



Universidade Federal de Campina Grande

Centro de Engenharia Elétrica e Informática

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

RENATA JAPIASSÚ

ESTÁGIO INTEGRADO NA AGAM EMPREENDIMENTOS

Campina Grande, Paraíba

Outubro de 2013

RENATA JAPIASSÚ

ESTÁGIO INTEGRADO NA AGAM EMPREENDIMENTOS

*Relatório de Estágio Integrado submetido à
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da
Universidade Federal de Campina Grande
como parte dos requisitos necessários para a
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no
Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Processamento de Energia

Orientador:

Francisco das Chagas Fernandes Guerra, Doutor

**Campina Grande, Paraíba
Outubro de 2013**

RENATA JAPIASSÚ

ESTÁGIO INTEGRADO NA AGAM EMPREENDIMENTOS

*Relatório de Estágio Integrado submetido à
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da
Universidade Federal de Campina Grande
como parte dos requisitos necessários para a
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no
Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Processamento de Energia

Aprovado em / /

**Professor Avaliador
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador**

**Francisco das Chagas Fernandes Guerra, Doutor
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG**

Dedico este trabalho a Deus primeiramente, à minha querida e amada mãe e ao meu noivo que sempre estiveram ao meu lado durante toda esta caminhada.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pela vida que me deu e por todas as oportunidades maravilhosas que fui encontrando nesta longa caminhada. Além de toda força que encontrei Nele nos momentos mais difíceis desta fase de minha vida, que foi o curso de Engenharia Elétrica.

Agradeço a meus pais, principalmente à minha mãe, que se esforçou muito na criação de sua família, que sempre me deu forças e incentivou - me a estudar, que nas madrugadas de estudo me apoiou, por toda educação que a mesma me proporcionou, mesmo às vezes estando longe, enfim por tudo que ela faz e representa na minha vida e nessa conquista.

Agradeço a meu noivo, Rairon Fernandes, por todo amor, dedicação, companheirismo, por todo conhecimento que me foi dado, e principalmente por toda paciência que teve comigo durante toda a graduação, o qual percorremos sempre juntos, além de estar presente em todos os momentos de minha vida fossem eles bons ou ruins, me proporcionando sempre muita alegria. À sua mãe, minha querida Margareth, por toda atenção, pelo apoio, pelo carinho, por inúmeros momentos de felicidade.

Agradeço também a toda minha família, em especial aos meus irmãos, que sempre estiveram presentes nos momentos sejam eles bons ou ruins pelos quais passei, me apoiando e incentivando sempre a continuar, eles que sempre me educaram e me proporcionaram grandes oportunidades, que apesar da distância que nos separa sempre estiveram presentes em minha vida.

Agradeço às minhas amigas, Luísa e Jamilly, que me deram a oportunidade de estagiar nessa empresa, ao me indicar, e por todos os momentos que passamos juntas nessa longa jornada, por todas as noites que passamos juntas sem dormir estudando, pelo apoio sempre, por todo amor, pela confiança, enfim pela amizade maravilhosa que construímos e que manteremos para sempre.

Agradeço a Universidade Federal de Campina Grande, a Adail, a Tchaikowsky, ao professor Damásio e ao professor Francisco das Chagas, por me orientarem e me moldarem para melhor servir a sociedade com os conhecimentos adquiridos ao longo do curso e na elaboração deste trabalho.

Agradeço também a todos da AGAM empreendimentos, especialmente à Gerônimo, que como meus orientadores sempre estavam dispostos a me ajudar em qualquer dificuldade que eu encontrasse ao longo do estágio.

E por fim agradeço a todos os amigos, principalmente aqueles que , assim como eu, ficaram noites sem dormir, finais de semana sem diversão e muitas outras privações mas que estavam ao meu lado nestes momentos.

“Sei que sou um espírito imperfeito e muito endividado, com necessidade constante de aprender, trabalhar, dominar-me e burilar-me, perante as Leis de Deus.”

Chico Xavier.

RESUMO

Este relatório tem como objetivo descrever a experiência de estágio integrado da aluna Renata Japiassú do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande.

O estágio foi realizado na empresa AGAM Empreendimentos LTDA que realiza os mais diversos serviços na área de engenharia elétrica, que realiza projetos de *mpccs* (medição, proteção, controle, comando e supervisão) de subestações elétricas para a CHESF (Companhia Hidroelétrica do São Francisco).

Este documento apresenta a empresa na qual foi feito o estágio, seus princípios, objetivos, principais projetos realizados, dentre outras características da empresa. Explana as atividades realizadas pela estagiária, a fundamentação teórica utilizada como base de estudo para treinamento da mesma, projetos realizados e capacitação da referida aluna ao término deste estágio.

Palavras-chave: Estágio, projetos, AGAM, *mpccs*.

ABSTRACT

This report aims to describe the experience of the student Renata Japiassú course of Electrical Engineering, Federal University of Campina Grande.

The stage was held in the company AGAM endeavors that perform all kinds of services in the area of electrical engineering, which conducts projects mpccs (metering, protection, control, command and control) of electrical substations for CHESF (São Francisco Hydroelectric Company).

This document presents the company in which the stage was made, its principles, objectives, main projects undertaken, among other characteristics of the company. Explains the activities of the intern, the theoretical foundation used as the basis of study for the same training, and capacity building projects undertaken at the end of that student this stage.

Keywords: Work Placement, projects, AGAM, CHESF.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama básico simplificado da rede elétrica. Fonte [4].	4
Figura 2. Equipamentos de um sistema de proteção. Fonte [2].	9
Figura 3. Estrutura hierárquica dos níveis da proteção digital. Fonte [9].	11
Figura 4. Diagrama funcional SE LGZ – LT05S4 Olindina – Legenda.	15
Figura 5. Diagrama unifilar SE LGZ – LT05S4 Olindina.	16
Figura 6. Diagrama trifilar SE LGZ – LT05S4 Olindina.	17
Figura 7. Distribuição de potencial da LT04S4 – Olindina.	18
Figura 8. Entradas digitais – proteção principal – relé F1.	19
Figura 9. Transmissão teleproteção 01 – relé F1.	19
Figura 10. Relés auxiliares – Chaves seccionadoras do grupo X – LT 04S4.	20
Figura 11. Relés auxiliares de supervisão – LT 04S4 – Olindina.	21
Figura 12. Anunciador 01 da SE LGZ – LT 04S4 – Olindina.	21
Figura 13. Diagrama lógico do relé F1 – LT 04S4 – Olindina.	22
Figura 14. Fiação do P6 – Painel de proteção e controle do grupo X.	23
Figura 15. Régua de bornes da fiação do painel P6 da LT 04S4.	23
Figura 16. Interligação do painel P6 LT04S4 – Olindina.	24
Figura 17. Realização de testes com a mala e o relé P441.	25
Figura 18. Vista frontal e posterior do relé P442.	25
Figura 19. Sistema automático de regulação de tensão-SART.	27
Figura 20. Trafo 04T1 – SE ITABAIANA – Vão D.	30
Figura 21. Vistas posteriores do painel CP2R – SE MATATU LT 04M7 – 230 kV.	31
Figura 22. Vista do painel CP2R - SE MATATU sendo montado.	31
Figura 23. Equivalência do caderno funcional com a figura 22.	32
Figura 24. Vista frontal do painel CP2R pronto mostrando os relés P442.	32
Figura 25. Vistas posteriores do painel CP2 da LT 04M9 – SE Pituaçu.	33

SUMÁRIO

Agradecimentos.....	v
Resumo.....	viii
Abstract	ix
Lista de Figuras	x
Sumário	xi
1 Introdução.....	1
2 Apresentação da empresa	2
2.1 Principais atividades realizadas pela AGAM.....	2
2.1.1 Projetos Básicos e Executivos.....	3
3 O estágio.....	3
4 Fundamentação Teórica.....	4
4.1 Sistema Elétrico de Potência.....	4
4.2 Subestações Elétricas	5
4.2.1 Classificação das subestações	6
4.2.2 Arranjos dos barramentos de uma subestação.....	6
4.2.3 Principais Equipamentos de uma Subestação e suas Funções.....	8
4.3 Proteção de Sistemas Elétricos	9
4.3.1 Relés Digitais	10
5 Atividades Realizadas	12
5.1 Estudo da Teoria Envolvida no Projeto de <i>MPCCS</i>	12
5.2 Projeto de uma linha de subestação	13
5.2.1 Diagrama Funcional.....	15
5.2.2 Diagrama de Fiação	22
5.2.3 Diagrama de Interligação	24
5.3 Curso de proteção de linhas de transmissão	24
5.4 Visita à chesf/ons	26
5.5 Projeto SE 230 kV - Teleassistência	27
5.6 Projeto de SE de 230 kV – Painéis CP2 e CP2R	30
6 Conclusão	34
Referências	Erro! Indicador não definido.

1 INTRODUÇÃO

Este relatório tem como objetivo apresentar a experiência de estágio integrado da aluna Renata Japiassú, do curso de engenharia elétrica da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, na empresa AGAM Empreendimentos LTDA, que tem caráter obrigatório cuja carga horária é requisito para aprovação e obtenção de diploma.

O estágio integrado referido teve início no dia vinte de Maio de dois mil e treze e encerrou no dia trinta de Setembro de dois mil e treze totalizando 660 horas como requerido nos termos desta instituição.

O objetivo deste estágio é integrar o saber acadêmico à prática profissional, incentivando o reconhecimento de habilidades e competências adquiridas dentro e fora do ambiente escolar, permitindo ao aluno adquirir consciência do seu perfil e que possa reconhecer necessidade de retificação de aprendizagem nos conteúdos dos componentes curriculares cursados.

Desta forma, este documento deixa registrado o conhecimento obtido e as experiências de trabalho realizadas pela estagiária, sejam elas no âmbito de relacionamento profissional através de desenvolvimento de projetos, cursos profissionalizantes oferecidos pela empresa AGAM, visitas técnicas dentre outros ou no âmbito acadêmico através de estudos realizados para melhor exercer a sua função dentro da empresa.

2 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A empresa AGAM Empreendimentos LTDA tem sede em Pernambuco, situada na cidade de Olinda. Esta tem desenvolvido trabalhos por todos os estados do Nordeste, atuando em diversas áreas da engenharia integrada.

A AGAM foi criada com o claro objetivo de apresentar a máxima qualidade e confiabilidade em serviços de engenharia para o setor elétrico. A empresa se destaca pela sólida e ampla capacitação técnica de seus profissionais, que acumulam mais de 25 anos de experiência.

A empresa é especializada na elaboração de projetos e gerenciamento de obras de engenharia, montagem, instalação, manutenção, comissionamento, com substancial acervo de serviços prestados na área de engenharia consultiva, prestação de serviços de construção civil, manutenção industrial, montagens eletromecânicas e instalações gerais.

Esta atua de maneira eficaz no atendimento aos clientes, identificando suas reais necessidades e prioridades. Permite desenvolver as análises com precisão e rigor técnico, determinando com cuidado todos os fatores críticos do projeto. Sempre com foco no resultado, as soluções desenvolvidas pela AGAM implicam diretamente no aumento da segurança e confiabilidade, consequência de um projeto tecnicamente confiável e economicamente viável para execução.

2.1 PRINCIPAIS ATIVIDADES REALIZADAS PELA AGAM

A AGAM oferece aos seus clientes sua experiência em serviços nas atividades de projetos básicos e executivos, estudos especiais, assessoria, consultoria, gerenciamento técnico da aquisição de máquinas e equipamentos, gerenciamento e fiscalização de obras de construção, comissionamento, cadastro e levantamento de instalações com atualização de desenhos e documentação técnica, instalação e montagem eletromecânica e elétrica e manutenções em geral.

2.1.1 PROJETOS BÁSICOS E EXECUTIVOS

O projeto básico de uma instalação, fundamental para definição de soluções, equipamentos e critérios de funcionamento, adequação tecnológica e consequente eficiência, requer uma equipe qualificada e experiente.

Na fase de elaboração do projeto básico identifica-se como de fundamental importância, para a aquisição dos principais equipamentos e para a contratação de empreiteiro, a elaboração das respectivas especificações técnicas.

Os projetos confiados a AGAM abrangem:

- Na área de eletromecânica: estudo de arranjo físico (*layout*), cálculo e detalhamento de barramentos, de malha de terra, de coordenação de isolamento, de proteção contra descargas atmosféricas e de iluminação dos pátios;
- Na área elétrica: projeto de sistemas de medição, proteção, comando, controle e supervisão para novas subestações e para troca de painéis de subestações existentes. Os projetos incluem além da determinação do sistema mais adequado, a elaboração de esquemas funcionais, projeto de fiação de painéis e de cabeçamento.

