



XX Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica
SENDI 2012 - 22 a 26 de outubro
Rio de Janeiro - RJ - Brasil

Marcelo Eduardo de Carvalho Paulino	Guilherme S. Penariol
Adimarco Representações e Serviços Ltda	Adimarco Representações e Serviços Ltda
marcelo@adimarco.com.br	guilherme@adimarco.com.br

Modelos para Testes de Relés de Proteção diante da Evolução do Sistema de Proteção

Palavras-chave

Biblioteca de Relés
Padronização de Testes
Proteção de Sistemas

Resumo

Os testes de relés de proteção têm sofrido diversas alterações ao longo dos últimos anos com a evolução dos relés eletromecânicos aos relés digitais multifuncionais, aumentando a complexidade desses dispositivos. Os testes de sistemas de proteção devem acompanhar as mudanças nos objetos sob teste. Há a necessidade de padronização desses testes, e sua simplificação. Este trabalho discute essa evolução e apresenta mecanismos para a padronização dos testes utilizando uma biblioteca de relés de proteção. Os procedimentos apresentados simplificam o trabalho do testador, diminuindo as necessidades de conhecimento do relé a ser testado, reduzindo os tempos de teste e preparação, além de promover a repetibilidade dos testes.

1. Introdução

Testes de relés de proteção de sistemas elétricos têm sofrido mudanças ao longo dos anos. A evolução da tecnologia dos relés de proteção e o desenvolvimento dos dispositivos de testes programa novos procedimentos para atender aos novos requisitos dos modernos sistemas de proteção. Os dispositivos de proteção evoluíram dos eletromecânicos para a tecnologia digital multifuncional. Os dispositivos de teste também evoluíram ao longo do tempo, desde equipamentos passivos, constituídos de fontes analógicas e medidores de eventos binários, para os equipamentos baseados em sistemas digitais, utilizando tecnologia microprocessada e eletrônica de potência, além de incorporarem a engenharia de software para controle dos testes (IEEE, 2002).

As características de operação dos relés eletromecânicos eram formadas por um circuito de resistores, indutores e capacitores, operando com molas e alavancas que definiam os tempos de operação. Poucos parâmetros necessitavam serem checados. Nas décadas passadas, os testes eram realizados pelo testador de forma praticamente manual, sem procedimentos automáticos. Os valores do teste de determinada função do

relé eram manualmente calculados e utilizado um equipamento de teste passivo (composto por cargas resistivas, defasadores mecânicos e autotransformadores variáveis) (Araujo, 2006).

Atualmente, modernos equipamentos de teste incluem regulação eletrônica das fontes de tensão e corrente e possuem a capacidade de executar testes automáticos controlados por software, assistidos por um computador (IEEE, 2002). Isto permite a realização de testes mais sofisticados. Com o advento dos modernos relés numéricos multifuncionais, o número de parâmetros e complexidade das funções de proteção aumentou consideravelmente. O conhecimento do algoritmo da proteção implementada no relé e suas funções são requeridos para o teste (Bastigkeit, 2007).

Este trabalho apresenta a filosofia de testes dos modernos relés de proteção e mostra procedimentos de teste utilizando uma biblioteca de modelos de relés, denominada PTL (abreviação do inglês *Protection Testing Library*). Essa biblioteca consiste em uma interface para os testes, auxiliando na padronização, documentação, melhorias e otimização dos procedimentos de teste. Com esta ferramenta, é possível o desenvolvimento padronizado e rápido de testes, minimizando as preferências pessoais e enfatizando a repetibilidade dos testes. Ainda reduz a necessidade de um conhecimento profundo dos relés de proteção para a confecção dos testes. Possibilita ainda o desenvolvimento de testes e relatórios automáticos, minimizando o tempo de desenvolvimento e, conseqüentemente, reduzindo os custos de todo processo.

2. Desenvolvimento

História dos Testes de Relés de Proteção

Os primeiros relés utilizavam a tecnologia eletromecânica. Estes dispositivos eram bastante simples se comparados com os relés atuais e, assim, os testes e métodos de teste também o eram. Com o sistema de automação de subestações convencional, a manutenção planejada e periódica desempenha um papel significativo nas ações de manutenção das empresas. Para assegurar a correta operação dos dispositivos de proteção, testes periódicos de relés ou sistema têm sido necessários e, em muitos casos, obrigatório. Períodos de testes podem geralmente ser de um até cerca de cinco anos, dependendo de fatores como a importância da subestação, o nível de tensão e a estratégia da empresa (Petrini, 2009).

Métodos de teste tradicionais foram desenvolvidos com a hipótese que os usuários não teriam dispositivos de teste para testar os relés sob as mesmas condições do sistema de potência. Assim, os procedimentos de teste foram desenvolvidos usando como componentes equipamentos de teste básicos, como variacs, defasadores e caixas de cargas (Giuliant, 2011).

