

ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL PROF. ARMANDO JOSÉ FARINAZZO
CENTRO PAULA SOUZA

Daniel de Oliveira
Matheus Jesus dos Santos
Mateus Carlos de Brito
Vicente de Souza Batista

IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO EM SUBESTAÇÕES

Fernandópolis
2023

Daniel de Oliveira
Matheus Jesus dos Santos
Mateus Carlos de Brito
Vicente de Souza Batista

IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO EM SUBESTAÇÕES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para obtenção da Habilitação Profissional Técnica de Nível Médio de Técnico em Eletrotécnica, no Eixo Tecnológico de Segurança e Manutenção Elétrica, à Escola Técnica Estadual Professor Armando José Farinazzo, sob orientação do Professora Indiara Joice Tarquete de Castro.

Fernandópolis
2023

Daniel de Oliveira
Matheus Jesus dos Santos
Mateus Carlos de Brito
Vicente de Souza Batista

IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO EM SUBESTAÇÕES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para obtenção da Habilitação Profissional Técnica de Nível Médio de Técnico em Eletrotécnica, no Eixo Tecnológico de Segurança e Manutenção Elétrica, à Escola Técnica Estadual Professor Armando José Farinazzo, sob orientação do Professora Indiara Joice Tarquete de Castro.

Examinadores:

Professor examinador

Professor examinador

Professor examinador

Fernandópolis
2023

DEDICATÓRIA

Dedicamos este artigo aos nossos familiares, amigos e professores, que não mediram esforços para que chegássemos até aqui. Dedicamos a nossa querida orientadora, Indiara Joice Tarquete de Castro, que sempre compartilhou sua experiência de forma construtiva. Gratidão.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que nos deu a oportunidade, força e coragem para, superar os desafios.

Nossos familiares que nos apoiaram diariamente, dedicando incansavelmente para a conclusão do nosso trabalho.

Aos nossos professores que não mediram esforços nos auxiliando dando todo suporte necessário.

Nossos colegas de curso, que diariamente desenvolvemos um trabalho em equipe. A nossa orientadora Indiara Joice Tarquete de Castro pelas correções e ensinamentos que foram fundamentais para a elaboração desse trabalho.

Por fim nossa gratidão a esta instituição de ensino com a oportunidade de desenvolver este trabalho.

EPÍGRAFE

“Há uma força motriz mais poderosa que o vapor, a eletricidade e a energia atômica: a vontade”

(Albert Einstein)

IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO EM SUBESTAÇÕES

Daniel de Oliveira
Matheus Jesus dos Santos
Mateus Carlos de Brito
Vicente de Souza Batista

RESUMO: As subestações (SE) são responsáveis por controlar os níveis de tensões elétricas vinda das usinas, tanto abaixando quanto elevando, fazendo assim uma melhor administração e distribuição dessa energia. Como o trabalho nesse tipo de instalação é de grande risco, a sua manutenção nos componentes presentes neste local deve ser feita de forma cautelosa e suas medidas de segurança devem ser rígidas, para evitar o máximo possível de danos. Diante disso, existem vários tipos de manutenções nessas instalações, como a preditiva, preventiva e a corretiva, onde cada qual apresenta suas vantagens e desvantagens, de acordo com as suas características. O presente trabalho teve como objetivo apresentar, para os interessados nessa área, informações a respeito da importância da manutenção dentro deste tipo de local de trabalho, assim como o papel da segurança durante a realização das atividades, já que é uma tarefa perigosa de alta tensão elétrica.

Palavras-chaves: Eletricidade, Manutenção, Subestação, Segurança

ABSTRAT: Substations (SE) are responsible for controlling the electrical voltage levels coming from the plants, both lowering and raising them, thus providing better management and distribution of this energy. As work in this type of installation involves great risk, maintenance on the components present in this location must be carried out cautiously and safety measures must be strict, to avoid as much damage as possible. Therefore, there are several types of maintenance in these facilities, such as predictive, preventive and corrective, each of which has its advantages and disadvantages, according to its characteristics. The present work aimed to present, for those interested in this area, information regarding the importance of maintenance within this type of workplace, as well as the role of safety during the performance of activities, as it is a dangerous high voltage task. electrical.

Keywords: Electricity, Maintenance, Substation, Security

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a energia elétrica é indispensável para o ser humano para que ele consiga realizar as suas atividades, contudo, devido ao alto consumo, a demanda pela energia aumenta diariamente. A eletricidade pode ser obtida a partir de diferentes fontes e, após a sua produção, percorre longas distâncias até o seu consumo, passando por complicados sistemas de transmissão e distribuição. Diante disso, para que este processo de transmissão seja eficiente é necessária uma infraestrutura que atenda aos requisitos de confiabilidade e eficiência, infraestrutura essa encontrada nas subestações (SANTOS, 2018).

Uma subestação nada mais é do que um conjunto de equipamentos, que tem como objetivo, controlar o fluxo de potência, modificando as tensões e as correntes, visando garantir a proteção de todo sistema elétrico. Devido a sua característica, uma subestação possui diversos riscos aos trabalhadores envolvidos, podendo provocar acidentes de alta relevância e até mesmo a morte do trabalho (OLIVEIRA, 2022).

Diante de sua complexidade e riscos existentes, com o passar dos anos a manutenção dentro de uma subestação de energia elétrica se tornou um fator imprescindível, visando garantir maior eficiência produtiva e segurança. Contudo, a manutenção tem passado por significativas mudanças e o aumento dessas variantes podem ser observadas nos números e nas diversidades das instalações, com projetos de maior complexidade, com exigências de conhecimento técnico em níveis cada vez mais avançados, o que demanda a atualização constante dos profissionais atuantes na área (BELLEZA, 2021).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. SUBESTAÇÃO

O intenso aumento da globalização, acontecimento este que ocorreu por conta do aumento da população e da necessidade de uma evolução tecnológica e de comunicação fez com que o surgimento da eletricidade se tornasse um divisor de águas na história da humanidade.

Contudo, este crescimento trouxe inúmeros problemas, como a dificuldade em transmitir energia, para tantas pessoas, em tantos lugares, ao mesmo tempo e que fosse uma energia de qualidade. Afinal, como transmitir e controlar? Além da dificuldade de transmissão outro problema foi a necessidade de diferentes tensões, em diferentes lugares.

É neste contexto que as subestações entram, com um aglomerado de equipamentos destinados a modificar, alterar e controlar a imensa corrente vinda das hidrelétricas. Antes de chegar ao seu destino a eletricidade passa por diversas subestações, cada uma com seu objetivo de maneira específica. Isso ocorre porque ela não tem como exclusividade o abastecimento apenas de cidades e indústrias por exemplo, mas sim toda a demanda de energia de um local. Sendo assim as subestações são vitais para a sociedade atual. (MUZY, 2012).

Subestação de energia nada mais é do que um conjunto de equipamentos que tem como principal objetivo transformar tensão e corrente para adequar a energia elétrica às necessidades de transmissão, distribuição e consumo (OMS ENGENHARIA, 2022).

