

AUTOMAÇÃO EM USINAS HIDRELÉTRICAS: SUPERVISÃO DE MÁQUINA

Gabriel Lacerda Nogueira – gabriel9mg@gmail.com

“Orientador” Prof. Ms. Ricardo Janes – ricardo.janes@mackenzie.br

RESUMO

Este artigo aborda a automação em usinas hidrelétricas, com foco no controle e monitoramento por supervisão devido a gigante onda de automatização e digitalização nas indústrias e grandes empresas que estão tendo de se adaptar, e no setor de geração e distribuição não é diferente. Portanto foram feitas visitas a PCH (pequena central hidrelétrica), verificando funcionamento e intertravamentos para elaboração de um supervisão funcional e real de uma turbina do tipo Francis com eficiência acima de 80%, que resultou em telas de partidas e parada de equipamento, dados críticos de componente e alarmes de emergência. Os resultados foram satisfatórios e foi possível ver o incrível ganho em segurança, praticidade e facilidade para funcionamento de uma usina hidroelétrica, diminuindo drasticamente o fator erro humano e muitos das falhas que danificam uma turbina, como alta temperatura, bobina queimada, entre outras.

Palavras-chave: Usina hidrelétrica, energia, automação, supervisão

ABSTRACT

This article addresses the automation in hydropower plants, focusing on the control and monitoring by supervisory due to the giant wave of automation and digitalization in industries and large companies that are having to adapt, and the generation and distribution sector is no different. Therefore, visits were made to a SHP (small hydroelectric power plant), checking operation and interlocks for the elaboration of a functional and real supervisory of a Francis turbine with efficiency above 80%, which resulted in screens for starting and stopping equipment, critical component data, and emergency alarms. The results were satisfactory and it was possible to see the incredible gain in safety, practicality and ease of operation of a hydroelectric power plant, drastically reducing the human error factor and many of the failures that damage a turbine, such as high temperature, burnt coil, among others.

Keywords: hydroelectric power plant , energy, automation, supervisory

1 INTRODUÇÃO

O trabalho em questão se trata de automação em usinas hidrelétricas, com foco em usinas com turbina do tipo Francis. O objetivo do mesmo é a execução de um sistema supervisório, o qual abrange sequência de partida e parada da máquina e suas devidas pré-condições para que o sistema funcione com segurança e capacite o operador a manobrar o sistema sem que haja erros.

O sistema foi realizado através do software ELIPSE, onde foram elaboradas tela com o controle das bombas de óleo da Usina, tela de partida e parada e suas pré-condições, afim de proporcionar aos operadores um ambiente em que se habituem facilmente e possam realizar suas manobras manuais.

2 METODOLOGIA

O projeto de objetivo do estudo tem como base uma bancada de testes, alocando os equipamentos necessários para a transmissão do sinal do Software de automação com finalidade de disponibilizar o sinal dos equipamentos para o Sistema Supervisório desenvolvido no *Software* Eclipse.

Para o desenvolvimento da bancada de testes de comando e supervisão, foi necessário o estudo da especificação dos equipamentos, através do Datasheet de equipamentos como Relés, CPU e seus módulos de expansão. Para a elaboração e montagem do projeto foi necessário um painel pequeno, fiação nas cores vermelho e preto para interligação entre os equipamentos e os bornes utilizados, alicate de corte para desencapar os fios, alicate prensa cabo para achatar a ponta do fio ao terminal, assim impedindo o fio de ser conectado diretamente sem nenhuma proteção, chave de fenda para conectar o fio ao equipamento presente no painel, além de um cabo RJ-45 para interligar a CPU 1212C ao computador, onde o sistema supervisório Eclipse está alocado.

Após montagem e testes com o multímetro em toda a fiação, foi realizado a energização do painel, assim iniciando a programação do Sistema supervisório.

Iniciou-se o Software pelo driver de comunicação, coletando as informações provenientes do software de programação, também realizando a configuração dos parâmetros definidos, assim garantindo o recebimento do sinal enviado no sistema supervisório.

O processo do desenvolver do projeto foi dividido em 4 etapas:

Em sua primeira etapa foi desenvolvida a Tela inicial da Usina Hidrelétrica, onde é possível realizar a navegação para as outras telas do sistema.

Na segunda etapa foi elaborada a tela de comando de todos os equipamentos necessários em uma usina em que a máquina permaneça sincronizada, assim como as pré-condições de cada comando, promovendo assim maior segurança para que o operador não realize comandos sem que o equipamento mecânico esteja em condições de responder ao mesmo.

Já a terceira etapa deu-se início o processo de partida da máquina, seguindo o passo a passo para que ela esteja pronta para a partida, optando por apenas partida automática ou manual, sendo possível ser realizada pelo operador.

