

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA AUTOMÁTICO DE CIRCULAÇÃO A DIESEL EM UMA SUBESTAÇÃO

Gabriel Santos do Nascimento¹; Flaubert Lucas Balieiro Oliveira¹; Mariana Costa Falcão^{2,7}; André Aparecido Leal de Almeida^{3,7}; Victor Molieri de Oliveira^{4,7}; Lucas Nuud Táparo^{5,7}; Jair Antônio Longo Junior^{6,7*}

¹ Graduando em Engenharia Elétrica, Faculdades Integradas de Três Lagoas- AEMS; ² Mestra em Engenharia Elétrica – UNESP; ³ Esp. em Segurança Cibernética – IGTI; ⁴ Graduação em Engenharia Elétrica – UNESP; ⁵ Esp. em Engenharia de Dados – UNOPAR; ⁶ Mestre em Engenharia Elétrica – UNESP; ⁷ Docente das Faculdades Integradas de Três Lagoas – AEMS

* autor correspondente: jairlongo@gmail.com

RESUMO

Uma subestação de energia seja elevadora ou abaixadora, que não é conhecida por muitos, tem uma fundamental importância no abastecimento e fornecimento de energia, sua função é, através das linhas de transmissão, fazer o dimensionamento dos equipamentos e tratar da energia em uma elevada potência, fazendo com que através da distribuição, a energia chegue para os consumidores com qualidade e sem nenhum tipo de distúrbio. Dentro de uma subestação, existem diversas tecnologias, sendo elas para a proteção dos equipamentos, que possui um custo muito alto, o monitoramento tanto presencial quanto remoto, o acionamento automático uma vez que ocorre alguma anormalidade dentro do pátio energizado entre outros procedimentos para otimizar o funcionamento. O objetivo do trabalho, é abordar todas estas questões, de proteções, acionamentos automáticos, equipamentos e as tecnologias que existem por trás de uma subestação de energia. Foram usados diversos artigos como fonte de pesquisa para alimentar o trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: subestação; proteção; energia; tecnologia.

1 INTRODUÇÃO

A vida moderna envolve diretamente o aumento da população e a exigência do crescimento econômico das grandes potências mundiais para o desenvolvimento da sociedade. Isto leva ao uso crescente da energia elétrica e concomitante necessidade de inovação tecnológica com metodologias inéditas para que haja melhor eficiência (MUZY, 2012).

O percurso da energia elétrica necessita de um sistema de equipamentos para a geração, transmissão e distribuição até chegar ao consumidor final. Esse processo necessita de subestações reguladoras para adequar os níveis de tensão. As subestações exigem fatores operacionais específicos que garantem

a correta funcionabilidade de cada etapa do trabalho (MUZY, 2012).

Entre o início do projeto de uma subestação, desde sua construção até as operações supervisionadas ou controladas por equipamentos e softwares engloba um complexo processo operacional e por isso necessita de profissionais capacitados em todas as etapas para que se tenha êxito.

Para que a subestação de energia seja eficiente e que forneça qualidade na sua transmissão ao longo de todo o processo de elevação e redução de tensão, precisam-se de circuitos que forneçam proteções para se manter o sistema de operação em funcionamento adequado. A sala de comando é a responsável em abrigar equipamentos, painéis e outros dispositivos que mantêm a operação em

funcionamento. Também estão instalados todos os equipamentos do serviço auxiliar, que é o responsável por fornecer as correntes alternada (CA) e contínua (CC); CA alimenta o quadro de energia para iluminação e tomadas e o CC alimenta as proteções dentro do painel de operação (PO) (MAGANHA, 2011).

1.1 Subestação

Uma subestação (SE) é um conjunto de equipamentos de manobra e/ou transformação, e eventualmente de compensação de reativos usado para dirigir o fluxo de energia em sistema de potência e possibilitar a sua diversificação através de rotas alternativas; tem dispositivos de proteção capazes de detectar os diferentes tipos de faltas que ocorrem no sistema e de isolar os trechos onde estas faltas ocorrem (DUAILIBE, 1999).

1.2 Equipamentos

Um sistema elétrico de potência é constituído por diversos equipamentos ao longo do seu percurso, desde a geração, passando pelo transporte da energia, até as concessionárias de distribuição de energia em centros urbanos e rurais. Entre esses processos existem as subestações que utilizam de grandes

equipamentos de potência e dispositivos de proteção (MAGANHA, 2011).

