

**Evento:** XXVII Seminário de Iniciação Científica - BOLSISTAS DE GRADUAÇÃO UNIJUI

**ESTUDO DA POSSIBILIDADES DE IDENTIFICAÇÃO DE FALTAS DE ALTA IMPEDÂNCIA EM REDES INTELIGENTES<sup>1</sup>**  
**STUDY OF IDENTIFICATION POSSIBILITIES OF HIGH IMPEDANCE FAILURE ON SMART GRIDS**

**Catherine Marquioro De Freitas<sup>2</sup>, Maurício De Campos<sup>3</sup>, João Vitor Das Chagas Silva<sup>4</sup>, Marcos Vicente Hart<sup>5</sup>, Pedro Gelati Pascoal<sup>6</sup>**

<sup>1</sup> Pesquisa institucional desenvolvida no Departamento de Ciências Exatas e Engenharias (DCEEng), pertencente ao Grupo de Automação Industrial e Controle (GAIC).

<sup>2</sup> Bolsista PROBIC/FAPERGS, aluna do curso de Engenharia Elétrica da Unijuí, catherine.mf@hotmail.com

<sup>3</sup> Professor Doutor do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias da Unijuí, orientador, decampos.mauricio@gmail.com.

<sup>4</sup> Aluno do curso de Engenharia Elétrica da Unijuí, joao.vcs@outlook.com

<sup>5</sup> Aluno do curso de Engenharia Elétrica da Unijuí, hart90@hotmail.com;

<sup>6</sup> Bolsista PIBIC/CNPq, aluna do curso de Engenharia Elétrica da Unijuí, pedropascoal01@hotmail.com

## **INTRODUÇÃO**

A fim de garantir funcionalidade e segurança a seus usuários, o sistema de distribuição de energia elétrica deve apresentar um sistema de segurança capaz de garantir que nenhuma falha coloque em risco a vida humana ou dos equipamentos em operação. Uma Falta de Alta Impedância (FAI) é definida como uma falha no sistema de energia elétrica que não produz variações expressivas de corrente. O atual sistema de proteção das redes de distribuição é baseado em dispositivos de sobrecorrente, atuando quando o valor da corrente excede um valor pré-determinado. Dessa forma, a variação de corrente de uma FAI não é suficiente para fazer o sistema convencional atuar.

Faltas de Alta Impedância resultam, geralmente, do contato de um condutor energizado da rede de distribuição com um objeto de baixa condutividade (asfalto, calçada, árvores). Quando o sistema de proteção não atua, o condutor permanece energizado apresentando um elevado risco de acidentes e de incêndios, uma vez que, normalmente, a FAI está associada a existência de arco elétrico (KUJUR E BISWAL, 2017).

A localização de falhas de alta impedância em uma rede de distribuição aumenta a confiabilidade do sistema, elimina riscos e melhora a qualidade do serviço fornecida aos clientes. A partir disso surge a necessidade do desenvolvimento de métodos e sistemas que sejam capazes de detectar e localizar as faltas com eficiência. Esse problema encontra soluções promissoras através das redes e medidores inteligentes (MORTAZAVI, MORAVEJ E SHAHRTASH, 2018).

**Evento:** XXVII Seminário de Iniciação Científica - BOLSISTAS DE GRADUAÇÃO UNIJUI

Rede inteligente, ou smart grid, é definida como um sistema caracterizado pelo fluxo bidirecional de energia elétrica e de informações entre os usuários e a concessionária de energia. Os medidores inteligentes, smart meters, além de realizar a medida do consumo de energia elétrica, fornecem um vasto conjunto de informações à concessionária. Tais informações podem ser utilizadas para a detecção de FAIs (LEITE, 2017).

Dessa forma, será realizado um estudo da possibilidade de identificar Falhas de Alta Impedância através de informações provenientes dos medidores inteligentes. A identificação e localização das falhas será baseada no desequilíbrio de tensão gerado. Para validar o método será realizado a simulação de um sistema de distribuição fictício no qual será aplicado o algoritmo para a detecção da falta.

