



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS
CAMPUS PALMAS
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM SISTEMAS ELÉTRICOS**

**JOSIMAR FERNANDES MONTEIRO ALVES
MURILO PEREIRA BURJACK**

**ESTUDO COM O PROPOSITO DE SELEÇÃO AUTOMÁTICA DAS FONTES
GERADORAS DE ENERGIA ELÉTRICA DO CENTRO DE PESQUISA CANGUÇU**

**PALMAS-TO
2018**



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS
CAMPUS PALMAS
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM SISTEMAS ELÉTRICOS**

**JOSIMAR FERNANDES MONTEIRO ALVES
MURILO PEREIRA BURJACK**

**ESTUDO COM O PROPOSITO DE SELEÇÃO AUTOMÁTICA DAS FONTES
GERADORAS DE ENERGIA ELÉTRICA DO CENTRO DE PESQUISA CANGUÇU**

Trabalho de Conclusão de Curso a apresentar a coordenação da área de indústria como requisito para a obtenção do grau de Tecnólogo em Sistemas Elétricos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins – *Campus Palmas*

Orientador Prof. Me. João Coelho de Sousa Filho

**PALMAS-TO
2018**

ALVES, Josimar Fernandes Monteiro. BURJACK, Murilo Pereira
Estudo com o propósito da seleção automática das fontes
geradoras de energia elétrica do Centro de pesquisa
Canguçu / Josimar Fernandes Monteiro Alves, Murilo Pereira
Burjack, - Palmas, 2018.
87f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação Tecnológica em
Sistemas Elétricos) – Instituto Federal de Educação do Tocantins,
Campus de Palmas, 2018.

Orientador: Prof. Me. João Coelho de Sousa Filho

1.Sistema elétrico. 2. Homer I. Título.

JOSIMAR FERNANDES MONTEIRO ALVES

MURILO PEREIRA BURJACK

**ESTUDO COM O PROPOSITO DE SELEÇÃO AUTOMÁTICA DAS FONTES
GERADORAS DE ENERGIA ELÉTRICA DO CENTRO DE PESQUISA CANGUÇU**

Este trabalho de conclusão de curso foi julgado e aprovado como cumprimento às exigências do currículo do Curso Superior de Tecnologia em Sistemas Elétricos pela Coordenação da Área de Indústria do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins – Campus de Palmas.

Aprovado em: ____/____/____

Banca Examinadora:

Prof. Me. João Coelho de Sousa Filho
Orientador

Prof. Dr. Fábio Lima de Albuquerque
Co-Orientador

Prof. Me. Felipe Tozzi Bittencourt
Membro da Banca Avaliadora

Wellington Dias da Silva
Membro da Banca Avaliadora

A nossas famílias: Nossos pais, a minha esposa e meu filho e as pessoas que nos apoiaram.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradecer a Deus por nos permitir apresentar e defender este trabalho, em segundo lugar agradecer a todos aqueles que nos apoiaram para que pudéssemos está a cada dia dando um passo a mais, para a conclusão do curso, aos familiares e apoiadores que de alguma forma nos ajudaram a chegar ao final desta etapa, e ao IFTO pela oportunidade dada a nós por cursar e concluir este curso.

Ao nosso Orientador Professor Mestre João Coelho de Sousa Filho, por ter tido a paciência de como um verdadeiro mestre, nos ter mostrado o caminho para trilhar, para que pudéssemos lograr êxito na confecção deste trabalho e para que conseguíssemos não só fazer como aprender ao longo deste caminho.

RESUMO

No município de Pium-TO a 246 km de Palmas-TO está localizado o Centro de Pesquisa Canguçu – CPC – na margem direita do rio Javaés, onde a margem esquerda se encontra a Ilha do Babanal. O CPC é uma RPPC, Reserva Permanente administrada pelo departamento de Biologia da Universidade Federal do Tocantins – UFT.

Esse centro tem servido de apoio para pesquisas biológicas de fauna e flora, sequestro de carbono e sistema de geração de energia constituído atualmente se trata de um modelo híbrido, constituído por diversas fontes de energia diferentes, essas fontes são: fotovoltaicas, diesel, células combustível e baterias, destas a forma de geração constituída a base de células de hidrogênio não está funcionando, haja vista que a rede convencional de energia não pode ser instalada por se tratar de uma APP.

Neste trabalho apresentamos estudo do propósito de seleção automática das fontes geradoras do Centro de Pesquisa Canguçu (CPC), estudo das fontes geradoras que alimentam o projeto, realizamos um estudo sobre CLP, assim como um breve estudo sobre sistemas automatizados, vantagens e desvantagens, analise da situação do funcionamento o sistema, avaliação das peculiaridades de cada fonte de energia do centro em funcionamento, observou-se como a rede elétrica está funcionando, conhecemos mais sobre sistemas automatizados, fizemos um levantamento do preço que a automação custará efetivamente e realizamos uma tabela de custos para o projeto ser implantado.

Palavras chaves: Automação. Canguçu. Tecnologia. Geração.

ABSTRACT

In the municipality of Pium-TO, 246 km from Palmas-TO, the Canguçu Research Center (CPC) is located on the right bank of the Javaés river, where the left bank is Babanal Island. The CPC is an RPPC, Permanent Reserve managed by the Department of Biology of the Federal University of Tocantins - UFT.

This center has been used as a support for biological research on fauna and flora, carbon sequestration and energy generation system. Currently it is a hybrid model, consisting of several different energy sources, such as photovoltaic, diesel, fuel cells and batteries, of these the form of generation constituted the base of hydrogen cells is not working, since the conventional network of energy can not be installed because it is an APP.

In this work, we present a study on the automatic selection of sources for the Canguçu Research Center (CPC), study of the generating sources that feed the project, a study on CLP, as well as a brief study on automated systems, advantages and disadvantages, of the operation situation the system, evaluation of the peculiarities of each energy source of the center in operation, we observed how the electrical network is working, we know more about automated systems, we did a price survey that the automation will cost effectively and we made a table of costs for the project to be implemented.

Key words: Automation. Canguçu. Technology. Generation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mecanismo automático de regulação do fluxo de vapor.....	16
Figura 2 – Classificação dos sistemas automatizados.....	17
Figura 3 – Arquitetura de um CLP	23
Figura 4 – Módulo de entrada de um CLP com optoisolador	25
Figura 5 – Módulo de saída de um CLP com Relé.....	26
Figura 6 – Módulo de saída de um CLP a transistor.....	26
Figura 7 – Módulo de saída de um CLP com Triac.....	27
Figura 8 – Ligações entre um CLP e dispositivos periféricos.....	29
Figura 9 – Linguagem Ladder para comandar uma carga por botoeiras.....	30
Figura 10 – Lógica de comando utilizando as funções Latch e Unlatch.....	31
Figura 11 – Exemplo de programa Ladder correspondente a Tabela 2.....	32
Figura 12 – Elementos básicos do SFC.....	32
Figura 13 – Representação de um comando em FDB.....	34
Figura 14 – Exemplo de texto estruturado.....	35
Figura 15 – Esquema básico máquina primária-gerador elétrico-carga.....	36
Figura 16 – Consumo de um grupo gerador.....	38
Figura 17 – Polos de um gerador síncrono	40
Figura 18 – Anéis coletores e escovas.....	40
Figura 19 – Representação do circuito de excitação do rotor sem escovas.....	41
Figura 20 – Acoplamento Elco.....	43
Figura 21 – Acoplamento Elástico.....	44
Figura 22 – Centro de Pesquisa Canguçu, ilha do bananal.....	49
Figura 23 – Conjunto de Placas fotovoltaicas do CPC.....	49
Figura 24 – Inversor CC/CA e CA/CC Sunny island Master	50
Figura 25 – Gerador Bambozzi.....	51
Figura 26 – Gerador Toyama T6000CXE.....	51
Figura 27 – Gerador Branco BD 800 E.....	52
Figura 28 – Banco de baterias em má estado de conservação	53
Figura 29 – Conexão das baterias.....	53
Figura 30 – Área em volta do local de geração de energia fotovoltaica no CPC.....	54

Figura 31 – Viela de acesso as instalações físicas dos geradores	54
Figura 32 – Chave de comutação manual de intercanbiação dos geradores.....	55
Figura 33 – Chave de comutação entre as fontes geradoras do CPC.....	55
Figura 34 – Chave de partida do gerador.....	57
Figura 35 – Alavanca de aceleração do gerador.....	57
Figura 36 – Esquema da chave de partida dos geradores a diesel.....	58
Figura 37 – Conexões na chave de partida do gerador em modo automático.....	58
Figura 38 – Adaptações na alavanca de aceleração do gerador diesel.....	59
Figura 39 – Circuito elétrico de comutação manual das fontes de geração do CPC	60
Figura 40 – Circuito elétrico para automatizar as fontes geradoras do CPC.....	61
Figura 41 – Conexões dos dispositivos nos canais de entrada e saída do CLP.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Símbolos básicos utilizados na programação Ladder.....	28
Tabela 2 – Exemplo de linguagem LI.....	31
Tabela 3 – Blocos usados na programação FDB.....	33
Tabela 4 – Características dos geradores disponíveis no CPC.....	52
Tabela 5 – Dispositivos associados aos canais de entrada do CLP.....	64
Tabela 6 – Dispositivos associados aos canais de saídas.....	65
Tabela 7 – Dispositivos necessários para a automatização dos geradores.....	67
Tabela 8 – Materiais para a implementação da automatização dos geradores a diesel	71
Tabela 9 – Custo total da implantação do projeto.....	73

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AUX.	Auxiliar
A/D	Analógico/Digital
CPC	Centro de Pesquisa Canguçu
CLP	Controlador Lógico Programável
CTISM	Colégio Técnico Industrial de Santa Maria
CIM	Manufatura Integrada por Computador
CI	Circuitos Integrados
CN	Controlador Numérico
CNC	Controle Numérico Computadorizado
CPU	Unidade Central de Processamento
CC	Corrente Continua
CO₂	Dióxido de Carbono
CO	Monóxido de Carbono
CH	Chave
CEFET	Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca
EPROM	Erasable Programmable Read-Only Memory
FDB	Diagrama de Blocos de Funções
GE	Gerador
GM	General Motors
Hz	Hertz
H₂O	Água
IEC	Internacional Electrotechnical Commission
IFTO	Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Tocantins
IL	Lista de Instruções
IFRGN	Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Kva	Kilovoltampére
kW	Quilowatt
LD	Linguagem Ladder
MODICON	Modular Digital Controller
MOSFET	Acrônimo de Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor
MVA	Megavoltapére

NA	Normalmente Aberto
NF	Normalmente Fechado
RAM	Random Access Memory
RPPN	Reserva Particular do Patrimônio Natural
ROM	Read Only Memory
SFC	Sequenciamento Gráfico de Funções
ST	Texto Estruturado
TRIAC	Triode for Alternating Current
UFT	Universidade Federal do Tocantins

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	6
RESUMO.....	7
ABSTRACT.....	8
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS	11
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	12
1. INTRODUÇÃO	13
1.2 Objetivos	14
1.2.1 Objetivo Geral	14
1.2.2 Objetivos Específicos	14
1.3. Problemática	15
2 FUNDAMENTOS DA AUTOMAÇÃO NOS PROCESSOS	15
2.1 Histórico da Automação	15
2.2 Classificação da Automação	16
2.2.1 Automação fixa.....	17
2.2.2 Automação programável	18
2.2.3 Automação flexível	18
2.3 Automação e Mecanização	19
3 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL - CLP	19
3.1 Histórico	19
3.2 Arquitetura de um CLP	22
3.3 Linguagens Utilizadas na Programação de um CLP	27
4 GRUPOS GERADORES.....	35
4.1 Consumo de Combustíveis dos Grupos Geradores	37
4.2 Frequência do Gerador	38
4.3 Potência do Gerador	38
4.4 Rendimento do Gerador	39
4.5 Excitação do Gerador	39
4.5.1 Rotor.....	39
4.5.2 Controle de tensão no gerador.....	42
4.5.3 Acionamento dos Geradores por Meio de Maquinas Mecânicas e Térmicas Rotativas.....	42

4.5.3.1 Acoplamento Elco	43
4.5.3.2 Acoplamento Elástico	43
4.6 Controle de Rotação de um Motor Diesel	44
4.7 Vantagens e Desvantagens de Grupos Geradores	45
4.8 Impactos Ambientais de Grupos Geradores	46
5 SISTEMAS HÍBRIDOS DE GERAÇÃO DE ENERGIA	47
5.1 Principais Tipos de Sistemas Híbridos	47
5.2 Vantagens e Desvantagens	47
6 METODOLOGIA	48
7.2 A Problemática do Sistema Elétrico do Canguçu	52
8 PROJETO PARA AUTOMATIZAÇÃO DAS FONTES GERADORAS DO CPC ...	56
8.1 Automatização da Partida dos Geradores a Diesel	56
8.2 Automatização das Chaves de Comutação das Fontes Geradoras de Energia Elétrica do CPC	60
8.3 Controle Lógico para Automatização da Partida do Gerador a Diesel e Intercambiação das Fontes Geradoras de Energia Elétrica do CPC	64
8.4 Dispositivos para a Automatização dos Geradores a Diesel e das Fontes de Energia Elétrica do CPC	67
8.5 Instalações Elétricas Necessárias a Automatização dos Geradores a Diesel e Fonte Fotovoltaica	70
8.6 Orçamentos para a Implantação do Projeto Discutido Neste Trabalho	71
9. CONCLUSÃO	74
10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
ANEXO A – ZÉLIO LOGIC SR2_SR3_SR2B202DB.....	77
ANEXO B – PROGRAMA EM LADDER	81

1. INTRODUÇÃO

O mundo está em constante crescimento. Com isso a preocupação pelo aumento da produtividade com qualidade tem feito com que as atividades melhorassem seus modelos de produção, surgindo outra necessidade, a padronização e mecanização dos métodos de produção industrial, onde as atividades repetitivas que eram executadas pelo homem fossem substituídas por máquinas com controle automático capazes de executar esse serviço sem a necessidade da intervenção direta do homem. Essas máquinas precisariam de uma tecnologia para o controle e execução de atividades, surgindo aí outra denominação conhecida como automação.

A automação pode ser definida como a tecnologia que se ocupa da utilização de sistemas mecânicos, eletroeletrônicos e computacionais na operação e controle de processos com o propósito de facilitar o trabalho humano e proporcionar maior conforto e segurança em ações, como de caráter repetitivos ou de grau elevado em dificuldade de execução. Isso pode ser observado, como por exemplo nas linhas de produção, nas máquinas de montagem mecanizadas, nos sistemas de controle realimentados, na intercambiação de sistemas de alimentação, nos robôs de uso industrial.

A automação não está restrita somente a sistemas de caráter industrial de produção. Aplicações comuns de automação de atividades podem ser observadas como por exemplo em controle de nível de reservatórios de água, abertura e fechamento de portões eletrônicos, intercambiação de fonte de energia elétrica como a rede de energia da concessionária e grupo gerador a diesel utilizados no horário de ponta, controle de iluminação de ambientes, etc.

1.1 Justificativa

No município de Pium-TO a 246 km de Palmas-TO está localizado o Centro de Pesquisa Canguçu – CPC na margem direita do rio Javaés, onde a margem esquerda se encontra a Ilha do Babanal. O CPC é uma RPPN administrada pelo departamento de Biologia da Universidade Federal do Tocantins – UFT. Esse centro tem servido de apoio para pesquisas biológicas de fauna e flora, sequestro de

carbono e sistema de geração de energia constituído por fontes fotovoltaicas, diesel, células combustível e baterias.

As fontes de geração de energia elétrica que integram uma forma de geração conhecida como híbrida não apresentam forma de automação adequada que possibilita uma redução de trabalho repetitivos, com segurança, regularidade e comodidade para aqueles que habitam ou visitam o CPC na categoria de turista ou pesquisador. Nesse trabalho a preocupação reside em propor uma solução que busque amenizar ou resolver essa situação.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral é desenvolver um projeto com vistas a implementação de um sistema automatizado de intercambiação das fontes geradoras respeitando as particularidades, realidades e limitações presentes no CPC.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Conhecer as particularidades de cada fonte de energia do Centro de Pesquisa Canguçu;
- Analisar a situação atual como o sistema de geração e sua intercambiação está operando;
- Conhecer como a rede elétrica está estruturada;
- Projetar um sistema, levando em conta material e custos necessários, que possibilite automatizar a intercambiação entre as fontes geradoras do Centro de Pesquisa Canguçu.

1.3. Problemática

O sistema formado pelas fontes geradoras de energia elétrica do Centro de Pesquisa do Cancuçu apresenta algum tipo de automação? Como funciona a interligação do sistema? A intervenção humana ocorre no processo? Ocorrendo a intervenção humana qual seria a melhoria e benefícios alcançados se o sistema tivesse a intercambiação de suas fontes geradoras automatizadas? Os custos financeiros para manter a geração seriam reduzidos ? a manutenção desse sistema exige melhor capacitação técnica?

2 FUNDAMENTOS DA AUTOMAÇÃO NOS PROCESSOS

A automatização veio para revolucionar os sistemas manuais de produção, aumentar o aproveitamento do tempo, a quantidade de itens produzidos, redução de custos de produtos manufaturados, substituição do trabalho humano em atividades insalubres, de difíceis execução e trabalhos complexos com elevado grau de precisão e etc.

