



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA

LUCAS DA CONCEIÇÃO HOLANDA

**MANUTENÇÕES PREDITIVAS E CORRETIVAS EM MÁQUINAS
ELÉTRICAS DESENVOLVIDAS EM ESTÁGIO SUPERVISIONADO:
EXPERIÊNCIAS PRÁTICAS ADQUIRIDAS NA EMPRESA DOW**

TUCURUÍ

2024

LUCAS DA CONCEIÇÃO HOLANDA

**MANUTENÇÕES PREDITIVAS E CORRETIVAS EM MÁQUINAS
ELÉTRICAS DESENVOLVIDAS EM ESTÁGIO SUPERVISIONADO:
EXPERIÊNCIAS PRÁTICAS ADQUIRIDAS NA EMPRESA DOW**

Trabalho de conclusão de curso, apresentado
como requisito parcial para a obtenção de
grau de Bacharel em Engenharia Elétrica,
pela Universidade Federal do Pará.

Orientador:
Prof. Dr. Davi Carvalho Moreira.

TUCURUÍ

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a)
autor(a)

H722m Holanda, Lucas da Conceição.
MANUTENÇÕES PREDITIVAS E CORRETIVAS EM
MÁQUINAS ELÉTRICAS DESENVOLVIDAS EM ESTÁGIO
SUPERVISIONADO: : EXPERIÊNCIAS PRÁTICAS
ADQUIRIDAS NA EMPRESA DOW / Lucas da Conceição
Holanda. — 2024.
37 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Davi Carvalho Moreira
Trabalho de Conclusão (Graduação) - Universidade
Federal do Pará, Campus Universitário de Tucuruí,
Faculdade de Engenharia Elétrica, Tucuruí, 2024.

1. Manutenção elétrica. 2. Transformadores. 3. Relé
Buchholz. 4. Análise de óleo isolante. 5. SAP. I. Título.

CDD 620.00452

LUCAS DA CONCEIÇÃO HOLANDA

**MANUTENÇÕES PREDITIVAS E CORRETIVAS EM MÁQUINAS
ELÉTRICAS DESENVOLVIDAS EM ESTÁGIO SUPERVISIONADO:
EXPERIÊNCIAS PRÁTICAS ADQUIRIDAS NA EMPRESA DOW**

Trabalho de conclusão de curso, apresentado
como requisito parcial para a obtenção de
grau de Bacharel em Engenharia Elétrica,
pela Universidade Federal do Pará.

Data de aprovação: 29/11/2024

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Davi Carvalho Moreira
Orientador - FEE/CAMTUC/UFPA

Profa. Dra. Andrécia Pereira da Costa
FEE/CAMTUC/UFPA

Prof. Dr. Ewerton Ramos Granhen
FEE/CAMTUC/UFPA



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA

TÍTULO:

MANUTENÇÕES PREDITIVAS E CORRETIVAS EM MÁQUINAS ELÉTRICAS DESENVOLVIDAS EM ESTÁGIO SUPERVISIONADO: EXPERIÊNCIAS PRÁTICAS ADQUIRIDAS NA EMPRESA DOW

DISCENTE: LUCAS DA CONCEIÇÃO HOLANDA

MATRÍCULA: 201933940037

#	BANCA EXAMINADORA	CONDIÇÃO
1	Prof. Dr. Davi Carvalho Moreira, FEE/CAMTUC/UFPA	Orientador
2	Prof. Dr. Andrécia Pereira da Costa, FEE/CAMTUC/UFPA	Membro
3	Prof. Dr. Ewerton Ramos Granhen, FEE/CAMTUC/UFPA	Membro

Data da Defesa: 29/11/2024

Hora Início: 09:06

Hora Término: 09:41

Trabalho Escrito (0 a 10 pontos por critério)	Examinador 1	Examinador 2	Examinador 3
Formatação	8,00	9,50	8,50
Linguagem (gramática e semântica)	8,50	9,50	9,00
Conteúdo técnico	8,00	9,50	9,00

Defesa Oral (0 a 10 pontos por critério)	Examinador 1	Examinador 2	Examinador 3
Sequência lógica de apresentação	8,50	9,50	9,50
Administração do tempo	9,00	10,00	10,00
Expressão oral	9,00	9,50	10,00
Domínio do tema	8,50	9,50	10,00

Média por examinador	8,50	9,57	9,43
Média Final	9,17		
Conceito Final	EXCELENTE		

Documento assinado digitalmente



DAVI CARVALHO MOREIRA
Data: 29/11/2024 11:11:53-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Tucuruí-PA, 29/11/2024.

Orientador

Documento assinado digitalmente



ANDRECIA PEREIRA DA COSTA
Data: 29/11/2024 12:11:44-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Membro

Documento assinado digitalmente



EWERTON RAMOS GRANHEN
Data: 29/11/2024 13:18:54-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Membro

Dedico este trabalho aos meus pais por sempre persistirem na minha educação, vocês trabalharam no sol para que eu pudesse descansar na sombra.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pela vida, saúde e por ter sempre cuidado de mim durante todos esses anos de graduação, me dando força e perseverança para chegar até aqui.

Agradeço aos meus pais, Etevaldo e Luiza, e às minhas duas irmãs, Bruna e Lorena, que sempre me apoiaram em todos os momentos. Em especial, dedico este momento à minha mãe, minha primeira professora, a primeira a pegar nas minhas mãos e me ensinar a escrever meu próprio nome, a primeira que sempre esteve comigo e projetou em mim o sonho de se formar no ensino superior.

Sou grato aos meus professores da graduação, pela paciência, ensinamentos e orientações, tanto dentro quanto fora da sala de aula. Vocês foram fundamentais na construção do meu conhecimento e desenvolvimento profissional.

Agradeço aos amigos de graduação, Sávio Milhomes, Rodrigo Castro, Ricardo Quintanilha, Denilson Silva e Yuri Cota, pelo apoio constante e pela companhia ao longo desses anos desafiadores de curso.

Agradeço profundamente ao meu orientador, professor Davi Moreira, por sua orientação, paciência e suporte durante esta última e mais desafiadora etapa do curso.

Por fim, um agradecimento muito especial à Karine Brito: você foi uma luz nos meus dias mais escuros, me apoiou com paciência quando mais precisei, e sem você, este momento não seria possível. Sua presença foi essencial para que eu alcançasse esta conquista. Seu amor é a minha página virada.

RESUMO

Neste trabalho, apresenta-se o relatório de estágio supervisionado realizado de 26/02/2024 a 02/08/2024, sob a supervisão de Paula Alves da Costa de Assis Vieira, e realizado a elaboração do trabalho e conclusão de curso em conformidade com a resolução nº 1/2024 da Faculdade de Engenharia Elétrica - CAMTUC sob orientação do professor Davi Carvalho Moreira. O estágio foi conduzido na Dow, em Breu Branco, na área de manutenção elétrica, respeitando a política de proteção de dados da empresa. Foram acompanhadas manutenções preventivas, preditivas e corretivas, com foco em paradas programadas da subestação, coleta de óleo isolante de transformadores para análise de gases e manutenção em relés Buchholz. Seguindo também de uma análise aprofundada no uso do sistema SAP (*Systemanalysis Programmentwicklung*, que, em Português, significa Desenvolvimento de Programas para Análise de Sistema) para gestão de ativos e cadastro de materiais, incluindo EPs, que tiveram impacto positivo na eficiência da equipe de manutenção. Os resultados obtidos através da experiência na gestão de ativos da manutenção contribuíram para aumentar a segurança e a confiabilidade das operações.

Palavras-chave: Manutenção elétrica, Transformadores, Relé Buchholz, Análise de óleo isolante, SAP, Gestão de ativos.

ABSTRACT

In this work, we present the supervised internship report carried out from 02/26/2024 to 08/02/2024, under the supervision of Paula Alves da Costa de Assis Vieira, and the preparation of the work and completion of the course in accordance with Resolution No. 1/2024 of the Faculty of Electrical Engineering - CAMTUC under the guidance of Professor Davi Carvalho Moreira. The internship was conducted at Dow, in Breu Branco, in the electrical maintenance area, respecting the company's data protection policy. Preventive, predictive and corrective maintenance was monitored, focusing on scheduled substation shutdowns, collection of insulating oil from transformers for gas analysis and maintenance on Buchholz relays. Also following an in-depth analysis of the use of the SAP system (*Systemanalysis Programmentwicklung*, which, in Portuguese, means Development of Programs for System Analysis) for asset management and material registration, including PPE, which had a positive impact on efficiency of the maintenance team. The results obtained through experience in maintenance asset management contributed to increasing the safety and reliability of operations.

