

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA ELÉTRICA

RONIERE FRANCISCO LIMA DA SILVA

**Estudo e Fiscalização dos Processos de Comissionamento da
Usina Termelétrica Arembepe**

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

CAMPINA GRANDE

2009

RONIERE FRANCISCO LIMA DA SILVA

Estudo e Fiscalização dos Processos de Comissionamento da Usina Termelétrica Arembepe

Relatório de estágio submetido à Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para obtenção da graduação em Engenharia Elétrica.

Orientador

Prof. Raimundo Carlos Silvério Freire

CAMPINA GRANDE

2009

Agradecimentos

Aos engenheiros Humberto de Novaes e Waldez Azevedo pela oportunidade deste estágio de tão grande importância para a formação acadêmica de um estudante de engenharia elétrica, meu muito obrigado. Agradeço a Sra. Áurea de Novaes por tudo que foi feito ao longo do estágio para nos ajudar, ao Engenheiro Thiago Barbosa pelo incentivo e motivação durante os dias de trabalho, ao professor Dr. Raimundo Carlos Silvério Freire pelo apoio na ida para a termelétrica de Arembepe e a todos aqueles que de alguma forma ajudaram na realização deste estágio.

Resumo

Diante da possibilidade da aplicação de multas e outras punições por conta do fornecimento de energia elétrica de má qualidade ao SIN (Sistema Interligado Nacional), por parte das usinas de energia elétrica, vêm fazendo com que a engenharia procure confirmar o bom funcionamento da planta durante a construção através de testes e procedimentos realizados antes do início das atividades de operação de geração.

A necessidade da realização de procedimentos pré-operacionais como o comissionamento dos dispositivos e equipamentos elétricos envolvidos no processo de geração e transmissão de energia, tem se tornado cada vez mais presente.

Este relatório tem como objetivo descrever a Unidade de Tratamento de Energia Arebbepe, localizado em Camaçari no estado da Bahia, assim como, os procedimentos pré-operacionais utilizados para confirmar a habilitação para o funcionamento da Usina.

ÍNDICE

Capítulo 1 – Visão Geral da empresa Ramos & Novais Energia

1.1 – Introdução	01
1.2 – A empresa Ramos e Novais Consultoria e Serviços em Energia Elétrica	01
1.3 – Visão Geral da Arembepe Energia	03
1.4 - Atividades e Objetivos	04

Capítulo 2 – Descrição da UTE - AREMBEPE

2.1 – Descrições das Características Gerais da UTE – AREMBEPE	06
2.2 – Descrição e Funcionamento dos Sistemas Periféricos de Utilidades .	11
2.2.1 – Sistema de Recebimento de Óleo Diesel.....	11
2.2.2 – Recebimento e transferência de óleo combustível	12
2.2.3 – Vapor e Condensado	12
2.2.4 – Água de Serviço	13
2.2.5 – Drenagem Oleosa	13
2.2.6 – Recebimento de Óleo Lubrificante	13
2.2.7 – Combate a Incêndio	14
2.2.8 – Transferência de Óleo	14
2.2.9 – Ventilação	14

Capítulo 3 – Descrição dos Sistemas Elétricos da UTE - AREMBEPE

3.1 – Introdução	15
3.2 – Painéis de Baixa Tensão	15
3.2.1 – Centro de Distribuição de Carga – CDC	15
3.2.2 – <i>Diesel Auxiliary Switchboord</i> – DAS	15
3.2.3 – <i>Diesel Auxiliary Switchboord Radiators</i> – DASR	18
3.2.4 – <i>Commun Auxiliary Switchboord</i> – CAS	19
3.2.5 – <i>Fuel Treatment Swichboord</i> – FTS	19
3.2.6 – <i>Unloading Oil System</i> – UOS	21
3.2.7 – Painéis de Distribuição CA/CC	22
3.3 – Painéis de Média Tensão	22

3.4 – Painéis de Supervisão e controle da Casa de Força	23
3.5 – Painéis de Supervisão e Controle da Subestação	23
3.6 – Grupo Gerador de Emergência	23
3.7 – Baterias e Carregador	26
3.8 – Sistema de Circuito Fechado de Televisão	26
3.9 – Sistema de Alarme e Detecção de Incêndio	26
3.10 – Sistema de Monitoração Contínua de Gases	29

Capítulo 4 – Comissionamento dos Sistemas Eléctricos da UTE – AREMBEPE

4.1 – Comissionamento dos Equipamentos de Baixa Tensão	30
4.2 – Comissionamento dos Cabos Eléctricos de Força	30
4.2.1 – Teste de Continuidade	30
4.2.2 – Teste de resistência de Isolação	32
4.3 – Comissionamento dos Motores Eléctricos	37
4.3.1 – Sentido de Giro e Ligação dos Motores	37
4.3.2 – Aterramento	40
4.3.3 – Disjuntores Alimentadores	40
4.4 – Comissionamento dos Painéis Eléctricos	41

Capítulo 5 – Considerações finais

5.1 – Conclusões	43
------------------------	----

Referências Bibliográficas	44
---	-----------

Lista de Figuras

Figura 1.1 – Organograma da RN Energia	03
Figura 2.1 – Geradores de 2,5 MW da <i>Hyundai Motores</i>	06
Figura 2.2 – Resistores instalados	07
Figura 2.3 – Diagrama Unifilar do <i>cluster 1</i>	08
Figura 2.4 – Reatores instalados	09
Figura 2.5 – Diagrama unifilar do TE01	10
Figura 2.6 – Diagrama unifilar SE Areembepe	10
Figura 3.1 – Diagrama Unifilar do CDC-A	16
Figura 3.2 – Quadro do DAS	16
Figura 3.3 – Sistema elevador de pressão <i>Boosters</i>	17
Figura 3.4 – Sistema do Módulo Separador	18
Figura 3.5 – Estrutura do DASR	19
Figura 3.6 – Painel do CAS	20
Figura 3.7 – Painel do FTS	20
Figura 3.8 – Painel do UOS	21
Figura 3.9 – Diagrama de blocos dos painéis de baixa tensão	22
Figura 3.10 – <i>Software</i> supervisorio do EGCP	24
Figura 4.1 – Multímetro na opção de teste sonoro para verificação de continuidade	31
Figura 4.2 – Método utilizado para teste de continuidade em cabos elétricos na UTE Areembepe	32
Figura 4.3 – Corrente Condutiva	33
Figura 4.4 – Corrente Capacitiva	33
Figura 4.5 – Método utilizado para teste de isolamento entre fases	35
Figura 4.6 – Megômetro com calibração vencida	35
Figura 4.7 – Megômetro com calibração normalizada	36
Figura 4.8 – Sentido do giro do motor em função das seqüências de fase ..	37
Figura 4.9 – Placa de ligação	38

Figura 4.10 – Verificação do sentido de rotação dos motores	39
Figura 4.11 – Correção do aterramento dos motores	40
Figura 4.12 – Comissionamento das gavetas dos painéis de Baixa tensão .	42

Lista de Quadros

Quadro 2.1 – Principais características dos reatores	08
Quadro 4.1 – Resumo dos Testes de Continuidade	33
Quadro 4.2 – Testes de resistência de isolamento do cabos elétricos	36
Quadro 4.3 – Teste do sentido do giro dos motores	39
Quadro 4.4 – Adequação dos Disjuntores Aliementadores	41

Capítulo 1 – Visão Geral da empresa Ramos & Novais Energia

1.1 – Introdução

A possibilidade da aplicação de multas e outras punições por conta do fornecimento de energia elétrica de má qualidade ao SIN (Sistema Interligado Nacional), por parte das usinas de energia elétrica, vêm fazendo com que a engenharia procure confirmar o bom funcionamento da planta durante a construção através de testes e procedimentos realizados antes do início das atividades de operação de geração. Diante desta possibilidade de punição, durante o projeto e construção de uma Usina geradora de energia, a necessidade da realização de procedimentos pré-operacionais como o comissionamento dos dispositivos e equipamentos elétricos envolvidos no processo de geração e transmissão de energia, tem se tornado cada vez mais evidente.

Em busca de um funcionamento confiável, neste caso da Termelétrica de Arembepe, foram acompanhados ao longo do estágio os procedimentos de comissionamento da usina, os quais se demonstraram extremamente necessários antes da interligação da termelétrica ao Sistema Interligado Nacional (SIN).

1.2 – A empresa Ramos e Novais Consultoria e Serviços em Energia Elétrica

Com uma duração de 4 meses e uma carga horária superior a 660 horas este estágio pôde ser classificado como estágio supervisionado. A empresa contratante foi a Ramos & Novais Energia Consultoria e Serviços em Energia Elétrica (RN Energia), fundada no Rio de Janeiro e atuante em várias partes do Brasil no seguimento de fiscalização e construção de usinas termelétricas. 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:

- 1) O relacionamento com as agências governamentais e órgãos de meio ambiente;
- 2) O planejamento e controle das etapas de implantação do projeto;
- 3) O apoio à negociação de contratos com fornecedores nacionais e internacionais;
- 4) 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.

Basicamente, à frente da RN Energia existe um diretor superintendente (Humberto David de Novaes) responsável pela gerência da empresa como um todo; um diretor de engenharia (Claude de Winter) que tem como função realizar e encaminhar os documentos relacionados com projetos mecânicos e civis da obra; um 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; e, por fim, a responsável pelos Recursos Humanos (Áurea Cristina Ramos de Novaes). Na Figura 1 é apresentada uma estrutura organizacional da empresa que demonstra os setores descritos e evidencia as pessoas envolvidas em cada um dos setores.

Diante da importância da fiscalização para o acompanhamento de execução e comissionamento a RN foi contratada pela Unidade de Tratamento de Energia Areembepe (UTE AREMBEPE), juntamente com a EFACEC do Brasil LTDA que tinha o papel de executar a construção, mas que foi afastada da sua função em dezembro de 2008, quando a RN assumiu a execução da construção da UTE Areembepe.

