

MARINHA DO BRASIL  
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA

PROCESSO SELETIVO PARA INGRESSO NO CORPO DE ENGENHEIROS DA MARINHA  
(PS-EngNav/2010)

**ENGENHARIA ELÉTRICA**

**1ª PARTE**  
**INSTRUÇÕES GERAIS**

- 1- A duração da prova será de 04 horas e não será prorrogada. Ao término da prova, entregue o caderno ao Fiscal, sem desgrampear nenhuma folha;
- 2- Responda as questões utilizando caneta esferográfica azul ou preta. Não serão consideradas respostas e desenvolvimento da questão a lápis. Confira o número de páginas de cada parte da prova;
- 3- Só comece a responder a prova ao ser dada a ordem para iniciá-la, interrompendo a sua execução no momento em que for determinado;
- 4- O candidato deverá preencher os campos:  
- PROCESSO SELETIVO/CONCURSO; NOME DO CANDIDATO; NÚMERO DA INSCRIÇÃO e DV;
- 5- Iniciada a prova, não haverá mais esclarecimentos. O candidato somente poderá deixar o seu lugar, devidamente autorizado pelo Supervisor/Fiscal, para se retirar definitivamente do recinto de prova ou, nos casos a seguir especificados, devidamente acompanhado por militar designado para esse fim: atendimento médico por pessoal designado pela Marinha do Brasil; fazer uso de banheiro e casos de força maior, comprovados pela supervisão do certame, sem que aconteça saída da área circunscrita para a realização da prova.  
Em nenhum dos casos haverá prorrogação do tempo destinado à realização da prova e, em caso de retirada definitiva do recinto de prova, esta será corrigida até onde foi solucionada;
- 6- A solução deve ser apresentada nas páginas destinadas a cada questão;
- 7- Não é permitida a consulta a livros ou apontamentos;
- 8- A prova não poderá conter qualquer marca identificadora ou assinatura, o que implicará na atribuição de nota zero;
- 9- Será eliminado sumariamente do processo seletivo e as suas provas não serão levadas em consideração, o candidato que:
  - a) der ou receber auxílio para a execução de qualquer prova;
  - b) utilizar-se de qualquer material não autorizado;
  - c) desrespeitar qualquer prescrição relativa à execução das provas;
  - d) escrever o nome ou introduzir marcas identificadoras noutro lugar que não o determinado para esse fim; e
  - e) cometer ato grave de indisciplina.
- 10- **É PERMITIDO O USO DE CALCULADORA SIMPLES E RÉGUA SIMPLES.**

**NÃO DESTACAR A PARTE INFERIOR**

<b>RUBRICA DO PROFESSOR</b>	ESCALA DE	<b>NOTA</b>	<b>USO DA DE<sub>EnsM</sub></b>
	000 A 100		

CAMPOS PREENCHIDOS  
PELOS CANDIDATOS

PROCESSO SELETIVO: PS-EngNav/2010  
NOME DO CANDIDATO:

<b>Nº DA INSCRIÇÃO</b>	<b>DV</b>	ESCALA DE	<b>NOTA</b>	<b>USO DA DE<sub>EnsM</sub></b>
		000 A 100		

**1ª PARTE: CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS (VALOR: 80 PONTOS)**

**1ª QUESTÃO (8 pontos)**

Um solenóide é constituído de fios finos de cobre, isolados, justapostos num enrolamento que pode ser aproximado por uma casca cilíndrica de corrente.

O comprimento do solenóide é 1 m, e seu diâmetro é 0,1 m. Existem 1000 espiras, conduzindo uma corrente contínua de 10A. O solenóide é imerso em óleo isolante.

- a) Determine a magnitude do vetor intensidade de campo magnético no interior do solenóide, na região central do mesmo, sobre o eixo de simetria. (2 pontos)
- b) Calcule o valor do vetor densidade de fluxo magnético na mesma região, e determine a indutância aproximada do solenóide. (2 pontos)
- c) Recalcule os dois vetores solicitados nos itens anteriores, quando é inserido dentro do solenóide um cilindro longo de material ferromagnético com permeabilidade relativa igual a 150 e diâmetro igual a 0,05m. (2 pontos)
- d) Indique qual seria o valor dos campos no interior do cilindro, se o mesmo fosse feito de um material diamagnético perfeito. Cite uma forma de se obter, na prática, um material que se aproxima do diamagnético perfeito. (2 pontos)

