



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

GMI - 22
16 a 21 de Outubro de 2005
Curitiba - Paraná

**GRUPO XII
GRUPO DE ESTUDO DE ASPECTOS TÉCNICOS E GERENCIAIS DE MANUTENÇÃO EM INSTALAÇÕES
ELÉTRICAS - GMI**

ANÁLISE DOS CUSTOS DE MANUTENÇÃO DE SUBESTAÇÕES DE 138 kV

Carlos Augusto do A. Fontanella *

COPEL TRANSMISSÃO

RESUMO

A escolha de um determinado tipo de subestação deve levar em consideração aspectos de confiabilidade e manutenibilidade e os custos de manutenção. Esta avaliação dos custos de manutenção pode ser baseada em quantidade de homens-hora aplicados por equipamento ou em um rateio do orçamento de custeio entre todas as subestações da empresa. Apresentamos uma estimativa de custo de manutenção para quatro alternativas de subestações de 138 kV, com arranjo tipo "anel aberto" e também uma análise das características de cada alternativa, aonde se destacam as vantagens de uma subestação abrigada, em especial das subestações blindadas e isoladas a gás SF₆.

PALAVRAS-CHAVE: Subestação a Gás SF₆, Subestação Compacta, Manutenção, Custos.

1.0 - INTRODUÇÃO

Para a escolha de um projeto para a construção de subestações de alta tensão existem atualmente diversas configurações e tecnologias disponíveis, sendo possível optar, entre outras, por subestações blindadas e isoladas a gás SF₆ (SIG), subestações convencionais e subestações compactas, ao tempo ou abrigadas.

Ao se analisar estas alternativas para a implantação de uma subestação, é dado maior destaque aos aspectos mais críticos do empreendimento, ou seja: a área a ser utilizada e os custos iniciais, porém para se definir todas as condições econômicas, é necessário levar em consideração o custo global de toda a vida útil da instalação e também aspectos de confiabilidade, disponibilidade e recursos operacionais.

Cabe às áreas de Manutenção fazer a análise das características técnicas, operacionais e das condições de manutenibilidade dos equipamentos propostos e apresentar um comparativo de custos de manutenção das diversas alternativas.

Este trabalho tem como objetivo analisar algumas destas opções de subestações, sob a ótica da Manutenção, apresentando estimativas de custos para todo o ciclo de vida.

Os custos apresentados são baseados nos dados da COPEL e tem como objetivo fornecer uma estimativa da influência que as diferentes alternativas podem ter no custo global de uma subestação.

*Rua José Izidoro Biazetto, 158 - Bloco A - CEP 81200-240 - Curitiba - PR - BRASIL.
Tel.: (041) 331-3577 - Fax: (041) 331-3575 - e-mail: fontanella@copel.com

2.0 - CARACTERÍSTICAS DA SUBESTAÇÃO

Esta análise é referente a uma subestação a ser construída em uma região urbana, na tensão de operação de 138 kV, que é o nível de tensão com maior número de subestações no sistema da COPEL.

O arranjo previsto é do tipo “anel aberto” ou “H”, com três disjuntores para dois circuitos de linha de transmissão, um circuito de interligação e dois circuitos para transformadores, além do setor de 13,8 kV.

Este arranjo é adequado para subestações urbanas com limitações de espaço, subestações blindadas e isoladas a gás SF₆ ou subestações compactas.