Keywords: *Electrical maintenance, Transformers, Buchholz Relay, Insulating oil analysis, SAP, Asset management.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Sensor Indutivo.	16
Figura 2 – Diagrama do sensor indutivo	17
Figura 3 – Subestação e energia de Cruz das Almas	18
Figura 4 – Disjuntores a ar comprimido com quatro câmaras de sopro axial em dupla direção.	19
Figura 5 – Seringa de vidro para coleta de óleo.	21
Figura 6 – Frasco de coleta para análise físico-química.	23
Figura 7 – Estrutura interna de um Transformador.	24
Figura 8 – Transformador de Alta Potência.	25
Figura 9 – Comutador de derivação.	26
Figura 10 – Estrutura do Relé <i>Buchholz</i>	27
Figura 11 – Relé <i>Buchholz</i>	28
Figura 12 – Tela de Transações do SAP.	29
Figura 13 – Exemplo de Estrutura de uma <i>Functional Location</i>	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Hierarquia da Planta Industrial P1.	32
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SAP	<i>Systemanalysis Programmentwicklung</i>
NBR	Normas Brasileiras Regulamentadoras
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
2-FAL	2-furfuraldeído
DTR	Medidor de relação de espiras de transformador
PTS	Permissão de Trabalho Seguro
EPIs	Equipamentos de Proteção Individual
FLOCs	<i>Functional Locations</i>
MDO	<i>Master Data Online</i>
PM	<i>Plant Maintenance</i>
MM	<i>Materials Management</i>

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	13
	ANEXO A – MANUTENÇÕES PREDITIVAS E CORRETIVAS EM MÁQUINAS ELÉTRICAS DESENVOLVIDAS EM ESTÁGIO SUPERVISIONADO: EXPERIÊNCIAS PRÁTICAS ADQUIRIDAS NA EMPRESA DOW	15
A.1	Integração	15
A.2	Vigia de Velocidade	16
A.2.1	Aprendizado da Atividade	16
A.3	Parada Programada da Subestação	17
A.3.1	Aprendizado da Atividade	18
A.4	Coleta de Óleo	19
A.4.1	Aprendizado da Atividade	20
A.4.1.1	Análise de Óleo Isolante	20
A.4.1.2	Tipos de Análises	21
A.4.1.2.1	Análise Físico-Química	21
A.4.1.2.2	Análise Cromatográfica	22
A.4.1.3	Resultados das Análises	22
A.5	Parada da Subestação	23
A.5.1	Aprendizado da Atividade	24
A.6	Manutenção do Relé <i>Buchholz</i>	26
A.6.1	Aprendizado da Atividade	27
A.7	Permissões Seguras de Trabalhos Elétricos	28
A.8	Atividades Envolvendo o SAP	29
A.8.1	Transações Aprendidas e/ou Utilizadas	29
A.9	Functional Locations no SAP PM	31
A.9.1	Processo Realizado	31
A.9.2	Necessidade da Atualização	31
A.9.3	Definição e Importância	31
A.9.4	Detalhes das Flocs	32
A.10	Cadastro de Materiais	33
A.11	Resultados	33
A.12	Considerações Finais	35
	REFERÊNCIAS	36

1 APRESENTAÇÃO

Este relatório de estágio descreve as atividades realizadas na área de Manutenção Elétrica, que incluiu o acompanhamento de manutenções preventivas, preditivas e corretivas, análise de desempenho de equipamentos e execução de manobras elétricas com segurança. Também foi realizado treinamento em práticas seguras para trabalhos elétricos nas instalações da Dow, além do aprendizado no uso do sistema SAP (*Systemanalysis Programmmentwicklung*, que, em Português, significa Desenvolvimento de Programas para Análise de Sistema) para gestão de ordens de serviço e cadastro de materiais. A planta de silício metálico da Dow Brasil, responsável pela produção de silício essencial para diversas indústrias, teve a sua escolhida pela proximidade com matérias-primas e a energia da Usina Hidrelétrica de Tucuruí. A empresa foca na sustentabilidade e no desenvolvimento regional, capacitação de mão de obra e fortalecimento de fornecedores locais. Este relatório reflete o aprendizado e as experiências vivenciadas durante o estágio, destacando os resultados obtidos e as dificuldades enfrentadas.

As atividades realizadas no estágio combinaram práticas técnicas e teóricas que ampliaram o aprendizado. Foram realizados treinamentos de segurança, como bloqueio e etiquetagem, além do acompanhamento de manutenções corretivas e preventivas em relés Buchholz e paradas programadas na subestação. Houve a utilização o sistema SAP para gestão de ordens de serviço e cadastro de materiais. A experiência com a coleta de óleo de transformadores destacou a importância do monitoramento contínuo para a segurança dos equipamentos, contribuindo para o aprimoramento das habilidades técnicas.

O objetivo deste trabalho é documentar as atividades que foram realizadas durante o estágio na Dow Brasil, unidade de Breu Branco, Pará, realizado entre fevereiro e agosto de 2024. Sob a supervisão do setor de Manutenção Elétrica, que gerencia os ativos elétricos da planta. O estágio proporcionou um ambiente técnico de alto nível, essencial para o desenvolvimento de habilidades profissionais. Com a orientação de engenheiros e técnicos experientes, o estágio contribuiu significativamente para meu aprendizado.

Diante da primeira experiência profissional, as atividades desenvolvidas no estágio proporcionaram um aprendizado significativo, tanto em termos técnicos quanto de desenvolvimento pessoal. Participar das diversas etapas de manutenção elétrica e entender os procedimentos de segurança adotados pela empresa foram experiências valiosas para a formação acadêmica e a preparação para o mercado de trabalho. A troca de conhecimentos com a equipe de manutenção foi enriquecedora, contribuindo para a construção de uma base técnica.

Entre as principais dificuldades encontradas, destaca-se ser a primeira experiência

na área industrial, o que exigiu o desenvolvimento de maior inteligência emocional e habilidades de gerenciamento de tempo. O desafio de aprender novos termos técnicos, siglas e procedimentos de manutenção, bem como a dificuldade de visualizar a teoria enquanto observava a prática, foi superada ao longo das atividades desenvolvidas no estágio. No entanto, como melhoria é possível aprimorar futuros processos de estágio com treinamentos, facilitando a adaptação e o entendimento dos procedimentos industriais.

O trabalho em questão foi apresentado como parte integrante do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), por meio de uma estratégia de flexibilização, definida pela RESOLUÇÃO NORMATIVA N° 01/2024/FEE, de 12 de abril de 2024, que trata da flexibilização da atividade curricular de TCC por meio da INSTRUÇÃO NORMATIVA N° 05/2023- PROEG/UFPA, de 21 de dezembro de 2023, a utilização deste trabalho com o objetivo proposto, tem autorização do colegiado da Faculdade de Engenharia Elétrica como declarado na ATA DE REUNIÃO N° 08/2024/FEE, de 27 de novembro de 2024.

ANEXO A – MANUTENÇÕES PREDITIVAS E CORRETIVAS EM MÁQUINAS ELÉTRICAS DESENVOLVIDAS EM ESTÁGIO SUPERVISIONADO: EXPERIÊNCIAS PRÁTICAS ADQUIRIDAS NA EMPRESA DOW

A.1 Integração

A primeira semana de integração dos novos estagiários na Dow começou com uma sessão de boas-vindas online. Nesta sessão, os estagiários foram apresentados aos diversos benefícios oferecidos pela empresa, assim como informações importantes sobre como seria o estágio de forma geral. A equipe de Recursos Humanos detalhou os pacotes de benefícios que o estagiário possui, desde o estágio, planos de saúde até programas de bem-estar, demonstrando o compromisso da Dow com o bem-estar dos referidos funcionários.

História, Cultura e Valores: A segunda sessão era dedicada à história, cultura e valores da Dow. Focando em explicar sobre a trajetória da empresa, suas conquistas ao longo dos anos e como ela se tornou uma líder global na indústria química. A cultura organizacional, focada em inovação, segurança e sustentabilidade, foram enfatizadas, assim como os valores fundamentais que guiam todas as ações da Dow.

Inovação: A sessão focou-se em inovação. Uma conversa sobre as diversas iniciativas da Dow para fomentar a inovação, incluindo programas de pesquisa e desenvolvimento, parcerias com universidades e outras empresas, e o uso de tecnologias de ponta para criar produtos e soluções sustentáveis.

Sustentabilidade: A sessão de sustentabilidade destacou os esforços da Dow para reduzir seu impacto ambiental e promover práticas sustentáveis. Discutimos os objetivos de sustentabilidade da empresa e as estratégias implementadas para atingir esses objetivos. Fiquei impressionado com a dedicação da Dow em liderar a indústria rumo a um futuro mais sustentável.

Comercial Excellence & Digital: Durante a sessão de Comercial Excellence & Digital, foram apresentados os processos e ferramentas digitais que a Dow utiliza para otimizar suas operações comerciais. Essa sessão mostrou como a empresa está na vanguarda da transformação digital, utilizando dados e tecnologia para melhorar a eficiência e a experiência do cliente.

De Jumper para Jumper: Este espaço onde estagiários mais experientes compartilharam suas experiências e dicas com os novos estagiários.

Inclusão, Diversidade e Equidade: Os novos estagiários foram introduzidos às políticas e iniciativas da Dow para promover um ambiente de trabalho inclusivo e diversificado.

Discutimos a importância de reconhecer e valorizar as diferenças, bem como as ações concretas que a empresa está tomando para garantir equidade para todos os funcionários.

Desmistificando estereótipos: Por fim, a última sessão de integração incluiu uma sessão sobre desmistificação de estereótipos. Essa sessão serviu para refletirmos sobre preconceitos inconscientes e como combatê-los no ambiente de trabalho.