Continuação da 1ª questão

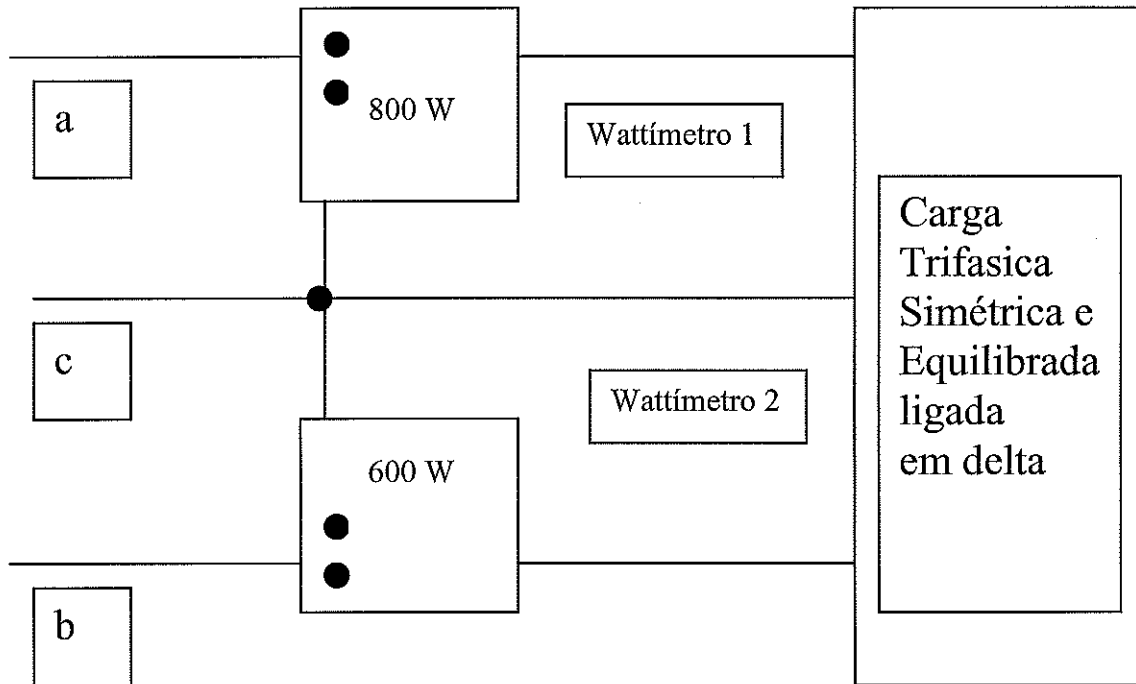
Prova : 1ª PARTE  
Profissão: ENGENHARIA ELÉTRICA

Concurso: PS-EngNav/10

2ª QUESTÃO (8 pontos)

Dada a medição dos 2 Wattímetros ligados a uma carga simétrica e equilibrada ligada em delta, conforme mostra a figura, e considerando  $V_{ab} = 220/0^\circ$  V (sequência positiva), determine:

- a) O fator de potência da carga. (2 pontos)
- b) As potências ativa, reativa e aparente da carga. (4 pontos)
- c) A impedância da carga. (2 pontos)



Continuação da 2ª questão

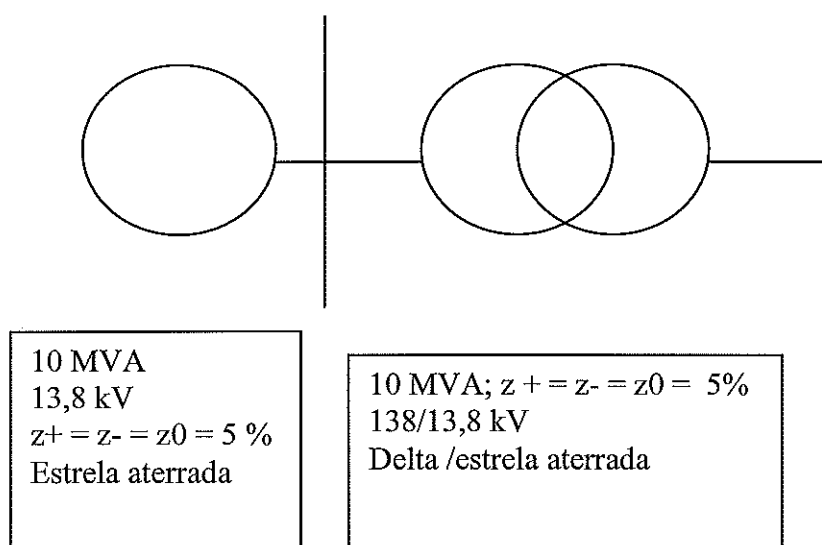
Prova : 1ª PARTE  
Profissão: ENGENHARIA ELÉTRICA

