} y Z_{cc} del primer transformador.
 - Parámetros ϵ_{Rcc} , ϵ_{cc} y ϵ_{cc} de ambos transformadores.
 - Máxima potencia aparente que ambos transformadores en paralelo pueden proporcionar sin sobrecargar ninguno de ellos.
 - Parámetros ϵ_{Rcc} , ϵ_{Xcc} y ϵ_{cc} del transformador equivalente a los dos en paralelo.
 - Reparto de la carga de 480 kW entre los dos transformadores.
 - Intensidad de cortocircuito en régimen permanente que circula por la línea del primario cuando se produce un cortocircuito trifásico en bornes del secundario del conjunto de los dos transformadores en paralelo.
 - Potencia aparente de máximo rendimiento y rendimiento máximo para factor de potencia 0,9 del conjunto de los dos transformadores en paralelo.
- 6) Los ensayos de un transformador monofásico de 10 kVA, 230/2300 V han dado los siguientes resultados:

$$\text{Vacío: } 230 \text{ V}; \quad 0,45 \text{ A}; \quad 70 \text{ W}$$

$$\text{Cortocircuito (Medido en el lado de A.T.): } 120 \text{ V}; \quad 4,5 \text{ A}; \quad 240 \text{ W}$$

- Calcular los parámetros del circuito equivalente.
- Calcular las tensiones relativas ϵ_{Rcc} , ϵ_{Xcc} y ϵ_{cc} .
- Obtener las intensidades permanentes de cortocircuito en el primario y en el secundario y la intensidad de choque.
- Este transformador se acopla en paralelo con otro de 12 kVA, $\epsilon_{cc}= 4\%$ e igual ángulo de cortocircuito ($\varphi_{Acc} = \varphi_{Bcc}$). ¿Cómo se reparte entre ellos una carga de 16 kW y factor de potencia 0,8 inductivo?
- Determinar la tensión en el secundario cuando el conjunto de los dos transformadores en paralelo alimentan la carga del apartado anterior, teniendo ambos la tensión asignada en el primario.
- Rendimiento del transformador de 10 kVA en la situación del apartado e).
- Potencia aparente de máximo rendimiento y rendimiento máximo del transformador de 10 kVA cuando funciona sólo y con factor de potencia 0,9.

- 7) Se tiene un transformador trifásico Yd5 de 2 MVA, 30000/400 V, tensión relativa de cortocircuito ϵ_{cc} igual a 5,75 %, pérdidas en el cobre asignadas de 22200 W y pérdidas en el hierro de 6000 W. Calcular:
- Los siguientes parámetros: Z_{cc} , R_{cc} , X_{cc} , ϵ_{Rcc} y ϵ_{Xcc} .
 - Corriente permanente de cortocircuito trifásico y corriente de choque, ambas en el primario.
 - Tensión en el secundario cuando el transformador funciona a marcha industrial alimentando una carga de 1,44 MW con factor de potencia 0,8 inductivo.
 - Rendimiento en el caso anterior.
 - Índice de carga óptimo y rendimiento máximo para factor de potencia unidad.
 - La instalación que este transformador alimenta va a sufrir una ampliación de tal forma que en el caso más desfavorable va a necesitar 2,9 MVA. Por lo tanto, este transformador es insuficiente para atender este consumo y se piensa en instalar en paralelo con él otro de estas características: conexión Dy5, 30000/400 V, 1 MVA, $\epsilon_{cc} = 5\%$ ¿Podrán atender estos dos transformadores en paralelo la demanda de potencia de la instalación ampliada?

- 8) Un transformador trifásico Yd5 de 1000 kVA, 20000/400 V, 50 Hz, ha dado los siguientes resultados en unos ensayos

VACÍO:	400 V;	12 A;	2352 W	(Medidos en el lado de B.T.)
CORTOCIRCUITO:	1040 V;	25 A;	10284 W	(Medidos en el lado de A.T.)

