



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

PEA 3406 - LABORATÓRIO DE SISTEMAS DE POTÊNCIA

EXPERIÊNCIA 2 – MINI-SISTEMA DE POTÊNCIA

BANCADA Nº _____

GRUPO:

PROFESSOR:

DATA:

NOTA

1. Descrição do Mini-Sistema de Potência

O Mini-Sistema de Potência é composto resumidamente:

- Gerador composto por máquina de indução e gerador síncrono (“máquina PEA”);
- Controle de velocidade (inversor de frequência) e tensão da “máquina PEA”;
- Topologia do sistema: “máquina PEA”, linhas de transmissão e suas respectivas compensações reativas; carga resistiva; barramento infinito (“AES ELETROPAULO”);
- Equipamentos de medição e suas respectivas funções no processo de supervisão e controle.

1.1. Diagrama Unifilar

Com base no roteiro e na descrição do mini-sistema, desenhe o diagrama unifilar.

1.2. Parâmetros e Fatores de Escala

Faça um levantamento dos parâmetros do mini-sistema, indicando os valores numéricos dos componentes, capacitores, indutores, etc. A partir dos valores reais, calcule os valores dos fatores de escala ($\lambda_z, \lambda_v, \lambda_i, \lambda_s$). Sabendo que $x_l = 12\Omega$.

Dados:

- Comprimento da linha = 260 km
- Tensão de linha = 440 kV no sistema e no modelo 220 V
- $X' = 0,296 \Omega/\text{km}$
- $C' = 12 \text{ nF/km}$

Obtenha os valores no sistema real com a planilha fornecida.

λ_z	
λ_v	
λ_i	
λ_s	

Verifique a montagem do mini-sistema, anotando os valores utilizados.

2. Operação do Mini-Sistema em Vazio

Roteiro para simulação com o mini-sistema em vazio:

- 1º Energizar o inversor (puxando o botão vermelho da bancada)
- 2º Abrir o programa mini-sistema
- 3º Apertar a tecla "Run"
- 4º Ligar a placa de condicionamento
- 5º Apertar a tecla "Turn inversor on"

As medições deste tópico devem ser feitas com a chave C2 aberta, manobrando apenas C1 e C4, como descrito na figura 1. O reator neste caso terá um efeito de compensação reativa (como o reator do modelo tem baixo fator de qualidade, haverá um consumo de potência ativa que não ocorre na prática, comportando-se o mesmo como uma carga indutiva).

- a) Obtenha a impedância do reator experimentalmente e analise seu efeito na rede elétrica. Obtenha a potência consumida;
- b) Qual seria a impedância real e a do modelo de um reator que compense a linha em 50%;
- c) Obtenha a constante A da linha de transmissão e analise a tensão em vazio no final da linha, com e sem reator.

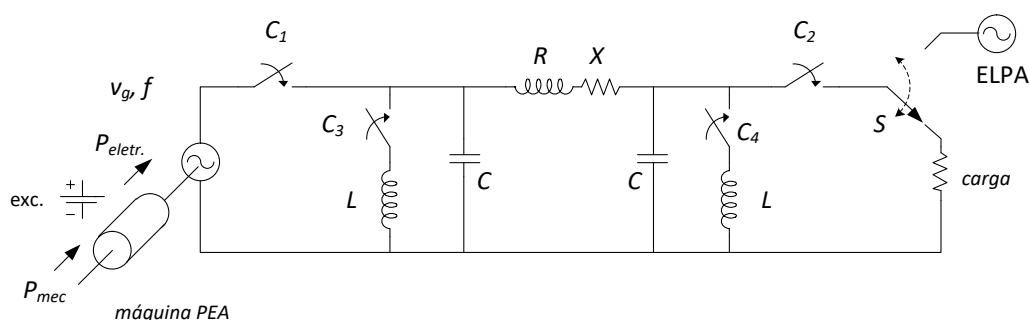


Figura 1

2.1. Energização da linha com e sem reator (chaves C1 e C4)

Faça a aquisição completa dos valores nas três fases. Para analisar os resultados, complete a tabela abaixo com os valores obtidos (utilize valores médios). Para efeito de análise, simplifique o problema admitindo um gerador que mantenha a tensão no início da linha aproximadamente constante antes e após a manobra de C4. Na realidade o gerador do mini-sistema não se comporta como um barramento infinito e devido a sua baixa potência nominal a flutuação de tensão é relativamente grande, pois estamos

trabalhando com o modelo de uma tensão atrás de uma reatância, que neste caso é elevada. Manter as chaves C2 e C3 abertas durante o ensaio com e sem o reator.

