



**XIX Seminário Nacional de
Distribuição de Energia Elétrica
SENDI 2010 – 22 a 26 de novembro
São Paulo – SP – Brasil**

Operação Analítica do Sistema Elétrico de Potência em Tempo Real

1.1 Identificação

Rodney Menezes de Oliveira
Cemig Distribuição
rodneymo@cemig.com.br

1.2 Resumo

O objetivo desta ferramenta é auxiliar o Técnico de Supervisão e Controle do Centro de Operação da Distribuição na análise de ocorrências no sistema elétrico de modo a poder indicar para as equipes de campo a provável localização de uma falha/defeito que impossibilite a reenergização de linhas de distribuição.

Este “localizador” é ambientado em uma planilha do Microsoft Excel®, que importa todas as seqüências de operações e eventos de onde se retiram os tempos de sustentação de curtos-circuitos e com o cruzamento destas informações com as equações da curvas de proteção de fase do equipamento de proteção desta linha de distribuição (religador), obtém-se um valor de corrente de curto-circuito na qual o técnico do Centro de Operação da Distribuição irá localizá-la em seu programa de gerenciamento de redes, um local onde haja um valor de ordem de grandeza equivalente ao calculado.

Esta ferramenta vem sendo desenvolvida e utilizada desde o ano de 2005, apresentando alto grau de acertos na localização de falhas permanentes e transitórias, contribuindo para a agilização dos restabelecimentos e promovendo um ganho adicional no aumento da percepção e conhecimento sobre a filosofia de coordenação e proteção de sistemas elétricos.

1.3 Palavras-chave

Cálculo de corrente de curto circuito
Corrente de curto circuito
Linhas de distribuição
Localização de falhas em linhas de distribuição
Operação sistema elétrico

1.4 Introdução

A tarefa de localizar uma falha para a reenergização de uma rede de distribuição demanda, na maioria das vezes, um tempo elevado e um gasto muito grande de recursos materiais e humanos.

A criação desta ferramenta de Operação Analítica do Sistema Elétrico de Potência em Tempo Real surgiu da necessidade de auxiliar o Técnico do Centro de Operação da Distribuição no direcionamento mais assertivo das equipes de eletricitas para agilizar a localização destas falhas e, por conseguinte, normalizar o mais rápido possível as suas condições de funcionamento, aumentando assim a eficiência da empresa a satisfação dos clientes.

1.5 Desenvolvimento

Histórico:

No Centro de Operações da Distribuição (COD) em Divinópolis, desde os meados de 2001, usava-se esporadicamente algumas tabelas de curvas de proteção de fase e coleta manual de tempos de abertura e fechamento de religadores de modo a obter o tempo de sustentação de curto-circuito e assim, de posse destes dados, pelos ábacos, indicava-se o valor da corrente de curto-circuito.

Com a adoção de novas plataformas computacionais adotadas pela Cemig, houve uma melhor acessibilidade ao programa Microsoft Excel®, permitindo-o a importar dados de seqüência de eventos e com a aplicação das equações das curvas de proteção de fases dos religadores, houve uma melhor interação de sistemas, agilizando a consulta e a determinação do local da falha no Gemini (Sistema de gerenciamento de redes de distribuição da Cemig).

Esta ferramenta vem sendo desenvolvida e utilizada desde o ano de 2005 e atualmente, a “planilha de curto-circuito”, como é usualmente mencionada na sala de controle do COD, apresenta alto grau de precisão com vantagens extras pois, como para início do processo, ela busca os tempos de sustentação de curto-circuito, pela seqüência de operações, aberturas e fechamentos dos religadores e assim, de posse deste valor, já se pode fazer um diagnóstico prévio da ocorrência, como uma “radiografia “ da mesma.

Filosofia do trabalho:

Se há uma curva em função do tempo pela corrente de curto-circuito, há uma equação. Então, de posse do tempo, teremos um valor de corrente de curto-circuito.

Com um banco de dados geo-referenciados com dados elétricos, pode-se indicar o local da falha que gerou tal corrente de curto-circuito que fez o religador de retaguarda operar de modo a sustentar tal valor de corrente pelo tempo indicado.

