



Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Engenharia Elétrica e Informática
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica
Grupo de Sistemas Elétricos

MONTAGEM E PRÉ-COMISSONAMENTO DA USINA
TERMOELÉTRICA AREMBEPE ENERGIA
FRANCISCO DAS CHAGAS SOUZA JÚNIOR

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO
Ramos & Novaes Consultória e Serviços em Energia LTDA

Orientador: Prof. Benemar Alencar de Souza

Campina Grande - PB

Julho - 2009

FRANCISCO DAS CHAGAS SOUZA JÚNIOR

**Montagem e pré-comissionamento da Usina Termoelétrica
Arembepe Energia**

Relatório de Estágio Integrado submetido à Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Campina Grande - PB

Julho - 2009

FRANCISCO DAS CHAGAS SOUZA JÚNIOR

Montagem e pré-comissionamento da Usina Termoelétrica
Arembepe Energia

Relatório de Estágio Integrado submetido à Unidade Acadêmica de
Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como
parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Elétrica.

Data de Aprovação: 24 de Julho de 2009

BANCA EXAMINADORA:

Benemar Alencar de Souza
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador

Damásio Fernandes Júnior
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho em primeiro lugar ao ser supremo, criador de todas as criaturas. À Deus, por tudo o que tem me proporcionado até hoje e pelo que ainda há de me proporcionar.

A meus pais (Ana e Nenen) pelo amor, carinho, dedicação, esforço e confiança depositados em mim desde o meu nascimento. As minhas irmãs pelo companheirismo e ajuda.

Ao meu avô José Alves (*in memoriam*) e a minha avó Ana Alves Vitoriano por toda força e incentivo dados.

A toda minha família pela compreensão e carinho.

AGRADECIMENTO

Ao chegar ao final de mais uma etapa da minha vida, é chegada a hora de parar e agradecer. Agradecer a Deus: Metre, Amigo, Confidente e Companheiro de todas as horas. A minha amada mãe - Ana - e ao meu amado pai - Nenen - que durante toda minha vida não mediram esforços para dar-me uma boa formação tanto como profissional que ora torno-me, tanto como homem que com eles aprendi a ser. As minhas queridas irmãs - Ana Clara e Ana América - que com suas diferenças e brincadeiras sempre estiveram ao meu lado, e em especial, nesses últimos anos onde foram minhas verdadeiras fontes de informação, o meio de comunicação mais curto com minha família.

Ao meu querido e inesquecível avô José Alves que tanto gosto fez e que tanto sonhou em ver-me chegar até aqui. A minha amada avô Ana Alves pelas palavras de ajuda por todo esse tempo.

A minha família em geral que soube compreender minha ausência em momentos de reunião familiar.

Aos amigos que cá encontrei cada um ao seu modo, cada um com seu jeito, mas todos dispostos a ajudar e juntos construir algo muito além de qualquer conquista: nossa amizade. Em especial agradeço a: Emerson Lacerda, Ezequiel Souza, Wanderson Macedo, Anderson Lins, Pablo Diego, Estéfano Gomes, Leonardo José, Luciano Barbosa, Talita Brito, Aline Cristina, Jussiane Emídio, Marta e Geneci que dividiram comigo responsabilidade extra universitárias. Aos colegas de estudo pelo companheirismo, em especial: Geronilson Almeida, Bruno Fraciscatto, Sonaldo Vital, Felipe Lopes, Roniere Lima, Charles Marinho, Antônio Fábio, Luis Gustavo Castro, Adriano Ananias, Lilian Guimarães, Wellinsívio Santos, Ana Júlia Oliveira, Thiago Bandeira, Rodrigo Almeida, Rodolfo Alencar, e a tantos outros que escreveram essa história junto comigo.

Aos amigos dos laboratórios de Sistemas Embarcados e Computação Pervasiva: Leandro Sales, José Luis, Ádrian Lívio, André Hora, Emanuel Dantas, Paulo Rômulo, Miguel Augusto, Carolina Nogueira, Renato Souto e aos do Laboratório de Alta Tensão: Nelson Luis, Ferdinando Fernandes, Michele, Wilker Victor, Clécio Anésio, Chico e Adriano pelas conversas, ajudas e orientações.

De modo especial agradecemos aos engenheiros Waldez Azevedo, Humberto Novaes, Paulo Sérgio, Fredy Feitosa pelos conhecimentos passados durante a realização deste trabalho bem como pelo apoio dado. Às senhoras Áurea Novaes e Lili Guimarães pela ajuda que nos foi dado durante esse período.

Aos amigos Roniere Lima, Sonaldo Vital e Felipe Lopes que dividiram as preocupações e alegrias durante o período da realização deste estágio, um agradecimento todo especial.

Ao meu professor orientador Dr. Benemar Alencar de Souza pela ajuda e compreensão em todos os momentos. Ao professor e grande amigo Damásio Fernandes Júnior pela orientação me dada no momento certo.

Enfim, a todas as pessoas que de certa forma participaram desta caminhada que tenho o prazer de completar agora.

LISTA DE FIGURAS

1	Usina Termoelétrica Arembepe Energia	7
2	Grupo de geradores de um dos lados da UTE Arembepe	9
3	Painel DAS	10
4	Painel DASR	10
5	Grupo separador de dois braços	11
6	Módulo Booster	12
7	Resistor de aterramento de $762,1\Omega$	13
8	Reator limitador de corrente de curto-circuito	14
9	Transformador de 1,5 MVA utilizado para serviços auxiliares	15
10	Grupo gerador de emergência Stemac 750 kW	15
11	Diagrama unifilar dos CDC's	16
12	Transformador elevador WEG de 96 MW	18
13	Subestação elevadora da Arembepe Energia	21
14	Localização da central do SDAI dentro da Sala de Controle	25
15	Planta de SDAI da guarita de descarregamento	26
16	Modelo de um transformador real	31
17	TC's ABB utilizados nos CCM Arembepe	32
18	TP's SASSI utilizados nos CCM Arembepe	33
19	Tela do EGCP para uma máquina parada	34
20	Resistor de aterramento	36
21	SIPROTEC 7UM Siemens	37

22	SIPROTEC 7SJ Siemens	38
23	Transformador de Corrente Arteche	41
24	Modelo de um transformador real	41
25	Transformador de Potencial Arteche	43
26	Pára-raios Areva	45
27	<i>Chave seccionadora Areva</i>	46
28	<i>Chave seccionadora de by-pass</i>	46
29	Disjuntor 242 kV Areva	47
30	Procedimento de preenchimento de SF6 nos disjuntores	49
31	Seccionadoras com alongador	50
32	Diagrama Unifilar da SE Pólo	52
33	Unidade de Controle MiCom C264	54
34	Tela de alarmes do sistema supervisorio Areva	55
35	Tela do <i>software</i> utilizado para simular falhas	56
36	Unifilar do <i>bay</i> A - Camaçari 1	57

LISTA DE TABELAS

1	<i>Características dos TC's dos DAS Arebbepe</i>	32
2	<i>Características dos TP's dos DAS Arebbepe</i>	33
3	<i>Aplicação de TC's quanto a Classe de Exatidão</i>	42
4	<i>Resumo das características elétricas dos TC's Arteche</i>	42
5	<i>Resumo das características elétricas dos TP's Arteche</i>	43
6	<i>Aplicação de TP's quanto a Classe de Exatidão</i>	44
7	<i>Resumo das características elétricas dos Pára-raios Areva</i>	46
8	<i>Resumo das características elétricas dos Disjuntores Areva</i>	48

CONTEÚDO

Intrudução	5
1 A empresa	6
1.1 Visão Geral da Arembepe Energia	7
1.2 Aspectos Gerais	8
1.2.1 Os Geradores	8
1.2.2 Os CCMs DAS	9
1.2.3 Os CCMs DASR	9
1.2.4 Os módulos Separadores	11
1.2.5 Os módulos Boosters	11
1.2.6 Os Resistores de Aterramento	12
1.2.7 Os Reatores Limitadores de Corrente	13
1.2.8 Os Transformadores de Serviços Auxiliares	13
1.2.9 Grupo Gerador de Emergência	14
1.2.10 As Salas Elétricas	16
1.2.11 A Sala de Controle	17
1.2.12 Os Transformadores Elevadores	18
1.2.13 Área de Utilidades	19
1.2.14 A Subestação Elevadora	20
2 Supervisão da implantação do Sistema de Alarme e Detecção de Incêndio	22
2.1 Resumo teórico	22

	III
2.2	Elaboração do projeto 23
2.3	Comissionamento do SDAI 25
3	Comissionamento Elétrico 27
3.1	O comissionamento 27
3.1.1	Por que o Comissionamento 28
3.1.2	Pra que o Comissionamento 28
3.2	Comissionamento de CCM´s 29
3.2.1	Os Cabos elétricos 29
3.2.1.1	Teste de continuidade 30
3.2.1.2	Teste de isolamento 30
3.2.2	Os Barramentos 30
3.2.3	Os Transformadores de Corrente 31
3.2.4	Os Transformadores de Potencial 33
3.3	Comissionamento dos EGCP´s 34
3.4	Comissionamento dos Resistores de Aterramento 35
3.5	Comissionamento dos Painéis de Média Tensão 36
3.5.1	Cabos de força 36
3.5.2	Sistema de Proteção 37
3.5.2.1	SIPROTEC 7UM 37
3.5.2.2	SIPROTEC 7SJ 38
4	Acompanhamento de finalização da montagem da SE 230 kV 40
4.1	Os Transformadores de Corrente 40
4.2	Os Transformadores de Potencial 43
4.3	Pára-Raios 44
4.4	Chaves Seccionadoras 46

	IV
4.5 Disjuntores	47
4.6 Trabalhos realizados	48
4.6.1 Disjuntores	48
4.6.2 Chaves Seccionadoras	49
5 Acompanhamento da finalização da montagem da SE Pólo	51
5.1 Primeira etapa do comissionamento	52
5.1.1 Nível de Aquisição, Controle e Proteção	53
5.2 Segunda etapa do comissionamento - Teste de proteção	55
5.3 Terceira etapa do comissionamento - Teste de intertravamento	56
5.3.1 Manual de Operação para <i>bay</i> A - Camaçari 1	57
5.3.1.1 Intertravamento disjuntor 52A	57
5.3.1.2 Intertravamento chave seccionadora 89.1A	58
5.3.1.3 Intertravamento chave seccionadora 89.2A	58
5.3.1.4 Intertravamento chave seccionadora 89.4A	58
5.3.1.5 Intertravamento chave seccionadora 89.5A	58
6 Conclusão	60

INTRUDUÇÃO

Depois da liberação da comercialização de energia elétrica pelo Ministério das Minas e Energia, vários grupos viram neste um mercado promissor. Desde então a idéia da geração distribuída vem sendo cada vez mais difundida no país. PCHs, geração eólica, estudo para viabilização dos biocombustíveis e a geração termoelétrica são os principais forças a geração alternativa no Brasil.

O Nordeste é uma das regiões do país em que a geração alternativa é mais difundida. O litoral cearense caminha para ser o maior centro de geração eólica do país com um total de 1,5 GW de potência até 2015. Na Paraíba, o sitio de geração de Mataraca tem uma potência instalada de 150 MW. Na Bahia, grupos investidores de todo país estão buscando áreas estratégicas (proximidade com o pólo petroquímico, centro de distribuição da Petrobrás, grandes centros consumidores) para instalar usina em geral termoelétricas.

Na região do pólo petroquímico de Camaçari, três usinas já encontram-se em operação e mais três em construção. Uma delas a UTE Arembepe, com capacidade de geração de 150 MW composta por 64 motores, na qual foi realizado este estágio integrado pela RN Energia Consultoria e Serviços. Fora estas, mais seis usinas serão instaladas nos próximos cinco anos.

1 A EMPRESA

Este estágio teve duração de 4 (quatro) meses sendo enquadrado como estágio supervisionado. A empresa contratante foi a RN Energia Consultoria e Serviços em Energia Elétrica, fundada no Rio de Janeiro e atuante em várias partes do Brasil no seguimento de fiscalização e construção de usinas termelétricas. Sendo assim, pode-se dizer que a RN Energia é uma empresa de engenharia do proprietário, focada no gerenciamento da implantação de usinas termelétricas.

O corpo técnico da empresa é altamente especializado e possui largo conhecimento da regulação do setor elétrico. O trabalho de gerenciamento é desenvolvido em parceria com os empreendedores, cabendo à RN Energia dar todo o suporte a estes, incluindo:

- o relacionamento com as agências governamentais e órgãos de meio ambiente;
- o planejamento e controle das etapas de implantação do projeto;
- o apoio à negociação de contratos com fornecedores nacionais e internacionais;
- a avaliação técnica de projetos na área de energia.

