



PARQUE EÓLICO, COMISSIONAMENTO DE AEROGERADORES, E SUBESTAÇÃO DE UM PARQUE EÓLICO.

Cosme D.R. Santos¹

¹Somática Educar – Ensino á Distância,
E-mail para contato: cosmeribas@gmail.com.

RESUMO

A energia eólica pode ser considerada como uma das formas em que se manifesta a energia proveniente do Sol, isto porque os ventos são causados pelo aquecimento diferenciado da atmosfera. Essa não uniformidade no aquecimento da atmosfera deve ser creditada, entre outros fatores, à orientação dos raios solares e aos movimentos da Terra. As regiões tropicais, que recebem os raios solares quase que perpendicularmente, são mais aquecidas do que as regiões polares. Consequentemente, o ar quente que se encontra nas baixas altitudes das regiões tropicais tende a subir, sendo substituído por uma massa de ar mais frio que se desloca das regiões polares. O deslocamento de massas de ar determina a formação dos ventos. A indústria eólica tem investido no desenvolvimento tecnológico da adaptação das turbinas eólicas convencionais para uso na terra ou no mar. Além do desenvolvimento tecnológico, os projetos onshore, e offshore necessitam de estratégias especiais quanto ao tipo de transporte das máquinas, sua instalação e operação.

Todo o projeto deve ser coordenado de forma a utilizarem os períodos onde as condições terrestres, e marítimas propiciem um deslocamento e uma instalação com segurança do equipamento ao seu destinatário. O Comissionamento de aerogeradores é um o processo de assegurar que os sistemas e componentes de uma edificação ou unidade industrial estejam projetados, instalados, testados, operados e mantidos de acordo com as necessidades e requisitos operacionais do proprietário. A subestação de um parque eólico também tem a sua importância de seguir manuais de Instalação elétrica de alta potencia, as quais contêm equipamentos para transmissão, distribuição, proteção, controle, supervisão e medição de energia elétrica de médias e altas tensões que requer atenções redobradas antes, durante, e depois da sua montagem.

Palavras-chave: Energia eólica, comissionamento de aerogeradores, e Subestação de um Parque Eólico.



ABSTRACT

The Wind energy can be considered as one of the ways in which energy from the sun manifests itself, because the winds are caused by the different heating of the atmosphere. This non-uniformity in the heating of the atmosphere must be credited, among other factors, to the orientation of the sun's rays and the movements of the Earth. The tropical regions, which receive the sun's rays almost perpendicularly, are warmer than the Polar Regions. Consequently, the hot air that is found in the low altitudes of the tropical regions tends to rise, being replaced by a mass of colder air that moves from the Polar Regions. The displacement of air masses determines the formation of winds. The wind industry has invested in the technological development of adapting conventional wind turbines for use on land or at sea. In addition to technological development, onshore and offshore projects require special strategies regarding the type of transportation of the machines, their installation and operation. The entire project must be coordinated in such a way as to use the periods where the land and sea conditions provide a safe transportation and installation of the equipment to its recipient.

The Commissioning wind turbines is a process of ensuring that the systems and components of a building or industrial unit are designed, installed, tested, operated and maintained according to the owner's operational needs and requirements. The substation of a wind farm also plays an important role in following high power electrical installation manuals, which contain equipment for transmission, distribution, protection, control, supervision and measurement of medium and high voltage electricity that requires extra attention before, during, and after assembly.

Keywords: Wind energy, commissioning of Wind turbines, and a Wind farm substation.



1. OBJETIVOS

1.1 Objetivos gerais

Essa atividade final tem como finalidade de apresentar conceito etapas de construção de um parque eólico, noções básicas de comissionamento de aerogeradores e subestação de parques eólicos (operação, e manutenção), pois com o avanço tecnológico os equipamentos foram obtendo melhoria contínua e aperfeiçoamento na sua aerodinâmica na parte mecânica, elétrica, hidráulica, e pneumática nos seus sistemas. Enquanto isso as torres alcançando cada vez mais altitudes elevadas sendo eles de concreto ou de aço para captação de ventos de acordo com o seu fator de capacidade, no qual os equipamentos resistentes contra a degradação, e ação do tempo, clima, temperatura, e entre outros fatores críticos ao mesmo.