Concurso: PS-EngNav/10

3ª QUESTÃO (8 pontos)

Dado o diagrama unifilar a seguir para uma tensão na fonte de 13,8 kV, determine:

- Os diagramas de sequência positiva, negativa e zero, com as grandezas em valores por unidade (pu), para um valor de base de potência de 10 MVA. (2 pontos)
- O módulo da corrente de curto-circuito trifásico no secundário do transformador em pu e em A. (2 pontos)
- O módulo da corrente de curto-circuito monofásico no secundário do transformador em pu e em A. (4 pontos)



Continuação da 3ª questão

Prova : 1ª PARTE  
Profissão: ENGENHARIA ELÉTRICA

Concurso: PS-EngNav/10

Continuação da 3ª questão

Prova : 1ª PARTE  
Profissão: ENGENHARIA ELÉTRICA

Concurso: PS-EngNav/10



4ª QUESTÃO (8 pontos)

Dado um circuito resistivo-indutivo série de resistência de  $10 \Omega$  e indutância de  $50 \text{ mH}$ , alimentado por uma fonte em regime permanente senoidal de  $110 \text{ V}$  em  $60 \text{ Hz}$ , determine:

- a) A corrente elétrica do circuito. (2 pontos)
- b) A tensão no resistor e no indutor. (4 pontos)
- c) As perdas Joule no resistor. (2 pontos)

Continuação da 4ª questão

Prova : 1ª PARTE  
Profissão: ENGENHARIA ELÉTRICA

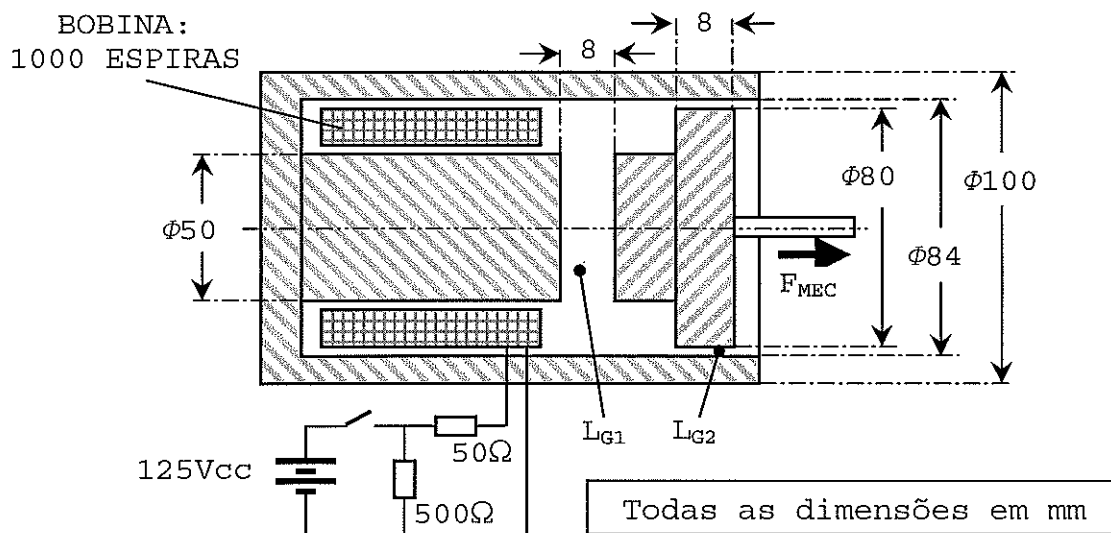
Concurso: PS-EngNav/10

5ª QUESTÃO (8 pontos)

Um eletromagneto de simetria cilíndrica é mostrado em corte longitudinal na figura abaixo. O núcleo é construído em material ferromagnético de permeabilidade muito elevada. A armadura móvel é mantida concêntrica com o núcleo fixo por meios mecânicos isentos de atrito, não mostrados na figura.

Nota: (1) Desconsidere as dispersões e espreiamentos de fluxo.