A empresa tem como missão viabilizar soluções técnicas e administrativas de Engenharia em Energia com excelência de atendimento, buscando inovar sempre em prol da rentabilidade e sustentabilidade. Sua visão consiste em ser reconhecida até 2013, a nível nacional, pela excelência em gerenciamento de empreendimentos em energia.

A estrutura hierárquica da RN Energia segue da seguinte forma: a frente o diretor superintendente Humberto David de Novaes responsável pela gerencia da empresa como um todo; o diretor de engenharia Claude de Winter que tem como função realizar e encaminhar os documentos relacionados com projetos mecânicos e civis da obra; o diretor de Implantação Waldez Fernandes de Azevedo responsável pelo encaminhamento das atividades de engenharia desde a confecção de orçamentos até a contratação

e execução de trabalhos relacionados; completando a equipe temos a responsável pelos Recursos Humanos Áurea Cristina Ramos de Novaes.

1.1 VISÃO GERAL DA AREMBEPE ENERGIA

A Unidade de Tratamento de Energia (UTE) Arembepe Energia S.A. fica localizada no pólo industrial da cidade de Camaçari estado da Bahia. Com suas obras iniciadas em janeiro de 2008, a UTE Arembepe Energia é composta por um grupo de 64 geradores que juntos fornecem um total de 160 MW de potência que se juntam ao SIN (Sistema Interligado Nacional), por meio da SE Pólo que além da linha da UTE Arembepe, ainda recebe a linha da UTE Camaçari Muricy 1 e duas linhas de um alimentador expresso que atende a montadora Ford.



Figura 1: Usina Termoelétrica Arembepe Energia

Da SE Pólo, a energia gerada tanto na UTE Arembepe quanto na Camaçari Muricy 1, seguem para a SE Camaçari, de propriedade da COELBA (Companhia Elétrica da Bahia) e daí já está sob domínio do ONS (Operador Nacional do Sistema).

Alçada em cerca de 300.000.000,00 (Trezentos Milhões de Reais), a obra tem como os principais acionistas o grupo CIBepar de São de Paulo (aproximadamente 70) e o Ministério das Minas e Energia através da Petrobras Petróleo Brasileiro (30 das participações).

Durante a obra, duas empresas foram responsáveis pela execução da mesma: a

EFACEC do Brasil LTDA, que foi afastada da função em dezembro de 2008 quando assumiu a RN Energia Consultoria e Serviços empresa na qual foi realizado o presente estágio.

1.2 ASPECTOS GERAIS

Neste ponto do trabalho, serão dadas informações gerais a respeito da composição e do funcionamento geral da planta da UTE Arembepe Energia passando desde o descarregamento do óleo até a o processo de conversão de energia térmica em energia elétrica.

1.2.1 OS GERADORES

Para obter um total de 160 MW de potência, a planta conta com 64 conjuntos motor-gerador acionados pelo óleo combustível pesado (OCB1) de 3,125 MVA cada, com fator de potência 0.8, tensão nominal de 6,6 kV e excitação por meio de ponte rotativa de diodos com retificador por coletor sem escovas "brush-less", fornecidos pela Hyundai Heavy Industries Co. LTD (Coreia do Sul).

Cada motor-gerador tem uma velocidade nominal de 900 rpm e uma potência ativa de 2,5 MW o que dá uma corrente de saída de 265A.

Para efeito de normatização da ONS (Operador Nacional do Sistema) cada grupo de 4 motores-geradores forma um *cluster*. Cada um dos geradores que compõem o *cluster* é conectado a um barramento de média tensão por meio de um disjuntor individual de onde é conectado a um painel de média que dispõe de um disjuntor de 6,6 kV que pode ser aberto ou fechado dependendo da necessidade operacional do sistema.

No momento de partida de cada *cluster*, o barramento de média tensão é energizado pelo cubículo da COELBA com os disjuntores de cada gerador abertos. Este procedimento é feito com o intuito de sincronizar a tensão dos geradores com a do sistema COELBA.

No caso da UTE Arembepe, existem 16 *clusters*. Nos *clusters* 1, 5, 9 e 13 além dos quatro geradores, é conectado um Transformador de Serviço Auxiliar (TSA) que é utilizado para alimentar as cargas do processo da usina tais como: alimentação de painéis, determinados motores entre outros.



Figura 2: Grupo de geradores de um dos lados da UTE Arembepé

1.2.2 OS CCMS DAS

Os *Diesel Auxiliary Service* DAS's são painéis de alimentação das máquinas necessárias para a partida dos geradores. Cada DAS comanda as máquinas preliminares de dois *clusters*. Entre essas máquinas podemos destacar a bomba de pré-lubrificação do motor, a *sludge pump* (bomba responsável por tirar de óleo alguma impureza que ainda possa aparecer no óleo). Os insufladores, ventiladores que servem para retirar o ar quente da área do gerador. Os sistemas *boosters* e o *Nozzile Cooler* que serão apresentados abaixo além de dois DASRs que serão apresentados na próxima seção.

1.2.3 OS CCMS DASR

Os *Diesel Auxiliary Service Refrigeration* (DASR's) são um conjunto de 12 motores responsáveis pelo resfriamento do ar utilizado no processo de geração de energia das máquinas da Hyundai. Cada conjunto de quatro motores é responsável pela refrigeração do ar de um único grupo motor-gerador.

Fisicamente, os DASR's estão localizados fora da *Power House* abaixo da estru-



Figura 3: Painel DAS



Figura 4: Painel DASR

tura em que se encontram os ventiladores. Este painel é especialmente projetado para suportar as intempéries climáticas como: chuva, sol, vento, contando com resistores

de aquecimento, revestimento especial dos barramentos (contra corrosão), entre outros artifícios.

1.2.4 OS MÓDULOS SEPARADORES

O módulo dos Separadores é composto por quatro motores-bomba separados em dois braços, braço A e braço B. No braço A ainda encontra-se conectada a sludge pump que é a bomba responsável pela retirada de algumas impurezas que ainda possam vir a ser encontradas no óleo.



Figura 5: Grupo separador de dois braços

Cada módulo separador (também conhecido como purificador), atende a um único cluster. É neste módulo em que ocorre a separação do HFO (*Hard Fuel Oil*) no LO (*Lub Oil*) e DO (*Diesel Oil*). Cada um desses componentes é utilizado em uma determinada parte do motor Hyundai.

1.2.5 OS MÓDULOS BOOSTERS

Os grupos geradores da Hyundai utilizam o ar comprimido para fazer a partida do motor. Nesse caso, a função do ar é somente tirar o sistema da inércia de modo que

depois de um breve intervalo de tempo o sistema possa funcionar apenas com o óleo combustível.



Figura 6: Módulo Booster

Os boosters recebem o ar de dois compressores e por meio de dois motores WEG eleva a pressão do mesmo até um valor de 30 kbar. Depois desse processo, o ar é injetado no sistema do motor de modo que o rotor seja retirado da inércia.

1.2.6 OS RESISTORES DE ATERRAMENTO

Os motores Hyundai têm sua saída de tensão conectada em Y aterrado. Levando em consideração a baixa tensão gerada e o nível de potência, fez-se necessário a instalação de um resistor de aterramento no neutro de cada um dos geradores para limitar a corrente de falta a um valor conveniente.

O sistema de aterramento do neutro é composto por um banco de resistores de $762,1\Omega$ corrente permanente de 0,5 A e uma corrente transitória de 5 A/10s e por um transformador de corrente com relação de transformação 25/5 que é utilizado para analisar o nível de corrente de fuga.



Figura 7: Resistor de aterramento de $762,1\Omega$

1.2.7 OS REATORES LIMITADORES DE CORRENTE

Os reatores série instalados entre a saída dos reatores e o cubículo 6,6 kV tem por objetivo limitar a capacidade de interrupção dos disjuntores desses cubículos e proteger por limitação da corrente de curto-circuito, os circuitos direta ou indiretamente alimentam os mecanismos do disjuntor tais como: muflas, seções de barramentos, flanges e demais componentes e acessórios de conexão associados ao este.

Tais reatores série são secos, de uso interno e monofásicos, com corrente nominal de 1100 A, indutância nominal de 0,53 mH, potência nominal de 242 kVAr e fornecimento Areva.

1.2.8 OS TRANSFORMADORES DE SERVIÇOS AUXILIARES

Como já dito anteriormente, aos clusters 1, 5, 9 e 13, são conectados transformadores que alimentam os CCM (Centro de Comando de Motores) da planta da usina.

Tais transformadores têm tensão no primário de 6,6 kV e no secundário de 480 V. Cada um desses transformadores tem uma potência de 1,5 MVA. Com esta potência,



Figura 8: Reator limitador de corrente de curto-circuito

cada um dos transformadores tem a capacidade de alimentar os serviços auxiliares de 16 unidades geradoras.

Estes transformadores de serviços auxiliares são à seco, com ligação Delta-Y aterrado e de fornecimento da BluTrafos.

1.2.9 GRUPO GERADOR DE EMERGÊNCIA

Acionado por motor de combustão interna, o gerador diesel possui um painel de controle para partidas automática e manual bem como todos os acessórios necessários para operação isolada em serviço de emergência ou em paralelo com o sistema de distribuição local. Este Grupo Gerador, na falha dos transformadores auxiliares, é interligado ao CDC por meio de um disjuntor e de um quadro de transferência automática (QTA) sendo capaz de alimentar, em situações de sinistro, as cargas essenciais da usina.

O gerador de emergência da UTE Arembepe, possui uma potência nominal de 750 kVA numa tensão nominal de 480 V e fator de potência 0,8 (indutivo).



Figura 9: Transformador de 1,5 MVA utilizado para serviços auxiliares



Figura 10: Grupo gerador de emergência Stemac 750 kW

Em conjunto com os TSA´s a função do gerador de emergência é manter a alimentação a todas as cargas da planta. Como pode-se verificar na figura 11, o gerador de emergência é acionado automaticamente em caso de ausência de tensão nos CDC´s A e B (TSA´s 1, 2, 3 e 4). Num caso desse, o CDC-C é alimentado via

gerador de emergência e pode também alimentar o CDC-A ou o CDC-B através da interligação das barras 5 com a 1 ou 5 com 3.

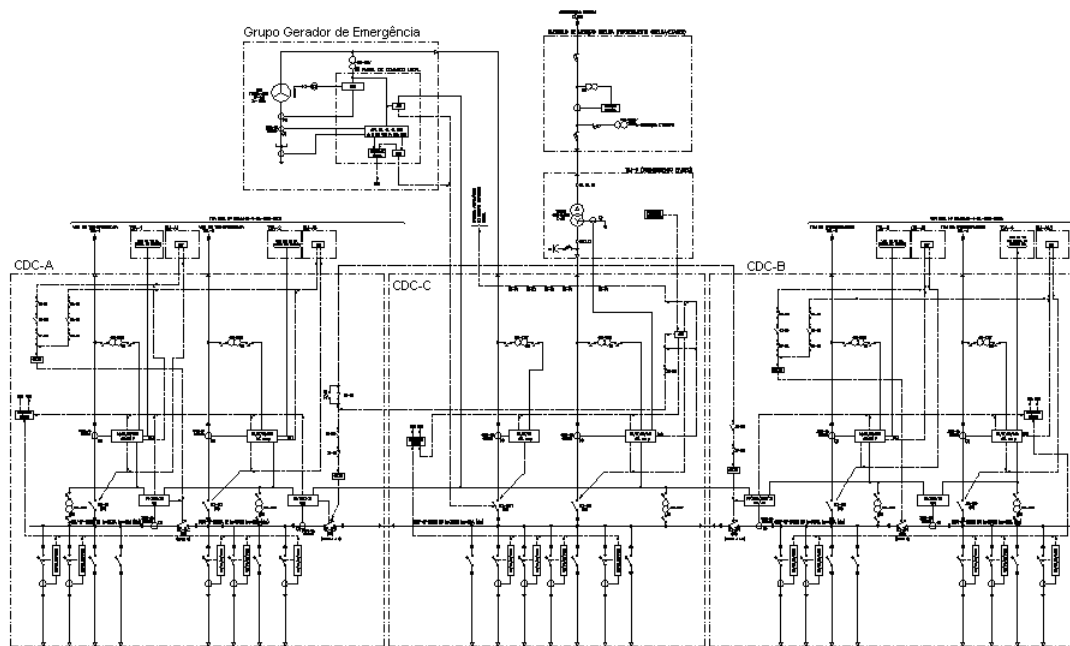


Figura 11: Diagrama unifilar dos CDC's

1.2.10 AS SALAS ELÉTRICAS

As salas elétricas (ou salas de média tensão, ou ainda cubículos de 6,6 kV) são os locais em que se encontram instalados os painéis de média tensão. Num total de 16 painéis de fornecimento da *EFACEC POWER*, cada um deles é responsável pelo agrupamento de quatro grupos geradores (ou um *cluster*) num barramento trifásico de 6,6 kV e 1250A de corrente nominal.

Após o barramento de média tensão se encontra instalado um disjuntor trifásico que faz a ligação do *cluster* com o reator limitador de corrente.