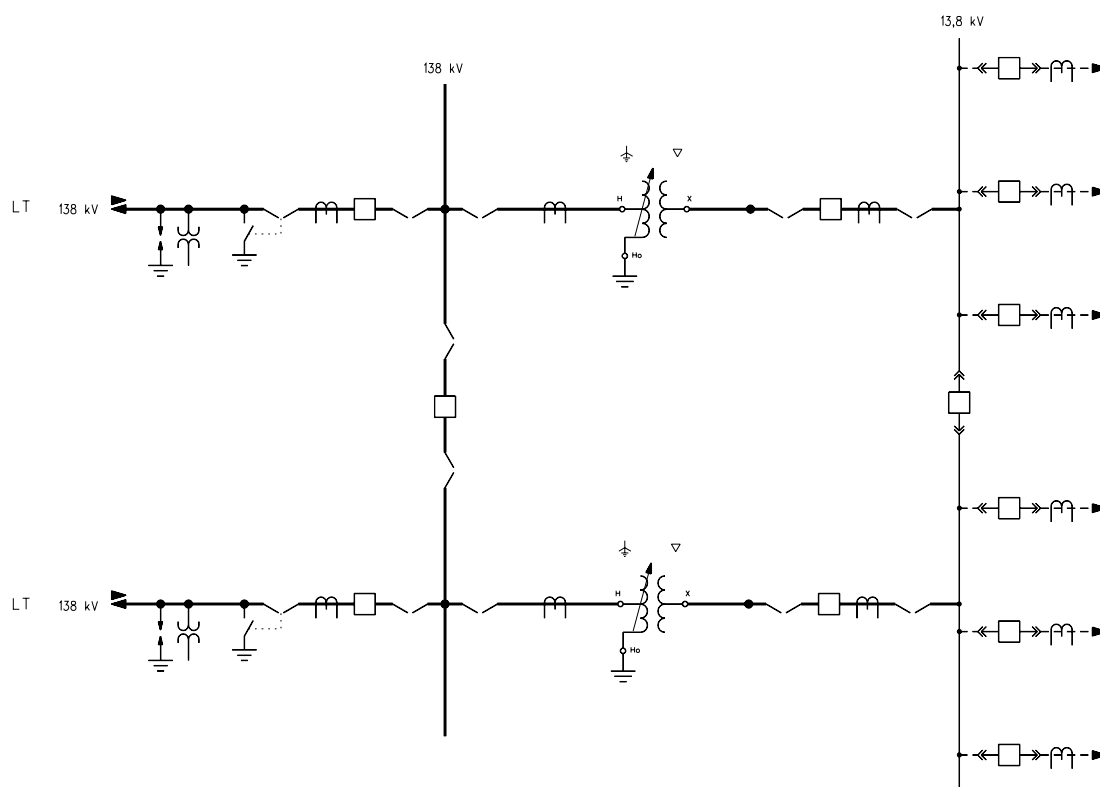


FIGURA 1 – Diagrama Unifilar - SE 138 kV - Anel Aberto

São analisadas as alternativas de subestações convencionais ao tempo, subestações convencionais abrigadas, subestações compactas abrigadas e subestações blindadas e isoladas a gás SF₆.

Dentro destas alternativas existe ainda uma variedade muito grande de novos equipamentos e tecnologias que poderiam ser utilizados e que teriam grande impacto nos custos de implantação e manutenção de uma instalação, como os sistemas de monitoramento, TC's eletrônicos e a integração de disjuntor e TC's ou disjuntor e seccionador num mesmo equipamento [1]. Como os TC's eletrônicos ainda não tem um uso muito difundido e os sistemas de monitoramento não diferem muito de um arranjo para outro, eles não estão sendo incluídos nesta análise.

Sob o aspecto dos recursos operacionais e de disponibilidade para a manutenção, devemos observar que a melhor opção para este nível de tensão, ainda é o arranjo com Barra Principal e Barra de Transferência, que deveria ser utilizado sempre que possível.

3.0 - CUSTOS DE MANUTENÇÃO

Os custos da manutenção anual de cada alternativa, na configuração prevista, foram calculados tendo como base uma planilha com os valores médios de homens-hora, por tipo de equipamento e classe de tensão, utilizados nas manutenções das subestações da COPEL. Deste modo obtivemos o total de mão-de-obra média anual estimada para uma subestação convencional ao tempo de 138 kV e calculamos os seus custos, considerando todos os componentes como: salários, encargos, fator de utilização de mão-de-obra, materiais de consumo e os demais itens de custeio.