1.2.1 Transformadores

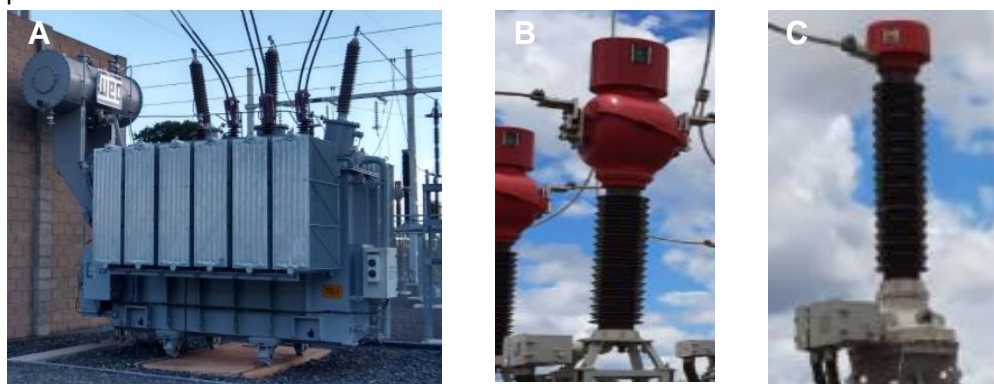
Existem três tipos de transformadores, de potência, de corrente (TC) e de potencial (TP).

O transformador de potência é um equipamento estático, responsável pela adequação de tensão (elevação ou rebaixamento), por indução eletromagnética (MAGANHA, 2011).

Os enrolamentos primários e secundários transformam as tensões e correntes de entrada em outros níveis de saída para manter a frequência da rede. Em subestações elevadoras, os transformadores elevam a tensão para um nível adequado de transmissão em longas distâncias. Quando chega nos pontos de consumo o transformador rebaixa a tensão para níveis de distribuição em áreas urbanas e rurais (MAGANHA, 2011).

Os transformadores têm dispositivos específicos de proteção, resfriamento forçado, operação manual e automática. Ficam em lugares específicos na subestação onde é construído uma caixa de contenção para um possível vazamento de óleo isolante (Figura 1A; MAGANHA, 2011).

Figura 1. Transformadores utilizados em subestações de distribuição elétrica. (A) transformador de potência. (B) transformador de corrente. (C) transformador de potencial.



Fonte: Elaborado pelos autores (fotografias).

Os dispositivos utilizados para transformar corrente elétrica são chamados de transformadores de corrente

(TC). Este equipamento é ligado em série com o circuito de alta tensão, transformando proporcionalmente a alta

corrente para um fator menor de corrente podendo ser mensurado por outros equipamentos com o objetivo de fazer a leitura de corrente elétrica na alta tensão para serem realizados as medições de proteção do sistema (Figura 1B; DUAILIBE, 1999).

Os dispositivos de transformação de potencial elétrico (TP) em uma subestação são capazes de reduzir a alta tensão elétrica do circuito para um nível de tensão mais baixa possibilitando que outros equipamentos de medição e proteção possam mensurar de forma mais segura e prática. O TP é ligado em paralelo com a rede ou circuito elétrico e consiste em um enrolamento primário e secundário sendo a leitura somente do enrolamento secundário resultando em uma proporção de tensão equivalente ao primário (Figura 1C; DUAILIBE, 1999).

Ambos os transformadores (TC e TP) realizam a leitura no secundário do transformador de potência em nível mais baixo (DUAILIBE, 1999).

Figura 2. Seccionadora.



Fonte: Elaborado pelos autores (fotografia).

1.2.2 Chave seccionadora

As chaves de seccionamento de subestação fazem parte dos equipamentos essenciais para interromper por completo um circuito do sistema elétrico, sendo capaz de abrir o circuito energizado sem carga. São usadas em diversas configurações por necessidade

operativa para uma possível manutenção ou isolar componentes do sistema. As partes principais de uma seccionadora são estrutura, isoladores, contatos fixos e móveis, mecanismos de operação e o bloqueio mecânico (Figura 2; SAFETY CONTROL, s.d.).

Figura 3. Disjuntor.