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), pela Resolução Normativa no 414 – Condições Gerais de Fornecimento Energia Elétrica: “uma subestação é parte do sistema de potência que compreende os dispositivos de manobra, controle, proteção, transformação e demais equipamentos, condutores e acessórios, abrangendo as obras civis e estruturas de montagem” (ANEEL, 2014).

Por sua vez, a BHSE (2020) declara que as subestações elétricas são uma instalação que possui um conjunto de condutores, aparelhos e equipamentos com o objetivo de modificar as características da energia elétrica, permitindo a sua distribuição aos pontos de consumo em níveis adequados de utilização (Figura 1).

Figura 1. Subestação de Energia



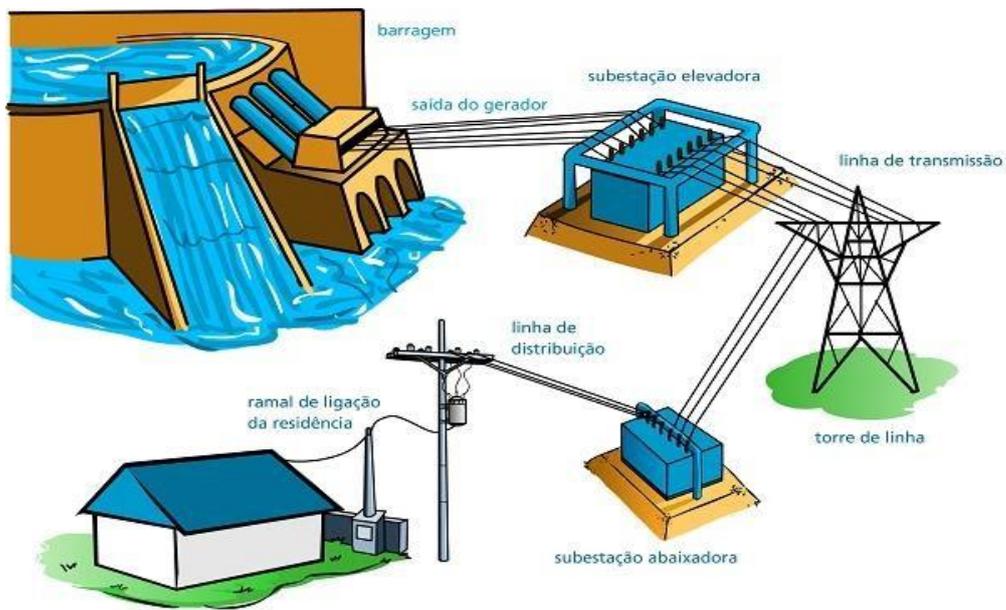
Fonte: OMS Engenharia (2022)

Tendo em mente que a subestação modifica a tensão e que esse é seu principal objetivo é preciso entender como ela funciona. Basicamente uma subestação recebe uma enorme quantidade de energia das usinas elétricas, sendo que o primeiro passo é elevar a tensão desta energia que será transmitida por enormes e extensas linhas, a fim de levar a mesma as cidades e lugares que necessitam (BHSE,2020).

É também na subestação que é realizada uma redução para que seja possível a transmissão da energia em linhas de distribuição de média tensão, para que os postes possam fazer a sua função final reduzindo a sua energia para baixa tensão através dos transformadores, que passam pelo ramal de entrada de cada residência e como consequência chegam ao consumidor final (BHSE,2020).

A Figura 2 apresenta uma demonstração da produção de energia elétrica até o consumidor (Geração, Transmissão e Distribuição).

Figura 2. Geração, Transmissão e Distribuição de energia



Fonte: Mateie, s/d

2.2. PRINCIPAIS TIPOS DE SUBESTAÇÃO

As subestações podem ser classificadas de acordo com a sua função e sua estação. Os tipos de subestação existentes são:

SUBESTAÇÃO TRANSFORMADORAS: Esse tipo de subestação tem como função principal aumentar ou abaixar a tensão de suprimento originária da fonte, no caso é o que a figura 2 apresenta, uma usina hidrelétrica.

SUBESTAÇÕES ELEVADORAS: que ficam próximas aos centros de geração recebem o nome de SE transformadora elevadora, pois aumentam a tensão para que seja possível uma transmissão de maneira econômica. Já as subestações que ficam no final de um sistema de transmissão recebem o nome de SE transformadora abaixadora, tendo como função diminuir a tensão das linhas de transmissão, o nível de consumo da população é entre (127 ou 220V) a partir da tensão de distribuição (na maior parte dos casos 13800 ou 23100V). (DNR,2020). A Figura 3 apresenta uma subestação transformadora de alta tensão

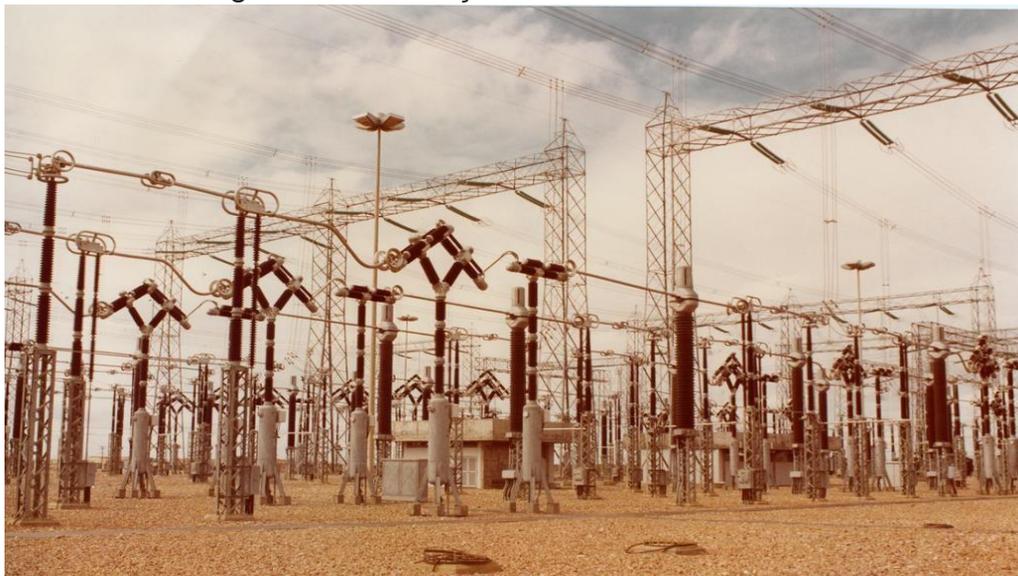
Figura 3: Subestação Transformadora De Alta Tensão



Fonte: Freepik, S/D

SUBESTAÇÃO SECCIONADORA, DE MANOBRA OU DE CHAVEAMENTO: Essa SE (Figura 4) é responsável por interligar o circuito de suprimento sobre o mesmo nível de tensão, permitindo que a sua multiplicação seja feita. Se opta por essa subestação também para que seja possível o seccionamento de circuito, que retrata a ação de desenergização (esse processo só ocorre quando se consta a falta de tensão), protegendo trechos da rede, para que assim também seja possível a manutenção entre eles. (LEÃO, s/d).

