

2

Avaliação da segurança dinâmica de sistemas de energia elétrica: Teoria

2.1

Introdução

A avaliação da segurança dinâmica é realizada através de estudos de estabilidade transitória. Nesses estudos, analisa-se o comportamento dos geradores diante de distúrbios de médios e grandes portes, tais como: perdas de geração, aumentos de carga, curtos-circuitos seguido de desligamento de componentes, etc.

O objetivo é a determinação dos limites operativos do sistema, visando otimizar a operação, preservando a segurança. Para isso, o sistema deverá ser capaz de desenvolver forças restauradoras que garantam a sua estabilidade, assegurando que as unidades geradoras mantenham-se em sincronismo quando ocorrer uma falta.

Mais do que um resultado do tipo estável ou instável, pode-se quantificar o quão estável é o cada uma das unidades geradoras deste sistema, e o sistema como um todo, atribuindo índices de estabilidade. Tais índices indicam se a unidade geradora está próxima ou não da perda de estabilidade.

O método considerado baseia-se no critério das áreas iguais de um sistema máquina - barra infinita, estendido para um sistema multimáquina, na determinação da estabilidade transitória. Avalia-se o comportamento das potências acelerantes das máquinas durante a falta e no período pós-falta, a fim de se obter índices de estabilidade transitória, bem como tempos críticos de eliminação de falta. O procedimento para a determinação dos tempos críticos de eliminação das faltas é dividido em 8 (oito) etapas, conforme apresentado na figura 2.1.

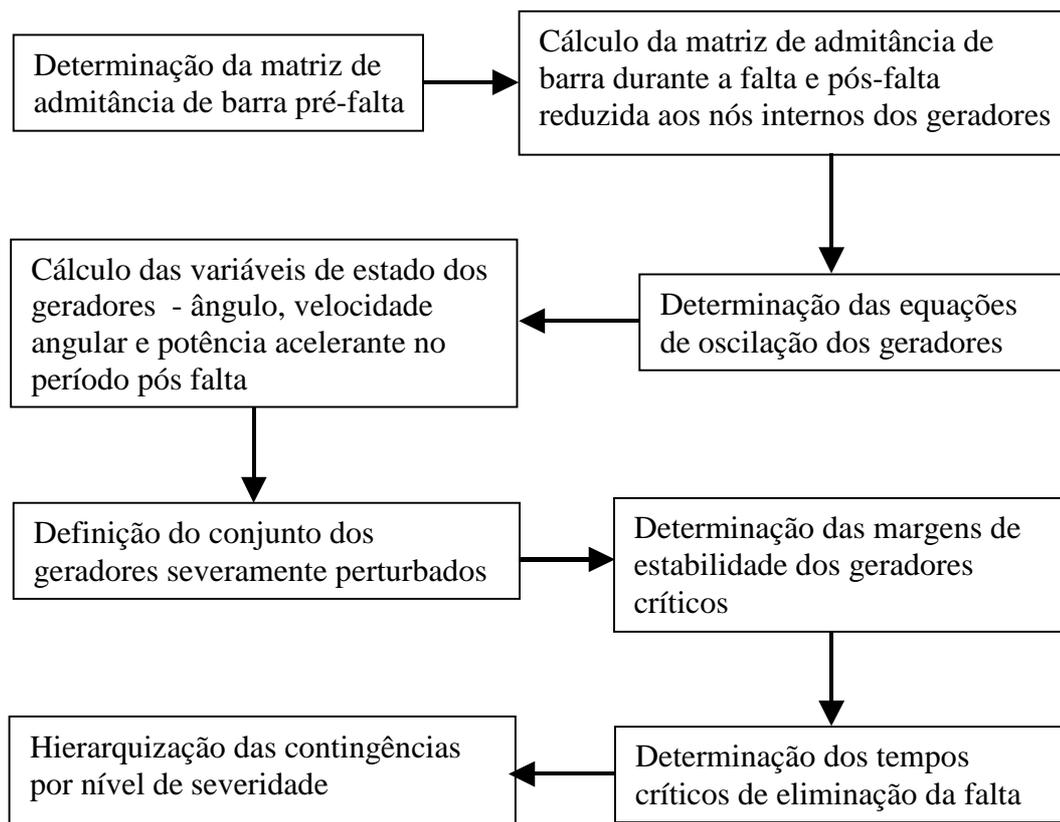


Figura 2.1 – Procedimento para determinação dos tempos críticos de eliminação da falta.