Nesta, filosofia, o religador atua como um cronômetro e assim, se a rede algum dia for alterada e os ajustes do religador também, essa filosofia não se altera.

Vantagens:

- Pré análise de ocorrência, verificando se o religador operou normalmente em seu ciclo normal;
- Agilidade para localização do local de falhas nas linhas de distribuição;
- Se o tempo de sustentação de curto-circuito for alto e coincidir com o tempo ajustado pela proteção de terra, conclui-se que a falha é de alta impedância ou está dentro de uma área protegida por chaves fusíveis;
- Em valores de tempo muito pequenos, verifica-se que a falha possa estar próxima da fonte;

- Incute nos operadores dos COD's uma melhor percepção e domínio da filosofia de coordenação e proteção de redes de distribuição;
- Auxilia na localização de locais de falhas transitórias.

Processo:

Xomni: software de controle e supervisão de equipamentos em subestações de energia;

Gemini: software de controle e gerenciamento de redes de distribuição ;

Planilha Microsoft Excel®:

Equação da curva de sobre corrente temporizada (IEC – B).

- A planilha busca os dados do SOE (Seqüência de Operações e Eventos) que se encontra no servidor do Xomni;
- O operador, com o uso da ferramenta de auto-filtro da planilha Microsoft Excel®, isola os dados desejados como a nomenclatura do equipamento que operou , nome da estação;
- Isolada a informação, transporta-se para uma área de cálculo, os tempos de operação do religador onde, se é calculado o tempo de sustentação do curto-circuito;
- Em uma lista de opções, seleciona-se o nome do religador na qual, a planilha automaticamente busca em uma tabela o valor da corrente de curto-circuito;
- De posse desta informação, o operador acessa no Gemini, os dados da linha que está com seu equipamento de proteção bloqueado e, pesquisa os valores de corrente de curto-circuito;
- Localizado o lugar onde o valor coincide ou possui um valor bem próximo do calculado, pode-se enviar uma equipe de campo ao lugar para verificação ou solicita a abertura do dispositivo que isole este local.

Fórmula usada:

A planilha usa como base de cálculo de corrente de curto a equação da Curva IEC-B, equação do tempo em função da corrente ,

$$T = M \times [K/a],$$

sendo

$$a = \left(I / I_{pu} \right)^E - 1 ,$$

passando-a para em função da corrente, teremos:

$$I_{cc} = I_{pu} \times \left[\left(\frac{M \times K}{T} \right) + I_{pu} \right]$$

Onde:

T – tempo de sustentação do curto-circuito (segundos)

M – ajuste multiplicador

I_{cc} – corrente de curto-circuito

I_{pu} – ajuste de corrente de pick-up

K, E – constantes (para curva B, K = 13,5 e E = 1,0)

Instruções de uso da planilha para cálculo da corrente de curto circuito(I_{cc}):

Cálculo corrente curto-circuito

TEMPO	TEMPERATURA	TEMPO [hh:mm:ss,ms]	Tempo sustentação curto circuito	Tempo morto
1º TEMPO	A F		<input type="checkbox"/> 1º TEMPO	
2º TEMPO	A F	02:16:14,077 02:16:24,223	<input checked="" type="checkbox"/> 2º TEMPO	02,139 s / 10,146 s
3º TEMPO	A F	02:16:26,362 02:16:46,746	<input type="checkbox"/> 3º TEMPO	03,438 s / 20,384 s
Bloqueio	A	02:16:50,184		

LD: LPTU04 | TIPO RELIGADOR: VWE | BS - RSF [A]: 400 | Tempo [s]: 2,139 | Icc [A]: 741 | Desv padrão: 5% | +: 778 | -: 704

Data relatório SOE: 09:33 | **RELATÓRIO SOE X-OMINI**

DATA | HORA | TAG | DESCRIÇÃO | PROTOCO | REMOTA | SINÓTICO | GRUPO

- Clicar em “Data relatório SOE” e aparecerá a tela abaixo:

calc icc

Digite data

OK

Cancelar

31/12/2007

- Sempre aparecerá a data do dia corrente, mas, se precisar fazer busca de relatórios de outras datas anteriores, basta digitá-la e clicar em “OK”;

