

Atualização das características qualitativas de conjuntos de medidas

Prof. João Bosco A. London Junior
Departamento de Engenharia Elétrica - EESC - USP
E-mail: jbalj@sc.usp.br

1. Introdução

■ Sistema de medição confiável:

1. Observabilidade e confiabilidade: o número, tipo e localização dos medidores e das Unidades Terminais Remotas (UTRs) instaladas devem garantir a observabilidade do sistema mesmo com a perda simultânea de 1 ou 2 medidas quaisquer, ou, até mesmo, com a perda de uma UTR qualquer;
2. Detecção e identificação de medidas com erros grosseiros (medidas críticas e conjuntos críticos de medidas)

Durante a operação de um sistema de potência, podem ocorrer problemas no sistema de aquisição de dados, resultando na perda de uma ou mais medidas

1. Introdução

■ Métodos que, em situações de perda de medidas, permitam determinar, de forma rápida e simples, as seguintes informações:

- 1) Se o sistema continua observável. Em caso negativo identifica as pseudomedidas necessárias para a restauração da observabilidade
- 2) As novas características qualitativas do conjunto de medidas disponível (medidas críticas e conjuntos críticos de medidas)

■ Análise da estrutura da matriz H_A

- Através dos elementos não nulos de H_A identificam-se os chamados conjuntos p-críticos de medidas [London Jr. (2007)]

3

2. Matriz H_A

$$H_A = \begin{bmatrix} 1 & \dots & (n-1) & n \\ \vdots & & & \vdots \\ I_{(n-1)} & & & \\ \vdots & & & \vdots \\ (n-1) & & & \\ \vdots & & & \\ m & & & \\ R & & & \\ \vdots & & & \\ 0 & & & \end{bmatrix}$$

I \Rightarrow Medidas básicas

R \Rightarrow Medidas suplementares (Redundantes)

• A matriz H_A é obtida através de um processo de fatoração triangular da matriz Jacobiana (H)

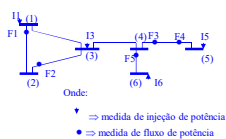
• As linhas e colunas da matriz H_A correspondem às medidas e às variáveis de estado equivalentes respectivamente

- Ao invés de apresentar o método proposto com base nas matrizes H e H_A , serão utilizadas as matrizes H^p e H^f_A

4

3. Método: Atualização das características qualitativas após a perda de medidas

- **Caso Base:** considera-se que as medidas de todos os medidores instalados no sistema estejam disponíveis (além das medidas virtuais)
- Informações obtidas para o **Caso Base**



5

3. Método: Atualização das características qualitativas após a perda de medidas

- **Caso Base:** considera-se que as medidas de todos os medidores instalados no sistema estejam disponíveis (além das medidas virtuais)
- Informações obtidas para o **Caso Base**

$$H_A^p = \begin{bmatrix} F1 & F2 & I3 & F4 & F5 & I1 & F3 & I5 & I6 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 4 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 \\ 5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \text{Fatores} = \begin{bmatrix} F1 & F2 & I3 & F4 & F5 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 2 & 1 & 1 & 2 & 0 & 0 \\ 3 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 4 & 0 & 0 & 1 & -1 & 1 \\ 5 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

- Todos os conjuntos p -críticos de medidas [London et al. (2001)]
- Todas as medidas críticas
- Todos os conjuntos críticos de medidas

6

3. Método: Atualização das características qualitativas após a perda de medidas

PERDA DE MEDIDAS

- Atualização das características qualitativas do conjunto de medidas disponível

1. Verificar quais foram as medidas perdidas

- 1.1. Foram perdidas apenas medidas Suplementares
- 1.2. Perdeu-se pelo menos uma medida Básica

7

3. Método: Atualização das características qualitativas após a perda de medidas

1.1. Foram perdidas apenas medidas Suplementares

- Sistema continua observável

$$H_A^p = \begin{bmatrix} F1 & F2 & I3 & F4 & F5 & I1 & F3 & I5 & I6 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 4 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 \\ 5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

8

3. Método: Atualização das características qualitativas após a perda de medidas

1.1. Foram perdidas apenas medidas Suplementares

■ Sistema continua observável

$$H_{\Delta}^p = \begin{array}{c} \begin{array}{c} \text{F1} \quad \text{F2} \quad \text{I3} \quad \text{F4} \quad \text{F5} \quad \text{I1} \quad \text{F3} \\ \begin{array}{c} 1 \left[\begin{array}{cccccc|c} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 0 \\ 2 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 4 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 \\ 5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right] \end{array} \end{array}$$

