

XV SEMINÁRIO NACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - SENDI 2002

Critérios Utilizados para a Conexão de Autoprodutores em Paralelo com o Sistema de Distribuição da CPFL- 15 /25 kV

M. Suzuki – CPFL, E. F. Senne – CPFL, H. Iwamoto - CPFL e P. C. Scarassati - CPFL

E-mail: msuzuki@cpfl.com.br

Palavras-chave – Co-Geração; Geração Distribuída; Critérios; Conexão; Distribuição.

Resumo - O objetivo do trabalho é mostrar o porque a CPFL estabeleceu critérios para a interligação de consumidores autoprodutores (com vendas de excedentes ou não) e produtores independentes em paralelo com o sistema de distribuição da CPFL, sob os aspectos de proteção contra faltas, qualidade de fornecimento, operação de paralelismo e fluxo de potência.

1. INTRODUÇÃO

A CPFL, está integrada em uma região de grande desenvolvimento, é uma das mais destacadas empresas concessionárias distribuidoras de energia elétrica que prestam um serviço essencial à população: distribuição de eletricidade. Atuando no interior paulista, ela distribui eletricidade para quase 8 milhões de pessoas, (população igual a de um país como a Áustria ou a Suíça), totalizando aproximadamente 3 milhões de clientes em 234 cidades. O seu raio de ação se estende por uma área geográfica superior a 90 mil quilômetros quadrados - 37% do território paulista (uma área equivalente a duas Dinamarca).

Individualmente, a CPFL distribui 20% de toda energia elétrica consumida no Estado de São Paulo e 6,5% de toda a eletricidade utilizada no Brasil, representando um mercado equivalente ao do Chile.

Estes números a colocam como a quarta empresa do setor elétrico brasileiro. Em 2001, a CPFL distribuiu cerca de 18,3 mil GWh.

Nos últimos três anos, segundo a ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica, a CPFL vem mantendo índices de eficiência e qualidade na distribuição de eletricidade, que a colocam como uma das melhores concessionárias distribuidoras do País.

Essa busca incessante por melhores resultados garantiram em 2000 o título de melhor distribuidora de eletricidade do Brasil, concedido pela ABRADDEE - Associação dos Distribuidores de Energia Elétrica do Brasil, entidade que reúne as 32 mais importantes companhias deste segmento do País e, em 2001 como melhor empresa em Gestão Operacional.

Outra premiação importante da CPFL foi a alcançada junto à Revista Eletricidade Moderna, em 2001. A CPFL ganhou a disputa como a melhor distribuidora de energia elétrica do Brasil.

A área de concessão da CPFL é sede tradicional de dezenas de usinas do setor sucro-alcooleiro, onde os processos de co-geração apresentam importante potencial de produção de energia elétrica excedente.

Sob a ótica da CPFL, a co-geração no setor sucro-alcooleiro assenta-se num plano onde pontificam as seguintes visões:

- é viável a curto prazo;
- os investimentos são realizados no próprio Estado de São Paulo, onde se localiza a área de concessão da CPFL;
- não sofre dependência climática tão dramática como a hidrelétrica, contracenando com esta;
- possibilita a parceria entre iniciativa privada e setor elétrico.

A CPFL é pioneira na aquisição de eletricidade proveniente da co-geração. Os primeiros contratos entre CPFL e co-geradores foram em 1987.

Como o objetivo da CPFL é ampliar o volume de energia elétrica comprada de autoprodutores, principalmente usinas do setor sucroalcooleiro, em Ago/2001, de olho no futuro e com previsão de alcançar 7% de participação da co-geração na energia distribuída até 2003, a CPFL lançou em grande estilo seu Programa de Estímulo à Co-geração.

2. CONCEITOS

2.1. Co-geração

A Co-geração, é definida como o processo de transformação de energia térmica de um combustível em mais de uma forma de energia útil.

As formas de energia útil mais frequentes são a energia mecânica e a térmica. A energia mecânica pode ser utilizada diretamente no acionamento de equipamentos ou para geração de energia elétrica. A energia térmica é utilizada diretamente no atendimento das necessidades de calor para processos, ou indiretamente na produção de vapor ou na produção de frio.

É uma tecnologia de otimização energética e de conservação de energia, sendo uma opção de geração descentralizada de energia elétrica, constituindo na forma de autoprodutor como produtor independente.

As fontes alternativas de produção de energia elétrica vêm se tornando cada vez mais viáveis economicamente e têm ocupado um espaço cada vez maior na matriz

energética nacional. A co-geração de energia elétrica através da utilização de biomassa, fruto da constante evolução tecnológica dos processos produtivos, gera energia elétrica limpa, compatível com o estágio atual de desenvolvimento da sociedade brasileira, extremamente exigente com os impactos ambientais decorrentes dos empreendimentos industriais.

Sob o ponto de vista empresarial, a comercialização de excedentes de energia elétrica tem se tornado um negócio altamente atrativo, notadamente no Setor Sucroalcooleiro, apresentando, em muitas situações, grande contribuição na constituição das receitas das empresas desse setor, com forte tendência de crescimento.