- Calcular las tensiones y las corrientes asignadas, así como las pérdidas en el hierro y en el cobre asignadas.
- Calcular los parámetros del circuito equivalente del transformador reducido al primario.
- Calcular las caídas relativas de tensión ϵ_{Rcc} , ϵ_{Xcc} y ϵ_{cc} .
- Si se produce un cortocircuito en el secundario del transformador ¿cuáles serán los valores de las corrientes primaria y secundaria de fase y de línea en régimen permanente? ¿Y la corriente de choque?
- Si se aplican 20000 V al primario y se conecta una carga en el secundario que absorbe 700 kW con un factor de potencia 0,8 capacitivo ¿cuál será la tensión de línea en el secundario?
- Calcular la potencia aparente de máximo rendimiento del transformador y el rendimiento máximo para un factor de potencia unidad.
- Se acopla en paralelo este transformador con otro Yd5 de 800 kVA, con una tensión de cortocircuito de 1400 V y con la misma relación de transformación 20000/400 V. ¿Cuál será la máxima potencia aparente que puede proporcionar el conjunto de estos dos transformadores en paralelo sin sobrecargar ninguno de ellos?
- ¿Cuáles son las potencias aparentes proporcionadas por cada uno de estos dos transformadores cuando el conjunto de ambos en paralelo alimenta una carga de 800 kVA?

- 9) En la placa de características de un transformador trifásico se puede leer lo siguiente:

12000/3000 V; 1000 kVA; 50 Hz; conexión Yd5; $\epsilon_{cc} = 6\%$; $\epsilon_{Rcc} = 2\%$

Calcular:

- Los parámetros R_{cc} , X_{cc} y Z_{cc} de este transformador.
- Las medidas de tensión, intensidad y potencia que se obtendrían si se le realizara un ensayo de cortocircuito a corriente asignada, alimentando el transformador por el secundario.
- Tensión en el secundario cuando el primario está a la tensión asignada y alimenta una carga de 700 kW con factor de potencia 0,8 inductivo.
- Rendimiento cuando la máquina está en la situación indicada en el apartado anterior, si en el ensayo de vacío a la tensión asignada esta máquina consume 13000 W.
- El mayor rendimiento máximo que puede proporcionar este transformador y el índice de carga en que se produce este rendimiento máximo.
- Este transformador se acopla en paralelo con otro de estas características:

Yd5; 12000/3000 V; 700 kVA; 50 Hz; $\epsilon_{cc} = 5\%$

¿Cómo se reparte entre ambos una carga de 1500 kW con factor de potencia 0,9 inductivo?

- 10) Se tienen dos transformadores trifásicos de 15000/600 V, Yd11, 50 Hz de las siguientes características:

Transformador A: $S_{AN} = 500$ kVA $\epsilon_{Acc} = 6\%$ $\epsilon_{ARcc} = 1,6\%$ $P_{AFe} = 5000$ W

Transformador B: $S_{BN} = 800$ kVA $\epsilon_{Bcc} = 7\%$ $\epsilon_{BRcc} = 2,0\%$ $P_{BFe} = 9000$ W

Calcular:

- Las medidas que se obtendrían si se realizara un ensayo de cortocircuito al transformador A a la intensidad asignada y alimentándolo por el primario.
- Los siguientes parámetros del transformador equivalente a los transformadores A y B en paralelo: S_{TN} , ϵ_{Tcc} , ϵ_{TRcc} , ϵ_{TXcc} , P_{TCuN} , P_{TFe} .
- Potencia aparente que el conjunto de ambos transformadores en paralelo deben proporcionar para que el conjunto funcione a máximo rendimiento. Valor de dicho rendimiento máximo conjunto si la carga tiene un factor de potencia unidad.
- Tensión en el secundario cuando ambos transformadores alimentan en paralelo una carga de 800 kW con un factor de potencia 0,8 capacitivo
- ¿Cómo se reparte entre ambos la carga del apartado anterior?
- Las intensidades de línea (en régimen permanente) en el primario y en el secundario del conjunto de estos dos transformadores en paralelo cuando se produce un cortocircuito trifásico en el secundario.

