

Sumário

Centrais e aproveitamentos hidrelétricos

1 - Introdução ao Estudo da Geração Elétrica

- 1.1 Fundamentos
 - 1.2 Tipos de Correntes Elétricas Geradas por Geradores Eletromecânicos
 - 1.2.1 Aspectos Gerais
 - 1.2.2 Geração em Corrente Contínua
 - 1.2.3 Geração em Corrente Alternada
 - 1.2.3.1 Considerações
 - 1.3 Exercícios Resolvidos
 - 1.3.1 Exercício Resolvido 1
 - 1.3.2 Exercício Resolvido 2
 - 1.4 Classificação dos Geradores de Corrente Alternada
 - 1.4.1 Aspectos Gerais
- Bibliografia

2 - Introdução ao Estudo das Máquinas Elétricas Síncronas

- 2.1 Fundamentos
 - 2.1.1 Máquinas de Topologia Fechada
 - 2.2 Introdução ao Estudo das Máquinas Elétricas Síncronas
 - 2.2.1 Aspectos Gerais
 - 2.2.2 Componentes Construtivos da Máquina Síncrona de Estator Liso e Rotor Saliente
 - 2.2.2.1 Estator
 - 2.2.2.2 Rotor
 - 2.3 A Excitação das Máquinas Síncronas
 - 2.3.1 Aspectos Gerais
 - 2.3.2 Operação do Circuito de Excitação de Campo
 - 2.3.3 Propriedades do Sistema de Excitação
 - 2.3.4 Considerações
 - 2.4 Aplicações Gerais da Máquina Síncrona
 - 2.4.1 Aspectos Gerais
 - 2.4.2 Geradores Síncronos
 - 2.4.3 Motores Síncronos
 - 2.5 Conclusões
 - 2.6 Exercício Resolvido
 - 2.7 Exercício Proposto
- Bibliografia

3 - Introdução ao Estudo das Máquinas Hidráulicas

- 3.1 Fundamentos
- 3.2 Turbina Hidráulica
- 3.3 Bomba Hidráulica
- 3.4 Pontos a Serem Analisados Quando da Instalação de uma Central Hidrelétrica
- 3.5 Disposição do Conjunto Turbina-Gerador

3.6 Exercício Resolvido

Bibliografia

4 - Aproveitamento Hidrelétrico

4.1 Fundamentos

4.2 Definições e Conceitos

4.2.1 Altura Topográfica (HTOP)

4.2.1.1 Altura Topográfica para Turbinas de Ação a Eixo Horizontal (HTOPA)

4.2.1.2 Altura Topográfica para Turbinas de Reação (HTOPR)

4.2.2 Altura Bruta de um Aproveitamento (HBR)

4.2.2.1 Definição

4.2.2.2 Equação de Bernoulli

4.2.2.3 Equacionamento

4.2.3 Altura Disponível de um Aproveitamento (H)

4.2.4 Tomada de Água

4.2.5 Vazão Firme ou Vazão Efetiva de um Aproveitamento (Q)

4.2.6 Turbina Limite

4.2.7 Turbina Pneumática

4.2.8 Turbinas Geometricamente Semelhantes

4.2.9 Turbina Unidade

4.2.10 Velocidade Específica de uma Turbina ou de uma Família de Turbinas Geometricamente Semelhantes

4.2.11 Equações Empíricas para o Cálculo da Velocidade Específica de Turbinas Geometricamente Semelhantes

4.2.11.1 Turbinas Francis

4.2.11.2 Turbinas Kaplan

4.2.11.3 Turbinas Hélice

4.2.11.4 Turbinas Pelton

4.2.12 Velocidade Específica de Turbinas Geometricamente Semelhantes

4.3 Exercícios Resolvidos

4.3.1 Exercício Resolvido 1

4.3.2 Exercício Resolvido 2

4.4 Velocidade da Água à Saída do Injetor de uma Turbina Pelton

4.5 Potência Mecânico-Hidráulica de um Aproveitamento Ideal

4.5.1 Aproveitamento Ideal

4.5.2 Equacionamento

4.5.3 Considerações

4.5.4 Potência de um Aproveitamento Hidráulico em Cavalos-Vapor

4.5.4.1 Aspectos Gerais

4.6 Velocidade do Eixo Motriz de uma Turbina Hidráulica

4.7 Exercícios Resolvidos

4.7.1 Exercício Resolvido 3

4.7.2 Exercício Resolvido 4

4.8 Exercícios Propostos

4.8.1 Exercício Proposto 1

4.8.2 Exercício Proposto 2

Bibliografia

5 - Turbinas de Ação

5.1 Fundamentos

5.2 As Turbinas Pelton

5.2.1 Aspectos Gerais

- 5.2.2 Operação de uma Turbina Pelton
- 5.2.2.1 Órgãos Componentes de uma Turbina Pelton
- 5.2.3 Disposição de Eixo das Turbinas Pelton
- 5.2.3.1 Aspectos Gerais
- 5.2.3.2 Turbinas a Eixo Vertical
- 5.3 Conclusões
- 5.4 Exercício Resolvido
- 5.5 Exercício Proposto
- Bibliografia