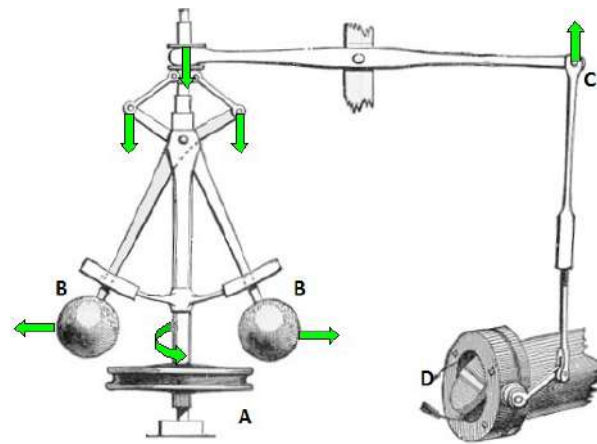
2.1 Histórico da Automação

As ideias mais primitivas do homem para mecanizar atividades que se tem informação datam da pré-história. Invenções como a roda, o moinho de vento ou de força animal e as rodas d'água são exemplos da criatividade do homem pré-histórico para poupar esforços e tempo. Porém, a automação só ganhou espaço na mente do homem a partir do momento em que o sistema de produção agrário foi mais exigido do ponto de vista de maior produção e esse sistema precisava sair do modo artesanal para o industrial, o que ocorreu na segunda metade do século XVIII, com a revolução industrial na Inglaterra.

Os sistemas inteiramente automáticos surgiram apenas no século XX, porém bem antes disso foram inventados dispositivos simples e semi-automáticos, com por exemplo, em 1788, James Watt, que desenvolveu um mecanismo de regulação do fluxo de vapor em máquinas (vide Figura 01). Este mecanismo foi considerado um dos primeiros sistemas de controle de realimentação e funciona da

seguinte forma: de acordo com a velocidade de rotação da polia **A**, fixada na base do mecanismo, é produzida uma força centrífuga nas esferas **B** fazendo com que elas se movimentem criando um deslocamento proporcional a velocidade da polia. A rotação das esferas produz um movimento na haste **C** fazendo com que a borboleta **D** se movimente, controlando assim o fluxo de vapor do sistema.

Figura 1: Mecanismo automático de regulação do fluxo de vapor



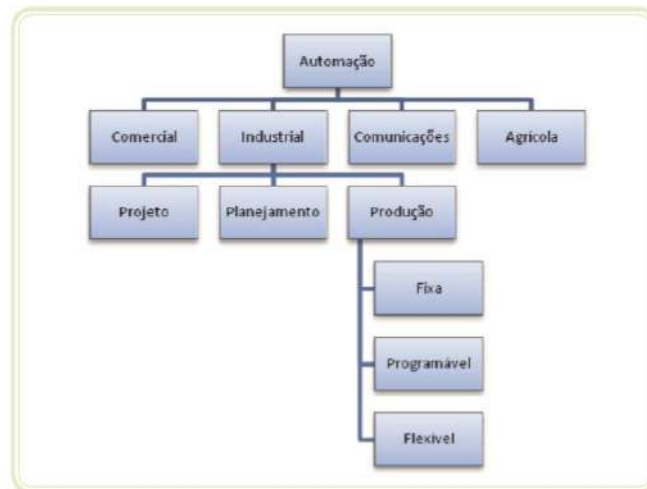
Fonte: Routledge (2013).

A partir de 1780, a energia elétrica passou a ser utilizada e a estimular a indústria como a do aço, a química e as de máquinas-ferramentas. No século XX a tecnologia da automação passou a contar com os computadores, servomecanismos e controladores programáveis. Os computadores passaram a ser a base de toda a tecnologia da automação contemporânea, com seu uso em todas as áreas da atividade humana.

2.2 Classificação da Automação

A automação pode ser classificada conforme mostrado na Figura 02.

Figura 2: Classificação dos sistemas automatizados



Fonte: CTISM

Para o propósito deste trabalho serão abordados os seguintes tipos de automação:

- Automação fixa;
- Automação programável;
- Automação flexível.

2.2.1 Automação fixa

Esse tipo de automação é especialmente projetado para a fabricação de um produto específico. É utilizado quando o volume de produção deve ser muito elevado e o equipamento é projetado para produzir um único produto em grande quantidade de forma rápida e eficiente para ter uma alta taxa de produção. Como exemplo de indústrias onde a automação fixa é muito utilizada, pode-se citar a produção de componentes mecânicos simples como arruelas e parafusos. O equipamento é em geral, de custo elevado, porém devido sua alta taxa de produção, o custo fixo é dividido numa grande quantidade de unidades fabricadas.

O risco que se enfrenta nesse tipo de automação é que qualquer alteração nas vendas ou alteração no produto poderá tornar a linha obsoleta, trazendo um determinado prejuízo.

2.2.2 Automação programável

É baseada em um equipamento capaz de fabricar uma variedade de produtos com características diferentes, segundo um programa de instruções. Esse tipo de automação é utilizado quando o volume de produção de cada item é baixo. O equipamento é projetado para ser adaptável as diferentes características e configurações dos produtos fabricados. Essa adaptabilidade é conseguida através da operação do equipamento sob um controle de um programa de instruções preparado para o produto em questão. Um sistema típico de automação programável são as máquinas de usinagem com controle código numérico computadorizado. A operação deste equipamento sempre dependerá das instruções indicadas por esse programa de controle. Em termos de economia, o custo do equipamento pode ser diluído num grande número de produtos, mesmo que estes tenham diferentes configurações.

2.2.3 Automação flexível

Entendida como a solução de compromisso entre automação fixa e automação programável, também conhecida como sistema de manufatura integrada por computador (CIM), parece ser indicado para um volume médio de produção. Este tipo de automação tem características tanto da fixa quanto da programável. O equipamento deve ser programado para produzir uma variedade de produtos com características e configurações diferentes, mas essa variedade é mais limitada que aquelas produzidas pela automação programável. Por exemplo, um sistema de manufatura flexível pode ser projetado para produzir uma única peça, mas com diferentes dimensões, ou diferentes materiais. Os sistemas flexíveis automatizados consistem, em geral, de estações de trabalhos autônomas com alto grau de integração. Essas estações são ligadas por um sistema de manuseio, transporte e armazenamento do material. Um computador central é utilizado para controlar e monitorar as diversas partes para as estações apropriadas controlando as operações previamente programadas nas diferentes estações. Uma das características que distinguem as automações programável e flexível é que nos sistemas utilizados na primeira, os produtos são produzidos em lotes, enquanto que respectivamente na segunda, diferentes produtos podem ser fabricados ao mesmo

tempo no mesmo sistema, bastando programar o sistema para desviar as diferentes peças e materiais para as estações de trabalho adequadas.

2.3 Automação e Mecanização

A automatização é diferente de mecanização, visto que esta última consiste simplesmente no uso de máquinas para realizar um trabalho, substituindo o esforço físico do homem. Já a automatização possibilita fazer um trabalho por meio de máquinas controladas automaticamente, capazes de se autorregular.

3 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL - CLP

Os Controladores Lógico Programáveis ou CLPs, são equipamentos eletrônicos utilizados em sistemas de automação flexível, são ferramentas de trabalho muito úteis e versáteis para aplicações em sistemas de acionamentos e controle e por isso são utilizados em grande escala no mercado industrial. Eles permitem desenvolver e alterar facilmente a lógica para acionamento das saídas em função das entradas. Desta forma, é possível associar diversos sinais de entrada para controlar atuadores ligados nos pontos de saída.

3.1 Histórico

Em 1920 os dispositivos mecânicos foram substituídos pelos relés e contadoras com um custo benefício melhor em comparação com os mecânicos. Com a chegada dos relés foi possível desenvolver lógicas sofisticadas e complexas. Dessa forma se conseguiu dar um salto no sistema de controle e os relés cada mais vez sendo utilizados mundialmente, tornaram-se uma excelente alternativa na automação de máquinas com pequenos números de sensores e atuadores. Após a segunda guerra mundial os primeiros reguladores eletrônicos foram criados utilizando tecnologia analógica.

Os relés até hoje são utilizados na indústria devido a lógica para Intertravamento. A confiabilidade nesse sistema é grande e foi bem aceita e por possuir facilidades de verificação de funcionamento. Outra característica positiva é a possibilidade de visualizar a atuação do mesmo. Também possui a vantagem de

imunidade contra ruídos elétricos e interferências eletromagnéticas. Os circuitos de comandos desenvolvidos por relés e contadoras são de simples entendimento e manutenção, mas quando o sistema é complexo se torna desvantajoso o uso de relés. Com funções mais sofisticadas os circuitos de comandos se tornam grandes e complexos e exige uma grande atenção dos profissionais na montagem para evitar erros. Não se consegue uma boa flexibilidade para a mudança de funções do mesmo circuito instalado porque qualquer modificação implica em refazer todo o projeto, demandando muito tempo na indústria, outro problema com o uso de lógicas complexas e o aumento do tamanho dos circuitos e painéis.

Com o desenvolvimento da tecnologia dos Circuitos Integrados (CIs) surgiu uma maior possibilidade de melhorar e facilitar o controle de sistemas. Eles ocupam menos espaços, custo barato são mais rápidos com uma vida útil maior e baixo consumo em comparação com os relés.

Em sistemas que utilizam relés e CIs, a lógica de controle é feita por interligação elétrica entre as portas lógica e os componentes elétricos, que é definida permanentemente. Uma das desvantagens desse tipo de controle e a dificuldade em modificar o sistema, a lógica definida pela interligação elétrica são fáceis de implementar, mas difíceis e demorado de alterar as funções.

As primeiras máquinas com controle automático simples que permitiam sequência simples de operação eram desenvolvidas por dispositivos mecânicos e para cada tarefa tinha que ser desenvolvido um dispositivo específico. Por ser de natureza mecânica tinha uma vida útil reduzida.

Na década de 50 surgiu o Controle Numérico – CN, como consequência da evolução da tecnologia, a utilização de circuitos transistorizados permitia execuções de ações de controle a partir da leitura de dados numéricos. Com a chegada dos microprocessadores, a indústria se expandiu e revolucionou a forma de controles automáticos, utilizando controles numéricos computadorizados CNC. Na década de 1970, os primeiros computadores começaram a ser usados como controladores de processos de grande porte comerciais. Devido ele ser programável superava em vantagem a interligação elétrica que era utilizada com sistemas construídos por relés e CIs. Mas os primeiros computadores eram grandes, caros, sensíveis aos ambientes de trabalhos industriais e difíceis de programar.

Na indústria automobilística norte-americana General Motors – GM, nesse mesmo período tinha uma demanda na flexibilização das lógicas dos relés, pois o

custo de modificar a lógica na linha de montagem e o tempo para a execução geravam altos gastos. Com essa necessidade o engenheiro Richard Moley liderou uma pesquisa para resolver tais dificuldades. Assim foi elaborada uma especificação para a resolução do problema que era criar um dispositivo controlador que atendesse as necessidades da empresa. Dessa forma foi criada e posta as diretrizes do projeto onde implicaria atender não só na GM mais em todas as indústrias manufatureiras. As quais eram:

- “Facilidade de programação e reprogramação, preferivelmente na planta, para ser possível alterar a sequência de operações na linha de montagem;
- Possibilidade de manutenção e reparo, com blocos de entrada e saída modulares;
- Confiabilidade, para que possa ser utilizado em um ambiente industrial;
- Redução de tamanho em comparação ao sistema tradicional que utilizava relés;
- Ser competitivo em custo com relação a painéis de relés e eletrônicos equivalentes;
- Possibilitar entradas em 115V e saídas em 115V e com capacidade mínima de 2A para operar válvulas solenoides e contadoras;
- Possibilitar expansões sem grandes alterações no sistema;
- Memória programável com no mínimo 4 KBytes e possibilidade de expansão.
- Estações de operação com interface mais amigável;
- Possibilidade de integração dos dados de processo do CLP em bancos de dados gerenciais, para tornar disponíveis informações sobre o “chão de fábrica” para os departamentos envolvidos com o planejamento da produção”. (CAMARGO, 2008).

No final da década de 1960, o primeiro controlador programável foi apresentado pela companhia americana chamada Bedford Associated que lançou um dispositivo de computação denominado MODICON (Modular Digital Controller) que depois se tornou o nome de uma divisão da companhia destinada ao projeto, produção e venda desses computadores de uso específico.

Além de ter a finalidade para execuções de processos, os CLPs ainda têm algumas desvantagens em relação aos relés, como o custo maior, necessidade de mão de obra técnica qualificada para o desenvolvimento dos algoritmos ou álgebra

booleana para o projeto, e uma grande sensibilidade a interferências e ruídos elétricos que estão presente nas instalações em sistemas industriais. Assim como os técnicos que desenvolvem a lógica a equipe de manutenção tem que estar capacitada.

Com a utilização do CLP em aplicações na área da automação industrial passou-se a verificar inúmeras vantagens do mesmo quando comparado com a lógica tradicional baseada em contadoras e relés entre elas:

- Menor consumo de energia elétrica;
- Reutilizáveis;
- Programáveis;
- Maior confiabilidade;
- Maior flexibilidade;
- Maior rapidez na elaboração dos projetos;
- Interfaces de comunicação com outros CLP's e computadores.

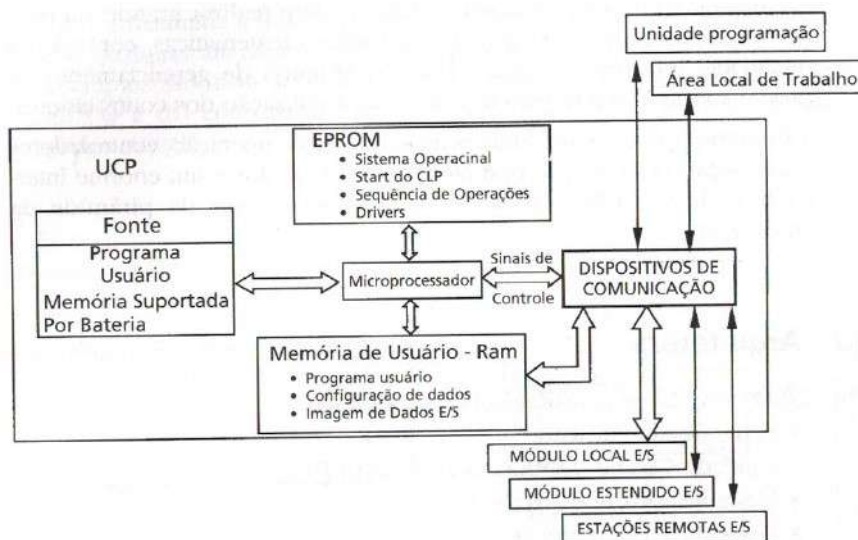
Atualmente o CLP desempenha um papel essencial no controle dos processos produtivos da indústria moderna bem como em situações que necessitam de uma automação de caráter particular.

3.2 Arquitetura de um CLP

A arquitetura de um CLP pode ser vista conforme apresentada na Figura

3.

Figura 3: Arquitetura de um CLP



Fonte: MORAIS (2013).

A estrutura do controlador lógico programável é baseada no hardware de um computador, com a unidade central de processamento ou CPU, memórias, interfaces de entrada e saídas. São equipamentos que podem operar processos com lógica de controle de tempo, operações aritméticas, controle estatístico, transmissão de dados e controle de malhas. É resistente a altas temperaturas, ruídos e a ambientes úmidos. São constituído basicamente de fonte de alimentação, unidade central de processamento, memórias, dispositivos de entrada e saída e terminal de programação.

3.2.1 Microprocessador

O microprocessador é a parte principal do CLP podendo ser de 8,16,32 bits etc, conforme as especificações do fabricante. Se interliga aos periféricos como memória, porta de comunicações, entrada e saída por meios de barramentos. Ele é responsável pela execução do programa e todas as atividades do CLP.

3.2.2 Memória EPROM

É uma parte vital para o controlador lógico programável. Ela tem a função de armazenar todas as instruções do programa e dados necessários para executá-

las. A memória executiva, onde o usuário não tem acesso aos dados, é formada por memórias ROM e EPROM é nela que está o sistema operacional responsável por fazer a reinicialização do controlador além de gerenciar a sequência de operações.

3.2.3 Memória-Imagem das Entradas e Saídas

Essa memória faz a leitura das entradas e armazena as informações após o processamento, o resultado é armazenado nas saídas.

3.2.4 Memória de Dados

É do tipo RAM, armazena os valores resultante do processamento das instruções do programa como temporização, contagem, operações aritméticas, etc.

3.2.5 Memória do Usuário

É onde está localizada as instruções do programa. O microprocessador faz a leitura das instruções que está armazenado nessa memória, que pode ser do tipo RAM, RAM/EPROM, RAM/EEPROM.

3.2.6 Terminal de Programação

O terminal de programação, conectado temporariamente ao CLP, é utilizado para introduzir o programa de instruções, configuração do sistema e usado também para realizar a análise dos endereços de memória, atuar nas saídas, alterar as instruções do programa, visualizar e monitorar a execução do programa, teste de funcionamento do hardware do CLP, autodiagnostico, gravar e apagar a memória.