Fonte: Elaborado pelos autores (fotografia).

1.2.3 Disjuntor

Disjuntores são equipamentos de uma subestação de energia dimensionados para suportar grandes cargas e tensões elétricas, sendo o mais efetivo dispositivo de manobra, proteção e segurança no sistema elétrico (MUZY, 2012).

Os disjuntores são preparados para interromper, estabelecer e conduzir correntes de carga e de curto-circuito nominais do sistema em quaisquer condições de operação normal e anormal, manual ou automática. A interrupção de um circuito elétrico é realizada pela abertura dos contatos principais do disjuntor em carga sendo necessário uma rápida desionização e resfriamento do arco elétrico, extinguindo a energia proveniente da abertura dos contatos principais.

Os disjuntores são classificados e

denominados pelo meio em que a câmara de extinção de arco elétrico é empregada, podendo ser feito através de vácuo, sopro magnético, óleo, ar comprimido e gás SF₆ (hexafluoreto de enxofre). O acionamento de um disjuntor é feito por um relé de proteção que detecta condições de anormalidade do sistema energizando a bobina de abertura do disjuntor abrindo contatos principais de forma efetiva. A Figura 3 apresenta um disjuntor.

1.3 Automatismo

Uma subestação pode ser controlada manualmente por um operador, contando com equipamentos de acionamentos automáticos e supervisionadas pelo controle do sistema ou controlada de forma automática sendo o controle realizado por diversos equipamentos com suas funções específicas para cada manobra de controle e proteção e supervisionado por computadores e softwares contando com supervisórios de ponta.

1.4 Proteções

O sistema de proteção de uma subestação é de fundamental importância, porque uma vez detectado algum distúrbio no sistema será emitido um sinal de *trip* para isolar a falta ou defeito dos equipamentos e garantir a integridade e continuidade do sistema de elétrico de potência.

1.5 Serviços Auxiliares

O serviço auxiliar de uma subestação é composto por equipamentos e dispositivos que cooperam com a operação dos principais equipamentos da subestação, o mesmo é responsável pelas cargas, fontes e sistemas de manobras, tendo como uma das principais funções transformar a corrente CA em CC através do retificador (ISONI, 2016).

1.5.1 Corrente alternada (SACA)

A corrente alternada nas subestações tem como principal objetivo o

fornecimento de energia as cargas não prioritárias da SE, também alimentando o retificador para a conversão de energia CC.

As três fontes de energia CA que alimenta o serviço auxiliar são (i) transformador de serviço auxiliar (TRSA); (ii) grupo auxiliar de emergência (GAE); (iii) alimentação externa proveniente de rede de distribuição.

1.5.2 Transformador de serviço auxiliar (TRSA)

O TRSA é igual ao transformador de distribuição comum, normalmente varia de 13,8-69 KV (primário) e de 127-220 V (secundário).

1.5.3 Grupo auxiliar de emergência (GAE)

O gerador de energia, geralmente como segunda fonte de energia CA, serve como contingência caso o TRSA esteja com algum defeito, ou precisa-se realizar algum ensaio e então, entra como fonte para fornecer energia para o retificador e outros equipamentos que necessita de CA.

1.5.4 Corrente contínua (SACC)

A fonte de energia CC, tem como função, alimentar os circuitos de alarme, sinalização, comandos, o banco de bateria e o painel onde se encontra as proteções.

As duas fontes de energia CC que alimenta o serviço auxiliar são (i) retificador e (ii) banco de bateria.

1.5.5 Retificador

Um dos principais equipamentos vitais de uma subestação, o retificador transforma a CA que vem do TRSA para CC. Também tem a função de supervisionar os circuitos consumidores e manter o banco de bateria em flutuação (MAGANHA, 2011).

1.5.6 Banco de bateria

O banco de bateria é uma fonte

secundária de CC, serve de contingência caso o retificador não esteja operando, ou esteja em manutenção (MASAGO, 2012).

O retificador envia uma tensão de 130Vcc para o banco, caso esteja acabando a energia, o sistema possui uma proteção chamada de DDD – Dispositivo de Desligamento do Disjuntor, que envia um *TRIP* para o TP quando percebe que o nível de tensão está baixo (MAGANHHA, 2011).

