

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

KARCIUS DAY ROSÁRIO ASSIS

RELATÓRIO APRESENTADO À COORDENAÇÃO DE
ESTÁGIOS EM ENGENHARIA ELÉTRICA DA UFPA,
COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO
TÍTULO DE ENGENHEIRO ELETRICISTA.

CAMPINA GRANDE-PB , 20 DE FEVEREIRO DE 1998

ESTAGIÁRIO: KARCIUS DAY ROSÁRIO ASSIS

MATRICULA: 9521213-1

EMPRESA: ITAIPU BINACIONAL

SUPERVISOR: ENG. MIGUEL SANTACRUZ MARTÍNEZ

TIPO DE ESTÁGIO: SUPERVISIONADO

**PERÍODO DE ESTÁGIO: 14 DE JANEIRO A 13 DE
FEVEREIRO DE 1998**

**PROFESSOR ORIENTADOR: BENEMAR ALENCAR DE
SOUZA**

**COORDENADOR DE ESTÁGIOS: RICARDO J. AGUIAR
LOUREIRO**



Biblioteca Setorial do CDSA. Março de 2021.

Sumé - PB

Sumário

1. Introdução

2. A Empresa

2.1 Principais Características Técnicas

2.2 Operação do Sistema e da Usina

3. Proteção Elétrica das Unidades Geradoras

3.1 Proteção Diferencial

3.1.1 Proteção Diferencial do Gerador, Relé 87G

4. Subestação Isolada a Gás

4.1 Introdução

4.2 Instalações Isoladas a Gás

4.3 Vantagens das Instalações a Gás SF₆

4.3.1 Propriedades do Gás SF₆

5. Linhas de Transmissão

5.1 Introdução

5.2 Linhas de Transmissão do Sistema

5.3 Características das Linhas de Transmissão

5.4 Subestação de Foz do Iguaçu

5.4.1 Sistemas de Corrente Contínua

6. Serviços Auxiliares

6.1 Introdução

6.2 Serviços Auxiliares de Itaipu

7. Conclusão

8. Bibliografia

1. Introdução

Este relatório tem o objetivo de explicar os conhecimentos adquiridos no estágio supervisionado no período de 14/01/98 à 13/02/98, na usina hidrelétrica Itaipu Binacional.

O estágio foi realizado no departamento de Engenharia de Manutenção Elétrica, o qual está subdividido em setores de alta tensão, serviços auxiliares e geradores. No período do estágio obtivemos contato com os três setores.

O presente relatório não segue uma ordem cronológica de contato com os setores, mas sim uma ordem conveniente explanando de forma técnica e algumas vezes informal as características desses setores em Itaipu bem como as atividades desenvolvidas.

No início fizemos uma breve descrição das características da Itaipu Binacional, a qual auxiliará o desenvolvimento do relatório.

2. A Empresa

A Usina Hidrelétrica de Itaipu, a maior do mundo, é um empreendimento binacional entre Brasil e Paraguai, situada a 14 km ao norte da ponte internacional que liga os dois países. A área do projeto se estende desde Foz do Iguaçu (Brasil) e Ciudad del Este (Paraguai), ao sul, até Guaíra (Brasil) e Salto de Guairá (Paraguai), ao norte.

Possui uma potência instalada de 12.600 MW e uma média de anual de geração de 75000 GWh.

A Usina possui algumas particularidades como a geração em dupla frequência (metade em 50Hz e metade em 60Hz), e um sistema de transmissão de extra-alta-tensão, sendo um em corrente contínua +600kV e outro em corrente alternada 750kV, para o Brasil, e em 220kV, para o Paraguai.

2.1 Principais Características Técnicas

Potência – Energia

Capacidade instalada total	12.600 MW
Potência Firme	9.300 MW
Média anual de geração	75.000 GWh

Casa de Força

Comprimento total	968 m
Largura	99 m
Altura máxima	100 m
Nível da cobertura (cota)	148 m
Nível do piso dos geradores (cota)	108 m
Unidades Geradoras	18
Espaçamento entre unidades	34 m
Volume total do concreto	3,2 milhões m ³

