



**SNPTEE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

GPC - 03  
16 a 21 Outubro de 2005  
Curitiba - Paraná

**GRUPO V  
GRUPO DE ESTUDO DE PROTEÇÃO, MEDIÇÃO E CONTROLE EM SISTEMAS DE POTÊNCIA - GPC**

**ANÁLISE COMPARATIVA DE RELÉS NUMÉRICOS – RELÉS DE DISTÂNCIA**

**Luiz Vinícius Sequinel Puppi \* José Newton Rodrigues Romeiro Filho**

**COPEL TRANSMISSÃO**

**RESUMO**

A tecnologia dos relés numéricos proporcionou uma grande flexibilidade para a aplicações da proteção em sistemas elétricos de potência. Esta flexibilidade se faz presente na multifuncionalidade destes relés, que entre outras vantagens possibilita a existência de várias funções de proteção que podem ser combinadas para compor diversos esquemas em um único equipamento, a montagem de lógicas para implementação de funções antes somente possíveis através da execução de fiação externa, além da integração com os sistemas de automação e controle.

Sempre existiu, porém, uma grande incógnita no momento da aquisição de tais relés: como avaliar se o equipamento de um determinado fabricante será melhor do que o de outro?

Este trabalho tenta apresentar uma maneira de responder a esta pergunta, propondo a realização de uma análise comparativa de vários tópicos julgados importantes. O enfoque principal deste trabalho está nos aspectos relacionados à qualidade do material enviado para uma análise técnica quando da aquisição de relés de proteção para linhas de transmissão com a função de distância e o atendimento prestado pelos fornecedores durante todo o período de avaliação e em fornecimentos anteriores.

**PALAVRAS-CHAVE**

Proteção de distância, aquisição, comparação, relé digital, linha de transmissão

**1.0 - INTRODUÇÃO**

As especificações técnicas de relés de proteção apresentam uma série de características e requisitos mínimos que um determinado equipamento deve possuir a fim de poder ser aceito e aplicado no sistema elétrico de uma empresa de energia elétrica. De uma forma geral, as especificações são bastante genéricas de forma que relés de proteção de vários fabricantes atendem os requisitos mínimos propostos. Uma vez analisadas as características técnicas dos relés, o critério utilizado para definir o equipamento a ser adquirido passa a ser o preço, conforme previsto na lei das licitações.

A primeira pergunta que surge após esta etapa é: apesar de atender as especificações técnicas e possuir o menor preço, será que este é, realmente, o melhor equipamento para a aplicação em questão?

A segunda pergunta que nos vem à mente é: existe algum outro item que pode ou deve ser levado em consideração para a comparação de relés de proteção?

A experiência acumulada de vários anos nos mostra que nem sempre um relé que atende a especificação técnica apresenta um desempenho satisfatório e, muitas vezes, estes desempenho insatisfatório se deve a vários fatores, alguns dos quais, enumeramos abaixo:

\*Rua Padre Agostinho, 2600 - CEP 80710-000 - Curitiba - PR - BRASIL  
Tel.: (041) 331-4120 - Fax: (041) 331-3259 - e-mail: luiz.puppi@copel.com

1. os manuais que acompanham os equipamento não esclarecem o funcionamento de certas funções do relé ou o fazem de forma parcial;
2. o fornecedor não possui em seu quadro próprio pessoas especializadas para sanar todas as dúvidas surgidas quando do cálculo dos ajustes e parametrização dos relés;
3. os softwares para comunicação com os relé são de difícil utilização e não possuem documentação completa;
4. a realização de testes de comissionamento dos relés é de difícil execução;
5. a capacidade de implementação de lógica não é claramente definida pelo fabricante;
6. a configuração de pontos de supervisão não é feita de forma óbvia.

Logo, para se levar em consideração todos estes fatores, estamos propondo uma nova metodologia para uma avaliação técnica mais profunda dos relés e equipamentos de proteção.

## 2.0 - A NOVA METODOLOGIA

Para a avaliação de relés de proteção quando da realização de licitações para grandes empreendimentos ou mesmo compras avulsas, passará a existir uma etapa de qualificação técnica que funcionará como uma espécie de homologação dos modelos de relés que poderão fazer parte da licitação. Deve ficar claro que esta análise deve ser feita para cada modelo e função principal dos relés de cada fabricante, de modo a se poder contar com um universo razoável de equipamentos que podem ser aplicados ao sistema de transmissão.

