TESE
1140

DERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBÁ
ÃO DOS CURSOS DE PÓS-GRADUAÇÃO
NGENHARIA DE SISTEMAS ELÉTRICOS

ESTUDO DE ESTABILIDADE TRANSITÓRIA COM MÉTODO DE SOLUÇÃO NÃO ITERATIVO CONSIDERANDÓ OS VÁRIOS TIPOS DE CARGA VARIÁVEIS COM A TENSÃO

TESE DE MESTRADO

DE

ARLEI BICHELS

ITAJUBÁ 1975

ESCOLA FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBÁ

COORDENAÇÃO DOS CURSOS DE PÓS-GRADUAÇÃO

CURSO DE ENGENHARIA DE SISTEMAS ELÉTRICOS

ESTUDO DE ESTABILIDADE TRANSITÓRIA COM MÉTODO DE SOLUÇÃO NÃO ITERATIVO CONSIDERANDO OS VÁRIOS TIPOS DE CARGA VARIÁVEIS COM A TENSÃO

Escola Federal de Engenharia de Itajubá - EFEI
Biblioteca MAUÁ BIM

T E S E D E M E S T R A D O

de

A R L E I B I C H E L S

BANCA DE EXAMINADORES

HOMER ELLIOT BROWN - orientador

ADEMIR CARNEVALLI GUIMARÃES

GUILHERMO DE JESUS IRISARRI

ITAJUBÁ - 1975

CLASS. 621.3.016.35:621.3
017.8(043.2)
CUTTER. S583e
TOMBO. 1140

ANEXO II

FOLHA DE JULGAMENTO DA COMISSÃO EXAMINADORA

Título da Dissertação: Estudo de Estabilidade por métodos não iterativo considerado o efeito de diferentes cargas variáveis com a tensão".

Autor: ARLEI BICHELS

JULGAMENTO

Examinadores	Conceito	Rubrica
1º	A+	
2º	A+	
3º	A+	

Resultado médio: Conceito A+, ou seja aprovado com louvor

Observações:

Itajubá, 11 de dezembro de 1975.

1º Examinador
Prof. Ademir Carnevalli Guimarães

2º Examinador
Prof. Guillermo de Jesus Irisarri

Homer Eliot Brown
3º Examinador - Presidente
Prof. Homer Eliot Brown

TEXTO

CONTEÚDO

1.- introdução

2.- estudo de estabilidade transitória de sistemas elétricos de potência - solução das equações de oscilação (swing)

2.1.- histórico

2.2.- equações de oscilação

2.3.- potência elétrica

2.4.- potência mecânica

2.5.- solução das equações diferenciais

3.- solução das equações algébricas do sistema elétrico

3.1.- equações algébricas do sistema elétrico

3.2.- solução das equações algébricas de forma não iterativa

3.3.- solução das equações algébricas de forma iterativa

a.- no instante da ocorrência da falta

b.- no instante da eliminação da falta

4.- aplicação do método

4.1.- programa elaborado

4.2.- resultados obtidos

5.- referências

Apêndice I - formação da matriz Z_{BARRA}

Apêndice II - método de inversão de matrizes de Shipley & Coleman

Apêndice III - modelo de cargas - representação na forma exponencial

Apêndice IV - modelo de máquinas síncronas - modelo 1 do IEEE

Apêndice V - método de solução das equações diferenciais de oscilação (swing) - método de Heun ou método de Euler modificado

Apêndice VI - notação e símbolos utilizados

1.- INTRODUÇÃO

Tendo em vista o constante crescimento dos sistemas elétricos de potência e do grande número de interligações existente entre os mesmos o planejamento e a operação destes sistemas necessita, cada dia mais, de estudos de estabilidade que sejam os mais completos possíveis a fim de permitir uma melhor análise do seu comportamento quando da ocorrência de distúrbios.

Com a representação cada vez mais pormenorizada dos vários componentes dos sistemas elétricos (tais como máquinas síncronas, máquinas assíncronas, transformadores e cargas), bem como de sistemas cada vez maiores, o estudo de estabilidade - que envolve a resolução de equações algébricas e de equações diferenciais - passou a exigir computadores digitais de grande porte e um tempo de computação proibitivo.

A solução de um caso de estabilidade pelo método de simulação passo a passo implica na solução, por métodos iterativos, das equações algébricas que descrevem o sistema em cada intervalo de tempo do estudo. Dependendo da forma como forem representadas as cargas existentes nas várias barras do sistema, o tempo de computação necessário à solução das equações algébricas do sistema pode aumentar consideravelmente.

Como o tempo de computação necessário à solução das equações algébricas do sistema representa uma parcela considerável do tempo utilizado para a solução de todo o problema, torna-se desejável uma forma de solução não iterativa que reduza o tempo de computação total.

Se considerarem-se as cargas como sendo do tipo impedância constante é possível se resolver as equações algébricas do sistema de forma não iterativa /1/, /19/, /20/, porém, tal característica de carga não pode ser utilizada de forma generalizada pois a parcela representada por motores de indução (carga tipo "potência constante") é cada vez maior, além de outros tipos de carga cuja influência tem que ser levada em conta no estudo de estabilidade de sistemas elétricos.

Neste trabalho a solução das equações algébricas do sistema será obtida de maneira não iterativa levando-se em considera

ção qualquer tipo de carga, as quais serão representadas na forma "exponencial".

Tendo em vista o fato de não se ter conhecimento exato do comportamento das várias cargas de um sistema durante um distúrbio é possível então, utilizando-se um modelo de cargas de forma exponencial, obter-se a solução das equações algébricas do sistema de forma não iterativa fazendo-se uma aproximação em cada intervalo de tempo da simulação. Isto é possível face às pequenas variações nas tensões das barras do sistema, de intervalo a intervalo de tempo considerado. Apenas nos instantes da ocorrência e da eliminação da falta torna-se necessária uma solução iterativa devido às grandes varaiações de tensão em todo o sistema.

Utilizando-se este método de solução obtém-se uma considerável redução no tempo total de computação permitindo que se analise um maior número de distúrbios no sistema e que se tenha um melhor conhecimento do comportamento do mesmo.

2.- ESTUDO DE ESTABILIDADE TRANSITÓRIA DE SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA - SOLUÇÃO DAS EQUAÇÕES DE OSCILAÇÃO (SWING)

2.1.- HISTÓRICO

O estudo do comportamento dos geradores do sistema durante este período de transição entre um regime de operação e outro é denominado "estudo de estabilidade transitória" e com ele se procura determinar se as máquinas do sistema permanecerão ou não em sincronismo após o distúrbio.

À medida que os sistemas foram crescendo e o número de interconecções entre sistemas foi aumentando, o problema da estabilidade passou a ser de grande importância exigindo cada vez mais detalhamento dos estudos, e, consequentemente aumentando em complexidade.

Desta forma não mais foi possível efetuarem-se estudos de estabilidade por meio de cálculos manuais e até mesmo o uso dos analisadores de circuito tornou-se impraticável ou extremamente oneroso.

Com a evolução dos computadores digitais, estes passaram a ser empregados no estudo do problema de estabilidade de sistemas elétricos, utilizando-se o método de solução "passo a passo", método este já empregado na solução por cálculos manuais.

2.2.- EQUAÇÃO DE OSCILAÇÃO

Embora um sistema elétrico de potência normalmente não possa ser considerado como estando em "regime permanente" pois a carga está em constante flutuação, forçando os geradores a acompanhar estas variações, é costume considerar-se esta condição porque estas perturbações são pequenas e os geradores passam de um estado de equilíbrio para outro estado de equilíbrio.

Quando ocorre um distúrbio, tal como a perda de geração, perda de uma linha, um curto circuito ou a aplicação de uma carga excessivamente grande, o desiquilíbrio que ocorre em um ou vários geradores é muito grande e isto poderá levá-los a saírem de sincronismo entre si. Até ser atingido um outro estado de equilíbrio os geradores oscilam, trocando potência uns com os outros atra

vês do sistema.

Estando o sistema em regime permanente, cada um dos geradores também está, e existe o equilíbrio entre a potência mecânica "P_m", fornecida pela turbina do gerador, e a potência elétrica "P_e", fornecida pelo gerador ao sistema. Desta forma o rotor gira com velocidade síncrona, mantendo um defasamento constante com o rotor de uma máquina tomada como referência.

Ao ocorrer um distúrbio no sistema, como o caso de um curto-circuito, a potência elétrica, fornecida pelos geradores nos seus terminais, é reduzida (face à queda de tensão no sistema). Surge então um desiquilíbrio entre as potências mecânica e elétrica em cada um dos geradores do sistema. Esta diferença de potência denominada "potência acelerante", "P_a", passa então a atuar no rotor das máquinas fazendo com que os mesmos acelerem, aumentando a sua velocidade angular e provocando um deslocamento da posição destes em relação à referência que gira com velocidade síncrona.

A equação que governa o movimento do rotor de cada máquina do sistema devido à ação da potência acelerante é:

$$M \frac{d^2\delta}{dt^2} = P_m - P_e = P_a \qquad (1)$$

A solução da equação (1), obtida para cada máquina do sistema, será o ângulo δ, que indica a posição do rotor da máquina com relação à referência, em função do tempo. A equação (1) é denominada equação de oscilação (ou equação de "swing") e a curva traçada com os valores de δ vs t é denominada curva de oscilação (ou curva de "swing").

Vê-se daí, que existindo n máquinas no sistema, haverá n equações diferenciais idênticas à equação (1) que deverão ser resolvidas a cada intervalo de tempo. Para tanto, é necessário também que a cada intervalo de tempo sejam determinadas as potências elétrica e mecânica que atuam no gerador.

2.3.- POTÊNCIA ELÉTRICA

A potência elétrica fornecida pelo gerador é resultante da interação entre os três circuitos do estator, o circuito

de campo e os circuitos dos enrolamentos amortecedores e dependerá do fluxo que entrelaça os enrolamentos do estator e das correntes que circulam nestes. Como os circuitos do estator estão conectados ao sistema de transmissão ao qual o gerador pertence, a potência elétrica do gerador, a tensão e a corrente em seus terminais serão função das cargas, do sistema de transmissão e das demais máquinas do sistema[18].

Quando ocorre alguma variação na tensão terminal do gerador, o regulador de tensão irá atuar de maneira a trazer a tensão terminal de volta ao seu valor prévio; o fluxo do enrolamento de campo sofrerá uma variação e com isto a potência elétrica fornecida pelo gerador será alterada.

2.4.- POTÊNCIA MECÂNICA

A potência mecânica fornecida ao eixo do gerador é função da velocidade da turbina e esta depende da posição da válvula de admissão do vapor (das turbinas a vapor), ou da comporta de admissão de água (das turbinas hidráulicas)[18].

Quando há desiquilíbrio entre a potência mecânica e a potência elétrica no gerador o rotor deste acelera, aumentando a sua velocidade e desta forma o regulador de velocidade irá atuar de maneira a manter a velocidade nominal.

2.5.- SOLUÇÃO DAS EQUAÇÕES DIFERENCIAIS

Assim, a fim de se resolver as equações de oscilação das várias máquinas do sistema é necessário que se determine qual a potência mecânica no eixo e a potência elétrica fornecida pelas máquinas a cada instante.

A determinação da potência mecânica implica em se representar por um modelo adequado os reguladores de velocidade e as turbinas das várias máquinas enquanto que a determinação da potência elétrica implica em se representar por um modelo adequado os reguladores de tensão e as máquinas elétricas e em se resolver as equações algébricas do sistema a fim de se determinar as condições terminais das máquinas.

Uma vez determinadas as potências mecânica e elétri-

ca em cada máquina, no instante considerado, a solução das equações diferenciais é levada a efeito utilizando-se um método numérico adequado, obtendo-se assim as novas posições dos rotores das máquinas em relação a uma referência que gira com velocidade síncrona.

O processo todo é então repetido para cada intervalo de tempo até o final do período de simulação, obtendo-se assim a posição do rotor das várias máquinas do sistema durante todo este período.

Se o sistema for estável as oscilações serão amortecidas e as máquinas tenderão a uma condição de equilíbrio.

Ocorre, porém, que em vista da natureza das cargas existentes no sistema, que são alteradas com a variação da tensão e da frequência, a solução das equações algébricas do sistema elétrico deverá ser obtida de forma iterativa em cada intervalo de tempo, a fim de se determinarem as condições terminais das máquinas e sua potência elétrica.

A solução da equação (1) que é uma equação diferencial de segunda ordem é levada a efeito integrando-se uma vez e obtendo-se a velocidade angular "ω", pois:

$$\frac{d\delta}{dt} = \omega \qquad (2)$$

donde se tem que:

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{180f}{h} P_a \qquad (3)$$

que é uma equação diferencial de primeira ordem.

Resolvendo-se a equação (3), tem-se o valor de "ω" e é então possível resolver-se a equação (2), que é também uma equação diferencial de primeira ordem, obtendo-se assim o valor do ângulo δ.

3.- SOLUÇÃO DAS EQUAÇÕES ALGÉBRICAS DO SISTEMA ELÉTRICO

3.1.- EQUAÇÕES ALGÉBRICAS DO SISTEMA ELÉTRICO

A equação que descreve a condição de um sistema elétrico, quando se utiliza a matriz de impedância, Z_{BARRA} /3/, é:

$$\begin{bmatrix} \dot{E} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{Z} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \dot{I} \end{bmatrix} \tag{4}$$

onde: $\dot{E}$ = vetor de tensões das barras do sistema;
$\dot{Z}$ = matriz Z_{BARRA} do sistema;
$\dot{I}$ = vetor de correntes injetadas nas barras.

Separando-se as barras do sistema em barras de geração e barras de carga, pode-se escrever a equação (4), como:

$$\begin{bmatrix} \dot{E}_{G_1} \\ \dot{E}_{G_2} \\ \vdots \\ \dot{E}_{G_m} \\ \hline \dot{E}_{L_{m+1}} \\ \vdots \\ \dot{E}_{L_{m+n}} \end{bmatrix} = \left[\begin{array}{ccc|ccc} \dot{Z}_{11} & \cdots & \dot{Z}_{1m} & \dot{Z}_{1m+1} & \cdots & \dot{Z}_{1m+n} \\ \dot{Z}_{21} & \cdots & \dot{Z}_{2m} & \dot{Z}_{2m+1} & \cdots & \dot{Z}_{2m+n} \\ \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots \\ \dot{Z}_{m1} & \cdots & \dot{Z}_{mm} & \dot{Z}_{mm+1} & \cdots & \dot{Z}_{mm+n} \\ \hline \dot{Z}_{m+11} & \cdots & \dot{Z}_{m+1m} & \dot{Z}_{m+1m+1} & \cdot & \dot{Z}_{m+1m+n} \\ \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots \\ \dot{Z}_{m+n1} & \cdot & \dot{Z}_{m+nm} & \dot{Z}_{m+nm+1} & \cdot & \dot{Z}_{m+nm+n} \end{array}\right] \cdot \begin{bmatrix} \dot{I}_{G_1} \\ \dot{I}_{G_2} \\ \vdots \\ \dot{I}_{G_m} \\ \hline \dot{I}_{L_{m+1}} \\ \vdots \\ \dot{I}_{L_{m+n}} \end{bmatrix} \tag{5}$$

ou, abreviadamente, considerando-se cada uma das submatrizes da equação (5), pode-se escrever:

$$\begin{bmatrix} \dot{E}_G \\ \hline \dot{E}_L \end{bmatrix} = \left[\begin{array}{c|c} \dot{Z}_{GG} & \dot{Z}_{GL} \\ \hline \dot{Z}_{LG} & \dot{Z}_{LL} \end{array}\right] \cdot \begin{bmatrix} \dot{I}_G \\ \hline \dot{I}_L \end{bmatrix} \tag{6}$$

onde os termos com subscrito "G" se referem aos geradores e os termos com subscrito "L" se referem às cargas.

Efetuando-se o produto matricial indicado pela equação (6), obtém-se:

$$\left[\dot{E}_G\right] = \left[\dot{Z}_{GG}\right] \cdot \left[\dot{I}_G\right] + \left[\dot{Z}_{GL}\right] \cdot \left[\dot{I}_L\right] \tag{7}$$

$$\left[\dot{E}_L\right] = \left[\dot{Z}_{LG}\right] \cdot \left[\dot{I}_G\right] + \left[\dot{Z}_{LL}\right] \cdot \left[\dot{I}_L\right] \tag{8}$$

Separando-se o termo $\left[\dot{I}_G\right]$ da equação (7) obtém-se:

$$\left[\dot{I}_G\right] = \left[\dot{Z}_{GG}\right]^{-1} \cdot \left[\dot{E}_G\right] - \left[\dot{Z}_{GG}\right]^{-1} \cdot \left[\dot{Z}_{GL}\right] \cdot \left[\dot{I}_L\right] \tag{9}$$

Substituindo-se a equação (9) na equação (8), obtém-se:

$$\left[\dot{E}_L\right] = \left[\dot{Z}_{LG}\right] \cdot \left[\dot{Z}_{GG}\right]^{-1} \cdot \left[\dot{E}_G\right] + \left[-\left[\dot{Z}_{LG}\right] \cdot \left[\dot{Z}_{GG}\right]^{-1} \cdot \left[\dot{Z}_{GL}\right] + \left[\dot{Z}_{LL}\right] \right] \cdot \left[\dot{I}_L\right] \tag{10}$$

As equações (9) e (10) poderão ser agora colocadas na forma matricial abaixo:

$$\begin{bmatrix} \dot{I}_G \\ \hline \dot{E}_L \end{bmatrix} = \left[\begin{array}{c|c} \dot{Z}_{GG}^{-1} & -\dot{Z}_{GG}^{-1}\cdot\dot{Z}_{GL} \\ \hline \dot{Z}_{LG}\cdot\dot{Z}_{GG}^{-1} & \dot{Z}_{LL} - \dot{Z}_{LG}\cdot\dot{Z}_{GG}^{-1}\cdot\dot{Z}_{LG} \end{array}\right] \cdot \begin{bmatrix} \dot{E}_G \\ \hline \dot{I}_L \end{bmatrix} \qquad (11)$$

Verifica-se que as operações executadas com as equações (7), (8) e (9) são idênticas àquelas utilizadas pelo método de inversão de matrizes de Shipley & Coleman /3/, /12/ se as submatrizes

$$\left[\dot{Z}_{GG}^{-1}\right] \quad \text{e} \quad \left[\dot{Z}_{LG}\cdot\dot{Z}_{GG}^{-1}\right]$$

bem como o subvetor $\left[\dot{E}_G\right]$ da equação (11) forem multiplicados por -1 ter-se-á então:

$$\begin{bmatrix} \dot{I}_G \\ \hline \dot{E}_L \end{bmatrix} = \left[\begin{array}{c|c} -\dot{Z}_{GG}^{-1} & -\dot{Z}_{GG}^{-1}\cdot\dot{Z}_{GL} \\ \hline -\dot{Z}_{LG}\cdot\dot{Z}_{GG}^{-1} & \dot{Z}_{LL} - \dot{Z}_{LG}\cdot\dot{Z}_{GG}^{-1}\cdot\dot{Z}_{GL} \end{array}\right] \cdot \begin{bmatrix} -\dot{E}_G \\ \hline \dot{I}_L \end{bmatrix} \qquad (12)$$

3.2.- SOLUÇÃO DAS EQUAÇÕES ALGÉBRICAS DE FORMA NÃO ITERATIVA

Utilizando-se a equação (4) obtém-se as tensões nas barras do sistema em função das correntes injetadas nas barras de geração e das correntes das barras de carga.

Durante as oscilações dos geradores, após a ocorrência de um distúrbio no sistema, as tensões nas barras de carga variam e, como as cargas são variáveis com a tensão, a corrente destas cargas irá variar também e então a solução da equação (4) precisa ser obtida por um método iterativo.

Entretanto, tendo-se em vista que:

a.- a variação da tensão (em módulo e fase) de um instante a outro, durante o período da simulação, é muito pequena (exceto nos instantes da ocorrência e do desligamento da falta);

b.- o comportamento das cargas como função da tensão e da frequência não é conhecido com exatidão (e assim o modelo matemático utilizado será sempre uma aproximação);

c.- o próprio valor da carga existente em uma barra não é conhecido com exatidão.

é possível fazer-se uma aproximação e calcular-se a corrente de carga, em uma barra, no instante "t_n" em função da tensão nesta barra no instante "$t_n - \Delta t$".

Utilizando-se então a equação (12) e fazendo-se a aproximação acima descrita obtém-se, em cada intervalo de tempo de simulação, a corrente nos geradores (e desta forma a potência élétrica destes) com apenas uma multiplicação matricial.

3.3.- SOLUÇÃO DAS EQUAÇÕES ALGÉBRICAS DE FORMA ITERATIVA

Nos instantes da ocorrência e da eliminação da falta, porém, as variações de tensão nas barras do sistema são maiores e assim sendo a solução das equações algébricas de forma direta não é possível.

a.- no instante da ocorrência da falta

Ocorrendo uma falta trifásica em uma barra do sistema a tensão nesta barra irá a zero e a contribuição de corrente de curto-circuito do restante do sistema causará uma queda de tensão em todas as demais barras do sistema.

Considerando-se uma falta trifásica nos terminais de um gerador, tem-se:

$$\begin{bmatrix} \dot{I}_{G_1} \\ \dot{I}_{G_i} \\ \dot{I}_{G_m} \\ \hline \dot{E}_{L_{m+1}} \\ \dot{E}_{L_n} \end{bmatrix} = \left[\begin{array}{c|c} \dot{Y}_{GG} & \dot{Y}\dot{Z}_{GL} \\ \hline \dot{Z}\dot{Y}_{LG} & \dot{Z}_{LL} \end{array}\right] \cdot \begin{bmatrix} \dot{E}_{G_1} \\ 0 \\ \dot{E}_{G_m} \\ \hline \dot{I}_{L_{m+1}} \\ \dot{I}_{L_n} \end{bmatrix} \qquad (13)$$

Efetuando-se a multiplicação indicada na equação (13), obtém-se um vetor de correntes nos geradores e de tensões nas cargas. Empregando-se o valor obtido para a corrente nos geradores nas equações das máquinas síncronas obtém-se novos valores de tensões terminais das mesmas, da mesma forma, empregando-se o valor obtido para as tensões nas cargas, nas equações do modelo das cargas, obtém-se novos valores de correntes de carga.

O processo acima descrito é repetido, mantendo-se a

tensão na barra da falta igual a zero, até que a diferença entre o vetor resultante (da equação 13) em duas iterações consecutivas seja menor do que um valor pré estabelecido.

A partir de então prossegue-se a simulação de forma não iterativa até o instante do desligamento da falta.

b.- no instante da eliminação da falta

Decorridos alguns ciclos após a ocorrência da falta há a atuação da proteção e a falta é eliminada pela abertura dos disjuntores das extremidades da linha em curto-circuito.

Antes de iniciar-se o processo de solução das equações algébricas do sistema a matriz Z_{BARRA} deve ser modificada pois foi retirada uma linha do sistema. Como as duas barras terminais da linha permanecem na matriz, utiliza-se o algorítimo de formação de "loop", porém com os dados da linha (ou transformador) agora com sinal oposto aos dados originais.

Uma vez modificada a matriz Z_{BARRA} deve ser invertida parcialmente nos eixos dos geradores.

Da mesma forma que para o instante da falta, a solução iterativa é obtida efetuando-se a multiplicação indicada pela equação (12), e, com as correntes nos geradores e tensões nas cargas até que a diferença entre duas iterações consecutivas seja menor do que um valor pré estabelecido.

4.- APLICAÇÃO DO MÉTODO

Com a finalidade de testar o método descrito foi elaborado um programa para computador digital sendo o mesmo implantado no computador TELEFUNKEN TR - 86 da EFEI.

4.1.- PROGRAMA ELABORADO

O programa elaborado tem as seguintes características:

a.- capacidade para:

- 100 barras
- 10 geradores
- 10 barras de carga tipo corrente e (ou) potência constante
- 5 linhas monitoradas
- 150 valores de ângulo e velocidade dos geradores
- 150 valores de tensão e ângulos de barras terminais de linha monitoradas

b.- modelo utilizado para as máquinas síncronas:
modelo 1 do IEEE (apêndice IV).

c.- modelo utilizado para as cargas:
forma exponencial (apêndice III)

d.- método de solução das equações diferenciais de oscilação:
método de Heun, ou método de Euler modificado (apêndice V)

e.- apresentação dos resultados:
os resultados são apresentados sob a forma de tabelas e curvas:

- tabela do ângulo e da velocidade do rotor de cada gerador em cada intervalo de tempo
- tabela de módulo e ângulo de tensão das barras terminais de cada uma das barras monitoradas
- curva de oscilação do rotor de cada uma das máquinas do sistema (gráfico "ângulo absoluto versus tempo")

f.- capacidade de memória requerida: 45 K

Os dados necessários à utilização do programa são os seguintes:

a.- dados das linhas e transformadores
- resistência
- reatância
- susceptância
- tap (no caso de transformador)

b.- dados das barras
- nome da barra
- tensão
- ângulo
- potência gerada (ativa e reativa)
- potência consumida (ativa e reativa)
- potência do reator e (ou) capacitor

c.- dados das cargas tipo corrente constante e potência constante
- parcela de carga tipo corrente constante
- expoente da parte ativa
- expoente da parte reativa
- parcela de carga tipo potência constante
- expoente da parte ativa
- expoente da parte reativa

d.- dados da barra onde será aplicada a falta
- número da barra

e.- dados da linha a ser desligada
- número das barras terminais
- impedância da linha

f.- tempos para a simulação
- tempo total da simulação
- tempo em que ocorrerá o desligamento
- intervalo de tempo

g.- dados das linhas monitoradas
- número das barras terminais

h.- dados dos geradores
- constante H
- reatância transitória de eixo direto X'_d

Tendo em vista que o estudo de estabilidade

transitória inicia-se a partir do sistema em condições de regime permanente, condições estas que são determinadas pelo estudo de fluxo de potência do sistema, este programa de estabilidade utiliza os resultados obtidos do programa de fluxo de potência da Philadelphia Eletric Power Company, os quais são obtidos já em cartões perfurados ao final do processamento do fluxo de potência (o programa da PECO permite também o arquivamento dos dados em fita ou disco magnético). Os demais dados necessários ao programa são também fornecidos por meio de cartões perfurados.

A leitura de todos os dados é feita por meio de cartões de controle, sendo que o final de um bloco de dados é indicado por uma "chave", não havendo necessidade de ordenação prévia dos dados, dentro de um mesmo bloco, nem da contagem dos mesmos.

O programa permite ainda a utilização de um cartão comentário para a identificação do caso em estudo.

O programa consta de um programa principal e de dezoito subrotinas; estas subrotinas são listadas a seguir, juntamente com a sua função:

ZBARRA: forma a matriz Z_{BARRA} do sistema (é chamada pelo programa principal).

REFER: adiciona uma impedância da referência para uma nova barra (é chamada pela subrotina ZBARRA).

NOVA: adiciona uma impedância de uma barra existente para uma nova barra (é chamada pela subrotina ZBARRA).

LOOP: adiciona uma impedância entre duas barras existentes (é chamada pela subrotina ZBARRA).

LOOPR: adiciona uma impedância entre uma barra existente e a referência (é chamada pela subrotina ZBARRA e pela subrotina DESLIG).

ELIMIN: elimina os eixos da matriz Z_{BARRA} que não mais serão necessários (é chamada pelas subrotinas REFER, NOVA, LOOP e LOOPR).

LINHAS: separa as impedâncias em dois blocos:

- impedâncias que estão conectadas às barras que serão mantidas na matriz Z_{BARRA}.
- impedâncias que estão conectadas às barras que serão eliminadas da matriz Z_{BARRA}.

(é chamada pela subrotina ZBARRA).

ORDEM: ordena as impedâncias calculadas (é chamada pela subrotina ZBARRA).

TROCA: troca a posição das impedâncias na lista desordenada (é chamada pela subrotina ORDEM).

REORD: reordena a matriz Z_{BARRA} depois que a mesma é formada e são eliminados os eixos desnecessários (é chamada pelo programa principal).

INV: inverte parcialmente a matriz, utilizando o método de Shipley & Coleman (é chamada pelo programa principal e pela subrotina DESLIG).

MULT: multiplica uma matriz por um vetor (é chamada pelo programa principal e pelas subrotinas FALTA e DESLIG).

FALTA: resolve as equações algébricas do sistema, de forma iterativa, no instante da aplicação da falta (é chamada pelo programa principal).

CARGAS: calcula as correntes de carga, das barras, em função da tensão nas mesmas (é chamada pelo programa principal e pelas subrotinas FALTA e DESLIG).

MAQA: simula as máquinas síncronas utilizando o modelo 1 do IEEE (é chamada pelo programa principal ZBARRA e pelas subrotinas FALTA e DESLIG).

HEUN: resolve equações diferenciais de primeira ordem pelo método de Heun (é chamada pela subrotina MAQA).