A.2 Vigia de Velocidade

Na primeira atividade acompanhada durante o estágio, houve-se a observação de uma manutenção corretiva realizada em um vigia de velocidade de uma correia transportadora. Esse dispositivo é essencial para monitorar a velocidade da correia e garantir que ela opere dentro dos parâmetros adequados, prevenindo potenciais falhas operacionais. Durante a intervenção, foi identificado pela a equipe de manutenção problemas no sensor de velocidade, que apresentava falhas intermitentes, aumentando o risco de paradas não programadas ou danos à correia e aos materiais transportados.

A.2.1 Aprendizado da Atividade

A manutenção corretiva ocorre após a falha do equipamento; o objetivo é trazê-lo de volta ao estado operante no menor tempo possível (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2023).

Um vigia de velocidade mostrado na figura 1, também conhecido como monitor de velocidade ou controlador de velocidade, é um dispositivo usado para monitorar e controlar a velocidade de máquinas rotativas, como motores elétricos, ventiladores, bombas, e outras máquinas industriais. O objetivo principal é garantir que a máquina opere dentro de uma faixa de velocidade segura e eficiente, prevenindo danos mecânicos, desgaste excessivo ou situações perigosas.

Figura 1 – Sensor Indutivo.



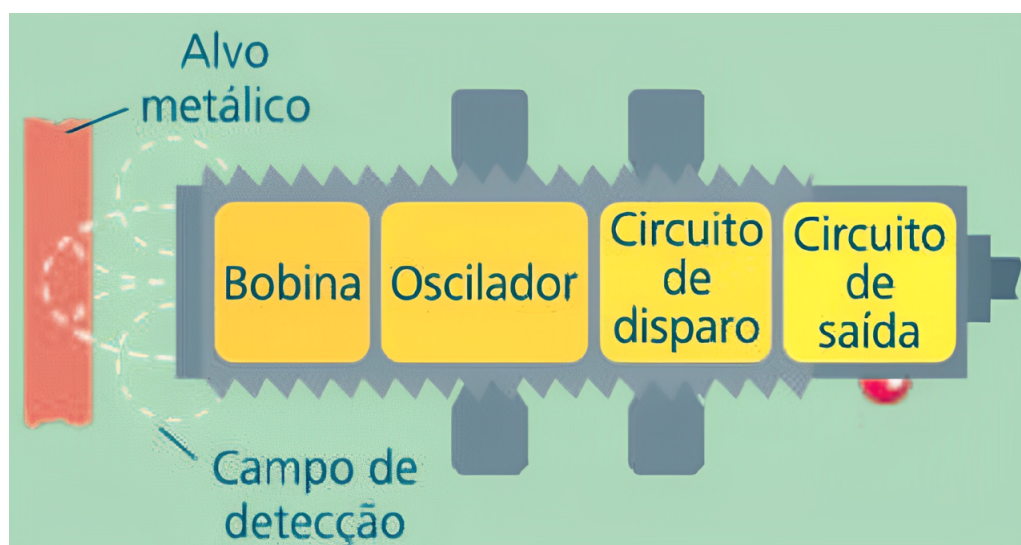
Fonte: SENSE (2024)

Em processos industriais ou comerciais, os sensores de posição são utilizados em várias aplicações em que a precisão e a sensibilidade do instrumento devem ser ajustadas em função do tipo de operação que é monitorado. O uso do sensor tem grande importância na

indústria de máquinas de ferramentas, em que é necessário definir a posição da ferramenta de corte para chegar a um micrômetro, fundamental na produção de peças de precisão (ALBUQUERQUE; BRAGA; THOMAZINI, 2005).

Os sensores indutivos são dispositivos eletrônicos que detectam proximidade de elementos metálicos sem a necessidade de contato. Seu princípio de funcionamento baseia-se na geração de um campo eletromagnético por uma bobina ressonante instalada na face sensora (ROGGIA; FUENTES, 2016).

Figura 2 – Diagrama do sensor indutivo



Fonte: ROGGIA; FUENTES (2016)

A presença de um objeto metálico altera esse campo e o circuito eletrônico do sensor pode descobrir a alteração gerada por esta presença. Um sensor de proximidade indutivo inclui um circuito oscilador, um comparador de sinal e um chaveador. A bobina desse circuito oscilador gera um campo eletromagnético de alta frequência (ALBUQUERQUE; BRAGA; THOMAZINI, 2005).

Quando um objeto metálico se aproxima da face do sensor, são induzidas correntes de Foucault, conhecidas também como correntes parasitas.

As perdas resultantes tiram energia do circuito oscilador, reduzindo as oscilações. O comparador de sinal atrás do oscilado converte essa informação em um sinal bem definido. A figura 2 mostra um diagrama de blocos para facilitar o entendimento do princípio de funcionamento (ALBUQUERQUE; BRAGA; THOMAZINI, 2005).

A.3 Parada Programada da Subestação

Durante uma parada programada da subestação, demonstrado na figura 3, o time de manutenção acompanhou as atividades de uma empresa terceirizada, foi identificado uma

oportunidade para fazer uma manutenção no compressor do disjuntor de entrada. Após análise constatou-se a necessidade de substituição do componente, a qual foi executada no dia seguinte.

Figura 3 – Subestação e energia de Cruz das Almas



Fonte: UFRB (2022)

A.3.1 Aprendizado da Atividade

A utilização de disjuntores a ar comprimido, ilustrado na figura 4, é indicada em situações que requerem alta capacidade de interrupção. Isso se deve à velocidade de interrupção que esses dispositivos proporcionam, à intensidade do sopro de ar e às boas características dielétricas do ar comprimido (VORPE; FILHO; FRANÇA, 1995).

Essas características são fundamentais para garantir a eficácia do disjuntor, que pode estar conectado a uma central de ar comprimido ou operar com compressores individuais. É importante destacar que, conforme observa MORAIS (1985), o funcionamento seguro dos disjuntores depende da manutenção de uma pressão mínima de ar comprimido, evitando riscos durante a operação.

Além disso, a extinção do arco elétrico nos disjuntores ocorre a partir da admissão de ar comprimido nas câmaras, onde o resfriamento e a compressão são promovidos pelo sopro de ar na região entre os contatos (MORAIS, 1985).

VORPE; FILHO; FRANÇA (1995) também mencionam que as câmaras de interrupção desses disjuntores são, atualmente, permanentemente pressurizadas, o que facilita o início do processo de sopro de ar quando as válvulas são abertas. Isso provoca um fluxo de ar comprimido que resfria e alonga o arco na região entre os contatos.

Existem dois tipos principais de câmaras de extinção nos disjuntores a ar comprimido: as de sopro axial em uma direção e as de sopro axial em duas direções. Nos

Figura 4 – Disjuntores a ar comprimido com quatro câmaras de sopro axial em dupla direção.



Fonte: SILVA (2011)

disjuntores com sopro numa única direção, o ar comprimido é liberado para a atmosfera através do contato móvel. Já nos disjuntores com sopro em duas direções, o fluxo de ar ocorre tanto pelo contato móvel quanto pelo contato fixo, uma vez que tanto a válvula de sopro principal quanto a auxiliar são abertas simultaneamente (VORPE; FILHO; FRANÇA, 1995).

A segurança operacional dos disjuntores também depende de mecanismos que impeçam a abertura ou o fechamento sob pressões inferiores ao nível adequado. Esses dispositivos são essenciais, pois, quando a pressão do ar comprimido cai abaixo de determinado ponto, a operação dos disjuntores pode se tornar perigosa (MORAIS, 1985).

VORPE; FILHO; FRANÇA (1995) enfatizam ainda que a manutenção periódica é crucial para assegurar a qualidade do funcionamento dos disjuntores, especialmente quanto à secagem e à pureza do ar comprimido, de modo a garantir um desempenho confiável ao longo de sua vida útil.

A.4 Coleta de Óleo

Uma das atividades do estágio consistiu no acompanhamento da coleta de óleo dos transformadores. Durante essa tarefa, foram acompanhadas a coleta das amostras de óleo isolante, a etiquetagem e a definição das análises a serem realizadas, incluindo testes de contaminantes e propriedades físico-químicas. Essas análises foram fundamentais para avaliar a condição do óleo, identificar possíveis contaminações, como partículas metálicas

e umidade, e verificar suas propriedades dielétricas e a quantidade de gases. A atividade teve como objetivo garantir a qualidade e a segurança dos equipamentos, prevenindo falhas no sistema de isolamento dos transformadores e prolongando a vida útil dos mesmos.

A.4.1 Aprendizado da Atividade

A vida útil dos transformadores está diretamente ligada à qualidade dos materiais dielétricos utilizados em sua fabricação. Implementar um programa de manutenção e supervisão focado no entendimento desses materiais é essencial para prolongar o tempo de operação do equipamento em campo (SILVA, 2008).

Os transformadores estão sujeitos a uma série de desgastes térmicos, químicos e mecânicos, como sobrecargas térmicas, tensões excessivas e vibrações. Esses fatores, responsáveis por alterar o sistema isolante, devem ser monitorados de maneira eficaz. Esse monitoramento possibilita a realização de manutenções preditivas, prevenindo paradas inesperadas e reduzindo custos operacionais.

O óleo utilizado no transformador pode ser regenerado, restaurando suas condições originais. No entanto, o papel Kraft, que compõe o sistema de isolamento, não possui essa capacidade de regeneração, o que torna sua deterioração permanente e irreversível (SILVA, 2008).