A metodologia consta, em primeiro lugar, de um contato prévio feito com os fabricantes, informando da realização da avaliação e solicitando o encaminhamento do material necessário para a análise, o qual será composto por um conjunto de manuais completo, software de parametrização e respectiva documentação, uma unidade do relé proposto para a realização de testes e uma lista onde constem os nomes e formas de contato com as pessoas responsáveis pelo esclarecimento de dúvidas surgidas durante a análise.

Cada um destes itens será avaliado a partir do primeiro contato com o fornecedor, sendo que cada um deles terá uma forma de avaliação que torne a análise o mais técnico e impessoal possível.

Logo, para a realização desta análise, cada item da análise será subdividido em diversos tópicos, a cada um dos quais será atribuído um grau, de modo a se obter uma espécie de nota global por item e, finalmente, será realizada uma ponderação para definir o grau final de cada relé.

Em função desta nota global obtida será definido quais equipamentos são os melhores, quais podem realmente ser aplicados ao sistema de transmissão e quais deverão ser descartados e impedidos de participar de licitações por não possuírem os requisitos técnicos necessários.

### 2.1 Os itens analisados

A fim de que a análise abranja o maior número de pontos que podem afetar o desempenho de um relé durante todo o seu período de vida útil, foi elaborada, em princípio, uma lista de famílias que nos dão uma visão mais abrangente do problema. Estas famílias são composta pelos seguintes tópicos:

- Manuais.
- Software.
- Testes (comuns e dinâmicos).
- Atendimento.

Cada uma destas famílias terá um peso dentro da avaliação global, sendo que os pesos de cada uma delas será definido em função do grau de importância relativa dentro de uma análise global.

Cada uma destas famílias será subdividida em itens específicos, cada um deles analisando um aspecto em particular, sendo que será estabelecido um critério para avaliação objetiva destes itens.

Nos itens que seguem, serão apresentados os itens relativos a cada uma das famílias de dados sob análise e os critérios utilizados para sua avaliação.

#### 2.1.1 Manuais

Quando se pretende avaliar os manuais de um determinado relé de proteção, deve-se ter em mente quais os principais dados que estes devem conter e em que condições geralmente precisamos procurar uma informação. Por exemplo, quando se pretende encontrar um dado relevante para elaboração de ajuste de relés, geralmente dispomos de mais tempo para uma leitura detalhada do que quando se está executando um teste de

comissionamento em campo e se necessita de uma informação bastante específica. Logo, a análise do manual deve levar em consideração estes dois tipos de ponto de vista: detalhamento e facilidade de acesso à informação.

Em termos de estrutura de um manual, os principais pontos propostos para avaliação são os seguintes:

- Apresentação: este item engloba uma análise de como o manual está montado e a forma como cada informação pode ser encontrada. A análise deste item é composta pelos seguintes tópicos:
  - O manual apresenta um índice geral detalhado indicando a seção e a página em cada item está localizado.
  - O manual apresenta índice em cada seção indicando a página em cada item está localizado.
  - O manual apresenta um índice geral de figuras indicando a seção e a página em que cada figura está localizada.
  - O manual apresenta índice de figuras em cada seção, indicando a página em que cada figura está localizada.
  - A forma como o manual está montado facilita a localização das várias seções existentes através de ranhuras ou indicadores que se destacam do corpo do manual.
- Conteúdo: este item permite avaliar se o conteúdo do manual aborda todos os tópicos necessários para projeto, parametrização e comissionamento corretos de um determinado relé.
  - A linguagem do manual é clara e as funções do relé são explicadas de modo a não restar dúvidas sobre a sua aplicação.
  - O manual contém informações sobre todas as funções de proteção do relé.
  - Existem esquemas lógicos para facilitar a compreensão de todas as funções dos relés.
  - Existem explicações detalhadas e exemplos de aplicação para todos os esquemas de proteção e teleproteção disponíveis no relé.
  - O manual apresenta detalhes para uma análise teórica da característica dinâmica do relé.
  - Existe no manual informações a respeito de como utilizar as lógicas internas para a construção de funções de comando, sinalização e de proteção específicas.
  - Os limites de utilização das lógicas internas do relé estão claramente definidos no manual.
  - O manual contém seções dedicadas ao software de parametrização, acesso e retirada de registros oscilográficos e eventos do relé.
  - A descrição física do relé é clara e permite o projeto das interligações e conexões do relé sem deixar margem de dúvidas inclusive quanto ao tipo de conector a ser empregado.
  - O relé possui informações que permitem a execução de testes de comissionamento sem necessidade de adoção de ajustes de fábrica.