Turbinas

Tipo	Francis
Potência nominal	715MW
Queda líquida nominal	112,9 m
Descarga nominal	690 m ³ /s
Diâmetro da roda	8,50 m
Diâmetro de entrada da caixa espiral	9,64m
Rotação nominal (50/60Hz)	90,9/92,3 rpm
Peso da roda	290 t
Peso do eixo	126 t

Geradores

Tipo	“Modified umbrella”
Capacidade nominal	
Unidade de 50Hz	823,6 MVA
Unidade de 60Hz	737,0 MVA
Tensão nominal	18 5% kV
Fator de potência	
Unidades de 50Hz	0,85
Unidades de 60Hz	0,95
Peso total aproximado	
Unidades de 50Hz	3.343 t
Unidades de 60Hz	3.242 t

2.2 Operação do sistema e da Usina

A operação da Usina de Itaipu iniciou-se formalmente em 5 de maio de 1984, com a entrada em serviço da unidade geradora n 1 – 50Hz, funcionando em conjunto com o sistema paraguaio. A partir dessa data, foram postas gradualmente em operação as demais máquinas, culminando com a entrada em serviço da unidade 18, em 9 de abril de 1991.

A área de operação do sistema é responsável pela coordenação, supervisão e execução, em tempo real, da operação interligada, nos aspectos energéticos, elétrico e hidráulico.

A área de operação da Usina é responsável pela geração de energia, execução de manobras de controle e monitoração do estudo dos equipamentos.

As funções desenvolvidas pela operação em tempo real têm por objetivo coordenar e supervisionar a execução dos programas estabelecidos ou reprogramar a operação corrente, de modo a manter ou restabeleceras condições de confiabilidade e qualidade de serviço, assim como garantir a integridade dos equipamentos e a segurança do pessoal.

3. Proteções Elétricas das Unidades Geradoras (Setor de Geradores)

Supervisores: Lobo / José Simão

3.1 Introdução

Nesse setor sob a direção de Engenheiros tivemos primeiramente uma abordagem geral sobre a filosofia dos sistemas de Proteção, onde foram mostrados alguns dos equipamentos e sistemas que são de responsabilidade do setor no tocante ao controle e manutenção dos mesmos. Basicamente foram explicações teóricas e consultas a apostilas.

A proteção das Unidades Geradoras de ITAIPU é de fabricação SIEMENS, compostas de relés estáticos dispostos em módulos localizados nos painéis de controle local da Unidade. Em geral os painéis de proteção são compostos de vários módulos com funções específicas, cada qual processando as informações adaptando-as para os módulos seguintes, de forma a obter a característica desejada.

O presente tópico aborda o aspecto funcional da proteção diferencial, iniciando por focar o defeito que se quer detectar e procurando mostrar de que maneira a proteção combina e processa as informações, dando a idéia da função de cada módulo

3.2 Proteção Diferencial

Conceito:

A proteção diferencial baseia-se no fato de que em condições normais de operação existe um equilíbrio entre as correntes entrando e saindo de um equipamento. Na ocorrência de uma falha interna este equilíbrio não é mais mantido e a diferença entre essas duas correntes é aplicada a um relé de sobrecorrente, conforme a figura..

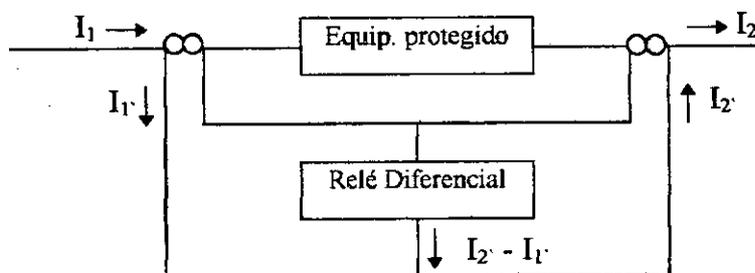


Fig.

Como pode ser visto, a comparação é feita nas correntes secundárias dos TC's que definem a zona protegida pela proteção diferencial.

Em condições normais I_1' deve ser igual a I_2' , e a corrente através do relé deve ser nula. Porém, na ocorrência de um curto circuito interno à zona protegida, haverá uma diferença entre I_1' e I_2' , igual à corrente de falha, a qual irá circular através do relé, fazendo com que ele opere quando essa diferença ultrapassar um limite pré estabelecido, dito valor de pick-up* do relé.