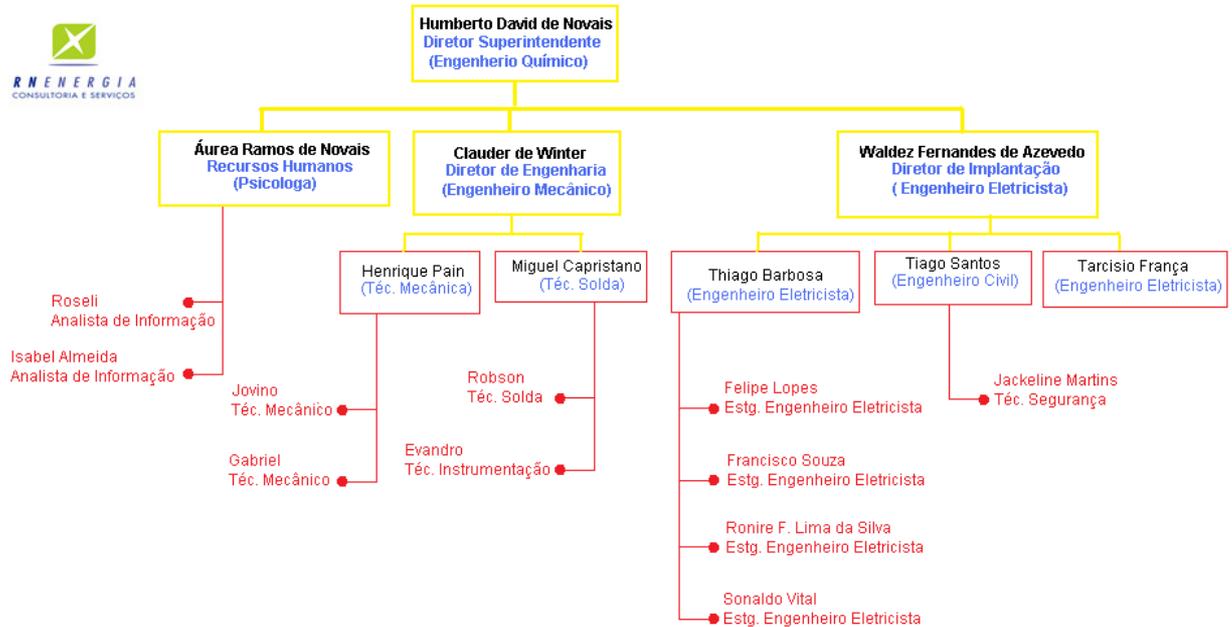


Figura 1 – Organograma da RN Energia.

1.3 – Visão Geral da Arembepe Energia

Depois da liberação da comercialização de energia elétrica pelo Ministério das Minas e Energia (1998), vários grupos viram neste um mercado promissor. Desde então a idéia da geração distribuída vem sendo cada vez mais difundida no país. Pequenas Centrais Hidroelétricas (PCHs), geração eólica, estudos para viabilização dos bicompostíveis e a geração termoelétrica são as principais forças da 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 sítio 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 usinas, em geral termoelétricas.

Na região do pólo petroquímico de Camaçari, três usinas já se encontram 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 parte deste estágio integrado pela RN Energia Consultoria

e Serviços. Afora estas, mais seis usinas serão instaladas nos próximos cinco anos.

A 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 Subestação Polo (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.

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).

1.4 – Atividades e Objetivos

As atividades e objetivos deste estágio foram arranjados da seguinte forma:

- 1 - Estudo dos diagramas funcionais, unifilares e trifilares da usina;
- 2 – Estudo e familiarização com os processos;
- 3 - Realização do comissionamento em baixa tensão;
- 4 - Elaboração do relatório.

ETAPAS DE TRABALHO	Quinzena							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	X	X	X	X	X			
2			X	X	X			
3	X	X	X	X	X	X	X	X
4			X	X	X	X	X	X

O estágio teve início no dia 16/03/2009 e foi concluído no dia 16/07/2009.

O **objetivo** principal do estágio foi fiscalizar o comissionamento dos equipamentos instalados em baixa tensão, média tensão e alta tensão com o desígnio de levantar os problemas, listar as pendências e executar as correções antes do início de funcionamento da UTE Arembepe.

Capítulo 2 – Descrição da UTE - AREMBEPE

2.1 – Descrições das Características Gerais da UTE – AREMBEPE

A Unidade de Tratamento de Energia UTE – AREMBEPE é composta de 64 geradores de 2,5 MW cada, com um fator de potência indutivo de 0,8, ou seja, é gerado um total bruto de 200 MVA.

Os geradores são de fabricação da *hyundai Heavy Industries Co. LTDA* (Coréia do Sul). Trata-se de geradores síncronos monofásicos sem escovas, que são acionados através de motores de combustão de óleo combustível pesado (OCB1 ou HFO) e que trabalham a uma velocidade nominal de 900 rpm sob uma corrente nominal de 273 A. Na figura 2.1 é apresentada uma fotografia do chamado lado Sul da Casa de Força.



Figura 2.1 – Geradores de 2,5 MW da *Hyundai Motores*.

No neutro de cada gerador existem resistores de aterramento de média tensão quem tem a finalidade de limitar a corrente de curto-circuito. Estes resistores trabalham com uma tensão nominal de 6,6 kV, tem uma resistência de 762,1 Ω e foram fabricados com a capacidade de suportar a corrente de

curto-circuito por até 10 segundo, tempo necessário para que a proteção atue e seja feito o desligamento do gerador. Na figura 2.2 é apresentada uma fotografia dos resistores instalados dentro de caixas seladas na chamada Sala dos Resistores.



Figura 2.2 – Resistores instalados.

Estes geradores foram associados formando grupo de 4 geradores, onde este grupo é chamado de *cluster*, ou seja, existe um total de 16 *cluster*'s. Através de disjuntores individuais é possível comandar a conexão dos geradores com o barramento do *cluster*. Um disjuntor principal (52 A1) comanda a conexão do *cluster* com um reator que está ligado ao barramento do lado de baixa dos chamados Transformadores Elevadores (TE). Na figura 2.3 é apresentado o diagrama unifilar do *cluster 1*.

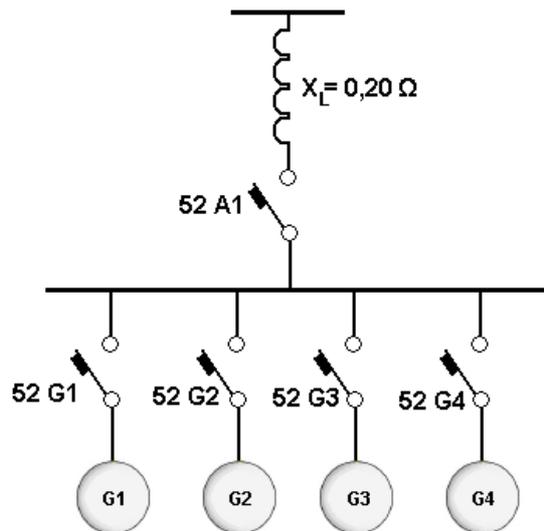


Figura 2.3 – Diagrama Unifilar do *cluster 1*.

Na saída de cada *Cluster* existe um reator. Tais reatores em serie foram utilizados para limitar a capacidade de interrupção dos disjuntores 6,6 kV instalados nos cubículos e proteger, por limitação da corrente de curto-circuito, os circuitos que direta ou indiretamente estes reatores alimentam, constituídos pelos mencionados disjuntores, bem como pelos cabos, muflas, seções de barramentos e demais componentes e acessórios de conexão associados a estes equipamentos.

As principais características elétricas destes reatores são apresentadas no quadro 2.1.

Quadro 2.1 – Principais características dos reatores.

Reator	
Tipo	Uso interno, monofásico e seco
Método de resfriamento	Ventilação natural
Frequência Nominal	60 Hz
Potência Nominal	242 kvar/ fase
Tensão Nominal	6,6 kV

Corrente Nominal	1100 A
Impedância Nominal	0,20 Ω / fase
Indutância Nominal	0,53 mH

Estes reatores são de fabricação AREVA. Na figura 2.4 é apresentada uma fotografia dos reatores instalados na Sala dos Reatores.



Figura 2.4 – Reatores instalados.

Os TE's supracitados, são Transformadores Elevadores de 6.6 kV para 230 kV com duplo enrolamento de baixa em delta e enrolamento de alta em estrela aterrado. Estes transformadores têm uma potência nominal aparente de 96 MVA, com uma reatância $X = 12\%$. Na figura 2.5 é apresentado o diagrama unifilar do TE01.

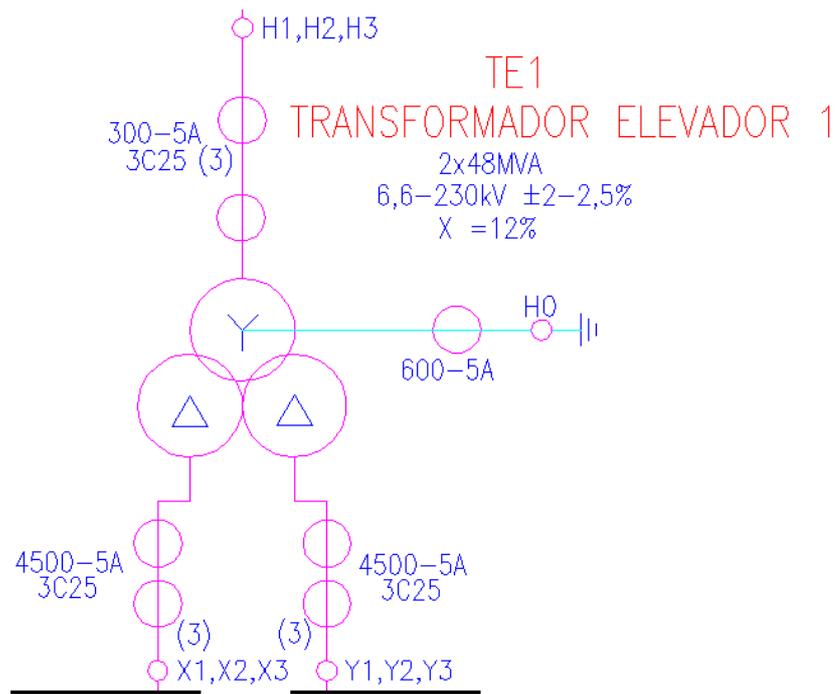


Figura 2.5 – Diagrama unifilar do TE01.

A saída de cada TE é conectada a Subestação de 230 kV, que tem o nome de Subestação Arembepe (SE Arembepe). Na figura 2.6 é apresentado o diagrama unifilar da SE Arembepe.