#### 2.1.2 Software

A avaliação do software utilizado para acesso, parametrização e retirada de informações de um determinado relé de proteção deve considerar os requisitos exigidos por este em termos de hardware, tempo de acesso e facilidade de uso. Também deve ser levado em consideração se existe a necessidade de utilização de vários programas para acesso ao relé e que nível de integração existe entre estes programas. Um outro ponto muito importante nessa análise é a documentação existente sobre o software, bem como sua facilidade de uso e tempo de execução de tarefas.

A análise do software de um relé será executada baseando-se nos itens descritos a seguir:

- Documentação: envolve a análise das instruções sobre o software constantes do manual do relé e dos tópicos aí abordados bem como da função de ajuda “on line”, ferramenta bastante importante quando se está trabalhando no campo ou não se dispõem de acesso imediato ao manual de instruções. A análise deste item será decomposta nos tópicos abaixo.
  - A documentação disponibilizada para análise define os requisitos em termos de hardware e software necessários para a correta instalação do programa.
  - A documentação disponibilizada fornece detalhes sobre os passos a serem seguidos para a correta instalação do programa.
  - A existências de senhas bem como o local onde estas estão disponíveis é claramente identificado.

- Existem informações a respeito da configuração de portas de comunicação tanto do computador quanto do relé para o acesso a esse último.
- Existem informações a de como montar os cabos utilizados para comunicação entre computador e relé incluindo os conectores utilizados.
- Se existir uma forma alternativa de acesso ao relé, por exemplo, via hiperterminal, essa está devidamente documentada, incluindo os comandos empregados e as limitações existentes.
- Existem informações a respeito de como proceder para acessar o relé, incluindo explicações a respeito da telas utilizadas e da seqüência a ser seguida.
- Existem informações de como gerar arquivos de ajuste, exportá-los, importá-los e enviá-los para o relé.
- Existem informações dos procedimentos necessários para acessar dados de oscilografia e proceder a sua exportação para computador.
- Existem informações sobre a abertura de arquivos com registros oscilográficos e a sua interpretação.
- Utilização: quando pensamos na utilização de um software, devemos nos colocar somente na posição de usuários finais, sendo que os tópicos mais importantes para uma análise adequada, sob este enfoque, seriam a quantidade de recursos existentes e a facilidade em se abrir outros programas a partir de um programa principal. Os tópicos analisados neste item estão descritos abaixo:
  - A instalação do programa é de fácil execução, não havendo desvios ou alternativas não cobertas pelo manual.
  - Existe facilidade de gerar um arquivo de ajustes para um relé novo.
  - A exportação dos arquivos de ajuste de um relé é de fácil execução e não exige a aplicação de “softwares” adicionais.
  - A importação dos arquivos de ajuste de um relé é de fácil execução e não exigem providências adicionais, como criação de diretórios e demais estruturas de arquivo.
  - O envio dos ajustes para um relé é de fácil execução e não dá margem a erros.
  - O arquivo de ajuste criado é compatível com o modelo completo do relé e depende da versão de “firmware” desse, não sendo possível descarregar no relé arquivos que não possuam estas duas características.
  - Quando do acesso ao relé, não há necessidade de informar os parâmetros da porta de comunicação do relé, pois o software do fabricante detecta esta configuração de forma automática.
  - A aquisição de registros de oscilografia do relé não exigem software diferente do empregado para comunicação ou o software empregado é aberto automaticamente.
  - O acesso ao banco de dados de ajustes gerado pelo software do relé possui acesso protegido por senha que evita modificações por pessoal não autorizado.
  - Existe ferramenta que permite a comparação de dois arquivos de ajuste de modo a facilitar a localização de eventuais diferenças existentes entre os ajustes existentes em arquivo e os ajustes existentes no relé.

### 2.1.3 Testes

Qualquer avaliação de um relé se torna incompleta se não forem realizados testes de desempenho que confirmem que um determinado relé é aplicável a uma localização em particular e no sistema elétrico da empresa de uma forma generalizada. Dentro deste itens devemos verificar que tipo de teste deve ser aplicado em cada etapa da análise realizada.

Em primeiro lugar, para se proceder a avaliação de um determinado relé, deverão ser realizadas verificações para confirmar se as características das várias funções do relé e a precisão garantidas pelo fabricante estão conforme as normas técnicas aplicáveis e citadas na especificação técnica da empresa compradora para cada função existente no mesmo.

