

ETEC PAULINO BOTELHO

**HABILITAÇÃO PROFISSIONAL TÉCNICA DE NÍVEL MÉDIO DE TÉCNICO
EM ELETROTÉCNICA**

FELIPE ONOFRE DA SILVA
JHONATAN CEZAR CASSEMIRO DE OLIVEIRA
VINICIUS AUGUSTO DEFRANCISCO
MISAEEL FERNANDES DE OLIVEIRA
RENATO SILVA VELOSO

SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA (S.E.P)

SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA (S.E.P)

CONTROLE E QUALIDADE DA ENERGIA

Trabalho de conclusão de curso apresentado a ETEC
Paulino Botelho como requisito parcial para obtenção
do título de Técnico em Eletrotécnica

Orientador: Prof. Valter Cesar Govoni

SÃO CARLOS

2023

DA SILVA, Onofre Felipe, **Sistema Elétrico de Potência**, Controle e Qualidade da Energia, São Carlos, Ano. 2023, Trabalho de Conclusão de Curso, (Técnico em Eletrotécnica) ETEC Paulino Botelho, 2023.

RESUMO

Com o crescimento acelerado do setor de energia elétrica no Brasil a partir de meados do século XX, o problema do controle de tensão nos sistemas de transmissão e distribuição necessitou de uma maior atenção das empresas de energia elétrica, dos órgãos responsáveis pelo gerenciamento do setor elétrico e dos consumidores, uma vez que a limitação do fluxo de potência reativa nas linhas começou a causar dificuldades na operação dos sistemas na medida do crescimento das cargas e das tensões nas linhas de transmissão. A missão do Centro de Operação do Sistema (COS) é controlar o caminho que a energia elétrica irá percorrer desde sua geração nas usinas hidroelétricas, passando pelas linhas de transmissão e chegando até as subestações de energia, onde será distribuída pelos alimentadores. Neste trabalho será apresentado o que é um sistema elétrico de potência e também uma descrição sobre seus principais componentes, será relatado a função de cada um destes equipamentos e também onde os mesmos se encontram estrategicamente distribuídos dentro do SIN (Sistema Interligado Nacional) que é coordenado pelo ONS (Operador Nacional do Sistema). Dentro de um Centro de Operação do Sistema Elétrico, existe a área de estudos e planejamento da operação (Pré-Operação), existe a área de tempo real, onde os operadores executam as manobras programadas e manobras emergenciais quando em contingências (desligamentos de LTs/ black outs) , e finalizando, existe a área de análise da operação (Pós-Operação). Por fim será mostrado como se comporta a curva de carga do sistema elétrico brasileiro e a demanda máxima de carga nos horários de carga leve, média e pesada.

Palavras-chave: Sistema Elétrico de Potência, Operador Nacional do Sistema, Qualidade de Energia, Centro de Operação do Sistema, Sistema Interligado Nacional.

ABSTRACT

With the accelerated growth of the sector of electric power in Brazil from the mid-twentieth century, the problem of controlling stress on transmission and distribution systems needed greater attention from electric power companies, bodies responsible for managing the energy sector and consumers, since limiting the flow of reactive power on the lines began to cause difficulties in the operation of the systems to the extent of load growth and tensions in the lines of transmission. The mission of the Center Operating System (COS) is to control the way that the power will go from his generation in hydroelectric plants, through the transmission lines and substations of up the energy, which will be distributed by feeders. This work will be presented which is a system of electric power and also a description of its main components, is reported to the function of each of these equipment and also where they are strategically distributed within the SIN (National Electric System) which is coordinated by the ONS (National System Operator). Within a center of Operation of the Electric System, there is a field of study and planning of the operation (PreOperation), there is the area of real time, where operators perform the maneuvers planned and emergency maneuvers when contingencies (disconnections of LTS / black outs) and ending, there is the area of analysis of the operation (Post-Operation). Finally behaves as if it will show the curve of loading the Brazilian electrical system and demand maximum cargo load in times of mild, medium and heavy.

Keywords: Electrical Power System, National System Operator, Power Quality, Center Operating System, National Interconnected System.