- 11)** Un transformador trifásico Yy0, 500 kVA, 15000/3000 V, 50 Hz, $\epsilon_{cc} = 5,5\%$, $\cos \phi_{cc} = 0,2$ tiene su máximo rendimiento para una potencia de 400 kVA. Calcular:
- Parámetros ϵ_{Rcc} y ϵ_{Xcc}
 - Pérdidas en el cobre asignadas y pérdidas en el hierro.
 - Si se produce un cortocircuito trifásico en bornes del secundario ¿cuál es la corriente de línea en régimen permanente en el primario? ¿Y la corriente de choque?
 - Tensión de línea con que hay que alimentar el primario para conseguir en el secundario la tensión asignada cuando hay una carga de 300 kW con factor de potencia 0,8 inductivo.
 - El mayor de los rendimientos máximos y el rendimiento con la carga del apartado anterior.
 - Este transformador se acopla en paralelo con otro Dd0, 400 kVA, 15000/3000 V, 50 Hz cuya tensión de cortocircuito vale $V_{1ccL} = 900$ V. ¿Cómo se reparten ambos transformadores una carga de 800 kW con factor de potencia unidad?

- 12)** Se tienen dos transformadores trifásicos de 15000/3000 V, 50 Hz y conexión Yd5 conectados en paralelo. De estos transformadores se conocen las siguientes características:

Transformador A: $S_{AN} = 1$ MVA $V_{A1ccL} = 900$ V $P_{Acc} = 30$ kW $P_{A0} = 19$ kW

Transformador B: $S_{BN} = 800$ kVA $\epsilon_{Bcc} = 7\%$ $\epsilon_{BRcc} = 4\%$ $P_{B0} = 16$ kW

- Calcular los siguientes parámetros del transformador equivalente a los dos transformadores en paralelo: S_{TN} , ϵ_{Tcc} , ϵ_{TRcc} , ϵ_{TXcc} , V_{T1ccL} , P_{TCuN} , P_{TFe}
- En caso de producirse un cortocircuito trifásico en bornes del secundario calcular la corriente en régimen permanente que viene por la línea que alimenta por el primario al conjunto de estos dos transformadores en paralelo.
- Estos dos transformadores están a la tensión asignada en el primario y alimentan conjuntamente por el secundario a una carga que demanda una intensidad total de 58 A con un factor de potencia 0,8 inductivo. ¿Cuál es la tensión de línea en el secundario?
- ¿Cuál es el mayor de los rendimientos máximos del conjunto de estos dos transformadores en paralelo?

- 13)** Un transformador trifásico Yd5, 2 MVA, 12000/3000 V, 50 Hz ha dado estos resultados en un ensayo de cortocircuito:

307,94 A

120 V

11520 W

Se sabe que las pérdidas en el hierro de este transformador valen $P_{Fe} = 10125$ W.
Calcular:

- a) Parámetros R_{cc} , X_{cc} y Z_{cc}
 - b) Parámetros ϵ_{Rcc} , ϵ_{Xcc} y ϵ_{cc}
 - c) Tensión en el secundario cuando el primario está a la tensión asignada y el transformador alimenta una carga que consume 270 A con factor de potencia 0,8 inductivo.
 - d) El mayor de los rendimientos máximos y potencia aparente de máximo rendimiento.
 - e) La intensidad de cortocircuito en régimen permanente en el primario y en el secundario.
 - f) Este transformador se acopla en paralelo con otro de 1,5 MVA y se observa que la potencia total se reparte entre ambos de forma que el primer transformador toma el 60% del total y el nuevo transformador toma el 40% restante. ¿Cuál es la tensión relativa de cortocircuito (ϵ_{cc}) del nuevo transformador?
 - g) ¿Cuál es la máxima potencia aparente que pueden proporcionar ambos transformadores en paralelo sin sobrecargar ninguno de ellos?
- 14)** Un transformador trifásico Yd5 de 800 kVA, 20000/1000 V y 50 Hz consume en vacío 13312 W y tiene estas tensiones relativas de cortocircuito: $\epsilon_{cc} = 7\%$ y $\epsilon_{Rcc} = 2,6\%$.
- a) Indique los valores de las magnitudes que se medirán si se realiza el ensayo de cortocircuito a la corriente asignada alimentando el transformador por el primario.
 - b) Si se produce un cortocircuito trifásico en el secundario, ¿cuál será la corriente de línea que circula por el primario? ¿Y la corriente de línea en el secundario?
 - c) Si este transformador está conectado a la tensión asignada en el primario y alimenta por el secundario a una carga que demanda 328 A con un factor de potencia 0,9 inductivo, ¿cuál será la tensión de línea en el secundario?
 - d) ¿Cuál será el índice de carga óptimo de este transformador? ¿Y su rendimiento máximo cuando el factor de potencia es 0,8 inductivo?
 - e) Este transformador se acopla en paralelo con otro Dy5 de 1000 kVA, 20000/1000 V y 50 Hz cuya tensión relativa de cortocircuito es $\epsilon_{cc} = 6\%$. ¿Cuál es la máxima potencia aparente que pueden suministrar estos dos transformadores en paralelo sin sobrecargar ninguno de ellos?
 - f) ¿Cómo se reparte la potencia aparente entre estos dos transformadores cuando alimentan a la tensión asignada una carga de 1275 kW con un factor de potencia 0,85 inductivo?

- 15)** Se tiene un transformador trifásico Yd5 de 315 kVA, 3000/1000 V y pérdidas en el hierro P_{Fe} de 888 W al que se le ha realizado un ensayo de cortocircuito en el que se han obtenido estos valores:

54 A 147 V 3999 W.

Calcular:

- a)** Las tensiones relativas: ϵ_{cc} , ϵ_{Rcc} y ϵ_{Xcc} .
- b)** Corriente permanente de línea en el primario cuando se produce un cortocircuito trifásico. Calcule también la corriente de choque de línea.
- c)** Tensión con que hay que alimentar el primario cuando el transformador funciona suministrando 210 kW con factor de potencia 0,84 inductivo para conseguir que la tensión del secundario sea la asignada.
- d)** El rendimiento con la carga del apartado anterior.
- e)** A este transformador se le acopla otro en paralelo de las siguientes características: Dy5; 400 kVA, 3000/1000 V y $\epsilon_{cc} = 5,82\%$. ¿Cuál es la potencia aparente que suministra cada uno de ellos si la potencia total que deben proporcionar entre los dos es de 550 kVA?