■ Identificação das medidas críticas e dos conjuntos críticos de medidas

9

3. Método: Atualização das características qualitativas após a perda de medidas

1.2. Perdeu-se pelo menos uma medida Básica

1.2.1. As medidas perdidas não constituem um conjunto p-crítico

1.2.2. As medidas perdidas constituem um conjunto p-crítico

10

3. Método: Atualização das características qualitativas após a perda de medidas

1.2. Perdeu-se pelo menos uma medida Básica

1.2.1. As medidas perdidas não constituem um conjunto p-crítico

■ O sistema não perdeu a observabilidade

$$H_{\Delta}^p = \begin{array}{c} \begin{array}{c} \text{F1} \quad \text{F2} \quad \text{I3} \quad \text{F4} \quad \text{F5} \quad \text{I1} \quad \text{F3} \quad \text{I5} \quad \text{I6} \\ \begin{array}{c} 1 \left[\begin{array}{cccccc|cc} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 4 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 & 1 & 0 \\ 5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 \\ 6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right] \end{array} \end{array}$$

11

3. Método: Atualização das características qualitativas após a perda de medidas

1.2. Perdeu-se pelo menos uma medida Básica

1.2.1. As medidas perdidas não constituem um conjunto p-crítico

■ O sistema não perdeu a observabilidade

$$H_{\Delta}^p = \begin{array}{c} \begin{array}{c} \text{F2} \quad \text{I3} \quad \text{F4} \quad \text{F5} \quad \text{I1} \quad \text{I5} \quad \text{I6} \\ \begin{array}{c} 1 \left[\begin{array}{cccccc|cc} 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 0 & 0 \\ 2 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 3 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 4 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 5 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 \\ 6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right] \end{array} \end{array}$$

12

3. Método: Atualização das características qualitativas após a perda de medidas

1.2. Perdeu-se pelo menos uma medida Básica

1.2.1. As medidas perdidas não constituem um conjunto p-crítico

- O sistema não perdeu a observabilidade

$$H_A^p = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 0 & 0 \\ 2 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 3 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 4 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 5 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 \\ 6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

13

3. Método: Atualização das características qualitativas após a perda de medidas

1.2. Perdeu-se pelo menos uma medida Básica

1.2.1. As medidas perdidas não constituem um conjunto p-crítico

- O sistema não perdeu a observabilidade

$$H_A^p = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 4 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 \\ 6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

- Identificação das medidas críticas e dos conjuntos críticos de medidas

14

3. Método: Atualização das características qualitativas após a perda de medidas

1.2. Perdeu-se pelo menos uma medida Básica

1.2.2. As medidas perdidas constituem um conjunto p-crítico

- ⊕ O Sistema perde a observabilidade

$$H_A^p = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 4 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 \\ 5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

15

3. Método: Atualização das características qualitativas após a perda de medidas

1.2. Perdeu-se pelo menos uma medida Básica

1.2.2. As medidas perdidas constituem um conjunto p-crítico

- ⊕ O Sistema perde a observabilidade

$$H_A^p = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 4 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 5 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

- Testando a pseudomedida de fluxo da barra 1 para a barra 3 [P(1-3)]

16

3. Método: Atualização das características qualitativas após a perda de medidas

1.2. Perdeu-se pelo menos uma medida Básica

1.2.2. As medidas perdidas constituem um conjunto p-crítico

❌ O Sistema perde a observabilidade

$$H_A = \begin{bmatrix} \boxed{1} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

17

3. Método: Atualização das características qualitativas após a perda de medidas

1.2. Perdeu-se pelo menos uma medida Básica

1.2.2. As medidas perdidas constituem um conjunto p-crítico

❌ O Sistema perde a observabilidade

$$H_A = \begin{bmatrix} \boxed{1} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

•P(1-3) – restaura a observabilidade do sistema

18

3. Método: Atualização das características qualitativas após a perda de medidas

1.2. Perdeu-se pelo menos uma medida Básica

1.2.2. As medidas perdidas constituem um conjunto p-crítico

❌ O Sistema perde a observabilidade

$$H_A = \begin{bmatrix} \boxed{1} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

•P(1-3) – restaura a observabilidade do sistema

•Identificação das medidas críticas e dos conjuntos críticos de medidas

Atualização das características qualitativas de conjuntos de medidas

Prof. João Bosco A. London Junior
Departamento de Engenharia Elétrica - EESC - USP
E-mail: jbalj@sc.usp.br