Com a evolução dos sistemas de proteção, são utilizados dispositivos numéricos de proteção, utilizando cada vez mais relés microprocessados. Rapidamente estes relés evoluíram para os Dispositivos Eletrônicos Inteligentes (IED - Intelligent Electronic Devices) que, comparados com equipamentos de proteção eletromecânicos e estáticos, apresentam um caráter multifuncional relacionado não apenas com funções de proteção, mas também com muitas funções adicionais. Recentemente, esses IEDs adquiriram ainda capacidade de comunicação e integração das funções de controle (Paulino, 2006).

A introdução de sistemas de automação de subestação digitais mudou e principalmente reduziu a necessidade de testes periódicos em IEDs. A função de automonitoramento dos modernos IEDs pode imediatamente determinar a informação sobre dispositivos defeituosos na rede do usuário (geralmente a Rede de Controle Central) (Petrini, 2009).

Com o aumento da complexidade, os relés podem possuir mais de 2.000 ajustes, e os métodos de testes tradicionais não são mais apropriados. Além disso, as funcionalidades avançadas dos relés utilizam

complexos modelos de rede para efetuar os cálculos e definir a atuação da proteção (Schwabe, 2011). Assim, os testes devem ter seus métodos adaptados para serem capazes de avaliar as funcionalidades dos relés, utilizando a filosofia de teste que for mais adequada. O período de testes para modernos IEDs tem sido dobrado e, em alguns casos, empresas pararam totalmente de fazer testes periódicos. Deve ser lembrado que as funções de automonitoramento não são totalmente cobertas, então alguns tipos de inspeção periódica ainda são necessários, mas nós podemos com certeza dizer que a função de automonitoramento dos modernos sistemas de automação de subestação reduziram significativamente os custos de manutenção periódica e, ao mesmo tempo, aumentaram a confiabilidade dos sistemas de proteção.

Tipos e Filosofias de Teste

A padronização que define as condições dos testes dos dispositivos de proteção depende de diferentes fatores, como o objetivo do teste, capacidade técnica da equipe de teste e cultura da empresa, dentre outros. A vida útil da automação de subestação começa na especificação, da oferta do sistema do fornecedor para a engenharia, fabricação e comissionamento do sistema incluindo Testes de Aceitação em Fábrica e Testes de Comissionamento. Juntamente com a operação do sistema de automação de subestação a vida útil da manutenção se inicia. Manutenção inclui detecção e reparo de todas as falhas para manter o sistema em execução até sua desativação. Extensões durante a vida útil também pertencem às tarefas de manutenção (Bass, 2009).

Então, o objetivo do teste deve ser considerado. Diversos autores e trabalhos têm registrado os tipos de testes, dependendo do local ou objetivo do teste. Neste trabalho determinaremos a divisão dos tipos de teste em:

- Testes de aceitação em fábrica (FAT)
- Testes de aceitação em campo ou comissionamento (SAT)
- Testes planejados de manutenção ou rotina

Os testes de fábrica são realizados por fabricantes de relés ou por usuários quando selecionado um novo tipo de relé para uma determinada aplicação. Neste estágio, todas as funções do relé devem ser testadas a fim de verificar se a funcionalidade do algoritmo e características do dispositivo atende as especificações do sistema. Nos novos sistemas de automação de subestação digitais a importância da comunicação e da capacidade da função distribuída exige um completo FAT em cada sistema, antes de ser enviado à subestação de destino. FAT deve incluir todos os IEDs, Unidades de Controle Central e dispositivo de comunicação do projeto. O FAT deve englobar o protocolo de comunicação configurado em relação ao Sistema de Controle de Rede e a conexão com o nível de disjuntor (o último simulado). Esta abordagem é geralmente adotada pelas principais empresas de transmissão e distribuição (Petrini, 2009).

Os testes de aceitação local ou comissionamento tem o objetivo de verificar o correto funcionamento do sistema de proteção na instalação antes de entrar em funcionamento. Durante o SAT todas as funções do sistema e conexões devem ser testadas. Esse teste é realizado com a parametrização e ajustes finais de operação do sistema testado e é uma pré-condição para a colocação em operação do sistema. Tendo em vista as severas limitações para disponibilidade de partes significantes da subestação em um dado momento, a única possibilidade de teste completo da unidade de algumas funções distribuídas pode ser no SAT. Isto se deve ao fato de que após não será possível colocar simultaneamente todos os equipamentos de interesse em modo de manutenção (no caso de remodelação da subestação pode também não ser possível colocar em modo de manutenção todos os equipamentos ao mesmo tempo durante o SAT). O correto funcionamento de todo o esquema de proteção pode ser testado com testes sistêmicos, por exemplo, como o teste ponta-a-ponta em linhas de transmissão.