SOLUCIONES A LOS PROBLEMAS PROPUESTOS DE TRANSFORMADORES

- 1) a) $R_{Fe} = 9600 \Omega$, $X_{\mu} = 400,4 \Omega$, $R_{cc} = 0,125 \Omega$, $X_{cc} = 1,244 \Omega$;
 b) $\epsilon_{cc} = 4,341\%$; c) $I_{1cc} = 9600 \text{ A}$, $I_{1ch} = 23476 \text{ A}$; d) $V_2 = 30607 \text{ V}$;
 e) $\eta = 99,1\%$; f) $S_{\eta\text{Máx}} = 4156,49 \text{ kVA}$, $\eta_{\text{Máx}} = 99,28\%$
- 2) a) $R_{cc} = 17,34 \Omega$, $X_{cc} = 24,48 \Omega$, $\epsilon_{cc} = 6,25\%$;
 b) $I_{1ccL} = 230,94 \text{ A}$, $I_{1ch} = 362 \text{ A}$; c) $V_2 = 220,324 \text{ V}$; d) $\eta = 94,6\%$;
 e) $S_{\eta\text{Máx}} = 211,8 \text{ kVA}$, $\eta_{\text{Máx}} = 94,9\%$
- 3) a) $R_{AFe} = 47619 \Omega$, $X_{A\mu} = 17772 \Omega$, $R_{Acc} = 29,78 \Omega$, $X_{Acc} = 62,33 \Omega$;
 b) $\epsilon_{Acc} = 8,02\%$, $\epsilon_{ARcc} = 3,45\%$, $\epsilon_{AXcc} = 7,22\%$;
 c) $\epsilon_{Bcc} = 7,20\%$, $\epsilon_{BRcc} = 2,54\%$, $\epsilon_{BXcc} = 6,75\%$; d) $S_{TN} = 650 \text{ kVA}$;
 e) $\epsilon_{Tcc} = 7,21\%$, $\epsilon_{TRcc} = 2,93\%$, $\epsilon_{TXcc} = 6,59\%$;
 f) $S_A = 346,15 \text{ kVA}$, $S_B = 346,15 \text{ kVA}$;
 g) $I_{T1ccL} = 433,7 \text{ A}$, $I_{T2ccL} = 10409,9 \text{ A}$, $I_{1chA} = 299 \text{ A}$, $I_{1chB} = 247,5 \text{ A}$;
 h) $V_{1L} = 12581,94 \text{ V}$; i) $S_{T\eta\text{Máx}} = 577 \text{ kVA}$, $\eta_{TM\text{Máx}} = 94,54\%$
- 4) a) $R_{Fe} = 217800 \Omega$, $X_{\mu} = 16383 \Omega$, $R_{cc} = 21,36 \Omega$, $X_{cc} = 104,65 \Omega$;
 b) $I_{1ccL} = 1070,3 \text{ A}$; c) $S_{\eta\text{Máx}} = 6059,31 \text{ kVA}$, $\eta_{\text{Máx}} = 97,58\%$;
 d) $V_1 = V_{1L} = 64557,5 \text{ V}$; e) $S_{TN} = 13813 \text{ kVA}$
- 5) a) $R_{Acc} = 13,31 \Omega$, $X_{Acc} = 13,19 \Omega$; b) $\epsilon_{Acc} = 4,16\%$, $\epsilon_{ARcc} = 2,96\%$, $\epsilon_{AXcc} = 2,93\%$,
 $\epsilon_{Bcc} = 3\%$, $\epsilon_{BRcc} = 2,12\%$, $\epsilon_{BXcc} = 2,12\%$;