Estes dados foram confrontados com os resultados de outro método, que utiliza uma unidade de referência, chamada Unidade de Manutenção, para fazer uma divisão por circuito de todo o custeio anual da empresa, relacionado à manutenção de subestações. Utilizando uma tabela que relaciona proporcionalmente a quantidade de Unidades de Manutenção aplicadas em todos equipamentos de cada tipo de circuito, nas diversas tensões de operação, obtivemos o total aplicado em todas as subestações da COPEL. Ao dividirmos o orçamento de custeio anual por este total é possível calcular o custo de uma Unidade de Manutenção. Com este valor calculamos o custo de manutenção para esta subestação específica de 138 kV, com dois circuitos de linha de transmissão, um circuito de interligação e dois circuitos para transformadores, além do setor de 13, 8 kV.

Esta confrontação de métodos contribuiu para uma melhor avaliação e definição de valores, que consideramos muito próximos do real.

Para efetuarmos comparações com o investimento inicial, os custos de manutenção em um período de 30 anos foram calculados para o valor presente, utilizando uma taxa de 10% ao ano, aonde obtivemos:

- Mão-de-obra aplicada anualmente na manutenção de uma subestação convencional ao tempo: 680 Hh
- Custo total de manutenção da subestação para um período de 30 anos: R\$ 782.000,00

A partir destes valores referentes a subestações convencionais ao tempo, fizemos alterações na planilha dos valores médios de homens-hora, visando adaptá-la para as demais alternativas de subestações. Foram consideradas neste trabalho as implicações que as diferentes tecnologias teriam na mão-de-obra aplicada nas manutenções dos equipamentos de manobra de alta tensão e transformadores de instrumentos, considerando que os transformadores de força, equipamentos em 13,8 kV e sistemas de proteção e controle são praticamente os mesmos para todas as alternativas.

Os resultados obtidos das estimativas de mão-de-obra e os respectivos custos de manutenção são apresentados a seguir:

TABELA 1 – Custos de Manutenção

	Mão-de-obra/ano (H.h)	Custo Total Atualizado (30 anos)	%
Subestação Convencional Ao Tempo	680	782.000,00	100%
Subestação Compacta Abridada	530	614.000,00	78%
Subestação Convencional Abridada	490	565.000,00	72%
Subestação Blindada Isolada a Gás SF6	440	510.000,00	65%

4.0 - ASPECTOS DE CONFIABILIDADE E MANUTENABILIDADE

Tendo como referência as características de uma subestação convencional ao tempo, fazemos a seguir uma análise das demais alternativas, iniciando com a subestação isolada a gás SF₆ que é considerada a melhor opção em termos de confiabilidade e baixo custo de manutenção.

Esta análise das subestações blindadas e isoladas a gás SF₆ (SIG) está baseada na experiência da COPEL, de mais de 20 anos na manutenção das subestações instaladas em Foz do Areia e Salto Caxias, com tensão nominal de 550 kV, na experiência de outras empresas e também nos trabalhos publicados internacionalmente sobre a confiabilidade e manutenibilidade de subestações blindadas.

De acordo com estes trabalhos [2, 3, 7], as subestações isoladas a gás de última geração têm apresentado um excelente desempenho em serviço, com alta funcionalidade e confiabilidade e com baixo custo operacional, comparativamente às subestações convencionais.

As pesquisas realizadas pelo CIGRE, com SIG's de todos os níveis de tensão e fabricadas nos últimos 30 anos, indicaram um Tempo Médio Entre Falhas de 84 anos. Para as subestações de projeto mais recentes o TMEF é mais que o dobro do que para as subestações mais antigas. Estes estudos também indicam que as taxas de falhas para SIG's de até 145 kV são vinte vezes menores do que para subestações de 550 kV.

Com estas informações podemos concluir que é extremamente baixa a probabilidade de que uma subestação isolada a gás de 138 kV, apresente uma falha de maior gravidade. Deste modo consideramos que os custos com manutenção para o período de 30 anos estarão concentrados somente em inspeções e nas manutenções preventivas e corretivas de pequena monta [6].

