UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Docente: Rildo Afonso de Almeida

Máquinas Térmicas e Hidráulicas

CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

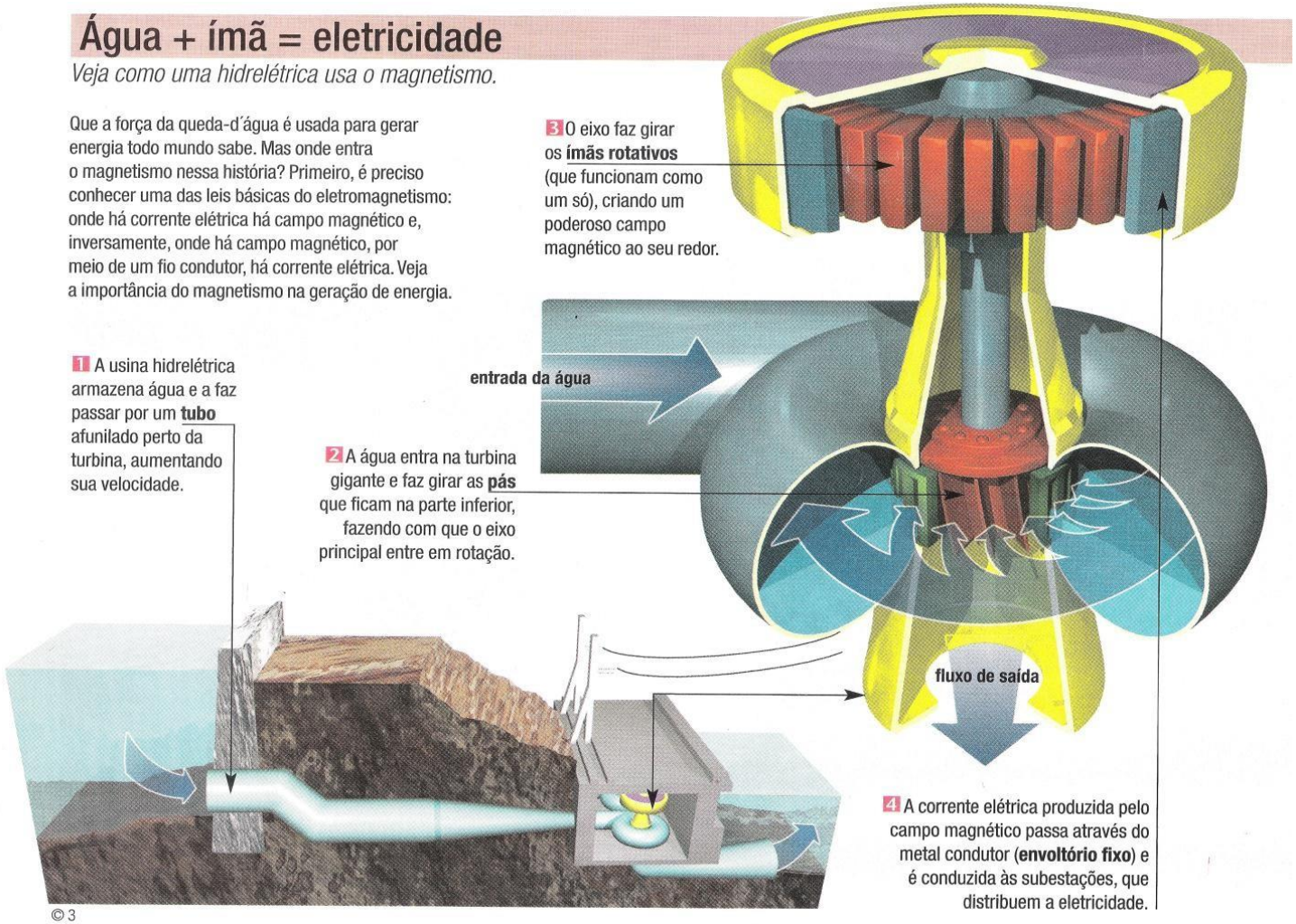
CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