3.2.1 Proteção diferencial do gerador, Relé 87G

O relé diferencial de proteção dos geradores de Itaipu é composto de três módulos diferenciais percentuais monofásicas 7TD4351-0 e um módulo de sinalização 7TS1212-1.

Os três módulos diferenciais monofásicos devem receber os mesmos ajustes, que podem ser escolhidos entre 0,5 e 2,0 A, e aplicados pela inserção dos plugs de ajuste na parte frontal do módulo. A característica de operação é a mesma para qualquer tipo de falha, seja ela bi ou trifásica, dependendo apenas dos níveis de correntes envolvidas.

O módulo 7TS 1212-1 sinaliza no local, a operação da proteção, individualmente por fase, através de um flip-flop RS e um LED montado na parte frontal do módulo para cada fase, os quais retêm a informação da operação do relé, até que a sinalização seja resetada.

* pick-up (operação do relé) Um relé é dito "operado" quando ele muda da posição desenergizada para a posição energizada.

4. Alta Tensão (Subestação Isolada a Gás)

Supervisores: José Guilherme/ Miguel Santacruz

4.1 Introdução

Foram estudadas ao longo do projeto , várias alternativas para as subestações e para as linhas de saída da casa de força. As restrições impostas pela disposição de projeto, incluindo-se a proximidade e a concentração dos equipamentos construtivos, tornou praticamente impossível a construção de nove linhas de saída , em alta tensão para cada margem do rio, conforme inicialmente previsto no estudo de viabilidade.

A utilização de subestação isolada a gás, instaladas no interior da casa de força veio resolver as questões acima apresentadas. O esquema desejado para a subestação poderia ser facilmente implantado e o espaço disponível entre a casa de força e a barragem principal era suficiente para acomodar todo o equipamento da subestação. Em vez de nove, apenas quatro saídas de linhas por setor seriam necessárias.

Neste setor acompanhamos a manutenção de um disjuntor da GIS, observando os critérios adotados para a proteção destes equipamentos fora do compartimento da GIS. A manutenção deste disjuntor é feita em um laboratório de temperatura e umidade controlada.

4.2 Instalações Isoladas a Gás SF₆

Com o desenvolvimento das técnicas das instalações isoladas a gás SF₆ (GIS- Gás Insulated Switchgear), foi possível construir subestações de manobra em “espaços reduzidos” em comparação as instalações convencionais isoladas por ar que ocupam grandes espaços.

No caso dessas instalações, os condutores elétricos e as partes ativas do equipamento e componentes que se encontram dentro de uma cápsula metálica hermética com gás SF₆ que recebe o nome de compartimento.

Abaixo dos valores nominais de 170kV, as três fases da GIS geralmente estão dentro de uma envoltória comum; debaixo de 72,5kV no meio isolante, o gás SF₆, pode ser usado a pressão normal, visto que as maiores voltagens da pressão do gás isolante é de 3,5 a 4,8 bar em alguns casos, tanto como 6 bar.

Devido a baixa pressão do gás isolante, os invólucros para 72,5kV podem ser de construção de aço hermeticamente fechado. Os invólucros para os níveis de tensão maiores são fundidos de alumínio, não magnéticos, resistentes a corrosão.

Do ponto de vista elétrico, uma instalação deste tipo corresponde a uma instalação de uma subestação convencional com os componentes tradicionais como interruptores, seccionadores, transformadores de tensão e corrente, isoladores e barras coletoras.

4.3 Vantagens da Instalação a gás SF₆

A implantação caracteriza-se por:

- Necessidade de espaço reduzido frente as instalações convencionais de 2% a 15%, 0,5 a 8% em volume, dependendo da disposição e do nível de tensão da instalação,(ver quadrol)
- Índices de confiabilidade superior as instalações convencionais
- Compromisso com o desempenho, normalmente só existe um fabricante em oposição ao que ocorre numa subestação convencional, onde existe equipamentos de diversas procedências e os projetos de disposição são realizados de forma independente.
- Não apresenta influencias externas como umidade e outros.
- Sendo de espaço reduzido, são normalmente projetadas de forma abrigada, que torna possível a manutenção independente das condições climáticas

Caso Especifico da Disposição da Instalação da ITAIPU BINACIONAL

A subestação isolada a gás SF₆ de 500kV/4000 da usina é formada por dois setores, um de 50Hz e outro de 60Hz, ambas como barras duplas e seccionadas, com uma disposição de "interruptor e meio" para entrada de geradores e de "duplo interruptor" para casos de saída de linhas e serviços auxiliares.