Para garantir a confiabilidade dos transformadores, é recomendável a adoção de medidas preventivas de manutenção, baseadas em técnicas de diagnóstico que permitam avaliar seu estado geral. A gestão deve considerar aspectos técnicos, econômicos e estratégicos para ser efetiva (MARTINS, 2009).

A criação de um programa de diagnóstico específico para transformadores é fundamental para otimizar sua gestão e a de seus componentes, ajudando a prever falhas e melhorar a confiabilidade de todo o sistema.

A.4.1.1 Análise de Óleo Isolante

A análise de óleo isolante é um conjunto de testes físico-químicos e elétricos realizados periodicamente para determinar as condições do fluido dentro do equipamento. Através dos resultados e critérios de avaliação das normas de manutenção da ABNT NBR 10576 de 2017, é possível elaborar um diagnóstico das condições operativas e aplicar ações preventivas ou corretivas necessárias.

A.4.1.2 Tipos de Análises

A.4.1.2.1 Análise Físico-Química

A ABNT NBR 10576, intitulada "Óleo mineral isolante de equipamentos elétricos – Diretrizes para supervisão e manutenção", define os parâmetros que devem ser seguidos nos resultados dos ensaios físico-químicos do óleo isolante a ser retirado do transformador através de uma seringa, ilustrado na figura 5.

Figura 5 – Seringa de vidro para coleta de óleo.



Fonte: ALVES (2022)

Alguns itens desta análise esses incluem:

- A cor do óleo é determinada pela luz que ele transmite, sendo avaliada por comparação com padrões de cores específicos. Embora possa indicar contaminação ou deterioração do óleo mineral, a cor não é considerada uma propriedade crítica (ABNT, 2017).
- O Índice de Neutralização mede a quantidade de componentes ácidos presentes no óleo isolante. Esses ácidos podem causar corrosão nas partes metálicas do equipamento e acelerar a degradação da celulose nos transformadores (ABNT, 2017).
- A densidade é uma grandeza física que avalia a concentração de matéria em um determinado volume. Na análise físico-química do óleo isolante, a densidade é usada para identificar o tipo de óleo. No entanto, não é considerada uma propriedade crítica (ABNT, 2017).

- A rigidez dielétrica mede a capacidade do óleo de resistir à aplicação de tensões elétricas. Valores baixos desse parâmetro podem sinalizar a presença de água ou contaminantes sólidos no óleo, que tendem a migrar para áreas com alta sollicitação elétrica. Quando a rigidez dielétrica é baixa, um transformador isolado a óleo fica mais suscetível a arco elétrico ou a atividade de descargas parciais (ABNT, 2017).
- O teor de água corresponde à relação entre o peso da água presente em uma determinada massa de óleo isolante e o peso das partículas de óleo. A presença de água afeta negativamente a rigidez dielétrica do óleo, comprometendo seu desempenho isolante (ABNT, 2017).
- A tensão interfacial é a força que atua na interface entre dois líquidos não miscíveis, como o óleo e a água. A redução desse valor pode indicar a contaminação do óleo ou problemas de compatibilidade com os componentes do transformador (ABNT, 2017).
- As perdas dielétricas referem-se à quantidade de energia que é dissipada na forma de calor pela substância isolante. O óleo isolante, assim como um capacitor, idealmente deveria bloquear completamente a passagem de corrente elétrica. No entanto, na prática, ele permite um componente de corrente resistivo, que dissipa energia por meio do efeito Joule (ABNT, 2017).

A.4.1.2.2 Análise Cromatográfica

De acordo com EMSLEY; STEVENS (1992), a principal causa dos defeitos graves em transformadores é a degradação química do papel isolante, que é composto principalmente de celulose. Esse processo de degradação reduz a resistência mecânica do papel, embora não altere muito sua rigidez dielétrica. A degradação química do papel ocorre devido à quebra das cadeias de celulose, produzindo vários subprodutos, como gases (hidrogênio, metano, etileno, monóxido e dióxido de carbono) e líquidos, incluindo compostos furânicos. Dentre os compostos furânicos, o 2-furfuraldeído (2-FAL) é o mais utilizado para indicar a degradação do papel.

Como não é possível retirar amostras de papel dos enrolamentos do transformador sem desmontá-lo, a análise do 2-FAL no óleo do transformador é uma prática alternativa utilizando frascos de vidro para armazenar o óleo isolante como na figura 6.

A.4.1.3 Resultados das Análises

Os resultados das análises são compilados em um laudo que inclui os testes realizados e um diagnóstico baseado na Norma da NBR 10576. Este laudo é fundamental para garantir a operação segura e eficiente dos transformadores, permitindo a implementação de ações corretivas e preventivas conforme necessário. Por fim, este laudo é enviado para a empresa

Figura 6 – Frasco de coleta para análise físico-química.



Fonte: ALVES (2022)

afim de servir de conteúdo de análise para análises de programação de manutenção no transformador.

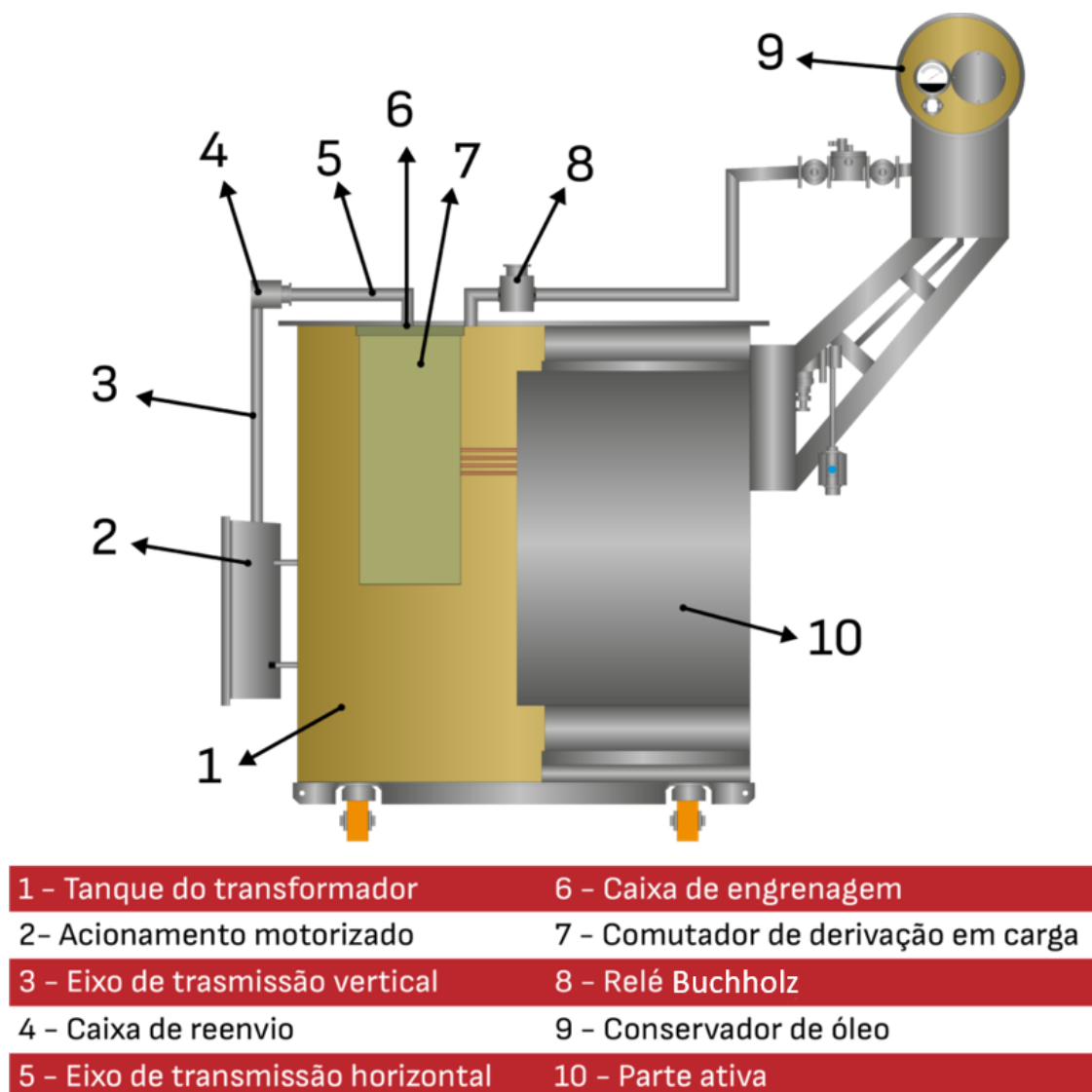
A.5 Parada da Subestação

Durante uma inspeção de rotina, identificou-se um problema no comutador de derivação, o que levou à contratação de uma empresa terceirizada, fabricante do componente. Aproveitando a remoção da chave, foi realizada uma manutenção preventiva completa no comutador a figura 7 demonstra a estrutura interna de um transformador. Simultaneamente, durante a parada da subestação, o óleo isolante do transformador passou por um processo de filtragem e tratamento. Após a conclusão de todas as atividades, foram realizados ensaios e testes para garantir que o transformador atendesse às condições nominais de operação, e em seguida, o equipamento foi reiniciado.

