

XIV SEMINÁRIO NACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

**APLICAÇÃO EM EXCEL NO PROCESSO ESTUDOS DE PROTEÇÃO
ELÉTRICA**

VAGNER GULIM DAMACENO
CEB – COMPANHIA ENERGÉTICA DE BRASÍLIA

**Proteção
Coordenação de relés
Software de coordenação**

Foz do Iguaçu, 19 a 23 de novembro de 2000

1. Resumo

A informática é uma realidade cada vez mais presente em nossas atividades cotidianas e seus aplicativos, na maioria das vezes de fácil utilização, favorecem ao processo respostas mais rápidas, padronizadas, mais precisas e principalmente agrega ganhos adicionais.

O presente artigo tem por objetivo descrever as aplicações em EXCEL no processo estudos elétricos de proteção desenvolvido na Companhia Energética de Brasília onde enfoque especial é dado aos ganhos adicionais agregado ao processo com o uso desta ferramenta. As aplicações são as que seguem:

- Verificação Gráfica de Seletividade – Aplicativo que plota as curvas características de reles de sobrecorrente a partir de seus ajustes;
- Ajuste Ótimo de Reles Digitais – Determinação dos ajustes de reles digitais a partir de três pontos tempo x corrente fornecidos;
- Coordenação de Reles Digitais – Aplicativo que determina os ajustes de reles digitais de sistema de distribuição a partir da potência a ser liberada e níveis de curto-circuito fornecidos;
- Ajuste de Reles Reguladores de Tensão – Determinação do ajuste do rele regulador e simulação do perfil de tensão esperada.

2. Introdução

A qualidade de energia de um sistema de distribuição elétrica é garantida basicamente pelos dispositivos de controle de tensão e pelo sistema de proteção elétrica.

O sistema de proteção elétrica deve ser concebido de forma a garantir a eliminação de faltas de forma rápida, seletiva e coordenada. Os dispositivos de controle de tensão devem ser alocados na rede de forma a garantir o controle de tensão para todo período de carga.

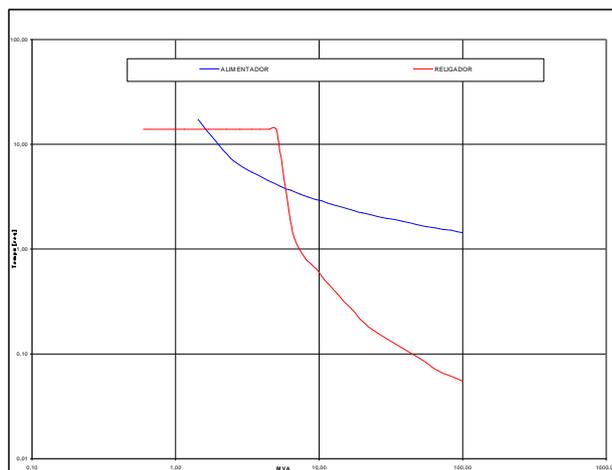
Afim de atender a estes compromissos, os reles de proteção, assim como os reles que executam o controle de tensão, devem ser ajustados convenientemente. Isto requer a atuação de engenheiros e técnicos especializados bem como de programas computacionais que venham dar eficiência e qualidade ao processo.

Com este propósito foram desenvolvidos os aplicativos EXCEL que serão aqui relatados.

3. Verificação Gráfica de Seletividade

Quando se estabelece o ajuste de uma proteção é fundamental verificar a coordenação dos dispositivos de proteção em toda sua faixa de atuação, a figura 1 apresenta um exemplo desta aplicação.