A Co-geração, teve o início de sua regulamentação através do decreto-lei nº 1.872, de 21 de maio de 1981 (apud INEE,1999), onde permitia aos concessionários de serviço público de eletricidade adquirir de autoprodutores de energia elétrica excedente por estes gerada, com a utilização de fontes energéticas que não empregavam combustível derivado de petróleo.

Com a nova regulamentação da Indústria da Eletricidade, a partir de 1995, surgiram novos agentes no setor, ficando estabelecida, através do decreto nº 2.003, de 10 de setembro de 1996, a nova regulamentação da produção de energia elétrica por produtor independente e por autoprodutor.

2.2. Sazonalidade

O consumidor do setor sucro-alcooleiro utiliza a energia elétrica de maneira sazonal, ou seja, depende da safra da cana-de-açúcar (que ocorre nos meses de Maio a Novembro), para movimentar seu complexo industrial.

Assim devido a essa característica, para efeito de Planejamento (dimensionamento de subestações, alimentadores e proteção), a concessionária, em princípio, deve considerar em seus estudos a demanda máxima da instalação, uma vez que a indústria pode demandar esse valor em casos de perda ou falha de seu sistema de geração, propiciando segurança para a indústria quanto à continuidade do processo produtivo. Por outro lado, a possibilidade de fornecimento eventual de maiores demandas em razão de perdas de co-geração implica, necessariamente, maiores investimentos da concessionária em seu Sistema de Distribuição, sem que haja retorno de capital investido, uma vez que é esporádico o uso da capacidade adicional em indústrias com instalações de co-geração bem dimensionadas e com boa manutenção.

2.3. Reserva de Capacidade (antiga Demanda Suplementar de Reserva (DSR))

A Demanda Suplementar de Reserva, instituída em 31 de Dezembro de 1.985 pela Portaria 283 do DNAEE e atualizada para Reserva de Capacidade em 29/12/99 através da Resolução 371 que regulamenta o fornecimento adicional de energia elétrica a consumidores autoprodutores, para atender perda de geração própria em suas instalações. O consumidor que contrata Reserva de Capacidade tem garantias, mas está ciente de que o uso

constante e prolongado da reserva significa um expressivo aumento de seus gastos com a energia elétrica, uma vez que a tarifa de energia é substancialmente superior ao valor da tarifa correspondente à de sua classe de fornecimento.

O consumidor que não contrata a Reserva de Capacidade está ciente de que a concessionária pode interromper o fornecimento de energia elétrica, se a demanda registrada superar valores ao contratado para fornecimento firme.

Para a concessionária, o fornecimento da Reserva de Capacidade mediante contrato, propicia maior segurança para o Planejamento do seu sistema elétrico, com reflexos positivos quanto à racionalidade de investimentos futuros.

2.4. Aspectos Contratuais

Em Dezembro de 1.988, o DNAEE publicou a Portaria 246, onde a questão da comercialização de excedentes de energia de autoprodutores foi regulamentada. Esta Portaria estabeleceu as condições que propiciam as negociações de energia elétrica excedente de autoprodutores com as concessionárias do setor elétrico, dando oportunidade de opção por contratações de curto ou longo prazo.

Os aspectos mais importantes em que diferem as duas modalidades são o preço da energia e o prazo para vigência dos contratos. Na modalidade de longo prazo, o setor elétrico pode pagar um preço mais atrativo pela energia, cujo teto é o custo marginal de longo prazo da expansão de seu sistema de geração de energia elétrica, porém os compromissos assumidos para a venda de energia perduram por um prazo de dez anos. Já na modalidade de curto prazo, os contratos podem ser períodos até menores que um ano, porém o preço é o de curto prazo, definido nos planos de operação dos sistema interligado..

As concessionárias, como forma de dar continuidade à política de compra desses excedentes, vem praticando em suas negociações com autoprodutores uma condição intermediária e até mesmo como um “broker”, visto que a situação econômica do país e os questionamentos sobre a continuidade do Proálcool vêm impossibilitando que as usinas de açúcar e álcool assumam compromissos de longo prazo com venda de excedentes de energia elétrica, que, tradicionalmente, não é o produto desse setor.

Por outro lado, as contratações de curto prazo não vêm oferecendo atratividade econômica, uma vez que o preço praticado tem como base o custo marginal de curto prazo do setor elétrico.

2.5. Operação em Paralelo

A operação em paralelo, em regiões elétricas como a da CPFL, não terá atrativo se efetuada de forma “radial” e isolada dos Sistema Interligado, dada a baixa confiabilidade inerente dessa configuração operativa.

Por uma questão organizacional da CPFL, os requisitos para operação em paralelo foram definidos segundo o nível de tensão em que se dará o paralelismo, isto é, ou no nível de distribuição, onde as tensões nominais de

operação das redes podem ser de 11,9 kV, 13,8 e 23 kV, ou no nível de subtransmissão, onde as tensões nominais de operação das linhas podem ser 138 kV, 69 kV e 34,5 kV. A definição do nível de tensão se fará no ponto de interligação entre os sistemas da concessionária e do autoprodutor, em função da demanda de exportação e também do menor custo global do empreendimento.

