



**GRUPO VIII  
GRUPO DE ESTUDO DE SUBESTAÇÕES EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS - GSE**

**O MERCADO MUNDIAL EXIGE SECCIONADORES CONFIÁVEIS**

<b>Jean Altwegg *</b>	<b>Ferruccio Dianin</b>	<b>Peter Kirchesch</b>	<b>Ulrich Stracke</b>
<b>AREVA T&amp;D</b>	<b>AREVA T&amp;D</b>	<b>AREVA T&amp;D</b>	<b>AREVA T&amp;D</b>

**RESUMO**

Pressionadas pelos consumidores e pela concorrência, as empresas fornecedoras de energia elétrica são obrigadas a disponibilizar um produto de qualidade crescente a um preço cada vez menor. Portanto, elas automatizam as suas redes. O número de subestações desassistidas, com equipamentos acionados remotamente, vem crescendo. Os equipamentos de manobras devem ser cada vez mais confiáveis. Não é mais aceitável a presença de um operador na manobra de seccionadores para confirmar suas posições. A confiabilidade dos seccionadores deve alcançar os níveis dos demais equipamentos de manobra, mesmo com leve aumento de custo. O artigo analisa cada item julgado importante para atingir o objetivo.

**PALAVRAS-CHAVE**

Seccionadores, subestações, subestações desassistidas, confiabilidade, disponibilidade.

**1.0 INTRODUÇÃO**

As grandes redes elétricas desenvolveram-se no decorrer da suas respectivas histórias a partir de uma multidão de pequenos fornecedores de energia, isolados, cujos objetivos eram de fornecer energia para uma determinada localidade ou região. Hoje os sistemas estão interligados e a sua operação está sendo estendida através de regiões, nações e, em breve, cobrirão todos os continentes. Centros de despacho de energia serão otimizados a fim de assegurar a continuidade do fornecimento em conjunto com maior controle do fluxo da carga. Em todos os países desenvolvidos centros de despacho com intercomunicação direta estão localizados em pontos estratégicos da rede. Desses centros, as ordens são enviadas aos operadores das subestações. Nas instalações desassistidas os equipamentos de manobra podem ser acionados diretamente pelos centros de despacho.

Não há dúvidas que em um futuro próximo mais e mais equipamentos de subestação serão acionados remotamente, a fim de reduzir custos de mão de obra e para assegurar rápida mudança da configuração do sistema, quando essa mudança é necessária. Porém, deve ser mencionado que essa maneira de operar, de forma remota subestações de AT e EAT, com poucos ou mesmo sem nenhum operador, exige um alto grau de confiabilidade de todos os equipamentos de manobra envolvidos. Esta preocupação com a confiabilidade não foi sempre tão grande, no passado, principalmente no caso de seccionadores.

O equipamento de manobra mais comum é o disjuntor. Disjuntores estão em menor número que os seccionadores, são mais sofisticados e sempre foram projetados mais cuidadosamente, porque sempre foram considerados como o equipamento mais importante para a segurança do sistema. Atualmente eles são mais confiáveis que a maioria dos seccionadores. A razão é simples, os disjuntores não têm a finalidade de manobrar linhas somente, eles são utilizados na interrupção de faltas. Sua operação é de extrema importância, para restringir a área afetada pela

falta e para evitar danos em equipamentos importantes. Por esse motivo nas últimas décadas, os fabricantes de equipamentos de subestação concentraram seus investimentos na pesquisa e desenvolvimento de disjuntores.

Outro importante equipamento de manobra da rede elétrica é o seccionador. Sua aplicação é isolar dielectricamente uma parte do circuito de alta tensão a fim de permitir que os trabalhos de manutenção sejam executados com segurança na área desenergizada da rede. As regras de segurança da subestação exigem que um seccionador aberto mostre de forma visível a interrupção física do circuito. Portanto a filosofia do seccionador desde o início sempre esteve associada a presença do operador que durante, ou depois de cada operação podia verificar a posição e a condição do seccionador mesmo que ele fosse controlado remotamente.

