

Universidade Federal da Paraíba

Centro de Ciências e Tecnologia

Deptº. Eng. Mecânica

PROGRAMA DE INTEGRAÇÃO
UNIVERSIDADE / EMPRESA
CURSO SUPERVISIONADO

Assunto: RELATÓRIO "ESTÁGIO"

Coordenador: JOSÉ DA SILVA QUIRINO

Orientador : Eng.s do SOMM

Aluno : DIOMEDES VICTOR N. FILHO

MATRICULA : 792 1147/9

Campina Grande, de Outubro

Ilmº Sr.

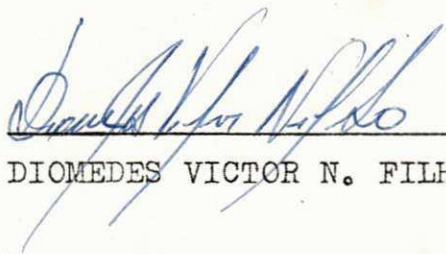
Coordenador de Estágio Supervisionado

Prof. José da Silva Quirino

Local:

Ilmº Sr Coordenador de Estágio Supervisio-
nado, estou enviando a Vª.Sª.O relatório do estágio supervisio-
nado, que foi realizado por minha pessoa no periodo de 22 de Ju-
lho de 1983 a 20 de Agosto de 1983 na campanha Hidro Elétrica
do São Francisco (CHESF), Sob sua coordenação e com orientação
dos engenheiros do SOMM (Manutenção Mecânica das Usinas).

Atenciosamente.



DIOMEDES VICTOR N. FILHO



Biblioteca Setorial do CDSA. Abril de 2021.

Sumé - PB

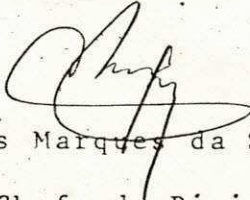


COMPANHIA HIDROELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO

DECLARAÇÃO

Declaro para os devidos fins que o Sr. DIOMEDES VICTOR
NASCIMENTO FILHO estudante de engenharia
MECÂNICA, estagiou na Gerência
Regional de Operação de Paulo Afonso - GOP no período de
22.07.83 a 20.08.83

Recife, 01 setembro de 1983


Cloves Marques da Silva
Engº Chefe da Divisão de
Desenvolvimento de Pessoal



AGRADECIMENTO:

"Quero agradecer a todos aqueles que de uma maneira direta ou indiretamente me deram apoio e coragem nesta batalha ardua que hoje chega ao seu final, e saio vitorioso."

DEDICADO A:

"Minha mãe e familiares que durante longos anos de luta sempre deram-me apoio, estímulo e coragem necessaria para esta conquista"

COLABORAÇÃO:

"Departamento Coordenação de Engenharia Mecânica-UFPB Campanha Hidro Elétrica do São Francisco, Através de seus funcionários."

ÍNDICE

.INTRODUÇÃO

.HISTÓRICO

.ESTRUTURA PROGRAMÁTICA DO SOMM

.DESENVOLVIMENTO.

1-Características de Componentes de Usinas da CHESF.

1.1-Caixa Espiral.

1.2-Pré-Distribuidor.

1.3-Mecanismo Distribuidor.

1.3.1-Aletas Ajustáveis.

1.3.2-Manivelas, Bieletes e Pinos de Cizalhamento.

1.3.3-Anel Distribuidor.

1.3.4-Servomotor.

1.4-Tampa da Turbina.

1.5-Aro de Saida.

1.6-Tubo de Sucção.

1.7-Vedador do Eixo.

1.8-Eixos ou Árvores.

1.9-Mancais.

1.10-Rotor Francis.

1.11-Rotor Kaplan.

2-Generalidades Sobre Turbinas.

2.1-Características do Grupo

2.1.1-Turbina

2.2-Instruções de Manutenções Mecânicas.

2.2.1-Mancal Guia

2.2.2-Rotor.

2.2.3-Mecanismo Distribuidor.

2.2.4-Pré-Distribuidor.

2.2.5-Caixa Espiral.

3-Generalidades Sobre Gerador.

3.1-Características do Grupo

3.1.1-Gerador.

3.2-Instruções de Manutenções Mecânica.

3.2.1-Sistema de Resfriamento do Ar.

3.2.2-Rotor/Estator/Eixo

3.2.3-Sistema de Lavantamento de Frenagem

4-Instruções de Testes e Medições.

4.1-Verificação de Cavitação no Rotor da Turbina.

4.2-Verificação de Trincas no Rotor da Turbina.

4.3-Verificação da Espessura útil da lonas de freio.

5-Instrução de Manutenção

5.1-Reparo das áreas cavitadas em Rotores de turbinas Francis

5.2-Reparo das áreas trincadas em Rotores de turbinas Francis

6-Conclusão

7-Bibliografia.

INTRODUÇÃO

Assim como foi elaborado, o presente relatório tenta exprimir de um maneira clara e objetiva o complexo sistema de operação de manutenção das máquinas da Usina de Paulo Afonso III fornecendo detalhes técnicos e procedimentos na área em que realizou-se o estágio.

Foram desenvolvidas atividades em diversas áreas, acompanhando as paradas e manutenção de máquinas de alguma das usinas. Dentro deste destaca-se a parada e manutenção da máquina 04 da Usina de Paulo Afonso III, realizado pelo SOMM (SERVIÇO DE MANUTENÇÃO DE MÁQUINA); Seguindo um plano de trabalho já programado.

O relatório foi dividido em duas partes, a 1ª parte refere-se sobre o que é o SOMM, suas atividades, e a situação atual dos planos de manutenção por ele executado (Estrutura Programática), a 2ª parte refere-se ao desenvolvimento que nos enfoca um relato sobre as características de Componentes de Usinas da CHESF, generalidades sobre turbina e gerador instruções de teste e medição e instrução de manutenção.

HISTÓRICO

Criada inicialmente para aproveitar os recursos hidraúli-
cos da cachoeira de Paulo Afonso, no local do mesmo nome, na
confluência dos Estados da Bahia, Alagoas e Pernambuco em
pleno sertão nordestino, a Companhia Hidro Elétrica do São Francisco-CHESF assumiu, aos poucos, a responsabilidade da
execução da política eletro-energética do governo federal
numa área de mais de 1,5 milhões de Km², atendendo a cerca
de 35 milhões de brasileiros e ao surto de desenvolvimento
que se implanta no Nordeste.

Para servir a uma área geográfica de tais dimensões,
a CHESF instalou mais de 11 mil quilômetros de linhas de tras-
missão, cortando caatingas e passando ao lado de grandes ci-
dades, onde entrega energia que se transformará em processo
de bem estar, fruto do trabalho de mais de 11 mil empregados
em vários pontos da região.

Iniciando efetivamente suas atividades em dezembro de
1.954, quando entraram em operação as duas primeiras máquinas
de 60 mil KW da Usina Paulo Afonso I, obra de cuja execução
alguns duvidavam, a CHESF logo verificou a necessidade de am-
pliar seu sistema; Dessa forma, em 1.961 dava início a primei-
ra unidade geradora da Usina II. Terminada a instalação das
seis unidades da Usina II, necessário se fazia dar um salto
maior: Paulo Afonso III já planejada, era hora de construí-la

Enquanto construía aquela que seria a maior usina do
sistema, a CHESF programava, paralelamente obras capazes de
regularizar em definitivo a vazão do São Francisco.

Foi construída primeiramente a barragem de Moxotó, onde
também foi instalada uma casa de máquinas. A obra teve dupla
finalidade: promover a regularização plurissemanal da descarga
do rio, na Bacia de Paulo Afonso e gerar 440 mil quilowatts
de energia elétrica.

Pequenos aproveitamentos energéticos existentes no Nor-
deste foram utilizados pela Companhia. Dessa forma, a CHESF
tem integrado ao seu sistema de geração hidraúlica as usinas
de Funil, com capacidade de 30 mil KW; pedra com capacidade de

23 mil KW; Bananeiras com capacidade de 9 mil KW; Araras com capacidade de 4 mil KW; e Coremas, com capacidade de 3.520 KW.

O sistema atual completa-se com as usinas termelétrica localizadas em Salvador, Recife, e São Luis. Estas Usinas devido ao seu custo operacional, foram planejadas para funcionar como reserva do sistema, entrando em operação, apenas, no caso de emergências.

ESTRUTURA PROGRAMÁTICA

EP.1-Apresentação do Serviço:

1.1- Atribuições Do SOMM.

Manutenção das Máquinas principais das Usinas' do Complexo Paulo Afonso/Apolônio Sales (Moxotó)

1.2- Equipamentos/Atividades de Sua Responsabilidade.

1.2.1- Equipamentos:

Turbina

Gerador

Regulador de Velocidade

Bombas

Compressores.

1.2.2- Atividades.

