

CENTRO DE PAULA SOUZA
Etec PHILADELPHO GOUVÊA NETTO
Técnico em Automação Industrial

Hélio Cardozo da Silva
Janilton Nunes de Oliveira
Rafael Vicente Ferreira

SISTEMA DE AUTOMAÇÃO PARA SUBESTAÇÃO EM 138 KV

São José do Rio Preto
2021

**Hélio Cardozo da Silva
Janilton Nunes de Oliveira
Rafael Vicente Ferreira**

SISTEMA DE AUTOMAÇÃO PARA SUBESTAÇÃO EM 138 KV

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Automação Industrial da Etec Philadelpho Gouvêa Netto, orientado pelo Prof. Mario Kenji Tamura, como requisito parcial para obtenção do título de técnico em Automação Industrial.

São José do Rio Preto

2021

Agradecimentos

Primeiramente, agradeço à Deus por ter nos proporcionado a vida e a oportunidade de realizar a conclusão do curso Técnico em Automação Industrial.

As nossas famílias, pelo apoio e por sempre estarem aos nossos lados nesse momento tão importante das nossas vidas.

À todos os professores desta Etec que contribuíram pela nossa evolução acadêmica deste curso, dando a oportunidade de conclusão.

Ao coordenador do curso Marcos, pela confiança.

Ao nosso orientador Mario Kenji Tamura, pela contribuição do aprendizado e apoio na conclusão da realização deste trabalho.

E a todos os professores que nos apoiaram para o desenvolvimento para finalização deste curso técnico.

Senhor, tu és o meu Deus;
eu te exaltarei e louvarei o teu nome,
pois com grande perfeição
tens feito maravilhas, coisas há muito planejadas”.

ISAÍAS 25:1

RESUMO

O desenvolvimento do sistema elétrico nacional, é fundamental que os sistemas de automação das subestações seja especificado para atender o sistema no qual irá operar, garantindo assim, a segurança física das pessoas, equipamentos e funcionamento da mesma. Deste modo, o objetivo deste trabalho foi abranger a automação e definições no qual são utilizados em toda a subestação. De forma a garantir a confiabilidade do sistema de proteção especificados e definidos para o perfeito funcionamento da subestação.

Palavras-chave: Automação, Topologia, Redes.

ABSTRACT

The development of the national electrical system, it is essential that the substation automation systems be specified to meet the system in which they will operate, thus ensuring the physical safety of people, equipment and operation of the same. Thus, the objective of this work was to cover the automation and definitions in which they are used throughout the substation. In order to guarantee the reliability of the specified and defined protection system for the perfect functioning of the substation.

Keywords: Automation, Toplogy, Networks.

Lista de Ilustrações

Figura 1:Diagrama unifilar da SE

Figura 2:Layout da SE

Figura 3: Relé de Proteção do Transformador

Figura 4: Topologia do Sistema de Automação

SUMÁRIO

1	Introdução	11
2	Histórico do Sistema de Automação em Subestação	12
3	Desenvolvimento	13
3.1.1	Redes Industriais	14
3.1.2	Descrição Geral das Instalações da Subestação.	15
3.1.3	GERAL.....	15
3.1.4	PAINÉIS ELÉTRICOS	17
3.1.5	Características Construtivas e Fiação Painéis de Proteção e Serviço Auxiliar:.....	17
3.1.6	Características Construtivas e Fiação Painéis de Automação:	19
3.1.7	PNSA-SE- Distribuição De Força Serviços Auxiliares 220 Vca/125 Vcc 21	
3.1.8	Painel de Proteção do Transformador	22
3.1.9	PNAUT- Painel De Automação e Supervisão.....	23
3.1.10	Características Mecânicas:.....	23
3.1.11	Descritivo Funcional:	24
4	Sistema Digital de Supervisão e Controle	24
5	Topologia do Sistema de Dados e Controle	25
6	Quantidades de Entradas e Saídas	25
7	Estação de Operação e Supervisão (EOP)	25
8	Requisitos Gerais do SDSC	27
8.1	Requisitos de Modo de Operação	27
8.2	Entidades Básicas	27
8.3	Navegação.....	29
8.4	Atuação no Processo	30
8.5	Operação de Equipamentos	31
8.6	Gerenciamento do Processo	31
9	Resultados e Discussão.....	32
10	Conclusão	35

1 Introdução

Este trabalho tem como objetivo detalhar o princípio de funcionamento de automação de uma subestação em 138 kV, instalada no estado de Mato Grosso, conectada a uma Pequena Central Hidrelétrica-PCH , definido nas especificações técnicas com um bay tipo simples. O presente trabalho irá detalhar o hardware (equipamentos e acessórios) e softwares (programas), bem como os aspectos relativos ao sistema de automação.

2 Histórico do Sistema de Automação em Subestação

Até o fim do século XIX a produção de bens utilizava exclusivamente a força muscular. Com o advento da Revolução Industrial, a força muscular cedeu lugar às máquinas, cujo processo foi denominado produção mecanizada. Nessa situação o homem era a parte ativa, não como executor da tarefa produtiva, mas como controlador do processo. Mas as máquinas foram gradativamente evoluindo, tornando-se cada vez mais independentes do controle do homem, assumindo tarefas e tomando decisões. Esta evolução se deveu inicialmente a dispositivos mecânicos, hidráulicos e pneumáticos. Com o advento da eletrônica, esses dispositivos foram sendo substituídos, e presentemente a microinformática assumiu o papel da produção automatizada, em que o homem, utilizando técnicas de inteligência artificial, materializadas pelos sistemas computadorizados, instrui um processador de informações a desenvolver tarefas complexas e tomar decisões rápidas para controle do processo. (MAMEDE, 2013).

Sendo assim, este trabalho foi realizado para identificar as principais atuações do sistema de automação referente a subestação 138 kV , auxiliando a compreensão e análise das proteções atualizadas com suas respectivas funções ANSI mencionadas na área técnica, deste modo evitando os riscos de acidentes que possam acontecer na subestação.

3 Desenvolvimento

Para entendermos como funciona um sistema de automação da subestação, iremos realizar um breve resumo sobre os tipos de rede de automação:

Uma *rede lógica* é uma parte de uma rede física que conecta duas ou mais interfaces ou dispositivos de rede lógicos. Uma interface ou dispositivo de rede lógico é a entidade de software conhecida para um sistema operacional. Há um mapeamento um-para-um entre uma interface/dispositivo de rede física e uma interface/dispositivo de rede lógica. Cada interface de rede lógica pode trocar pacotes com cada interface de rede lógica na mesma rede lógica. (Fonte: <https://www.ibm.com/docs/pt-br/powerha-aix/7.2?topic=networks-physical-logical>)

Se em um subconjunto de interfaces de rede lógica na rede lógica, as interfaces precisarem se comunicar entre si (mas com nenhuma outra) enquanto compartilham a mesma rede física, serão usadas sub-redes. Uma máscara de sub-rede define a parte do endereço IP que determina se uma interface de rede lógica pode enviar pacotes a outra interface de rede lógica na mesma rede lógica. (Fonte: <https://www.ibm.com/docs/pt-br/powerha-aix/7.2?topic=networks-physical-logical>)

Definem-se como redes industriais os protocolos de comunicação utilizados para supervisionar e controlar um determinado processo, com uma troca rápida e precisa de informações entre sensores, controladores, CLPs, entre outros componentes do chão de fábrica. (Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Redes_industriais).