2. INTRODUÇÃO

As energias renováveis, como a energia eólica é utilizada há milhares de anos pelos seres humanos. A energia eólica era muito aproveitada para rodar os moinhos de vento que, por sua vez, trituravam alimentos, elevavam águas, entre outras funções. Já a geração de energia elétrica a partir dos ventos foi iniciada somente em 1887, enquanto os aerogeradores conhecidos atualmente surgiram cerca de 70 décadas depois, em 1956. Com as duas graves crises de petróleo em 1973 e 1979, as energias renováveis começaram a ser alvo de grande interesse mundial, por não se esgotarem e poluírem muito menos do que as fontes mais utilizadas na época (carvão e petróleo). A partir desse período, diversos estudos e projetos foram implantados ao redor do mundo visando melhorar a tecnologia das energias renováveis, dentre elas a energia eólica. Os primeiros aerogeradores produzidos em massa foram utilizados na Alemanha, na construção dos seus primeiros parques eólicos. Estes aerogeradores foram fabricados pelo construtor alemão Allgaier no início dos anos 50, e foram projetados para fornecer eletricidade para fazendas distantes da rede pública de energia elétrica.

Nas regiões costeiras, estes aerogeradores possuíam potência na faixa dos 10 kW. Já no interior do país, eram utilizados aerogeradores de 6 KW de potência. Estes aerogeradores possuíam rotores com 10 metros de diâmetro, sendo que as pás que compunham o rotor podiam girar em torno de seu eixo. A mudança no ângulo da pá em relação ao vento incidente permitia ao aerogerador regular a potência extraída do vento. Algumas destas turbinas se encontravam em operação até a década de 90, atingindo mais de 40 anos de operação. Grandes esforços foram realizados em países como Alemanha, Dinamarca e EUA, no sentido de desenvolver aerogeradores de maior potência, de modo a aumentar a parcela de suprimento de energia elétrica proveniente da energia eólica nas redes elétricas (HEIER, 1998). Apenas de forma ilustrativa, no estado da Califórnia (EUA), apenas na década de 80, a potência instalada de energia eólica era da ordem de 1.500 MW. A Figura 7 apresenta, como exemplo, um parque eólico no estado da Califórnia composto por um grande número de aerogeradores com potência de 250 kW.

Figura 1: Parque eólico na Califórnia – Aerogeradores de 250Kw



3. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

3.1 Comissionamento de Aerogeradores e Subestação de Parque Eólico

O Comissionamento de aerogeradores é um o processo de assegurar que os sistemas e componentes de uma edificação ou unidade industrial estejam projetados, instalados, testados, operados e mantidos de acordo com as necessidades e requisitos operacionais do proprietário. O comissionamento de aerogeradores pode ser aplicado tanto a novos empreendimentos quanto a unidades e sistemas existentes em processo de expansão, modernização ou ajuste. Na prática, o processo de comissionamento consiste na aplicação integrada de um conjunto de técnicas e procedimentos de engenharia para verificar, inspecionar e testar cada componente físico do empreendimento, desde os individuais, como peças, instrumentos e equipamentos, até os mais complexos, como módulos, subsistemas e sistemas.

A Subestação de Parque Eólico é Instalação elétrica de alta potencia, contendo equipamentos para transmissão, distribuição, proteção, controle, supervisão e medição de energia elétrica. Funciona como ponto de controle e transferência em um sistema de geração, transmissão ou distribuição elétrica, direcionando e controlando o fluxo energético, transformando os níveis de tensão e funcionando também como pontos de entrega para consumidores industriais. Os Transformadores de Potência são também denominados de Trafo. E o principal elemento da subestação, onde todas as atenções estão voltadas, no sentido de garantir a continuidade na transmissão ou distribuição de energia elétrica. Tem como função alterar o nível de tensão de entrada adequando-o ao nível requerido para transmissão (transformador elevador) ou distribuição (transformador abaixador) de energia elétrica.

Figura 2: Comissionamento de Aerogeradores



Fonte: Curso de Comissionamento Aerogeradores (ConsuTec)

Figura 3: Subestação de Parque Eólico



Fonte: Curso de Comissionamento Aerogeradores (ConsuTec)