Manutenção Preventiva

Manutenção Corretiva

Programa Semanal de Manutenção Preventiva (PSMP)

Programa Semanal de Lubrificação (PSL)

Planejamento de Estoques de Materiais.

Programa de Grandes Revisões.

Analises de Vibrações

Programa de Parada de Máquinas.

EP.2-Apresentação Do Complexo Paulo Afonso/Apolônio Sales

2.1- Usinas que Compõem o Complexo.

Paulo Afonso I

Paulo Afonso II

Paulo Afonso III

Paulo Afonso IV

Apolônio Sales (Moxotó)

2.2- Constituintes Básicas de Cada Usina

Tomada D'água

Extravasores

Adutor/Caixa espiral.

Turbina

Gerador

Regulador de Velocidade

Sistema de esgotamento e drenagem.
 Sistema de Ar comprimido Sucção/
 descarga
 Sistema de proteção contra incêndio

EP.3- Apresentação do Plano de Manutenção

3.1- Conceitos Básicos.

Falha - O término da habilidade de um equipamento para desempenhar sua função requerida

Defeito- É toda alteração física ou química no estado do equipamento que não chega a causar o término de sua habilidade.

Man.Preventiva- É todo serviço de inspeção, controle, conservação e restauração de um equipamento, executado com a finalidade de prevenir, detectar ou eliminar defeitos visando evitar as falhas.

Man.Corretiva- É todo serviço de reparo em um equipamento com falha.

3.2- Instrumento do Plano de Manutenção

Guia de Inspeção (G.I)

Guia de Manutenção (G.M)

Folha de Instrução de Lubrificação (F.I.L)

Instrução técnica de Manutenção (I.T.M)

Relatório de Man.Preventiva (R.M.P)

Relatório de Man.Corretiva (R.M.C)

3.3- Plano de Manutenção de Usinas (PLAMUS)

3.3.1- Atividades de manutenção

I -INTRODUÇÃO

O dia a dia de todo órgão de execução de manutenção é caracterizado por uma série de atividades exercidas direto ou indiretamente sobre o sistema físico.

Como direta destacamos execução de manutenção/Inspeção, prevista ou imprevista, exercidas no equipamentos.

Como indireta destacamos, entre outras, aquelas atividades de:

- Elaboração de Programa de trabalho.
- Requisição de Material
- Organização de Depósitos
- Treinamento de Equipes
- Apoio a outras órgãos.

II -Situação Atual

Atualmente existem as seguintes atividades:

II.1 -Manutenção Corretiva:

É todo serviço de reparo em equipamento, obra ou instalação com falha.

II.1.1 -Corretiva de Emergência:

É a manutenção corretiva que tem que ser executada imediatamente após a ocorrência da falha.

II.2 Manutenção Preventiva:

É todo serviço de inspeção, controle, conservação e restauração de equipamentos, obras ou instalações, executado com a finalidade de prever, detectar ou corrigir defeitos, visando evitar falhas.

II.2.1- Preventiva Sistemática:

Manutenção preventiva que acarreta a indisponibilidade do equipamento, obra ou instalação.

II.2.2- Preventiva de Rotina:

Manutenção preventiva que não acarreta a indisponibilidade do equipamento, obra ou instalação.

II.3- Lubrificação:

Atividade de complementação, substituição e tratamento, de equipamentos de usinas e de barragens.

II.4- Ampliações/Reformas:

Trabalhos de ampliações e/ou otimizações efetuadas em equipamentos e instalações de usinas e de barragens.

II.5- Ensaios/Testes:

Trabalhos de ensaios e testes realizados em equipamentos de usinas e de barragens.

II.6- Treinamento Interno:

Programa de treinamento desenvolvido pelo próprio órgão de manutenção, visando o desenvolvimento das equipes.

II.7- Serviço de Apoio:

Trabalhos executados e supervisionados por uma determinada equipe, sendo do mesmo, atribuições de uma outra equipe da usina ou fora dela.

3.4- PROGRAMA DE GRANDES REVISÕES EM MÁQUINAS:

É um instrumento que se propõe a fornecer elementos às gerências regionais para executarem plurianualmente atividades de inspeção, substituição, reparo, ajustes, lubrificação, ensaios e/ou corretiva de porte, da maneira mais eficiente possível.

Dependendo da natureza dos trabalhos a serem executados a máquina pode ser total ou parcialmente desmontada durante as revisões.

3.5- PROGRAMA DE PARADA DE MÁQUINAS:

Distribue as paradas das máquinas seguindo uma sequência e duração pré-estabelecida.

PA. I

Casa De Máquinas

Tipo-Subterrâneo

Comprimento-60 m

Largura- 15 m

Altura- 31 m

Turbinas

Tipo-Francis

Nº de Unid. 3

Queda útil - 84 m

Rotações- 200rpm

Potência- 83.000 Hp

Geradores

Potência Unitaria- 60 mw

tensão -13,8 kv

Frequência-60 hz

Fator de Potência-0,98

Rotação- 200 rpm

PA-II

PA. II B

Casa de Máquinas

Tipo-Subterrâneo

Comprimento- 104 m

Largura - 18 m

Altura - 37 m

Turbinas

Tipo- Francis

nº de Unid.-3

Queda útil-81,5m

Rotação -200rpm

Potência- 124.500 Hp

Geradores

Potência- 76 mw

tensão- 13,8Kv

Frequência- 60 Hz

Fator de Pot-0,95

Rotação- 200 rpm

PA-II A

Casa De Máquinas

Tipo-Subterrâneo

Comprimento-104 m

Largura- 18 m

Altura- 37 m

Turbinas

Tipo- Francis

Nº de Unid- 3

Queda útil -82 m

Rotações - 200rpm

Potência - 108.000Hp

Geradores

Potência-66mw

tensão - 13,8 Kv

Frequência- 60 Hz

Fatores de Potência-0,95

Rotação- 200 rpm

PA. III

Casa de Máquinas

Tipo- Subterrâneo

Comprimento-127 m

Largura- 18,5 m

Altura - 46,5 m

Turbinas

Tipo-Francis

nº de Unid.-4

Queda útil- 82,5 m

Rotação 138 rpm

Potência- 270.000 Hp

Geradores

Potência- 216 mw

Tensão-13,8 kv

Frequência-60 Hz

Fator de Pot-0,90

Rotação- 138 rpm

PA IV-

Casa de Máquinas

Tipo-Subterrâneo

Comprimento-210 m

Largura-24,20 m

Altura- 54,70 m

Turbinas

Tipo- Francis

nº Unid. 6

Queda útil-112,5 m

Rotação- 120 rpm

Potência- 403 mw

Geradores

Potência- 410 mw

Tensão- 18kv

Frequencia-60 Hz

Fator de Pot - 0,90

Rotação- 120 rpm

MOXOTÓCasa de máquinas

Tipo-Ext.Abrigada

Comprimento-126 m

Largura- 22,90 m

Altura- 30,0 m

Turbinas

Tipo- Kaplan

nº de Unid-4

Queda útil-22m

Rotação-80rpm

Potência-148.000 Hp

Geradores

Potência- 110 mw

Tensão - 13,8 kv

Frequência-60Hz

Fator de Pot-0,90

Rotação-80 rpm

DESENVOLVIMENTO

1- Características de Componentes de Usinas da CHESF.

1.1- Caixa Espiral

1.1.1- Formato da caixa espiral.

- Caixa espiral cilíndrica de seção transversal circular em chapa de aço; Usinas PA-I, PA-II, PA-IV, Boa Esperança, Funil.

- Caixa espiral cilíndrica, tipo T, em concreto armado; Usinas de Moxotó e sobradinho.

1.1.2- Caixa Espiral Metálica embutida no concreto.

Usinas de PA-I, PA-II, PA-III, PA-IV? B.E

1.1.3- Caixa Espiral Metálica não embutida no concreto

Usinas de Bananeiras e Coremas.

1.1.4- Características Principais.

	PA-I	PA-II B	PA IV
MATERIAIS DAS CHAPAS DE AÇO	AÇO ASTM a 285-46-C	AÇO SAE 1020	AÇO ST E36 ntu sar 50 B
MÉTODO DE UNIÃO DA VIROLA	parafusos rebites	solda elé- tricas	solda elétrica
ESPESSURA DAS CHAPAS DE AÇO	32mm(max.) 16mm(min)	16mm 10mm	45mm 24mm
DIÂMETRO DE ENTRADA DA CX. ESP.	3658 mm	4300 mm	7270 mm
PRESSÃO DE TRABALHO	8KG/Cm ²	8KG/Cm ²	11,5KG/Cm ²

1.2- Pré-Distribuidor.

1.2.1- Tipo ou Modelo

- Usina de P.A.I: formada por seções de aço fundido, dotadas de flanges para acoplamento por parafusos. As aletas fixas são integralmente fundidas aos anéis superior e inferior.

1.2.2- Características Principais.