3.2.7 Fonte de alimentação

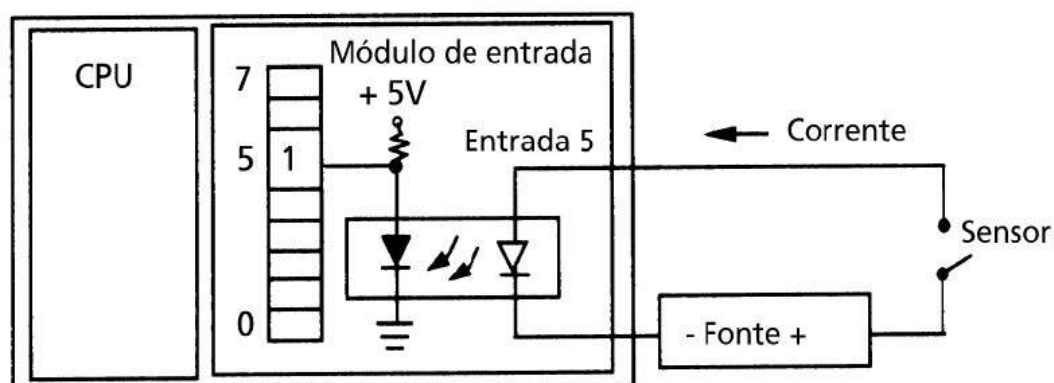
Os controladores lógicos programáveis são alimentados com fontes CC padronizadas com 24V e geralmente são externas ao equipamento. Os controladores lógicos programáveis que possuem fonte de alimentação interna são os CLPs compactos, muito usados em projetos de pequeno porte.

3.2.8 Módulo de Entrada

São utilizados para a leitura de sinais que podem ser do tipo analógicos, digitais ou mesmo contatos NA e NF. As entradas digitais podem assumir dois valores lógicos definidos em zero ou um, já as entradas analógicas são conectadas aos conversores A/D interno e podem receber dentro de uma faixa de valores sinais analógicos. Essa característica permite uma vasta aplicação na indústria podendo ser utilizado diversos sensores digitais e analógicos como termopares, potenciômetro, atuadores, contatos de chaves, chaves fim de curso, sensores indutivos e capacitivos, etc.

Os módulos de entrada podem estar constituídos por isoladores elétricos conhecidos como optoisoladores (Vide Figura 4). Assim as entradas estão eletricamente isoladas da parte interna do controlador lógico programável. Os optoisoladores, em geral, tem a capacidade de 10.000.000 acionamentos.

Figura 4: Módulo de entrada digital de um CLP com optoisolador



Fonte: MORAIS (2013).

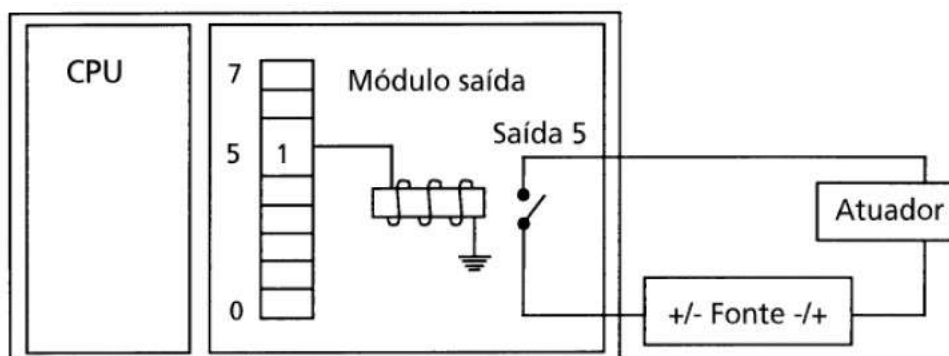
3.2.9 Módulo de Saída

As saídas são utilizadas para o acionamento dos atuadores que fazem parte do sistema de automação de determinado processos. As saídas mais comuns são a relé, transistor, triac e analógica.

A saída a relé, mostrada na Figura 5, proporciona uma isolação do circuito de potência com o circuito de controle tornando o sistema imune aos transientes da rede e pode acionar cargas em corrente contínua ou em alternada. A desvantagem

dessa topologia de saída usando relé é a vida útil reduzida devido a limitação de acionamento dos contatos elétricos aproximadamente de 150.000 a 300.000 com capacidade de até 5A.

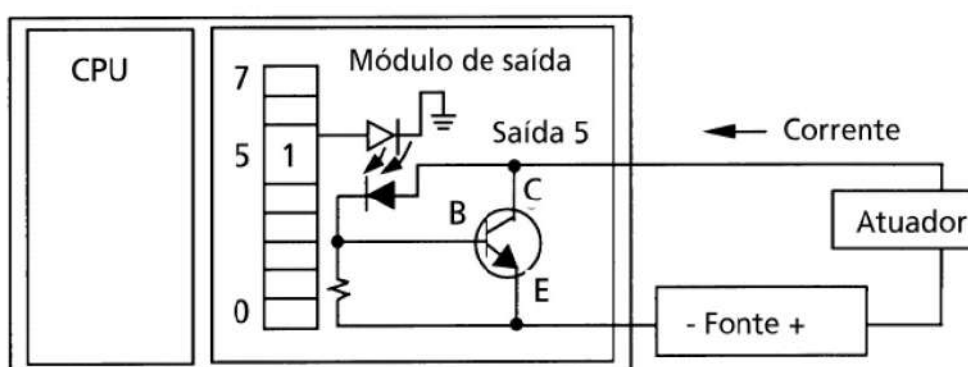
Figura 5: Módulo de saída de um CLP com Relé.



Fonte : MORAIS (2013).

Os módulos de saída com transistor, como mostra a Figura 6, que pode ser constituído por transistor bipolar ou MOSFET, possui uma alta velocidade de comutação, são recomendadas para o uso de fontes de alimentação em corrente contínua e apresentam uma capacidade de acionamento superior a saída a relé, podendo chegar a uma vida útil superior a 10.000.000 acionamentos.

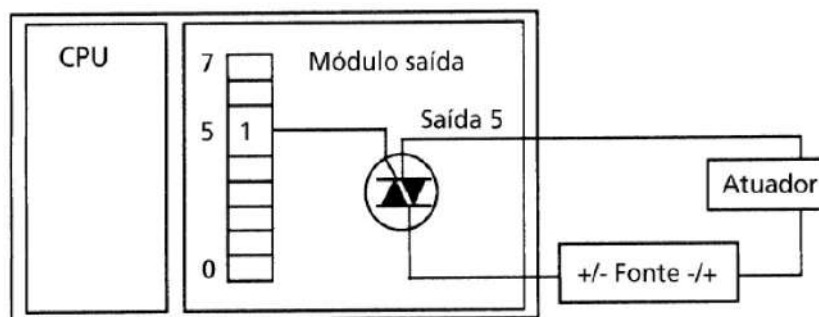
Figura 6: Módulo de saída de um CLP a transistor.



Fonte: MORAIS (2013).

O CLP com módulo de saída a triac, visto na Figura 07, tem uma vida útil maior do que a saída a relé e é usado para acionar circuitos com corrente alternada. A quantidade de acionamento é igual a saída a transistor e a capacidade de condução de corrente é de aproximadamente 1A.

Figura 7: Módulo de saída de um CLP com Triac



Fonte: Moraes (2013).

OS CLPs com módulo de saídas analógicas são utilizados no controle de atuadores, válvulas proporcionais, motores de corrente contínua, lâmpadas, inversores de frequência, resistências entre outros. Esse tipo de saída tem uma vantagem em relação a saídas digitais: é possível a implementação de um controle proporcional para acionar um elemento ou dispositivo dentro de uma faixa de valores de tensão ou corrente.

3.3 Linguagens Utilizadas na Programação de um CLP

Devido a grande diversidade de modelos de CLPs utilizados na automação industrial, houve a necessidade de compatibilizar tanto o software como o hardware. Com isso, foi formado um grupo de trabalho na International Electrotechnical Commission (IEC), onde era observado o projeto completo dos controladores lógicos programáveis, avaliando o hardware, instalações, programação, comunicação e testes buscando uma uniformização dos fabricantes. Assim foi estabelecido padrões de linguagens de programação para a automação industrial. Normalmente são encontrados cinco tipos básicos de linguagem de programação utilizada por CLPs, padronizada pela IEC, que são:

- Diagrama de Blocos de Funções (FBD);
- Linguagem Ladder (LD);
- Sequenciamento Gráfico de Funções (SFC);
- Lista de Instruções (IL);
- Texto Estruturado (ST).

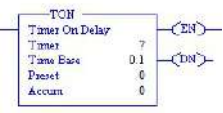
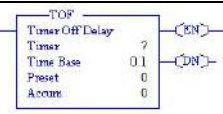
Entre as cinco linguagens as LD, FBD, SFC são gráficas e as demais são textuais, cabendo ao projetista a escolha da linguagem de programação que melhor se adaptar.

3.3.1 Linguagem Ladder

A linguagem Ladder foi a primeira que surgiu para programação dos controladores lógicos programáveis, é gráfica, onde se assemelha a lógica dos relés. No início da implantação a linguagem tinha que ter uma boa aceitação no mercado já que era semelhante a lógica utilizados em painéis de controle a relé para execução de circuito de comando, foi bem aceita pelos profissionais da época. É a linguagem mais popular entre os fabricantes de CLPs na indústria, conhecida também como linguagem lógica de diagrama de contato ou escada.

Os símbolos utilizados na linguagem Ladder são apresentados na Tabela 1. A forma como são dispostos os contatos possibilita a compreensão de uma lógica na linha de comando que controla determinada saída, sendo fácil de programar e constituindo, assim uma linguagem bastante poderosa.

Tabela 1: Símbolos básicos utilizados na programação Ladder

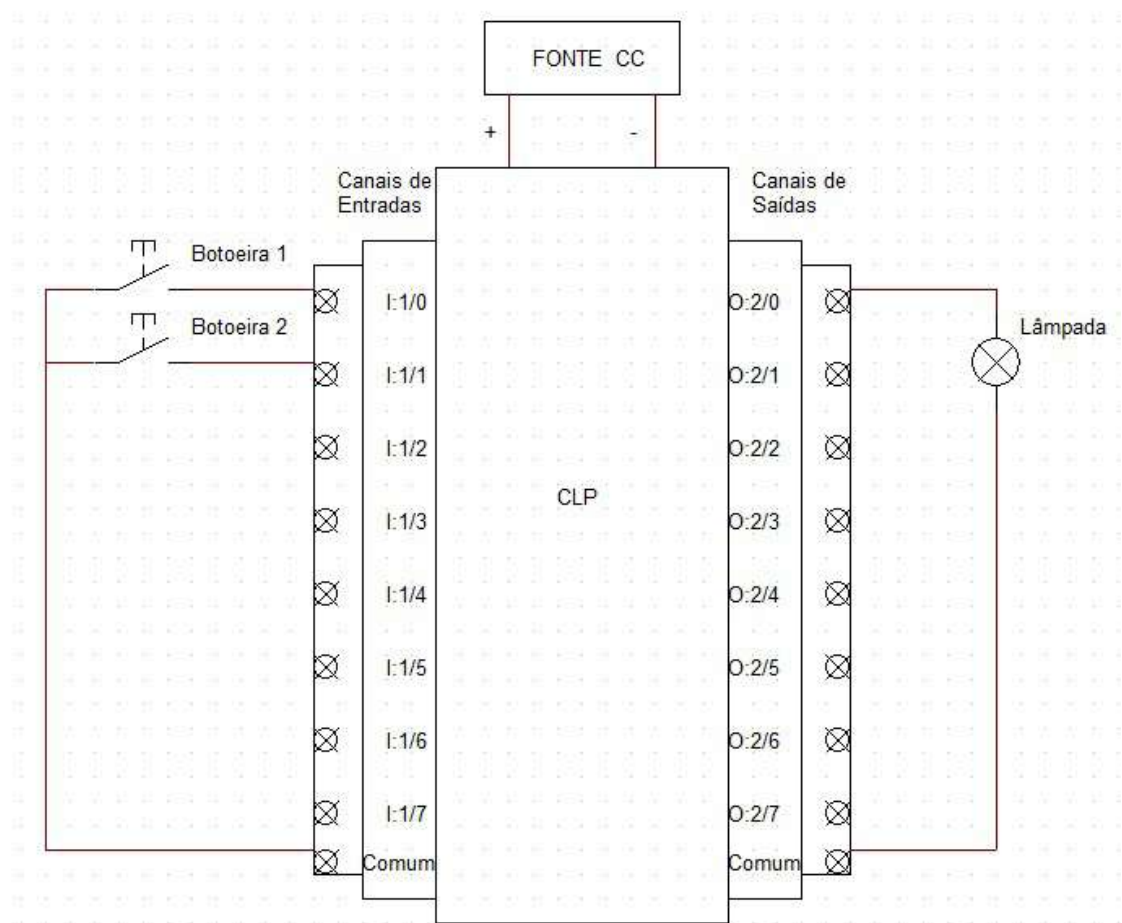
Instrução	Representação
Contato normalmente aberto – NA	
Contato normalmente fechado – NF	
Bobina	
Bobina Latch	
Bobina Unlatch	
Temporizador TON	
Temporizador TOFF	
Contador crescente	

Contador decrescente	
Bobina de desarme (Reset)	

Especificamente, o diagrama elétrico da Linguagem Ladder começa com duas linhas verticais conhecidas como barras de alimentação. As linhas de comandos estão na horizontal formada por pelo menos um elemento controlado, que são as saídas e um conjunto de condições, que são as entradas. O elemento controlado pode ser uma bobina, já os elementos condicionais são os contatos. Essa linguagem é apenas uma representação lógica e trabalha somente com símbolos, portanto não se considera tensões na barra de alimentação e nem a intensidade da corrente pelo circuito.

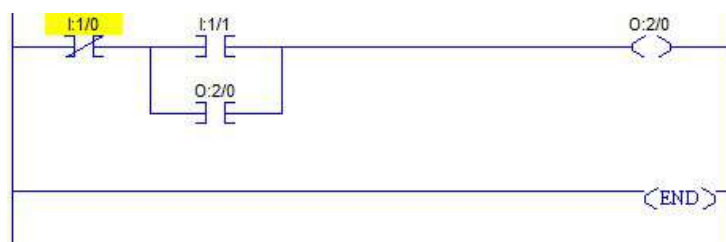
Um exemplo de programação de linguagem Ladder pode ser melhor compreendido com base nas Figuras 8, 9, 10.

Figura 8: Ligações entre um CLP e dispositivos periféricos.



Conforme as conexões apresentado na figura 8, várias ações podem ser atribuídas a lâmpada com base nas botoeiras. Como exemplo, pode se utilizar a botoeira 1 para ligar a lâmpada para ligar e a botoeira 2 para desligá-la. Essa lógica, em linguagem Ladder é mostrada na Figura 9.

Figura 9: Linguagem Ladder para comandar uma carga por botoeiras.



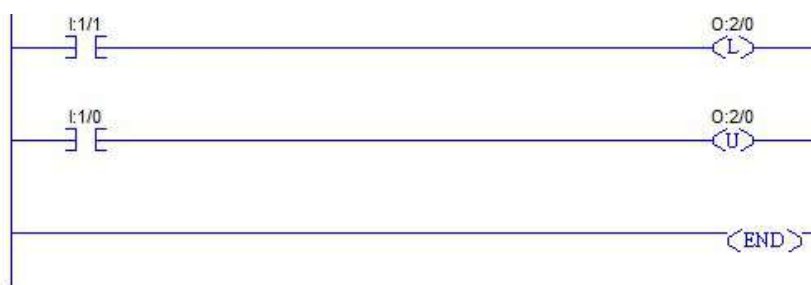
A lógica de funcionamento correspondente a Figura 09 ocorre da seguinte forma:

- 1 – pressiona-se a botoeira 2 no canal de entrada I:1/1;
- 2 – a saída O:2/0 muda de estado 0 para o 1 lógico;
- 3 – a lâmpada presente no canal no canal de saída O:2/0 acende;
- 4 – um contato, O:2/0, em paralelo com o contato referenciando a botoeira 2, I:1/1, funciona como contato de retenção após a abertura da botoeira 2;
- 5 – a botoeira 1 no canal de entrada I:1/0 serve para desfazer a retenção do contato O:2/0 e assim desligar da lâmpada.

Outra maneira de realizar a mesma função da Figura 09, pode ser através das instruções Latch e Unlatch, mostrada na figura 10. A utilização das saídas Latch e Unlatch funciona da seguinte forma:

- 1 – pressiona-se a botoeira 2 no canal de entrada I:1/1;
- 2 – a saída Latch (L) O:2/0 muda o estado lógico de 0 para 1 e se mantém nesse estado;
- 3 – ao pressionar a botoeira 1 na entrada I:1/0;
- 4 – a saída O:2/0 volta ao estado 0 lógico.

Figura 10: Lógica de comando utilizando as funções Latch e Unlatch.



A linguagem Ladder é uma linguagem de rápida adaptação do técnico porque se assemelha com diagramas elétricos de comando, além disso os símbolos são padronizados na literatura técnica da área e é a mais difundida e aceita na indústria. Porém a utilização de programas bastante extensos e lógicas complexas são difíceis e demoradas de se executar.

3.3.2 Lista de instruções – LI

A linguagem LI se assemelha com o assembly e, portanto, facilita o entendimento do técnico que tem experiência com a mesma, mas uma das desvantagens dessa linguagem é a dificuldade na modificação do código já implementado. O seu uso é mais indicado na resolução de problemas simples e de poucas linhas, ideal para CLPs de pequeno porte.

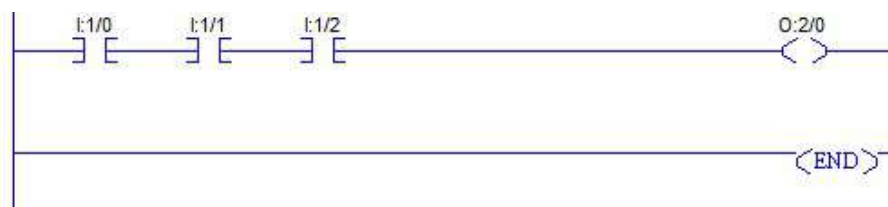
Um exemplo dessa linguagem segue na tabela 2 abaixo:

Tabela 2: Exemplo de linguagem LI

Endereço	Instrução	Comentários
0	LD I:1/0	LD – equivalente a <i>Loud</i> que significa armazenar o que está em I:1/0
1	AND I:1/1	Função booleana E entre o dado contido em I:1/0 e I:1/1
2	AND I:1/2	Função booleana E entre o resultado obtido de I:1/0 e I:1/1 com I:1/2
3	ST O:2/0	ST – Store Armazena o resultado da operação na saída O:2/0

Um programa equivalente em Ladder apresentado na Tabela 2 e exibido na Figura 11.