2 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é mostrar a montagem e o funcionamento do sistema de circulação automático, a diesel, para eliminação de impureza, instalado em um tanque do gerador auxiliar de emergência (GAE) de uma subestação.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

Os equipamentos que fazem parte do sistema estão descritos a seguir.

3.1.1 Ferramentas

Foram utilizadas ferramentas para a instalação do material, no Quadro 1, mostra todas as ferramentas de trabalho.

Quadro 1. Ferramentas utilizadas no projeto.

Ferramentas essenciais para instalação e manutenção:
Chave de fenda 1/4 x 6
Chave Philips 1/4 x 6
Chave combinada 1/2
Alicate universal
Alicate de corte
Fita isolante
Multímetro
Fio isolado
Veda-rosca

Fonte: Elaborado pelos autores.

3.1.2 Mangueira

Utilizou-se uma mangueira de borracha, sem costura, resistente ao óleo e ter um diâmetro de 5/16”, apropriada para a bomba elétrica e conexões.

3.1.3 Conexões

As conexões têm como função vincular a bomba com a mangueira. O Quadro 2 apresenta a quantidade e os materiais que foram instalados no GAE para o funcionamento do sistema de circulação.

Quadro 2. Materiais Hidráulicos utilizados.

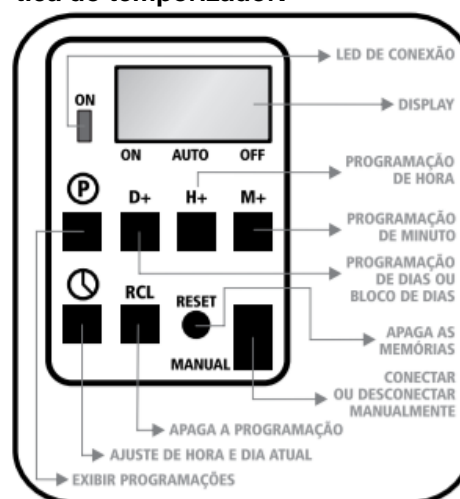
Quantidade	Material
1	Cotovelo 1/2
2	Tê 1/2
2	Niple 1/2
8	Espigão 5/16 x 1/2
2	Plug 1/2
8	Abraçadeira 5/16

Fonte: Elaborado pelos autores.

3.1.4 Temporizador

O temporizador foi o responsável por permitir que o automatismo fosse realizado 3 vezes por semana, com duração de 30 minutos. O ajuste do temporizador foi feito manualmente para que o tempo de funcionamento da bomba de circulação seja executado como planejado (Figura 4).

Figura 4. Representação esquemática do temporizador.



Fonte: Elaborado pelos autores.

3.1.5 Sensor de nível

O sensor de nível tem função importante, uma vez que a bomba elétrica não pode ser acionada na ausência de combustível, pelo risco de queimá-la. Então, no caso de falta de combustível,

o sensor envia um sinal para o temporizador e faz com que a bomba não seja energizada.

3.1.6 Bomba de circulação a diesel

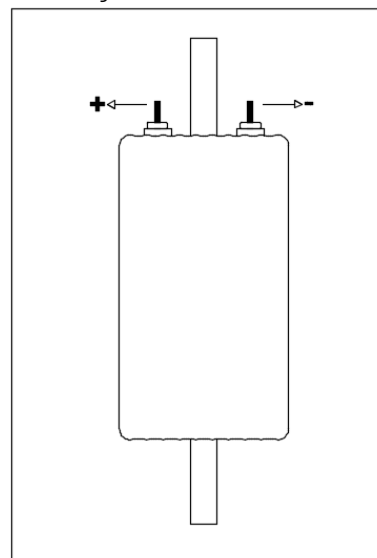
A bomba elétrica é responsável por fazer a circulação acontecer; pressuriza o combustível fazendo com que o mesmo faça a circulação, movimentando-se de baixo para cima, de modo que o diesel dentro do tanque não fique parado. A bomba utilizada tem um modelo normal, onde é usada em veículos, e foi adaptada no sistema para realizar o processo de sugar o combustível para manter o mesmo em movimentação, evitando a inercia. A Figura 5 apresenta uma representação esquemática de uma bomba de circulação a diesel, projetada com o *software* Autocad (versão 2017).