2.2

Estabilidade transitória do sistema máquina - barra infinita

Os estudos de estabilidade transitória em sistemas de potência são bastante complexos devido às não-linearidades inerentes aos sistemas. Considerando o modelo clássico para a máquina síncrona, devemos solucionar cada uma das equações diferenciais não-lineares de 2ª ordem, que são as equações de oscilação dos geradores, a fim de se obter o comportamento dinâmico de cada gerador no período pós-distúrbio.

Entretanto, uma maneira de avaliarmos a estabilidade transitória dos diversos geradores é considerar que cada um deles, individualmente, “enxergue” o sistema como uma barra infinita. Logo, o estudo de uma máquina ligada a uma barra infinita, com a aplicação dos conceitos do critério das áreas iguais, permite analisarmos a estabilidade transitória de um sistema multimáquina, sem a necessidade de obter a solução das equações dinâmicas.

2.2.1

Critério das áreas iguais [19]

Nessa sessão é apresentado o critério das áreas iguais, interpretado com base em um sistema máquina - barra infinita, uma vez que o método considerado utiliza os mesmos conceitos para avaliação da estabilidade transitória de um sistema multimáquina.

A figura 2.2 apresenta um gerador ligado a uma barra infinita [20]. A ocorrência de um curto-circuito trifásico sólido no ponto P, com conseqüente abertura do disjuntor A, acarreta numa variação entre os conjugados mecânico e elétrico, fazendo com que o gerador acelere. Sendo assim, o ângulo do rotor do gerador oscila até atingir um pico, caso o gerador suporte o distúrbio, ou cresce monotonicamente, fazendo com que o gerador perca o sincronismo.

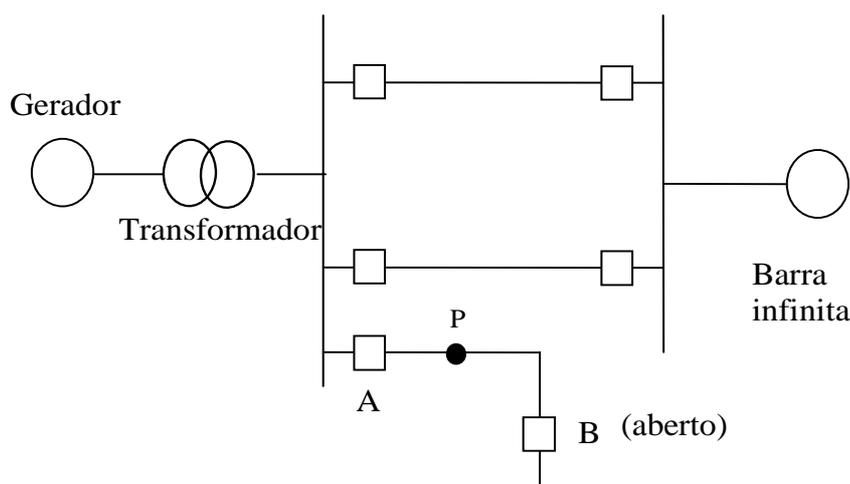


Figura 2.2 – Sistema máquina – barra infinita.

Para um melhor entendimento, analisa-se o comportamento do ângulo do rotor do gerador em função da potência acelerante, como mostra a figura 2.3.