Cálculo corrente curto-circuito

TEMPO	TEMPERATURA	TEMPO [hh:mm:ss,ms]	Tempo sustentação curto circuito	Tempo morto
1º TEMPO	A F		<input type="checkbox"/> 1º TEMPO	
2º TEMPO	A F	02:16:14,077 02:16:24,223	<input checked="" type="checkbox"/> 2º TEMPO	02,139 s / 10,146 s
3º TEMPO	A F	02:16:26,362 02:16:46,746	<input type="checkbox"/> 3º TEMPO	03,438 s / 20,384 s
Bloqueio	A	02:16:50,184		

LD: LPTU04 | TIPO RELIGADOR: VWE | BS - RSF [A]: 400 | Tempo [s]: 2,139 | Icc [A]: 741 | Desv padrão: 5% | +: 778 | -: 704

Data relatório SOE: 09:53 | **RELATÓRIO SOE X-OMINI**

DATA | HORA | TAG | DESCRIÇÃO | PROTOCO | REMOTA | SINÓTICO | GRUPO

- Usar as indicações de auto-filtro na coluna “Descrição” e assinalar a linha “religador”;
- Usando ainda as indicações de auto-filtro na coluna “TAG” e assinalar a linha com o nome do dispositivo / equipamento requerido, ex: “MNV8F4R_ED”
- Copiar os tempos de operação do equipamento e colá-los na coluna “TEMPO” da planilha observando a ordem de abertura e fechamento;

Cálculo corrente curto-circuito

TEMPO	Tempo sustentação curto circuito	Tempo morto
1º TEMPO	<input type="checkbox"/> 1º TEMPO	<input type="text" value=""/>
2º TEMPO	<input checked="" type="checkbox"/> 2º TEMPO	02,139 s
3º TEMPO	<input type="checkbox"/> 3º TEMPO	03,438 s
Bloqueio		

LD	TIPO RELIGADOR	BS - RSF [A]	Tempo [s]	Icc [A]	Desv padrão	+	-
LPTU04	VWE	400	2,139	741	5%	778	704

Data relatório SOE 09:53 **RELATÓRIO SOE X-OMINI**

DATA | HORA | TAG | DESCRIÇÃO | PROTOCO | REMOTA | SINÓTICO | GRUPO

- Ao completar a seqüência anterior, a planilha calcula os tempos de sustentação de curto circuito e cabe ao usuário, selecionar o menor tempo, clicando no quadro de seleção.

OBS:

Este campo é livre de modo a permitir ao usuário a simulação de cálculo com os outros tempos de sustentação de Icc.

Cálculo corrente curto-circuito

TEMPO	Tempo sustentação curto circuito	Tempo morto
1º TEMPO	<input type="checkbox"/> 1º TEMPO	<input type="text" value=""/>
2º TEMPO	<input checked="" type="checkbox"/> 2º TEMPO	02,139 s
3º TEMPO	<input type="checkbox"/> 3º TEMPO	03,438 s
Bloqueio		

LD	TIPO RELIGADOR	BS - RSF [A]	Tempo [s]	Icc [A]	Desv padrão	+	-
LPTU04	VWE	400	2,139	741	5%	778	704

Data relatório SOE 09:53 **RELATÓRIO SOE X-OMINI**

DATA | HORA | TAG | DESCRIÇÃO | PROTOCO | REMOTA | SINÓTICO | GRUPO

- Com os tempos de sustentação de Icc definidos, iremos selecionar a linha de distribuição com falha

Cálculo corrente curto-circuito

TEMPO	Tempo sustentação curto circuito	Tempo morto
1º TEMPO	<input type="checkbox"/> 1º TEMPO	<input type="text" value=""/>
2º TEMPO	<input checked="" type="checkbox"/> 2º TEMPO	02,139 s
3º TEMPO	<input type="checkbox"/> 3º TEMPO	03,438 s
Bloqueio		

LD	TIPO RELIGADOR	BS - RSF [A]	Tempo [s]	Icc [A]	Desv padrão	+	-
LPTU04	VWE	400	2,139	741	5%	778	704