6 - Turbinas de Reação

- 6.1 Aspectos Gerais
- 6.1.1 Definição
- 6.1.2 O Rotor de Founeyron
- 6.1.3 O Rotor Francis
- 6.1.4 O Rotor Oblíquo
- 6.1.5 O Rotor Hélice Fixa
- 6.1.6 O Rotor Kaplan
- 6.1.7 O Rotor Dériaz
- 6.2 A Turbina Francis
- 6.2.1 Aspectos Gerais
- 6.2.2 Evolução do Rotor Francis
- 6.2.3 Turbina em Caracol Empregando Rotor Francis
- 6.2.3.1 Pás Diretoras Fixas
- 6.2.3.2 Pás Diretoras Móveis ou Distribuidor de Pás Móveis
- 6.2.3.3 Velocidade Específica do Rotor Francis
- 6.2.3.4 Considerações
- 6.3 A Turbina Hélice Fixa
- 6.3.1 Aspectos Gerais
- 6.3.2 Turbinas Hélice Fixa Operando sem Caracol
- 6.3.2.1 Válvula Borboleta
- 6.3.3 Turbinas Hélice Fixa Operando com Caracol
- 6.3.3.1 Aspectos Gerais
- 6.3.3.2 Considerações
- 6.4 A Turbina Kaplan
- 6.4.1 Aspectos Gerais
- 6.4.2 Turbinas Kaplan Operando com Caracol
- 6.4.3 Considerações
- 6.5 Rendimento Comparativo das Turbinas da Família Hélice
- 6.5.1 Aspectos Gerais
- 6.5.2 Rendimento Comparativo das Turbinas da Família Hélice
- 6.6 Rendimento Comparativo das Turbinas
- 6.7 Conclusões
- 6.8 Exercícios Resolvidos
- 6.8.1 Exercício Resolvido 1
- 6.8.2 Exercício Resolvido 2
- 6.9 Exercícios Propostos
- 6.9.1 Exercício Proposto 1
- 6.9.2 Exercício Proposto 2
- Bibliografia

7 - Tubo de Aspiração das Turbinas de Reação

- 7.1 Aspectos Gerais
- 7.2 Aspectos Teóricos
- 7.3 Fórmula de Thoma
- 7.4 Aspectos Limitantes para o Projeto do Tubo de Aspiração
- 7.5 Exercícios Resolvidos
 - 7.5.1 Exercício Resolvido 1
 - 7.5.2 Exercício Resolvido 2
 - 7.5.3 Exercício Resolvido 3
- 7.6 Considerações Finais
- 7.7 Exercícios Propostos
 - 7.7.1 Exercício Proposto 1
 - 7.7.2 Exercício Proposto 2
- Bibliografia

8 - Perdas nos Órgãos Adutores de uma Turbina

- 8.1 Aspectos Gerais
- 8.2 Tomada de Água
 - 8.2.1 Definição
 - 8.2.2 Formas de Aduzir
- 8.3 Câmara de Carga
 - 8.3.1 Definição
 - 8.3.2 Componentes
- 8.4 Finalidades da Tomada de Água
- 8.5 Perda Energética nos Órgãos Adutores
 - 8.5.1 Analogia entre Fenômenos Elétricos e Hidráulicos
 - 8.5.2 Considerações
- 8.6 Perdas Energéticas na Tomada de Água de um Aproveitamento Hidráulico
 - 8.6.1 Aspectos Gerais
 - 8.6.2 Perdas Energéticas na Tomada de Água
 - 8.6.2.1 Perdas no Bocal da Tomada de Água
 - 8.6.2.2 Perdas nas Grades de Proteção
 - 8.6.2.3 Considerações
- 8.7 Perda de Carga em Canais a Céu Aberto
 - 8.7.1 Aspectos Gerais
 - 8.7.2 Perda de Carga em Canais a Céu Aberto
- 8.8 Fórmulas para a Determinação da Perda de Carga em Canais a Céu Aberto
 - 8.8.1 Aspectos Gerais
 - 8.8.1.1 Área Molhada ou Seção Molhada de um Escoamento
 - 8.8.1.2 Perímetro Molhado de um Canal ou de uma Tubulação
 - 8.8.1.3 Raio Hidráulico de um Canal ou de uma Tubulação
 - 8.8.1.4 Diâmetro Hidráulico de um Canal ou de uma Tubulação
 - 8.8.1.5 Comentários
- 8.9 Exercício Resolvido 1
- 8.10 Exercício Resolvido 2
- 8.11 Número de Reynolds - Escoamentos Laminares e Escoamentos Turbulentos
- 8.12 Exercício Resolvido 3
- 8.13 Exercício Resolvido 4
- 8.14 Fórmula de Bazin para a Determinação do Coeficiente C do Material de que é Feito o Canal ou a Tubulação
- 8.15 Fórmula de Chézy para a Determinação da Velocidade Média do Escoamento
- 8.16 Exercícios Resolvidos
 - 8.16.1 Exercício Resolvido 5