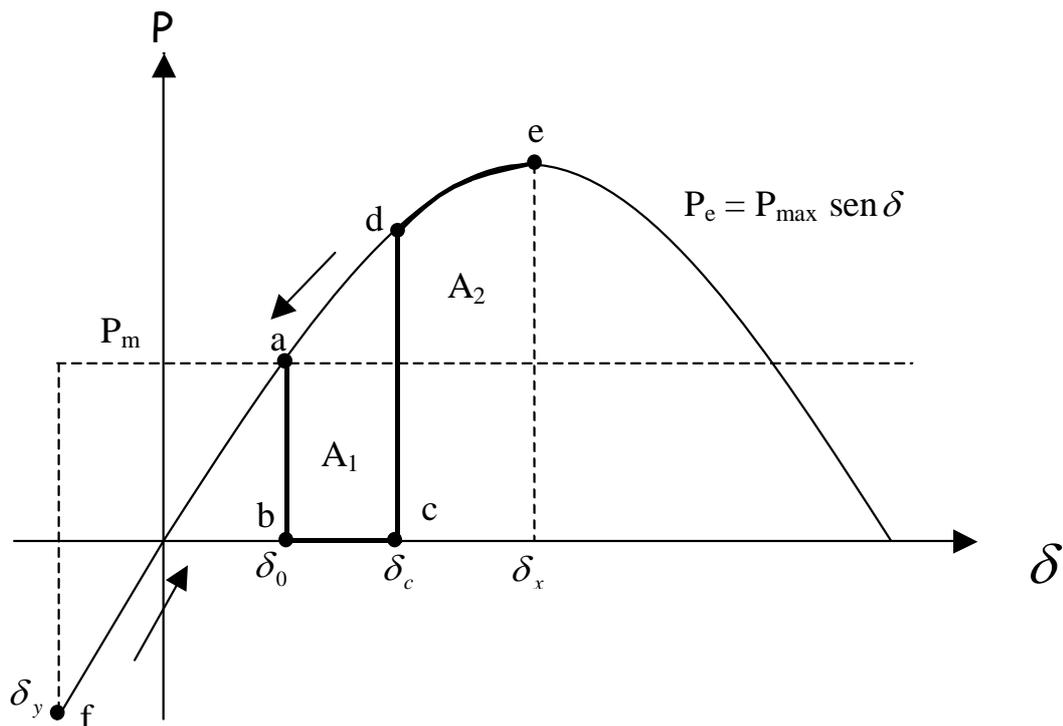


Figura 2.3 – Curva potência – ângulo de um gerador ligado a uma barra infinita.

Inicialmente o gerador opera na velocidade síncrona, com ângulo de potência δ_0 , ponto **a** da figura 2.3, e sem diferença entre os conjugados mecânico e elétrico. A ocorrência de um curto trifásico no ponto P, eliminado pelo disjuntor A após alguns ciclos, leva a potência elétrica de saída a zero, fazendo a máquina acelerar. Durante a falta (trecho **b-c**) há uma diferença entre a potência mecânica e elétrica. Tal diferença é armazenada no rotor sob a forma de energia cinética através do incremento da velocidade, que ultrapassa a velocidade síncrona. No momento em que a falta é removida (ponto **c**), a potência acelerante torna-se negativa (ponto **d**). Entretanto, a velocidade ainda está acima da síncrona, porém tendendo a reduzir, visto o efeito desacelerante da máquina, até atingir o ponto **e**. Nesse ponto, a posição angular do rotor é δ_x e a máquina atinge a velocidade síncrona ($\omega - \omega_s = 0$). Como P_a ainda é negativo, a velocidade continuará a reduzir assumindo valores abaixo da velocidade síncrona, e o ângulo excursionará do ponto **e** ao ponto **a**. Nesse momento, P_a novamente troca de sinal, aumentando a velocidade da máquina, até que ela atinja a velocidade síncrona no ponto **f**. A

partir daí o ciclo se repete, com a máquina oscilando em torno de um ponto de equilíbrio entre δ_x e δ_y (δ_0), até atingir seu funcionamento estável, desde que haja amortecimento.

Vale ressaltar que o ponto e será atingido se, e somente se, A_1 e A_2 forem iguais, o que garantirá a estabilidade na primeira oscilação. Note que, à medida que aumentamos o tempo de eliminação da falta, a área 1 aumenta e a máquina manterá o sincronismo só se existir área A_2 suficiente para compensar A_1 . Fisicamente significa que o incremento de energia cinética armazenada no rotor devido à falta deve ser assimilado pelo sistema, quando de sua eliminação, para que se possa restabelecer a velocidade síncrona, impedindo que ω cresça monotonicamente, assim como δ .

Portanto, utiliza-se o critério das áreas iguais para estabelecer o limite de estabilidade dos geradores, através do comportamento do ângulo e da potência acelerante no período pós-falta.

2.3

Estabilidade transitória de um sistema multimáquina

Uma vez entendido o conceito de estabilidade transitória de um sistema máquina - barra infinita podemos estendê-lo para um sistema multimáquina.

Em sistemas de grande porte, apenas algumas máquinas são severamente perturbadas quando ocorre um distúrbio. Essas máquinas são responsáveis pela instabilidade do sistema, portanto definem se o sistema é estável ou não. Logo, a identificação do conjunto de máquinas severamente perturbadas é uma etapa fundamental na determinação da estabilidade do sistema. Entretanto, o fato de um gerador perder a estabilidade não garante que o sistema inteiro perderá a estabilidade caso haja atuação de proteções que isolem o subsistema afetado.