Testes de manutenção ou rotina são realizados periodicamente ou quando o relé sofrer alguma intervenção,

como alteração de ajustes e atualizações de firmware. O objetivo é verificar a correta operação do relé minimizando os riscos de maus funcionamentos. Geralmente apenas executados para IEDs de proteção. Neste nível o impacto das funções de auto diagnóstico tem a maior influencia na manutenção moderna para dispositivos secundários. As funções de auto diagnóstico dos IEDs numéricos oferece a oportunidade de reduzir a maioria das manutenções planejadas (Petrini, 2009). As características culturais e níveis de aprimoramento técnico entre as empresas podem resultar em diferentes filosofias de teste (Araujo, 2006), por exemplo:

- Realização de teste de funções de proteção discretas, direcionando cada sinal de cada função diretamente para a saída do relé ou teste de elementos combinados direcionando a operação resultante de diferentes elementos pra uma única saída.
- Realização de teste completo após uma atualização de firmware ou considera-se suficiente confiar nas informações do fabricante;

Além disso, a empresa pode incorporar testes baseados na experiência histórica de falhas nos equipamentos, criando um modelo de padronização otimizado.

Dispositivos de Teste

Em sistemas convencionais, o controle, monitoramento e funções de proteção são dados por requisições funcionais, sua implementação pelo estado da arte na tecnologia na época da instalação. Contém sistemas de comunicação proprietários diferentes para cada fabricante, modelos de dados não padronizados e sem descrição formal do sistema. Portanto, todos os dados da auto supervisão e identificações de revisão (se existir) são proprietários e podem ser diferentes de fornecedor para fornecedor e até de IED para IED (Bass, 2009). Para o teste de um relé eletromecânico ou microprocessado convencional, o equipamento de teste deve simular uma sequência de estados, realizando mudanças dinâmicas nas grandezas analógicas através de suas saídas de tensão e corrente ou reprodução de eventos reais ou eventos gerados em softwares de simulação configurando um teste transitório. Ao mesmo tempo o equipamento deve monitorar as saídas do relé em teste a fim de detectar as mudanças dos estados simulados (disparo, partida, bloqueio, etc.) e avaliar o desempenho desse IED (Paulino, 2006). A figura 1 mostra o esquema do teste descrito.

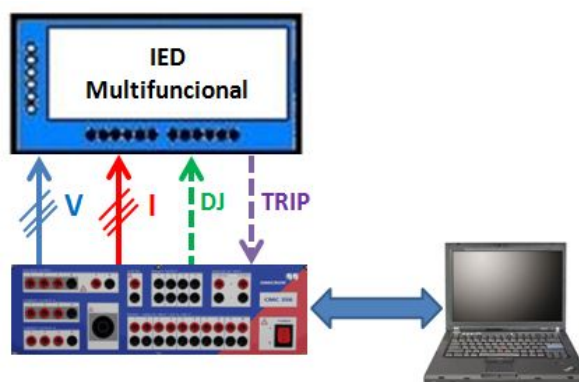


Figura 1. Esquema de ensaio de um relé convencional

Com a implementação da comunicação via rede baseada na norma IEC61850 e o uso de mensagens GOOSE para eventos de comando e controle, o sistema de teste deve ser capaz de efetuar a medição dessas mensagens. A norma IEC 61850 com seus modelos de dados e linguagem de descrição da configuração da subestação (SCL) fornece muitos benefícios para a vida útil da manutenção dos sistemas de automação de subestação. Fornece dado para manutenção que são padronizados por todos os fornecedores e serviços.

Poderosa auto verificação e – se necessário – testes avançados por modos de testes padronizados e ferramentas de teste avançados baseados no arquivo de descrição da configuração do sistema (SCD) permitem adquirir o atual status de saúde do sistema de automação de subestação. A norma IEC 61850 facilita também a extensão da subestação ou do sistema e a substituição de alguns componentes durante a vida útil (Bass, 2009). A figura 2 mostra uma configuração de teste para uma implementação parcial das soluções com comunicação baseada na IEC61850.

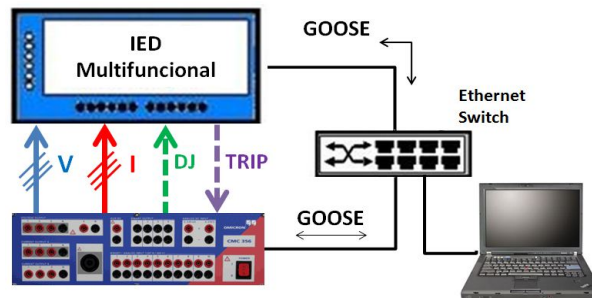


Figura 2. Teste funcional em IED baseado na IEC61850 com mensagens GOOSE e disparo via fiação convencional.

Neste caso a conexão do IED multifuncional com o processo é similar aos métodos convencionais, com a adição das mensagens via rede. Todos os equipamentos com interface de comunicação devem ser conectados à rede da subestação como mostrado a seguir. A figura 3 mostra a bancada de teste utilizada neste trabalho.