Nestes cubículos ainda encontram-se instalados os sistemas de conversão óptico-eletrônicos que fornecem os dados do lado de média tensão ao sistema supervisorio da AREVA. No caso da Arembepe Energia, as salas elétricas ficam há uma distância de aproximadamente 300 metros da subestação (local de saída do cabo OPGW que leva todas essas informações ao sistema da ONS e do CCEE), foi necessário incluir um equipamento, DiO, que faz a mudança do tipo de fibra óptica de multimodo para monomodo que apresenta um nível de perda bem menor que a primeira opção.

Os disjuntores dos painéis de média tensão além de tripolares contém mecanismo de operação elétrica do tipo energia armazenada para abertura elétrica mecanicamente livre e fechamento supervisionado por um dispositivo "*anti-pumping*". Na operação destes disjuntores, a estrutura de cada um é equipada com um contato para ligação efetiva à barra de terra. A ligação à terra é feita antes do engate dos contatos primários na inserção do disjuntor e desfeita após o desengate dos contatos primários.

Como estes disjuntores podem ser comandados remotamente, via sistema supervisorio Areva, eles são equipados com contatos auxiliares que permitem essa comunicação. O mecanismo de operação dos disjuntores dos cubículos de 6,6 kV, operam com uma tensão nominal de 125 Vcc podendo operar em uma tensão de 70 Vcc para fechamento e 140 Vcc para abertura. Os circuitos de abertura e fechamento dos disjuntores de 6,6 kV são independentes e cada um possui o seu próprio esquema de proteção.

O sistema de proteção dos painéis de média, é composto de relés que utilizam tecnologia digital numérica e possuem rotinas de auto-monitoramento e auto-diagósticos com bloqueio automático da atuação por defeito e sinalização local e remota de falha e defeito. Os relés de proteção possuem portas de comunicação serial que desempenham uma série de funções tais como: indicações de operação de cada unidade, monitoração e ajuste *on-line* de parâmetros internos.

As principais funções implementadas pelo sistema de proteção são:

- Proteção diferencial do gerador 87G;
- Proteção unitária contra faltas para terra nos enrolamentos do estator (sobrecorrente de neutro 51N e direcional de corrente 67N);
- Relé de bloqueio 86 com rearme manual e tempo de operação máximo de 8 ms

1.2.11 A SALA DE CONTROLE

O cérebro da termoelétrica encontra-se na sala de controle. Todos os parâmetros de cada um dos 64 grupos geradores são apresentados ao operador por meio dos Painéis de Controle Geral da Máquina (*EGCP: Engine General Control Pannel*) por meio de uma tela touchscreen de dos RMS (*Romote Monitoration Sistem*) A e B. Todos estes painéis são de fornecimento Hyundai e além de permitirem a visualização dos dados

do sistema, ainda é permitido o acionamento remoto de todos os motores auxiliares da planta bem como do próprio grupo gerador.

Em caso de alguma falha em um grupo gerador, o EGCP correspondente aciona um alarme sonoro-visual e apresenta na tela qual o problema. Neste momento o operador pode tentar solucionar a falha por meio do próprio sistema. Caso não obtenha sucesso, a parada da máquina é requisitada.

Existem casos também em que automaticamente o EGCP aciona o sistema de parada da máquina. Esses casos são: pressão do óleo acima de 2 kBar e temperatura do motor acima de 85 °C.

1.2.12 OS TRANSFORMADORES ELEVADORES

Após explicado os sistemas acima, já podemos agora falar sobre os transformadores elevadores da planta. A Arebbepe Energia conta com dois transformadores de fornecimento WEG de 96MVA cada um com relação de transformação de 6,6kV/230kV.



Figura 12: Transformador elevador WEG de 96 MW

Estes transformadores possuem dois enrolamentos primários conectados em delta e um secundário ligado em Y aterrado. Cada um dos enrolamentos do primário recebe alimentação de 16 grupos geradores ou 4 *clusters*.

Os transformadores WEG apresentam em seu interior TC's e TP's de medição

de proteção tanto nos dois enrolamentos primários quanto no secundário e também no conector de aterramento.

A título de curiosidade, cada um dos transformadores tem um total de $101.555kg$, 27650 litros de óleo e suporta uma corrente de curto-circuito no lado de baixa de até $86.885A$ num tempo de máximo de 2 segundos.

1.2.13 ÁREA DE UTILIDADES

A área de utilidades é responsável pelo tratamento do óleo recebido. Na área de utilidades (também de fornecimento Hyundai) existe um sistema de monitoramento que verifica e trata estado do Óleo Combustível Pesado (*HFO*) de modo que este possa ficar em condições de utilização pelos grupos geradores.

O óleo utilizado na planta é o *OC1B* também conhecido como Óleo Bahiano. O *OCB1* é um dos óleos mais brutos existentes e possui uma alta densidade e viscosidade bastante elevada. Devido a este alto valor de viscosidade, faz-se necessário a elevação da temperatura do óleo para cerca de $70\text{ }^{\circ}C$ com o intuito de diminuir sua viscosidade a fim de impedir que o mesmo solidifique-se no interior das tubulações ou mesmo dos tanques de armazenamento. Esta elevação de temperatura é realizada por meio de um conjunto de três caldeiras também ligadas a área de utilidades.

Economicamente, o *OC1B* é muito mais barato que o óleo diesel (combustível mais comumente utilizado em usinas termoeletricas). Devido às características já apresentadas (alta viscosidade principalmente), o *OC1B* necessita do tratamento realizado na área de utilidades para que possa ser utilizado pelos grupos geradores Hyundai que a princípio, trabalhariam com o óleo diesel. Para este tratamento, um conjunto bastante amplo de equipamentos elétricos e mecânicos foi montado como pode ser visto na figura asdf. Embora o custo para a implantação da área de utilidades seja bastante alto, o investimento compensa uma vez que o *OC1B* é mais barato que o óleo diesel.

Nesta área, encontra-se um dos painéis mais importantes de toda a planta o *FTS* (*Fuel Treatment Sistem*). O *FTS* é o responsável pela alimentação de todas as máquinas que participam do processo de "lapidação" do óleo combustível. Ligado ao *FTS* encontra-se o painel de acionamento da Hyundai que capta por meio de sensores variáveis como: temperatura do óleo, pressão, grau concentração de enxofre (que deve ser praticamente zero), temperatura da água da caldeira entre várias outras.

Fazendo a interface entre o sistema Hyundai e o *FTS* foi projetado um painéis que capta os dados do *PLC* Hyundai e controla, por meio de um *PLC* próprio, o *FTS* fazendo com que este se adéqüe as necessidades atuais do sistema de tratamento do óleo.

Outras partes da planta que são comandadas também na área de utilidade são as Estações de Tratamento de Água e de Efluentes. A primeira faz tanto o tratamento da água potável quanto a industrial, utilizada em caso de eventuais focos de incêndio na planta. Já a segunda, faz uma re-filtragem da água utilizada pelas caldeiras para separar de modo mais preciso resquícios de óleo que ainda possam vir a aparecer na mesma para que depois possa ocorrer sua liberação para o sistema da *Cetrel* (empresa que faz o tratamento e monitoramento de todos os efluentes que cortam o pólo industrial de Camaçari).

1.2.14 A SUBESTAÇÃO ELEVADORA

Para que haja a entrega a energia gerada na UTE Arembepe, construiu-se uma subestação elevadora de 6,6/230 kV e potência de 192 MVA (Veja 1.2.11).

A SE Arembepe possui 4 *bays*, dois para entrada da energia gerada na própria usina, um do barramento de transferência e um de interligação da SE Arembepe com a SE Pólo que congrega as linhas das UTEs Arembepe e Camaçari Muricy I e as duas linhas do alimentador expresso da Ford.

Como já falado, a SE Arembepe é do tipo Barramento Principal/Barramento de Transferência diferentemente da SE Pólo em que o sistema é do tipo barramento duplo contando com um total de 8 *bays*.

Seguindo a arquitetura padrão para subestações, a SE Arembepe possui nas suas ELs (Entradas de Linha) um grupo de pára-raios, seguido por 3 TPs e dois TCs (uma das fases não possui TC), todos de fabricação *Arteche*. O motivo para a falta de u TC numa das fases das ELs é que os dados necessários para o controle dos equipamentos da SE podem ser estimados por meio de algoritmos implantados nos relés digitais tomando por base os valores fornecidos pelos TCs das duas outras fases.

Após o conjunto de proteção temos os dispositivos de manobra: chaves seccionadoras e disjuntores, fornecidos pela *Areva*. O mecanismo de extinção de arco dos disjuntores é via gás *SF6*.



Figura 13: Subestação elevadora da Arembepe Energia

2 *SUPERVISÃO DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE ALARME E DETECÇÃO DE INCÊNDIO*

2.1 RESUMO TEÓRICO

No ambiente industrial a preocupação com a segurança de bens e principalmente de pessoal é constante. Ainda mais em um ambiente extremamente vulnerável a acidentes como é o caso de uma termoelétrica onde é concentrado uma grande parte de equipamentos elétricos (muitos deles com altos níveis de potência e corrente), mecânicos em que máquinas pesadas movidas a combustão de gás ou óleo ficam expostos e em contato direto com os operadores em geral. A presença de gases inflamáveis e ambientes explosivos como as bombas dos *boosteres* (ver seção 1.2.5) e dos separadores (ver seção 1.2.4) torna a planta em geral bastante vulnerável a ocorrência de incêndios.

Deste modo, a implantação de um sistema eficiente de detecção de pequenos focos de incêndio com o intuito de prevenir danos maiores foi uma das prioridades no ambiente da UTE Areembepe Energia.

Regida pela norma brasileira NBR 9441-2002 e pela NFPA-72, o Sistema de Alarme e Detecção de Incêndio (SDAI) é composto por uma central endereçável e interligada com os detectores e acionadores manuais de onde parte a alimentação para os alarmes áudio/visuais de cada área e para a central de água de incêndio onde o sistema de hidrantes é acionado para tentar eliminar uma eventual ocorrência.

Para a implantação do SDAI, nos foi incumbida a responsabilidade de, junto com a Plantech SmarSystem de São Paulo, elaborar e acompanhar o projeto de caminhamento elétrico e de interligação entre detectores, acionadores, rede de hidrantes e a central

supervisória que compõe o sistema.

Antes de iniciar o relato da atividade, faz-se necessário estabelecer algumas definições relativas a itens componentes do SDAI. É o que segue.

A **central** é um equipamento que destina-se ao processamento dos sinais provenientes dos circuitos de detecção e converte-os em indicações adequadas capazes de comandar e controlar os demais componentes do sistema. Esta deve ser localizada em área de fácil acesso sem presença de materiais tóxicos ou inflamáveis e com distância máxima de $25m$ até uma área considerada segura.

No caso atual, a central foi instalada no prédio administrativo, mesmo local em que encontram-se instaladas as centrais de controle do Circuito Fechada de TV (CFTV), de internet e telefônica da usina.

Os **detectores** são dispositivos destinados a atuarem quando influenciados por determinados fenômenos físicos ou químicos que precedam ou acompanhem um princípio de incêndio no local de instalação. Há vários tipos de detectores entre eles: detector de temperatura pontual, detector de fumaça pontual e detector de chamas.

A localização dos detectores deve ser feita com base nas características mais prováveis da conseqüência imediata de um princípio de incêndio e também do julgamento do tipo: materiais que devem ser protegidos, malefícios para a produção em presença de fumaça ou aumento de temperatura, entre outros. No caso da UTE Arembepe, vários detectores estão distribuídos por toda a planta segundo a especificação técnica do sistema.

Os **indicadores** são dispositivos de sinalização sonora e/ou visual que funcionam em caso de ocorrências relacionadas ao SDAI buscando facilitar a busca do local de alarme pelo pessoal de intervenção, comandados pelos detectores, acionadores manuais ou pela central.

Os avisadores são instalados em pontos estratégicos de modo que possam ser vistos e/ou ouvidos em todos os locais do ambiente afetado.

2.2 ELABORAÇÃO DO PROJETO

O SDAI é formado por detectores de fumaça fotoelétrico, detectores termovelocimétricos, detectores de chamas e conjuntos de acionadores manuais e sirenes/*strobes* de

alarme, interligados em laços de detecção a uma Central Microprocessada de Detecção e Alarme de Incêndio.

As centrais contam com um sistema de alimentação elétrica através da rede e uma fonte de alimentação de emergência constituída por 2 baterias de 12V/24Ah, calculadas para manter o funcionamento dos equipamentos na falta de energia elétrica normal por até 24 horas em estado de *stand-by* e 15 minutos em estado de alarme.

O sistema possibilita a visualização das mensagens de sistemas e alarmes em *displays* com iluminação de fundo para visualização noturna. A resposta do sistema para qualquer alarme, em qualquer dispositivo, com a configuração descrita acima será menor do que 3 segundos.