Figura 1 – Verificação Gráfica de coordenação Rele x Religador

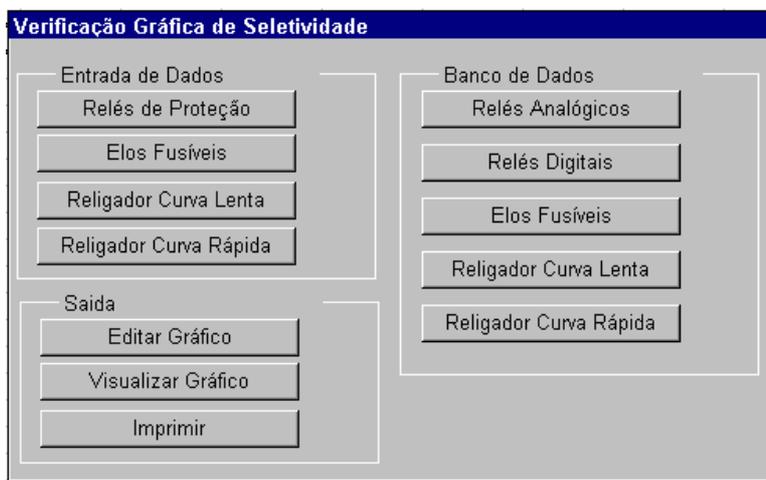


Nos estudos de proteção da CEB esta verificação até 1996 era feita em papel vegetal formato A3 onde, para sua confecção, era envolvido técnicos, engenheiros e desenhistas gastando em média 20 homens x horas para uma verificação de um estudo de subestação. Com o aplicativo desenvolvido esta atividade pôde ser reduzida para um

tempo inferior a 30 minutos, além das seguintes vantagens:

- Documentação padronizada ;
- Ganho de sensibilidade, ao jovem engenheiro, quanto as influências nas variações dos parâmetros da proteção;
- Subsídio disponível para análise de distúrbios no sistema elétrico;
- Ferramenta para a definição de ajustes de relés digitais.
- Validação do trabalho realizado.

A entrada de dados para a realização da verificação gráfica é através de um menu onde apresenta as opções para as entradas de dados, saídas e consultas ao banco de dados. A entrada de dados é feita através de planilhas onde é informado os ajustes das proteções, bitolas de elos fusíveis e características de religadores que se quer analisar, de posse destes dados o aplicativo busca as informações das características tempo x corrente que fazem parte de um banco de dados e a verificação gráfica é automaticamente plotada. As figuras 2, 3 e 4 apresenta a mascara desta entrada de dados.



Menu com as opções para a verificação Gráfica de Seletividade

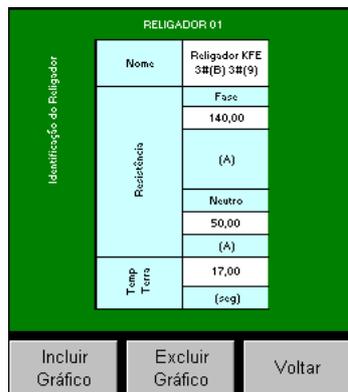


Figura 2

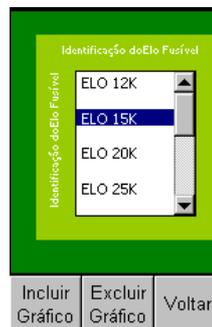


Figura 3



Figura 4

4. Ajuste ótimo de reles digitais

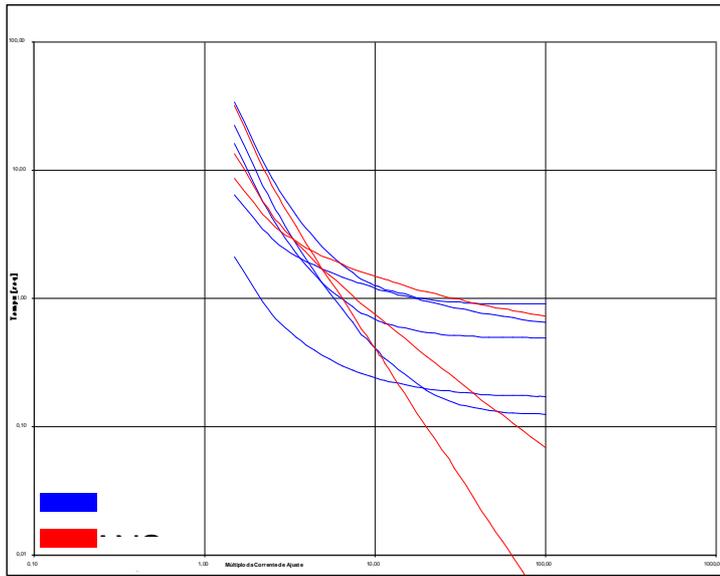


Figura 5- Características padronizadas IEC e ANSI

O ajuste de reles digitais requer a escolha de várias possibilidades de característica de curvas tempo x corrente que são padronizadas pelas normas IEC e ANSI, figura 5, tornando esta tarefa complexa e se não dispôr de um aplicativo computacional esta escolha poderá ser feita de uma maneira não otimizada. A otimização destes ajustes resume-se em eliminar os curtos-circuitos num menor tempo e ainda manter a coordenação das proteções.