Ambientes industriais são frequentemente muito mais severos, muitas vezes sujeitos a vapor de óleo, interferências eletromagnéticas e vibrações mecânicas, o que torna necessário o uso de cabos blindados e conectores mais resistentes e estanques em uma ou ambas as extremidades do cabo Cat-5 ou Cat-6, como M12 conectores ou conectores M8, em vez dos conectores 8P8C, o que difere bastante dos equipamentos de redes comumente usados em escritórios. (Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Redes_industriais).

Conforme a indústria cresce, seus processos tornam-se mais complexos e variáveis, necessitando um elevado grau de automação. O desenvolvimento de máquinas automatizadas está intrinsecamente atrelado ao mecanismo de comunicação entre dados. Caso ele não seja eficiente, o equipamento não poderá movimentar-se e operar de forma adequada. (Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Redes_industriais).

3.1.1 Redes Industriais

Definem-se como redes industriais os protocolos de comunicação utilizados para supervisionar e controlar um determinado processo, com uma troca rápida e precisa de informações entre sensores, controladores, CLPs, entre outros componentes do chão de fábrica. (Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Redes_industriais).

Ambientes industriais são frequentemente muito mais severos, muitas vezes sujeitos a vapor de óleo, interferências eletromagnéticas e vibrações mecânicas, o que torna necessário o uso de cabos blindados e conectores mais resistentes e estanques em uma ou ambas as extremidades do cabo Cat-5 ou Cat-6, como M12 conectores ou conectores M8, em vez dos conectores 8P8C, o que difere bastante dos equipamentos de redes comumente usados em escritórios. (Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Redes_industriais).

Conforme a indústria cresce, seus processos tornam-se mais complexos e variáveis, necessitando um elevado grau de automação. O desenvolvimento de máquinas automatizadas está intrinsecamente atrelado ao mecanismo de comunicação entre dados. Caso ele não seja eficiente, o equipamento não poderá movimentar-se e operar de forma adequada. (Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Redes_industriais).

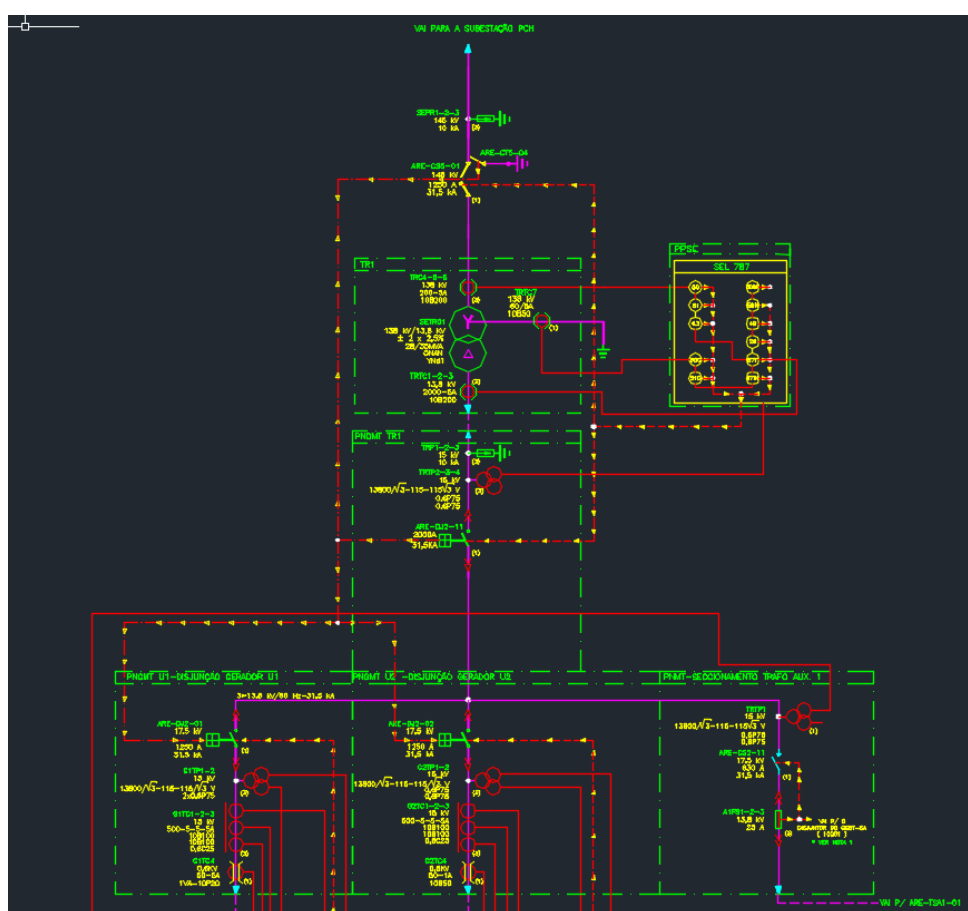
3.1.2 Descrição Geral das Instalações da Subestação.

3.1.3 GERAL

A subestação 138 kV possui uma capacidade gerada de 28/35 MVA em 138 kV.

A primeira etapa do trabalho foi a definição do funcionamento do sistema elétrico representado no diagrama unifilar.

Figura 1: Diagrama unifilar da SE



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

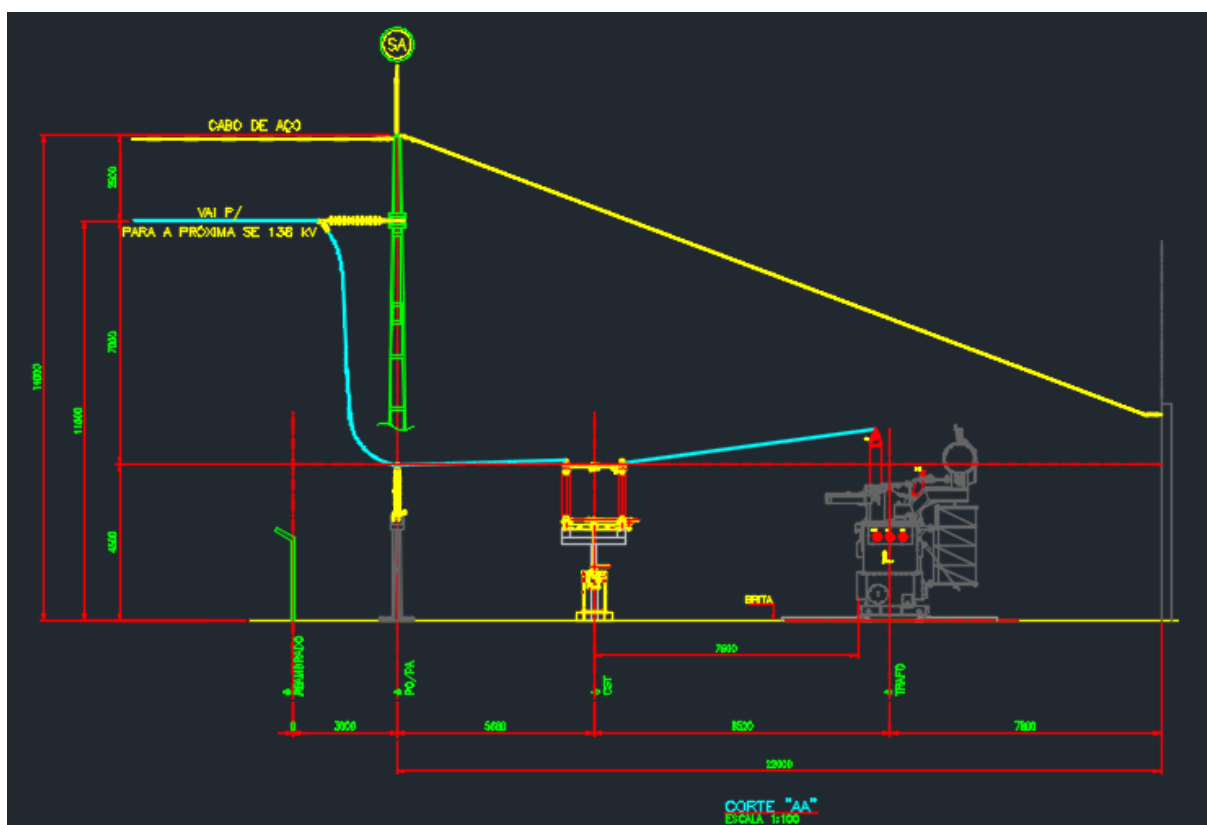
O Bay de entrada da Subestação 138 kV é constituído pelos seguintes equipamentos:

- Três para-raios com tensão nominal de 120 kV (conforme folha de dados) montados em suportes em concreto com contadores de descarga, responsáveis pela supressão de surtos de tensão provenientes de descargas atmosféricas e chaveamentos;
- Uma chave seccionadora tripolar montada em suportes de concreto, tensão nominal 145 kV, corrente nominal 1250 A (conforme folha de

dados), montagem horizontal, com abertura central, acionamento motorizado para lâminas principais e manual para lâmina de terra, responsáveis pelo isolamento elétrico e mecânico do disjuntor do bay da PCH;

- Um transformador de potência nominal 28/38 MVA-138/13.8 kV, Grupo de ligação Ydn1, 60 Hz, com TCs de bucha na alta, baixa e no neutro. O transformador irá trabalhar solidamente aterrado.

Figura 2: Layout da SE



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

3.1.4 PAINÉIS ELÉTRICOS

Os painéis elétricos atendem às normas listadas abaixo:

- PAINÉIS DE BAIXA TENSÃO (FORÇA, COMANDO E CONTROLE): IEC 60439-1

Os Painéis que ficam localizados na subestação que serão transferidos ao ativo da concessionária local, são:

- PNSA-SE— DISTRIBUIÇÃO DE FORÇA SERVIÇOS AUXILIARES 220 Vca/125 Vcc
- Painel de Proteção do transformador;
- PSCG – Painel de Supervisão e Controle Geral;
- PRSA-Painel da Remota dos Serviços Auxiliares;
- PDTAV-Painel Remota Auxiliar do Vertedouro.

Os painéis foram produzidos conforme configurações técnicas descritas abaixo:

3.1.5 Características Construtivas e Fiação Painéis de Proteção e Serviço Auxiliar:

DIMENSIONAL EXTERNO	
Altura	2300 mm (incluindo soleira de 100 mm)
Largura	800 mm
Profundidade	800 mm
Peso Estimado	400 Kg
MODELO PAINEL	
Tipo	Rack 19" Basculante 45U
INSTALAÇÃO	
Tipo	Abrigada
GRAU DE PROTEÇÃO	
Grau de Proteção	IP 54
PINTURA	
Interno	Cinza Munsell N 6,5
Externo	Cinza Munsell N 6,5
Placa de Montagem	Cinza Munsell N 6,5
Espessura	Eletrostática à pó 80 micras
CHAPAS	
Tratamento das Chapas	Tratamento e pintura realizados através de linha automática por imersão, fosfatização, pintura eletroforética catódica (KTL ou E-Coat)
Estrutura Principal e Base soleira	Tubular (fechada) conformada através de perfilamento contínuo em aço carbono SAE 1008 1,5mm
Portas Frontal e Traseira	Aço carbono SAE 1008 1,9mm com reforço interno em perfil de aço parafusado para rigidez do conjunto, com abertura de 130 graus.

Fechamento Laterais e Teto	Aço carbono SAE 1008 1,5mm
ACESSO	
Frontal	Porta com visor de policarbonato e rack interno 19" basculante (articulação basculante em bronze)
Traseira	Porta com filtro e grelha para ventilação.
ENTRADA E SAÍDA DE CABOS	
Entrada de Cabos	Por baixo
Saída de Cabos	Por baixo
Prensa cabos	Sim – 60 PG48 no piso + 1 para Fibra ótica PG-21
ILUMINAÇÃO INTERNA	
Fim de curso	Porta frontal e traseiras
Lâmpada	LED
ATERRAMENTO	
Barra de Cobre Eletrolítico	Conector para cabo de cobre de 35 a 70 mm ² 30 x 5 x 400 mm (AxLxC)
Barra de Cobre Eletrolítico (Equip. Interno)	Conector para cabo de cobre de 35 a 70 mm ² 30 x 5 x 250 mm (AxLxC)
FECHADURA	
Fecho Maçaneta	Cremona com chave Yale Escamoteável
DESUMIDIFICAÇÃO INTERNA	
Termostato	Sim
Resistência	Resistência com proteção contra contato (Blindagem)
Exaustor	Não
TENSÃO NOMINAL	
Vca =	127/ 220 Vca (FF)– 60 Hz
Vcc =	125 Vcc
CORDÕES DE FIBRAS ÓTICAS	
Fibras óticas	Uso de canaleta metálica exclusiva interna ao painel para passagem entre os painéis e, também, canaleta vertical em PVC Azul Petróleo para uso interno ao painel.
Passagem de fibras	Abertura quadrada nas dimensões da canaleta na lateral do painel.
FIÇÃO INTERNA	
Circuitos de Corrente	Fase A – 2,5mm ² (Azul) Fase B – 2,5mm ² (Branco) Fase C – 2,5mm ² (Vermelho) Neutro – 2,5 mm ² (Preto) Terminação tipo olhal.
Circuitos de Tensão	Fase A – 1,5mm ² (Azul) Fase B – 1,5mm ² (Branco) Fase C – 1,5mm ² (Vermelho) Neutro – 1,5 mm ² (Preto) Terminação tipo olhal. Entrada Painel Positivo - 2,5mm ² (Amarelo) Entrada Painel Negativo - 2,5mm ² (Verde)
Circuitos de Controle	Positivo – 1,5mm ² (Amarelo) Negativo – 1,5mm ² (Verde) Retorno – 1,5mm ² (Cinza Claro) Terminal ilhós
Circuito CA Conexão à terra	1,5 mm ² (Cinza) 2,5 mm ² (Verde/Amarelo)