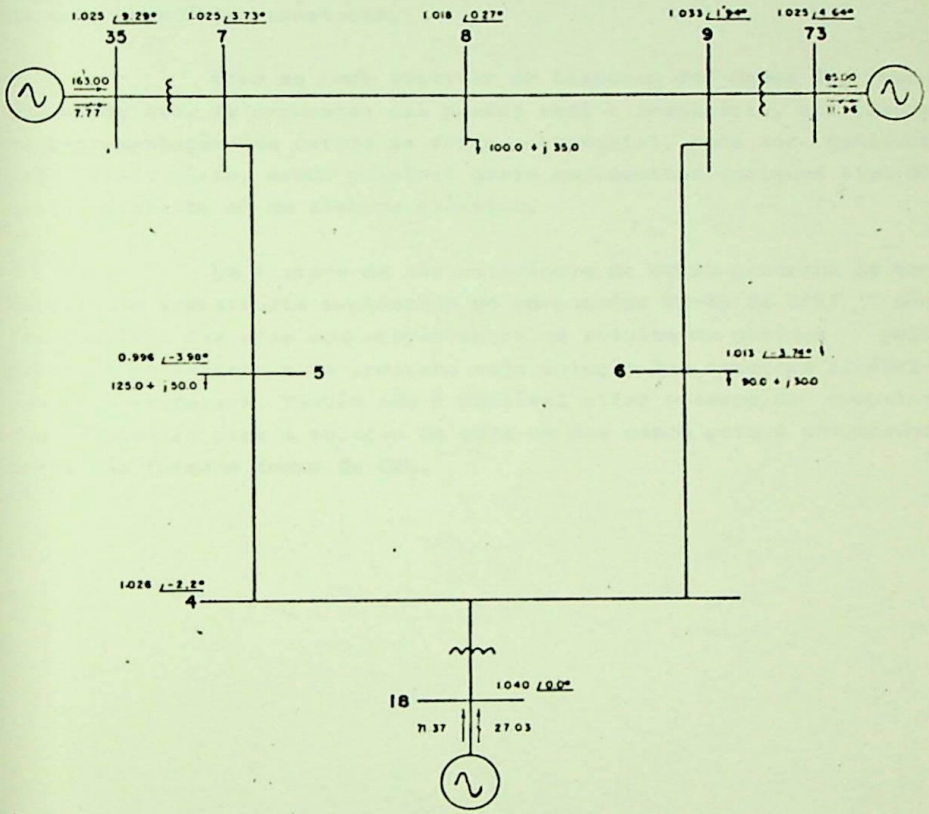
DESLIG: efetua a modificação da matriz Z_{BARRA} (eliminando da matriz a impedância da linha a ser desligada), inverte parcialmente a matriz e resolve as equações algébricas do sistema de

forma iterativa (é chamada pelo programa principal).

PLOT: plota a curva ângulo versus tempo dos diversos geradores do sistema (é chamada pelo programa principal).

4.2.- RESULTADOS OBTIDOS

O programa foi utilizado para o estudo da estabilidade de um sistema de 9 barras e 3 geradores, cujo diagrama unifilar é apresentado abaixo:



Dois casos foram processados, utilizando-se algumas alternativas que o programa oferece, e os resultados obtidos estão em anexo.

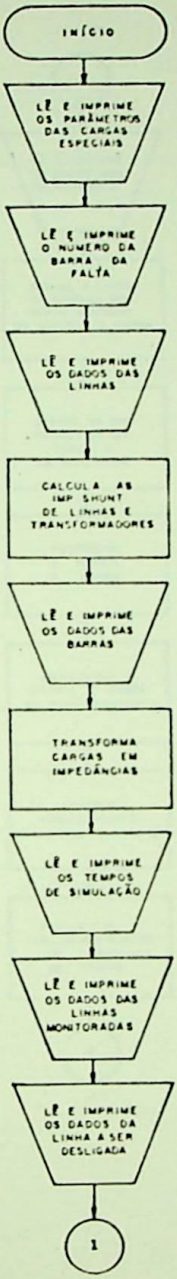
No primeiro caso todas as cargas foram consideradas do tipo "impedância constante" e o tempo de simulação total foi de 1.0 segundo, com um intervalo de um centésimo de segundo (0.01 s).

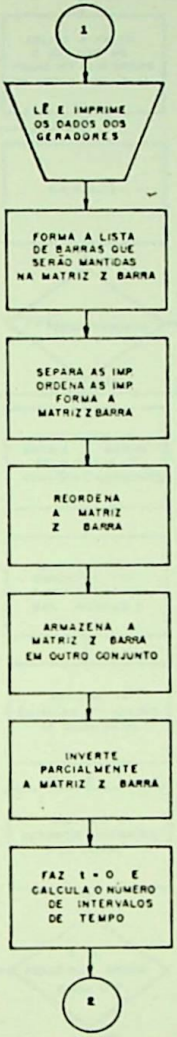
No segundo caso considerou-se a carga nas barras 5 e 6 como uma combinação de cargas do tipo impedância constante, corrente constante e potência constante e a carga na barra 8 foi considerada como impedância constante.

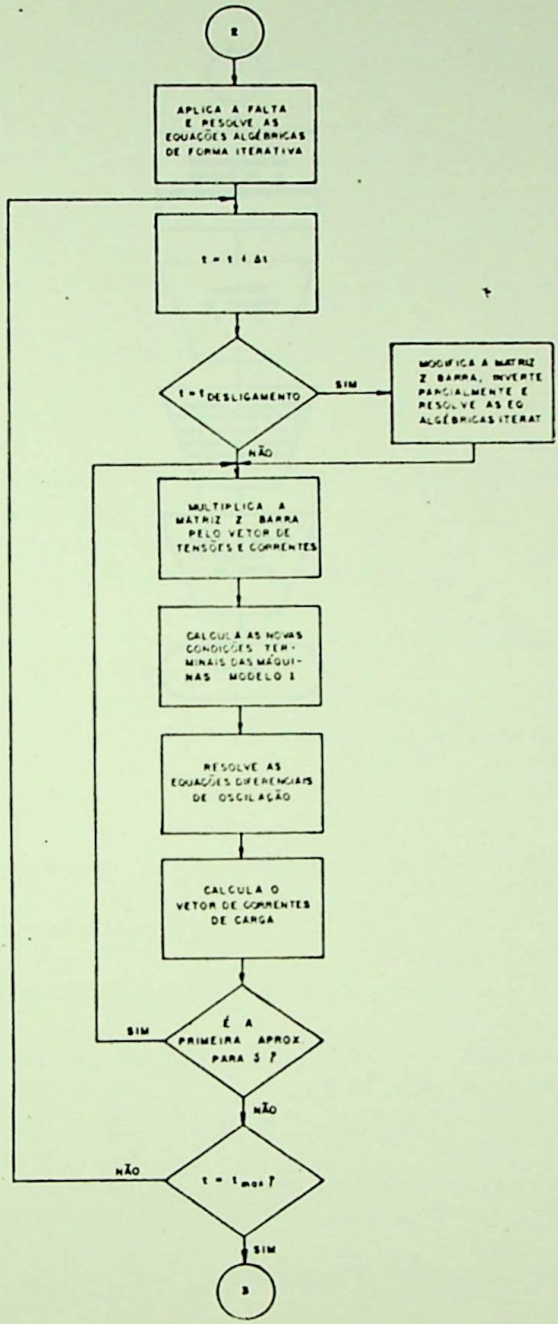
Como se pode observar na listagem dos dados das cargas especiais, os expoentes das partes real e imaginária, utilizados na representação das cargas na forma exponencial, pode ser qualquer valor fracionário, sendo possível assim representar qualquer tipo de carga existente em um sistema elétrico.

Em virtude da não existência de outro programa de estabilidade transitória implantado no computador TR-86 da EFEI não foi possível fazer-se comparação entre os resultados obtidos pelo programa em análise e um programa cuja solução das equações algébricas seja iterativa. Também não é possível citar o tempo de computação necessário para a solução de cada um dos casos pois o computador TR-86 não fornece tempo de CPU.

O fluxograma do programa é apresentado a seguir:




1
LÊ E IMPRIME OS DADOS DOS GERADORES
FORMA A LISTA DE BARRAS QUE SERÃO MANTIDAS NA MATRIZ Z BARRA
SEPARA AS IMP ORDENA AS IMP FORMA A MATRIZ Z BARRA
REORDENA A MATRIZ Z BARRA
ARMAZENA A MATRIZ Z BARRA EM OUTRO CONJUNTO
INVERTE PARCIALMENTE A MATRIZ Z BARRA
FAZ t = 0 E CALCULA O NUMERO DE INTERVALOS DE TEMPO
2


2
APLICA A FALTA E RESOLVE AS EQUAÇÕES ALGÉBRICAS DE FORMA ITERATIVA
t = t + Δt
t = t DESLIGAMENTO
SIM
MODIFICA A MATRIZ Z BARRA, INVERTE PARCIALMENTE E RESOLVE AS EQ ALGÉBRICAS ITERAT
NÃO
MULTIPLICA A MATRIZ Z BARRA PELO VETOR DE TENSÕES E CORRENTES
CALCULA AS NOVAS CONDIÇÕES TERMINAIS DAS MÁQUINAS MODELO 1
RESOLVE AS EQUAÇÕES DIFERENCIAIS DE OSCILAÇÃO
CALCULA O VETOR DE CORRENTES DE CARGA
É A PRIMEIRA APROX PARA δ ?
SIM
NÃO
t = t max ?
NÃO
SIM
3

3
TRANFORMA OS VALORE DE δ DE RADIANOS EM GRAUS
IMPRIME OS VALORES δ E ω
IMPRIME OS VALORES DE MAGNITUDE E ANG NAS BARRAS TERMINAIS DE LINHAS MONITORADAS
PLOTA A CURVA DE ÂNGULO δ NO TEMPO
F I M

5.- REFERÊNCIAS

1.- Structure in the computation of power system nonlinear dynamical response
Undrill, J.M.
IEEE - PAS - 88 - nº 1 - Jan/1.969 - pp 1-6

2.- PACE multi-machine power system simulator program
Ewart, D.N. - Schultz, R.P.
IEEE - PICA/1.969 conference proceedings - pp 133-153

3.- Solution of large networks by matrix methods (livro)
Brown, H.E.
John Wiley & Sons, Inc - 1975

4.- System load dynamics - simulation effects and determination of load constantes
IEEE - Committee Report
PAS - 92 - march/april 1973 - pp 600-609

5.- The application of transfer admittance to the analysis of power system stability studies
Ramey, D.G. - Byerly, R.T. - Sherman, D.E.
IEEE - PAS - 90, nº 3 - may/june 1971 - pp 993-999

6.- Computer methods in power system analyses (livro)
Stagg, G.W. - El-Abiad, A.H.
Mc Graw-Hill Book Co - International Student Edition/1968

7.- Power system stability (livro)
Kimbark, E.W.
John Wiley & Sons, Inc - 1948 (livro)

8.- Transient stability solution by an impedance matrix method
Brown, H.E. - Happ, H.H. - Person, C.E. - Young, C.C.
IEEE - PAS - 84, nº 12 - december/1965 - pp 1204-1214

9.- A non-iterative transient stability program including the effects of variable load-voltage characteristics
Dandeno, P.L. - Kundur, P.
IEEE - PAS - 92 - nº 5 - set/out 1973 - pp 1478-1484

10.- Dynamic modeling of loads in stability studies
Kent, M.H. - Schmus, W.R. - McCrachin, F.A. - Wheeler, L.M
IEEE - PAS - 88 - nº 5 - may /1969 - pp 756-763
- Discussões por Kimbark, E.W. e Peterson, H.A.

11.- Fast Transient stability solutions
Dommel, H.W. - Sato, N.
IEEE - PAS - 91 nº 4 - july/august 1972 - pp 1643-1650

12.- Bus admittance tearning and the partial inverse
Shipley, R. B. - Ayoub, A.K. - Coleman, D.W.
IEEE - PAS 91 - nº 5 - sep/oct 1972 - pp 2042-2048

13.- Equipament and system modeling for large scale stability studies
Young, C.C.
IEEE - PAS - 91 - nº 1 - jan/feb 1972 - pp 99-109

14.- The synchronous machines
Young, C.C.
IEEE - modern concepts of power system dynamics
Tutorial Course

15.- Power system stability (livro)
Crary, S.B.
General Electrical Sõries - 1945

16.- Power-flow solution by impedance matrix method
Brown, H.E., Carter, G.K., Happ, H.H., Person, C.E.
AIEE - vol. 82 - part 3 - 1963 - pp 1

17.- Electrical machine dynamics I e II
de Mello, F.P.
Apostilas dos cursos do PTI

18.- Power system control and stability
Anderson, P.M. - Fouad, A.A.
Apostila de curso da COPPE - UFRJ

19.- Digital simulation of multi-machine power systems for stability studies
Prabhashankar, K. - Janischewskyj, W.

IEEE - PAS - 87 - nº 1 - jan/1968 - pp 73-80

20.- Direct Calculation of power system stability using the i[illegible]pedance matrix

Shipley, R.B. - Sato, N. - Coleman, D.W. - Watts, C [illegible] F.

IEE - PAS - 85 - nº 7 - july/1966 - pp 777-782

APÊNDICE I

FORMAÇÃO DE MATRIZ Z_{BARRA}

Todos os elementos que influem no comportamento do sistema tais como:

- linhas de transmissão
- transformadores
- cargas
- reatores e capacitores "shunt"

deverão ser considerados quando da formação da matriz Z_{BARRA}.
A impedância destes elementos é então calculada e, face a existência de elementos "shunt" (cargas, reatores, capacitores), a referência tomada será a "terra", do sistema.

I.1.- CÁLCULO DAS IMPEDÂNCIAS

a.- transformação de cargas em impedâncias

As cargas (ou parcelas de carga) do tipo "impedância constante" são transformadas em impedância pela equação

$$\dot{Z}_L = \frac{\dot{E}^2}{\dot{S}^*} \qquad (I.1)$$

b.- linhas de transmissão

A impedância série das linhas de transmissão não é alterada; a susceptância da linha, porém, é transformada em reatância, sendo metade colocada na barra "p" e metade colocada na barra "q" (fig. I.1).

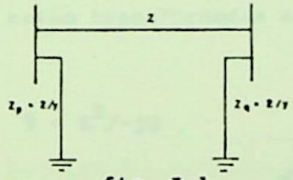


fig. I.1

c.- transformadores

- transformadores com relação de transformação T igual a 1.o pu
A impedância série do transformador não é alterada e não existem reatâncias "shunt" nas barras "p" e "q".
- transformadores com relação de transformação T diferente de 1.0 pu

Sendo a relação de transformação da barra "p" para a barra "q" igual a T : 1, e sendo z a impedância do transformador, tem-se:

A.- a impedância série é modificada pela equação

$$z' = T.z \qquad (I.2)$$

B.- a impedância "shunt" que deve ser adicionada à barra "p" é calculada pela equação

$$z_P = \left(\frac{1-T}{T^2}\right)/z \qquad (I.3)$$

C.- a impedância "shunt" que deve ser adicionada à barra "q" é calculada pela equação

$$z_Q = \left(\frac{T-1}{T}\right)/z \qquad (I.4)$$

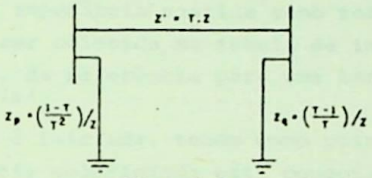


fig. I.2

d. reatores e capacitores "Shunt"

Reatores e capacitores "shunt" são consideradas cargas do tipo impedância constante e são então transformadas em impedâncias utilizando-se a equação

$$z = E^2/-jQ \qquad (I.5)$$

Escola Federal de Engenharia de Itajubá - EFEI
Biblioteca
MAUÁ
BIM

I.2.- ORDENAÇÃO DAS IMPEDÂNCIAS PARA A FORMAÇÃO DA MATRIZ Z_{BARRA}

Após serem calculadas todas as impedâncias, com os vários elementos do sistema, estas são colocadas em uma tabela desordenada, identificadas pelas barras terminais, sendo depois necessário que as mesmas sejam colocadas em uma determinada ordem para que a formação da matriz Z_{BARRA} seja possível[3].

O algorítimo para a ordenação das impedâncias é descrito abaixo:

a.- a tabela das impedâncias é percorrida até ser encontrada uma impedância da referência para uma barra; este valor é mantido à parte e a lista continua a ser percorrida. Se uma nova impedância, da referência para uma nova barra, for encontrada, com o valor da sua reatância menor do que o valor da reatância da impedância anterior, o novo valor será mantido à parte e a tabela continuará a ser percorrida, em caso contrário o primeiro valor será mantido e a tabela continuará a ser percorrida.
A pesquisa continua até que toda a tabela de impedâncias seja percorrida. No final a impedância mantida como referência será a primeira impedância a ser colocada na tabela de impedâncias ordenadas e será a impedância, da referência para uma barra, que terá o menor valor de reatância[16].
A lista de barras é iniciada, tendo como primeiro elemento a barra à qual a impedância selecionada está conectada.

b.- a tabela de impedâncias desordenadas é novamente percorrida e todas as impedâncias que estiverem conectadas à primeira barra da lista são colocadas na tabela ordenada. Durante este processo a lista de barras é acrescida das barras terminais das novas impedâncias colocadas na tabela ordenada (se a barra já consta da lista a mesma é ignorada nas demais ocasiões em que ocorre).

c.- passa-se à segunda barra da lista e repete-se o processo descrito no ítem b, pesquisando-se agora as impedâncias conectadas à segunda barra; novas impedâncias são adicionadas à tabela ordenada e novas barras são adicionadas à lista.

d.- repete-se o processo do ítem b até a enésima barra que consta da lista, adicionando-se novas impedâncias à tabela ordenada e novos elementos à lista de barras.

I.3.- ALGORÍTMO PARA A FORMAÇÃO DA MATRIZ Z_{BARRA}*

Após a ordenação das impedâncias calculadas, a matriz Z_{BARRA} é formada adicionando-se uma impedância de cada vez e modificando-se a matriz a cada nova impedância acrescentada (como se o sistema fosse iniciado com uma linha e a ele novos elementos fossem adicionados posteriormente). Uma vez computadas todas as impedâncias, tem-se a matriz Z_{BARRA} que corresponde ao sistema /3/.

Durante a formação da matriz Z_{BARRA} pela adição das impedâncias, estas deverão ser de um dos quatro tipos seguintes:

- impedância da referência para uma nova barra
- impedância de uma nova barra para uma barra existente no sistema
- impedância entre duas barras existentes
- impedância da referência para uma barra existente

sendo assim necessárias quatro rotinas para a formação da Z_{BARRA}.

a.- impedância da referência para uma nova barra

Este tipo de impedância indica que uma linha está sendo conectada entre a referência e uma barra que ainda não pertence ao sistema. Uma corrente injetada na nova barra k, conectada à referência pela impedância considerada, não resultará em tensão em nenhuma outra barra do sistema; por outro lado, injeção de corrente em qualquer outra barra do sistema não resultará em tensão na nova barra k (fig. I.3).

Assim, na matriz Z_{BARRA}, a nova linha e coluna adicionadas serão formadas de elementos nulos (são as impedâncias de transferência da nova barra para o sistema existente) e o elemento de diagonal será a impedância adicionada (é a impedância própria da nova linha adicionada).

*Esta parte do apêndice é transcrição do capítulo 3 da referência /3/ - Solution of Large Networks by Matrix Methods
Brown, H.E. - John Wiley & Sons - 1.975

Tem-se que:

$$\dot{z}_{ik} = \dot{z}_{ki} = 0 \qquad (I.6)$$

$$\dot{z}_{kk} = \dot{z}_{0k} \qquad (I.7)$$

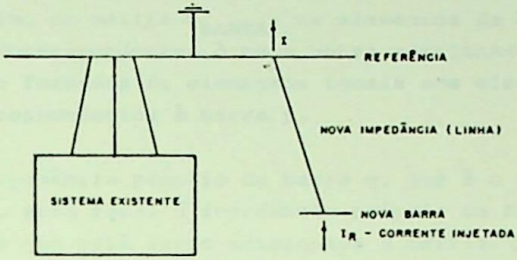


fig. I.3

b.- impedância de uma nova barra para uma barra existente no sistema

Este tipo de impedância indica que uma linha está sendo conectada entre uma barra existente no sistema e uma nova barra, sendo que nenhuma das barras é a referência. Uma corrente injetada na barra "q" (nova barra adicionada ao sistema, fig. I.4) resultará em tensão nas demais barras do sistema, da mesma forma que se a corrente fosse injetada na barra "p".

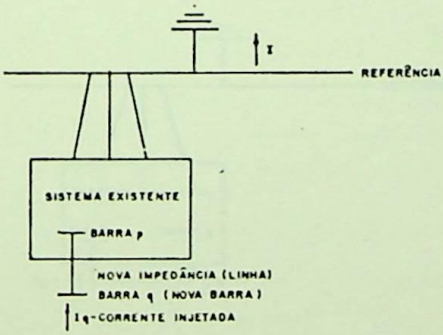


fig. I.4

Assim, as impedâncias de transferência da barra "q"

para as demais barras do sistema será a mesma que a impedância de transferência da barra "p" para as demais barras.

Tem-se então que:

$$\dot{z}_{qk} = \dot{z}_{pk} \qquad \text{para } q \neq k$$
$$\dot{z}_{kq} = \dot{z}_{kp} \qquad \text{para } p \neq k \tag{I.8}$$

Assim, na matriz Z_{BARRA}, os elementos da linha e coluna adicionadas (correspondentes à nova barra adicionada ao sistema - barra q) serão formados de elementos iguais aos elementos da linha e coluna correspondentes à barra p.

A impedância própria da barra q, que é o elemento da diagonal da matriz, será igual à impedância própria da barra p somada com a impedância que está sendo adicionada à matriz:

$$\dot{z}_{qq} = \dot{z}_{pp} + \dot{z}_{pq} \tag{I.9}$$

c.- impedância entre duas barras existentes

Este tipo de impedância indica que se está conectando uma linha entre duas barras existentes no sistema, formando assim uma "malha".

Ao se adicionar uma impedância deste tipo não há adição de novas barras ao sistema, porém, a matriz formada deverá refletir o comportamento do sistema ao se injetar uma corrente em qualquer uma das barras terminais da impedância adicionada.

Uma corrente I injetada na barra p significa uma corrente -I injetada na barra q (fig. I.5).

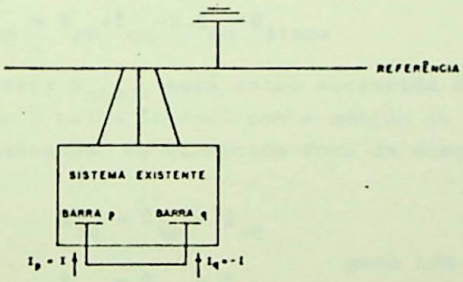


fig. I.5

e esta injeção de corrente resultará tensão em todas as barras do sistema relacionadas com as barras p e q, da forma indicada pela equação abaixo se considerarmos uma corrente unitária:

$$\begin{bmatrix} \dot{z}_{11} & \dot{z}_{12} \cdots \dot{z}_{1p} \cdots \dot{z}_{1q} \cdots \dot{z}_{1n} \\ \dot{z}_{21} & \cdots \dot{z}_{2p} \cdots \dot{z}_{2q} \cdots \dot{z}_{2n} \\ \cdot & \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\ \cdot & \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\ \cdot & \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\ \dot{z}_{n1} & \dot{z}_{np} \cdots \dot{z}_{nq} \cdots \dot{z}_{nn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \cdot \\ \dot{I}_p = 1 \\ \dot{I}_q = 1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{z}_{1p} - \dot{z}_{1q} \\ \dot{z}_{2p} - \dot{z}_{2q} \\ \cdot \quad \cdot \\ \cdot \quad \cdot \\ \cdot \quad \cdot \\ \dot{z}_{np} - \dot{z}_{nq} \end{bmatrix} \qquad (I.10)$$

e como pode ser observado na figura I.6:

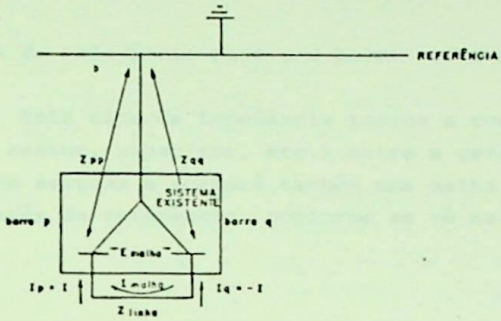


fig. I.6

Da figura 4 obtém-se que a tensão E_m que fará com que circule uma corrente $I_m = 1$, na malha, é calculada pela fórmula:

$$\dot{E}_m = \dot{I}_m(\dot{z}_{pp} - \dot{z}_{pq} + \dot{z}_{qq} - \dot{z}_{pq} + \dot{z}_{linha}) \qquad (I.11)$$

Da equação acima obtém-se o valor da impedância própria da malha referente à impedância adicionada:

$$\dot{z}_{mm} = \dot{z}_{pp} + \dot{z}_{qq} - 2.\dot{z}_{pq} + \dot{z}_{linna} \qquad (I.12)$$

A matriz Z_{BARRA} será então acrescida de uma linha e uma coluna referente à malha formada com a adição da impedância entre duas barras existentes. Os elementos fora da diagonal serão calculados por:

$$\dot{z}_{in} = \dot{z}_{ip} - \dot{z}_{iq}$$

$$\dot{z}_{mi} = \dot{z}_{pi} - \dot{z}_{qi} \qquad \text{para } i \neq m \qquad (I.13)$$

e o elemento da diagonal será o elemento z_{mm} calculado anteriormente.

Como não foram adicionadas novas barras ao sistema, a linha e coluna adicionadas à matriz deverão ser eliminadas, porém, para que a matriz continue refletindo o comportamento do sistema, a eliminação das linha e coluna deverá ser feita pela "redução de KRON" em que cada elemento que permanece na matriz é modificado pela equação abaixo:

$$\dot{z}'_{ij} = \dot{z}_{ij} - \dot{z}_{im} \cdot \dot{z}_{mj} / \dot{z}_{mm} \qquad (I.14)$$

d.- impedância da referência para uma barra existente

Este tipo de impedância indica a conexão de um elemento (carga, reator, capacitor, etc.) entre a referência e uma barra existente no sistema e formará também uma malha no sistema, somente que através da referência, conforme se vê na figura I.7:

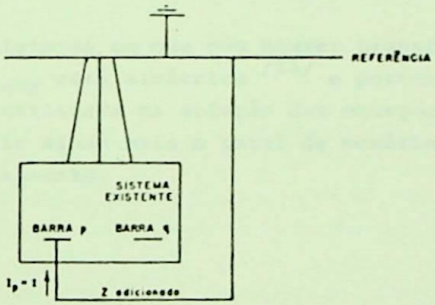


fig. I.7

Da mesma forma que no caso de uma impedância entre duas barras existentes uma corrente injetada na barra p resultará em tensão em todas as barras do sistema relacionadas com a barra p, pois a outra barra é a referência.

As equações que se aplicam no caso são:

- elementos fora da diagonal

$$\hat{z}_{im} = \hat{z}_{ip}$$

$$\hat{z}_{mi} = \hat{z}_{pi} \qquad \text{para } i \neq m \qquad (I.15)$$

- elemento da diagonal:

$$\hat{z}_{mm} = \hat{z}_{pp} + \hat{z}_{adicionado} \qquad (I.16)$$

A linha e a coluna referentes à malha formada são também, neste caso, eliminadas pela redução de KRON, conforme visto no Ítem anterior.

Muitas barras do sistema não têm cargas conectadas ou então a carga considerada é do tipo impedância constante, e desta forma, tais barras não necessitam ser mantidas na matriz Z_{BARRA}.

Do que foi visto no algorítmo de formação da matriz Z_{BARRA}, se todas as impedâncias conectadas em uma barra já tiverem sido levadas em consideração, a linha e coluna referentes a esta barra não mais serão necessárias e poderão então ser eliminadas da matriz, reduzindo assim o volume de cálculos (e também de memória do computador) necessários no cômputo das demais impedâncias.

Nos sistemas em que não houver transformadores defasadores a matriz Z_{BARRA} será simétrica /11/ e portanto apenas a metade da matriz será utilizada na solução das equações algébricas, sendo possível reduzir ainda mais o total de memória do computador necessária ao processamento.

APÊNDICE II

MÉTODO DE INVERSÃO DE MATRIZES DE SHIPLEY & COLEMAN

O método de inversão de matrizes de Shipley & Coleman consiste em se efetuar uma modificação sucessiva nos vários elementos da matriz, tomando-se como referência cada um dos elementos da diagonal (que são denominados "pivo"). Não há necessidade de sequência para a "pivotação", mas o pivo não pode ser nulo (o que não ocorre em um sistema elétrico).

As operações a serem efetuadas são as seguintes:

a.- o pivo é substituido por:

$$a'_{kk} = -1/a_{kk} \qquad \text{(II.1)}$$

b.- os elementos da coluna do pivo são substituidos por:

$$a'_{ik} = -a_{ik}/a_{kk} \qquad \text{para } i \neq k \qquad \text{(II.2)}$$

c.- os elementos da linha do pivo são substituidos por:

$$a'_{kj} = -a_{kj}/a_{kk} \qquad \text{para } k \neq j \qquad \text{(II.3)}$$

d.- os elementos que não pertencem nem à linha nem à coluna do pivo são substituidos por:

$$a'_{ij} = a_{ij} - (a_{ik} \cdot a_{kj}/a_{kk}) \quad \text{para} \quad \begin{matrix} i \neq k \\ j \neq k \end{matrix} \qquad \text{(II.4)}$$

Após todas as operações indicadas nos ítens a até d terem sido efetuadas para o primeiro pivo passa-se ao seguinte, e assim sucessivamente até que todos os elementos da diagonal tenham sido pivotados. Se algum dos pivos for zero no momento da pivotação, este deverá ser deixado para uma pivotação posterior.