(2) Adotar permeabilidade magnética do ar ( $\mu_0$ ) =  $4\pi \cdot 10^{-7}$  H/m



- Identifique em qual dos entreferros ( $L_{G1}$  ou  $L_{G2}$ ) se dá a conversão eletromecânica de energia. Justifique. (1 ponto)
- Calcule a força mecânica sustentada pelo eletromagneto após o fechamento da chave do circuito de alimentação. (2 pontos)
- Recalcule a força do item b), quando  $L_{G1} = 0$ . (2 pontos)
- Determine o fluxo magnético no dispositivo, e as induções nos dois entreferros, para  $L_{G1} = 8$  mm e  $L_{G1} = 0$ . (1 ponto)
- Determine a indutância da bobina quando  $L_{G1} = 0$ , e calcule a sobretensão no contato quando da abertura da chave do circuito de alimentação. (2 pontos)

Continuação da 5ª questão

Prova : 1ª PARTE  
Profissão: ENGENHARIA ELÉTRICA

Concurso: PS-EngNav/10

Continuação da 5ª questão

Prova : 1ª PARTE  
Profissão: ENGENHARIA ELÉTRICA

Concurso: PS-EngNav/10

Continuação da 5ª questão

Prova : 1ª PARTE  
Profissão: ENGENHARIA ELÉTRICA

Concurso: PS-EngNav/10

**6ª QUESTÃO** (8 pontos)

Um banco trifásico de transformadores de potência tem os seguintes dados nominais:

Potência trifásica: 18 MVA - Tensão primária: 13,8 kV

Tensão secundária: 2,3 kV - Grupo de ligação: Yd11

Os resultados de ensaio do banco de transformadores estão resumidos a seguir:

Ensaio em vazio pelo lado da baixa tensão:

$V_0 = 2,3 \text{ kV}$  ;  $I_0 = 225 \text{ A}$  ;  $W_0 = 185 \text{ kW}$

Ensaio em curto-circuito pelo lado da alta tensão:

$V_{cc} = 825 \text{ V}$  ;  $I_{cc} = 600 \text{ A}$  ;  $W_{cc} = 118 \text{ kW}$

- a) Determine o circuito equivalente completo por fase do banco de transformadores, referido ao lado da alta tensão. (2 pontos)
- b) Determine a impedância complexa equivalente em valor por unidade. Indique qual a defasagem das tensões de linha entre primário e secundário para o banco. (2 pontos)
- c) Determine o rendimento do banco de transformadores para carga nominal com fator de potência 0,9 indutivo. Identifique se tal rendimento assume o valor próximo do máximo para esse fator de potência e justifique. (2 pontos)
- d) Utilizando os transformadores do banco em montagem de autotransformador trifásico elevador de tensão, com grupo de ligação Yy0, determine as tensões de entrada e saída e a sua potência trifásica disponível. (2 pontos)

Continuação da 6ª questão

Prova : 1ª PARTE  
Profissão: ENGENHARIA ELÉTRICA

Concurso: PS-EngNav/10



Continuação da 6ª questão

Prova : 1ª PARTE  
Profissão: ENGENHARIA ELÉTRICA

Concurso: PS-EngNav/10

Continuação da 6ª questão

Prova : 1ª PARTE  
Profissão: ENGENHARIA ELÉTRICA

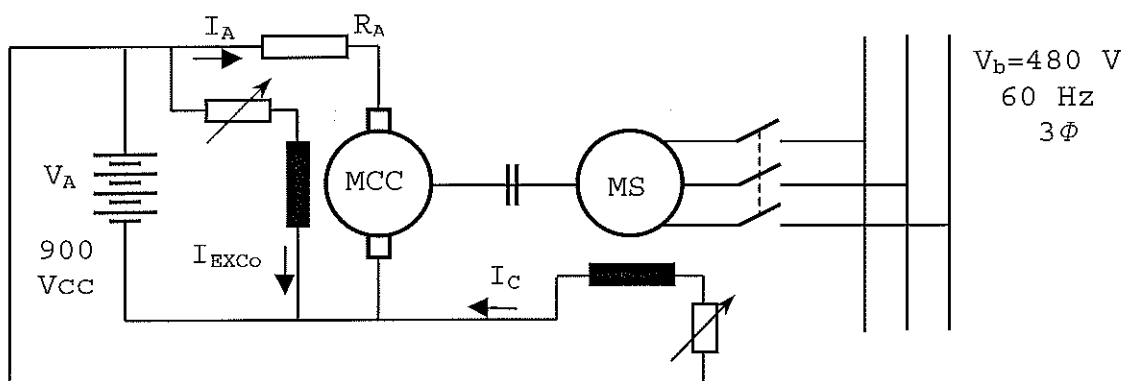
Concurso: PS-EngNav/10

7ª QUESTÃO (8 pontos)