Figura 11: Exemplo de programa Ladder correspondente a Tabela 2



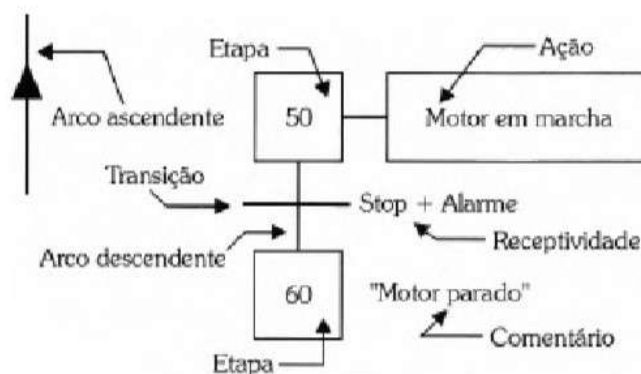
3.3.3 Sequenciamento Gráfico de Funções - SFC

A linguagem SFC é uma linguagem gráfica e que tem um padrão sequencial no programa de controle derivado de técnicas de modelagem do sistema Petri e da norma IEC 848 que define o padrão Grafcet.

O SFC ele é baseado no Grafcet que surgiu em 1977 na França, devido a necessidade e as dificuldades em descrever os processos com várias etapas sequenciais utilizando as linguagens de programação conhecidas na época que se tornava dificultoso o uso em grandes projetos.

O Sequenciamento Gráfico de Funções tem se tornado uma ferramenta capaz de modelar comportamentos aplicados em hidráulica, eletromecânica, pneumática, e sistemas elétricos. A modelagem dos sistemas nesse padrão de programação tem caráter ilimitado com a relação as possibilidades de modelagem dos sistemas. Um exemplo do SFC e mostrado na Figura 12

Figura 12 - Elementos básicos do SFC



Fonte: Curso de engenharia e controle de automação. CEFET/RJ

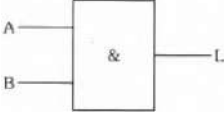
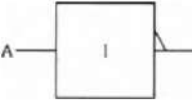
As etapas no Grafcet são formadas por elementos de memória que tem um comportamento sequencial a cada fase do programa, onde é necessária uma ação externa para mudar de etapa. As ações são retângulos, a direita das etapas, interligadas nos retângulos, são colocadas as descrições da ação. Teoricamente, as ações podem ser colocadas de maneira ilimitada ao lado da etapa, elas deixam de ser executadas quando a etapa se torna inativa.

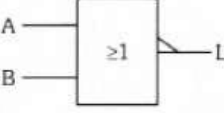
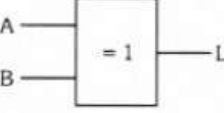
As etapas são conectadas a arcos orientados e quando é iniciado o programa, ativa-se apenas a parte da etapa inicial. Ao iniciar a transição de uma etapa para outra a anterior necessita está ativa e respectivamente associada a ela que seja verdadeira. Ocorrendo a transposição da etapa anterior a mesma é desativada e a outra a jusante é ativada. Não existe transposições e etapas consecutivas.

3.3.4 Linguagem de Programação Diagrama de Blocos de Função (FDB)

A linguagem de programação em Diagrama de Blocos de Função (FDB), é umas das linguagens gráficas que utiliza elementos que estão interligados por blocos de funções semelhantes aos usados na eletrônica digital, como a porta AND, por exemplo, sendo possível a utilização de blocos tanto simples como complexos. Na tabela 3 é apresentada algumas das funções que a linguagem FDB pode oferecer. Existe vários outros blocos que podem ser utilizados na linguagem de programação em diagrama blocos de função como: temporizadores, contadores, comparadores, etc.

Tabela 3 - Blocos usados na programação FDB

Instrução	Representação
END	
OR	
NOT	

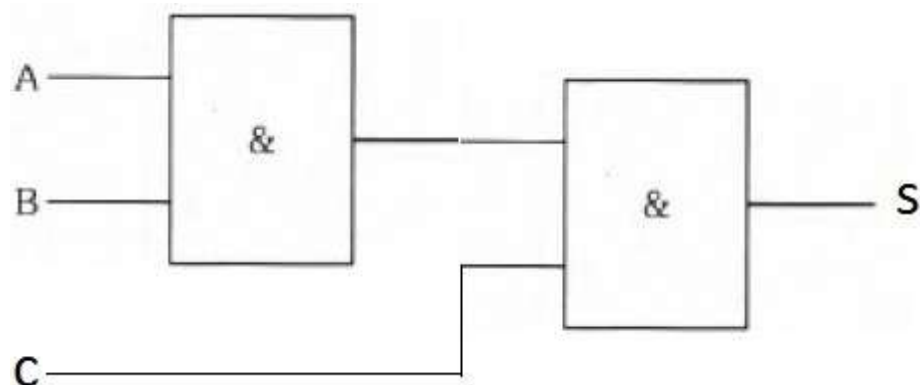
NAND	
NOR	
XOR	

As principais características dessa linguagem é a representação de fácil interpretação, adequada para o controle discreto, sequencial regulatório, outra vantagem e a possibilidade de combinações de blocos para se conseguir uma expansão em função do número de entradas. A possibilidade de poder utilizar os blocos de funções interconectados garante uma imensa combinação de lógicas, como também conseguir aumentar o número de entradas para diversas aplicações.

Do lado esquerdo estão localizadas as entradas e no lado direito, as saídas. Cada bloco tem uma quantidade fixa de entradas e saída que são representadas por um retângulo. As combinações podem ser feitas conectando uma saída de um bloco em uma entrada de outro bloco, com isso o sinal se atualiza na saída final de acordo com cada lógica do bloco de função.

Um exemplo de linguagem em FDB é mostrada na Figura 13 que corresponde ao programa em Ladder apresentado na Figura 11.

Figura 13 – Representação de um comando em FDB.



3.3.5 Texto Estruturado

A linguagem de texto estruturado (*Structured Text* - ST), é uma linguagem muito poderosa e de alto nível, baseada na linguagem de programação Pascal, que inclui uma linguagem moderna com laços de repetição e condicionais. Uma das facilidades dessa linguagem é que ela não é case *sensitive*, não diferencia as letras maiúscula de minúscula. A ST é a mais indicada para o desenvolvimento de atividades complexas e com a forma de comportamento sequencial. Os comentários são inseridos nos programas para melhor entendimento apenas colocando “ // ” para uma linha ou “ /**/ ” para mais de uma linha de comentário e parágrafos. Um exemplo dessa linguagem é mostrado na Figura 14.

Figura 14 - Exemplo de texto estruturado

```
FUNCTION_BLOCK EXEMPLO_BLOCO
VAR_INPUT
    LIGAR : BOOL;
    SENSOR_PRESSAO : INT;
END_VAR;
VAR_OUTPUT
    RESULTADO : BOOL;
    ALARME : BOOL;
END_VAR;
IF SENSOR_PRESSAO < 50 THEN
    ALARME := FALSE; (*Executa caso o valor da variável SENSOR_PRESSAO for
menor que 50*)
ELSE
    ALARME := TRUE;    (*Executa caso a afirmação acima for falsa*)
END_IF;
IF LIGAR AND NOT ALARME THEN
    RESULTADO := TRUE; (*Executa caso o valor da variável LIGAR for verdadeiro e o valor da variável ALARME for falso*)
ELSE
    RESULTADO := FALSE;(*Executa caso a afirmação acima for falsa*)
END_IF;
END_FUNCTION_BLOCK;
```

Fonte: PUCRS

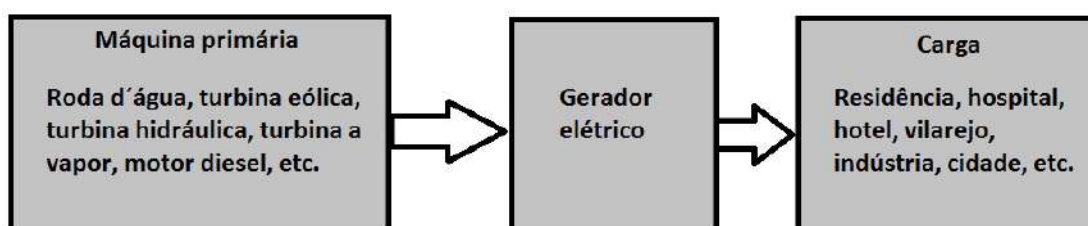
4 GRUPOS GERADORES

Denomina-se grupo gerador ao conjunto composto por motor e gerador de corrente alternada, convenientemente acoplados e montados em uma plataforma comum, dotados de componentes de supervisão e controle, os quais são necessários para o seu funcionamento autônomo, e destinado ao suprimento de energia elétrica.

Os geradores elétricos são máquinas que transformam a energia mecânica, aplicada em seu eixo, em energia elétrica, entregue à carga através de

seus terminais. Para que exista a geração de eletricidade, deve-se ter uma máquina primária acoplada ao eixo do gerador, que pode ser uma roda d'água, uma turbina eólica, a vapor, hidráulica, ou um motor a diesel, gasolina, álcool etc. Ao girar o eixo do gerador surgem tensões em seus terminais que podem alimentar pequenas cargas, como residências, ou grandes cargas, como cidades (vide Figura 15).

Figura 15 - Esquema básico máquina primária-gerador elétrico-carga



Quando as máquinas elétricas geram tensão contínua, elas são denominadas de dínamos; caso gerem tensão alternada, são chamadas de alternadores. O princípio de funcionamento do alternador baseia-se nos fenômenos de indução eletromagnética a que está sujeito um condutor ou uma espira quando submetido a uma variação de fluxo magnético. A variação de fluxo pode ser produzida girando-se a espira no campo magnético uniforme fixo ou girando-se o campo magnético uniforme na espira fixa. Estas duas maneiras de provocar a variação do fluxo caracterizam os dois tipos fundamentais de alternadores, isto é, de espira fixa – campo girante, e o de espira girante – campo fixo. Seja qual for a maneira de produzir a variação do fluxo, no que diz respeito aos fenômenos da indução eletromagnética, os resultados são os mesmos e é definida pela Equação 01.

$$e = \frac{d\Phi}{d\tau} \quad (\text{Eq.: 01})$$

Onde:

e – Tensão eletromotriz induzida em uma bobina.

$d\Phi / d\tau$ – variação do fluxo magnético no tempo.

As máquinas de corrente alternada podem ser classificadas como síncronas e assíncronas. As máquinas síncronas são preferencialmente utilizadas na geração de corrente alternada, pela facilidade do controle da tensão gerada sobre a

rotação constante e ajuste da tensão contínua que produz o campo magnético do rotor permitindo assim, variar a tensão induzida no estator.

Além da classificação mencionada anteriormente, as máquinas elétricas ainda podem ser classificadas como monofásicas, que apresenta apenas dois terminais, ou polifásicas (geralmente trifásicas).

Os geradores elétricos são muito utilizados em locais remotos, onde o acesso à rede de energia elétrica é economicamente inviável. Eles são utilizados também em locais que necessitam terem energia elétrica ininterrupta, tais como hospitais, aeroportos, hotéis, dentre outros. Para realizar o atendimento das áreas remotas, onde a conexão com o sistema interligado de energia elétrica não existe, os geradores a gasolina ou a diesel são os mais utilizados para a geração de energia e são denominados de grupo geradores. Atualmente, em algumas situações, os grupos geradores são instalados juntamente com fontes de energias alternativas, tais como solar e eólica, compondo os chamados sistemas híbridos.

4.1 Consumo de Combustíveis dos Grupos Geradores

Para verificar o consumo de combustível utilizado para atender à determinada demanda de carga, pode-se utilizar a relação de Skarstein e Uhlen (1989) definida pela Equação 02.

$$F = 0,246P_{Ci} + 0,08415P_{GMG} \quad (\text{Eq.: 02})$$

Onde:

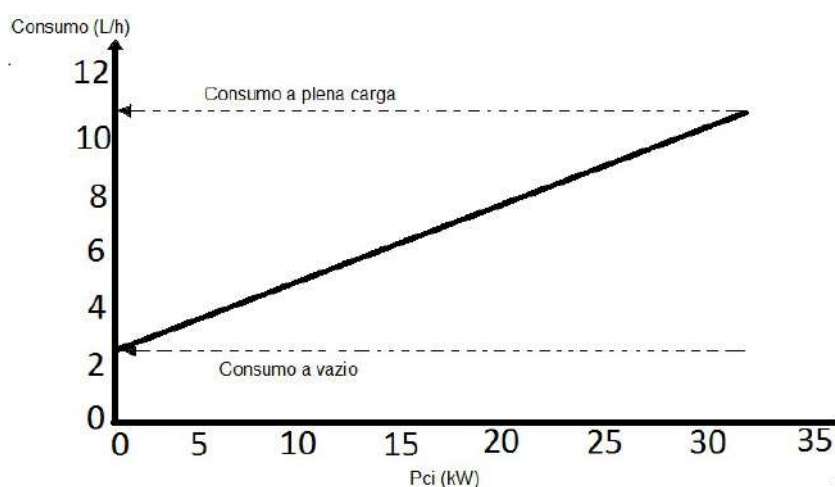
F - consumo de combustível (L/h);

P_{GMG} - potência nominal do grupo gerador em kW (considerando-se um fator de potência estimado);

P_{Ci} - potência efetivamente demandada pela carga em qualquer instante também em kW.

A Figura 16 apresenta o consumo de um grupo gerador a diesel de 32 kW (40 kVA, considerando-se um fator de potência de 0,8), para uma carga variando de 0 a 32 kW.

Figura 16 - Consumo de um grupo gerador



Observa-se que um grupo gerador desse porte, de 40KVA, já apresenta um consumo de combustível considerável, 2,69 L/h, quando opera a vazio ($P_{Ci} = 0$). A partir desse ponto, seu consumo varia de acordo com a carga, até atingir o valor máximo de 10,56 L/h, operando a plena carga.

4.2 Frequência do Gerador

A frequência do gerador é expressa pela Equação 03:

$$F = (p.n) / 120 \quad (\text{Eq.: 03})$$

Onde:

f - frequência da tensão gerada (Hz).

p - número de pares de polos do rotor.

n - velocidade de rotação no eixo da máquina (rpm).

4.3 Potência do Gerador

A potência nominal dos geradores, geralmente, é informada na placa dos equipamentos, em kVA, denominada de potência aparente. A potência ativa, não pode ser dada, pois o fator de potência não depende do gerador, mas sim da natureza da carga, que pode ser predominantemente resistiva, indutiva ou capacitiva. Pode-se determinar a potência trifásica aparente através da Equação 04:

$$P_{\text{aparente}} = V3.U.I \quad (\text{Eq.: 04})$$

Onde:

P_{aparente} – potência do gerador (kVA).

U - tensão nos terminais da máquina.

I – corrente na saída do gerador.

4.4 Rendimento do Gerador

O rendimento do gerador elétrico é a relação entre a potência mecânica entregue ao seu eixo e a potência disponível nos seus terminais. A Equação 05 representa este rendimento.

$$\eta = \frac{P_{\text{elétrica}}}{P_{\text{mecânica}}} \quad (\text{Eq.: 05})$$

Onde:

η - rendimento do gerador.

$P_{\text{elétrica}}$ - potência elétrica do gerador (kW).

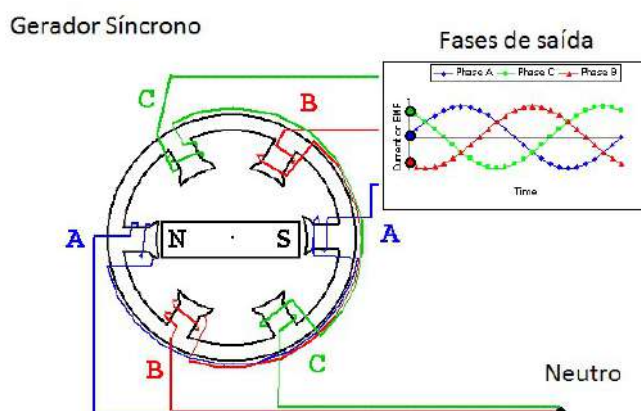
$P_{\text{mecânica}}$ - Potência mecânica (kW).

4.5 Excitação do Gerador

4.5.1 Rotor

O rotor de um gerador síncrono é essencialmente um grande eletroímã. Os polos magnéticos do rotor podem ser construídos de duas formas: salientes ou não salientes. O termo *saliente* significa “protuberante” ou “que se projeta para fora”. Um *polo saliente* é um polo magnético que se sobressai radialmente do rotor e seus enrolamentos do eletroímã estão envolvendo o próprio polo, em vez de serem encaixados em ranhuras na superfície do rotor. Por outro lado, um *polo não saliente* é um polo magnético com os enrolamentos encaixados e nivelados com a superfície do rotor na Figura 17 pode ser observado os polos de um motor síncrono..