Quando todos os elementos da diagonal tiverem sido pivotados ter-se-á no lugar da matriz original a inversa multiplicada por -1.

APÊNDICE III

MODELO DE CARGAS - REPRESENTAÇÃO NA FORMA EXPONENCIAL

As cargas existentes em um sistema depotência, de uma maneira geral, tem características tais que permitem que sejam classificadas segundo três tipos que são:

- impedância constante
- corrente constante
- potência constante

As cargas do tipo impedância constante e corrente constante tem o seu valor variável com o valor da tensão da barra a que estão conectadas enquanto que as do tipo potência constante não variam com a tensão.

Desta forma, durante a ocorrência de um distúrbio, como no caso de um curto circuito, é necessário que se leve em conta o comportamento das cargas do sistema da forma mais fidedigna possível, tendo em vista às grandes variações de tensão nas barras do sistema, a fim de se ter um resultado significativo, pois a potência elétrica fornecida pelos geradores a cada instante é função também das cargas do sistema. Percebe-se então que as oscilações dos diversos geradores do sistema serão desta forma influenciadas pelas cargas.

A forma que melhor representa uma carga elétrica como função da tensão da barra à qual está conectada é /4/, /10/:

$$P = k_p . E^a \qquad \text{(III.1)}$$

$$Q = k_q . E^b \qquad \text{(III.2)}$$

Com os expoentes a e b podendo assumir valores entre 0 (zero) e 3. Desta forma tem-se:

- para a = 0: carga tipo potência constante
- para a = 1: carga tipo corrente constante
- para a = 2: carga tipo impedância constante

sendo que o mesmo é válido para a constante b no caso da parte reativa de uma carga.

Uma carga $S = P + j\,Q$ seria então representada por:

$$S = k_p.E^a + jk_q.E^b \qquad \text{(III.3)}$$

Na maioria dos casos, a carga existente em uma barra não pode ser classificada exatamente como um dos tipos citados e o normal, em estudos de estabilidade, é então representar-se esta carga como uma soma de várias parcelas, sendo cada parcela de um dos tipos de carga usualmente consideradas. Assim uma carga $S = P + j\,Q$ seria representada por:

$$S = (k_1.E^0+k_2.E^1+k_3.E^2)+j(k_4.E^0+k_5.E^1+k_6.E^2) \qquad \text{(III.4)}$$

Outra maneira de se representar uma carga constituída de parcelas de carga tipo impedância constante, corrente constante e potência constante é determinar-se um expoente único, fracionário, que represente a carga adequadamente com a variação da tensão; a equação que a representaria seria então a III.3 /10/.

Sendo E a tensão em uma barra de carga, dividindo-se as equações por E, tem-se:

$$I_p = P/E = k_p.E^{a-1} \qquad \text{(III.5)}$$

$$I_q = Q/E = k_q.E^{b-1} \qquad \text{(III.6)}$$

onde I_p e I_q são as partes real e imaginária da corrente

$$I = I_p + jI_q \qquad \text{(III.7)}$$

A corrente I circulará na carga $S = P + j\,Q$ quando a tensão aplicada à carga for E.

Obteve-se assim a corrente das cargas como uma função exponencial da tensão.

Da mesma forma que a potência, a corrente de carga total em uma barra poderá ser obtida como uma soma de várias parcelas ou então com um expoente fracionário.

eventualmente poderão provocar.

c.- como não são representados os reguladores de velocidade e de tensão e como não são considerados os efeitos amortecedores, este modelo só pode ser utilizado para o estudo de estabilidade transitória durante a primeira oscilação das máquinas.

O diagrama fasorial para este modelo de máquina é apresentado na figura (IV.1) abaixo:

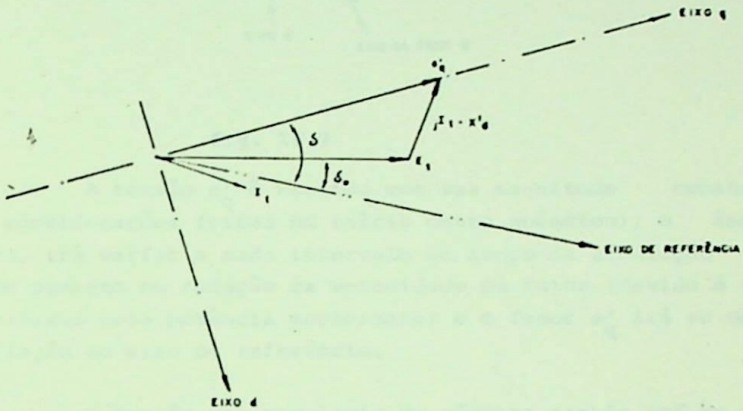


fig. IV.1

Tendo-se as condições nos terminais da máquina em regime permanente (tensão terminal E_t e corrente terminal I_t, obtidas de um fluxo de potência convergido) determina-se a tensão e'_q, denominada "tensão atrás da reatância transitória":

$$\dot{e}'_q = \dot{E}_t + \dot{I}_t \cdot jx'_d \qquad \text{(IV.1)}$$

e o ângulo δ será o ângulo formado entre o fasor de referência e o fasor e'_q.

A direção do fasor e'_q determina a posição do "eixo em quadratura" do rotor da máquina, bem como a posição do eixo direto, que por convenção se encontra 90º atrasado do eixo em quadratura. A figura IV.2 mostra a posição dos eixos direto e quadratura do rotor de uma máquina

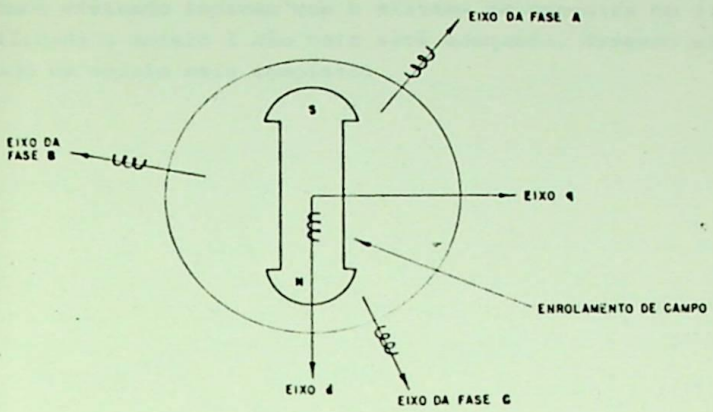


fig. IV.2

A tensão e'_q é mantida com sua magnitude constante (face às considerações feitas no início deste apêndice); o ângulo δ, porém, irá variar a cada intervalo de tempo da simulação em virtude do aumento ou redução da velocidade do rotor (devido à aceleração causada pela potência acelerante) e o fasor e'_q irá se deslocar em relação ao eixo de referência.

A tensão nos terminais da máquina também irá se alterar e será calculada pela equação:

$$\dot{E}_{t\,(\text{no intervalo } t)} = e'_q\angle\delta - \dot{I}_t \cdot jX'_d \qquad \text{(IV.2)}$$

onde I_t é a corrente nos terminais da máquina obtida pela solução das equações algébricas do sistema.

Embora o modelo 1 seja aquele que menos precisão apresente, tem a vantagem da sua própria simplicidade de representação, do menor número de cálculos a serem efetuados e do menor número de dados necessários.

De uma maneira geral, estudos de estabilidade efetuados com este modelo de máquina apresentam resultados mais conservativos, ou seja, como não há atuação dos reguladores de tensão, se o sistema apresentar-se estável no final da primeira oscilação,

seguramente manterá a estabilidade a partir daí. Caso o resultado do estudo efetuado indicar que o sistema se encontra no limite da estabilidade o modelo 1 não mais será adequado, devendo então ser utilizado um modelo mais completo.

APÊNDICE V

MÉTODO DE SOLUÇÃO DAS EQUAÇÕES DIFERENCIAIS DE OSCILAÇÃO (SWING)

MÉTODO DE HEUN OU MÉTODO DE EULER MODIFICADO

É um método de resolução de equações diferenciais (de primeira ordem) do tipo "previsor - corretor" de segunda ordem.

Em uma primeira etapa é determinado um valor aproximado para a variável independente (no intervalo seguinte) utilizando-se uma fórmula de previsão, este valor é então utilizado na equação diferencial obtendo-se um valor para a derivada da variável independente (no intervalo seguinte).

Em uma segunda etapa os valores calculados na primeira etapa são utilizados em uma fórmula corretora, obtendo-se um valor final para a variável independente no intervalo seguinte.

O método é denominado de "segunda ordem" porque a ordem do erro obtido é do quadrado do intervalo considerado.

A solução da equação de oscilação das máquinas de um sistema implica em se resolver a equação:

$$\frac{d^2\delta}{dt^2} = \frac{180.f}{H} .P_a \qquad (V.1)$$

para cada uma das máquinas.

A equação (V.1), que é uma equação diferencial de segunda ordem, pode ser escrita como duas equações diferenciais de primeira ordem simultâneas, que são:

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{180.f}{H}.P_a \qquad (V.2)$$

$$\frac{d\delta}{dt} = \omega - \omega_o = \omega - 2\pi f \qquad (V.3)$$

As fórmulas de previsão para a solução das equações diferenciais (V.2) e (V.3) são:

$$\omega^{p}_{t+\Delta t} = \omega^{c}_{t} + \frac{d\omega}{dt}\Big|_{t} . \Delta t \qquad (V.4)$$

$$\delta^{p}_{t+\Delta t} = \delta^{c}_{t} + \frac{d\delta}{dt}\Big|_{t} . \Delta t \qquad (V.5)$$

onde a notação "P" indica "valor previsto" e "c" indica "valor corrigido".

As fórmulas para a determinação do valor corrigido são:

$$\omega^{c}_{t+\Delta t} = \omega^{c}_{t} + \left(\frac{\frac{d\omega}{dt}\Big|_{t} + \frac{d\omega}{dt}\Big|_{t+\Delta t}}{2}\right) . \Delta t \qquad (V.6)$$

$$\delta^{c}_{t+\Delta t} = \delta^{c}_{t} + \left(\frac{\frac{d\delta}{dt}\Big|_{t} + \frac{d\delta}{dt}\Big|_{t+\Delta t}}{2}\right) . \Delta t \qquad (V.7)$$

Para o caso da solução das equações de oscilação, uma vez obtido o valor previsto para o ângulo δ, na primeira etapa, é necessário que se resolvam as equações algébricas do sistema, determinando-se as novas condições terminais e os novos valores de potência acelerante, para com estes novos valores determinar o valor corrigido da velocidade ω e do ângulo δ no instante $t + \Delta t$.

APÊNDICE VI

NOTAÇÃO E SÍMBOLOS UTILIZADOS

VI.1.- SÍMBOLOS

E = tensão
f = frequência
H = constante de inércia
I = corrente
J = operador = $\sqrt{-1}$
M = constante de inércia
P = potência ativa
P_a = potência acelerante
P_e = potência elétrica
P_m = potência mecânica
Q = potência reativa
R = resistência
S = potência aparente
t = tempo
T = tap de transformador
X = reatância
X'_d = reatância transitória de eixo direto
ω = velocidade angular
ω_o = velocidade angular síncrona
Z = impedância
δ = ângulo de defasagem

VI.2.- NOTAÇÃO

$\dot{Z}$ - o ponto sobre uma letra indica notação complexa
z_{ij} - indicação de elemento de matriz, da linha i e coluna j
- indica matriz
( ) - indica número de equação
/3/- indica referência
E_L - indica carga
I_G - indica gerador
S^* - indica número complexo conjugado

LISTAGEM

```
TR86 FTN-COMPILER MV08(70)  131173  FOKA.

C
C     E F E I   -   C P G   -   C E S E   III   -   1975
C
C
C
C                PROGRAMA PARA A SIMULACAO DE
C                  ESTABILIDADE TRANSITORIA
C             COM METODO DE SOLUCAO NAO ITERATIVO
C     PARA QUALQUER TIPO DE CARGA VARIAVEL COM A TENSAO
C
C
C                T E S E   D E   M E S T R A D O
C                              D E
C                    A R L E I   B I C H E L S
C
C
C---- D E S C R I C A O   D A S   V A R I A V E I S
C
C
C     ALFAI= EXPOENTE DA TENSAO PARA CARGA ATIVA TIPO -I-
C     ALFAP= EXPOENTE DA TENSAO PARA CARGA ATIVA TIPO -P-
C     B    = LINE CHARGING
C     BETAI= EXPOENTE DA TENSAO PARA CARGA REATIVA TIPO -I-
C     BETAP= EXPOENTE DA TENSAO PARA CARGA REATIVA TIPO -P-
C     COM  = PARA A LEITURA DO TITULO DO CASO EM ALFANUMERICO
C     DT   = INTERVALO DE TEMPO
C     KT   = CONTADOR DE LINHAS CONECTADAS AS BARRAS
C     LISTA= LISTA DAS BARRAS A SEREM MANTIDAS NA MATRIZ ZBARRA
C     NBF  = NUMERO DA BARRA ONDE SERA APLICADA A FALTA
C     NCC  = BARRA EM QUE HA CARGA TIPO  -I-  OU  TIPO  -P-
C     NE   = NUMERO DE ELEMENTOS A SEREM MANTIDOS NA MATRIZ ZBARRA
C     NG   = NUMERO DE GERADORES
C     NOUT = NUMERO DE LINHAS DA AREA EXTERNA AO SISTEMA EM ESTUDO
C     NP   = BARRA -P- DE UMA LINHA
C     NPM  = BARRA P DE UMA LINHA MONITORADA
C     NQ   = BARRA -Q- DE UMA LINHA
C     NQM  = BARRA Q DE UMA LINHA MONITORADA
C     NR   = NUMERO DE BARRAS COM CARGAS ESPECIAIS
C     NS   = NUMERO DE LINHAS MONITORADAS
C     NT   = NUMERO DE LINHAS
C     NU   = NUMERO DE LINHAS MAIS BARRAS
C     NW   = NUMERO TOTAL DE BARRAS
C     PKI  = PERCENTAGEM DE CARGA TIPO -I-
C     PKP  = PERCENTAGEM DE CARGA TIPO  -P-
C     SG   = POTENCIA APARENTE FORNECIDA POR UM GERADOR
C     TD   = TEMPO EM QUE OCORRE O DESLIGAMENTO
C     TEN  = TENSAO OBTIDA POR CALCULO DURANTE O PROCESSAMENTO
C     TT   = TEMPO TOTAL DA SIMULACAO
C     Y    = SUSCEPTANCIA DE PERNAS DE TRANSFORMADORES E DE PI DAS LIN
C     Z    = IMPEDANCIA CALCULADA (LINHAS, TRAFOS OU CARGAS)
C     ZC   = IMPEDANCIA EQUIVALENTE A UMA CARGA
C     ZL   = IMPEDANCIA (LIDA) DE LINHAS OU TRAFOS
C     ZLF  = IMPEDANCIA DA LINHA A SER DESLIGADA
C     ZS   = INVERSO DO SOMATORIO DOS Y
C     ZZ   = ELEMENTO (IMPEDANCIA) DA MATRIZ ZBARRA
C
C
C---- DIMENSIONAMENTO E DEFINICAO DAS VARIAVEIS
C
      INTEGER*4 COM(20),CARC(3)
      REAL*4   PKI(10),PKP(10)
```

```
      COMPLEX*8 Z,ZZ,Y(100),ZL,ZLF,ZC,ZS,PROD,VET(100),SG,ZZAU,BAP,ETEP

---- VARIAVEIS EM COMMON NAS DIVERSAS SUBROTINAS

      COMMON/BLOCA/ NU,NE,NW,NG,NP(100),NQ(100),LISTA(26)
      COMMON/BLOCB/ ZZ(1325)
      COMMON/BLOCC/ Z(300)
      COMMON/BLOCD/ LT(100),KT(100)
      COMMON/BLOCE/ SG(100)
      COMMON/BLOCF/ NPM(5),NQM(5),VP(5,151),VQ(5,151),NS,AP(5,151),
     *              AQ(5,151)
      COMMON/BLOCG/ KOL,I,LIN,LI,KIL,LBAR(100)
      COMMON/BLOCH/ PROD(26),BAR(26)
      COMMON/BLOCJ/ PLI(10),QLI(10),PLP(10),QLP(10),ALFAI(10),ALFAP(10)
     *              BETAI(10),BETAP(10)
      COMMON/BLOCK/ LK,DELTA(10,151),W(10,151),LN,DT,TT
      COMMON/BLOCL/ H(10),XLD(10),NGG(10),PM(10)
      COMMON/BLOCM/ ETER(10),RA(10),TENSAO(10)
      COMMON/BLOCN/ NNE,NGK,IR,NR,NCC(10),NNU
      COMMON/BLOCO/ ZZAU(351),NPD,NQD,ZLF
      COMMON/BLOCP/ IFL,DL(10),WL(10)
      DATA SG/100*(0.,0.)/,PIF/0.01745/

---- LEITURA DOS DADOS ATRAVES DE COMANDO FEITO POR CARTAO DE CONTROLE

 1000 READ(12,500) I
  500 FORMAT(I2)
      GO TO (1001,1002,1003,1004,1005,1006,1007,1008,1009),I

---- LEITURA E IMPRESSAO DO TITULO DO CASO EM ESTUDO

 1001 READ(12,501) COM
  501 FORMAT(20A4)
      WRITE(1,502) COM
  502 FORMAT(1H1///////1X,120('*')/1X,120('*')///42X,'PROGRAMA DE ESTAB
     *LIDADE TRANSITORIA'/ 58X,'COM'/49X,'SOLUCAO NAO ITERATIVA'  ///1X
     *120('*'),/1X,120('*')///////20X,20A4)
      GO TO 1000

----LEITURA E IMPRESSAO DOS DADOS DAS CARGAS TIPO I-CTE E P-CTE

 1002 WRITE(1,503) COM
  503 FORMAT(1H1/  20X,20A4//  1X,120('*')//  30X,'DADOS DAS CARGAS TIP
     * CORRENTE CONSTANTE E POTENCIA CONSTANTE'/  23X,'BARRA', 10X,
     *'PARC. I',  3X,'EXP. PI',  3X,'EXP. QI',  10X,'PARC. S',3X,
     *'EXP. PS',  3X,'EXP. QS'///)
      NC=1
    1 READ(12,504) NCC(NC),PKI(NC),ALFAI(NC),BETAI(NC),PKP(NC),ALFAP(NC
     *,BETAP(NC)
  504 FORMAT(I4,6F4.0)
      IF(NCC(NC).EQ.9999) GO TO 1000
      WRITE(1,505) NCC(NC),PKI(NC),ALFAI(NC),BETAI(NC),PKP(NC),ALFAP(NC
     *,BETAP(NC)
  505 FORMAT(24X,I4,12X,F4.2,6X,F4.2,6X,F4.2,13X,F4.2,6X,F4.2,6X,F4.2)
      NC=NC+1
      GO TO 1

---- LEITURA E IMPRESSAO DO NUMERO DA BARRA ONDE SERA APLICADA A FALTA

 1003 READ(12,506) NBF
  506 FORMAT(I4)
```

```
      WRITE(1,507) NBF
507 FORMAT(//1X,120('*')///1X,120('*')//20X,'O DISTURBIO SIMULADO SER,
     * UMA FALTA TRIFASICA NA BARRA',  3X,I4//1X,120('*'))
      GO TO 1000

----LEITURA E IMPRESSAO DOS DADOS DAS LINHAS

004 WRITE(1,515) COM
515 FORMAT(1H1/20X,20A4/1X,120('*')//27X,'D A D O S   D A S   L I N H
     *A S   E   T R A N S F O R M A D O R E S' ///  25X,'BARRA P',
     * 5X,'BARRA Q',5X,'RES (PU)',5X,  'REAT (PU)', 5X,  'SUSC (PU)' ,
     *    5X,  'TAP (PU)'///)
      NL=1
    3 READ(12,516) NPP,NQQ,ZL,B,TAP
516 FORMAT(I4,4X,I4,5X,2F6.0,F6.0,F5.0)
      IF(NPP.EQ.9999) GO TO 1000
      ZL=ZL/100.
      B=B/100000.
      TAP=TAP/1000.
      WRITE(1,517) NPP,NQQ,ZL,B,TAP
517 FORMAT(28X,I4,7X,I4,8X,F6.3,8X,F6.3,7X,F7.5,7X,F5.3)
      IF(TAP.NE.0.0) GO TO 4

---- LINHAS

      NP(NL)=NPP
      NQ(NL)=NQQ
      Z(NL)=ZL
      Y(NPP)=Y(NPP)+B/2.*CMPLX(0.,1.)
      Y(NQQ)=Y(NQQ)+B/2.*CMPLX(0.,1.)
      NL=NL+1
      GO TO 3

---- TRANSFORMADORES

    4 NP(NL)=NPP
      NQ(NL)=NQQ
      Z(NL)=ZL*TAP
      Y(NPP)=Y(NPP)+((1.-TAP)/(TAP**2))/ZL
      Y(NQQ)=Y(NQQ)+((TAP-1.)/TAP)/ZL
      NL=NL+1
      GO TO 3

---- LEITURA E IMPRESSAO DOS DADOS DAS BARRAS

005 WRITE(1,518) COM
518 FORMAT(1H1/20X,20A4/1X,120('*')//  44X,'D A D O S   D A S   B A R
     *R A S'//  11X,'BARRA',  7X, 'NOME',7X,'TENSAO (PU)',2X,
     * 'ANG (GRAUS)', 9X, 'GERACAO',19X, 'CARGA',11X, 'REAT/CAP'/
     *    64X,'MW',8X,'MVAR',11X,'MW',8X,'MVAR',9X, '(PU)'///)
      NR=NC-1
      IF(NR.LT.0) NR=0
      NB=NL
      NA=0
      NG=0
    5 READ(12,519) NPP,CARC,E,ANG,PG,QG,PL,QL,BS
519 FORMAT(I4,5X,3A4,1X,2F4.0,2F5.0,15X,3F5.0)
      IF(NPP.EQ.9999) GO TO 1000
      VET(NPP)=CMPLX(0.,0.)
      NA=NA+1
      E=E/1000.
```

```
      BS=BS/100.
      WRITE(1,520) NPP,CARC,E,ANG,PG,QG,PL,QL,BS
  520 FORMAT(10X,I4,4X,3A4,6X,F5.3,7X,F6.1,7X,F6.2,5X,F6.2,8X,F6.2,5X,
     A           F6.2,6X,F8.5)
      ANG=ANG*PIF
      IF(PG.EQ.0.0.AND.QG.EQ.0.0) GO TO 6
      NG=NG+1
      LISTA(NG)=NPP
      SG(NPP)=CMPLX(PG/100.,QG/100.)
      VET(NPP)= -CMPLX(E*COS(ANG) , E*SIN(ANG))

---- TRANSFORMACAO DE CARGAS EM IMPEDANCIAS PARA A TERRA

    6 IF(NR.EQ.0) GO TO 7
      DO 7 I=1,NR
      IF(NPP.EQ.NCC(I)) GO TO 8
    7 CONTINUE
      NP(NB)=0
      NQ(NB)=NPP
      PT=PL/100.
      QT=QL/100.-BS
      IF(PT.EQ.0.0.AND.QT.EQ.0.0) GO TO 10
      ZC=(E**2)/CMPLX(PT,-QT)
      ZS= 1./Y(NPP)
      Z(NB)=ZC*ZS/(ZC+ZS)
      NB=NB+1
      GO TO 5
   10 IF(CABS(Y(NPP)).EQ.0.0) GO TO 5
      Z(NB)= 1./Y(NPP)
      NB=NB+1
      GO TO 5
    8 PKZ=1.-(PKI(I)+PKP(I))
      NP(NB)=0
      NQ(NB)=NPP
      PT=PL*PKZ/100.
      QT=QL*PKZ/100.-BS
      ZC=(E**2)/CMPLX(PT,-QT)
      ZS= 1./Y(NPP)
      Z(NB)= ZC*ZS/(ZC+ZS)
      PPP = PKI(I) + PKP(I)
      VET(NPP)= -(CMPLX(PPP*PL/100. , -PPP*QL/100.) / CMPLX(E*COS(ANG)
     *  , -E*SIN(ANG)))
      PLI(I)=(PKI(I)*PL/100.)/E
      QLI(I)=(PKI(I)*QL/100.)/E
      PLP(I)=PKP(I)*PL/100.
      QLP(I)=PKP(I)*QL/100.
      NB=NB+1
      GO TO 5

---- LEITURA E IMPRESSAO DOS TEMPOS DA SIMULACAO

 1006 READ(12,513) DT,TD,TT
  513 FORMAT(3F10.0)
      WRITE(1,514) COM,DT,TD,TT
  514 FORMAT(1H1// 20X,20A4/     1X,120('*')//48X,  'TEMPOS PARA A  SIMUL
     *ACAO'//  37X,  'INTERVALO DE TEMPO',5X,F10.5,2X,'SEGUNDOS'//
     *37X,'TEMPO DE DESLIGAMENTO',2X, F10.5, 2X,'SEGUNDOS'//
     *37X,'TEMPO TOTAL',12X,F10.5,2X,'SEGUNDOS'//1X,120('*'))
      GO TO 1000

---- LEITURA E IMPRESSAO DAS BARRAS TERMINAIS DAS LINHAS MONITORADAS
```

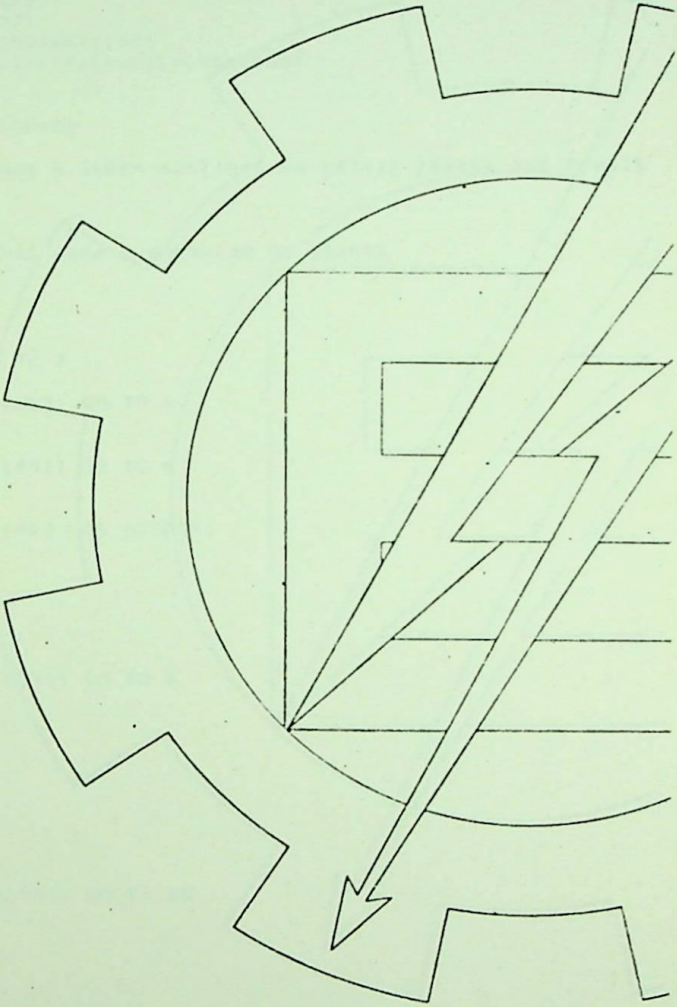
```
1007 NM=1
     WRITE(1,510)
 510 FORMAT(///1X,  120('*')//43X,   'LINHAS QUE ESTAO SENDO MONITORADA
    *S'//)
   2 READ(12,511) NPM(NM),NQM(NM)
 511 FORMAT(2I4)
     IF(NPM(NM).EQ.9999) GO TO 1000
     WRITE(1,512) NPM(NM),NQM(NM)
 512 FORMAT(43X, 'DA BARRA     ',I4,2X,'A BARRA     ',I4/)
     NM=NM+1
     GO TO 2


---- LEITURA E IMPRESSAO DAS BARRAS TERMINAIS DA LINHA A SER DESLIGADA
1008 READ(12,508) NPD,NQD,ZLF
 508 FORMAT(I4,4X,I4,5X,2F6.0)
     ZLF= -ZLF/100.
     WRITE(1,509) NPD,NQD
 509 FORMAT(///1X,  120('*')//20X,  'A ELIMINACAO DA FALTA SERA FEITA
    *ELA ABERTURA DA LINHA DA BARRA    ',I4,3X,'A BARRA    ',I4// 1X,
    *120('*'))
     GO TO 1000

---- LEITURA DOS DADOS DOS GERADORES

1009 WRITE(1,521)
 521 FORMAT(     ///1X,120('*')//40X,'D A D O S   D O S   G E R A D O R
    *E S'//   40X,'BARRA',5X,'H (MWS/MVA)',10X,'XLD (PU)'//)
     READ(12,522)  ((NGG(MK),H(MK),XLD(MK)),MK=1,NG)
 522 FORMAT(I4,2F10.0)
     WRITE(1,523)  ((NGG(ML),H(ML),XLD(ML)),ML=1,NG)
 523 FORMAT(40X,I4,7X,F8.3 ,12X,F6.3)

---- DETERMINACAO DO NUMERO EXATO DE CADA ELEMENTO

1010 NS=NM-1
     IF(NS.LT.0) NS=0
     NT=NL-1
     NU=NB-1
     NE=NG

---- FORMACAO DA LISTA DE BARRAS QUE PERMANESCERAO NA  ZBARRA

     DO 11 I=1,NG
     IF(NBF.EQ.LISTA(I)) GO TO 12
  11 CONTINUE
     NE=NG+1
     LISTA(NE)=NBF
  12 IF(NR.LE.0) GO TO 17
     DO 13 I=1,NR
     DO 14 J=1,NE
     IF(NCC(I).EQ.LISTA(J)) GO TO 13
  14 CONTINUE
     NE=NE+1
     LISTA(NE)=NCC(I)
  13 CONTINUE
  17 IF(NS.EQ.0) GO TO 19
     DO 15 I=1,NS
     DO 16 J=1,NE
     IF(NPM(I).EQ.LISTA(J)) GO TO 18
```

```
CONTINUE
NE=NE+1
LISTA(NE)=NPM(I)
DO 20 K=1,NE
IF(NQM(I).EQ.LISTA(K)) GO TO 15
CONTINUE
NE=NE+1
LISTA(NE)=NQM(I)
CONTINUE
NX=NK-NE

FORMACAO DA MATRIZ ZBARRA

CALL ZBARRA


REORDENACAO DA MATRIZ -ZBARRA-

CALL  REORD


ARMAZENAMENTO DA MATRIZ ZZ NA MATRIZ AUXILIAR  ZZAU

MA=NE*(NE-1)/2+NE
DO 31 MB=1,MA
ZZAU(MB) = ZZ(MB)


DO 32 MM=1,NE
BAR(MM)=VET(LISTA(MM))

NNE=NG+1
DO 33 ML=1,NG
IF(LISTA(ML).EQ.NBF) NNE=ML
CONTINUE

NGK=NG+1

INVERSAO PARCIAL DA MATRIZ -ZBARRA- NOS EIXOS DOS GERADORES

NNU=NG
IF(NNE.GT.NG) NNU=NNE
CALL  INV


SOLUCAO ITERATIVA DO LOAD-FLOW PARA O INSTANTE DA FALTA

T=0.0
LK=1
CALL   FALTA

NSTEPS=1.0+TT/DT
IFL=1
LN=TD/DT+1.
DO 35 LK=2,NSTEPS
IF(LN.EQ.LK) CALL  DESLIG
CALL  MULT
CALL  MAGA
```