O setor de 50Hz, engloba as unidades 1 a 9, uma saída p/ serviços auxiliares e 4 linhas de 500kV das quais 2 interligam diretamente com a SE conversora em Foz de Iguaçu, na empresa FURNAS e 2 são seccionadas a Subestação da Margem Direita (convencional), que por sua vez interliga com o sistema paraguaio através de linhas de 220kV, e com a subestação conversora de FURNAS.

O setor de 60Hz engloba as unidades 100 a 18 uma saída a Serviços Auxiliares e 4 linhas de 500kV, que interliga com a SE elevadora de FURNAS (765 kV), que conecta ao sistema brasileiro.

4.3.1 Propriedades do gás SF₆

Químicas

O gás SF₆, combinação de enxofre e flúor, em condições normais de temperatura e a pressões relativamente baixas, na ordem de 100 a 700kpa, apresenta as seguintes características;

- Não combustível, incolor, inodoro, não tóxico
- 5 (cinco) vezes mais pesado que o ar.
- Tem comportamento de gás nobre
- É quimicamente inativo até a temperatura de 250° C
- Não envelhece

Elétricas

- Estas propriedades são a razão da utilização do gás SF₆ como meio isolante:
- Alta rigidez dielétrica. A pressão atmosférica é 2,5 vezes a do ar, ao ser utilizado nessa pressão é possível alcançar o nível de isolamento requerido para distancias muito pequenas entre peças com tensão.
- Excelente capacidade de extinção de arco elétrico. O gás é apto para a construção de interruptores com grande capacidade de interrupção de corrente
- Boas propriedades refrigerantes. Tem elevada capacidade de transferência de calor.
- A rigidez dielétrica e a capacidade de interrupção do SF₆ aumenta significativamente com a densidade do gás, havendo a possibilidade de ajustar as características do meio isolante (formado pelo gás SF₆) a uma diversidade de requisitos dielétricos e correntes de ruptura.
- O gás SF₆ é a única substancia que possui características de isolante auto-recuperável. Consistência de propriedades em ampla faixas de temperatura e frequência, fácil tratamento e recuperação, e amplia a variação das características elétricas com a densidade.

Tensão do Sistema	69kV	138kV	230kV	500kV	Nominal
Volume	122m ³ 1400m ³ 8,7%	256m ³ 904m ³ 3,2%	360m ³ 31680m ³ 1,1%	780m ³ 76000m ³ 0,44%	SF ₆ CONV. PROP.
Área	19m ² 140m ² 13,6%	32m ² 494m ² 6,5%	45m ² 1320m ² 3,4%	78m ² 4400m ² 1,8%	SF ₆ CONV. PROP.

