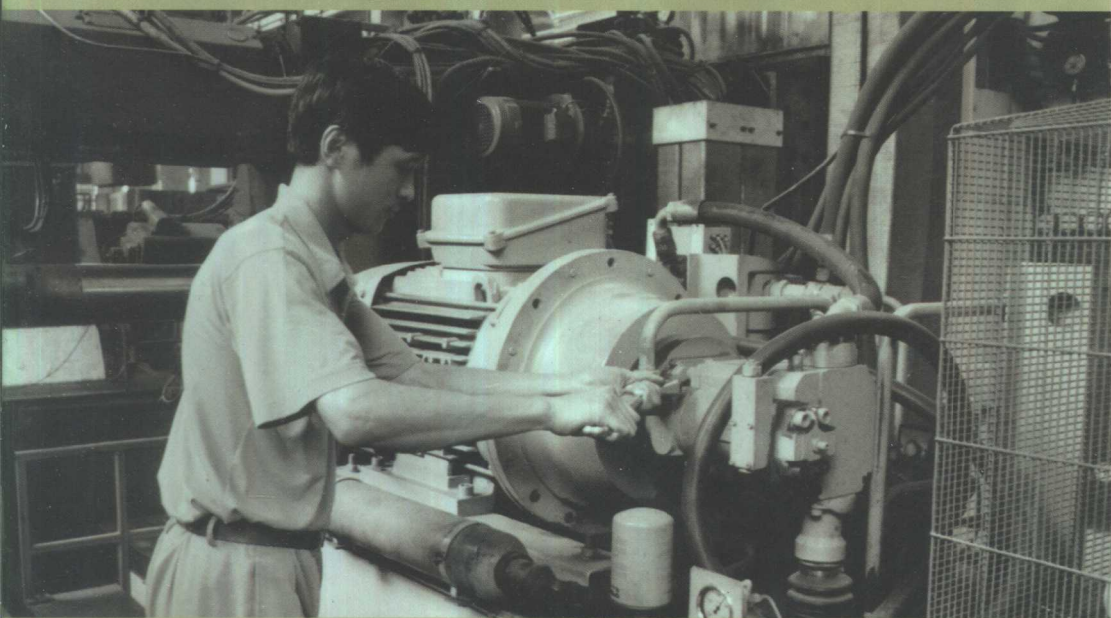


机械工业技师考评培训教材

电机修理工 技师培训教材

机械工业技师考评培训教材编审委员会 编



- ★ 机械行业首套技师培训教材
- ★ 按照技师考评要求编写
- ★ 集教材与试题库于一体

机械工业技师考评培训教材

电机修理工技师培训教材

机械工业技师考评培训教材编审委员会 编



机械工业出版社

本书是电机修理工技师培训教材, 主要结合电机的电气线路与机械结构介绍了交、直流电机在运行中常见的电气与机械故障, 分析其原因, 讲授处理故障的工艺技术, 并着重介绍了定子绕组的检修技术, 列出了绕组各种联结形式的圆形接线图 60 余幅。书中还介绍了电动机改装、挖潜及绕组改接与重绕计算、常用修理材料以及运行维护和管理等方面的知识。书后还列有试题库(含答案)、考核试卷样例和技师论文写作与答辩要求。

图书在版编目(CIP)数据

电机修理工技师培训教材/机械工业技师考评培训教材编审委员会编. —北京: 机械工业出版社, 2001. 4

机械工业技师考评培训教材

ISBN 7-111-08729-1

I. 电... I. 机... III. 电机—维修—技术培训—教材 N. TM307

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 03648 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 边 萌 版式设计: 张世琴 责任校对: 李秋荣

封面设计: 方 芬 责任印制: 路 琳

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2001 年 4 月第 1 版·第 1 次印刷

890mm×1240mm A5·14.5 印张·429 千字

0 001—5 000 册

定价: 26.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677-2527

机械工业技师考评培训教材

编审委员会名单

主任：郝广发 苏泽民

副主任：施 斌 李超群

委员：（按姓氏笔画排序） 马登云 边 萌 王兆山
王听讲 朱 华 朱卫国 刘亚琴 江学卫
何月秋 张乐福 余茂祚 卓 炜 季连海
荆宏智 姜明龙 徐从顺

技术顾问：杨溥泉

本书主编：厉文健

主 审：范 镇

前 言

技师是技术工人队伍中具有高级技能的人才，是生产第一线的一支重要力量，他们对提高产品质量、提高产品的市场竞争力起着非常重要的作用。积极稳妥地开展技师评聘工作，对于鼓励广大技术工人钻研业务、提高技能水平、推动企业生产技术进步以及稳定技术工人队伍有积极的促进作用。