Devido as razões acima mencionadas, os seccionadores sempre foram considerados equipamentos simples com menos conteúdo tecnológico do que disjuntores. Essa análise errada permitiu o aparecimento no mercado de muitos fabricantes que criaram seus produtos copiando os disponíveis no mercado. Na sua maioria estes concorrentes não dispõem do conhecimento tecnológico necessário, nem de uma organização de pesquisa e desenvolvimento, ou instalações para ensaios. Em consequência, os seus equipamentos são menos confiáveis já que detalhes importantes foram copiados sem o necessário conhecimento a respeito. Desta forma eles conseguem reduzir os seus custos devido à economia em pesquisa, desenvolvimento e engenharia vendendo produtos menos confiáveis a preços baixos. Os usuários sofrem com os resultados destas economias:

- aquecimento dos contatos principais;
- seccionadores desregulados depois de poucas operações;
- quebra das cordoalhas interligando os diversos componentes das partes ativas;
- corrosão;
- travamento ou quebra de elementos dos seccionadores que permaneceram numa mesma posição por meses;
- problemas com os contatos auxiliares.

Quanto custam estes transtornos? De fato, se o seccionador é um equipamento de manobra quase tão importante que o disjuntor, deve-se dar mais importância à especificação técnica deste aparelho. Quando os disjuntores modernos têm as suas partes ativas e os seus contatos isolados do ar ambiente, num ambiente controlado (a maioria, hoje, com pressão de gás SF<sub>6</sub>), as partes ativas e os contatos dos seccionadores são quase sempre expostos as agressões do ar ambiente, umidade, poluição, etc. Isso é mais um motivo para que seja dada uma atenção particular aos detalhes construtivos dos seccionadores.

## 2.0 - PROJETO, FABRICAÇÃO E ENSAIOS

O projeto e fabricação de seccionadores seguros e confiáveis exigem conhecimentos que somente podem ser adquiridos após décadas de trabalhos e investimentos, combinando um intenso trabalho de pesquisa e desenvolvimento e o retorno de informações de campo obtidas através de uma aproximação entre a fábrica e o usuário, assegurada por um sistema de assistência técnica eficiente. A busca da melhoria constante dos produtos somente pode ser obtida nestas condições. Um observador externo não dá sempre a devida importância a este profundo conhecimento tecnológico, já ele não aparece numa análise superficial.

São disponíveis diferentes tipos de seccionadores tais como mostram os exemplos da Figura 1:

- Projetos com caminhos verticais para a corrente (semi pantográfico e pantográfico)
- Projetos com caminhos horizontais para a corrente (abertura central, vertical, lateral e dupla abertura lateral).

por todo o mundo, principalmente por razões históricas, com alturas ou a distância entre fases as mais diversas. Existem elementos comuns e outros bem diferentes nesses projetos.

O usuário espera uma vida útil do equipamento de 30 a 40 anos sem problemas na operação e com reduzida manutenção. Para assegurar esse objetivo, diferentes aspectos do projeto têm que ser cuidadosamente considerados e ensaiados com os métodos mais avançados. Citamos a seguir alguns exemplos:

- Utilizando-se na fabricação somente materiais resistentes à corrosão assegura-se uma operação livre de problemas mesmo sob condições climáticas extremas ou poluição industrial muito alta. Corrosão é um dos problemas mais importantes que pode ocorrer e implica a necessidade de manutenções freqüentes.
- São necessários sistemas de contatos de projeto avançado, capazes de conduzir correntes de curto-circuito elevadas, a fim de suportar a solicitação das forças eletromagnéticas durante o curto circuito. Isso requer um conhecimento detalhado de como as forças agem, especialmente para correntes que fluem por condutores paralelos em ângulos diferentes. A utilização de um programa de computador, desenvolvido pelo próprio fabricante, calcula as forças eletrodinâmicas, assegura a precisão no projeto dessas peças.

Muitas concessionárias exigem contatos especiais protegidos contra poluição atmosférica, maresia, pó, areia, gelo e inacessíveis aos pássaros, tanto na posição aberta com na posição fechada e mesmo no tempo reduzido necessário para a manobra do seccionador. A Figura 2 mostra um seccionador semi pantográfico provido destes tipos de contatos. Neles tanto os contatos fixos como os contatos móveis permanecem em compartimentos sempre fechados, entreabrindo somente nos instantes da inserção ou extração dos contatos. Mais de uma década de experiência com diversos modelos de seccionadores providos deste tipo de contatos, instalados no Brasil e no mundo, comprova que estes compartimentos protegem os contatos de forma eficiente reduzindo de forma significativa a necessita manutenção.