Quadro 1

Diagrama Unifilar GIS 50 Hz

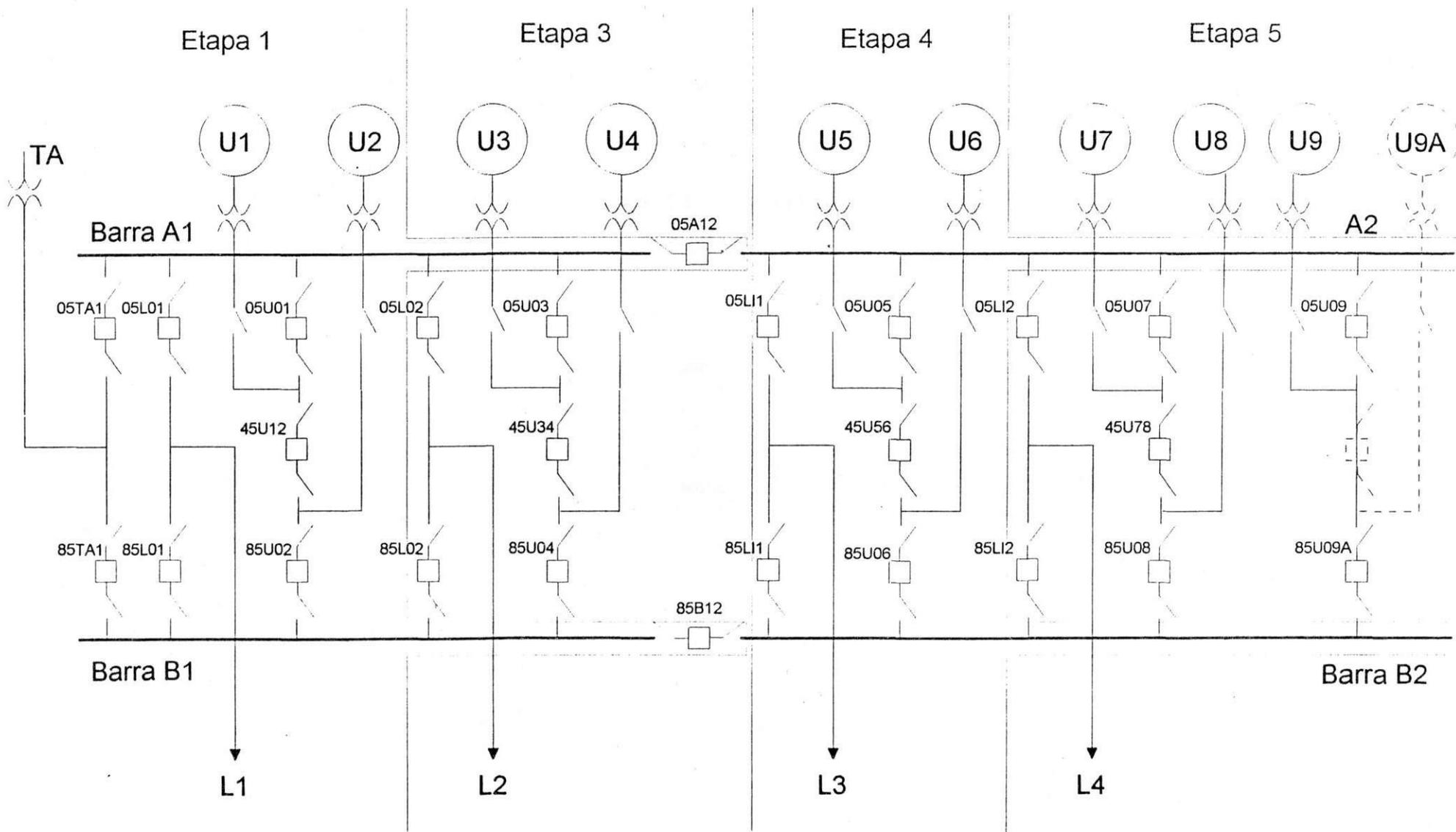
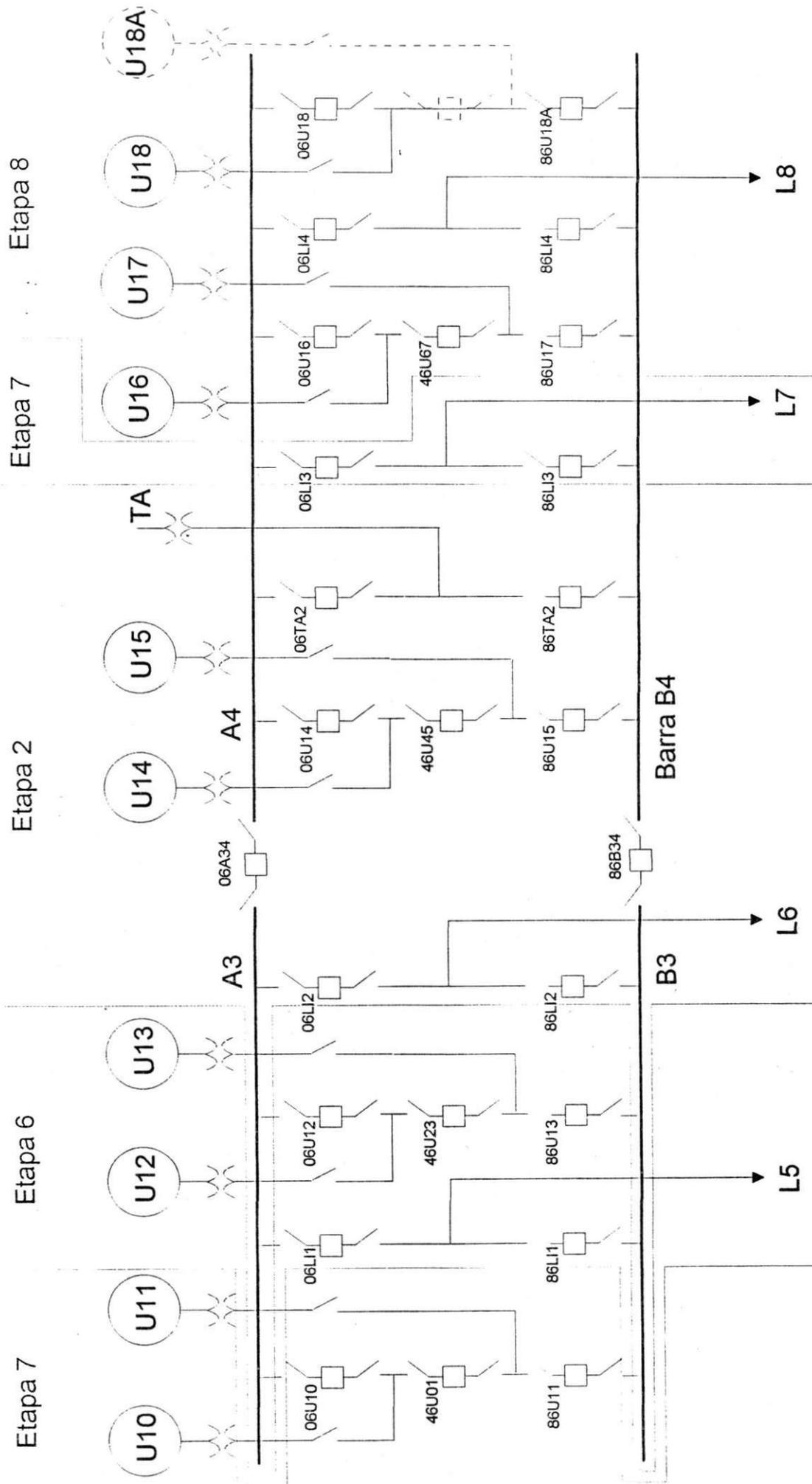