 c) $S_{TN} = 660,6 \text{ kVA}$; d) $\epsilon_{Tcc} = 3\%$, $\epsilon_{TRcc} = 2,13\%$, $\epsilon_{TXcc} = 2,12\%$;
 e) $S_A = 327,5 \text{ kVA}$, $S_B = 272,5 \text{ kVA}$; f) $I_{T1ccL} = 847,55 \text{ A}$;
 g) $S_{T\eta\text{Máx}} = 570656 \text{ VA}$, $\eta_{TM\text{Máx}} = 96,07\%$
- 6) a) $R_{AFe} = 756 \Omega$, $X_{A\mu} = 694 \Omega$, $R_{Acc} = 0,1185 \Omega$, $X_{Acc} = 0,2389 \Omega$;
 b) $\epsilon_{ARcc} = 2,24\%$, $\epsilon_{AXcc} = 4,52\%$, $\epsilon_{Acc} = 5,04\%$;
 c) $I_{A1cc} = 863 \text{ A}$, $I_{A2cc} = 86,3 \text{ A}$, $I_{A1ch} = 1476 \text{ A}$;
 d) $S_A = 8 \text{ kVA}$, $S_B = 12 \text{ kVA}$; e) $V_2 = 2182 \text{ V}$;
 f) $\eta_A = 96,77\%$; g) $S_{A\eta\text{Máx}} = 5,6 \text{ kVA}$, $\eta_{AM\text{Máx}} = 97,3\%$
- 7) a) $Z_{cc} = 25,88 \Omega$, $R_{cc} = 5 \Omega$, $X_{cc} = 25,39 \Omega$; $\epsilon_{Rcc} = 1,11\%$, $\epsilon_{Xcc} = 5,64\%$;
 b) $I_{1ccL} = 669,26 \text{ A}$, $I_{1ch} = 1459 \text{ A}$; c) $V_2 = 384,6 \text{ V}$; d) $\eta = 98,36\%$;
 e) $C_{opt} = 0,52$, $\eta_{\text{Máx}} = 98,86\%$; f) No
- 8) a) $V_{1NL} = 20000 \text{ V}$, $V_{2NL} = 400 \text{ V}$, $V_{1N} = 11547 \text{ V}$, $V_{2N} = 400 \text{ V}$, $I_{1NL} = 28,87 \text{ A}$,
 $I_{2NL} = 1443,38 \text{ A}$, $I_{1N} = 28,87 \text{ A}$, $I_{2N} = 833 \text{ A}$, $P_{Fe} = 2352 \text{ W}$, $P_{CuN} = 13714 \text{ W}$;
 b) $R_{Fe} = 169809 \Omega$, $X_{\mu} = 50204 \Omega$, $R_{cc} = 5,49 \Omega$, $X_{cc} = 23,38 \Omega$;
 c) $\epsilon_{Rcc} = 1,37\%$, $\epsilon_{Xcc} = 5,85\%$, $\epsilon_{cc} = 6\%$;
 d) $I_{1ccL} = 481,2 \text{ A}$, $I_{2ccL} = 24056 \text{ A}$, $I_{1cc} = 481,2 \text{ A}$, $I_{2cc} = 13889 \text{ A}$; $I_{1chL} = 1007 \text{ A}$
 e) $V_{2L} = 408,4 \text{ V}$; f) $S_{\eta\text{Máx}} = 414 \text{ kVA}$, $\eta_{\text{Max}} = 98,88\%$;
 g) $S_{TN} = 1688 \text{ kVA}$; i) $S_A = 474,53 \text{ kVA}$, $S_B = 325,47 \text{ kVA}$