Figura 17 – Polos de um gerador síncrono



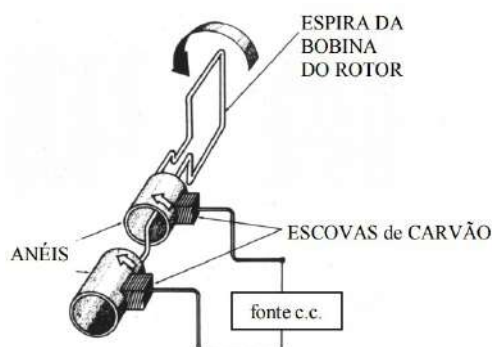
Fonte: T. Davies (2002)

Os rotores de polos não salientes são usados normalmente em rotores de dois e quatro polos, ao passo que os rotores de polos salientes são usados normalmente em rotores de quatro ou mais polos. Como o rotor está sujeito a campos magnéticos variáveis, ele é construído com lâminas delgadas de ferrosilício para reduzir as perdas por corrente parasita.

Como o rotor é um eletroímã, uma corrente CC deverá ser fornecida ao circuito de campo desse rotor, que constitui a excitação do campo do rotor. Como ele está girando, um arranjo especial será necessário para levar a potência CC até seus enrolamentos de campo. Há duas maneiras de fornecer a potência CC ao rotor em movimento.

A primeira maneira de fornecer a potência CC ao rotor é através de uma fonte externa e por meio de anéis coletores e escovas mostrado na Figura 18.

Figura 18 – Anéis coletores e escovas

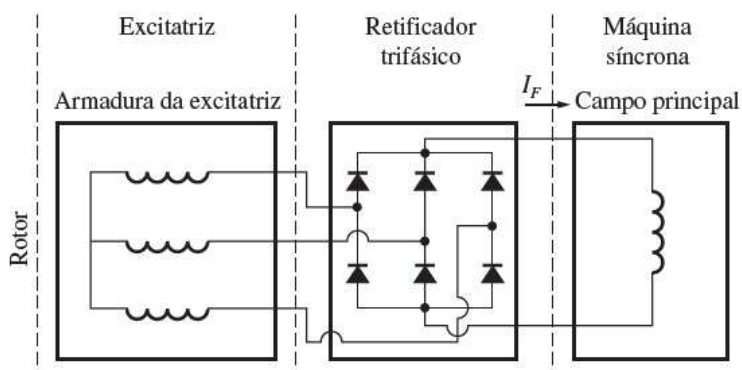


Fonte : CHAPMAN (2013).

Anéis coletores (ou deslizantes) são anéis de metal que envolvem completamente o eixo de uma máquina, mas estão isolados deste. Cada extremidade do enrolamento CC do rotor é conectada a um dos dois anéis coletores no eixo da máquina síncrona e uma escova estacionária está em contato com cada anel coletor, ela faz a passagem de corrente da fonte externa para o rotor através dos anéis coletores. São utilizados em geradores síncronos de baixa potência devido ao custo.

A outra maneira de fornecer potência CC para o rotor de geradores síncronos é sem o uso de escovas (*brushless*), utilizado em geradores de grande porte. Em geradores CA síncronos, o circuito de campo de excitação do rotor está no estator e o de armadura trifásica está no eixo do gerador. A tensão de saída do circuito de armadura é retificada e usada para alimentar o enrolamento principal, como mostra a Figura 19.

Figura 19 – Representação do circuito de excitação do rotor sem escovas.



Fonte – CHAPMAN (2013).

Como não ocorre contatos mecânicos entre o rotor e o estator, uma excitatriz sem escovas requer muito menos manutenção do que escovas e anéis coletores.

Para tornar a excitação de um gerador completamente independente de quaisquer fontes de potência externas, uma pequena excitatriz piloto é frequentemente incluída no sistema. Uma excitatriz piloto é um pequeno gerador CA com ímãs permanentes montados no eixo do rotor e um enrolamento trifásico no estator. Ela produz a potência para o circuito de campo da excitatriz, a qual por sua vez controla o circuito de campo da máquina principal. Se uma excitatriz piloto for incluída no eixo do gerador, nenhuma potência elétrica externa será necessária para

fazer funcionar o gerador, porque a partir do momento que começa a geração uma amostra de tensão do estator principal é utilizada para aumentar o campo do rotor.

Quando o rotor de um gerador síncrono é girado, uma tensão V_1 é induzida nos enrolamentos do estator do gerador. Se uma carga for aplicada aos terminais do gerador, uma corrente circulará. Contudo, uma corrente trifásica circulando no estator produzirá por si própria um campo magnético na máquina. Esse campo magnético de estator distorce o campo magnético original do rotor, alterando a tensão de fase resultante. Esse efeito é denominado “*reação de armadura*” porque a corrente de armadura (estator) afeta o campo magnético que o produziu em primeiro lugar.

4.5.2 Controle de tensão no gerador

O gerador, após o início do giro constante no rotor, utiliza o campo magnético residual para começar a gerar a tensão inicial. Uma amostra da tensão gerada no estator é utilizada para regular a tensão no enrolamento do rotor e aumentar a excitação do mesmo até o gerador atingir o valor da tensão nominal. Esses reguladores são automáticos e fazem o controle da tensão a vazio e em carga sobre velocidade constante.

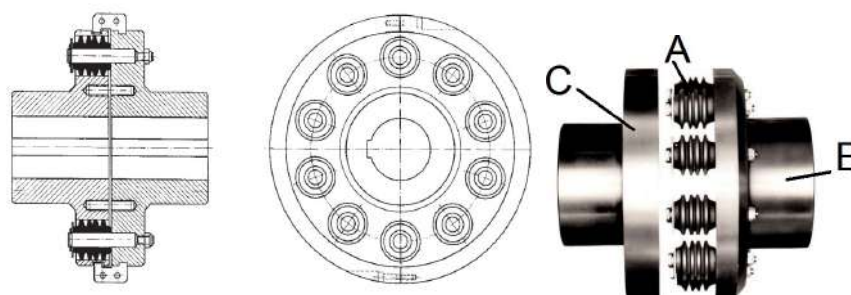
4.5.3 Acionamento dos Geradores por Meio de Maquinas Mecânicas e Térmicas Rotativas

O acionamento dos geradores síncronos são feitos geralmente por: motores do ciclo otto, roda d'água, turbinas térmicas, hidráulicas, eólicas e etc. Esse acionamento consiste na ligação entre os eixos do gerador e uma fonte de força mecânica, geralmente feito através de um acoplamento elástico capaz de absorver pequenos deslizamentos radiais e axiais, assim como vibrações provenientes das variações de carga e do desbalanceamento admitido das massas girantes. O alinhamento dos centro dos eixos é essencial para o bom funcionamento gerador. O tipo mais comum de acoplamento é o Elco (menor custo e montagem simples). (BRAZ, 2013).

4.5.3.1 Acoplamento Elco

O acoplamento Elco é um dos mais utilizados, por ser de menor custo e montagem simples. É constituído por 6, 8 ou 12 mangas de borracha sobre pinos de aço instalados numa das metades do acoplamento, que se encaixam em furos existentes na segunda metade como mostrada na Figura 20.

Figura 20 – Acoplamento Elco



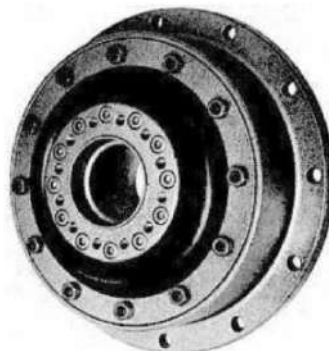
Fonte: Elco

Na peça **B** existem os pinos com mangas de borracha **A** que se encaixam nos furos existentes na peça **C**. Geralmente a peça **B** é aparafusada ao volante do motor Diesel enquanto a peça **C** é montada por meio de chaveta no eixo do gerador. A folga recomendada entre as peças **B** e **C** é de 4,0 mm, para que esforços axiais não sejam transmitidos à árvore de manivelas do motor.

4.5.3.2 Acoplamento Elástico

Em virtude da grande elasticidade dos elementos flexíveis, os acoplamentos elásticos proporcionam boa absorção das irregularidades de montagem, nivelando grandes diferenças de alinhamento radial, axial e angular e são isentos de manutenção. A fixação rígida dos elementos flexíveis pelas partes metálicas deste com os conjuntos agregados elimina todo e qualquer atrito causadores de desgaste, evitando assim ajustes periódicos na Figura 21 tem-se um exemplo deste tipo de acoplamento.

Figura 21 – Acoplamento Elástico



Fonte: IFRGN

4.6 Controle de Rotação de um Motor Diesel

Controlar um motor significa mantê-lo funcionando na velocidade desejada, mesmo com as variações de carga suportadas por ele ou independente delas. O processo da combustão e a pressão média por ele desenvolvida dependem principalmente da quantidade de combustível injetada.

O controle de combustível regula a velocidade do motor Diesel sob qualquer carga dentro dos parâmetros do mesmo. Num sistema de propulsão que trabalhe sob uma determinada carga total, a velocidade do motor só aumentará se maior quantidade for injetada e decrescerá se menor quantidade for injetada. Para uma determinada velocidade o controle de combustível fornecerá pressão de combustão que compensará a variação de carga total sobre o motor.

Os reguladores são empregados para manter o motor funcionando automaticamente na mesma velocidade, independente da carga para dar segurança e perfeição ao funcionamento do motor. Podem dispensar a permanência do operador, junto ao motor, atendendo com variações de alimentação a carga no motor. O regulador controla a rotação do motor ou turbina através da regulação da quantidade de combustível. Os principais tipos de reguladores Diesel e mais utilizados nos motores a combustão podem ser mecânicos na maioria dos motores de pequeno porte, pneumáticos, hidráulicos (a maioria dos motores diesel de médio e de grande porte) e eletrônicos (com utilização recente e crescente).

Uma das características do motor diesel é seu funcionamento instável, isto é, se o operador colocar uma determinada rotação no motor e soltar o acelerador, o motor não vai permanecer naquela rotação. Ele pode acelerar

indefinidamente, até se desintegrar ou pode desacelerar até parar. Daí a necessidade de haver um equipamento para controlar essa instabilidade

4.7 Vantagens e Desvantagens de Grupos Geradores

Os grupos geradores a diesel apresentam como vantagens:

- Baixo custo de aquisição quando comparados com outros tipos de fonte de energia como eólica e fotovoltaica;
- Facilidade em encontrar peças de reposição;
- Existem máquinas de diversas potências encontradas comercialmente, desde alguns kVA até valores em MVA;
- Apresentam robustez;
- Podem ser alimentados com biodiesel e já existem alguns motores que podem ser alimentados diretamente com óleos vegetais in natura, em lugar do óleo diesel, contribuindo assim para a diminuição da emissão de gases poluentes para o meio ambiente.

Como desvantagens, os grupos geradores apresentam:

- Altos custos de manutenção (devido ao fato de ser necessária manutenção constante no motor) e operação acarretado pela compra, transporte e abastecimento do óleo diesel;
- Dificuldade de logística para realizar o abastecimento de combustível, principalmente em locais isolados e de difícil acesso, assim como em locais onde existem períodos do ano que os rios estão cheios e períodos em que secam completamente, inviabilizando o transporte;
- Poluição do meio ambiente através de emissão de gases de efeito estufa e descarte do óleo lubrificante;
- Poluição sonora, caso o grupo gerador não esteja dentro de uma cabine própria para atenuar o ruído.

4.8 Impactos Ambientais de Grupos Geradores

“Ao ocorrer a queima de combustível dentro do motor, é produzido o gás de escape, o qual tem como partes constituintes básicas o dióxido (CO_2) e o monóxido (CO) de carbono, vapor de água (H_2O), carvão em fuligem e produtos de enxofre, além de vapores do combustível que não queimou totalmente. Esses materiais são liberados na atmosfera, contribuindo para a poluição do meio ambiente. Como consequência dessa liberação, tem-se a degradação da qualidade do ar, provocando cheiro característico e desagradável e liberação de vapores tóxicos prejudiciais à saúde; a degradação da água formando película sobre a superfície, com grande risco tóxico para a vida aquática e a poluição do solo, que pode comprometer a qualidade da água do lençol freático” (PINHO, 2008).

Outro impacto que deve ser levado em conta é em relação ao ruído provocado pelos grupos geradores, que dependendo de seu porte e localização na comunidade, pode exigir o uso de cabine com isolamento acústico, para diminuir o barulho provocado pelo motor. Os recipientes de armazenamento de combustível devem ser cuidadosamente fechados, e deve-se evitar o uso de tambores, tonéis, latas, galvanizados ou estanhados, pois os combustíveis empregados nos motores a diesel geralmente atacam o estanho e o zinco (Taylor, 1988). Para realizar o transporte do óleo diesel, é extremamente importante o cuidado com o manuseio dos recipientes que devem estar bem fechados, não apresentando pontos de corrosão caso, sejam metálicos, pois o risco de contaminação do meio ambiente é bastante alto, principalmente em regiões onde o combustível é transportado em veículos precários como caminhões, barcos e canoas.

5 SISTEMAS HÍBRIDOS DE GERAÇÃO DE ENERGIA

Em localidades remotas, onde o sistema de distribuição convencional de energia elétrica que não consegue atender em razão dos custos de construção de uma subestação é comumente utilizado o sistema de geração a diesel, também conhecido como diesel-elétricos. Entretanto a operação deste sistema não é tão simples, em razão de vários fatores como custo do combustível, a logística de transporte e armazenamento deste, e a necessidade de manutenção constante, além da questão ambiental. Uma possibilidade, como o próprio nome sugere, seria a instalação de um sistema híbrido de geração formado por mais de um tipo de fonte geradora. Essas fontes de geração podem ser ligadas a rede convencional de energia ou não. Um exemplo deste tipo de sistema é a geração fotovoltaica com célula combustível e baterias eletroquímicas.

5.1 Principais Tipos de Sistemas Híbridos

São diversos os tipos de sistemas híbridos em utilização. Dentre esses, os que podem ser destacados como principais, são:

- Sistema eólico-diesel;
- Sistema fotovoltaico-diesel;
- Sistema fotovoltaico-eólico-diesel;
- Sistema fotovoltaico-eólico.

5.2 Vantagens e Desvantagens

Os sistemas elétricos baseados no hibridismo da geração renovável e não renovável, com a acumulação de energia feita em baterias, representam hoje uma alternativa madura para o suprimento de energia, devido especialmente a:

- Avanços na conversão elétrica de energia através do desenvolvimento da eletrônica de potência;
- Desenvolvimento de programas computacionais para simulação e análise de sistemas híbridos (Hybrid 2, homer, vipor etc.);

- Contínuo aumento da eficiência e robustez dos equipamentos geradores (principalmente dos módulos fotovoltaicos e aerogeradores);
- Desenvolvimento de sistemas de controle automático mais confiáveis;
- Desenvolvimento da tecnologia de baterias chumbo-ácido livres de manutenção para sistemas de eletrificação com fontes renováveis.

6 METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos adotados consistem na pesquisa bibliográfica relacionada à fonte e energia independente assim como artigos, monografias e teses relacionadas ao Centro de Pesquisa Canguçu e visitas ao CPC para coleta de informações para realizar a melhor forma de automatizar a intercambiação dos sistemas fotovoltaico e geradores.

7 O CENTRO DE PESQUISA CANGUÇU

O Centro de Pesquisa Canguçu (CPC) fica localizado na Amazônia legal, no estado de Tocantins na região sudoeste, em Pium, a 246 Km de Palmas, entre os parques Nacional do Araguaia e Estadual do Cantão. O parque foi implantado em 1988 pelo Instituto Ecológico e é uma criação OSCIP – Organização da Sociedade Civil de Interesse Público, para atuar na área de pesquisa relacionada ao meio ambiente visando o monitoramento do clima e a busca pela sustentabilidade. O centro está localizado em uma região de alto interesse público, tecnológico, econômico e social onde se desenvolve vários projetos. O principal objetivo do centro é o de melhorar a qualidade de vida das populações e sua área de influência assim como gerar informações científicas e tecnológicas necessárias aos projetos ligados ao meio ambiente.

Em 2003 o Instituto Ecológico estabeleceu uma parceria com a Universidade Federal do Tocantins (UFT), que é quem atualmente gerencia o centro. A construção foi feita por meio de palafitas, uma vez que se situa em uma região pantanosa e que enfrenta constantes alagamentos como mostrado na Figura 22.

Figura 22 – Centro de Pesquisa Canguçu, ilha do bananal



7.1 A Geração de Energia Elétrica no Centro de Pesquisa Canguçu

Atualmente, está sendo utilizado no Centro de Pesquisa Canguçu dois tipos de geração de energia elétrica, uma fotovoltaica associada a banco de baterias, e gerador diesel, usados de forma alternada dependendo das condições do tempo e horário.

7.1.1 A Geração Fotovoltaica

O sistema fotovoltaico instalado é composto de 154 módulos, com capacidade de 124 Wp cada, (vide Figura 23). Essa instalação apresenta uma capacidade instalada de 19,096 kWp com previsão de 32 baterias, mas apenas 77 módulos estão funcionando com 16 baterias instaladas.

Figura 23 – Conjunto de Placas fotovoltaicas do CPC



A geração fotovoltaica, durante o dia, serve para alimentar o CPC e ao mesmo tempo carregar as baterias, de modo que se a insolação for insuficiente ao ponto de não conseguir alimentar o CPC o banco de baterias assume a carga até descarregarem chegando a uma tensão de 12,7 V que é o valor mínimo da tensão pré programada nos inversores CC/CA Sunny island Master (Figura 24).

Figura 24 – Inversor CC/CA e CA/CC Sunny island Master



7.1.2 Geradores a Diesel usados no CPC

No Centro de Pesquisa Canguçu, são utilizados grupos geradores de pequeno porte para suprir as necessidades de energia elétrica pelo período da noite das 18h às 22h e durante o dia quando o sistema fotovoltaico não consegue atender. Esses geradores se encontram em um galpão aberto a cerca de 100m da sede do CPC, conforme mostrado nas Figuras 25, 26 e 27.