INTRODUÇÃO

O Sistema Elétrico de Potência também conhecido pela sigla SEP é o conjunto de equipamentos que operam de uma maneira coordenada, partindo da geração de energia elétrica até o seu consumo.

O objetivo de um Sistema Elétrico de Potência é de gerar energia elétrica em quantidades suficientes e nos locais mais apropriados, transmiti-la em grandes quantidades aos centros de carga e então distribuí-la aos consumidores individuais, em forma e quantidade apropriada, e com o menor custo ecológico e econômico possível. Mas tudo isto pode ser resumido em poucas palavras: a finalidade básica de todo Sistema Elétrico de Potência (SEP) é atender aos seus usuários com uma “qualidade de energia” elevada a baixo custo.

Uma qualidade de energia elevada significa:

- variação de tensão e frequência dentro dos limites aceitáveis (critérios);
- operação dos equipamentos dentro de faixas normais;
- operação com alto grau de confiabilidade;
- operação em situações de emergência sem grandes alterações para os usuários;
- operação adequada sob várias condições diárias de carga;
- geração, transformação, transmissão e distribuição de energia sem causar danos ao meio ambiente;

Um baixo custo significa que o preço do kW (potência) e do kWh (energia) devem ser os mais baixos possíveis.

Para isto se faz necessário a realização de estudos tanto técnicos quanto econômicos, no que se refere a:

- planejamento e projeto de novos sistemas elétricos: os novos sistemas elétricos a fim de atender a cargas futuras em sistemas existentes ou novas cargas que entram em operação devem ser planejadas e projetadas de modo a atender a certos critérios e escolhidas as melhores alternativas;
- planejamento da ampliação de sistemas já existentes: devido ao crescimento anual da carga, impõe-se a instalação de novas usinas geradoras e também reforços nos sistemas de transmissão e distribuição (transformadores, reatores, capacitores, etc) e verificação de até quanto o sistema existente é capaz de atender (dentro dos critérios) a uma dada projeção de carga;
- planejamento da operação e operação de sistemas: os estudos visam definir a maneira de se operar o sistema, ajustar taps de transformadores, chavear bancos de capacitores e reatores, definir níveis de tensão, carregamento de equipamentos, etc;
- distribuição de energia elétrica;

Para realizar os planejamentos acima são feitos vários estudos como:

- fluxo de potência, fluxo de carga ou load-flow ;
- curto-circuito;
- transitórios eletromecânicos (estabilidade);
- estabilidade de tensão;
- transitórios eletromagnéticos;
- confiabilidade;

Os estudos econômicos visam a minimizar o custo total de produção (geração, transmissão e distribuição) de energia elétrica, ou seja, visam a manter uma relação razoável entre o que paga o consumidor pela energia e potência consumida e o que custa a concessionária este fornecimento (geração, transmissão, distribuição, equipamentos, operação, manutenção, etc).

Por exemplo:

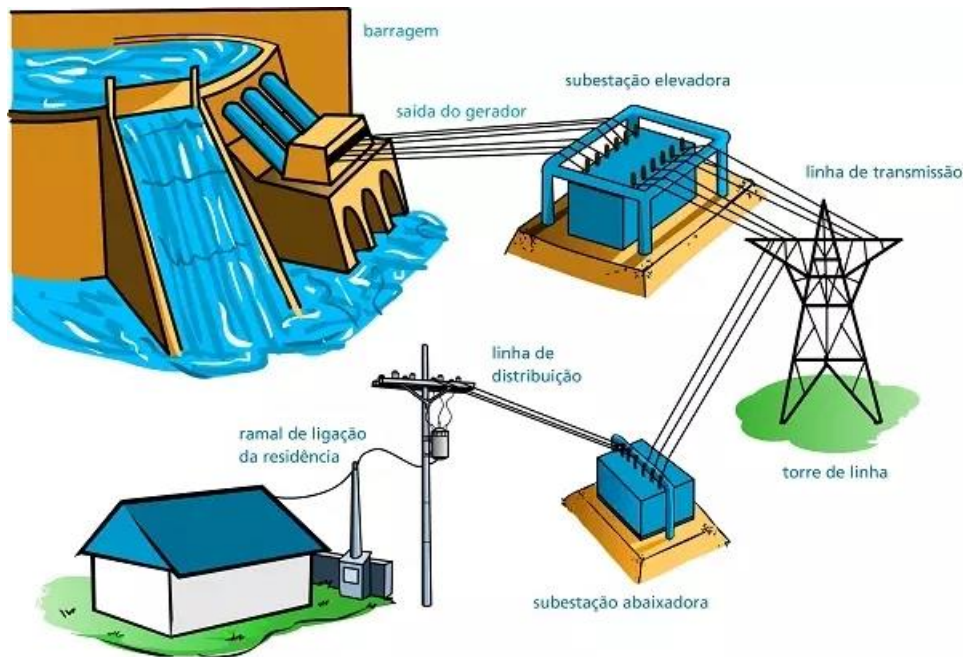
- em planejamento de sistemas, a alternativa mais vantajosa economicamente será aquela que resultar no menor valor presente dos investimentos;
- procura-se operar o sistema distribuindo de forma mais econômica a energia entre as usinas (e entre as unidades geradoras), minimizando perdas, operando adequadamente os reservatórios;

OBJETIVOS

1. **Objetivo Geral;** Este trabalho tem por objetivo apresentar como é concebido um sistema elétrico de potência, desde a geração da energia elétrica (em suas diversas formas) até a entrega da energia ao consumidor final.
2. **Objetivos Específicos;** apresentar aos alunos e também ao corpo docente, o SIN (sistema interligado nacional) e como ele é controlado pelos COS (centro de operação do sistema). Como é feito o despacho de carga das regiões. Relatar quais são os principais componentes de um sistema elétrico de potência, e a função de cada um no que diz respeito ao controle e qualidade de energia do sistema.

ESTRUTURA DE UM SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA

Quando falamos no setor elétrico, referimo-nos normalmente ao Sistema Elétrico de Potência (SEP), definido como o conjunto de todas as instalações e equipamentos destinadas à geração, transmissão e distribuição de energia elétrica até a medição inclusive.



No Brasil, 80% da geração de energia elétrica advém de fontes e hidrelétricas, 11% de termelétricas e o restante por outros processos. A partir da usina, a energia é transformada em subestação elétrica, elevada a níveis de tensão (69/88/138/240/440kV) e transportada em corrente alternada através de cabos elétricos, até as subestações rebaixadoras, delimitado a fase de transmissão. Conforme definição dada pela ABNT através das NBR (**Normas** Brasileiras Regulamentadoras), considera-se baixa tensão, a tensão superior a 50 volts em corrente alternada ou 120 volts em corrente contínua e igual ou inferior a 1000 volts em corrente alternada ou 1500 volts em corrente contínua, entre fases ou entre fase e terra. Da mesma forma, considera-se “alta tensão”, a tensão superior a 1000 volts em corrente alternada ou 1500 volts em corrente contínua, entre fase ou entre fase e terra.

Geração de Energia Elétrica

São atividades de intervenção realizadas nas unidades geradoras, para restabelecer ou manter suas condições adequadas de funcionamento.