Uma máquina síncrona e uma máquina de corrente contínua são acopladas mecanicamente. Os dados das máquinas são os seguintes:

Máquina Síncrona (MS) - 8 polos:	Máquina de Corrente Contínua (MCC):
Potência nominal: 2 MVA	Potência nominal: 2 MW
Reatância síncrona: 1,2 p.u.	Tensão de armadura: 900 Vcc
Perdas rotacionais: 50 kW	Resistência de Armadura ( $R_A$ ): 0,02 $\Omega$
Perda Joule nominal: 30 kW	Alimentação por banco de baterias

Constante de fluxo em vazio da Máquina C.C.:  $K\Phi = 9,54 \text{ V.s/rd}$



Considerar  $I_A$  = Corrente de Armadura,  $I_{EXCO}$  = Corrente de Excitação em Vazio,  $I_C$  = Corrente de Campo da Máquina Síncrona,  $V_b$  = Tensão do Barramento.

- Especifique as condições necessárias para a sincronização da MS ao barramento. Determine a sua rotação de acionamento. (1 ponto)
- Com a M.S. em flutuação no barramento, determine a corrente de armadura da MCC. (1 ponto)
- Desenhe o diagrama fasorial da MS, fornecendo potência nominal com  $\cos\phi = 0,85$  ind. Calcule o seu ângulo de carga. (2 pontos)

**Continuação da 7ª questão**

- d) Determine a corrente de excitação da MCC para a condição do item "c". (calcule em relação à excitação em vazio,  $I_{EXCO}$ ). (2 pontos)
- e) Desenhe o diagrama fasorial da MS para a condição em que a MCC carrega as baterias com potência de 2 MW. Recalcule a corrente de excitação dessa última. (2 pontos)

Continuação da 7ª questão

Prova : 1ª PARTE  
Profissão: ENGENHARIA ELÉTRICA

Concurso: PS-EngNav/10

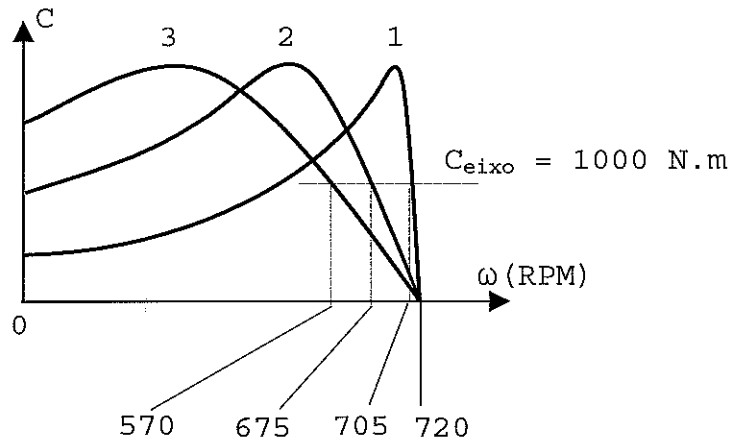
Continuação da 7ª questão

Prova : 1ª PARTE  
Profissão: ENGENHARIA ELÉTRICA

Concurso: PS-EngNav/10

8ª QUESTÃO (8 pontos)

Um motor assíncrono trifásico, de rotor bobinado, é alimentado em 380 V - 60 Hz. As suas curvas características são mostradas na figura abaixo. O torque da carga no eixo é constante e igual a 1000 N.m.



- Determine o número de pólos desse motor. (1 ponto)
- Calcule o escorregamento no ponto de operação da curva característica "1". (1 ponto)
- Sendo o valor da resistência rotórica da curva "1" igual a " $R_1$ ", determine os valores das resistências inseridas no rotor para as curvas "2" e "3". Justifique. (2 pontos)
- Para a curva "3", calcule a potência mecânica desenvolvida no eixo, a potência transferida ao rotor e a perda Joule dissipada na resistência rotórica. (2 pontos)
- Determine o valor da resistência, em função de " $R_1$ ", a ser inserida no rotor para que o torque desenvolvido no eixo, de 1000 N.m, se manifeste na condição de partida do motor. (2 pontos)