Com posse das margens de estabilidade das máquinas severamente perturbadas, a máquina que possuir a menor margem de estabilidade é considerada a máquina crítica, e define a margem de estabilidade do sistema. A tendência é que a máquina crítica perca o sincronismo e “carregue”, junto com ela, outras máquinas, formando um grupo de máquinas instáveis.

Portanto, para avaliarmos a estabilidade transitória de um sistema multimáquina, definimos o conjunto de máquinas severamente perturbadas para uma dada contingência e, a partir daí, calculamos as margens de estabilidade destas máquinas, a fim de definir a margem de estabilidade do sistema.

2.4

Equação de oscilação de um gerador – Formulação em relação ao centro de inércia do sistema [3, 9]

A figura 2.4 apresenta um sistema de potência multimáquina com n barras de geradores e m barras de carga. Os geradores são representados pelo modelo clássico.

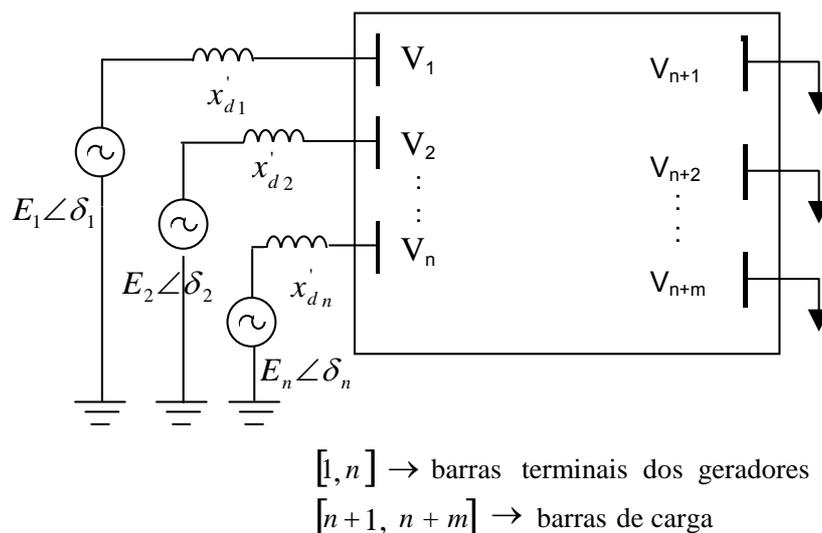


Figura 2.4 – Sistema multimáquina.

Tratando as cargas como impedâncias constantes, podemos eliminar as barras de carga e as barras terminais dos geradores, reduzindo a matriz de admitância de barra (Y_{barra}) aos nós internos das máquinas. Considerando que Y_{ii} e Y_{ij} são os elementos que compõem a matriz de admitância de barra,

onde,

$$Y_{ii} = y_{ii} \angle \theta_{ii} = G_{ii} + j B_{ii} \quad (2.1)$$

$$Y_{ij} = y_{ij} \angle \theta_{ij} = G_{ij} + j B_{ij} \quad (2.2)$$

sendo,

Y_{ii} : elementos da diagonal principal

Y_{ij} : elementos fora da diagonal principal

O vetor de correntes dos nós é:

$$\bar{I} = \bar{Y} \bar{E} \quad (2.3)$$

Matricialmente temos:

$$\begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ I_n \end{pmatrix}_{nx1} = \begin{pmatrix} Y_{11} & Y_{12} & \dots & \dots & Y_{1n} \\ Y_{21} & Y_{22} & \dots & \dots & Y_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \dots & \ddots & \vdots \\ Y_{n1} & Y_{n2} & \dots & \dots & Y_{nn} \end{pmatrix}_{n \times n} * \begin{pmatrix} E_1 \\ E_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ E_n \end{pmatrix}_{nx1}$$

Portanto, a expressão geral é:

$$I_i = Y_{ii} E_i + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n Y_{ij} E_j \quad (2.4)$$