Figura 25 – Gerador Bambozzi



Figura 26 – Gerador Toyama T6000CXE



Figura 27– Gerador Branco BD 800 E



Na Tabela 4 são apresentadas as características para cada gerador mostrado nas figuras 25, 26 e 27.

Tabela 4 – Características dos geradores disponíveis no CPC

Referência	Potência do motor Diesel [HP]	Potência elétrica fornecida [kVA]	Tensões nominais [V]	Correntes nominais [A]	Fator de Potência	Rotação no eixo [rpm]	Tipos de acionamentos
Toyama T6000CXE	10	5	115/230	43,4/21,7	1	3600	Partida elétrica
Bambozzi	12,7	6	110/220	54,5/27,2	1	1800	A manivela
Branco BD 800 E	13	6,3	110/220	57,2/28,5	1	3600	Partida elétrica

7.2 A Problemática do Sistema Elétrico do Canguçu

A manutenção elétrica dos sistemas de alimentação do Centro, não tem sido feita regularmente, como pode ser observado, por exemplo, nos bancos de baterias (vide Figura 28).

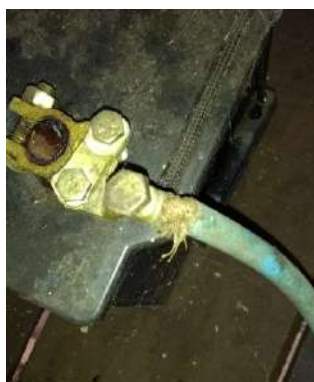
Figura 28 – Banco de baterias em má estado de conservação



Nos bancos de baterias em operação, os inversores estão configurados com o nível mínimo de tensão, o que vem ocasionando o corte no fornecimento de energia do sistema, assim que esses níveis mínimos de descarga são atingidos.

Das 16 baterias instaladas, algumas estão apresentando deficiências nas conexões, como por exemplo, conectores com folgas e oxidações nos terminais (vide Figura 29).

Figura 29 – Conexão das baterias



A área em volta do local de geração de energia fotovoltaica no Centro de Pesquisa Canguçu (vide Figura 30), em períodos específicos do dia, já está sombreada devido à alta vegetação em volta do sistema fotovoltaico, diminuindo a eficiência da geração. Portanto, com a geração fotovoltaica deficiente, o sistema em

dias nublados não consegue recarregar as baterias totalmente e alimentar o CPC, tornando mais frequente o acionamento dos geradores a Diesel durante o dia para suprir as necessidades energéticas do centro, consequentemente gerando um gasto maior de combustível e emissão de poluentes na atmosfera.

Figura 30 – Área em volta do local de geração de energia fotovoltaica no CPC



Os geradores a diesel no CPC são acionados manualmente, expondo o técnico responsável pelo funcionamento dos mesmos a riscos vida como, ataque de animais selvagens e peçonhentos, terreno alagadiços em determinada época do ano, descarga atmosférica, necessidade diária de uma caminhada de cerca de 200 metros de ida e volta para colocar em funcionamento os geradores (Vide Figura 31), e percorrer o mesmo trajeto para desligá-los posteriormente.

Figura 31 – Vela de acesso as instalações físicas dos geradores



Como pode ser visto na Figura 32, o sistema elétrico que comporta os circuitos que faz a intercambiação entre os geradores precisa de melhorias tanto estética, como proteção do próprio usuário contra choques elétricos já que a maior parte das operações são feitas a noite. Eles são acionados de forma manual sendo um por vez. O operador manobra a chave de comutação para escolher o gerador a ser usado para alimentar o CPC.

Figura 32 – Chave de comutação manual de intercanbiação dos geradores



Após o operador colocar o gerador em funcionamento, ele deve se deslocar à cede do CPC para fazer a comutação da geração fotovoltaica para geração a diesel como mostrado na Figura 33.

Figura 33 – Chave de comutação entre as fontes geradoras do CPC.



Conforme a figura 32, quando as chaves estão comutadas para a direita o CPC estará sendo alimentado pelo gerador e a esquerda, a alimentação é feita pelo sistema fotovoltaico.

Ecologicamente, sabe-se que a fonte de energia baseada em combustíveis fósseis não é o mais indicado. Desta forma, o sistema deve utilizar em menor período de tempo esta matriz energética, haja vista que além de ser altamente poluente para um centro de pesquisa ecológico, também está sendo feito um racionamento de combustível em razões de ordem financeiras institucionais.

8 PROJETO PARA AUTOMATIZAÇÃO DAS FONTES GERADORAS DO CPC

Como a interligação e acionamento dos geradores e comutação das fontes geradoras são feitas de maneira manual, foi proposto neste capítulo o projeto de automação no acionamento dos dois geradores com partida elétrica e intercambiação entre as fontes geradoras fotovoltaica e geradores diesel do Centro de Pesquisa Canguçu.

A filosofia de automação a ser proposta neste trabalho tem por objetivo automatizar o acionamento remoto dos geradores e a comutação da fonte de fornecimento de energia baseado tanto no horário como eventuais perdas de geração no sistema fotovoltaico. Esse trabalho também se baseia nas facilidades da utilização de um controlador lógico programável – CLP, como agente facilitador da lógica do sistema automatizado a ser proposto.

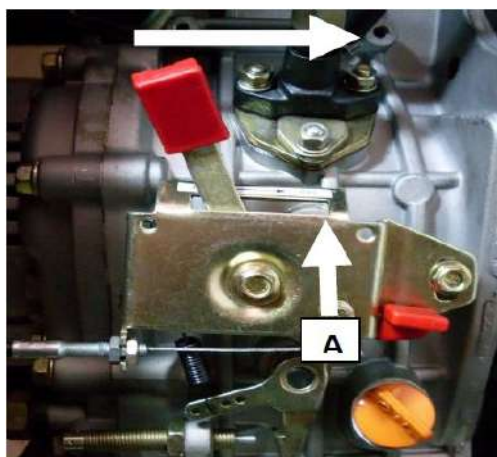
8.1 Automação da Partida dos Geradores a Diesel

O processo de partida dos geradores a diesel tem sido feito com a necessidade de um operador para executar, diariamente, a seguinte sequência, com base nas Figuras 34 (chave de partida do gerador) e 35 (alavanca de aceleração):

Figura 34 – Chave de partida do gerador



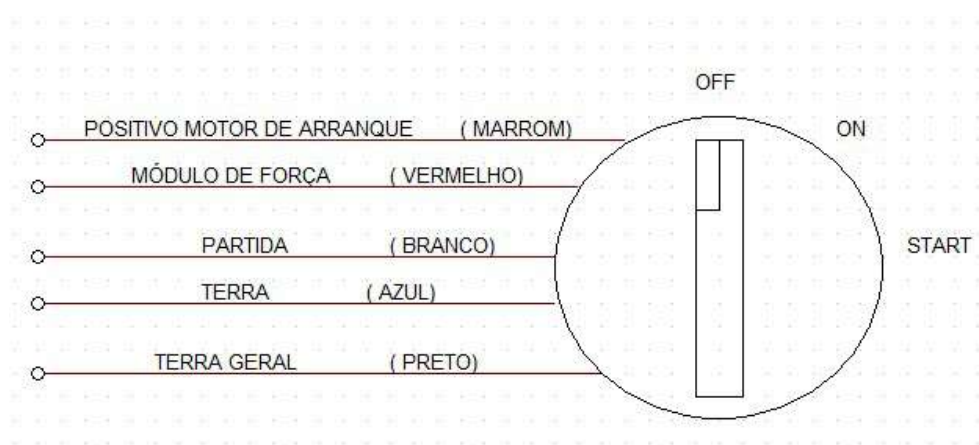
Figura 35 – Alavanca de aceleração do gerador



- 1– Movimentar a alavanca de aceleração manualmente para a posição A (Figura 36);
- 2 – girar a chave até a posição ON (Figura 35);
- 3 – girar a chave até a posição start (Figura 35);
- 4 – após o motor partir girar a chave para a posição ON;
- 5 – para desligar a geração a diesel girar para posição OFF.

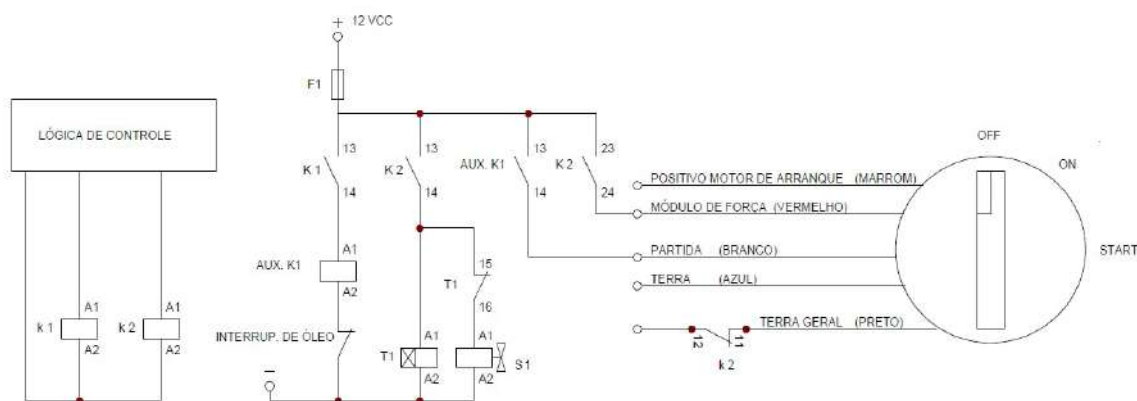
As conexões elétricas da chave de acionamento dos geradores a diesel se apresenta de acordo com a Figura 36.

Figura 36 – Esquema da chave de partida dos geradores a diesel



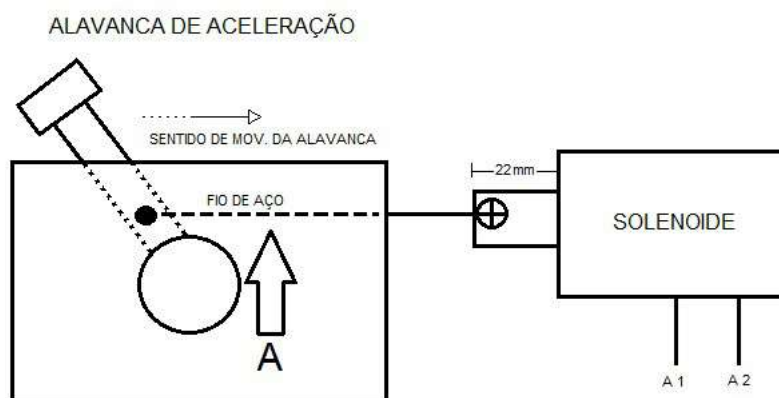
Para partir o gerador no modo automático serão feitas as seguintes inclusões na chave de partida como mostrado na Figura 37.

Figura 37 – Conexões na chave de partida do gerador em modo automático



Da mesma forma, na partida automática do gerador também serão necessários fazer as adaptações na alavanca de aceleração, como proposto na Figura 38. A movimentação da alavanca de aceleração é feita utilizando uma solenoide de 22 mm de curso, que traciona um cabo de aço até a posição **A**.

Figura 38 – Adaptações na alavanca de aceleração do gerador diesel



Com base nas Figuras 36 e 37, a sequência de passos para a operação automática do gerador diesel será:

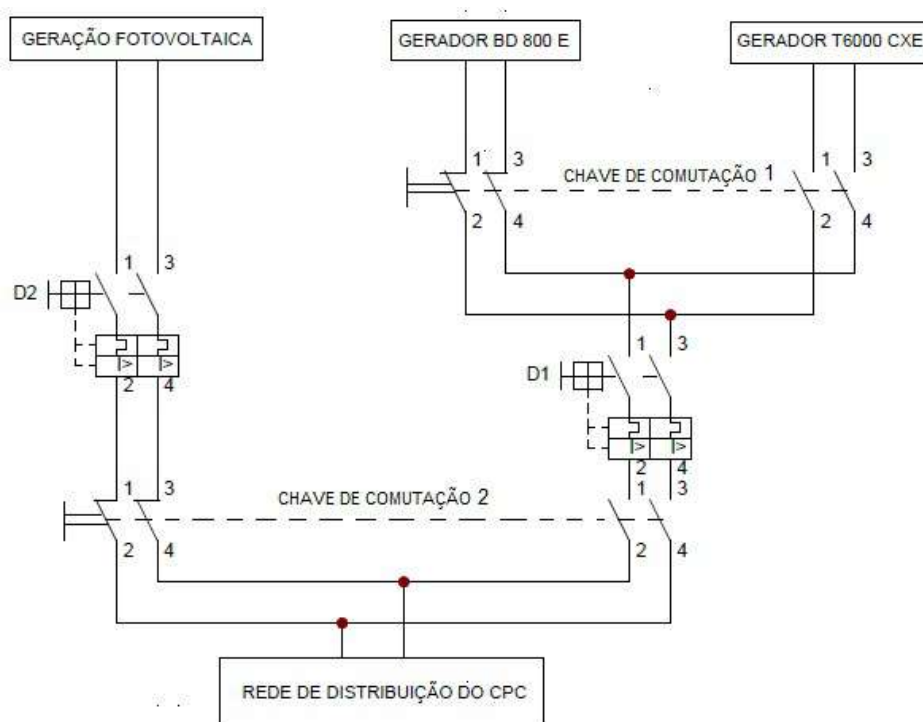
- 1 – acionamento do contator k2 pelo controlador;
- 2 – o contato 13/14 de k2 fecha e alimenta T1 e a solenoide;
- 3 – o contato 11/12 de k2 abre a conexão “terra geral”;
- 4 – o contato 23/24 de k2 fecha e alimenta o módulo de força;
- 5 – após 2s, a partir do item “2”, o contato 15/16 de T1 abre e desliga a solenoide;
- 6 – k1 é acionado durante 4s pelo controlador;
- 7 – o contato 13/14 de k1 fecha e energiza AUX. k1;
- 8 – o contato 13/14 de AUX. k1 fecha e aciona a partida do motor diesel;
- 9 – se o motor entrar em funcionamento antes de 4s, o interruptor de óleo abre o circuito, desligando o motor de partida;
- 10 – para desligar o motor diesel, k2 deve ser desenergizado pelo controlador.

A velocidade do gerador é feita de forma automática por um controlador centrífugo (governador mecânico) interno no motor diesel, sem a necessidade de uma lógica para controle de velocidade.

8.2 Automatização das Chaves de Comutação das Fontes Geradoras de Energia Elétrica do CPC

O processo de comutação das fontes de geração de energia elétrica tem sido feito de forma manual por meios de chaves de comutação cujo circuito elétrico é mostrado na Figura 39.

Figura 39 – Circuito elétrico de comutação manual das fontes de geração do CPC

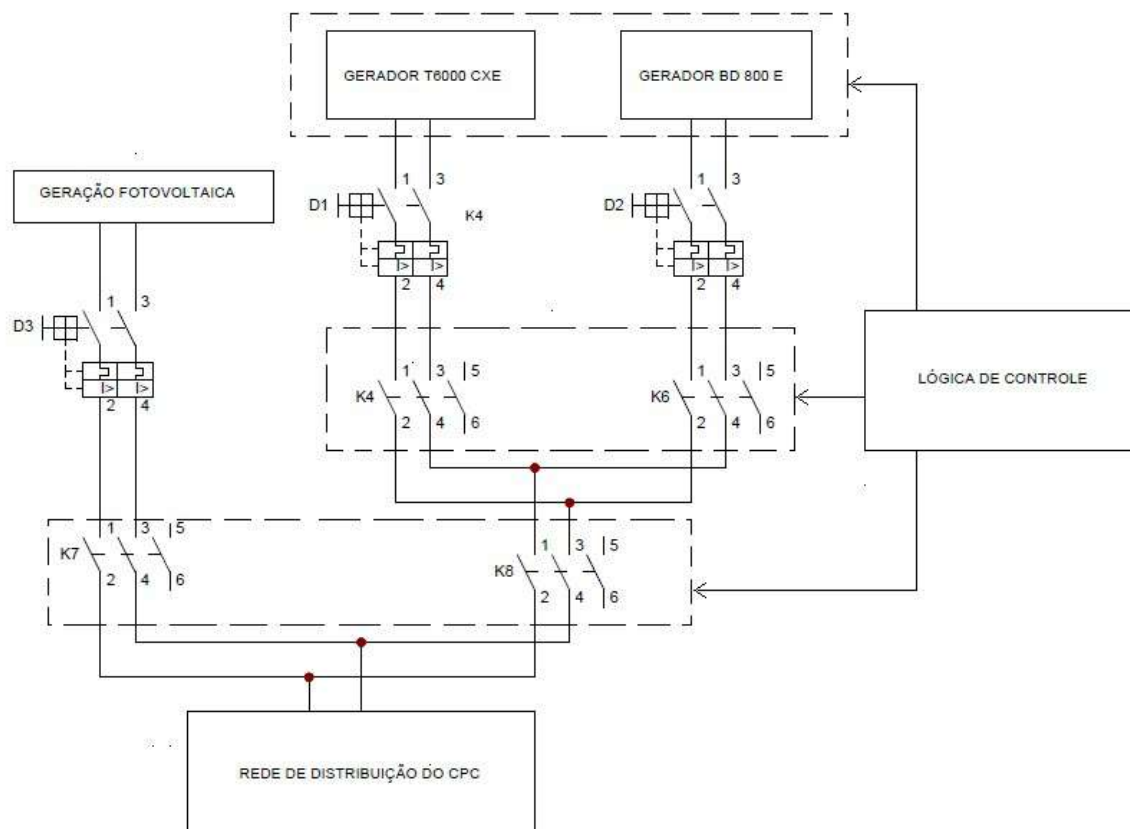


Na comutação manual entre as fontes de geração de energia, estando o gerador a diesel em funcionamento são executados os seguintes passos para o mesmo passar a fornecer energia para a rede de distribuição do CPC:

- 1 – mudança de posição da “chave de comutação 1” para o gerador em funcionamento;
- 2 – mudança de posição da “chave de comutação 2” da geração fotovoltaica para a geração a diesel.