	PA-I	PA-II A	PA-III
NUMERO DE ALETAS FIXAS (A.F)	20	20	23
DIÂMETRO EXTERNO DAS A.F	5283	5372	7840
DIÂMETRO INTERNO DAS A.F	4293	4476	7.000

1.3- Mecanismo Distribuidor

1.3.1- Aletas ajustáveis

a) Tipo ou modelo

- Usina de PA-I: aletas integralmente fundidas em aço carbono, com luvas de aço inoxidável nos munhões das hastes.

- Usina de PA-III: aletas interiores em aço fundido, revestidas nas regiões de contato com uma solda sobreposta de aço inoxidável.

b-) Lubrificação das Aletas.

-Aletas auto-lubrificadas: Usinas de Moxotó e PA-IV

-Aletas lubrificadas a graxa: Usinas de PA-I, PA-II, PA-III, Be, FUNIL

c-) Características Principais:

	PA-I	PA-II A	PA-II B	PA-III	PA-IV
Nº DE ALETAS AJUSTÁVEIS	20	20	24	24	24
ALTURA DAS ALETAS (mm)	799	1132	1076	1860	1570
ABERTURA MÁXIMA DAS ALETAS	284	318	290	470	482
METODO DE VEDAÇÃO DA HASTE SUPERIOR DAS ALETAS	-	GAXETA	ANEL"O"	ANEL"O"	ANEL"O"

1.3.2-Manivelas, Bieletes e Pinos de cisalhamento:

Características Principais.

	PA-I	PA-IIA	PA-II B
MATERIAL DAS MANIVELAS	AÇO FUNDIDO	AÇO FUNDIDO	AÇO FUNDIDO
MATERIAL DOS BIELETES	FERRO FUNDIDO	FERRO FUNDIDO	FERRO FUNDIDO
AJUSTAGEM DAS MANIVELAS	PINO EXCÊNTRICO	PINO EXCÊNTRICO	PINO EXCÊNTRICO

1.3.3-Anel Distribuidor

a) Tipo ou Modelo

-Usina de Pa-I: anel distribuidor em aço fundido, sobre a tampa da turbina, deslizando sobre sapatas de bronze nos sentidos radial e axial.

-Usina de PA-IIA: anel distribuidor em aço, apoiado sobre a caixa do mancal guia, guiado e apoiado em blocos de bronze fixados na caixa mancal guia.

-Usina de Pa-IIB e PA-III: anel distribuidor soldado em chapa de aço apoiado e guiado sobre a tampa da turbina através de sapatas de bronze nos sentidos axial e radial.

b) Anéis distribuidor guiados através de rolos cilíndricos:

Usinas de Funil e PA-IV

c) Principais Características.

	PA-I	PA-II A	PA-II B	PA-III
DIÂMETRO INTERNO (MM)	1930	2060	2820	4300
DIÂMETRO EXTERNO (mm)	2515	3136	3510	6300
ALTURA (mm)	996	884	1175	1510

1.3.4- Servomotor.

a) Tipos de Arranjos

--Dois servomotores conectados diretamente sobre o anel distribuidor:

Usinas de PA-I, PA-II, PA-III, BE

- um servomotor e duas hastes.

Usinas de Araras e Coremas

- Servomotores cilíndricos dispostos no cone suporte do mancal de escora:

Usina de PA-IV

b-) Características Principais

	PA-I	PA-IIA	PA-III	
PRESSÃO DE TRABALHO (KG/Cm ²)	21	20	36	
CURSO DO SERVOMOTOR (mm)	300	355	701	

1.4-Tampa da Turbina.

1.4.1-Tipo ou Modelo

-Usina de PA-I: Construção em aço, bi-partido, com flanges para fixação ao pré-distribuidor por parafusos.

-Usinas de PA-II e PA-III: Construção em aço fundido, bi-partido, com flanges para fixação ao pré-distribuidor por parafusos.

1.4.2-) Principais Características

	PA-I	PA-II A	PA-II B	PA-III
DIÂMETRO INTERNO (MM)	1730	1730	2440	3600
DIÂMETRO EXTERNO (mm)	4337	4622	4920	7040
ALTURA (mm)	610	721	782	1100

1.5-) Aro de saída (Flange Inferior)

1.5.1-Tipo o modelo

-Usinas de PA-I: Construção em aço fundido em cinco seções, presas ao anel base por parafusos, dotado de anel de desgaste.

-Usinas de PA-II B e PA-III: construção em aço fundido, bi-partido, presas por parafusos e revestida com chapas de aço cromo na região de deslizamento das aletas ajustáveis.

1.5.2-Principais Características:

	PA-I	PA-IIA	PA-II B	PA-III
DIÂMETRO EXTERNO (mm)	4128	4337	4680	6800
DIÂMETRO INTERNO (mm)	3492	3552	3640	5290
ALTURA (mm)	217	352	280	315

1.6) Tubo de Sucção

1.6.1-Tipo ou Modelo

-Tubo de sucção em forma de cotovelo com revestimento metálico no trecho reto de saída do rotor:

Usinas de PA-I, PA-II, PA-III, BE, FUNIL

1.6.2-Principais Características:

	PA-I	PA-II A	PA-II B
DIÂMETRO DE ENTRADA do TRECHO reto (mm)	3280	3422	3820
ESPESSURAS DAS CHAPAS DO REVESTIMENTO METÁLICO (mm)	19-12,5	19-12,5	9,5

1.7-) Vedador do eixo

1.7.1-Vedadores tipo labirinto

-Usinas de Funil, Piloto, Araras e Coremas

1.7.2-Vedadores com caixa de gaxeta.

-Usinas de BE e PA-II A

1.7.3-Vedadores radiais com anéis de carbono

-Usinas de Moxotó, PA-I e Funil.

1.7.4-Vedadores axiais com anéis de Carbono

-Usinas de PA-IIB, PA-III e PA-IV

1.7.5-Vedadores de Parada.

-Usinas de Funil, Moxoto, PA-II B, PA-IIB, PA-III e PA-IV

1.8-) Eixos ou Árvores.

1.8.1-Tipo ou Modelo

-Construção em aço forjado com furo central, dotado de flange integralmente forjados em suas extremidades:

Usinas de PA-I, PA-IIB, PA-III e BE

-Anel cilíndrico em chapa de aço soldada e flange forjados soldados nas extremidades do anel cilíndrico:

Usina de PA-IV

1.8.2-) Principais características

	PA-I	PA-IIA	MOXOTÓ	PA-III	PA-IV
DIÂMETRO INTERNO DO EIXO (mm)	152	152	298	200	1920
DIÂMETRO EXTERNO DO EIXO (mm)	787	787	1181	1200	2300
DIÂMETRO EXTERNO DO FLANGE	1359	1359	1955	2000	2500
COMPRIMENTO TOTAL COM FLANGE	2471	3352	7909	4500	-

1.9-) Mancais

1.9.1- Mancais guia tipo casquinho

- Usinas de PA-I, PA-II, Piloto, Coremas

1.9.2- Mancais guia com sapatas articuladas

-Usinas de PA-III, Funil

1.9.3- Mancais guia auto-lubrificáveis

-Usinas de PA-I, PA-II, Funil, Be

19.4-) Mancais guia com lubrificação forjada

-Usinas de PA-III, PA-IV, Coremas

1.9.5- Sistema de Resfriamento dos Mancais guia

-Câmara de resfriamento: Usinas PA-II B

-Serpentinas de tubos concêntricos localizada dentro da caixa do mancal: Usina de PA-I

-Serpentinas coplanares localizadas dentro da caixa do mancal: Usina de PA-IIA

-Trocadores de calor externo à caixa do mancal: Usina de PA-III e PA-IV

1.9.6- Mancal de escora suportado pela tampa da turbina

-Usinas de Moxotó e PA-IV

1.10-) Rotor Francis

1.10.1-) Rotor fundido integralmente em aço carbono

-Usinas de PA-I, PA-II, BE

1.10.2-) Rotor fundido integralmente em aço inoxidável

-Usinas de Funil e BE (Novos Ratores)

1.10.3-) Rotor fundido integralmente em Bronze

-Usina de Bananeiras

1.10.4-) Rotor em Construção soldada

-Usina de PA-III e PA-IV

1.10.5-) Rotor Francis Simples.

-Usinas de Pa-I, PA-II, PA-III, PA-IV, Funil, Coremas, Piloto e Pedra

1.10.6-) Rotor Francis Geminado

-Usina de Bananeiras

1.10.7-) Principais Características

	PA-I	PA-II A	PA-II B	PA-III	PA-IV
NÚMERO DE PÁS	15	15	15	15	13
DIÂMETRO MAIOR (mm)	3372	3550	3905	5700	6550
DIÂMETRO MENOR (mm)	2946	3016	3000	4350	5750
ALTURA (mm)	1700	1836	1936	3070	3430
PESO (Ton)	25	23,5	25	70	140

1.11-) Rotor Kaplan da Usina de Moxotó

-Número de Pás: 5

-Material das Pás: Aço fundido, (aço astm A-148 GR-80-50) com revestimento de aço inoxidável (aço AISI 308) de 3mm na região da borda inferior.