Figura 4. Subestação Externa no Paraná.



Fonte: (Memória da Eletricidade, 2023)

SUBESTAÇÃO EXTERNA OU AO TEMPO: Esta subestação se encontra ao “relento”, já que ela está desabrigada, exposta ao tempo, o que proporciona certos riscos aos equipamentos que estão expostos a condições como temperatura, poluição, chuvas e etc., com o equipamento exteriorizado desta maneira ele se torna frágil, exigindo uma constante necessidade de manutenção e uma queda na eficiência do isolamento em geral (DUAILIBE, 1999).

Essa SE é costumeiro estar próximo ou dentro das paisagens próprias das cidades contendo transformadores de até 300kVA, geralmente por não demandar de relé microprocessado e disjuntor na média tensão, que são dispositivos de proteção, porém requerem de aparelhos e máquinas apropriadas para suportar as circunstâncias atmosféricas do meio. (USP, s/b).

Figura 5: Subestação Externa no Paraná.



Fonte: (MONTENEGRO, 2016)

SUBESTAÇÃO INTERNA OU ABRIGADA: É aquela que está coberta, normalmente são encontradas em um edifício acoplado a uma câmara subterrânea (Figura 6), elas podem ser feitas em cubículos fechadas, contendo também subestações isoladas a gás e os painéis elétricos são abrigados em uma sala principal, geralmente, são construídas em alvenaria com estrutura em concreto armado, é o tipo de SE mais frequente no meio industrial (Figura 6) (PESSOA, 2012).

Figura 6: Transformadores em uma subestação de alvenaria



Fonte: (DRUMON ENGENHARIA, 2020)

Por ser de alvenaria ele necessita de uma renda menor, pois é de fácil montagem e de manutenção, mas há a necessidade de uma área maior, notado geralmente próximos aos centros de carga. (AMPHER, 2020).

Por fim, as subestações também podem ser classificadas de acordo com o seu nível de tensão, sendo que essa classificação vai desde a subestação de média tensão nível 1, com valores entre 2,3 kV à 25 kV, até as subestações de alta tensão nível 5, com valores de 500 kV AC ou 800 kV DC (BELLEZA, 2021).

A Figura 7 apresenta essa classificação.

Figura 7: Classificação da subestação de acordo com o seu nível de tensão

NÍVEL DE TENSÃO DA SE	FAIXA DE TENSÃO	APLICAÇÃO
Subestação de média tensão nível 1	2,3kV até 25kV	Indústrias de pequeno e médio porte, condomínios residenciais, centros comerciais de consumo elevado.
Subestação de média tensão nível 2	34,5 kV até 46 kV	Redes coletoras aéreas ou subterrâneas de centros de geração eólica e fotovoltaicas, indústrias de grande porte.
Subestação de alta tensão nível 3	69kV até 145kV	Concessionárias distribuidoras, maioria das indústrias de médio porte, parques eólicos pequenos e médios.
Subestação de alta tensão nível 4	230kV até 440 kV	Rede básica do Sistema Interligado Nacional (SIN), concessionárias, subestações industriais de eletrointensivas.
Subestação de alta tensão nível 5	500kV (CA)	Rede básica do Sistema Interligado Nacional (SIN) e centros de operação da transmissão e geração.
	± 800 kV (CC)	

Fonte: (BELLEZA, 2021)

2.3. COMPONENTES DE UMA SUBESTAÇÃO

A subestação por ser uma instalação muito complexa, o seu funcionamento exige vários equipamentos específicos para lidar com alta tensão, tais como:

- ✓ Linhas e alinhamento;
- ✓ Barramentos;
- ✓ Equipamentos de disjunção, como: disjuntores, chaves, religadores;
- ✓ Equipamentos de transformação;

- ✓ Equipamentos de proteção: relés (primário, retaguarda e auxiliar) fusíveis, para-raios e malha de terra;
- ✓ Equipamentos de compensação: reatores, capacitores, compensadores síncronos, compensadores estáticos. (LEÃO, S/D).

Linha e Alinhamento: A produção de energia pode ser executada por várias categorias de usinas, tais como usinas hidrelétricas, eólicas, térmicas, fotovoltaicas, entre outras, culminando na conversão em eletricidade. Para transportar a eletricidade gerada por essas fontes até os pontos finais dos sistemas de distribuição, são empregadas as linhas de transmissão.

A transmissão de energia pode ser realizada por meio de linhas aéreas, subterrâneas ou subaquáticas. A transmissão convencional ocorre por meio de linhas aéreas, que empregam condutores nus sustentados por isoladores. As linhas subterrâneas, geralmente, utilizam cabos isolados e são instaladas em sistemas de dutos, representando uma solução adequada para áreas urbanas densamente povoadas, apesar de serem mais dispendiosas. Por outro lado, as linhas subaquáticas possuem desafios técnicos e custos significativos, mas podem ser vantajosas em projetos especiais que envolvem a travessia de rios e canais com vãos extensos, onde outras alternativas são limitadas. (MENEZES, 2015)

Barramento: No planejamento de uma subestação, é fundamental considerar diversos fatores, incluindo a configuração dos barramentos e dispositivos de comutação. É imperativo que esses componentes sejam flexíveis tanto em termos de operação quanto de manutenção, a fim de garantir a confiabilidade no fornecimento de energia aos consumidores, mesmo em caso de defeitos. A seleção apropriada do arranjo da subestação desempenha um papel essencial no sistema elétrico e é um dos principais determinantes da qualidade da operação do sistema. (AZEVEDO, 2015)

Disjuntores: Os disjuntores são dispositivos de manobra que possuem a capacidade de interromper e restabelecer as correntes elétricas em pontos específicos do circuito. Para garantir seu funcionamento apropriado, os disjuntores devem ser instalados em conjunto com os relés correspondentes, responsáveis pela detecção das correntes elétricas no circuito. Um disjuntor instalado sem um relé perde sua função de proteção e passa a se comportar como um simples interruptor.

A principal função de um disjuntor é efetuar a interrupção das correntes de falta em um circuito designado no menor intervalo de tempo viável. Adicionalmente,

desempenham o papel de desligar correntes de circuitos em operação tanto sob carga plena quanto em vazio, e também de reestabelecer a energia nesses circuitos em situações de funcionamento normal ou na ocorrência de falhas. (AZEVEDO, 2015)

Chaves: As chaves seccionadoras são empregadas em subestações com o propósito de isolar sistemas elétricos ou equipamentos. Elas geralmente possuem uma tensão nominal de 15, 25 ou 36 kV e uma corrente nominal de 400, 600 ou 800 A.

A chave seccionadora principal, conforme os padrões das concessionárias, é projetada para operar sob carga, mas não requer uma base de fusível. Sua função principal é isolar o sistema elétrico da concessionária, enquanto a proteção secundária é da responsabilidade do disjuntor principal, que protege o sistema elétrico como um todo.

