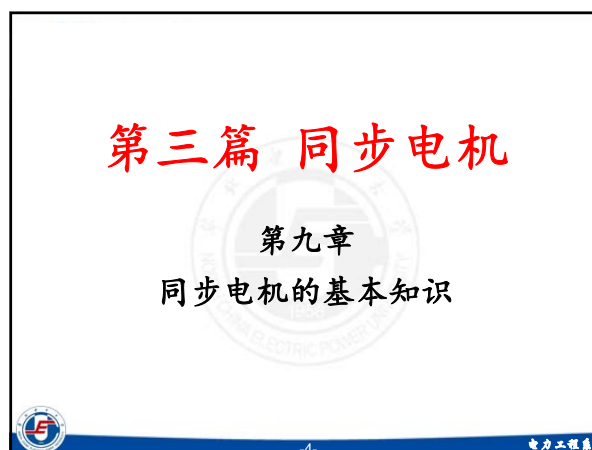


目录

- 第九章 同步电机的基本知识
- 第十章 同步发电机的基本电磁关系
- 第十一章 同步发电机的运行特性
- 第十二章 同步发电机的并联运行
- 第十三章 同步电动机和同步调相机
- 第十四章 同步发电机的非正常运行

-3- 电力工程系



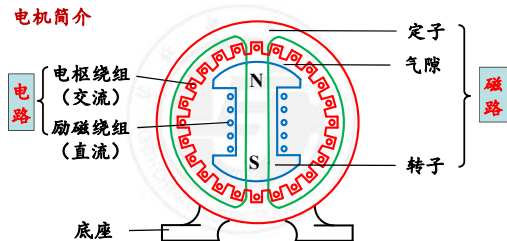
- ### 第九章 同步电机的基本知识
- #### 本章基本要求
- 掌握同步电机的基本工作原理
 - 掌握同步电机转子转速与电动势频率的关系
 - 了解同步电机的基本类型及结构
 - 了解同步电机的额定值
- 5- 电力工程系



第九章 同步电机的基本知识

§9.1 概述

一、电机简介



励磁磁场：幅值恒定的旋转磁场

电枢磁场：幅值恒定的旋转磁场（详见第八章）



电力工程系

-7-

第九章 同步电机的基本知识

二、同步的概念

- 转子与电枢旋转磁场以相同的速度旋转，称之为**同步**，有此特征的电机称为**同步电机**。
- 同步电机转子转速 n 、定子电动势频率 f 和极对数 p 之间有**严格不变的关系**：

$$n = \frac{60f}{p} \text{ (r/min)}$$

- 我国电力系统的交流电频率为50Hz，极对数和转速关系：

$$n = \frac{60 \times 50}{p} = \frac{3000}{p} \text{ (r/min)}$$



电力工程系

-8-

第九章 同步电机的基本知识

§9.2 同步电机的基本类型和结构

一、同步电机的分类

(1) 按转子形状分类



凸极转子

隐极转子

(2) 按旋转部位分类

分为**旋转磁极式**和**旋转电枢式**。



电力工程系

-9-

第九章 同步电机的基本知识

(3) 按励磁来源分类

分为**永磁同步电机**和**电励磁同步电机**。

(4) 按运行方式分类

- | | |
|-----|--|
| 发电机 | 汽轮发电机—原动机为汽轮机 |
| | 水轮发电机—原动机为水轮机 |
| | 其他原动机带动的发电机—柴油发电机、风力发电机等。 |
| 电动机 | —适用于不要求调速的生产机械，可提高电网功率因数。（驱动空气压缩机、鼓风机、球磨机） |
| 调相机 | —调节无功功率，改善电网功率因数 |