FIGURA 1 – Diferentes projetos de seccionadores

- Esta variedade de projetos é necessária para atender as diferentes filosofias de projeto de subestações, existindo
- Sistemas de contatos auto-limpantes evitam danos aos contatos devido à elevação do atrito que é causada pela realização de muitas operações sob diferentes condições. Para os contatos serem auto-limpantes é necessária a seleção de material especial em conjunto com um profundo conhecimento dos processos de prateação e lubrificação.
- Deve dar-se uma importância particular aos elementos da parte ativa que assegurem a passagem da corrente entre duas partes móveis. As soluções escolhidas determinam o grau de confiabilidade do seccionador. Em seccionadores de abertura central e semi pantográficos principalmente, quando o projeto do seccionador permite é sempre melhor usar conexões flexíveis de alumínio laminado e soldadas. A corrente circula por um caminho de alumínio contínuo livre de manutenção e de corrosão. Somente em projetos específicos, sistemas de contatos rotativos livres de manutenção combinados com mancais lubrificados para a vida tornam possível realizar milhares de operações mecânicas sem necessidade de serviços de manutenção. Deve sempre estar atento a energia necessária para operar o seccionador que, se for muito elevada, causaria sobrecarga no motor e redutor. O uso de graxas especiais é absolutamente necessário para se obter bons resultados.



FIGURA 2 – Seccionadores semi pantográficos de 550 kV

- Sistemas avançados para assegurar o correto engate dos contatos são essenciais para evitar a abertura do seccionador durante o curto-circuito. Nesse caso haveria um arco elétrico que não poderia ser apagado pelo próprio seccionador e resultaria na destruição total do equipamento.
- Redutor lubrificado para a vida, livre de manutenção, sem possibilidade de giro reverso, intertravamento eletro mecânico, proteção do circuito do motor, invólucro IP 54 (melhor ainda se for feito em aço inoxidável) atualmente são requisitos mínimos.



FIGURA 3 – Condições severas de neve – Seccionadores na Noruega

- Operação confiável sob extrema condição de peso de gelo exige projeto cuidadoso para fornecer proteção ao sistema de contato e às alavancas ou barras de transmissão críticas. De outra maneira o seccionador não poderia ser operado devido à elevada força mecânica que seria necessária. Figura 3.
- As exigências sísmicas têm que ser definidas claramente, e terão grande impacto não somente na escolha dos isoladores de porcelana, mas também no projeto das bases e das partes vivas (penetração dos contatos). Mesmo que métodos de cálculos avançados (MEF: método de elementos finitos) ajudem a produzir o projeto correto das principais partes estruturais, o único meio de se comprovar a eficácia do projeto é o ensaio na mesa vibratória. Figura 4.



FIGURA 4 – Secionador 245 kV em ensaio sísmico

- Para assegurar com confiabilidade a penetração ou separação ou manutenção dos contatos na posição fechada, mesmo sob condições climáticas variáveis, tais como bruscas variações de temperatura, ventos ou elevadas cargas mecânicas nos terminais, os secionadores devem ser montados em bases e estruturas suporte rígidas e travadas para resistir a torções ou flexões.
- O dimensionamento dielétrico detalhado assegura que qualquer emissão eletromagnética no nível de rádio frequência seja mínimo a fim de evitar perturbações em outros equipamentos elétricos nas redondezas. As solicitações freqüentes de customização dos secionadores tornam necessários o uso de programas avançados de cálculo e disponibilidade interna de facilidades para a realização de ensaios de RIV e corona.
- Durante o processo de fabricação os componentes devem ser produzidos por máquinas com controle numérico para minimizar desvios das dimensões especificadas. Isso assegura a precisão exigida e a intercambiabilidade de partes, se necessário.

A necessidade de preencher o critério acima mencionado requer não somente grande experiência das pessoas envolvidas no processo de fabricação, mas também modernas instalações para a realização de ensaios para permitir que as características projetadas sejam comprovadas no laboratório. Isso inclui ensaios ambientais (variações de temperatura, gelo, poluição), ensaios mecânicos (resistência, carga de flexão, sísmicos). Os resultados destas medições são indispensáveis para tomar algumas importantes decisões. Ensaios dielétricos e de potência completam o programa de testes.

Os secionadores devem obrigatoriamente atender todas as exigências relevantes das normas nacionais e internacionais. Isso tem que ser confirmado por séries de ensaios de tipo com base nas edições mais recentes das normas. Os procedimentos de ensaios corretos, assim como os ajustes dos circuitos de ensaios, exigem grau de conhecimento significativo, que é específico para esse tipo de equipamento elétrico.