	<i>C₄ aberta</i>	<i>C₄ fechada</i>
V _{sA} (V)		
V _{sB} (V)		
V _{sC} (V)		
I _A (A)		
I _B (A)		
I _C (A)		
V _{rA} (V)		
V _{rB} (V)		
V _{rC} (V)		
Freq. (Hz)		
P (W)		
Q (KVA _r)		
S (KVA)		
f.p.		

Faça o diagrama fasorial, conforme o exemplo fornecido, representando as tensões de início e fim de linha, analisando a queda de tensão na linha para as duas situações expostas acima, com e sem reator.

Comente as variações de tensões e frequências.

3. Operação do Mini-Sistema sob Carga

As medições deste tópico devem ser feitas com a chave C1 fechada e C3 aberta, manobrando apenas C2 e C4 (figura 1). O reator neste caso representa parte da carga. Dessa forma, obtenha experimentalmente a resistência R da carga e a potência dissipada, considerando a tensão operativa na carga de 0,95 p.u.

3.1. Inserção da Carga (acionamento das chaves C2 e C4)

Faça a aquisição completa dos valores nas três fases. Para analisar os resultados, complete a tabela abaixo com os valores obtidos (utilize valores médios). Obtenha os valores no sistema real.

Ajuste a frequência para 60 Hz na condição em vazio (C2 aberta).

	<i>C₂ aberta</i>	<i>C₂ fechada</i>
V _{sA} (V)		
V _{sB} (V)		
V _{sC} (V)		
I _A (A)		
I _B (A)		
I _C (A)		
V _{rA} (V)		
V _{rB} (V)		
V _{rC} (V)		
Freq. (Hz)		
P (W)		
Q (KVA _r)		
S (KVA)		
f.p.		

Faça o diagrama fasorial, representando as tensões de início e fim de linha. Analise a queda de tensão na linha para as duas situações expostas acima.

Comente as variações de tensão e frequência.

3.2. Rejeição da Carga (abertura da chave C2)

Complete a tabela abaixo com os valores indicados no programa do mini-sistema.
Ajuste as tensões para a carga operar com tensão 0,95 p.u.

Ajuste a frequência para 60 Hz na condição de carga (C2 fechada).

	<i>C₂ aberta</i>	<i>C₂ fechada</i>
V_{sA} (V)		
V_{sB} (V)		
V_{sC} (V)		
I_A (A)		
I_B (A)		
I_C (A)		
V_{rA} (V)		
V_{rB} (V)		
V_{rC} (V)		
Freq. (Hz)		
P (W)		
Q (KVAr)		
S (KVA)		
f.p.		

Faça o diagrama fasorial representando as tensões de início, fim de linha e queda de tensão na linha para as duas situações expostas acima.

3.3. Rejeição da Carga (abertura da chave C2/C4)

Complete a tabela abaixo com os valores indicados no programa mini-sistema. Ajuste as tensões para a carga operar com tensão 0,95 p.u. e frequência de 60 Hz. Faça a conexão dos terminais da carga com o reator para manobrá-los simultaneamente (a carga agora é composta de uma parcela indutiva e capacitiva). Tome bastante cuidado com esta ligação e comece com tensão mais reduzida para evitar a operação de proteção dos relés em 5 A no modelo. Faça a caracterização da nova carga representada. Calcule a sua potência nominal na rede real.

	<i>C₂/C₄ fechada</i>	<i>C₂/C₄ aberta</i>
V _{sA} (V)		
V _{sB} (V)		
V _{sC} (V)		
I _A (A)		
I _B (A)		
I _C (A)		
V _{rA} (V)		
V _{rB} (V)		
V _{rC} (V)		
Freq. (Hz)		
P (W)		
Q (KVA _r)		
S (KVA)		
f.p.		

Faça o diagrama fasorial representando as tensões de início, fim de linha e queda de tensão na linha para as duas situações expostas acima.

Comente as tensões e frequências.

4. Sincronização

4.1. Funcionamento do Sincronoscópio

Descreva o sincronoscópio e seu funcionamento no processo de sincronização entre os dois sistemas.