3 O ESTÁGIO

O estágio integrado teve duração de quatro meses, com início em Maio e término em Setembro de 2013, com duração de 40 horas semanais. As atividades realizadas durante esse período pela estagiária foram:

1. Análise dos projetos executivos de Medição, Proteção, Comando, Controle e Supervisão (MPCCS) de Linhas de Transmissão de 500 kV e 230 kV nas subestações da Chesf.
2. Projeto dos diagramas funcionais dos projetos de MPCCS de Linhas de Transmissão de 500 kV e 230 kV nas subestações da Chesf.
3. Projeto dos diagramas de interligação entre painéis de comando, chassis de proteção, chassis de relés auxiliares e equipamentos de pátio.
4. Projeto dos diagramas de fiações dos painéis de comando, chassis de proteção, chassis de relés auxiliares e equipamentos de pátio.
5. Projeto dos cabos de controle que interligam painéis, chassis e equipamentos do pátio.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA

O sistema elétrico de potência (SEP) é de importância fundamental para um país, uma vez que este engloba todas as formas de geração de energia elétrica e sua transmissão até os consumidores.

O SEP é composto basicamente por um setor de geração (as centrais geradoras), um de transmissão (as linhas de transmissão) e por fim o setor de distribuição, onde neste último teremos os consumidores finais. Desta forma, podem ser encontrados em um sistema elétrico uma grande quantidade de usinas, linhas de transmissão e subestações com o objetivo de garantir aos consumidores confiabilidade e versatilidade de operação à empresa. A Figura 1 apresenta estes setores de forma ilustrativa.

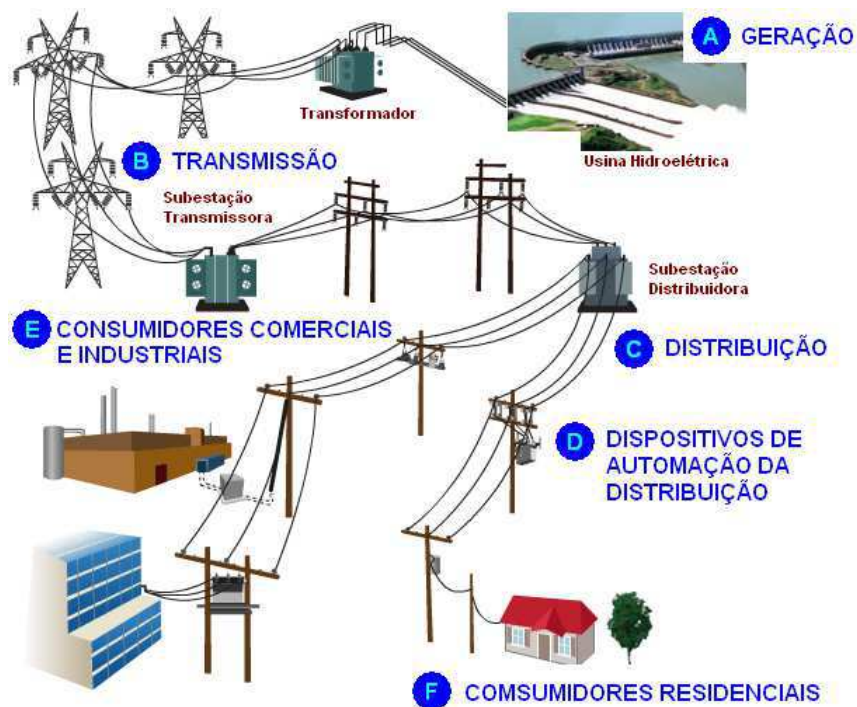


Figura 1. Diagrama básico simplificado da rede elétrica. Fonte [4].

O caminho que a energia elétrica deve percorrer desde a geração até a distribuição deve ser controlado adequadamente através de conexões, com a finalidade de permitir manobras nas linhas de transmissão e nos alimentadores da forma mais

confiável possível. Sendo assim, deve haver meios de regular as tensões e níveis visando o bom atendimento aos consumidores. O responsável por variar e regular os vários níveis de tensão são as subestações, que possibilitam o adequado envio da energia de um local a outro. No tópico a seguir veremos como essas subestações desempenham esse papel dentro do sistema elétrico de potência, suas características e especificações.

Os sistemas elétricos podem ser representados graficamente por diagramas unifilares, diagramas multifilares e diagramas equivalentes por fase.

O diagrama unifilar representa os principais componentes por símbolos e suas interconexões com a máxima simplificação e omissão do condutor neutro, mostrando apenas uma fase do sistema. Este pode representar sistemas trifásicos ou monofásicos.

O diagrama multifilar pode ser bifásico ou trifásico, este objetiva mostrar todos os condutores existentes em uma instalação, possui basicamente as mesmas informações do diagrama unifilar gerando apenas um número maior de detalhes.

O diagrama equivalente por fase é utilizado para mostrar os dados de impedância dos transformadores, geradores, linhas, barramentos e outros. Este simplifica a análise numérica e elimina os efeitos particionadores dos transformadores

4.2 SUBESTAÇÕES ELÉTRICAS

Uma subestação elétrica (SE) é composta por dispositivos e equipamentos elétricos que apresentam a função de transformar, distribuir ou mesmo direcionar a energia elétrica de um determinado setor. Estas apresentam tensões, potência e parâmetros definidos dentro de padrões técnicos que asseguram a segurança de cargas elétricas específicas.

Tais dispositivos de proteção são capazes de detectar erros existentes dentro da subestação, como faltas que ocorrem no sistema, desta forma ao detectar essas perturbações os mesmos podem isolar o local da devida ocorrência de forma que possibilite a continuidade do serviço mantendo-o estável.

Os equipamentos encontrados nas subestações apresentam diversas funcionalidades com potencial para transmitir a energia que a mesma recebe, distribuir a energia para outras subestações ou linhas de transmissão, e realizam a proteção e o

controle da energia. Estes equipamentos podem ser vistos no pátio, parte externa, ou na sala de comando, parte interna.

4.2.1 CLASSIFICAÇÃO DAS SUBESTAÇÕES

As subestações são classificadas quanto à sua função no sistema elétrico e ao modo de instalação dos equipamentos. Quanto à função podem ser do tipo transformadora, seccionadora, de manobra ou de chaveamento. E quanto à instalação, podem ser do tipo externa, conhecida também como ao tempo, ou interna (também denominada abrigada). Os detalhes de cada tipo podem ser vistos a seguir.

- **Subestação transformadora:** é responsável por converter a tensão recebida para um nível maior, denominada SE Transformadora Elevadora, ou para um nível menor, a SE Transformadora Abaixadora.

- **Subestação seccionadora, de manobra ou de chaveamento:** é responsável por interligar os diferentes circuitos de suprimento sob o mesmo nível de tensão, o que possibilita a sua multiplicação. É também capaz de seccionar circuitos possibilitando a energização em pequenos trechos.

- **Subestação externa ou ao tempo:** é aquela onde os equipamentos que a compõem estão localizados ao ar livre ficando sujeito às condições ambientais, que podem ser favoráveis ou não. Assim, em meio a condições desfavoráveis como, por exemplo, chuvas e poluição, estas necessitam de um maior controle de manutenção.

- **Subestação interna ou abrigada:** é aquela onde os equipamentos que a compõem estão abrigados sob uma edificação em alvenaria (ou concreto armado) ou câmara subterrânea.

4.2.2 ARRANJOS DOS BARRAMENTOS DE UMA SUBESTAÇÃO

A forma de realizar a conexão elétrica entre os vários circuitos, onde estão incluídas as linhas de transmissão, transformadores e cargas de uma subestação, é representada pelo arranjo do barramento. Estes arranjos são escolhidos para cada subestação de acordo com a flexibilidade requerida em termos de facilidade de manobras, da continuidade e confiabilidade operacionais, do custo e facilidade referente a manutenções e com relação aos custos de implantação.

Os principais tipos de arranjos existentes são:

- **Barramento simples:** este arranjo caracteriza-se pela ligação de todos os circuitos a uma mesma barra. Na ocorrência de uma falta ou manutenção do disjuntor é necessário o desligamento de todos os circuitos. Por ser fácil de ser implementado e requerer uma área menor para a sua instalação, é mais utilizado em subestações de pequeno porte.

- **Barramento simples seccionado:** é utilizado quando se deseja obter seletividade. O barramento da subestação é seccionado utilizando um disjuntor e duas chaves seccionadoras. As chaves têm o objetivo de isolar o disjuntor caso haja necessidade de realizar manutenção no mesmo. Por ser seccionado, apenas os circuitos ligados a seção afetada por uma falta serão desligados.

- **Barra principal e transferência:** são utilizados para manter o circuito durante a manutenção do disjuntor. Neste, as linhas são ligadas normalmente à barra principal, e em caso de manutenção do disjuntor, à barra de transferência. A efetividade do arranjo requer a instalação de um disjuntor de transferência, que é utilizado como reserva para qualquer disjuntor das linhas. Neste esquema, a barra principal deve permanecer energizada, enquanto a de transferência será energizada apenas durante a substituição de um disjuntor “de linha” ou de “transformador” pelo disjuntor de passagem.

- **Barramento duplo:** este barramento é uma boa opção, pois qualquer disjuntor pode ser retirado de serviço para manutenção sem que haja interrupção do fornecimento de energia. É muito utilizado pela Companhia Hidro Elétrica do São Francisco nas subestações de 230 kV, assim como o arranjo barra principal e transferência.

- **Barramento duplo com disjuntor duplo:** neste arranjo, as barras trabalham em paralelo. Neste caso, ao ser necessário a manutenção em um dos disjuntores o circuito permanecerá conectado aos barramentos através do outro disjuntor associado ao vão. Se uma falta ocorre na barra principal, o disjuntor do lado de baixa tensão do transformador operará desenergizando a barra. Sendo assim, é possível com a utilização deste se obter uma maior confiabilidade dos circuitos.

- **Barramento duplo com disjuntor e meio:** este esquema foi desenvolvido a partir do esquema de barramento duplo com disjuntor duplo, uma vez que este apresenta uma redução em relação aos custos operacionais sem prejudicar a eficácia do esquema visto anteriormente.

Para subestação de transmissão, a configuração “disjuntor e meio” é a solução tradicional utilizada na maioria dos países. Geralmente, é utilizado no Brasil em

subestações com classes de tensões de 500 kV e 750 kV. A vantagem deste esquema é que qualquer disjuntor ou qualquer uma das barras pode ser colocado fora de operação sem interrupção do fornecimento de energia.

- **Barramento em anel:** forma um circuito fechado por meio de dispositivos de manobra. Em caso de falta, somente o segmento em que a falha ocorre ficará isolado. No entanto, o mesmo fica desprotegido quando se é necessário realizar uma manutenção em um dos disjuntores, pois o anel estará aberto e assim o restante do barramento e os disjuntores alternativos deverão ser projetados para transportar toda a carga.

4.2.3 PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS DE UMA SUBESTAÇÃO E SUAS FUNÇÕES

Neste tópico veremos quais os principais equipamentos encontrados no pátio e numa sala de comando de uma subestação, assim como, veremos resumidamente, as funções desenvolvidas por cada um deles. A seguir tem-se a divisão destes equipamentos de acordo com a sua classificação, como:

1. **Equipamentos de Transformação:** são os transformadores de força e para instrumentos. Os transformadores de força são responsáveis pelo aproveitamento econômico de energia elétrica, a partir destes transformadores é possível a transmissão de tensões cada vez mais elevadas. Os transformadores para instrumento, que correspondem aos transformadores de corrente (TC's) e transformadores de potencial (TP's), são responsáveis por reduzir a corrente ou a tensão respectivamente a níveis compatíveis com os valores de suprimento de relés e medidores sem que haja perda de informação, e ainda reproduzem as formas de onda presentes no sistema elétrico e isolam os equipamentos a estes conectados.

2. **Equipamentos de Manobra:** são os disjuntores e chaves seccionadoras. Estes são responsáveis pelo isolamento de equipamentos quando dá ocorrência de uma falta ou manutenção de um equipamento. O que difere os disjuntores das chaves é que o disjuntor é o aparelho de manobra e proteção que permite a abertura ou fechamento de circuitos de potência em quaisquer condições de operação, utilizado em redes elétricas. O disjuntor é o mais eficiente e complexo equipamento destinado à operação em carga podendo sua operação ser manual ou automática. Enquanto as chaves não podem ser operadas sob carga, e são destinadas a isolar equipamentos ou zonas de barramento.

3. **Equipamentos para Compensação de Reativos:** são os reatores derivação ou série, capacitores derivação ou série, compensadores síncronos e compensadores

estáticos. Equipamentos destinados basicamente à correção do fator de potência do sistema elétrico.