PROBLEMAS PROPUESTOS DE TRANSFORMADORES

- 9) a) $R_{cc} = 2,88 \Omega$, $X_{cc} = 8,15 \Omega$, $Z_{cc} = 8,64 \Omega$;
 b) $V_{2ccL} = 180 \text{ V}$, $P_{cc} = 20000 \text{ W}$, $I_{2NL} = 192,5 \text{ A}$; c) $V_{2L} = 2869 \text{ V}$;
 d) $\eta = 96,11\%$; e) $\eta_{\text{Max}} = 96,88\%$; f) $S_A = 905,6 \text{ kVA}$, $S_B = 761 \text{ kVA}$
- 10) a) $V_{A1ccL} = 900 \text{ V}$, $I_{A1NL} = 19,2 \text{ A}$, $P_{Acc} = 8000 \text{ W}$; b) $S_{TN} = 1185,7 \text{ kVA}$,
 $\epsilon_{Tcc} = 6\%$, $\epsilon_{TRcc} = 1,67\%$, $\epsilon_{TXcc} = 5,76\%$, $P_{TCuN} = 19801 \text{ W}$, $P_{TFe} = 14000 \text{ W}$
 c) $S_{\eta\text{Max}} = 997 \text{ kVA}$, $\eta_{\text{Max}} = 97,27\%$; d) $V_{2L} = 610,7 \text{ V}$;
 e) $S_A = 421,7 \text{ kVA}$, $S_B = 578,3 \text{ kVA}$; f) $I_{T1faltaL} = 760,7 \text{ A}$; $I_{T2faltaL} = 19017 \text{ A}$
- 11) a) $\epsilon_{Rcc} = 1,1\%$, $\epsilon_{Xcc} = 5,39\%$; b) $P_{CuN} = 5500 \text{ W}$, $P_{Fe} = 3520 \text{ W}$;
 c) $I_{1faltaL} = 350 \text{ A}$, $I_{1chL} = 756 \text{ A}$; d) $V_{1L} = 15463 \text{ A}$; e) $\eta_{\text{Max}} = 98,27\%$; $\eta = 97,84\%$;
 f) $S_A = 461 \text{ kVA}$, $S_B = 339 \text{ kVA}$
- 12) a) $S_{TN} = 1686 \text{ kVA}$, $\epsilon_{Tcc} = 6\%$, $\epsilon_{TRcc} = 3,17\%$, $\epsilon_{TXcc} = 5,09\%$,
 $V_{T1ccL} = 900 \text{ V}$, $P_{TCuN} = 53500 \text{ W}$, $P_{TFe} = 35000 \text{ W}$
 b) $I_{1faltaL} = 1081 \text{ A}$; c) $V_{2L} = 2970 \text{ V}$; d) $\eta_{\text{máx}} = 95,1\%$
- 13) a) $R_{cc} = 0,648 \Omega$, $X_{cc} = 3,54 \Omega$, $Z_{cc} = 3,604 \Omega$;
 b) $\epsilon_{Rcc} = 0,9\%$, $\epsilon_{Xcc} = 4,92\%$; $\epsilon_{cc} = 5\%$; c) $V_{2L} = 2923 \text{ V}$;
 d) $S_{\eta\text{Máx}} = 1,54 \text{ MVA}$, $\eta_{\text{Max}} = 98,7\%$; e) $I_{1faltaL} = 1925 \text{ A}$; $I_{2faltaL} = 7698 \text{ A}$
 f) $\epsilon_{Bcc} = 5,63\%$, g) $S_{TN} = 3,33 \text{ MVA}$
- 14) a) $I_{1NL} = 23 \text{ A}$, $V_{1ccL} = 1400 \text{ V}$, $P_{cc} = 20800 \text{ W}$;
 b) $I_{1faltaL} = 329 \text{ A}$, $I_{2faltaL} = 6600 \text{ A}$; c) $V_{2L} = 963 \text{ V}$;
 d) $C_{opt} = 0,8$, $\eta_{\text{Máx}} = 95\%$; e) $S_{TN} = 1686 \text{ kVA}$;
 f) $S_A = 610,3 \text{ kVA}$, $S_B = 889,7 \text{ kVA}$
- 15) $V_{1NL} = 3000 \text{ V}$; $V_{1N} = 1732 \text{ V}$, $V_{2NL} = 1000 \text{ V}$; $V_{2N} = 1000 \text{ V}$;
 $I_{1NL} = 60,6 \text{ A}$; $I_{1N} = 60,6 \text{ A}$; $I_{2NL} = 181,9 \text{ A}$; $I_{2N} = 105 \text{ A}$
 a) ($V_{1ccL} = 165 \text{ V}$; $P_{cc} = P_{CuN} = 5036 \text{ W}$) $\epsilon_{cc} = 5,5 \%$; $\epsilon_{Rcc} = 1,6 \%$; $\epsilon_{Xcc} = 5,26 \%$
 b) $I_{1faltaL} = 1102 \text{ A}$; $I_{1chL} = 2158 \text{ A}$
 c) ($S = 250 \text{ kVA}$; $C = 0,794$; $\epsilon_c = 3,33\%$) $V_{1L} = 3100 \text{ V}$ ($V_{1L} = 1790 \text{ V}$)
 d) ($P_{Cu} = 3175 \text{ W}$) $\eta = 98,1\%$
 e) $S_A = 250 \text{ kVA}$; $S_B = 300 \text{ kVA}$