Por outro lado, as chaves seccionadoras instaladas nos transformadores com base de fusível têm como função isolar o sistema elétrico de entrada e proteger o transformador. Quando instaladas em sistemas de concessionárias, essas chaves devem ser capazes de realizar a abertura sob carga. No entanto, quando não estão instaladas em tais sistemas, podem ser equipadas com um micro interruptor para permitir a abertura sem carga, eliminando a necessidade de abertura sob carga para esse tipo de seccionadora. (GEBRAS, 2021)

Religador: O religador é um dispositivo de proteção contra sobrecorrentes empregado em circuitos aéreos de distribuição. Sua operação ocorre ao detectar correntes de curto-circuito, realizando desligamentos e religamentos automáticos em um número predefinido de vezes. Quando o religador identifica uma condição de sobrecorrente, ele interrompe o fluxo dessa corrente por meio da abertura de seus contatos. Esses contatos permanecem abertos por um período específico, conhecido como tempo de religamento, após o qual eles se fecham automaticamente para reenergizar a linha.

Se, no momento do fechamento dos contatos, a sobrecorrente persistir, o ciclo de abertura/fechamento pode ser repetido até três vezes consecutivas. Após a quarta abertura, os contatos permanecem abertos e bloqueados, sendo necessária uma intervenção manual para efetuar o novo fechamento. (UNESP, S/D)

2.3.1. Dispositivos de proteção

Os seguintes componentes de proteção são muito importantes para a segurança elétrica na subestação. Esses sistemas fornecem monitoramento e controle precisos da corrente elétrica, garantindo um fornecimento de energia segura e descente.

Relé: funciona em conjunto com o disjuntor, mantendo a integridade do circuito e prevenindo falhas, muito utilizado na parte de automação residencial e comercial.

Para-raios de linha: Protege o sistema contra possíveis descargas atmosféricas e também contra surtos de tensão, mantendo a integridade do sistema.

Fusível: Garante a proteção do circuito caso haja uma sobrecarga na corrente, desse modo os fusíveis evitam a queima e explosões do circuito.

Painéis de controle e proteção: Esses painéis abrigam os dispositivos de controle, monitoramento e proteção da subestação. Eles são usados para monitorar o estado do sistema, controlar a operação dos equipamentos e garantir a segurança operacional.

Sistema de comunicação: Para garantir uma proteção maior tanto dos trabalhadores quanto da instalação, um meio de comunicação eficaz é de extrema importância, a troca de informação é a melhor proteção. (OLIVEIRA, 2022).

2.3.2. Dispositivos de transformação

Transformador de corrente: Reduz a corrente recebida para um valor muito menor, sendo assim possível um melhor uso da mesma em sistemas de proteção.

Transformador de potencial: Semelhante ao transformador de corrente, sua função é reduzir o nível de tensão que está sendo recebida para uma melhor manipulação da mesma, sendo utilizado em sistemas de mediação e proteção.

Transformador de potência: Sua funcionalidade é uma junção dos outros dois tipos de transformador, tem como objetivo aumentar ou reduzir a tensão, e conseqüentemente a corrente. (OLIVEIRA, 2022).

2.3.3. Condutores

Mufra terminal: é um dispositivo colocado em terminações elétricas, que tem como função fazer a isolação de cabos condutores, amenizando assim o campo elétrico causado por esses cabos.

Cabos de alimentação: transportam a energia elétrica de entrada e saída entre as subestações e o sistema elétrico.

Cabos de controle: mandam energia para os meios de comunicação e informação dentro da subestação. (OLIVEIRA, 2022).

2.5. IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÕES EM UMA SUBESTAÇÃO

A manutenção em uma subestação é um processo de inspeção e reparo realizado em instalações elétricas de alta potência, tendo como objetivo evitar que os elementos ou componentes dos equipamentos industriais não sofram danos de tal forma que percam suas características, proporcionando assim o aumento da disponibilidade dos equipamentos, evitando-se paradas inesperadas (BELLEZA, 2021).

Segundo a NBR 5462, “manutenção é a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou

recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida” (PASSOS JUNIOR, 2016).

Todas as subestações necessitam de manutenções constantemente e para realizar todos esses fluxos com segurança e eficiência, os operadores devem implementar processos de manutenção contínuos que analisem a integridade dos equipamentos, coletem dados, prevejam situações perigosas e façam as restaurações necessárias quando necessário ou substituição (COUTINHO et al., 2020).

Com o passar dos anos, as técnicas de manutenção sofreram muitas modificações devido ao surgimento de novas tecnologias e ao surgimento de novos equipamentos, tornando-se necessário a presença de profissionais capacitados.

2.6. TIPOS DE MANUTENÇÃO

2.5.1. Manutenção corretiva

A manutenção corretiva é a prática de consertar máquinas e equipamentos em situações emergenciais. Ou seja, a manutenção é realizada somente após uma quebra, parada, pane ou queda de desempenho. A manutenção corretiva pode ser aplicada até mesmo em equipamentos de menor importância, como ferramentas ou máquinas pequenas que possam ser rapidamente substituídas quando falharem, queimarem ou apresentarem pane. Ela também pode ser empregada em itens cuja manutenção corretiva seja extremamente barata e rápida. (FERRAZ, 2012)

A principal característica da manutenção corretiva é que ela visa eliminar problemas e defeitos que já tenham surgido. Isso a diferencia da manutenção preventiva, que tem como objetivo detectar problemas ou defeitos antes que causem danos. A manutenção preventiva, portanto, pode ajudar a evitar a necessidade de manutenção corretiva, possibilitando a previsão de problemas antes que causem danos. (FERRAZ, 2012)

2.5.2. Manutenção preventiva

Trata-se de uma manutenção realizada em intervalos pré-determinados ou em resposta a uma situação específica (problema existente), com o objetivo de reduzir a probabilidade de falhas ou degradação de um componente da área (FERRAMENTAL, 2022).

A manutenção preventiva consiste em uma abordagem programada e metódica de revisão, controle e supervisão de equipamentos, sendo realizada regularmente para minimizar ou evitar possíveis falhas nos dispositivos. Em contraste, a manutenção corretiva é executada em resposta à identificação de um problema preexistente no aparelho.

Souza (2017) relata que as principais manutenções preventivas realizadas são:

- ✓ Revisão sistemática de equipamentos;
- ✓ Lubrificações periódicas;
- ✓ Planos de inspeção de equipamentos;
- ✓ Calibração e aferição de equipamentos.

A manutenção preventiva é frequentemente empregue para prevenir falhas em máquinas após um certo período de uso ou quantidade de operação. Nesse sentido, são estabelecidos parâmetros que desencadeiam a execução da manutenção. Seus principais objetivos são a redução de custos, a preservação dos equipamentos e o aumento da segurança.

Coutinho et al (2020) relata que a manutenção preventiva pode evitar a ocorrência de falhas em uma subestação, como:

- ✓ Problemas de contato em conexões dos barramentos e disjuntores e chaves;
- ✓ Mau funcionamento dos mecanismos de manobra ou baixa resistência de isolamento;
- ✓ Falta de ajuste em chaves seccionadoras ou reles de acionamento remoto;
- ✓ Danos a transformadores devido à falta de óleo ou baixa isolamento do mesmo;

- ✓ Problemas diversos, como testes insatisfatórios.