## METODOLOGIA

Existem diversos estudos de detecção e localização das FAIs. Pode-se citar: a utilização da componente de 3º harmônico das correntes de fase, técnicas de processamento de sinais utilizando a transformada de Wavelet, redes neurais e a transformada rápida de Fourier (Fast Fourier Transform - FFT). Este artigo visa detectar faltas a partir do desequilíbrio de tensão gerada pela ruptura de um condutor.

Um sistema trifásico é considerado equilibrado quando as tensões de fase apresentam o mesmo módulo e estão defasadas de 120º. Um cabo rompido energizado provoca uma “falta de fase” nos circuitos e cargas, resultado em um desequilíbrio de tensão elevado. Esse desequilíbrio pode ser quantificado através do método das componentes simétrica ou através do método de Cigré.

O método das componentes simétricas foi proposto por Fortescue em 1915, o método consiste na decomposição de um sistema de 3 fases desequilibradas em 3 sistemas equilibrados: componente de sequência positiva, componente de sequência negativa e componente de sequência zero. Para esse método o fator de desequilíbrio de tensão (K) é definido pela razão entre os módulos da tensão de sequência negativa e de sequência positiva. Já o método de Cigré expressa o desequilíbrio em função dos módulos das tensões de linha e é definido pelas equações a seguir onde K(%) é o valor percentual do fator de desequilíbrio, VAB, VBC e VCA representam respectivamente os módulos das tensões de linhas.

$$K(\%) = \sqrt{\frac{1 - \sqrt{3 - 6 * \beta}}{1 + \sqrt{3 - 6 * \beta}}}$$

$$\beta = \frac{V_{AB}^4 + V_{BC}^4 + V_{CA}^4}{(V_{AB}^2 + V_{BC}^2 + V_{CA}^2)^2}$$

Para o algoritmo proposto será utilizado o método de Cigré, uma vez que esse método permite

**Evento:** XXVII Seminário de Iniciação Científica - BOLSISTAS DE GRADUAÇÃO UNIJUI

uma análise matemática mais simplificada e apresenta resultado semelhante ao obtido pelo método de Fortescue. O coeficiente de desequilíbrio será calculado baseado na leitura dos medidores inteligentes.

Cargas desequilibradas provocam desequilíbrio de tensão. Dessa forma, é necessário diferenciar o desequilíbrio gerado por essas cargas do desequilíbrio gerado por uma FAI. A tabela 1 traz o fator de desequilíbrio resultante da operação de cargas desequilibradas.

Tabela 1 - Valores de K para cargas desequilibradas

<b>Caso</b>	<b>Descrição</b>	<b>Fator K (%)</b>
<b>Desequilíbrio de carga: cabo 4 AWG CA com a carga localizada a 15km da fonte</b>		
B.1.1	Carga ligada entre duas fases do alimentador	5
B.1.2	Carga ligada entre uma fase e neutro	3,6
B.1.3	Carga ligada entre duas fases e neutro	4,3
B.1.4	Carga desequilibrada ligada em triângulo	1,8
<b>Desequilíbrio de carga: cabo 4 AWG CA e carga localizada a 20km da fonte</b>		
B.2	Carga ligada entre duas fases do alimentador	7,8
<b>Desequilíbrio de carga: Considerando diversas conexões dos transformadores e carga localizada a 20km da fonte</b>		
B.3	Carga ligada entre duas fases do alimentador	7,8

Fonte: Leite (2017)