为适应经济发展和技术进步的客观需要，进一步完善技师评聘制度，以加快高级技能人才的培养，拓宽技能人才成长通道，促进更多的高级技能人才脱颖而出，1999年，劳动和社会保障部发出了《关于开展技师考评社会化管理试点工作的通知》，《通知》中提出了如下指导意见：扩大技师考评的对象及职业范围，完善技师考评的依据及内容，改进技师考评方式方法，实行技师资格认定与聘任分开等，并在全国部分省市开始技师考评社会化管理试点。

为配合技师评聘工作的开展，满足机械行业对工人技师培训和考评的需要，加快技师培训教材建设，我们经过到上海、江苏、四川等地进行广泛的调研，并结合《通知》精神，确立了教材编写的总体思路；组织了一批由工程技术人员、教师、技师、高级技师组成的编写队伍，编写了这套《机械工业技师考评培训教材》。全套教材共22种，包括四种基础课教材和车工、钳工、机修钳工、工具钳工、铣工、磨工、焊工、铸造工、锻造工、热处理工、电工、维修电工、冷作工、涂装工、汽车维修工、摩托车调试修理工、制冷设备维修工、电机修理工等18个专业工种教材。

基础课教材以原机械工业部、劳动部联合颁发的机械工业《工人技术等级标准》和《职业技能鉴定规范》相关工种高级工“知识要求”中的“基本知识”和“相关知识”为主编写；专业工种教材则以本工种高级工“知识要求”中的“专业知识”为主编写，在此基础上，加强了工艺分析方面内容的比重，并增加了新知识、新工艺、新技术、

新方法等方面的内容，以适合新形势的需要。

每本书的内容包括两大部分：第一部分为培训教材，第二部分为试题库，试题库后还附有考核试卷样例。教材部分内容精炼、实用，有针对性和通用性，主要介绍应重点培训和复习的内容，不强求内容的系统性；试题部分出题准确、题意明确，有典型性、代表性、通用性和实用性，试题题型有是非题、选择题、计算题和简答题等，并附有答案。书末还附有技师论文写作与答辩要点。

全套教材汲取了有关教材的优点，略去了低起点的内容，同时采用了最新国家标准和法定计量单位。全套教材既适合考前短期培训用，又可作为考前复习和自测使用，也可供技师考评及职业技能鉴定部门在命题时参考。

由于我们是首次尝试编写技师培训教材，因此教材中难免存在不足和错误，诚恳地希望专家和广大读者批评指正。

机械工业技师考评培训教材编审委员会

目 录

前言

第一章 电机的基本知识	1
第一节 直流电机	1
第二节 同步电机	8
第三节 异步电动机	10
第二章 电机机械故障的修理	16
第一节 电机的拆装	16
第二节 轴承的维护和修理	26
第三节 电机转轴的修理	36
第四节 电机换向器常见故障的修理	38
第五节 电机集电环与刷架的故障修理	42
第六节 电机铁心修理	45
第三章 直流电机修理	53
第一节 直流电机常见的故障及其处理方法	53
第二节 直流电机绕组的检修	55
第三节 直流电机修复后的试验	82
第四节 直流电机运行中的一些故障及其排除方法	84
第四章 同步电机的修理	93
第一节 同步电机的常见故障及排除方法	93
第二节 同步电机的局部修理和同步电机的运行及维护	99
第五章 异步电动机的故障修理	121
第一节 三相异步电动机常见故障与处理方法	121