3.2 Parque Eólico

3.2.1 Como é feita a construção de um Parque eólico

- **Processo constituído por 19 etapas dentre operações, transporte e tomada de decisões;**
- **Envolvimento de partes interessadas:**
 - Desenvolvedor ou promotor dos projetos;
 - Gerenciadores de projeto;
 - Empresas de transporte, movimentação e montagem;
 - Empresas de O&M.
- **Envolvimentos de profissionais de diversas áreas:**
 - Civil;
 - Elétrica;
 - Mecânica;
 - Ambiental e etc.
- **Investimentos:**
 - Ministério de Minas e Energias (MME) serve como um ótimo instrumento de simulação de diferentes cenários e perspectivas de mercado;
 - Através do Plano Nacional de Energia (PNE) é possível realizar um planejamento a longo prazo do setor energético do país, estimulando o avanço do setor no futuro;
 - A implantação de um parque eólico surge da iniciativa de grandes investidores;
 - Requerem investimentos altos;
 - É necessário realizar uma Análise de viabilidade econômica, a fim de não obter prejuízos durante o processo:
 - ✓ VPL (Valor Presente Líquido);
 - ✓ TIR (Taxa Interna de Retorno).
- **Leilões:**
 - É a principal forma de contratação de energia no Brasil;
 - Quem realiza os leilões de energia elétrica é a CCEE;
 - Podem ser leilões de energia existente, nova ou de reserva;
 - Podem ser realizados em regimes A-1, A-2, A-3, A-4, A-5 ou A-6, a depender do tempo que a usina entrará em operação comercial;
 - Em dezembro de 2009 a ANEEL realizou o primeiro leilão voltado somente para energia eólica;
 - 71 projetos de energia do vento foram contratados;
 - Os contratos tem vigência de 20 anos.
- **Escolha do local de implantação:**
 - **Requer um estudo apurado do local:**
 - Qualidade do vento na região;
 - Características do terreno;



- Disponibilidade de aluguel;
- Facilidade de montagem de equipamentos;
- Caracterização da rede elétrica de conexão.

- Topografia e rugosidade podem afetar a velocidade e a direção do vento;

➤ **Estudo dos ventos:**

- É analisado dados de velocidade e regularidade;
- Os ventos devem possuir densidade maior ou igual a 500 W/m^2 e altura de 50 m e uma velocidade mínima de 7 a 8 m/s;
- Inicialmente é colocadas torres anemométricas de 80 a 100 m de altura e permanecem no local durante 3 anos;
- Não é necessária licença ambiental para instalar as torres, porém deve ser informado da instalação acompanhado de um memorial descritivo sucinto e com as coordenadas;
- As prefeituras devem ser consultadas acerca da legislação aplicável sobre o uso e ocupação do solo.

➤ **Arrendamento do terreno ou aquisição:**

- Procura-se o proprietário para apresentação do projeto e as condições de arrendamento ou aquisição do terreno;
- Geralmente proprietário pode continuar com o trabalho ao redor das torres eólicas;
- É feita a assinatura do contrato e registro do imóvel;
- É realizado o georreferenciamento da propriedade de acordo com as normas do INCRA para a solicitação do CCIR;
- Realiza-se o levantamento das condições do proprietário perante a Receita Federal.

➤ **Estudos e licenças ambientais:**

- É necessária a emissão das três licenças ambientais:
 - ✓ LP (Licença prévia)
 - ✓ LI (Licença de instalação)
 - ✓ LO (Licença de operação)
- Elabora-se o EIA (Estudo de Impacto Ambiental) e o RIMA (Relatório de Impacto Ambiental) para a obtenção da LP;
- Cadastra o parque eólico junto a EPE (Empresa de Pesquisas Energéticas);
- Da entrada para a emissão da LI através da aprovação do projeto que deverá compor o layout da usina, tipo de máquina, fabricante dos equipamentos, altura das torres, potência, previsão de geração anual e capacidade máxima de produção;
- Da entrada na emissão da LO, para que a usina possa entrar em operação;
- O empreendimento pode receber o Licenciamento simplificado ou Licença Única caso siga as seguintes exigências:
 - ✓ Distância mínima de 350m, incluindo as subestações e seu entorno, de comunidades vizinhas;
 - ✓ Localizar-se fora de Zona de amortecimento de unidade de conservação de proteção integral;
 - ✓ Ausência de intervenção física em formações dunárias, planície fluviais e de deflação e mangues;
 - ✓ Ausência de supressão de vegetação arbóreo-arbustiva nativa, na área da poligonal do empreendimento.

➤ **Terraplanagem:**

- Realiza a abertura do caminho principal da obra:
 - ✓ Remoção da camada vegetal;
 - ✓ Abertura da plataforma do caminho;
 - ✓ Colocação da camada de saibro (terra batida).
- Construção dos canais para condução de água (aquedutos) e valetas de drenagem;
- Após a decisão de onde serão instalados os aerogeradores é feita a abertura de novos caminhos.