Escola Federal de Engenharia de Itajubá - EFEI
Biblioteca MAUÁ BIM

```
      CALL  CARGAS
      IF(IFL.EQ.2) GO TO 36
   35 CONTINUE

---- TRANSFORMACAO DOS VALORES DOS ANGULOS DE RADIANOS EM GRAUS

      DO 38 L=1,NSTEPS
      DO 38 M=1,NG
      DELTA(M,L)=DELTA(M,L)*57.29578
      W(M,L)=W(M,L)/376.991119
   38 CONTINUE

---- IMPRESSAO DOS ANGULOS E VELOCIDADES DOS GERADORES

      T=0.0
      LB=61
      DO 40 IA=1,NSTEPS
      IF(LB.LT.19) GO TO 42
      LB=1
      WRITE(1,525) (LISTA(JL),JL=1,NG)
  525 FORMAT(1H1//42X,'ANGULOS E VELOCIDADES DOS GERADORES'//
     *  30X,'D = ANGULO DELTA (GRAUS)',10X,'W = VELOCIDADE OMEGA (PU)'/
     *        11X,10('GERADOR     ')/  1X,'TEMPO',4X,10('DA  BARRA  1')/
     *        12X,  9(I4,7X),I4//)
   42 WRITE(1,526) T,(DELTA(IB,IA),IB=1,NG)
  526 FORMAT(/1X,F5.3,4X,'D',10(2X,F9.4))
      WRITE(1,527)  (W(IC,IA),IC=1,NG)
  527 FORMAT(7X,'W',10(2X,F9.4))
      LB=LB+1
      T=T+DT
   40 CONTINUE

---- IMPRESSAO DAS TENSOES DAS BARRAS TERMINAIS DE LINHAS MONITORADAS

      T=0.0
      ML=19
      DO 45 MM=1,NSTEPS
      IF(ML.LT.19) GO TO 46
      ML=1
      WRITE(1,530)
  530 FORMAT(1H1//28X,'TENSOES E ANGULOS DAS BARRAS TERMINAIS DAS LINHAS
     * MONITORADAS'//40X,'V = MODULO (PU)',7X,'A = ANGULO (GRAUS)'/
     *          10X, 5(4X,'LINHA  P - Q',4X)/
     *         10X,5 ('TENSAO DA',2X,'TENSAO DA',2X)/
     *        1X,'TEMPO',4X,5(' BARRA P ',2X,' BARRA Q ',2X)/)
      WRITE(1,533) ((NPN(L), NQM(L)), L=1,NS)
  533 FORMAT(          8X, 4(3X,I4,7X,I4,2X) , 3X,I4,7X,I4)

   46 WRITE(1,531) T,((VP(JA,MM), VQ(JA,MM)),JA=1,NS)
  531 FORMAT(/1X,F5.3,1X,'M',1X,9(F9.5,2X,F9.5,2X),F9.5,2X,F9.5)
      WRITE(1,532)  ((AP(JB,MM), AQ(JB,MM)),JB=1,NS)
  532 FORMAT(7X,'A',1X,9(F9.5,2X,F9.5,2X),F9.5,2X,F9.5)
      ML=ML+1
      T=T+DT
   45 CONTINUE

---- PLOTAGEM DOS ANGULOS

      CALL  PLOT

      STOP
```

END



```
      SUBROUTINE  ZBARRA

---- FORMA A MATRIZ -ZBARRA-

      COMPLEX*8 Z,ZZ
      COMMON/BLOCA/ NU,NE,NW,NG,NP(100),NQ(100),LISTA(26)
      COMMON/BLOCB/ ZZ(1325)
      COMMON/BLOCC/ Z(300)
      COMMON/BLOCD/ LT(100),KT(100)
      COMMON/BLOCG/ KOL,I,LIN,LI,KIL,LBAR(100)


      DATA KOL/0/,LBAR/100*0/

---- SEPARACAO DAS LINHAS A SEREM MANTIDAS NA MATRIZ ZBARRA DAS DEMAIS

      CALL LINHAS

---- ORDENACAO DAS LINHAS PARA A FORMACAO DA ZBARRA

      CALL ORDEM

      DO 1 I=1,NU
      IF(NP(I).EQ.0) GO TO 2
      DO 3 LAN=1,KOL
      IF(NP(I).EQ.LBAR(LAN)) GO TO 4
    3 CONTINUE
      DO 5 LFN=1,KOL
      IF(NQ(I).EQ.LBAR(LFN)) GO TO 6
    5 CONTINUE
      WRITE(1,100)
  100 FORMAT(//10X,'HA ERRO NOS DADOS')
      STOP
    6 LI=LFN
      CALL NOVA
      GO TO 1
    4 LI=LAN
      DO 7 LIN=1,KOL
      IF(NQ(I).EQ.LBAR(LIN)) GO TO 8
    7 CONTINUE
      LK=NQ(I)
      NQ(I)=NP(I)
      NP(I)=LK
      CALL NOVA
      GO TO 1
    8 CALL LOOP
      GO TO 1
    2 DO 9 LNN=1,KOL
      IF(NQ(I).EQ.LBAR(LNN)) GO TO 10
    9 CONTINUE
      CALL REFER
      GO TO 1
   10 CALL LOOPR
    1 CONTINUE
      RETURN
      END
```

```
      SUBROUTINE   REFER

      LIGA UMA LINHA DA REFERENCIA PARA UMA NOVA BARRA

      COMPLEX*8 Z,ZZ
      COMMON/BLOCA/ NU,NE,NW,NG,NP(100),NQ(100),LISTA(26)
      COMMON/BLOCB/ ZZ(1325)
      COMMON/BLOCC/ Z(300)
      COMMON/BLOCD/ LT(100),KT(100)
      COMMON/BLOCG/ KOL,I,LIN,LI,KIL,LBAR(100)

---   ADICIONA LINHA DA REFERENCIA A UMA NOVA BARRA

      KOL=KOL+1
      LBAR(KOL)=NQ(I)
      KT(NQ(I)) = KT(NQ(I))-1
      KIL=NQ(I)
      DO 1 LE=1,KOL
      IND=KOL*(KOL-1)/2+LE
      IF(LE.EQ.KOL) GO TO 2
      ZZ(IND)=CMPLX(0.,0.)
      GO TO 1
    2 ZZ(IND)=Z(I)
    1 CONTINUE
      IF(KT(NQ(I)).EQ.0) GO TO 3
      GO TO 5
    3 DO 4 LL=1,NE
      IF(LISTA(LL).EQ.KIL) GO TO 5
    4 CONTINUE
      CALL  ELIMIN
    5 RETURN
      END
```

```
      SUBROUTINE   LOOP

      LIGA UMA LINHA ENTRE DUAS BARRAS EXISTENTES

      COMPLEX*8 Z,ZZ,ZLOOP(110)
      COMMON/BLOCA/ NU,NE,NW,NG,NP(100),NQ(100),LISTA(26)
      COMMON/BLOCB/ ZZ(1325)
      COMMON/BLOCC/ Z(300)
      COMMON/BLOCD/ LT(100),KT(100)
      COMMON/BLOCG/ KOL,I,LIN,LI,KIL,LBAR(100)
      DATA ZLOOP/110*(0.,0.)/

---- LIGA UMA LINHA ENTRE DUAS BARRAS EXISTENTES

      KT(NP(I))=KT(NP(I))-1
      KT(NQ(I)) = KT(NQ(I))-1
      L=LI*(LI-1)/2+LI
      IND=LIN*(LIN-1)/2+LIN
      IJ=LIN*(LIN-1)/2+LI
      IF(LI.GT.LIN) IJ=  LI*(LI-1)/2+LIN
      ZLOOP(KOL+1)=ZZ(L)+ZZ(IND)-2.*ZZ(IJ)+Z(I)
      DO 1 LL=1,KOL
      IND=LL*(LL-1)/2+LL
      IF(LL.LE.LI) IND=LI*(LI-1)/2+LL
      L=LIN*(LIN-1)/2+LL
      IF(LL.GT.LIN) L=LL*(LL-1)/2+LIN
      ZLOOP(LL)=ZZ(L)-ZZ(IND)
    1 CONTINUE

---- ELIMINACAO DO LOOP PELA REDUCAO DE KRON

      DO 2 N=1,KOL
      DO 2 M=N,KOL
      IND=M*(M-1)/2+N
      ZZ(IND)=ZZ(IND)-ZLOOP(N)*ZLOOP(M)/ZLOOP(KOL+1)
    2 CONTINUE
      IF(KT(NP(I)).EQ.0) GO TO 8
      GO TO 11
    8 KIL = NP(I)
      DO 10 LL=1,NE
      IF(LISTA(LL).EQ.KIL) GO TO 11
   10 CONTINUE
      CALL ELIMIN
   11 IF(KT(NQ(I)).NE.0)  RETURN
      KIL=NQ(I)
      DO 13 LL=1,NE
      IF(LISTA(LL).EQ.KIL) GO TO 14
   13 CONTINUE
      CALL  ELIMIN
   14 RETURN
      END
```

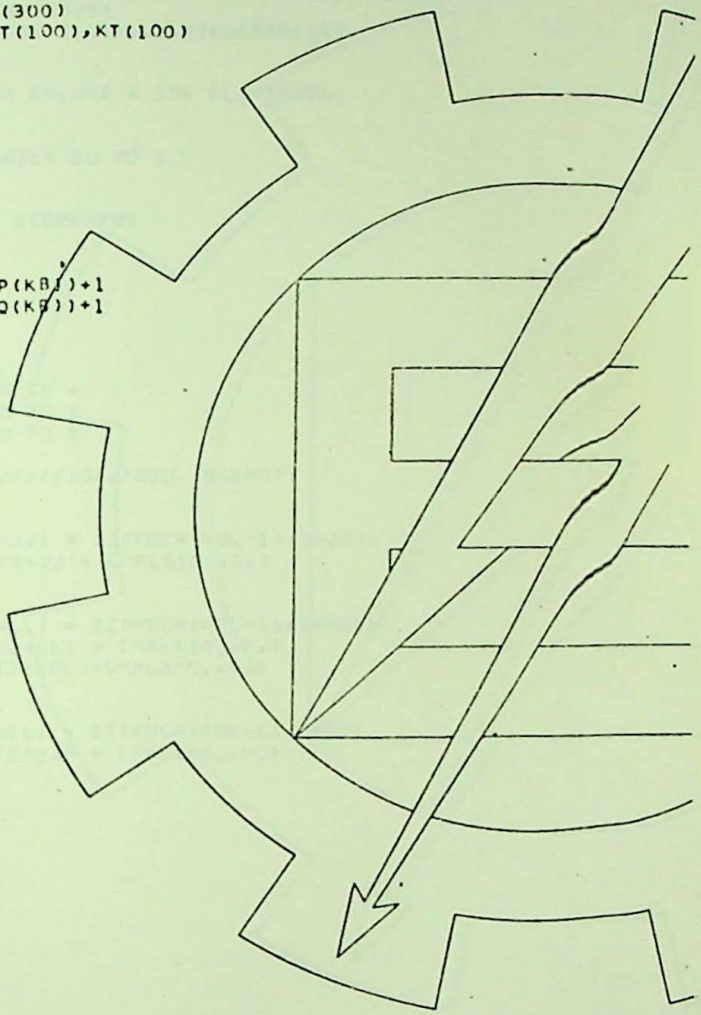
```
      SUBROUTINE   LOOPR

      LIGA UMA LINHA DA REFERENCIA A UMA BARRA EXISTENTES

      COMPLEX*8 Z,ZZ,ZLOOP(110)
      COMMON/BLOCA/ NU,NE,NW,NG,NP(100),NC(100),LISTA(26)
      COMMON/BLOCB/ ZZ(1325)
      COMMON/BLOCC/ Z(300)
      COMMON/BLOCD/ LT(100),KT(100)
      COMMON/BLOCG/ KOL,I,LIN,LI,KIL,LBAR(100)
      DATA ZLOOP/110*(0.,0.)/

---- LIGA UMA LINHA ENTRE A REFERENCIA E UMA BARRA EXISTENTE COM LOOP

      KT(NC(I)) = KT(NQ(I))-1
      DO 1 M=1,KOL
      IF(LBAR(M).EQ.NQ(I)) GO TO 2
    1 CONTINUE
    2 DO 3 LII=1,KOL
      ZLOOP(LII)=ZZ(M*(M-1)/2+LII)
      IF(LII.GT.M) ZLOOP(LII)=ZZ(LII*(LII-1)/2+M)
    3 CONTINUE
      ZLOOP(KOL+1)=ZZ(M*(M-1)/2+M)+Z(I)

---- ELIMINACAO DO LOOP PELA REDUCAO DE KRON

      DO 4 N=1,KOL
      DO 4 J=N,KOL
      IND=J*(J-1)/2+N
      ZZ(IND)=ZZ(IND)-ZLOOP(N)*ZLOOP(J)/ZLOOP(KOL+1)
    4 CONTINUE
      IF(KT(NC(I)).EQ.0) GO TO 9
      GO TO 12
    9 KIL = NC(I)
   10 DO 11 LL=1,NE
      IF(LISTA(LL).EQ.KIL) GO TO 12
   11 CONTINUE
      CALL  ELIMIN
   12 RETURN
      END
```

```
      SUBROUTINE  LINHAS
---- SUBROTINA QUE SEPARA AS LINHAS QUE SERAO MANTIDAS NA  ZBUS
      INTEGER*4 NPIN(26),NQIN(26)
      COMPLEX*8 ZIN(26),Z
      COMMON/BLOCA/ NU,NE,NW,NG,NP(100),NQ(100),LISTA(26)
      COMMON/BLOCC/ Z(300)
      KIN=0
      KOUT=0
      DO 1 I=1,NU
      IF(NE.EQ.0) GO TO 8
      DO 2 J=1,NE
      IF(NP(I).EQ.0) GO TO 4
      IF(NP(I).EQ.LISTA(J)) GO TO 4
    2 CONTINUE
      GO TO 6
    4 DO 7 K=1,NE
      IF(NQ(I).EQ.LISTA(K)) GO TO 8
    7 CONTINUE
      GO TO 6
    8 KIN=KIN+1
      NIN=KIN
      NPIN(KIN)=NP(I)
      NQIN(KIN)=NQ(I)
      ZIN(KIN)=Z(I)
      GO TO 1
    6 KOUT=KOUT+1
      NOUT=KOUT
      NP(KOUT)=NP(I)
      NQ(KOUT)=NQ(I)
      Z(KOUT)=Z(I)
    1 CONTINUE
      DO 9 I=1,NIN
      K=I+NOUT
      NP(K)=NPIN(I)
      NQ(K)=NQIN(I)
      Z(K)=ZIN(I)
    9 CONTINUE
      RETURN
      END
```

```
      SUBROUTINE  ORDEM

---- ORDENA AS LINHAS PARA A FORMACAO DA ZBARRA

      COMPLEX*8 Z,ZA,ZB
      COMMON/BLOCA/ NU,NE,NW,NG,NP(100),NQ(100),LISTA(26)
      COMMON/BLOCC/ Z(300)
      COMMON/BLOCD/ LT(100),KT(100)
      DATA KT/100*0/,LT/100*0/

---- PESQUIZA DE UMA LINHA DA REFERENCIA PARA UMA BARRA

      KA=1
      KB=1

      DO 1 I=1,NU
      IF(NP(I).EQ.0) GO TO 2
    1 CONTINUE
      WRITE(1,100)
  100 FORMAT(//10X,'NAO HA LIGACAO COM A REFERENCIA')
      STOP

---- PESQUISA DA LINHA DA REFERENCIA PARA UMA BARRA COM A MENOR IMPED.

    2 ZA=Z(I)
      DO 3 J=1,NU
      IF(NP(J).NE.0) GO TO 3
      IF(ABS(AIMAG(Z(J))).LE.ABS(AIMAG(ZA)))  GO TO 4
      GO TO 3
    4 ZA=Z(J)
      JJ=J
    3 CONTINUE

      PRIMEIRA LINHA DA ORDENACAO

      LP=NP(KB)
      LQ=NQ(KB)
      ZB=Z(KB)
      NP(KB)=NP(JJ)
      NQ(KB)=NQ(JJ)
      Z(KB)=Z(JJ)
      NP(JJ)=LP
      NQ(JJ)=LQ
      Z(JJ)=ZB
      LT(KB)=NQ(KB)
      KT(NQ(KB))=KT(NQ(KB))+1

---- FORMACAO DA LISTA DE BARRAS

      KM=KB+1
      DO 5 I=KM,NU
      IF(NP(I).NE.NQ(KB)) GO TO 6
      DO 7 J=1,KA
      IF(LT(J).EQ.NQ(I)) GO TO 5
    7 CONTINUE
      LT(KA+1)=NQ(I)
      KA=KA+1
      GO TO 5
    6 IF(NQ(I).NE.NQ(KB)) GO TO 5
      DO 8 J=1,KA
      IF(LT(J).EQ.NP(I)) GO TO 5
```

```
    8 CONTINUE
      LT(KA+1)=NP(I)
      KA=KA+1
    5 CONTINUE
      IF(KA.EQ.1) WRITE(1,101)
  101 FORMAT(//10X,' HA ERRO NOS DADOS DO SISTEMA ')

---- DEMAIS LINHAS DA ORDENACAO

      KC=KB
    9 DO 10 I=KN,NU
      IF(KB.GE.I) GO TO 10
      IF(NP(I).EQ.LT(KC)) GO TO 11
      IF(NQ(I).EQ.LT(KC)) GO TO 12
      GO TO 10
   12 DO 13 J=1,KA
      IF(NP(I).EQ.LT(J)) GO TO 14
   13 CONTINUE
      LT(KA+1)=NP(I)
      KA=KA+1
   14 CALL TROCA(KB,I)
      GO TO 17
   11 DO 15 J=1,KA
      IF(NQ(I).EQ.LT(J)) GO TO 16
   15 CONTINUE
      LT(KA+1)=NQ(I)
      KA=KA+1
   16 CALL TROCA(KB,I)
   17 L=KB+1
      IF(L.GT.NU)  RETURN
      DO 18 J=L,NU
      IF(NP(J).EQ.LT(KC)) GO TO 19
      IF(NQ(J).EQ.LT(KC)) GO TO 20
      GO TO 18
   19 IF(NQ(J).EQ.NP(KB).OR.NQ(J).EQ.NQ(KB)) GO TO 21
      GO TO 18
   20 IF(NP(J).EQ.NP(KB).OR.NP(J).EQ.NQ(KB)) GO TO 21
      GO TO 18
   21 CALL TROCA(KB,J)
   18 CONTINUE
      DO 22 J=L,NU
      IF(NP(J).EQ.0.AND.NQ(J).EQ.NP(KB)) GO TO 23
      IF(NP(J).EQ.0.AND.NQ(J).EQ.NQ(KB)) GO TO 23
   22 CONTINUE
      GO TO 10
   23 CALL TROCA(KB,J)
   10 CONTINUE
      KC=KC+1
      KM=KB+1
      IF(KM.GT.NU) RETURN
      GO TO  9
      RETURN
      END
```

```
      SUBROUTINE  TROCA(KB,I)

---- TROCA A ORDEM DAS LINHAS NA LISTA ,DURANTE A ORDENACAO

      COMPLEX*8 Z,ZA
      COMMON/BLOCA/ NU,NE,NW,NG,NP(100),NQ(100),LISTA(26)
      COMMON/BLOCC/ Z(300)
      COMMON/BLOCD/ LT(100),KT(100)

      KB=KB+1
      LP=NP(KB)
      LQ=NQ(KB)
      ZA=Z(KB)
      NP(KB)=NP(I)
      NQ(KB)=NQ(I)
      Z(KB)=Z(I)
      NP(I)=LP
      NQ(I)=LQ
      Z(I)=ZA
      KT(NP(KB))=KT(NP(KB))+1
      KT(NQ(KB))=KT(NQ(KB))+1
      RETURN
      END
```



```
      SUBROUTINE  ELIMIN

---- ELIMINA OS EIXOS DA MATRIZ QUANDO TODAS AS LINHAS ESTAO C ONECTADA

      COMPLEX*8 Z,ZZ ,ZAUX(50)
      COMMON/BLOCA/ NU,NE,NW,NG,NP(100),NQ(100),LISTA(26)
      COMMON/BLOCB/ ZZ(1325)
      COMMON/BLOCG/ KOL,I,LIN,LI,KIL,LBAR(100)


      DETERMINACAO DA COLUNA A SER ELIMINADA
      LAUX=LBAR(KOL)
      DO 1 L=1,KOL
      IF(LBAR(L).EQ.KIL) GO TO 2
    1 CONTINUE

---- ELIMINACAO DOS ELEMENTOS

    2 LL=L
      KK=KOL-1
      LBAR(LL)=LAUX


      DO 3 JJ=1,KK
      IF(JJ.LT.LL) GO TO 4
      IF(JJ.EQ.LL) GO TO 5
      IF(JJ.GT.LL) GO TO 6
      WRITE(1,10)
   10 FORMAT(1H1/////////10X,'DEU  GALHO')
      STOP

    4 ZZ(LL*(LL-1)/2+JJ) = ZZ(KOL*(KOL-1)/2+JJ)
      ZZ(KOL*(KOL-1)/2+JJ)= CMPLX(0.,0.)
      GO TO 3

    5 ZZ(LL*(LL-1)/2+LL) = ZZ(KOL*(KOL-1)/2+KOL)
      ZZ(KOL*(KOL-1)/2+LL) = CMPLX(0.,0.)
      ZZ(KOL*(KOL-1)/2+KOL)=CMPLX(0.,0.)
      GO TO 3

    6 ZZ(JJ*(JJ-1)/2+LL) = ZZ(KOL*(KOL-1)/2+JJ)
      ZZ(KOL*(KOL-1)/2+JJ) = CMPLX(0.,0.)

    3 CONTINUE
      LBAR(KOL)=0
      KOL=KOL-1
      RETURN
      END
```

```
      SUBROUTINE  REORD

---- REORDENA A MATRIZ -ZBARRA- REDUZIDA DE ACORDO COM A -LISTA-

      COMPLEX*8 ZZ,ZAUX(364)
      COMMON/BLOCA/ NU,NE,NW,NG,NP(100),NQ(100),LISTA(26)
      COMMON/BLOCB/ ZZ(1325)
      COMMON/BLOCG/ KOL,I,LIN,LI,KIL,LBAR(100)

      DO 1 K=1,NE
      DO 1 L=K,NE
      IND=L*(L-1)/2+K
      DO 3 M=1,NE
      IF(LBAR(M).EQ.LISTA(K)) GO TO 4
    3 CONTINUE
      WRITE(1,10)
   10 FORMAT(/5X,'INCOMPATIBILIDADE ENTRE  LBAR  E  LISTA')
      STOP
    4 DO 5 N=1,NE
      IF(LBAR(N).EQ.LISTA(L)) GO TO 6
    5 CONTINUE
      WRITE(1,10)
      STOP
    6 INA=M*(M-1)/2+N
      IF(M.LT.N) INA=N*(N-1)/2+M
      ZAUX(IND) = ZZ(INA)
      ZZ(INA) = CMPLX(0.,0.)
      GO TO 1
    1 CONTINUE

      DO 2 K=1,NE
      DO 2 L=K,NE
      IND= L*(L-1)/2+K
      ZZ(IND) = ZAUX(IND)
    2 CONTINUE
      DO 13 IM=1,NE
   13 LBAR(IM)=LISTA(IM)
      RETURN
      END
```