3.1.6 Características Construtivas e Fiação Painéis de Automação:

DIMENSIONAL EXTERNO	
Altura	2300 mm (incluindo soleira de 100 mm)
Largura	800 mm
Profundidade	800 mm
Peso Estimado	400 Kg
MODELO PAINEL	
Tipo	Rack 19" Fixo 47U
INSTALAÇÃO	
Tipo	Abrigada
GRAU DE PROTEÇÃO	
Grau de Proteção	IP 54
PINTURA	
Interno	Cinza Munsell N 6,5
Externo	Cinza Munsell N 6,5
Placa de Montagem	Cinza Munsell N 6,5
Espessura	Eletrostática à pó 80 micras
CHAPAS	
Tratamento das Chapas	Tratamento e pintura realizados através de linha automática por imersão, fosfatização, pintura eletroforética catódica (KTL ou E-Coat)
Estrutura Principal e Base soleira	Tubular (fechada) conformada através de perfilamento contínuo em aço carbono SAE 1008 1,5mm
Portas Frontal e Traseira	Aço carbono SAE 1008 1,9mm com reforço interno em perfil de aço parafusado para rigidez do conjunto, com abertura de 130 graus.
Fechamento Laterais e Teto	Aço carbono SAE 1008 1,5mm
ACESSO	
Frontal	Porta com visor de policarbonato e rack interno 19" Fixo com canaletas laterais para infraestrutura de rede.
Traseira	Porta com filtro e grelha para ventilação.
ENTRADA E SAÍDA DE CABOS	
Entrada de Cabos	Por baixo
Saída de Cabos	Por baixo
Prensa cabos	Não
ILUMINAÇÃO INTERNA	
Fim de curso	Porta frontal e traseiras
Lâmpada	LED
ATERRAMENTO	
Barra de Cobre Eletrolítico	Conector para cabo de cobre de 35 a 70 mm ² 30 x 5 x 400 mm (AxLxC)
Barra de Cobre Eletrolítico (Equip. Interno)	Conector para cabo de cobre de 35 a 70 mm ² 30 x 5 x 250 mm (AxLxC)
FECHADURA	

Fecho	Cremona com chave Yale
Maçaneta	Escamoteável
DESUMIDIFICAÇÃO INTERNA	
Termostato	Sim
Resistência	Resistência com proteção contra contato (Blindagem)
Exaustor	Não
TENSÃO NOMINAL	
Vca =	127/ 220 Vca (FF)– 60 Hz
Vcc =	125 Vcc
CORDÕES DE FIBRAS ÓTICAS	
Fibras óticas	Canaleta lateral metálica exclusiva para rede.
FIAÇÃO INTERNA	
Circuitos de Controle	Entrada Painel Positivo - 2,5mm ² (Amarelo)
	Entrada Painel Negativo - 2,5mm ² (Verde)
	Positivo – 1,5mm ² (Amarelo)
	Negativo – 1,5mm ² (Verde)
	Retorno – 1,5mm ² (Cinza Claro)
	Terminal ilhós
Circuito CA	1,5 mm ² (Cinza)
Conexão à terra	2,5 mm ² (Verde/Amarelo)

3.1.7 PNSA-SE- Distribuição De Força Serviços Auxiliares 220 Vca/125 Vcc

DESCRIÇÃO		CARACTERÍSTICA
Dimensões Aproximadas	2300(2200+100) x 800 x 800mm (altura x largura x profundidade).	
Construção	<ul style="list-style-type: none"> 02 portas frontais, sendo uma externa com visor de acrílico translúcido e uma interna metálica na qual serão fixados os relés e instrumentos, e 01 porta externa traseira. 	
Instalação	<ul style="list-style-type: none"> Abrigado 	
Componentes	<ul style="list-style-type: none"> 1 Unidade - Processador Avançado de entradas e saídas digitais e analógicas tipo, SEL-2411 para monitoramento, controle, proteção e automação de equipamentos de subestações ou plantas industriais. 2 portas ethernet 100BASE-FX, 10EDs, 9SDs, 8EAs (mA), 3I, 3V. Modelo: 241121ACACA74520840. Fabricação: SEL; 1 Unidade – Processador de entradas e saídas digitais tipo, SEL-2440, para monitoramento, controle, proteção e automação de equipamentos de subestações ou plantas industriais, com 48 entradas digitais, Portas de comunicação: 2x Porta Ethernet 100BASE-FX, Protocolos de comunicação: IEC 61850, Telnet, FTP, Modbus TCP, DNP3 LAN/WAN. Modelo: SEL-24402H12A1A11840, Fabricante: SEL; Miscelâneas (relés auxiliares, blocos de teste, mini disjuntores, bornes, etc) 	
Materiais Diversos	<ul style="list-style-type: none"> Barramentos em cobre com termo contrátil nas cores padrão (conforme solicitado na construção mecânica); Sistema de desumidificação através de termostato e resistências; Sistema de iluminação interna acionado pela abertura das portas; Bornes fusíveis e acopladores relés; Contatores auxiliares, botões a impulsão, sinalizadores; Calhas metálicas e plásticas, isoladores BT em epóxi; Cabos de comando flexíveis, terminais pré-isolados, anilhas, bornes; Lacres. 	

Descritivo Funcional:

São disponíveis as seguintes tensões no painel de distribuição:

- 125 Vcc (faixa operacional +10%, -15%) para comando, controle, alarme, sinalização, etc.
- 127 Vca \pm 10 %, 60Hz, monofásico (fase + neutro) tomada.
- 220 Vca \pm 10 %, 60Hz, bifásico (fase + fase) para iluminação, aquecedores, tomada, etc.
- 220 Vca \pm 10, %, 60Hz, trifásico, para os serviços auxiliares da Concessionária Local.

O serviço auxiliar no painel de distribuição subdivide-se em duas partes: serviço auxiliar de corrente alternada e serviço auxiliar de corrente contínua.

Os serviços auxiliares em corrente alternada são alimentados a partir do QGBT, por sua vez alimentado pelo transformador 380/220 V - 300 kVA.

A chegada no PNSA-SE- é comandada e protegida através de disjuntores com comando elétrico. A partir desse PNSA-SE são alimentados os serviços auxiliares dos painéis de controle, supervisão e medição, (painel elétrico do transformador, painel de supervisão e controle geral, e os equipamentos do pátio chave seccionadora com Lâmina de terra.

Os serviços auxiliares em corrente contínua são alimentados por um sistema composto de um carregador-retificador 380Vca-125Vcc e um banco de baterias.

A partir desse sistema de corrente contínua é alimentado o painel PNSA-SE. A partir do painel PNSA-SE são distribuídos os circuitos CC de comando e demais auxiliares.

3.1.8 Painel de Proteção do Transformador

A proteção do transformador está sendo feita pelo relé SEL 2414.

Figura 3: Relé de Proteção do Transformador



Fonte: Datasheet do Relé SEL-2414

O Monitor de Transformador SEL-2414 oferece uma combinação excepcional de monitoramento, controle e comunicações em um pacote compacto.

