

ANÁLISE E COMPARAÇÃO DE SISTEMAS DE LOCALIZAÇÃO DE FALTAS

GPC / Marco A. M. Rodrigues

Artigo preparado pelo grupo espelho do WG B5.52 no Brasil

Marco Antonio M. Rodrigues (*) CEPEL	André Luiz Lins Miranda CEPEL	Juliana <u>Pigeard Muratore</u> LIGHT
Júlio César Marques de Lima CEMIG-D	Laiz de Carvalho Souto POLI_USP	<u>Luiz Puppi</u> <u>COPEL GeT</u>
Mario Roberto Bastos CTEEP	Newton José Salles CPFL	Sônia Ribeiro Campos CEMIG-D
Daniel Nascimento Barbin CTEEP	Fábio Bicalho de Araujo FURNAS	Bruno Giacomini Isolani CTEEP

Grupos de trabalho do Cigré

Study Committee B5
(Protection and Automation)

Working Group B5.52

Grupo de especialistas internacionais encarregados de escrever brochura sobre tema específico

Comitê de Estudos B5
(Proteção e Automação)

Grupo espelho B5.52

Grupo de especialistas brasileiros que acompanham e colaboram com sugestões, para o documento em preparação.

WG B5.52: Andamento

- **Seções já finalizadas. Faltam apenas correções de texto e algumas poucas adições.**
- **Dez (10) capítulos no total, aprox. 140 páginas**
 - **Introdução**
 - **Seis (6) capítulos técnicos**
 - **Resultado de questionário sobre práticas relacionadas à loc. faltas**
 - **Bibliografia**
 - **Anexos**

Técnicas de Localização de Falhas

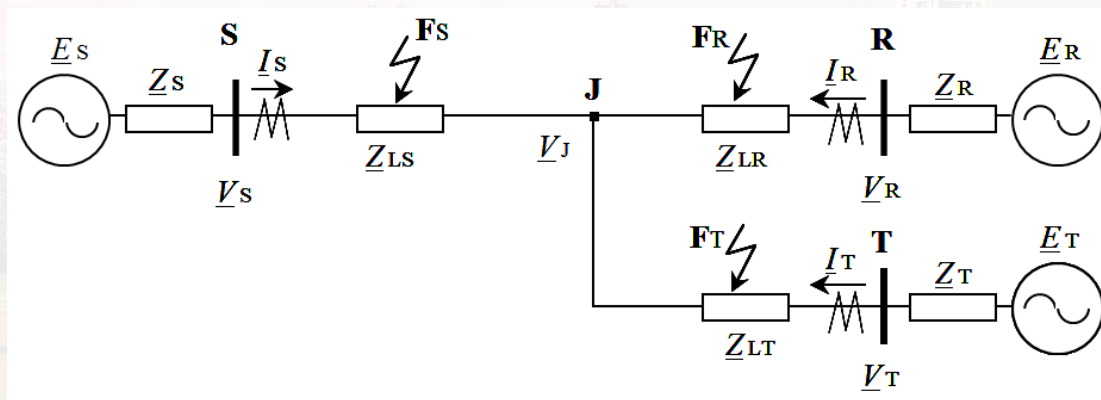
LF impedância dados de 1T

Técnica	Medições de pré-falta/falta	Parâmetros	Premissas
Reatância	Tensão e corrente de falta	Reatância da linha	As impedâncias de linha e das fontes têm o mesmo ângulo
Takagi	Corrente de pré-falta, tensão e corrente de falta	Impedância da linha	A linha e as impedâncias das fontes têm o mesmo ângulo. Não é afetada pela carga.
Takagi Modificado	Tensão e corrente de falta	Impedância da linha	Compensação parcial quando as impedâncias de linha e de fonte têm ângulos diferentes. Não é afetado pela carga.
Eriksson	Corrente de pré-falta, tensão e corrente de falta (I_0 da linha paralela)	Impedâncias da linha e das fontes local e remota.	A corrente de charging é desprezível; a magnitude e ângulo das fontes não se alteram com a falta.

Técnicas de Localização de Faltas

- Impedância usando dados de dois terminais
 - Em geral superam os resultados da localização de faltas
 - Com ou sem sincronização temporal
 - Técnicas de sincronização: GNSS, PTP, relógios estáveis (rubídio)