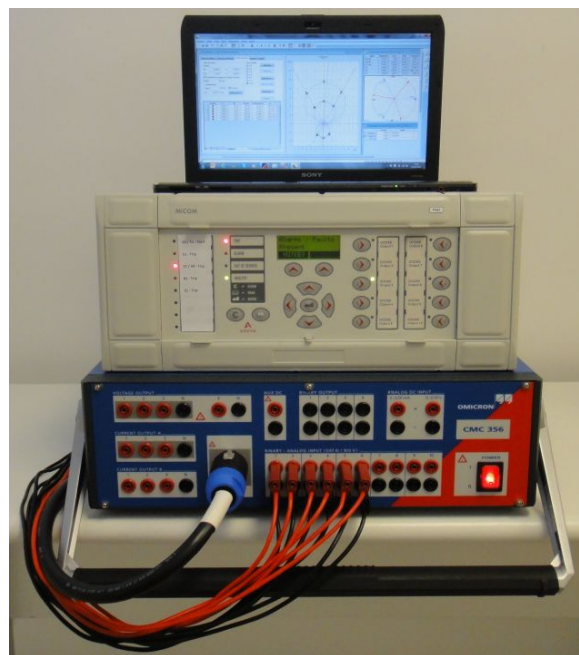


Figura 3. Bancada de testes com equipamento de teste CMC356 Omicron e IEDs baseado na IEC61850 (Micom P443).

Possibilidades de Padronização dos Testes

A modernização dos equipamentos de teste proporcionou novas possibilidades de teste. Novos sistemas necessitam de novas habilidades: Não mais apenas proteção e relés, mas também comunicação, software e configuração. Podem ser utilizadas diferentes filosofias de teste, diferentes métodos e procedimentos, influenciados pelas habilidades dos testadores, por exemplo. Isto aumentou a necessidade de padronização dos testes, garantindo a repetibilidade dos procedimentos utilizados. Como vantagens da padronização dos

testes têm (Carvalheira, 2009):

- Economia tempo para o desenvolvimento do teste.
- Como os planos de teste incluem procedimentos iguais, a qualidade pode ser controlada e melhorada.
- Facilidade na troca de informações entre os membros da equipe de teste. Com a mesma formatação do teste, com a mesma ordem e conteúdo.
- Conhecimentos da empresa podem ser adicionados à padronização.

Entretanto, a unificação dos testes pode ser realizada em diferentes níveis. Assim, dois tipos de padrões principais podem ser diferenciados, sendo eles um padrão para testes de funções dedicadas e um para testes dedicados à esquemas de proteção, como proteção de linha para altas tensões, por exemplo. A determinação de um plano de teste pode ser exemplificada para a função de proteção diferencial de transformador, através do roteiro:

- Configuração do teste;
- Teste de Pick-up;
- Teste da Característica de Operação;
- Teste do Tempo de Operação;
- Teste de Restrição Harmônica.

Este padrão pode conter loops de falha, dados do transformador ou combinações destes que devem ser testadas. Ainda são definidos o número e a posição dos disparos de teste. Com o aumento da importância da padronização dos procedimentos nas empresas, pode-se acrescentar:

- Informações gerais sobre o teste, como identificação do teste, dados do sistema sob teste, regras de segurança, etc.
- Conexão do equipamento de teste pode ser padronizada para atender a todos os relés.
- Integração dos testes da comunicação.
- Testes com disjuntor.
- Unificação do protocolo de teste.

Assim, o desenvolvimento do padrão para o procedimento de teste depende da filosofia empregada pelo projetista do teste. Entretanto, independente da filosofia de teste aplicada, existem ferramentas de engenharia que oferecem possibilidades de padronização e documentação, auxiliando o desenvolvimento dos testes. Essas ferramentas, com o uso de equipamentos e softwares de testes, permitem o desenvolvimento dos padrões. Além disso, os padrões podem ser customizados a fim de atender os requisitos culturais das empresas.

Modelos e Biblioteca de Relés na Padronização dos Testes

Apesar de determinada função de proteção ser a mesma, os dados da parametrização desta função são diferentes para cada relé, ou seja, a forma e a nomenclatura com que esses dados são apresentados e descritos são diferentes para cada relé, para cada fabricante. Soma-se a isso a grande quantidade de dados da parametrização de um relé numérico multifuncional. Isto determina que a equipe de teste trabalhe com diversas nomenclaturas, gastando tempo para assimilar as alterações em cada relé. Uma solução para ajudar na padronização dos testes é a utilização de modelos dos relés a serem testados, direcionando os dados para teste de acordo com a parametrização original do relé.

No desenvolvimento deste trabalho, foram utilizados modelos de relés do software OMICRON Test Universe. O software consta com uma vasta biblioteca de relés de proteção, nomeada de PTL (*Protection Testing Library*), ou Biblioteca de Testes de Proteção. A concepção desta biblioteca foi determinada para

fornecer soluções de teste para relés numéricos. Além da padronização, a biblioteca ajuda os usuários a analisar o comportamento do relé (Fong, 2010). Esta biblioteca consta com mais de 240 modelos de relés e este número aumenta cada mês (Vandiver, 2011). Independente de se tratar de uma única função ou de um relé multifuncional, um modelo da PTL contém:

- A transferência manual ou automática de ajustes do relé diretamente do software do fabricante do relé;
- Um modelo de teste que suporta diferentes variantes do relé sob teste. Os resultados de teste são automaticamente avaliados baseados nas tolerâncias sugeridas pelo fabricante do relé.
- O cálculo automático das características de operação em relação aos ajustes do relé.
- Um relatório de teste é gerado automaticamente.
- Um manual de usuário com informações úteis para o teste dedicado do relé.