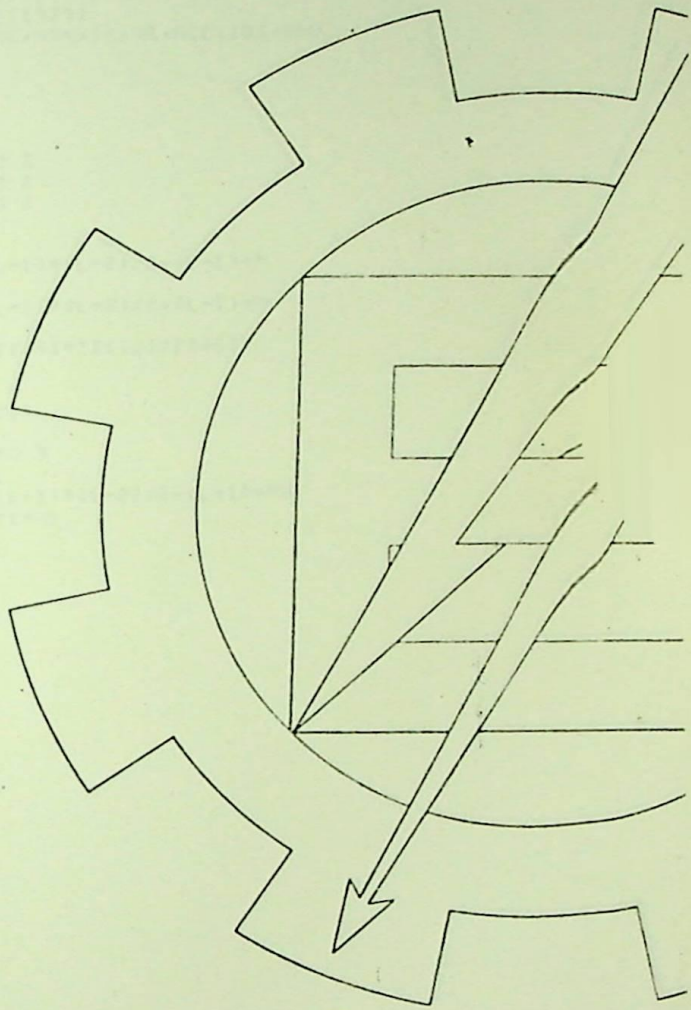
```
      SUBROUTINE  PLOT

---- PLOTA A CURVA 'ANGULO X TEMPO' DOS GERADORES DO SISTEMA

      INTEGER*4  BLANK,DOT,SYMBL(12),ABAR,IY(12),ALINE(101),BLINE(101)
     *           ,NSYM(12)

      COMMON/BLOCA/ NU,NE,NW,NG,NP(100),NQ(100),LISTA(26)
      COMMON/BLOCG/ KOL,I,LIN,LI,KIL,LBAR(100)
      COMMON/BLOCK/ LK,DELTA(10,151),W(10,151),LN,DT,TT
      COMMON/BLOCN/ NNE,NGK,IR,NR,NCC(10),NNU

      DATA  BLANK/' '/,DOT/'I'/,SYMBL/'*','.','+','-','A','B','C','D','E
     *','F','G',' '/,ABAR/'I'/
      DATA  CENTR1/1.5/,CENTR2/51.5/,BLINE/101*'-'/

      WRITE(1,33)
   33 FORMAT(1H1/////  43X,'PLOTAGEM DOS ANGULOS DOS GERADORES'/////
     * 15X,'EIXO -X- GRADUADO EM SEGUNDOS',33X,'EIXO -Y- GRADUADO EM GR
     *US'/////)
      DO 31 IG=1,NG
      NSYM(IG)=IG
   31 WRITE(1,32)SYMBL(IG),LISTA(IG)
   32 FORMAT(30X,'O SIMBOLO ',2X,A4,'CORRESPONDE AO GERADOR CONECT
     *BARRA NUMERO  ',I4/)
      WRITE(1,35) LBAR(NNE)
   35 FORMAT(//30X,'CASO SIMULADO PARA UMA FALTA NA BARRA',I6//)
      AMAX=0.0
      AMIN=0.0
      NO=1
      DO 1 N=1,12
    1 IY(N)=0
      BLINE(1)  =ABAR
      BLINE(26) =ABAR
      BLINE(51) =ABAR
      BLINE(76) =ABAR
      BLINE(101)=ABAR
      DO 2 I=1,101
    2 ALINE(I)=BLANK
      NSTEPS=1.0+(TT/DT)
      DO 3 K=1,NG
      DO 3 L=1,NSTEPS
      IF(DELTA(K,L).GT.AMAX) AMAX=DELTA(K,L)
      IF(DELTA(K,L).LT.AMIN) AMIN=DELTA(K,L)
    3 CONTINUE
      IF(AMIN.LT.0.0) GO TO 4
      ESC=100.0/AMAX
      CENTR=CENTR1
      T1=AMAX
      T2=0.75*AMAX
      T3=0.50*AMAX
      T4=0.25*AMAX
      T5=0.0
      GO TO 5
    4 AIMIN=-AMIN
      IF(AMAX.GT.AIMIN) GO TO 6
      IF(AMAX.EQ.0.0)   GO TO 7
      ESC=50.0/AIMIN
      T1=AIMIN
      T2=0.5*AIMIN
      T3=0.0
```

```
      T4=0.5*AMIN
      T5=AMIN
      GO TO 8
    7 ESC=100.0/AIMIN
      CENTR=101.5
      T1=0.0
      T2=0.25*AMIN
      T3=0.50*AMIN
      T4=0.75*AMIN
      T5=AMIN
      GO TO 5
    6 ESC=50.0/AMAX
      T1=AMAX
      T2=0.5*AMAX
      T3=0.0
      T4=0.5*(-AMAX)
      T5=-AMAX
    8 CENTR=CENTR2
    5 VARX=0.0
      ICNTR=CENTR1
      DO 9 J=1,NSTEPS
      ALINE(ICNTR)=DOT
      IF(VARX.GT.0.0) GO TO 18
      WRITE(1,10) T5,T4,T3,T2,T1
   10 FORMAT('+',12X,F8.2,17X,F8.2,17X,F8.2,17X,F8.2,17X,F8.2)
      DO 11 M=1,101
   11 ALINE(M)=BLINE(M)
   18 DO 12 L=1,NG
      IY(L)=(DELTA(L,J)*ESC)+CENTR
      ALINE(IY(L))=SYMBL(NSYM(L))
   12 CONTINUE
      DO 13 M=1,NG
      DO 14 N=1,NG
   14 IF(((IY(M).EQ.IY(N)).AND.(M.NE.N)).AND.(.NOT.((NSYM(N).EQ.I 2)
     *.OR.(NSYM(M).EQ.12)))) ALINE(IY(M))=SYMBL(11)
   13 CONTINUE
      IF(NO.EQ.1) GO TO 15
      WRITE(1,21) ALINE
   21 FORMAT(18X,101A1)
      GO TO 16
   15 WRITE(1,20) VARX,ALINE
   20 FORMAT(1X,F10.5,7X,101A1)
   16 NO=NO+1
      VARX=VARX+DT
      IF(NO.EQ.6) NO=1
      DO 17 M=1,101
   17 ALINE(M)=BLANK
    9 CONTINUE
      WRITE(1,30)
   30 FORMAT('1')
      RETURN
      END
```

```
      SUBROUTINE  FALTA
---- CALCULA O LOAD/FLOW DO SISTEMA ITERATIVAMENTE NO INSTANTE DA FALT.
      COMPLEX*8 PROD,BAR,STOR(10)

      COMMON/BLOCA/ NU,NE,NW,NG,NP(100),NQ(100),LISTA(26)
      COMMON/BLOCF/ NPM(5),NQM(5),VP(5,151),VQ(5,151),NS,AP(5,151),
     *              AQ(5,151)
      COMMON/BLOCH/ PROD(26),BAR(26)
      COMMON/BLOCK/ LK,DELTA(10,151),W(10,151),LN,DT,TT
      COMMON/BLOCN/ NNE,NGK,IR,NR,NCC(10),NNU

      DATA PROD/26*(0.,0.)/,STOR/10*(0.,0.)/
---- ESTABELECIMENTO DAS CONDICOES INICIAIS DOS GERADORES

      IR=500
      CALL  MAQA
      IR=0

---- INICIO DA SOLUCAO ITERATIVA

      COMP=0.0
    1 DO 2 IL=1,NG
      BAR(IL)=(STOR(IL)+BAR(IL))/2.
    2 STOR(IL)=BAR(IL)
      BAR(NNE)=CMPLX(0.,0.)
      IF(IR.LT.50) GO TO 3
      WRITE(1,103)
  103 FORMAT(/20X,'LOAD-FLOW NAO CONVERGENTE APOS A FALTA '/)
      STOP
    3 CALL  MULT
      IF(ABS(COMP- CABS(PROD(NNE))).LE.0.0001) GO TO 4
      COMP=CABS(PROD(NNE))
      IR=IR+1


      CALL  MAQA
      CALL  CARGAS
      GO TO 1

    4 IR=100
      RETURN
      END
```

```
      SUBROUTINE  DESLIG

---- EFETUA A MODIFICACAO DA MATRIZ ZBARRA AO DESLIGAR A FALTA [redacted]
     CALCULA O LOAD-FLOW DO SISTEMA ITERATIVAMENTE

      COMPLEX*8 Z,ZZ,ZLF,PROD,BAR,ZZAU,STOR(10)

      COMMON/BLOCA/ NU,NE,NW,NG,NP(100),NQ(100),LISTA(26)
      COMMON/BLOCB/ ZZ(1325)
      COMMON/BLOCC/ Z(300)
      COMMON/BLOCD/ LT(100),KT(100)
      COMMON/BLOCE/ NPM(5),NQM(5),VP(5,151),VQ(5,151),NS,AP(5,15[redacted]),
     *              AQ(5,151)
      COMMON/BLOCG/ KOL,I,LIN,LI,KIL,LBAR(100)
      COMMON/BLOCH/ PROD(26),BAR(26)
      COMMON/BLOCK/ LK,DELTA(10,151),W(10,151),LN,DT,TT
      COMMON/BLOCN/ NME,NGK,IR,NR,NCC(10),NNU
      COMMON/BLOCO/ ZZAU(3[redacted]),NPD,NQD,ZLF

      DATA STOR/10*(0.,0.)/

---- MODIFICACAO DA MATRIZ  ZBARRA

      MA=NE*(NE-1)/2+NE
      DO 1 MB=1,MA
    1 ZZ(MB)=ZZAU(MB)

      DO 2 LAN=1,KOL
      IF(NPD.EQ.LBAR(LAN)) GO TO 3
    2 CONTINUE
      WRITE(1,100)
  100 FORMAT(/10X,'BARRA P DA LINHA A SER DESLIGADA NAO EXISTE N[redacted] MATRI
     * ZBARRA - VERIFIQUE OS DADOS')
      STOP

    3 LI=LAN
      DO 4 LIN=1,KOL
      IF(NQD.EQ.LBAR(LIN)) GO TO 5
    4 CONTINUE
      WRITE(1,101)
  101 FORMAT(/10X,'BARRA Q DA LINHA A SER DESLIGADA NAO EXISTE N[redacted] MATRI
     * ZBARRA - VERIFIQUE OS DADOS')
      STOP
    5 I=1
      Z(I)=ZLF
      CALL  LOOP

---- INVERSAO PARCIAL DA MATRIZ ZBARRA MODIFICADA APOS O DESLIG[redacted]AMENTO

      NNU=NG
      CALL  INV

---- SOLUCAO ITERATIVA DO LOAD-FLOW APOS A ELIMINACAO DA FALTA

      IR=0
      COMP=0.0
   10 DO 6 IL=1,NG
      BAR(IL)=(STOR(IL)+BAR(IL))/2.
    6 STOR(IL)=BAR(IL)
      IF(IR.LT.50) GO TO 7
      WRITE(1,102)
```

```
102 FORMAT(/10X,'LOAD-FLOW NAO CONVERGENTE APOS O DESLIGAMENTO')
    STOP
  7 CALL MULT
    IF(ABS(COMP - CABS(PROD(NNE))) . LE . 0.001) GO TO 8
    COMP=CABS(PROD(NNE))
    IR=IR+1
    CALL  MAQA
    CALL  CARGAS
    GO TO 10
  8 IR=100
    RETURN
    END
```

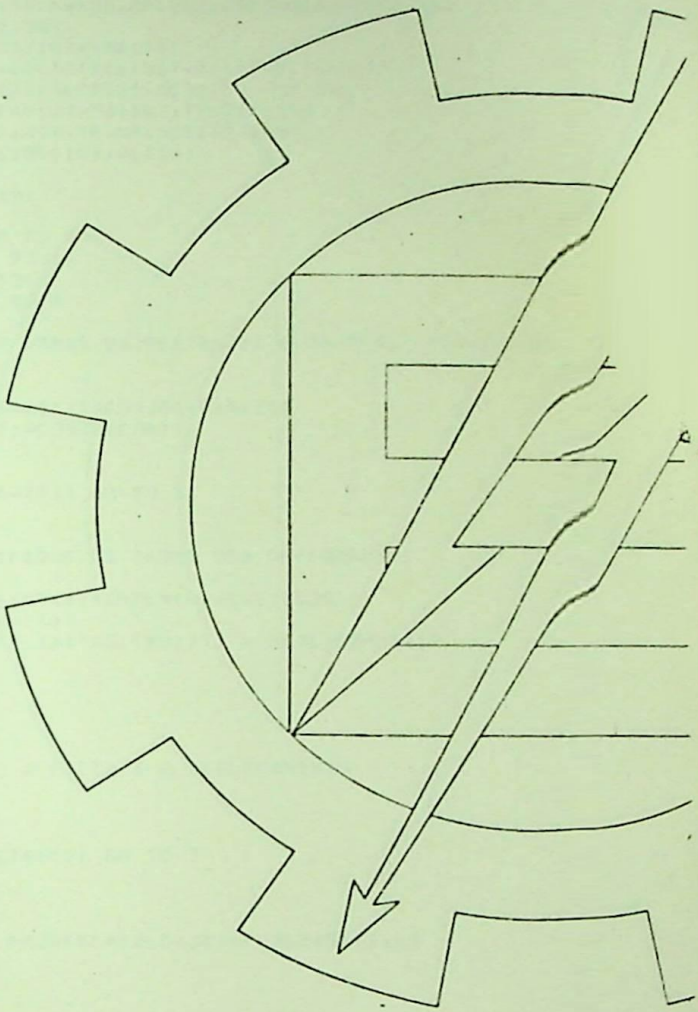


```
      SUBROUTINE    INV

---- INVERTE PARCIALMENTE A MATRIZ -ZBARRA- PELO METODO DE SHIPLEY

      COMPLEX*8 ZZ
      COMMON/BLOCA/ NU,NE,NW,NG,NP(100),NQ(100),LISTA(26)
      COMMON/BLOCB/ ZZ(1325)
      COMMON/BLOCN/ NNE,NGK,IR,NR,NCC(10),NNU


      DO 1 L=1,NNU
      DO 2 M=1,NE
      DO 2 N=1,NE
      IF(M.EQ.L) GO TO 2
      IF(N.LT.M) GO TO 2
      IF(N.EQ.L) GO TO 2
      II=L*(L-1)/2+L
      IJ=M*(M-1)/2+L
      IF(M.LE.L) IJ=(L-1)*(L-2)/2+(L-1)+M
      IK=N*(N-1)/2+L
      IF(N.LE.L) IK=(L-1)*(L-2)/2+(L-1)+N
      IL=N*(N-1)/2+M
      ZZ(IL)=ZZ(IL)-ZZ(IK)*ZZ(IJ)/ZZ(II)
    2 CONTINUE

      ZZ(II)= -1./ZZ(II)
      DO 3 NN=1,NE
      IF(NN.EQ.L) GO TO 3
      MN=NN*(NN-1)/2+L
      IF(MN.LE.L) MN=(L-1)*(L-2)/2+(L-1)+NN
      ZZ(MN)=ZZ(II)*ZZ(MN)
    3 CONTINUE
    1 CONTINUE

      RETURN
      END
```

```
      SUBROUTINE MULT
---- EFETUA O PRODUTO DE UMA MATRIZ TRIANGULARIZADA POR UM VETOR
      COMPLEX*8 ZZ,PROD,BAR
      COMMON/BLOCA/ NN,NE,NW,NG,NP(100),NQ(100),LISTA(26)
      COMMON/BLOCB/ ZZ(1325)
      COMMON/BLOCH/ PROD(26),BAR(26)

      DO 1 L=1,NE
      PROD(L)= CMPLX(0.,0.)
      DO 1 K=1,NE
      IND=L*(L-1)/2+K
      IF(K.GT.L) IND=K*(K-1)/2+L
      PROD(L)=PROD(L)+ZZ(IND)*BAR(K)
    1 CONTINUE
      RETURN
      END
```

```
      SUBROUTINE  CARGAS

---- CALCULA A CORRENTE DE CARGA NAS BARRAS DE CARGAS ESPECIAIS
     E CALCULA O MODULO E O ANGULO DA TENSAO NOS TERM. DE LINHAS MONIT.

      COMPLEX*8 PROD,BAR

      COMMON/BLOCA/ NN,NE,NW,NG,NP(100),NQ(100),LISTA(26)
      COMMON/BLOCF/ NPM(5),NQM(5),VP(5,151),VQ(5,151),NS,AP(5,151),
     *              AQ(5,151)
      COMMON/BLOCH/ PROD(26),BAR(26)
      COMMON/BLOCJ/ PLI(10),QLI(10),PLP(10),QLP(10),ALFAI(10),ALFAP(10),
     *              BETAI(10),BETAP(10)
      COMMON/BLOCK/ LK,DELTA(10,151),W(10,151),LN,DT,TT
      COMMON/BLOCN/ NNE,NGK,IR,NR,NCC(10),NNU

---- TENSAO DA BARRA  P

      IF(NS.EQ.0) GO TO 4
      DO 5 LH=1,NS
      DO 6 LL=1,NE
      IF(NPM(LH).EQ.LISTA(LL)) GO TO 7
    6 CONTINUE
      WRITE(1,101)
  101 FORMAT(/10X,'VERIFIQUE OS DADOS DAS LINHAS MONITORADAS')
      STOP
    7 IF(LL.LT.NGK) GO TO 11
      VP(LH,LK) = CABS(PROD(LL))
      AP(LH,LK) =(ATAN2 (AIMAG(PROD(LL)) , REAL(PROD(LL))))*57.2 9578
      GO TO 5
   11 VP(LH,LK) = CABS(-BAR(LL))
      AP(LH,LK) =(ATAN2(AIMAG(-BAR(LL)) , REAL(-BAR(LL))) )*57.2 9578
    5 CONTINUE

---- TENSAO DA BARRA  Q

      DO 8 LT=1,NS
      DO 9 LU=1,NE
      IF(NQM(LT).EQ.LISTA(LU)) GO TO 10
    9 CONTINUE
      WRITE(1,101)
      STOP
   10 IF(LU.LT.NGK) GO TO 12
      VQ(LT,LK) = CABS(PROD(LU))
      AQ(LT,LK) =(ATAN2 (AIMAG(PROD(LU)) , REAL(PROD(LU))))*57.2 9578
      GO TO 8
   12 VQ(LT,LK) = CABS(-BAR(LU))
      AQ(LT,LK) =(ATAN2(AIMAG(-BAR(LU)) , REAL(-BAR(LU))) )*57.2 9578
    8 CONTINUE

---- CALCULO DAS CORRENTES

    4 IF(NR.EQ.0)  RETURN
      DO 1 KJ=1,NR
      DO 2 LF=NGK,NE
      IF(NCC(KJ).EQ.LISTA(LF)) GO TO 3
    2 CONTINUE
      WRITE(1,100)
  100 FORMAT(/30X,'VERIFIQUE OS DADOS DAS CARGAS ESPECIAIS'/)
      STOP
```

```
3 ROD=CABS(PROD(LF))
  BAR(LF) = - (CMPLX(PLI(KJ)*(ROD**(ALFAI(KJ)-1.)) ,
 *                   QLI(KJ)*(ROD**(BETAI(KJ)-1.)))
 *              +CMPLX(PLP(KJ)*(ROD**(ALFAP(KJ)-1.)) ,
 *                   QLP(KJ)*(ROD**(BETAP(KJ)-1.))))
1 CONTINUE
  RETURN
  END
```



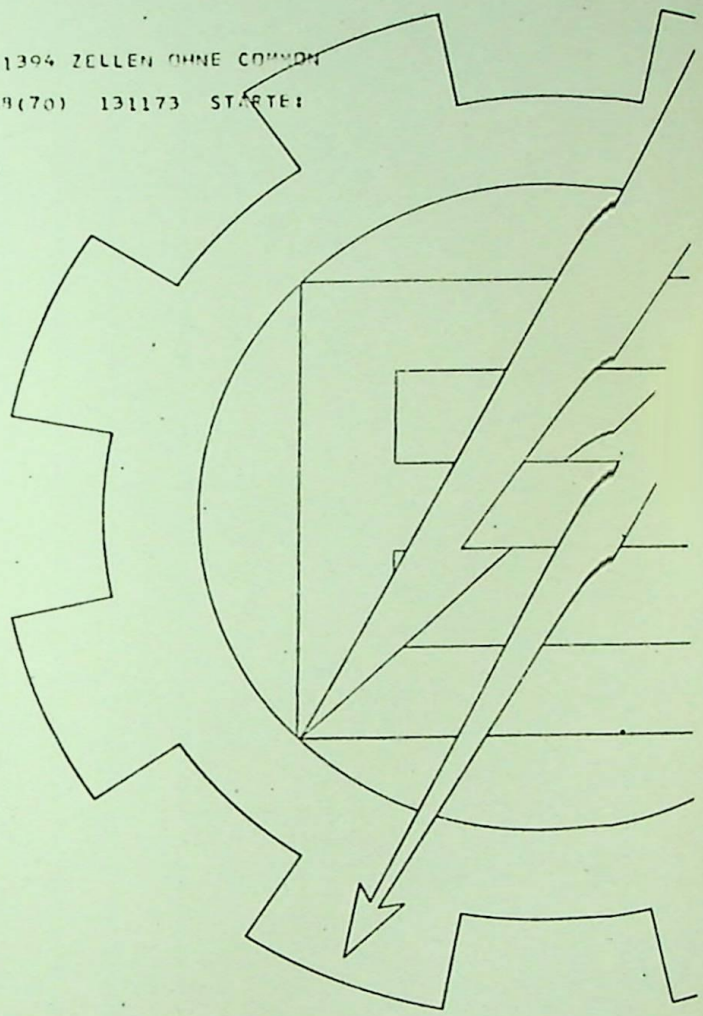
```
      SUBROUTINE  MAQA

---- REPRESENTACAO DE UMA MAQUINA SINCRONA PELO MODELO -1- DO IEEE

      COMPLEX*8 SG,PROD,BAR,COR,ETER,EBH(10)

      COMMON/BLOCA/ NU,NE,NW,NG,NP(100),NQ(100),LISTA(26)
      COMMON/BLOCE/ SG(100)
      COMMON/BLOCH/ PROD(26),BAR(26)
      COMMON/BLOCK/ LK,DELTA(10,151),W(10,151),LN,DT,TT
      COMMON/BLOCL/ H(10),XLD(10),NGG(10),PM(10)
      COMMON/BLOCM/ ETER(10),PA(10),TENSAO(10)
      COMMON/BLOCN/ NNE,NGK,IR,NR,NCC(10),NNU
      COMMON/BLOCP/ IFL,DL(10),WL(10)

      DATA W0/376.991119/

      IF(IR.EQ.1000) GO TO 4
      IF(IR.EQ.500) GO TO 16
      IF(IR.LT.51) GO TO 4
      IF(IR.EQ.100) GO TO 8

---- CALCULO DA TENSAO ATRAS DA REATANCIA E DA POT. MECANICA DO GERADOR

   16 DO 1 I=1,NG
      COR=CONJG(SG(LISTA(I)))/CONJG(-BAR(I))
      PM(I)=REAL(-BAR(I)*CONJG(COR))

      DO 2 J=1,NG
      IF(NGG(J).EQ.LISTA(I)) GO TO 3
    2 CONTINUE
      WRITE(1,101)
  101 FORMAT(/10X,'VERIFIQUE OS DADOS DOS GERADORES')
      STOP
    3 EBH(I)=(-BAR(I)+(XLD(J)*CMPLX(0.,1.))*COR)
      TENSAO(I)=CABS(EBH(I))
      DELTA(I,LK)= ATAN2 (AIMAG(EBH(I)) , REAL(EBH(I)))
      W(I,LK) = W0
    1 CONTINUE
      RETURN

---- ITERACOES DURANTE A FALTA E O DESLIGAMENTO

    4 DO 5 K=1,NG
      DO 6 JK=1,NG
      IF(NGG(JK).EQ.LISTA(K)) GO TO 7
    6 CONTINUE
      WRITE(1,101)
      STOP
    7 ETER(K)=EBH(K) - PROD(K)*(XLD(JK)*CMPLX(0.,1.))
      BAR(K)= -ETER(K)
    5 CONTINUE
      RETURN

---- POTENCIA ACELERANTE DURANTE A FALTA E O DESLIGAMENTO

    8 DO 10 IG=1,NG
      PEL=REAL(ETER(IG)*CONJG(PROD(IG)))
      IF(LK.EQ.LN) GO TO 10
      IF(IG.EQ.NNE) PEL=0.15*PM(IG)
```

```
 10 PA(IG)=(PM(IG) - PEL)/2.
    CALL  HEUN
    DO 19 ID=1,NG
    DO 17 IH=1,NG
    IF(NGG(IH).EQ.LISTA(ID)) GO TO 18
 17 CONTINUE
 18 EBH(ID)=CMPLX(TENSAO(ID)*COS(DELTA(ID,LK)) , TENSAO(ID)*SIN (DELTA
   *                 (ID,LK)))
    ETER(ID)=EBH(ID) - PROD(ID)*(XLD(IH)*CMPLX(0.,1.))
    BAR(ID)= - ETER(ID)
    IF(LK.LT.LN)BAR(NNE)=CMPLX(0.,0.)
 19 CONTINUE
    IR=1000
    IF(IFL.EQ.2) IR=100
    RETURN

---- TENSAO ATRAS DA REAT. TRANS., TERMINAL E POT. ACELERANTE NO STEP

  9 DO 20 IZ=1,NG
    PEL=REAL(ETER(IZ)*CONJG(PROD(IZ)))
    IF(LK.GE.LN) GO TO 15
    IF(IZ.EQ.NNE) PEL=0.15*PM(IZ)
 15 PA(IZ)=PM(IZ) - PEL
 20 CONTINUE
    CALL  HEUN
    DO 11 IT=1,NG
    DO 12 IW=1,NG
    IF(NGG(IW).EQ.LISTA(IT)) GO TO 13
 12 CONTINUE
    WRITE(1,101)
    STOP
 13 EBH(IT)=CMPLX(TENSAO(IT)*COS(DELTA(IT,LK)) , TENSAO(IT)*SIN (DELTA
   *                 (IT,LK)))
    ETER(IT)=EBH(IT) - PROD(IT)*(XLD(IW)*CMPLX(0.,1.))
    BAR(IT)= - ETER(IT)
    IF(LK.LT.LN)BAR(NNE)=CMPLX(0.,0.)
 11 CONTINUE
    RETURN
    END
```

```
      SUBROUTINE  HEUN
---- UTILIZADA PARA A SOLUCAO DAS EQUACOES DE SWING
      COMPLEX*8 ETER
      COMMON/BLOCA/ NU,NE,NW,NG,NP(100),NO(100),LISTA(26)
      COMMON/BLOCK/ LK,DELTA(10,151),W(10,151),LN,DT,TT
      COMMON/BLOCL/ H(10),XLD(10),NGG(10),PM(10)
      COMMON/BLOCM/ ETER(10),PA(10),TENSAO(10)
      COMMON/BLOCP/ IFL,DL(10),WL(10)
      DATA FPI/189.495559/,WIN/376.991119/
      IF(IFL.EQ.2) GO TO 2
---- PRIMEIRA ESTIMATIVA DE VELOCIDADES E ANGULOS
      DO 1 IP=1,NG
      DO 3 IS=1,NG
      IF(NGG(IS).EQ.LISTA(IP)) GO TO 4
    3 CONTINUE
    4 WL(IP)=(FPI/H(IS))*PA(IP)
      DL(IP)=(W(IP,LK-1) - WIN)
      W(IP,LK)=W(IP,LK-1)+WL(IP)*DT
      DELTA(IP,LK)=DELTA(IP,LK-1)+DL(IP)*DT
    1 CONTINUE
      IFL=2
      RETURN
---- ESTIMATIVA FINAL DE VELOCIDADES E ANGULOS
    2 DO 5 IQ=1,NG
      DO 6 IS=1,NG
      IF(NGG(IS).EQ.LISTA(IQ)) GO TO 7
    6 CONTINUE
    7 WLLL = (FPI/H(IS))*PA(IQ)
      W(IQ,LK) = W(IQ,LK-1)+((WL(IQ) + WLLL)/2.)*DT
      DLLL= W(IQ,LK) - WIN
      DELTA(IQ,LK) = DELTA(IQ,LK-1)+((DL(IQ) + DLLL)/2.)*DT
    5 CONTINUE
      IFL=1
      RETURN
      END
```

```
R86 FTN-COMPILER MV08(70)  131173  FORA N.

IP          FEHLERFREI
ERNSPEICHERBEDARF:   4424 ZELLEN OHNE COMMON

IP ZBARRA FEHLERFREI
ERNSPEICHERBEDARF:    253 ZELLEN OHNE COMMON

IP REFER  FEHLERFREI
ERNSPEICHERBEDARF:    192 ZELLEN OHNE COMMON

IP NOVA   FEHLERFREI
ERNSPEICHERBEDARF:    323 ZELLEN OHNE COMMON

IP LOOP   FEHLERFREI
ERNSPEICHERBEDARF:    913 ZELLEN OHNE COMMON

IP LOOPR  FEHLERFREI
ERNSPEICHERBEDARF:    776 ZELLEN OHNE COMMON

IP LINHAS FEHLERFREI
ERNSPEICHERBEDARF:    495 ZELLEN OHNE COMMON

IP ORDEM  FEHLERFREI
ERNSPEICHERBEDARF:    922 ZELLEN OHNE COMMON

IP TROCA  FEHLERFREI
ERNSPEICHERBEDARF:    181 ZELLEN OHNE COMMON

IP ELIMIN FEHLERFREI
ERNSPEICHERBEDARF:    500 ZELLEN OHNE COMMON

IP REORD  FEHLERFREI
ERNSPEICHERBEDARF:   1738 ZELLEN OHNE COMMON

IP FALTA  FEHLERFREI
ERNSPEICHERBEDARF:    281 ZELLEN OHNE COMMON

IP DESLIG FEHLERFREI
ERNSPEICHERBEDARF:    499 ZELLEN OHNE COMMON

IP INV    FEHLERFREI
ERNSPEICHERBEDARF:    349 ZELLEN OHNE COMMON

IP MULT   FEHLERFREI
ERNSPEICHERBEDARF:    122 ZELLEN OHNE COMMON

IP CARGAS FEHLERFREI
```

```
P MAQA   FEHLERFREI
ERNSPEICHERBEDARF:  1034 ZELLEN OHNE COMMON

P HEMI   FEHLERFREI
ERNSPEICHERBEDARF:   365 ZELLEN OHNE COMMON

P PLOT   FEHLERFREI
ERNSPEICHERBEDARF:  1394 ZELLEN OHNE COMMON

R86 FTN-COMPILER MV09(70)  131173  STARTE:

ROGRAMMLAENGE  45766

NDE DER COMPILATION
```



RESULTADOS

PROGRAMA DE ESTABILIDADE TRANSITORIA
COM
SOLUCAO NAO ITERATIVA

CASO TESTE 1 - SISTEMA COM TRES GERADORES E CARGAS TIPO IMPEDANCIA CONSTANTE

O DISTURBIO SIMULADO SERA UMA FALTA TRIFASICA NA BARRA 73

ESCOLA F

D A D O S D A S L I N H A S E T R A N S F O R M A D O R E S

BARRA P	BARRA Q	RES (PU)	REAT (PU)	SUSC (PU)	TAP (PU)
18	4	0.000	0.058	0.00000	1.000
35	7	0.000	0.062	0.00000	1.000
73	9	0.000	0.059	0.00000	1.000
4	5	0.010	0.075	0.17600	0.000
6	4	0.017	0.097	0.15800	0.000
5	7	0.032	0.161	0.30600	0.000
6	7	0.039	0.170	0.35800	0.000
7	8	0.003	0.072	0.14900	0.000
8	9	0.012	0.101	0.20990	0.000