- **Estaqueamento e construção da base de concreto e transporte de materiais:**
 - Para realizar o estaqueamento é feita a colocação de estacas de concreto na base do aerogerador, ajudando a conecta-lo ao solo;
 - Os materiais recebidos para a construção são transportados através de transporte rodoviário e/ou marítimo;
 - Geralmente os caminhões transportam as pás, torres e geradores eólicos.
- **Montagem de torres e subestações:**
 - Após a chegada dos equipamentos é iniciada a montagem das torres e subestações;
 - Nas subestações ficaram os equipamentos para transmissão, distribuição e proteção, proteção e controle de energia elétrica.
- **Instalações das naceles:**
 - Após a fixação das tores no solo, as naceles são instalada no alto das torres;
 - Tem o objetivo de proteger os equipamentos dentro dela:
 - ✓ Gerador;
 - ✓ Caixa multiplicadora;
 - ✓ Freios;
 - ✓ Embreagens,
 - ✓ Mancais
 - ✓ Controle eletrônico;
 - ✓ Sistema hidráulico e etc.
- **Conexões das pás hélices e Testes de verificação de tensão:**
 - As pás hélices são conectadas nas naceles;
 - As pás são responsáveis pela ativação do rotor, onde é gerado a energia mecânica de rotação;
 - Para que se dê início ao funcionamento do parque são realizados testes e verificações de tensão para a produção de energia.

3.2.2 Etapas de Comissionamento de Aerogeradores

As atividades de comissionamento, no seu sentido mais amplo, são aplicáveis a todas as fases do empreendimento, desde o projeto básico e detalhado, o suprimento e o diligenciamento, a construção e a montagem, até a entrega da unidade ao cliente final, passando, muitas vezes, por uma fase de operação assistida.

Figura 4: Fluxograma de Comissionamento





3.2.3 Planejamento de Comissionamento de Aeroogeradores

Podemos dividir nas seguintes etapas, não se limitando às mesmas:

- Desenvolvimento e revisão dos procedimentos e normas aplicáveis ao Processo de Comissionamento;
- Definição dos pacotes de comissionamento (Mark-ups);
- Elaboração dos check-list de Mechanical Completion, Pré-comissionamento e Comissionamento;
- Integração do Masterplan do Empreendimento com o cronograma de comissionamento (estruturado por pacotes de comissionamento);
- Elaboração e atualização dos Cronogramas Detalhados de cada etapa do Processo de comissionamento (por pacote de comissionamento); Implantação do software de gerenciamento do comissionamento (emissão das curvas de progresso, relatórios de avanço, lista de pendências, etc.).

3.2.4 Mechanical Completion (Complementação Mecânica)

Ao final dessa etapa, deverá ser registrada através de check-list (protocolos de complementação mecânica) as observações da montagem e resultados dos testes que poderão ser divididos nas disciplinas de elétrica, automação, instrumentação, mecânica e tubulação. Assim, após a realização dos testes, preenchimento e validação dos protocolos, é feito o handover (passagem) do equipamento para a próxima etapa.

Figura 5: Comissionamento de aeroogeradores



Fonte: Curso ConsuTEec de Comissionamento

3.2.5 Pré – Comissionamento de Aeroogeradores

Nesta etapa deverá ser realizada por equipe dedicada:

- A sinalização por etiquetas e cadeados que indiquem e proteja os equipamentos em teste, energizados e em término de montagem;



- A energização e testes dos equipamentos de forma individual conforme especificações dos fabricantes e normas

Ao final dessa etapa, a constatação do perfeito funcionamento e resultados dos testes dos equipamentos e linhas deverão ser formalizados através de check-list (protocolos de pré-comissionamento), que poderão ser divididos nas disciplinas de elétrica, automação, instrumentação, mecânica e tubulação. Assim, após a realização dos testes, preenchimento e validação dos protocolos de pré-comissionamento, é feito o handover (passagem) do equipamento para a próxima etapa.

3.2.6.1 Comissionamento de Aerogeradores

Nesta etapa deverá ser realizado por equipe dedicada:

- Primeiro os grupos deverão ser testados em vazio ou com água (comissionamento à frio) e na sequência com carga (comissionamento à quente);
- Ao final dessa etapa, a constatação do perfeito funcionamento e resultado dos testes dos grupos de equipamentos, linhas e sistemas devem ser formalizados através de check-list (protocolos de comissionamento).
- Assim, após a realização dos testes, preenchimento e validação dos protocolos de comissionamento, é feito o handover (passagem) do grupo para a próxima etapa.

3.2.6.2 Operação assistida

Nesta etapa, os grupos de equipamentos já deverão estar comissionados à frio e à quente para então ser estabilizado o processo de produção, monitorados os parâmetros de funcionamento dos equipamentos, realizados os ajustes finais nos sistemas e averiguado a aderência ao Plano de Produção.

