UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA

PROCESSO SELETIVO – 07 / 2026

Área de Conhecimento: Máquinas Elétricas

PROVA ESCRITA – PADRÃO DE RESPOSTA

QUESTÃO 1

O problema é baseado nos exemplos 2.6 e 2.7 da referência [1], e as equações encontram-se na seção 2.5.

a) A corrente nominal em cada enrolamento do transformador é dada pela potência aparente dividida pela tensão naquele enrolamento.
No lado de alta tensão: $I_a = 50000/2400 = 20{,}83$ A.
No lado de baixa tensão: $I_b = 50000/240 = 208{,}3$ A.

b) O ensaio de curto circuito, realizado no lado de alta tensão, resulta nos seguintes valores equivalentes de resistência, impedância e reatância:

$$R_{eq} = \frac{P_{cc}}{I_{cc}^2} = 1{,}426\ \Omega$$
$$Z_{eq} = \frac{V_{cc}}{I_{cc}} = 2{,}308\ \Omega$$
$$X_{eq} = \sqrt{Z_{eq}^2 - R_{eq}^2} = 1{,}815\ \Omega$$

Os valores referidos ao lado de baixa tensão são obtidos pela multiplicação por $(240/2400)^2 = 0{,}01$

$$R'_{eq} = 14{,}26\ \text{m}\Omega$$
$$X'_{eq} = 18{,}15\ \text{m}\Omega$$

As resistências e reatâncias de dispersão podem ser aproximadas como metade de R'_{eq} e X'_{eq}, respectivamente.

$$R_1 = R'_2 = 7{,}13\ \text{m}\Omega$$
$$X_{l1} = X'_{l2} = 9{,}075\ \text{m}\Omega$$

O ensaio de circuito aberto, realizado no lado de baixa tensão, resulta nos seguintes parâmetros:

$$R_c = \frac{V_{ca}^2}{P_{ca}} = 309{,}7\ \Omega$$
$$Z_\varphi = \frac{V_{ca}}{I_{ca}} = 44{,}4\ \Omega$$
$$X_m = \frac{1}{\sqrt{\left(1/Z_\varphi\right)^2 - (1/R_c)^2}} = 44{,}8\ \Omega$$

c) Como a tensão nominal secundária é 240 V, o enrolamento de baixa tensão do transformador original é o enrolamento comum do autotransformador, e o enrolamento de alta tensão torna-se o enrolamento série.
A tensão nominal primária é 240 + 2400 = 2640 V.
A corrente primária é a corrente nominal do enrolamento série, igual a 20,83 A.

Pág. 01 de 05 - Documento assinado digitalmente. Para conferência, acesse o site https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo e informe o processo UDESC 00044956/2026 e o código UC8N166Q.

A potência nominal pode ser determinada pelo produto tensão-corrente no primário, igual a 55 kVA.
A corrente nominal no secundário é a potência aparente dividida pela tensão, igual a 229 A, que corresponde à soma das correntes nominais dos enrolamentos do transformador original.

Referência: [1] FITZGERALD, A. E., KINGSLEY JR, C., UMANS, S. D. Máquinas Elétricas. 6ª Edição. Porto Alegre: Bookman, 2006.

Pág. 02 de 05 - Documento assinado digitalmente. Para conferência, acesse o site https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo e informe o processo UDESC 00044956/2026 e o código UC8N166Q.

UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA

PROCESSO SELETIVO – 07 / 2026

Área de Conhecimento: Máquinas Elétricas

PROVA ESCRITA – PADRÃO DE RESPOSTA

QUESTÃO 2

a) Conforme indicado na seção 6.1 da referência [1], a frequência das correntes induzidas no rotor é dada por $f_r = sf_e$, em que f_e é a frequência de alimentação do estator e s é o escorregamento por unidade.
O escorregamento é dado por $s = (N_s - N_r)/N_s$, em que N_r é a velocidade do rotor em rotações por minuto, e N_s é a velocidade síncrona.
A velocidade síncrona é $N_s = 120f_e/p$, em que p é o número de polos.
Para os dados do problema, f_e = 60 Hz, N_r = 1182 rpm, N_s = 1200 rpm, s = 0,015 e f_r = 0,9 Hz.

b) Conforme indicado na seção 6.4 da referência [1], o torque no eixo (T) relaciona-se à potência no eixo (P_m) por $T = P_m/\omega_r$, em que $\omega_r = N_r\pi/30$ é a velocidade angular do rotor em radianos por segundo.
Para os dados do problema, P_m = 7500 W, N_r = 1182 rpm e T = 60,6 N.m.

c) As perdas ôhmicas no enrolamento do estator são dadas por $P_{j1} = 3R_1I_1^2$, em que R_1 é a resistência por fase do enrolamento e I_1 é a corrente por fase, igual à corrente de linha quando a máquina está conectada em Y.
Para os dados do problema, R_1 = 0,3 Ω, I_1 = 15,8 A e P_{j1} = 224,7 W
As perdas ôhmicas no rotor P_{j2} são relacionadas à potência convertida (P_{conv}) por $P_{j2} = P_{conv}s/(1-s)$. A potência convertida pode ser determinada pela soma da potência no eixo mais as perdas rotacionais.
Para os dados do problema, P_m = 7500 W, P_{rot} = 400 W, P_{j2} = 120,3 W.
As equações estão indicadas na seção 6.4 da referência [1].

d) O rendimento (η) do motor é a razão entre a potência no eixo (P_m) e a potência elétrica (P_e) absorvida pelo motor, que pode ser determinada neste caso por $P_e = P_m + P_{j1} + P_{j2} + P_{rot}$.
Para os dados do problema, P_e = 8245 W e η = 91,0 %
O fator de potência é $FP = P_e/(\sqrt{3}V_lI_l)$ = 0,79.

e) Conforme indicado na seção 6.1 da referência [1], o conjugado é proporcional ao escorregamento quando este é pequeno. Portanto, a 50% da carga nominal, o escorregamento será aproximadamente 0,0075, metade do escorregamento a plena carga. Este escorregamento corresponde a uma velocidade de $N = (1-s)N_s$ =1191 rpm.

Referência: [1] FITZGERALD, A. E., KINGSLEY JR, C., UMANS, S. D. Máquinas Elétricas. 6ª Edição. Porto Alegre: Bookman, 2006.

Pág. 03 de 05 - Documento assinado digitalmente. Para conferência, acesse o site https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo e informe o processo UDESC 00044956/2026 e o código UC8N166Q.

UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA

PROCESSO SELETIVO – 07 / 2026

Área de Conhecimento: Máquinas Elétricas

PROVA ESCRITA – PADRÃO DE RESPOSTA

QUESTÃO 3

a) O problema é baseado no exemplo 5.4 da referência [1]. A reatância síncrona não saturada pode ser determinada como a tensão fase-neutro de circuito aberto dividida pela corrente de curto circuito, para uma condição não saturada, como ocorre na linha do entreferro. Portanto,

$$X_s = \frac{\left(\frac{12700}{\sqrt{3}}\right)}{2090} = 3{,}51\ \Omega$$

A reatância em p.u. é obtida pela divisão do valor em ohms pela base de impedância. Para sistemas trifásicos, a base de impedância é $Z_{base} = V_{base}^2/S_{base}$ (seção 2.9 da referência [1]). Utilizando os dados da máquina, $Z_{base} = 3{,}81\ \Omega$ e $X_s = 0{,}921$ p.u.

A reatância síncrona saturada é determinada da mesma forma, no nível de excitação correspondente à tensão nominal em circuito aberto. Portanto,

$$X_s = \frac{\left(\frac{13800}{\sqrt{3}}\right)}{2715} = 2{,}93\ \Omega$$

Este valor corresponde a 0,769 p.u.

b) O problema é baseado no exemplo 5.6 da referência [1]. A potência máxima que pode ser pelo gerador é

$$P_{max} = \frac{E_a V_{EQ}}{X_s + X_{eq}}$$

em que E_a é a tensão induzida por fase, V_{EQ} é a tensão do sistema e X_{eq} é a reatância do sistema. Considera-se o valor saturado da reatância síncrona pois a tensão interna é a nominal. Aplicando os dados do problema:

$$P_{max} = \frac{1}{0{,}769 + 0{,}35} = 0{,}894\ \text{p.u.}$$

Multiplicando pela base de potência, a potência máxima é igual a 44,7 MW.

Referência: [1] FITZGERALD, A. E., KINGSLEY JR, C., UMANS, S. D. Máquinas Elétricas. 6ª Edição. Porto Alegre: Bookman, 2006.

Pág. 04 de 05 - Documento assinado digitalmente. Para conferência, acesse o site https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo e informe o processo UDESC 00044956/2026 e o código UC8N166Q.

UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA

PROCESSO SELETIVO – 07 / 2026

Área de Conhecimento: Máquinas Elétricas

PROVA ESCRITA – PADRÃO DE RESPOSTA

QUESTÃO 4

As equações fundamentais em regime permanente são dadas na seção 7.4 da referência [1].

$$T_m = K_a \phi_d I_a \quad (1)$$
$$E_a = K_a \phi_d \omega_m \quad (2)$$
$$E_a I_a = T_m \omega_m \quad (3)$$
$$V_t = E_a + R_a I_a \quad (4)$$

Em que: T_m é o conjugado de carga, I_a é a corrente na armadura, ω_m é a velocidade angular do rotor, E_a é a tensão induzida na armadura, ϕ_d é o fluxo magnético produzido pelo enrolamento de campo, K_a é a constante de armadura que relaciona a tensão gerada ao fluxo e à velocidade, V_t é a tensão de terminal de armadura e R_a é a resistência elétrica da armadura incluindo as escovas.

Além disso, segundo a equação (7.9) da referência [1], o fluxo de campo é proporcional à corrente de campo.

Por simplicidade, considera-se que a queda de tensão na resistência de armadura é muito menor do que a tensão gerada, de forma que $V_t \cong E_a$

a) Reduzindo V_t à metade, E_a é reduzida aproximadamente à metade. Como o fluxo de campo permanece constante, a equação (2) indica que a velocidade cai aproximadamente à metade.

   Como o conjugado de carga e o fluxo de campo permanecem constantes, a equação (1) indica que I_a permanece constante.

b) Com a tensão mantida constante, a equação (2) indica que um aumento de duas vezes no fluxo de campo resulta na redução da velocidade aproximadamente à metade.

   Com o conjugado de carga constante, a equação (1) indica que um aumento de duas vezes no fluxo de campo resulta na redução da corrente de armadura aproximadamente à metade.

c) Com o fluxo de campo e a tensão ambos reduzidos à metade, a equação (2) indica que a velocidade permanece aproximadamente constante.

   O produto $E_a I_a$, que corresponde à potência da carga, permanece constante. Como E_a cai aproximadamente à metade, I_a aumenta em aproximadamente duas vezes.

d) Com o fluxo constante e a tensão reduzida à metade, a equação (2) indica que a velocidade é reduzida aproximadamente à metade.

   O conjugado da carga, neste caso proporcional ao quadrado da velocidade, é reduzido aproximadamente a um quarto. Com o fluxo constante, a equação (1) indica que a corrente de armadura é reduzida a aproximadamente um quarto.

Referência: [1] FITZGERALD, A. E., KINGSLEY JR, C., UMANS, S. D. Máquinas Elétricas. 6ª Edição. Porto Alegre: Bookman, 2006.

Membros da Banca:

Avaliador 1: Dalton Luiz Rech Vidor

Avaliador 2: Fredemar Rüncos

(Assinado digitalmente via SGPe)
Avaliador 3: Yales Romulo de Novaes

(Assinado digitalmente via SGPe)
Presidente da Banca: Carlos A. C. Wengerkievicz

Pág. 05 de 05 - Documento assinado digitalmente. Para conferência, acesse o site https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo e informe o processo UDESC 00044956/2026 e o código UC8N166Q.

Assinaturas do documento

Código para verificação: **UC8N166Q**

Este documento foi assinado digitalmente pelos seguintes signatários nas datas indicadas:

FREDEMAR RUNCOS (CPF: 154.XXX.549-XX) em 09/11/2026 às 07:31:28
Emitido por: "AC Final do Governo Federal do Brasil v1", emitido em 16/12/2025 - 09:58:53 e válido até 16/12/2026 - 09:58:53.
(Assinatura Gov.br)

CARLOS ALEXANDRE CORRÊA WENGERKIEVICZ (CPF: 058.XXX.149-XX) em 09/11/2026 às 09:33:47
Emitido por: "SGP-e", emitido em 16/03/2026 - 18:20:41 e válido até 16/03/2126 - 18:20:41.
(Assinatura do sistema)

Para verificar a autenticidade desta cópia, acesse o link https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo/conferencia-documento/VURFU0NfMTIwMjJfMDAwNDQ5NTZfNDQ5NjZfMjAyNl9VQzhOMTY2UQ== ou o site https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo e informe o processo **UDESC 00044956/2026** e o código **UC8N166Q** ou aponte a câmera para o QR Code presente nesta página para realizar a conferência.