3.1.7 Visão geral do tanque utilizado para a instalação do sistema

A Figura 6 mostra em formato de

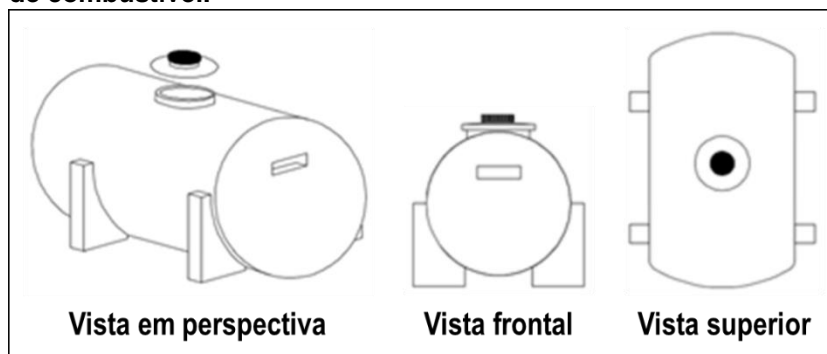
desenho, o tanque onde foi instalado o sistema de circulação a diesel.

Figura 5. Representação esquemática de uma bomba de circulação a diesel.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 6. Perspectivas do esboço do tanque de armazenamento de combustível.



Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2 Métodos

O planejamento para a instalação do sistema de circulação, realizado em etapas, está descrito a seguir.

3.2.1 AutoCad

O AutoCAD é um *software* que permite a elaboração de desenhos técnicos, peças de desenho de duas a três dimensões. O software foi utilizado para desenhar todos os esquemas de instalação do sistema de circulação a diesel

(AUTODESK, 2022)

3.2.2 Procedimentos das condições iniciais para a instalação do sistema

Inicialmente, para começar as compras de materiais, instalações e execução do sistema, foi necessário verificar se as seguintes situações estavam sendo cumpridas de acordo com cada condição proposta, (i) verificar se há ponto de energia existente e se tem a tensão adequada para a bomba elétrica,

12 Vcc; (ii) checar se não há nenhuma deformidade na estrutura da bomba; (iii) inspecionar o tanque para certificar-se de que está tudo em conformidade, sejam conexões, deformidades, impurezas no interior; (iv) o óleo diesel que está armazenado no tanque precisará ser checado, para certificar de que não contem impurezas, como borras, para que não afete a bomba e nem o gerador; (v) atentar na quantidade de vezes semanais que a bomba irá ser acionada, precisará checar a vazão e colocar o tempo adequado; (vi) verificar os cabos de alimentação: mínimo de 1,5 mm² para alimentar a bomba, 2,5 mm² para alimentar o timer; (vii) verificar o local para a fixação do sistema (espaço disponível); (viii) a bomba elétrica de circulação a diesel não pode trabalhar a vazio; (ix) as conexões são galvanizadas, não correndo o risco de corrosão ao longo do tempo; (x) mangueira apropriada para combustível e (xi) não usar diesel S10, apenas diesel comum.

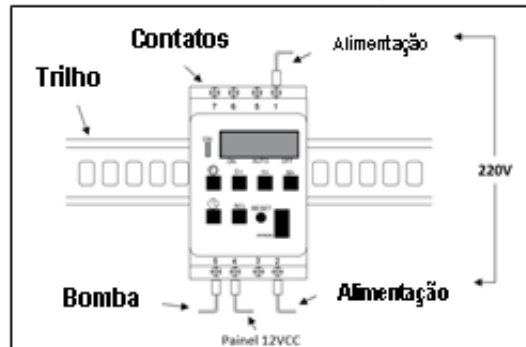
3.2.3 Instalação mecânica e elétrica da bomba

A sequência da instalação do sistema está sumariamente mostrada a seguir. Foi colocado o temporizador no painel de forma que fosse possível acioná-lo e feito a conexão dos cabos, como mostra na Figura 7.

Fixou-se as conexões nas entradas do tanque (já com o veda-rosca para

evitar vazamento de combustível) como o cotovelo, tê, espigão e *niple*, todos galvanizados. A Figura 8 representa as conexões tanto do tanque, como as que foram instaladas.

Figura 7. Representação esquemática de um temporizador com indicações.