As atividades realizadas durante a parada incluem:

- **Sincronização do comutador de *tap*:** Ajuste do acionamento para garantir a posição correta do *tap*;
- **Tratamento do óleo:** Utilização de filtro de partículas e máquina termovácuo para remoção de ar e umidade do óleo isolante;
- **Ensaio e testes:** Realização de ensaio DTR (medidor de relação de espiras de transformador) e testes com megômetro para verificar a integridade do transformador.

Figura 7 – Estrutura interna de um Transformador.



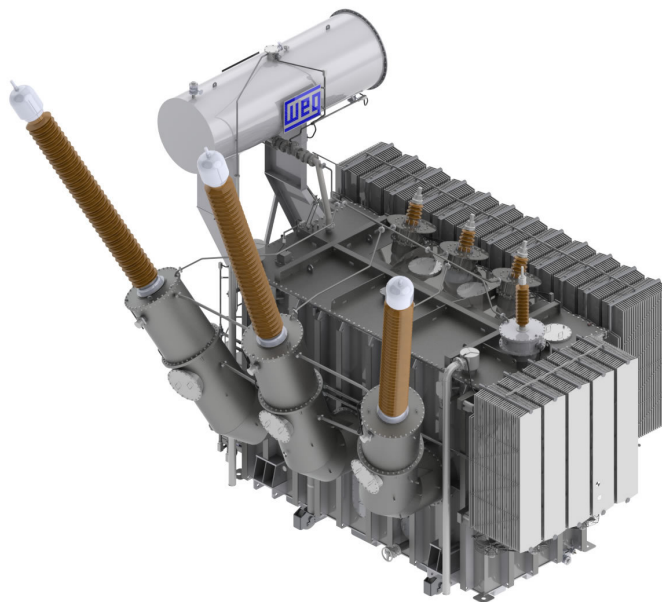
Fonte: ENGENHARIA (2023)

A.5.1 Aprendizado da Atividade

O transformador de alta potência, mostrado na figura 8, é um dispositivo de conversão eletromagnética no qual a energia elétrica recebida por seu enrolamento primário é primeiramente convertida em energia magnética, que é reconvertida em energia elétrica em outros circuitos (enrolamento secundário, enrolamento terciário etc.). Assim, os enrolamentos primário e secundário não são conectados eletricamente, mas acoplados magneticamente. Um transformador é denominado transformador elevador ou abaixador, dependendo se a tensão secundária é maior ou menor que a tensão primária (HARLOW, 2012).

Os transformadores podem ser usados para aumentar ou diminuir a tensão, dependendo da necessidade e da aplicação; portanto, seus enrolamentos são chamados

Figura 8 – Transformador de Alta Potência.



Fonte: WEG (2024)

de enrolamentos de alta tensão/baixa tensão ou alta tensão/baixa tensão em vez de enrolamentos primário/secundário.

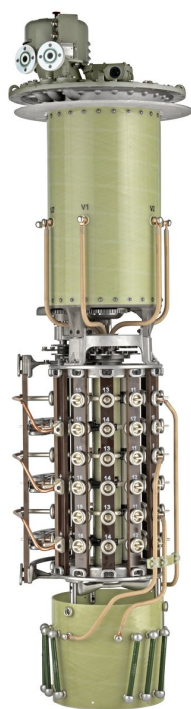
A função principal de um transformador de potência é modificar a tensão do sistema de um nível para outro através da interação eletromagnética sem nenhuma alteração na frequência. Portanto, é essencial compreender a Lei da Indução Eletromagnética e alguns parâmetros críticos no projeto do transformador (ZHU; YANG, 2021).

Eles podem conectar circuitos que têm tensões diferentes, o que é um dos fatores que permitem o uso universal do sistema de corrente alternada para a transmissão e distribuição de energia elétrica (KULKARNI; KHAPARDE, 2013).

O nível de tensão do transformador é dado pelo número de espiras dos enrolamentos, e existe a possibilidade ter bobinas com derivações, os *tap's*, que podem ser comutadas com o manuseio do transformador com ou sem carga. Para comutar o transformador com carga necessita-se de chaves comutadoras, a figura 9(a) mostra a sua construção real. Os comutadores de derivações são dispositivos eletromecânicos que alteram os níveis de tensão e o fluxo de potência nos transformadores, pelo acréscimo ou diminuição de espiras do enrolamento, essa manobra é feita através dos contatos da chave seletora, a figura 9(b) mostra com mais detalhes a sua construção interna. (FINOCCHIO; BARBOSA; BRANDÃO, 2019).

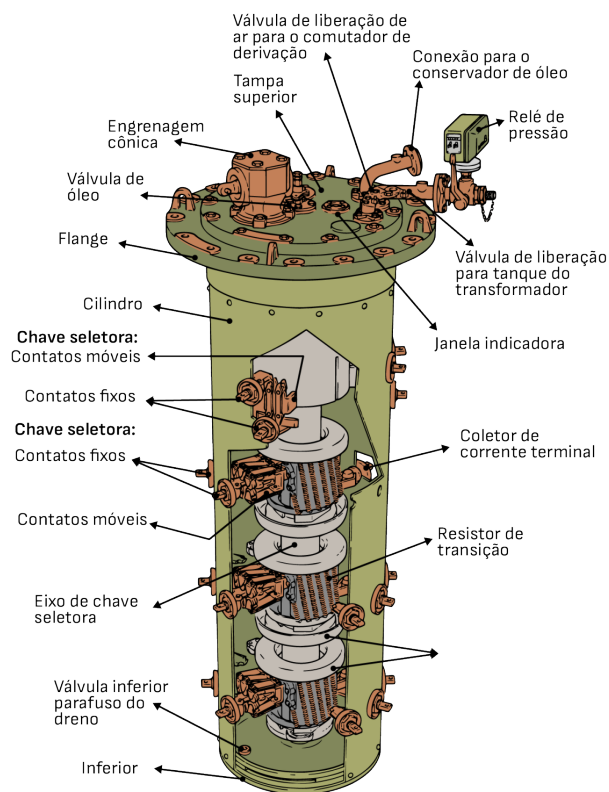
Figura 9 – Comutador de derivação.

(a) Comutador de derivação.



Fonte: REINHAUSEN (2012)

(b) Diagrama comutador de derivação.



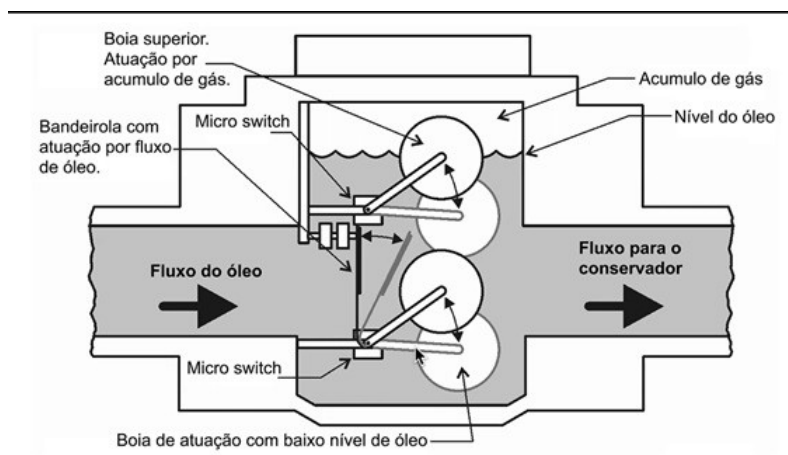
Fonte: ENGENHARIA (2023b)

A.6 Manutenção do Relé *Buchholz*

Foi observado o processo de sangria de um transformador através do relé *Buchholz* mostrado na figura 10. O termo "sangria" no contexto técnico remete à ideia de "sangrar" um sistema, ou seja, remover fluidos ou gases indesejados de maneira controlada, similar à retirada de sangue no corpo humano. No relé *Buchholz*, a sangria elimina gases acumulados para garantir o funcionamento correto do dispositivo, evitando falhas no transformador. Esse procedimento foi realizado após o tratamento do óleo isolante, com o transformador mantido inoperante por pelo menos 24 horas. Esse período de espera permitiu que possíveis bolsas de ar, geradas durante a circulação do óleo, se deslocassem para a parte superior do equipamento. A sangria assegurou a remoção desses gases, evitando a atuação indevida do relé *Buchholz*. Caso o relé tenha sido acionado mesmo após o procedimento, tornou-se necessário investigar, pois isso poderia indicar a presença de gases combustíveis, sinalizando uma possível falha interna no transformador.

A área do transformador foi totalmente isolada, e o transformador é bloqueado para garantir a segurança durante a operação. Em seguida, a válvula do relé *Buchholz* é aberta para liberar qualquer tipo de gás presente. Durante a sangria, observou-se cuidadosamente a saída do óleo para verificar a presença de bolhas de ar ou gases, o que poderia indicar

Figura 10 – Estrutura do Relé *Buchholz*.



Fonte: MIRANDA (2021)

problemas internos no transformador.