Para testar o sistema proposto, foram desenvolvidas simulações na plataforma Matlab Simulink utilizando a biblioteca SimPowerSystems. As tensões trifásicas do primário e secundário são respectivamente 25kV/260V. A rede é constituída de condutores protegidos 120mm<sup>2</sup> no primário e cabo multiplexado 50mm<sup>2</sup> e 70mm<sup>2</sup> no lado secundário. Os transformadores possuem potência de 45kVA e 75kVA, com conexão delta no primário e estrela solidamente aterrado no secundário.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pretende-se determinar o fator desequilíbrio para uma rede convencional. Neste caso, todas as cargas interligadas estão equilibradas e é introduzido uma falta de alta impedância na fase A do primário do alimentador em 0,6 segundos. Os valores das tensões de linha nas fases e o desequilíbrio de tensão com a FAI estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2 - Fator de desequilíbrio após a FAI

**Evento:** XXVII Seminário de Iniciação Científica - BOLSISTAS DE GRADUAÇÃO UNIJUI

Tempo (s)	V <sub>ab</sub> (V)	V <sub>bc</sub> (V)	V <sub>ca</sub> (V)	K (%)
0,1	258,52	258,53	258,53	0,00
0,2	258,52	258,53	258,53	0,00
0,3	258,52	258,53	258,53	0,00
0,4	258,52	258,53	258,53	0,00
0,5	258,52	258,53	258,53	0,00
0,6	258,52	258,53	258,53	0,00
0,7	229,09	219,40	27,13	82,17
0,8	229,09	219,40	27,13	82,20
0,9	229,09	219,40	27,13	82,22
1,0	229,09	219,40	27,13	82,23

Fonte: Autores (2019)

O desequilíbrio apresentado em virtude da falta de alta impedância é bastante elevado, apresentando valores muito superiores aos valores provenientes das cargas apresentadas na tabela 1. Dessa forma, a identificação da falha pode ser realizada através de um algoritmo simples. Que recebe os valores das tensões de linha provenientes dos medidores inteligentes e calcula o fator de desequilíbrio. Após o cálculo o valor é comparado com um valor estipulado, e caso seja superior a esse valor caracteriza-se como uma FAI.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

A identificação e localização das Falhas de Alta Impedância ainda se apresentam como um desafio para as concessionárias de energia elétrica. Esse tipo de falha não produz variações expressivas de corrente, fazendo que o sistema de proteção convencional não atue. A ruptura de condutores energizados possui grande potencial de perigo. Frente a isso urge a necessidade da modernização do sistema de proteção e desenvolvimento de técnicas eficientes de detecção de falhas.

O presente trabalho teve como objetivo de estudar uma alternativa para a detecção das FAIs em redes inteligentes. Para isso foi proposta uma técnica baseada no monitoramento do desequilíbrio de tensão gerado em virtude da ruptura de condutores energizados.

O método proposto foi eficiente. O desequilíbrio de tensão na ocorrência de FAIs possui valores bastante elevados, muito superiores aos desequilíbrios gerados em decorrência de cargas desequilibradas.

**Palavras-chave:** Falta de Alta Impedância; Medidores Inteligentes; Proteção; Redes Inteligentes;

**Evento:** XXVII Seminário de Iniciação Científica - BOLSISTAS DE GRADUAÇÃO UNIJUI

Sistema Elétrico de Potência.

**Keywords:** *High Impedance Fault; Smart Meters; Smart Grids; Protection; Electric Power System.*

### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem a UNIJUI pela assistência laboratorial e a FAPERGS pela bolsa de iniciação científica.

### **REFERÊNCIAS**

KUJUR, Anshu Priyanka e BISWAL, Tapaswani. "Detection of high impedance fault in distribution system considering distributed generation." International Conference on Innovative Mechanisms for Industry Applications (ICIMIA). IEEE, 2017.

MORTAZAVI, S. Hamid, MORAVEJ, Zahra e SHAHRTASH, Mohammad. "A Searching Based Method for Locating High Impedance Arcing Fault in Distribution Networks." IEEE, 2018.

LEITE, Marino Piazza. Identificação e Localização de Faltas de Alta Impedância Utilizando Medidores Inteligentes. 2017.