3.2.6.3 Finalização do processo

O Comissionamento não deve ser considerado onde os atrasos da obra serão recuperados. É fundamental que a equipe participe parcialmente desde a fase de Engenharia e Planejamento e integralmente na Construção e Montagem eletromecânica. Muitos ajustes serão mais fáceis de serem realizados e problemas de fabricação e conservação poderão ser constatados com antecedência. O Handover (passagem) entre a equipe de Implantação para a equipe de Operação e Manutenção deve ser feito de forma estruturada, envolvendo toda a documentação dos testes, especificidades de funcionamento dos equipamentos e formalização de eventuais pendências. Como benefício, teremos uma melhor aderência ao Plano de Produção durante a fase Ramp-up, podendo alcançar de forma mais rápida a curva de produção nominal da planta.

3.2.6.4 Automação nos aerogeradores

Sistema Automático pelo qual os mecanismos controlam seu próprio funcionamento, quase sem a interferência do homem voltado para as operações do dia-a-dia.



A automatização trata das tarefas pertinentes as tomadas de decisões mais importantes (em geral voltadas para o planejamento estratégico) e ao enfoque voltado para o planejamento de operações como:

- Controle de direção;
- Controle de velocidade;
- Controle de potência;
- Controle Lógico Controlável (CLP's ou PLC's)
- Relés;
- Sensores analógicos e digitais;
- Transdutor;
- Conversores analógico / digital e digital / analógico;
- Sensores de rotação, de temperatura, capacitivos, de cabo torcidos, indutivos, de fumaça, e de vibração;
- Encoder Angular;

3.2.6.5 Interface Homem e Máquina (IHM)

É o canal de comunicação entre o homem e o computador, através do qual interagem, visando atingir um objetivo comum. É o conjunto de **comandos de controle do usuário + respostas do computador**, constituídos por sinais (gráficos acústicos e tácteis). É parte de um sistema computacional com a qual uma pessoa entra em contato físico, perceptual e conceitualmente. O IHM nos aerogeradores são equipamentos utilizados para operações de máquinas durante a manutenção e comunicação de status para a central de controle. Nela pode ser cadastrado todos ou grande parte dos parâmetros de controle e set-point de alarmes.

3.2.6.6 Gerador

Atualmente são utilizados basicamente dois tipos de geradores:

- **Double Fed Induction Generator ou Gerador de Indução Duplamente Alimentado (DFIG ou GIDA)(Vestas)** - O estator do gerador é ligado através de um contador (Q1) de energia para a rede. O rotor do gerador é alimentado por meio de um inversor. Apesar de mudanças nas condições de vento, ou seja, flutuação de velocidades, o gerador deve produzir tensão com uma frequência e amplitude constante, a fim de suprir a energia para a rede. Isto é conseguido através da eficiente regulação alimentação de corrente para o rotor.

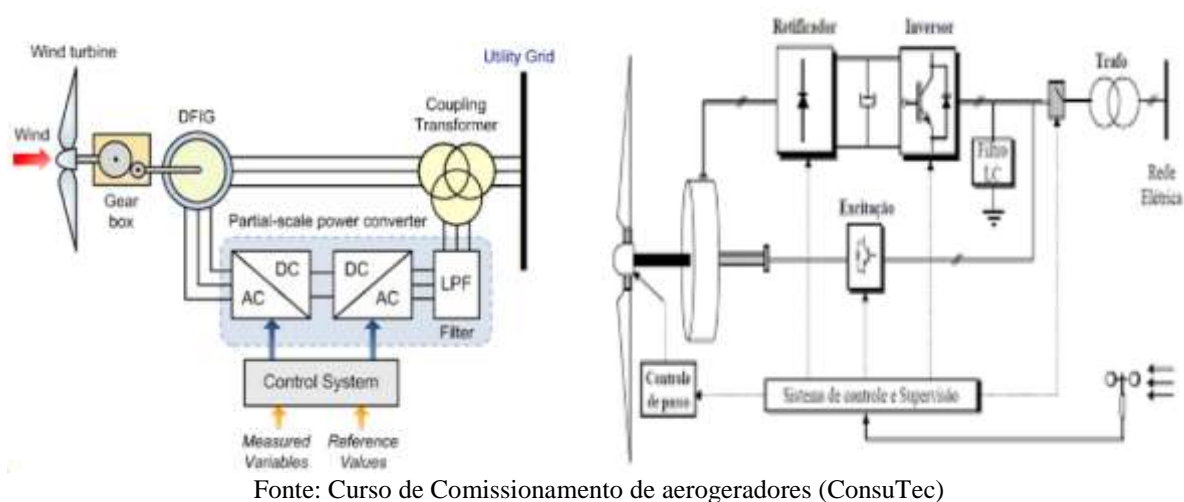
- **Gerador em anel multipolos GSRB (ENERCON)** - Gerador Síncrono de Rotor Bobinado não possuem caixa multiplicadora, diretamente acoplado ao eixo, menor perda de energia, menor desgaste devido a rotações mais baixas, menor ruído, não utiliza lubrificantes, começa a gerar a baixas velocidades de vento. A geração otimizada pelo sistema é o controle próprio do funcionamento.