Diagrama Unifilar GIS 60 Hz



5. Linhas de Transmissão de Itaipu Binacional

Supervisor: Sanada

5.1 Introdução

O Sistema construído para transmitir em território brasileiro a energia da Usina Hidrelétrica de Itaipu, é um dos mais importantes do mundo ocidental, não só por utilizar as mais altas tensões em operação comercial, tanto em corrente contínua 600kV, como em corrente alternada 750kV, mas, também pela elevada capacidade de transmissão: 12 600 000 kW.

A experiência adquirida por FURNAS na transmissão de energia elétrica, com a introdução pioneira no Brasil das tensões de 345 kV e 500 kV, fez com que a empresa fosse designada para construir e operar o sistema de transmissão de Itaipu. A natureza do problema - transmissão de grandes quantidade de energia a uma distancia de quase mil quilômetros - combinada com outros parâmetros, conduziu, após demorados estudos, à construção de um sistema misto, em que parte da energia é transportada em corrente alternada e parte em contínua.

5.2 Linhas de Transmissão do Sistema

São compostas por linhas de transmissão de 500 kv/50-60Hz, 220KV/50Hz e 66KV/50Hz.

Linhas de Transmissão 500KV/50-60Hz

Setor de 50Hz

2 linhas que interligam as unidades geradoras de 50Hz com a subestação da margem direita (Itaipu), com a finalidade de suprir as cargas de 500KV, 220KV e 66kv da subestação da margem direita; a extensão aproximada de cada linha é de 2Km

2 linhas que interligam as unidades geradoras de 50Hz com a subestação conversora de Foz do Iguaçu (Furnas), com a finalidade de alimentar o sistema elétrico brasileiro. Através da geração em 50Hz; a extensão aproximada de cada linha é de 11Km.

2 linhas que interligam a subestação da margem direita com a subestação conversora de Foz do Iguaçu (Furnas), com a finalidade de alimentar o sistema elétrico brasileiro através da geração em 50Hz; a extensão aproximada de cada linha é de 9 Km.