Para a definição do ajuste ótimo, requer a entrada de três pontos da curva ao qual se quer ajustar a proteção, com estes dados, através de um processo iterativo o aplicativo define o ajuste da proteção, a figura 6 é dado os ajustes otimizados e o ajuste ótimo para três pontos selecionados.

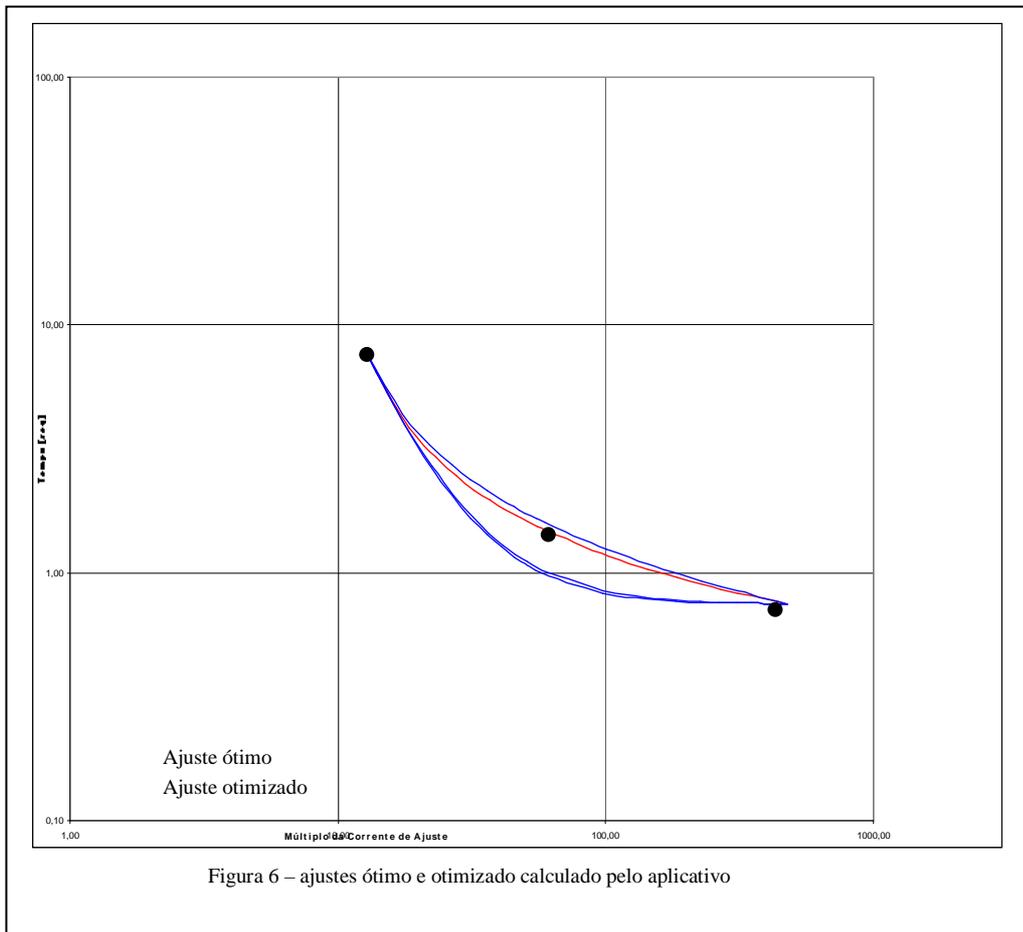


Figura 6 – ajustes ótimo e otimizado calculado pelo aplicativo

A entrada de dados para a realização da ajuste ótimo é feita através de uma planilha onde é informado os pontos onde se quer definir os ajustes da proteção a partir da qual calcula-se os ajustes possíveis para o rele digital. Os ajustes que atendem aos pontos de corrente máximo e mínimo é caracterizado como “ajuste otimizado”, os que atendem aos três pontos de “ajuste ótimo”, e os ajustes onde não se obtém convergência “não converge” e aqueles onde a faixa de ajuste é ultrapassada de “ajuste não recomendável”. A figura 7 apresenta a interface deste aplicativo com o usuário.