Modelos de teste e conversores customizáveis para necessidades e testes individuais.

Para realizar a transferência manual ou automática dos ajustes do relé para o ambiente de teste são utilizados conversores dedicados às configurações específicas para cada relé. Esses conversores são chamados de XRIO (eXtended Relay Interface by OMICRON). Uma vez importados os dados do relé, é proposto um modelo de teste através de um plano de testes padronizado, customizado e com relatório já configurado. Isto é possível com o uso de um recurso do software de teste chamado Modelo de Teste de Proteção, ou PTT (Protection Testing Template). Os PTTs são uma sugestão do fabricante do software de teste de como os relés devem ser testados (IEEE, 2002). Entretanto, a padronização sugerida pode ser alterada, adaptando os conversores XRIO da biblioteca do usuário conforme sua necessidade.

Adaptação do Conversor XRIO

A estrutura do conversor XRIO é dividida em duas partes:

- Seção parâmetros do relé;
- Informações adicionais;

As características do relé são automaticamente calculadas de acordo com a parametrização dada. Outras partes do conversor não devem ser alteradas pelos usuários. A figura 6 mostra a estrutura do conversor XRIO da biblioteca PTL, de um relé 7UT613 Siemens, mostrando a parametrização do elemento diferencial do relé.

Ime	Nome	ID Diferente	Descrição	Valor	Unidade
✓	87 SLOPE 1	1241A	87 Slope 1 of Tripping Characteristic		0,25
✓	87 BASE POIN	1242A	87 Base Point for Slope 1 of Charac.		0,00 I/nO
✓	87 SLOPE 2	1243A	87 Slope 2 of Tripping Characteristic		0,50
✓	87 BASE POIN	1244A	87 Base Point for Slope 2 of Charac.		2,50 I/nO
✓	I-REST_STAR	1251A	87 I-RESTRAINT for Start Detection		0,10 I/nO
✓	START-FACTO	1252A	87 Factor for Increas. of Char. at Start		1,0
✓	T START MAX	1253	87 Maximum Permissible Starting Time		5,0 sec
✓	I-ADD ON STA	1261A	87 Pickup for Add-on Stabilization		4,00 I/nO
✓	T ADD ON STA	1262A	87 Duration of Add-on Stabilization		15 Cycle
✓	87 CROSS AD	1263A	87 Time for Cross-block Add-on Stabiliz.		15 Cycle

Figura 6. Modelo XRIO da biblioteca PTL para o relé 7UT613 Siemens.

Os conversores XRIO contêm as configurações do relé na mesma estrutura apresentada no software do fabricante do relé. Estes conversores estão disponibilizados na biblioteca PTL, e já se apresentam previamente preenchidos pela parametrização do fabricante do relé. Além disso, o XRIO pode ser exportado de softwares de alguns fabricantes de relés e importados no plano de teste PTT, sem necessidade de adaptações.

Adaptação do Modelo de Teste PTT

Os planos de teste disponibilizados são preparados para testar diferentes parâmetros e ajustes dos relés. Esta automação é realizada com um modelo que apresenta todas as parametrizações de todas as funções disponíveis no relé. A adaptação do PTT será necessária para alteração da faixa de teste ou a maneira de realização do teste, dependendo da necessidade do usuário ou das características parametrizadas em um determinado relé. Trata-se de uma ferramenta fácil de ser utilizada, sendo possível (Carvalheira, 2009):

- Excluir módulos de teste desnecessários;
- Alterar os pontos de teste pré-definidos;
- Copiar novos módulos de teste;
- Inserir novos módulos de teste.

Os módulos de teste disponíveis são softwares dedicados para cada função de proteção específica, contendo suas particularidades de ajustes e cálculos automáticos. Por exemplo, existem módulos específicos para a função de proteção diferencial, distância, religamento, sobrecorrente, entre outros. Com isto, é possível realizar testes padronizados e automatizados de maneira rápida e fácil.

Exemplos de Aplicação

Foram realizados testes padronizados e automatizados no IED MiCOM P443 utilizando o software de teste e a biblioteca PTL. O IED, apresentado na figura 5, oferece as funções de proteção de linha (Alstom, 2011). O sistema de teste automatizado deverá ser capaz de simular todas as interfaces com o objeto a ser testado (IED), ou seja, tem que gerar as tensões e correntes de entrada do relé, simulando as saídas de transformadores de corrente e potencial, e realizar a leitura das saídas do relé para o disjuntor ou outro objeto de controle / manobra, tanto pelo tradicional contato por fiação rígida ou por mensagens de rede do tipo GOOSE baseadas na IEC61850. Desta forma, o teste poderá ser avaliado automaticamente, obtendo um comparativo entre a resposta esperada e a obtida. Para tal feito, é necessário inserir corretamente as informações de parametrização do relé no sistema de teste além as informações do próprio teste. Neste exemplo, foi detalhada a função de proteção ANSI 21, a proteção de distância aplicada em linhas de transmissão.