D A D O S D A S B A R R A S

BARRA	NOME	TENSAO (PU)	ANG (GRAUS)	GERACAO MW	GERACAO MVAR	CARGA MW	CARGA MVAR	REAT/CAP (PU)
18		1.040	0.0	71.40	27.00	0.00	0.00	0.00000
35		1.025	9.3	163.00	7.70	0.00	0.00	0.00000
73		1.038	4.6	85.00	-12.00	0.00	0.00	0.00000
4		1.024	-2.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00000
5		0.996	-4.0	0.00	0.00	125.00	50.00	0.00000
6		1.013	-3.7	0.00	0.00	90.00	30.00	0.00000
7		1.025	3.7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00000
8		1.010	0.3	0.00	0.00	100.00	35.00	0.00000
9		1.033	1.9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00000

CASO TESTE 1 - SISTEMA COM TRES GERADORES E CARGAS TIPO IMPEDANCIA CONSTANTE

TEMPOS PARA A SIMULACAO

INTERVALO DE TEMPO	0.01000	SEGUNDOS
TEMPO DE DESLIGAMENTO	0.09000	SEGUNDOS
TEMPO TOTAL	1.00000	SEGUNDOS

LINHAS QUE ESTAO SENDO MONITORADAS

DA BARRA 7 A BARRA 8

DA BARRA 8 A BARRA 9

A ELIMINACAO DA FALTA SERA FEITA PELA ABERTURA DA LINHA DA BARRA 8 A BARRA 9

DADOS DOS GERADORES

BARRA	H (MWS/MVA)	XLD (PU)
18	9.550	0.061
35	32.330	0.120
73	8.350	0.181

Escola Federal de Engenharia de Itajubá - EFEI
Biblioteca MAUÁ BIM

ANGULOS E VELOCIDADES DOS GERADORES

D = ANGULO DELTA (GRAUS) W = VELOCIDADE OMEGA (PU)

TEMPO		GERADOR DA BARRA 18	GERADOR DA BARRA 35	GERADOR DA BARRA 73	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA
0.000	D	2.2641	19.7377	13.1176							
	W	1.0000	1.0000	1.0000							
0.010	D	2.2679	19.8006	13.2006							
	W	1.0000	1.0006	1.0008							
0.020	D	2.2792	20.0517	13.5327							
	W	1.0001	1.0017	1.0023							
0.030	D	2.3042	20.5569	14.1968							
	W	1.0001	1.0029	1.0038							
0.040	D	2.3433	21.2979	15.1929							
	W	1.0002	1.0040	1.0056							
0.050	D	2.3985	22.2851	16.5211							
	W	1.0003	1.0051	1.0069							
0.060	D	2.4719	23.5073	18.1813							
	W	1.0004	1.0062	1.0085							
0.070	D	2.3665	24.9573	20.1735							
	W	1.0005	1.0072	1.0100							
0.080	D	2.6836	26.5036	22.3207							
	W	1.0006	1.0071	1.0099							
0.090	D	2.8385	27.9981	24.4244							
	W	1.0008	1.0068	1.0096							
0.100	D	3.0511	29.4172	26.4537							
	W	1.0011	1.0064	1.0092							
0.110	D	3.3297	30.7639	28.3897							
	W	1.0015	1.0060	1.0087							
0.120	D	3.6616	32.0021	30.2152							
	W	1.0018	1.0056	1.0082							
0.130	D	4.1134	33.1572	31.9149							
	W	1.0022	1.0051	1.0076							
0.140	D	4.6302	34.2155	33.4759							
	W	1.0026	1.0047	1.0069							
0.150	D	5.2362	35.1760	34.0875							
	W	1.0030	1.0042	1.0062							
0.160	D	5.9344	36.0333	36.1416							
	W	1.0034	1.0037	1.0054							
0.170	D	6.7265	36.7916	37.2326							
	W	1.0039	1.0033	1.0047							

ANGULOS E VELOCIDADES DOS GERADORES

D = ANGULO DELTA (GRAUS) W = VELOCIDADE OMEGA (PU)

TEMPO		GERADOR DA BARRA 18	GERADOR DA BARRA 35	GERADOR DA BARRA 73	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA
0.180	D	7.6128	37.4507	38.1573							
	W	1.0043	1.0028	1.0039							
0.190	D	8.5926	38.0129	38.9152							
	W	1.0043	1.0024	1.0031							
0.200	D	9.6637	38.4817	39.5083							
	W	1.0052	1.0020	1.0024							
0.210	D	10.8230	38.8605	39.8411							
	W	1.0056	1.0016	1.0016							
0.220	D	12.0659	39.1581	40.2205							
	W	1.0059	1.0012	1.0009							
0.230	D	13.3869	39.3732	40.3560							
	W	1.0063	1.0009	1.0003							
0.240	D	14.7793	39.5295	40.3594							
	W	1.0066	1.0006	0.9997							
0.250	D	16.2355	39.6209	40.2447							
	W	1.0069	1.0003	0.9992							
0.260	D	17.7468	39.6620	40.0280							
	W	1.0071	1.0001	0.9988							
0.270	D	19.3039	39.6632	39.7273							
	W	1.0073	0.9999	0.9984							
0.280	D	20.8969	39.6358	39.3622							
	W	1.0074	0.9998	0.9982							
0.290	D	22.5152	39.5916	38.9536							
	W	1.0075	0.9998	0.9980							
0.300	D	24.1480	39.5429	38.5277							
	W	1.0076	0.9998	0.9980							
0.310	D	25.7843	39.5024	38.0951							
	W	1.0076	0.9998	0.9980							
0.320	D	27.4130	39.4828	37.6908							
	W	1.0075	1.0000	0.9982							
0.330	D	29.0234	39.4867	37.1114							
	W	1.0074	1.0002	0.9985							
0.340	D	30.6050	39.5566	37.0453							
	W	1.0072	1.0004	0.9989							
0.350	D	32.1480	39.6745	36.8475							
	W	1.0070	1.0007	0.9993							

ANGULOS E VELOCIDADES DOS GERADORES

D = ANGULO DELTA (GRAUS) W = VELOCIDADE OMEGA (PU)

TEMPO		GERADOR DA BARRA 18	GERADOR DA BARRA 35	GERADOR DA BARRA 73	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA
0.360	D	33.6430	39.8616	36.7597							
	W	1.0068	1.0010	0.9999							
0.370	D	35.0818	40.1286	36.7999							
	W	1.0065	1.0014	1.0005							
0.380	D	36.4570	40.4848	36.9838							
	W	1.0062	1.0019	1.0012							
0.390	D	37.7624	40.9360	37.3247							
	W	1.0059	1.0023	1.0020							
0.400	D	38.9928	41.4970	37.8330							
	W	1.0055	1.0028	1.0028							
0.410	D	40.1445	42.1655	38.5165							
	W	1.0051	1.0034	1.0036							
0.420	D	41.2148	42.9481	39.3797							
	W	1.0048	1.0039	1.0044							
0.430	D	42.2026	43.8474	40.4242							
	W	1.0044	1.0044	1.0053							
0.440	D	43.1080	44.8640	41.6482							
	W	1.0040	1.0050	1.0061							
0.450	D	43.9326	45.9973	43.0471							
	W	1.0036	1.0055	1.0069							
0.460	D	44.6791	47.2447	44.6129							
	W	1.0033	1.0060	1.0076							
0.470	D	45.3515	48.6023	46.3352							
	W	1.0029	1.0065	1.0083							
0.480	D	45.9552	50.0645	48.2005							
	W	1.0026	1.0070	1.0090							
0.490	D	46.4965	51.6245	50.1934							
	W	1.0024	1.0074	1.0095							
0.500	D	46.9828	53.2740	52.2960							
	W	1.0021	1.0078	1.0100							
0.510	D	47.4223	55.0038	54.4989							
	W	1.0019	1.0082	1.0103							
0.520	D	47.8242	56.8036	56.7513							
	W	1.0018	1.0085	1.0106							
0.530	D	48.1981	58.6623	59.0615							
	W	1.0017	1.0087	1.0108							

ANGULOS E VELOCIDADES DOS GERADORES

D = ANGULO DELTA (GRAUS) W = VELOCIDADE OMEGA (PU)

TEMPO		GERADOR DA BARRA 18	GERADOR DA BARRA 35	GERADOR DA BARRA 73	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA
0.540	D	48.5541	60.5684	61.3971							
	W	1.0016	1.0089	1.0105							
0.550	D	48.9025	62.5097	63.7358							
	W	1.0016	1.0091	1.0108							
0.560	D	49.2540	64.4739	66.0557							
	W	1.0016	1.0091	1.0107							
0.570	D	49.6190	66.4468	68.3352							
	W	1.0017	1.0092	1.0104							
0.580	D	50.0077	68.4221	70.5542							
	W	1.0019	1.0091	1.0101							
0.590	D	50.4300	70.3821	72.6937							
	W	1.0020	1.0090	1.0097							
0.600	D	50.8953	72.3174	74.7364							
	W	1.0023	1.0089	1.0092							
0.610	D	51.4121	74.2170	76.6671							
	W	1.0025	1.0087	1.0087							
0.620	D	51.9885	76.0711	78.4723							
	W	1.0028	1.0085	1.0081							
0.630	D	52.6315	77.8701	80.1410							
	W	1.0031	1.0082	1.0074							
0.640	D	53.3472	79.6059	81.6644							
	W	1.0035	1.0079	1.0067							
0.650	D	54.1407	81.2708	83.0361							
	W	1.0039	1.0075	1.0060							
0.660	D	55.0158	82.8583	84.2522							
	W	1.0042	1.0072	1.0053							
0.670	D	55.9756	84.3630	85.3110							
	W	1.0046	1.0068	1.0045							
0.680	D	57.0217	85.7806	86.2134							
	W	1.0050	1.0064	1.0038							
0.690	D	58.1447	87.1075	86.9079							
	W	1.0054	1.0059	1.0031							
0.700	D	59.3741	88.3416	87.5651							
	W	1.0058	1.0055	1.0025							
0.710	D	60.6780	89.4816	88.0280							
	W	1.0062	1.0051	1.0018							

ANGULOS E VELOCIDADES DOS GERADORES

D = ANGULO DELTA (GRAUS) W = VELOCIDADE OMEGA (PU)

TEMPO		GERADOR DA BARRA 18	GERADOR DA BARRA 35	GERADOR DA BARRA 73	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA
0.720	D	62.0636	90.5276	88.3618							
	W	1.0066	1.0046	1.0013							
0.730	D	63.5270	91.4807	88.5791							
	W	1.0069	1.0042	1.0008							
0.740	D	65.0631	92.3430	88.6943							
	W	1.0073	1.0038	1.0002							
0.750	D	66.6660	93.1179	88.7236							
	W	1.0076	1.0034	1.0000							
0.760	D	68.3287	93.8099	88.6550							
	W	1.0078	1.0030	0.9997							
0.770	D	70.0435	94.4245	88.5979							
	W	1.0081	1.0027	0.9995							
0.780	D	71.8020	94.9684	88.4827							
	W	1.0082	1.0024	0.9994							
0.790	D	73.5953	95.4494	88.3607							
	W	1.0084	1.0021	0.9994							
0.800	D	75.4139	95.8760	88.2538							
	W	1.0085	1.0019	0.9996							
0.810	D	77.2481	96.2578	88.1838							
	W	1.0085	1.0017	0.9998							
0.820	D	79.0881	96.6051	88.1722							
	W	1.0085	1.0015	1.0001							
0.830	D	80.9239	96.9288	88.2398							
	W	1.0085	1.0015	1.0005							
0.840	D	82.7460	97.2404	88.4064							
	W	1.0084	1.0014	1.0010							
0.850	D	84.5451	97.5518	88.6902							
	W	1.0083	1.0015	1.0016							
0.860	D	86.3124	97.8750	89.1077							
	W	1.0081	1.0015	1.0023							
0.870	D	88.0395	98.2220	89.6729							
	W	1.0079	1.0017	1.0030							
0.880	D	89.7192	98.6047	90.3977							
	W	1.0077	1.0019	1.0037							
0.890	D	91.3448	99.0345	91.2912							
	W	1.0074	1.0021	1.0045							

ANGULOS E VELOCIDADES DOS GERADORES

D = ANGULO DELTA (GRAUS) W = VELOCIDADE OMEGA (PU)

TEMPO		GERADOR DA BARRA 18	GERADOR DA BARRA 35	GERADOR DA BARRA 73	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA
0.900	D	92.9108	99.5224	92.3596							
	W	1.0071	1.0024	1.0054							
0.910	D	94.4125	100.0786	93.6062							
	W	1.0068	1.0027	1.0062							
0.920	D	95.8464	100.7124	95.0313							
	W	1.0065	1.0031	1.0070							
0.930	D	97.2104	101.4372	96.6320							
	W	1.0062	1.0035	1.0078							
0.940	D	98.5032	102.2451	98.4025							
	W	1.0058	1.0040	1.0086							
0.950	D	99.7248	103.1571	100.3342							
	W	1.0055	1.0045	1.0093							
0.960	D	100.8764	104.1726	102.4157							
	W	1.0052	1.0049	1.0100							
0.970	D	101.9605	105.2948	104.6329							
	W	1.0049	1.0054	1.0106							
0.980	D	102.9804	106.5253	106.9698							
	W	1.0046	1.0059	1.0111							
0.990	D	103.9407	107.8644	109.4051							
	W	1.0043	1.0064	1.0115							
1.000	D	104.8467	109.3106	111.9283							
	W	1.0041	1.0069	1.0118							

M - MODULO (PU) A - ANGULO (GRAUS)

TEMPO		LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P 7	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q 8	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P 8	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q 9	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q
0.000	M	0.66577	0.48837	0.48837	0.25046						
	A	6.89613	3.36605	3.36605	4.75771						
0.010	M	0.66588	0.48846	0.48846	0.25051						
	A	6.94456	3.35447	3.35447	4.74600						
0.020	M	0.66564	0.48829	0.48829	0.25042						
	A	7.05001	3.50901	3.50901	4.85968						
0.030	M	0.66493	0.48779	0.48779	0.25020						
	A	7.49398	3.92307	3.92307	5.16157						
0.040	M	0.66378	0.48699	0.48699	0.24984						
	A	8.15040	4.53494	4.53494	5.60639						
0.050	M	0.66226	0.48592	0.48592	0.24936						
	A	8.99423	5.32705	5.32705	6.18089						
0.060	M	0.66040	0.48460	0.48460	0.24877						
	A	10.01178	6.27203	6.27203	6.87790						
0.070	M	0.65820	0.48305	0.48305	0.24806						
	A	11.19414	7.37685	7.37685	7.69270						
0.080	M	0.99465	0.97791	0.97791	1.04116						
	A	8.15820	4.27370	4.27370	10.16550						
0.090	M	0.99146	0.97478	0.97478	1.03663						
	A	9.32627	5.44077	5.44077	11.74972						
0.100	M	0.98912	0.97248	0.97248	1.03290						
	A	10.46313	6.57763	6.57763	13.20045						
0.110	M	0.98718	0.97057	0.97057	1.02973						
	A	11.54164	7.65514	7.65514	14.56123						
0.120	M	0.98556	0.96898	0.96898	1.02704						
	A	12.56768	8.68218	8.68218	15.84977						
0.130	M	0.98427	0.96771	0.96771	1.02476						
	A	13.54138	9.65588	9.65588	17.06794						
0.140	M	0.98332	0.96678	0.96678	1.02298						
	A	14.46167	10.57617	10.57617	18.21242						
0.150	M	0.98274	0.96621	0.96621	1.02166						
	A	15.32760	11.44210	11.44210	19.27900						
0.160	M	0.98255	0.96602	0.96602	1.02088						
	A	16.13877	12.25326	12.25326	20.26422						
0.170	M	0.98275	0.96622	0.96622	1.02066						
	A	16.89546	13.00996	13.00996	21.16588						

M = MODULO (PU) A = ANGULO (GRAUS)

TEMPO		LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q
		7	8	8	9						
0.180	M	0.97335	0.96681	0.96681	1.02102						
	A	17.59873	13.71322	13.71322	21.98320						
0.190	M	0.97434	0.96778	0.96778	1.02195						
	A	18.25031	14.36481	14.36481	22.71665						
0.200	M	0.97568	0.96910	0.96910	1.02343						
	A	18.85270	14.96720	14.96720	23.36890						
0.210	M	0.97735	0.97074	0.97074	1.02541						
	A	19.40903	15.52353	15.52353	23.94253						
0.220	M	0.97930	0.97266	0.97266	1.02782						
	A	19.92310	16.03760	16.03760	24.44345						
0.230	M	0.98148	0.97480	0.97480	1.03059						
	A	20.39930	16.51379	16.51379	24.87686						
0.240	M	0.98383	0.97711	0.97711	1.03363						
	A	20.84255	16.95705	16.95705	25.25030						
0.250	M	0.98629	0.97953	0.97953	1.03683						
	A	21.25830	17.37280	17.37280	25.57212						
0.260	M	0.98879	0.98198	0.98198	1.04015						
	A	21.65238	17.76688	17.76688	25.85160						
0.270	M	1.00127	0.98442	0.98442	1.04330						
	A	22.03103	18.14553	18.14553	26.09893						
0.280	M	1.00367	0.98678	0.98678	1.04637						
	A	22.40075	18.51525	18.51525	26.32452						
0.290	M	1.00594	0.98901	0.98901	1.04922						
	A	22.76829	18.88279	18.88279	26.54014						
0.300	M	1.00803	0.99107	0.99107	1.05178						
	A	23.14053	19.25502	19.25502	26.75707						
0.310	M	1.00991	0.99292	0.99292	1.05406						
	A	23.52441	19.63891	19.63891	26.98712						
0.320	M	1.01154	0.99453	0.99453	1.05582						
	A	23.92687	20.04137	20.04137	27.23196						
0.330	M	1.01293	0.99589	0.99589	1.05726						
	A	24.35473	20.46923	20.46923	27.53301						
0.340	M	1.01406	0.99700	0.99700	1.05831						
	A	24.81460	20.92910	20.92910	27.87124						
0.350	M	1.01494	0.99786	0.99786	1.05900						
	A	25.31282	21.42732	21.42732	28.26696						

M = MODULO (PU) A = ANGULO (GRAUS)

TEMPO		LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q
		7	8	8	9						
0.360	M	1.01558	0.99850	0.99850	1.05937						
	A	25.85530	21.96980	21.96980	28.72962						
0.370	M	1.01602	0.99893	0.99893	1.05947						
	A	26.44750	22.56200	22.56200	29.26763						
0.380	M	1.01627	0.99918	0.99918	1.05936						
	A	27.09426	23.20875	23.20875	29.88819						
0.390	M	1.01637	0.99927	0.99927	1.05908						
	A	27.79977	23.91427	23.91427	30.59715						
0.400	M	1.01634	0.99925	0.99925	1.05869						
	A	28.56748	24.68198	24.68198	31.39885						
0.410	M	1.01622	0.99912	0.99912	1.05823						
	A	29.40001	25.51451	25.51451	32.29607						
0.420	M	1.01601	0.99891	0.99891	1.05775						
	A	30.29914	26.41363	26.41363	33.28990						
0.430	M	1.01573	0.99865	0.99865	1.05725						
	A	31.26571	27.38021	27.38021	34.37980						
0.440	M	1.01540	0.99832	0.99832	1.05674						
	A	32.29969	28.41419	28.41419	35.56392						
0.450	M	1.01502	0.99794	0.99794	1.05621						
	A	33.40010	29.51460	29.51460	36.85721						
0.460	M	1.01457	0.99750	0.99750	1.05565						
	A	34.56509	30.67959	30.67959	38.19540						
0.470	M	1.01405	0.99699	0.99699	1.05503						
	A	35.79195	31.90645	31.90645	39.63152						
0.480	M	1.01344	0.99639	0.99639	1.05430						
	A	37.07719	33.19169	33.19169	41.13726						
0.490	M	1.01271	0.99567	0.99567	1.05343						
	A	38.41658	34.53108	34.53108	42.70353						
0.500	M	1.01185	0.99483	0.99483	1.05238						
	A	39.80529	35.91978	35.91978	44.32027						
0.510	M	1.01084	0.99384	0.99384	1.05112						
	A	41.23790	37.35240	37.35240	45.97671						
0.520	M	1.00967	0.99268	0.99268	1.04962						
	A	42.70859	38.82309	38.82309	47.66162						
0.530	M	1.00832	0.99136	0.99136	1.04788						
	A	44.21117	40.32567	40.32567	49.36352						

M = MODULO (PU) A = ANGULO (GRAUS)

TEMPO		LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q
		7	8	8	9						
0.540	M	1.00679	0.98985	0.98985	1.04591						
	A	45.73921	41.85371	41.85371	51.07085						
0.550	M	1.00509	0.98818	0.98818	1.04372						
	A	47.28612	43.40062	43.40062	52.77221						
0.560	M	1.00323	0.98635	0.98635	1.04135						
	A	48.84526	44.95976	44.95976	54.45654						
0.570	M	1.00123	0.98439	0.98439	1.03886						
	A	50.40998	46.52448	46.52448	56.11328						
0.580	M	0.99914	0.98233	0.98233	1.03631						
	A	51.97376	48.08826	48.08826	57.73251						
0.590	M	0.99699	0.98022	0.98022	1.03377						
	A	53.53022	49.64472	49.64472	59.30513						
0.600	M	0.99483	0.97809	0.97809	1.03133						
	A	55.07324	51.18773	51.18773	60.82291						
0.610	M	0.99270	0.97600	0.97600	1.02907						
	A	56.59695	52.71145	52.71145	62.27866						
0.620	M	0.99068	0.97401	0.97401	1.02706						
	A	58.09587	54.21137	54.21137	63.66627						
0.630	M	0.98879	0.97216	0.97216	1.02539						
	A	59.56489	55.67939	55.67939	64.98092						
0.640	M	0.98711	0.97050	0.97050	1.02411						
	A	60.99937	57.11387	57.11387	66.21853						
0.650	M	0.98567	0.96909	0.96909	1.02328						
	A	62.39515	58.50965	58.50965	67.37724						
0.660	M	0.98452	0.96796	0.96796	1.02293						
	A	63.74863	59.86313	59.86313	68.45553						
0.670	M	0.98369	0.96714	0.96714	1.02304						
	A	65.05678	61.17129	61.17129	69.45334						
0.680	M	0.98320	0.96666	0.96666	1.02374						
	A	66.31720	62.43170	62.43170	70.37321						
0.690	M	0.98308	0.96654	0.96654	1.02488						
	A	67.52812	63.64262	63.64262	71.21808						
0.700	M	0.98332	0.96678	0.96678	1.02647						
	A	68.68847	64.80296	64.80296	71.99119						
0.710	M	0.98392	0.96737	0.96737	1.02846						
	A	69.79785	65.91235	65.91235	72.69853						

M = MODULO (PU) A = ANGULO (GRAUS)

TEMPO		LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P 7	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q 8	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P 8	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q 9	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q
0.720	M	0.98486	0.96929	0.96929	1.03079						
	A	70.85659	66.97108	66.97108	73.34679						
0.730	M	0.98612	0.96953	0.96953	1.03338						
	A	71.86568	67.98018	67.98018	73.94373						
0.740	M	0.98766	0.97104	0.97104	1.03614						
	A	72.82683	68.94133	68.94133	74.49813						
0.750	M	0.98944	0.97279	0.97279	1.03899						
	A	73.74242	69.85691	69.85691	75.01962						
0.760	M	0.99141	0.97473	0.97473	1.04184						
	A	74.61544	70.72994	70.72994	75.51652						
0.770	M	0.99352	0.97681	0.97681	1.04461						
	A	75.44953	71.56402	71.56402	76.00573						
0.780	M	0.99572	0.97897	0.97897	1.04722						
	A	76.24885	72.36335	72.36335	76.49252						
0.790	M	0.99795	0.98116	0.98116	1.04962						
	A	77.01812	73.13262	73.13262	76.99035						
0.800	M	1.00016	0.98334	0.98334	1.05178						
	A	77.76250	73.87699	73.87699	77.51099						
0.810	M	1.00231	0.98545	0.98545	1.05356						
	A	78.48753	74.60203	74.60203	79.06479						
0.820	M	1.00435	0.98745	0.98745	1.05506						
	A	79.19913	75.31363	75.31363	78.66356						
0.830	M	1.00625	0.98932	0.98932	1.05623						
	A	79.90347	76.01797	76.01797	79.31726						
0.840	M	1.00797	0.99101	0.99101	1.05710						
	A	80.60693	76.72143	76.72143	80.03547						
0.850	M	1.00951	0.99253	0.99253	1.05768						
	A	81.31600	77.43050	77.43050	80.87676						
0.860	M	1.01085	0.99384	0.99384	1.05800						
	A	82.03723	78.15173	78.15173	81.69660						
0.870	M	1.01196	0.99496	0.99496	1.05812						
	A	82.77712	78.89162	78.89162	82.65722						
0.880	M	1.01292	0.99588	0.99588	1.05807						
	A	83.54206	79.65655	79.65655	83.70746						
0.890	M	1.01366	0.99661	0.99661	1.05788						
	A	84.33818	80.45268	80.45268	84.85268						

TENSOES E ANGULOS DAS BARRAS TERMINAIS DAS LINHAS MONITORADAS

M = MODULO (PU) A = ANGULO (GRAUS)

TEMPO		LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q
		7	8	8	9						
0.900	M	1.01423	0.99717	0.99717	1.05759						
	A	85.17135	81.28584	81.28584	86.09469						
0.910	M	1.01464	0.99757	0.99757	1.05724						
	A	86.04697	82.16147	82.16147	87.43370						
0.920	M	1.01491	0.99783	0.99783	1.05682						
	A	86.96999	83.08449	83.08449	88.86824						
0.930	M	1.01504	0.99796	0.99796	1.05635						
	A	87.94476	84.05926	84.05926	90.39541						
0.940	M	1.01506	0.99798	0.99798	1.05583						
	A	88.97497	85.08947	85.08947	92.01054						
0.950	M	1.01498	0.99790	0.99790	1.05523						
	A	90.06359	86.17809	86.17809	93.70760						
0.960	M	1.01480	0.99772	0.99772	1.05455						
	A	91.21261	87.32731	87.32731	95.47921						
0.970	M	1.01452	0.99745	0.99745	1.05373						
	A	92.42403	88.53853	88.53853	97.31675						
0.980	M	1.01415	0.99709	0.99709	1.05277						
	A	93.69781	89.81231	89.81231	99.21056						
0.990	M	1.01368	0.99663	0.99663	1.05164						
	A	95.03390	91.14840	91.14840	101.15014						
1.000	M	1.01311	0.99606	0.99606	1.05031						
	A	96.43126	92.54575	92.54575	103.13633						

