Importância da Redundância Local de Medidas

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

1. Introdução

- Independente do estimador utilizado, o sucesso do processo de estimação de estado em SEP depende do número, tipo e localização dos medidores instalados no sistema. Em outras palavras, depende da **redundância local** das medidas disponíveis

- Em termos de observabilidade é fácil entender a importância da redundância das medidas. Pois, se não houvesse redundância, isto é, se o número de medidas fosse igual ao número de variáveis de estado a serem estimadas, a perda de uma única medida inviabilizaria todo o processo de estimação de estado (sistema perderia a observabilidade)

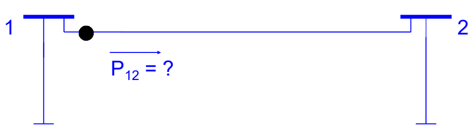
1. Introdução

- Além de garantir a observabilidade, mesmo em situações de perda de medidas, a redundância local das medidas é importante em função de permitir:
  1. Filtragem dos ruídos das medidas inerentes do processo de medição
  2. Determinar quantidades que não foram monitoradas de forma direta
  3. Detectar e identificar medidas portadoras de EGs

- Para mostrar a importância da redundância de medidas, vamos considerar o estimador de estado por mínimos quadrados ponderados, associado ao teste do resíduo normalizado para detecção e identificação de erros grosseiros (Estimador MQP + r_{Max}^{N}). Isto em razão de o Estimador MQP + r_{Max}^{N} ser o estimador mais utilizado na prática

1. Introdução

- Vamos imaginar que estamos interessados em determinar o fluxo ativo que vai da barra 1 para barra 2 (f12).



Situação 1: Se o sistema de medição disponível fosse constituído apenas por uma medida de fluxo, da barra1 para barra 2 (P12), teríamos uma única medida (informação) sobre o fluxo f12. Porém, se a mesma estiver com erro, seria impossível detectá-lo. Isto porque não teríamos nenhuma outra medida para comparar. Assim, não seria possível avaliar a qualidade daquela medida

1. Introdução

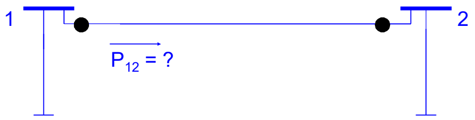
- Vamos imaginar que estamos interessados em determinar o fluxo ativo que vai da barra 1 para barra 2 (f12).

Situação 1:

Em termos do Estimador MQP + r_{Max}^{N} , seria impossível detectar erro naquela medida porque a mesma possui resíduo nulo, pois, o valor estimado, para aquela medida, vai ser igual ao valor medido

1. Introdução

- Vamos imaginar que estamos interessados em determinar o fluxo ativo que vai da barra 1 para barra 2 (f12).

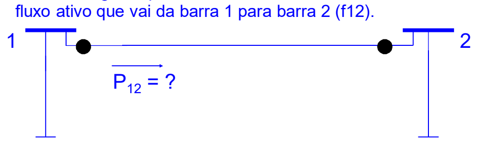


Situação 2:

- Suponha agora que tenhamos, além da medida P12, a medida de fluxo no outro extremo da linha, a medida P21
- Agora são duas medidas dando a mesma informação. Consequentemente, se os valores dessas medidas forem muito discrepantes seria um indicativo da presença de erro
- Assim, seria possível detectar o erro, porém, ainda não seria possível detectar a medida portadora de erro

1. Introdução

- Vamos imaginar que estamos interessados em determinar o fluxo ativo que vai da barra 1 para barra 2 (f12).



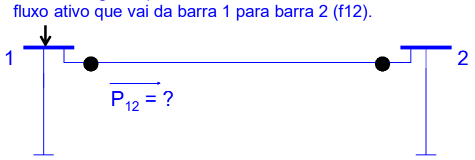
Situação 2:

Em termos do Estimador MQP + r_{Max}^{N}, dependendo do valor do EG, os resíduos normalizados dessas medidas seriam superiores, em valor absoluto, ao limiar utilizado para detecção, porém seriam iguais

7

1. Introdução

- Vamos imaginar que estamos interessados em determinar o fluxo ativo que vai da barra 1 para barra 2 (f12).