3.2.7 Subestação de um Parque Eólico

A subestação de um parque eólico também tem a sua importância de seguir manuais de Instalação elétrica de alta potencia, as quais contêm equipamentos para transmissão, distribuição, proteção, controle, supervisão e medição de energia elétrica de médias e altas tensões que requer atenções dobradas antes, durante, e depois da sua montagem.

Funciona como ponto de controle e transferência em um sistema de geração, transmissão ou distribuição elétrica, direcionando e controlando o fluxo energético, transformando os níveis de tensão e funcionando também como pontos de entrega para consumidores industriais.

Figura 6: Comparação de gerador de Indução Duplamente Alimentado (á esquerda) com Gerador em anel múltiplo (á direita).



3.2.7.1 Classificações de Subestação

3.2.7.1.1 Quanto à Relação entre os Níveis de Tensão de Entrada e Saída

Subestação Transformadora

Altera o nível de tensão para um nível maior ou menor, sendo designada, respectivamente, subestação transformadora elevadora e subestação transformadora abaixadora. Geralmente, encontramos subestação elevadora próxima aos centros de geração (elevam a tensão para níveis de transmissão e subtransmissão proporcionando um transporte econômico da energia). Subestações no final de um sistema de transmissão, próximas aos centros de carga, ou de suprimento a uma indústria e uma subestação abaixadora (diminuem os níveis de tensão evitando inconvenientes para a população como radio interferência, campos magnéticos intensos, etc.).

Subestação de Manobra

Também denominada de seccionadora ou de chaveamento, mantém o mesmo nível de tensão e se destina a interligar circuitos de suprimento, possibilitando a sua multiplicação. E também adotada para possibilitar o seccionamento de circuitos, permitindo sua energização em trechos sucessivos de menor comprimento.



3.2.7.1.2 Quanto à Função no Sistema Elétrico

Subestação de Transmissão

São aquelas que operam em níveis de tensão superiores a 138 KV e se interligam as linhas de transmissão permitindo assim o transporte de energia elétrica a grandes distancias. Também denominadas subestações supridoras.

Subestação de Sub transmissão

Recebem a energia elétrica das subestações transmissoras através das linhas de transmissão, permitindo seu transporte a outras subestações de ramificações ou anéis pelas linhas de sub transmissão.

Subestação Distribuidora

Recebem a energia elétrica das subestações sub transmissoras, permitindo a entrega dessa energia a grandes consumidores ou abaixam o nível de tensão, que no caso da COSERN e de outras distribuidoras de energia, este nível de tensão e de 13,8 KV, permitindo a distribuição através das redes distribuidoras (alimentadores). Nas grandes metrópoles ou em cidades cujos espaços de passeios são restritos e disputados, são encontradas subestações distribuidoras para atender os consumidores de baixa tensão, comerciais ou residenciais. Essas subestações normalmente são subterrâneas e abaixadoras.

3.2.7.2 Quanto ao Tipo de Instalação

Subestação Externa

Instalada ao tempo, normalmente subestação aérea. E as mais utilizadas em virtude da melhor relação custo benefício. E de fácil montagem e manutenção tendo em vista a flexibilidade de manobras que a instalação pode oferecer em função dos diversos tipos de arranjo de barramento comportados no projeto e construção da mesma. Como desvantagem requer plano de inspeção e manutenção mais elaboradas devido a exposição dos equipamentos as intempéries, principalmente quando construídas em zonas próximas ao litoral e não são abrigadas.

Subestação Interna

Construída no interior de uma edificação, normalmente são do tipo blindada ou montada em cabines metálicas (Switch-gear). Apresentam dificuldades na montagem e manutenção principalmente, pois para a liberação de um disjuntor, por exemplo, sua carga tem que ser desligada por não haver recurso de by-pass ou ate mesmo ter que desligar todo um barramento devido a dificuldade e riscos de acesso com este energizado. Muito utilizada nas plantas de Parques eólicos e indústrias, pois requer menor espaço para montagem e instalação.



Subestação Abrigada

Subestação montada sob um teto de proteção contra intempéries como salinidade ou umidade excessivas do ar, por exemplo. É uma instalação aérea cujas paredes de alvenaria ou concreto atuam como anteparo impedindo que ventos que trazem a salinidade ou alta umidade atinjam direta e continuamente os equipamentos de potência. Construída preferencialmente em áreas sujeitas a essas intempéries como, por exemplo, próximas ao litoral. O custo é maior durante a fase de construção e recompensado na fase de operação e manutenção da subestação, pois a proteção proporcionada pelas paredes se mostra eficiente e permite o melhor planejamento da manutenção dos equipamentos e garante maior confiabilidade e continuidade à instalação.

