

SEL0329 – Conversão Eletromecânica de Energia

Lista 2

1 – Um transformador é constituído por uma bobina primária de 1200 espiras e uma bobina secundária em aberto de 75 espiras enroladas em torno de um núcleo fechado de seção reta de 42 cm^2 . O material do núcleo pode ser considerado saturado quando a densidade de fluxo eficaz atinge $1,45 \text{ T}$. Qual é a tensão máxima eficaz de 60 Hz no primário que é possível sem que esse nível de saturação seja atingido? Qual é a tensão correspondente no secundário? De que forma esses valores modificam-se se a frequência for reduzida para 50 Hz ?

2 – Um circuito magnético com uma seção reta de 15 cm^2 deve operar a 60 Hz a partir de uma fonte de 120 V eficazes. Calcule o número necessário de espiras para atingir uma densidade de fluxo magnético de pico de $1,8 \text{ T}$ no núcleo.

3 – Um transformador deve ser usado para transformar a impedância de um resistor de 8Ω em impedância de 75Ω . Calcule a relação de espiras necessária, supondo que o transformador seja ideal.

4 – Um resistor de 100Ω é conectado ao secundário de um transformador ideal com uma relação de espiras de $1:4$ (primário-secundário). Uma fonte de tensão de 10 V eficazes de 1 kHz é ligada ao primário. Calcule a corrente do primário e a tensão no resistor de 100Ω .

5 – Um transformador monofásico de 60 Hz tem uma tensão nominal de placa de $7,97 \text{ kV} : 266 \text{ V}$ a qual se baseia na relação de espiras de seus enrolamentos. O fabricante calcula que a indutância de dispersão do primário ($7,97 \text{ kV}$) seja 165 mH e a indutância de magnetização do primário seja 135 H . Para uma tensão primária de 7970 V a 60 Hz , calcule a respectiva tensão de secundário em circuito aberto.

6 – Um transformador de $120 \text{ V} : 2400 \text{ V}$, 60 Hz e 50 kVA tem uma reatância de magnetização (quando medida nos terminais de 120 V) de $34,6 \Omega$. O enrolamento de 120 V tem uma reatância de dispersão de $27,4 \text{ m}\Omega$, e o enrolamento de 2400 V tem uma reatância de dispersão de $11,2 \Omega$.

a) Com o secundário em aberto e 120 V aplicados ao enrolamento do primário (120 V), calcule a corrente de primário e a tensão de secundário.

b) Com o secundário curto-circuitado, calcule a tensão de primário da qual resulta a corrente nominal no enrolamento do primário. Calcule a corrente correspondente no enrolamento do primário.

7 – Um transformador de $460 \text{ V} : 2400 \text{ V}$ tem uma reatância de dispersão em série de $37,2 \Omega$, referida ao lado de alta tensão. Observa-se que uma carga conectada ao lado de baixa tensão está absorvendo 25 kW com fator de potência unitário, e que a tensão mede 450 V . Calcule a tensão e o fator de potência correspondentes, medidos nos terminais de alta tensão.

8 – Uma carga monofásica é abastecida através de um alimentador de 35 kV cuja impedância é $95 + j360 \Omega$ e um transformador de 35 kV:2400 V cuja impedância equivalente é $0,23 + j1,27 \Omega$, referida a seu lado de baixa tensão. A carga é de 160 kW com um fator de potência de 0,89 capacitivo e 2340 V.

- a) Calcule a tensão nos terminais de alta tensão do transformador.
- b) Calcule a tensão no lado de envio do alimentador.
- c) Calcule os ingressos de potências ativa e reativa no lado de envio do alimentador.

9 – A placa de um transformador monofásico de 50 MVA e 60 Hz indica que ele tem uma tensão nominal de 8,0 kV:78 kV. Um ensaio de circuito aberto é executado a partir do lado de baixa tensão, e as respectivas leituras nos instrumentos de medida são 8,0 kV, 62,1 A e 206 kW. Do mesmo modo, um ensaio de curto-circuito, no lado de baixa tensão, fornece leituras de 674 V, 6,25 kA e 187 kW.