- 8.16.2 Exercício Resolvido 6
- 8.17 Exercícios Propostos
 - 8.17.1 Exercício Proposto 1
 - 8.17.2 Exercício Proposto 2
- 8.18 Fórmula de Hazen-Williams para Conduitos Livres
 - 8.18.1 Fundamentos
 - 8.18.2 Fórmula de Hazen-Williams para Conduitos Livres
- 8.19 Exercícios Propostos
 - 8.19.1 Exercício Proposto 3
 - 8.19.2 Exercício Proposto 4
- Bibliografia

9 - Perdas de Carga na Tubulação de Pressão e na Tubulação Forçada de uma Turbina

- 9.1 Aspectos Gerais
- 9.2 Tubulação de Pressão
- 9.3 Chaminé de Equilíbrio
 - 9.3.1 Aspectos Gerais
 - 9.3.2 Necessidade da Instalação da Chaminé de Equilíbrio
 - 9.3.3 Chaminé de Equilíbrio e Perda de Carga
 - 9.3.4 Chaminé de Equilíbrio - Considerações
- 9.4 Tubulação Forçada
 - 9.4.1 Fundamentos
 - 9.4.2 Equacionamento
 - 9.4.2.1 Fórmula de Scobey para Tubulações de Pressão
 - 9.4.2.2 Fórmula de Hazen-Williams para Conduitos Livres
 - 9.4.2.3 Fórmula de Hazen-Williams para Conduitos Forçados
- 9.5 Considerações
- 9.6 Exercícios Resolvidos
 - 9.6.1 Exercício Resolvido 1
 - 9.6.2 Exercício Resolvido 2
- 9.7 Exercício Proposto
 - 9.7.1 Exercício Proposto 1
- Bibliografia

10 - Golpe de Ariete - Tubulação Forçada de uma Turbina

- 10.1 Aspectos Gerais
- 10.2 Método de Allievi
 - 10.2.1 Carga Hidráulica sobre uma Tubulação
 - 10.2.2 Sobrepressão em uma Tubulação Forçada
- 10.3 Exercício Resolvido 1
- 10.4 Espessura Mínima das Paredes de uma Tubulação Forçada
 - 10.4.1 Aspectos Gerais
 - 10.4.2 Espessura Mínima de Tubulação de Aço
- 10.5 Exercício Resolvido 2
- 10.6 Exercícios Propostos
 - 10.6.1 Exercício Proposto 1
 - 10.6.2 Exercício Proposto 2
 - 10.6.3 Exercício Proposto 3
- Bibliografia

11 - Cavitação nas Turbinas e Válvulas

- 11.1 Aspectos Gerais

Bibliografia

Apêndice A - Perdas Energéticas em uma Tubulação

A.1 Aspectos Gerais

A.2 Relação entre Potência e Altura de Coluna de Água

A.3 Exercício Resolvido

Bibliografia

Apêndice B - Geração Assíncrona - Geradores de Indução

B.1 Aspectos Gerais

B.2 A Máquina Assíncrona de Indução Operando como Gerador

B.3 A Máquina Assíncrona de Indução Autoexcitada Operando como Gerador

B.4 A Máquina Assíncrona de Indução Autoexcitada Operando como Gerador -
Equacionamento

B.5 Exercício Resolvido

Bibliografia

Apêndice C - Classificação das Centrais Hidrelétricas

C.1 Aspectos Gerais

C.2 Classificação das Plantas Elétricas

C.2.1 Plantas Energéticas de Serviços Gerais

C.2.2 Plantas de Base ou Primárias

C.2.3 Plantas Secundárias

C.2.4 Plantas Emergenciais

C.3 Usinas Hidrelétricas Primárias e Secundárias

C.3.1 Usinas de Acumulação e Represamento

C.3.2 Usinas a Fio de Água

C.3.3 Usinas Reversíveis

C.3.4 Usinas Maremotrizes

Bibliografia