As plantas dos Parques eólicos utilizam nas suas subestações uma montagem mista de subestação, aérea, abrigada ou não para os barramentos que se conectam ao sistema acessado, distribuidora ou Transmissora e, subestação blindada para os barramentos de conexão dos Aero geradores aos transformadores elevadores em segundo estágio, por exemplo. Isso ocorre em função dos Aero geradores estarem localizadas mais próximas ao litoral para melhor aproveitamento dos ventos e a conexão até a subestação utiliza condutores subterrâneos que se adaptam melhor aos barramentos blindados. Já a conexão com sistema elétrico, esta utiliza geralmente rede aérea.

Subestação Móvel

Subestação montada sobre prancha móvel permitindo seu deslocamento e instalação durante manutenções ou obras em subestações, substituindo o transformador de potência. Sua construção segue o padrão de subestação aérea, mas requer características especiais nos equipamentos, principalmente para o transformador de potência de modo permitir sua montagem dentro dos padrões e normas de trânsito em via pública bem como deve atender aos requisitos de segurança aos usuários (manutenção e operação).

3.2.7.3 Quanto ao Tipo Construtivo

Subestação Convencional

Os equipamentos são construtivamente independentes e são interligados por ocasião da montagem;

Subestação em Cabine Metálica

Todos os equipamentos e interligações são executados em fábrica.

Subestação Blindada

Os barramentos e equipamentos principais são dotados de invólucro e isolamento específicos.



Subestação Subterrânea

Subestação cujos equipamentos são instalados sob o nível do piso. São montadas frequentemente em redes de distribuição dos grandes centros comerciais das metrópoles, tendo em vista o espaço reduzido para encaminhamento e instalação de linhas e transformadores aéreos.

3.2.7.4 Quanto à Natureza dos Parâmetros Elétricos

Subestação de Corrente Alternada

Sem alteração da frequência e do número de fases. Predomina entre as subestações por ser a maioria das instalações desse tipo destinadas a transmissão e distribuição de energia em corrente alternada, onde são mantidos constantes a frequência e número de fase.

Subestação Conversora

Subestação destinada a converter os parâmetros de frequência ou número de fases na distribuição ou transmissão de energia elétrica.

Subestação Alternadora

Converte energia de correntes contínuas em corrente alternada, sem previsão para conversão no sentido inverso.

Subestação Retificadora

Converte energia em corrente alternada para corrente contínua, sem previsão para conversão no sentido inverso.

Subestação Mutadora

Converte energia de corrente alternada para corrente contínua e vice-versa.

3.2.7.5 Quanto ao Modo de Operação

Subestação Convencional

Necessita da presença humana constante para sua operação, mesmo que para o mais simples comando. Modelo em extinção tendo em vista o grande avanço da tecnologia para automação de subestações.

Subestação Tele assistida

Não requer a presença constante do ser humano, pois para quaisquer anormalidades em algum equipamento é gerada uma mensagem via rádio que acionará o operador para que este se desloque a subestação.



Subestação Telecomandada ou automatizada

Não requer a presença constante do ser humano, podendo dispor ou não de alarme via rádio para acionamento do operador, pois a supervisão, comando e controle da subestação são feitas pelo Centro de Operação. Quando se deseja automatizar uma subestação, na realidade, o que se deseja é ter condições de assistê-la (efetuar o seu controle sem a presença de operadores) sem degradação da qualidade operativa. Na prática o que se observa principalmente para as subestações de parques eólicos, é que a automação foca os equipamentos do lado de alta tensão como disjuntores, transformadores de potência e chaves motorizadas, em alguns casos não habilitando os comandos remoto e elétrico nas chaves terra, e no lado de média tensão focam principalmente os disjuntores.

Portanto, a presença do operador ainda é requerida quando é necessário operar as chaves seccionadoras do lado de Média tensão e para confirmação de fechamento das chaves motorizadas do lado de alta tensão, e nas inspeções de barramentos, linhas de subtransmissão, transmissão e circuitos pós-ocorrências. O ambiente operativo de uma subestação se caracteriza pela possibilidade de intervenção do operador quando da ocorrência de condições anormais de operação. Assim, as funções automáticas de supervisão e controle local devem ser capazes de gerar ações artificiais preventivas e de controle, no mínimo com o mesmo valor agregado às operações humanas, melhorando a eficiência da operação e reduzindo os custos.