Parametrização do IED

O teste do IED não se resume apenas na verificação de suas interfaces físicas como entradas analógicas e saídas digitais, por exemplo, mas também deve ser testada a unidade lógica com a parametrização de trabalho deste dispositivo. Esta parametrização é elaborada de acordo com os cálculos da proteção do sistema elétrico, seus parâmetros e condições específicas. Estas informações são obtidas no projeto do sistema de proteção.

Para efetuar a parametrização do equipamento de proteção, ou seja, adequar sua unidade lógica aos parâmetros específicos do sistema a ser protegido, faz-se necessária a utilização do software de parametrização do fabricante do IED. O software utilizado neste caso foi o MiCOM S1 Studio. Neste

software foram ajustados todos os parâmetros necessários para as funções de proteção utilizadas no IED.

Foi utilizado, como exemplo, somente a proteção de distância, embora todas as outras funções também estejam parametrizadas. Na figura 7 é apresentada a tela do software com a parametrização da função de proteção de distância. Nela pode-se notar os grupos de parâmetros necessários para esta função. Em “Group 1 Line Parameters” ajusta-se os parâmetros referentes à linha de transmissão que se deseja proteger, como por exemplo, o tamanho da linha, sua impedância e ângulo. O “Group 1 Distance Setup” é utilizado para habilitar ou não as zonas de atuação da proteção, determinando inclusive a característica da proteção (Mho ou Quadrilateral). Em “Group 1 Dist. Elements” é parametrizada a característica de proteção propriamente dita, com ajustes para alcance, ângulo e sensibilidade dos elementos de proteção.

Nome	Valor	Unidade
Z1 Ph. Reach	5.020	Ohm
Z1 Ph. Angle	86.00	deg
Z1 Sensit. Iph>1	375.0	mA
Z2 Ph. Reach	9.420	Ohm
Z2 Ph. Angle	86.00	deg
Z2 Sensit. Iph>2	375.0	mA
Z3 Ph. Reach	10.00	mOhm
Z3 Ph. Angle	86.00	deg
Z3' Ph Rev Reach	3.200	Ohm
Z3 Sensit. Iph>3	250.0	mA

Figura 7. Parametrização do MiCOM P443.

Modelagem do IED no software de Teste - PTL

De posse da parametrização da função do IED a ser testada é necessário inserir esses dados na ferramenta do sistema de teste para que seja efetuado o teste e a avaliação automática corretamente. Neste trabalho foi utilizado o modelo do IED P443 disponível na biblioteca de relés PTL (Protection Testing Library) do Software Omicron Test Universe. Este modelo (conversor XRIO), quando incorporado no sistema de teste, trás todos os ajustes e informações necessárias para a efetivação correta do teste.

O modelo ainda permite o registro e uso de cada particularidade definida pelo fabricante de IED, ou seja, o teste já se encontra configurado para a lógica de atuação do determinado IED em teste. Para isso são inseridos, no conversor RIO, os dados da parametrização do IED, com os ajustes específicos do seu objeto protegido. O software de teste OMICRON Test Universe oferece uma interface bastante amigável e intuitiva para o ajuste do teste de acordo com a parametrização do relé. Os parâmetros apresentados no modelo do relé neste software obedecem à mesma ordem e possuem o mesmo nome dos parâmetros apresentados no software do fabricante do IED. Ainda, os mesmos limites de valores são disponibilizados, não permitindo a inclusão de ajustes fora da tolerância do IED.

GROUP 1 DIST. ELEMENTS					
Ime	Nome	ID Diferente	Descrição	Valor	Unidade
✓	Z1 Ph. Reach	3202	Z1 Ph. Reach	5.0200	Ohm
✓	Z1 Ph. Angle	3203	Z1 Ph. Angle	86	°
✓	Z1 Sensit. Iph>	3209	Z1 Sensit. Iph>1	0.375	A
✓	Z2 Ph. Reach	3210	Z2 Ph. Reach	9.4200	Ohm
✓	Z2 Ph. Angle	3211	Z2 Ph. Angle	86	°
✓	Z2 Sensit. Iph>	3217	Z2 Sensit. Iph>2	0.375	A
✓	Z3 Ph. Reach	3220	Z3 Ph. Reach	10.0000	Ohm
✓	Z3 Ph. Angle	3221	Z3 Ph. Angle	86	°
✓	Z3' Ph Rev Rea	3222	Z3' Ph Rev Reach	3.2000	Ohm
✓	Z3 Sensit. Iph>	3228	Z3 Sensit. Iph>3	0.250	A

Figura 8. Modelo XRIO da biblioteca PTL para o relé MiCOM P443.