4. **Equipamentos de Proteção:** são os pára-raios, fusíveis e relés. Os pára-raios protegem os sistemas contra descargas atmosféricas e surtos de manobra, estes tem a finalidade de limitar os valores dos surtos de tensões transientes. Os fusíveis são utilizados como dispositivos protetores limitadores da corrente de curto. O fusível é muito utilizado na proteção dos motores. Os relés são os responsáveis por proteger o sistema contra faltas, estes operam em conjunto com os disjuntores permitindo o isolamento do trecho onde ocorreu a falta. Os relés serão vistos com mais detalhes no tópico seguinte.

5. **Equipamentos de Medição:** são os equipamentos destinados a medir grandezas como corrente, tensão, frequência, potência ativa e reativa, entre outras grandezas.

4.3 PROTEÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS

A função dos sistemas de proteção em um sistema elétrico de potência é detectar uma falta e isolar a área afetada no menor tempo possível, de forma confiável e com mínima interrupção possível, assegurando a continuidade do sistema. Como também proteger operadores, usuários do sistema, pessoas e animais próximos a rede.

O sistema de proteção é formado por subsistemas integrados que interagem entre si com o objetivo de produzir a melhor atuação sobre o sistema, onde se constitui basicamente pelos relés, disjuntores, transformadores de instrumentos e pelo sistema de suprimento de energia. A Figura 2 representa um sistema de proteção.

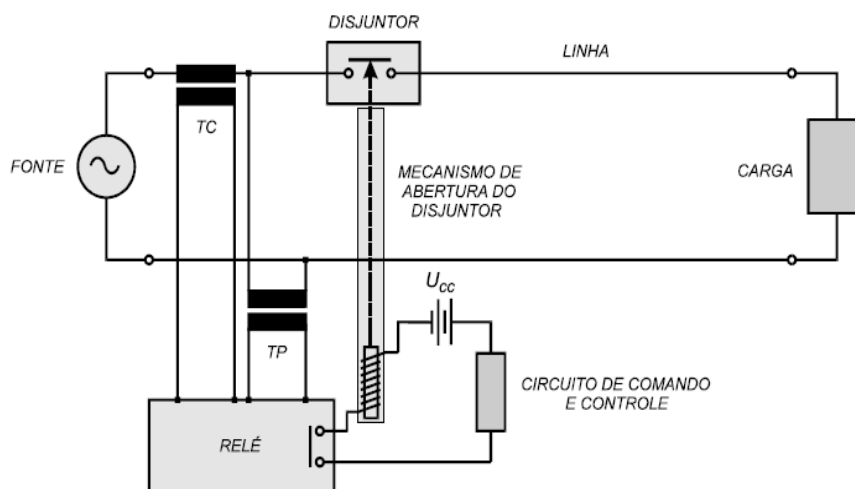


Figura 2. Equipamentos de um sistema de proteção. Fonte [2].

Os equipamentos que compõem um sistema de proteção devem possuir os seguintes requisitos:

- **Confiabilidade:** é a probabilidade que o sistema de proteção apresenta de funcionar com segurança e corretamente, sob toda e qualquer circunstância.
- **Sensibilidade:** é a capacidade do sistema de proteção responder às anormalidades com menor margem possível de tolerância entre a operação e não operação dos seus equipamentos.
- **Velocidade:** é a capacidade que o dispositivo deve conter de responder no menor tempo possível sob condição de falta, evitando que a mesma se propague para o restante do sistema danificando assim os equipamentos existentes no sistema.
- **Seletividade:** é a propriedade que garante que o sistema seja desconectado o mínimo possível em condições de ocorrências de falta, maximizando assim a continuidade de serviço.

4.3.1 RELÉS DIGITAIS

O relé é um dispositivo que realiza a proteção, sinalização e comando de circuitos, podem ser eletromecânicos, eletrônicos e numéricos. Atualmente os mais utilizados são os relés digitais, com a característica de possuírem várias funções em um só relé e por produzirem um alívio no carregamento dos TCs.

Os relés de proteção são dispositivos responsáveis por gerenciar e monitor as grandezas elétricas em circuito. Os relés são fabricados para notar qualquer perturbação no sistema elétrico e automaticamente executar ações de controle sobre dispositivos, como por exemplo, o disjuntor, a fim de proteger pessoas e equipamentos.

O funcionamento dos relés depende diretamente dos transformadores de instrumentação a estes associados, uma vez que a principal função do relé de proteção é enviar um sinal de disparo para uma bobina de abertura ou de mínima tensão dos disjuntores, o que causará a abertura do disjuntor (*trip*) e de todo o circuito ligado ao mesmo evitando assim que uma falha se expanda para todo o sistema elétrico.

Neste contexto são referenciados dois tipos de proteção, a proteção primária que refere-se à proteção principal na qual o elemento de seccionamento encontra-se na conexão entre dois elementos possibilitando a retirada somente do elemento da falta em questão. A outra é a proteção secundária ou de retaguarda que refere-se à proteção

seguinte a primeira proteção, esta tem o objetivo de manter o sistema protegido caso a proteção principal falhe.

Com o grande avanço tecnológico digital, os relés existentes nas subestações estão sendo trocados por relés novos, digitais, essa troca de relés eletromecânicos por relés digitais é chamado de *retrofit*. O *retrofit* envolve não somente a troca de relés como também a modernização da subestação como um todo, tornando-a tecnologicamente desenvolvida.

O relé digital tem funções específicas, tais como: armazenamento de dados, processamento dos dados, filtros, conversão analógico/digital. Estes subsistemas são apresentados na Figura 3 como uma estrutura mostrando a integração dos sistemas de supervisão, controle, medição e proteção com o sistema de energia elétrica.

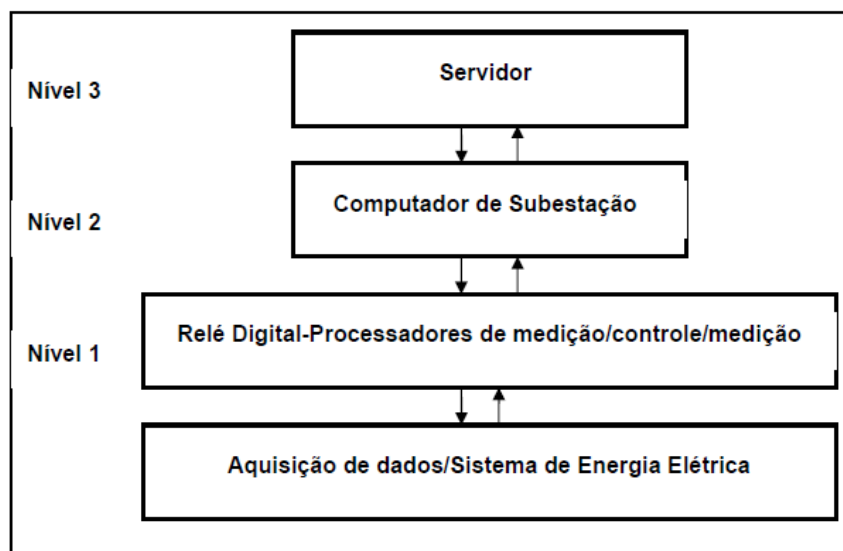


Figura 3. Estrutura hierárquica dos níveis da proteção digital. Fonte [9].

O nível 1 tem a função de medição, controle, automação e proteção, funções de diagnóstico através de informações vindas do sistema, interface homem-máquina e possibilitar a comunicação com o nível adjacente. O nível 2 dá suporte aos processadores no nível 1, realizam a aquisição, processamento e armazenamento de dados, assim como analisa a sequência de eventos e permite a comunicação com os níveis 1 e 3. O nível 3 é capaz de realizar ações de controle de sistema, coletar e processar os dados, analisar o sequenciamento dos eventos, organizar o registro dos dados adquiridos, elaborar relatórios e tem função de proteção adaptativa.

5 ATIVIDADES REALIZADAS

5.1 ESTUDO DA TEORIA ENVOLVIDA NO PROJETO DE *MPCCS*

A atividade desenvolvida nesta etapa consolidou-se no estudo dos conhecimentos necessários para dar início às atividades propriamente ditas. Foram estudadas as subestações elétricas, com todas as informações contidas nestas, envolvendo de características básicas de equipamentos à proteção que deve ser realizada em cada equipamento individualmente e em conjunto.

Esta atividade teve início em 20 de Maio de 2013 e encerrou-se em 21 de Junho de 2013, onde foi possível aprofundar conhecimentos específicos, principalmente na parte de proteção de sistemas elétricos, que corresponde à parte fundamental deste documento. Neste tempo foi possível aprender o suficiente para dar início as revisões dos diagramas funcionais, diagramas de interligação e de fiação das linhas de transmissão de 230 kV e 500 kV, como será visto com mais detalhes no tópico a seguir.

As revisões citadas anteriormente foram verificações de equivalências entre os desenhos feitos pelo projetista e o desenhista para que os mesmos fossem entregues sem falha alguma, estes desenhos eram feitos no AutoCad um *software* para projeto CAD (Computer aided design) 2D e 3D, desenho, modelagem, desenho arquitetônico e CAD.

A revisão ocorre da seguinte maneira, primeiro realiza-se a verificação de todo o desenho feito no AutoCad com base no desenho antigo (não digitalizado) cedido pela CHESF para que não haja discordâncias entre ambos, em seguida deve-se verificar se todo o diagrama de fiação e interligação está de acordo com o diagrama funcional, verificando sempre a ida e volta de fios e cabos. Em caso de erro em um destes diagramas o procedimento a ser seguido é a correção do mesmo com o uso de caneta de cor verde para indicar que existe um erro no local indicado, a correção deve ser feita de caneta de cor vermelha indicando que a modificação é o correto, e tudo o mais que estiver correto deve simplesmente ser “amarelado” com um lápis marca texto indicando que foi verificado e está condizente com o desejado. A seguir veremos com mais detalhes estes diagramas citados.

5.2 PROJETO DE UMA LINHA DE SUBESTAÇÃO

No desenvolvimento de projeto de medição, proteção, controle, comando e supervisão (MPCCS) realizado em uma subestação é utilizado um padrão, o padrão NEMA (Núcleo de Educação e Monitoramento Ambiental) para nomear os relés presentes nos painéis assim como as funções de proteção realizadas pelas unidades principais de proteção, a tabela a seguir mostra alguns dos principais códigos utilizados no projeto em subestações. Estes códigos são de importância fundamental quando se trata de trabalhar com projetos de subestações uma vez que o trabalho se torna mais rápido e fácil quando se tem esses códigos em mente.

Como pode ser visto na tabela cada código tem sua definição e função dentro do sistema de proteção, geralmente ligado ao que deve ser feito em caso de falha, alguns direcionados para uma corrente que se sobrepôs, outros direcionados para uma tensão elevada que vai desestabilizar o sistema, entre outras perturbações que ocorrem com frequência no SEP.

Tabela 1 Principais códigos NEMA utilizados neste documento

(continua)

Código	Definição
BB	Bobina de bloqueio
PR	Pára-Raios
TC	Transformador de Corrente
TP	Transformador de Potencial
52	Disjuntor
89	Seccionador
ATR	Auto-Transformador
21	Relé de distância de fase: atua quando a admitância, a impedância ou a reatância do circuito aumenta ou diminui em relação a um valor predeterminado.
21N	Relé de distância da terra
25	Relé de verificação de sincronismo: é utilizado para realizar o religamento automático do disjuntor.
26	Temperatura do óleo: atua quando a temperatura do óleo excede a um valor predeterminado.
27	Relé de subtensão: atua quando sua tensão de entrada é menor que um valor predeterminado.
32	Relé de potência reversa: atua com um valor determinado de fluxo de potência ou com a inversão de seu sentido.
49	Temperatura do enrolamento

(Continuação)

Código	Definição
50N	Relé de sobrecorrente instantâneo neutro
50BF	Relé de falha do disjuntor
51N	Relé de sobrecorrente temporizado neutro: atua como um relé de fase, no entanto sua ligação é feita no neutro.
59I	Relé de sobretensão instantâneo
59T	Relé de sobretensão temporizado
63	Relé Buchholz ou de gás: atua por uma taxa de variação de pressão e tem aplicação restrita a transformadores.
67	Relé de sobrecorrente direcional de fase: atua por um valor predeterminado de sobrecorrente de CA fluindo em um sentido predeterminado.
67N	Relé de sobrecorrente direcional de neutro
68	Relé de oscilação de potência
77	Transdutor
79	Relé de Religamento: controla o religamento e o bloqueio automático de um interruptor de circuitos CA.
86	Relé de Bloqueio de fechamento: é um relé auxiliar, rearmado manualmente ou eletricamente, atuando na ocorrência de condições anormais para manter equipamentos inoperantes até que seja rearmado.
90	Relé de regulação de tensão automático
BC	Bloco de teste de corrente
BP	Bloco de teste de potencial
CTV	Chave de seleção de tensão
25CS	Chave de sincronização: é usada para permitir ou efetuar a sincronização de dois circuitos.
52CS	Chave de comando do disjuntor
89CS	Chave de comando da seccionadora
ARC	Armário do Carrier
87T	Relé diferencial
63VS	Válvula de segurança

Os dispositivos e equipamentos de comutação são referidos por números, com sufixos de letras adequados quando necessário, de acordo com as funções que realizam. Estes números se baseiam em um sistema adotado por uma norma para comutador automático pelo *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)* e incorporado pela *American Standard C37.2-1991*. Este sistema é usado em esquemas de conexão encontrados em manuais de instruções e em especificações.