Uma vez definida as contribuições de corrente, podemos estabelecer a expressão analítica da potência elétrica da máquina i :

$$Pe_i = \text{Re} \left(\bar{E}_i \bar{I}_i^* \right) = E_{ii}^2 G_{ii} + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n E_i E_j \left(B_{ij} \text{sen}(\delta_i - \delta_j) + G_{ij} \cos(\delta_i - \delta_j) \right) \quad (2.5)$$

onde,

$$i = 1, 2, \dots, n.$$

Definindo:

$$C_{ij} = E_i E_j B_{ij} = C_{ji} \quad (2.6)$$

$$D_{ij} = E_i E_j G_{ij} = D_{ji} \quad (2.7)$$

Temos então:

$$Pe_i = E_i^2 G_{ii} + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n C_{ij} \text{sen}(\delta_i - \delta_j) + D_{ij} \cos(\delta_i - \delta_j) \quad , \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2.8)$$

sendo,

E_i - tensão interna da máquina i

E_j - tensão interna da máquina j

δ_i - ângulo do rotor da máquina i na referência síncrona

δ_j - ângulo do rotor da máquina j na referência síncrona

B_{ij} - susceptância equivalente entre as máquinas i e j

G_{ij} - condutância equivalente entre as máquinas i e j

G_{ii} - condutância própria da máquina i .

Desenvolvendo a expressão do ângulo do rotor da máquina i em relação ao eixo estacionário, temos:

$$\theta_i = \omega_s t + \delta_i \quad (2.9)$$

$$\dot{\theta}_i = \omega_i = \omega_s + \dot{\delta}_i \quad (2.10)$$

$$\dot{\delta}_i = \omega_i - \omega_s \quad (2.11)$$

onde,

θ_i - ângulo do rotor da máquina i em relação ao eixo estacionário

ω_i - velocidade angular da máquina i

ω_s - velocidade síncrona

Derivando a expressão 2.11, temos:

$$\ddot{\delta}_i = \dot{\omega}_i \quad (2.12)$$

Multiplicando ambos os lados pela constante de inércia da máquina i (M_i), temos:

$$M_i \ddot{\delta}_i = M_i \dot{\omega}_i \quad (2.13)$$

Lembrando que:

$$P_{a_i} = M_i \dot{\omega}_i = P_{m_i} - P_{e_i} \quad (2.14)$$

onde,

P_{a_i} - potência acelerante da máquina i

P_{m_i} - potência mecânica da máquina i

Então temos:

$$M_i \ddot{\delta}_i = P_{m_i} - P_{e_i} \quad (2.15)$$

A equação 2.15, descreve a dinâmica da máquina i . Aplicando o somatório nos dois lados da equação 2.15, temos:

$$\sum_{i=1}^n M_i \ddot{\delta}_i = \sum_{i=1}^n (P_{m_i} - P_{e_i}) \quad (2.16)$$

Considerando a equação 2.8, podemos escrever:

$$P_{e_1} = E_1^2 G_{11} + C_{12} \sin \delta_{12} + D_{12} \cos \delta_{12} + \dots + C_{1n} \sin \delta_{1n} + D_{1n} \cos \delta_{1n}$$

$$P_{e_2} = E_2^2 G_{22} + C_{21} \sin \delta_{21} + D_{21} \cos \delta_{21} + \dots + C_{2n} \sin \delta_{2n} + D_{2n} \cos \delta_{2n}$$

$$\begin{array}{cccccccccc} \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots \end{array}$$

$$P_{e_n} = E_n^2 G_{nn} + C_{n1} \sin \delta_{n1} + D_{n1} \cos \delta_{n1} + \dots + C_{n(n-1)} \sin \delta_{n(n-1)} + D_{n(n-1)} \cos \delta_{n(n-1)}$$

Somando as potências elétricas dos geradores, e lembrando que $\sin \delta_{ij} = -\sin \delta_{ji}$ e $\cos \delta_{ij} = \cos \delta_{ji}$, resulta:

$$\sum_{i=1}^n P_{e_i} = \sum_{i=1}^n E_i^2 G_{ii} + 2 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n D_{ij} \cos \delta_{ij} \quad (2.17)$$

Assim, o lado direito da equação 2.16 resulta:

$$\sum_{i=1}^n (P_{m_i} - P_{e_i}) = \sum_{i=1}^n P_i - 2 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n D_{ij} \cos \delta_{ij} \quad (2.18)$$

onde,

$$P_i = P_{m_i} - E_i^2 G_{ii} \quad (2.19)$$

Por definição, no centro de inércia do sistema (COI), temos:

$$\delta_0 = \frac{1}{M_T} \sum_{i=1}^n M_i \delta_i \quad (2.20)$$

$$\omega_0 = \frac{1}{M_T} \sum_{i=1}^n M_i \dot{\delta}_i \quad (2.21)$$

$$M_T = \sum_{i=1}^n M_i \quad (2.22)$$

Considerando a equação 2.21, podemos reescrever o lado esquerdo da equação 2.16 da seguinte forma:

$$\sum_{i=1}^n M_i \ddot{\delta}_i = M_T \dot{\omega}_0 = P_{COI} \quad (2.23)$$

Considerando as equações 2.16, 2.18 e 2.23, concluímos que:

$$P_{COI} = \sum_{i=1}^n P_i - 2 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n D_{ij} \cos \delta_{ij} \quad (2.24)$$