Esse tipo de manutenção envolve o planejamento de modo que as revisões dos equipamentos possam ser realizadas sem impactar significativamente a produção. As obras podem ser cuidadosamente planejadas para que essa interrupção não afete o ciclo produtivo. Além disso, você pode estabelecer prazos para evitar atrasos devido a manutenções. (SANTOS, 2018).

2.5.3. Manutenção preditiva:

É um método de monitoramento que prevê antecipadamente falhas, possibilitando a estimativa do tempo de vida útil de máquinas, sistemas ou componentes. Em outras palavras, essa abordagem permite a detecção precoce de sintomas de problemas, evitando que se transformem em falhas em potencial e possibilitando ação preventiva.

Segundo o Plano Mínimo de Manutenção em subestação da ANEEL (2014), as atividades consideradas mínimas de manutenção preditiva em subestações consistem em:

- a) Inspeções Visuais;
- b) Inspeções Termográficas nos equipamentos e em suas conexões;
- c) Ensaio do Óleo Isolante dos equipamentos.

Em outras palavras, a Manutenção Preditiva representa um método eficaz para a supervisão regular de equipamentos, empregando diversas técnicas de manutenção, como inspeção visual, análise de vibração, ultrassom e outras abordagens de análise não destrutiva.

O principal objetivo da Manutenção Preditiva é prever e identificar a origem de problemas em máquinas e equipamentos antes que se tornem um problema potencial. Ou seja, tomar medidas quando apenas os sintomas forem detectados é possível graças ao método de aplicação, que inclui o monitoramento contínuo.

Além de considerar a aparência, sensação e cheiro para o operador ou técnico da máquina, a Manutenção Preditiva também leva em consideração a coleta

de dados. Isso não apenas proporciona uma série de benefícios em termos de produtividade, mas também envolve os colaboradores como protagonistas, aumentando seu comprometimento (FERRAMENTAL, 2022).

2.6. PROBLEMAS MAIS COMUM EM UMA SUBESTAÇÃO

2.6.1. Importância do transformador

Um transformador é um dispositivo destinado a transformar uma tensão de um determinado nível em outra tensão sem alterar a magnitude da potência fornecida. Isso garante o fornecimento de energia elétrica à máquina e a segurança operacional do processo. Na saída de uma usina hidrelétrica, transformadores são usados para aumentar a tensão e diminuir a corrente, de modo que a potência permaneça razoavelmente constante. Isso torna a transmissão de energia de longa distância economicamente possível. (FONSECA, 2014).

A Figura 8 apresenta uma ilustração de um transformador presente nas subestações;

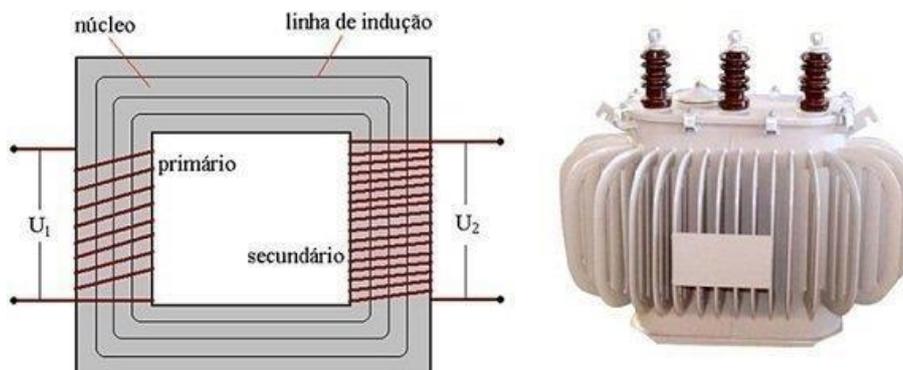


Figura 8. Transformador

Fonte: (Mattede, S/A)

De acordo com Mamede Filho (2011), transformador é um equipamento de operação estática que por meio de indução eletromagnética transfere energia de um circuito, chamado primário, para um ou mais circuitos denominados, respectivamente, secundário e terciário, sendo, no entanto, mantida a mesma frequência, porém com tensões e correntes diferentes. Sendo o transformador de potência um equipamento de custo elevado, normalmente é construído para uma expectativa de vida útil de 30 anos, que é o tempo de depreciação e que corresponde ao colapso dos isolantes imersos no óleo (MAMEDE FILHO, 2011).

Os transformadores têm além dos enrolamentos e do núcleo, outras partes constituintes importantes, para garantir seu funcionamento e sua máxima qualidade, como: tanque, líquidos isolantes, bucha, placa de identificação, além de contar com alguns dispositivos de proteção, como termômetro de óleo, termômetro de enrolamento, relé de gás, relé de nível de óleo, válvula de alívio de pressão e secador de ar com sílica-gel. Estas partes e dispositivos serão explicados abaixo:

Núcleo: É formado através de chapas geralmente de aço silício, soladas umas das outras por verniz ou óxido. É feito dessa maneira para diminuir as perdas por correntes Foucault.

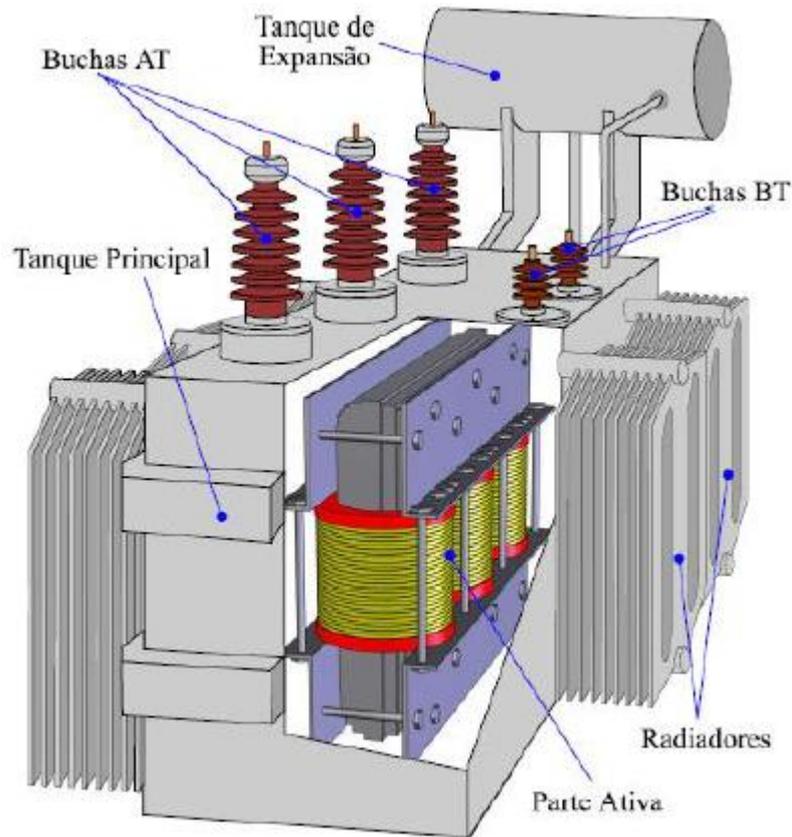
Enrolamentos: Os enrolamentos são feitos de cobre e isolado com verniz sintético especial.