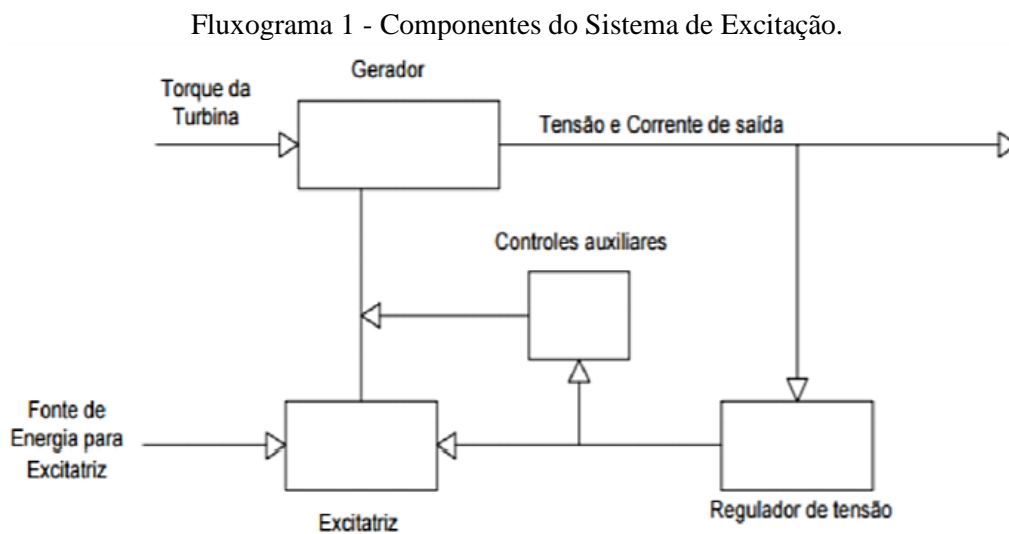
O mesmo sendo possível na quarta etapa, onde apresenta a parada automática ou manual da máquina, sendo possível a manobra do operador.

Todos os sistemas supracitados, serão comandados e supervisionados via Driver multiprotocolo, utilizando um cabo RJ-45, já o sistema de excitação e o Regulador de Velocidade, serão entregues ao supervisório via MODBUS RTU, sendo necessário um cabo DB9 serial, e um conversor Serial USB,

para conectar a Plataforma computacional. Os dados vão ser recebidos por um simulador MODBUS, que simulará os equipamentos de campo.

3 REVISÃO DA LITERATURA

As máquinas síncronas são conversores eletromecânicos rotativos que operam em velocidade constante quando em regime permanente senoidal e são utilizados para converter determinadas fontes de energia mecânica e energia elétrica como mostra o fluxograma 1. Com isso o sistema de excitação das máquinas síncronas segundo Soares (2017) tem como objetivo estabelecer a tensão interna do gerador, e por consequência, ele é responsável pela tensão de saída da máquina e pelo fator de potência e magnitude da corrente gerada.



Fonte: Soares (2017).

Para controlar a frequência do gerador síncrono que compõem a máquina estudada em questão, são acionados por máquinas motrizes como turbinas a vapor ou hidráulicas, que são a fonte de potência mecânica dos geradores. O rotor do gerador síncrono é um eletroímã no qual é aplicada uma corrente contínua, a qual gera um campo magnético no rotor que ao girar, induz uma tensão alternada com determinada frequência no estator (MIRANDA, 2018).

De acordo com Miranda (2018) a energia que chega no rotor mencionado anteriormente, é oriunda de três fontes. A primeira vem dos bancos de baterias que alimentam o rotor pelo eixo, com corrente contínua, dimensionado para auxiliar toda a usina. Este processo denomina-se Serviços auxiliares CC (Corrente Contínua). Caso os bancos de baterias estejam em manutenção a fonte de energia é derivada da própria rede elétrica sincronizada a qual passa pelo transformador abaixador e alimenta o que for necessário na usina, classificado então como Serviços Auxiliares CA (Corrente alternada). Por fim, a terceira opção de fonte é usada para emergências, que é o gerador diesel sendo também de corrente alternada e tem o funcionamento em paralelo com a alimentação da linha.

Sendo assim alimentada por alguma dessas fontes de energia, a máquina (figura 1) é sincronizada no sistema e já tem capacidade para se autoalimentar. Diante desses processos, o papel do sistema de

excitação é pegar a tensão CA do gerador e notificá-la para CC e devolvê-la aos polos da máquina. Tal evento é dado por uma ponte de retificação que é trifásica e passa por uma ponte de tiristores e torna-se CC, e o disparo da ponte de tiristores é controlado pela excitação (POMILIO, 2014).

Segundo Yamashita (2019) um sistema de regulação de velocidade e potência ativa opera baseado na estrutura de um sistema de controle com realimentação, sendo desenvolvido especificamente para o controle de rotação do conjunto girante de uma máquina síncrona e também para atuar diretamente na estabilidade do sistema elétrico buscando o equilíbrio entre carga e frequência quando a máquina estiver associada a um sistema elétrico qualquer (figura 1). O controle só é possível quando se opera um sistema em malha fechada (fluxograma 1). A variável de processo chamada The process value (pv) deve ser mantida no valor denominado setpoint (SP). A variável PV é medida por um transdutor e comparado com o valor do setpoint, gerando um sinal de erro, o qual é passado para um algoritmo de controle que calcula o sinal de saída para o atuador com objetivo de corrigir a variável de processo. Esta operação irá ajustar o atuador até eliminar o sinal de erro.