A equação 2.23 representa o movimento do centro de inércia de um sistema com n máquinas. Para determinar a equação de oscilação da máquina i , em relação ao COI, multiplicam-se ambos os lados da equação 2.23 pela constante de inércia da máquina i (M_i). Assim temos:

$$M_i \dot{\omega}_0 = \frac{M_i}{M_T} P_{COI} \quad (2.25)$$

Lembrando que, por definição:

$$\delta_i^{COI} = \delta_i - \delta_0 \quad (2.26)$$

$$\omega_i^{COI} = \omega_i - \omega_0 \quad (2.27)$$

Então, da equação 2.25, resulta:

$$M_i \left[\begin{matrix} \dot{\omega}_i - \dot{\omega}_i^{COI} \end{matrix} \right] = M_i \dot{\omega}_i - M_i \dot{\omega}_i^{COI} = \frac{M_i}{M_T} P_{COI} \quad (2.28)$$

Considerando a equação 2.14, temos:

$$M_i \dot{\omega}_i^{COI} = P_{a_i} - \frac{M_i}{M_T} P_{COI} \quad (2.29)$$

Finalmente, podemos escrever a equação que representa a dinâmica da máquina i no centro de inércia do sistema:

$$M_i \frac{d^2 \delta_i^{COI}}{dt^2} = P_{m_i} - P_{e_i} - \frac{M_i}{M_T} P_{COI} \quad (2.30)$$

2.5

Método para avaliação da estabilidade transitória na primeira oscilação [1]

Considera-se um sistema estável na primeira oscilação se, para qualquer perturbação, o ângulo δ_i em relação ao centro de inércia do sistema das n máquinas, após a eliminação do distúrbio, atinge um valor de pico e retorna a um ponto de equilíbrio estável. Em outras palavras, se existe um ponto pós-falta tal que $d\delta/dt = 0$ (a velocidade angular do rotor é exatamente igual à velocidade síncrona) para todas as unidades geradoras do sistema, então o sistema é estável.

Por outro lado, se o ângulo δ_i de pelo menos uma das máquinas exceder 180° em relação ao centro de inércia do sistema, então o sistema é dito instável, considerando que não há atuação de esquemas de proteção.

A análise da estabilidade é feita observando o comportamento da velocidade e da potência acelerante, em relação ao COI, no período pós-distúrbio.

Se δ_i da máquina atinge um ponto onde $d\delta_i/dt = 0$ e sua potência acelerante ainda é negativa ($P_a < 0$), então a máquina é estável na primeira oscilação. A situação crítica é caracterizada pela ocorrência simultânea de

$d\delta/dt = 0$ e $P_a = 0$. Já para a situação instável, a velocidade angular da máquina excede a velocidade síncrona no instante que $P_a = 0$.

Portanto, o valor da potência desacelerante no ponto em que $d\delta/dt = 0$ é uma medida do grau de estabilidade da máquina. A tabela 2.1 apresenta um resumo.

Tabela 2.1 – Resumo da estabilidade na primeira oscilação

Situação Estável	Situação Crítica	Situação Instável
$\omega_i - \omega_s = 0$ e $P_a < 0$	$\omega_i - \omega_s = 0$ e $P_a = 0$	$\omega_i - \omega_s > 0$ e $P_a = 0$

2.5.1

Margens de estabilidade de uma máquina

Para a determinação do grau de estabilidade de um sistema de energia elétrica, é necessário analisar os ângulos, as velocidades angulares e as potências acelerantes no período pós-distúrbio.

A margem de estabilidade de um gerador é calculada através do quadrado da razão entre o valor da potência desacelerante em t_p (instante em que $d\delta/dt = 0$) e a máxima potência desacelerante ocorrida no intervalo $[t_{cl}, t_p]$, conforme indicado na equação abaixo:

$$ME_i = \left(\frac{P_{Dk}(t_{p_i})}{P_{D_{\max i}}} \right)^2 \quad (2.31)$$

sendo:

$P_{D_i}(t_{p_i})$: Potência desacelerante da máquina k no instante em que a velocidade da máquina troca de sinal.