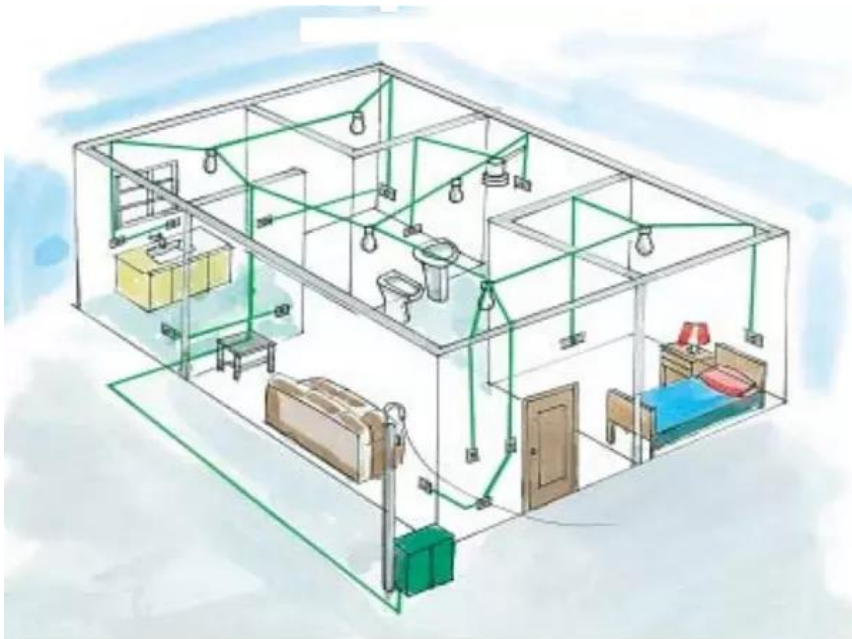
Essas atividades são realizadas nas salas de máquinas, salas de comando, junto a painéis elétricos energizados ou não, junto a barramentos elétricos, instalações de serviço auxiliar, tais como: transformadores de potencial, de corrente, de aterramento, banco de baterias, retificadores, geradores de emergência, etc.

Transmissão de Energia Elétrica

Destinados a transportar a energia elétrica desde a fase de geração até a fase de distribuição, abrangendo processos de elevação e rebaixamento de tensão elétrica, realizados em subestações próximas aos centros de consumo. Essa energia é transmitida em corrente alternada (60 Hz) em elevadas tensões (138 a 500 kV). Os elevados potenciais de transmissão se justificam para evitar as perdas por aquecimento e redução no custo de condutores e métodos de transmissão da energia, com o emprego de cabos com menor bitola ao longo das imensas extensões a serem transpostas, que ligam os geradores aos centros consumidores.

Distribuição de Energia Elétrica

É o segmento do setor elétrico que compreende os potenciais após a transmissão, indo das subestações de distribuição entregando energia elétrica aos clientes.