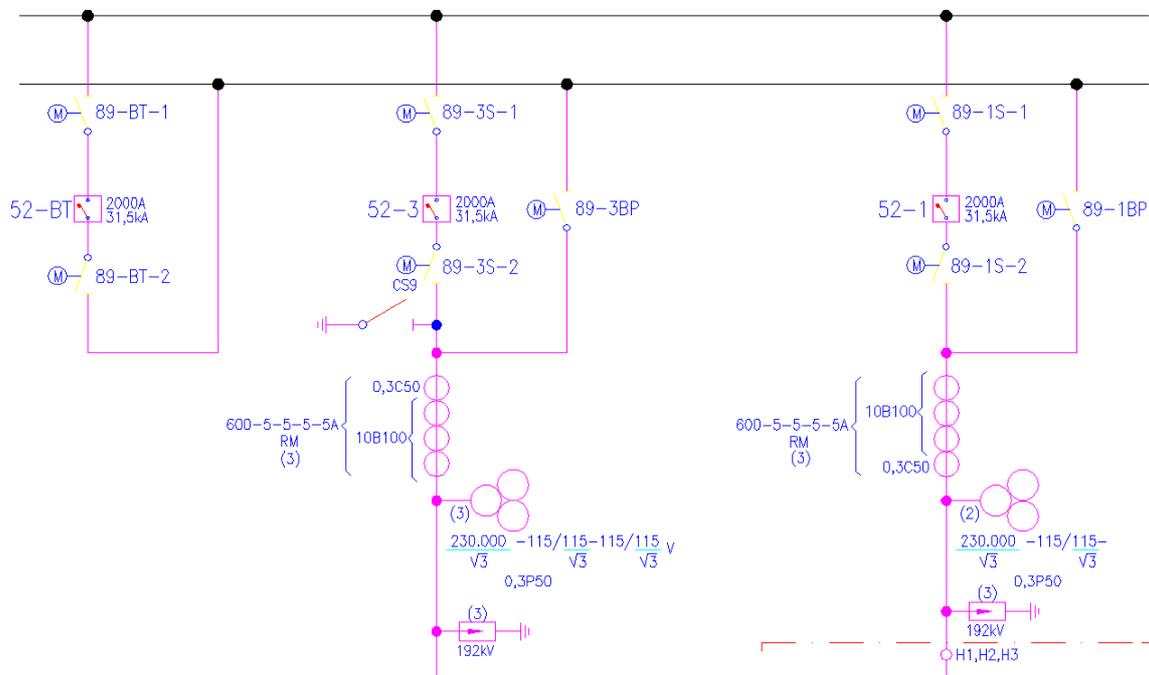


Figura 2.6 – Diagrama unifilar SE Arembepe.

A entrada da SE é composta por um pára-raios que protege a linha contra descargas atmosféricas com uma tensão de operação de 192 kV, por um transformador de potencial indutivo (TPI) com único enrolamento de alta, um duplo enrolamento de baixa com uma relação de 230 kV para 115 V e por um transformador de corrente (TC) de um único enrolamento de alta e um múltiplo enrolamento de baixa composto de 4 enrolamentos, uma para medição, um para proteção principal, um para proteção secundária e um para proteção diferencial de barra com uma relação de 600 A para 5 A.

A SE é do tipo composta por barramento principal e barramento secundário e o circuito de saída da SE é semelhante ao circuito de entrada em termos dos seus componentes. Existe ainda um circuito que faz a ligação entre o barramento principal e o barramento secundário, este circuito recebe o nome de *bay* de transferência. Ele é utilizado quando existe a necessidade de se fazer uma *bay-pass* devido a alguma manutenção nos circuitos e mesmo neste regime manter o circuito protegido por um disjuntor.

O fluxo de potência que é gerado é transmitido para a Subestação Pólo de Apoio onde será conectado ao barramento. Também serão conectados a este barramento os circuitos 1 e 2 da CHESF e a Usina Termelétrica de Muricy 1.

2.2 – Descrição e Funcionamento dos Sistemas Periféricos de Utilidades

Para que seja possível gerar, elevar e transmitir a energia elétrica gerada pela UTE Arebbepe é necessário contar com vários sistemas periféricos de utilidades que auxiliam os processos principais.

Este tópico tem por objetivo descrever o funcionamento dos sistemas de Recebimento de Óleo Diesel, Recebimento de Óleo Combustível, Vapor e Condensado, Água de Serviço, Drenagem Oleosa, Recebimento de Óleo Lubrificante, Combate a Incêndio, Transferência de Óleo e Ventilação da UTE-Arebbepe.

2.2.1 – Sistema de Recebimento de Óleo Diesel

O sistema de recebimento de óleo diesel consiste em duas bombas, sendo uma principal e outra em *stand-by*, com vazão de 60 m³/h que

descarregam óleo diesel de um caminhão e o armazena em um tanque de nomenclatura **T-105** com capacidade de **65 m³**.

Cada tanque deste e dos outros sistemas citados neste trabalho são dotados de válvulas de controle de temperatura, válvulas de saída e sensores de níveis.

2.2.2 – Recebimento e transferência de óleo combustível

O sistema de recebimento e transferência de óleo combustível *HFO* consiste em **quatro** bombas, sendo **três** principais e uma em *stand-by*, com vazão de 60 m³/h cada, que descarregam óleo combustível de até **3** caminhões simultaneamente e o armazena em **quatro** tanques T-100-1, T-100-2, T-100-3 com capacidade de 800 m³ cada e T-100-4 com capacidade de 1200 m³. Estes são selecionados por válvulas manuais.

Devido à alta viscosidade do *HFO*, o sistema é mantido aquecido a 60 °C por 4 serpentinas de vapor E-100-1, E-100-2, E-100-3 e E-100-4 que estão localizadas na parte de baixo dos seus respectivos tanques. Quatro bombas de recirculação retiram o óleo da parte de baixo e jogam na parte de cima, ou seja, o óleo que estava próximo das serpentinas, conseqüentemente mais aquecido é misturado ao óleo que estava na parte de cima sob temperatura menor, com o objetivo de homogeneizar a temperatura de todo o óleo dentro do tanque diminuindo a sua viscosidade.

O sistema de transferência de óleo combustível consiste em dois aquecedores casco / tubo para aquecer o óleo a 70 °C e duas bombas que injetam o óleo aquecido na tubulação.

2.2.3 – Vapor e Condensado

O sistema de Vapor e Condensado consiste em três geradores de vapor que queimam óleo combustível, um header de distribuição de vapor, um tanque de água de alimentação, uma unidade de dosagem química e um tanque de *blowdown*.

O sistema é destinado e está dimensionado para o aquecimento dos tanques que armazenam óleo combustível em diversas fases do processo,

traço de vapor das tubulações de óleo combustível e para unidades que necessitam de aquecimento.

2.2.4 – Água de Serviço

O sistema de Distribuição de Água de Serviço e Água potável consiste em uma bomba de captação, um tanque de armazenagem e após, uma Estação de Tratamento denominada E.T.A. Esta estação possui duas saídas, sendo uma de água industrial e outra de água potável.

A água industrial é armazenada em um tanque de 10 m³ e distribuída por duas bombas de transferência, sendo uma principal e a outra em *stand-by*, cada uma com vazão de 5 m³/h que mantém a rede de distribuição pressurizada com o auxílio de um tanque hidropneumático.

A água potável também é armazenada em um tanque de 10m³ e distribuída por duas bombas de transferência, sendo uma principal e outra em *stand-by*, com vazão de 5 m³/h. A rede de distribuição se mantém pressurizada com o auxílio de um tanque hidropneumático.

2.2.5 – Drenagem Oleosa

O sistema de drenagem oleosa é composto por um separador de água e óleo com bomba centrífuga móvel, um reservatório *Pit* da oficina com bomba vertical, um reservatório *Pit* da casa de máquinas norte com bomba vertical, um reservatório *Pit* da casa de máquinas sul com bomba vertical e um reservatório *Pit* dos transformadores com bomba vertical. Todas estas bombas levam o óleo para o tanque de borras.

No separador são captados os fluidos originados da descarga de caminhão, bacia dos tanques de estocagem, bacia dos tanques diários, bacia de tratamento de óleo combustível, caldeiras e bombas de incêndio. O óleo obtido desta separação é estocado no tanque de borras.

2.2.6 – Recebimento de Óleo Lubrificante

O sistema de óleo lubrificante consiste em duas bombas de recebimento sendo uma principal e outra em *stand by*, com vazão de 20m³/h que descarregam todo este óleo lubrificante novo de um caminhão para o

tanque de estocagem. O sistema ainda é composto pelo tanque de estocagem de óleo usado, tanque de manutenção e a bomba de descarte.

O óleo lubrificante utilizado pela casa de máquina é transferido para o tanque de estocagem usado, que será armazenado e bombeado para o caminhão de descarte.

2.2.7 – Combate a Incêndio

O sistema de combate a incêndio consiste em três bombas sendo uma jockey, responsável por manter a pressão na rede, uma bomba elétrica de combate a incêndio e outra diesel. A água para o combate a incêndio é armazenada no tanque de água bruta que é projetado para ter um volume de água reservado de 330 m³ para o combate a incêndio.

2.2.8 – Transferência de Óleo

O sistema de distribuição de óleo combustível é composto por um tanque de óleo combustível (Buffer), tanque de estocagem, tanque de borras, tanque diário (serviço) de óleo combustível (HFO) e bombas de suprimento.

O sistema é inicializado no tanque Buffer através da transferência deste óleo para a estação de purificação. O óleo tratado abastece o tanque diário de óleo combustível (HFO) que, ao ser aquecido, é transportado via bombas de suprimento para a casa de máquinas. Caso não haja a necessidade de utilização deste óleo pela casa de máquinas, as bombas de suprimento recirculam este óleo tratado de volta para o tanque de diário (serviço).

Após a utilização deste óleo pela casa de máquinas, o excedente retorna para o tanque diário. A outra parte não utilizada é transferida para o tanque de drenagem, na qual será bombeado para o tanque de Buffer retomando assim o ciclo de purificação. Nos purificadores, a borra será separada e bombeada para o tanque de borras T-600.

2.2.9 – Ventilação

O Sistema de ventilação consiste em dois ventiladores para cada 4 geradores. A usina possui 64 geradores, logo, temos um total de 32 ventiladores e este sistema tem por objetivo manter a temperatura do prédio dos geradores abaixo de 45 °C.