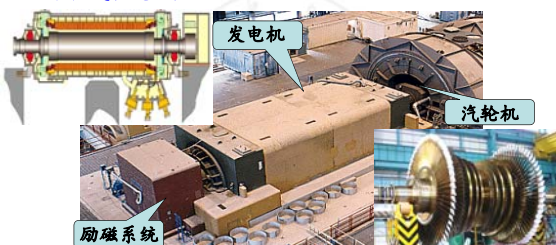
电力工程系

-10-

第九章 同步电机的基本知识

二、同步电机的结构

(1) 汽轮发电机

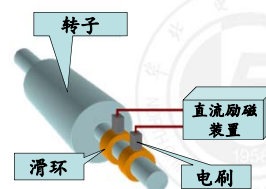


电力工程系

-11-

第九章 同步电机的基本知识

■ 转子



汽轮发电机转子铁心



装配好的汽轮发电机转子

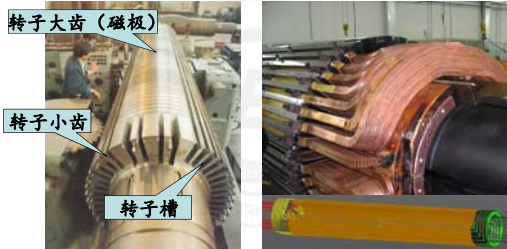


电力工程系

-12-

第九章 同步电机的基本知识

■ 励磁绕组（转子绕组）



汽轮发电机的转子齿槽

汽轮发电机励磁绕组



-13-

电力工程系

第九章 同步电机的基本知识

■ 定子



汽轮发电机定子铁心

装配好的汽轮发电机定子

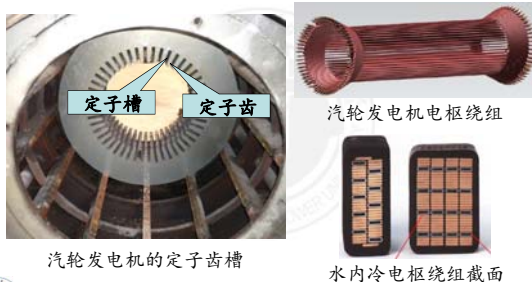


-14-

电力工程系

第九章 同步电机的基本知识

■ 电枢绕组（定子绕组）



汽轮发电机的定子齿槽

水内冷电枢绕组截面

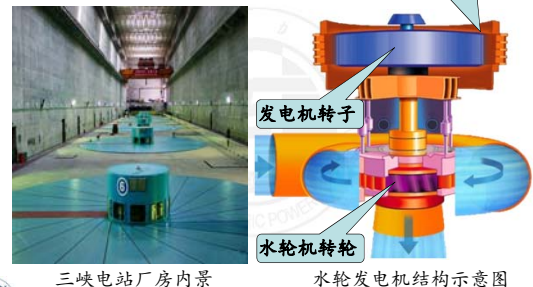


-15-

电力工程系

第九章 同步电机的基本知识

(2) 水轮发电机



三峡电站厂房内景

水轮发电机结构示意图

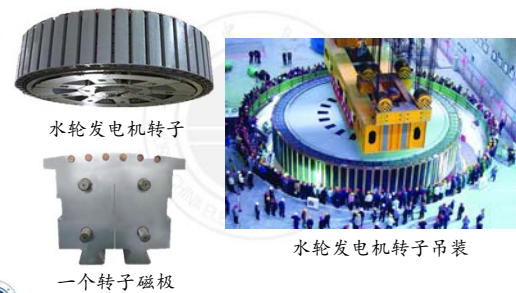


-16-

电力工程系

第九章 同步电机的基本知识

■ 转子



水轮发电机转子

水轮发电机转子吊装

一个转子磁极



-17-

电力工程系

第九章 同步电机的基本知识

■ 励磁绕组（转子绕组）



凸极机转子

凸极机励磁绕组



-18-

电力工程系

第九章 同步电机的基本知识

■ 定子



机座和定子铁心



安装好的水轮机定子



定子铁心硅钢片



水轮机定子截面图



-19-

电力工程系

第九章 同步电机的基本知识

■ 电枢绕组 (定子绕组)