Os painéis serão montados externamente fixados em paredes de *halls* com ampla circulação.

O sistema também é composto por uma CPU provida de um processador de 16-bits com 1 MB de memória RAM e 1 MB de memória não volátil. Esta também disponibiliza um *plug* de conexão serial DB-9 para a conexão de um computador para fazer a programação do sistema. A CPU ainda identifica e supervisiona automaticamente todos os módulos junto a seu gabinete e através de sua programação possibilita configurar a resposta do sistema quando uma função é ativada.

Um componente também muito importante no SDAI é o Módulo Controlador do Laço (LSN). Através deste será possível fazer o mapeamento eletrônico dos dispositivos a ela conectada facilitando a programação do sistema e a manutenção dos dispositivos. O módulo também possui um conector serial DB-9 que permite a conexão de um computador para fazer *download* e *upload* da programação de forma simples e direta. É importante deixar claro que cada detector e cada módulo tem seu próprio microprocessador interno o que os permite a tomar suas próprias decisões e reter informações específicas relacionadas à controladora de laço agindo como uma interface de comunicação de dados entre os dispositivos e a CPU da Central.

De um modo mais simples, o LSN controla os dispositivos que residem em sua linha dados e age como uma interface de entrada e saída em estes a CPU.

Durante a elaboração do projeto, um problema aconteceu devido á grande extensão da planta da usina. De acordo com as especificações técnicas dos equipamentos da Bosch os módulos classe A devem ter tamanho de laço menor que 1600 metros (para ido e para volta), já o módulo classe B, o tamanho é do laço é de apenas 800 metros

para ida e para volta.

Devido tanto a localização geométrica quanto a sua funcionalidade, a central do SDAI foi colocada na Sala de Controle como pode ser visto na Figura 14. A distância deste ponto a cada uma das áreas contempladas pelo SDAI ficou da seguinte forma:

- Laço 1 (Classe A) - 1200m - Prédio ADM / Sala de Controle / Sala de Reatores / Portaria de Visitantes;
- Laço 2 (Classe A) - 300m - Casa de Força 1 (Geradores);
- Laço 3 (Classe A) - 290m - Casa de Força 1 (Geradores);
- Laço 4 (Classe A) - 580m - Caldeiras / Estação de Tratamento de Óleo / Casa das Bombas de Incêndio;
- Laço 5 (Classe B) - 350m - Casa de Relés;
- Laço 6 (Classe B) - 580m - Portaria de Pesagem de Caminhões

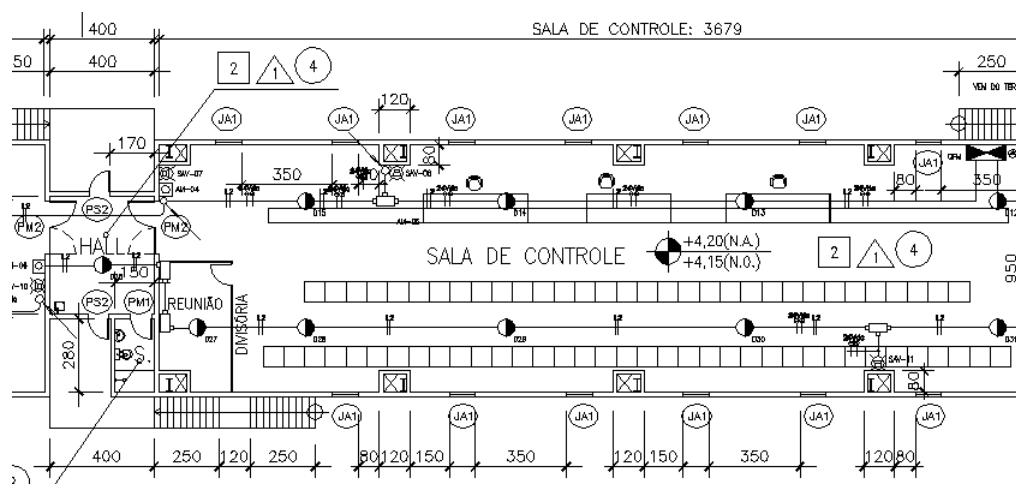


Figura 14: Localização da central do SDAI dentro da Sala de Controle

Como pode-se ver na Figura 15, os detectores de fumaça são interligados pela rede de alimentadores de 24 Vcc são interligados de forma a obedecer à NBR 9441.

2.3 COMISSIONAMENTO DO SDAI

Como um dos sistemas mais importantes da planta, o SDAI deve está em perfeitas condições de uso e com mínimas possibilidades de erro. Por isso se faz tão necessário

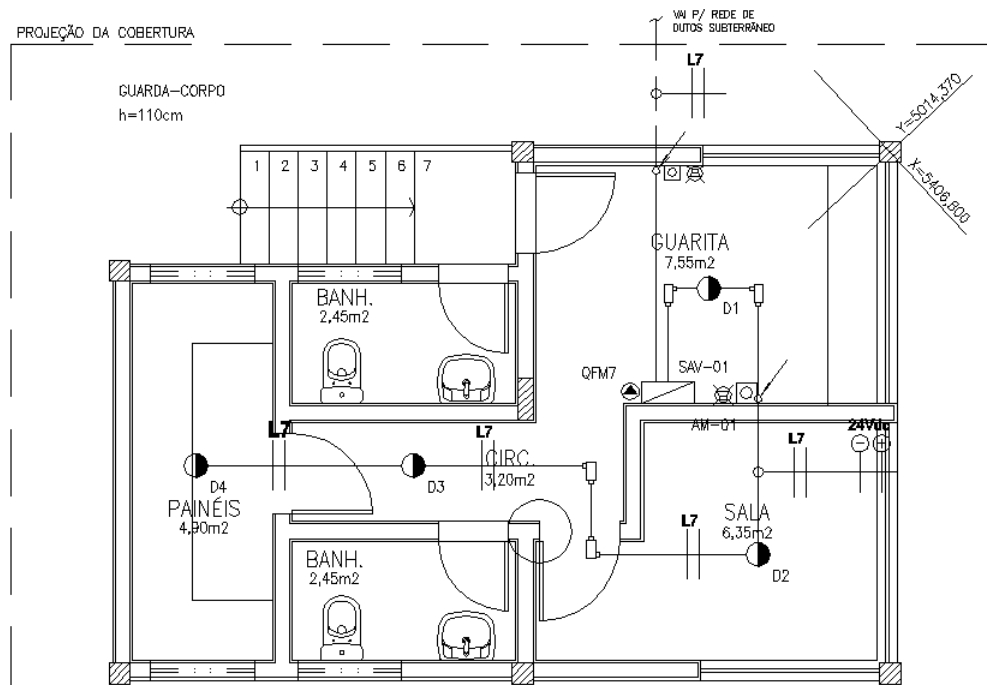


Figura 15: Planta de SDAI da guarita de descarregamento

o processo de comissionamento.

Este processo inicia-se com a configuração do endereço de IP de cada um dos componentes do sistema de forma que possa haver comunicação entre os mesmos e a central facilitando a detecção e posterior acionamento da brigada de incêndio.

Com todos os equipamentos do sistema devidamente identificados por um endereço IP, é necessário que haja a interligação lógica de cada um dos detectores (automáticos ou manuais) às suas áreas de atuação. Em outras palavras o que faz-se é uma espécie de cadastro (no *software* da central) de modo que este possa no momento de um foco de incêndio, qual é a área atingida.

Com o sistema configurado do ponto de vista lógico, é necessário fazer a validação dos detectores e acionadores manuais do sistema. Essa validação é feita seguindo as características de cada um dos detectores: fotovelocimétrico (para fumaça), de chama ou infra-vermelho.

Em seguida, uma estrutura de teste é montada de modo que possa ser simulado um pequeno acidente e verificado a resposta do sistema.

3 COMISSIONAMENTO ELÉTRICO

3.1 O COMISSIONAMENTO

O processo de comissionamento elétrico é uma das principais partes da montagem de uma planta. Consiste em certificar-se de tudo o que foi feito durante o ato de instalação do equipamento, bem como se cada um dos componentes internos está de acordo com a folha de dados do fabricante.

Durante este estágio integrado, nos foi dada a oportunidade de acompanhar o processo de comissionamento dos seguintes equipamentos: CCM's em geral (DAS, DASR, UOS, FTS), motores dos radiadores, ligação dos grupos geradores para os EGCP's, grupos geradores, etc.

É importante frizar aqui os vários tipos de comissionamento existentes e que foram acompanhados durante a realização deste estágio. O comissionamento de montagem dos CCM's foi realizado pela empresa Start Engenharia, a mesma responsável pela montagem e ligação destes aos motores, bombas etc. Durante o processo de comissionamento realizado pela Start, os parâmetros verificados foram: nível de isolamento, correspondência entre valores nominais e experimentais, teste de continuidade, calibração de disjuntores dos CCM's, verificação do sentido de giro de motores auxiliares, etc. Já o comissionamento realizado pela equipe de engenheiros coreanos da Hyundai é um conjunto de teste que estão relacionados diretamente com o grupo gerador e demais equipamentos fornecidos pelo mesmo fabricante. O "*comissionamento coreano*" é realizado posteriormente ao comissionamento feito pela Start, pelo motivo de que é exigido um nível de segurança mínimo para a energização (mesmo que parcial) de um grupo gerador.

Faz-se importante nesta parte do trabalho estabelecer um paralelo entre o por que e o pra que fazer o comissionamento elétrico. Estas e outras perguntas bem como

a metodologia de teste utilizada para a realização desta tarefa serão descritas a partir deste ponto.

3.1.1 POR QUE O COMISSIONAMENTO

Em um empreendimento do porte de uma usina termoelétrica o número de instrumentos elétricos é muito grande e durante o processo de montagem vários erros podem ocorrer como: equipamento de medição sem ligação, sentido de rotação de motores invertido, falha de isolamento dos condutores utilizados, circuito de sinalização incoerente; bem como falhas construtivas que podem contribuir para o mal funcionamento dos aparelhos fornecidos e calibração de velocidade nominal.

Deste modo, antes de energizar os equipamentos é necessário fazer uma verificação de todos os itens periféricos que formam o sistema para diminuir a probabilidade de ocorrência de dados por baixa isolamento de condutores ou entre estator/rotor, erro de calibração de instrumento, erro de ligação comando/alimentação, entre outros possíveis problemas.

De posse da certificação emitida pelo executor do processo de comissionamento o cliente tem meios jurídicos para requerer junto ao fornecedor uma possível devolução, troca ou recuperação do equipamento em caso de falha.

O certificado de comissionamento é emitido pelo órgão executor do processo e posto a avaliação do controle de qualidade contratado pelo cliente. Para sua aprovação vários itens são analisados tais como: data de calibração dos equipamentos utilizados no processo tais como (multímetros, megohômetro, fonte geradora de tensão e corrente, etc) e também a coerência entre os valores obtidos experimentalmente e as especificações impostas pelas Norbas Brasileiras de Regulamentação. No certificado de comissionamento é emitida também a posição da empresa executora a respeito da situação de cada equipamento em particular.

3.1.2 PRA QUE O COMISSIONAMENTO

Como dito anteriormente, é no processo do comissionamento que são realizados os testes e ensaios que definem o quão apurada está a condição de um equipamento entrar em funcionamento ou não. Durante o processo de comissionamento são realizados também vários ajustes de aparelhos periféricos que influenciam diretamente no

funcionamento do conjunto.

Assim sendo, o processo de comissionamento é importante para que sejam *se-*
tados parâmetros de equipamentos que afetam o seu bom funcionamento. Em outras
palavras, é no comissionamento também que a grande maioria dos equipamentos são ca-
librados. Ajustes de TAP´s, nível de curto-circuito em disjuntores e calibração de relés
e válvulas são os exemplos mais comuns de atividades realizadas no comissionamento.

Com os processos de verificação e calibração de equipamentos feito, o nível de pro-
babilidade de ocorrência de falhas no momento da energização dos aparelhos torna-se
muito baixo. Logo, fica claro que um dos maiores motivos para a realização do comis-
sionamento é aumentar o grau de segurança de utilização dos equipamentos diminuindo
assim, riscos de problemas causados por má utilização dos aparelhos.

3.2 COMISSIONAMENTO DE CCM´S

O processo de comissionamento dos CCM´s foi realizado segundo a seguinte es-
trutura:

- Inspeção visual do quadro;
- Cabos elétricos;
- Sequência de fase do barramento;
- Avaliação do grau de segurança;
- Inspeção e calibração dos componentes elétricos quem compõem o CMM.

Na etapa de **insperção visual** são avaliados aspectos tais como: estado da pin-
tura, presença ou não de superfícies cortantes ou pontiagudas, pintura sinalizadora dos
barramentos, verificação de danos estruturais nos componentes eletricos, entre outros.