- a) Calcule a impedância equivalente em série, a resistência e a reatância do transformador referidas aos terminais de baixa tensão.
- b) Calcule a impedância equivalente em série do transformador referida aos terminais de alta tensão.
- c) Fazendo as aproximações apropriadas, desenhe um circuito equivalente T para o transformador.
- d) Determine o rendimento e a regulação de tensão se o transformador estiver operando na tensão e carga nominais (fator de potência unitário).
- e) Repita a parte (d), supondo que a carga tenha um fator de potência de 0,9 capacitivo.

10 – Um transformador de 120:480 V e 10 kVA deve ser usado como autotransformador para fornecer 480 V a um circuito a partir de uma fonte de 600 V. Quando testado como um transformador de dois enrolamentos usando a carga nominal, com fator de potência unitário, seu rendimento é 0,979.

- a) Faça um diagrama das conexões do autotransformador.
- b) Determine a sua potência aparente nominal (em kVA) como autotransformador.
- c) Encontre o seu rendimento como autotransformador a plena carga, com um fator de potência de 0,85 indutivo.

11 – Três transformadores monofásicos de 100 MVA com especificações nominais de 13,8 kV:66,4 kV devem ser conectados em um banco trifásico. Cada transformador tem uma impedância em série de $0,0045 + j0,19 \Omega$ referida a seu enrolamento de 13,8 kV.

a) Se os transformadores forem conectados em Y-Y, calcule (i) a tensão em potência nominais da conexão trifásica, (ii) a impedância equivalente referida aos seus terminais de baixa tensão e (iii) a impedância equivalente referida aos seus terminais de alta tensão.

b) Repita a parte (a) se o transformador for ligado em Y no seu lado de baixa tensão e em Δ no seu lado de alta tensão.

12 – Um transformador trifásico de Y- Δ tem especificações nominais de 225 kV:24 kV e 400 MVA, e uma reatância em série de $11,7 \Omega$ referida aos seus terminais de alta tensão. O transformador está abastecendo uma carga de 325 MVA, com um fator de potência de 0,93 indutivo e uma tensão de linha de 24 kV no lado de baixa tensão. O transformador é abastecido por um alimentador, cuja impedância é $0,11 + j2,2 \Omega$ conectado aos seus terminais de alta tensão. Para essas condições, calcule (a) a tensão de linha nos terminais de alta tensão do transformador e (b) a tensão de linha no lado de envio do alimentador.

13 – Um banco, conectado em Δ -Y, de três transformadores idênticos de 100 kVA, 2400 V:120 V e 60 Hz é abastecido com potência a partir de um alimentador cuja impedância é $0,065 + j0,87 \Omega$ por fase. A tensão de linha no lado do envio do alimentador é mantida constante em 2400 V. Os resultados de um ensaio monofásico de curto-circuito em um dos transformadores, com seus enrolamentos de baixa tensão curto-circuitado, são:

$$V_A = 53,4 \text{ V} \quad f = 60 \text{ Hz} \quad I_A = 41,7 \text{ A} \quad P = 832 \text{ W}$$

a) Determine a tensão de linha, no lado de baixa tensão do transformador, quando o banco entrega a corrente nominal a uma carga trifásica equilibrada com um fator de potência unitário.

b) Calcule as correntes nos enrolamentos de alta e baixa tensão e nos fios do alimentador se um curto-circuito trifásico contínuo ocorrer nos terminais de linha do secundário.

14 – Um transformador de potencial de 7970 V:120 V e 60 Hz tem os seguintes parâmetros, vistos do enrolamento de alta tensão (primário):

$$X_1 = 1721 \, \Omega \quad X'_2 = 1897 \, \Omega \quad X_m = 782 \, k\Omega$$

$$R_1 = 1378 \, \Omega \quad R'_2 = 1602 \, \Omega$$

a) Supondo que o secundário esteja em aberto e que o primário esteja conectado a uma fonte de 7,97 kV, calcule o módulo e o ângulo de fase (em relação à fonte de alta tensão) da tensão nos terminais do secundário.

b) Calcule o módulo e o ângulo de fase da tensão do secundário se uma carga resistiva de 1k Ω for conectada aos terminais do secundário.

c) Repita a parte (b) se a carga for trocada por uma reatância de 1k Ω .

15 – Um transformador de corrente de 200 A:5 A e 60 Hz tem os seguintes parâmetros vistos do enrolamento de 200 A (primário):

$$X_1 = 745 \, \mu\Omega \quad X'_2 = 813 \, \mu\Omega \quad X_m = 307 \, m\Omega$$

$$R_1 = 136 \, \mu\Omega \quad R'_2 = 128 \, \mu\Omega$$

a) Supondo uma corrente de 200 A no primário e que o secundário seja curto-circuitado, encontre o módulo e o ângulo de fase da corrente do secundário.

b) Repita os cálculos da parte (a) se o TC for curto-circuitado através de uma carga de 250 $\mu\Omega$.

SEL0329 – Conversão Eletromecânica de Energia

Lista 2 - Respostas

1 – Para 60 Hz

$$V_{RMSp} = 2755 \text{ V} \quad V_{RMSs} = 172 \text{ V}$$

Para 50 Hz

$$V_{RMSp} = 2295 \text{ V} \quad V_{RMSs} = 143 \text{ V}$$

2 –

$$N = 167 \text{ Voltas}$$

3 –

$$N = 1:3$$

4 –

$$V_S = 40 \text{ V} \quad I_p = 1,6 \text{ A}$$

5 – $V_2 = 266 \text{ V}$

6 – a) $V_S = 2398 \text{ V}$ $I_p = 3,47 \text{ A}$

b) $V_p = 23,1 \text{ V}$ $I_{NOMINAL} = 417 \text{ A}$

7 –

$$V_{ALTA} = 2380 \angle 9,64^\circ \quad fp = 0,985$$

8 – a) $V_{ALTA} = 33,7 \text{ kV}$

b) $V_{Alimentador} = 33,4 \text{ kV}$

c) $S = 164kW - j64,5kVAR$

9 – a) $Z_{eq} = 107,8 m\Omega$ $R_{eq} = 4,78 m\Omega$ $X_{eq} = 107,7 m\Omega$

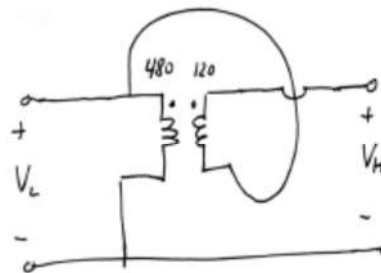
b) $Z_{eq} = 10,23\Omega$ $R_{eq} = 0,455\Omega$ $X_{eq} = 107,24 \Omega$

c) $R_c = 311 \Omega$ $X_m = 141 \Omega$ $S = 497 kVA$ $Q = 452 kVAR$

d) $n = 99,2\%$

e) $n = 99,2\%$

10 – a)



b) $S = 50 kVA$

c) $n = 99,5$

d) $P_{diss} = Vol_{cobre}(\rho J_{cobre}^2)$

11 – a) (i) 23,9 kV : 115 kV, 300 MVA

(ii)

$$Z_{eq} = 0,0045 + j0,19 \Omega$$

(iii)

$$Z_{eq} = 0,104 + j4,3 \Omega$$

b) (i) 23,9 kV : 66,4 kV, 300 MVA

(ii)

$$Z_{eq} = 0,0045 + j0,19 \Omega$$

(iii)

$$Z_{eq} = 0,0347 + j1,47 \Omega$$

12 – a) $V_{LL} = 231,7 \text{ kV}$

b) $V_{LL} = 233,3 \text{ kV}$

13 – a) $V_{LL} = 1,34 \text{ kV}$

b) Corrente no alimentador: 651 A

Corrente no enrolamento de alta: 376 A

Corrente no enrolamento de baixa: 7,52 KA

14 – a) $V_2 = 119,74 \angle 0,101^\circ$

b) $V_2 = 119,7 \angle 0,054^\circ$

c) $V_{ALTA} = 119,6 \angle 0,139^\circ$

15 – a) $I_2 = 4,987 \angle 0,024^\circ$

b) $I_2 = 4,987 \angle 0,210^\circ$