Capacidades de monitoramento e medição térmica. Proteja os transformadores do superaquecimento rastreando a temperatura condições. Rastreie a temperatura mínima e máxima do óleo do topo do transformador, a temperatura do ponto quente e o máximo como 10 RTDs ou termopares. Calcule a temperatura do ponto quente de acordo com o IEEE C57.91-2011 ou o IEC 60076-7: 2018 Ed. 2 padrões.

Carregar posição de tap e monitoramento de controle. Monitore a posição da torneira e aumente e diminua os controles e tantos quanto 32 posições de tap usando entradas digitais no formato decimal codificado binário (BCD) ou binário.

Alta confiabilidade, design robusto e baixo preço. Aplique o SEL-2414 em ambientes físicos e elétricos adversos. O SEL-2414 resiste a vibrações, surtos elétricos, transientes rápidos e temperaturas operacionais extremas de -40°C a $+85^{\circ}\text{C}$ e atende aos rigorosos padrões de utilidades. Compare nossa conformidade de especificação superior, maior confiabilidade, menor preço e garantia mundial de dez anos com outras alternativas de monitor de transformador.

E / S flexível para status do transformador, alarmes e muito mais. Aproveite as opções de entrada / saída, incluindo entradas digitais para status, como nível de óleo e pressão repentina; Entradas de RTD e termopar para medições como temperaturas ambiente, de óleo de topo e de ponto quente; saídas digitais para controle e alarmes; entradas e saídas analógicas; e entradas de corrente e tensão CA. Programe facilmente funções de monitoramento e controle com lógica poderosa, matemática, cronômetros,

contadores e funções de disparo de borda. Esses recursos permitem uma fácil integração com aplicativos novos e adaptados de monitor de transformador. Monitore os ativos críticos da subestação com transformador térmico abrangente e falhas passantes monitoramento.

3.1.9 PNAUT- Painel De Automação e Supervisão

3.1.10 Características Mecânicas:

Destinado ao controle e monitoramento do Bay de entrada da SE 138 kV.

DESCRIÇÃO	CARACTERÍSTICA
Dimensões Aproximadas	<ul style="list-style-type: none"> 2300(2200+100) x 800 x 800mm (altura x largura x profundidade).
Construção	<ul style="list-style-type: none"> 02 portas frontais, sendo uma externa com visor de acrílico translúcido e uma interna metálica na qual serão fixados os relés e instrumentos, e 01 porta externa traseira.
Instalação	<ul style="list-style-type: none"> Abrigado
Especialidades	<ul style="list-style-type: none"> 1 Unidade - Concentrador (Gateway e IHM) Plataforma computacional sem partes móveis SEL-3355 com 16Gb de memória, 512Gb MLC SSD, duas portas ethernet RJ45, Windows 10. Modelo: 3360#MMK9. Fabricante: Schweitzer; 1 Unidade – (Computador Engenharia) Plataforma computacional sem partes móveis SEL-3355 com 16Gb de memória, 512Gb MLC SSD, duas portas ethernet RJ45, Windows 10. Modelo: 3360#MMK9. Fabricante: Schweitzer; 1 Unidade – (Controle Geral) Chassi rack 19" para até 10 slots, montagem horizontal (5U), Modelo: SEL-2242R1X0, Fabricante: SCHWEITZER. 1 Módulo CPU, Processador de 533 MHz com 512 MB DDR2 ECC RAM, com 04 portas seriais EIA-232 ou EIA-485 configuráveis via software, 2 portas ethernet 100BASE-FX e 1 porta USB para parametrização e diagnóstico, Protocolos de comunicação mestre disponíveis: SEL, DNP3, Modbus, C37.118 Synchrophasors, L&G 8979 e IEC 61850 MMS, Protocolos de comunicação escravo disponíveis: SEL, DNP3, Modbus, L&G 8979, SES-92, IEC 60870-5-101/104 e C37.118 Synchrophasors, Modelo: SEL- 2241X2X323X0XXXXXX, Fabricante: SCHWEITZER; 1 Unidade - Chassi rack 19" para até 10 slots, montagem horizontal (5U), Modelo: SEL-2242R1X0, Fabricante: SCHWEITZER. 1 Unidade - Fonte de Alimentação 125/250 Vdc ou 120/240 Vac, com 2 portas 100BASE-FX para comunicação EtherCAT, Modelo: SEL-224312X0, Fabricante: SCHWEITZER; 1 Unidade - Módulo de 24 Entradas Digitais, Tensão de Entrada: 125 Vdc/Vac, Modelo: SEL-22442424X0, Fabricante: SCHWEITZER; 1 Unidade - Módulo de 16 Saídas Digitais, Modelo: SEL-22443131X0, Fabricante: SCHWEITZER; 1 Unidade - Monitor Touch Screen - 19" (91610054); 1 Unidade - Teclado com track ball (91610049); 1 Unidade - GPS SEL-2488, 6 saídas IRIG-B, 2 portas Ethernet para SNTP. Modelo: SEL-24880RAX1281AX23X, Fabricante: SCHWEITZER; 2 Unidades - Switches com 16 portas 100BASE-FX e 4 portas RJ45 (10/100/1000 Mbps). Modelo:SEL-2730M0ARAX2222AAAX0, Fabricante: SCHWEITZER; 1 Unidade – KVM; 1 Unidade – (Supervisor), Elipse HMI 5000, Driver IEC101/104, Driver DNP 3.0 Master, Conexão IEC101/104, Driver IEC 61850, Driver DNP 3.0 Master (connection). Miscelâneas (relés auxiliares, blocos de teste, minidisjuntores, bornes, etc);
Materiais Diversos	<ul style="list-style-type: none"> Terminais ópticos; Sistema de desumidificação através de termostato e resistências; Sistema de iluminação interna acionado pela abertura das portas; Bornes fusíveis e acopladores relés; Contatores auxiliares, botões a impulsão, sinalizadores; Calhas metálicas e plásticas, isoladores BT em epóxi; Cabos de comando flexíveis, terminais pré-isolados, anilhas, bornes. Lacres

3.1.11 Descritivo Funcional:

O painel em questão é responsável pela interface gráfica com a operação. Nele estará instalado o Elipse e proverá os comandos necessários para operar a PCH e o bay da subestação.

Neste painel também é feita a interface através do gateway (elipse) que fornecerá as informações para a concessionária local através do protocolo IEC 104.