3.2.1 OS CABOS ELÉTRICOS

Para a verificação e aprovação das ligações elétricas nos painéis CCM´s foram
realizados dois testes. O teste de continuidade que garante o correto endereçamento
dos cabos elétricos e o teste de isolamento que garante que o cabo utilizado suporta o
nível de tensão aplicado.

3.2.1.1 TESTE DE CONTINUIDADE

Numa usina do porte da UTE Arembepe, o volume de cabos elétricos numa usina é muito grande. Desde modo, se faz necessário um teste que verifique os pontos em que os cabos são conectados. Além de diversos equipamentos a serem interligados, é muito comum a utilização de mais de um cabo por fase de forma que a quantidade de condutores elétricos aumenta mais ainda, facilitando a ocorrência de erros de conexões. Esse teste é o teste de continuidade.

O teste de continuidade é realizado com o auxílio de um multímetro. Existem duas formas de realizar esse teste, um deles faz uso da característica da malha de terra da planta é comum, em uma das extremidades do cabo é colocada em contato com uma ponta de prova enquanto a outra é conectada ao ponto de aterramento mais próximo. A outra ponta prova é também colocada em contato com a malha. Caso as duas extremidades pertençam ao mesmo cabo, teremos um circuito com fechado com resistência aproximadamente nula o que caracteriza um curto-circuito e consequentemente o acionamento sonoro do multímetro. O outro procedimento pode ser realizado sem a necessidade de uma malha de terra comum porém precisa de cabo previamente identificado que irá auxiliar no teste. Este consiste em conectar as extremidades dos dois cabos de um lado e as pontas de prova do multímetro do outro. Caso o cabo seja o mesmo, o sinal sonoro do multímetro é emitido.

3.2.2 OS BARRAMENTOS

Segundo a especificação técnica do projetista, o barramento dos painéis CCM deve ser horizontal montado em sua parte superior. Para a derivação do barramento, deve partir um barramento auxiliar vertical derivado do principal.

Todos os barramentos devem ser trifásicos (com três ou quatro barras) seguindo a normatização da COELBA para a identificação das fases: A - Azul, B - Branco, C - Vermelho.

Além dos barramentos das fases, existe instalada uma barra de terra de cobre eletrolítico que se encontra fixada solidamente ao longo de toda a estrutura do painel e interligada à malha de terra por meio da conexão de cabos de aterramento de 70 mm² localizados em ambas as extremidades da barra. Dimensionado para suportar a corrente de curto-circuito especificada por um período de dois 2 segundos, é pelo

barramento terra que escoam as correntes de seqüência zero verificadas ao longo de curtos-circuitos.

Na etapa de **inspeção e calibração**, são verificadas as características elétricas de todos os equipamentos que formam o CMM, tais como: TC's, TP's, disjuntores, entre outros.

No processo de inspeção de equipamentos de medição (TP's e TC's), um processo bastante simples é utilizado para a verificação da relação de transformação dos mesmos.

Será aqui apresentado um pequeno resumo sobre cada um desses equipamentos afim de sanar qualquer dúvida que ainda possa persistir ao leitor.

3.2.3 OS TRANSFORMADORES DE CORRENTE

Os **Transformadores de Corrente** são equipamentos eletromagnéticos que permitem aos instrumentos de medição e proteção funcionarem sem que sua corrente nominal seja igual a da carga em que estão conectados. Ou seja, os TC's são equipamentos que reproduzem em seu secundário a corrente do primário com mesmo ângulo de defasamento e módulo reduzido. Graças aos TC's equipamentos como relés e outros dispositivos de proteção e medição podem ser construídos com menores dimensões e quantidade de cobre reduzida em suas bobinas o que os torna economicamente atraentes.

Do ponto de vista eletromagnético podemos ver um TC como um transformador normal. Do modelo apresentado na Figura 16, podemos observar que existe um erro ao dizer que a corrente secundária é uma cópia em tamanho reduzido e com mesmo ângulo de defasagem da corrente primária.

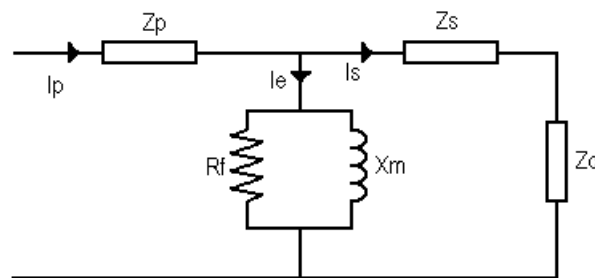


Figura 16: Modelo de um transformador real

Em resumo, os transformadores de corrente que foram usados nos painéis DAS da UTE Areembepe apresentam as seguintes características.

Tabela 1: *Características dos TC's dos DAS Arembepe*

Relação nominal	120:5A
Tensão de trabalho	< 600 V
Tensão de prova	4 kV (60 Hz)
Corrente secundária	1 ou 5 A
Classe de isolamento	0,6C2,5

Assim, observamos que a corrente de excitação está relacionada com o quão aproximado ou não está a corrente secundária da primária. Ou seja, qual o nível (classe) de exatidão do TC.

Os painéis CCM utilizados na UTE Arembepe de fabricação da Tecnoquadros, possuem TC's ABB (Fig. 17) do tipo janela com relação de transformação variando de acordo com a finalidade.



Figura 17: TC's ABB utilizados nos CCM Arembepe

No processo de comissionamento, foi injetada uma corrente no primário dos TC's e verificado o valor dado no seu secundário. Como o equipamentos que a empreiteira possuía tinha uma limitação de apenas 50 A, foi utilizado o princípio da Lei de Ampere (MOSTRAR EQUACAO) fazendo-se entre 5 e 6 voltas no primário do TC obtendo um valores próximo ou igual a corrente nominal.

O outro teste feito era o nível de isolamento do equipamento. Segundo a NBR 6856, para uma tensão de trabalho menor que 600 V (como é o caso já que a tensão de trabalho nos CCM é 480 V), exige-se um NBI (Nível Básico de Isolação) de no mínimo 4kV para a frequência industrial.

3.2.4 OS TRANSFORMADORES DE POTENCIAL

Assim como os TC's, os TP's (Figura 18) são equipamentos eletromagnéticos que permitem aos instrumentos de medição e proteção funcionarem sem que sua tensão nominal seja igual a da rede em que estão conectados. Ou seja, os TP's são equipamentos que reproduzem em seu secundário a tensão do primário com mesmo ângulo de defasamento e módulo reduzido.



Figura 18: TP's SASSI utilizados nos CCM Arebbepe

Tabela 2: *Características dos TP's dos DAS Arebbepe*

Relação nominal	480/115V
Nível básico de isolamento	600 V
Ligação primária	fase-fase
Tensão máxima suportável (960 Hz e 1 min)	4 kV entre primário e secundário 2,5 kV entre carcaça e secundário
Classe de isolamento	0,6C2,5

Os utilizados nos CCM Arebbepe são de fabricação SASSI com relação de transformação 480/115 V. Para a verificação da relação de transformação, adotou-se aplicar uma tensão secundária de 115 V e verificar o valor da mesma no primário. Esta decisão foi tomada visando o maior nível de segurança dos funcionários que realizaram o ensaio.

Junto com o comissionamento dos CCM foi realizado o comissionamento dos

Boosters e separadores. O comissionamento desses deu-se em conjunto com a equipe de Engenharia Mecânica que também fez o comissionamento da tubulação de HFO. O teste elétrico foi bastante simples, apenas fez-se a energização das bombas e verificação do sentido de giro dos motores. No mesmo teste também verificou-se equipamentos de instrumentação como: termopares, sensores de pressão entre outros.

3.3 COMISSIONAMENTO DOS EGCP 'S

Como explicado na seção 1.2.11, os EGCP 's são painéis que apresentam em sua tela *touch-screen* (Fig.: 19 todos os parâmetros necessários para a supervisão de cada grupo gerador.

Os EGCP 's fazem parte do conjunto geração-automatização fornecidos pela Hyundai. Deste modo, o comissionamento dos mesmo também é de escopo coreano. Como os EGCP 's também comandam toda a parte de alimentação dos equipamentos auxiliares dos grupos geradores, o seu comissionamento só pode ser realizado após o comissionamento dos painéis CCM.



Figura 19: Tela do EGCP para uma máquina parada

O comissionamento correano consistiu no acionamento remoto de bombas e motores bem como simulação de eventuais problemas tais como: super aquecimento do óleo, alta pressão no interior dos motores, entre outros.

Os geradores Hyundai também foram comissionados mecanicamente durante o

processo de comissionamento dos EGCP's. Cada um dos grupos geradores possuem uma velocidade nominal de 900 rpm e só operam a plena carga (com pequenas variações de velocidade utilizadas apenas para estabelecer o sincronismo com a rede). Durante o comissionamento mecânico porém, os geradores foram colocadas para operar em rampa (artifício utilizado para verificação e eventual ajuste do eixo do rotor).

3.4 COMISSIONAMENTO DOS RESISTORES DE ATERRAMENTO

Em grande centrais de geração a presença de correntes de curto-circuito assimétrico de valor muito elevado é constante. Este fenômeno pode ocasionar danos à instalação e oferecer risco às pessoas que as operam.

Deste modo, os projetos de instalações elétricas deste porte obrigam que as especificações dos equipamentos suporte os limites das características técnicas normalmente seguidos pelos fabricantes e, em outros, alguns requisitos normativos, o que acarreta um ônus à sua aquisição. Nesse caso, para reduzir os custos e manter a segurança das pessoas no âmbito do projeto, é necessário que se reduzam a níveis aceitáveis os valores das correntes de curto-circuito, principalmente no que se refere aos defeitos fase-terra, o que último caso pode ser feito com aplicação dos resistores de aterramento conectados ao ponto neutro dos grupos geradores (ver sec. 1.2.6).



Figura 20: Resistor de aterramento

Durante o processo de comissionamento dos resistores de aterramento, adotou-se a IEEE - 32 (*Standart Requeriments Terminology and Test for Neutral Grounding Devices*) já que no Brasil não existem normal à esse respeito.

Neste processo, foi utilizado um aparelho para determinação do nível de isolação do equipamento (chamado megôhmetro). Este aplica no equipamento ensaiado um tensão aproximadamente igual a tensão de trabalho e mede a corrente de fuga para em seguida determinar o valor do nível de isolação. Para o nível de tensão utilizado, o valor esperado está na faixa de 0,5 MOhm porém todos os 64 resistores apresentaram valores acima dos 3 MOhm.

3.5 COMISSIONAMENTO DOS PAINÉIS DE MÉDIA TENSÃO

O comissionamento dos painéis da Efacec Power, ou painéis de média tensão, consistiu na verificação do nível de isolamento dos cabos elétricos e dos relés de proteção nele empregados. Serão apresentados agora o procedimento utilizado para a realização deste trabalho.

3.5.1 CABOS DE FORÇA

Os testes de isolação dos cabos elétricos de força para média tensão é muito semelhante ao teste realizado com os cabos de baixa tensão. A diferença principal é que estes são realizados sob um maior níveis de tensão de forma que torna-se necessária a utilização de um equipamento difente do megômetro - *High Potencial*, ou *HiPot*.

O *HiPot* é uma fonte de tensão contínua que possibilita a leitura de correntes de fuga entre cabos isolados. Percebe-se que a maior diferença entre o *HiPot* e o Megômetro é que o primeiro fornece leituras de correntes de fuga e o segundo fornece o valor da resistência de isolação entre as partes submetidas à tensão. A norma utilizada nos testes de *HiPot* foi a ABNT NBR 7286 e a IEC 60502-2 que estabelecem níveis de tensão e tempo de aplicação da mesma sobre os condutores em análise.

Para o nível de tensão utilizado nos painéis de média da UTE Arembepe (6,6 kV), foi utilizada uma tensão de 15,2 kV.

3.5.2 SISTEMA DE PROTEÇÃO

O sistema de proteção dos painéis de média tensão da UTE Arembepe é composto por dois relé que desempenham a função de proteção para geradores e transformadores nele ligado. Esses relés de fabricação *Siemens* são o SIPROTEC 7UM para a proteção dos geradores e o SIPROTEC 7SJ para proteção dos transformadores elevadores e de serviços auxiliares.

3.5.2.1 SIPROTEC 7UM

O relé SIPROTEC 7UM *Siemens* é um dos mais novos lançamentos da empresa no que diz respeito à proteção de unidade geradoras. A série 7UM traz um conjunto de dispositivos que implementam a completa proteção de geradores de 100 kW até os que ultrapassam os 10 MW.