Para possibilitar a automatização das chaves de comutação das fontes geradoras do CPC conforme Figura 32 e 33 serão utilizados contatores comandados por uma lógica de controle como mostrado na Figura 40.

Figura 40 – Circuito elétrico para automatizar as fontes geradoras do CPC



Na comutação automatizada das fontes de geração de energia elétrica do CPC, não havendo falhas e com a tensão do gerador em conformidade com a rede, a lógica de operação será feita, com base nos seguintes passos para o horário noturno com tempo pré-estabelecido de funcionamento:

- 1 – seleção do gerador a diesel em funcionamento por meio do acionamento de um dos contadores k4 ou k6;
- 2 – leitura da tensão do gerador a diesel em funcionamento;
- 3 – estando os níveis de tensão em conformidade com a rede, desenergização do contator k7;
- 4 – com o contator k7 desenergizado, energiza o contator k8;
- 5 – após atingir o horário pré-estabelecido de funcionamento serão desenergizados k4 ou k6 e k8 e o gerador a diesel será automaticamente desligado;
- 6 – ao amanhecer o contator k7 é energizado em horário pré-definido.

Para o horário diurno, somente é possível o operador acionar os geradores por meio de botoeiras. Quando o operador não necessita mais da

geração a diesel, o gerador é desligado também por meio de botoeira e o sistema volta automaticamente para a geração fotovoltaica.

Com o gerador funcionando, a sequência de acionamento do contator de comutação será feita da seguinte forma:

- 1 – Seleção do gerador a diesel por meio do acionamento de k4 ou k6;
- 2 – Estando os níveis de tensão em conformidade com a rede, o contator k7 será desenergizado, desconectando a geração fotovoltaica do sistema;
- 3 – Energização de contator k8;

O sistema automatizado também incorporará uma filosofia de proteção caso ocorra uma ou várias falhas, como:

- falta de combustível;
- bateria de partida do gerador com carga baixa ou danificada;
- sem tensão na saída do gerador;
- problemas na lubrificação do motor diesel;
- problema na parte elétrica do motor a diesel;
- entrada de ar na bomba injetora do motor a diesel;
- problema no relé de monitoração de tensão da geração a diesel.

Caso ocorra um tipo de falha, sem o gerador diesel em funcionamento o sistema responderá segundo a lógica de passos sequenciais proposta abaixo:

- 1 – escolha do gerador para entrar em operação;
- 2 – partida do gerador;
- 3 – caso o gerador não entre em funcionamento será aguardado um tempo de 10s(redução de sobrecarga na bateria e componentes de acionamento de partida);
- 4 – após o tempo de 10s, volta-se a executar a sequência a partir do item 2 até completar 2 tentativas de partida;
- 5 – o sistema entra em modo de proteção.

Com o sistema em modo de proteção será necessário identificar e corrigir as falhas e após isso se seguirá os seguintes passos:

- 1 – reinicializar o controlador responsável pela lógica de funcionamento do sistema por meio de uma botoeira específica ou botão de reset;
- 2 – se o horário de operação pré-definido para o funcionamento do gerador ainda estiver vigente, o mesmo voltará a entrar em funcionamento.

Com o gerador em funcionamento, ocorrendo uma falha, como por exemplo, queda de tensão na geração a diesel durante o dia, o sistema seguirá a seguinte lógica de operação:

- 1 – k8 é desenergizado;
- 2 – k7 é energizado;
- 3 – k4 ou k6 permanece energizado;
- 4 – inicia a partida do gerador novamente;
- 5 – aguardar 10s;
- 6 – se após duas tentativas de partida o gerador não entrar em operação

a lógica entra em modo de proteção;

Caso ocorra uma queda de tensão do gerador a diesel no período noturno fora do horário pré-programado de acionamento dos geradores será respeitada a sequência lógica:

- 1 – k8 é desenergizado;
- 2 – k4 ou k6 permanece energizado;
- 3 – inicia a partida do gerador novamente;
- 4 – aguardar 10s;
- 5 – se após duas tentativas de partida o gerador não entrar em operação

a lógica entra em modo de proteção;

Além do modo de proteção criado para proteger os geradores a evitar maiores danos no sistema de geração a diesel, uma outra proteção foi incluída para salvaguardar a integridade física do operador. Esta proteção é denominada “proteção de emergência” adicionada na lógica de controle para parar o funcionamento dos geradores e abrir k8 a qualquer momento no funcionamento do sistema de geração. Essa proteção é ativada por meio de 2 botoeiras, uma ao lado dos geradores e outra no CPC.

A automatização do sistema também incluirá uma chave de manutenção para cada gerador que garantirá a inoperância do gerador com falhas e ele não entra em funcionamento até que as mesmas sejam corrigidas ou servirá para inibir a entrada em operação de um dos geradores quando for necessário fazer manutenções nos mesmos, como por exemplo, troca de óleo lubrificante, filtros, limpezas, manutenção ou troca de bateria e etc.

8.3 Controle Lógico para Automatização da Partida do Gerador a Diesel e Intercambiação das Fontes Geradoras de Energia Elétrica do CPC

Conforme mostrado nas Figuras 36 e 39 observa-se que para a automatização tanto da partida do gerador a diesel como da intercambiação das fontes de alimentação da rede de distribuição do CPC, utiliza-se um bloco responsável por executar toda a lógica de funcionamento do sistema descrita nos itens 8.1 e 8.2.

Com o objetivo de facilitar e proporcionar maior facilidade nessa automatização a ser proposta neste trabalho será utilizado um controlador lógico programável – CLP, como já apresentado no capítulo 3.

Em princípio, o funcionamento do CLP se baseia pela leitura dos canais de entrada e atualização dos canais de saída. Assim para a escolha de um CLP adequado a implementação da lógica para automatização do sistema proposto pelo trabalho, será necessário que o mesmo atenda aos números dos canais de entrada e saída, seja analógico ou digital como mostrado nas Tabelas 5 e 6.

Tabela 5 – Dispositivos associados aos canais de entrada do CLP

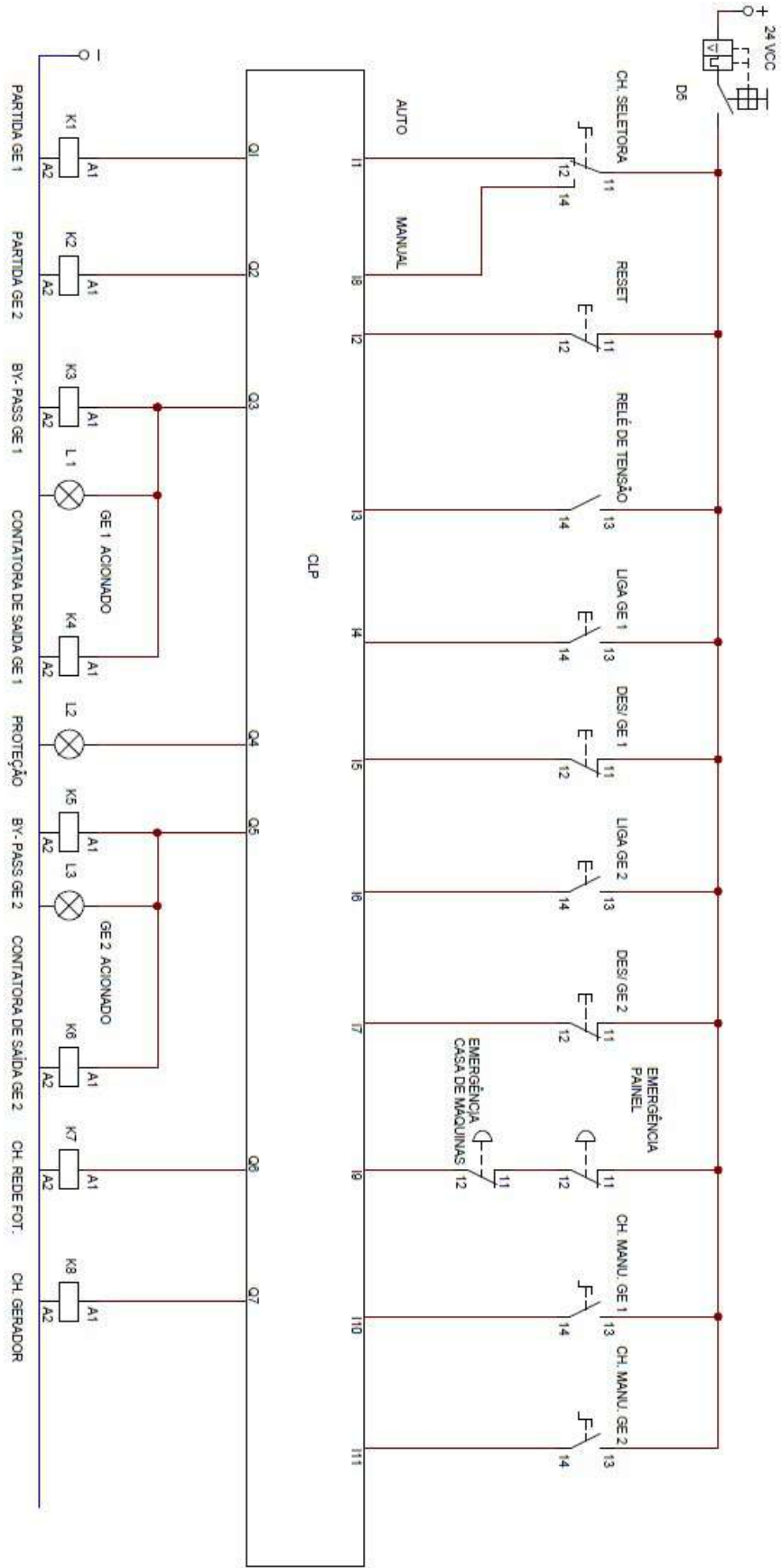
Canais de Entradas	Dispositivo associado à entrada	Função
I1	CH.SELETORA	Operação automática
I2	Botoeira RESET	Reinicializar a lógica de todo sistema
I3	RELÉ DE TENSÃO	Monitorar a tensão do gerador a diesel
I4	LIGA GE 1	Solicitação de partida do gerador 1
I5	DES/ GE 1	Solicitação para desligar o gerador 1
I6	LIGA GE 2	Solicitação de partida do gerador 2
I7	DES/ GE 2	Solicitação para desligar o gerador 2
I8	CH. SELETORA	Operação manual
I9	EMERGÊNCIA	inibe o funcionamento do sistema
I10	CH.MANU. GE 1	Habilita o funcionamento do gerador 1
I11	CH.MANU. GE 2	Habilita o funcionamento do gerador 2

Tabela 6 – Dispositivos associados aos canais de saídas

Canais de Saídas	Dispositivo Associado à Saída	Função
Q1	Relé de PARTIDA GE 1	Partida do gerador 1
Q2	Relé de PARTIDA GE 2	Partida do gerador 2
Q3	BY- PASS GE 1; GE 1 ACIONADO; CONTATORA DE SAIDA GE 1	Habilita o gerador para funcionar, indica o gerador acionado, habilita a saída de tensão do gerador 1 para ser comutada com a tensão fotovoltaica.
Q4	PROTEÇÃO	Indica que o gerador entrou no modo de proteção
Q5	BY- PASS GE 2; GE 2 ACIONADO; CONTATORA DE SAIDA GE 2	Habilita o gerador para funcionar, indica o gerador acionado, habilita a saída de tensão do gerador 2 para ser comutada com a tensão fotovoltaica.
Q6	CH. REDE FOT.	Comuta a alimentação do CPC para a geração fotovoltaica
Q7	CH. GERADOR	Comuta a alimentação do CPC para a geração a diesel

Na Figura 41 é mostrado as ligações do CLP aos dispositivos contidos nas Tabelas 5 e 6.

Figura 41 – Conexões dos dispositivos nos canais de entrada e saída do CLP



Além dos canais de entradas e saídas, o CLP deverá apresentar as seguintes características abaixo com o propósito de simplificar a programação da lógica:

- tensão de alimentação 24 V;
- 2 timer semanal;
- 3 contadores crescentes;
- 4 temporizadores on/delay;
- 1 temporizador on/of delay;
- 9 *flags* (saídas virtuais).

Assim, optou-se pelo CLP Zelio SR2B202BD (vide Anexo 1), que, além da facilidade de ser encontrado no comércio, contempla as características mínimas, necessárias a automatização a que se propõe este trabalho.

A linguagem de programação utilizada para as sequências das lógicas, já discutidas nos itens anteriores, foi a Ladder, por apresentar maior simplicidade e amplamente difundida entre os programadores de CLP. Essa programação é apresentada no anexo 2.

8.4 Dispositivos para a Automatização dos Geradores a Diesel e das Fontes de Energia Elétrica do CPC

Na automatização da partida do gerador a diesel e na intercambiação das fontes geradoras de energia elétrica do CPC, além do CLP, também serão necessários que os dispositivos a ele associados sejam de fácil aquisição e compatibilidade para o caso de facilidades na manutenção do sistema. Na tabela 7 são apresentados esses dispositivos com suas características:

Tabela 7 – Dispositivos necessários para a automatização dos geradores a diesel e fontes de energia elétrica do CPC

Item	Dispositivo - Ref.do Fabricante	Características
1	Relé de interface - RSLZVA1- SCHNEIDER	1NA com alimentação da bobina 24Vcc
2	Contator -CWCAO-32-00-24 - WEG	2NA + 1NF com alimentação da

		bobina 24 Vcc
3	Relé de interface-JAR50 - JNG	1NA com alimentação da bobina 12 Vcc
4	temporizador- Relé temporizador NE 555	1NF com alimentação da bobina 12 Vcc
5	Solenoide - SL10-12VCC - MITSUBISHI	22mm de curso com alimentação de 12 Vcc
6	Fusível - Porta fusível tipo rosca e fusível	15 A
7	Chave seletora - P20SSR4-B-2A - METALTEX	3pos/2NA
8	Botão de pulso - P20AFR-G-1A - METALTEX	22mm verde 1NA
9	Botão de pulso -P20AFR-R-1B - METALTEX -	22mm vermelho 1NF
10	Botão de pulso -METALTEX - P20AFR-B-1A	22mm preto 1NF
11	Relé monitor de tensão - TVM-04 - COEL	190 - 254 V
12	Botão cogumelo - P20BKR-R-1B - METALTEX	22 mm Vermelho 1NF
13	Interruptor de alavanca - CS-301D AEB2FP1 - MARGIRIUS	Metálica
14	Disjuntor - 5SX1 232 -7 - SIEMENS	32 A
15	Contator - CT32-B5-322 - METALTEX	32 A com alimentação de 24 Vcc
16	Sinaleira - L20-R7-BLP - METALTEX	22 mm verde com alimentação de 24 Vcc
17	Sinaleira amarela - L20-R7-Y - METALTEX	22 mm amarelo com alimentação de 24 Vcc
18	cabo Pp 4 vias 1,5 mm ²	100 m

19	fio 1,5 mm ²	100 m
20	Conector de passagem METALTEX	2,5 mm ²
21	Painel de comando -CEMAR	400 x 400 x 200
22	Trilho - AIEDEM	Liso/50CM
23	Parafuso auto brocante	3,2x13 mm
24	Canaleta PVC aberta	30 x 50 x 2000

Para o caso específicos dos contadores, os mesmos foram dimensionados de acordo com a potência do maior gerador que é de 6,3 kVA. Como o seu disjuntor de saída é 32 A, então os contadores k4, k6, k7 e k8 também terão a mesma corrente nominal, que é superior a maior corrente que os geradores podem suprir.

Considerando a Equação 06:

$$S = V \cdot I$$

Eq.: 06

Onde:

S = potência aparente do gerador;

V = tensão de geração do gerador;

I = corrente nominal do gerador;

a corrente para os contadores, considerando uma tensão admissível de 220 V, será:

$$6300 = 220 \cdot I, \text{ logo a corrente será } I = 28.63 \text{ A.}$$

A corrente nominal do contator mais próxima da corrente calculada, considerando uma margem de segurança de 15%, será de 32,9 A. O contator comercial mais próximo a esse valor é de:

$$I_{\text{contator}} = 32 \text{ A}$$

Para o caso dos disjuntores de proteção dos geradores e sistema fotovoltaico, foi utilizado o mesmo procedimento adotado para os contadores. Assim as correntes nominais dos disjuntores serão de:

$$I_{\text{Disjuntor}} = 32 \text{ A}$$

8.5 Instalações Elétricas Necessárias a Automação dos Geradores a Diesel e Fonte Fotovoltaica

Na automação dos geradores a diesel e fonte fotovoltaica haverá a necessidade de instalações elétricas para ligar os dispositivos ao CLP, que podem ser aéreas pela simplicidade construtiva e custos reduzidos.

Para garantir o acionamento dos dispositivos, deve-se cuidar para que os condutores das instalações elétricas tenham uma queda de tensão mínima para a alimentação dos contadores.

A tensão de alimentação dos circuitos de automação é de 24 Vcc. Como a maior carga de acionamento do CLP será os contadores k2 e k4 (ou k5 e k6, conforme a seletividade), que estão em paralelo, o dimensionamento dos condutores será com base na queda de tensão máxima, que é de 2,0 Vcc.