Figura 1 - Regulador de velocidade e tensão.



Fonte: REIVAX (2020).

Outro fator de extrema importância para o bom funcionamento da máquina síncrona, são os relés de proteção, que através de suas proteções, atuam nas isolações de defeitos ou constituintes com

comportamento anormal, que coloquem em risco a integridade mecânica ou elétrica da máquina, sendo sensíveis a pequenas variações das grandezas. Os relés de proteção enviam a fio sinais de disparo dos disjuntores assim abrindo o circuito, os quais encontram-se em locais que permitem isolar cada gerador, transformador, barramento ou linha de transmissão (YAMASHITA, 2019).

Um dos problemas encontrados, que a proteção mecânica atua é o TRIP Hidráulico, que nada mais é a interrupção da passagem da água pelas comportas quando há alguma anormalidade no sistema, que o próprio sistema não consegue conter tais erros. Já a proteção elétrica detecta falhas e manda sinais para os disjuntores abrirem, verificando sobretensão, subtensão, sobrecorrente, subcorrente e temperatura (YAMASHITA, 2019).

De modo geral, no processo mecânico apresenta um conjunto de mancais que tem a finalidade de unir os componentes da máquina. Estes possuem sistema de lubrificação, resfriamento, temperatura e óleo. Quando há aquecimento do óleo, esta passa pelo trocador de calor resfriando-se e assim podendo voltar aos mancais, é possível saber que este óleo aquece através dos sensores termopar presente em todos os mancais (MIRANDA, 2018).

O sistema de partida e parada da unidade geradora fornece a seleção do modo de operação (automático e manual) e um meio de iniciar e parar a mesma. Independente do modo de operação escolhido, o sistema deve seguir uma lógica, dependendo das características de cada operação. Esse sequenciamento lógico presente tanto na partida, quanto na parada é chamado de pré-condições, as quais são previstas no software de automação para que não haja problemas mecânicos e elétricos. Sendo assim faz com que a máquina não parta e não pare sem que ela esteja preparada para tal situação (SILVA; MACHADO; COELHO, 2020).

De acordo com Silva, Machado e Coelho (2020), para iniciar a partida da unidade geradora, os passos relacionados aos pré-requisitos dos componentes da turbina são executados sequencialmente, passando o sistema de unidade parada (UP) para unidade pronta para partir (UPP). Nesse caso as pré-condições são, verificar se estão ligados; os ventiladores e as bombas de circulação dos mancais, as válvulas do sistema de resfriamento, as válvulas de óleo de lubrificação e as de isolamento do sistema de regulação.

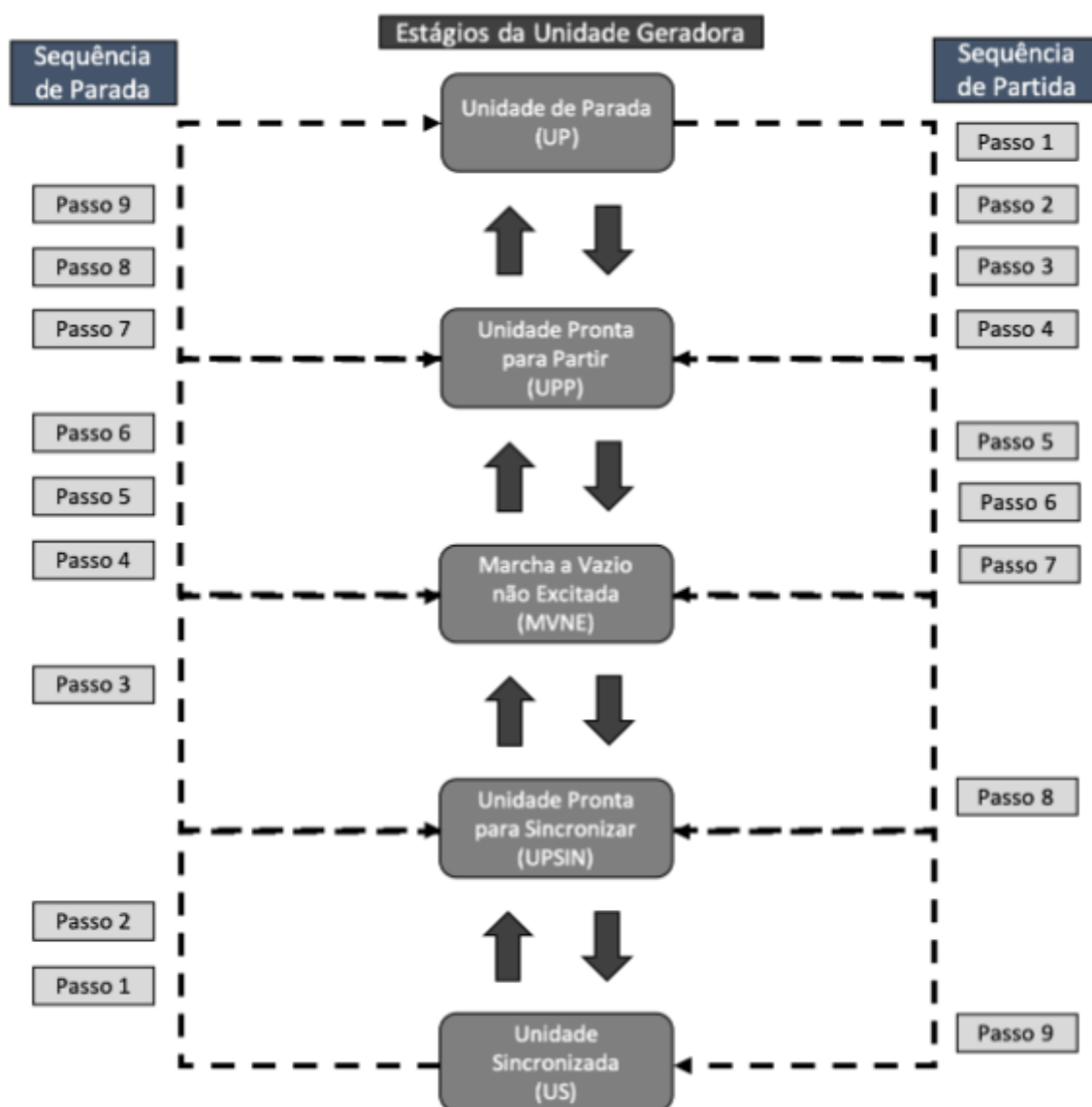
Nesse momento a unidade já está pronta para partir, porém a turbina ainda se encontra parada, ela começa a entrar em movimento quando a válvula de emergência do distribuidor estiver energizada, os freios desaplicados, e o regulador de velocidade ligado, assim passando para o estado marcha a vazio não excitada (MVNE), nesse estágio a turbina começa a rotacionar, porém sem tensão no gerador (SILVA; MACHADO; COELHO, 2020).