Já de acordo com os conceitos da Manutenção Baseada na Confiabilidade – MBC, estas manutenções preventivas tendem a deixar de ter um caráter periódico, para serem programadas em função de um acompanhamento das suas condições operacionais, tendo como subsídios, as inspeções, os ensaios e o monitoramento dos equipamentos, o que favorece a redução dos custos de manutenção.

Outro aspecto fundamental em uma subestação blindada, considerando também que seja abrigada, é que os equipamentos não são afetados pelas intempéries, ou seja: a chuva, o sol, a poeira e a umidade que contribuem para a degradação dos equipamentos [2, 4, 5], além da reduzida possibilidade da ocorrência de danos causados por animais e por vandalismo.

Espera-se também uma grande redução nos custos decorrentes do tempo gasto com manobras de isolamento da área, desconexão de equipamentos e restrições para execução de serviços devido às condições climáticas.

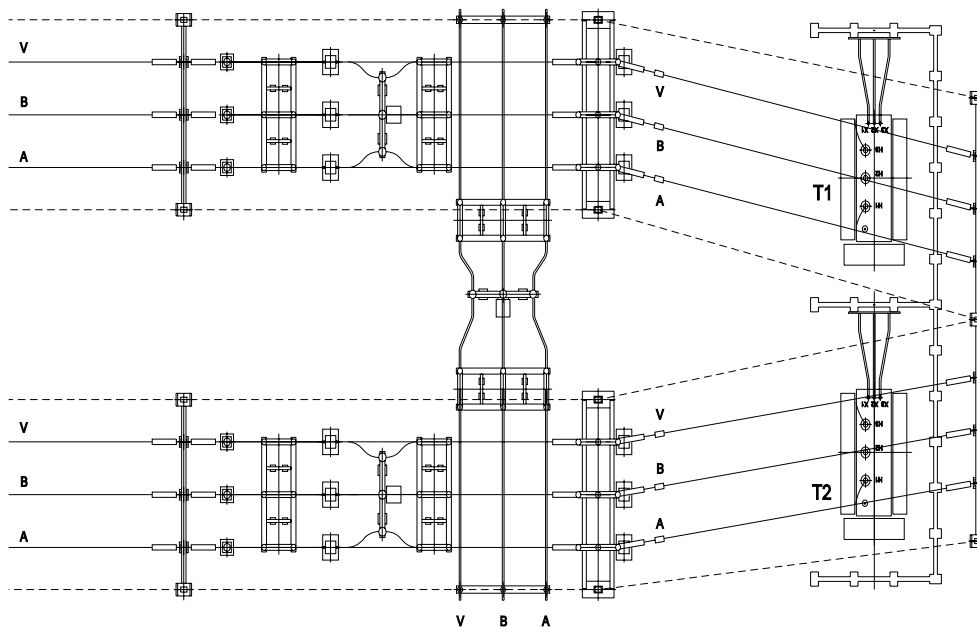


FIGURA 2 – SE Convencional ao Tempo – Setor de 138 kV

A redução nos custos de manutenção dos equipamentos de manobra e dos transformadores para instrumentos de alta tensão em subestações isoladas a gás é substancial em comparação com as subestações convencionais ao tempo. Porém ao se analisar o custo total de manutenção da instalação, deve ser levado em consideração que os

equipamentos de 13,8 kV terão as mesmas características, para as diferentes alternativas. Também os transformadores de potência a serem instalados devem ser semelhantes para todas as alternativas, ou seja, estes componentes não devem contribuir para a alteração nos custos de manutenção.

Considerando-se esta redução na mão-de-obra da manutenção, é possível estimar o custo para as subestações isoladas a gás SF₆.

A subestação convencional abrigada e a subestação compacta abrigada, também têm uma redução nos custos de manutenção, em relação à instalação ao tempo, pois contam com os benefícios da proteção contra intempéries, animais e vandalismo e da disponibilidade para manutenção com condições climáticas desfavoráveis. Estes custos estão situados entre os custos de manutenção da subestação convencional ao tempo e da subestação isolada a gás, sendo que para as subestações compactas, devem ser superiores devido a algumas dificuldades impostas as atividades da manutenção.