- Diâmetro externo das pás: 8370 mm
- Vedação das haste das pás: gavetas
- Localização do servomotor para acionamento das Pás: abaixo do cubo na região da ogiva.

2-) Generalidade Sobre Turbinas

2.1-Características do Grupo

2.1.1- Turbina

Origem-Alemnha

Fabricante- Siemens/Voith

Tipo/Modêlo-Francis de eixo vertical

Quantidade-04

Pot.Nominal-270.000 HP

Queda útil-82,5 m

Rotação - 138 rpm

Rendimento nominal-90%

É de entrada radial, com tubo de sucção e admissão centrípeta, fácil acesso ao rotor, regulabilidade e elevado nº de revoluções

2.2-) Instruções de manutenções mecânica

2.2.1- Mancal Guia

I-Localização

Na parte média do eixo da turbina, logo acima da caixa de vedação do eixo, e na parte interna do áro de regulação.

II-Função

II.1-Guia o eixo da turbina, garantundo sua verticalidade.

II.2-Suporte os esfaorços radiais, impedindo o seu deslocamento radial, e transmitindo esses esforços a ponte suporte do mancal.

III-Providências preliminares

III.1-Selecionar as ferramentas, equipamentos de segurança e material necessários à manutenção.

III.2-Solicitar do órgão de manutenção elétrica(SOME) a instalaç

- IV.1-Turbina Parada
- IV.2-Comportas de adução e sucção fechadas.
- IV.3-Tubos de adução e sucção drenados.
- IV.4-Válvulas para esvaziamento dos tubos de adução e sucção abertas.
- IV.5-Bombas, de esgotamento funcionam do em "automático".

V-Procedimentos para Manutenção

- V.1-Fechar os registros dos circuitos d'água de resfriamento do mancal e água de bloqueio do selo de vedação.
- V.2-Drenar o óleo da caixa do mancal, utilizando-se de filtro prensa.
- V.3-Retirar cuidadosamente, os termômetros e entregá-los ao órgão de manutenção elétrica (SOME) para aferição.
- V.4-Desparafusar e levantar com auxílio de talhas de corrente, a tampa superior da caixa do mancal, e escorá-la convenientemente, com cepo de madeira. Na parte superior da tampa existem 6 furos roscados, de $\phi=7/2"$. Para colocação de olhais.
- V.5-Medir as folgas do mancal, seguindo as seguintes instruções.
 - I -Condição para medição
 - I.1-Adutor Vazio
 - II- Procedimentos para medição
 - II.1-Retirar a tampa de cobertura da caixa do mancal.
 - II.2-Usando-se um calibrador de lâminas, fazer quatro leituras de fachadas de 90° .
 - III-Valor Esperado
 - III.1-Folga do Mancal: varia de 0,165mm a 0,266mm.
 - IV-Frequência de Execução da Medição
 - IV.1-Anual
- V.6-Marcas posição do mancal em relação a ponte suporte para então colocar os Olhais, e levantar o mancal bem nivelado. Em seguida, escora o mancal com cepos de madeira.
- V.7-Verificar a superfície de apoio do eixo quanto a riscos e oxidação caso seja necessário, limpar o eixo com lixa d'água 600 e óleo. Pode se também usar uma pedra de afiar de granulometria finíssima.
- V.8-Retirar as serpentinas para resfriamento do mancal.
- V.9-Arriar cuidadosamente, o mancal. após constatar sua centragem em relação ao eixo da turbina, apertar as porcas dos parafusos de fixação.
- V.10-Limpar a parte interna da caixa do mancal. A limpeza deverá ser fe

- IX.2- Mestre mecânico -1
 3- Mecânico -2
 4- Ajudante de mecânico-2
 5- Lubrificador de usina-1
 6- Encanador mecânico-1

X- Tempo previsto

- X.1- Manutenção anual-90 homens/hora
 2- Manutenção quinquenal-110h/horas

2.2.2 Rotor

I Localização

Na região situada logo após a saída d'água da palhetas diretas, no espaço compreendido entre o aro de saída e a tampa da turbina, e acoplado ao eixo da turbina.

II- Função

Converte as energias de velocidade e pressão de água em trabalho mecânico no eixo.

III- Providência Preliminares

III.1- Proceder conforme os itens III.1, III.2, III.3 do assunto anterior

IV- Condições que a máquina deverá ser entregue para manutenção

IV.1- Proceder conforme os itens IV.1, IV.2, IV.3, IV.4, e IV.5 do assunto anterior

V- Procedimento para manutenção

- V.1- Abrir a janela para inspeção do rotor, retirando os parafusos para seu fechamento. Em seguida montar a plataforma para inspeção do rotor, seguindo instruções para tal fim.
- V.2- Abrir a janela para inspeção da caixa espiral, retirando os parafusos para o seu fechamento. Tendo livre acesso ao conduto aguardar o total escoamento da água.
- V.3- Verificar existência de regiões cavitadas no rotor seguindo as dependendo da extensão das regiões cavitadas, proceder os reparos conforme as instruções de manutenção. (5.1)
- V.4- Verificar a existência de trincas nas pás do rotor, seguindo instruções de teste e medições. (4.2). Costatando-se a presença de trinca proceder, imediatamente, os reparos conforme as instruções de manutenção (5.2).
- V.5- Após a manutenção, retirar todo material do interior da caixa espiral, desmontar a plataforma para inspeção do rotor, fechar as janelas para inspeção do rotor e da caixa espiral, tomando muito

cuidado com as juntas e borracas, e
 órgão de operação.

VI-Periodicidade

VI.1-Semestral-V.1,V.4 e V.5

V.2- Anual-Todos os itens

VII-Ferramentas e instrumentos Necessários

VII.1-Chaves de estria de 1.1/4" e 1"

.2-Chaves de Soquete de 1.1/4" e 1", com catraca

.3-Estílete de Aço

.4-Alavanca de Aço

.5-Régua milimetrada

VIII-Material Necessário

VIII.1-Lâmpadas elétricas de 12 ou 24 v

2-Tecidos de Algodão

3-Estopa branca

4-Líquido penetrante

IX - Equipe Prevista

IX.1-Auxiliar de engenharia-1

2-Contra mestre mecânico-1

3-Ajudante de Mecânico-2

X - Tempo Previsto

X.1-Manutenção semestral-8 Homens/Hora

2-Manutenção Anual - 10 Homens/Hora

2.2.3-Mecanismo Distribuidor

I - Localização

I.1- Aro de Saída

No espaço compreendido entre o pré-distribuidor e o aro de desgaste inferior do rotor da turbina.

I.2-Palhetas Diretoras

No espaço compreendido entre o aro de saída e a tampa da turbina, na região de saída d'água das pás do pré-distribuidor,

I.3-Tampa da Turbina

No poço da turbina, entre o anel superior do pré-distribuidor e a ponte suporte do mancal guia.

I.4-Manivelas e Bieletes

No poço da turbina espaço compreendido entre o aro de regulção e as haste superiores das palhetas diretoras.

I.5- Aro de Regulação

20

No Poço da turbina, ao redor da caixa do mancal guia.

I.6- Servomotores

No poço da turbina, chumbados ao concreto.

II- Função

II.1- Aro de Saída

II.1.1- Suportar as mancal inferiores das palhetas diretoras.

II.2- Palhetas Diretoras

II.2.1- Dirigir o fluxo d'água para o rotor da turbina

II.2.2- Regular a vazão d'água, interrompendo-a quando necessário

II.3- Tampa da Turbina

II.3.1- Suportar os mancais superiores das palhetas diretoras

II.3.2- Funcionar como selo na região superior do rotor da turbina

II.4- Manivelas e Bieletes

II.4.1- Transmitir o movimento do aro de regulação para as palhetas diretoras.

II.5- Aro de Regulação

II.5.1- Transformar o movimento retilíneo dos servomotores, em movimento circular, abrindo e fechando as palhetas diretoras.

II.6- Servomotores

II.6.1- Suprir a força necessária para operar as palhetas diretoras.

III- Providências Preliminares

III.1- Proceder conforme o ítem III.1 do assunto anterior

IV- Condições que a máquina deverá ser entregue para a Manutenção

IV.1- Proceder conforme os ítems IV.1, IV.2, IV.3 do assunto referente ao mancal guia.

V- Procedimento para Manutenção

V.1- Abrir a janela para inspeção da caixa espiral, retirando os parafusos para o seu fechamento. em seguida, colocar uma escada que permita o acesso ao conduto forçado, e aguardar o escoamento total da água.

V.2- Aro de Saída.

V.2.1- Verificar condições da superfície do aro de saída, onde deslizam as palhetas diretoras, quanto ao desgaste, oxidação e arranhões. Em seguida, verificar ao aro de desgaste, quanto a verificar o aro de desgaste, quanto a fixação e desgaste.

V.3-Palhetas diretas.