### 3.0 - MONTAGEM E TRANSPORTE

Embora os dados estatísticos a respeito das falhas em secionadores sejam sistematicamente registrados pelos operadores das redes, esses dados não são divulgados (poucos operadores têm registros disponíveis, e o CIGRÉ SC A3 WG6 planeja fornecer essa informação em 2007), há uma indicação que as falhas mecânicas são preponderantes, juntamente com o aquecimento das partes vivas, circuitos de baixa tensão e falhas de sinalização. Sabe-se que problemas ocorrem devido a danos mecânicos durante o transporte e montagem no campo, e portanto mais cuidado no transporte e montagem trarão redução da taxa de falhas.

Para o transporte os secionadores têm que ser divididos em conjuntos menores, mais fáceis de serem transportados. Os componentes completamente montados e ajustados devem ser embarcados embalados e devidamente travados para transporte. As instruções para armazenagem também devem ser respeitadas se os secionadores não forem montados imediatamente após chegarem ao campo.

A montagem e comissionamento obrigatoriamente serão executadas por especialistas a fim de assegurar instalação segura e satisfação a longo prazo. Itens da montagem e transporte são freqüentemente subestimados e isso leva a falhas em serviço

#### 4.0 - ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DO USUÁRIO

O papel do usuário, ou do seu projetista, também contribui de forma determinante a aumentar confiabilidade dos seccionadores a serem adquiridos. A ele cabe definir, na sua especificação técnica, de forma clara as condições para as quais os equipamentos deverão ser construídos e os acessórios que deverão equipar os mesmos. Para isso ele deve lembrar que para aumentar a confiabilidade de um equipamento é preciso reduzir no mínimo o número dos seus componentes, substituindo por exemplo

- dedos de contos aparafusados individualmente por um peça única, mais sofisticada, comportando todos eles;
- eliminando, sempre que possível, mecanismos complicados necessários para o travamento das partes ativas dos seccionadores e de suas facas de aterramento tais como os que permitem executar movimentos de translação seguidos de rotação para travar as lâminas principais de seccionadores de abertura vertical ou dupla abertura lateral. Ao exemplo do que foi utilizado para aumentar a confiabilidade dos disjuntores, hoje fabricantes utilizam a energia dos próprios fenômenos que podem ocorrer numa rede elétrica como sinergia para combater os esforços aos quais são submetidos os seccionadoras. Por exemplo hoje, existem seccionadoras com contatos de entrada direta, que permanecem fechadas, mesmo quando desacopladas dos seus comandos.

Uma atenção particular também deve ser dada na especificação dos acessórios dos seccionadores. Expressões como chifres devem ser evitadas, já que esta designação esconde várias funções bem diferentes umas das outras para as quais existem dispositivos específicos, normalizados mais apropriados. O chifre, quando encobre problemas de projetos, é também mais um elemento que pode exigir uma manutenção periódica necessitando uma desenergização do equipamento.

Quando as lâminas principais ou as facas de aterramento devem manobrar em condições especiais as mesmas devem ser claramente identificadas para que o seccionador seja provido dos dispositivos necessários, sem os quais ele poderá ser danificado durante as operações. As principais condições mencionadas são:

- para as lâminas principais: pequenas correntes indutivas ou capacitivas - correntes de comutação;
- para as facas de aterramento: correntes induzidas.

Para este último caso deve também ser determinado se a faca de aterramento deverá ser provida de um dispositivo que permita a manobra da chave sem arco voltaico ou não, já que a influência do dispositivo sobre os intervalos de manutenção é grande. Figura 5.



FIGURA 5 – Lâmina de terra com dispositivo especial para manobra de correntes induzidas elevadas sem arco voltaico