4 Sistema Digital de Supervisão e Controle

O SDCD é constituído dos seguintes equipamentos principais, nas quantidades necessárias para atender ao empreendimento:

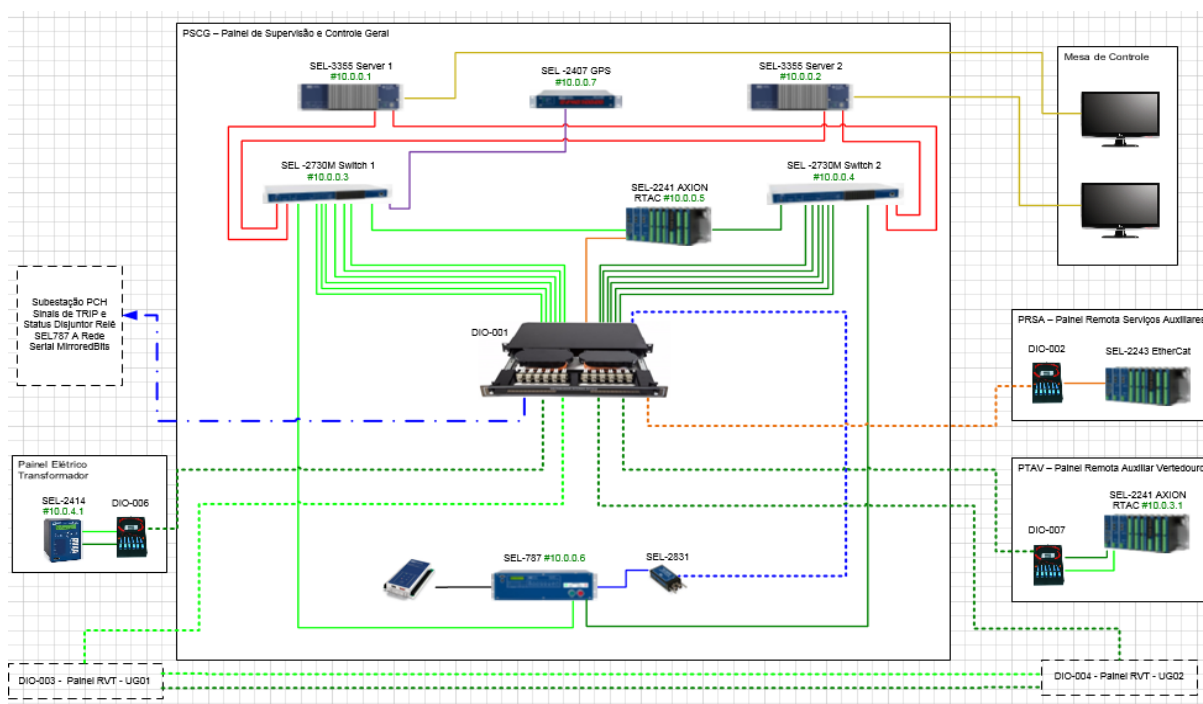
- 01 (uma) unidade switch gerenciável SEL-2730M, Fabricante: SEL;
- 01 (um) relógio sincronizado por satélites GPS SEL-2488, Fabricante: SEL;
- 01 (uma) estação de operação e supervisão local;
- 02 (duas) redes de comunicação para interligação das IEDs (Intelligent Electronic Devices) com a unidade terminal remota;
- 02 (duas) redes de comunicação (protocolo IEC60870-5-104) para interligação com o centro de controle da Concessionária Local;
- 01 (uma) rede de sincronização horária;
- Montagem, supervisão de montagem e dos testes de campo e comissionamento;
- Ensaio de tipo;
- Pré-montagem na fábrica para verificações dimensionais, testes e ensaios;
- Testes de Plataforma, destinados à integração dos sistemas de controle diversos da subestação com o SDSC e todos os demais componentes de controle convencional e proteção;
- Ensaio e testes de fábrica, incluindo instruções para controle de qualidade, roteiro de inspeções e testes, relatórios e certificados de ensaios;
- Embalagens de proteção para o transporte de todo o fornecimento, incluindo instruções de manuseio e transporte;
- Projeto executivo completo dos equipamentos e do sistema, incluindo, sem se limitar a, diagramas esquemáticos e lógicos de controle, bases de dados do sistema, diagramas esquemáticos das vias de dados, planilhas de ajustes de temporizadores, desenhos de arranjo geral, conjuntos e detalhes dos componentes, memórias de cálculo, especificações, lista de materiais, catálogos de instrumentos e componentes, lista de peças de reserva, desenhos de transporte, instruções detalhadas para testes de

campo e comissionamento, manuais de instruções de transporte, montagem, operação e manutenção;

- Emissão dos documentos “as-built”.

5 Topologia do Sistema de Dados e Controle

Figura 4: Topologia do Sistema de Automação



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

6 Quantidades de Entradas e Saídas

As quantidades preliminares estimadas de pontos de entradas e saídas são definidas durante a execução do projeto executivo. Estas quantidades poderão ser revisadas para mais ou para menos, para atender necessidades do projeto e reserva técnica adequada.

7 Estação de Operação e Supervisão (EOP)

A EOP será responsável por prover uma interface para o operador, permitindo facilidade, rapidez e segurança na operação da subestação. A quantidade de operações necessárias para que o operador obtenha a função desejada será otimizada, sendo obrigatória a confirmação de operações que

impliquem em alterações no andamento do processo, tais como, liga/desliga, e alterações no modo de comando dos equipamentos, tais como, local/remoto etc.

A EOP terá a capacidade de suportar, no mínimo, um monitor de vídeo, teclado alfanumérico convencional, dispositivo apontador (mouse ótico), gravador de CD e uma impressora.

Antes de ter acesso a qualquer função de uma EOP, o operador executará uma operação de "log-in", através da qual o SDSC abrirá ao operador as funções a ele autorizadas. Ao término da operação, será executada uma operação de "log-out". Caso nenhuma operação seja executada durante um determinado período de tempo previamente configurado, o "log-out" será executado automaticamente, impedindo assim que uma sessão de operação fique aberta ("time-out"). Como dispositivo de segurança, a EOP será, também, provida de mecanismos de bloqueio, para permitir o treinamento de operadores, sem que haja efetivamente a emissão de comandos para o processo.

Todas as operações realizadas pelos operadores deverão ficar registradas e fazer parte do relatório de operações. São funções mínimas da EOP:

a. Em vídeo:

- Apresentação de Diagramas Sinóticos;
- Interface para operação de equipamentos do processo (liga/desliga, aumenta/diminui etc);
- Supervisão e gerenciamento de alarmes;
- Entrada manual de dados;
- Diagnóstico de equipamentos do processo;
- Histórico de eventos;
- Histórico de alarmes;
- Cópias de segurança dos programas e dados.

b. Em impressora

- Eventos (histórico e tempo real);
- Alarmes (histórico e tempo real);

“Hard Copy

8 Requisitos Gerais do SDSC

8.1 Requisitos de Modo de Operação

Os modos de operação do SDSC serão claros, inequívocos e intuitivos de modo a não induzir o operador a executar operações equivocadas sob quaisquer circunstâncias ou contingências. Todos os textos da interface homem-máquina serão em português.

A navegação por entre as diversas telas e a ativação dos recursos das UACs será implementada utilizando comando sobre a própria tela da IHM. Em caso necessário, é possível a operação através do uso de mouse óptico e teclado.

8.2 Entidades Básicas

O SDSC permitirá a implementação e ser dotado da capacidade de gerenciar, dentre outras, as entidades básicas listadas neste item.

- **Diagramas Sinóticos**

Os diagramas sinóticos são telas gráficas contendo desenhos fixos representando esquematicamente as diversas áreas e equipamentos da Usina e Subestação, e campos associados ao estado ou valor de variáveis do processo, variáveis calculadas ou variáveis internas do próprio SDSC, objetos, áreas sensitivas, soft-keys e outros. Esses sinóticos serão utilizados para representar, via diagrama esquemático ou diagrama unifilar, as diversas áreas do processo, bem como os diversos detalhes de cada uma destas áreas.