RTC			
			400
I MIN	210,00	T IMIN	10,00
I MED	420,00	T IMED	2,40
I MÁX	2390,00	T IMÁX	0,40

Ajustes Otimizados para Acomodação da Curva Digital				
Norma	CT	TAP	DIAL	Observação
ANSI/IEEE	Inverse (AI)	1,59	2,01	Ajuste Ótimo
	Short inv. (AS)	2,20	9,23	Ajuste Otimizado
	Moder. Inv. (AM)	2,39	1,80	Ajuste Otimizado
	Very inv. (AV)	1,67	3,62	Ajuste Otimizado
	Ext. inv. (AE)	0,88	13,71	Ajuste Não Recomendável
IEC	NI	2,37	0,15	Ajuste Otimizado
	MI	1,49	0,56	Ajuste Otimizado
	EI	0,00	682459,47	Não Converge

Figura 7 – Interface do aplicativo Ajuste Ótimo de Relés Digitais

5. Coordenação de relés digitais

O advento da proteção digital trouxe a possibilidade de se ter ajustes de proteções adaptativos a diversas condições operativas do sistema, com isto a forma convencional de se executar um estudo de proteção, sem o uso de uma ferramenta computacional adequada, pode restringir a potencialidade que uma proteção digital proporciona.

Os estudos de coordenação das proteções elétrica na CEB até 1986 não havia uma rotina padronizada na sua documentação, a partir de 1987 estabeleceu uma padronização de documentação em editor de texto desenvolvida pela ELETROBRAS em computador de grande porte, a partir de 1996 iniciou-se a migração destes estudos para o editor WORD

A realização destes estudos requer em média 80 homens x horas de atividade. Com o aplicativo desenvolvido esta atividade pôde ser reduzida para um tempo inferior a 40 horas, além das seguintes vantagens:

- Documentação dos estudos de forma consistente, Uso de toda a potencialidade das proteções digitais;
- Uso do aplicativo de otimização para a definição das coordenações;
- Interação dos dispositivos de proteção da rede da distribuição com as proteções da subestações;

A entrada de dados para a realização dos estudos de coordenação é feita através de planilhas onde de forma interativa é solicitado informações de sistema e confirmações de ações adotadas pelo aplicativo.

6. Ajuste relé regulador de tensão

A qualidade de energia entregue aos consumidores esta diretamente ligada ao controle da tensão para as diversas condições de carga. Os equipamentos utilizados para este fim são os transformadores com comutação sob carga (LTC) e os transformadores

reguladores, e o dispositivo que comanda esta regulação é o rele regulador de tensão que a partir dos ajustes estabelecidos tem o compromisso de regular a tensão a níveis satisfatórios.

O aplicativo desenvolvido estabelece o ajuste do rele regulador de tensão a partir de dados básicos do sistema e busca compatibilizar a regulação da tensão para os três períodos de carga (pesada ,média e leve) com o compromisso de manter o número de comutações diária do comutador dentro de sua expectativa de vida.

A rotina de ajustes destes reles ate 1990 atendia o compromisso de regulação somente para um período de carga , a partir de 1990 passou-se a utilizar o compensador de queda de tensão (LDC) onde os ajustes passaram a atender a regulação para os três períodos de carga. O aplicativo desenvolvido agregou ao processo os seguintes benefícios:

- Padronização e consistência nos estudos;
- Simulação da tensão esperada;
- Análise da resposta do rele frente a tensão regulada.

A interface deste aplicativo é dado na figura 8.

DADOS DE ENTRADA						DADOS DE SAÍDA		
Parâmetros do Regulador de Tensão						Ajuste Recomendado		
Identificação da Subestação	Tipo/Fabricante Rele Regulador de Tensão	Corrente Nominal Primária do TC	Tensão Nominal Primária do TP	Tipo/Fabricante Rele de Sobrecorrente	Média das Tensões entre Stepes	Resistência de Compensação Ur - Volt	Tensão de Referência Volt	Largura de Faixa %
PAD	P500/Light	420	13.800	PIVCOEL	88	2,78	13,69	1,29
						Deseja adotar os ajustes recomendado		
Parâmetros do Sistema Elétrico						TENSÃO REGULADA		
Tensão Mínima Carga Leve	Tensão Máxima Carga Leve	Tensão Mínima Carga Pesada	Tensão Máxima Carga Pesada	Potência Ativa Carga Leve	Potência Ativa Carga Pesada	Resistência de Compensação Ur - Volt	Tensão de Referência Volt	Largura de Faixa %
13,60	13,90	13,70	14,00	2,00	10,00	0	14	1,2
						TENSÃO REGULADA		
						Tensão Regulada Carga Leve kV		
						Tensão Regulada Carga Pesada kV		
						Mim Máx Mim Máx		
						13,55 13,90 13,70 14,05		
						13,60 13,90 13,70 14,00		
						DESEJADO		

Figura 8 Interface do Aplicativo Ajuste de relés Reguladores de Tensão