水轮发电机定子及其电枢绕组



-20-

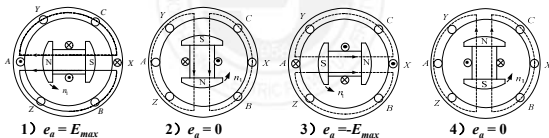
电力工程系

第九章 同步电机的基本知识

§9.3 同步电机的工作原理

一、发电机的基本工作原理

- 原动机拖动电机转子旋转，转子励磁绕组中通入直流电，从而在气隙中产生一个旋转的磁场，该磁场切割定子上的电枢导体，电枢绕组便感应出**交流电动势**。



1) $e_a = E_{max}$

2) $e_a = 0$

3) $e_a = -E_{max}$

4) $e_a = 0$

转子旋转一周导体感应电动势变化情况

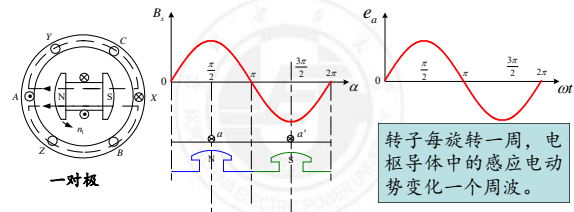


-21-

电力工程系

第九章 同步电机的基本知识

假设，气隙磁密按正弦分布，那么电枢绕组中将感应出正弦变化的电动势。



同理： p 对极转子旋转一周，导体感应电动势变化 p 个周波。

p 对极电机、转子转速 n ，则**交流电动势的频率**： $f = \frac{pn}{60}$ (Hz)



-22-

电力工程系

第九章 同步电机的基本知识

二、电动机的基本工作原理

- 定子三相对称绕组通入三相对称电流，在电机里产生旋转磁场，其转速取决于电流变化的频率和电机的极对数，即：

$$n_1 = \frac{60f}{p} \text{ (r/min)}$$

注：上述结论将在第八章中详细分析与讨论。

- 当励磁绕组加上直流励磁电流时，转子好象是一个磁铁，在旋转磁场带动下，按旋转磁场的转向和转速旋转，从而实现把电能转换成机械能的目的。



-23-

电力工程系

第九章 同步电机的基本知识

三、调相机的基本工作原理

- 同步调相机不是进行有功功率的转换，而是进行无功功率的调节。
- 其目的在于改善电网的功率因数。
- 其原理**相当于空载运行（转轴上不带机械负载）的同步电动机**。
- 关于同步调相机如何进行无功调节，达到改善电网功率因数的目的，将在第十一及十二章中分析与讨论。



-24-

电力工程系

第九章 同步电机的基本知识

四、同步电机特点小结

- **同步电机的特点**：转子的**转速**和电网的**频率**以及电机的**极对数**三者之间有着固定不变的关系，即：

$$n_1 = \frac{60f}{p} \text{ (r/min)} \quad \text{或} \quad f = \frac{pn}{60} \text{ (Hz)}$$

其中： n 为转子转速； n_1 为与电源频率以及电机极对数对应的同步转速，简称同步速。**同步机两者相等。**

- 我国电网频率为50Hz，所以：

- 当 $p=1$ ，则 $n_1=3000\text{r/min}$ ；当 $p=2$ ，则 $n_1=1500\text{r/min}$
- 三峡680MW水轮发电机 $p=40$ ，则 $n_1=75\text{r/min}$



-25-

电力工程系

第九章 同步电机的基本知识

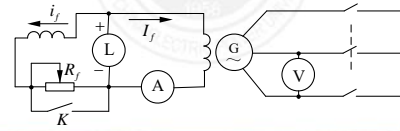
§9.4 同步电机的励磁方式

励磁系统：同步电机工作时建立励磁磁场提供直流的电源及附属设备统称为励磁系统。

励磁方式：获得励磁电流的方法，分为**他励式**和**自励式**。

一、他励式励磁系统

(1) 直流励磁机励磁系统

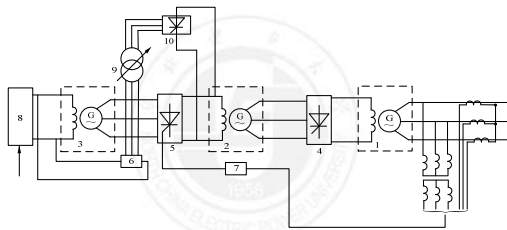


-26-

电力工程系

第九章 同步电机的基本知识

(2) 他励式静止半导体励磁系统



- 1—主发电机 2—主励磁机 3—副励磁机 4—整流器 5—可控整流器
6—自动恒压装置 7—自动励磁调节器 8—起励装置 9—感应调压器
10—整流器

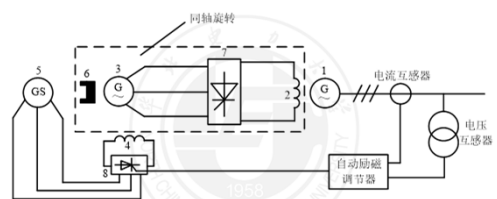


-27-

电力工程系

第九章 同步电机的基本知识

(3) 旋转半导体励磁系统



- 1—主发电机 2—主发电机励磁绕组 3—交流主励磁机 4—交流主励磁机励磁绕组 5—永磁中频副励磁机 6—永磁中频副励磁机转子 7—旋转整流器 8—可控整流器