Após este primeiro exame, devem ser aplicados testes para verificar se as características garantidas no manual do relé são obtidas na prática. Como exemplo, devem ser verificadas as precisões das unidades de medição de distância, a característica das unidades de medição de distância (MHO, reatância, etc.), a precisão das unidades direcionais, a precisão de todas as funções de sobrecorrente (de fase, terra e seqüência negativa), e um teste de precisão de medição de corrente, tensão e potência ativa e reativa. Nos casos em que se pretende integrar o relé ao sistema de automação, além dos testes acima deverão ser verificados os tempos de resposta a ativação de entradas binárias e a resposta no tempo dos pontos de supervisão mapeados.

Em seguida, se inicia a fase dos testes dinâmicos que visam determinar se um relé em particular pode ser aplicado ao sistema de transmissão da empresa. Os casos de falta aplicados deverão ser retirados de uma biblioteca de casos simulados ou casos reais gravados de forma que o relé seja submetido à situações de falta severas e casos julgados excepcionais em que o esquema de proteção deve manter a sua estabilidade. A experiência do pessoal de proteção deve ser levada em conta de forma que os casos aplicados retratem da melhor maneira possível o sistema de transmissão da empresa como um todo. Para ilustrar, os casos aplicados para um sistema de 525kV deve retratar da maneira mais fiel possível as condições mais severas encontradas na prática como, por exemplo, linhas de transmissão em circuito duplo para verificação de faltas simultâneas, linhas com compensação série, chaveamento de reatores, faltas evolutivas, faltas em linhas longas e em linhas curtas.

Isto posto, os itens considerados para análise são os seguintes:

- Testes estáticos ou de verificação de características técnicas.
  - Todas as funções constantes do manual existem e podem ser habilitadas no relé.
  - A medição de corrente atende à precisão informada no manual do relé.
  - A medição de tensão atende à precisão informada no manual do relé.
  - As unidades de sobrecorrente atendem a precisão informada no manual do relé.
  - A função de emulação de disco de indução das funções de sobrecorrente de tempo inverso atendem as normas técnicas pertinentes.
  - Os seletores de fase do relé operam corretamente.
  - As unidades de medição de distância possuem a precisão prevista.
  - A função de verificação de sincronismo operou com a precisão informada no manual do relé.
  - A função de religamento automático operou corretamente.
  - Os sinais destinados à supervisão via protocolo sinalizaram corretamente e com a margem de erro de tempo exigida.
- Testes dinâmicos.
  - O sobrealcançe transitório do relé permaneceu dentro da margem de erro prevista.
  - O seletor de fases do relé operaram corretamente quando submetido a faltas evolutivas.
  - O desempenho do relé foi correto quando submetido a faltas simultâneas.
  - O relé operou corretamente para faltas com reversão de corrente.
  - O desempenho do relé foi satisfatório quando submetidos a faltas com diferentes ângulos de incidência.
  - A lógica de trip monopolar operou corretamente (caso esta lógica seja prevista).
  - A lógica de trip tripolar operou corretamente para faltas que evoluem de fase-terra para fase-fase-terra.
  - A função de trip por oscilação de potência atuou corretamente.
  - A função de bloqueio por oscilação de potência atuou corretamente.
  - A função direcional de sobrecorrente de terra teve comportamento satisfatório frente a curtos-circuitos e em condição de pólo aberto.

#### 2.1.4 Atendimento

Um dos quesitos julgados extremamente importante quando se trata da aquisição de relés de proteção vem justamente do relacionamento com o fornecedor do equipamento ou seu representante no Brasil.

A importância deste item está relacionada principalmente com a rapidez com que a resposta a um questionamento enviado é fornecido e também com a precisão que está resposta possui.

Cita-se como exemplo, na fase de parametrização e testes iniciais do relé, quando surgem dúvidas a respeito de determinada função e o fornecedor é consultado a respeito. Resposta como “devemos consultar a matriz” ou “ não conheço bem esta função específica” formam uma péssima imagem a respeito do quadro técnico de um determinado fornecedor.

Além do esclarecimento de dúvidas, a experiência adquirida com fornecimentos anteriores também deve ser levada em consideração, pois no decorrer da operação comercial de um determinado equipamento, podem

ocorrer certos contratempos que exigem a presença de técnico do fabricante ou até mesmo a substituição desse, o que deve ser feito com rapidez, especialmente num ambiente em que pesadas multas incidem sobre as concessionárias quando de atuações indevidas de proteção. Este histórico de problema também deve conter as formas como os mesmos foram solucionados, e o tempo de espera por esta solução. Notar que, mesmo que a solução envolva a substituição do equipamento, o tempo de tomada desta decisão deve ser considerado.