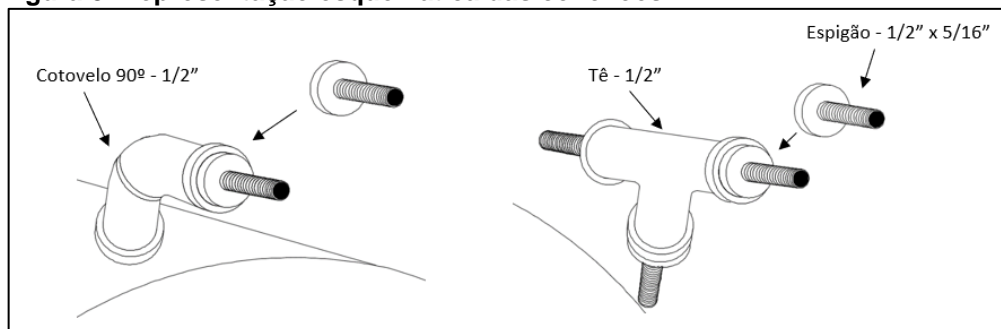


Fonte: Elaborado pelos autores.

Foi conectada a mangueira apropriada nos espigões que estavam sendo utilizados nas conexões junto ao tanque e conectou na bomba, para ter uma boa fixação, utilizando abraçadeiras adequadas. A Figura 9 destaca o tanque do GAE, com o sistema já instalado.

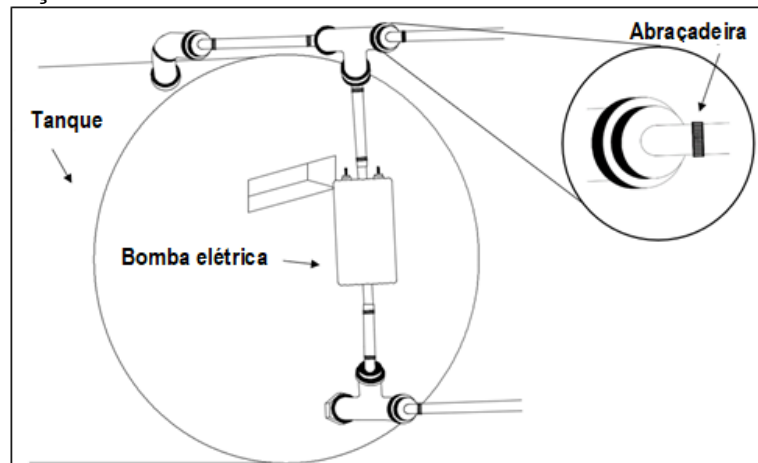
Alimentando a bomba e conectando o positivo e o negativo. O positivo vem do contato NA do programador e o negativo fpo ligado direto do painel, a tensão aplicada para alimentar a bomba era de 12VCC. A Figura 10 mostra as indicações dos cabos que estão conectados no timer para o acionamento automático.

Figura 8. Representação esquemática das conexões.



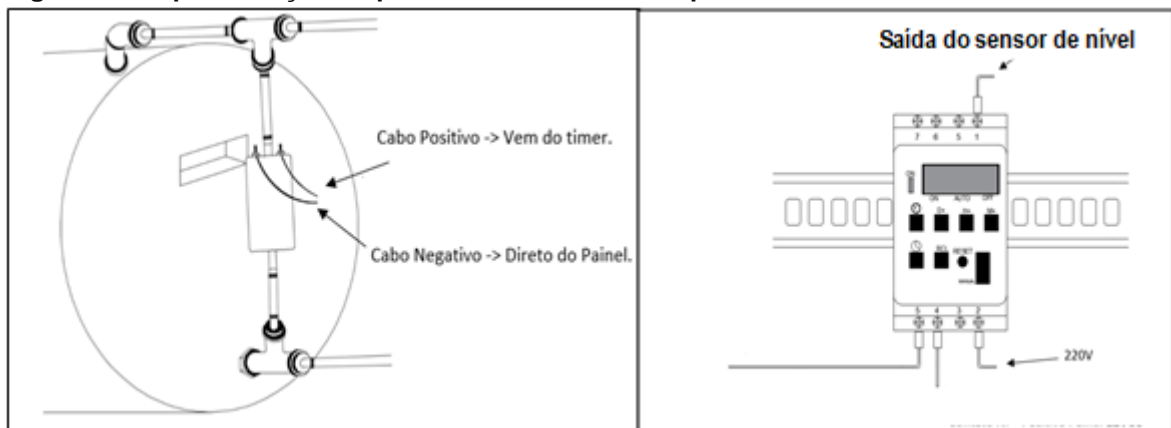
Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 9. Representação esquemática do sistema de circulação instalado.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 10. Representação esquemática das conexões para acionamento automático.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 11. Tanque do GAE com o sistema automático de circulação de diesel instalado. O destaque em amarelo apresenta o sistema instalado.