Capítulo 3 – Descrição dos Sistemas Elétricos da UTE - AREMBEPE

3.1 - Introdução

Este capítulo tem como objetivo descrever os sistemas elétricos que compõem a UTE Arembepe. Estes sistemas são compostos por painéis de baixa tensão, painéis de média tensão, por painéis de supervisão e controle entre outros equipamentos.

3.2 – Painéis de Baixa Tensão

Os equipamentos elétricos periféricos da UTE Arembepe foram projetados para operarem com uma tensão de 480 V. Os painéis de baixa tensão são responsáveis por alimentar estes equipamentos. Na seqüência são descritas as características principais destes painéis.

3.2.1 – Centro de Distribuição de Carga – CDC

O Centro de Distribuição de Carga (CDC) é dividido em três, o CDC-A, o CDC-B e o CDC-C. Os painéis do CDC-A e CDC-B possuem dois barramentos internos cada. Estes barramentos são alimentados por Transformadores Auxiliares de Serviço (TSA), estes TSA's por sua vez são alimentados diretamente de determinados *clusters*. O CDC-C é alimentado diretamente pela COELBA ou por um gerador de emergência caso ocorra falta de fornecimento desta concessionária. Os CDC's possuem vários sistemas de proteção como disjuntores e relés, eles também tem a capacidade de permitir certas manobras especiais conectando barramentos internos, com o objetivo de sanar alguma eventual perda de alimentação. Na figura 3.1 é apresentado o diagrama unifilar dos CDC-A.

3.2.2 – Diesel Auxiliary Switchboard – DAS

São quadros de distribuição que tem a função de alimentar e proteger os periféricos dos conjuntos motor-gerador. Existe um total de 8 DAS, onde cada DAS alimenta e protege as máquinas de um *cluster*. Entre as máquinas que são alimentadas podemos dá destaque à bomba de pré-lubrificação do motor, que lubrifica as engrenagens do motor, a *sludge pump* que é uma bomba responsável por bombear a borra que existente devido ao processo de

Os DAS também têm a função de alimentar e proteger os DASR, os Sistemas *Boosters* e os Sistemas do Módulo Separador.

Os grupos geradores da *Hyundai* utilizam ar comprimido para fazer a partida do motor. Neste caso, a função do ar é vencer a inércia de modo que depois de atingir uma determinada rotação o motor possa funcionar apenas com combustível. Os *boosters* têm a função de receber o ar de dois compressores e por meio de dois motores-bomba elevar a pressão até um valor de 30 kbar e depois desta elevação o ar é injetado no sistema de partida do motor retirando o motor da inércia. Na figura 3.3 é apresentada uma fotografia de um dos Sistemas *Booster*.



Figura 3.3 – Sistema elevador de pressão *Boosters*.

Os Sistemas do Módulo Separador são compostos por 4 motores-bomba separados em dois braços, braço A e braço B. No braço A encontra-se conectado a *Sludge Pump* que tem de retirar alguns impurezas que possam vir a ser encontradas no óleo. 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*) do LO (*Lub Oil*) e do DO (*Diesel Oil*). Que

sãos os óleos necessários para o funcionamento do motor do gerador. Na figura 3.4 é ilustrada uma fotografia de um Sistema do Módulo Separador.



Figura 3.4 – Sistema do Módulo Separador

3.2.3 – Diesel Auxiliary Switchboard Radiators – DASR

O *Diesel Auxiliary Switchboard Radiators* é um painel que comanda um conjunto de 12 motores (12,6 kW cada) responsáveis pelo resfriamento da água utilizada no processo de refrigeração do grupo motor-gerador. Cada conjunto é responsável pela refrigeração da água de 4 motor-gerador.

Fisicamente, o painel do DASR, fica localizado no lado de fora da Casa de Força abaixo das estruturas onde se encontra os ventiladores. Este painel é especialmente projetado para suportar intempéries climáticas como: chuva, sol, vento, contando com resistores de aquecimento, revestimento especial dos barramentos (contra corrosão), entre outros artifícios. Na figura 3.5 é ilustrada uma fotografia da estrutura do DASR.



Figura 3.5 – Estrutura do DASR

3.2.4 – *Commun Auxiliary Switchboard – CAS*

O painel CAS é destinado à alimentação e proteção dos periféricos relacionados com processos comuns entre áreas. Dentre os equipamentos alimentados via CAS podem ser citados os relacionados com o sistema de ar comprimido envolvido com a partida dos motores, bombas móveis de transferência de óleo lubrificante além de bombas utilizadas para drenagem de água acumulada ou encaminhamento da mesma. Este painel totaliza uma corrente de entrada de aproximadamente 150 A provenientes do barramento 5 do CDC. Na figura 3.6 é ilustrada uma fotografia do painel do CAS.

3.2.5 – *Fuel Treatment Swichboord – FTS*

O painel FTS é destinado à alimentação e proteção dos periféricos envolvidos no tratamento, descarregamento e carregamento de óleo lubrificante e diesel, carregamento de borra e manuseio do óleo combustível HFO. Sendo o maior e um dos mais importantes centros de comando de motores instalados na UTE Areembepe, o bom funcionamento do FTS é de suma importância para a boa qualidade do combustível utilizado pelos motores. Este painel totaliza uma corrente de entrada de aproximadamente 1400 A provenientes do barramento 5 do CDC. Na figura 3.7 é ilustrada uma fotografia do painel do FTS.



Figura 3.6 – Painel do CAS



Figura 3.7 – Painel do FTS

3.2.6 – Unloading Oil System – UOS

O painel UOS é destinado à alimentação e proteção dos periféricos envolvidos no descarregamento e recirculação de Óleo HFO bem como da iluminação da área de descarregamento. No processo da usina, é o primeiro painel a ser acionado, pois está envolvido com o despejo de combustível nos tanques de armazenagem. Este painel totaliza uma corrente de entrada de aproximadamente 400 A provenientes do FTS. Na figura 3.8 é ilustrada uma fotografia do painel do UOS.



Figura 3.8 – Painel do UOS

3.2.7 – Painéis de Distribuição CA/CC

Na UTE Arembepe existem um total de 12 painéis de distribuição para iluminação, tomadas entre outras cargas, sendo 11 painéis de tensão em corrente alternada de 220 V entre fases e 1 painel de tensão em corrente alternada, com uma tensão de 125 Vcc. Na figura 3.9 é ilustrado um diagrama de blocos onde fica clara a hierarquia entre os painéis de baixa tensão da UTE Arembepe.

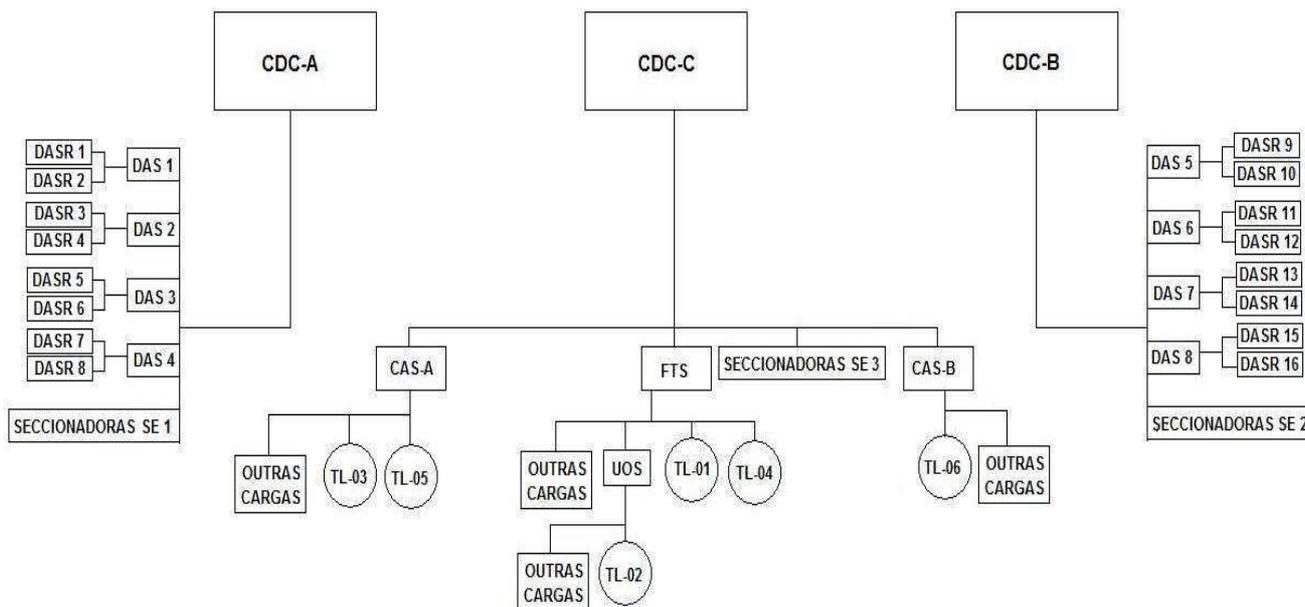


Figura 3.9 – Diagrama de blocos dos painéis de baixa tensão

3.3 – Painéis de Média Tensão

Os painéis de média tensão são na realidade conjuntos de manobra de barramentos de 6,6 kV tipo cubículo para o controle e a proteção de geradores, transformadores elevadores e transformadores para os serviços auxiliares de baixa tensão da UTE Arembepe.

As características gerais dos painéis de média tensão de 6,6 kV são: 3 fases, 60 Hz, com neutro aterrado do gerador através de resistor.

Os painéis foram fabricados pela TECNOQUADROS e possuem relés AREVA e disjuntores CUTLER-HUMMER. É através destes painéis que é realizada a interligação dos geradores aos barramentos de 6,6 kV bem como

do barramento com os enrolamentos primários dos transformadores elevadores e transformadores auxiliares.

3.4 – Painéis de Supervisão e controle da Casa de Força

O “cérebro” da termoelétrica encontra-se na sala de controle. Todos os parâmetros de cada um dos 64 grupos geradores são apresentados ao operador através dos Painéis de Supervisão e Controle da Casa de Força (Chamado de *Engine General Control Pannel*, ou simplesmente EGCP) por meio de uma tela *touchscreen* e dos RMS (*Remote Monitoring System*) 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. Na figura 3.9 é ilustrada uma fotografia do *software* supervisor do EGCP.