V.3.1-Verificar a existência de folgas anormais nos mancais das palhetas diretoras.

V.3.2-Verificar as condições das palhetas diretoras quanto a desgaste, deformação, corrosão e trinca,

V.4-Tampa da Turbina.

V.4.1- Verificar condições da superfície da tampa da turbina, onde deslizam as palhetas diretoras, quanto ao desgaste, oxidação e arranhões.

V.4.2- Verificar condições das sapatas de bronze de escora, e guia do aro de regulação quanto a fixação e desgaste.

V.5- Manivelas e Bieletes

V.5.1-Verificar se existe algum pino de cisalhamento rompido. Caso isso aconteça, substituí-lo conforme instrução abaixo:

a-Abrir o distribuidor cerca de 10%

b-Retirar o parafuso (Tipo "Allen") para travamento do pino do cisalhamento

c-Com auxílio de macaco retirar os pedaços do pino de cisalhamento.

d-Através de macaco, deslocar as alavancas até que os furos para alojamento do pino de cisalhamento coincidam

e-Introduzir um novo pino de cisalhamento, e em seguida, frana-lo com o parafusa "ALLEN".

V.5.2-Verificar condições das alavancas das palhetas diretoras, alavancas de cisalhamento e bieletes quanto a deformação, desgaste oxidação e folgas anormais nas buchas.

V.6-Aro de Regulação

V.6.1-Verificar condições dos anéis superiores para guia do aro de regulação, quanto a fixação e desgaste. Substituindo-os caso necessário.

V.6.2-Verificar condições dos pinos para articulação do aro de regulação aos servomotores, quanto a fixação, desgaste das buchas e folgas anormais.

V.7-Servomotores

V.7.1-Verificar condições dos parafusos e porcas para fixação dos servomotores no concreto.

V.7.2-Verificar condições de estanqueidade das válvulas para drenagem dos servomotores.

V.8- Após a manutenção retirar todo o material e ferramentas usadas e devolver o equipamento ao órgão de operação.

VI-Periodicidade

VI.1-Anual com excessão dos itens V.3.2 e V.5.1

VI.2-Quinquenal todos os itens.

VII-Ferramentas e equipamento Necessários

VII.1-Chaves de boca de 2,5/16"; 7/8", 9/16" e 1/2"

VII.2-Chave de estria de 1.7/16"

VII.3-Chave de soquete de 1,7/16"

VII.4-Chaves "ALLEN" de 3/8" e 5/16"

VII.5-Chaves de Grifo de 10" e 14"

VII.6-Macaco "buda"

VII.7-Olhais de 7/8" e 3/4"

VIII-Material Necessário

VIII.1-Lâmpadas elétricas de 1a ou 24 v

VIII.2-Lixa 380

VIII.3-Graxa

VIII.4-Tecido de Algodão

VIII.5-Estopa

VIII.6-Óleo diesel

IX- Equipe Prevista

IX.1-Auxiliar de engenharia-1

IX.2-Contra-mestre mecânico-1

IX.3-Mecânico-2

IX.4-Ajudante de mecânico-2

X-Tempo Previsto

X.1-Manutenção anual-110 Homens/Hora

X.2-Manutenção quinquenal-130 Homens/hora

2.2.4-Pré-Distribuidor

I - Localização

Na saída da caixa espiral, embutido no concreto da casa de máquinas.

II- Funções

II.1-Transmitir os esforços e vibrações da máquina á estrutura de concreto.

II.2-Direcionar o fluxo d'agua proveniente da caixa espiral.

III-Providências Preliminares

III.1- Proceder conforme o ítem III.1 do assunto anterior.

IV-Condições que a máquina deverá ser entregue para a manutenção

IV.1- Proceder conforme os ítems IV.1 do assunto anterior

V -Procedimento para manutenção -

V.1- Proceder conforme o ítem V.1 do assunto anterior.

V.2- Verificar condições da região de junção do pré-distribuidor á caixa espiral quanto ao estado dos rebites, corrosão, deformação e condições da pintura de proteção.

V.3- Verificar condições das pás do pré-distribuidor quanto a deformação, corrosão, trinca e condições da pintura de proteção.

V.4- Inspeção de trincas nas pás do pré-distribuidor: primeiramente, deve-se limpar cuidadosamente todas pás, removendo a tinta nas regiões de junção das pás com os anéis superior e inferior. Em seguida fazer uma inspeção visual em toda extensão das pás e utilizar líquido penetrante nas regiões de junção das pás.

V.5-Janela de Inspeção

V.5.1- Verificar as condições da junta de borracha quanto ao desgaste, amassamento e ruptura, e substituir caso necessário.

V.5.2- Verificar condições da estrutura quanto a trinca, deformação, corrosão e condições da pintura de proteção.

V.5.3- Limpar os parafusos, verificando o estado dos fios das roscas, deformação, desgaste e corrosão.

V.5.4- Verificar condições da dobradiça da janela quanto a desgaste, deformações, fixação e corrosão.

V.6- Após a manutenção, retirar todo o material do interior da caixa espiral, fechar a janela de inspeção, e devolver o equipamento ao órgão de operação.

VI -Periodicidade

VI.1- Anual

VII-Ferramentas Necessárias

VII.1- Chave de estria de 1.1/4"

VII.2- Chave de soquete de 1.1/4", com catraca

VII.3- Alavanca de aço

VIII-Material Necessário

VIII.1- Lâmpada elétrica de 12 ou 24v

VIII.2- Tecido de Algodão

VIII.3- Estopa branca

VIII.4- Líquido do penetrante.

IX - Equipe Prevista

IX.1-Mestre mecânico-1

IX.2-Ajudante de mecânico-2

X - Tempo Previsto

X.1-08 Homens/hora

2.2.5- Caixa EspiralI - Localização

Entre o conduto forçado e o pré-distribuidor, embutido no concreto da casa das máquinas.

II- Função

Conduzir a água através do pré-distribuidor, de forma a manter e constanet a velocidade da água na entrada do rotor da turbina.

III- Providências Preliminares

III.1- Proceder conforme o ítem III.1 do assunto anterior.

IV- Condições que a máquina deverá ser entregue para a manutenção

IV.1- Proceder conforme o ítem IV.1 do assunto anterior.

V- Procedimento para manutenção

V.1- Proceder conforme o ítem V.1 do assunto anterior.

V.2- Revestimento metálico:

V.2.1- Verificar, visualmente, o revestimento metálico quanto a trinca, deformação, fixação no concreto, corrosão e condições da pintura de proteção.

V.2.2- Verificar quanto a infiltração de água caso seja constatado ponto de infiltração de água verificar se existe um vazio na estrutura de concreto junto ao ponto. A localização, bem como a verificação do tamanho da área é feita por mertelamento da superfície interna de revestimento metálico. Para enchimento do vazio, abre-se, dois furos, um inferior para injeção de cimento, e outro superior para aeração. Feito isso, os dois furos devem ser fechados com solda elétrica, e em seguida esmerilhados.

V.3- Janela de inspeção

V.3.1- Proceder conforme os ítems V.5.1 à V.5.4 de assunto anterior

V.4- Após a manutenção, retiar todo o material do interior da caixa espiral, fechar a porta de inspeção, e devolver o equipamento

V.5-Quando do enchimento do tubo de adução, verificar a existência de vazamento d'água através da janela de inspeção.

VI-Periodicidade.

VI-1-Anual

VII Ferramentas Necessárias

VII.1-Chave de estria de 1,1/4"

VII.2-Chave soquete de 1.1/4", com catraca.

VII.3-Chave de impacto, com acionamento pneumático.

VII.4-Alavanca de Aço

VIII-Material Necessário

VIII.1-Lâmpadas elétricas de 12 ou 24 v

VIII.2-Tintas

VIII.3-Cimento

IX- Equipe Prevista

IX.1- Contra-mestre mecânico-1

IX.2- Ajudante mecânico-2

X Tempo Previsto

X.1- 06 homens/hora.

3- Generalidades Sobre Gerador

3.1- Característica do Grupo

3.1.1- Gerador.

Origem-Alemanha

Fabricante-Sirmens/Voith

Tipo/modêlo-Gerador sinerono de eixo vertical.

Quantidade-04

Tipo de construção - Fechada

Capacidade nominal-240.000 KVa

Potência nominal-209.000KVA

Fator de Potência -0,90

Tensão-13,8Kv

Velocidade nominal-1384 rpm

Velocidade máxima-272 rpm

Frequência-60Hz

Nº de polos -52

Ligação -Estrela

Regime de funcionamento-Contínuo

Pêso total- 450 Tonelada

3.2-Instruções de Manutenção mecânica

3.2.1-Sistema de resfriamento do ar

I- Localização

Na parte interna do gerador

II-Função

Resfriar o ar que circula através do rotor e estator

III-Providências Preliminares

III.1-Selecionar ferramentas, equipamentos de segurança e materiais necessários a manutenção.

III.2-Solicitar ao órgão de manutenção elétrica a instalação de luminárias e pontos de luz, necessários à execução do serviço.