Figura 21: SIPROTEC 7UM Siemens

As principais funções de proteção do SIPROTEC 7UM *Siemens* são:

- Proteção contra sobrecarga no estator;
- Proteção contra bloqueio do rotor;
- Baixa tensão de excitação;

- Supervisão de temperatura;
- Sobrecorrente temporizado;
- Subtensão;
- Proteção de carga desbalanceada (Sequência Negativa);

3.5.2.2 SIPROTEC 7SJ

O relé SIPROTEC 7SJ, diferentemente do 7UM, é um dos componentes da terceira geração de relés da Siemens. A diferença principal entre a terceira e a quarta geração diz respeito aos protocolos de comunicação. Enquanto os relés da terceira geração comunicam-se apenas via protocolos IEC, os da quarta geração apresentam uma série de outras possibilidades tais como, *Modbus*, *Profibus*, *DNP3* e o próprio IEC.



Figura 22: SIPROTEC 7SJ Siemens

O SIPROTEC 7SJ implementa uma série de funções entre as quais:

- Sobrecorrente instantâneo e temporizado;
- Direcional de fase e neutro;
- Falha do disjuntor;
- Autoreligamento;

- Relé térmico para transformadores;
- Estabilização da corrente de *Inrush*;
- Monitoramento de cargas e de eventos.

4 ACOMPANHAMENTO DE FINALIZAÇÃO DA MONTAGEM DA SE 230 KV

A subestação da Usina Termoelétrica Arembepe Energia é uma estrutura necessária para a interligação a energia gerada na usina a rede básica de domínio da ONS.

Com potência de 192 MVA (dois transformadores WEG de 96 MVA cada), a SE Arembepe possui 4 *bays*: dois para entrada da energia gerada na própria usina, um do barramento de transferência e um de interligação da SE Arembepe com a SE Pólo que congrega as linhas das UTEs Arembepe e Camaçari Muricy I e as duas linhas do alimentador expresso da Ford.

Sua arquitetura é do tipo *Barramento Principal/Barramento de Transferência* diferentemente da SE Pólo em que o sistema é do tipo *Barramento Duplo* contando com um total de 8 *bays*.

Como toda subestação elevadora, a SE Arembepe possui em seu pátio, equipamentos de medição e proteção. Esses equipamentos são: TC's, TP's e Pára-Raios. Neste caso particular, esses componentes são de fabricação da *Arteche* e serão apresentados a partir deste ponto com aspectos conceituais bem como características específicas dos mesmos.

4.1 OS TRANSFORMADORES DE CORRENTE

Os transformadores de corrente são equipamentos eletromagnéticos que permitem aos instrumentos de medição e proteção funcionarem sem que sua corrente nominal seja igual a da carga em que estão conectados. Ou seja, os TC's são equipamentos que reproduzem em seu secundário a corrente do primário com mesmo ângulo de defasamento

e módulo reduzido. Graças aos TC's equipamentos como relés e outros dispositivos de proteção e medição podem ser construídos com menores dimensões e quantidade de cobre reduzida em suas bobinas o que os torna economicamente atraentes [?].



Figura 23: Transformador de Corrente Artech

Os primários dos TC's devem ser conectados em série com a carga e assim sendo estarão sujeitos a variações de corrente deste zero até valores extremamente elevados (corrente de curto-circuito). Logo, é aconselhável que os primários dos TC's sejam compostos por fios de grande bitola e poucas espiras.

Eletromagneticamente falando podemos ver um TC como um transformador normal. Da Figura 24, podemos observar que existe um erro ao dizer que a corrente secundária é uma cópia em tamanho reduzido e com mesmo ângulo de defasagem da corrente primária.

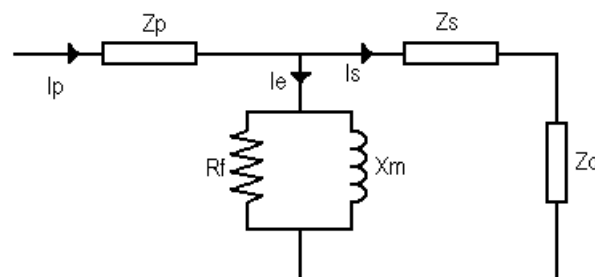


Figura 24: Modelo de um transformador real

Fazendo a *Lei de Kirchoff* das correntes temos que:

$$\frac{I_p}{RTC} = I_e + I_s \quad (4.1)$$

onde RTC é a relação de transformação do TC.

Assim, da equação 4.1 observamos que a corrente de excitação está relacionada com o quão aproximado ou não está a corrente secundária da primária. Ou seja, qual o nível (classe) de exatidão do TC.

De acordo com sua finalidade cada TC tem uma faixa na qual sua classe de exatidão deve ser inserida. A tabela 3 contém as principais faixas de utilização.

Tabela 3: *Aplicação de TC's quanto a Classe de Exatidão*

Aferição e calibração de instrumentos de medição de laboratórios	0,1%
Alimentação de medidores de demanda e consumo para fins de faturamento	0,3%
Alimentação de medidores de demanda e consumo sem fins de faturamento e alimentação de instrumentos de controle	0,6 a 1,2%
Alimentação de aparelhos para fins de proteção	10%

No caso da SE Arembepe, os TC's *Arteche* possuem quatro núcleos, sendo três deles destinados à proteção (classe de exatidão 10B400) e um à medição (classe de exatidão 0,3C50), com relação de transformação 600RM-5 e tensão nominal 230 kV.

Tabela 4: *Resumo das características elétricas dos TC's Arteche*

Tensão nominal eficaz	230 kV
Tensão máxima eficaz	242 kV
Tensão máxima suportável em condições de emergência	253 kV
Relação de transformação nominal	600/5
Número de enrolamentos secundários	4
Corrente máxima suportável	31,5 kA
Tangente de perdas do óleo isolante	0,5%

Nos TC's da Arembepe, o enrolamento 1 é responsável pela função de medição do TC e que ou três seguintes implementam função de proteção. Para as classes de exatidão desejadas (03C50 medição e 10B400 proteção), todos os enrolamentos têm relação de transformação 600/5, sendo essa configuração obtida conectando o secundário aos bornes $S1$ e $S5$ de cada um deles.

4.2 OS TRANSFORMADORES DE POTENCIAL

Assim como os TC's, os TP's são equipamentos eletromagnéticos que permitem aos instrumentos de medição e proteção funcionarem sem que sua tensão nominal seja igual a da rede em que estão conectados. Ou seja, os TP's são equipamentos que reproduzem em seu secundário a tensão do primário com mesmo ângulo de defasamento e módulo reduzido [?].



Figura 25: Transformador de Potencial Artech

Construtivamente, o primário dos TP's é constituído de uma bobina com vários enrolamentos envolvida num núcleo de ferro magnético no qual também se envolve o enrolamento secundário. Este último é de fio de cobre duplo e eletricamente isolado do primário por meio de fitas de papel especial.

Tabela 5: *Resumo das características elétricas dos TP's Artech*

Tensão nominal eficaz	230 kV
Tensão máxima eficaz	242 kV
Tensão máxima suportável em condições de emergência	253 kV
Relação de transformação nominal	$230/\sqrt{3}/115/\sqrt{3}$
Número de enrolamentos secundários	2
Corrente máxima suportável	31,5 kA
Tangente de perdas do óleo isolante	0,5%

Os TP's podem ser encontrados no mercado em dois tipos distintos: os Transfor-

madores de Potencial Indutivos e os Capacitivos. De modo bastante simples e resumido, a diferença fundamental entre os dois é que os TPI's possuem um enrolamento primário que envolve um núcleo de ferro-silício que é comum ao enrolamento secundário. Enquanto que os TPC's são constituídos de um divisor capacitivo em que os capacitores são ligados entre fase e terra e servem também para estabelecer a comunicação através do sistema *Carrier*¹.

Assim como os TC's, os TP's também possuem um erro no valor apresentado no seu secundário. Deste modo, também se faz necessário a estipulação de faixa de utilização como é apresentado na tabela 6 [?].

Tabela 6: *Aplicação de TP's quanto a Classe de Exatidão*

Aferição e calibração de instrumentos de medição de laboratórios	0,1%
Alimentação de medidores de demanda e consumo para fins de faturamento	0,3%
Alimentação de medidores de demanda e consumo sem fins de faturamento	0,6%
Alimentação de relés de proteção	1,2%
TC's com ligação em Δ aberto para proteção residual de defeitos 1ϕ -terra	10%

Na SE Arembepé os TP's utilizados são também de fornecimento Arteché do tipo Indutivo com relação de transformação de $230/\sqrt{3}kV - 115/\sqrt{3}$ e classe de exatidão de 0,3P50, destinados a proteção, verificação de sincronismo e medição operacional.

4.3 PÁRA-RAIOS

Os Sistemas Elétricos de Potência são extremamente vulneráveis às descargas atmosféricas que podem causar elevação na tensão de fornecimento e causar canos não só aos clientes mas também às concessionárias. Esse fenômeno da sobretensão não é exclusivamente causado por descargas atmosféricas. No caso de subestações, esse fenômeno está ligado muitas vezes com manobras de chaves seccionadoras e disjuntores.

Para minimizar o efeito de tal fenômeno, é utilizada a instalação de equipamentos chamados Pára-raios. Estes, atuam minimizando o nível de sobretensão à nível suportáveis pelos equipamentos componentes do sistema.

¹Sistema constituído de um receptor e um transmissor que transmite sinais no próprio cabo elétrico numa frequência na faixa de 10 a 20kHz



Figura 26: Pára-raios Areva

Os pára-raios são instrumentos que encontram-se continuamente ligados à rede elétrica e por isso devem atender a um conjunto de condições importantes as quais podemos destacar:

- Não devem permitir o escoamento de corrente para o terra em condições normais de funcionamento;
- Deve ser auto-regenerativo, isto é, após uma atuação, deve voltar a sua condição normal de isolamento.

Quanto a sua localização, é uma prática comum a localização dos pára-raios o mais próximo possível do equipamento que se quer proteger. No caso de subestações é uma prática constante instalar os pára-raios nas entradas de linhas para que sejam protegidos todos os componentes que compõem a SE.

Do ponto de vista construtivo, o pára-raio é um constituído de um elemento resistivo não-linear, associado ou não a um centelhador série. Há dois tipos de pára-

Tabela 7: *Resumo das características elétricas dos Pára-raios Areva*

Tensão nominal eficaz	230 kV
Tensão máxima eficaz	242 kV
Tensão máxima suportável em condições de emergência	253 kV
Corrente nominal de descarga (20x8 ms)	20 kA
Corrente nominal de curta duração	100 kA
Capacidade mínima de absorção de energia sob corrente retangular	8 kJ/kV

raios, os de Carboneto de Silício (SiC) e os de Óxido de Zinco (ZnO). Os primeiro estão em franco decaimento embora ainda estejam presente nos sistemas mais antigos. Os pára-raios de Óxido de Zinco estão sendo cada vez utilizados devido a suas vantagens em relação aos de Carboneto de Zinco.

No caso da SE Arembepé, todos os pára-raios são de Óxido de Zinco com tensão nominal de 192 kV (eficaz), corrente nominal de 20 kA para descarga atmosférica. São também de fornecimento Arteché.

4.4 CHAVES SECCIONADORAS

As chaves seccionadoras são dispositivos de manobra capaz de abrir e fechar circuitos quando uma corrente de valor pequeno passa pelo mesmo. Esse dispositivo é capaz de conduzir correntes sob condições normais e correntes de curto-circuito em pequenos períodos de tempo.

Figura 27: *Chave seccionadora Areva*Figura 28: *Chave seccionadora de by-pass*

Em subestações as chaves seccionadoras são utilizadas para permitir manobras de circuitos sem carga de modo a isolar equipamentos tais como: disjuntores, transforma-

dores, barramentos entre outros. Além dessa função, as chaves seccionadoras podem desempenhar importantes funções no sistema elétrico como: manobrar circuitos, permitindo a transferência de carga entre barramentos de uma subestação e proporciona o *by-pass* de equipamentos como disjuntores.

As seccionadoras podem ser de operação manual ou motorizada. No caso da SE Areambepe, as chaves seccionadoras são monitorizadas de acionamento simultâneo nos três pólos e um sistema de acionamento manual de emergência. Têm tensão nominal de 230 kV , corrente nominal de 2000A e nível de curto-circuito máximo de 31,5 kA .

4.5 DISJUNTORES

Os disjuntores são equipamentos que destinam-se à interrupção e aos restabelecimento das correntes elétricas em um determinado ponto do circuito.