5.2.1 DIAGRAMA FUNCIONAL

O diagrama funcional é o principal caderno de um projeto de uma subestação, pois é onde está todo o diagrama elétrico e lógico do projeto. Nele se encontra uma folha que corresponde a legenda, como foi visto na tabela 1, os diagramas unifilares e trifilares que dão uma visão geral da linha, dos instrumentos de proteção e medição que estão presentes ou que serão inseridos no projeto, de uma maneira geral tudo que existe na subestação deve constar no diagrama funcional. A seguir será apresentada uma figura correspondente à legenda, ao diagrama unifilar e ao diagrama trifilar do projeto da SE Luiz Gonzaga (LGZ), LT05S4 – OLINDINA – VÃO F de 500 kV, a qual foi a primeira linha projetada pela estagiária.

LEGENDA			
BS	BOBINA DE BLOQUEIO		TRANSFORMADOR DE CORRENTE
PR	PARA-RAIOS		TRANSFORMADOR DE TENSÃO
TD	TRANSFORMADOR DE CORRENTE		TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA ATIVA
TP	TRANSFORMADOR DE POTENCIAL		TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA REATIVA
82	DISJUNTOR		TRANSFORMADOR DE TEMPERATURA
89	SECCIONADORA		REGISTRADOR DE POTÊNCIA ATIVA
RE	REATOR		REGISTRADOR DE POTÊNCIA REATIVA
REN	REATOR DE NEUTRO		REGISTRADOR DE TEMPO
21	PROTEÇÃO DE DISTÂNCIA DE FASE		REGISTRADOR DE FREQUÊNCIA
21N	PROTEÇÃO DE DISTÂNCIA DE TERRA		MEDIDOR DE ENERGIA ATIVA COM EMBORR DE FULBO
23	RELE DE VERIFICAÇÃO DE SINCRONISMO		MEDIDOR DE ENERGIA REATIVA COM EMBORR DE FULBO
27	RELE DE SUBTENSÃO		LOCALIZAÇÃO DE DEPOSITOS
28	RELE TERMO-TEMPERATURA DO ÓLEO-REATOR		OSCILÓGRAFO
40	RELE TERMO-TEMPERATURA DO ENFRIAMENTO-REATOR		INDICADOR DE CORRENTE
50	RELE DE SOBRECORRENTE INSTANTÂNEO - FASE		INDICADOR DE TENSÃO
50N	RELE DE SOBRECORRENTE INSTANTÂNEO - NEUTRO		INDICADOR DE POTÊNCIA ATIVA
50NF	RELE DE FALHA DE DISJUNTOR		INDICADOR DE POTÊNCIA REATIVA
61	RELE DE SOBRECORRENTE TEMPORIZADO-FASE		INDICADOR DE TEMPERATURA
61N	RELE DE SOBRECORRENTE TEMPORIZADO-NEUTRO		INDICADOR DE FREQUÊNCIA
64.1 (I)	RELE DE SOBRETENSÃO INSTANTÂNEO		SINCRONOSCÓPIO
66.2 (I)	RELE DE SOBRETENSÃO TEMPORIZADO		BLOCO DE TESTE DE CORRENTE
68	RELE DE SOBRETENSÃO		BLOCO DE TESTE DE POTENCIAL
70	RELE DE SOBRECORRENTE		CHAVE DE AFERIDA PARA MEDIÇÃO
80	RELE DE EQUILIBRIO		CHAVE DE SELEÇÃO DE TENSÃO
87R	RELE DIFERENCIAL BARRA		CHAVE DE SELEÇÃO DE FREQUÊNCIA
87ST	PROTEÇÃO STUB		CHAVE DE COMANDO DO DISJUNTOR
98	VALVULA DE SEGURANÇA - REATOR		CHAVE DE COMANDO DA REATORADORA
			CHAVE DE SINCRONIZAÇÃO
			CHAVE DE SELEÇÃO DE TENSÃO P/ CONTROLE EQUILIBRIO ATIVO E REATIVO
			CHAVE DE SELEÇÃO DA PROTEÇÃO DE DISTÂNCIA
			QUADRO DE CONTROLE DIGITALIZADO
			NEBA DE COMANDO
			QUADRO DE REGISTRAÇÕES
			QUADRO DE CONTROLE SUPERVISÓRIO
			PAINEL DE TELEOPERANDO
			PAINEL DE PROTEÇÃO LINHA - GE

Figura 4. Diagrama funcional SE LGZ – LT05S4 Olindina – Legenda.

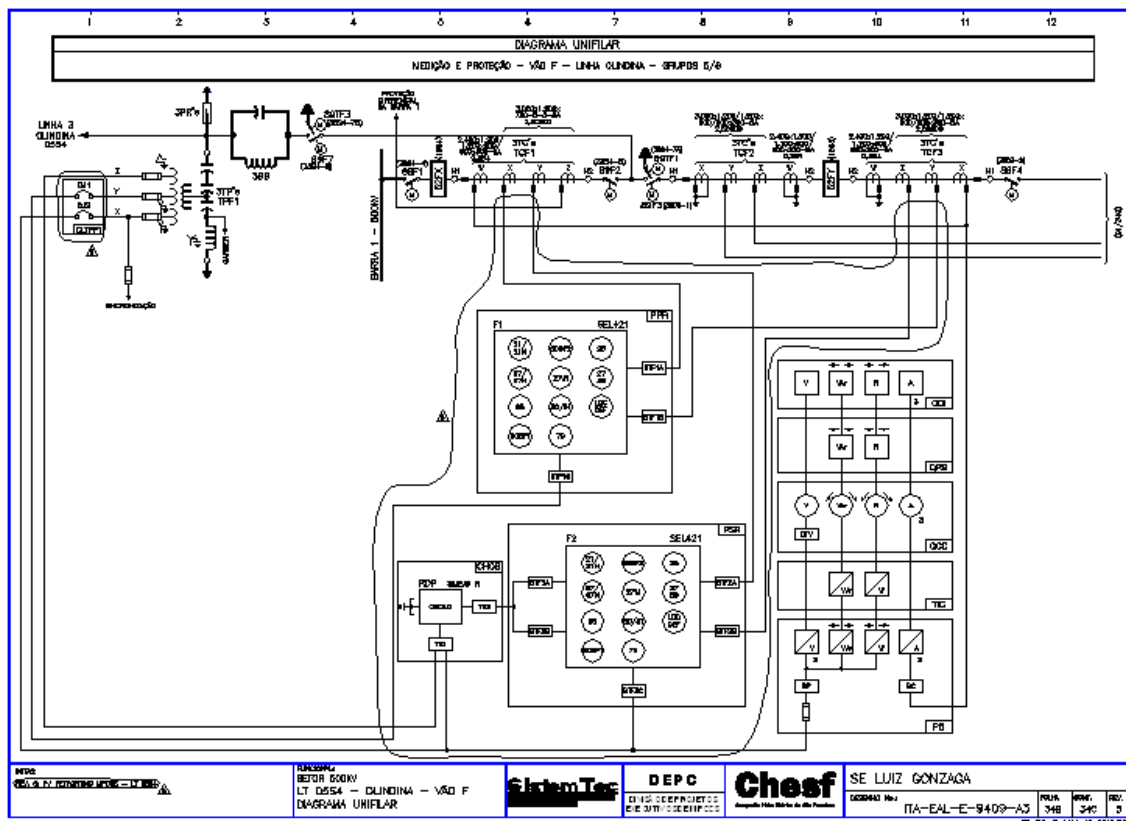


Figura 5. Diagrama unifilar SE LGZ – LT05S4 Olindina.

O diagrama unifilar correspondente a esta linha equivale a duas páginas no funcional, no entanto apenas uma foi representada como figura ilustrativa. O diagrama trifilar é composto por sete páginas, mas será representado de maneira ilustrativa por apenas uma delas, a qual corresponde à figura a seguir. O funcional completo desta linha possui 286 páginas. A quantidade de páginas do diagrama funcional aumenta de acordo com a tensão, para uma linha de 230 kV tem-se em média um diagrama de 90 páginas, já uma linha de 500 kV tem de 250 a 300 páginas, isso devido a proteção que é inserida a mais quanto maior for a tensão, de maneira a garantir uma maior confiabilidade ao sistema, além disso, para tensões muito elevadas o registrador digital de perturbações (RDP) apresenta uma maior quantidade de relés e conseqüentemente um maior número de ligações. Como se trata de um grande número de páginas, este documento traz apenas as principais páginas do diagrama funcional da LT 04S4.

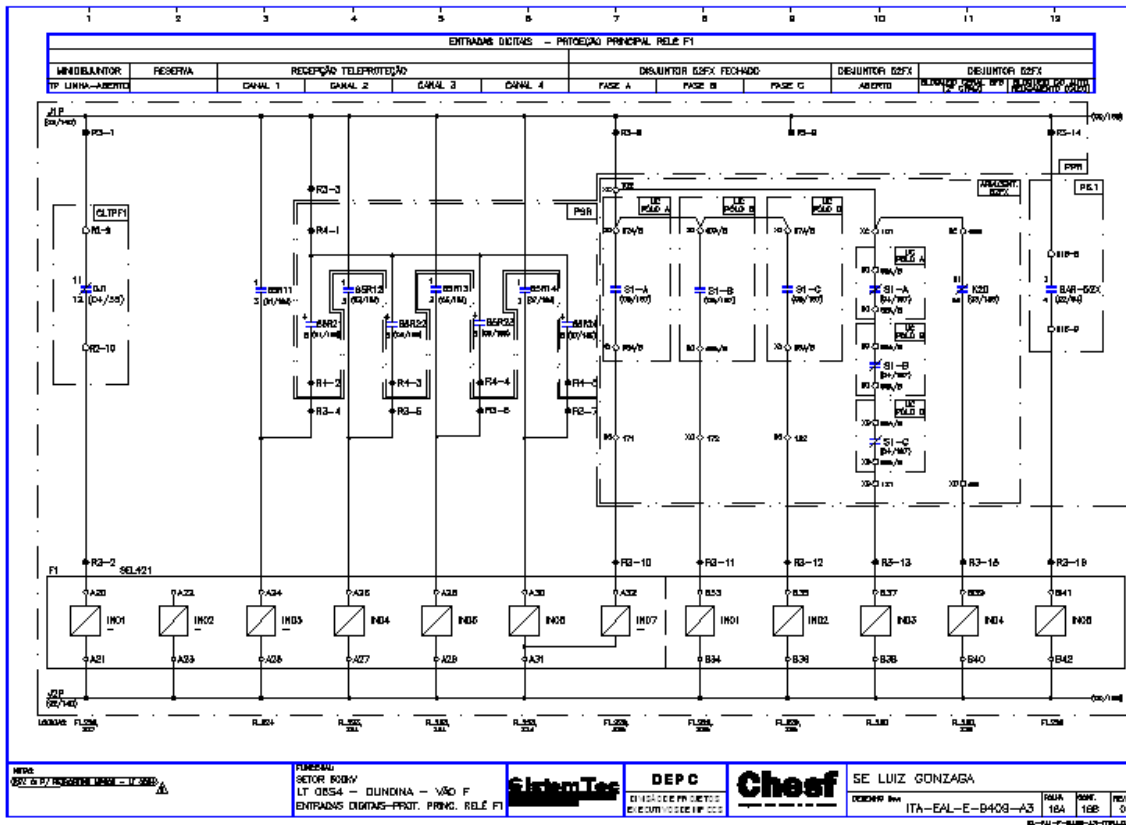


Figura 8. Entradas digitais – proteção principal – relé F1.