Todos os requisitos técnicos de proteção visam garantir a integridade dos sistemas elétricos e equipamentos da Concessionária e do autoprodutor em ocasiões de defeitos.

Embora superficialmente, dado o enfoque principal do presente trabalho, pode-se mencionar os principais aspectos abordados no estabelecimento daqueles requisitos:

- forma de ligação dos transformadores de acoplamento dos turbogeradores à rede da CPFL;
- capacidade máxima de curto-circuito num ponto qualquer da rede de distribuição, estando os dois sistemas em paralelo;
- disponibilidade mínima de relés que garantam as várias funções necessárias à supervisão dos sistemas operando em paralelo;
- periodicidade mínima para realização de manutenções preventivas, com rotina de emissão de relatório por parte do autoprodutor;
- obrigatoriedade de observância às instruções operativas específicas, que constam do contrato de compra de excedentes, onde são regulamentados os procedimentos de manobra em condições normais e de emergência, critérios de comunicação, etc..

2.6. Estratégia de Comercialização

A questão da “oportunidade” da realização de contratos de co-geração é fator determinante para seu êxito, tanto em nível de concessionárias, em momentos de decisão de investimentos eventualmente postergáveis, como também em nível de autoprodutor, nas decisões quanto à ampliação ou reforma de suas instalações.

Portanto devem observar os seguintes aspectos de mercado:

- Exista mercado garantido, pelo menos, para o período correspondente à vida útil do projeto;
- custo da energia co-gerada seja competitiva com relação com a energia convencional, no horizonte da vida útil do empreendimento;
- Existam garantias de suprimento de combustível; e
- Não ocorram restrições ambientais à implantação e manutenção do empreendimento.

No entanto, a oportunidade muitas vezes colide com a lentidão do processo, naturalmente inevitável, seja pela superposição de tarefas, seja pela análise excessivamente conservadora de alguns, pela fragmentação do poder de decisão e execução decorrente do elevado número de elementos envolvidos.

A elaboração de política coerente pode, por conseguinte, ser afetada pela inércia de atuação, que equiivale a uma identificação inibidora de empreendimentos novos como a da co-geração.

O reconhecimento da necessidade de se ajustar a prática à linha diretiva, até mesmo para não comprometer a credibilidade desta – o que faria naufragar o melhor dos programas, deve ser motivo de especial atenção. Nesse ponto o processo de compra de excedentes de energia de autoprodutores deve ser equacionado de forma a envolver, nas empresas de energia elétrica, os órgãos ligados à engenharia de operação e distribuição, planejamento técnico, comercial e financeiro.

3. PONTOS DE ATENÇÃO COM CONEXÃO DE GERADORES EM PARALELO

Apresentaremos a seguir as preocupações que foram considerados para a definição de critérios para a conexão de autoprodutores em paralelo no sistema de distribuição da CPFL .

3.1. Preocupação dos Co-geradores/Autoprodutores

Os co-geradores necessitam proteger os geradores não somente para curto-circuitos, mas também para as condições de operação anormal, que são: super-excitação, sobre-tensão correntes desbalanceadas, frequências anormais, e stress no eixo do gerador por religamento automático dos disjuntores das concessionárias. Quando sujeitas a estas condições, podem ocorrer em alguns segundos, perdas e/ou falhas no gerador, e estes danos devem ser a maior preocupação dos co-geradores.

3.2. Preocupação da CPFL

3.2.1. Fluxo de potência:

Com a conexão de co-geradores em paralelo no sistema de distribuição, a CPFL se preocupa em manter a qualidade de fornecimento aos consumidores no mesmo alimentador a ser conectado o autoprodutor em paralelo com venda de excedentes.

3.2.2. Religamentos:

A CPFL necessita restabelecer o mais rapidamente possível a(s) subestação(ões) e/ou alimentador(es) / circuito(s) quando desconectados, e esse esforço é muito complicado tendo geradores de co-geradores ilhados atendendo cargas da CPFL. Religamento automático é universalmente o primeiro método adotado para restabelecer o atendimento aos consumidores o mais rapidamente possível. Havendo geradores no modo ilhado, complica o religamento automático, bem como o fechamento manual que requer a sincronização do(s) gerador(es) com carga ilhada com a fonte CPFL.

3.2.3. Power Quality:

Nível de Tensão e frequência, bem como as harmônicas podem não estar sendo mantidas dentro do padrão permissível pelo co-gerador ilhado atendendo os

consumidores da CPFL, assim podendo resultar em danos para os equipamentos destes.

3.2.4. *Segurança*

Com paralelismo poderá causar problemas técnicos ou de segurança para outros consumidores, a CPFL, ao próprio sistema elétrico e ao pessoal de operação e manutenção.

4. CRITÉRIOS ADOTADOS PARA CONEXÃO DE GERADORES

Será abordado agora, soluções que foram adotadas pela CPFL, de modo a manter o fornecimento de energia elétrica nos consumidores aos níveis de qualidade dentro do permissível determinado pela ANEEL e manter os indicadores de Qualidade para o atendimento dos consumidores ao longo do alimentador e também dos que estão conectados na mesma SE (subestação)

Levando-se sempre em consideração que a TOPOLOGIA do sistema elétrico foi concebida para o atendimento exclusivamente a cargas e que a conexão de pequenos geradores embutidos altera significativamente as configurações da região geo-elétrica considerada.