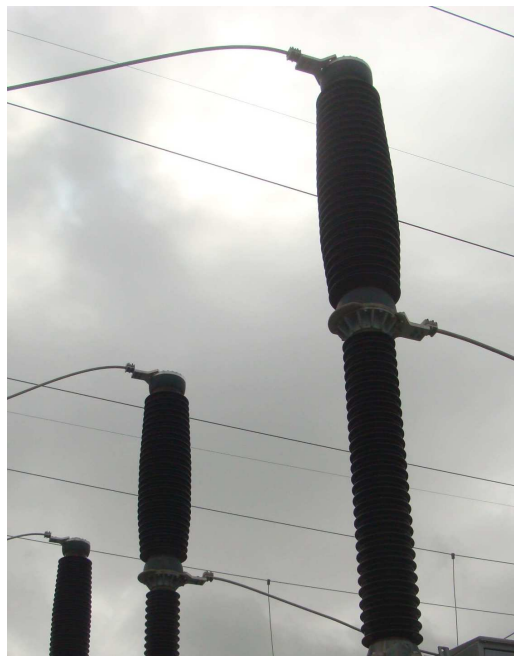


Figura 29: Disjuntor 242 kV Areva

A instalação dos disjuntores está intimamente ligada a instalação de relés, equipamentos responsáveis pela detecção das correntes elétricas do circuito que, após enviar ou não a ordem de comando para a sua abertura. É importante deixar claro que a instalação de um disjuntor sem um correspondente relé, torna-o apenas uma chave de manobra sem nenhuma característica de proteção.

A principal função de um disjuntor num sistema de potência é interromper as correntes de defeito de um dado circuito num tempo mínimo. Porém, os disjuntores são também solicitados a interromper correntes de circuitos operando a plena carga como também energizar os mesmos circuitos em condições de operação normal ou em falta.

Existem vários tipos de disjuntores classificados de acordo com o mecanismo que utilizam para a eliminação do arco elétrico. Na SE Areambepe, são utilizados disjuntores tripolares à SF_6 (Hexafluoreto de Enxofre) com tensão nominal de 230 kV e corrente nominal de 2000 A.

O mecanismo de extinção do arco utilizando gás SF_6 fundamenta-se na sua capacidade de levar rapidamente a condutibilidade elétrica do arco, absorvendo os elétrons livres na região do mesmo, e de restabelecer com extrema velocidade a sua rigidez dielétrica após cessados os fenômenos que motivaram a formação do arco. Esta gama de funcionalidade se deve ao fato do SF_6 ser um gás eletronegativo, o que lhe proporciona facilidades de capturar elétrons livres presentes no plasma de um arco elétrico, reduzindo a condutibilidade à medida que a corrente tende ao seu zero natural.

Tabela 8: *Resumo das características elétricas dos Disjuntores Areva*

Tensão nominal eficaz	230 kV
Tensão máxima eficaz	242 kV
Tensão máxima suportável em condições de emergência	253 kV
Mecanismo de extinção do arco	SF6
Tempo máximo de interrupção	3 ciclos

4.6 TRABALHOS REALIZADOS

4.6.1 DISJUNTORES

Como já dito, os disjuntores da SE Areambepe Energia tem o mecanismo de extinção de arco feito através do gás SF6. Os disjuntores têm alarmes em dois estágios de pressão do gás SF6 que uma vez acionados, representam baixo nível de confiabilidade do equipamento. Deste modo, o primeiro passo para que os disjuntores tornem-se operacionais é o seu preenchimento com o gás SF6. Esse procedimento é realizado com auxílio de manômetros de modo que a pressão do gás no interior do disjuntor possa ser verificada. Para o nível de tensão utilizado, o disjuntor foi preenchido com SF6 até

atingir um valor de pressão entre 8,5 e 9 kbar.



Figura 30: Procedimento de preenchimento de SF6 nos disjuntores

4.6.2 CHAVES SECCIONADORAS

O processo de abertura e fechamento de uma chave seccionadora exige o mínimo de harmonia entre os componentes do sistema envolvidos nessa operação. Isto é, o nível alinhamento entre as três chaves deve ser bastante elevado de modo que não haja o perigo de em um determinado momento (ainda que por pouco tempo) uma fase esteja aberta e as demais fechadas.

Desta forma, fez-se necessário o ajuste do alinhamento das chaves seccionadoras por parte de uma equipe da Areva.

Um outro problema encontrado durante a montagem da SE Arembepe foi com relação a distância entre os condutores e a parte móvel das chaves seccionadoras. Esse problema poderia ocasionar estabelecimento de arco elétricos e conseqüente um desgaste desnecessário das partes móveis das seccionadoras.

Para a resolução deste problema, foi sugerido pela Areva a instalação de um prolongador retardando o decaimento do condutor estabelecendo uma distância aceitável

(cerca de 1,5 m). A nova configuração pode ser visualizada na figura 31.



Figura 31: Seccionadoras com alongador

5 *ACOMPANHAMENTO DA FINALIZAÇÃO DA MONTAGEM DA SE PÓLO*

A Subestação Pólo de Apoio está localizada na cidade de Camaçari - BA, e tem por finalidade permitir a conexão das usinas termoeletricas Camaçari Muricy 1 e Arembepe Energia na rede básica do Sistema Interligado Nacional (SIN) através do seccionamento do circuito duplo de 230 kV Camaçari-Ford.

Composta por 6 *bays* de entrada de linha e um de interligação de barra, a SE Pólo é concebida em circuito duplo de 230 kV a quatro chaves. Dos 6 *bays* de entrada de linha, dois são destinados às UTE's e os outros quatro, fazem parte do seccionamento do circuito duplo que alimenta a Ford.

A SE Pólo tem previsão para ampliação para mais 5 *bays* e implantação de 4 transformadores abaixadores 230/69 kV.

Durante este estágio foi feito o acompanhamento do comissionamento final do Sistema de Supervisão Controle e Proteção (SSCP) da SE Pólo.

Para a energização de uma subestação vários procedimentos devem ser seguidos principalmente quando as cargas alimentadas pela mesma são tão importantes como é o caso da SE Pólo que alimenta a montadora Ford.

Desta forma, para que pudesse haver o seccionamento da linha da SE Camaçari/Ford para a SE Pólo/Ford, foi necessário a realização de um processo de comissionamento muito vasto que foi acompanhado no período deste estágio.

O processo de comissionamento da SE Pólo foi dividido em três partes:

- Comando (Abertura e Fechamento);
- Proteção;

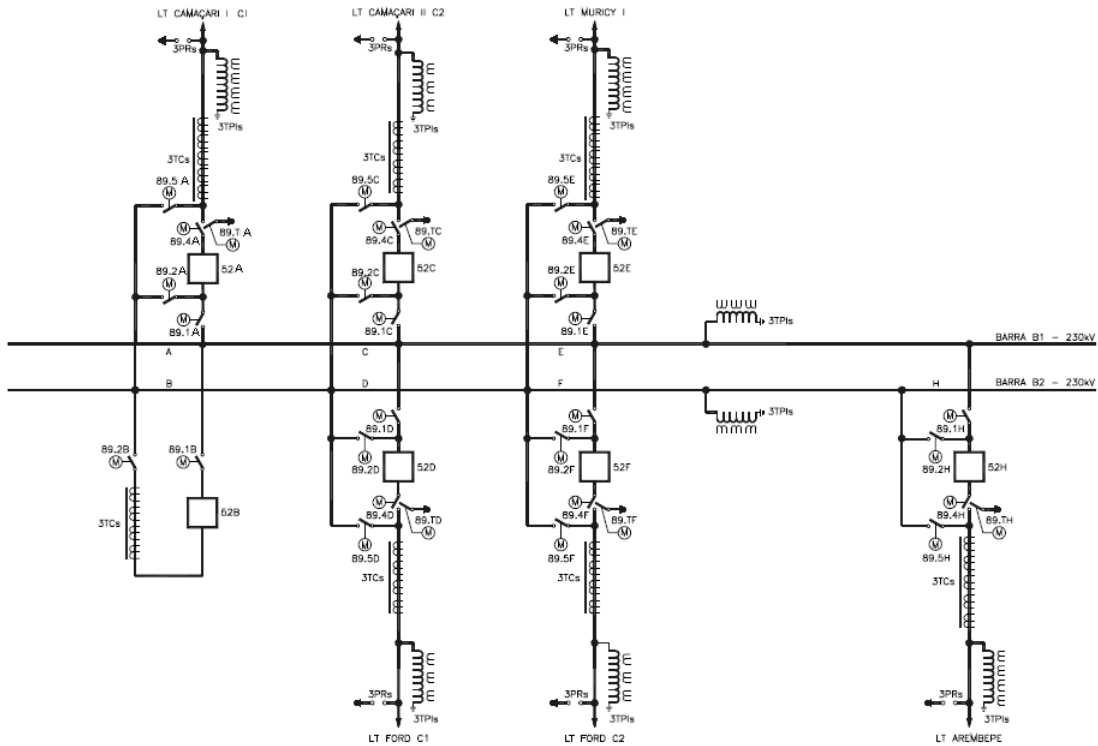


Figura 32: Diagrama Unifilar da SE Pólo

- Intertravamento.

De modo simplificado, a primeira etapa consistiu na verificação do circuito de comando de abertura e fechamento de chaves e disjuntores. A segunda etapa está ligada a verificação da parametrização dos relés de acordo com a arquitetura de proteção proposta. A última parte do comissionamento depende das duas etapas anteriores e valida a lógica de operação da subestação.

5.1 PRIMEIRA ETAPA DO COMISSIONAMENTO

O processo de comissionamento inicia-se com a configuração da base do sistema supervisório e verificação das entradas e saídas digitais.

O nível de aquisição, controle e proteção corresponde ao conjunto de Unidades de Aquisição e Controle (UAC), Unidades de Proteção (UPD), Unidades Concentradoras de Comunicação (UCC) distribuídas de modo a constituir conjuntos funcionais autônomos de aquisição, controle e proteção para todos os vãos da subestação.

Além dessas unidades, o SSCP possui Unidades de Medição de Faturamento

(UMF), utilizadas nas saídas para os transformadores elevadores, e que por meio de uma (VPN) se comunica com a CCEE.

O nível de controle e supervisão é composto por uma Estação de Operação (EO) que será utilizada pelos operadores da subestação como principal ferramenta de supervisão e comando centralizado.

Todos os componentes que integram o nível 1 e o nível 2 são interligados por meio de uma rede local padrão Ethernet 100 Mbps com topologia em anel, utilizando fibra óptica como meio físico e suportando o protocolo IEC 61850. O elemento central desta rede são os switches Ethernet gerenciáveis suportando RSTP (Rapid Spanning Tree Protocol) que permitem a sua utilização em aplicações críticas de proteção e controle. Todos os componentes de proteção integrantes do nível 1 são interligados ao nível 2, por meio de redes seriais RS485, no protocolo IEC 870-5/103.

Todos os componentes do SSCP serão mantidos em uma mesma base de tempo com resolução de 1 milissegundo por meio de módulos de sincronismo mantidos pelo sistema (GPS).

5.1.1 NÍVEL DE AQUISIÇÃO, CONTROLE E PROTEÇÃO

No nível 1, as Unidades de Aquisição e Controle (UAC) são compostas por computadores modulares de fabricação da Areva, MiCom C264.

FOTO

O MiCom C264 se trata de um computador modular muito utilizado em controle e proteção de subestações. Além de ser um gerenciador de entradas/saídas, atua como um gateway de comunicação, ou seja, realizando a comunicação entre o nível 1 e 2 do Sistema de Supervisão Controle e Proteção.

Dentre outras funções, podem ser destacadas algumas:

- Processamento de entradas binárias e analógicas;
- Auto-Religador;
- Verificação de sincronismo;
- Supervisão de circuitos de desligamento;

- Regulação de tensão;

No processamento de entradas analógicas, o C264 tem a possibilidade de receber informações de TC's e TP's, podendo processar até quatro valores de corrente e quatro valores de tensão. Processando também valores derivados, ou seja, a partir das medidas primárias diretas (correntes e tensões) podem ser processados valores de: correntes e tensões RMS; Frequência da rede, Potências ativa, reativa e aparente; Fator de potência; Componentes de sequência (direta, inversa, sequência zero para corrente e tensão); Ângulos de fase; Informação de verificação de sincronismo.

Uma das principais vantagens do C264 é o controle dos dispositivos usando o seu monitor de cristal líquido, podendo supervisionar até 12 bays, controlando os pátios de manobra e os diagramas dedicados ao monitoramento, ou seja, medições, listas de eventos, alarmes, etc.



Figura 33: Unidade de Controle MiCom C264

Esta etapa consiste na configuração da base de dados que é executada por tras do programa IHM. A base é configurada de modo que o evento possa chegar corretamente na tela de alarmes como é mostrado na figura 5.1.1.

A metodologia de teste foi dividida em duas partes: o primeiro consistiu em fazer o levantamento das DI's via relé C264, ou seja, de acordo com o diagrama funcional do relé os bornes específicos e conseqüente verificação. O objetivo desta etapa é a validação do link do painel à CPU da IHM. A segunda etapa é feita em campo e via a verificação do circuito de comando.