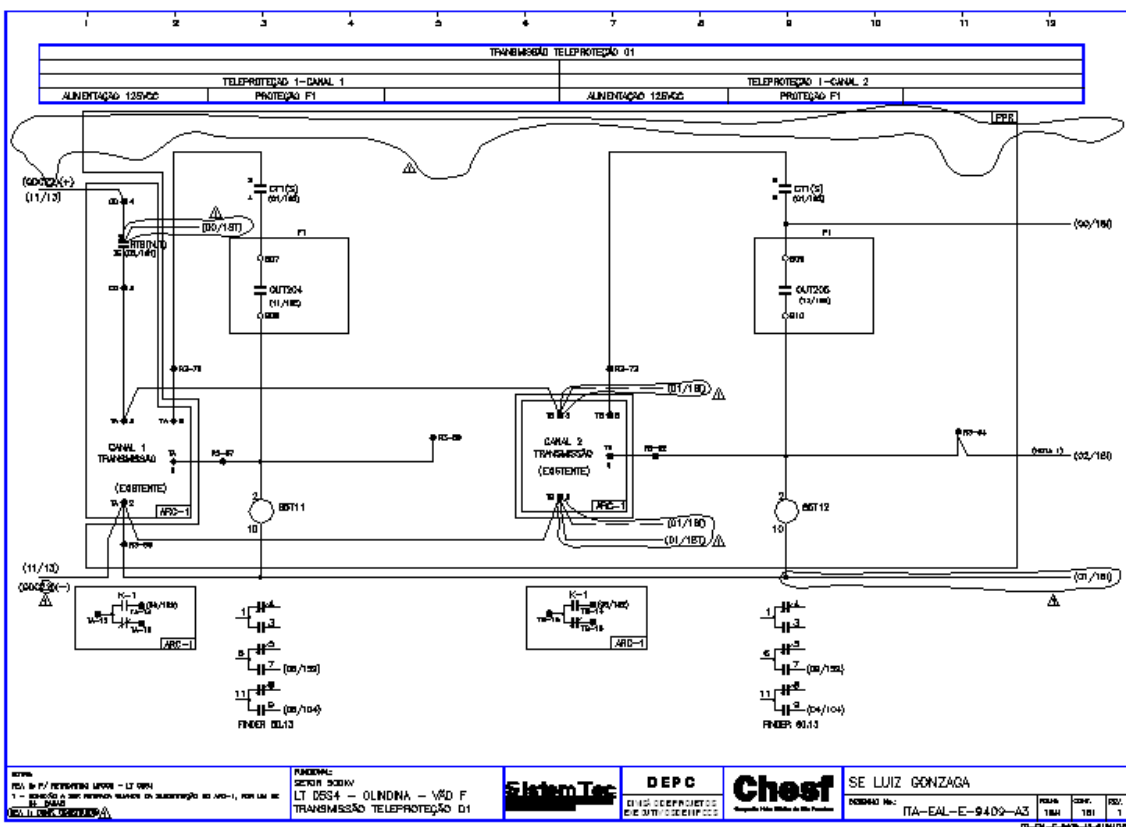


Figura 9. Transmissão teleproteção 01 – relé F1.

A Figura 10 representa o diagrama elétrico presente no funcional correspondente à página dos relés auxiliares de intertravamento, mostrando o funcionamento das seccionadoras existentes no grupo X, uma vez que este vão apresenta três grupos, o grupo X, Y e Z.

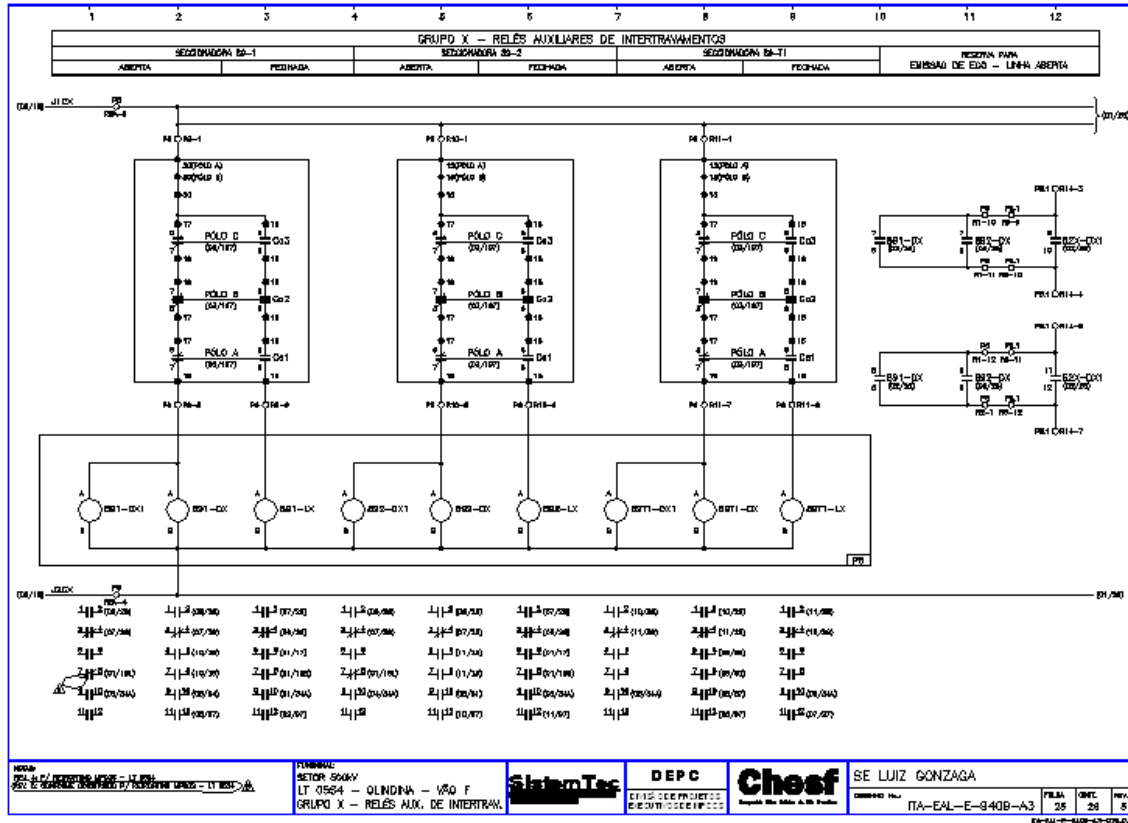


Figura 10. Relés auxiliares – Chaves seccionadoras do grupo X – LT 04S4.

Toda a subestação é supervisionada, sendo assim todos os equipamentos tem uma supervisão na qual toda informação deve ser transmitida para a Chesf e para a ONS através do sistema de controle supervísório existente no funcional. No funcional tem-se todas as supervisões dos equipamentos, como também o anunciador que está presente na subestação como forma de indicar uma falha ou erro em algum equipamento. A Figura 11 apresenta uma das páginas da supervisão, nesta consta a atuação da proteção de distância nas quatro zonas, a perda de sincronismo, falha no TC e TP, entre outras. Na sequência, a Figura 12 apresenta o anunciador 1, uma vez que esta SE apresenta 3 anunciadores, o carimbo da empresa foi retirado nesta figura para dar mais foco ao anunciador.

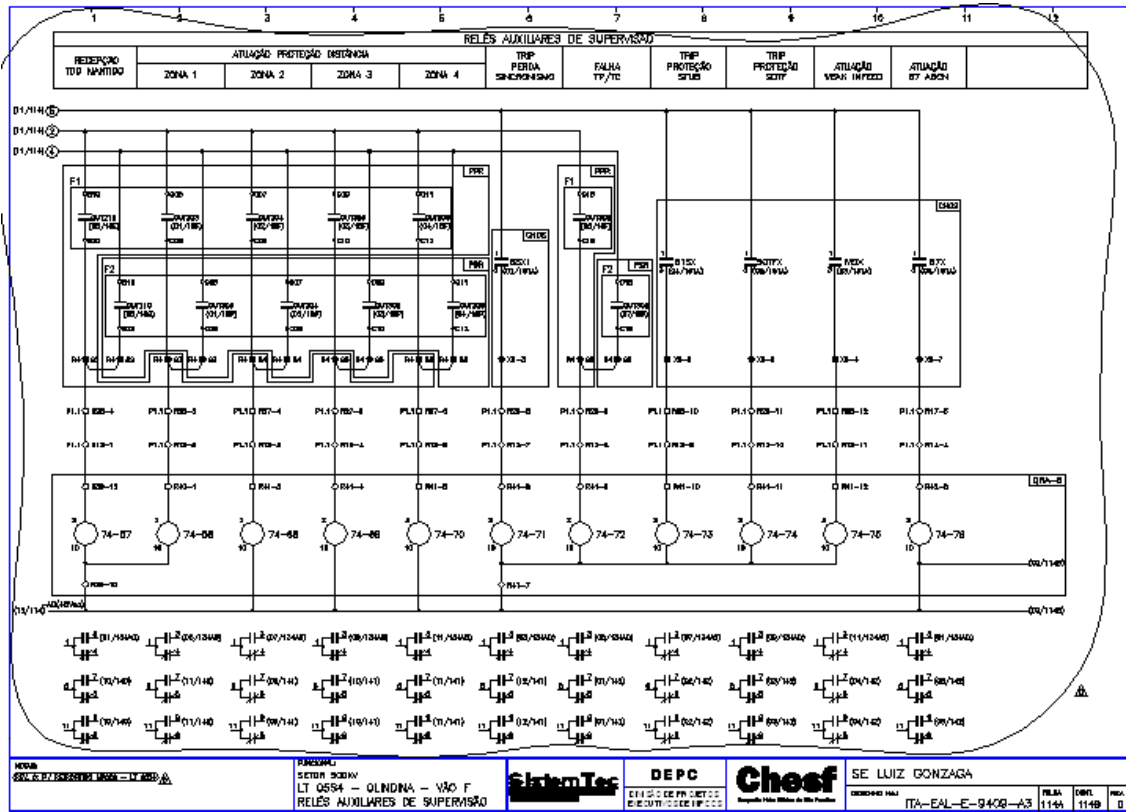


Figura 11. Relés auxiliares de supervisão – LT 04S4 – Olindina.

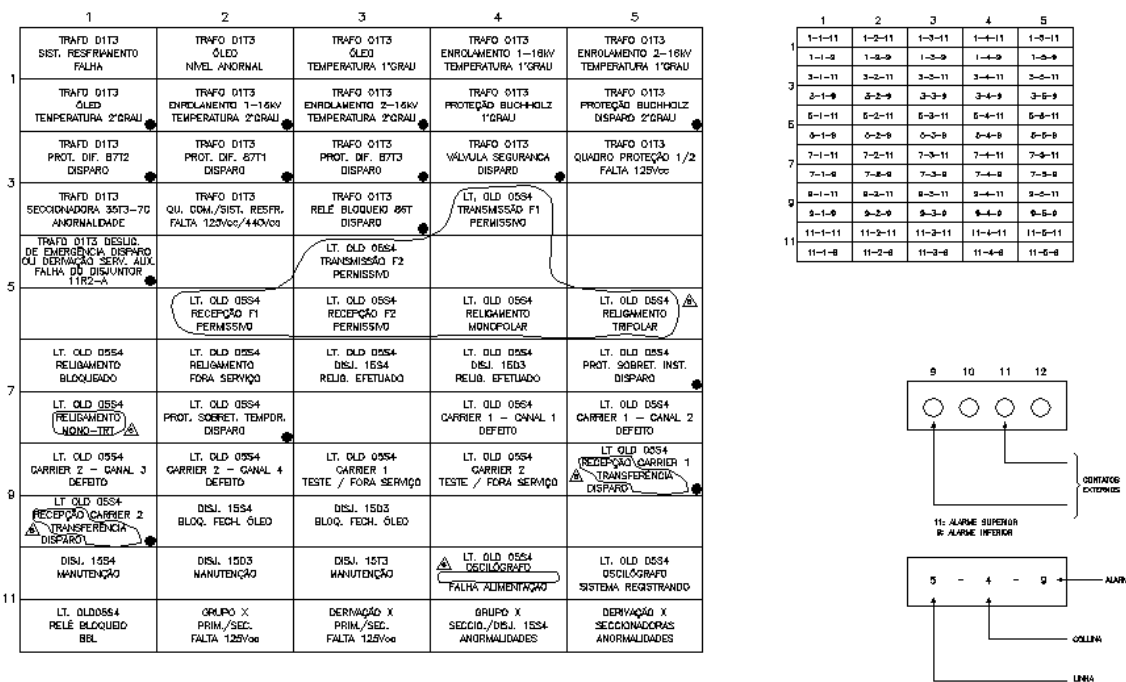


Figura 12. Anunciador 01 da SE LGZ – LT 04S4 – Olindina.