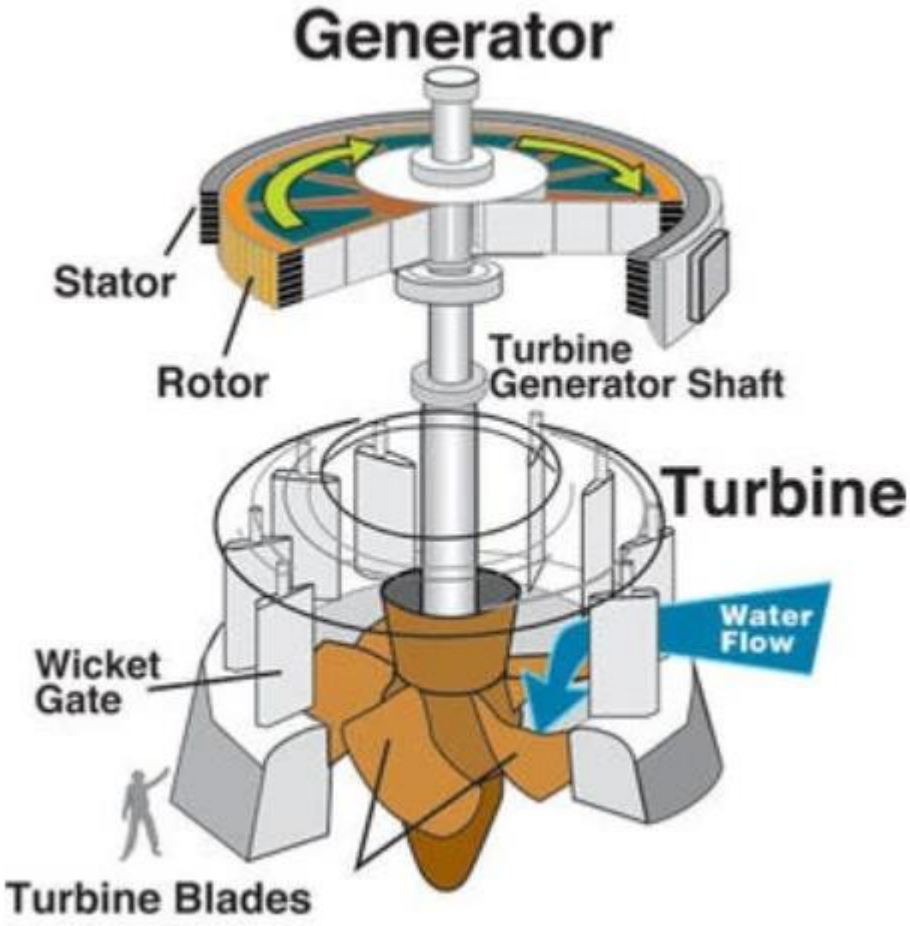
Água + ímã = eletricidade

Veja como uma hidrelétrica usa o magnetismo.

Que a força da queda-d´água é usada para gerar energia todo mundo sabe. Mas onde entra o magnetismo nessa história? Primeiro, é preciso conhecer uma das leis básicas do eletromagnetismo: onde há corrente elétrica há campo magnético e, inversamente, onde há campo magnético, por meio de um fio condutor, há corrente elétrica. Veja a importância do magnetismo na geração de energia.



CENTRAIS HIDRELÉTRICAS



CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

HÁ DIVERSOS CRITÉRIOS PARA SE CLASSIFICAR AS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS:

A) QUANTO À SUA POTÊNCIA (KW)

A1) microcentrais $P \leq 100$;
A2) minicentrais $100 < P \leq 1000$;
A3) pequenas centrais $1000 < P \leq 10000$;
A4) médias centrais $10000 < P \leq 100000$;
A5) grandes centrais $P \geq 100000$.

B) QUANTO A SUA QUEDA (m)

B1) centrais de baixíssima queda $H < 10$;
B2) centrais de baixa queda $10 \leq H < 50$;
B3) centrais de média queda $50 \leq H < 250$;
B4) centrais de alta queda $H > 250$.

CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

C) QUANTO À FORMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA

C1) centrais em desvio e em derivação;
C2) centrais em leito de rio ou de represamento.