$P_{D_{\max i}}$: Potência desacelerante máxima entre o instante em que a falta é eliminada (t_{cl}) e o instante em que a velocidade da máquina troca de sinal (t_p).

2.5.2

Interpretação da margem de estabilidade através da curva potência - ângulo

A figura 2.5 apresenta a curva potência - ângulo de um gerador. O ponto δ_p ($d\delta/dt = 0$) excursiona de δ_{cl} a δ_u à medida em que aumentamos o tempo de eliminação da falta (t_{cl}). Se δ_p ultrapassa δ_u , o caso é considerado instável. A relação entre o valor de P_d no instante em que ocorre δ_p e o maior valor que P_d assume durante o intervalo $[t_{cl}, t_p]$ indicará a margem de estabilidade. Para valores muito pequenos de t_{cl} , A_1 seria suficientemente pequeno que, tão logo a falta fosse eliminada, a máquina atingiria a velocidade síncrona, igualando A_2 e A_1 (Figura 2.3). Esse caso é considerado “muito estável” (δ_p ocorre antes de $\pi/2$), pois $P_d(t_p)$ seria o maior valor assumido no intervalo $[t_{cl}, t_p]$, determinando a margem de estabilidade igual a um ($ME=1$). Tal fato ocorre até $\delta_p = \pi/2$, pois $P_d(t_p)$ coincide com $P_{d\max}$. Se δ_p ocorre após $\pi/2$, $P_d(t_p) < P_{d\max}$ e portanto $0 < ME < 1$.

Finalmente, quando temos $t_{cl} = t_{cr}$, $\delta_p = \delta_u$ ($P_d = 0$). Nesse caso, as áreas A_1 e A_2 se igualam e a margem de estabilidade é aproximadamente zero.

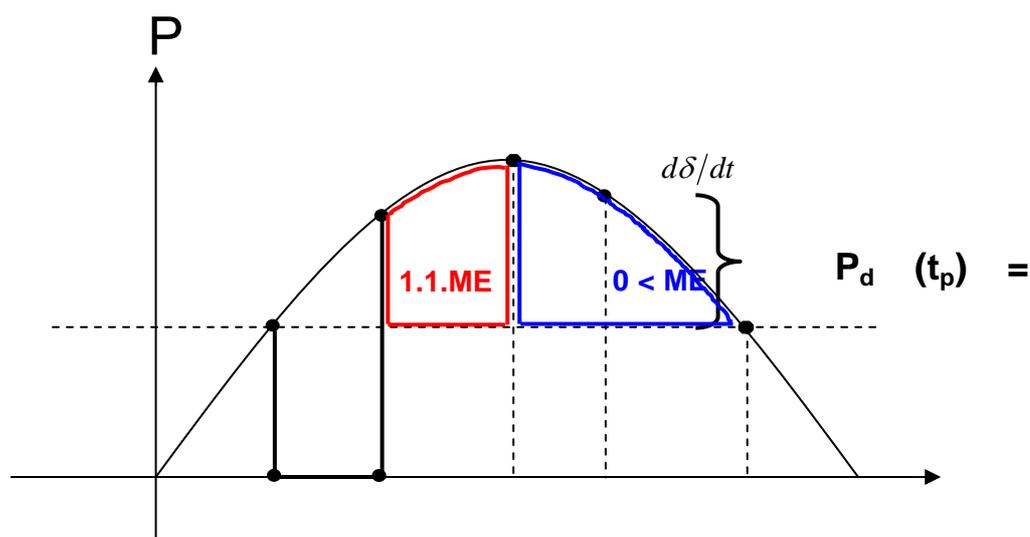


Figura 2.5 – Margem de estabilidade interpretada através da curva potência - ângulo de um gerador

2.5.3

Determinação da margem de estabilidade em um sistema multimáquina

Uma vez compreendido o conceito de margem de estabilidade de um gerador, veremos como avaliar a margem de estabilidade de um sistema que possui diversos geradores.

Como vimos, analisando o comportamento de δ_i para as n máquinas do sistema, ao longo de um intervalo de tempo $[0, t]$, onde δ_i é o ângulo em relação ao centro de inércia do sistema, verificamos se o gerador é estável. Se após a eliminação da falta,

$$|\delta_i(t_m)| < \pi \quad \forall i \quad (2.32)$$

e a velocidade troca de sinal, então o sistema é estável na primeira oscilação,

onde,

$$t_m \in [0, t];$$

Para a determinação da margem de estabilidade do sistema, é necessário definirmos o conjunto de geradores severamente perturbados, isto é, aqueles mais afetados pelo distúrbio.