- **Janelas**

As janelas são áreas retangulares, contendo detalhes associados a determinados equipamentos ou áreas do processo. As janelas, quando ativadas, sobrepõem parcialmente o sinótico em exibição e, quando canceladas, são retiradas do vídeo, recompondo a parte sobreposta do sinótico em exibição. As janelas serão compostas por todas as entidades que compõem os diagramas

sinóticos e serão utilizadas, basicamente, para operar os equipamentos do processo.

- **Campos**

Os campos são regiões utilizadas para a representação dos valores ou estado das variáveis e equipamentos do processo. Os valores serão representados tanto numericamente quanto sob a forma de barras horizontais e verticais, indicadores circulares (dials) ou em meio círculo (meters) ou outra forma de representação. O estado dos equipamentos será representado por campos alfanuméricos, tais como, "aberto", "fechado", "ligado", "desligado" e outros associados a uma variável discreta ou a um agregado de variáveis discretas.

- **Objetos**

Os objetos são os símbolos dos diversos equipamentos do processo, que serão utilizados para representar o estado destes equipamentos, através da alteração de um ou mais dos seus atributos, tais como cor de exibição, forma, dimensões e animação (substituição por outro objeto ou ícone, rotação, translação, etc).

- **Áreas Sensitivas**

As áreas sensitivas são regiões delimitadas dentro dos diagramas sinóticos ou janelas, cujo acionamento ("point-and-click") irá ativar outra entidade do SDSC, ativar procedimentos internos, ativar procedimentos externos, acionar equipamentos do processo e outros. As áreas sensitivas serão associadas a qualquer região do processo, objetos, bem como constituir os "botões" de operação.

- **Soft-Keys**

As soft-keys são teclas virtuais, cujas funções estão associadas com a tela ou sinótico em exibição no momento, isto é, para cada diagrama sinótico ou tela, as soft-keys poderão apresentar funções diferentes. O acionamento de uma soft-key poderá ativar outra entidade do SDSC, ativar procedimentos internos, ativar procedimentos externos, acionar equipamentos do processo e outros. As soft-keys poderão tanto estar associadas às teclas de função do teclado alfanumérico como ser acionadas como as áreas sensitivas ("point-and-click").

Entre os procedimentos que podem ser ativados, quando do acionamento de áreas sensíveis ou soft-key, pode-se citar:

Ativação de um bit para Ligar/Desligar um equipamento, Abrir/Fechar uma chave etc;

- Solicitar diagnóstico de defeitos do equipamento;
- Reconhecer os alarmes associados ao equipamento ou área;
- Exibir lógica de controle/acionamento do equipamento;
- Exibir hipertexto explicando as funções do equipamento;
- Outra função programável pelo usuário.

8.3 Navegação

A navegação, ou seja, a ativação dos diversos recursos disponíveis no SDSC e o caminhar por entre estes recursos será implementada pelos campos sensíveis e soft-keys do SDSC. Deste modo, a ativação de qualquer diagrama sinótico do SDSC será possível a partir da ativação dos campos sensíveis e soft-keys das diversas telas do sistema, sem que seja necessário nenhum outro tipo de ação. O encadeamento dos diversos sinóticos formará uma estrutura em árvore onde, quanto mais se caminha para o interior dos seus ramos, mais aumenta a quantidade de informações e detalhes específicos de uma determinada área da usina ou subestação.

As estações de interface executarão o aplicativo a ser desenvolvido para a disponibilização das seguintes telas:

✓ Tela de Login

Necessária para Identificar o Operador dando permissões as realizações dos comandos.

✓ Tela do unifilar geral, contendo as medições das grandezas elétricas dos despachos e a indicação de todos os status dos disjuntores, barramentos e gerador.

Nesta tela realizamos operações simples de abrir, fechar disjuntores através de telas secundárias, visualizar medições de forma macro e ter uma idéia de como o sistema está operando.

✓ Tela de detalhe das medições elétricas

Visualização de todas as grandezas do sistema elétrico relacionado com o ramal.

✓ Tela das seccionadoras

Mostrar todos os pré-requisitos para que seja fechada a seccionadora em questão. Mostrar os status, e modos de operação das respectivas seccionadoras. Efetuar o comando de abertura ou fechamento da seccionadora.

✓ Tela dos auxiliares

Disponibilizar as informações necessárias para o monitoramento do sistema auxiliar de tensão.

✓ Relatórios de alarmes e eventos completos do sistema

Neste relatório estão disponibilizados três tipos de ocorrências:

- Eventos – Alguns comandos ou status do sistema.
- Alarmes – Gerados quando o mesmo pode ocasionar uma falha mais grave (trip) podendo o operador atuar.
- Trips – Causam a parada/desligamento de algum dispositivo.

8.4 Atuação no Processo

Para se obter uma maior segurança e confiabilidade operacional, qualquer tipo de atuação no processo deverá passar por uma etapa de seleção antes da efetiva operação, e ficar registrada com data, hora, nome do operador e descrição da operação realizada. A seleção no nível de IHM será implementada pela abertura de uma Janela de Operação para cada equipamento operável da subestação.

Deste modo, para cada tipo de equipamento operável, deverá existir um determinado tipo de janela para a sua operação. A abertura da janela no vídeo dar-se-á a partir do posicionamento sobre o símbolo do equipamento (que é uma área sensitiva), acompanhado do acionamento dessa área na tela ("point-and-click"). O fechamento desta janela dar-se-á manualmente, via um comando do operador, automaticamente por "time-out" ou, também, automaticamente, após a efetiva operação do equipamento.

8.5 Operação de Equipamentos

- Comandos Digitais

São comandos do tipo pulso (de duração ajustável), que alteram o estado operativo dos equipamentos da usina e subestação, tais como, Abre e Fecha disjuntores e chaves seccionadoras e outros. Para qualquer caso, os comandos do tipo "operar" e "desoperar" um mesmo equipamento serão lógica e fisicamente distintos.

As janelas para este tipo de operação possibilitarão que o operador tenha claras informações sobre o estado atual do equipamento, e que o comando se dê em duas etapas, seleção e confirmação do comando, este que efetivamente enviará sinal para atuação na saída de comando. Será possível se cancelar o comando entre as duas etapas acima citadas. As janelas para este tipo de operação serão constituídas, no mínimo, por cinco entidades:

- Campo indicativo do estado atual do equipamento;
- Um botão para selecionar ligar ou fechar o equipamento;
- Um botão para selecionar parar, desligar ou abrir o equipamento;
- Um botão para confirmar a operação selecionada;
- Um botão para cancelar a operação selecionada (retirar a janela do vídeo).

a. Alteração de Referências Operacionais

8.6 Gerenciamento do Processo

O Gerenciamento do Processo será implementado pelos relatórios gerenciais do SDSC e poderão ser impressos periodicamente ou sob solicitação do operador. A princípio, consideramos, para efeito de avaliação, que existirão dois tipos de relatórios: operacional e gerencial.

Cada relatório será impresso uma vez a cada turno (três turnos), sendo constituído por, aproximadamente, quatro páginas com uma média de 60 variáveis do processo por página.