4.1. *Fluxo de Potência*

Nos geradores síncronos, praticamente, toda potência mecânica é transformada em potência ativa a ser gerada e a potência reativa depende da tensão a ser ajustada no gerador. Esta tensão é definida pela excitação no gerador, que, dependendo do ajuste, poderá funcionar, ora consumindo energia reativa (condição de subexcitação) ou ora fornecendo energia reativa (condição de superexcitação).

Nos autoprodutores/co-geradores, os geradores são normalmente adaptados de modo a operarem na tensão ideal (tensão nominal do gerador), gerando energias ativas e reativas necessários para as cargas próprias do processo.

Com a conexão de autoprodutores em paralelo com venda de excedente no sistema de distribuição, a CPFL preocupa-se com a continuidade de manter a qualidade de fornecimento aos consumidores adjacentes e também com o fluxo de potência ao longo do alimentador até a Subestação, considerando-se os seguintes parâmetros:

- Montante da demanda de exportação a circular no alimentador;
- Capacidade dos condutores e equipamentos;
- Necessidade da Reserva de Capacidade pelo co-gerador, na emergência e/ou no início da safra para iniciar a co-geração e a necessidade de operar como carga na entressafra.
- Considerar a variação da tensão na Subestação (banda do Regulador de Tensão);
- Manter a variação de tensão ao longo do alimentador entre + 3% e -5 % da tensão de operação;
- Considerar a variação de carga ao longo do alimentador e a curva de carga ao longo dos dias;

- Limitar o consumo da potência reativa pelo co-gerador em no máximo 20% da demanda de exportação;
- Limitar em 5%, a perda total ativa ao longo do alimentador para transportar o excedente de demanda do acessante até a Subestação da CPFL.

4.1.1. *Reserva de Capacidade(RC) e Carga na Entressafra*

Normalmente nos alimentadores que atendem os autoprodutores, estão adaptados como consumidores para a utilização de Reserva de Capacidade, hoje conhecido como Capacidade de Reserva, e também como carga na entressafra. Dependendo da localização do co-gerador a subestação da CPFL e da demanda contratada, é utilizado 1(um) banco de Reguladores de Tensão ao longo do alimentador e até mesmo um banco de capacitores automáticos no ponto de conexão.

4.1.2. *Demanda de Exportação*

A demanda de exportação é definida pelo autoprodutor que deseja se conectar em paralelo para a venda de excedente, porém esta viabilidade é verificada através da análise de fluxo de potência.

Dependendo da demanda de exportação pelo autoprodutor, será necessário fazer as adaptações adequadas ao longo do alimentador ou até mesmo construir um alimentador expresso, conectando-se no disjuntor 15/25 kV da Subestação da CPFL.

Com a conexão de autoprodutores em paralelo com o sistema de distribuição da CPFL, dependendo do montante de exportação, e considerando a tensão fixa nos geradores, onde é considerado ideal, teremos grande probabilidade de um consumo elevado de energia reativa pelo sistema do co-gerador.

4.1.3. *Fluxo de reativo*

Em geral, os geradores a serem conectados no sistema da CPFL, existem a possibilidade de operar com fator de potência de 0,8 indutivo a 0,8 capacitivo, e também, normalmente existem cargas próprias significativas com fator de potência indutiva próxima de 0,92 ou até menores, sendo alimentadas.

Por outro lado, nas subestações da CPFL, seria interessante que o fator de potência esteja superior a 0,92 indutivo, para evitar o pagamento de multas no ponto de compra.

Com a conexão de geradores em paralelo com venda de excedente, e considerando que o acessante tenha apenas a exportação sem consumo de reativo, o fator de potência na Subestação da CPFL, tende a piorar, pois o consumo de reativo pelos consumidores é a mesma e estaremos tendo uma redução de demanda ativa.

Para evitar o baixo fator de potência nas Subestações da CPFL, no ponto de conexão, estão sendo limitados ao máximo consumo de reativo em 20% da demanda de exportação, que corresponde ao fator de potência de 0,98 indutivo.

Assim, com a limitação de consumo de reativo pelo acessante, a opção para reduzir, dependendo do montante de exportação, seria o aumento de tensão nos geradores dos autoprodutores.

Na tabela I vamos mostrar o que acontece com o valor de fator de potência com a inclusão do co-gerador exportando 2 MW e 3 MW.

TABELA I
EXEMPLOS DE DEMANDAS NA SUBESTAÇÃO DA CPFL COM CO-GERADOR EXPORTANDO

Co-gerador	Demanda na Subestação	Fator de Potência
Com 0 MW	Potência Ativa: 5,0 MW Potência Reativa: 2,13 Mvar	0,92
Com 2 MW	Potência Ativa: 3,0 MW Potência Reativa: 2,13 Mvar	0,82
Com 3 MW	Potência Ativa: 2,0 MW Potência Reativa: 2,13 Mvar	0,70

4.1.4. Tensão

Em geral todas as Subestações da CPFL possuem Regulador de Tensão com ajuste preestabelecida, podendo oscilar dentro de uma faixa de modo a evitar muitas operações indevidas, assim, manter praticamente a tensão constante na saída dos alimentadores.