Continuação da 8ª questão

Prova : 1ª PARTE  
Profissão: ENGENHARIA ELÉTRICA

Concurso: PS-EngNav/10



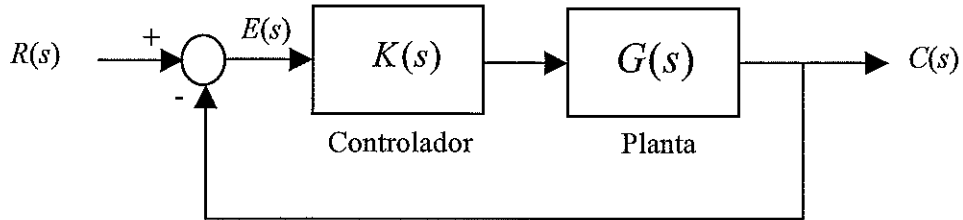
Continuação da 8ª questão

Prova : 1ª PARTE  
Profissão: ENGENHARIA ELÉTRICA

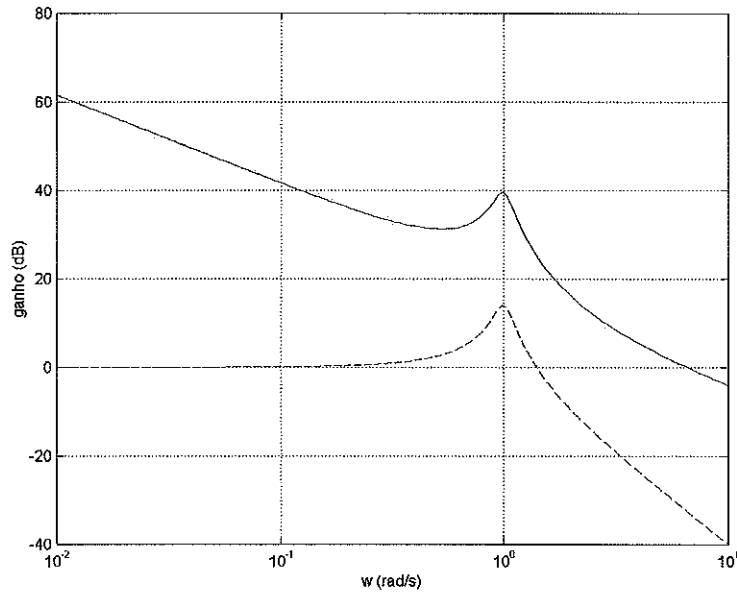
Concurso: PS-EngNav/10

9ª QUESTÃO (8 Pontos)

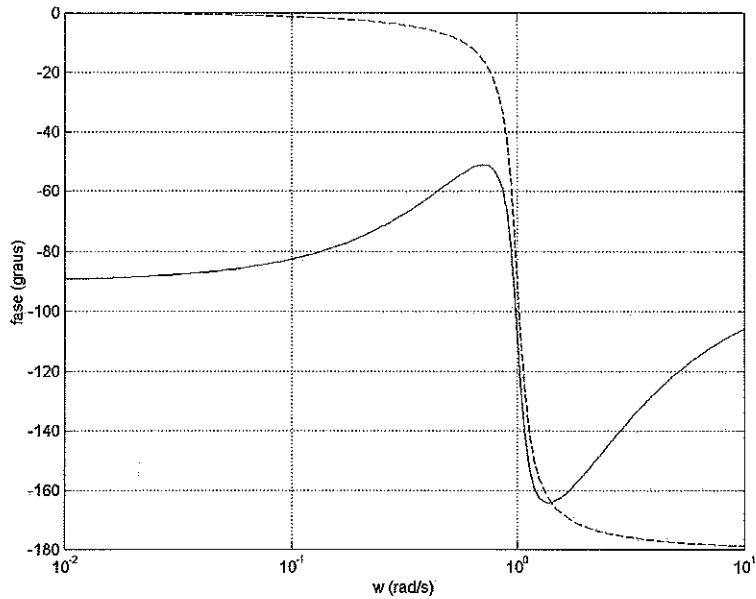
Considere o sistema de controle da figura abaixo. Entende-se por sistema não compensado aquele em que  $K(s)=1$  e por sistema compensado aquele com o controlador  $K(s)$  na malha.