A figura 8 mostra o modelo da PTL, exatamente com a mesma ordem, nome, unidade e valores dos ajustes do software do fabricante. Estes parâmetros estão evidenciados nas colunas à direita da figura. Com isto, é

notória a redução do tempo gasto no preparo do teste e o aumento da sua confiabilidade.

Teste do IED

Com o IED parametrizado e o sistema de teste já configurado, inclusive com os planos de impedância já definidos através do conversor XRIO, pode-se prosseguir definindo os pontos que devem ser testados sobre o plano de impedância. Por se tratar de um software de teste automático, a verificação das características de proteção é realizada de forma gráfica, utilizando planos de teste com a característica de proteção. O objetivo deste teste é determinar o exato alcance das zonas individuais aplicando sinais de falta ao longo de uma linha de busca sobre o plano de impedância com a característica parametrizada no IED.

Os resultados com valores de impedância encontrados são mostrados no plano de impedância. Comparações automáticas dos valores nominais e os resultados do teste são realizados. O teste executa injeções de sinais de tensão e corrente relativos à impedância determinada pela localização no plano de impedâncias e avalia, em tempo real, se o resultado está conforme as tolerâncias previamente estabelecidas no modelo XRIO ou não, exibindo um resultado visual de fácil entendimento. A figura 9 apresenta o teste da proteção de distância simulando uma falta A-B-C, utilizando a característica Mho configurada no modelo XRIO. Todos os pontos foram aprovados (estão com uma “cruz” verde), ou seja, a parametrização teórica do relé condiz com o esquema de proteção executada pelo IED, dentro de suas tolerâncias (linha tracejada ao redor da característica).

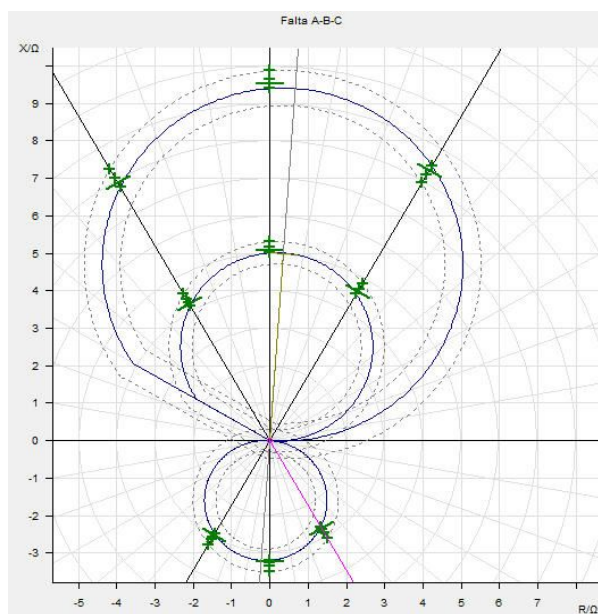
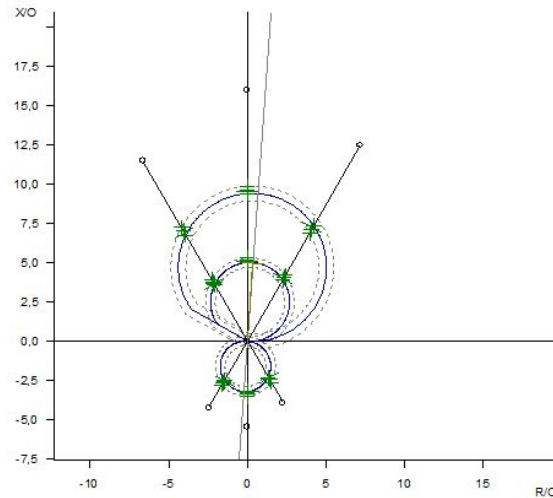


Figura 9. Teste da função distância (fase) do MiCOM P443.

Teste de busca: Tipo de falta A-B-C

Zona	Z real	Phi atual	R atual	X atual	Quant. Avaliada.	Nom.	Desv.	Resultado
Zone 1 Phase	4,594 Ω	60,00 °	2,297 Ω	3,979 Ω	Z	4,512 Ω	1,827 %	Aprovado
Zone 2 Phase	8,334 Ω	60,00 °	4,167 Ω	7,217 Ω	Z	8,467 Ω	-1,568 %	Aprovado
Zone 1 Phase	5,083 Ω	90,00 °	0,000 Ω	5,083 Ω	Z	5,008 Ω	1,501 %	Aprovado
Zone 2 Phase	9,515 Ω	90,00 °	0,000 Ω	9,515 Ω	Z	9,397 Ω	1,256 %	Aprovado
Zone 1 Phase	4,206 Ω	120,00 °	-2,103 Ω	3,642 Ω	Z	4,162 Ω	1,062 %	Aprovado
Zone 2 Phase	7,949 Ω	120,00 °	-3,974 Ω	6,884 Ω	Z	7,810 Ω	1,783 %	Aprovado
Zone 3 Phase	2,917 Ω	-120,00 °	-1,459 Ω	-2,526 Ω	Z	2,876 Ω	1,424 %	Aprovado
Zone 3 Phase	3,230 Ω	-90,00 °	0,000 Ω	-3,230 Ω	Z	3,192 Ω	1,177 %	Aprovado
Zone 3 Phase	2,697 Ω	-60,00 °	1,348 Ω	-2,335 Ω	Z	2,653 Ω	1,648 %	Aprovado



Estado do teste:
Teste aprovado

Figura 10. Relatório de Teste Automático Avaliado.