A Partir disto com a turbina em rotação, é sincronizado o gerador com a rede elétrica para que a unidade geradora forneça energia para o sistema, verificando se o disjuntor de campo foi fechado.

Após o sincronismo do gerador com a rede elétrica, o sistema entra no estágio pronto para sincronizar (UPSIN), em seguida é ativado o último passo que verifica se o disjuntor de campo está fechado e se a unidade geradora está sincronizada, permitindo assim a partida da máquina (SILVA; MACHADO; COELHO, 2020).

Por fim, o processo de parada normal da turbina, ou seja, quando não existe nenhum mecanismo de emergência acionado, o sequenciamento do sistema é inverso ao da partida, podendo ser iniciado em qualquer uma das fases do sistema de partida e parada (SILVA; MACHADO; COELHO, 2020).

Fluxograma 2 - Desenho esquemático do processo de partida e parada de uma unidade geradora.



Fonte: Silva; Machado; Coelho (2020).

Todavia, para que ocorra os processos de partida e parada de modo correto, é de suma importância que os comissionamentos estejam em harmonia, sendo mais específico, em centrais hidrelétricas tem como objetivo verificar se o acordo entre a empresa contratada e o cliente foi cumprido, pois há vários

desvios que podem ser mitigados e evitados durante a implementação das fases (MELQUIADES, 2017).

O comissionamento é dividido em etapas que contemplam desde o planejamento do mesmo até as etapas de geração de relatório e transferência de custódia, passando pelas fases de execução e testes, segundo Melquiades (2017). As etapas são (figura 12):

Planejamento do comissionamento

Contemplação mecânica

Pré-comissionamento

Testes de comissionamento

Elaboração do relatório

Transferência de custódia e aceite de empreendimento/projeto

Figura 2 - Documentação de completção mecânica e handover para o comissionamento.



Fonte: Melquiades (2017).

Diante dos sistemas supracitados, Melquiades (2017) diz que todos os sistemas da usina como proteção, medição e comando devem desempenhar o papel de detecção, isolamento de falhas e de interface com o operador, possibilitando comando local e remoto visando sempre a operação normalizada e prevenção contra falhas e defeitos.