Os Diagramas de Bode a seguir contêm as respostas em frequência de malha aberta: i) do sistema não compensado - isto é, da própria planta  $G(s)$  (em linha tracejada); ii) do sistema compensado - isto é, de  $K(s)G(s)$  (linha cheia). O sistema em malha fechada é estável e tem um par de pólos dominantes subamortecidos.



Continuação da 9ª questão



Pedem-se:

- Qual é o efeito do compensador sobre a margem de fase do sistema? Ela aumenta? Diminui? Permanece a mesma? Justifique sua resposta. (2 pontos)
- O sistema não compensado apresenta ressonância significativa em malha fechada? E o sistema compensado? Por quê? (3 pontos)
- Qual a natureza do compensador utilizado - avanço, atraso, P, PI, PD, PID? Por quê? (3 pontos)

Continuação da 9ª questão

Prova : 1ª PARTE  
Profissão: ENGENHARIA ELÉTRICA

Concurso: PS-EngNav/10

10ª QUESTÃO (8 Pontos)

Para um retificador trifásico a tiristores em ponte, alimentando uma carga RL ( $L \gg L_c$ ), sabe-se:

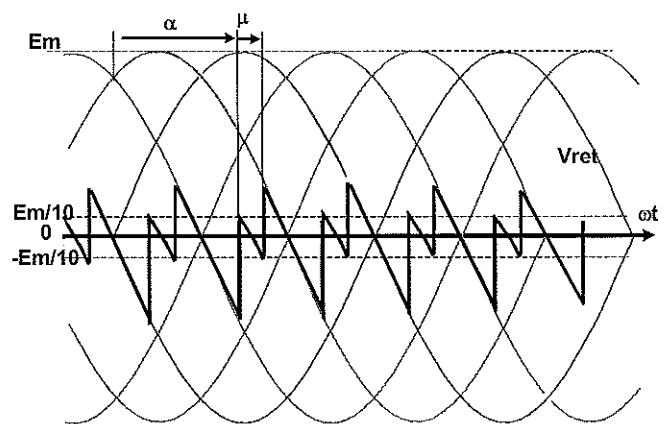
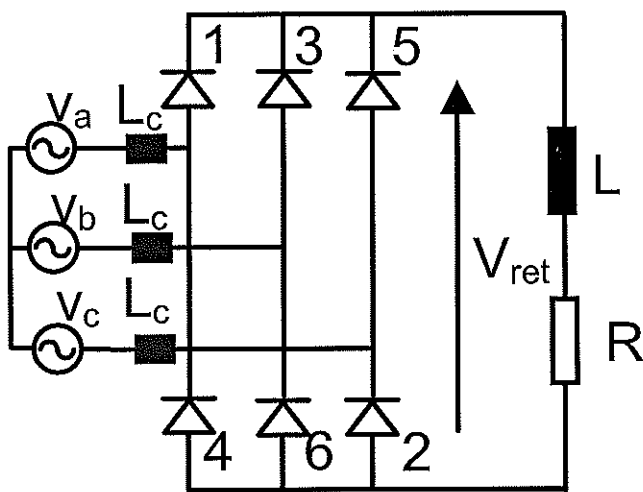
i) No instante do disparo do tiristor, o valor da tensão na saída do retificador  $V_{ret}$  vale  $E_m/10$ .

ii) No final da comutação, o valor instantâneo da tensão na saída do retificador  $V_{ret}$  vale  $-E_m/10$

sendo:

$E_m$  - a amplitude máxima da tensão de linha que alimenta o conversor

$L_c$  - a indutância por fase do modelo de Thevenin equivalente do alimentador trifásico.



Pedem-se:

- O valor do ângulo de disparo  $\alpha$ . (3 pontos)
- O valor do ângulo de comutação  $\mu$ . (3 pontos)
- O valor da regulação de tensão do retificador nesta condição, ou seja, a relação entre a diferença das tensões CC em carga e sem carga pela tensão CC sem carga. (2 pontos)

Continuação da 10ª questão

Prova : 1ª PARTE  
Profissão: ENGENHARIA ELÉTRICA

Concurso: PS-EngNav/10



**2ª PARTE: CONHECIMENTOS BÁSICOS (VALOR: 20 PONTOS)**

**1ª QUESTÃO (2,5 pontos)**

Calcule o(s) ponto(s) de máximo local e o(s) ponto(s) de mínimo

local de  $f(x) = \frac{x}{2x^2+4}$ ,  $x \in \mathbf{R}$ .