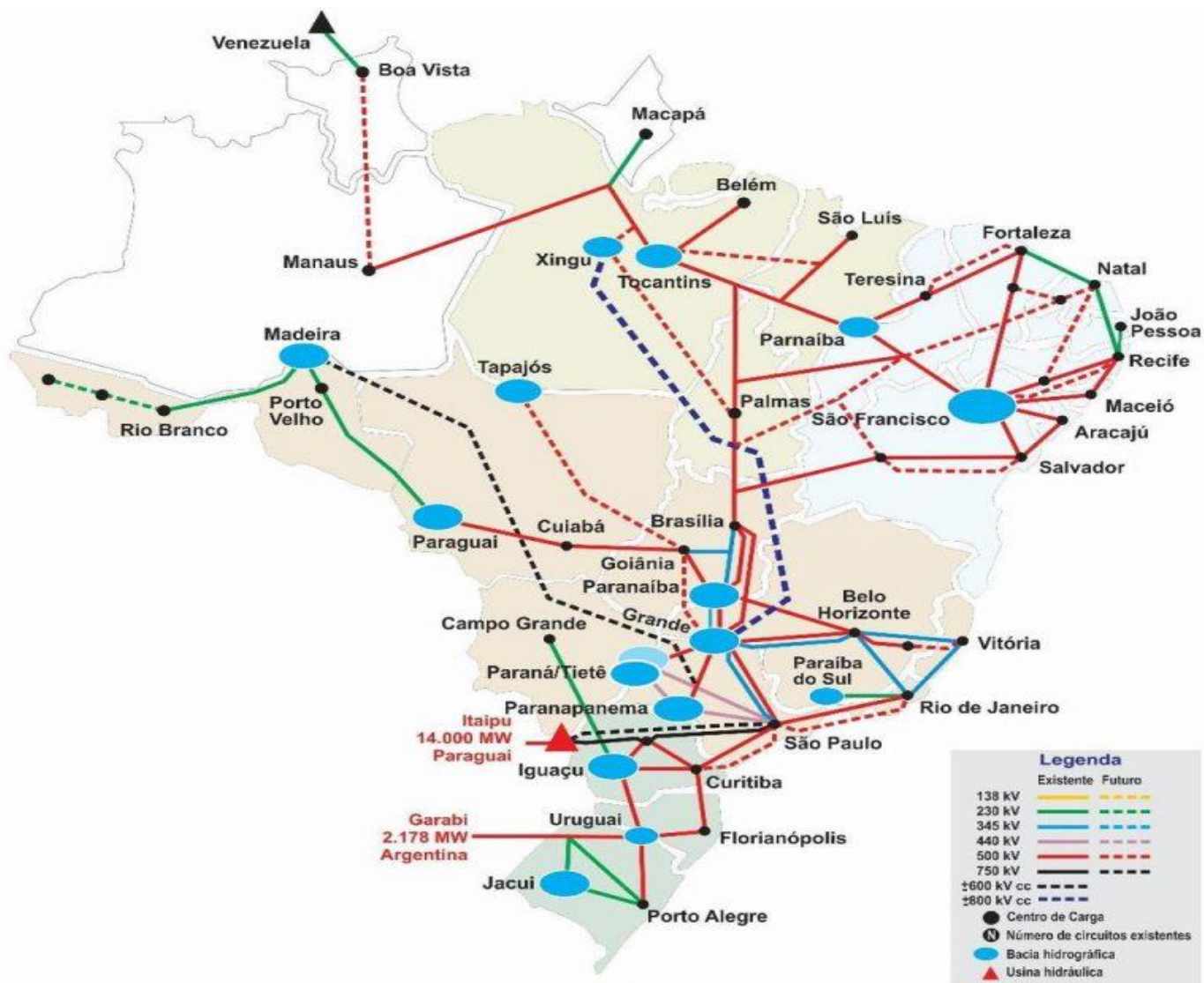
Sistema Interligado Nacional (SIN)

O Sistema Interligado Nacional é o conjunto de equipamentos e instalações conectados eletricamente para possibilitar o suprimento de energia do país. Sua criação é consequência da resolução 351/89 da Agência Nacional de Energia

Elétrica (Aneel), que autoriza o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) a coordenar e controlar a geração e a transmissão desses sistemas interligados.

O Brasil é abastecido por um sistema hidro-termo-eólico de grande porte formado por empreendimentos de diversos proprietários, tanto estatais quanto privados. Também fazem parte da nossa matriz usinas de outros tipos de geração de energia, como a solar e a nuclear.

Todas as empresas que produzem e transmitem energia dentro desse modelo de interconexão fazem parte do Sistema Integrado Nacional. Atualmente, segundo o ONS, o SIN tem uma capacidade instalada de mais de 170 mil megawatts e uma extensão de rede básica de transmissão de mais de 145 mil quilômetros.



– Sistema Interligado Brasileiro – SIN (fonte ONS)

Centro de Operação de Sistemas (COS)

Para as atividades de coordenação, supervisão e operação em tempo real do sistema de transmissão existem os chamados Centros de Operação de Sistema – COS. O COS atua na área de concessão das empresas de energia elétrica e pertencem às mesmas.



Centro de Operação de Sistemas (COS) da CPFL em Campinas

COMPONENTES DO SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA

SUBESTAÇÃO

Pode-se dizer que subestação é um local, onde existe um conjunto de componentes elétricos, utilizados para dirigir e controlar o fluxo de energia deste sistema, procurando garantir de forma contínua e segura, o transporte desse fluxo, vinculando as suas fontes de produção e de transmissão aos seus mais diversificados centros de consumo. A função ou tarefa mais importante das subestações é de garantir a máxima segurança de operação e serviço a todas as partes componentes dos sistemas elétricos. Isto é feito através do provimento de um ponto no qual possam ser instalados equipamentos de manobra, para a distribuição da potência elétrica através dos circuitos, e de equipamentos de proteção para garantir a segurança do sistema em condições de defeito



Subestação São Carlos SCA 11,9 Kv (CPFL)

Basicamente, qualquer subestação consiste em um determinado número de circuitos conectados a um barramento comum. A subestação pode desempenhar um ou mais das seguintes funções:

- Geração, controlando diretamente a potência fornecida para o sistema elétrico;
- Transformação, conectando circuitos de diferentes níveis de tensão;
- Seccionamento, conectando circuitos do mesmo nível de tensão;
- Conversão, conectando circuitos de corrente alternada e corrente contínua.