第二节	三相异步电动机的使用维护及故障排除方法	124
第三节	单相异步电动机常见故障及其修理方法	145
第六章	交流电机定子绕组的检修	156
第一节	交流电机定子绕组的类型和绝缘结构	156
第二节	交流电机定子绕组的线圈绕制	171
第三节	交流电机定子绕组的嵌装	177
第四节	交流电机定子绕组的局部修理	183
第五节	交流电机定子绕组端部联接和有绕组铁心的浸漆、 烘干处理	195
第七章	电动机改装挖潜及绕组的改接与重绕计算	232
第一节	电动机的改装与挖潜	232
第二节	电动机绕组的改接与重绕计算	239
第八章	交流电机转子的检修	265
第一节	笼型转子的检修	265
第二节	绕线型转子的检修	267
第三节	凸极式转子的检修	282
第四节	发电机隐极式转子的检修	293
第五节	电机转子平衡	298
第九章	修理电机常用材料	301
第十章	电机修理的管理	314
第一节	电机修理工作的组织管理	314
第二节	加强对电机运行工作的管理及电机在运行中发生 事故后的调查分析和处理方法	317
试题库		325
一、是非题	试题 (325) 答案 (398)	
二、选择题	试题 (350) 答案 (399)	
三、简答题	试题 (389) 答案 (401)	

四、计算题 试题 (393) 答案 (429)

考核试卷样例	437
第一套试卷	437
第二套试卷	441
第三套试卷	445
附录 技师论文写作与答辩要点	450
参考文献	454

第一章 电机的基本知识

培训要点：熟悉、掌握电机的基本知识。

电机是电动机和发电机的统称，它通常分为两大类，一类是直流电机，另一类是交流电机。交流电机又分异步电机与同步电机两类。

第一节 直流电机

直流电机是一种能将电能和机械能相互转换的旋转电机。直流发电机是将机械能转换成直流电能输出，而直流电动机则是将直流电能转换成机械能输出。

一、直流电机的分类

1. 按用途分

- (1) 直流发电机
- (2) 直流电动机

2. 按励磁方式分

(1) 他励电机 他励电机的励磁绕组不与电枢绕组相连、由独立的电源提供励磁电流，因而励磁电流的大小与电枢两端的电压无关。

(2) 自励电机 自励电机的励磁绕组与电枢绕组相连，励磁电流的大小与电枢两端的电压有关。按励磁绕组与电枢绕组的连接方式不同自励电机又可分为：

1) 并励电机 其励磁绕组与电枢绕组并联，励磁电流比电枢电流小得多。

2) 串励电机 其励磁绕组与电枢绕组串联，励磁电流与电枢电流相等。

3) 复励电机 复励电机有两个励磁绕组，分别与电枢绕组串联和并联。当两个励磁绕组产生的磁通方向相同时，称积复励电机；若两个励磁绕组产生的磁通方向相反，则称差复励电机。

二．直流电机的特点

直流电动机是将直流电能转变为机械能输出。它具有良好的起动性能和调速性能，这是交流异步电动机所不可比拟的，因而在生产机械中得到比较广泛的应用。

直流发电机作为主要的直流电源，具有过载能力较强、调节电压较方便等特点，所以在需要大功率的场合应用较多。近年来由于硅整流技术的发展，不少地方已采用硅整流设备来替代直流发电机。

三．直流电机的结构

直流电机由定子、转子及其他部件组成。

1. 定子 定子是产生电机磁场并构成磁路的部件，并且支撑转子。它又分以下几部分：

(1) 机座 机座是主磁场及换向磁场的磁路部分，并固定主磁极、换向器及整台电机。机座的型式，除少数大型电机为分半式外，绝大多数为整个式。

(2) 主磁极铁心 它是主磁场的磁路部分。它包括极身与极靴（又称极掌）两部分。

(3) 主磁极绕组 在通入直流电后它能产生主磁场。它是一个集中绕组，除串励电动机以外，主要安装并励（或他励）绕组，有些电机还带有少量串励绕组，辅助励磁绕组和补偿绕组。