3.5 – Painéis de Supervisão e Controle da Subestação

Todo o controle e supervisão da proteção da Subestação 230 kV Arebbepe vem de um lugar chamado Casa de Relés. Neste lugar se encontra os painéis que contem os relés digitais da AREVA que controlam, protegem e coloca a subestação em rede, se comunicando dentro da UTE com a Casa de Força e externamente com o ONS.

3.6 – Grupo Gerador de Emergência

O Grupo gerador de emergência é composto de um motor diesel acoplado a um gerador síncrono, trifásico, 750 kVA, Tensão nominal de 480 V, com fator de potência 0,8 indutivo e refrigerado a ar. O Grupo gerador tem a finalidade de assumir automaticamente o fornecimento de energia caso o

fornecimento pela concessionária (No caso COELBA) seja perdido, entretanto este pode trabalhar em dois modos, um automático e o outro manual.

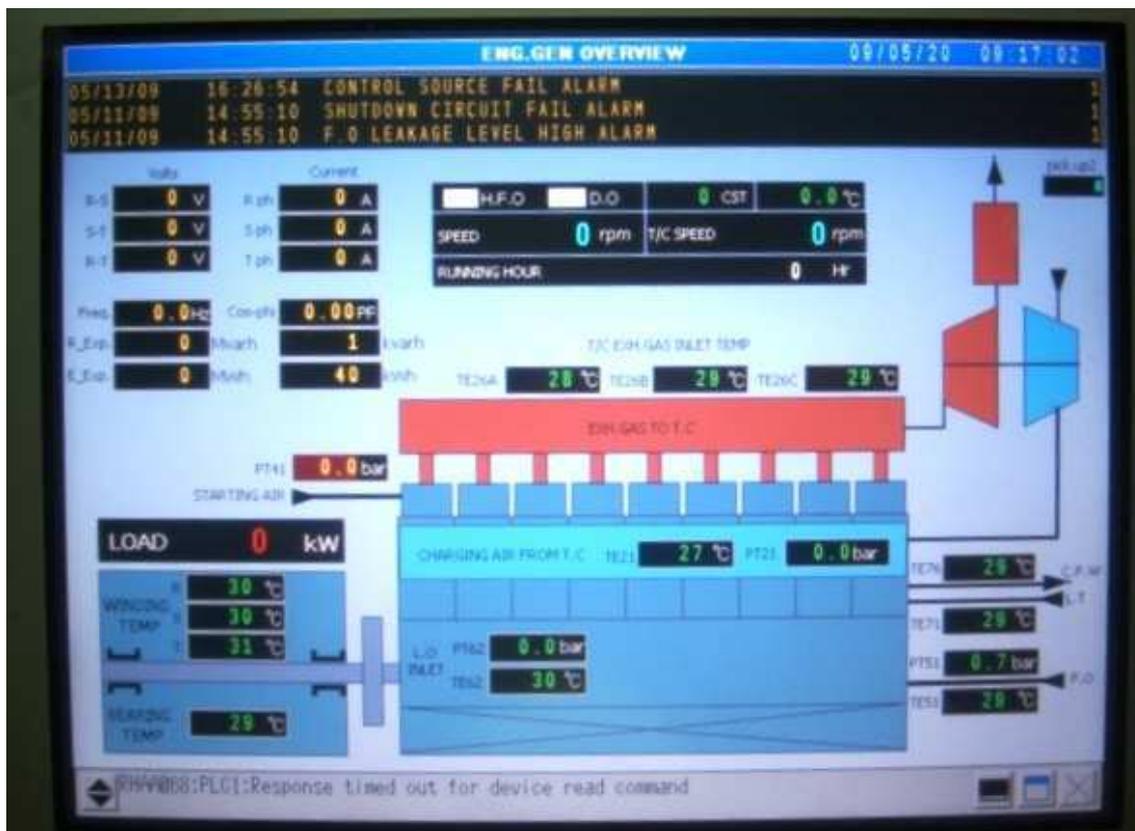


Figura 3.10 – Software supervisorio do EGCP

Partida automática

O grupo gerador é projetado para suprir as cargas emergenciais da UTE AREMBEPE na situação de queda do suprimento de energia no barramento de 480 V onde está conectado. Nesta ocasião, a atuação do relé de subtensão da barra de 480 V promoverá a energização de um rele auxiliar temporizador, instalado no painel de controle do grupo diesel, que, após temporização, comandará automaticamente a partida do Grupo Gerador, desde que a chave de seleção do modo de operação, também localizada no painel de controle, esteja previamente selecionada na posição “automático”. Este rele temporizador comanda inicialmente a abertura do disjuntor de interligação com a rede local, o que permite o fechamento automático do disjuntor do gerador sob barra “morta”. O fechamento do disjuntor do gerador é efetuado quando a potência disponível, a frequência e o módulo das tensões estiverem dentro dos padrões mínimos pré-estabelecidos, através do

dispositivo de sincronização automática, também localizado no painel de controle.

No retorno da tensão normal do sistema, o comando de abertura do disjuntor do gerador será dado observando-se a seguinte seqüência:

1. Inicialmente, ocorre o fechamento automático do disjuntor de interligação com a rede pela ação do dispositivo de sincronização automática, sendo promovido o paralelismo entre o gerador e a rede, após serem ajustadas a tensão e freqüência geradas com a tensão e freqüência do sistema.

2. Em seguida, automaticamente ocorre a redução da base de carga gerada, conforme previamente ajustado no dispositivo.

3. Finalmente, após a redução de carga do gerador, ocorre a parada programada da máquina, com abertura do disjuntor do gerador, também feita pela atuação do dispositivo.

Partida Manual

a) Em paralelo com o sistema

O Grupo Gerador fornece energia em paralelo com as fontes normais do barramento em que está conectado, sob determinadas condições de operação. Neste caso, em princípio, posiciona-se a chave de seleção do modo de operação na posição “manual”, o que acarretará a partida do grupo gerador. Sob tensão e freqüência nominal, o grupo gerador automaticamente entra em paralelo com a rede local, ainda operando em vazio. O fechamento do disjuntor do gerador é feito automaticamente pela atuação do dispositivo de sincronização, após serem ajustados a tensão e a freqüência geradas com a tensão e a freqüência do sistema. Em seguida, o operador pode ajustar a base de carga do gerador através da chave de controle correspondente. Nesta condição o gerador será controlado em fator de potência constante.

b) Em teste

O Grupo Gerador pode funcionar sob condição de teste, operando em vazio, com disjuntor do gerador aberto, podendo ser avaliados a partida, a parada e o controle de base de carga do gerador. A chave de seleção do modo

de operação deverá estar posicionada na posição “TESTE”, o que permitirá a partida do grupo gerador.

3.7 – Baterias e Carregador

O Sistema de Baterias é composto de um banco de baterias tipo chumbo ácida selada montada em estante metálica, tensão nominal 125 Vcc e capacidade nominal de 400 Ah, autonomia de 1 hora, tensão máxima consumidor de 137,5 Vcc, tensão mínima consumidor de 108,5 Vcc, quantidade de elementos igual a 62, tensão mínima de cada elemento de 1,75 Vcc e tensão de flutuação e recarga ajustadas conforme necessidade de operação de acordo com a recomendação do fabricante.

O Sistema Carregador de baterias tem as seguintes características; tensão de entrada 480 V, trifásico, 60 Hz, tensão de saída 125 Vcc, curto circuito na entrada de 40 kA, com características necessárias ao atendimento do conjunto de baterias e cargas associadas, corrente nominal do carregador de 350 A, corrente máxima consumidor 300 A, corrente consumidor mínima 240 A, corrente momentânea de pico de 526 A.

3.8 – Sistema de Circuito Fechado de Televisão

O sistema de Circuito Fechado de Televisão possui todos os equipamentos interligados em central de gravação de 480 imagens por segundo, com dois monitores para visualização das imagens captadas pelas câmeras, e possui joystick para seleção e operação das câmeras.

As câmeras foram instaladas em postes de concreto com altura mínima de 12 metros, com guarda-corpo e escada.

O projeto executivo deste Sistema Fechado de Televisão está em elaboração.

3.9 – Sistema de Alarme e Detecção de Incêndio

O sistema de Alarme e detecção de Incêndio é um sistema composto de uma central microprocessada, que faz a varredura contínua dos vários sensores de fumaça que estão distribuídos pela planta, acionando alarmes quando sinal de fumaça ou calor é detectado. As áreas monitoradas são:

- Prédio administrativo; oficina e almoxarifado, refeitório, sanitários / vestiários;
- Salas Elétricas
- Sala de Controle;
- Sala de Maquinas;
- Sala dos Radiadores;
- Casa de Reles;
- Casas das bombas de recebimento de óleo;
- Casa das bombas de Combate a Incêndio;
- Casa das bombas de transferência;
- Estação de tratamento de efluentes;
- Estação de tratamento de óleo combustível;
- Área da subestação;
- Área dos transformadores elevadores;
- Área da caldeira auxiliar;
- Área dos tanques de armazenagem de HFO;
- Área dos tanques de decantação, de serviço de HFO, de efluente / de borras, de óleo de lubrificação usado, de óleo de manutenção e de armazenagem de óleo de lubrificação. Área dos radiadores;

O sistema de Detecção, Alarme e Supervisão possui painel de monitoração, localizado na Sala de Controle. O sistema é interligado aos detectores e acionadores manuais. Os detectores são ligados no painel pertinentes a sua área.

O sistema de detecção é interligado com o sistema da brigada de incêndio.

A alimentação dos painéis do sistema de alarme é feita com 480 $V_{CA}/60$ HZ, possuindo um retificador, com uma saída em 24 V_{DC} para os detectores e acionadores manuais.

O painel alimenta os anunciadores sonoros e visuais em todas as áreas e endereçará os dispositivos (detectores), não necessitando de módulos de comando no campo. Os anunciadores sonoros e visuais são do tipo sirene

eletrônica de 87 a 93 dBA e flash de 75 candelas e os detectores de fumaça são do tipo óptico endereçáveis.

Detectores de Focos de Incêndio

Os detectores de focos de incêndio são os elementos responsáveis pela supervisão automática. Em caso de início de incêndio, independente de haver fumaça visível, entra em atuação fazendo alarmar o painel central de incêndio.