A subestação é composta dos seguintes componentes:

- Barramentos;
- Equipamentos primários (disjuntores, chaves, transformadores de força e de instrumentos, bancos de capacitores e de reatores e os para-raios);
- Equipamentos secundários (dispositivos de controle associados aos equipamentos primários, tais como, medição, proteção, comando, alarmes, serviços auxiliares, etc).

Os barramentos têm a função de coletar os circuitos, onde se pode estabelecer um somatório de injeção de potências no sistema elétrico.



Barramentos Subestação São Carlos SCA 11,9 Kv (CPFL)

GERADORES DE ENERGIA ELÉTRICA

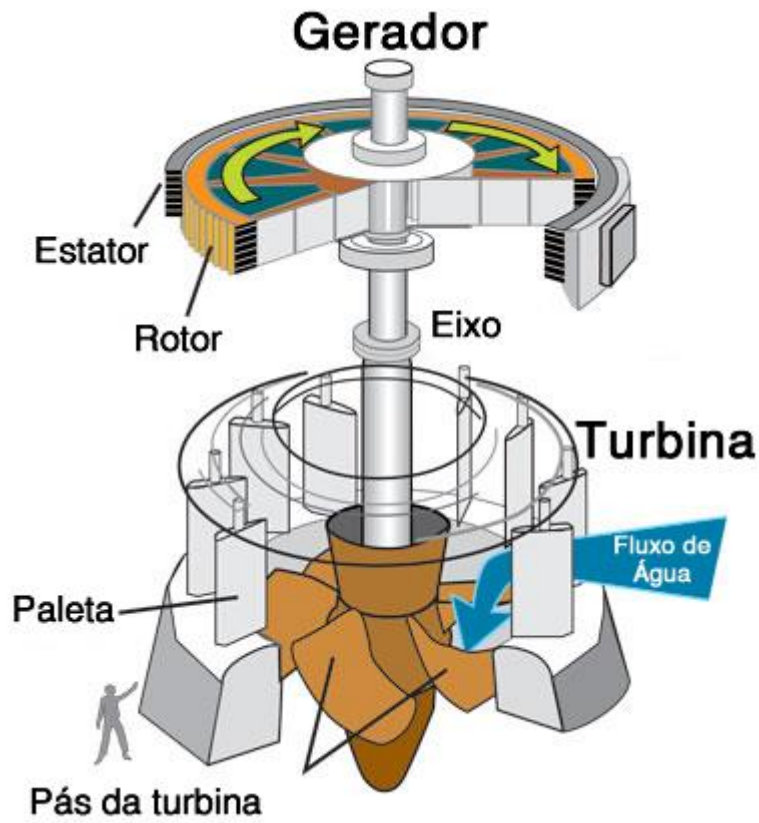
A transformação de energia que se obtém de uma fonte natural em energia elétrica é efetuada nas centrais de produção por meio dos geradores elétricos.

Os geradores são máquinas destinadas a transformar energia mecânica em energia elétrica.

O gerador é constituído basicamente de um eixo de um dos lados e enrolamentos e dispositivos no outro para produção da energia elétrica. O eixo precisa ser girado para que o gerador produza energia elétrica. Na produção comercial de energia elétrica o acionamento do eixo do gerador é feito principalmente através de:

- turbinas hidráulicas, que acionam os hidrogeradores;
- turbinas térmicas, que acionam os turbogeradores;
- motores diesel. Simplificadamente falando, a turbina é considerada uma máquina que é movimentada por alguma força externa.