3.2.7.6 Transformadores de Potência

Também denominado de Trafo. É o principal elemento da subestação, onde todas as atenções estão voltadas, no sentido de garantir a continuidade na transmissão ou distribuição de energia elétrica. Tem como função alterar o nível de tensão de entrada adequando-o ao nível requerido para transmissão (transformador elevador) ou distribuição (transformador abaixador) de energia elétrica.

3.2.7.6.1 Elementos de um Transformador

- Enrolamento de entrada ou primário. Recebe a energia elétrica do sistema e que pode ser tanto em alta como em baixa tensão;
- Enrolamento de saída ou secundário. Entrega a energia elétrica recebida à carga podendo ser também em alta ou baixa tensão. É possível ainda a existência de mais um enrolamento secundário (ou terciário) conectado a outras cargas;
- Núcleo magnético composto por material ferromagnético preferencialmente com alta permeabilidade magnética e baixa perda ôhmica, no qual se estabelece o circuito ou fluxo magnético que garante o acoplamento entre os enrolamentos primário e secundário.



4. CONCLUSÕES

A questão energética se tornou um dos tópicos mais importantes na atualidade, que está diretamente ligado a qualidade de vida em uma sociedade que está continuamente ligada ao seu consumo de Energia. O aumento do consumo energético mundial em razão da melhoria dos padrões de vida nos países em desenvolvimento, e a preocupação com o meio ambiente traz necessidade de descobertas de novas fontes de geração de energia limpa. Em função desta necessidade a conversão de energia primária em energia mecânica para a realização de trabalhos motivou o ser humano a estudar e desenvolver técnicas de conversão de energia. Uma das formas de energia primária abundante na natureza é a *Energia dos Ventos*, denominada energia Eólica.

Na prática o processo de comissionamento de aerogeradores requer bastante atenção no que consiste na aplicação integrada de um conjunto de técnicas e procedimentos de engenharia para verificar, inspecionar e testar cada componente físico do empreendimento, desde os individuais, como peças, instrumentos e equipamentos, até os mais complexos, como módulos, subsistemas e sistemas. Para executá-las é necessária seguir o manual da fabricante passo a passo, pois após de finalizar as atividades o equipamento deve funcionar de acordo com o foi projeto e planejado zero defeitos, e falhas do mesmo.

Para a realização de um processo de automação em uma subestação devem-se avaliar, inicialmente, quais são as funções a serem automatizadas. Então, pode-se definir o sistema de aquisição de dados, o *hardware* (sistema computacional e dispositivos de instrumentação e controle) e os requisitos de comunicação necessários para a automação. Uma subestação automatizada opera com maior confiabilidade e segurança para os operadores que podem trabalhar em salas de comando localizadas na própria subestação, ou em algum centro de comando fora da subestação. É importante realizar um levantamento do custo/benefício para a implantação da automação, uma vez que os custos para tal procedimento podem ser muito elevados, não sendo viável a sua concretização.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 6023: Informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2002. CHIAVENATO, Idalberto. Gestão de pessoas: o novo papel dos recursos humanos nas organizações. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

FLEURY, Maria T. L. As Pessoas na Organização. São Paulo: Gente, 2002. RECH, Alceu Roque. Normas Gerais para elaboração de artigos e planos de negócios como trabalhos de final de curso – TCCs. Grupo DeVry Brasil. Salvador: Faculdade Ruy Barbosa, 2010.

PINTO, Milton de Oliveira. *Fundamentos de Energia Eólica* – Edição Única. – Rio de Janeiro: LTC, 2018.

CONSULTORIA TÉCNICA DE ENERGIAS, CONSUTEC. Apostila do Curso á distância Online de especialização em Comissionamento de aerogeradores, e O&M de Subestação de parque eólicos, Ano 2020, Natal / RN.

EÓLICO, ETAPAS DE CONSTRUÇÃO DE UM PARQUE Apostila da Pós- Graduação Energias Renováveis do Centro Universitário UniÁrea01, Ano 2019, Salvador/BA.

TREINAMENTOS, INTERFACE Apostilas dos Cursos de Manutenção de Turbinas de Grande Porte (MTGP), Ano 2018, Salvador/BA.

TREINAMENTOS, INTERFACE Apostila do Curso de Inspeção, Controle, Gestão de Parque Eólicos (ICGPE), Ano 2018, Salvador/BA.

Geração Smart Grid Disponível em: < <http://geracaosmartgrid.com.br/leiloando-o-vento/> >.

Acesso em: 02 Agos. 2020 às 06h20 p.m.

EDUCAR, SOMÁTICA Apostila Energia Eólicos Princípios, e Tecnologia CRESESB. Pg17, Dutra, Ricardo.