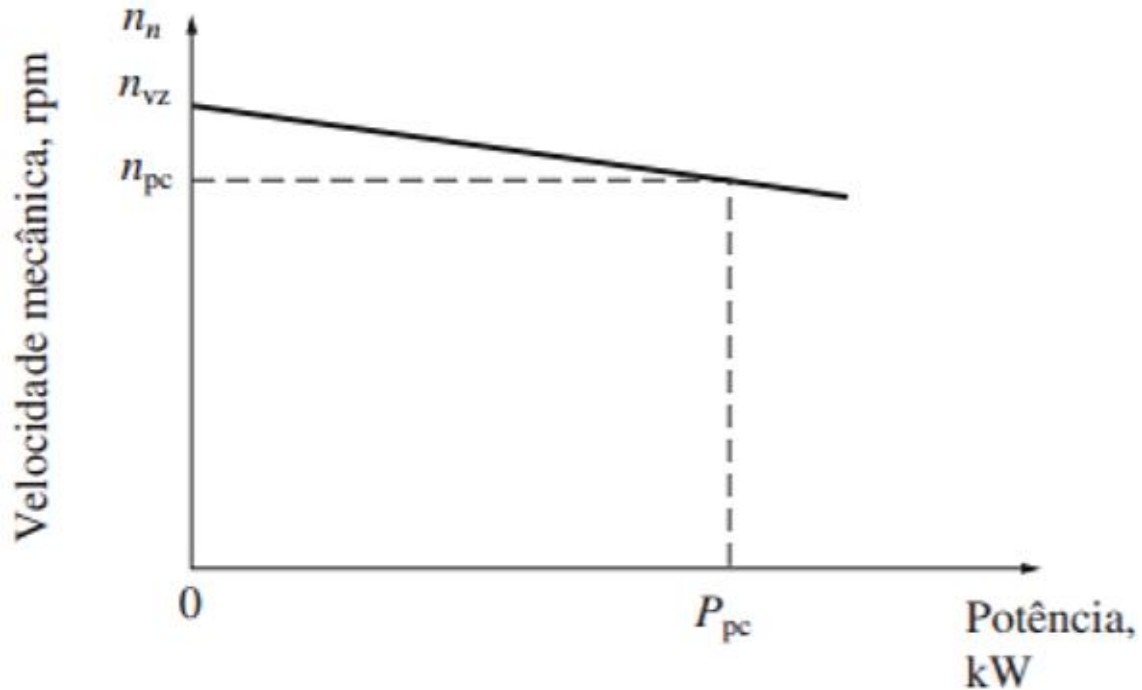
Em conjunto com os sistemas de proteção mencionado anteriormente, os processos de automação são fundamentais para o comando, controle e proteção de todos os sistemas citados, com o objetivo de

coletar informações, tratá-las e transmiti-las, muitas vezes contemplando tomadas de decisões programadas (MELQUIADES, 2017).

Atualmente, todas as usinas do setor elétrico brasileiro são obrigadas a manter manuais de operação de reservatório estabelecendo procedimentos a serem seguidos pelos operadores. Quando há episódios de cheias, deve manter os protocolos aprendidos nessas determinadas situações evitando acidentes e qualquer eventual problemas. Portanto a usina deve contar com uma rede telemétrica de estações pluviométricas e fluviométricas para que tenha disponibilização das leituras horárias, associados aos dados de controle hidráulico da usina, formando assim a base de dados para a projeção da afluência. O controle deve estar sempre em concordância com os níveis de água do montante da barragem, tendo também a análise do controle de fluxo de água pelos túneis em direção às turbinas evitando assim a sobrecarga mecânica da máquina síncrona (OLIVEIRA; FARIA, 2020).

Como podemos ver na figura 2, as máquinas motrizes tendem a diminuir sua velocidade de rotação quando a potência ativa exigida pela carga é aumentada.

Figura 3 - Curva de velocidade mecânica versus potência ativa de uma máquina motriz.



Fonte: Miranda (2018).

Como exemplificado, na equação 1 a frequência elétrica está relacionada com a velocidade de rotação do eixo. Desta forma as máquinas motrizes possuem um mecanismo regulador de velocidade que tornam linear a variação da velocidade em função da demanda de potência ativa.

$$f_e = \frac{n_m p}{120} \quad (1)$$

Onde f_e corresponde a frequência elétrica dada em Hertz, n_m dado como a velocidade de rotação do rotor em rotações por minuto e p o número de polos do gerador.