Utilizar tensão de 120 ou 24V, e certificar-se que as instalações satisfazem as exigências dos serviços.

III.3-Solicitar autorização ao órgão de operação para iniciar o trabalho.

IV-Condições que a máquina deverá ser entregue para manutenção

IV.1-Gerador parado

IV.2-Comporta de adução fechada

IV.3-Tubo de adução drenado

IV.4-Válvula para esvaziamento do tubo de adução, aberta.

V. Procediemnto Para Manutenção

V.1- Fechar o registro para o circuito d'água de resfriamento

V.2- Radiadores:

V.2.1-Desconectar os flanges das tubulações de entrada e saída d'água tomando cuidado em drenar previamente toda a água do interior das radiadores.

V.2.2-Retirar as chapas do piso do gerador, onde deverão ser sacados os radiadores.

V.2.3-Prender o radiador por meio de estropo pelo gancho da ponte rolante casa de máquinas, e tensionar os cabos de aço.

V.2.4-Soltar os parafusos para fixação do radiador à carcaça do estator, e suspender o radiador com a ponte ralante até o piso do gerador, tomando o cuidado para não danificá-lo

V.2.5-Retirar as tampas superior e inferior dos radiadores, verificando suas superfícies interna quanto a corrosão e desgaste.

V.2.6-Limpar internamente so tubos, passando-se uma escova de nylon de seção circular e água pressurizada.

V.2.7-Limpar as aleta dos tubos com água pressurizada, tendo o cuidado de pulverizá-las, previamente com varsol.

V.2.8-Verificar as condições da estrutura metálica dos radiadores quanto a trinca, deformação e corrosão.

V.2.9- Para montagem do radiadores, se guira a operação inversamente à

da montagem.

V.3. Ventiladores:

V.3.1-Verificar condições das pás dos ventiladores quanto a trinca de formação fixação e corrosão.

V.4- Circuito d'água de resfriamento:

V.4.1-Desmontar, limpar e inspecionar o medidor de vazão d'água.

V.4.2-Verificar as condições de todas as tubulações quanto a de formação, estanqueidade, obstrução interna e fixação.

V.4.3-Desmontar, inspecionar, limpar e montar todos os registros do circuito d'água.

V.5- Após a manutenção, retiarar todo o material ferramentas e equipamento do local de trabalho, certificando-se que não tenha deixado nada no interior do gerador, e devolver o equipamento ao órgão de operação após encher os tubos e radiadores com água, e constatar que não existe nenhum vazamento.

VI-Periodicidade

VI.1-Anual

VII-Ferramentas de Equipamentos necessários

VII.1- Chaves de astria 1.1/16" x 1.1/2" e 1.1/4" x 1/16"

VII.2- Chaves de boca de 1.1/4" x 1.1/8" e 1.1/8" x 1/16"

VII.3- Chaves de soquete de 1.1/8", 1.1/4"

VII.4- Chaves de Grifo de 14", 18" e 24"

VII.5- Estropos

VII.6- Manilhas

VII.7- Escovas de aço.

VIII-Material Necessário

VIII.1- Lâmpadas elétricas de 12 ou 24 V

VIII.2- Borrachas Lonada em lençol de 1/8" de espessura.

VIII.3- Papelão hidráulico de 1/8" de espessura.

VIII.4- Lixas grãos 80 e 100

VIII.5- Estopa Branca.

VIII.6- Escova de nylon

IX-Equipe Prévixta

IX.1- Auxiliar de engenharia-1

IX.2- Contra-mestre mecânico-1

IX.3- Encanador mecânico-1

IX.4- Mecânico-1

IX.5- Ajudante de mecânico-2

X-Tempo Previsto

X.1-Anual - 60 Homens/Hora

3.2.2-Rotor/estator/eixoI- LocalizaçãoI.1- Rotor

Localizado entre manacais combinados guia/escova e a excitatriz principal.

I.2- Estator

Em volta do rotor

I.3- Eixo

Acima do eixo da turbina

II-Função

Transformar a energia mecânica da turbina em energia elétrica no gerador.

III-Providencias Preliminares

III.1-Procede conforme os ítems III.1 ao III.3 do assunto anterior

IV- Condições que a máquina deverá ser entregue para manutenção

IV.1-Proceder conforme os ítems IV.1 ao IV.4 do assunto anterior

V-Procedimentos para manutençãoV.1- Rotor.

V.1.1- Verificar condições da aranha do rotor quanto a trincas e deformação.

V.1.2-Verficar as folgas do entre ferro seguido as seguintes instruções:

V.1.2.1- Descrição

No gerador entre orotor e o estator existe uma folga de aproximadamente 5mm, que serve para a formação do campo magnético.

V.1.2.2-Condição para medição

Gerador parado

V.1.2.3-Procedimento para medição

- com ferramentas apropriadas, fazer medições em todos os polos, em duas posições: Extremidade superior w inferior.
- Determinar o valor médio das leituras superiores e inferiores.

V.2-Estator

V.2.1-Verificar condições da estrutura metálica do estator quanto a trinca, deformação e corrosão.

V.2.2-Verificar o aperto dos pacotes de chapas do estator, quanto ao uso da ferramenta para este trabalho usa-se o torquimetro.

V.2.3- Retirar as capas de cobertura, e inspecionar condições dos parafusos e porcas das emendas da carcaça do estator quanto ao aperto, deformação e frenagem.

V.2.4- Verificar os chumbadores do estator quanto a fixação ao concreto e ao estator.

V.3- Eixo

V.3.1- Verificar as condições da eixo quanto a oxidação, limpando as regiões oxidadas com lixa d'água.

V.3.2- Retirar as capas de cobertura do acoplamento dos eixos da turbina e gerador, e inspecionar condições dos parafusos e porcas quanto ao aperto, deformação e frenagem.

VV.4- Após a manutenção, retirar todo material, ferramentas e equipamentos do local de trabalho, certificando-se que não tenha deixado nada no interior do gerador e devolver o equipamento ao órgão de operação.

VI- Periodicidade

VI.1- Anual

VII- Ferramentas e equipamentos necessários

VII.1- Torquímetro

VII.2- Chaves de estria 1.1/16" x 1.1/8" e 1.1/4" x 1.1/16"

VII.3- Chaves de boca de 1.1/4" x 1.1/8" e 1.1/8" x 1.1/16"

VVII.4- Calibrador de folgas

VIII- Material Necessário

VIII.1- Lâmpadas elétrica de 12 ou 24 V

VIII.2- Estopa Branca

VIII.3- Tecido de Algodão

VIII.4- Lixa d'água

IX - Equipe Prevista

IX.1- Auxiliar de engenharia-1

IX.2- Contra-mestre mecânico-1

IX.3- Ajudante de mecânico-1

IX.4- Mecânico-2

X- Tempo Previsto

X.1- 86 Homens/Hora.

3.2.3- Sistema de levantamento e ficanagem

I- Localização

Na parte inferior do rotor do gerador, e no piso das turbinas.

II- Função

II.1- Parar o hidrogerador

II.2- Levantar as massas girantes do hidrogerador.

III- Providências Preliminares

III.1- Proceder conforme o ítem III.1 do assunto anterior

IV- Condições que a máquina deverá ser entregue para manutenção

IV.1- Proceder conforme o ítem IV.1-do assunto anterior

V- Procedimentos para manutenção

V.1- Macacos de levantamentos e frenagem

V.1.1- Retirar os macacos do local, e em seguida desmontá-lo verificando os pistões e camisas quanto a desgaste, arranhões, ovalização e substituir as gaxetas, caso necessário.

V.1.2- Verificar as condições do conjunto, quanto a trinca, deformação e corrosão.

V.1.3- Verificar as lonas de freio quanto a fixação.

V.1.4- Verificar a espessura útil das lonas de freio, seguindo instruções de teste e medições (4.3)

V.1.5- Verificar condições de estanqueidade dos macacos.

V.1.6- Quando efetuar a montagem dos macacos, certificar-se que os mesmos estão presos rigidamente a estrutura de concreto .

V.2- Pista de frenagem

V.2.1- Verificar quanto a sua fixação ao rotor

V.2.2- Verificar quanto a arranhões, ondulações, desgaste de desnível nas emendas.

V.3- Circuito de ar comprimido e óleo.

V.3.1- Verificar condições de todas as tubulações quanto a deformação estanqueidade, obstrução interna e fixação.

V.3.2- Desmontar, inspecionar, limpar e montar todos os registros dos circuitos de ar comprimido e óleo.

V.4- Bomba manual de levantamento.

V.4.1- Filtrar o óleo com filtro prensa

V.4.2- Limpar o reservatório de óleo

V.4.3- Verificar condições dos pinos alavancas e articulações quanto a trinca, deformação, desgaste e fixação;

V.5- Após a manutenção retirar todo material, ferramentas e equipamentos do local de trabalho, certificando-se que não tenha deixado nada no interior do gerador e devolver o equipamento do órgão de operação.