**2ª QUESTÃO** (2,5 pontos)

Determine os valores de  $\lambda \in \mathbf{R}$  para os quais todas as soluções da equação diferencial  $x'' + \lambda x' + x = 0$  são limitadas.

**3ª QUESTÃO** (2,5 pontos)

Considere o campo de vetores

$$F(x,y) = (\lambda x^2 y + y^4, y^2 + x^3 + 4xy^3), \quad (x,y) \in \mathbf{R}^2,$$

onde  $\lambda$  é um parâmetro real.

- a) Calcule a integral de linha de  $F(x,y)$  ao longo do segmento de reta que une os pontos  $A=(0,0)$  e  $B=(1,2)$ , percorrido no sentido de A para B. (1 ponto)
- b) Determine o(s) valor(es) de  $\lambda$  para os quais o campo  $F(x,y)$  deriva de potencial (isto é, o campo é conservativo). (1,5 ponto)

**4ª QUESTÃO** (2,5 pontos)

Considere  $f(x) = \sin^4 \frac{\pi x}{2}$ ,  $0 \leq x \leq 1$ .

a) Use o método dos trapézios e calcule uma aproximação de  $\int_0^1 f(x) dx$ .  
(1 ponto)

b) Use o método de Simpson e calcule uma aproximação de  $\int_0^1 f(x) dx$ .  
(1,5 ponto)

**5ª QUESTÃO** (2,5 pontos)

Duas esferas, A e B, têm massa 1kg e 2kg respectivamente.

Imediatamente antes de colidirem, a velocidade de A é  $v_a = 2\mathbf{i} + 0\mathbf{j} + 0\mathbf{k}$ , e a velocidade de B é  $v_b = -1\mathbf{i} + 0\mathbf{j} + 0\mathbf{k}$ , ambas medidas em m/s.

A colisão é inelástica e dissipa 50% da energia do sistema em calor.

Logo após a colisão, B tem velocidade  $v = 0\mathbf{i} + 0\mathbf{j} + \beta\mathbf{k}$ , com  $\beta > 0$ .

- a) Determine a energia cinética e a quantidade de movimento do sistema imediatamente antes da colisão. (1 ponto)
- b) Calcule  $\beta$ . (1,5 ponto)

**6ª QUESTÃO** (2,5 pontos)

Uma bola é atirada do chão para o alto. Quando ela atinge a altura de 5m, sua velocidade, em m/seg, é  $v = 5\mathbf{i} + 0\mathbf{j} + 10\mathbf{k}$ . Suponha que a aceleração da gravidade é, em m/seg<sup>2</sup>,  $g = 0\mathbf{i} + 0\mathbf{j} - 10\mathbf{k}$  e calcule:

- a) A altura máxima que a bola atingirá. (1 ponto)
- b) O tempo que levará para a bola atingir o solo. (1 ponto)
- c) A distância horizontal percorrida pela bola, após a trajetória atingir o seu ponto mais alto. (0,5 ponto)

**7ª QUESTÃO** (2,5 pontos)

Uma caixa de água cilíndrica tem raio de 1m e, no instante  $t=0$ , está cheia até 1 metro de altura. Esta caixa tem um orifício circular de  $20\text{cm}^2$  de área na sua base. A pressão no topo da coluna do líquido é de 1 atm, a água escapa da caixa pelo orifício com uma velocidade de  $0,1\text{m/s}$ , e a caixa é realimentada pelo topo de modo a ficar sempre cheia. Admita que a aceleração da gravidade é  $g = 10\text{m/s}^2$ , que a densidade da água é de  $d = 1\text{g/cm}^3$  e que  $1\text{ atm} = 10^5\text{ N/m}^2$ .

- a) Calcule a velocidade de entrada da água no tanque. (1,5 ponto)
- b) Determine a pressão da água no orifício de saída. (1 ponto)

**8ª QUESTÃO** (2,5 pontos)

Um ponto material A de carga 0,1 mC e massa 100 kg, encontra-se, no instante  $t=0$ , no ponto  $S=(0,1,0)$  e tem velocidade inicial  $v=(3,0,0)$ . Outro ponto material de carga negativa  $q_b$  está fixo no ponto  $O=(0,0,0)$ .

Admita que a constante de Coulomb é  $k = 9 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$ .

- a) Determine a força que age sobre A. (1 ponto)
  
- b) Calcule o valor de  $q_b$  para que a trajetória de A seja uma circunferência com centro na origem, percorrida com velocidade angular constante. (1,5 ponto)