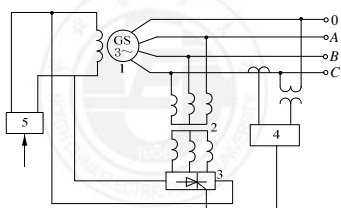
-28-

电力工程系

第九章 同步电机的基本知识

二、自励式励磁系统

(1) 自并励半导体励磁系统



- 1—发电机 2—励磁变压器 3—可控整流器 4—自动励磁调节器
5—起励装置

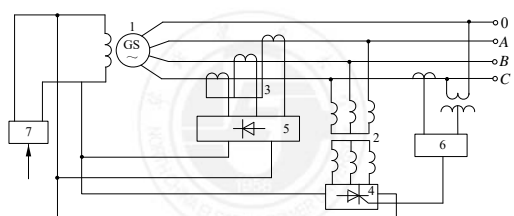


-29-

电力工程系

第九章 同步电机的基本知识

(2) 自复励半导体励磁系统



- 1—发电机 2—励磁变压器 3—功率电流互感器 4—可控整流器
5—整流器 6—自动励磁调节器 7—起励装置

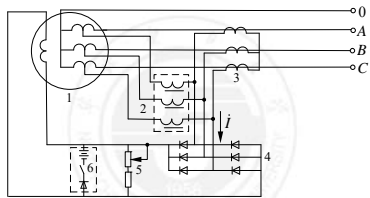


-30-

电力工程系

第九章 同步电机的基本知识

(3) 相复励磁系统



1—发电机 2—线性电抗器 3—电流互感器 4—桥式整流器
5—整定电阻 6—励磁装置

- 该系统具有**自励恒压特性**，能自动调节发电机的励磁，使得在任何负载下端电压都能稳定在一定范围内。

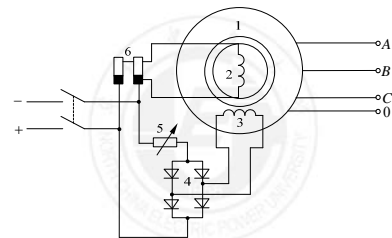


-31-

电力工程系

第九章 同步电机的基本知识

(4) 三次谐波励磁系统



1—发电机 2—励磁绕组 3—谐波绕组 4—整流器 5—调节电阻
6—集电环



-32-

电力工程系

第九章 同步电机的基本知识

§9.5 同步电机的额定值

一、额定电压及额定电流

额定电压 U_N ：额定运行时电机定子三相**线电压** (V、kV)。

额定电流 I_N ：额定运行时流过定子绕组的**线电流** (A、kA)。

二、额定功率因数及效率

额定功率因数 $\cos\varphi_N$ ：电机在额定运行时的功率因数。

额定效率 η_N ：电机额定运行时的效率。

三、其它额定值

额定励磁电压 U_{fN} (V)、额定励磁电流 I_{fN} (A)、额定频率 f_N (Hz) 和额定转速 n_N (r/min)



-33-

电力工程系

第九章 同步电机的基本知识

四、额定容量或额定功率

- **同步发电机**：指**输出**的容量 S_N 或电功率 P_N 。

$$S_N = \sqrt{3}U_N I_N \text{ (VA, kVA, MVA)}$$

$$P_N = S_N \cos\varphi_N = \sqrt{3}U_N I_N \cos\varphi_N \text{ (W, kW, MW)}$$

- **同步电动机**：指**输出**的机械功率 P_N 。

$$P_N = S_N \cos\varphi_N \eta_N = \sqrt{3}U_N I_N \cos\varphi_N \eta_N \text{ (W, kW, MW)}$$

- **同步调相机**：指**输出**的无功功率 S_N 。

$$S_N = \sqrt{3}U_N I_N \text{ (VAR, kVAR, MVAR)}$$



-34-

电力工程系