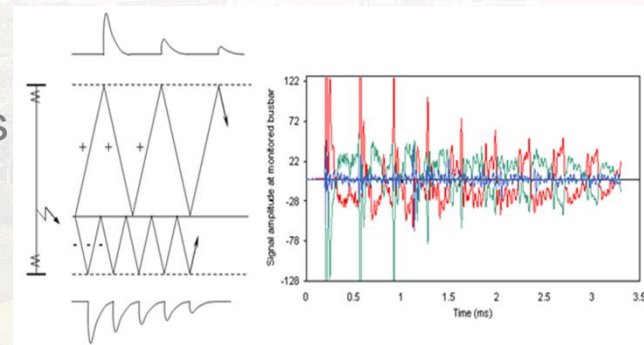
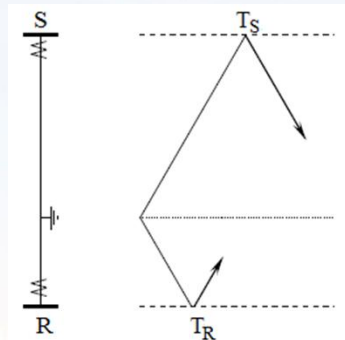
- Impedância em sistemas com múltiplos terminais
 - E.g.: Linhas c/3 terminais
 - (1) Sessão faltosa
 - (2) Solução: 1 de 3 eqs.
 - Equacionamento similar ao caso com 2 terminais.



Técnicas de Localização de Faltas

- Ondas Viajantes → Detecção de frentes de onda geradas pela falta
 - Métodos ativos (com injeção de sinal) e passivos.
 - Tipos de métodos de um terminal: A (monitora 1ª frente de onda e reflexões), C (injeção de transitório), E (energização de linha, disjunt.)
 - Tipos de métodos de dois terminais: B (sincronização por canal dedicado), **D (dois lados sincronizados)**
 - Erros esperados da ordem da distância entre as torres
- Técnicas mistas (alguns exemplos)
 - Associação da localização de faltas por impedância à localização por ondas viajantes em um terminal para auxiliar na seleção das janelas de tempo das frentes de onda que chegam a um terminal de linha.

TIPO D

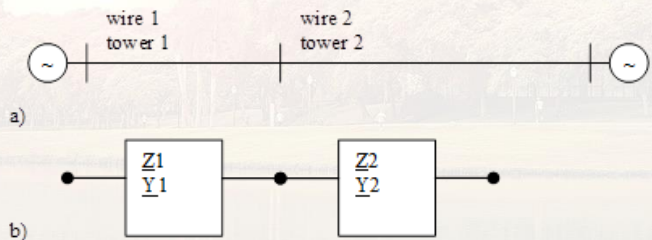


Técnicas de Localização de Faltas

- Indicadores de faltas em linhas (mais usado em média tensão)
 - Podem ou não utilizar comunicação de dados (e.g. GPRS)
 - Precisão melhora com aumento do número de sensores
 - Quando há medição de tensão é possível calcular LF para um segmento.
- Outras técnicas
 - Determinação da posição da falta utilizando programa de curto-circuito a partir de correntes medidas.
 - Medições de queda de tensão: usa medições de tensão e modelos de impedância da rede para calcular as correntes no circuito.
 - Patrulha / manutenção de linha
 - Método mais preciso, porém envolve mais tempo e mais funcionários
 - Auxiliado por estimativas de localização previamente obtidas
 - Pode ser realizado por veículos em terra ou utilizando aeronaves e VANTs (Veículos Aéreos Não Tripulados, ~drones)

Informações Complementares

- Medição dos sinais
 - Tratamento de distorção de medidas em TC e TP/TPC
 - Utilização de tecnologias não convencionais: bobina de Rogowski, efeito Faraday etc.
- Topologia do sistema: cada topologia requer tratamento específico:
 - Transmissão: circuito paralelo; linha aérea, subterrânea ou mista; derivações; relação X/R homogênea ou não; compensação série; etc.
 - Distribuição: circuito malhado ou radial, com aterramento sólido, resistivo ou ressonante, circuito com derivações mono ou trifásicas, etc.



- Parâmetros de linha
 - Cálculo em tempo real (PMUs)
 - Representação de linha não homogênea como segmentos de linha homogêneos.
Ex. Linha mista aérea/subterrânea

Informações Complementares

- Informações geográficas
 - Uso de satélites para localização de pontos de queimada
 - Sistemas de localização de raios atmosféricos
 - Visualização geográfica da localização