A análise deste subconjunto de geradores candidatos à perda de estabilidade é condição suficiente para a determinação da margem de estabilidade do sistema, além de apresentar como grande vantagem a redução do esforço computacional.

2.5.3.1

Identificação do conjunto de máquinas severamente perturbadas

O procedimento para acharmos o conjunto das máquinas severamente perturbadas baseia-se nas acelerações das máquinas no instante imediatamente

após a ocorrência da falta (t_0^+), ou no instante imediatamente após a eliminação da falta (t_{cl}^+), e é apresentado a seguir. A máquina i é severamente perturbada se:

$$\frac{|a_i^f|}{a_{\max}^f} > \sigma \quad (2.33)$$

onde:

a_i^f : aceleração da máquina i no instante imediatamente após a ocorrência da falta, ou no instante imediatamente após a eliminação da falta;

a_{\max}^f : máxima aceleração no instante imediatamente após a ocorrência da falta ou no instante imediatamente após a eliminação da falta, dentre todas as máquinas;

σ : tolerância pré-determinada.

Para calcularmos as acelerações, basta dividirmos a potência acelerante, num dado instante de tempo, pela constante de inércia da máquina. A máquina mais próxima do ponto onde ocorre a falta é forte candidata ao conjunto de máquinas severamente perturbadas. Entretanto, podemos ter mais de uma máquina compondo o conjunto de máquinas severamente perturbadas. Valores típicos de σ giram em torno de 0,7.

Uma vez obtidas as margens de estabilidade dos geradores críticos, leia-se, severamente perturbados, com base na equação 2.31, podemos definir o grau de estabilidade do sistema.

2.5.3.2

Margem de estabilidade do sistema

Conhecidas as margens de estabilidade dos geradores severamente perturbados, podemos definir a margem de estabilidade do sistema, que será estabelecida pelo gerador que apresentar a menor margem de estabilidade dentre todos aqueles severamente perturbados. Portanto, define-se a margem de estabilidade do sistema como:

$$ME_s = \min\{ME_i\}, i \in S \quad (2.34)$$

onde,

S: Conjunto dos geradores severamente perturbados

ME_{*i*}: Margem de estabilidade do gerador *i*

Tal margem avalia o quão próximo da perda de estabilidade está o sistema. Portanto, para cada tempo de eliminação da falta, o sistema apresenta uma margem de estabilidade, que se reduz na medida em que o tempo de duração do curto-circuito aumenta. Pode-se, então, avaliar o comportamento da margem de estabilidade do sistema em função do tempo de duração da falta, até que a margem assuma o valor nulo, caracterizando a perda de estabilidade do sistema. Este instante de tempo define o tempo crítico.

2.5.3.3

Determinação dos tempos críticos de eliminação da falta

Sabe-se que, à medida que se aumenta o tempo de eliminação da falta, o sistema se aproxima do limite de estabilidade. Se o tempo de eliminação for suficientemente grande, o sistema poderá perder o sincronismo. No entanto, existe um instante em que o sistema está no limiar de perder o sincronismo. Nesta situação, qualquer perturbação no sistema, pode ocasionar a perda de sincronismo.

Os tempos críticos de eliminação da falta são definidos com base na margem de estabilidade do sistema. A redução da margem significa uma aproximação do limite de estabilidade. Portanto, margens de estabilidade cujos valores se aproximam de zero representam proximidade do limite de estabilidade.

Sendo assim, o tempo crítico é determinado pelo instante em que a máquina *i* do sistema apresenta margem de estabilidade nula, conforme indicado abaixo.

$$t_{cr} = t(ME_i \cong 0) \quad (2.35)$$

Com base nos tempos críticos definidos para cada falta no sistema, podemos classificar as contingências de acordo com o nível de severidade, permitindo que várias contingências sejam descartadas de antemão, por não se caracterizarem como críticas ou graves. Deste modo, reduzimos o esforço computacional na avaliação da segurança dinâmica de um sistema de energia elétrica, dado que apenas o conjunto de contingências críticas deverá ser estudado, composto pelas faltas que apresentam os menores tempos críticos.

A hierarquização das contingências permite uma redução prévia do conjunto de contingências de um sistema a ser estudado, o que caracteriza uma grande vantagem do método.