No funcional ainda pode-se encontrar o diagrama lógico de programação da unidade de proteção que é utilizado para definir as atividades e o modo de atuação da

proteção dependendo dos sinais de entrada, um exemplo de diagrama lógico do relé F1 mostrando a abertura dos disjuntores pode ser verificado na Figura 13.

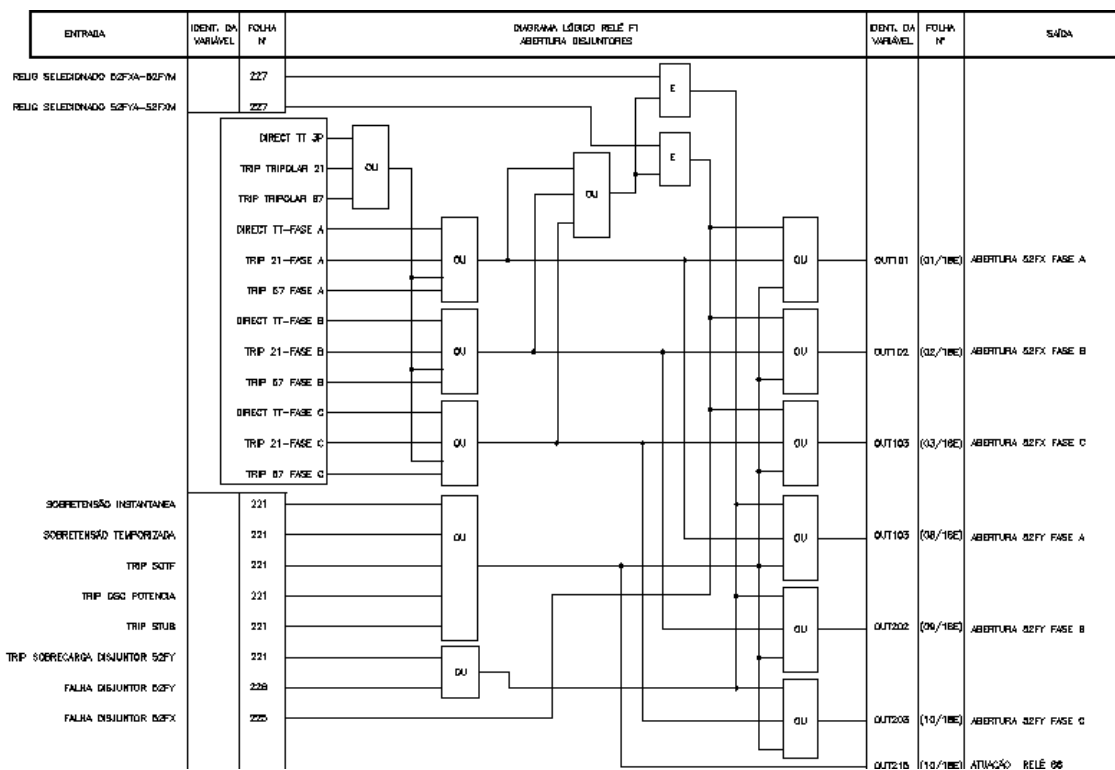


Figura 13. Diagrama lógico do relé F1 – LT 04S4 – Olindina.

5.2.2 DIAGRAMA DE FIAÇÃO

A fiação é feita entre equipamentos de um mesmo painel, quando se deseja realizar uma ligação entre painéis distintos ou entre um painel e um equipamento existente no pátio se faz neste caso uma interligação. No diagrama de fiação é mostrado como devem ser ligados os fios entre os relés, multimetro, fusíveis, lâmpadas, bloco de testes, chaves, régua, anunciador e as unidades de proteção.

A partir do *layout* do painel, que indica onde está localizado cada componente, se decide qual a melhor maneira para realizar a fiação, os esquemas elétricos presentes no funcional não levam em conta o arranjo físico do painel, mas apenas a lógica e se eletricamente está adequado.

Cada borne de régua deve conter apenas dois fios, de forma que não fique sobrecarregado, mantendo organizado os fios e facilitando a verificação de cada ligação. A montagem do painel só pode ser realizada com este diagrama de fiação em mãos, pois é por ele que o electricista se guia no momento de realizar as conexões. Na Figura 14 é apresentado um exemplo de como se representa as fiações e os relés em um diagrama de

fições do painel P6 que corresponde ao painel de proteção e controle do grupo X da LT 04S4. A Figura 15 representa as régulas de borne desta mesma linha.

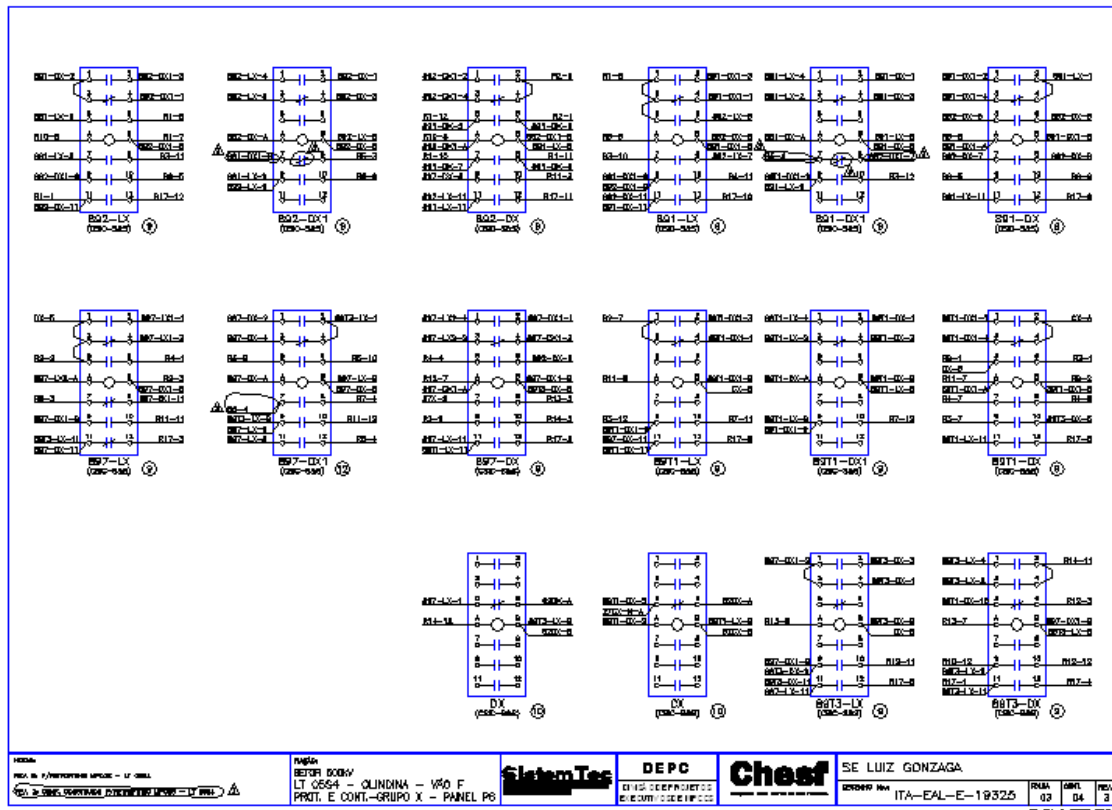


Figura 14. Fiação do P6 – Painel de proteção e controle do grupo X.

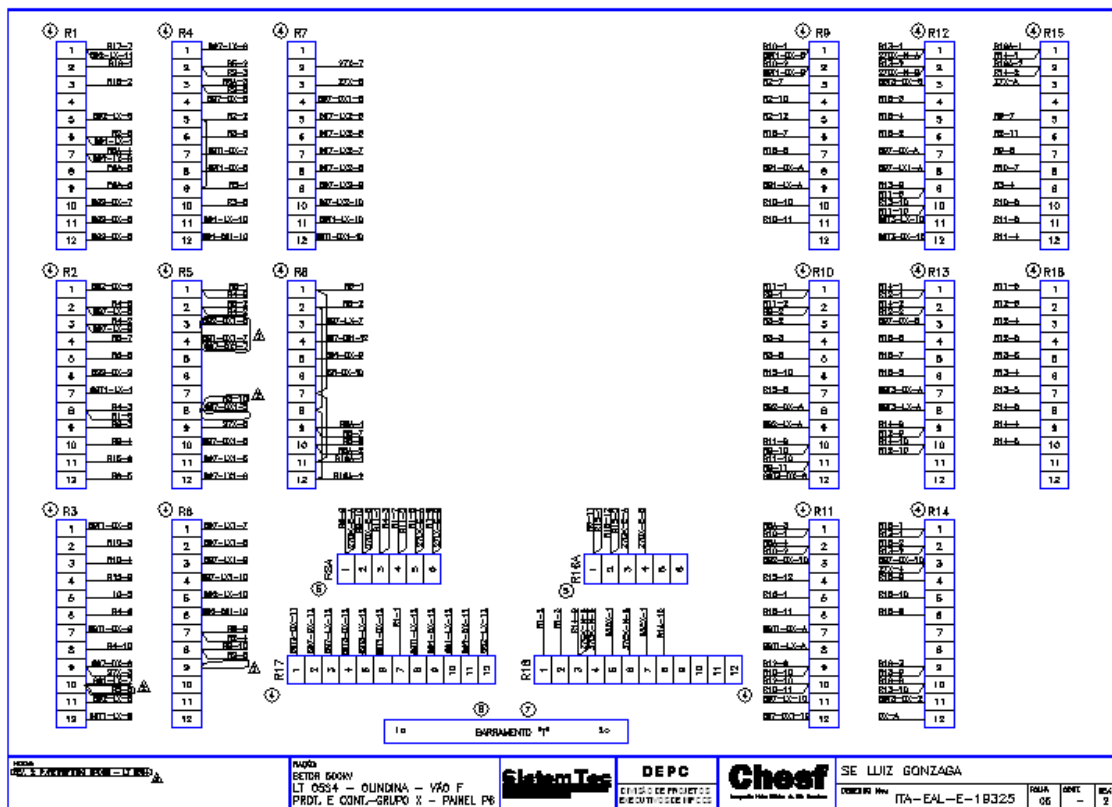


Figura 15. Régulas de bornes da fiação do painel P6 da LT 04S4.

5.2.3 DIAGRAMA DE INTERLIGAÇÃO

O diagrama de interligação consiste na ligação entre painéis ou entre um painel e um equipamento do pátio (disjuntor, seccionadora, caixa de ligação do TP dentre outros) através de cabos. Os cabos são estruturas compostas de várias “veias” ou fios que são blindados caso seja entre um painel e um equipamento do pátio devido a indução magnética do ambiente, os cabos podem conter 2, 4, 6, 9 ou 12 fios de forma que estes fiquem organizados e fáceis de trabalhar.

Um exemplo de interligação pode ser vista na Figura 16 sem apresentar o carimbo do desenho para permitir uma melhor visualização desta imagem.

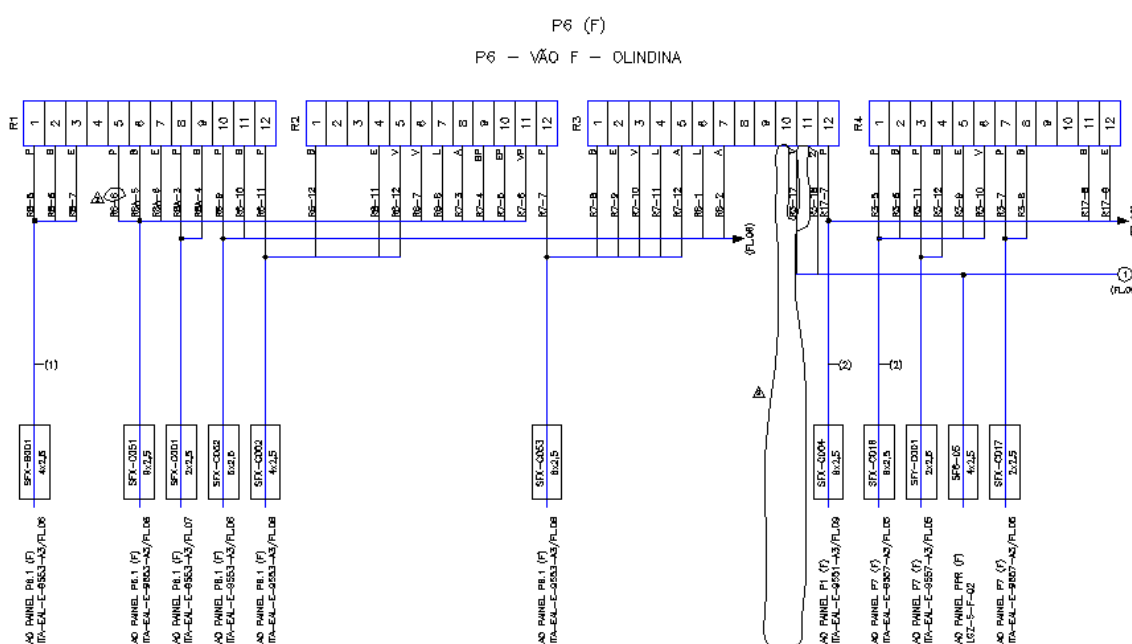


Figura 16. Interligação do painel P6 LT04S4 – Olindina.