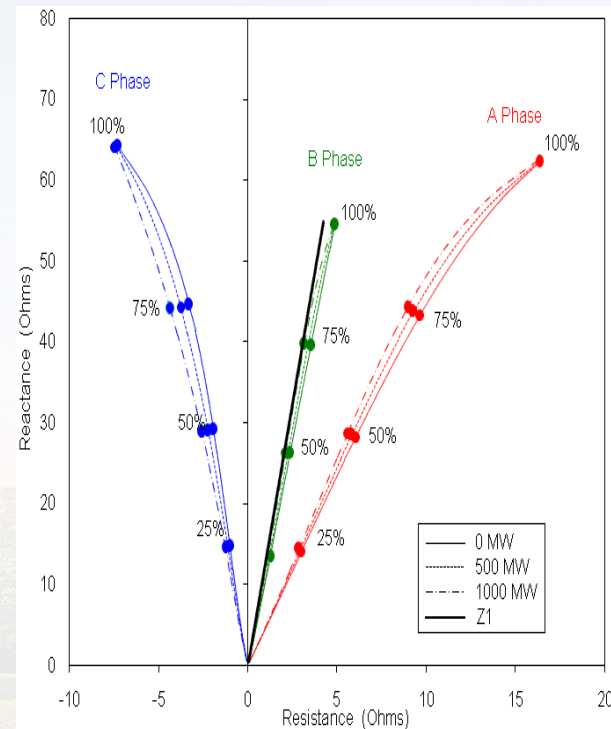


Considerações operacionais

Condition	Relevant Stakeholders						
	Operational support	Engineering	External Affairs	Customer Affairs	Reliability Regulatory	Call Centre	Executive
Default Action	S	M	NA	NA	NA	NA	NA
Unsuccessful auto-reclosure	D	D	D	NA	D	D	D
Lost is load	D	D	S	S	M	S	S
Initiated scrub fire	D	D	S	D	D	S	S
Imposed operating constraints	D	D	M	D	M	D	D
Impacts customer or connection	D	D	M	M	M	D	D

Fontes de Erro

- Medição: distorção em TC (saturação) e TP/TPC
- Sincronização: métodos de 2 ou mais terminais
- Caracter. da falta: baixa corrente, rápida eliminação etc.
- Desconsideração de certas características dos circuitos, por exemplo: homogeneidade e variação de parâmetros, transposição de fases, acoplamento (mútuas), compensação série, fontes distribuídas etc.
- Em técnicas no tempo, a atenuação e múltipla reflexão de ondas viajantes em barramentos e junções e a diferença entre o percurso da corrente (considerando a catenária da linha de transmissão) e a distância geográfica
- Em sistemas com derivações, a multiplicidade de estimativas.



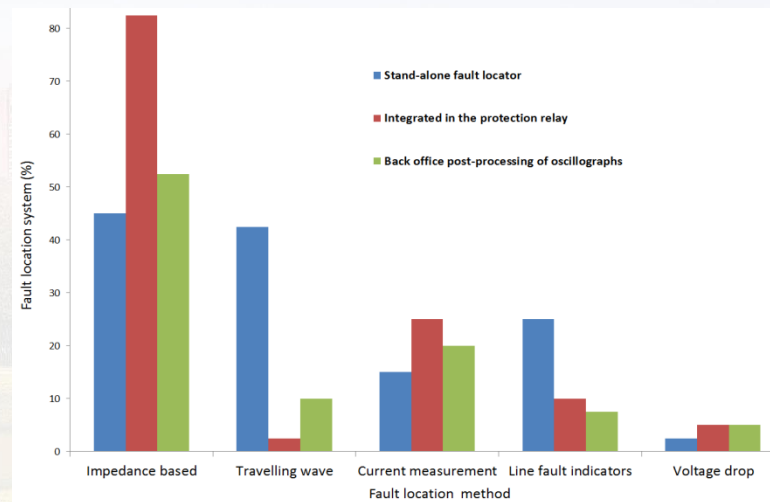
Z_{aparente} por fase, faltas à terra em vários pontos da linha

Perspectivas

- Medição fasorial: monitoração de número crescente de pontos; disponibilidade de medições sincronizadas; melhoria na rede de comunicação
 - Localização em linhas multiterminais: várias medições disponíveis
 - Técnica mista (poucas medições disponíveis): dados fasoriais usados para uma estimativa inicial da região e dados de outras fontes coletados nos terminais donde disponível permitem maior precisão.
- Inteligência artificial:
 - Distribuição: localização de faltas centralizada, baseada em modelos, onde o fluxo de potência previsto é comparado com as medições existentes
 - Uso de árvore de decisão em cuja busca técnicas de IA podem acelerar o processo.

Questionário sobre práticas - resumo

- 40 concessionárias, 5 do Brasil participaram
- Média de pessoas envolvidas em Loc.Faltas/concessionária: 6 (variação 1 a 40)
- Métodos x topologias:
 - Transmissão: método de um terminal prevalece para todas topologias. Destaque para o método de dois terminais, seguido do patrulhamento. Para ondas viajantes, o de dois terminais prepondera.
 - Na distribuição também o método de um terminal prevalece para todas topologias, sendo os demais métodos muito pouco utilizados.
- Acurácia: Prepondera 5% para impedância e 1% para ondas viajantes.
- Como é calculado: no escritório, centro de controle, pessoal de campo.
- Ferramentas: SINAPE e Análise listados.




Marco Antonio Macciola Rodrigues

 (21) 2598-6217

 (21) 99143-4510

 mamr@cepel.br

 www.cepel.br