Tanque: O tanque tem como principal objetivo armazenar as partes ativas, isoladores e o óleo, além de ser responsável pela troca de calor com o ambiente. O formato do tanque varia de redondo, oval ou retangular de acordo com a potência, e pode ser liso, nervurado ou equipado com radiadores.

Líquidos Isolantes: O óleo mineral e ascarel são os mais utilizados, pelo fato de cumprirem a função de isolar e transferir o calor para as paredes do tanque, e ter rigidez dielétrica, boa fluidez e manter essas características mesmo com altas temperaturas.

Bucha: As buchas são os terminais externos do transformador, nos quais ligamos à rede e à carga. As buchas são chamadas de alta tensão (designado

pela letra H) e de baixa tensão (letra X). São feitas a partir de porcelana e fixadas no tanque. (KIMARKI, 2022)



Fonte: (Ensinando Elétrica, S/D)

2.7. EXEMPLO DE MANUTENÇÃO DE TRANSFORMADORES EM SUBESTAÇÕES E SEUS DESAFIOS

A manutenção é uma técnica que objetiva a conservação do equipamento, tanto estrutural quanto funcional, no caso de transformadores a manutenção se aplica por meio de suas vertentes corretiva, preventiva e preditiva, de

modo a garantir que o transformador mantenha uma depreciação natural a sua vida útil e não interrompa o fornecimento de energia para a máquina ou sistema que este alimenta SANTOS, 2018).

A manutenção preventiva, a qual se caracteriza como uma técnica composta de procedimentos com periodicidade fixa, é formada no caso dos transformadores por um conjunto de análises das condições estruturais dos elementos que o compõem, tal como buchas, tanque, radiadores, conservador de óleo, termômetros, secador de ar, ventiladores, relés e para-raios.

A vertente preditiva, que é baseada em monitoramento e estudos estatísticos, inclui o uso das técnicas de oscilografia, ensaio de resistência dos enrolamentos, ensaio de relação de transformação, ensaio de resistência de isolamento, termografia, análise físico-química e cromatográfica. A preditiva pode ser comparada a exames médicos, tal como o exame de sangue, uma vez que por meio destes testes e análises consegue-se inferir determinados problemas e por meio de históricos destes testes e análises, prever um possível progresso ou tendência de problemas futuros (FONSECA, 2014).

O principal desafio da manutenção é evitar manutenções corretivas, já que estas levam ao desligamento do equipamento por um determinado período de tempo, o que acarreta prejuízos financeiros. No entanto, este desafio também se aplica à manutenção preventiva. Alguns trabalhos nesta área exigem o desligamento dos transformadores, o que deve ser evitado, ainda que temporariamente. Portanto, um segundo desafio da manutenção é aumentar a frequência das manutenções preventivas sem comprometer a confiabilidade do sistema, o que inclui evitar em grande parte interrupções dos transformadores e prever problemas atuais e futuros. As técnicas de conservação devem ser mais bem utilizadas. Manutenção de transformadores e seus desafios. (FONSECA, 2014).

2.7.1. Falta elétrica

A ocorrência mais comum de falhas elétricas é um curto-circuito ou a interrupção da condição normal de funcionamento de um condutor por sobretensão ou sobrecorrente. Este defeito pode fazer com que as tensões e correntes dos componentes envolvidos mudem em maior ou menor grau. As correntes e tensões caem muito acima dos valores nominais. Ressaltamos que estas duas características não se limitam aos curtos-circuitos. Mudanças na impedância aparente dependendo da relação tensão/corrente do local de instalação do relé. Esta variação é mais perceptível em caso de falta do que em simples variações de carga. Componentes inversa (sequência negativa) e copolar (sequência zero) da tensão e/ou corrente ocorrem se a falta tiver características desequilibradas, uma vez que os vetores de tensão e corrente diferem muito si em relação ao módulo e ao ângulo de fase.

Existe uma grande diferença entre o fluxo de entrada e o fluxo de saída de um elemento de rede. As correntes derivadas, ou seja, correntes de magnetização do transformador e correntes capacitivas de linha, são baixas em comparação com as correntes nominais de operação. Portanto, se a diferença angular de fase entre as correntes de entrada e saída for grande (em torno de 180°), isso indica um defeito interno no elemento controlado e caracteriza uma inversão de sentido da corrente de saída. Existem dois tipos de falhas elétricas em sistemas de potência: falhas simétricas e falhas assimétricas em relação à tensão, corrente e ângulo de fase. Uma falta elétrica simétrica é uma falta balanceada em termos de sinal de corrente porque a forma de onda senoidal é simétrica em relação ao eixo do tempo e possui características estacionárias, mas o valor da tensão trifásica é zero no local da falta. O erro assimétrico tem um componente exponencial que é de natureza transitória e decai ao longo do período até que o sinal atual transite para o estado estacionário. Tipos de falhas elétricas existem muitas fontes diferentes de falhas elétricas que podem ocorrer em sistemas elétricos, resultando em sobretensões, sobrecorrentes, formas de onda anormais e transientes eletromecânicas. O presente estudo limita-se aos detalhes das sobretensões. (MOREIRA, 2010).

2.8. SEGURANÇA DURANTE A MANUTENÇÃO EM UMA SUBESTAÇÃO

A falta de manutenção elétrica, seja por falta de recursos, descuido ou mesmo fiscalização inadequada, está diretamente relacionada à maioria dos incêndios acidentais que poderiam ter sido evitados. Os componentes da rede elétrica que não atendem aos padrões de segurança têm maior probabilidade de causar problemas elétricos que, se não forem tratados rapidamente, podem levar a incêndios de maiores proporções. Um componente elétrico danificado pode afetar todo o sistema e aumentar o risco de incêndio. Além disso, a manutenção insuficiente da instalação elétrica ou a falta de renovação de componentes e equipamentos elétricos obsoletos aumentam o risco de curtos-circuitos, que também podem causar incêndios (autor, ano)

Por fim, o descuido e a falta de entendimento sobre segurança elétrica podem gerar incidentes desnecessários que, por sua vez, podem resultar em incêndios. Com a realização regular e preventiva da manutenção da rede elétrica, é possível evitar ou reduzir o risco de incêndio, garantindo assim a segurança de todos. (FERRAMENTAL, 2022).

Aqui estão alguns equipamentos de segurança para amenizar os danos quando se está trabalhando com alta tensão.

EPIs (Equipamentos de Proteção Individual):

- Capacete isolante elétrico;
- Luvas isolantes;
- Botas isolantes;
- Óculos de proteção;
- Vestimentas de proteção contra arcos elétricos.

Equipamentos de Sinalização e Bloqueio:

- Cones de sinalização;
- Fitas de isolamento;
- Cadeados e etiquetas de bloqueio;
- Placas de advertência e identificação.

Equipamentos de Teste e Medição:

- Voltímetros e amperímetros isolados;
- Detector de tensão sem contato;
- Analisadores de energia;
- Equipamentos para teste de isolamento.