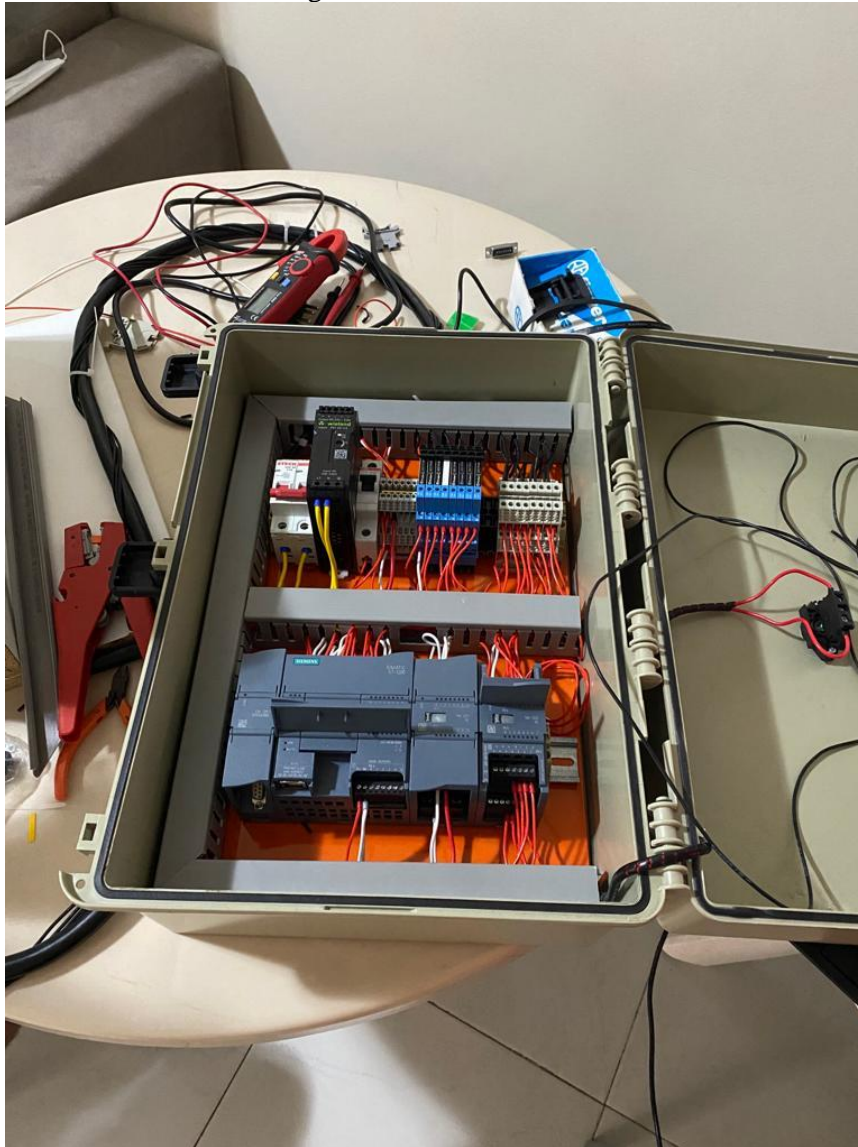
O eletro sincronismo tem a função de sincronizar o regulador de velocidade e tensão para que o sistema esteja sincronizado, nivelando amplitude, frequência e fase, permitindo o fechamento do disjuntor e podendo assim partir a máquina (YAMASHITA, 2019).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o início do Sistema estudado em questão, foi definido como seriam realizadas as simulações desenvolvendo uma bancada de testes, contendo o CLP (Controlador Lógico Programável), relés de 24 Volts para sinalização do comando e retorno dos equipamentos e uma fonte de alimentação. Realizado o processo de montagem e validada, a bancada realizou-se o ponto a ponto da fiação verificando se a ligação está correta e se todos os equipamentos estão energizados com 24 Volts.

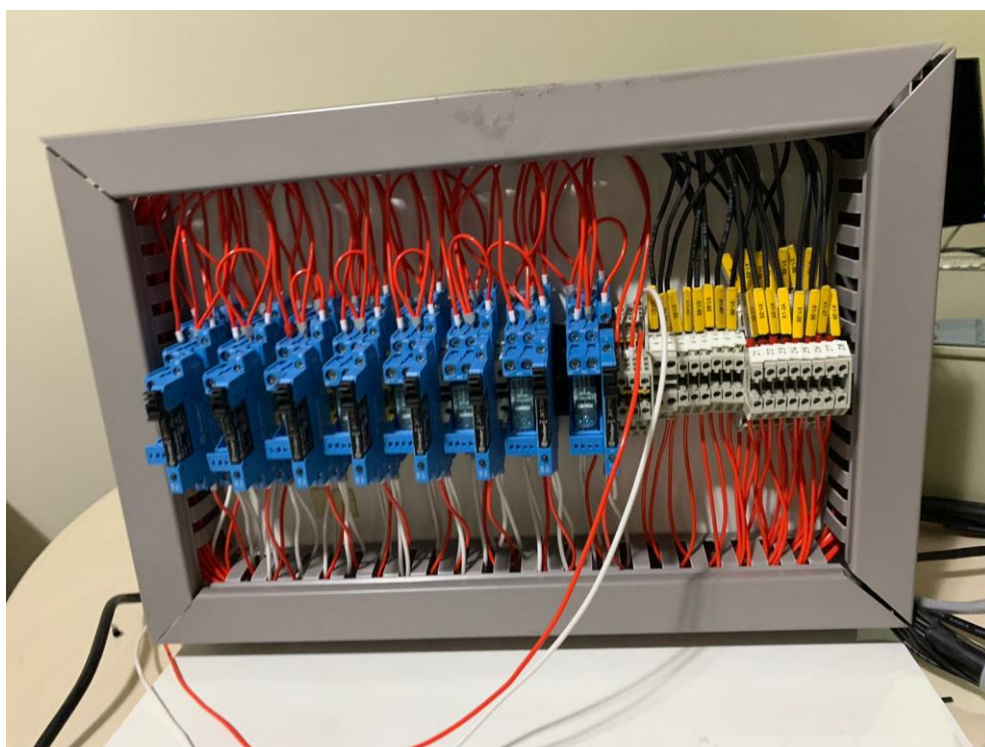
Após a validação e o término da bancada, iniciou-se o processo de Comunicação entre o CLP da Siemens S7-1200, e o Sistema supervisor Elipse. Inicialmente seria utilizado o Protocolo de Comunicação OPC UA, porém após alguns testes foi decidido que o processo utilizado seria o multiprotocolo sendo necessário a instalação de um Driver no Site da ELIPSE chamado MPROT. E utilizou-se o Protocolo MODBUS RTU para simulação do sistema de Excitação e o Regulador de Velocidade da Usina Hidrelétrica.