A.6.1 Aprendizado da Atividade

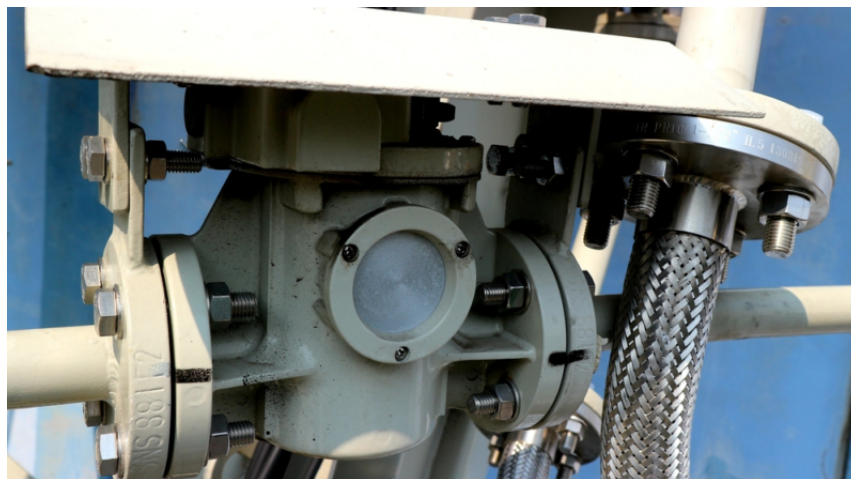
Em transformadores de potência que usam um sistema de preservação de líquido do conservador, um relé *Buchholz* pode ser instalado na tubulação entre o tanque principal do transformador e o conservador, conforme na figura 7.

O objetivo do relé *Buchholz* é detectar falhas que podem ocorrer no transformador. Um modo de operação é baseado na geração de gases no transformador durante certas falhas internas menores. Os gases se acumulam no relé, deslocando o líquido no relé, até que um volume especificado seja coletado, momento em que um flutuador ou boia aciona um contato ou interruptor observado na figura 10. Outro modo de operação envolve aumentos repentinos na pressão no tanque principal do transformador, um sinal de uma falha grave no transformador. Esse aumento na pressão força o líquido a passar pela tubulação entre o tanque principal e o conservador, através do relé "Buchholz", que aciona outro contato ou interruptor (HARLOW, 2012).

Os dois modos principais de atuação possuem um sistema de controle e supervisão baseados em alarme e desligamento. No modo de alarme, o relé é acionado quando ocorre uma acumulação lenta de gases no interior do tanque de óleo, geralmente indicando falhas menores, como a degradação de componentes ou pequenas descargas elétricas. Nesse caso, o relé envia um sinal para o sistema de supervisão ou controle, alertando os operadores sobre a anormalidade, permitindo a análise antes que a situação se agrave. Já no modo de desligamento, o relé atua em condições de falhas severas, como curtos-circuitos internos ou arcos elétricos que causam movimentos bruscos do óleo. Esse evento desloca a boia inferior do relé, acionando um segundo contato que envia um comando para desligar automaticamente o transformador, protegendo-o de danos catastróficos e prevenindo riscos

maiores ao sistema elétrico.

Figura 11 – Relé *Buchholz*.



Fonte: BERTENE (2024)

Os gases detectados durante a sangria pelo relé *Buchholz*, ilustrado na figura 11, têm uma relação direta com a análise de óleo cromatográfica. O relé *Buchholz* é projetado para detectar gases gerados por falhas internas no transformador. Quando ocorrem falhas como sobreaquecimento, arco elétrico ou degradação do material isolante, esses eventos produzem gases que se acumulam no óleo isolante. O relé *Buchholz* responde à presença desses gases, ativando alarmes ou desligando o transformador para evitar danos maiores.

A análise cromatográfica é um método preciso para identificar e quantificar os gases dissolvidos no óleo isolante, fornecendo um diagnóstico detalhado das condições internas do transformador. Portanto, a detecção de gases pelo relé *Buchholz* e a análise cromatográfica são processos complementares e essenciais para a manutenção e operação segura dos transformadores.

Essa experiência foi fundamental para compreender a importância da manutenção preventiva e da utilização correta dos dispositivos de proteção em transformadores, garantindo a confiabilidade e a segurança das operações elétricas.

A.7 Permissões Seguras de Trabalhos Elétricos

Foi oferecido um curso sobre Permissões Seguras de Trabalhos Elétricos para o time de manutenção elétrica abordando nas normas e procedimentos de segurança necessários para o trabalho com eletricidade, abrangendo vários aspectos críticos para garantir a segurança dos trabalhadores.

Foram abordados os procedimentos de bloqueio e etiquetagem, que garantem que a energia elétrica seja completamente desligada e impedida de ser reconectada acidentalmente

durante a manutenção. Também foi discutido o preenchimento de Permissão de Trabalho Seguro (PTS) e seus anexos para trabalhos energizados, em espaços confinados e em altura, assegurando que todos os riscos sejam avaliados e controlados.

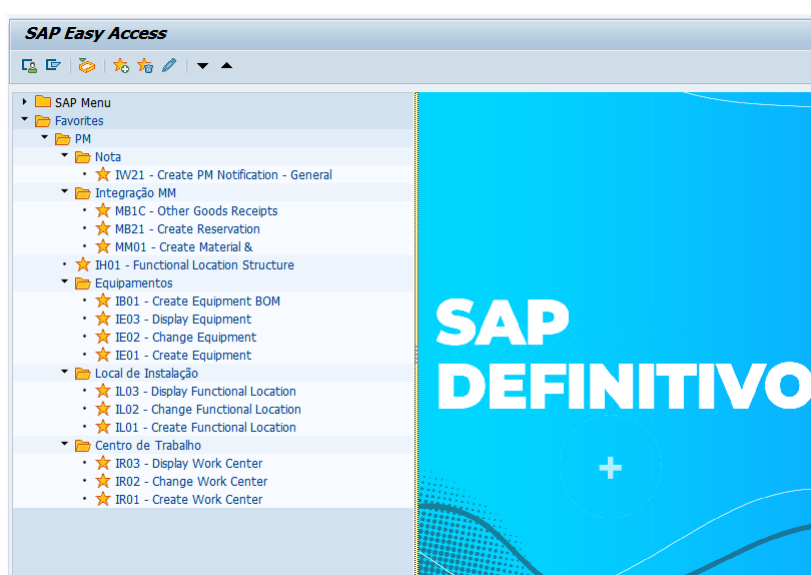
Ressaltou-se a importância dos Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) na proteção contra choques elétricos e arcos elétricos, incluindo luvas, botas de segurança e óculos de proteção.

O curso ainda abordou procedimentos de trabalho seguros, com diretrizes para desenergização de circuitos, instalação e manutenção de equipamentos elétricos, e realização de testes e medições.

A.8 Atividades Envolvendo o SAP

A SAP, mostrado na figura 12, é fundamental para a gestão de processos na empresa. O manuseio incluiu o uso de diversas transações, essenciais para a gestão de manutenção e operação de materiais.

Figura 12 – Tela de Transações do SAP.



Fonte: CRUZ (2022)

A.8.1 Transações Aprendidas e/ou Utilizadas

- IW31 Criar Ordem de Serviço Usado: Usado Para iniciar o processo de manutenção, criando ordens de serviço para tarefas preventivas e corretivas;
- IW32 Modificar Ordem de Serviço: Usado para atualizar ou corrigir informações em ordens de serviço existentes. Alterando detalhes como prazos, materiais adicionais, ou mudanças nas responsabilidades dos técnicos;

- IW33 Visualizar Ordem de Serviço: Usado para acompanhar o andamento e o histórico das ordens de serviço. Acessando ordens específicas para verificar seu status, datas de conclusão e quaisquer notas adicionais;
- IW38 Lista de Ordens de Serviço: Usado para obter uma visão geral das ordens de serviço abertas, em andamento e concluídas. Filtrando por critérios como data, tipo de ordem, ou responsável para monitorar o progresso das tarefas de manutenção;
- IW39 Análise de Ordens de Serviço: Usado para realizar análises detalhadas das ordens de serviço, ajudando na identificação de padrões e áreas de melhoria. Gerando relatórios para avaliar a eficiência e a eficácia das atividades de manutenção;
- IW40 Confirmação de Ordens de Serviço: Usado Para registrar a conclusão das tarefas de manutenção e confirmar que os trabalhos foram realizados conforme o planejado. Inserindo informações sobre o tempo gasto, materiais utilizados e quaisquer observações adicionais sobre a execução da tarefa;
- MM03 Visualizar Dados Mestres do Material: Usado para consultar informações detalhadas sobre materiais utilizados nas operações de manutenção. Acessando dados como descrição do material, especificações técnicas e fornecedores;
- IH01 Estrutura do Equipamento: Usado para visualizar a estrutura hierárquica dos equipamentos e componentes em manutenção. Navegando pela árvore de hierarquia para identificar a localização e as características dos componentes;
- MMBE Verificar Disponibilidade do Estoque: Usado para verificar a disponibilidade e a localização dos materiais necessários para a manutenção. Consultando quantidades em estoque e localizações de armazenamento para planejar a utilização dos materiais;
- MB21 Movimentação de Reserva: Usado para reservar materiais específicos para uma ordem de serviço. Criando reservas no sistema para garantir que os materiais estejam disponíveis quando necessários.