O alarme indicará o prédio e a sala afetada para a ação imediata da brigada de incêndio, permitindo deste modo o domínio do foco de incêndio ainda na fase inicial, evitando assim uma destruição maior de equipamentos e instalações. Os detectores possuem em seu corpo placas de identificação em aço inox 316 SS na parte inferior que determinarão seu endereço. Cada endereço deverá estar vinculado a uma inscrição que é mostrada no display da central de incêndio em caso de alarme ou anormalidade com o detector. Um *LED* incorporado ao detector sinaliza piscando aleatoriamente o seu funcionamento. Desta forma a manutenção periódica será facilitada, assim como o usuário poderá perceber a facilidade na operação do sistema sem a necessidade de colocar instrumentos de medição para aferição.

A condição de alarme é sinalizada com acendimento fixo do *LED* para indicar que um detector da área está atuado. Estes sensores têm a capacidades de diferenciar o acúmulo de poeira de um evento de incêndio, diminuindo os riscos de falsos alarmes.

Sinalizadores Audiovisuais

Os sinalizadores audiovisuais estão distribuídos nas áreas de forma a possibilitar pelo processo áudio - visual o alerta para o princípio de incêndio. Os sinalizadores audiovisuais são posicionados para ser acionados com objetivo individualizado ou setorizado do incêndio.

As lâmpadas utilizadas são do tipo XENON (tipo flash fotográfico) que garante a visualização no ambiente de qualquer lugar que a pessoa esteja.

O sinalizador audiovisual é do tipo endereçado e supervisionado através de módulos eletrônicos.

Acionadores Manuais Elétricos

Os acionadores manuais estão instalados estrategicamente junto às saídas nas áreas internas dos pavimentos em posição de fácil visualização para que em caso de incêndio ou situação de emergência, possa ser dado manualmente o alarme, deflagrando assim a ação da brigada de incêndio afim de que se inicie o combate imediatamente.

Os acionadores são do tipo alavanca, endereçáveis individualmente ou em grupo, permitindo desta forma a localização exata do acionador. O endereçamento deverá ser feito através de módulos eletrônicos.

A instalação deste Sistema de Monitoração Continua de Emissão de Gases para quatro (4) chaminés é imprescindível para que a planta seja liberada pelos órgãos ambientais competentes, para se iniciar a queima dos combustíveis necessários para geração de energia elétrica.

O sistema monitora a emissão de gases nas chaminés dos motores dos geradores 13, 29, 33 e 49. Será feito o monitoramento dos gases NO_x e SO_x. As sondas que fazem a aquisição das amostras são equipadas com um dispositivo automático de calibração e tem a capacidade de fornecer as seguintes funções:

- Aquisição dos sinais de saída analógica dos analisadores instalados;
- A aquisição e a codificação dos sinais de estado da planta (se operar, startup, parada a quente e a frio, manutenção, fora - de - serviço);
- Detecção de falha da sonda;
- Gerencia de procedimentos de calibração;
- Verificação, validação e elaboração das medições;
- Elaboração estatística dos dados (media em base semi-horária, horária, diária, semanal e anual);
- Gravação de dados;
- Geração dos relatórios a serem entregues as autoridades do controle, de acordo com suas exigências.

Capítulo 4 – Comissionamento dos Sistemas Elétricos da UTE – AREMBEPE

4.1 – Comissionamento dos Equipamentos de Baixa Tensão

O comissionamento em baixa tensão da UTE Arembepe consistiu basicamente em verificar as condições de operação dos cabos elétricos de força, dos motores elétricos ao longo da instalação da usina e, por fim, dos painéis elétricos CDC (Centro de Distribuição de Cargas) e dos CCM's (Centros de Controle de Motores). Desta forma, os tópicos a seguir se destinam a detalhar os procedimentos realizados.

4.2 – Comissionamento dos Cabos Elétricos de Força

O comissionamento dos cabos elétricos de força de baixa tensão foi realizado em duas etapas. Inicialmente foi realizado o teste de continuidade e em seguida o teste de resistência de isolamento. Tais procedimentos se fazem necessários para que não ocorra um funcionamento indesejado dos equipamentos interligados por meio dos cabos em questão. Na seqüência é feita uma descrição destes testes.

4.2.1 – Teste de Continuidade

No teste de continuidade são verificados os pontos em que os cabos se encontram conectados. Em geral, o volume de cabos elétricos numa usina é muito grande. Além de diversos equipamentos a serem interligados, muitas vezes são utilizados mais de um cabo por fase de forma que a quantidade de condutores elétricos aumenta mais ainda, facilitando a ocorrência de erros de conexões. Outro fator agravante é que muitos dos cabos são longos e têm suas extremidades conectadas em pontos bastante distantes.

Desta forma, o teste de continuidade é um teste realizado com o auxílio de um simples multímetro. Qualquer multímetro de boa qualidade possui uma opção em que é emitido um sinal sonoro em caso de curto-circuito, ou seja, em casos nos quais a resistência entre as duas pontas de prova é aproximadamente nula. Na figura 4.1 é ilustrada uma fotografia com destaque para a opção de teste de continuidade.



Figura 4.1 – Multimetro na opção de teste sonoro para verificação de continuidade

Para verificar a continuidade de um cabo elétrico, basta selecionar a opção de aviso sonoro do multímetro, e unir as pontas de prova cada uma em uma extremidade do cabo. Caso o sinal sonoro não seja emitido, ou estão se tomando extremidade de cabos diferentes ou então o cabo elétrico está rompido.

Na UTE Areembepe, a grande maioria dos cabos testados tinha comprimento considerável de forma que foi necessário assumir um ponto comum entre uma das extremidades do cabo e uma das pontas de prova. Este ponto foi à **malha de terra**.

A malha de terra é comum para toda a usina de forma que, para verificar a continuidade de cabos elétricos longos, conectou-se uma das extremidades do cabo em um ponto aterrado e, na outra extremidade, uniu-se uma das pontas de prova. Em seguida, a outra ponta de prova foi conectada num outro ponto aterrado. Desta forma, a continuidade era garantida através da malha de terra. Para facilitar a compreensão, na figura 4.2 é ilustrado um desenho da montagem para testes de continuidade.

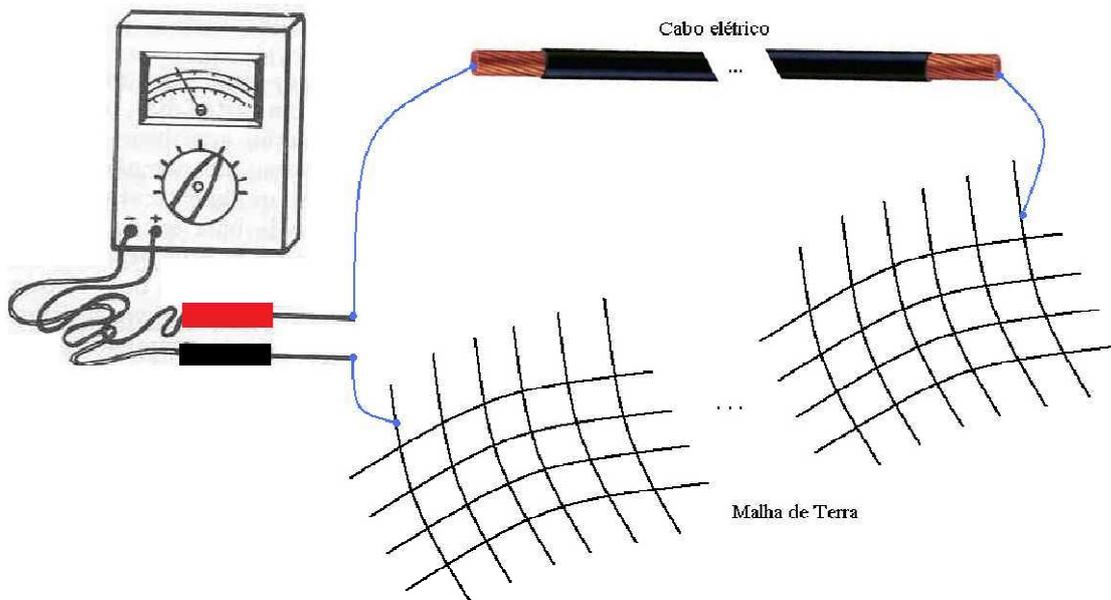


Figura 4.2 – Método utilizado para teste de continuidade em cabos elétricos na UTE Areembepe

Foi realizado um resumo dos resultados dos testes de continuidade obtidos. Este resumo é apresentado no quadro 4.1.

4.2.2 – Teste de resistência de Isolação

Os cabos elétricos são dimensionados para suportar correntes nominais e níveis de tensão propostas no projeto da instalação em questão. Porém, em diversos casos, são inevitáveis sobretensões ocasionadas por distúrbios ao longo da instalação elétrica na qual os cabos estão sendo utilizados. Dependendo do nível da sobretensão é possível que o isolamento dos cabos não suporte tal distúrbio e permita a passagem de corrente entre os condutores. Esta condução promoveria a aparição de um efeito capacitivo entre os cabos bem como a passagem de corrente entre os mesmos, o que significaria uma espécie de falta entre duas fases do sistema. Em operação, são verificadas duas correntes de fuga entre os cabos: a **corrente condutiva** (corrente de fuga entre os condutores) e, por causa do efeito capacitivo entre os condutores, a **corrente capacitiva**. A soma dessas correntes resulta na corrente total que circula através do meio isolante (geralmente ar + isolamento dos cabos) a qual pode provocar diversos danos ao sistema em questão em casos de falha do isolamento dos cabos. Nas figuras 4.3 e 4.4, são ilustradas as possíveis correntes de fuga condutiva e capacitiva, respectivamente.

Quadro 4.1 – Resumo dos Testes de Continuidade

Tipo de Teste	- Teste de Continuidade
Equipamento Utilizado	- Multímetro Digital e Fios Auxiliares
Cabos Verificados	- Alimentadores dos TSA's; - Alimentadores dos DAS's; - Alimentadores dos DASR's; - Alimentadores do FTS; - Alimentadores do UOS; - Alimentadores do CAS; - Motores elétricos em Geral; - Painéis elétricos auxiliares.
Duração dos Testes	2 meses
Problemas Verificados	- Alimentadores trocados entre o TSA1 e TSA3; - Alimentadores trocados entre DAS5 e DAS6; - Painel CAS com barramento terra não interligado à malha. - Radiadores interligados aos DASR's não aterrados.