A segunda etapa é bem mais trabalhosa pois é nela em que são detectados e corrigidos possíveis problemas no circuito de controle. Para a simulação das entradas digitais é necessário que alguns contatos sejam "*by-passados*" de modo que o sinal possa

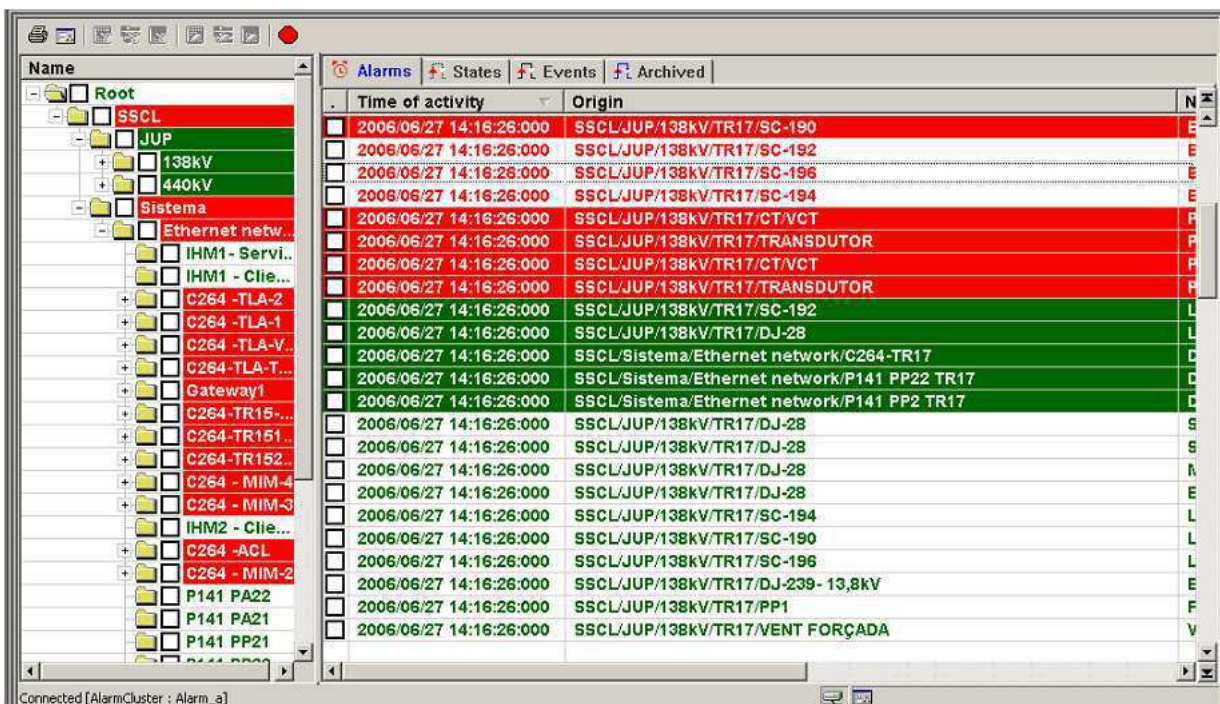


Figura 34: Tela de alarmes do sistema supervisorio Areva

chegar na bobina que envia o mesmo para a unidade remota (relé C264). Realizada esta etapa, certifica-se que eventuais erros que venham a acontecer na próxima etapa (teste em campo) estarão ligados ao *link* campo/casa de relés.

5.2 SEGUNDA ETAPA DO COMISSONAMENTO - TESTE DE PROTEÇÃO

O teste de proteção é necessário para que se possa verificar a parametrização dos relés e o estudo de seletividade previamente realizados. Desta forma, a segunda etapa é também dividida em duas partes, a primeira diz respeito a verificação da relação de transformação dos TC's e TP's que compõem o sistema de proteção.

Esse teste é realizado em campo a auxílio de uma fonte de corrente e tensão controlada por computador. É inserido um valor de tensão de 115 V no secundário do TP's e 1 A no secundário do TC's e verificado o valor da corrente no primário nas telas dos relés de proteção e do IHM. A relação dos TP's e TC's da SE Pólo são respectivamente: $242/\sqrt{3}$ kV/115 $\sqrt{3}$ e 1000/5A.

Com TC's e TP's devidamente averidos pode-se realizar os testes de proteção

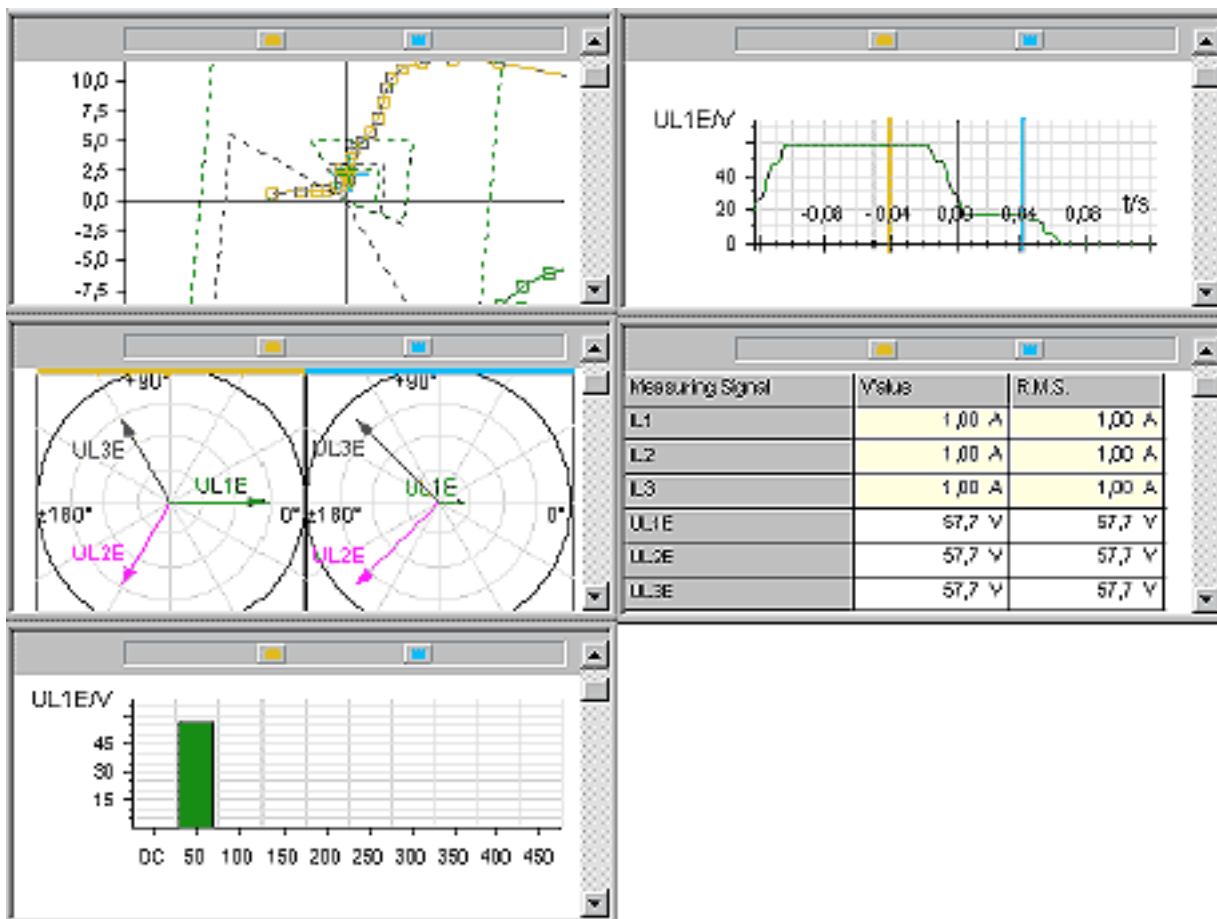


Figura 35: Tela do *software* utilizado para simular falhas

e conseqüentemente atuação. Para os testes de proteção foi utilizada mesma fonte de tensão anteriormente citada. Com auxílio do *software MiCom Settings Tool* da PACIS é possível configurar os fasores de tensões e corrente de modo que se possa simular uma falta. Na tela do IHM é possível verificar qual a função ativada. Quando é detectada uma falta, o relé de bloqueio (86) dá *trip* no disjuntor correspondente e comanda sua abertura.

5.3 TERCEIRA ETAPA DO COMISSONAMENTO - TESTE DE INTERTRAVAMENTO

O teste de intertravamento é a última etapa do comissionamento porque precisa ter todas funções de proteção em funcionamento e todas as entradas digitais atuando corretamente.

Através do diagrama unifilar da figura 5.3 é possível construir um manual de operação como o do item 5.3.1. Veja que no manual de operação fica claro porque os testes de intertravamento são os últimos do comissionamento.

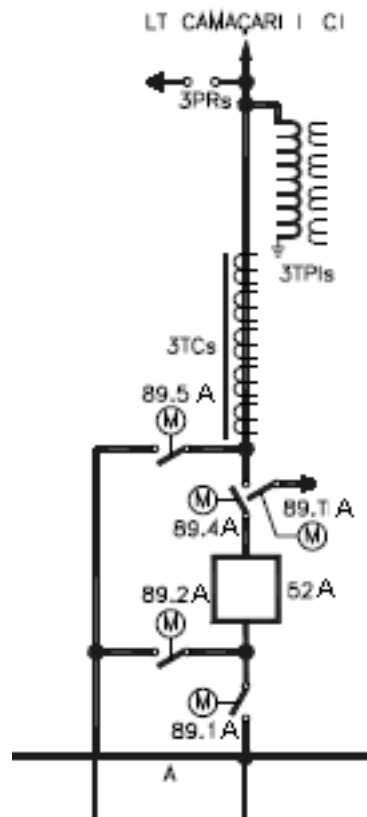


Figura 36: Unifilar do bay A - Camaçari 1

5.3.1 MANUAL DE OPERAÇÃO PARA BAY A - CAMAÇARI 1

5.3.1.1 INTERTRAVAMENTO DISJUNTOR 52A

- Discordância de fase;
- Falta CA motor;
- Defeito circuito motor;
- Defeito 125 Vcc;
- Mola descarregada;
- Baixa pressão SF6 1º estágio;

- Baixa pressão SF6 2º estágio;
- Relé de bloqueio atuada;

5.3.1.2 INTERTRAVAMENTO CHAVE SECCIONADORA 89.1A

- Chave seccionadora 89.2A aberta;
- Disjuntor 52A aberto;
- Falta CA motor

5.3.1.3 INTERTRAVAMENTO CHAVE SECCIONADORA 89.2A

- Chave seccionadora 89.1A aberta;
- Disjuntor 52A aberto;
- Falta CA motor

5.3.1.4 INTERTRAVAMENTO CHAVE SECCIONADORA 89.4A

- Chave seccionadora 89.1A aberta;
- Chave seccionadora 89.2A aberta;
- Disjuntor 52A aberto;
- Falta CA motor

5.3.1.5 INTERTRAVAMENTO CHAVE SECCIONADORA 89.5A

- Chave seccionadora 89.4A fechada;
- Chave seccionadora 89.1A fechada;
- Chave seccionadora 89.2A fechada;
- Chave seccionadora 89.1B fechada;
- Chave seccionadora 89.2B fechada;
- Chave seccionadora 89.2 dos demais vãos abertos;

- Chave seccionadora 89.5 dos demais vãos abertos;
- Disjuntor 52A aberto;
- Falta CA motor

6 CONCLUSÃO

Ao final deste trabalho, conclui-se que o processo de comissionamento de uma planta, seja ele de qual porte ou natureza for, é uma etapa da construção tão necessária quanto as demais. É durante o processo de comissionamento que são detectados eventuais problemas de montagens bem como são implementadas suas devidas modificações.

O acompanhamento do processo de comissionamento em todas as partes da planta da usina termoeletrica Areambepe Energia (baixa, média e alta tensão) veio acrescentar um nível de conhecimento ainda não apresentado ao aluno de engenharia elétrica, o conhecimento prático.

Desta forma, o estágio integrado cumpre as suas atribuições uma vez que ajudou ao aluno fazer um parelo entre o conhecimento adquirido ao longo do curso com a parte prática também necessária.

Aproveitamos a oportunidade para agradecer aos engenheiro Waldez Azevedo e Humberto Novaes pelo apoio dado durante este período e pela oportunidade da fazer parte da equipe da Ramos & Novaes Energia.

REFERÊNCIAS

- [1] Carlos André S. Araújo, Flavio Camara de Sousa, José Roberto R. Cândido, Marcos Pereira Dias: Proteção de Sistemas Elétricos; Editora Interciência; 2005
- [2] Geraldo Kinderman: Proteção de Sistemas Elétricos; UFSC; 2005
- [3] João Mamede Filho: Manual de Equipamentos Elétricos; Vol. 1; LTC; 2005
- [4] João Mamede Filho: Manual de Equipamentos Elétricos; Vol. 2; LTC; 2005
- [5] João Mamede Filho: Manual de Equipamentos Elétricos; Vol. 3; LTC; 2005
- [6] Felipe Patrício de Souza: Relés digitais e o novo protocolo de comunicação: IEL 61850; Pontífica Universidade Católica do Rio Grande do Sul; 2004