4.2. Sincronizando os dois sistemas (com carga desconectada)

Descreva o processo de sincronização, levando em conta os aspectos relacionados à tensão e à frequência. O que aconteceria se tentássemos conectar os dois sistemas quando as lâmpadas do sincronoscópio estivessem acesas?

5. Ligando o Sistema “AES ELETROPAULO” em Paralelo com o Mini-Sistema

As medições deste tópico devem ser feitas com a chave **S** direcionada para a Eletropaulo. Adote tensão de linha para o modelo de 220 V de forma a viabilizar o paralelismo.

Mantenha a resistência em paralelo com o reator, formando uma carga indutiva, de acordo com o esquema da figura 2. Com medições faça a caracterização da carga (descubra a Rel equivalentes com medições). Complete a tabela abaixo com os valores indicados no programa mini-sistema.

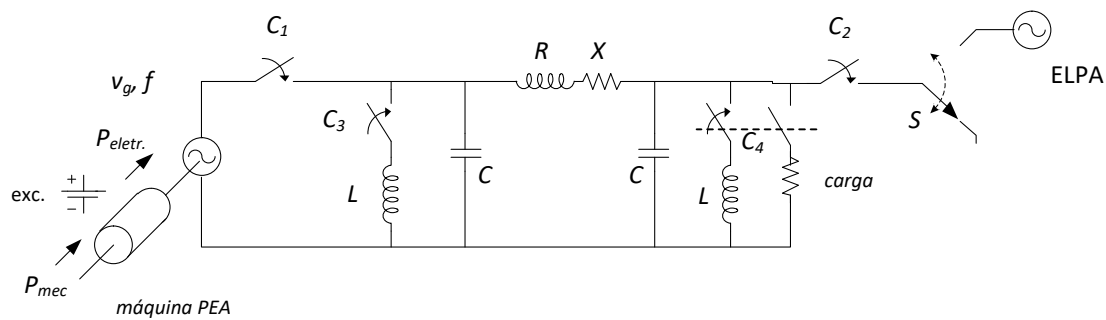


Figura 2

Observação: realizar o paralelo sem carga, ligar e desligar C_4 depois.

	C_4 aberta	C_4 fechada
V_{sA} (V)		
V_{sB} (V)		
V_{sC} (V)		
I_A (A)		
I_B (A)		
I_C (A)		
V_{rA} (V)		
V_{rB} (V)		
V_{rC} (V)		
Freq. (Hz)		
P (W)		
Q (KVAr)		
S (KVA)		
f.p.		

Descreva o que ocorre com o mini-sistema sob carga, ao se desconectar a alimentação vinda do barramento infinito. Quais as consequências desse mesmo procedimento em um sistema grande porte?

Dados adicionais

Dados do Gerador

- Resistência do enrolamento do estator: $R_f = 1,25 \, \Omega/\text{fase}$ (0,047p.u.) - para ligação de 230V
- Resistência do enrolamento de campo: $R_{\text{campo}} = 224,3 \, \Omega$
- Número de espiras do enrolamento do estator: $N_f = 216 \, \text{esp./fase}$ - para ligação de 230V
- Número de espiras do campo: $N_{\text{campo}} = 2.000 \, \text{esp/pólo}$ - 4 pólos em série
- Enrolamento amortecedor: 5 barras/ pólo
- Potência nominal:

Parâmetros transitórios:

- $X_{\text{dsat.}} = 0,75 \, \text{p.u.}$
- $X_{\text{dn.sat.}} = 0,92 \, \text{p.u.}$
- $X_{\text{qn.sat.}} = 0,47 \, \text{p.u.}$
- $X'_d = 0,49 \, \text{p.u.}$
- $X''_d = 0,09 \, \text{p.u.}$
- $T'_d = 68,3 \, \text{ms}$
- $T''_d = 25 \, \text{ms}$
- Reatância de dispersão do estator: $X_a = 0,08 \, \text{p.u.}$
- Momento de inércia do rotor: $J = 0,034 \, \text{kg.m}^2$

Dados do reator: 32 Ohms

Capacitância da linha

Reatância da linha: 32 mH (12 Ohms)

200 km 0,3 ohm/km 60 Ohm k=5 com $C_m = 2 \cdot 6 \, 6/5 = 1,2 \, \mu\text{F}$ 4000/200 20 nF/km
 analisar outro caso