Isto ocorre em função de que nas subestações compactas mais utilizadas atualmente, com arranjos do tipo “anel aberto” ou “H”, a redução do espaço utilizado é obtida principalmente pela eliminação de alguns seccionadores convencionais de alta tensão e pela redução possível dos níveis de isolamento, não alterando substancialmente o espaço requerido pelos demais equipamentos da subestação. Com algumas diferenças entre fabricantes, normalmente é utilizado um disjuntor integrado com o seccionador ou com os TC's fazendo a função de suporte dos contatos fixos do disjuntor extraível. Deste modo permanecem os custos de manutenção dos contatos fixos e móveis e dos mecanismos necessários para o seccionamento, além de existirem algumas limitações para a manutenção, como por exemplo, a dificuldade para se obter as distâncias de segurança necessárias para a execução de manutenções e para os serviços em regime de Linha Viva. Em subestações com distâncias de segurança reduzidas, existem restrições para as intervenções em circuitos energizados, que são atividades com crescente aumento em todas as empresas, devido à necessidade de se manter a disponibilidade das instalações e às dificuldades para conseguir autorização de desligamento de circuitos críticos.

5.0 - CONCLUSÃO

Em relação às atividades da manutenção, as subestações blindadas e isoladas a gás SF₆ são certamente a melhor opção, devido à sua maior confiabilidade e ao menor custo de manutenção.

Nestas subestações, as atividades de manutenção referente aos equipamentos blindados devem se restringir a inspeções periódicas e a manutenções em mecanismos de acionamento, utilizando-se cada vez mais dos recursos de monitoração disponíveis.

Estes são fatores importantes, em função da crescente necessidade de aumentarmos a disponibilidade das instalações do sistema elétrico.

Porém, devido a seu custo inicial elevado, é o somatório dos diversos fatores técnicos e econômicos, bem como das vantagens estéticas da subestação abrigada em uma região urbana, que pode justificar a sua aquisição ou a opção por outra alternativa.

Em um período de 30 anos, é possível obter uma redução de 35% no custo total de manutenção de uma SIG de 138 kV, em relação a uma subestação convencional ao tempo. Para a subestação convencional abrigada e a subestação compacta abrigada, esta redução dos custos esta na ordem de 28% e 22 %, respectivamente.

É uma economia que pode representar entre 2% e 3% do investimento inicial e que contribui para redução do custo total do empreendimento.

Além dos custos de manutenção, outro fator que deve ser considerado na escolha da melhor alternativa, são os custos decorrentes da indisponibilidade de uma instalação ou de parte dela. De acordo com as novas regulamentações do Setor Elétrico Brasileiro, estes custos certamente serão altos devido a multas ou redução de receitas causadas por falhas e indisponibilidade de equipamentos. Por estes motivos, uma instalação com alta confiabilidade trará um maior retorno financeiro ao longo da sua vida operacional. A estimativa deste componente do custo total de uma instalação, para as diferentes configurações e tecnologias, é certamente um interessante trabalho a ser desenvolvido.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ALTWEGG, J.C.P et alli. Uma solução para as novas exigências econômicas e ambientais: Subestações Compactas. XVI SNPTEE, 2001.
- [2] ERIKSSON, A. ; PETERSSON, K.G.; KRENICKY, A. Experience with Gas Insulated Substations in the USA. IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 10, N. 1, 1995.
- [3] KNOBLOCH, H. More than 30 years of experience with sulphur hexafluoride in high-voltage switchgear. Siemens AG, 1996.
- [4] RECHE, C. J. et alli. SE's Abridadas com Barramentos simples e duplos: uma opção ao SF6. Eletricidade Moderna, Janeiro 1995.
- [5] MORAES E SILVA, J.M., Considerações sobre a utilização de Subestações Isoladas a Gás em lugar de Subestações Convencionais
- [6] ABB AG. Maintenance Strategy for GIS-Systems. Service Bulletin n. 2, 1992
- [7] MARTINS, H.J.A.; FERNANDES, V.R. GIS performance in the Brazilian system IERE Workshop on GIS, 1990.