É necessário considerar que todos os consumidores, quando existirem, ao longo do alimentador venha a receber energia com tensão de operação, pré-definida, com variação superior até 3% e inferior até 5%.

Com a limitação do consumo de reativos, limite de tensão superior ao longo do alimentador e também pelo limite de tensão superior pelos geradores, existe casos em que são necessários adaptações ao longo do alimentador para permitirem o fluxo excedente de potência ativa pelo co-gerador até a Subestação da CPFL.

Para os autoprodutores, existem outras situações que devem ser consideradas, onde no período da entressafra, opera como carga e também no início da co-geração ou na emergência (Reserva de Capacidade), cuja demanda é elevada, onde teremos uma queda de tensão mais significativa. Diante do exposto teremos duas situações distintas onde a tensão é máxima quando estiver exportando o excedente e mínima quando estiver necessitando da Reserva de Capacidade.

4.1.5. Perdas

Perdas ativas, em alimentador expresso, é proporcional ao quadrado da corrente e ao comprimento do alimentador do autoprodutor a Subestação da CPFL. Assim outro fator limitante para a demanda de exportação pelo autoprodutor é a perda ativa a ser gerada ao longo do alimentador, uma vez que o ponto de medição, que é feito através do medidor de 4 (quatro) quadrantes, é normalmente localizado no acessante.

A CPFL teria o interesse de fluir todo o excedente de potência ativa do autoprodutor até o limite da capacidade do cabo, porém com perdas elevadas ao longo do

alimentador estaríamos elevando o custo da energia adquirida.

Para evitar a elevada perda do autoprodutor até a Subestação da CPFL, está sendo limitado em no máximo 5% da demanda de exportação, que corresponde a um rendimento de 95%.

4.1.6. Análise Final

Diante do exposto acima, para a definição do montante da demanda de exportação pelo sistema de distribuição da CPFL, é feito um estudo de viabilidade para fluir o máximo possível de energia ativa, utilizando todos os recursos possíveis existentes, considerando as limitações do consumo de energia reativa, tensão superior e inferior ao longo do alimentador, tensão superior fornecido pelos geradores e o montante de perdas ativa no alimentador.

Uma das providências a ser solicitada é a adaptação adequada no alimentador, através de recondutoramento ou mesmo até construir um expresso até a subestação da CPFL. Esta adaptação faz com que a impedância do circuito seja reduzida, e em conseqüência teremos a redução das perdas ativas e também na redução na tensão no ponto de conexão (nos terminais dos geradores), mantendo o fator de potência próximo de 1,0.

A partir de 2001, com a utilização de reguladores de tensão, no modo co-geração, permitiu o estabelecimento de novos parâmetros e critérios de trabalho, obtendo um controle de tensão adequado tanto no fluxo reverso, quanto no fluxo direto, no alimentador. Esta adaptação, com o incremento de reforço no alimentador, está possibilitando também a possibilidade de manter o fator de potência no acessante em torno de 1,0, com a tensão no gerador bem próximo do ideal (nominal do gerador).

Com esta tecnologia estamos propiciando a viabilização de mais co-geradores a conectarem no sistema de distribuição da CPFL. (Vide o perfil de tensão no ANEXO I)

4.2. Proteção e religamentos

Como a filosofia de proteção do sistema da CPFL foi desenvolvida para a distribuição de Energia Elétrica (15/25 kV), e necessita restabelecer rapidamente o sistema visando a qualidade do fornecimento de energia, utiliza-se religamentos automáticos nos disjuntores dos alimentadores e das Linhas de Transmissão e também nas Linhas de Distribuição.

Com a conexão em paralelo de geradores de autoprodutores no sistema de distribuição, a CPFL preocupa-se com as seguintes possibilidades:

- Religamento dos disjuntores da CPFL sobre o gerador do acessante caso o mesmo não tenha ainda desconectado do sistema. Este religamento poderá ocasionar stress ou mesmo danificar o gerador permanentemente, dependendo da condição que se encontra o sistema no momento do religamento;
- Manter níveis aceitáveis de confiabilidade, continuidade e qualidade de energia;

- Segurança aos demais consumidores e ao pessoal de operação e manutenção da CPFL;
- Quando ocorridos problemas nas instalações do acessante e equipamentos, não prejudique o fornecimento de energia elétrica da concessionária para os demais consumidores;
- Aumento dos níveis de curto-circuito no sistema elétrico;
- Alteração do alcance de algumas proteções;
- Alteração das condições de operação do Sistema Elétrico;
- Defeitos ou falhas no sistema de Subtransmissão (ramais que alimentam a Subestação de Distribuição da CPFL);
- Inversão da energia de exportação para o Sistema de Subtransmissão.

Os relés a serem implementados nas dependências do autoprodutor não garantem a saída de paralelo, quando houverem faltas ou defeitos na Subestação de Distribuição da CPFL e também no Sistema de Subtransmissão, que não garantem a segurança requerida.