Escola Federal de Engenharia de Itajubá - EFEI
Biblioteca
MAUÁ
BIM

PLOTAGEM DOS ANGULOS DOS GERADORES

EIXO -X- GRADUADO EM SEGUNDOS

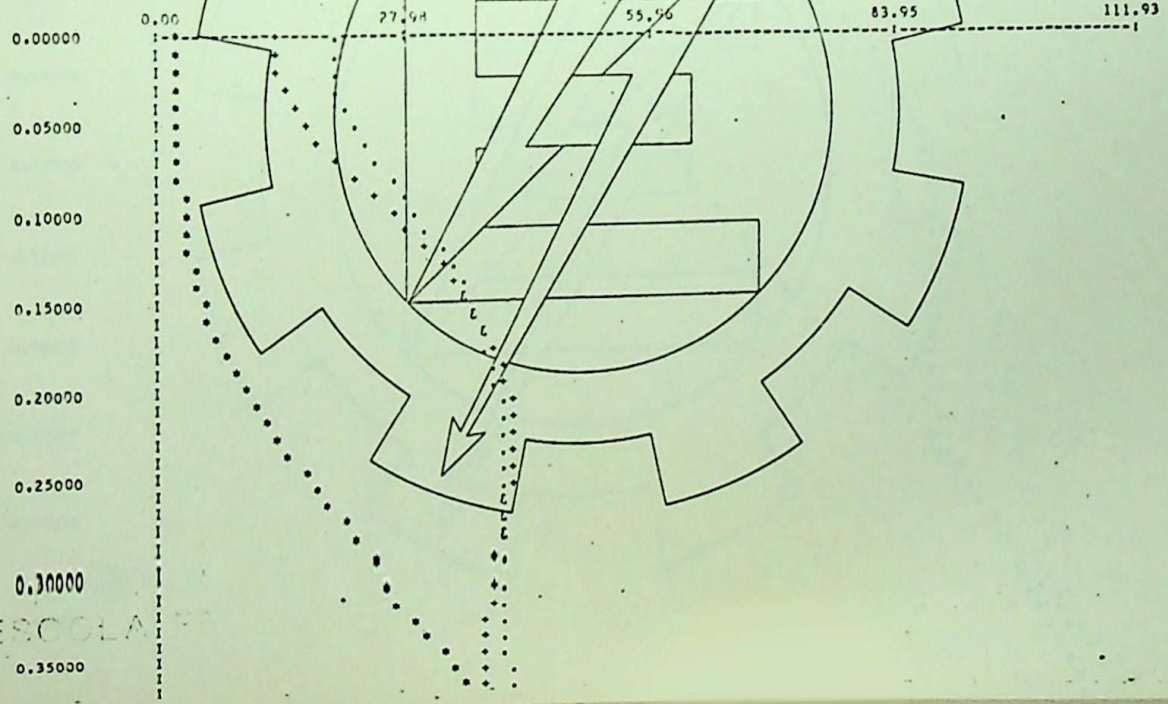
EIXO -Y- GRADUADO EM GRAUS

O SIMBOLO * CORRESPONDE AO GERADOR CONECTADO A BARRA NUMERO 18

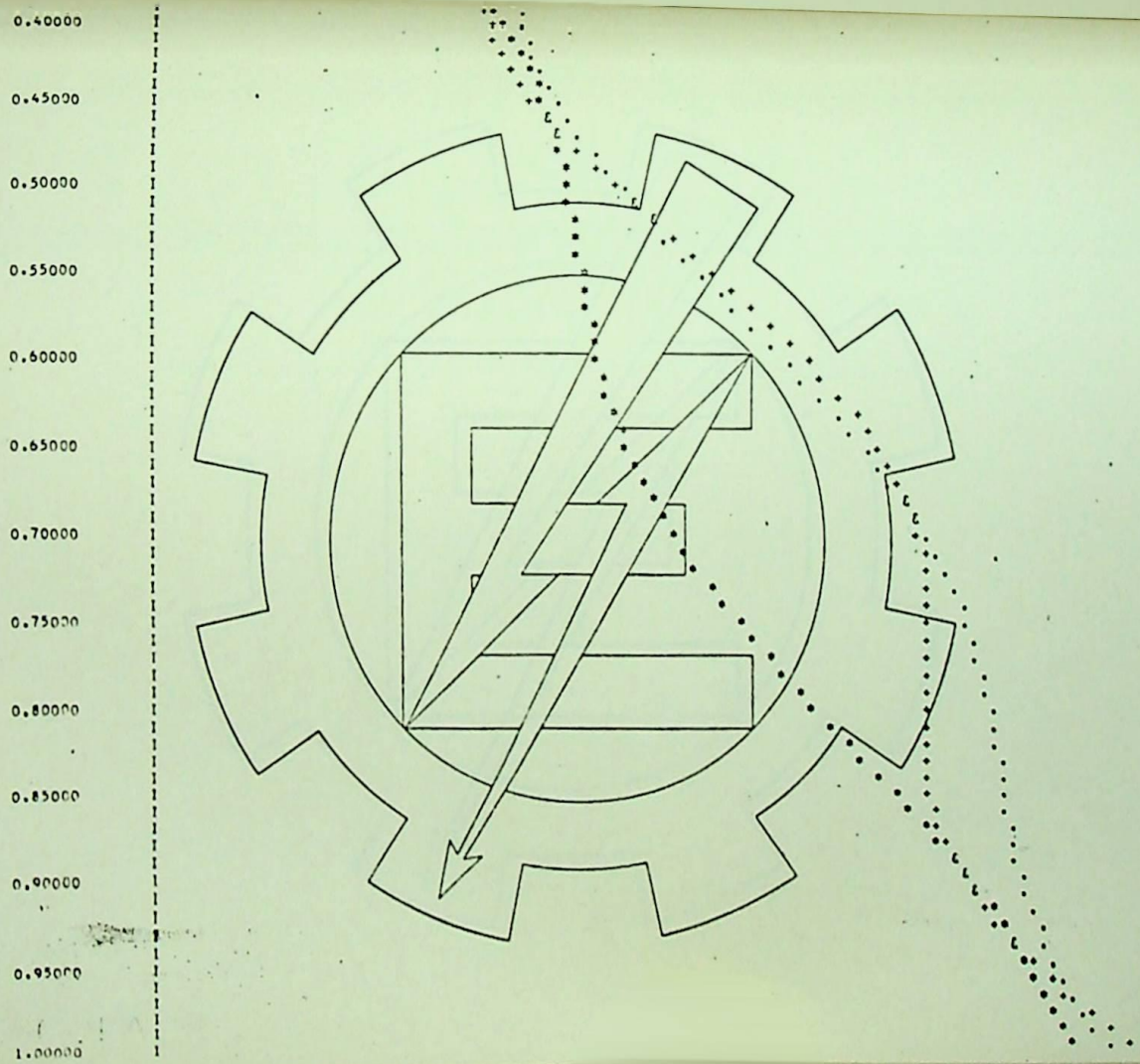
O SIMBOLO . CORRESPONDE AO GERADOR CONECTADO A BARRA NUMERO 35

O SIMBOLO + CORRESPONDE AO GERADOR CONECTADO A BARRA NUMERO 73

CASO SIMULADO PARA UMA FALTA NA BARRA 73



ESCOLA


0.40000
0.45000
0.50000
0.55000
0.60000
0.65000
0.70000
0.75000
0.80000
0.85000
0.90000
0.95000
1.00000

ESCOLA FE

PROGRAMA DE ESTABILIDADE TRANSITORIA

COM

SOLUCAO NAO ITERATIVA

CASO TESTE 2 - SISTEMA COM TRES GERADORES E CARGAS DE DIVERSOS TIPOS NO SISTEMA

DADOS DAS CARGAS TIPO CORRENTE CONSTANTE E POTENCIA CONSTANTE

BARRA	PARC. I	EXP. PI	EXP. QI	PARC. S	EXP. PS	EXP. QS
5	0.10	1.50	1.90	0.10	0.30	0.30
6	0.20	1.00	1.00	0.20	0.00	0.00

O DISTURBIO SIMULADO SERA UMA FALTA TRIFASICA NA BARRA 73

ESCOLA E

CASO TESTE 2 - SISTEMA COM TRES GERADORES E CARGAS DE DIVERSOS TIPOS NO SISTEMA

D A D O S D A S L I N H A S E T R A N S F O R M A D O R E S

BARRA P	BARRA Q	RES (PU)	REAT (PU)	SUSC (PU)	TAP (PU)
18	4	0.000	0.058	0.00000	1.000
35	7	0.000	0.062	0.00000	1.000
73	9	0.000	0.059	0.00000	1.000
4	5	0.010	0.085	0.17600	0.000
6	4	0.017	0.092	0.15800	0.000
5	7	0.032	0.161	0.30600	0.000
6	9	0.039	0.170	0.35800	0.000
7	8	0.003	0.072	0.14900	0.000
8	9	0.012	0.101	0.20990	0.000

CASO TESTE 2 - SISTEMA COM TRES GERADORES E CARGAS DE DIVERSOS TIPOS NO SISTEMA

D A D O S D A S B A R R A S

BARRA	NOME	TENSAO (PU)	ANG (GRAUS)	GERACAO MW	GERACAO MVAR	CARGA MW	CARGA MVAR	REAT/CAP (PU)
18		1.040	0.0	71.40	27.00	0.00	0.00	0.00000
35		1.025	9.3	163.00	7.30	0.00	0.00	0.00000
73		1.025	4.6	85.00	-12.00	0.00	0.00	0.00000
4		1.026	-2.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00000
5		0.996	-4.0	0.00	0.00	125.00	50.00	0.00000
6		1.013	-3.7	0.00	0.00	90.00	30.00	0.00000
7		1.025	3.7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00000
8		1.015	0.7	0.00	0.00	100.00	35.00	0.00000
9		1.033	1.9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00000

ESCOLA

CASO TESTE 2 - SISTEMA COM TRES GERADORES E CARGAS DE DIVERSOS TIPOS NO SISTEMA

TEMPOS PARA A SIMULACAO

INTERVALO DE TEMPO	0.01000	SEGUNDOS
TEMPO DE DESLIGAMENTO	0.09000	SEGUNDOS
TEMPO TOTAL	1.50000	SEGUNDOS

LINHAS QUE ESTAO SENDO MONITORADAS

DA BARRA	7	A BARRA	8
DA BARRA	8	A BARRA	9

A ELIMINACAO DA FALTA SERA FEITA PELA ABERTURA DA LINHA DA BARRA 8 A BARRA 9

DADOS DOS GERADORES

BARRA	H (MWS/MVA)	XLD (PU)
18	9.550	0.041
35	3.330	0.120
73	4.350	0.181

ANGULOS E VELOCIDADES DOS GERADORES

D = ANGULO DELTA (GRAUS) W = VELOCIDADE OMEGA (PU)

TEMPO		GERADOR DA BARRA 18	GERADOR DA BARRA 35	GERADOR DA BARRA 73	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA
0.000	D	2.2641	19.7377	13.1176							
	W	1.0000	1.0000	1.0000							
0.010	D	2.2610	19.7934	13.2096							
	W	1.0000	1.0005	1.0008							
0.020	D	2.2491	20.0154	13.5327							
	W	0.9999	1.0015	1.0022							
0.030	D	2.2259	20.4570	14.1948							
	W	0.9999	1.0026	1.0038							
0.040	D	2.1928	21.1165	15.1929							
	W	0.9998	1.0035	1.0054							
0.050	D	2.1516	21.9874	16.5211							
	W	0.9998	1.0045	1.0069							
0.060	D	2.1046	23.0642	18.1813							
	W	0.9998	1.0055	1.0085							
0.070	D	2.0544	24.3399	20.1735							
	W	0.9998	1.0064	1.0100							
0.080	D	2.0135	25.6922	22.3129							
	W	0.9999	1.0062	1.0098							
0.090	D	2.0072	26.9785	24.3843							
	W	1.0001	1.0057	1.0094							
0.100	D	2.0546	28.1706	26.3464							
	W	1.0004	1.0053	1.0088							
0.110	D	2.1639	29.2921	28.1784							
	W	1.0007	1.0048	1.0082							
0.120	D	2.3425	30.2480	29.8616							
	W	1.0010	1.0043	1.0074							
0.130	D	2.5966	31.1241	31.3797							
	W	1.0014	1.0038	1.0066							
0.140	D	2.9312	31.8879	32.7194							
	W	1.0017	1.0033	1.0058							
0.150	D	3.3498	32.5379	33.8700							
	W	1.0021	1.0027	1.0049							
0.160	D	3.8549	33.0741	34.8241							
	W	1.0025	1.0022	1.0040							
0.170	D	4.4472	33.4975	35.5771							
	W	1.0029	1.0017	1.0030							

ANGULOS E VELOCIDADES DOS GERADORES

D = ANGULO DELTA (GRAUS) W = VELOCIDADE OMEGA (PU)

TEMPO		GERADOR DA BARRA 18	GERADOR DA BARRA 35	GERADOR DA BARRA 73	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA
0.180	D	5.1265	33.8104	36.1272							
	W	1.0033	1.0012	1.0021							
0.190	D	5.8909	34.0165	36.4760							
	W	1.0037	1.0007	1.0012							
0.200	D	6.7373	34.1204	36.6278							
	W	1.0041	1.0003	1.0003							
0.210	D	7.6615	34.1277	36.5999							
	W	1.0045	0.9998	0.9994							
0.220	D	8.6578	34.0460	36.3724							
	W	1.0048	0.9994	0.9986							
0.230	D	9.7194	33.8828	35.9801							
	W	1.0051	0.9991	0.9979							
0.240	D	10.8384	33.6477	35.4527							
	W	1.0053	0.9985	0.9972							
0.250	D	12.0061	33.3492	34.7842							
	W	1.0055	0.9985	0.9966							
0.260	D	13.2125	32.9997	34.0028							
	W	1.0057	0.9983	0.9961							
0.270	D	14.4473	32.6102	33.1307							
	W	1.0058	0.9981	0.9958							
0.280	D	15.6994	32.1929	32.1920							
	W	1.0058	0.9980	0.9955							
0.290	D	16.9573	31.7603	31.2118							
	W	1.0058	0.9980	0.9954							
0.300	D	18.2094	31.3254	30.2162							
	W	1.0058	0.9980	0.9954							
0.310	D	19.4438	30.9013	29.2315							
	W	1.0057	0.9981	0.9955							
0.320	D	20.6490	30.5008	28.2840							
	W	1.0055	0.9982	0.9957							
0.330	D	21.8140	30.1367	27.3993							
	W	1.0053	0.9984	0.9961							
0.340	D	22.9281	29.8210	26.6021							
	W	1.0050	0.9987	0.9965							
0.350	D	23.9815	29.5652	25.9150							
	W	1.0047	0.9990	0.9971							

ANGULOS E VELOCIDADES DOS GERADORES

D = ANGULO DELTA (GRAUS) , W = VELOCIDADE OMEGA (PU)

TEMPO		GERADOR DA BARRA 18	GERADOR DA BARRA 35	GERADOR DA BARRA 73	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA
0.360	D	24.9654	29.3799	25.3589							
	W	1.0044	0.9993	0.9978							
0.370	D	25.8718	29.2747	24.9521							
	W	1.0040	0.9997	0.9985							
0.380	D	26.6942	29.2578	24.7100							
	W	1.0036	1.0001	0.9993							
0.390	D	27.4272	29.3361	24.6451							
	W	1.0032	1.0006	1.0001							
0.400	D	28.0669	29.5152	24.7663							
	W	1.0027	1.0011	1.0010							
0.410	D	28.6107	29.7938	25.0792							
	W	1.0023	1.0016	1.0019							
0.420	D	29.0575	30.1873	25.5857							
	W	1.0018	1.0021	1.0028							
0.430	D	29.4077	30.6873	26.2843							
	W	1.0014	1.0026	1.0037							
0.440	D	29.6631	31.2916	27.1697							
	W	1.0010	1.0030	1.0045							
0.450	D	29.8269	31.9997	28.2334							
	W	1.0006	1.0035	1.0053							
0.460	D	29.9039	32.8073	29.4635							
	W	1.0002	1.0040	1.0061							
0.470	D	29.8998	33.7087	30.8453							
	W	0.9998	1.0044	1.0067							
0.480	D	29.8219	34.6966	32.3619							
	W	0.9995	1.0048	1.0073							
0.490	D	29.6782	35.7627	33.9908							
	W	0.9992	1.0051	1.0078							
0.500	D	29.4779	36.8976	35.7128							
	W	0.9990	1.0054	1.0082							
0.510	D	29.2309	38.0907	37.5037							
	W	0.9988	1.0056	1.0084							
0.520	D	28.9478	39.3310	39.3390							
	W	0.9986	1.0058	1.0086							
0.530	D	28.6395	40.6066	41.1938							
	W	0.9985	1.0060	1.0086							

Escola Federal de Engenharia de Itajubá - EFEI
Biblioteca MAUÁ BIM

ANGULOS E VELOCIDADES DOS GERADORES

D = ANGULO DELTA (GRAUS) W = VELOCIDADE OMEGA (PU)

TEMPO		GERADOR DA BARRA 18	GERADOR DA BARRA 35	GERADOR DA BARRA 73	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA
0.540	D	28.3172	41.9057	43.0429							
	W	0.9985	1.0061	1.0085							
0.550	D	27.9924	43.2158	44.8616							
	W	0.9985	1.0061	1.0083							
0.560	D	27.6760	44.5249	46.6267							
	W	0.9986	1.0060	1.0080							
0.570	D	27.3791	45.8299	48.3150							
	W	0.9987	1.0060	1.0076							
0.580	D	27.1120	47.0922	49.9057							
	W	0.9988	1.0058	1.0071							
0.590	D	26.8846	48.3278	51.3709							
	W	0.9990	1.0056	1.0065							
0.600	D	26.7058	49.5172	52.7207							
	W	0.9993	1.0054	1.0059							
0.610	D	26.5840	50.6507	53.9136							
	W	0.9996	1.0051	1.0052							
0.620	D	26.5263	51.7195	54.9466							
	W	0.9999	1.0048	1.0044							
0.630	D	26.5339	52.7157	55.9102							
	W	1.0002	1.0044	1.0036							
0.640	D	26.6270	53.6323	56.4978							
	W	1.0006	1.0041	1.0028							
0.650	D	26.7944	54.4634	57.0053							
	W	1.0010	1.0036	1.0019							
0.660	D	27.0439	55.2041	57.3313							
	W	1.0013	1.0032	1.0011							
0.670	D	27.3772	55.8507	57.4773							
	W	1.0017	1.0028	1.0003							
0.680	D	27.7945	56.4003	57.4471							
	W	1.0021	1.0023	0.9995							
0.690	D	28.2950	56.8513	57.2476							
	W	1.0025	1.0019	0.9987							
0.700	D	28.8767	57.2033	56.8879							
	W	1.0029	1.0014	0.9980							
0.710	D	29.5363	57.4568	56.3798							
	W	1.0032	1.0009	0.9973							

ANGULOS E VELOCIDADES DOS GERADORES

D = ANGULO DELTA (GRAUS) W = VELOCIDADE OMEGA (PU)

TEMPO		GERADOR DA BARRA 18	GERADOR DA BARRA 35	GERADOR DA BARRA 73	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA
0.720	D	30.2694	57.6135	55.7372							
	W	1.0036	1.0005	0.9967							
0.730	D	31.0707	57.6763	54.9760							
	W	1.0039	1.0001	0.9962							
0.740	D	31.9337	57.6491	54.1163							
	W	1.0041	0.9997	0.9958							
0.750	D	32.8510	57.5371	53.2765							
	W	1.0044	0.9993	0.9955							
0.760	D	33.8145	57.3464	52.1788							
	W	1.0046	0.9989	0.9953							
0.770	D	34.8152	57.0842	51.1464							
	W	1.0047	0.9986	0.9952							
0.780	D	35.8436	56.7558	50.1031							
	W	1.0048	0.9984	0.9952							
0.790	D	36.8899	56.3792	49.0731							
	W	1.0049	0.9981	0.9953							
0.800	D	37.9440	55.9554	48.0808							
	W	1.0049	0.9979	0.9955							
0.810	D	38.9955	55.4982	47.1503							
	W	1.0049	0.9978	0.9959							
0.820	D	40.0343	55.0137	46.3045							
	W	1.0048	0.9977	0.9963							
0.830	D	41.0506	54.5288	45.5653							
	W	1.0046	0.9977	0.9968							
0.840	D	42.0348	54.0404	44.9528							
	W	1.0045	0.9978	0.9975							
0.850	D	42.9780	53.5656	44.4849							
	W	1.0043	0.9978	0.9982							
0.860	D	43.8722	53.1164	44.1772							
	W	1.0040	0.9980	0.9990							
0.870	D	44.7098	52.7045	44.0423							
	W	1.0037	0.9982	0.9998							
0.880	D	45.4848	52.3413	44.0900							
	W	1.0034	0.9984	1.0007							
0.890	D	46.1916	52.0374	44.3270							
	W	1.0031	0.9987	1.0015							

ANGULOS E VELOCIDADES DOS GERADORES

D = ANGULO DELTA (GRAUS) W = VELOCIDADE OMEGA (PU)

TEMPO		GERADOR DA BARRA 18	GERADOR DA BARRA 35	GERADOR DA BARRA 73	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA
0.900	D	46.8263	51.8027	44.7565							
	W	1.0028	0.9991	1.0024							
0.910	D	47.3860	51.6461	45.3785							
	W	1.0024	0.9995	1.0033							
0.920	D	47.8658	51.5755	46.1897							
	W	1.0021	0.9999	1.0042							
0.930	D	48.2745	51.5974	47.1334							
	W	1.0017	1.0003	1.0050							
0.940	D	48.6039	51.7174	48.3499							
	W	1.0013	1.0008	1.0058							
0.950	D	48.8590	51.9393	49.6766							
	W	1.0010	1.0013	1.0065							
0.960	D	49.0432	52.2658	51.1481							
	W	1.0007	1.0018	1.0071							
0.970	D	49.1608	52.6978	52.7466							
	W	1.0004	1.0022	1.0077							
0.980	D	49.2173	53.2352	54.4523							
	W	1.0001	1.0027	1.0081							
0.990	D	49.2193	53.8761	56.2438							
	W	0.9999	1.0032	1.0085							
1.000	D	49.1740	54.6174	58.0984							
	W	0.9997	1.0037	1.0087							
1.010	D	49.0894	55.4646	59.9924							
	W	0.9995	1.0041	1.0088							
1.020	D	48.9743	56.3821	61.9229							
	W	0.9994	1.0045	1.0088							
1.030	D	48.8377	57.3931	63.8031							
	W	0.9993	1.0049	1.0088							
1.040	D	48.6892	58.4797	65.6725							
	W	0.9993	1.0052	1.0086							
1.050	D	48.5382	59.6335	67.4978							
	W	0.9993	1.0055	1.0083							
1.060	D	48.3944	60.8449	69.2277							
	W	0.9994	1.0057	1.0079							
1.070	D	48.2672	62.1042	70.8726							
	W	0.9995	1.0059	1.0074							

ANGULOS E VELOCIDADES DOS GERADORES

D = ANGULO DELTA (GRAUS) W = VELOCIDADE OMEGA (PU)

TEMPO		GERADOR DA BARRA 18	GERADOR DA BARRA 35	GERADOR DA BARRA 73	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA
1.080	D	48.1659	63.4012	72.4048							
	W	0.9996	1.0061	1.0068							
1.090	D	48.0993	64.7254	73.8086							
	W	0.9998	1.0062	1.0062							
1.100	D	48.0755	66.0661	75.0707							
	W	1.0000	1.0062	1.0055							
1.110	D	48.1024	67.4171	76.2802							
	W	1.0003	1.0062	1.0048							
1.120	D	48.1869	68.7560	77.1288							
	W	1.0005	1.0062	1.0040							
1.130	D	48.3351	70.0850	77.9106							
	W	1.0008	1.0061	1.0032							
1.140	D	48.5524	71.3905	78.5224							
	W	1.0012	1.0060	1.0024							
1.150	D	48.8433	72.6630	78.9637							
	W	1.0015	1.0058	1.0016							
1.160	D	49.2111	73.8960	79.2367							
	W	1.0019	1.0056	1.0009							
1.170	D	49.6584	75.0802	79.3458							
	W	1.0023	1.0054	1.0001							
1.180	D	50.1867	76.2093	79.2983							
	W	1.0026	1.0051	0.9994							
1.190	D	50.7965	77.2774	79.1039							
	W	1.0030	1.0048	0.9988							
1.200	D	51.4872	78.2792	78.7747							
	W	1.0034	1.0045	0.9982							
1.210	D	52.2573	79.2106	78.3248							
	W	1.0037	1.0041	0.9977							
1.220	D	53.1044	80.0685	77.7707							
	W	1.0041	1.0038	0.9972							
1.230	D	54.0250	80.8505	77.1310							
	W	1.0044	1.0034	0.9969							
1.240	D	55.0148	81.5555	76.4255							
	W	1.0047	1.0031	0.9966							
1.250	D	56.0687	82.1833	75.6761							
	W	1.0050	1.0027	0.9965							

ANGULOS E VELOCIDADES DOS GERADORES

D = ANGULO DELTA (GRAUS) W = VELOCIDADE OMEGA (PU)

TEMPO		GERADOR DA BARRA 18	GERADOR DA BARRA 35	GERADOR DA BARRA 73	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA
1.260	D	57.1808	82.7350	74.9055							
	W	1.0053	1.0024	0.9964							
1.270	D	58.3446	83.2126	74.1374							
	W	1.0055	1.0020	0.9965							
1.280	D	59.5534	83.6193	73.3959							
	W	1.0057	1.0017	0.9967							
1.290	D	60.7995	83.9553	72.7054							
	W	1.0058	1.0014	0.9969							
1.300	D	62.0751	84.2379	72.0897							
	W	1.0060	1.0012	0.9974							
1.310	D	63.3726	84.4614	71.5721							
	W	1.0060	1.0009	0.9979							
1.320	D	64.6840	84.6372	71.1747							
	W	1.0061	1.0007	0.9985							
1.330	D	66.0017	84.7734	70.9181							
	W	1.0061	1.0005	0.9992							
1.340	D	67.3180	84.8789	70.8208							
	W	1.0061	1.0004	0.9999							
1.350	D	68.6260	84.9635	70.8993							
	W	1.0060	1.0004	1.0008							
1.360	D	69.9191	85.0375	71.1673							
	W	1.0059	1.0003	1.0017							
1.370	D	71.1912	85.1116	71.6359							
	W	1.0058	1.0004	1.0026							
1.380	D	72.4370	85.1967	72.3138							
	W	1.0057	1.0004	1.0036							
1.390	D	73.6523	85.3041	73.2041							
	W	1.0056	1.0006	1.0046							
1.400	D	74.8332	85.4451	74.3104							
	W	1.0054	1.0007	1.0056							
1.410	D	75.9771	85.6308	75.6305							
	W	1.0052	1.0010	1.0066							
1.420	D	77.0825	85.8719	77.1600							
	W	1.0050	1.0013	1.0076							
1.430	D	78.1484	86.1790	78.8911							
	W	1.0048	1.0016	1.0085							

ANGULOS E VELOCIDADES DOS GERADORES

D = ANGULO DELTA (GRAUS) W = VELOCIDADE OMEGA (PU)

TEMPO		GERADOR DA BARRA 18	GERADOR DA BARRA 35	GERADOR DA BARRA 73	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA	GERADOR DA BARRA
1.440	D	79.1753	86.5617	80.8131							
	W	1.0047	1.0020	1.0093							
1.450	D	80.1645	87.0295	82.9128							
	W	1.0045	1.0024	1.0101							
1.460	D	81.1182	87.5905	85.1743							
	W	1.0043	1.0028	1.0105							
1.470	D	82.0398	88.2573	87.5797							
	W	1.0042	1.0033	1.0114							
1.480	D	82.9334	89.0214	90.1093							
	W	1.0041	1.0038	1.0120							
1.490	D	83.8041	89.9031	92.7419							
	W	1.0040	1.0043	1.0124							
1.500	D	84.6575	90.9017	95.4552							
	W	1.0039	1.0049	1.0127							

TENSOES E ANGULOS DAS BARRAS TERMINAIS DAS LINHAS MONITORADAS

M = MODULO (PU) A = ANGULO (GRAUS)

TEMPO		LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q
		7	8	8	9						
0.000	M	0.67615	0.49773	0.49773	0.25851						
	A	5.74234	1.97045	1.97045	2.44848						
0.010	M	0.67631	0.49785	0.49785	0.25858						
	A	5.73506	1.96355	1.96355	2.44295						
0.020	M	0.67604	0.49765	0.49765	0.25848						
	A	5.87386	2.09137	2.09137	2.53033						
0.030	M	0.67528	0.49710	0.49710	0.25821						
	A	6.24765	2.43506	2.43506	2.76315						
0.040	M	0.67405	0.49623	0.49623	0.25779						
	A	6.80081	2.94339	2.94339	3.10634						
0.050	M	0.67242	0.49505	0.49505	0.25724						
	A	7.51017	3.59556	3.59556	3.54799						
0.060	M	0.67042	0.49361	0.49361	0.25655						
	A	8.36277	4.37992	4.37992	4.08175						
0.070	M	0.66805	0.49189	0.49189	0.25571						
	A	9.35607	5.28880	5.28880	4.70169						
0.080	M	1.01276	0.99573	0.99573	1.06429						
	A	7.00335	3.11785	3.11785	9.56503						
0.090	M	1.00939	0.99241	0.99241	1.05800						
	A	8.03079	4.14529	4.14529	11.05258						
0.100	M	1.00680	0.98986	0.98986	1.05432						
	A	8.95828	5.07278	5.07278	12.32872						
0.110	M	1.00463	0.98773	0.98773	1.05039						
	A	9.81204	5.92654	5.92654	13.57014						
0.120	M	1.00284	0.98597	0.98597	1.04726						
	A	10.59917	6.71367	6.71367	14.67316						
0.130	M	1.00143	0.98458	0.98458	1.04424						
	A	11.32072	7.43522	7.43522	15.68116						
0.140	M	1.00041	0.98358	0.98358	1.04208						
	A	11.97634	8.09084	8.09084	16.59113						
0.150	M	0.99980	0.98298	0.98298	1.04051						
	A	12.56580	8.68030	8.68030	17.39927						
0.160	M	0.99961	0.98280	0.98280	1.03961						
	A	13.09941	9.20391	9.20391	18.10269						
0.170	M	0.99986	0.98304	0.98304	1.03940						
	A	[illegible]	[illegible]	9.66270	18.69997						

TENSOES E ANGULOS NAS BARRAS TERMINAIS DAS LINHAS MONITORADAS

M = MODULO (PU) A = ANGULO (GRAUS)

TEMPO		LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q
		7	8	8	9						
0.180	M	1.00053	0.98369	0.98369	1.03988						
	A	13.94392	10.05842	10.05842	19.19123						
0.190	M	1.00159	0.98474	0.98474	1.04102						
	A	14.27563	10.39353	10.39353	19.57824						
0.200	M	1.00302	0.98614	0.98614	1.04279						
	A	14.55668	10.67118	10.67118	19.86635						
0.210	M	1.00476	0.98786	0.98786	1.04511						
	A	14.77065	10.89515	10.89515	20.05434						
0.220	M	1.00677	0.98983	0.98983	1.04788						
	A	14.95532	11.06982	11.06982	20.15461						
0.230	M	1.00898	0.99200	0.99200	1.05099						
	A	15.08563	11.20713	11.20713	20.17280						
0.240	M	1.01131	0.99430	0.99430	1.05433						
	A	15.17700	11.29150	11.29150	20.11787						
0.250	M	1.01371	0.99666	0.99666	1.05776						
	A	15.23527	11.34977	11.34977	19.99991						
0.260	M	1.01610	0.99900	0.99900	1.06115						
	A	15.26669	11.38119	11.38119	19.83070						
0.270	M	1.01841	1.00128	1.00128	1.06440						
	A	15.27778	11.39228	11.39228	19.62079						
0.280	M	1.02059	1.00342	1.00342	1.06739						
	A	15.27533	11.38983	11.38983	19.38277						
0.290	M	1.02258	1.00537	1.00537	1.07003						
	A	15.26627	11.38077	11.38077	19.13112						
0.300	M	1.02434	1.00711	1.00711	1.07226						
	A	15.25764	11.37214	11.37214	18.87847						
0.310	M	1.02585	1.00859	1.00859	1.07[illegible]						
	A	15.25646	11.37096	11.37096	18.63871						
0.320	M	1.02709	1.00981	1.00981	1.07535						
	A	15.26966	11.38415	11.38415	18.42361						
0.330	M	1.02806	1.01077	1.01077	1.07621						
	A	15.30398	11.41848	11.41848	18.24714						
0.340	M	1.02876	1.01146	1.01146	1.07664						
	A	15.36569	11.48038	11.48038	18.12116						
0.350	M	1.02922	1.01191	1.01191	1.07669						
	A	15.46144	11.57594	11.57594	18.05676						