Considerando:

- Distância do circuito de k2 e k4 até local físico dos geradores = 200 m;
- Potência consumida de k2 e k4 = 20 W.

Para o cálculo da resistência dos cabos que alimentam as bobinas dos contadores, será utilizada a Equação 07.

$$V = R \cdot I \quad \text{Eq.: 07}$$

Onde:

V = tensão do circuito;

R = resistência do cabo;

I = corrente de energização;

$$I = 20/24 \rightarrow I = 0,833 \text{ A.}$$

Assim as correntes dos contadores calculadas será de 0,833 A.

A resistência do cabo que garantirá a máxima queda de tensão será:

$$R = 2/0,833 \rightarrow R = 2,4 \Omega$$

Utilizando a 2ª lei de Ohm como visto na Equação 08:

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A} \quad \text{Eq.: 08}$$

Onde:

R = resistência;

p = resistividade do material;

L = comprimento do material condutor;

A = área do condutor em mm²,

Considerando o cobre como material utilizado nas instalações de circuitos de automação, a área do condutor será:

$$A = 0,017 * 200 / 2,4 \rightarrow A = 1,41 \text{ mm}^2$$

Assim será utilizado o condutor de secção de área de 1,5 mm² para a implementação das instalações elétricas para a automação do sistema.

8.6 Orçamentos para a Implantação do Projeto Discutido Neste Trabalho

Um aspecto de extrema importância na implementação de qualquer projeto são os seus custos financeiros comparados com a viabilidade produtiva ou facilidades que o mesmo possa proporcionar.

Para o caso específico do Centro de Pesquisa Canguçu, os aspectos positivos para a implantação do projeto já foram discutidos nos capítulos anteriores e estão apresentados nas Tabelas 8 e 9 são apresentados os valores financeiros de itens e serviços com uma taxa de acréscimo aproximado de 3,0 %, (devido a inflação dos últimos 12 meses), como forma de referência dos custos, que podem variar para mais ou para menos, considerando a data de julho de 2018.

Tabela 8: Materiais para a implementação da automação dos geradores a diesel e fontes do CPC com os custos financeiros

Item	Dispositivo - Ref.do Fabricante	Quant.	Ano: 2018 Mês: julho		Subtotal acrescido de 3% R\$
			Valor unitário R\$	Subtotal R\$	
1	Relé de interface - RSLZVA1- SCHNEIDER	2	32,29	64,58	66,52
2	Contator -CWCAO-32-00-24 – WEG	2	86,36	172,72	177,90

3	Relé de interface-JAR50 – JNG	2	33,76	67,52	69,55
4	temporizador- Relé temporizador NE 555	2	19,99	39,98	41,18
5	Solenoide - SL10-12VCC – MITSUBISHI	2	349,00	698,00	718,94
6	Porta fusível tipo rosca e fusível	2	8,00	16,00	16,48
7	Chave seletora - P20SSR4-B-2A – MATALTEX	1	22,10	22,10	22,76
8	Botão de pulso 22mm verde 1NA - P20AFR-G-1A - METALTEX	2	8,20	16,40	16,89
9	Botão de pulso -P20AFR-R-1B- METALTEX	2	8,20	16,40	16,89
10	Botão de pulso 22mm preto 1NF- METALTEX -P20AFR-B-1 ^a	1	8,20	8,20	8,45
11	Relé monitor de tensão - TVM-04 – COEL	1	280,00	280,00	288,40
12	Botão cogumelo -P20BKR-R-1B – METALTEX	2	15,00	30,00	30,90
13	Interruptor de alavanca - CS-301D AEB2FP1 – MARGIRIUS	2	12,49	24,98	25,73
14	Disjuntor - 5SX1 232 -7 – SIEMENS	3	35,90	107,70	110,93
15	Contator - CT32-B5-322 – METALTEX	4	100,60	402,40	414,47
16	Sinaleira -L20-R7-BLP – METALTEX	2	10,99	21,98	22,64
17	Sinaleira - L20-R7-Y – METALTEX	1	10,99	10,99	11,32
18	Cabo Pp 4 vias 1,5 mm ²	3	430,00	1.290,00	1.328,70
19	Fio 1,5 mm ²	1	84,20	84,20	86,73
20	Conector de passagem – METALTEX	50	2,24	112,00	115,36
21	Painel de comando –CEMAR	2	132,00	264,00	271,92
22	TRILHO –AIEDEM	3	4,97	14,91	15,36
23	Parafuso auto brocante	25	2,75	68,75	70,81
24	Canaleta PVC aberta	2	34,85	69,70	71,79
TOTAL				3903,51	4.020,62

Com base nos valores da Tabela 9, pode ser acrescentado um percentual de 15% de custos de envios. O valor da mão de obra para a implementação do projeto, tema deste trabalho, somente a título de referência, poderia ser em torno de

50%. Além disso devem ser inclusos os custos de deslocamentos. Na Tabela 9 são apresentados esses valores, bem como o valor total.

Tabela 9 – Custo total da implantação do projeto

Despesas	Valores
Materiais	R\$ 4.020,62
Mão de obra	R\$ 2.010,31
Custo de envios	R\$ 603,09
Deslocamento	R\$ 750,00
Total	R\$ 6.634,02

9. CONCLUSÃO

Este trabalho foi proposto de modo a trazer facilidades e conforto com uma maior segurança as pessoas que operam e administram o Centro de Pesquisa Canguçu trazendo grandes vantagens comparado ao sistema atual.

Umas das vantagens a implantação do projeto de automatização das fontes geradoras é o horário programado para ligar e desligar os geradores automaticamente das 18:00 às 22:00h todos os dias da semana, sendo que a qualquer momento os geradores podem ser acionados por meio de botoeiras para atender o CPC durante o dia e depois do horário programado. Esse recurso garante o funcionamento dos dois geradores durante a semana. Assim os desgastes mecânicos dos geradores são reduzidos, aumentando a vida útil do sistema de geração a diesel.

Com o desenvolvimento do projeto proposto, eliminará todos os problemas descritos no item 7.2. Todas as vantagens descritas no projeto de automatização das fontes geradoras serão possíveis com um custo de implantação baixo, como mostrado na Tabela 9 comparado as vantagem, conforto, segurança e operacionalidade do sistema a ser implantado.

No ponto de vista do aprendizado, foi de grande valia este trabalho para colocar em prática, os conhecimentos adquiridos durante o curso, agregando ainda mais conhecimento na área da indústria, onde conseguiu-se solucionar as dificuldades que realmente são encontradas na prática do dia a dia, para a implementação e conclusão do projeto.

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Atlas da energia elétrica no Brasil, ANEEL, Brasília, DF, 2009.
- [2] Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) – disponível em www.aneel.gov.br acessado em 20/05/2018.
- [3] Ministério das minas e energia – disponível em www.mme.gov.br. Acessado em 22/05/2018.
- [4] Portal energia: energias renováveis – Disponível em www.portal-energia.com. Acessado em 23/02/2018.
- [5] CRESESB – Centro de referência para energia Eólica e Sola Sergio de Salvo Brito – Disponível em www.cresesb.cepel.br. Acessado em 21/04/2018.
- [6] PINHO, João Tavares. Manual de Engenharia Para Sistemas Fotovoltaicos – CRESESB – DTE – CEPEL
- [7] RÜTHER, Ricardo. Edifícios Solares Fotovoltaicos – UFSC, Florianópolis, SC, 2004.
- [8] Cadernos Temáticos ANEEL – Micro e Minigeração Distribuída – Sistemas de Compensação de Energia - ANEEL, Brasília ,DF, 2014.
- [9] PEREIRA, Enio Bueno. Atlas Brasileiro de Energia Solar – INPE, São José dos Campos, SP, 2006.
- [10] TIBA, Chigueru. Atlas Solamétrico do Brasil: Banco de dados solamétricos – UFPE, Recife, PE, 2000.
- [11] NTD 18 – Acesso de geração distribuída ao sistema de distribuição da Celtins – Palmas, TO, 2012.

- [12] MORAIS, Cícero Couto de & CATRUCCI, Plinho de Lauro. Engenharia de Automação. LTC, São Paulo, 2013. 295p.
- [13] Discoveries & Inventions of the Nineteenth Century" by R. Routledge, 13th edition, published 1900. Autor : R. Routledge
- [14] Ciclo de otto. Disponível em http://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/ciclo_otto.htm Acessado em 30/08/2018.
- [15] Wikepedia. Disponível em http://www.politecnica.pucrs.br/professores/tergolina/Automacao_e_Control/APRES-ENTACAO_-_Aula_05_Linguagens_de_Programacao_FB_SFC_ST.pdf - Acessado em 30/08/2018.
- [16] CHAPMAN, Stephan J, Fundamentos de Máquinas Elétricas. Bookman, Porto Alegre, 2013, 683p, 5º ed.
- [17] Elco-Coupling Flexible Compression Sleeve Coupling, RENK, Catálogo Técnico.
- [18] FRANCI, Claiton Moro. CAMARGO, Valter Luis Arlindo de, Controladores Lógico Programáveis: Sistemas Discretos. São Paulo, 2008, 353p, 1ª ed.
- [19] BRAZ, Otávio Sebastião, ARAÚJO, Reyler Arimatéia. Grupo motor gerador de energia elétrica movido a biogás, UNIFRAN, Franca-SP, 2013, 125p.
- [20] PINHO, João tavares et al. Sistemas Híbridos: Soluções Energéticas para a Amazônia, 1ª Ed. Brasília: Ministério das Minas e Energia, 2008.

ANEXO A – ZÉLIO LOGIC SR2_SR3_SR2B202DB

Product data sheet Characteristics

SR2B202BD

compact smart relay Zelio Logic - 20 I/O - 24 V
DC - clock - display



Main

Range of product	Zelio Logic
Product or component type	Compact smart relay

Complementary

Local display	With
Number of control scheme lines	0...500 with FBD programming 0...240 with ladder programming
Cycle time	6...90 ms
Backup time	10 years at 25 °C
Clock drift	6 s/month at 25 °C 12 min/year at 0...55 °C
Checks	Program memory on each power up
[Us] rated supply voltage	24 V DC
Supply voltage limits	19.2...30 V
Supply current	100 mA (without extension)
Power dissipation in W	3 W without extension
Reverse polarity protection	With
Discrete input number	12 conforming to EN1131-2 type 1
Discrete input type	Resistive
Discrete input voltage	24 V DC
Discrete input current	4 mA
Counting frequency	1 kHz for discrete input
Voltage state 1 guaranteed	>= 15 V for I1...IA and IH...IR discrete input circuit >= 15 V for IB...IG used as discrete input circuit
Voltage state 0 guaranteed	<= 5 V for I1...IA and IH...IR discrete input circuit <= 5 V for IB...IG used as discrete input circuit
Current state 1 guaranteed	>= 1.2 mA for IB...IG used as discrete input circuit >= 2.2 mA for I1...IA and IH...IR discrete input circuit
Current state 0 guaranteed	<= 0.5 mA for IB...IG used as discrete input circuit <= 0.75 mA for I1...IA and IH...IR discrete input circuit
Input compatibility	3-wire proximity sensors PNP (discrete input)
Analogue input number	6
Analogue input type	Common mode

Analogue input range	0...10 V 0...24 V
Maximum permissible voltage	30 V (analogue input circuit)
Analogue input resolution	8 bits
LSB value	39 mV (analogue input circuit)
Conversion time	Smart relay cycle time for analogue input circuit
Conversion error	+/- 5 % at 25 °C for analogue input circuit +/- 6.2 % at 55 °C for analogue input circuit
Repeat accuracy	+/- 2 % at 55 °C for analogue input circuit
Operating distance	10 m between stations, with screened cable (sensor not isolated) for analogue input circuit
Input impedance	12 kOhm (IB...IG used as analogue input circuit) 12 kOhm (IB...IG used as discrete input circuit) 7.4 kOhm (I1...IA and IH...IR discrete input circuit)
Number of outputs	8 transistor output(s)
Output voltage	24 V (transistor output)
Output voltage limits	19.2...30 V DC (transistor output)
Load current	0.5...0.625 A (transistor output)
[Ures] residual voltage	<= 2 V at state 1 (transistor output)
Overload protection	With, transistor output
Short-circuit protection	With transistor output
Overvoltage protection	With, transistor output
Clock	With
Response time	<= 1 ms (from state 0 to state 1) for transistor output <= 1 ms (from state 1 to state 0) for transistor output
Connections -terminals	Screw terminals, clamping capacity: 1 x 0.2...1 x 2.5 mm² AWG 25...AWG 14 semi-solid Screw terminals, clamping capacity: 1 x 0.2...1 x 2.5 mm² AWG 25...AWG 14 solid Screw terminals, clamping capacity: 1 x 0.25...1 x 2.5 mm² AWG 24...AWG 14 flexible with cable end Screw terminals, clamping capacity: 2 x 0.2...2 x 1.5 mm² AWG 24...AWG 16 solid Screw terminals, clamping capacity: 2 x 0.25...2 x 0.75 mm² AWG 24...AWG 18 flexible with cable end
Tightening torque	0.5 N.m
Overvoltage category	III conforming to EN/IEC 60664-1
Product weight	0.28 kg

Environment

Immunity to microbreaks	<= 1 ms
Product certifications	CSA C-Tick GL GOST UL
Standards	EN/IEC 60068-2-27 Ea EN/IEC 60068-2-6 Fc EN/IEC 61000-4-11 EN/IEC 61000-4-12 EN/IEC 61000-4-2 level 3 EN/IEC 61000-4-3 EN/IEC 61000-4-4 level 3 EN/IEC 61000-4-5 EN/IEC 61000-4-6 level 3
IP degree of protection	IP20 (terminal block) conforming to IEC 60529 IP40 (front panel) conforming to IEC 60529
Environmental characteristic	EMC directive conforming to EN/IEC 61000-6-2 EMC directive conforming to EN/IEC 61000-6-3 EMC directive conforming to EN/IEC 61000-6-4 EMC directive conforming to EN/IEC 61131-2 zone B Low voltage directive conforming to EN/IEC 61131-2
Disturbance radiated/conducted	Class B conforming to EN 55022-11 group 1
Pollution degree	2 conforming to EN/IEC 61131-2
Ambient air temperature for operation	-20...40 °C in non-ventilated enclosure conforming to IEC 60068-2-1 and IEC 60068-2-2 -20...55 °C conforming to IEC 60068-2-1 and IEC 60068-2-2

Ambient air temperature for storage	-40...70 °C
Operating altitude	2000 m
Altitude transport	<= 3048 m
Relative humidity	95 % without condensation or dripping water

Contractual warranty

Warranty period	18 months
-----------------	-----------

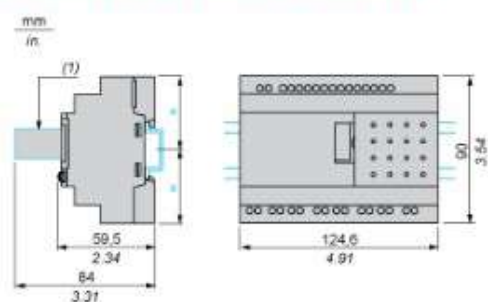
Product data sheet

SR2B202BD

Dimensions Drawings

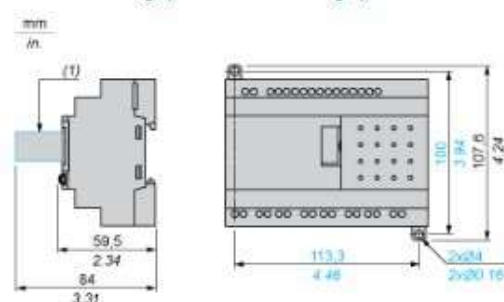
Compact and Modular Smart Relays

Mounting on 35 mm/1.38 in. DIN Rail



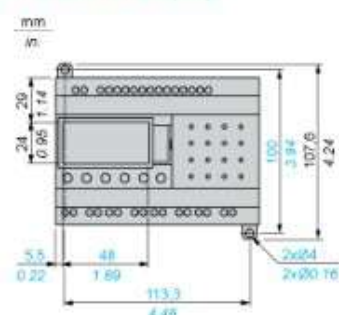
(l) With SR2USB01 or SR2BTC01

Screw Fixing (Retractable Lugs)



(l) With SR2USB01 or SR2BTC01

Position of Display



Product data sheet
Performance Curves

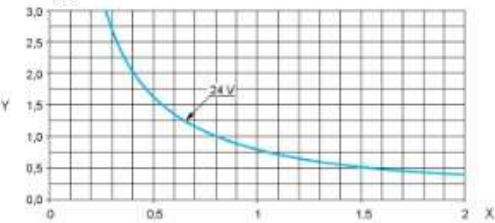
SR2B202BD

Compact and Modular Smart Relays

Electrical Durability of Relay Outputs

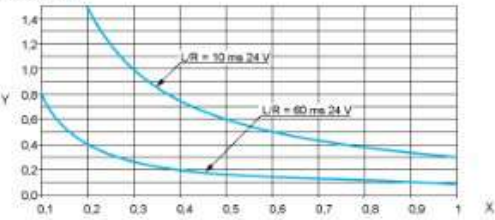
(in millions of operating cycles, conforming to IEC/EN 60947-5-1)

DC-12 (1)



X: Current (A)
Y: Millions of operating cycles
(1) DC-12: control of resistive loads and of solid state loads isolated by opto-coupler, $L/R \leq 1$ ms.

DC-13 (1)



X: Current (A)
Y: Millions of operating cycles

ANEXO B – PROGRAMA EM LADDER