Diante do exposto, é solicitado as adaptações adequadas tanto nas Subestações do autoprodutor como nas dependências da CPFL, visando a continuidade de fornecimento e também proporcionado a segurança aos geradores a serem conectados e aos que irão operar os ativos da CPFL.

4.2.1. Adaptações necessárias na Subestação do Autoprodutor

Com a conexão de gerador(es) em paralelo com sistema da CPFL, o autoprodutor deverá se preocupar com as proteções a serem instaladas (adequadas) no disjuntor de interligação e demais equipamentos que façam o paralelismo, de modo que o desfaça e o bloqueie prontamente sempre que ocorrer quaisquer distúrbios (curto-circuito, fase aberta, variação acentuada de tensão e/ou frequência, etc.) ao longo do alimentador até a subestação da CPFL (tronco e ramais), visando a preservação de suas próprias instalações.

O esquema de proteção do autoprodutor deverá ser suficientemente rápido, de forma a não prejudicar a operação do religamento automático de alta velocidade dos circuitos alimentadores do sistema da CPFL. Esta medida tem a finalidade de evitar que o sistema feche o paralelo fora de sincronismo, podendo danificar o gerador do autoprodutor, assim como minimizar o tempo de interrupção para os demais consumidores da CPFL.

A capacidade de geração do autoprodutor deve ser dimensionada para que nas condições elétricas mais desfavoráveis, as tensões e correntes de curto-circuito no sentido dos geradores para o sistema da concessionária, atinjam o mínimo necessário para que as proteções instaladas nos pontos de interligação possam operar com segurança.

O(s) gerador(es) do autoprodutor deve(m) ser removido(s) do paralelo através de disjuntor(es)

acionado(s) por relés secundários sempre que ocorrer uma anomalia (curto-circuito, queda de tensão anormal ou variação de frequência acentuada, falta de fases ou fase, etc.) no sistema elétrico da CPFL ou na própria instalação do autoprodutor, quando for impossível isolar o defeito por outros meios.

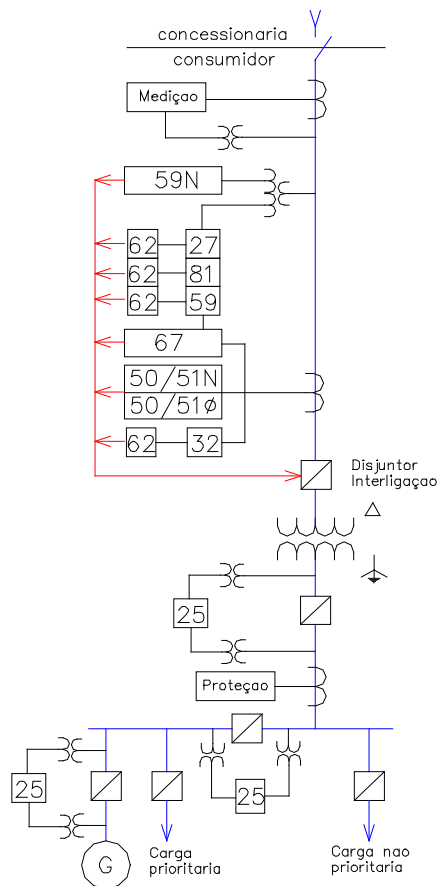
Quando trata-se de esquemas de proteção, é importante a definição de apenas um ponto de acoplamento entre o autoprodutor e a concessionária, visto a existência de mais um ponto acarretaria algumas dificuldades, como por exemplo, a abertura simultânea de vários pontos do sistema.

Definido o ponto de interligação, deve-se prever os equipamentos que irão garantir a proteção necessária para uma operação segura. É necessário colocar-se um religamento que assegure uma interligação confiável;

4.2.1.1 Critérios mínimos exigidas pela CPFL, para com o autoprodutor:

- Existência de um disjuntor de interligação localizado entre a instalação do autoprodutor e a CPFL;
- Os disjuntores, chaves seccionadoras e/ou qualquer equipamento de manobra que permita o paralelismo sem supervisão do relé de sincronismo deverão possuir intertravamento que evite o fechamento do paralelismo por meio destes;
- Não é permitido o religamento automático nos disjuntores que possam efetuar o paralelismo;
- A segurança do sistema, dependerá das ações corretas de todo a estrutura organizacional do autoprodutor;
- Autoprodutor deverá dotar o seu sistema elétrico de um eficiente esquema de rejeição das cargas não prioritárias e de abertura do(s) disjuntor(es) de paralelismo, a fim de que distúrbios de tensão, frequência e oscilações provenientes do sistema da CPFL não afetem as suas cargas prioritárias e os seus geradores;
- Paralelismo deverá ser com geradores trifásicos, 60 Hz;
- Todos os geradores do autoprodutor deverão estar ligados à rede primária através de transformador de isolamento. O transformador deverá ser conectado em triângulo (lado da CPFL) e estrela (lado do autoprodutor) isolando o(s) gerador(es) do autoprodutor, do sistema da CPFL;
- Utilização de proteções convencionais (67, 50/51, 50/51N, 27, 59, 59N, 32, 81,25) e ou substituição ou aplicação de proteção adicional em função da análise de demanda de exportação e contribuição de curto-circuito (67-51V ou 21), de tal maneira que, faltas, falhas, surtos atmosféricos, correntes de seqüência negativa excessivas ou outras perturbações na rede da CPFL não causem danos às suas instalações;
- Não utilização de chaves fusíveis entre o grupo gerador e o sistema da concessionária, inclusive nas Subestações.