D) QUANTO À FORMA DE UTILIZAR AS VAZÕES NATURAIS

D1) centrais a fio de água;
D2) centrais com regularização: diária, semanal, anual e plurianual.

E) QUANTO A SUA FUNÇÃO NO SISTEMA

E1) centrais de base;
E2) centrais flutuantes;
E3) centrais de ponta.

CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

PRINCIPAIS PARTES DE UMA CENTRAL HIDRELÉTRICA

A) BARRAGEM;
B) CAPTAÇÃO E CONDUTOS DE ADUÇÃO DE ÁGUA;
C) CASA DE MÁQUINAS;
D) RESTITUIÇÃO DE ÁGUA.

CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

BARRAGENS

Constituem obras transversais aos alvéolos dos rios, bloqueando a passagem de água, destinam-se a:

a) Represar as águas do rio para permitir sua captação e desvio.
b) Elevar o nível das águas a fim de proporcionar um desnível adequado a um aproveitamento hidrelétrico ou condições de navegabilidade ao rio, garantindo profundidade adequada.
c) Proporcionar o represamento do rio para formação de reservatórios regularizadores de vazões para os diversos tipos de aproveitamentos ou para o amortecimento de ondas de enchentes.

CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

BARRAGENS A GRAVIDADE

São aquelas em que o equilíbrio estático da construção, sob a ação das forças externas (empuxo hidrostático), realiza-se pelo próprio peso da estrutura, com o auxílio eventual da componente vertical do empuxo que atua sobre seus parâmetros.

A resultante de todas as forças atuantes é transmitida, através de sua base, ao solo do leito do rio sobre a qual as apóia.

As barragens a gravidade podem ainda aparecer nos seguintes tipos:

- maciças;
- aliviadas a contrafortes;
- de placas planas ou em arco;
- de terra e enrocamento (pedras soltas).

CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

DESCARREGADORES DE VAZÕES EXCEDENTES

Descarregadores de Superfície ou Vertedores Descarregadores de Fundo: mesmo em barragens com vertedores pode haver um ou mais descarregadores de fundo destinados a descarregar, periodicamente, o material assoreado ao pé das mesmas.

TOMADAS DE ÁGUA

A) **Grades de proteção:** Com a finalidade de interceptar material carregado pelo rio e que possa danificar ou travar as turbinas (pedras, galhos e árvores, etc.). São constituídas normalmente por painéis de barras de seção retangular, cujo espaçamento depende da dimensão mínima do material que se deseja receber.

CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

B) **Comporta:** Destina-se a abrir ou fechar a admissão da água nos condutos. Equipadas em geral com sistema de fechamento rápido para casos de emergência.

Além das comportas existem, em geral, um sistema de vigas de vedação. (stop-logs) que permitem o fechamento da tomada de água para fins de manutenção das comportas.

C) **Tubo de aeração:** Nas tomadas de água em pressão, imediatamente a jusante das comportas, deve haver um tubo ou galeria vertical aberto em sua parte superior para permitir a entrada de ar na tubulação após um fechamento rápido das comportas, para evitar a formação de depressões no interior das tubulações de adução que poderiam levar ao seu esmagamento.

CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

CONDUTOS DE ADUCÃO DA ÁGUA

Destinam-se à condução da água da barragem às turbinas. Podem ser considerados dois grupos:

-**Condutos de baixa pressão:** Caracterizam-se por apresentar, normalmente, baixas declividades, consequentemente, baixas velocidades de escoamento, o que permite, quando em galerias através de rochas sãs, a dispensa de revestimento. Em algumas situações podem ser substituídos por canais de superfície livre, em galerias ou a céu aberto.

-**Condutos forçados:** São condutos fechados, em que o escoamento se dá a pressões crescentes de montante para jusante, estando sua parte inferior submetida à pressão máxima do aproveitamento. Podem ser executados tanto em galerias como a céu aberto.

CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

TRANSICÕES ENTRE CONDUTOS DE BAIXA PRESSÃO E CONDUTOS FORÇADOS

Os condutos forçados estão sujeitos às pressões devidas ao golpe de superdimensionamento em relação às pressões normais de operação.
A fim das sobrepressões não se transmitirem aos condutos de baixa pressão é necessária a criação de “descontinuidades“ nas extremidades superiores dos condutos forçados, atuando como elementos de transação. Empregam-se para esse fim as chaminés de equilíbrio.

CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

CÂMARAS DE CARGA

Funções:

a) Proporcionar um espelho d"água para a reflexão das ondas dos golpes de aríete, reduzindo sua intensidade;
b) Proporcionar um volume de água de reserva capaz de atender rapidamente ao aumento de vazão requerido pelas turbinas em casos de aumento bruscos de carga elétrica nos geradores;
c) Receber o excesso de água rejeitado pelas turbinas em caso de fechamento brusco e também do canal adutor até que este reaja, reduzindo a velocidade de escoamento sob a influência do aumento do nível de água a jusante na câmara.

CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

CHAMINÉS DE EQUILÍBRIO

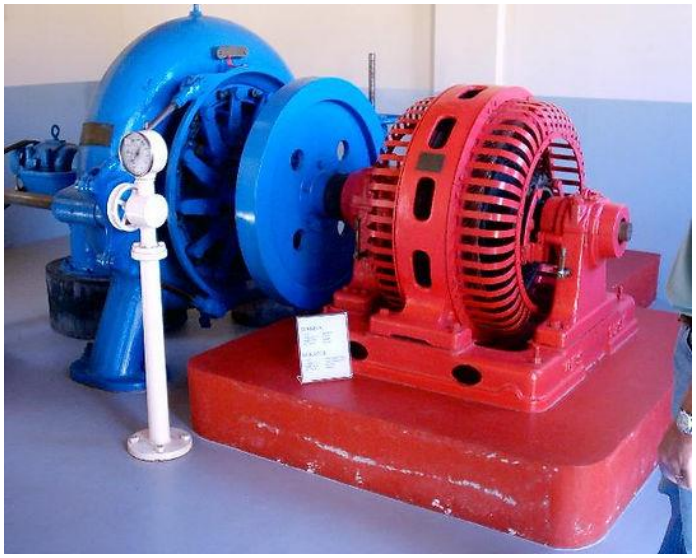
São associadas a condutos fechados em pressão. Devem ser localizadas o mais próximo possível da casa de máquinas para que o comprimento dos condutos forçados sejam os menores possíveis.

São constituídas basicamente, por construções verticais, com as formas mais variadas, dispostas no ponto de transição entre os condutos de baixa pressão e os condutos forçados. Sua forma mais simples é a cilíndrica.

CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

GERADORES

Nos dias de hoje, com a demanda cada vez maior de energia elétrica e a crescente preocupação com a escassez das reservas naturais, procuramos alternativas na geração de energia para residências, shows, indústrias, usinas e etc.



CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

Gerador é um dispositivo utilizado para a conversão da energia mecânica, química ou outra forma de energia em energia elétrica.

Tipos de geradores que convertem energia mecânica em elétrica:

- Gerador Síncrono
- Gerador de indução ou Gerador Assíncrono
- Gerador de Corrente contínua

Tipo de gerador que converte energia química em elétrica:

- Geradores de célula à combustível ou célula de combustível
- Pilhas

CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

Tipo de gerador que converte diretamente a energia luminosa do Sol em Energia Elétrica.

- Geradores fotovoltáicos

O tipo mais comum de gerador elétrico, o dínamo (**gerador de corrente contínua)** de uma bicicleta, depende da indução eletromagnética para converter energia mecânica em energia elétrica, a lei básica de indução eletromagnética é baseada na Lei de Faraday de indução combinada com a Lei de Ampere que são matematicamente expressas pela 3º e 4º equações de Maxwell respectivamente.