Todo o processo que foi realizado na subestação de Luiz Gonzaga na LT 04S4 - Olindina, pela estagiária também foi realizado para a subestação de Paulo Afonso IV de 500 kV para a LT 05S5 – Olindina, seguindo as mesmas orientações para que o projeto pudesse ser entregue à Chesf sem falhas e no prazo determinado.

5.3 CURSO DE PROTEÇÃO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO

Este curso teve início dia 22 de Junho e teve duração de um mês, com o objetivo de capacitar os engenheiros que estariam presentes e os estagiários que estavam

chegando às empresas. O curso foi ministrado pelo engenheiro da Chesf Josemi Araújo da Silva, e ocorreu na cidade do Recife no Sindicato do Engenheiro (SENGE).

Os conceitos vistos no curso, como por exemplo conceitos gerais sobre linhas de transmissão, proteção de sobrecorrente, proteção diferencial de linha e outros mais, foram breves e sucintos para que fosse realizada a parte prática do curso, o qual envolvia o comissionamento dos relés P441 e P442 da AREVA®, assim como os testes com a mala de testes Omicron. Esta mala ou caixa de testes permite que se realizem todos os testes necessários das várias funções que estes possuem, como: sobrecorrente, diferencial, direcional, sincronização, entre outros. A Figura 17 apresenta uma imagem da realização de um dos testes feitos com a mala omicron e o relé P441, onde na figura tem-se o relé a esquerda e a caixa de teste a direita.



Figura 17. Realização de testes com a mala e o relé P441.

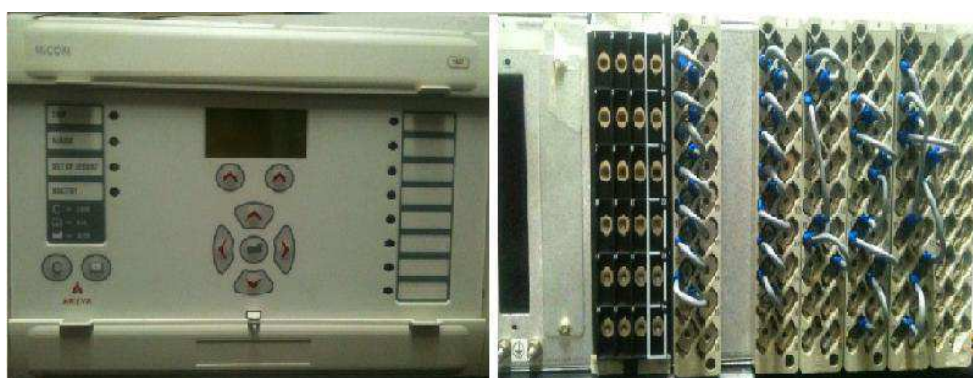


Figura 18. Vista frontal e posterior do relé P442.

O relé P442, que pode ser visto na Figura 18, é um relé de proteção de distância que pode ser utilizado pra uma extensa faixa de linhas aéreas e cabos subterrâneos em

sistema de alta e extra alta tensão. A parametrização deste relé é feito na interface *Programmable Scheme Logic* (PSL) com a ajuda do *software* MICOM S1 Studio, na qual foram feitos lógicas de funcionamento e testes.

5.4 VISITA À CHESF/ONS

Visita à CHESF (Companhia Hidro Elétrica do São Francisco), no setor da ONS (Operador Nacional do Sistema), situada em Recife, com objetivo de se obter esclarecimentos sobre o projeto de teleassistência da subestação de Itabaiana, na qual a estagiária foi a projetista dos transformadores 04T1 e 04T2.

O sistema de paralelismo de transformadores de potência equipado com comutador de derivação, sob carga, geralmente é realizado por um painel eletromecânico, com indicação analógica de Tap e mudança de Tap manual. Este projeto exige um tempo elevado para a elaboração e instalação do painel sendo a manutenção periódica.

Tendo em vista as dificuldades envolvidas nestes painéis eletromecânicos pode-se observar a modernização para o sistema de paralelismo digital torna desnecessário o uso do painel de paralelismo. Com o sistema digital é possível realizar o paralelismo com transformadores de diferentes fabricantes com tempo de comutação distinto, a expansão do sistema com a inserção de novos transformadores em paralelo pode ser realizada adquirindo apenas um novo equipamento e conectando a rede dos equipamentos já existentes. A manutenção é simples e rápida sendo normalmente apenas visual, o sistema emite alarmes quando na presença de qualquer anormalidade. Isto mostra a flexibilidade e a economia gerada pela digitalização do sistema de paralelismo.

Nesta reunião foi acordado que todo o painel de paralelismo existente nesta subestação será substituído por um equipamento moderno e digital, o SART (Sistema automático de regulação de tensão), tendo este equipamento recebido o prêmio Chesf por inovação e melhoria, do autor Sérgio Murilo de Araújo Pereira (DOAL).

O SART agrupa várias funções que seriam realizadas por diversos equipamentos que eram utilizados para o controle de paralelismo de transformadores, tais como medição do módulo de tensão fase-fase em kV para os transformadores, chaves seletoras Mestre/Comandado/Individual, Manual/Automático e Local/Remoto,

indicadores de posição de tap, atuação da proteção de sobrecorrente do comutador sob carga , dentre outros. Diante de inúmeras funções em um só equipamento, observa-se que a fiação de comando e o número de componentes ficam extremamente reduzidos, aumentando consideravelmente a confiabilidade geral e reduzindo os tempos de mão-de-obra para instalação e testes.

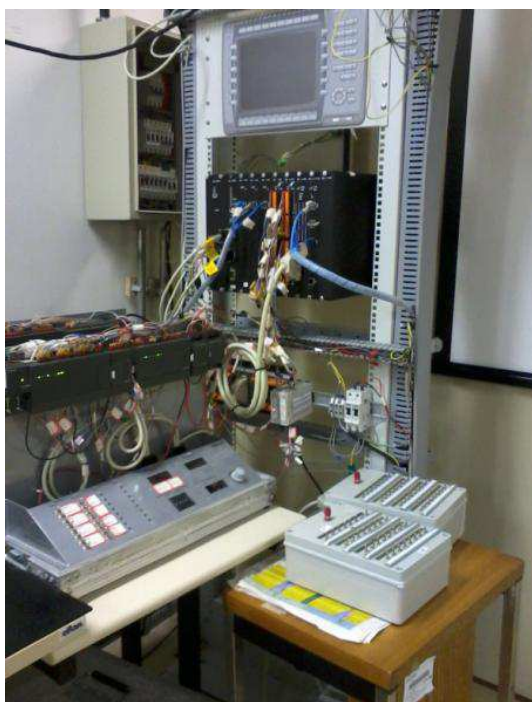


Figura 19. Sistema automático de regulação de tensão-SART.

5.5 PROJETO SE 230 kV - TELEASSISTÊNCIA

Uma das atividades realizadas pela estagiária foi o projeto de uma subestação de 230 kV que consistiu em fazer a teleassistência da subestação, que consiste em desassistir a subestação, ou seja, realizar a supervisão e comando remoto de seus equipamentos e dispositivos com ou sem operadores estacionados em tempo integral. A teleassistência busca a automação dos processos de operação local, um melhor desempenho da SE e conseqüentemente uma maior eficiência operacional.

Para que seja possível realizar este projeto deve-se seguir os preceitos citados pelo Submódulo 2.7 que são definidos pelo ONS. Estas recomendações dos projetos de teleassistência consistem basicamente das adequações e melhorias dos locais cujo controle não é digital. A princípio foi feito o projeto para os dois transformadores de

potência, 04T1 e 04T2, as linhas foram responsabilidade de um engenheiro que trabalha na empresa. A subestação neste caso foi a de Itabaiana, contendo 5 linhas de transmissão, dentre elas Itabaianinha LT 04C3 e outras, dois transformadores e um vão de transferência.

Para os transformadores as orientações a serem seguidas foram:

1. Revisar a atuação do trip/bloqueio sobre os disjuntores associados ao transformador para que só proteções que impeçam a reenergização do transformador atuem bloqueando os disjuntores e que as proteções que não impeçam a reenergização apenas deem trip sem bloqueio. As proteções que impedem a reenergização são: Diferencial (87); Carcaça (64); Rele de gás 2º Grau do trafo ou comutador (63 e 63C); Sobrecorrente de neutro do lado delta (50/51N) no 69 kV e Sobrecorrente de fase do lado delta (50/51) nos ATRs 500 kV.

2. Instalar telecomando para rearme do relé de bloqueio. Se a chave de bloqueio não possuir reset elétrico, a mesma deve ser substituída por (01) um ou mais relés biestáveis, sendo prevista a instalação de 01 (uma) botoeira para rearme manual do relé de bloqueio no nível 1.

3. Instalar no primário e no secundário multimedidores digitais para A, MW e MVar para cada enrolamento e kV apenas no secundário, que devem ser interligados por rede Modbus ao SCS.

4. Implantar telemedição de temperatura de óleo e enrolamento. Confirmar com DMS a instalação de dispositivos de medição de temperatura de óleo e enrolamentos com disponibilidade para ligação por rede Modbus. Caso a rede Modbus não exista deverá fazer parte do projeto a instalação da rede entre os medidores e o SCS.

5. Instalar telecomando, através da instalação de relé biestável e dois relés de telecomando, para ativação e desativação da chave 43I de ativação e desativação do trip de sobretemperatura. A chave de ativação e desativação do 43I no nível 1 deve ser substituída por chave com retorno à posição neutra.

6. Instalar telessupervisão de estado da chave 43I, utilizando contato do biestável.

7. Instalar telecomando de todas as chaves seccionadoras e de aterramento motorizadas através da instalação de dois relés de telecomando. Deverão ser observadas as condições mínimas de intertravamento.

8. Instalar telessupervisão de estado de todas as chaves seccionadoras através da instalação de dois relés dST, considerando os estados aberto e fechado. Caso a chave não disponha de contatos auxiliares, deve ser preparada a cabeção e instalados os relés

correspondentes e solicitar ao DMS a instalação do bloco de contatos auxiliares. Nos casos em que já exista a supervisão de um estado (aberto ou fechado), o projeto deverá prever apenas a complementação da supervisão faltante.

9. Instalar telessupervisão de estado de todos os disjuntores através da instalação de apenas um relé dST, considerando apenas o estado oposto ao de operação normal.

10. Disponibilizar os pontos de anunciadores existentes na instalação para alarmes/SOE do nível 2 desde que estejam contemplados no Padrão de Supervisão através da utilização de contatos disponíveis nos relés de sinalização ou, se não houver disponibilidade de contato, através da instalação de relé auxiliar com tempo de operação adequado ao tipo de alarme.

11. Instalar alarmes e SOE no nível 3 que atendam as seguintes condições:

- Só devem subir para o nível 3 os alarmes/SOE que estão contemplados no Padrão de Supervisão e que suportem decisão do operador de sistema;
- Devem ser garantido para o nível 3 todos os pontos solicitados pelo procedimento de rede submódulo 2.7;
- Os alarmes/SOE que demandem a presença de inspeção local podem ser agrupados por tipo, por exemplo: "Anormalidade Disjuntor", "Anormalidade Grupo Gerador", "Anormalidade Teleproteção" etc.

12. Se não houver um sistema de regulação automática adequado, deverá ser feita a instalação da Regulação Automática de Tensão (SART).

A Figura 20 ilustra uma página do diagrama funcional a qual foi adicionada de acordo com as qualificações exigidas para o transformador 04T1 da SE ITABAIANA. Nesta foi adicionada a telessupervisão do disjuntor através da instalação de um dST. Para este projeto, como não havia um sistema de regulação automática adequado foi realizado a instalação do SART como foi indicado no tópico 5.4. A “ameba”, que é uma forma livre de linhas que cercam um desenho novo, no centro do desenho representa a parte que foi adicionada pela empresa, toda atividade realizada pela empresa deve ser “amebada” para indicar quais alterações foram feitas no funcional sem que seja necessário a presença de alguém mostrando todos os pontos modificados, isso facilita o trabalho de quem vai fazer uso do funcional e de um suposto trabalho futuro. Além da ameba, deve vir junto da mesma uma inscrição indicando o número da revisão feita, assim todas as amebas anteriores a última revisão devem ser retiradas do caderno para que o mesmo não se torne confuso.