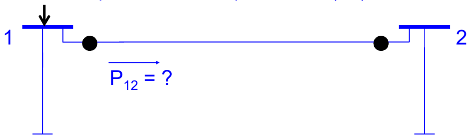


Situação 3:

- Consideremos agora a existência de um medidor de injeção de potência ativa na barra 1 (P1), além dos outros dois medidores de fluxo (P12 e P21)
- São agora três medidas dando a mesma informação
- Se uma delas for portadora de erro, a correspondente medida vai ser discrepante em relação às outras duas

1. Introdução

- Vamos imaginar que estamos interessados em determinar o fluxo ativo que vai da barra 1 para barra 2 (f12).



Situação 3:

Será possível então detectar e identificar a medida portadora de EG

9

1. Introdução

- A partir dessa análise podemos concluir que precisamos de no mínimo três medidas dando a informação de uma determinada variável de estado para possibilitar a detecção e identificação de EGs
- Duas possibilitam a detecção, mas não a identificação
- Quando temos apenas uma medida dando a informação de uma determinada variável de estado, podemos dizer apenas que aquela variável é observável, mas não podemos confiar naquela medida

2. Terminologia

- Utilizando a terminologia da área, a análise realizada mostra apenas que:
  - Para possibilitar a detecção e identificação de EGs o nível de redundância local de um conjunto de medidas deve ser tal que, além de garantir a observabilidade do sistema, **garanta a ausência de medidas críticas e de conjuntos críticos de medidas**. Isto em razão de não ser possível detectar a ocorrência de erros grosseiros em medidas críticas, nem mesmo identificar tais erros em medidas pertencentes a conjuntos críticos
- Definições:
  - **Medida crítica (MC)** é a medida que, se retirada do conjunto de medidas de um sistema observável (ou de uma ilha observável), torna o mesmo não observável (ou torna a ilha não observável)
  - **Conjunto crítico de medidas (CCM)** é o conjunto de medidas formado por "m_{CCM}" medidas não críticas, em que a eliminação de uma medida qualquer, a ele pertencente, torna as demais "m_{CCM}-1" medidas críticas

2. Terminologia

- Observe que na **Situação 1**, a **medida P12** é uma **medida crítica**. As **medidas P12 e P21**, consideradas na **situação 2**, constituem um **CCM formado por apenas duas medidas** (a remoção de uma delas torna a outra uma medida crítica). O sistema de medidas considerado na **situação 3** não apresenta **MCs e CCMs**, isto em razão de aquelas medidas possuírem **nível de redundância local maior que 2**
- Para formalizar a definição de **nível de redundância local**, é necessário apresentar o conceito de **conjunto p-crítico de medida**

2. Terminologia

- **Conjunto *p*-crítico de medidas**, também conhecido na literatura como "**critical k-tuple**", é o conjunto de '*p*' medidas *(p ≥ 1)*, associadas a um sistema de potência observável, as quais, caso perdidas, tornam tal sistema não observável. Observe que a remoção de qualquer conjunto de "*k*" medidas, pertencentes a um conjunto *p*-crítico, com *"k<p"*, não causa a perda da observabilidade do sistema
- De acordo com a definição de conjunto *p*-crítico temos: medida crítica é um conjunto p-crítico com *p = 1*; par crítico é um conjunto p-crítico com *p = 2*, e assim por diante

13

2. Terminologia

- A partir da definição de conjunto p-crítico, define-se redundância local de medidas:

  Uma medida tem **Nível de Redundância Local** (NRL) igual a (p-1), se o conjunto p-crítico com menor número de medidas a que ela pertencer possuir "p" medidas

- Voltando ao nosso exemplo, podemos concluir que:

  Situação 1: medida P12 tem nível de redundância igual a "0", isto é, pertence a um conjunto p-crítico com p = 1

  Situação 2: as medidas P12 e P21 possuem nível de redundância igual a "1"

  Situação 3: as medidas P1, P12 e P21 possuem nível de redundância "2". Observe que para variável "fluxo de potência da barra 1 para barra 2" deixar de ser observável, é necessária a eliminação das três medidas (trio crítico – ou conjunto 3-crítico de medidas)

2. Terminologia

- Considerando a definição de NRL, para possibilitar a detecção e identificação de EGs as medidas disponíveis em um sistema de medição devem, além de garantir a observabilidade de sistema, possuir um NRL maior que 1
- Importa destacar que a análise da confiabilidade de um sistema de medição deve ser realizada através do nível de redundância local e não global (este último é definido como a razão entre o número de medidas e o número de variáveis de estado a serem estimadas). Porquanto, mesmo para sistemas com alto nível de redundância global, há a possibilidade de existirem medidas críticas e/ou conjuntos críticos de medidas

Importância da Redundância de Medidas

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