Data relatório SOE 09:53 **RELATÓRIO SOE X-OMINI**

DATA | HORA | TAG | DESCRIÇÃO | PROTOCO | REMOTA | SINÓTICO | GRUPO

- Feita todas as seleções, tem-se o valor de Icc (corrente de curto circuito)

Cálculo corrente curto-circuito

TEMPO	TIPO	BS - RSF [A]	Tempo [s]	Tempo sustentação curto circuito	Tempo morto
1º TEMPO	A			<input type="checkbox"/> 1º TEMPO	
	F				
2º TEMPO	A		02:16:14,077	<input checked="" type="checkbox"/> 2º TEMPO	02,139 s
	F		02:16:24,223		10,146 s
3º TEMPO	A		02:16:26,362	<input type="checkbox"/> 3º TEMPO	03,438 s
	F		02:16:46,746		20,384 s
Bloqueio	A		02:16:50,184		

LD: LPTU04 TIPO RELIGADOR: VWE BS - RSF [A]: 400 Tempo [s]: 2,139 **Icc [A]: 741** Desv padrão: 5% + 778 - 704

Data relatório SOE: 09:53 **RELATÓRIO SOE X-OMINI**

DATA | HORA | TAG | DESCRIÇÃO | PROTOCOLO | REMOTA | SINÓTICO | GRUPO

OBS: Quando o tempo de sustentação da corrente de curto circuito (Icc) for maior que 8,5 segundos, aparecerá um aviso para o usuário alertando-o que o tempo de atuação poderá ter sido pela atuação dos dispositivos de proteção a terra.

Cálculo corrente curto-circuito

TEMPO	TIPO	BS - RSF [A]	Tempo [s]	Tempo sustentação curto circuito	Tempo morto
1º TEMPO	A			<input type="checkbox"/> 1º TEMPO	
	F				
2º TEMPO	A		02:16:14,077	<input checked="" type="checkbox"/> 2º TEMPO	08,777 s
	F		02:16:24,223		
3º TEMPO	A		02:16:33,000	<input type="checkbox"/> 3º TEMPO	03,438 s
	F		02:16:46,746		
Bloqueio	A		02:16:50,184		

LD: LPTU04 TIPO RELIGADOR: VWE BS - RSF [A]: 400 Tempo [s]: 8,777 **TEMPO PROTEÇÃO TERRA Icc [A]: 803** Desv padrão: 5%

Data relatório SOE: 10:37 **RELATÓRIO SOE X-OMINI**

DATA | HORA | TAG | DESCRIÇÃO | PROTOCOLO | REMOTA | SINÓTICO | GRUPO

31/12/2007 | 09:58:43,746 | MNV8F4R_ED | 1 RELIGADOR | ABERTO | BOM_DESPACHO_2 | MNVWA08F | OESTE-BDP | OPE

- Conhecendo o valor da corrente de curto circuito (Icc), usar o programa Gemini/Prolux para localizar na linha de distribuição com falha, objeto da pesquisa, o local onde haja um valor de Icc compatível com o previamente calculado e assim, preparar a melhor estratégia para restabelecimento desta linha.

1.6 Conclusões

Com o advento dos sistemas computacionais, velhos paradigmas usados na operação de linhas de distribuição deixaram de ser viáveis. Estamos, atualmente, imersos em um ambiente onde a pressão por melhores resultados, tornam nossas tarefas cada vez mais desafiadoras e com isso, a operação analítica de linhas de distribuição é uma importante e fundamental ferramenta de gerenciamento em tempo real do sistema elétrico, otimizando recursos, melhorando índices, atingindo metas e aumentando a satisfação de clientes.

1.7 Referências Bibliográficas

- CEMIG (Brasil): **Proteção do Sistema Elétrico de Distribuição**. Belo Horizonte –2002-Superintendência de Recursos Humanos.
- CEMIG (Brasil): **Curvas e Tabelas para Estudos de Proteção da Distribuição**. Belo Horizonte –2002-Superintendência de Recursos Humanos.
- Manual de instrução do SR750/760, página 142, [acesso em maio de 2007] disponível no site <http://www.gedigitalenergy.com/products/manuals/750/750manpo-ad.pdf>