VI- Periodicidade

VI.1- Anual

VII. Ferramentas e equipamentos necessários

VII.1-Chave de palmatoria e estria de 1.1/8", 1.1/16", 1", 7/8", 3/4", 1.7/16"

VII.2- Chaves de soquete de 13/16" e 15/16"

VII.3-Chaves de grifo de 14"

VII.4- Olhais.

VII.5-Chave de fenda

VII.6-Alicate

VIII- Material Necessário

VIII.1-Lâmpadas elétricas de 12 ou 24 V

VIII.2-Tecido de algodão

VIII.3-Gaxeta para macacos.

VIII.4-Varsol.

VIII.5-Óleo Diesel

IX- Equipe prevista

IX.1-Auxiliar de engenharia-1

IX.2-Contra-mestre mecânico-1

IX.3-Mecânico-1

IX.4-Ajudante de mecânico-2

IX.5-Lubrificador de usina-2

X- Tempo Previsto

X.1- 60 Homens/hora

4- INSTRUÇÕES DE TESTE E MEDIÇÃO

4.1- Verificação de cavitação no rotor da turbina

I. Descrição

O rotor é de aço fundido e possui 15 pás fundidas. Essas pás são protegidas nas partes perigosas, na saída do rotor, por uma solda sobreposta de elétrodos especiais.

II. Condições para medição

II.1-Adutor vazio

II.2-Comportas de sucção fechadas.

II.3-Tubo de sucção drenado

II.4-Plataforma para inspeção do rotor, montada.

III- Procedimentos para medição

III.1-Para se medir as áreas cavitadas, deve-se fazer uso de uma trena milimétrica, escala e estilete de aço.

III.2-Delimita-se a área cavitada e, em seguida toma-se os valores do comprimento e largura, procurando enquadrá-la em uma figura geométrica plana. (quadrado, triângulo, retângulo etc)

III.3 Para se determinar a profundidade máxima das crateras, introduz-se

o estilete na cavidade de maior profundidade, mantendo-se o mesmo encostado em uma régua, formando um ângulo de 90 com a mesma. Quando a cavidade da maior profundidade não é facilmente perceptível, a medida é tomada em varios pontos da região afetada, a fim de determiná-la

IV-Frequência de execução da medição

IV.1- Semestral

4.2-Verificação de trincas no rotor da turbina

I- Descrição

O rotor é de aço fundido e possui 15 pás fundidas. Essas pás são protegidas nas partes perigosas, na saída do rotor, por uma solda sobreposta de eletrodos de aço inoxidável.

II-Condições para medição

II.1- Proceder conforme o itens II.1, II.2, II.3 e II.4 do assunto anterior.

III-Procedimentos para medição

III.1- Inspeccionar, visualmente, as regiões das pás ou da coroa que apresentam trincas, anotando o local das mesmas, bem como o seu comprimento, na folha de registro de teste e medição.

III.2- Pode-se também fazer uso de líquido penetrante ou aparelho de ultra-som para determinação de trincas.

IV-Frequência de execução da medição

IV.1- Semestral.

4.3- Verificação da espessura útil da lonas de freio

I. Descrição

Para a parada do hidrogenador, utiliza-se seis macacos hidráulicos que são acionados por ar comprimido. Para o levantamento das massas girantes, os macacos são alimentados com óleo sob pressão, através de um turbina, isto é, uma bomba manual.

II. Condição para medição

II.1- Hidrogenador parado, com as travas da turbina aplicadas.

III-Procedimentos para medição

III.1- Medir a espessura útil das lonas de freios em 3 pontos distintos, ou seja nas duas extremidades e na parte média

IV-Observação

IV.1- O instrumento usado para medir é o paquímetro.

V- Frequência de Execução para medição

V.1- Anual

5- Instrução de Manutenção

5.1- Reparo das áreas cavitadas em rotores de turbinas Francis

I. Introdução

Esta instrução de manutenção descreve os métodos e processos utilizados no reparo das áreas cavitadas dos rotores das turbinas Francis.

II. Descrição Geral do Processo

II.1-Levantamento das áreas atingidas pela cavitação.

A extensão do dano superficial é quem determina a necessidade de reparos nas áreas cavitadas, cuja profundidade não ultrapasse 3 a 4,5 mm.

Por outra lado, deve-se começar o reparo, antes que áreas cavitadas atinjam o metal base. Deve-se anotar na FRTM (Folha de registro de teste e Medição), as áreas que serão recuperadas. De posse dessa antação, pode-se determinar, aproximadamente, a quantidade de material a ser removido. Sendo de grande utilidade um levantamento criterioso, pois o mesmo fornecerá subsídios para o controle do método de reparos, tais como: rendimento dos eletrodos utilizados; quantidade de eletrodo gastos por K.G. de material retirado etc. Deve-se fazer pelo menos duas inspeções anuais nos rotores das turbinas.

II.2-Verificação do perfil das pás do rotor.

Isso é feito fazendo-se uso de gabaritos especiais, contendo as formas das pás do rotor, e visa comprar a intensidade do desgaste nas pás em função do perfil hidráulico da mesma.

II.3-Delimitação das Áreas A serem enchidas

Nas regiões de revestimento inoxidável, as áreas a serem removidas restringem-se, unicamente, aquelas onde existem crateras, enquanto, que na região de transição inoxidável aço fundido, deve-se ultrapassar pelo menos cerca de 25 mm, além das áreas danificadas.

II.4-Remoção e limpeza das áreas cavitadas

Existem vários processos para remoção das áreas cavitadas, cada qual apresentando uma série de vantagens e desvantagens, sendo que o mais rápido e econômico é aquele que faz uso do arco AR/CARBONO. Outro processo é o que consta de cinzalamento e/ou esmerilhamento das áreas. Este é o processo mais indicado, porém apresenta o inconveniente de ser muito lento e dispendioso. Na remoção das áreas cavita-

das, deve-se deixar sempre as borda das áreas a serem reparadas formando um ângulo de 90 com a superfície original. As bordas em forma de cunha devem ser evitadas, pois as mesmas tendem a falhar sob os efeitos da cavitação e da erosão.

II.4.1- Remoção das áreas cavitadas com arco/carbono.

Utiliza-se eletrodos de carvão cobreado com bitolas variando de 1/8" a 3/8". Deve-se remover sempre áreas pequenas e novas áreas são removidas à proporção que as primeiras primeiras forem sendo cheias. É importante o cuidado com a temperatura do material do rotor, devendo-se evitar uma alta concentração de calor numa mesma área antes da soldagem as áreas devem ser limpas. Para tal faz-se uso de jato de areia, que é o processo mais econômico e rápido, apesar de não ser o mais adequado, e da limpeza com rebolo abrasivo de tipo, dimensão e granulometria apropriada.

II.4.2- Remoção das áreas cavitadas por cinzelamento e/ou esmerilhamento.

No caso de desgaste ser de pequena intensidade, é mais aconselhável o esmerilhamento para remoção das áreas cavitadas. Quando o desgaste for bastante acentuado deve-se remover, inicialmente, as áreas cavitadas com cinzéis de tipo e tamanho apropriados, e em seguida proceder a um desbaste por meio de esmerilhamento. A escolha de um processo ou outro é função de muitas variáveis, a saber: extensão da área, localização da área, acesso ao local de trabalho, etc.

II.5- Enchimento das áreas cavitadas

Todas as áreas são cheias com solda elétrica a arco com corrente contínua, e eletrodos revestidos.

O enchimento das áreas deve ser feito partindo-se das regiões mais profundas, procurando-se com isso a obtenção de uma superfície regular durante o processo. O aquecimento localizado. Isto é feito soldando-se uma área num curto espaço de tempo, e em seguida movendo-se para um ponto diametral oposto, continuando o trabalho.

Os eletrodos devem ser usados com as tensões e intensidade de corrente, menores possíveis, pois isso implicará em uma solda perfeita. Este procedimento minimizará os efeitos do aquecimento localizado e distorção. Isso implica dizer também, que deve-se usar o eletrodo com a menor bitola pos

so não seja prejudicado. Caso a profundidade da área a ser reparada ultrapasse a espessura do revestimento inoxidável (maior do que 8 mm), deve-se utilizar como almofada um eletrodo de aço doce (eletrodo AWS-E-7018), para trazer até cerca de 6 a 4,5 mm do contorno da superfície original. A camada final é feita com eletrodo de aço inoxidável.

II.6- Debaste, controle do perfil das pás, retoques e polimentos.

O esmerilhamento das áreas soldadas, especialmente até o acabamento desejado, normalmente leva tanto ou mais tempo do que a soldagem em si. Esse tempo pode ser diminuído, consideravelmente, desde que se obtenha solda macia, de bom acabamento e com a quantidade certa de material sobreposto, e caso se escolha o abrasivo apropriado.