Os itens analisados sobre o item "atendimento", são os seguintes:

- Análise atual: neste item possuem relevância somente os fatos advindos da análise presente, sendo desprezados quaisquer problemas encontrados com fornecimentos realizados no passado.
  - O fornecedor, em um primeiro contato, informou os telefones e endereços eletrônicos dos especialistas no relé em análise.
  - O fornecedor possui especialistas sobre a proteção no Brasil.
  - O fornecedor possui unidades de reserva para uma substituição rápida.
  - O fornecedor informou a sua estrutura a nível de Brasil e da matriz estrangeira para solução de problemas encontrados.
  - Consegue-se contato com os especialistas a nível de Brasil de forma direta e rápida, sem auxílio de telefonistas.
  - Os especialistas brasileiros conseguem resolver os problemas já no primeiro contato e, se não conseguem, solicitam dados para uma análise rápida.
  - Em caso de necessidade o fornecedor trouxe especialista estrangeiro para solução de problemas.
  - O fornecedor mantém o cliente informado do andamento das providências que estão sendo tomadas para a solução dos problemas encontrados.
  - Se a solução empregada foi a substituição de "firmware", esta foi devidamente documentada.
  - Em caso de substituição de relé, o modelo foi o mesmo em que o problema foi constatado e este não tornou a se manifestar.
- Análise histórica: os tópicos deste item estão relacionados com históricos de fornecimentos anteriores, mesmo que de relés de diferentes funções e modelos do atualmente em análise.
  - A taxa de falha dos equipamentos já instalados está conforme a previsão do fabricante quando de fornecimentos anteriores.
  - O fornecedor mantém acompanhamento de unidades que falharam, gerando relatórios para acompanhamento do cliente.
  - O fornecedor informa, de forma detalhada, o tipo de falha detectada e a solução adotada para a sua correção.
  - Quando necessário, o fornecedor se propôs a substituir lotes de relés de um mesmo tipo mesmo que somente sejam detectados problemas em uma unidade.
  - O fornecedor informa problemas graves detectados no mesmo tipo de relé instalado em outra companhia e se propõem a corrigi-los para as demais empresas.
  - O fornecedor sempre apresentou medidas para solução de problemas, dentro de um prazo estabelecido.
  - As soluções adotadas pelo fornecedor foram definitivas, sendo que o problema constatado não tornou a se manifestar.
  - O fornecedor costuma disponibilizar novas versões de "firmware" para atualização e mantém o cliente informado disso.
  - Quando da detecção de problemas, o fornecedor jamais deixou de corrigir o problemas.
  - Quando de alteração de quadro de pessoal do fornecedor, a qualidade de atendimento ao cliente não sofreu alterações perceptíveis.

## 2.2 A metodologia de análise

Quando se passa para a fase de análise comparativa, deve-se seguir uma metodologia que a torne simples e eficiente. A proposta que apresentamos segue os procedimentos descritos a seguir.

Cada tópico constante dos itens apresentados deverá ser analisado individualmente, sendo verificado se o relé de um determinado fornecedor atende ou não atende este tópico.

A cada um dos tópicos atendidos será atribuído um grau equivalente ao valor dez dividido pelo número de tópicos do item sob análise. Exemplificando, em um item com dez tópicos, a cada tópico será atribuído grau um, enquanto que em um item com cinco tópicos, a cada tópico será atribuído grau 2.

Segundo esta metodologia, cada item possuirá um grau máximo equivalente a dez pontos, de forma que, haverá necessidade de se atribuí pesos para cada item de forma que os julgados mais importantes possuam uma influência maior do que os outros.

O grau final obtido pelos relés analisados será obtido, portanto, através de média ponderada dos graus obtidos em cada item analisado.

### 3.0 - CONCLUSÕES

A nova metodologia empregada para comparação entre relés de uma determinada função é uma ferramenta bastante importante para a aquisição de relés de proteção pois, além das características técnicas constantes das especificações técnicas, fornece uma análise de itens bastante importantes para a aplicação em sistemas elétricos de potência.

A metodologia sugere inclusive a análise do histórico de relacionamento entre o fabricante e a concessionária como uma forma de evitar diversos tipos de problemas que, apesar de passados, ainda podem interferir em muito na qualidade do fornecimento.

### 4.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Gagnon, C., Gravel, P., Extensive Evaluation of high performance protection relays for the Hydro-Québec series compensated network, IEEE Transactions on Power Delivery, October 1994