Cada tipo de usuário do módulo PM (*Plant Maintenance*, que, em português, significa Manutenção de Plantas) tem acesso a um conjunto específico de transações que lhes permitem realizar as tarefas necessárias para executar a manutenção de ativos de forma eficiente. É importante que os usuários conheçam as transações relevantes para desempenhar suas funções de maneira eficaz. Além disso, é fundamental que os usuários sejam treinados e se mantenham atualizados sobre Manutenção de Plantas as novas funcionalidades e melhorias no Módulo PM para aproveitar ao máximo o potencial desta ferramenta na gestão da manutenção de ativos.

A.9 Functional Locations no SAP PM

A.9.1 Processo Realizado

Durante o estágio, foi realizado o mapeamento das FLOCs das centrais de ar da fábrica. As atividades incluíram:

- Alteração de Descrições: Foram atualizadas as descrições das FLOCs para refletir com precisão a localização e as características das centrais de ar;
- Criação de Novas FLOCs: Foram adicionadas novas FLOCs para novos pontos de localização ou equipamentos instalados recentemente;
- Remoção de FLOCs: Foram excluídas FLOCs obsoletas ou incorretas.

A.9.2 Necessidade da Atualização

A atualização das FLOCs foi crucial, pois as ordens de manutenção no SAP utilizam essas localizações para identificar onde o ativo está situado. A estrutura antiga dificultava a localização precisa dos ativos no site, tornando as atividades de manutenção menos eficientes. Com as novas FLOCs, a localização dos ativos se tornou mais clara e precisa, facilitando a execução das ordens de serviço e melhorando a eficiência da manutenção. Essa atualização não apenas garante a correta localização, mas também o cumprimento da estratégia de manutenção de cada ativo e a correta alocação de custos. Todos esses dados são importantes para análises de confiabilidade.

A.9.3 Definição e Importância

No SAP, uma *Functional Location* (FLOC) é uma unidade hierárquica que representa a localização e a função de um ponto específico dentro da planta ou instalação. As FLOC visualizadas na figura 13, são essenciais para a gestão de manutenção, facilitando a organização das informações sobre onde os ativos estão instalados.

A figura 13 apresenta uma hierarquia de componentes de uma planta industrial (P1 *Plant*). A Tabela 1 detalha a organização hierárquica da planta industrial.

A tabela 1 descreve a estrutura hierárquica de uma planta industrial, dividida em dois subsistemas principais: o setor elétrico (P1-E1 *Electrical*) e o setor mecânico (P1-M1 *Mechanical*). Cada um desses subsistemas é subdividido em áreas menores, que abrigam diferentes equipamentos responsáveis por funções específicas.

No subsistema elétrico, existem duas subdivisões chamadas de *Substation 1* (P1-E1-01) e *Substation 2* (P1-E1-02). A *Substation 1* é composta por dois transformadores, identificados como *Transformer 01* e *Transformer 02*, que provavelmente são responsáveis por ajustar a tensão elétrica para atender às necessidades da planta. Já a *Substation 2* é

Tabela 1 – Hierarquia da Planta Industrial P1.

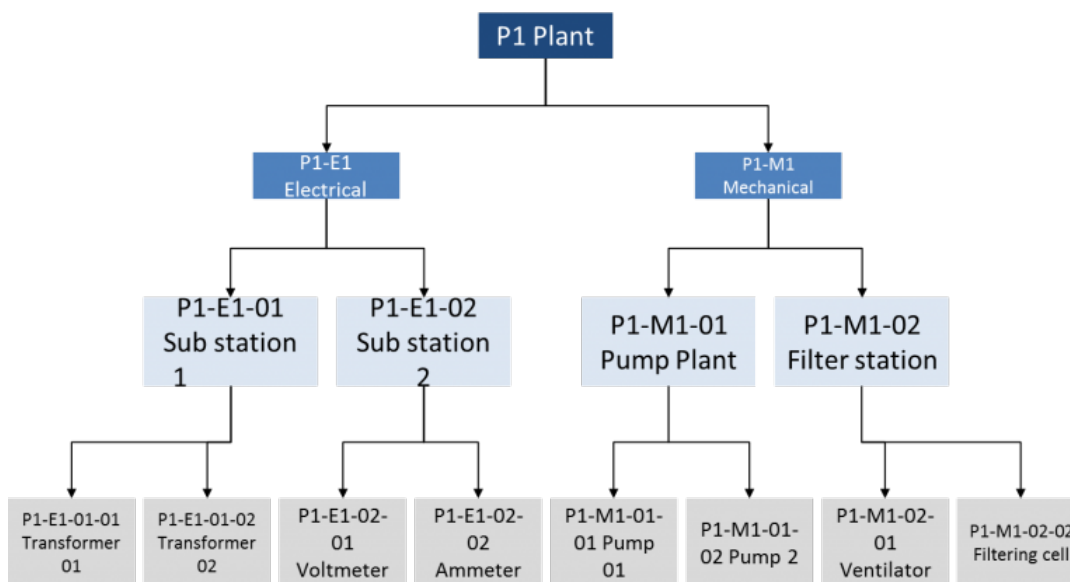
Subsistema	Subdivisão	Equipamentos
P1-E1 Electrical	Substation 1	Transformer 01, Transformer 02
	Substation 2	Voltmeter, Ammeter
P1-M1 Mechanical	Pump Plant	Pump 01, Pump 02
	Filter Station	Ventilator, Filtering Cell

Fonte: Elaborado pelo autor.

formada por dois instrumentos de medição: um voltímetro (*Voltmeter*), que mede a tensão elétrica, e um amperímetro (*Ammeter*), que mede a corrente elétrica.

O subsistema mecânico, por sua vez, é dividido em duas áreas: a *Pump Plant* (P1-M1-01) e a *Filter Station* (P1-M1-02). A *Pump Plant* é responsável por operações relacionadas ao bombeamento de fluidos, utilizando duas bombas, chamadas *Pump 01* e *Pump 02*. Já a *Filter Station*, como o nome sugere, cuida de processos de ventilação e filtragem, contando com um ventilador (*Ventilator*) e uma célula de filtragem (*Filtering Cell*).

Figura 13 – Exemplo de Estrutura de uma *Functional Location*



Fonte: MAHESHWARI (2017)

A.9.4 Detalhes das Flocs

- Identificação e Descrição: Cada FLOC tem um código e uma descrição que detalham sua localização e função, permitindo identificar rapidamente o ponto específico na planta;

- Hierarquia: A estrutura hierárquica das FLOCs reflete a organização física da planta, facilitando a visualização das relações entre diferentes pontos e sistemas;
- Atribuição de Equipamentos: FLOCs podem ser associadas a equipamentos, ajudando a gerenciar a manutenção e registrar informações sobre o histórico e as condições dos ativos;
- Gestão de Manutenção: Através das FLOCs, é possível planejar e controlar as atividades de manutenção, tanto preventiva quanto corretiva, de forma mais eficiente.

A.10 Cadastro de Materiais

Uma das tarefas exercidas consistiu no Cadastro de Materiais. Embora tenha sido utilizada a ferramenta *Master Data Online* (MDO) para cadastrar materiais e posteriormente visualizá-los no Módulo MM (*Materials Management*), o processo de cadastro de novos materiais é crucial para manter o inventário atualizado e facilitar a gestão de recursos. O trabalho incluiu o cadastro de materiais adquiridos pela demanda e materiais relacionados a projetos, como um carro transportador. O processo de cadastro de um novo material no SAP envolve várias etapas:

- Reconhecimento da Necessidade: Identificar a necessidade de um novo material, geralmente com base em requisitos de manutenção ou projetos específicos;
- Busca de Cotação Técnica e Comercial: Realizar a busca por fornecedores, coletando cotações técnicas e comerciais para garantir que o material atenda às especificações necessárias e esteja dentro do orçamento;
- Leitura de Normas e Documentação: Revisar normas aplicáveis e documentação técnica relacionada ao material para assegurar conformidade e adequação às necessidades da empresa;
- Coleta de Informações: Reunir todas as informações relevantes, como características técnicas, códigos de materiais, e dados de fornecimento;
- Cadastro: Acessar o sistema e inserir os dados coletados, preenchendo todos os campos necessários para o cadastro do material, como descrição, unidade de medida e classificação.

A.11 Resultados

O estágio supervisionado na Dow Brasil me possibilitou acompanhar e colaborar diretamente com a equipe de manutenção elétrica em diversas atividades de extrema relevância para a segurança e eficiência dos equipamentos. Os principais resultados

alcançados envolvem não apenas a execução de procedimentos técnicos de manutenção, mas também o aprimoramento das habilidades práticas e a contribuição para a continuidade das operações da subestação e transformadores da unidade.

As manutenções preventivas, preditivas e corretivas realizadas, como a manutenção no vigia de velocidade da correia transportadora, garantiram a continuidade dos processos industriais sem interrupções inesperadas. Além disso, a manutenção no comutador de derivação e a filtragem do óleo isolante do transformador foram essenciais para assegurar a confiabilidade e a segurança dos transformadores, equipamentos críticos para o fornecimento de energia. As inspeções, aliadas ao uso do relé *Buchholz* para a remoção de gases no transformador, também permitiram um melhor monitoramento do estado do equipamento, prevenindo falhas internas e a atuação indevida do relé.

O uso do sistema SAP proporcionou uma melhor organização na gestão de ativos e materiais, com a inclusão de novos itens e a otimização da manutenção do estoque de materiais essenciais para o time de manutenção elétrica. A implementação desse sistema possibilitou uma visualização mais clara e eficiente dos ativos, além de contribuir para a redução de desperdícios e melhoria no tempo de resposta das manutenções.