Setor de 60Hz

4 linhas que interligam as unidades geradoras de 60Hz com a subestação elevadora de Foz do Iguaçu (Furnas), com a finalidade de interligar a geração de 60 Hz com o sistema elétrico brasileiro; extensão aproximada de cada linha 8 Km

Linhas de Transmissão 220KV/50Hz

2 linhas que interligam a subestação da margem direita (Itaipu) a subestação de Acaray(ANDE), com a finalidade de interligar o sistema elétrico paraguaio a geração de 50Hz; extensão aproximada de cada linha 5Km.

2 linhas que interliga a subestação da margem direita (Itaipu) a subestação de Limpio (ANDE), com a finalidade de interligar o sistema elétrico paraguaio a geração de 50Hz; extensão aproximada da linha 320Km.

Linhas de Transmissão 66KV/50Hz

Uma linha que interliga a subestação da margem direita (Itaipu) a subestação conversora de Foz do Iguaçu (Furnas), com a finalidade de alimentar alternativamente os serviços auxiliares de 50Hz da subestação conversora de Foz do Iguaçu, extensão aproximada da linha 9Km.

1 linha subterrânea (cabo a óleo) que interliga a subestação da margem direita (Itaipu), com a finalidade de alimentar o transformador de serviços auxiliares TB 01 de 50Hz da UHI; extensão aproximada 3 Km.

5.3 Características das Linhas de Transmissão

Linhas de 500Kv/50-60Hz

Estrutura

Torre metálica autoportante

Disposição dos condutores: horizontal

Fundação: em concreto

Cabo condutor

Tipo: cabo de alumínio com alma de aço (CAA)

Código: Rail

Área: 954 KCM

Quantidade de condutores por fase: 4

Cabo Para Raios

Tipo: CAA

Código: Partridge

Área: 266,8KCM

Quantidade de cabos: 4 e 2

Isolador

Material: vidro temperado

Diâmetro: 280 e 254mm

Tipo: antipoluição e normal

Linhas de 220Kv/50Hz

Estrutura

Torre metálica autoportante

Disposição dos condutores: triangular

Fundação: em concreto

Cabo condutor

Tipo: CAA

Código: Rail

Área: 954KCM

Quantidade de condutor por fase : 2

Cabo Para Raios

Tipo: CAA

Código: Partridge

Área: 266,8KCM
Quantidade de cabos: 2

Isolador

Material: vidro temperado
Diâmetro: 254 mm
Tipo: normal

Linhas de 66KV/50Hz

Linha Aérea

Estrutura

Poste de concreto
Disposição dos condutores: triangular
Fundação: em solo

Cabo condutor

Tipo: CAA
Código: Partridge
Área: 266,8KCM
Quantidade de condutor por fase: 1

Cabo Para Raios

Tipo: cabo de aço
Diâmetro: 5/16"
Quantidade de cabo: 1

Isolador

Material: vidro temperado
Diâmetro: 254 mm
Tipo: normal

Linha Subterrânea

Cabo OFP 200 mm (cabo a óleo a baixa pressão)
Quantidade de cabo por fase: 1

5.4 Subestação de Foz do Iguaçu (Furnas)

O ponto de partida do Sistema de Transmissão de Itaipu, no Brasil, é a subestação de Foz do Iguaçu, localizada no município de mesmo nome.

Na Subestação de Foz do Iguaçu, estão localizados:

Subestação conversora (retificadora), que recebe, através de quatro linhas de 500kV, a energia das unidades de Itaipu, que geram na frequência de 50Hz, em corrente alternada, e a converte em corrente contínua;

Subestação elevadora, que recebe a energia das unidades de Itaipu, na frequência de 60Hz, através de quatro linhas de 500kV, e a envia, na tensão de 750kV, às regiões Sudoeste e Sul;

Casa de Controle, comum a ambas as Subestações;

Outras instalações comuns, como uma subestação auxiliar de 34,5 kV, que recebe energia da Copel, em 60Hz; uma Subestação auxiliar de 66 kV, que recebe energia de Itaipu, em 50Hz, uma barragem e sistema de captação de água; e a área administrativa.