Essa força externa pode vir de várias fontes, notadamente a água em movimento (turbinas hidráulicas) ou vapor sob pressão (turbinas térmicas a vapor).



TRANSFORMADORES

O transformador é um dispositivo sem partes móveis que transfere energia de um sistema elétrico em corrente alternada para outro. A energia é sempre transferida sem alteração de frequência, mas, normalmente, com mudança no valor da tensão e da corrente.

Os transformadores das subestações de alta tensão podem ser classificados de acordo com suas funções:

- transformadores elevadores, cuja função é elevar a tensão de geração para tensão de transmissão;
- transformadores de interligação, cuja função é interligar partes do sistema de transmissão;
- transformadores abaixadores, cuja função é reduzir a tensão de transmissão para a tensão da subtransmissão ou de distribuição.



Transformador subestação Bela vista São Carlos BLV (CPFL)

LINHAS DE TRANSMISSÃO E CABOS ISOLADOS

As fontes de energia das quais se obtém energia elétrica não estão, geralmente, disponíveis nas imediações dos grandes centros de consumo, pelo que é necessário recorrer à transmissão á distância. O crescimento econômico e populacional e o uso crescente de energia elétrica levaram progressivamente a necessidade de construir cada vez mais linhas de transmissão. As restrições ambientais e a falta de espaço dificultam este intento. Portanto, a solução natural foi o emprego de níveis de tensão cada vez maiores para a transmissão de energia elétrica. Assim surgiram as linhas de 69 kV, 138 kV, 230 kV, 345 kV, 440 kV, 500 kV e 750 kV. Estão em estudo linhas de transmissão em níveis acima desta tensão.



A maior parte das redes de transmissão funciona em corrente alternada trifásica, que se mostrou adequada para transmitir e distribuir energia elétrica, mas existem também linhas de transmissão em corrente contínua.

Os cabos isolados para transmissão e distribuição de energia elétrica são empregados principalmente nos grandes conglomerados urbanos por economia de espaço e questões de segurança permitindo transmitir a energia por meio subterrâneos ou subaquáticos. Também são usados, em pequenas seções, para conectar transformadores e terminais de subestações ou entre subestações e linhas aéreas.

Por cabo isolado entende-se um condutor uniformemente isolado (ou um conjunto de mais condutores uniformemente isolados e agrupados), geralmente provido de revestimento protetor, e caracterizado por um grande desenvolvimento em comprimento. Sob esta denominação devem ser considerados muitos produtos que são, desde cabos destinados à rede de transmissão e de distribuição, até cabos de pequenas dimensões, normalmente empregados nas instalações internas, que são também chamados fios, fiação, condutores isolados, etc.

CONCLUSÃO

Atualmente no Brasil, o sistema elétrico é todo interligado (SIN), porém já é estudado em congressos firmados entre os países do mercosul, como por exemplo o EDAO (encontro para debates de assuntos da operação), uma futura interligação de todo o sistema de transmissão da América do Sul. O grande ganho desta interligação, seria postergar investimentos de geração no SIN, uma vez que países como a Venezuela por exemplo, tem um excedente de 200 MW de geração, ou seja; existem máquinas (geradores) paradas não por falta de água nos reservatórios, mas sim por falta de consumo (carga) no seu sistema elétrico. Outro ganho para o Brasil, seria que vários estados da região norte do país (Amazônia, Acre, Rondônia, Roraima e Amapá) não estão interligados no SIN, podendo num futuro próximo ter suas cargas interligadas com os países vizinhos (Venezuela, Colômbia, etc), evitando a construção de longas linhas de transmissão para interligá-las ao SIN.

REFERÊNCIAS

1. "Introdução à teoria de sistemas elétricos de energia", Olle I.Elgerd, Mc Graw Hill do Brasil, 1978.
2. "Equipamentos Elétricos, especificação e aplicação em subestações de alta tensão", Furnas Centrais Elétricas S.A
3. " Livro do Grupo Coordenador Para Operação Interligada – CGOI", Eletrobrás.
4. "Manual de Procedimentos da Operação", ONS, 2006.