4.2.1.2 Esquemas de Proteção do Autoprodutor



4.2.2. Adaptações necessárias na Subestação de Distribuição da CPFL

É fundamental esta adaptação, pois as proteções do gerador em paralelo (disjuntor de interligação) não consegue enxergar curto-circuito na Linha de Subtransmissão. Assim, as adaptações necessárias na Subestação da CPFL estão para complementar a proteção de autoprodutor, com o seguinte objetivo:

No caso de falta no sistema de subtransmissão, proteções adicionais para desconectar o disjuntor do alimentador onde seria conectado o autoprodutor em paralelo,;

Check de tensão na saída de alimentador (15/25 kV) onde seria conectado o autoprodutor em paralelo.

4.2.2.1 Proteções adicionais

É implementado um esquema de proteção de modo a, qualquer tipo de falta que possa ocorrer, seja na Linha de Subtransmissão ou no barramento que alimenta a Subestação da CPFL, seja na própria SE da CPFL, o disjuntor do alimentador, onde será conectado o autoprodutor em paralelo, seja desconectado. Dessa forma, temos a condição de proceder o religamento normal no sistema de Subtransmissão e dar continuidade de fornecimento, nos caso de defeitos transitórios.

Este esquema é constituído por relés direcionais – 67 (ou distância – 21, que pode ser aplicado como opção ou complemento ao relé 67, dependendo da análise de demanda de exportação e contribuição de curto circuito),

por relés de sobretensão de seqüência zero – 59N e por relés de subtensão 27CC, que estão acondicionados em uma Cabine de Proteção de Autoprodutor (CPA), acoplada próximo à estrutura de 15/25kV. O relé de subtensão 27 CC, atuará se houver falta de corrente contínua na CPA e também irá desligar automaticamente o disjuntor do alimentador que está em paralelo com o autoprodutor.

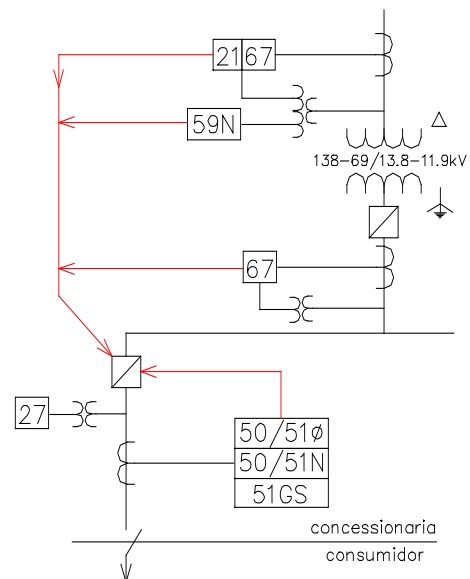
Para curto-circuito dentro da Subestação da CPFL, as proteções atuarão nas suas respectivas filosofias adotadas pela CPFL e também abrirá o disjuntor do alimentador que está em paralelo com o autoprodutor, assim como para anomalias ao longo do próprio alimentador.

4.2.2.2 Check de tensão no alimentador

É implementado um esquema de proteção, para quando da abertura do disjuntor do alimentador que estiver conectado o co-gerador em paralelo, evitar o religamento sobre o gerador, caso este ainda estiver conectado.

Para isso é solicitado o relé de subtensão 27CA, que estará conectado por TP's instalados na saída do disjuntor do alimentador que estiver em paralelo com o autoprodutor, e checa constantemente a tensão no circuito. No caso de um curto circuito, havendo tensão no alimentador (significa que o cogenerator está no circuito sustentando cargas do alimentador), então o disjuntor não religa, e não havendo tensão (quer dizer que o cogenerator está fora do circuito), o religamento é completado normalmente. Depois de normalidade o paralelo será feito pelo co-gerador no disjuntor de interligação do autoprodutor.

4.2.2.3 Adaptações necessárias nas Subestações da CPFL



4.2.3. Adaptações necessárias no Sistema de Subtransmissão

Neste caso estaremos explanando para uma situação onde a Subestação de Distribuição da CPFL está sendo alimentado por um ramal de Subtransmissão proveniente

de uma Subestação de subtransmissão. Normalmente, é necessário a implementação de um esquema de proteção para check de tensão no ramal de subtransmissão, para quando da abertura do disjuntor que estiver conectado o co-gerador em paralelo, evite o religamento sobre o gerador, caso este ainda estiver conectado.

Para isso é solicitado o relé de sincronismo, que estará conectado por TP (69 ou 88 ou 138 kV) instalado na saída do disjuntor do ramal, e check constantemente a tensão e o sincronismo no circuito. No caso de um curto-circuito, havendo tensão no ramal (significa que o co-gerador está no circuito sustentando as cargas) fora do sincronismo, daí o relé não permite o religamento do disjuntor. Por outro lado se não houver tensão (quer dizer que o co-gerador está fora do circuito), o religamento é completado normalmente, sem problemas para o autoprodutor onde, posteriormente o paralelo poderá ser feito pelo disjuntor de interligação do autoprodutor.

Dependendo da potência do gerador a ser conectado na rede de distribuição, o mesmo pode provocar um “in feed” grande no sistema, fazendo com que para um curto-circuito na linha de subtransmissão, os relés da CPA e ou mesmo os relés da LT não atuem corretamente par o defeito. Neste caso é necessário o uso da teleproteção. A mais comumente utilizada é o transfer-trip (POTT).

4.2.4. Manobra Condicionada

O religamento dos disjuntores de Subestações Supridoras é instantâneo, sendo exigido nestes casos a teleproteção e transfer-trip.

O religamento dos disjuntores de linhas e alimentadores associados às SE's da própria CPFL, que é uma função local da UTR, é temporizado e seus parâmetros de configuração e de bloqueio são realizados pelo Centro de Operação.

Esta característica permite que, como opção à teleproteção, seja possível a instalação de UTR na SE do acessante com os objetivos de telecomando e supervisão (estado e medição) em seu disjuntor de entrada, melhoria de observabilidade do sistema elétrico, avaliação da qualidade de energia, diminuição dos custos de implantação para o acessante em relação à teleproteção/transfer-trip e eliminação da obrigatoriedade de permanência de operador na sala de controle do autoprodutor.

Essa desconexão é automática por meio de equações lógicas implantadas no Centro de Operação, denominadas Manobras Condicionadas, através da supervisão dos estados dos disjuntores da LT em que o acessante direta ou indiretamente está conectado, quando do desligamento simultâneo de ambos os lados, inferindo na atuação da proteção de linha. A condição de abertura simultânea dos dois disjuntores e a não abertura do disjuntor de entrada do acessante, caracteriza uma condição de que o acessante está sustentando a carga da referida LT ou alimentador. Quando esta condição se torna verdadeira o Centro de Operação envia um telecomando de abertura no disjuntor de entrada do acessante, automaticamente. Este telecomando é realizado num tempo menor do que

aquele em que o disjuntor da linha irá se religar. Tudo se passa como se estivesse ocorrendo o transfer –trip sem o requisito de temporização instantânea.

Como retaguarda também é configurado como restrição de religamento, a presença de tensão na linha ou alimentadores. Adicionalmente estes comandos de fechamento, para estes casos, são configurados com verificação de sincronismo.

5. CONSIDERAÇÃO GERAL

Com a adoção do presente Critério, temos condição de manter a mesma qualidade de fornecimento de energia aos consumidores conectados no mesmo alimentador, com segurança ao próprio sistema elétrico e ao pessoal de operação e manutenção do sistema da CPFL, quando da conexão de autoprodutores em paralelo no sistema da distribuição.

Com relação as adaptações adicionais necessárias na proteção, nas subestações e no sistema de subtransmissão da CPFL, e também nos alimentadores de distribuição, traz benefícios ao próprio acessante, que consiste desconectar este o mais rapidamente e/ou evitar o religamento dos disjuntores nos geradores, caso o mesmo não tenha desconectado do sistema e visam também garantir a integridade dos sistemas elétricos e equipamentos da Concessionária em ocasiões de defeitos.

Nos casos de termos um montante de exportação elevado onde possa existir a possibilidade dos geradores atenderem as cargas do alimentador “ilhado”, são solicitados a implementação de manobras condicionadas e até de teleproteção.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Mozina, J.Charles. Interconnect Protection of IPP Generators Using Digital Technology.
- [2] Martins, M.N.; Suzuki, M.. Aplicação e Operação de Reguladores de Tensão em Sistemas de Co-Geração. IEEE. 2002.
- [3] Norma Técnica (CPFL)- Ligação de Autoprodutores em Paralelo com o Sistema de Distribuição da CPFL- Média Tensão. (Disponível em www.cpfl.com.br)
- [4] ANSI/IEEE Std - 1988, "Guide for Interfacing Dispersed Storage end Generation Facilities with Electric Utility Systems."
- [5] Donahue, K.E., "Relay Protection Interface end Telemetry Requirements for Non-Utility Generators and Electric Utilities," 1998 Power Generation Conference, Orlando, Florida.
- [6] Mozina, C.J., "Protecting Generator Sets Using Digital Technology," Consulting/Specifying Engineer Magazine, EGSA Supplement, November 1997.
- [7] Gish, Wagner and Jones, "Relay Performance in DGS Islands," IEEE Transactions on Power Delivery, January 1999.

- [8] ANSI/IEEE C37.102-1995, "IEEE Guide for AC Generator Protection."
- [9] Yalla, Hornak, "A Digital Multifunction Relay for Intertie and Generator Protection," Canadian Electrical Association Conference, March 1992.

ANEXO I