#### 5.0 - ASPECTOS FUTUROS

A tendência para as subestações totalmente desassistidas levam inevitavelmente a exigência de equipamentos de manobra extremamente confiáveis. Atualmente os disjuntores, que já são extremamente confiáveis, estão sendo aperfeiçoados ainda mais para atender essa exigência. A fim de alcançar esse objetivo seccionadores que são três vezes mais numerosos nos sistemas, do que disjuntores, no sistema elétrico também precisam alcançar elevados níveis de confiabilidade. Como dissemos, isso não era necessário no passado, mas agora é necessário que os seccionadores alcancem ou superem os disjuntores no que diz respeito a confiabilidade, e exigências reduzidas de manutenção. Esse fato deve ser encarado por fabricantes e usuários mesmo se for ao preço de custo adicional devido a otimização dos projetos e melhorias no sistema da qualidade. Deve-se ter em mente que os custos de um black out ou de qualquer desligamento são muito mais elevados. No futuro os seccionadores devem receber a necessária atenção a fim de que ao menos tornem-se tão confiáveis como os disjuntores, ou até mais confiáveis. Para que essa meta seja atingida a qualidade é preponderante. Cada aspecto do processo deve ser verificado, desde a pesquisa e desenvolvimento inicial, passando pelo projeto, chegando a produção, comissionamento e serviços de pós venda. Fornecedores confiáveis têm papel importante juntamente com a realização das manutenções nos intervalos previstos.

Sistemas de monitoramento e diagnósticos que supervisionando o estado do seccionador também podem auxiliar a obter melhor confiabilidade. As versões mais sofisticadas destes sistemas de monitoramento permitem de detectar problemas ocorrendo durante a manobra das chaves ou até em certos casos de programar um manutenção preditiva do equipamento. São sistemas de monitoramento on-line:

- os seus preços são em geral elevados quando comparados com os custos dos seccionadores
- freqüentemente eles não permitem o acompanhamento em tempo real das operações em função da falta de capacidade das linhas de comunicações em transmitir os dados a uma velocidade aceitável.

Mas não é necessário ter um sistema muito sofisticado. Já que é suficiente somente controlar os parâmetros principais tais como: posição final atingida, corrente do motor, etc. Figura 6. Em futuro próximo, será possível utilizar um sistema de diagnóstico portátil para verificar a correta instalação e ajuste de cada seccionador no campo, comparando as saídas com aquelas registradas durante os ensaios de tipo e de rotina.

**Vale lembrar que nenhum sistema de monitoramento permite eliminar os transtornos provocados nos sistema por seccionadores de má qualidade ou especificadas de forma errada.**

Finalmente, informações adicionais em relação a falhas devem ajudar a entender as causas de falhas, e fornecem subsídios aos engenheiros de projeto. As atividades do CIGRÉ citadas anteriormente são consideradas de extrema importância na luta para elevar a confiabilidade das redes elétricas para satisfação dos operadores do sistema, fabricantes e usuários.

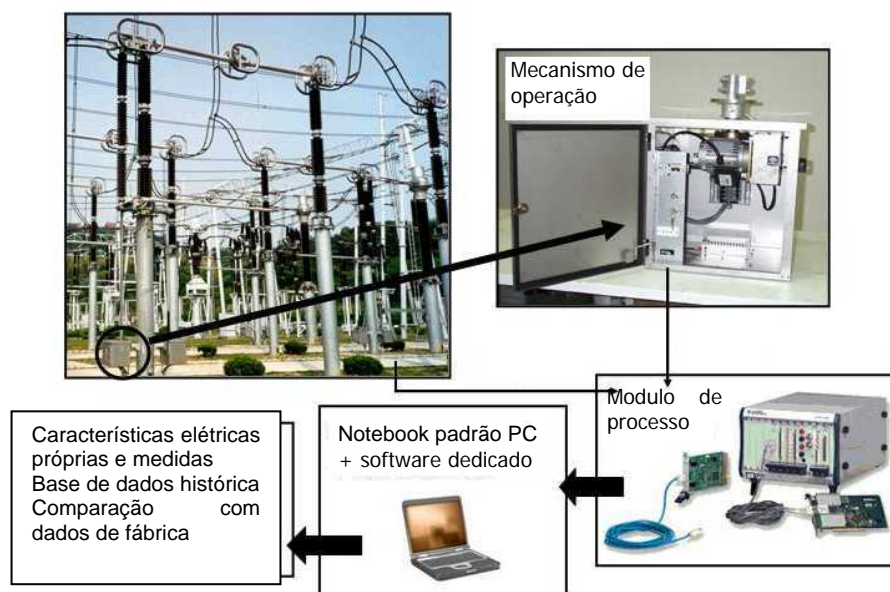


FIGURA 6 – Fluxo de dados do monitoramento

## 6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) FRATE, G., New views of the isolator as a determinant component of present-day and future open-type switching stations. IEEE - session - 23-26 September 1985.