Figura 4: Painel de Testes



Fonte: Acervo Pessoal (2021)

Figura 5: Painel de Sinalização dos Comandos



Fonte: Acervo Pessoal (2021)

Conforme a comunicação escolhida iniciaram-se os testes recebendo as variáveis do CLP pelo sistema supervisório, sendo possível associar a objetos em tela para que toda a programação seja visualizada em uma IHM (Interface Homem Máquina). A configuração do Driver foi realizando estudos no Manual e conhecimentos adquiridos durante a graduação do curso, a imagem abaixo retrata os Testes, demonstrando que a comunicação foi feita com sucesso.

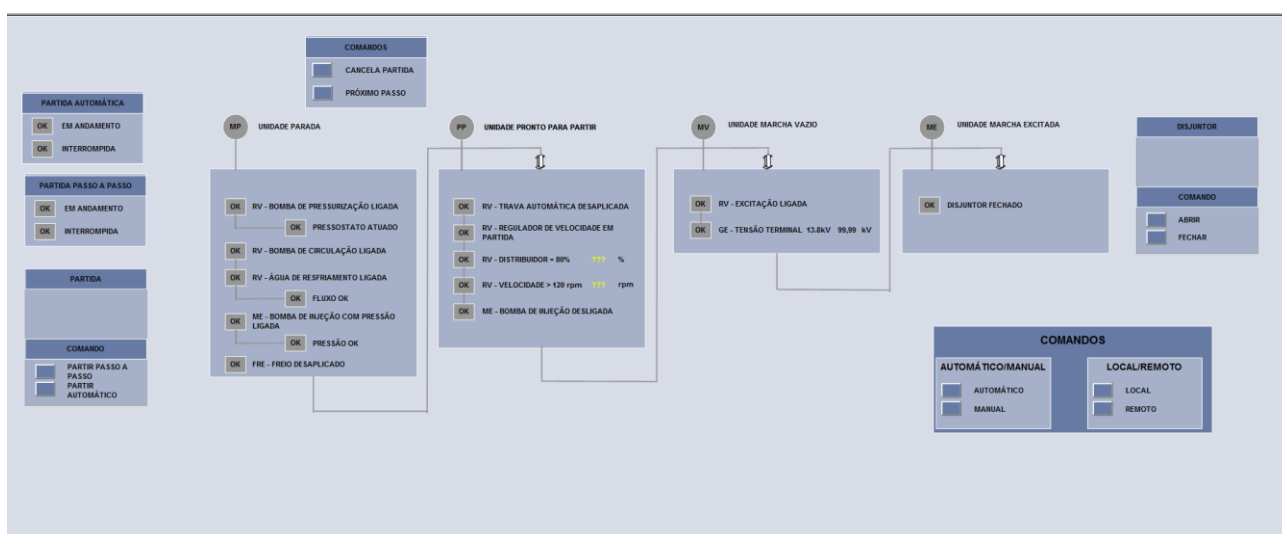
Figura 6: Comunicação Supervisório ELIPSE

COMUNIC_PLC			0	0	0	0							
SINALIZACAO													
BOMB_PRESS_LIG	0:DB200:DBX8.0	0	209	200	16		1000	9	0	192	02/12/2021		
BOMB_PRESS_DESLIG	0:DB200:DBX8.1	0	0	0	0		1000	9	0	192	02/12/2021		
BOMB_CIRC_LIG	0:DB200:DBX8.2	0	0	0	0		1000	9	0	192	02/12/2021		
BOMB_CIRC_DESLIG	0:DB200:DBX8.3	0	0	0	0		1000	9	0	192	02/12/2021		
BOMB_INJ_LIG	0:DB200:DBX8.4	0	0	0	0		1000	9	0	192	02/12/2021		
BOMB_INJ_DESLIG	0:DB200:DBX8.5	0	0	0	0		1000	9	0	192	02/12/2021		
AG_RESF_LIG	0:DB200:DBX8.6	0	0	0	0		1000	9	0	192	02/12/2021		
AG_RESF_DESLIG	0:DB200:DBX8.7	0	0	0	0		1000	9	0	192	02/12/2021		
FREIO_APLIC	0:DB200:DBX9.0	0	0	0	0		1000	9	0	192	02/12/2021		
TRAVA_APLIC	0:DB200:DBX9.2	0	0	0	0		1000	9	0	192	02/12/2021		
TRAVA_DESAPLIC	0:DB200:DBX9.3	0	0	0	0		1000	9	0	192	02/12/2021		
RV_LIG	0:DB200:DBX9.4	0	0	0	0		1000	9	0	192	02/12/2021		
RV_DESLIG	0:DB200:DBX9.5	0	0	0	0		1000	9	0	192	02/12/2021		
EXCIT_LIG	0:DB200:DBX9.6	0	0	0	0		1000	9	0	192	02/12/2021		
EXCIT_DESLIG	0:DB200:DBX9.7	0	0	0	0		1000	9	1	192	02/12/2021		
DISJ_AB	0:DB200:DBX10.0	0	0	0	0		1000	9	0	192	02/12/2021		
DISJ_FCH	0:DB200:DBX10.1	0	0	0	0		1000	9	0	192	02/12/2021		
MAQ_PARTIDA	0:DB200:DBX10.2	0	0	0	0		1000	9	0	192	02/12/2021		
MAQ_PARAD	0:DB200:DBX10.3	0	0	0	0		1000	9	0	192	02/12/2021		
MAQ_FROTA_PRT	0:DB200:DBX10.4	0	0	0	0		1000	9	0	192	02/12/2021		
MAQ_MARCHA_VAZIO	0:DB200:DBX10.5	0	0	0	0		1000	9	0	192	02/12/2021		
MAQ_MARCHA_EXCIT	0:DB200:DBX10.6	0	0	0	0		1000	9	0	192	02/12/2021		
PRT_ANDAMENTO	0:DB200:DBX10.7	0	0	0	0		1000	9	0	192	02/12/2021		
PRT_INTERROMPIDA	0:DB200:DBX11.0	0	0	0	0		1000	9	0	192	02/12/2021		
PRD_ANDAMENTO	0:DB200:DBX11.1	0	0	0	0		1000	9	0	192	02/12/2021		
PRD_INTERROMPIDA	0:DB200:DBX11.2	0	0	0	0		1000	9	0	192	02/12/2021		
EMG_ATUADA	0:DB200:DBX11.3	0	0	0	0		1000	9	0	192	02/12/2021		
TENS_TERM_GER_OK	0:DB200:DBX11.4	0	0	0	0		1000	9	0	192	02/12/2021		
FREIO_DESAPLIC	0:DB200:DBX9.1	0	0	0	0		1000	9	1	192	02/12/2021		
SIS_REM	0:DB200:DBX44.0	0	0	0	0		1000	9	0	192	02/12/2021		
SIS_LOC	0:DB200:DBX44.1	0	0	0	0		1000	9	0	192	02/12/2021		