Em termos de aprendizado, a experiência me proporcionou uma visão prática e detalhada sobre os processos industriais de manutenção elétrica, incluindo as complexidades envolvidas em uma subestação de alta tensão e o gerenciamento de transformadores de grande porte. O estágio também permitiu ao discente aprimorar suas habilidades técnicas e de trabalho em equipe, assim como compreender a importância dos procedimentos de segurança em ambientes industriais de alta complexidade.

Como resultado final, o estágio contribuiu significativamente para o desenvolvimento de competências práticas na área de manutenção elétrica e gestão de ativos, além de oferecer uma compreensão mais profunda dos desafios e das soluções adotadas pelas equipes para garantir a operação segura e eficiente dos sistemas elétricos.

O estágio supervisionado na indústria é fundamental para o estudante de Engenharia Elétrica, pois proporciona a aplicação prática dos conhecimentos teóricos adquiridos em sala de aula. Essa vivência permite ao aluno desenvolver habilidades técnicas, como análise e resolução de problemas reais, além de compreender a dinâmica dos processos industriais e os desafios do setor. Além disso, o estágio contribui para o aprimoramento de competências interpessoais, como trabalho em equipe e comunicação, preparando o estudante para atuar de forma mais eficiente e qualificada no mercado de trabalho.

A.12 Considerações Finais

O estágio na área de manutenção elétrica proporcionou uma experiência valiosa, com um primeiro contato prático na área de atuação, complementando o conhecimento acadêmico de forma enriquecedora. Durante esse período, surgiu possível acompanhar de perto a gestão de ativos, observando a aplicação das manutenções preventivas, corretivas e preditivas, o que contribuiu para uma melhor compreensão da importância de manter os sistemas operacionais de forma eficiente e segura.

Além disso, houve-se um aprendizado sobre a gestão de sistemas industriais, como o uso de plataformas de gerenciamento que são fundamentais para a organização e a execução eficaz das atividades de manutenção. Essas ferramentas demonstraram a importância da precisão e do controle na gestão dos ativos e dos processos, garantindo a continuidade das operações e a otimização de recursos.

Outro aspecto relevante, surgiu a conscientização sobre a segurança em trabalhos elétricos. A vivência prática dos rigorosos procedimentos de segurança destacou a necessidade de priorizar a integridade física dos profissionais em qualquer operação elétrica. O aprendizado e a aplicação das normas de segurança reforçaram a compreensão da responsabilidade que a engenharia exige, preparando para lidar com situações reais de forma segura e profissional.

A experiência deste estágio me serviu para consolidar o entendimento sobre a importância da manutenção elétrica na indústria e para preparar para os desafios futuros da profissão. Esse primeiro contato com o ambiente de trabalho real proporcionou uma perspectiva ampla e prática sobre a carreira, contribuindo significativamente para o desenvolvimento profissional. A vivência prática, as lições aprendidas e as habilidades adquiridas certamente terão um impacto positivo e duradouro na trajetória como engenheiro eletricista, moldando a formação e ampliando a visão sobre o setor.

REFERÊNCIAS

- ABNT. *NBR 10576: Óleo mineral isolante de equipamentos elétricos - Diretrizes para supervisão e manutenção*. Rio de Janeiro, 2017. Citado 2 vezes nas páginas 21 e 22.
- ALBUQUERQUE; BRAGA, U.; THOMAZINI. *Sensores Industriais: Fundamentos e Aplicações*. 5. ed. [S.l.]: Érica, 2005. Citado na página 17.
- ALVES, L. F. Manutenção preditiva, análise do Óleo isolante, com o objetivo de evitar falhas nos transformadores de potência. *Coordenação de curso de Engenharia Elétrica, UNA - Itabira*, 2022. Citado 2 vezes nas páginas 21 e 23.
- BERTENE, L. *Revelando o papel do relé Buchholz na proteção do transformador / Site*. Disponível em: <<https://compraco.com.br/blogs/tecnologia-e-desenvolvimento/revelando-o-papel-do-rele-buchholz-na-protecao-do-transformador>>. Citado na página 28.
- CRUZ, F. *Inserindo Atalhos no Menu “Favoritos” do SAP PM: Simplifique o Acesso às Transações Mais Utilizadas / Site*. Disponível em: <<https://freirecruz.com/favoritos-pm/>>. Citado na página 29.
- EMSLEY, A.; STEVENS, G. A reassessment of the low temperature thermal degradation of cellulose. In: *1992., Sixth International Conference on Dielectric Materials, Measurements and Applications*. [S.l.: s.n.], 1992. p. 229–232. Citado na página 22.
- ENGENHARIA, M. *Comutador de Derivação de Tensão Motorizad*. 2023. Accessed: 2024-11-26. Disponível em: <<https://meshengenharia.com/2023/06/30/comutador-de-derivacao-de-tensao-motorizado/>>. Citado na página 24.
- ENGENHARIA, M. *Comutador de derivação de tensão motorizado*. 2023. Accessed: 2024-10-20. Disponível em: <<https://www.linkedin.com/pulse/comutador-de-deriva%C3%A7%C3%A3o-tens%C3%A3o-motorizado-mesh-engenharia/>>. Citado na página 26.
- FINOCCHIO, M. A. F.; BARBOSA, T. M.; BRANDÃO, E. A. Estudo relacionado aos sistemas de proteção de incêndio em transformadores de potência a óleo mineral. *IX Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção*, IX, n. 3/4, 2019. Citado na página 25.
- FOGLIATTO, F.; RIBEIRO, J. L. D. *CONFIABILIDADE E MANUTENCAO INDUSTRIAL*. [S.l.]: Elsevier Editora, 2023. Citado na página 16.
- HARLOW, J. *Electric Power Transformer Engineering*. third. [S.l.]: CRC Press, 2012. Citado 2 vezes nas páginas 24 e 27.
- KULKARNI, S.; KHAPARDE, S. *Transformer Engineering*. [S.l.]: CRC Press, 2013. Citado na página 25.
- MAHESHWARI, V. *SAP Functional Location / Site*. 2024. <<https://erproof.com/pm/free-training/sap-functional-location/>>. Accessed: 2024-10-13. Citado na página 32.

- MARTINS, M. A. G. Gestão da vida útil dos transformadores. *LABELEEC, Revista Ciência e Tecnologia dos Materiais*, v. 21, n. 3/4, 2009. Citado na página 20.
- MIRANDA, F. *Proteção 63, Buchholz! Você sabe o que é? | Site*. Disponível em: <<https://pt.linkedin.com/pulse/prote%C3%A7%C3%A3o-63-buchholz-voc%C3%AA-sabe-o-que-%C3%A9-fernando-venancio>>. Citado na página 27.
- MORAIS, S. A. *Equipamentos Elétricos: Especificação e Aplicação em Subestação de Alta Tensão*. Rio de Janeiro: Furnas, 1985. Citado 2 vezes nas páginas 18 e 19.
- REINHAUSEN, M. *VACUTAP® VM® The generalist for nearly all applications*. 2012. <<https://www.reinhausen.com/productdetail/on-load-tap-changers/vacutap-vm/>>. Accessed: 2024-10-20. Citado na página 26.
- ROGGIA, L.; FUENTES, R. C. *Automação Industrial*. Santa Maria - RS, 2016. Citado na página 17.
- SENSE. *Sense Sensores e Instrumentos | Site*. Disponível em: <<https://www.sense.com.br/siter/familias/435>>. Acesso em: 25 de jul. de 2024. Citado na página 16.
- SILVA, J. M. F. da. *Optimização do processo de secagem hot oil spray em componentes de transformadores e contribuição no processo de produção*. 105 p. Dissertação (Dissertação (Mestrado)) — Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2008. Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica. Citado na página 20.
- SILVA, M. G. *DISJUNTORES DE ALTA TENSÃO*. 2011. 61 p. Trabalho de pesquisa Técnica — CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS, BELO HORIZONTE, 2011. Citado na página 19.
- UFRB. *Alunos visitam subestação de energia de Cruz das Almas*. 2022. <<https://www2.ufrb.edu.br/engenhariacivil/noticias/174-alunos-visitam-subestacao-de-energia-de-cruz-das-almas>>. Accessed: 2024-10-02. Citado na página 18.
- VORPE, M. A.; FILHO, O. K.; FRANÇA, W. J. *Disjuntores e chaves: aplicação em sistemas de potência*. Niterói: EDUFF, 1995. Citado 2 vezes nas páginas 18 e 19.
- WEG. *Transformadores de Potência (até 500 MVA)*. 2024. Disponível em: <https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Gera%C3%A7%C3%A3o%2C-Transmiss%C3%A3o-e-Distribui%C3%A7%C3%A3o/Transformadores-e-Reatores-a-%C3%93leo/Transformadores-de-Pot%C3%Aancia-a-%C3%93leo/50-001-a-500-000-kVA/Transformadores-de-Pot%C3%Aancia-%28at%C3%A9-500-MVA%29/p/MKT_WTD_MEDIUM_POWER_TRANSFORMER_UP_TO_150000KVA>. Citado na página 25.
- ZHU, F.; YANG, B. *Power Transformer Design Practices*. [S.l.]: CRC Press, 2021. Citado na página 25.