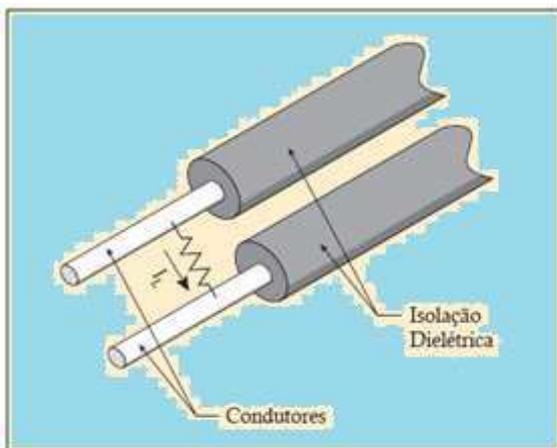


Figura 4.3 – Corrente Condutiva

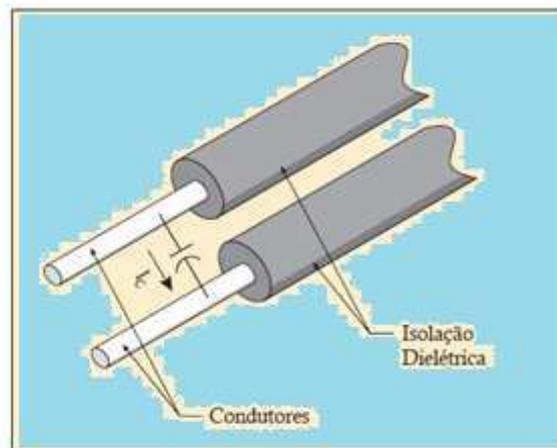


Figura 4.4 – Corrente Capacitiva

Na UTE Areembepe foram acompanhados os testes de resistência de isolamento dos cabos elétricos em baixa tensão ao longo de 2 meses. Estes testes foram realizados em paralelo com os testes de continuidade com o objetivo de evitar a manipulação dos cabos por mais de uma vez. O teste seguiu a norma especificada nos próprios cabos. Em baixa tensão, os cabos consideravam a norma ABNT NBR 7286 (impressa no cabo) e a IEC 60502-2 as quais especificam várias condições para teste de resistência de isolamento. Dentre as condições estipuladas pelas normas são verificados os níveis de tensão a serem aplicados, os quais dependem do nível de isolamento do cabo e, por fim, mencionavam o tempo de aplicação da tensão. O instrumento utilizado no teste de resistência de isolamento de cabos elétricos em baixa tensão é o **megômetro**.

O Megômetro é um instrumento usado para executar testes de isolamento utilizando um princípio de funcionamento que consiste em gerar e aplicar uma tensão contínua sobre os terminais do equipamento ou dispositivo em análise. Podendo variar de 500 V até 15000 V, o megômetro toma a tensão aplicada, realiza a leitura da corrente de fuga e, por fim, fornece valores de resistência de isolamento. Então, pode-se dizer que o megômetro mede valores elevados de resistências elétricas os quais o ohmímetro convencional não conseguiria medir. Ao contrário do multímetro com escala de ohmímetro que utiliza apenas uma pilha de 9 V, o megômetro produz uma alta tensão para vencer a grande resistência do componente (resistência de isolamento) e, então, determinar pela corrente produzida o quanto vale a resistência de isolamento medida.

A regra geral utilizada nos para avaliar o nível mínimo desta isolamento seguiu a relação matemática explicitada a seguir:

$$R_{\text{isolação}} = 1\text{MegaOHM} + \text{Tensão de operação (Volt)} \times 1\text{KOHMs/Volt} \quad (1)$$

Considerando que os cabos em análise eram alimentados a 480 Vca, obteve-se que a resistência mínima era de 1,480 MΩ. Portanto, durante os testes, foi verificada a resistência de isolamento entre fases e entre fases e neutro (terra) de forma que, através do megômetro, foram anotados os valores, em ohms (Ω), da resistência de isolamento. Na figura 4.5 é ilustrada a montagem do teste em questão com tensão aplicada entre fases.

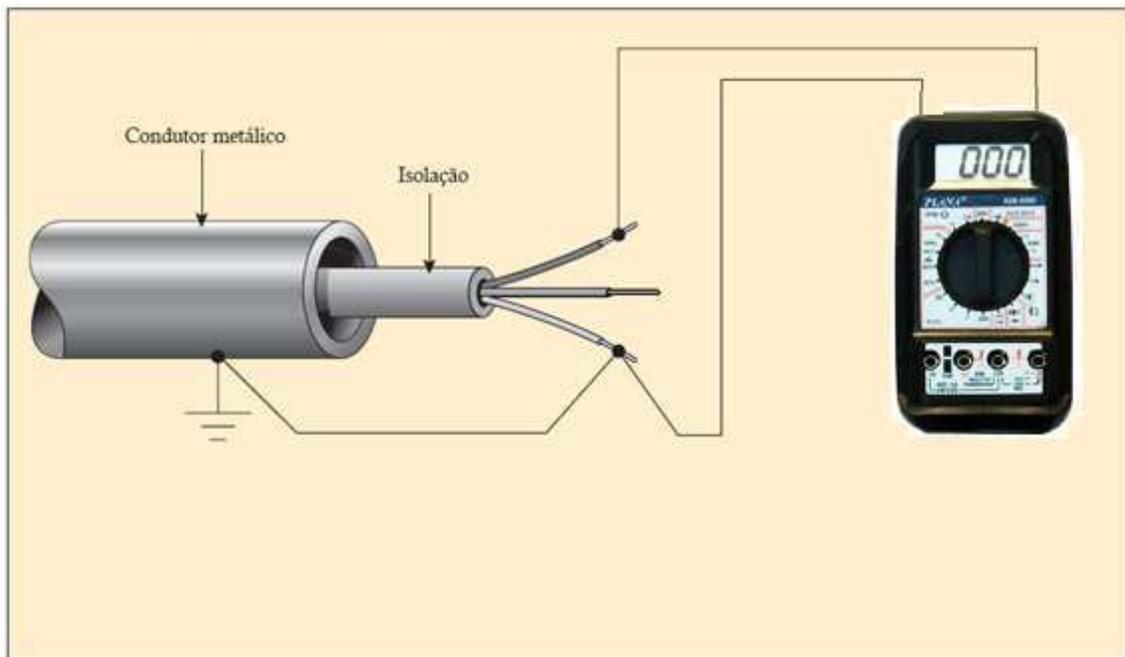


Figura 4.5 – Método utilizado para teste de isolamento entre fases

Uma forte preocupação ao longo destes testes foi referente à precisão dos equipamentos utilizados, uma vez que foram detectados megômetros com certificados de calibração vencidos. Sendo assim, no intuito de obter valores condizentes com a condição real do isolamento dos condutores, foi solicitada a calibração ou troca do equipamento. Providenciado um novo megômetro, foram refeitos os testes já realizados e foi dada continuação às verificações dos demais cabos. Na figura 4.6 é ilustrado uma fotografia com os selos de validade da calibração dos megômetros mencionados.



Figura 4.6 – Megometro com calibração vencida



Figura 4.7 – Megometro com calibração normalizada

Ao final dos testes de resistência de isolação foram obtidos resultados satisfatórios. Um resumo dos resultados é apresentado no quadro 4.2.

Quadro 4.2 – Testes de resistência de isolação do cabos elétricos

Tipo de teste	Teste de resistência de isolação.
Norma ABNT	NBR 7286
Equipamentos Utilizados	- Megômetro.
Cabos Verificados	- Alimentadores dos TSA's; - Alimentadores dos DAS's; - Alimentadores dos DASR's; - Alimentadores do FTS; - Alimentadores do UOS; - Alimentadores do CAS; - Alimentadores de Motores elétricos em Geral;
Duração dos testes	2 meses.
Problemas verificados	- Nenhum problema foi verificado

4.3 – Comissionamento dos Motores Elétricos

O comissionamento dos motores elétricos de baixa tensão teve como objetivo verificar o sentido de giro, a ligação dos terminais, a ligação do aterramento e dos disjuntores alimentadores.

4.3.1 – Sentido de Giro e Ligação dos Motores

Como se sabe, o sentido de giro dos motores elétricos tem influencia direta no funcionamento dos processos em que estão envolvidos. No caso da UTE Arembepe, os sentidos de giro dos motores não podem apresentar erros uma vez que fluxos de combustível, água, dejetos, entre outros fluidos dependem do correto sentido de giro assumido pelos rotores dos motores. Da teoria de sistemas elétricos, sabe-se que o sentido de giro de um motor elétrico de corrente alternada depende da seqüência assumida pela alimentação das bobinas do estator do equipamento, ou seja, o giro de um motor elétrico alimentado com tensões na seqüência ABC é o contrário do sentido assumido por um sob seqüência CBA (Figura 4.8).

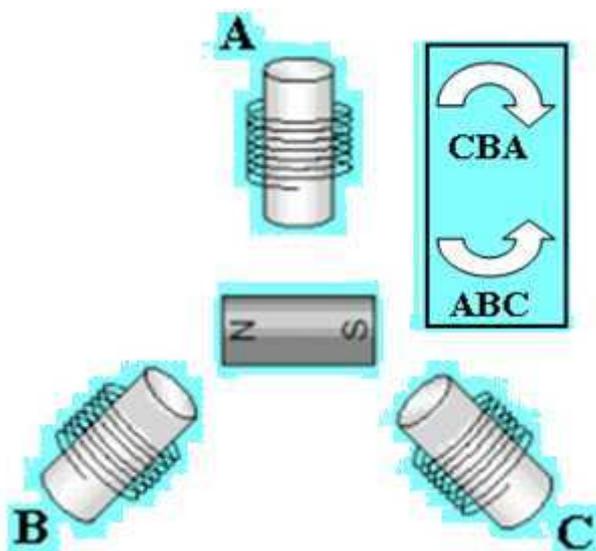


Figura 4.8 – Sentido do giro do motor em função das seqüências de fase

Esta diferença entre os giros é proveniente do sentido assumido pelo campo girante do estator. A seqüência adotada influencia diretamente na ordem de energização das bobinas fixas e, conseqüentemente, no comportamento do rotor do motor em questão.

Outro fator considerado nos testes dos motores é a ligação interna dos mesmos. Muitos dos motores dão a opção de diferentes ligações internas e, conseqüentemente, os valores nominais de tensão e corrente nominais são modificados. Na figura 4.9 é ilustrada uma fotografia da placa de m motores da UTE Arembepe que informa as possíveis ligações para diferentes níveis de tensão.