Estamos prevendo apenas a geração de relatórios de alarmes e eventos, configuráveis pelo usuário e o relatório de acompanhamento das variáveis analógicas.

9 Resultados e Discussão

Como resultado do estudo pode-se concluir os seguintes benefícios para o sistema de automação da subestação:

- Aumento de produtividade

Um dos benefícios mais significativos atingidos com a automação industrial é a melhoria e o aumento da produtividade. A automação aplicada à máquinas automáticas permite o alcance de ciclos de produção mais velozes com maior eficiência e repetibilidade.

Um trabalhador ou pessoa não pode fazer um trabalho específico de novo e de novo com precisão perfeita, mas um sistema de automação industrial pode fazer este trabalho com o mesmo resultado. Isto é possível, pois o sistema de computador principal é dotado de instruções para executar o trabalho com o máximo de precisão.

- Redução de Custos

Um sistema de automação industrial é capaz de reduzir os custos de instalações, pois podem oferecer um ágil retorno sobre o investimento através do aumento na produtividade e eficiência. Com um sistema automatizado e auto operado, não serão mais necessários trabalhadores humanos para realizar atividades extras pois vários destes sistemas automatizados são especialmente projetados para executar diferentes métodos de produção sem qualquer instrução de operadores humanos.

Um outro fator que contribui para redução de custos reside no fato de que a maioria dos sistemas automatizados são concebidos para economizar energia elétrica quando não estão em uso.

Soma-se ainda o fato de que a automação industrial não só simplifica as tarefas de trabalho intensivo e reduz os custos da força de trabalho como também minimiza a criação de materiais e resíduos.

- Melhoria da Qualidade

Máquinas automatizadas são capazes de fornecer resultados consistentes e repetíveis. Quando os fabricantes utilizam a automação industrial, eles eliminam os problemas de controle de qualidade envolvidos com o erro humano. Com automação industrial, os processos podem ser cuidadosamente regulados e controlados, de modo que a qualidade do produto final seja mais consistente.

Assim, se a indústria produz alimentos, a automação garante os tempos de mistura, aquecimento e espera na fabricação do produto. Se por outro lado, é uma indústria que necessita produzir soldas exatas e consistentes, robôs em operação farão soldas padrões mantendo a uniformidade e qualidade. Veja que o resultado é a diminuição ou eliminação de erros de processo e conseqüentemente aumento de qualidade.

- Segurança

O projeto de um sistema automatizado industrial deve ter a premissa da segurança. Isto porque as organizações são totalmente planejadas para reduzir acidentes. No Brasil temos ainda uma norma regulamentadora (NR-12) que obriga os fabricantes de máquinas a seguirem rigorosamente práticas de segurança.

Um operador humano pode acidentalmente cometer erros ao operar uma máquina manualmente, mas um sistema industrial automatizado não pode cometer erros, pois é um sistema operado por computador e devido a este controle, as chances de acidentes são muito mais baixas em um sistema automatizado.

As máquinas industriais geralmente são projetadas para trabalhar em ambientes de temperaturas extremas, locais explosivos, fundição, processos químicos e outros ambientes que envolvem riscos potenciais para trabalhadores humanos. Nestes locais onde existem riscos à saúde no manuseio e produção dos produtos, os sistemas de automação industrial são capazes de fornecer o máximo de segurança, pois além de operarem com movimentos pré-programados, podem eliminar totalmente a necessidade do contato humano.

- Vantagem Competitiva

A fim de sobreviver na economia global de hoje, as empresas devem manter-se cada vez mais competitivas. E outra vez, a automação industrial tem proporcionado às empresas de manufatura a capacidade de ficar em sintonia ou até mesmo passar à frente dos seus concorrentes.

Células robóticas, por exemplo, são capazes de fornecer às empresas as ferramentas necessárias para diminuir os tempos de ciclo, melhorar a qualidade e

reduzir custos. Sendo assim, a automação industrial possibilita às empresas permanecerem mais fortes diante de turbulências econômicas e ameaças externas.

- Precisão

A precisão é um dos principais pontos dos benefícios da automação industrial. Isto porque todas as variáveis envolvidas nos processos de produção são medidas pelo computador principal, que geralmente possui um programa de inteligência artificial embutido. Este programa assegura a precisão e o tempo para a produção. Sem esse tipo de programa computadorizado seria impossível manter uma boa precisão e timing. Enquanto o sistema está em uso, diferentes tipos de sensores e processadores também são utilizados para o monitoramento de todo o processo para manter a precisão. Assim, as probabilidades de falhas na linha de produção são reduzidas ao máximo.

10 Conclusão

Portanto, conclui-se que o estudo de automação de uma subestação é extremamente importante para obter o perfeito funcionamento do sistema elétrico.

Com a função de verificar e fornecer as informações necessárias aos responsáveis por sua operação, de modo a facilitar a identificação dos defeitos e sua consequente operação.

Conclui-se que os ajustes propostos neste estudo garantem a integridade dos equipamentos dentro das normas de construção dos mesmos de forma que nenhuma falta no sistema elétrico seja automatizada, garantindo assim o perfeito funcionamento de todos os equipamentos da subestação.

Para trabalhos futuros são sugeridos que sejam realizados novas pesquisas com novos modelos dos equipamentos de automação de forma a amadurecer o conhecimento sobre o tema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

JOÃO MAMEDE FILHO. **Proteção de Sistemas elétricos de Potência**. Rio de Janeiro, 2011. ISBN 978-85-216-1884-3.

JOÃO MAMEDE FILHO. **Instalações Elétricas industriais**. Rio de Janeiro, 2013. ISBN 978-85-216-1742-6.

MANUEL BOLOTINHA. **Subestações Projeto, construção, Fiscalização**. Espanha 2019. ISBN 9789898927125.

NELSON KAGAN, CARLOS CÉZAR BARIONI DE OLIVEIRA. **Introdução aos Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica**. 2010. ISBN 978-85-212-0539-5.

AMADEU C. CAMINHA. **Introdução a Proteção dos Sistemas Elétricos**. São Paulo, 1977.

GERALDO KINDERMANN. **Proteção de Sistemas Elétricos de Potência**. Santa Catarina, 1992.

A.E.FITZGERALD, CHARLES KINGSLEY, JR, STEPHEN D. UMANS **.Máquinas Elétricas**. 2010.

JOÃO MAMEDE FILHO. **Manual de Equipamentos Elétricos**. Rio de Janeiro, 2000. CDD 621.3028, CDU 621.3.04

HÉLIO CREDER. **Instalações Elétricas**. Rio de Janeiro, 2008. CDD 621.31042, CDU 621.316.1

SÉRGIO O. FRONTIN. **Equipamentos de Alta Tensão**. Brasília 2013, ISN 978-85-88041-09-7

FUIJO SATO, WALMIR FREITAS. **Análise de Curto-Circuito e Princípios de Proteção em Sistemas de Energia**. Rio de Janeiro 2015. CDD 621.3192, CDU 621.3

11 GLOSSÁRIO

American National Standards Institution.(ANSI)

Painel de Proteção e Controle (PNPC)

Sistema Elétrico de Potência (SEP)

Transformador de Corrente (TC)

Transformador de Potencial (TP)

Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC)