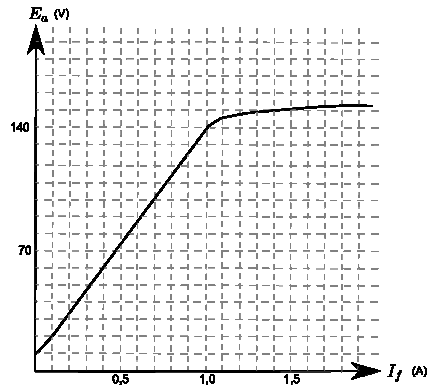


### Exercício 1 – P1

1) Uma máquina de corrente contínua com excitação independente possui a característica de magnetização mostrada na curva abaixo (a qual foi obtida para uma velocidade de 1000 rpm) e os seguintes parâmetros elétricos: resistência de armadura igual  $0,2 \Omega$  e resistência de campo igual a  $100,0 \Omega$ . Considerando que a corrente de campo é igual a 1 A, a velocidade de operação é 950 rpm e desprezando as perdas rotacionais, calcule a eficiência desta máquina para os seguintes casos: (a) tensão terminal igual a 135 V e (b) tensão terminal igual a 130,8 V. (2 pontos)



### Exercício 1 – P1

Para ambos os casos, considerando  $I_f = 1 \text{ A}$ , temos:

$$E_a = \frac{140 \times 950}{1000} = 133 \text{ V}$$

a)  $V_t = 135 \text{ V}$  (temos: operação como motor visto que  $V_t > E_a$ )

$$I_a = \frac{V_t - E_a}{R_a} = 10 \text{ A}$$

$$P_{\text{out}} = E_a \times I_a = 133 \times 10 = 1330 \text{ W}$$

$$P_{\text{in}} = V_t \times I_a + V_f \times I_f = 135 \times 10 + 100 \times 1 = 1450 \text{ W}$$

ou

$$P_{\text{in}} = E_a \times I_a + R_f \times I_f^2 + R_a \times I_a^2 = 133 \times 10 + 100 \times 1^2 + 0,2 \times 10^2 = 1450 \text{ W}$$

$$\text{Eff} = \frac{1330}{1450} \times 100 = 91,7\%$$

### Exercício 1 – P1

Para ambos os casos, considerando  $I_f = 1 \text{ A}$ , temos:

$$E_a = \frac{140 \times 950}{1000} = 133 \text{ V}$$

b)  $V_t = 130,8 \text{ V}$  (temos: operação como gerador visto que  $E_a > V_t$ )

$$I_a = \frac{E_a - V_t}{R_a} = 11 \text{ A}$$

$$P_{\text{out}} = V_t \times I_a = 130,8 \times 11 = 1438,8 \text{ W}$$

$$P_{\text{in}} = E_a \times I_a + V_f \times I_f = 133 \times 11 + 100 \times 1 = 1563 \text{ W}$$

ou

$$P_{\text{in}} = V_t \times I_a + R_f \times I_f^2 + R_a \times I_a^2 = 130,8 \times 11 + 100 \times 1^2 + 0,2 \times 11^2 = 1563 \text{ W}$$

$$\text{Eff} = \frac{1438,8}{1563} \times 100 = 92,1\%$$

### Exercício 2 – P1

- 2) Uma máquina de corrente contínua possui as seguintes características: 24 kW, 240 V e 1000 rpm, além disso a resistência de armadura é de  $0,12 \Omega$  e  $N_f = 600$  espiras/pólo. A máquina é operada como um gerador com excitação independente, sendo acionado a 1000 rpm. Quando a corrente de campo é igual a 1,8 A, a tensão terminal em vazio é igual a 240 V, e quando o gerador fornece corrente nominal, a tensão terminal é igual a 225 V.
- (a) Calcule a tensão gerada (induzida) e o torque desenvolvido quando o gerador fornece corrente nominal. (1 ponto)
  - (b) Determine a queda de tensão devido à reação de armadura. (1 ponto)
  - (c) A tensão terminal com carga nominal pode ser elevada até ter valor igual ao caso em vazio através do aumento da corrente de campo para 2,2 A ou usando-se enrolamentos em série em cada pólo. Determine o número de espiras dos enrolamentos em série por pólo requerido se a corrente de campo é mantida em 1,8 A e deseja-se que a tensão terminal em plena carga seja igual a tensão terminal em vazio. (1 ponto)