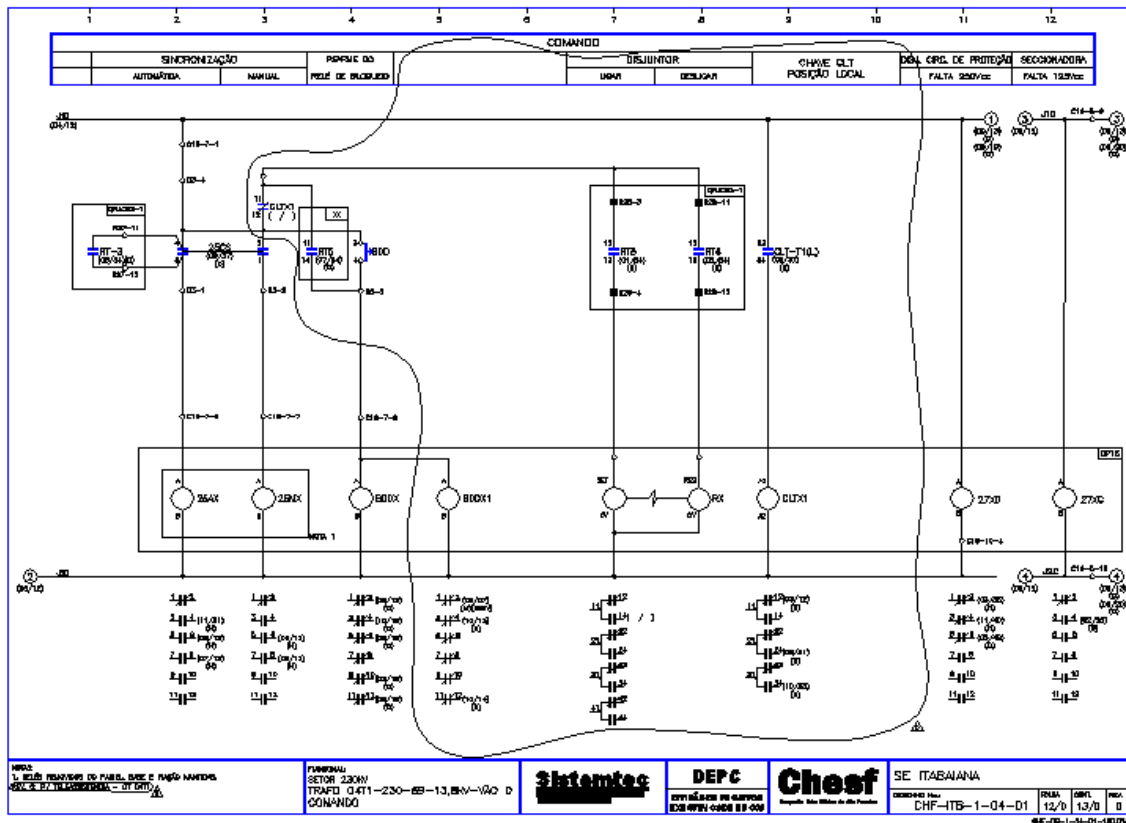


Figura 20. Trafo 04T1 – SE ITABAIANA – Vão D.

5.6 PROJETO DE SE DE 230 kV – PAINÉIS CP2 E CP2R

Durante esse período de experiência foi possível acompanhar a montagem de dois painéis, o CP2R da subestação de MATATU –Vão D - LT 04M7 – Camaçari II que está representado na Figura 21. E o painel CP2 da subestação de PITUAÇU – Vão G – LT 04M9 – Camaçari II que está representado na Figura 25, em fase de finalização. Os dois painéis foram montados passo a passo pela AGAM, desde a construção do mesmo até a finalização com os testes necessários, como conferência da fiação e de polaridades, para que os mesmos pudessem ser utilizados no *retrofit* de 230 kV das subestações citadas. Nestes painéis foram usados dois relés de proteção P442 da AREVA®. A Figura 22 apresenta uma vista do painel CP2R da LT 04M7 contendo 8 diodos, 4 bases para relés auxiliares, 8 disjuntores, 4 supressores de surto e 8 bases para fusíveis.

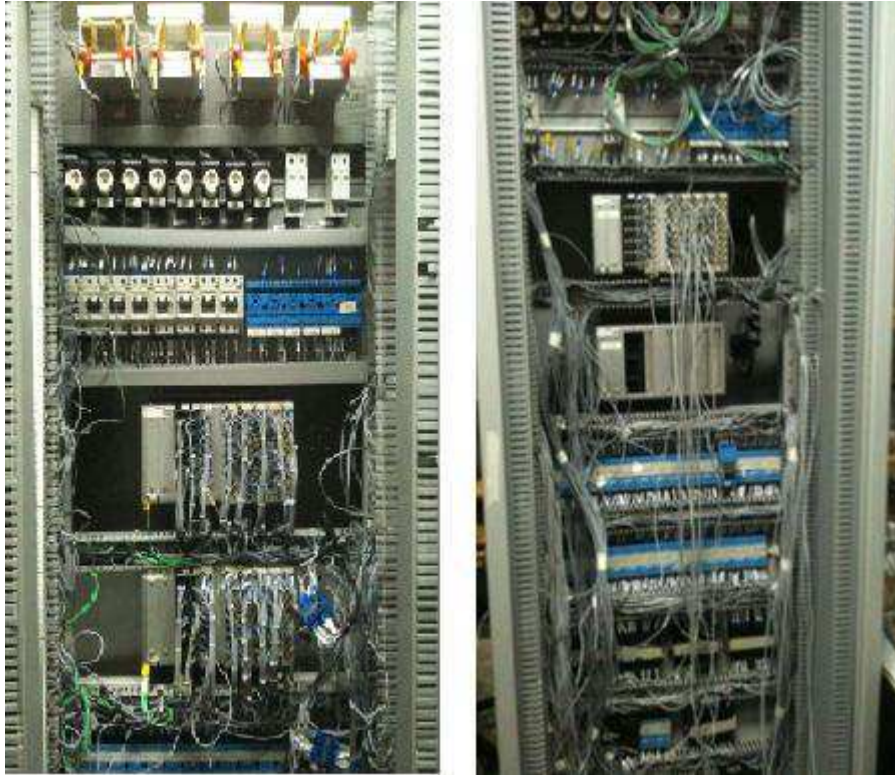


Figura 21. Vistas posteriores do painel CP2R – SE MATATU LT 04M7 – 230 kV.



Figura 22. Vista do painel CP2R - SE MATATU sendo montado.

A Figura 23 apresenta a página do diagrama funcional no qual equivale à figura 22 onde mostra todos os equipamentos, mostrando como a montagem do painel segue fielmente o diagrama funcional.

A Figura 25 apresenta duas vistas posteriores do painel CP2 da LT 04M9 – SE PITUAÇU – Camacari II, o qual está em fase de acabamento para então ser devidamente testado e enviado para a subestação referida ainda no mês de outubro.

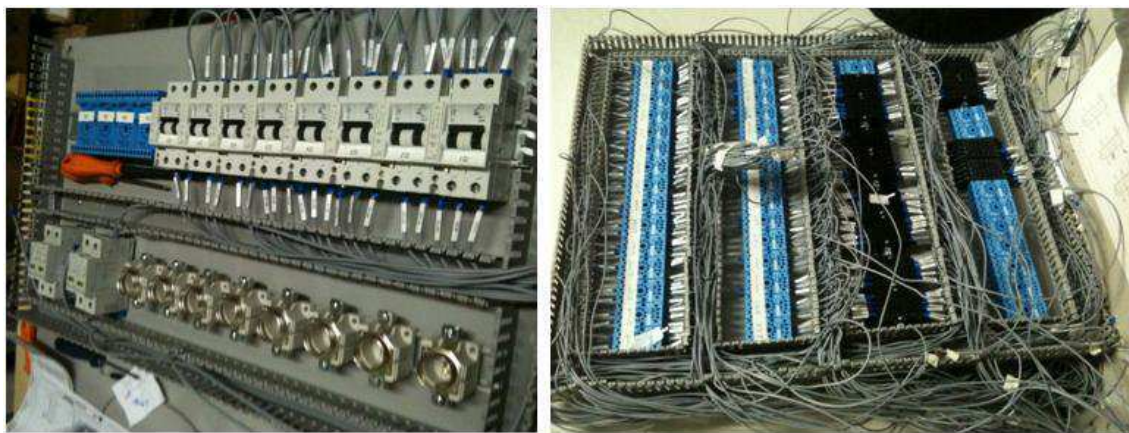


Figura 25. Vistas posteriores do painel CP2 da LT 04M9 – SE Pituaçu.

6 CONCLUSÃO

Este documento teve como objetivo descrever as atividades realizadas e as informações obtidas durante o período de estágio integrado realizado na empresa AGAM empreendimentos no desenvolvimento de projetos em medição, proteção, comando, controle e supervisão.

Durante este estágio foi possível projetar diagramas funcionais relacionados aos projetos de edição, proteção, comando, controle e supervisão, assim como os diagramas de interligação e fiação para os equipamentos existentes no pátio, para os chassis de proteção e painéis de comando.

Neste, também foi possível a elaboração de um projeto de 230 kV da subestação de Itabaiana, direcionado especificamente para os transformadores. A partir deste projeto foi possível verificar a necessidade de se trocar os painéis eletromecânicos de paralelismo dos transformadores por painéis digitais, onde estes novos painéis apresentam manutenção rápida e simples.

Foi possível observar que as montagens dos chassis de proteção seguem fielmente os desenhos correspondentes no caderno do diagrama funcional, assim como as correspondentes interligações e fiações.

Há, nesta área, uma grande necessidade de realizar a troca da proteção antiga, por proteção avançada e digital, trabalho este que terá expansão à medida que forem sendo criadas novas tecnologias e inovações. Este estágio mostra-nos que cada vez mais o Sistema Elétrico de Potência necessita de novas inovações juntamente com o Sistema de Proteção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- SANTOS, G. R., **Documento de Apresentação da AGAM Empreendimentos** Ltda. Olinda, 2011.
- GUERRA, F. C. F., **Notas de aula**, DEE/CEEI/UFCG, Campina Grande, 2011.
- DUAILIBE, P., **Consultoria para uso eficiente de energia**. Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Novembro, 1999.
- BARBOSA, D., **Estimação de Frequência em Sistemas Elétricos de Potência através de Filtragem Adaptativa**. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, 2007.
- ALMEIDA, M. A. D., **Notas de aulas da disciplina Proteção de Sistemas Elétricos**. Depto. De Eng. Elétrica/UFRN, Natal,RN, 2011.
- KINDERMANN, G., **Proteção de Sistemas Elétricos de Potência**, Ed. Do autor, Vol 1, 2ª Ed. Florianópolis, 2005.
- BLACKBURN, J. Lewis and Domin, Thomas J. – **Protective Relayng – Principles and Applications** – 3ª Ed. – 2007 by Taylor & Francis Group, LLC.
- ANDERSON, P. M.,**Power System Protection**. IEEE Press Series on Power Engineering, Ed. McGraw-Hill, 1ª Ed., New York, 1999.
- COTOSCK, K. R.,**Proteção de sistemas elétricos: uma abordagem técnico-pedagógica**. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.
- REDE INTELIGENTE. Rede inteligente: por que, como, quem, quando, onde?. Rede Inteligente, 2009. Disponível em: < <http://www.redeinteligente.com/2009/08/11/rede-inteligente-por-que-como-quem-quando-onde/>>. Acesso em: 19 de Setembro de 2013.
- A ENGENHARIA NO DIA A DIA. O desenvolvimento dos sistemas elétricos de potência e a sua importância para o desenvolvimento sócio econômico. Postado por Jorge Paulino. A engenharia no dia a dia, 2011. Disponível em: < <http://engenharianodiaadia.blogspot.com.br/2011/12/o-desenvolvimento-dos-sistemas.html>>. Acesso em: 19 de Setembro de 2013.
- TREETECH. Furnas moderniza sistema de paralelismo. Fonte: Revista Furnas, Novembro de 2005. Disponível em: <<http://www.treetech.com.br/pt/viewCase.php?id=1268660174>>. Acesso em: 25 de Setembro 2013
- GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. Curso de eletrotécnica. Nilton César Figueira, Colégio Iguazu - Foz do Iguaçu, Maio de 2011. Disponível em: < <http://pt.scribd.com/doc/120164840/GeracaoTransmissaoEnergia#download> >. Acesso em: 01 de Outubro de 2013