TENSOES E ANGULOS DAS BARRAS TERMINAIS DAS LINHAS MONITORADAS

M = MODÚLO (PU) A = ANGULO (GRAUS)

TEMPO		LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P 7	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q 8	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P 8	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q 9	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q
0.360	M	1.02946	1.01214	1.01214	1.07643						
	A	15.59623	11.71073	11.71073	18.06395						
0.370	M	1.02950	1.01218	1.01218	1.07592						
	A	15.77523	11.88972	11.88972	18.15144						
0.380	M	1.02939	1.01207	1.01207	1.07524						
	A	16.00273	12.11723	12.11723	18.32637						
0.390	M	1.02914	1.01183	1.01183	1.07445						
	A	16.26228	12.39678	12.39678	18.59419						
0.400	M	1.02880	1.01150	1.01150	1.07360						
	A	16.61657	12.73107	12.73107	18.95853						
0.410	M	1.02839	1.01109	1.01109	1.07275						
	A	17.00740	13.12190	13.12190	19.42111						
0.420	M	1.02792	1.01062	1.01062	1.07191						
	A	17.45563	13.57013	13.57013	19.98171						
0.430	M	1.02739	1.01011	1.01011	1.07109						
	A	17.96119	14.07569	14.07569	20.63814						
0.440	M	1.02681	1.00954	1.00954	1.07028						
	A	18.52307	14.63757	14.63757	21.38635						
0.450	M	1.02618	1.00892	1.00892	1.06945						
	A	19.13934	15.25384	15.25384	22.22056						
0.460	M	1.02547	1.00822	1.00822	1.06857						
	A	19.80720	15.92170	15.92170	23.12205						
0.470	M	1.02467	1.00743	1.00743	1.06759						
	A	20.52307	16.63757	16.63757	24.11496						
0.480	M	1.02376	1.00653	1.00653	1.06645						
	A	21.28264	17.39714	17.39714	25.15589						
0.490	M	1.02270	1.00550	1.00550	1.06511						
	A	22.03097	18.19547	18.19547	26.24474						
0.500	M	1.02149	1.00430	1.00430	1.06352						
	A	22.91261	19.02711	19.02711	27.38438						
0.510	M	1.02010	1.00294	1.00294	1.06167						
	A	23.77170	19.88620	19.88620	28.51715						
0.520	M	1.01852	1.00139	1.00139	1.05952						
	A	24.95205	20.76655	20.76655	29.67524						
0.530	M	1.01676	0.99965	0.99965	1.05710						
	A	[illegible]	21.66178	21.66178	30.83072						

TENSOES E ANGULOS DAS BARRAS TERMINAIS DAS LINHAS

M = MODULO (PU) A = ANGULO (GRAUS)

TEMPO		LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	TENSAO DA BARRA Q
		7	8	8	9						
0.540	M	1.01481	0.99774	0.99774	1.05442						
	A	26.45091	22.56540	22.56540	31.97093						
0.550	M	1.01271	0.99567	0.99567	1.05152						
	A	27.35643	23.47092	23.47092	33.08359						
0.560	M	1.01046	0.99347	0.99347	1.04848						
	A	28.25741	24.37191	24.37191	34.15708						
0.570	M	1.00813	0.99117	0.99117	1.04537						
	A	29.14758	25.26208	25.26208	35.18053						
0.580	M	1.00574	0.98882	0.98882	1.04227						
	A	30.02086	26.13536	26.13536	36.14400						
0.590	M	1.00336	0.98648	0.98648	1.03929						
	A	30.87146	26.98596	26.98596	37.03863						
0.600	M	1.00103	0.98419	0.98419	1.03652						
	A	31.69391	27.80841	27.80841	37.85667						
0.610	M	0.99882	0.98202	0.98202	1.03406						
	A	32.48312	28.59762	28.59762	38.59166						
0.620	M	0.99678	0.98001	0.98001	1.03199						
	A	33.23443	29.34893	29.34893	39.23829						
0.630	M	0.99497	0.97824	0.97824	1.03039						
	A	33.94362	30.05812	30.05812	39.79307						
0.640	M	0.99344	0.97673	0.97673	1.02932						
	A	34.60700	30.72150	30.72150	40.25329						
0.650	M	0.99223	0.97554	0.97554	1.02881						
	A	35.22140	31.33590	31.33590	40.61804						
0.660	M	0.99137	0.97469	0.97469	1.02888						
	A	35.78424	31.89874	31.89874	40.88790						
0.670	M	0.99088	0.97421	0.97421	1.02954						
	A	36.29355	32.40804	32.40804	41.06472						
0.680	M	0.99078	0.97411	0.97411	1.03076						
	A	36.74796	32.86246	32.86246	41.15194						
0.690	M	0.99105	0.97439	0.97439	1.03248						
	A	37.14680	33.26130	33.26130	41.15433						
0.700	M	0.99171	0.97503	0.97503	1.03465						
	A	37.49004	33.60454	33.60454	41.07805						
0.710	M	0.99272	0.97601	0.97601	1.03718						
	A	37.77835	33.89285	33.89285	40.93054						

TENSOES E ANGULOS DAS BARRAS TERMINAIS DAS LINHAS MONITORADAS

M = MODULO (PU) A = ANGULO (GRAUS)

TEMPO		LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q
		7	8	8	9						
0.720	M	0.99404	0.97731	0.97731	1.03998						
	A	38.01306	34.12755	34.12755	40.72044						
0.730	M	0.99563	0.97888	0.97888	1.04296						
	A	38.19617	34.31067	34.31067	40.45744						
0.740	M	0.99745	0.98067	0.98067	1.04600						
	A	38.33036	34.44486	34.44486	40.15221						
0.750	M	0.99944	0.98263	0.98263	1.04900						
	A	38.41892	34.53342	34.53342	39.81617						
0.760	M	1.00155	0.98470	0.98470	1.05186						
	A	38.46571	34.58021	34.58021	39.46140						
0.770	M	1.00371	0.98683	0.98683	1.05451						
	A	38.47518	34.58968	34.58968	39.10040						
0.780	M	1.00588	0.98895	0.98895	1.05680						
	A	38.45227	34.56677	34.56677	38.74589						
0.790	M	1.00798	0.99103	0.99103	1.05887						
	A	38.40236	34.51686	34.51686	38.41066						
0.800	M	1.00999	0.99300	0.99300	1.06051						
	A	38.33124	[illegible]	34.44574	38.10726						
0.810	M	1.01185	0.99483	0.99483	1.06176						
	A	38.24500	34.35950	34.35950	37.84764						
0.820	M	1.01354	0.99649	0.99649	1.06263						
	A	38.15001	[illegible]	34.26451	[illegible]						
0.830	M	1.01504	0.99796	0.99796	1.06314						
	A	38.05281	34.16731	34.16731	37.50657						
0.840	M	1.01632	0.99922	0.99922	1.06334						
	A	37.96005	34.07455	34.07455	37.44505						
0.850	M	1.01739	1.00027	1.00027	[illegible]						
	A	37.87840	33.99289	33.99289	37.49820						
0.860	M	1.01825	1.00112	1.00112	1.06296						
	A	37.81444	33.92894	33.92894	37.58250						
0.870	M	1.01890	1.00176	1.00176	1.06250						
	A	37.77462	33.88912	33.88912	37.79413						
0.880	M	1.01936	1.00221	1.00221	1.06193						
	A	37.76511	33.87961	33.87961	38.10682						
[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]	1.06138						

M = MODULO (PU) A = ANGULO (GRAUS)

TEMPO		LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q
		7	8	8	9						
0.900	M	1.01979	1.00264	1.00264	1.06058						
	A	37.85989	33.97439	33.97439	39.04231						
0.910	M	1.01980	1.00264	1.00264	1.05985						
	A	37.97441	34.08890	34.08890	39.66413						
0.920	M	1.01968	1.00253	1.00253	1.05909						
	A	38.13951	34.25491	34.25491	40.38591						
0.930	M	1.01946	1.00231	1.00231	1.05830						
	A	38.35675	34.47325	34.47325	41.26007						
0.940	M	1.01915	1.00200	1.00200	1.05746						
	A	38.63490	34.74949	34.74949	42.10277						
0.950	M	1.01874	1.00159	1.00159	1.05652						
	A	38.96997	35.08447	35.08447	43.08509						
0.960	M	1.01824	1.00111	1.00111	1.05549						
	A	39.35515	35.47965	35.47965	44.13771						
0.970	M	1.01764	1.00052	1.00052	1.05424						
	A	39.82679	35.93529	35.93529	45.25015						
0.980	M	1.01693	0.99982	0.99982	1.05292						
	A	40.32648	36.45977	36.45977	46.41107						
0.990	M	1.01611	0.99902	0.99902	1.05117						
	A	40.91098	37.02548	37.02548	47.60842						
1.000	M	1.01517	0.99809	0.99809	1.04929						
	A	41.54237	37.65687	37.65687	48.82975						
1.010	M	1.01409	0.99703	0.99703	1.04715						
	A	42.22802	38.34252	38.34252	50.06242						
1.020	M	1.01287	0.99583	0.99583	1.04478						
	A	42.96472	39.07922	39.07922	51.29383						
1.030	M	1.01150	0.99449	0.99449	1.04224						
	A	43.74872	39.86322	39.86322	52.51168						
1.040	M	1.00999	0.99300	0.99300	1.03945						
	A	44.57580	40.69030	40.69030	53.70413						
1.050	M	1.00834	0.99138	0.99138	1.03659						
	A	45.44135	41.55585	41.55585	54.86002						
1.060	M	1.00656	0.98963	0.98963	1.03368						
	A	46.34047	42.45497	42.45497	55.96900						
1.070	M	1.00467	0.98777	0.98777	1.03080						
	A	47.26799	43.38249	43.38249	57.02168						

TENSOES E ANGULOS DAS BARRAS TERMINAIS DAS LINHAS MONITORADAS

M = MODULO (PU) A = ANGULO (GRAUS)

TEMPO		LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - C TENSAO DA BARRA P	TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	TENSAO DA BARRA Q
		7	8	8	9						
1.080	M	1.00270	0.98583	0.98583	1.02804						
	A	48.21856	44.33306	44.33306	58.00975						
1.090	M	1.00067	0.98383	0.98383	1.02548						
	A	49.13672	45.30122	45.30122	58.92606						
1.100	M	0.99861	0.98181	0.98181	1.02320						
	A	50.16694	46.28144	46.28144	59.76476						
1.110	M	0.99658	0.97981	0.97981	1.02126						
	A	51.15371	47.26821	47.26821	60.52105						
1.120	M	0.99459	0.97786	0.97786	1.01973						
	A	52.14154	48.25604	48.25604	61.19186						
1.130	M	0.99270	0.97600	0.97600	1.01867						
	A	53.12510	49.23960	49.23960	61.77525						
1.140	M	0.99095	0.97428	0.97428	1.01810						
	A	54.09921	50.21370	50.21370	62.27077						
1.150	M	0.98936	0.97271	0.97271	1.01804						
	A	55.05893	51.17343	51.17343	62.67935						
1.160	M	0.98797	0.97135	0.97135	1.01848						
	A	55.99965	52.11415	52.11415	63.00348						
1.170	M	0.98682	0.97022	0.97022	1.01941						
	A	56.91710	53.03160	53.03160	63.24692						
1.180	M	0.98591	0.96933	0.96933	1.02078						
	A	57.80745	53.92195	53.92195	63.41402						
1.190	M	0.98528	0.96870	0.96870	1.02256						
	A	58.66735	54.78185	54.78185	63.51408						
1.200	M	0.98492	0.96835	0.96835	1.02462						
	A	59.49401	55.60850	55.60850	63.55230						
1.210	M	0.98483	0.96826	0.96826	1.02685						
	A	60.28519	56.39969	56.39969	63.53867						
1.220	M	0.98501	0.96844	0.96844	1.02944						
	A	61.03932	57.15382	57.15382	63.48543						
1.230	M	0.98545	0.96887	0.96887	1.03199						
	A	61.75545	57.86995	57.86995	63.39775						
1.240	M	0.98613	0.96954	0.96954	1.03453						
	A	62.43331	58.54781	58.54781	63.29367						
1.250	M	0.98702	0.97042	0.97042	1.03698						
	A	63.07330	59.18780	59.18780	63.18387						

TENSÕES E ÂNGULOS NAS BARRAS TERMINAIS DAS LINHAS MONITORADAS

M = MODULO (PU) A = ANGULO (GRAUS)

TEMPO		LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q
		7	8	8	9						
1.260	M	0.99810	0.97148	0.97148	1.03925						
	A	63.67650	59.79100	59.79100	63.08151						
1.270	M	0.99933	0.97269	0.97269	1.04128						
	A	64.24464	60.35914	60.35914	63.00003						
1.280	M	0.99068	0.97402	0.97402	1.04304						
	A	64.78007	60.89457	60.89457	62.95291						
1.290	M	0.99212	0.97543	0.97543	1.04449						
	A	65.28575	61.40024	61.40024	62.95348						
1.300	M	0.99361	0.97689	0.97689	1.04562						
	A	65.76520	61.87970	61.87970	63.01467						
1.310	M	0.99511	0.97837	0.97837	1.04643						
	A	66.22249	62.33699	62.33699	63.14883						
1.320	M	0.99661	0.97984	0.97984	1.04694						
	A	66.66217	62.77666	62.77666	63.36747						
1.330	M	0.99806	0.98127	0.98127	1.04717						
	A	67.09921	63.20371	63.20371	63.68109						
1.340	M	0.99944	0.98263	0.98263	1.04718						
	A	67.50902	63.62352	63.62352	64.09901						
1.350	M	1.00074	0.98390	0.98390	1.04699						
	A	67.92734	64.04184	64.04184	64.62915						
1.360	M	1.00193	0.98507	0.98507	1.04665						
	A	68.35023	64.46472	64.46472	65.27799						
1.370	M	1.00300	0.98613	0.98613	1.04621						
	A	68.78395	64.89845	64.89845	66.05036						
1.380	M	1.00394	0.98705	0.98705	1.04569						
	A	69.23498	65.34948	65.34948	66.94943						
1.390	M	1.00474	0.98784	0.98784	1.04512						
	A	69.70988	65.82438	65.82438	67.97652						
1.400	M	1.00540	0.98848	0.98848	1.04452						
	A	70.21523	66.32973	66.32973	69.13162						
1.410	M	1.00590	0.98898	0.98898	1.04387						
	A	70.75756	66.87206	66.87206	70.41239						
1.420	M	1.00626	0.98933	0.98933	1.04318						
	A	71.34326	67.45776	67.45776	71.81520						
1.430	M	1.00647	0.98954	0.98954	1.04242						
		97848	68.09297	68.09297	73.33472						

TENSOES E ANGULOS DAS BARRAS TERMINAIS DAS LINHAS MONITORADAS

M = MODULO (PU) A = ANGULO (GRAUS)

TEMPO		LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA P	LINHA P - Q TENSAO DA BARRA Q
		7	8	8	9						
1.440	M	1.00653	0.98960	0.98960	1.04156						
	A	72.66904	68.78354	68.78354	74.96413						
1.450	M	1.00645	0.98951	0.98951	1.04057						
	A	73.42040	69.53490	69.53490	76.69529						
1.460	M	1.00621	0.98928	0.98928	1.03941						
	A	74.23754	70.35204	70.35204	78.51856						
1.470	M	1.00583	0.98891	0.98891	1.03805						
	A	75.12491	71.23941	71.23941	80.42451						
1.480	M	1.00532	0.98840	0.98840	1.03646						
	A	76.08641	72.20091	72.20091	82.40115						
1.490	M	1.00466	0.98776	0.98776	1.03462						
	A	77.12534	73.23984	73.23984	84.43711						
1.500	M	1.00388	0.98699	0.98699	1.03252						
	A	78.24436	74.35886	74.35886	86.52040						

PLOTAGEM DOS ANGULOS DOS GERADORES

EIXO -X- GRADUADO EM SEGUNDOS

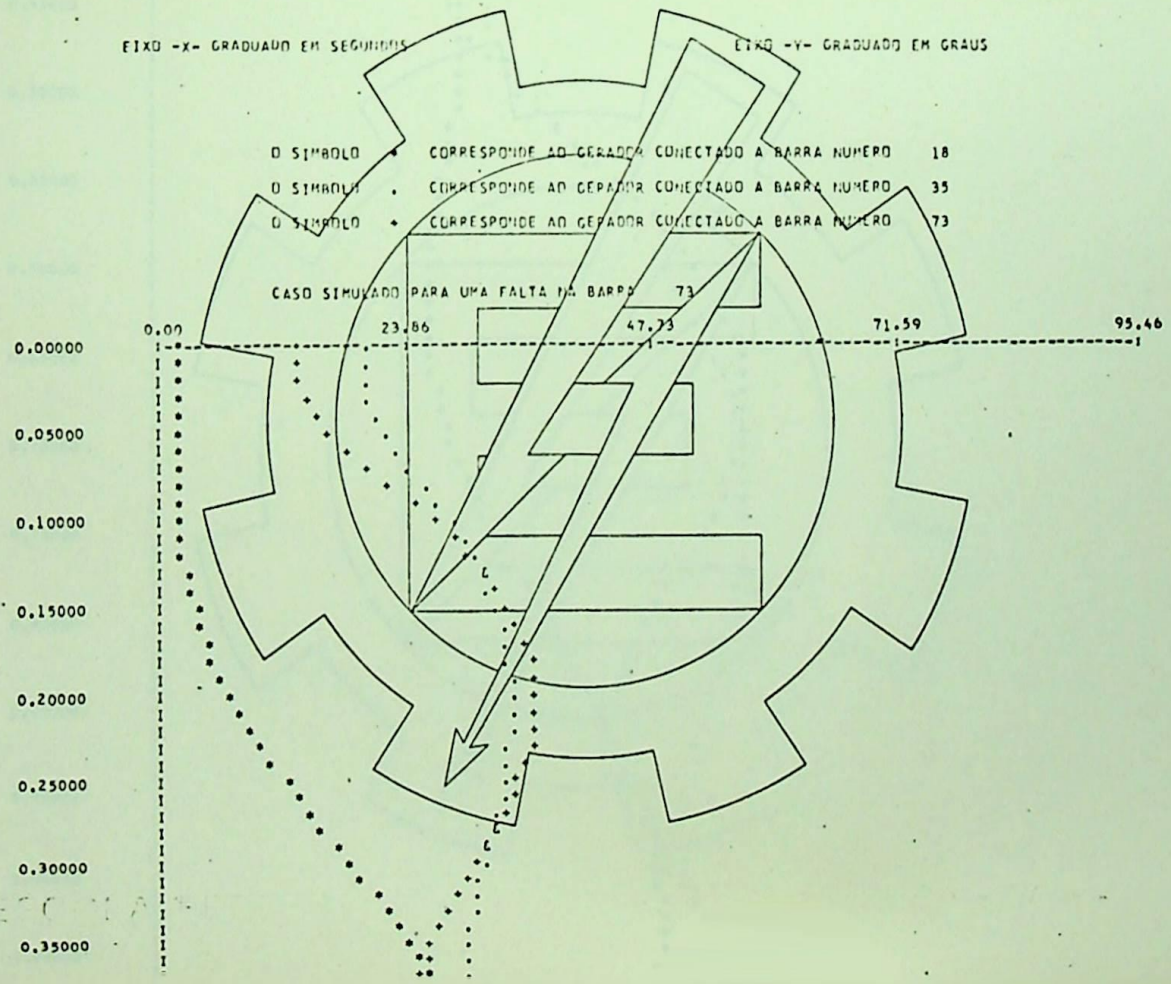
EIXO -Y- GRADUADO EM GRAUS

O SIMBOLO + CORRESPONDE AO GERADOR CONECTADO A BARRA NUMERO 18

O SIMBOLO . CORRESPONDE AO GERADOR CONECTADO A BARRA NUMERO 35

O SIMBOLO + CORRESPONDE AO GERADOR CONECTADO A BARRA NUMERO 73

CASO SIMULADO PARA UMA FALTA NA BARRA 73



0.45000

0.50000

0.55000

0.60000

0.65000

0.70000

0.75000

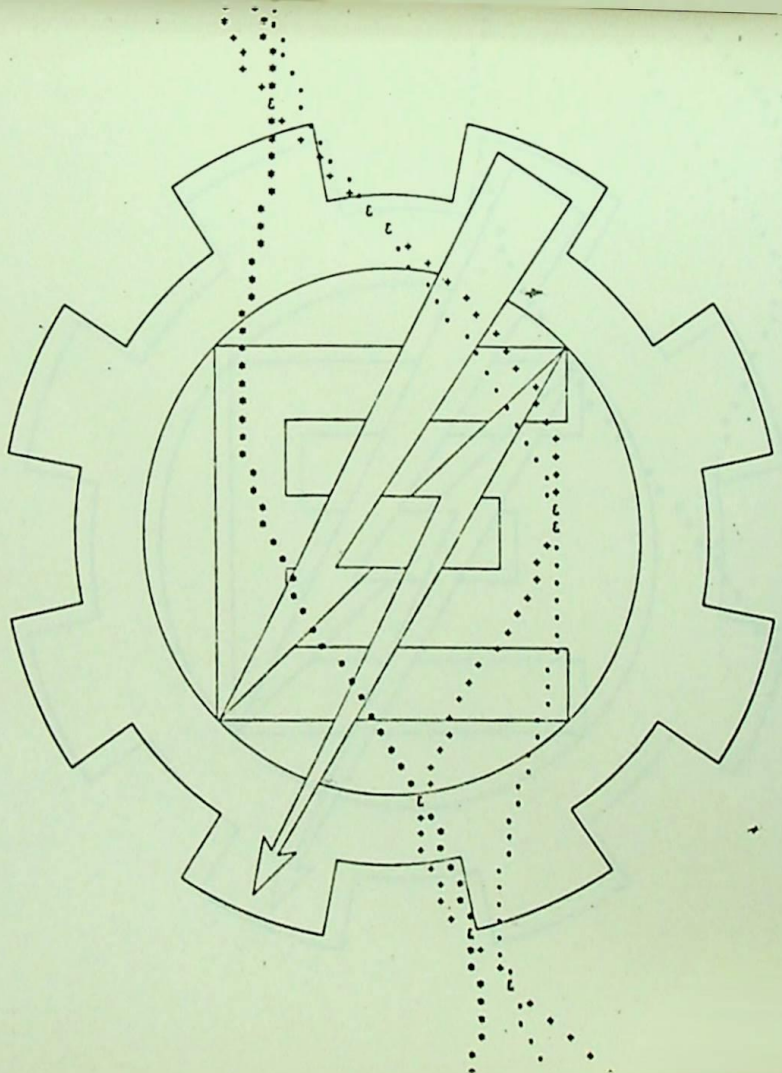
0.80000

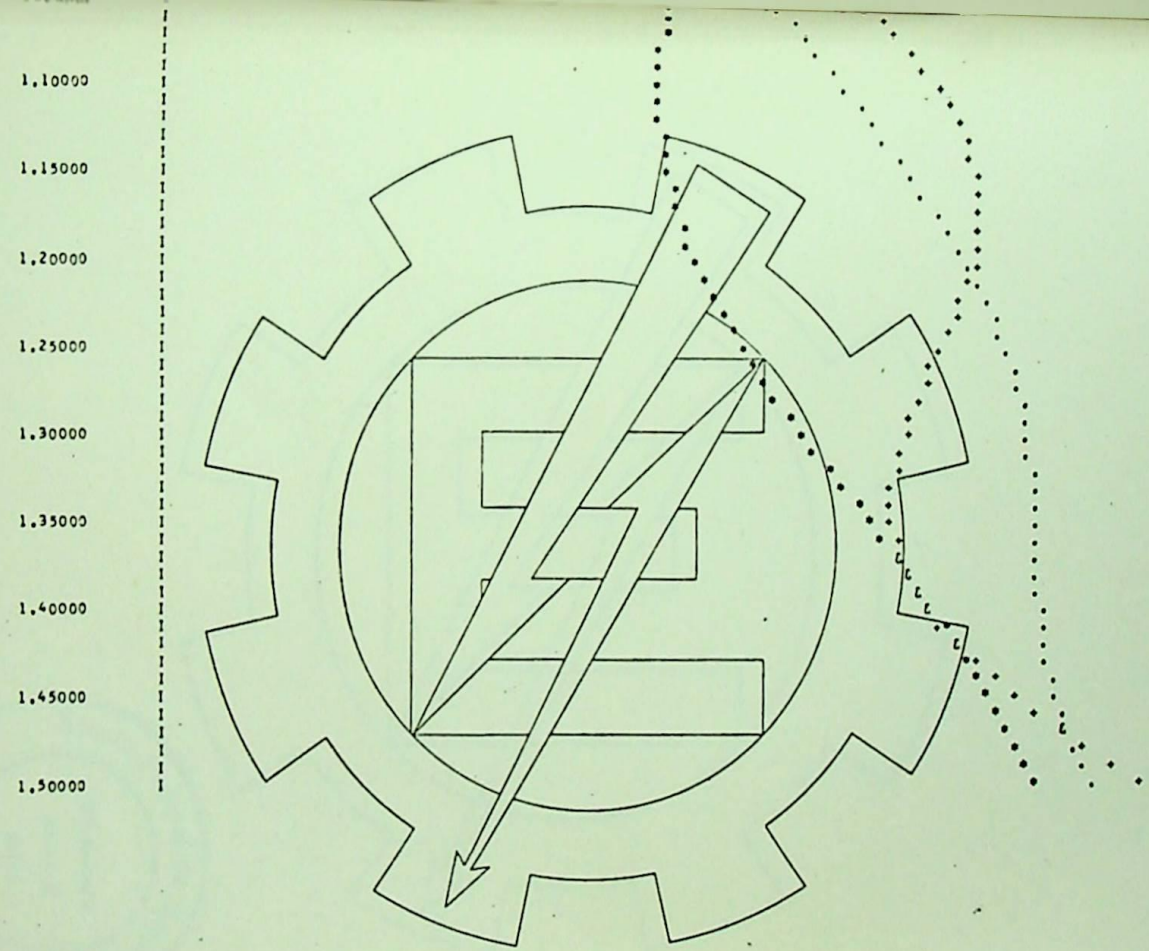
0.85000

0.90000

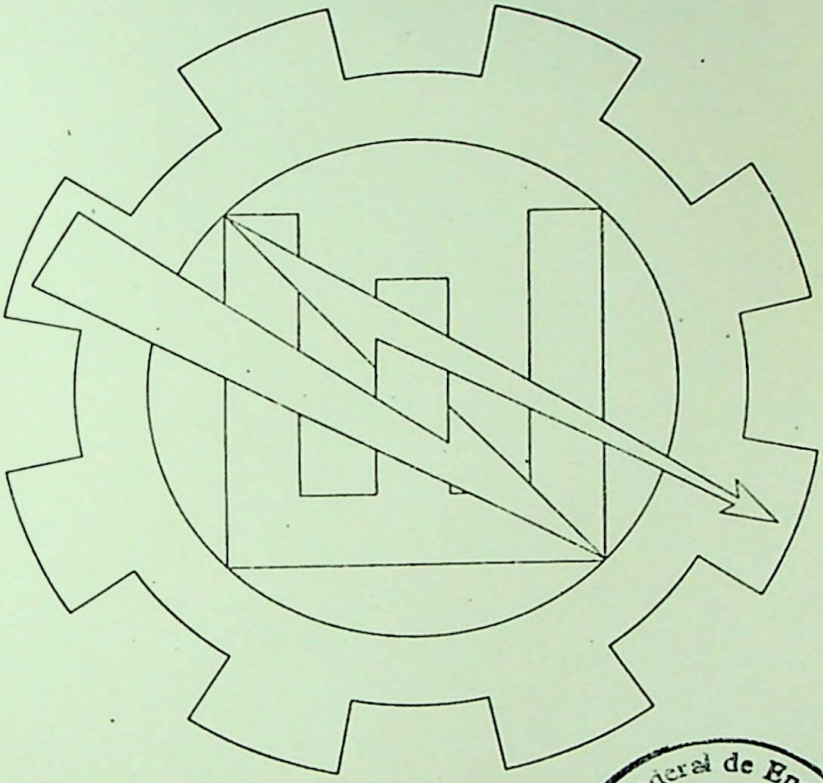
0.95000

1.00000




1.10000
1.15000
1.20000
1.25000
1.30000
1.35000
1.40000
1.45000
1.50000

ESCOLA



Escola Federal de Engenharia
Biblioteca
MAUÁ
BIM
de Itajubá - EFEI

STOP !