### Exercício 2 – P1

- a)
- $$I_a^{FL} = \frac{24000}{240} = 100A$$
- $$V_t^{FL} = 225V$$
- $$E_a = V_t + R_a \times I_a = 225 + 0,12 \times 100 = 237V$$
- $$T = \frac{E_a \times I_a}{\omega_m} = \frac{237 \times 100}{\frac{1000}{60} \times 2\pi} = 226,3 \text{ N.m}$$
- b) Para condição em vazio,  $V_t = 240 \text{ V}$ . Para condição de corrente nominal, a tensão  $V_t$  reduz para  $225 \text{ V}$  devido a queda na resistência  $R_a$  e devido a reação de armadura  $\Delta V_{RA}$ . Assim temos:
- $$V_t = E_a - R_a I_a - \Delta V_{RA}$$
- Em vazio:  $I_a = 0A$  (portanto  $\Delta V_{RA} = 0$  e  $R_a I_a = 0$ ) e  $V_t = 240 \text{ V}$
- $$\therefore E_a = V_t = 240 \text{ V}$$
- Em plena carga:  $I_a = 100A$  e  $V_t = 225 \text{ V}$
- $$\therefore \Delta V_{RA} = 240 - 225 - 0,12 \times 100 = 3V$$
- c)
- $$F_{eff} = F_{sh} + F_{se}$$
- $$N_f \times I_{f(ef)} = N_f \times I_f + N_{sr} \times I_a$$
- $$600 \times 2,2 = 600 \times 1,8 + N_{sr} \times 100$$
- $$N_{sr} = \frac{600 \times 2,2 - 600 \times 1,8}{100} = 2,4 \text{ voltas/pólo}$$

### Exercício 3 – P1

3) Uma máquina de corrente contínua com excitação paralela tem as seguintes características nominais  $10 \text{ kW}$ ,  $250 \text{ V}$ ,  $1200 \text{ rpm}$ , e a resistência de armadura é  $0,25 \Omega$ . A máquina é conectada a uma fonte de  $250 \text{ V}$ , girando a  $1200 \text{ rpm}$  e consumindo corrente nominal.

- (a) Determine a tensão induzida, a potência eletromagnética e o torque desenvolvido. (1 ponto)
- (b) A carga mecânica que estava acoplada ao rotor da máquina é desconectada. Nesta condição de operação a máquina consome uma corrente de  $4 \text{ A}$ . Determine:
- (i) As perdas rotacionais. (1 ponto)
  - (ii) A velocidade de operação desprezando-se a reação de armadura. (1 ponto)
  - (iii) A velocidade de operação considerando que a reação de armadura leva a uma redução de  $10\%$  do fluxo entre os casos em que a máquina consome  $4 \text{ A}$  e corrente nominal. (1 ponto)

### Exercício 3 – P1

a)

$$I_t = I_a = \frac{10000}{250} = 40 \text{ A}$$

$$E_a = V_t - R_a \times I_a = 250 - 0,25 \times 40 = 240 \text{ V}$$

$$P_{elet} = E_a \times I_a = 240 \times 40 = 9600 \text{ W}$$

$$T = \frac{P_{elet}}{\omega_m} = \frac{9600}{\frac{1200}{60} \times 2\pi} = 76,4 \text{ N.m}$$

Não é possível calcular a corrente de campo, mas como esta é pequena podemos desprezá-la fazendo  $I_f = I_a$

b.i)

$$I_a = 4 \text{ A}$$

$$E_a = V_t - R_a \times I_a = 250 - 0,25 \times 4 = 249 \text{ V}$$

$$P_{rot} = E_a \times I_a = 249 \times 4 = 996 \text{ W}$$

b.ii)

$$\frac{E_a^{1200}}{E_a^n} = \frac{240}{249} = \frac{1200}{n} \Rightarrow n = 1245 \text{ rpm}$$

b.iii)

$$(K_a \times \Phi)^{\text{com RA}} = 0,9 \times (K_a \times \Phi)^{\text{sem RA}} \text{ (10\% de redução)}$$

$$(K_a \times \Phi)^{\text{sem RA}} = (K_a \times \Phi)^{\text{com RA}} \times \frac{1}{0,9} = \frac{E_a}{\omega_m} \times \frac{1}{0,9} = \frac{240}{\left(\frac{1200 \times 2\pi}{60}\right)} \times \frac{1}{0,9} = 2,122$$

$$\text{Logo, } n = \frac{V_t}{(K_a \times \Phi)^{\text{sem RA}}} \times \frac{60}{2\pi} = \frac{250}{2,122} \times \frac{60}{2\pi} = 1125 \text{ rpm}$$

### Exercício 4 – P1

4) Explique a função e a construção (localização e conexão elétrica) dos enrolamentos compensadores e de interpólos (1 ponto)

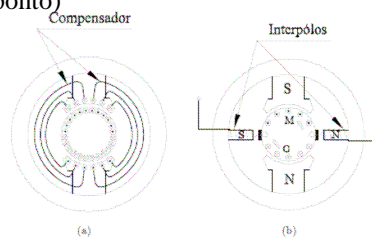


Figura 4.4: Enrolamentos auxiliares: compensadores e de interpólos.

- **Compensador: função:** reduzir o efeito desmagnetizante da reação de armadura. **localização e conexão:** instalado nas faces polares (estator) e conectados em série com o enrolamento de armadura. **princípio:** produz um campo no eixo direto da máquina com sentido contrário ao campo produzido pelo enrolamento de armadura.
- **Interpolos: função:** permitir uma comutação suave e sem faiscamento através da redução do fluxo de eixo em quadratura. **localização e conexão:** instalado no estator na região entre pólos e conectado em série com o enrolamento de armadura e com polaridade invertida. **princípio:** produz um campo no eixo em quadratura da máquina com sentido contrário ao campo produzido pelo enrolamento de armadura.