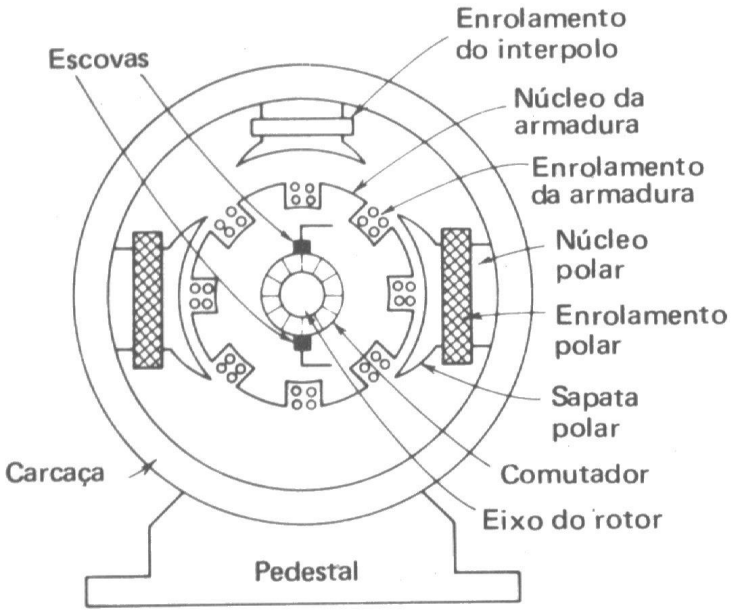
CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

O dínamo funciona convertendo a energia mecânica contida na rotação do eixo do mesmo que faz com que a intensidade de um campo magnético produzido por um Ímã permanente que atravessa um conjunto de enrolamentos varie no tempo, o que pela Lei da indução de Faraday leva a indução de tensões nos terminais dos mesmos.

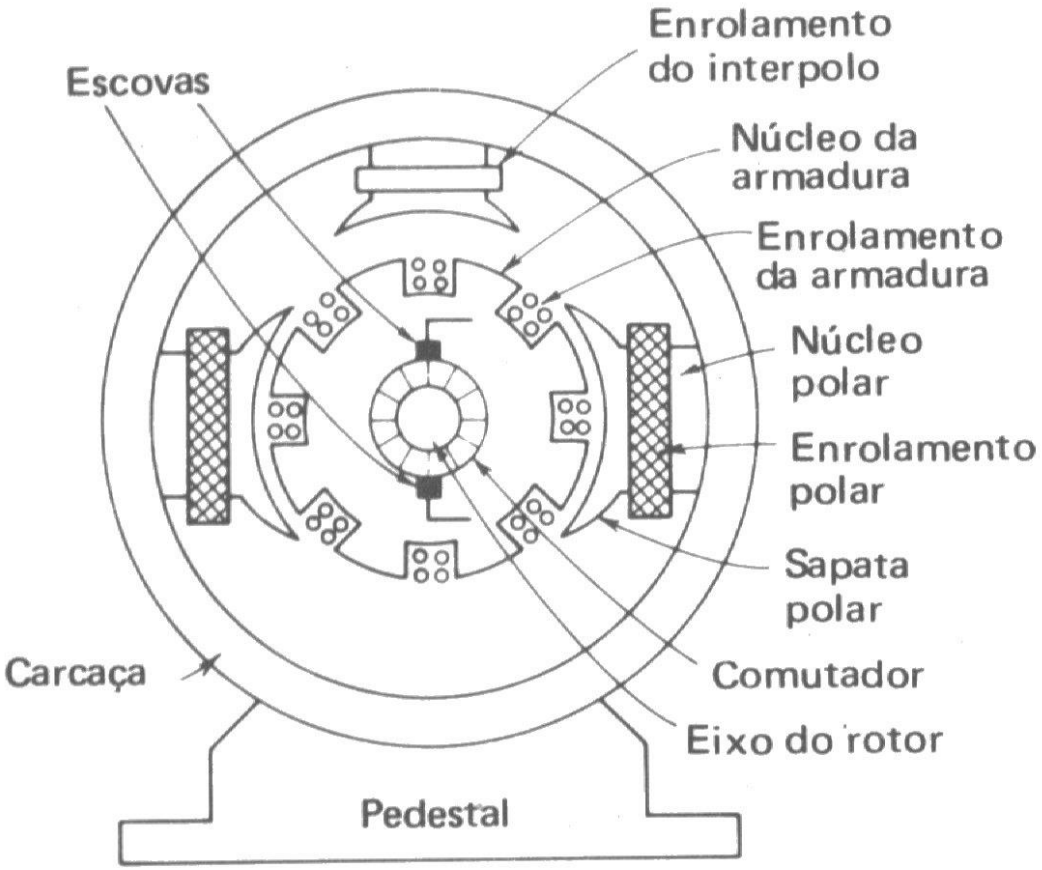
A energia mecânica (muitas vezes proveniente de uma turbina hidráulica, à gás ou a vapor) é utilizada para fazer girar o rotor, o qual induz uma tensão nos terminais dos enrolamentos que ao serem conectados a cargas levam a circulação de correntes elétricas pelos enrolamentos e pela carga.

CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

No caso de um gerador que fornece uma corrente contínua, um interruptor mecânico ou anel comutador alterna o sentido da corrente de forma que a mesma permaneça unidirecional independente do sentido da posição da força eletromotriz induzida pelo campo.



CENTRAIS HIDRELÉTRICAS



CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

Os grandes geradores das usinas geradoras de energia elétrica fornecem corrente alternada e utilizam turbinas hidráulicas e **Geradores Síncronos**.

Itaipu, Brasil

Rotor do gerador sendo baixado

CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

Há muitos outros tipos de geradores elétricos. **Geradores Eletrostáticos** como a máquina de Wimshurst, e em uma escala maior, os geradores de van de Graaff, são principalmente utilizados em trabalhos especializados que exigem Tensões muito altas, mas com uma baixa corrente e potências não muito elevadas.

Isso se deve pelo fato de nesses tipos de gerador, a densidade volumétrica de energia não é pequena, ou seja, para que se tenha uma grande quantidade de energia sendo convertida é necessário um grande volume por parte da estrutura do gerador.

CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

O mesmo não ocorre nos geradores que operam baseados em princípios eletromagnéticos pois os mesmos permitem uma concentração volumétrica de energia bem maior.

Three Gorges/China

Carcaça do estator com D=21,42m, na fábrica de São Paulo. Brasil. Este é o maior gerador construído.

CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

Geradores Síncronos

Princípio de Funcionamento do Gerador Síncrono

A máquina síncrona é composta do estator, que aloja um enrolamento monofásico ou trifásico e onde será induzida tensão pelo movimento do rotor. No enrolamento do estator será induzida uma tensão alternada, a qual produzirá uma corrente igualmente alternada quando o mesmo se encontrar sob carga. O rotor contém um enrolamento que é alimentado com corrente contínua e que serve para criar campo magnético principal na máquina.

CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

Geradores Síncronos

Princípio de Funcionamento do Gerador Síncrono

O princípio de funcionamento de um gerador é muito semelhante ao de uma máquina de corrente contínua. Sempre que houver um movimento relativo entre um condutor e um campo magnético haverá uma tensão induzida no condutor. No caso da máquina síncrona os condutores são fixos na armadura e o campo magnético é forçado pela máquina primária a se mover. Por sua vez, a máquina primária é acoplada mecanicamente ao rotor onde estão alojados os polos e exerce sobre eles uma força fazendo-os girar.

CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

Geradores Síncronos

Princípio de Funcionamento do Gerador Síncrono

O movimento relativo entre o campo e o condutor faz com que surja uma tensão nos terminais do gerador. Ao ser ligado a uma carga a tensão induzida faz com que circule corrente pelo gerador e pela carga. A potência mecânica transferida pela máquina primária é assim convertida em energia elétrica (descontadas as perdas). O enrolamento de campo (alojado nos polos) é alimentado por uma fonte de corrente contínua por meio de anéis deslizantes.

CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

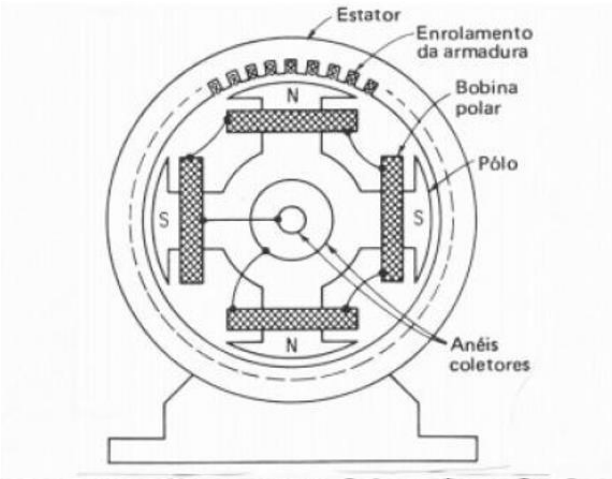
Geradores Síncronos

Princípio de Funcionamento do Gerador Síncrono

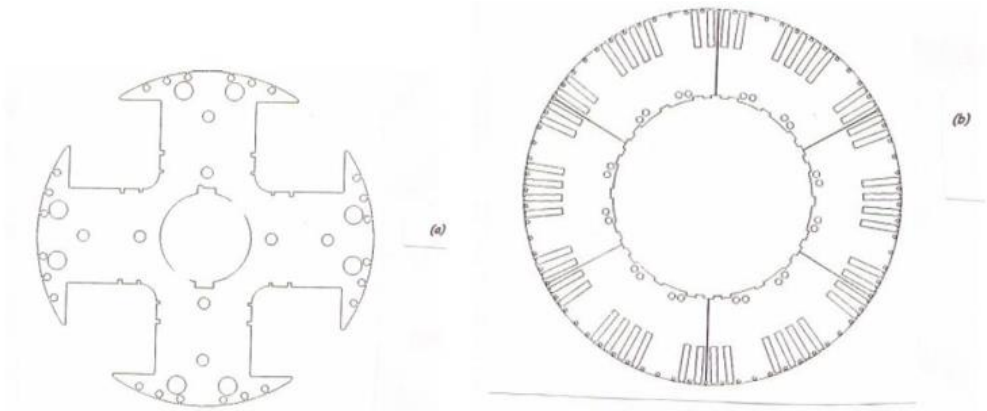
Existem sistemas em que não existem anéis e escovas, sendo que a tensão contínua necessária ao enrolamento de campo é fornecida por meio de um sistema de excitação estático (brushless), formado por uma ou mais excitatrizes montadas no eixo e por dispositivos a base de semicondutores. O gerador síncrono produz uma tensão do tipo alternada senoidal, podendo ser monofásica ou trifásica.

CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

Numa máquina existem não apenas um condutor sendo movimentado no campo magnético, mas uma série de condutores ligados em série, fazendo com que a potência convertida seja maior que no caso de apenas um condutor. Com este arranjo a potência da máquina é maior, aumentando o grau de aproveitamento dos materiais.



representação esquemática da máquina síncrona



(a) rotor de pólos salientes, (b) rotor de pólos lisos

Ilustrações de geradores síncronos

CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

Rotor de um gerador - usina hidrelétrica de Tucuruí

CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

Rotor conduzido para fixação ao eixo da turbina

CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

Rotor de uma turbina Francis

CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

Detalhes do eixo da turbina que é acoplado ao rotor

CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

Detalhes da armadura do gerador

CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

Detalhes das bobinas no circuito de armadura do gerador

CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

Detalhes das ranhuras do núcleo da armadura do gerador

A imagem mostra o topo de um Gerador Síncrono de usina hidrelétrica sob manutenção.

Bibliografia Básica

1 - MACINTYRE, A.J.- Bombas e Instalações de Bombeamento. Ed. Guanabara, 1980.
2 - WYLEN, G.V.&SONITAG, R>E.- Fundamentos da Termodinâmica Clássica. Editora Edigard Blücher, 1978
3 - SIMONE, G. A. – Centrais e Aproveitamentos Hidrelétricos. Ed. Érica-2003.

Bibliografia Complementar

1 - MACINTYRE, A J. – Máquinas Motrizes Hidráulicas. Ed. Guanabara, 1983.
2 - SOUZA, S. & FUCHS, R. D. & SANTOS, A. H. M. - Centrais Hidro e Termoelétricas, Editora Edgard Blücher, 1983.
3 - BISTAFA, Sylvio R. Mecânica dos fluidos noções e aplicações. Editora Blucher
4 - ORGANIZADOR JEFERSON AFONSO LOPES DE SOUZA. Transferência de calor. Pearson
5 - STROBEL, Christian. Termodinâmica técnica. Editora Intersaberes.