Dispositivos de Proteção contra Sobrecorrente:

- Disjuntores de alta tensão;
- Relés de proteção;
- Fusíveis de alta tensão.

Equipamentos para Trabalho em Altura:

- Cintos de segurança;
- Linhas de vida;
- Andaimos isolados.

Equipamentos de Isolamento:

- Mantas isolantes;
- Bastões de manobra isolantes;
- Estruturas isolantes para trabalhos em altura.

Equipamentos para Proteção contra Arcos Elétricos:

- Roupas e capuzes antichamas;
- Escudos faciais e viseiras;
- Coberturas isolantes para cabos.

Equipamentos de Aterramento:

- Grampo de terra;
- Conjuntos de aterramento temporário;
- Hastes de aterramento.

Equipamentos de Resgate e Primeiros Socorros:

- Conjuntos de resgate em altura;
- Kits de primeiros socorros;

- Telefones de emergência. (ELETRICAL4U, S/D)

2.8.1 Problemas relacionados a falta de manutenção:



Fonte: (FILHO, S/D)

Como visto na imagem acima a falta de uma manutenção de qualidade pode provocar acidente sem precedentes, não só perdendo totalmente ou parcialmente o equipamento como podendo haver possíveis vítimas. Na imagem acima um transformador apresentou problemas internos em seu óleo isolante e nas buchas, a falta de manutenção acabou acarretando vários outros problemas onde causou um incêndio perdendo totalmente o equipamento.

Esses problemas estão infelizmente ficando mais comuns, a falta de profissionais capacitados na área é muito grande, além de falta de infraestrutura da concessionária, para que não ocorra problemas dessa proporção é imprescindível que a equipe tenha uma comunicação de qualidade e inspeções programadas dos equipamentos.

Um outro problema causado pela falta de manutenção é acidentes externos, na imagem abaixo mostra um local totalmente devastado pelas chamas, houve uma explosão de um transformador onde o fogo de destroços foram arremessados para uma mata próxima do local, as chamas se espalharam facilmente causando um incêndio de grande porte.



Fonte: (Nabinger, 2022)

3. METODOLOGIA

Com o objetivo de demonstrar a importância da manutenção em subestações, foi realizada uma entrevista com um funcionário de uma importância subestação da região noroeste do Estado de São Paulo. Ao todo, foram 13 questões que tiveram como objetivo apresentar como é o dia a dia de um trabalhador responsável pela manutenção nestes ambientes, assim como seus principais desafios.

4. DESENVOLVIMENTO

As questões abaixo são referentes a entrevista realizada com o profissional.

1. Qual a sua função e há quantos anos trabalha na área elétrica?

Respostas: Técnico de Equipamentos de Alta Tensão -EAT, Trabalho a 10 anos no Sistema de Potência.

2. Quais são as principais responsabilidades de um profissional de manutenção em subestações elétricas?

Respostas: Manter o bom funcionamento dos equipamentos elétricos em operação na SE.

3. Quais são os principais tipos de equipamentos e sistema encontrados em subestações elétricas que requerem manutenção?

Respostas: AT-Autotransformadores, TCR-Transformador de Corrente, TPC-Transformador de Potencial Capacitivo, PRR-Pará-Raios de Alta tensão, CHV-Chaves Seccionadoras, DJ Dijuntores Alta tensão, Serviços Auxiliares, GMG-Grupo Motor Gerador;

4. Quais são os principais desafios enfrentados pelos profissionais de manutenção em subestações e como eles são abordados?

Respostas: Principais desafio para o time de manutenção é manter a qualidade da operação dos equipamentos elétricos de alta tensão em operação, visando uma manutenção preventiva com qualidade sem impactar no sistema interligado nacional (SIN).

5. Como a tecnologia avançada, como a internet das coisas (IoT) e a automação está impactando o campo da manutenção de subestações?

Respostas: A internet das coisas é um dos pilares da automação. Ela causa um impacto muito positivo nas subestações (SE) pois faz toda a conexão online das LT-Linhas de Transmissão e dos equipamentos, fazendo com que as linhas e Autotransformadores se comuniquem de forma constante em uma operação.

6. Quais são os procedimentos de segurança mais importante que os profissionais de manutenção em subestações devem seguir?

Respostas: Sem um bom Plano de Manutenção, vários pequenos fatores tendem a passar despercebidos pelos funcionários e podem se tornar grandes problemas ao longo do tempo. A negligência com pequenas tarefas pode causar acidentes de trabalho. -Mas existem 5 regras de ouro dentro da empresa (State Grid Brazil Holding) - 1º Desligar - 2º Bloquear - 3º Testar - 4º Aterrizar - 5º Sinalizar

7. Como as normas e regulamentações governamentais influenciam as práticas de manutenção em subestações?

Respostas: Setores de energia são regulamentados por órgãos governamentais para garantir a segurança e a qualidade do serviço prestado. A manutenção regular da subestação é essencial para garantir o cumprimento dessas normas e regulamentos.

8. Quais são as ferramentas e equipamentos essenciais utilizados por profissionais de manutenção em subestações?

Respostas:

- ✓ Chaves de fenda e chaves “Philips”
- ✓ Alicates
- ✓ Detector de voltagem
- ✓ Sugru
- ✓ Multímetro
- ✓ Câmera térmica
- ✓ Pulseira antiestática
- ✓ Fita elétrica líquida
- ✓ Pinças

9. Como a manutenção preventiva difere da manutenção corretiva em subestações e qual é sua importância?

Respostas: Manutenção Preventiva: Também conhecida como manutenção proativa, essa é uma abordagem de manutenção planejada e regular que visa prevenir falhas antes que elas ocorram. Inclui atividades como inspeções regulares, limpeza, lubrificação e substituição de peças que estão perto do final de sua vida útil. O objetivo da manutenção preventiva é manter o equipamento em funcionamento eficiente e evitar falhas inesperadas que possam causar interrupções no serviço ou danos mais significativos. A manutenção preventiva é geralmente considerada mais eficiente em termos de custo do que a manutenção corretiva, pois previne reparos grandes e caros e prolonga a vida útil do equipamento.

Manutenção Corretiva: Essa abordagem de manutenção envolve a reparação ou substituição de peças após uma falha ocorrer. Em outras palavras, a manutenção corretiva é reativa, pois ocorre em resposta a um problema, em vez de tentar prevenir o problema. Embora a manutenção corretiva possa ser necessária em situações de emergência, ela pode ser mais dispendiosa e menos eficiente do que a manutenção preventiva. Isso ocorre porque as falhas muitas vezes causam mais danos ao equipamento e requerem reparos mais extensos. Além disso, as falhas podem resultar em interrupções inesperadas do serviço, que podem ser caras e inconvenientes.

10. Quais são os principais indicadores de desempenho usados para avaliar a eficácia das operações de manutenção em subestações?

Respostas: MTBF (Mean Time Between Failures) ... □ MTTR (Mean Time To Repair) ... □ Availability (A) ... □ Backlog. ... □ Confiabilidade. ... □ CMF (Custo de Manutenção sobre Faturamento) ... □ CPMV (Custo de Manutenção sobre Valor de Reposição) ... □ CMUP (Custo de Manutenção sobre Unidade Produzida)

11. Como a formação e o treinamento dos profissionais de manutenção em subestações impactam a qualidade do trabalho realizado?

