## PEA 2406 - LABORATÓRIO DE SISTEMAS DE POTÊNCIA

# EXPERIÊNCIA 2 - MINI SISTEMA DE POTÊNCIA

NOTA

----------

BANCADA Nº\_\_\_\_\_

GRUPO:

PROFESSOR: DATA:

# 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 (,,,). Sabendo que xl = 12Ω.

Dados:

* Comprimento da linha = 260 km
* Tensão de linha = 440 kV no sistema e no modelo 220 V
* X’=0,296 Ω/km
* C’=12 nF/km

Obtenha os valores no sistema real com a planilha fornecida.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

# 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”

4 º 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.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | *C4 aberta* | *C4 fechada* |
| VsA (V) |  |  |
| VsB (V) |  |  |
| VsC (V) |  |  |
| IA (A) |  |  |
| IB (A) |  |  |
| IC (A) |  |  |
| VrA (V) |  |  |
| VrB (V) |  |  |
| VrC (V) |  |  |
| Freq. (Hz) |  |  |
| P (W) |  |  |
| Q (KVAr) |  |  |
| 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).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | *C2 aberta* | *C2 fechada* |
| VsA (V) |  |  |
| VsB (V) |  |  |
| VsC (V) |  |  |
| IA (A) |  |  |
| IB (A) |  |  |
| IC (A) |  |  |
| VrA (V) |  |  |
| VrB (V) |  |  |
| VrC (V) |  |  |
| Freq. (Hz) |  |  |
| P (W) |  |  |
| Q (KVAr) |  |  |
| 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).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | *C2 aberta* | *C2 fechada* |
| VsA (V) |  |  |
| VsB (V) |  |  |
| VsC (V) |  |  |
| IA (A) |  |  |
| IB (A) |  |  |
| IC (A) |  |  |
| VrA (V) |  |  |
| VrB (V) |  |  |
| VrC (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.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | *C2/C4 fechada* | *C2/C4 aberta* |
| VsA (V) |  |  |
| VsB (V) |  |  |
| VsC (V) |  |  |
| IA (A) |  |  |
| IB (A) |  |  |
| IC (A) |  |  |
| VrA (V) |  |  |
| VrB (V) |  |  |
| VrC (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.

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 C4 depois.*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | *C4 aberta* | *C4 fechada* |
| VsA (V) |  |  |
| VsB (V) |  |  |
| VsC (V) |  |  |
| IA (A) |  |  |
| IB (A) |  |  |
| IC (A) |  |  |
| VrA (V) |  |  |
| VrB (V) |  |  |
| VrC (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:   Rf = 1,25 Ω/fase  (0,047p.u.) - para ligação de 230V
* Resistência do enrolamento de campo: Rcampo = 224,3 Ω
* Número de espiras do enrolamento do estator: Nf = 216 esp./fase - para ligação de 230V
* Número de espiras do campo: Ncampo = 2.000 esp/pólo  -  4 pólos em série
* Enrolamento amortecedor: 5 barras/ pólo
* Potência nominal:

**Parâmetros transitórios:**

* Xdsat. = 0,75 p.u.
* Xdn.sat.= 0,92 p.u.
* Xq n.sat. = 0,47 p.u.
* X'd = 0,49 p.u.
* X''d = 0,09 p.u.
* T'd = 68,3 ms
* T''d = 25 ms
* Reatância de dispersão do estator: Xa = 0,08 p.u.
* Momento de inércia do rotor: J = 0,034 kg.m²

**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 Cm=2\*6 6/5=1,2 uF 4000/200 20 nF/km

analisar outro caso