Fonte: Elaborado pelos autores.

4 RESULTADOS

Os resultados obtidos do trabalho

foram satisfatórios, o sistema de circulação a diesel foi instalado, e permanece em pleno funcionamento em uma

subestação que pertence a uma concessionária de distribuição de energia elétrica de uma cidade do interior do estado de São Paulo. A Figura 11 destaca o tanque do GAE com o sistema instalado.

5 CONCLUSÃO

O sistema automático de circulação de diesel instalado no tanque do gerador auxiliar de emergência de uma subestação é essencial para o seu funcionamento adequado para se evitar a degradação natural do combustível contido. Para este fim, o sistema foi padronizado para que seja acionado por 30 minutos, três vezes por semana.

Este trabalho salientou como uma subestação de energia é importante no cotidiano das pessoas em termos de consumo, atividades gerais e qualidade de vida.

A importância deste trabalho foi demonstrar, de forma clara e objetiva, o desenvolvimento dos dispositivos e tecnologias inteligentes (automatização) necessários para o funcionamento apropriado de uma subestação.

REFERÊNCIAS

AUTODESK. AutoCad, versão 2021. Disponível em: <<https://3c5.com/VHSCr/>>. Acesso em 11 dez. 2021.

CRUSHTYMKS. Energia e poder para todos. Disponível em: <<https://crushtymks.com/pt/energy-and-power/608-4-power-transformer-protection-devices-explained-in-details.html>>. Acesso em: 10 mar. 2021.

DUAILIBE, P. Subestações: Tipos, Equipamentos e Proteção. Novembro de 1999. Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca. Disponível em: <<http://www.vieiraeva-rela.com.br/arquivos/SE.pdf>>. Acesso em 01 abril, 2021.

ELECTRA - Acessórios e Componentes Eletromecânicos para Transformadores de Potência e Distribuição, Relé Detector de Gás Tipo *Buchholz*. Disponível em: <http://phylum.pxecorp.com/assets/_images/products/pdf/Cat%C3%A1logorele.pdf>. Acesso em: 05 maio. 2021.

MAGANHA, N. Tecnologia de Subestação EHD. 03/2011. Criação, Formatação e Desenvolvimento. Educação Corporativa Elektro.

MANUAL, TRANSFORMADOR A ÓLEO ATÉ 4000 kVa. Disponível em: <<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h9a/h78/WEG-transformadores-a-oleo-instalacao-e-manutencao-10000892317-12.10-manual-portugues-br.pdf>>. Acesso em: 05 maio. 2021.

MANUAL, TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE FORÇA 1000 kVa. Disponível em: <<http://sigmatransformadores.com.br/wp-content/uploads/2018/07/Manual-Sigma-1000kVA.pdf.pdf>>. Acesso em: 05 mar. 2021

MARTINS, D. L. Estudo de Caso na Automação, Proteção e Supervisão de uma Subestação de Classe 69kV. Orientador: Ruy Alberto Corrêa Altafim. 2012. Disponível em: <<http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180500/tce-31012013-145629/?&lang=br>>. Acesso em 19 maio. 2021.

MASAGO, R. G. Guia de Projeto para Subestações de Alta Tensão. Orientador: Prof. Dr. Ruy Alberto Corrêa Altafim. 2021. Disponível em: <<http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180450/tce-17042013-151031/?&lang=br>>. Acesso em 08 dezembro. 2021

MUZY, G. L. Subestações Elétricas.

Orientador: Antônio Carlos Siqueira de Lima, D. Sc. 2012. Disponível em: <<http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10005233.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2021

SAFETY CONTROL. O que é Chave Seccionadora? SafetyControl, 2021. Disponível em: <<https://blog.safetycontrol.ind.br/control/chaves-seccionadora/>>. Acesso em 07 maio 2021.