Respostas: Impactam positivamente, pois as empresas precisam investir cada vez mais em treinamento de profissionais na área elétrica, pôr os atendimentos as demandas são rápidas e eficaz em uma intervenção.

12. Quais são os principais desafios futuro que os profissionais de manutenção em subestações podem enfrentar à medida que a infraestrutura elétrica evolui?

Respostas:

- ✓ Fornecedores de baixa qualidade.
- ✓ Falta de comunicação.
- ✓ Desorganização do setor.
- ✓ Não capacitação da equipe.
- ✓ Falta de planejamento.
- ✓ . Manutenções não planejadas.
- ✓ Manutenções não programadas.
- ✓ Processos manuais

13. Como a manutenção preventiva está sendo adotada no setor de subestações e quais são seus benefícios?

Respostas: Manutenção Preventiva: É realizada regularmente e de forma planejada, com base em um cronograma definido, para evitar falhas inesperadas nos equipamentos e minimizar os riscos de paralisações ou problemas no fornecimento de energia. A manutenção preventiva inclui inspeções, testes, limpeza, ajustes e trocas preventivas de componentes que apresentam desgaste natural com o tempo.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A manutenção dos equipamentos de uma subestação de energia tem papel fundamental na garantia da confiabilidade e eficiência do fornecimento de

energia elétrica. Esses complexos sistemas são responsáveis por transmitir e distribuir eletricidade para residências, indústrias e estabelecimentos comerciais, tornando sua manutenção uma peça-chave na operação segura e contínua do sistema elétrico.

Uma manutenção bem-feita previne a ocorrência de falhas e possibilita a identificação precoce de problemas nos equipamentos, sendo possível detectar desgastes, danos ou possíveis pontos de falha, permitindo intervenções antes que se tornem grandes problemas.

Outro ponto importante é que, a manutenção adequada dos equipamentos de uma subestação contribui significativamente para a segurança dos trabalhadores e da população em geral. Equipamentos elétricos operando em condições inadequadas podem representar riscos sérios, como curtos-circuitos, incêndios ou falhas graves no sistema, colocando em perigo tanto os profissionais que trabalham nessas instalações quanto as pessoas que vivem ou trabalham nas proximidades.

Investir em programas de manutenção preventiva e preditiva não é apenas uma prática sábia, mas é essencial para assegurar a continuidade do fornecimento de energia elétrica de forma segura e eficiente. Ao priorizar a manutenção dos equipamentos de subestações, estamos investindo na confiabilidade do sistema elétrico, na segurança das comunidades e no desenvolvimento sustentável de uma infraestrutura energética confiável para o futuro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ANEEL. Resolução Normativa nº 414: Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2014/022/documento/anexo_-_plano_minimo_de_manutencao.pdf> Acesso 5 de Setembro de 2023.

AZEVEDO, M, P. Arranjos de subestações: Disponível em: <https://www2.dee.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/18/2017/11/TCC_2015_2_MPAzevedo.pdf>. Acesso 2 de Outubro de 2023.

BELEZZA, K, A. Procedimentos e testes de manutenção elétrica em subestações abrigadas de 13,8 KV:

<https://riu.ufam.edu.br/bitstream/prefix/5902/6/TCC_KevinCardenas.pdf> Acesso 10 de Setembro de 2023.

DUAILIBE, P. Subestações: Tipos, Equipamentos e proteção: Disponível em:

<<http://www.vieiraevarela.com.br/arquivos/SE.pdf>>. Acesso 2 de Outubro de 2023.

DRUMON ENGENHARIA. Subestação abrigada:

<<https://www.drumonengenharia.com.br/produtos/subestacao-abrigada/>> Acesso 15 de Setembro de 2023.

FERRAMENTAL. Manutenção corretiva: O que é e quando utilizar?: Disponível em:

<<http://www.vieiraevarela.com.br/arquivos/SE.pdf>>. Acesso 2 de Outubro de 2023

FERRAMENTAL. Manutenção corretiva: O que é e quando utilizar? : Disponível em:

<<https://www.revistaferramental.com.br/artigo/manutencao-corretiva-o-que-e-e-https://www.revistaferramental.com.br/artigo/manutencao-corretiva-o-que-e-e-quando-utilizar/quando-utilizar/>>. Acesso 26 de Setembro de 2023.

FERRAMENTAL. Manutenção preditiva: O que é e como funciona? : Disponível em:

<https://www.revistaferramental.com.br/artigo/manutencao-preditiva-o-que-e-e-como-funciona>

FERRAZ, F. Manutenção corretiva: Disponível em:

<<https://fabioferrazdr.files.wordpress.com/2012/04/04manumanutenc3a7c3a3o-corretiva.pdf>>. Acesso 2 de Outubro de 2023.

JÚNIOR, D, P, P. Manutenção em subestação da Universidade de Brasília em conformidade com a NR10:

<https://bdm.unb.br/bitstream/10483/14995/1/2016_DavidPereiraPassosJunior_tcc.pdf> Acesso 5 de Setembro de 2023.

JÚNIOR, E, K. Dimensionamento de um sistema de um aterramento de uma subestação abaixadora de tensão em uma edificação comercial: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/185166/TCC%20final.pdf?sequence=1&isAllowed=yhttps://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/35040/1/2017_tcc_mn_souza.pdf> Acesso 8 de Setembro de 2023.

FILHO, J, I, A. Manutenção preventiva e corretiva em cabine primária:<<https://repositorio.pgsskroton.com/bitstream/123456789/44842/1/JOCELINO%20INACIO%20DE%20ARAUJO%20FILHO.pdf>> Acesso 10 de Setembro de 2023.

LEÃO, R. Distribuição de energia: Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/130060/mod_resource/content/1/Subestacoes-texto.pdf>. Acesso 6 de Setembro de 2023.

PESSOA, A, R, M. Projeto de aterramento de S.P.D.A. de Subestações Abridadas: Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOShttps://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-9B8HNM/1/monografia_alex_r_m_pessoa.pdf9B8HNM/1/monografia_alex_r_m_pessoa.pdf>. Acesso 6 de Setembro de 2023.

MEMÓRIA DA ELETRICIDADE. Pátio da subestação: <<https://memoriadaeletricidade.com.br/acervo/118071/if0218-29-patio-da-subestacao>> Acesso 13 de Setembro de 2023.

MONTE NEGRO. O que são as subestações: <<https://universoeletrico.wordpress.com/2016/08/02/o-que-sao-subestacoes/>> Acesso 15 de Setembro de 2023.

MUZY, G, L, C, O. Subestações Elétricas: Disponível em: <<http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10005233.pdf>>. Acesso 10 de Outubro de 2023.

SANTOS, R, S. Manutenção preventiva e corretiva estudo de caso: Máquina de envase de manteiga em pote em uma fábrica de laticínio: Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/23068/3/ManutencaoPreventivaCorretiva.pdf>> Acesso 15 de Setembro de 2023.