5.4.1 Sistema de Corrente Contínua

O sistema de corrente contínua é um meio de transmissão de energia elétrica, que apresenta, em certos casos, vantagens sobre a corrente alternada:

- Possibilita a interligação de sistemas de frequência diferente (50 e 60Hz), como é o caso do Paraguai e Brasil;
- Simplifica a interligação de sistemas sob o aspecto de estabilidade, evitando problemas de sincronismo;
- Não contribui para o aumento da corrente de curto-circuito em sistemas interligados; e
- Apresenta uma perda de potência substancialmente menor que um sistema equivalente em corrente alternada, o que se torna especialmente atraente para grandes distâncias, de várias centenas, ou de milhares de quilômetros.
- A corrente alternada é transformada em corrente contínua em uma estação conversora, denominada “retificadora”, cujos elementos principais são válvulas de funcionamento semelhantes de equipamento eletrônicos.
- No terminal receptor de energia, a corrente contínua é novamente transformada em corrente alternada em outra estação, no caso chamada “inversora”, constituída por elementos iguais aos da retificadora, porém funcionando em sentido contrário.

- No caso do Sistema de Transmissão de Itaipu, a estação conversora retificadora fica em Foz do Iguaçu, próximo à usina, e a estação conversora inversora em Ibiúna, região da Grande São Paulo.

A corrente alternada é transformada em corrente contínua em uma estação conversora, denominada “retificadora”, cujos elementos principais são válvulas de funcionamento semelhantes às de equipamento eletrônicos.

No terminal receptor de energia a corrente contínua é novamente transformada em corrente alternada em outra estação, no caso chamada: “inversora”, constituída por elementos iguais aos da retificadora, porém funcionando em sentido contrário.

No caso do Sistema de Transmissão de Itaipu, a estação conversora retificadora fica em Foz do Iguaçu, próximo à usina, e a estação conversora inversora Ibiúna, região da grande São Paulo. (ver anexo do tópico)

6. Serviços Auxiliares

6.1 Introdução

Este tem como objetivo atender os equipamentos elétricos auxiliares da usina. Responsável pelo funcionamento dos geradores das subestações, a SF6 e da margem direita, vertedouro e os demais equipamentos de controle da usina.

Neste setor visitamos os dois sistemas de serviços auxiliares o de 50 e o de 60Hz , cujo as tensões de distribuição são 13.8 kV para o primário e 460 V para o secundário do transformador.

6.2 Serviços Auxiliares de Itaipu

Os serviços auxiliares são primordiais e possui uma fonte principal, fonte alternativa e uma fonte de emergência fonte principal provém da própria energia produzida pelos geradores que alimentam os transformadores que diminuem a tensão de 500 KV, para a tensão de 13,8 KV. A fonte alternativa é utilizada na falta de tensão nos transformadores ou na manutenção nos quadros e transformadores. A energia desta fonte alternativa chega até a usina através da linha 69Kv,vinda da COPEL para o setor de 60 hz e através de um cabo á óleo vindo da subestação da margem direita.

Tópicos Apresentados:

- Fontes de alimentação (principais, alternadas, emergência)
- Princípio de funcionamento
- Características técnicas dos equipamentos
- Funcionalidade do sistema
- Sistema de 460 volts
- Generalidades

- Diagrama de comando
- Visitas locais
- Sistema de ventilação (ar condicionado, água potável, servida e sistema de elevação e transporte)
- Grupos resfriadores
- Visitas aos trafos auxiliares, baterias de emergência.

7. Conclusão

Diante do exposto pode-se concluir que o estágio foi de grande importância para obtenção de conhecimentos gerais sobre o funcionamento de uma hidrelétrica de tal dimensão, de porte único no mundo. Fizemos inspeções técnicas, assim como observamos manutenções e ensaios em algumas máquinas.

Podemos destacar no estágio a oportunidade de nos relacionar-mos com profissionais da área, proporcionando além de novos conhecimentos técnicos, aprimoramento da teoria vista na Universidade

As características técnicas apresentadas neste relatório foram baseadas nas apostilas de cursos ministrados na Itaipu, pelas superintendências de operação e manutenção.

8. Bibliografia

[1] Sanada – Apostila: Itaipu Binacional- Linhas de Transmissão

[2] Santacruz Miguel – Curso de Treinamento para Técnicos da Yacretá- Subestações (Convencional-GIS)

[3] Furnas Centrais Elétricas SA – ITAIPU- Transmission System