O desbaste das áreas soldadas é feito por meio de um abrasivo de granulometria grossa (grão 16, 18 ou 20), e deve-se tomar muito cuidado para que o perfil das áreas desbastadas aproxime-se tanto quanto possível do perfil original das pás. Para tal controlar o formato das pás. Para tal deve-se controlar o formato das pás durante o desbastamento, fazendo-se uso de gabaritos especiais.

Em seguida, faz-se os retoques de solda necessários, utilizando-se um eletrodo de bitola reduzido ($\emptyset = 2,5$ mm), dando-se especial atenção aos poros, que devem ser totalmente removidos com rebolos de ponta, em seguida cheios com solda. Depois do esmerilhamento das áreas reparadas, uma limpeza com uma solução de sulfeto de cobre comercial irá identificar qualquer área da parte inoxidável que foi esmerilhada até o metal base.

O aço fundido ficará cobreado e aço inoxidável não. Qualquer área que se apresentar cobreada, deverá ser rebaixada com esmeril, e em seguida cheia com eletrodo de aço inoxidável.

Após os retoques, faz-se o polimento final, por meio de abrasivos de granulometria fina, dando-se especial atenção à maneira de movimento da esmerilhadora, fazendo-se o polimento num sentido, e logo após em sentido contrário. A superfície final deverá ficar a mais espelhada possível.

II.7- Teste de Trincas

O controle das trincas é feito com líquido penetrante. Para aplicação do líquido penetrante, deve-se fazer uma limpeza

rigorosa da área a ser testada, através de um solvente de boas qualidades, em seguida aplicar o líquido penetrante conforme as instruções de fabricante. Todas áreas soldadas devem ser inspeccionadas, principalmente aquelas localizadas na junção das pás com a coroa e o cone.

5.2- Reparo das áreas trincadas em rotores de turbinas Francis

I- Introdução

Esta introdução de manutenção descreve os métodos e processos utilizados no reparo das áreas trincadas nos rotores das turbinas Francis.

II- Trincas durante a soldagem

As duas áreas sujeitas a trincas durante a soldagem estão na zona afetada pelo calor no metal base e no rebordo da solda.

II.1- Tipos de Trincas.

II.1.1- Trincas no metal base- estas trincas podem ocorrer em duas faixas de temperatura. A faixa de temperatura alta é cerca de 540 C, enquanto que a faixa de temperatura baixa fica próxima de 200 C. Estas trincas podem ser controladas por pré-aquecimento.

II.1.2- Trincas no rebordo da solda

É o tipo de trinca mais frequentemente encontrado, e o mais difícil de controlar. Como no caso das trincas no metal base, também ocorre em duas faixas de temperatura. As trincas longitudinais, transversais e de crateras, que são trincas de alta temperatura, e ocorrem a temperatura de solidificação da poça do material fundido, quando a força dútil e a plasticidade do metal são muito baixas.

A faixa de temperatura baixa é aquela que vai de 200 C até a temperatura ambiental, e é nessa faixa que ocorre trincas de raiz.

As trincas a baixa temperatura podem ser controladas pelo pré-aquecimento, enquanto as trincas de alta temperatura devem ser controladas mudando-se o contorno do rebordo da solda.

II.2-Identificação das Trincas

A identificação das trincas é feita visualmente, no caso das trincas maiores, e por meio de líquidos penetrante no caso das trincas menores.

II.3-Reparo das Trincas

a-Remover as trincas por meio de esmeril ou rebardador, até cerca de 12mm à frente da mesma.

As trincas devem ser completamente removidas, e deixadas chanfradas.

b-Pré-aquecer a região a ser soldada até cerca de 100 C (maximo 120 C). controlar a temperatura com lápis térmico.

c- É de maior importância que todo óleo, graxa, ferrugem, umidade, poeira e qualquer outro agente contaminador seja removido antes da soldagem.

d- A soldagem deverá ser por etapas, usando-se cordões descontínuos. Antes de cada etapa de soldagem, pré-aquecer o campo de trabalho;

e- A cada três passes, verificar a existência de nova trinca, fazendo-se uso do líquido penetrante.

III- Trincas durante o funcionamento da Turbina

Os estudos feitos sobre o aparecimento de trincas em turbinas Francis, indicam que estas se devem, predominantemente, ao fato da existência de vibrações. As causas mais prováveis da origem do aparecimento de vibrações são as seguintes:

a-efeito do impulso da pressão das correntes parciais.

b-Falta de rigidez torcional das pás do rotor.

c-periodicidade da quebra do fluxo devido à cavidade.

d-vórtice de sucção.

Alem das trincas provenientes das vibrações de origens citadas acima, elas podem ser decorrentes de:

a-concentração de tensões devido a entalhes da forma do rotor.

b-tensões internas deficientemente aliviadas durante a fundição.

III.1-Identificação das trincas

A identificação das trincas deve ser feita por meio ensaios não destrutivos com a utilização de líquido penetrante ou ensaios com instrumentos de ultra-som. O líquido penetrante dá imperfeições visível da descontinuidade nas áreas de fácil acesso. O ensaio do ultra-Som indica a existência de imperfeições de fundição ou soldagem, e / trincas nas áreas de difícil acesso, assim como a superfície da acoplamento rotor/eixo.

III.2-Reparo das Trincas.

Um controle rigoroso para os reparos das trincas nos rotores das turbinas, se faz necessário, para que não ocorra concentração de tensões, falhas e imperfeições na soldagem.

Deve-se proceder da seguinte maneira:

- a - Antes de iniciar os serviços, soldar pequenos pinos, confrontando-se aos pares de um lado e de outro da / trinca, e dela, afastados de uma distância suficiente para permitir a abertura dos chanfros. Os pinos devem ser de vergalhões de 1/4 de superfície relativamente polida de aço carbono de lixados.
- b - Remover as trincas por meio de esmeril ou rebarbadores, até cerca de 12mm à frente da mesma. As trincas devem ser completamente removidas e deixadas chanfradas.
- c - Pré-aquecer o campo adjacente à trinca, com maçarico / de chiveiro até cerca de 100°C. Controlar a temperatura com lápis térmico.
- d - Utilizar eletrodo AWS-E-7018, lembrando-se que caso se trate de uma região com revestimento inoxidável, os últimos passes deverão ser dados com eletrodo inoxidável.
- f - Iniciar a soldagem por etapas, em cordões descontínuos, antes de cada soldagem pré-aquecer o campo de trabalho até cerca de 100°C.
- g - Após realizada cada etapa de soldagem verificar as distâncias entre pinos. Para isto foi usado como instrumento de medição um micrômetro. Se houver divergência com os valores, aliviar as tensões por martelamento até parecer esses valores.

h-Prosseguir com o processo descrito nos itens (a) a (g), até encher completamente a cavidade, e a cada 03 p^ásses' verificar a existencia de novas trincas fazendo-se uso de líquido penetrante. O método acima descrito só deve ser soldadas, sem o uso dos pinos de referencia, mesmo po porque elas não oferecem compo sufieiente para instalação dos mesmo.

CONCLUSÃO

Ao concluirmos o presente relatório, notamos o quanto, é importante o estudante Universitário realizar um estágio quer seja integrado, ou Super visionado, porque é através do mesmo que iremos aplicar as teorias aprendidas dentro das salas de aula na parte prática, de forma que possamos desenvolver pesquisas e aumentarmos cada vez mais os nossos conhecimentos.

É a partir de um estágio realizado pelo o Universitário, que este passa a dar vida de um simples estudante para a de profissional. É neste período de estágio que temos a oportunidade de conviver com pessoas, que futuramente poderão ser nossos colegas de trabalho, e quanto é importante o apoio que recebemos, mesmo sabendo de nossa inesperienza.

Portanto é a partir do estágio que adquirimos uma determinada experiência no campo profissional.

BIBLIOGRAFIA

EROSÃO DE CAVITAÇÃO EM TURBINAS FRANCIS: DESCRIÇÃO DO FENÔMENO E MEIOS DE MINIMIZÁ-LOS-BUREAU OF RECLAMATION-Welding Repair

to hydreulic equipment.

WILLIAM J. RHEINGANS - Cavitation in hydraulic turbines.

O.BURGHERR e A.WERNER

-Repair Welding of turbine runner.

REPARO DAS ÁREAS TRINCADAS EM ROTORES DE TURNAS FRANCIS-BUREAU OF RECLAMATION-Welding.

-Repair to hydreaulic equipment

L.R.MALIK e M.L.CHWLA-Cracking of Hidro-Turbine Runner Blade.

ROBERTO SARMENTO-TRINCAS EM TURBINAS FRANCIS:SEU CONTRÔLE,CORREÇÃO E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS.

MANUAL DE DADOS TÉCNICOS DAS USINAS DO COMPLEXO PAULO AFONSO/APOLÔNIO SALES-

Departamento de produção de energia CHESF

GUIAS DE MANUTENÇÃO MECÂNICA-

Departamento de produção de energia CHESF

APOSTILAS SOBRE O PLAMUS-

Departamento de produção de energia CHESF