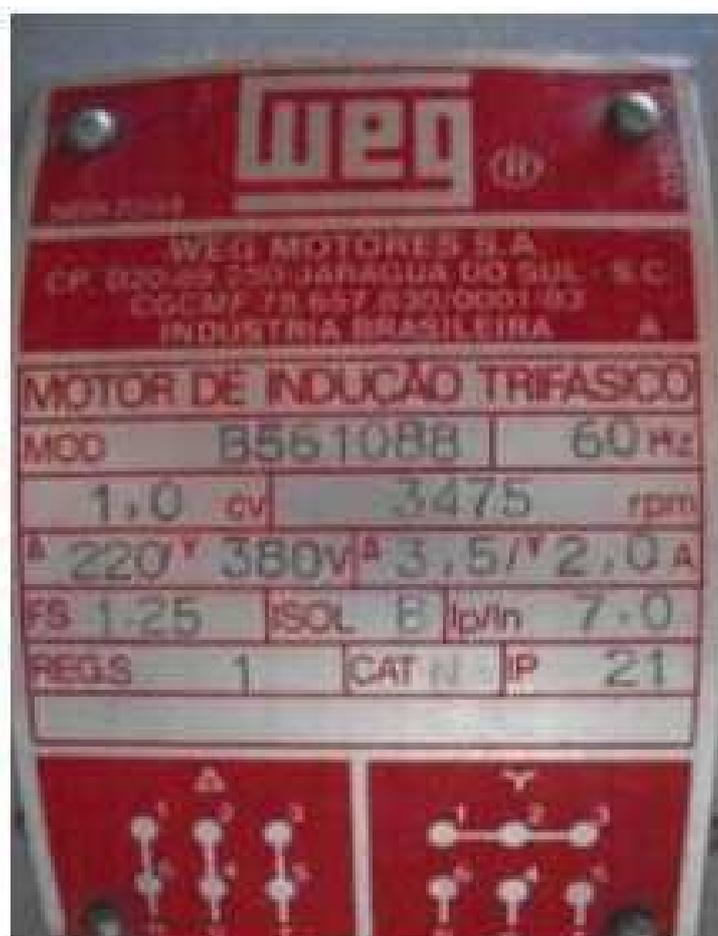


Figura 4.9 – Placa de ligação

Portanto, nesta etapa do comissionamento, foram testados quase todos os motores da UTE Arembepe de forma que, na ocorrência de erros de sentido ou ligação interna, as correções eram imediatamente realizadas. As correções dos sentidos de giro foram feita através da simples inversão entre duas fases, procedimento este que é suficiente para corrigir o problema.



Figura 4.10 – Verificação do sentido de rotação dos motores

A partir dos dados dos testes pode-se organizar um resumo do resultado obtido. Este resumo é apresentado no quadro 4.3.

Quadro 4.3 – Teste do sentido do giro dos motores

Tipo de teste	Teste de sentido de giro dos motores elétricos
Equipamentos Utilizados	- Nenhum.
Procedimento	- Energizar o motor e verificar, visualmente, o sentido de giro do mesmo. - Verificar a ligação interna dos motores, adequando os mesmos para uma tensão aproximada de 480 Vca.
Motores Verificados	- Motores interligados aos DAS's; - Radiadores dos DASR's; - Motores interligados aos FTS; - Motores interligados aos UOS; - Motores interligados aos CAS;
Duração dos testes	15 dias.
Problemas verificados	- Inversão de sentido de giro em radiadores nos DASR's 1,2 e 4; - Ligações internas erradas para tensão de 380Vca em equipamentos interligados ao FTS.

4.3.2 – Aterramento

Segundo as normas ABNT NBR 5410 e ABNT NBR 5419 que fixam as condições a que devem satisfazer as instalações elétricas em baixa tensão e estabelecem condições para proteção de equipamentos contra descargas atmosféricas, todas as estruturas metálicas e equipamentos devem ser aterrados. Desta forma, percebendo a necessidade da realização do aterramento tanto interno como das carcaças dos motores elétricos, foram listadas as pendências de aterramentos e em seguida solicitadas as correções. Na figura 4.11 é ilustrada uma fotografia dos motores que inicialmente não apresentava aterramento e, logo em seguida, foi adequado às normas supracitadas.



Figura 4.11 – Correção do aterramento dos motores

4.3.3 – Disjuntores Alimentadores

A última etapa do comissionamento dos motores elétricos em baixa tensão visou à adequação dos disjuntores alimentadores dos motores elétricos instalados na UTE Arembepe. Ao longo da construção da usina, cargas foram modificadas fazendo necessária a troca dos respectivos disjuntores alimentadores uma vez que os valores nominais dos equipamentos também foram modificados. A partir deste problema, foi realizado um levantamento dos valores de placa de todos os equipamentos elétricos da usina e, em seguida, os valores nominais das cargas foram confrontados com os valores dos disjuntores instalados de forma que se tornou possível ter a noção exata dos que deveriam ser trocados. De fato, mesmo com a troca, alguns disjuntores

apresentaram desarmes o que foi verificado ao longo de testes envolvendo os motores elétricos. De fato, a corrente de pico na partida dos motores estava assumindo valores maiores do que os permitidos pelos disjuntores de forma que se fez necessário um novo levantamento dos disjuntores que apresentavam um valor de sobrecorrente admissível menor que 30% da corrente nominal da carga. Em geral esta “folga” de corrente é considerada devido ao comportamento transitório da corrente na partida de motores elétricos de maior porte. Então, em posse das listas mencionadas, foi solicitada a troca dos disjuntores inadequados. A partir dos dados do levantamento pode-se organizar um resumo do resultado obtido. Este resumo é apresentado no quadro 4.4.

Quadro 4.4 – Adequação dos Disjuntores Alimentadores

Tipo de teste	Verificação dos valores nominais dos disjuntores alimentadores.
Procedimento	- Comparar os valores nominais dos disjuntores com os valores nominais das respectivas cargas alimentadas.
Duração dos testes	15 dias.
Problemas verificados	- 50 disjuntores subdimensionados; - 10 disjuntores com sobrecorrente admissível abaixo de 30%.

4.4 – Comissionamento dos Painéis Elétricos

O comissionamento dos painéis elétricos teve como objetivo a verificação e adequação da instalação das gavetas, da sinalização e dos circuitos de comando dos painéis. Para tanto, eram verificados os contatos do contator de cada gaveta, era avaliada a montagem da gaveta (alinhamento, limpeza, dispositivos de encaixe, portas) e, por fim, as cargas eram energizadas a partir do painel para verificar o funcionamento do circuito de comando. Na figura 4.12 é ilustrada uma fotografia dos procedimentos utilizados no comissionamento dos painéis elétricos.



Figura 4.12 – Comissionamento das gavetas dos painéis de Baixa tensão .

Terminados os testes, foram verificados alguns problemas em acionamentos de cargas (circuitos de comando), alguns problemas de sinalização (ligado/desligado) bem como de gavetas que apresentavam alinhamento danificado evitando o encaixe adequado da porta e dispositivos internos. Estes problemas, aos poucos foram corrigidos uma vez que demandavam maior tempo para manutenção. Sendo assim, de acordo com as prioridades estabelecidas pela empreiteira e pela fiscalização, os problemas eram corrigidos e, então, novos testes eram realizados no respectivo painel corrigido.

Capítulo 5 – Considerações finais

5.1 – Conclusões

Pode-se comprovar ao longo do estagio que a realização do processo de comissionamento dos sistemas elétricos e equipamentos instalados na usina termelétrica de Arembepe é de extrema necessidade. Averiguar a conformidade do funcionamento destes equipamentos é de fundamental importância para partida da Usina, pois diminui a possibilidade de defeitos durante o funcionamento e até mesmo de possíveis acidentes, devido a curtos-circuitos, motores com rotação invertida etc.

Estagiar em uma empresa de fiscalização durante o processo de comissionamento foi de extrema importância para consolidar os conhecimentos teóricos com a vivência prática e até mesmo conhecer outros conceitos.

Durante os testes de comissionamento foram encontrados vários problemas, que foram imediatamente corrigidos. Estas correções são extremamente necessárias, pois sem as mesmas, além da geração de energia ser de baixa qualidade existe a possibilidade de pane durante o processo de operação o que acarreta prejuízos econômicos gigantescos para usina.

Para finalizar agradecemos mais uma vez aos engenheiros Humberto de Novaes e Waldez Azevedo pela oportunidade deste estágio de tão grande importância coroar a formação acadêmica de um estudante de engenharia elétrica. Também agradecemos a Sra. Áurea de Novaes por tudo que foi feito ao longo do estágio para nos ajudar, ao professor Dr. Raimundo Carlos Silvério Freire pelo apoio na ida para a termelétrica e a todos aqueles que de alguma forma ajudaram na realização deste estágio.

Referencias Bibliográficas

FILHO, João Mamede. Manual de Equipamentos Elétricos. Volume 1. 2ª Edição. Livros Técnicos e Científicos Editora. Rio de Janeiro, 1994.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5380: Transformador de Potência – Método de Ensaio. Maio de 1993.

MEGGER. Operating Instructions – Major MEGGER Tester. 3rd Edition. England.

KINDERMANN, G. *Aterramento Elétrico*, Ed. Sagra Luzatto, 2002.

KINDERMANN, G. *Proteção Contra DESCARGAS ATMOSFÉRICAS em estruturas edificadas*, 3ª Edição, Ed. LabPlan, 1992.

KINDERMANN, G. *Proteção de Sistemas Elétricos de Potência*, Volume 2, Ed. LabPlan, 2006.

EFACEC & BC Projetos, Especificação Técnica UTE Arembepe, Sistema de Proteção e Controle.

EFACEC & BC Projetos, Especificação Técnica UTE Arembepe, Bateria e Carregador.

EFACEC & BC Projetos, Especificação Técnica UTE Arembepe, Painéis de Distribuição CA/CC.

EFACEC & BC Projetos, Especificação Técnica UTE Arembepe, Reatores Limitadores de Corrente.

EFACEC & BC Projetos, Especificação Técnica UTE Arembepe, Cubículos 6,6kV.

EFACEC & BC Projetos, Especificação Técnica UTE Arembepe, Transformadores de serviços auxiliares.

EFACEC & BC Projetos, Especificação Técnica UTE Arembepe, Centro de Distribuição de Cargas (CDC) e Centros de Controle de Motores (CCM) de 480V.