Após executado o teste, os resultados e as respectivas avaliações são incorporados em um relatório gerado automaticamente. Informações detalhadas são disponibilizadas neste relatório, como toda a parametrização testada, dados do equipamento de teste, os gráficos do teste, além de tabelas contendo os pontos testados, valores nominais, valores reais, desvio e o resultado da avaliação, como na figura 10. O exemplo apresentado mostra que, utilizando uma base sólida de modelos de relés como a PTL, do Software OMICRON Test Universe, é possível aperfeiçoar, melhorar e padronizar os testes em relés de proteção e, ao mesmo tempo, minimizar os esforços de preparação do teste.

3. Conclusões

A modernização dos relés, antes eletromecânicos e atualmente digitais multifuncionais, resultou no aumento considerável da complexidade destes equipamentos. Acompanhando a mesma tendência, os testes destes dispositivos também evoluíram. Porém, da mesma maneira dos relés, a complexidade dos testes aumentou, possibilitando maior controle do usuário e requisitando ajustes adicionais e melhor preparação do responsável pelos testes. Os procedimentos de teste e as ferramentas apresentadas oferecem uma excelente solução visando à confecção de planos de testes automáticos e padronização destes testes. Utilizando a biblioteca de testes apresentada, a PTL, o testador confecciona um teste rapidamente, de maneira padronizada, levando-se em consideração as peculiaridades de cada IED e função testada, minimizando a influência cultural e necessidade de conhecimento prévio do equipamento sob teste. Adicionalmente promove o registro dos resultados já avaliados em relatórios automáticos e padronizados, além de estabelecer modelos para testes futuros no mesmo tipo de IED testado. Isto implica em uma excelente economia de tempo em todo processo de avaliação do sistema de proteção.

4. Referências bibliográficas

ALSTOM, “MiCOMho Alstom P443, P445 and P446,” ALSTOM, [Online]. Available:

[http://www.alstom.com/grid/solutions/Substation-automation-system/protective-relays/MiCOMho - Alstom-P443-P445-P446/](http://www.alstom.com/grid/solutions/Substation-automation-system/protective-relays/MiCOMho-Alstom-P443-P445-P446/). [Acesso em 07 12 2011]

Araujo C., Horvath F., Mack J. e Co., “A Comparison of Line Relay System Testing Methods,” by National Grid Co.; FPL Seabrook Station, and Schweitzer Engineering Laboratories Inc., Setembro 2006.

Bass, W.; Brand, K. P.; Herzig, M.; “Life-time Maintenance Strategies for SA Systems today and tomorrow”, Study Committee B5 Colloquium, October 2009.

Carvalho, E.; Albert, M.; Janke, O.; OMICRON, “PTL: A Solid Basis for Building Customized Line Protection Test Standards,” OMICRON International Protection Testing Symposium, 2009

Bastigkeit B., OMICRON, “How a library of Relay Specific Test Templates Can Support the Protection Engineer,” OMICRON International Protection Testing Symposium, 2007

Giuliant A. T., “ATG Exodus,” [Online]. Available: [http://www.atgx.com/nssfolder/dynamicrelaytestingpaper/dynamic state relay testing.doc](http://www.atgx.com/nssfolder/dynamicrelaytestingpaper/dynamic%20state%20relay%20testing.doc). [Acesso em 06 Dezembro 2011].

IEEE Power Systems Relays Committee Report, “A Survey of Relay Test Practices,” Janeiro 2002

Fong P., Sequence Instrument; Albert M., OMICRON, “Efficient, Easy and Standardized Testing of Electromechanical Relays by Using a Library of Test Templates,” OMICRON International Protection Testing Symposium, 2010.

Paulino M. E. C., “Testes de IEDs Baseados na IEC 61850”, Anais do SBSE 2006 – Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos, - Campina Grande–PA, Brasil, 2006.

Petrini M., Lopez de Viñaspre A., Loukkalahti M., Leitloff V., “The impact of digital technology on the maintenance of Substation Automation Systems”, Study Committee B5 Colloquium, October 2009.

Schwabe S., OMICRON, “New Approach to Simulation Based Type Testing of Protection Relays,” OMICRON International Protection Testing Symposium, 2011

Vandiver B., “More than 240 Relay Models Included,” OMICRON Magazine, vol. 2, n. 1, pp. 16-17, 2011