Fonte: Acervo Pessoal (2021)

Após o processo anterior, iniciou-se as telas estáticas, que são as telas apresentadas na IHM, porém sem dinamização dos objetos, deixando preparado para apenas associar esses objetos as variáveis lidas do Software de automação. Com isso foi forçado a variável no Software e observado como o sistema se comportava averiguando seus registros e alarmes.

Figura 7: Tela de Partida Sistema Supervisório



Fonte: Acervo Pessoal (2021)

Feito isso, executou-se os testes com o Software de automação funcionando e o sistema supervisor se comportando de acordo como foi configurado. E aí pode concluir que os testes foram um sucesso, apresentando algumas dificuldades quando utilizava os protocolos de comunicação. Então para que o Driver MPROT pudesse ser utilizado, foi necessária uma licença de Edição do ELIPSE, caracterizada por uma HARDKEY, sendo ela necessária, pois não seria possível configurar mais de 20 variáveis recebidas do Controlador Lógico Programável.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto, conclui-se que é de fundamental importância o uso da automação para elaboração de um projeto de uma usina hidrelétrica, buscando melhorar cada vez mais os processos, com equipamentos mais robustos, e softwares que possibilitam que as pessoas vivenciem o projeto no dia a dia, uma interface de controle e sinalização amigável, de fácil manuseio, e sistemas que sigam as normas para que não ocorra nenhum acidente, e uso errôneo do sistema.

REFERÊNCIAS

HIDROENERGIA. **Tipos de Turbinas Hidráulicas: Conheça os principais modelos**. 2018. Disponível em: <https://www.hidroenergia.com.br/tipos-turbinas-hidraulicas/>. Acesso em: 14 de mar. 2021.

MELQUIADES, Jonathan A. **Estudo de caso de comissionamento: painel regulador integrado de tensão, velocidade e automação da REIVAX instalado na pequena central hidrelétrica de caboclo**. 2017. Monografia (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.

MIRANDA, Maicon. **Desenvolvimento de um sistema para o controle de excitação de campo de um gerador síncrono**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Santa Maria, Cachoeira do Sul, 2018.

OLIVEIRA, Altemir B; FARIA, Robson E. Manutenção preventiva em subestações agregadas às usinas elétricas: uma revisão de literatura. Amazon Live Journal, Serra, v. 2, n. 2, p. 1-8, 2020. Disponível em: <http://amazonlivejournal.com/wp-content/uploads/2020/07/v.-2-n.2-p.-1-8-2020.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2021.

REIVAX. **Regulador de velocidade e tensão**. 2020. 1 figura.

YAMASHITA, Marcos S. **Avaliação da sintonia das malhas de controle dos reguladores de velocidade e potência ativa de uma usina hidrelétrica utilizando modelo computacional e simulação**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2019.

SILVA, Amanda. **Como funciona: Hidrelétrica**. 2017. Energia Inteligente. Disponível em: <https://energiainteligenteufjf.com.br/como-funciona/como-funciona-hidreletrica/#:~:text=A%20primeira%20Usina%20Hidrel%C3%A9trica%20do,e%20a%20casa%20do%20propriet%C3%A1rio>. Acesso em: 13 mar. 2021.

SILVA, Cláudio O.; MACHADO, Bierley S.; COELHO, Clarimar J. Modelagem de sistema de partida e parada de uma turbina hidrelétrica usando redes Petri. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v.6, n.7,p. 48579-48593, jul. 2020. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/13515/11328>. Acesso em: 13 mar. 2021.