(4) 换向极（附加极） 它用来改善换向，是由换向极铁心及换向极绕组组成，换向极绕组同电枢绕组串联。

2. 转子（电枢） 转子是能量转换的重要部分，由以下部件组成

(1) 电枢铁心 电枢铁心是磁路的一部分，并嵌放电枢绕组。

(2) 电枢绕组 电枢绕组，安放在电枢槽内，并以一定的规律与换向器连接成闭合回路。电枢绕组产生感应电动势并流通电流，实现电机的能量转换。

(3) 换向器 换向器实现电枢绕组中的交变电动势、电流和电刷间的直流电动势、电流之间的相互转换。常采用的有金属套筒式换向器和塑料换向器两种。

3. 其他部件 除定子和转子外，直流电机还有电刷、端盖、轴承、风扇等部件。

四．直流电机电枢绕组的主要参数

电枢绕组是直流电机的重要组成部分。直流电机的电枢绕组均采用双层绕组。

(1) 实槽与虚槽 电枢铁心表面实际的槽叫实槽，一个实槽中的每一层边与下层边称为一个虚槽。实槽数 Q 与虚槽数 Q_v 互成倍数，即

$$Q_v = \mu Q \quad (1-1)$$

式中 μ ——正整数。

(2) 电枢绕组元件（即线圈）数 S 、换向片数 K 与虚槽数 Q_v 之间的关系即

$$S = K = Q_v \quad (1-2)$$

(3) 极距 τ 它是指一个磁极在电枢表面所占有的距离，通常用虚槽数表示，即：

$$\tau = \frac{Q_v}{2p} \quad (1-3)$$

式中 p ——磁极对数。

(4) 节距 它是指被连接起来的两个元件边或换向片之间的距离，如图 1-1 所示。直流电机绕组节距有以下几种。

1) 第一节距 Y_1 第一节距指一个绕组元件的两个有效边之间的距离，用虚槽数表示。通常 $Y_1 \approx \tau$ ，具体计算公式为

$$Y_1 = \frac{Q_v}{2p} \pm \epsilon \quad (1-4)$$

式中 ϵ ——将 Y_1 凑成整数的一个分数。

若 $\epsilon=0$ ，称整距绕组；若 $\epsilon<0$ ，称短距绕组；若 $\epsilon>0$ ，称长距绕组（一般不采用）。

2) 第二节距 Y_2 它是指第一元件的下层边与第二元件的上层边之间的距离，用虚槽数表示。

3) 合成节距 Y 。合成节距是指相邻两元件对应边之间的距离，用

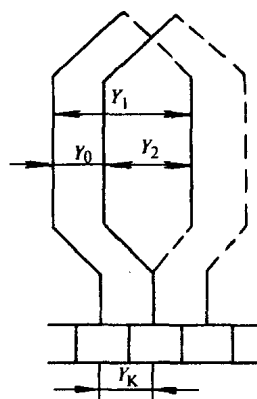


图 1-1 绕组节距

虚槽数表示。

4) 换向节距 Y_K 换向节距是指一个绕组元件两端所连接的换向片之间的换向片数。它与合成节距相等, 即

$$Y_0 = Y_K \quad (1-5)$$

五. 直流发电机的工作原理

直流发电机是根据导体在磁场中作切割磁力线运动时会产生感应电动势这一原理来发电的。

如图 1-2 所示, 两个磁极 N、S 建立恒定磁场。两磁极中间是电枢, 电枢绕组 abcd 两端接有两个半圆形铜片 (图中的 1、2), 叫换向器, 并通过绝缘固定在电枢转轴上。A、B 为固定电刷, 与外电路相连。

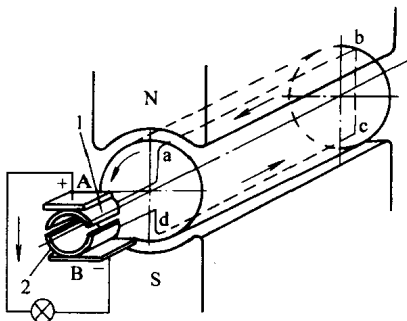


图 1-2 直流发电机的工作原理

1、2—换向器

当电枢逆时针旋转时, 线圈两边 ab、cd 切割磁力线产生感应电动势, 根据右手定则, 可知电流由 A 刷流出、B 刷流入, 即 A 刷为正极, B 刷为负极。此时线圈中电流的流动方向为 $d \rightarrow c \rightarrow b \rightarrow a$ 。

当电枢转过 90° 时, 线圈两边 ab、cd 处于磁场物理中性面, 此时不切割磁力线, 感应电动势为零。因此, 虽然两个电刷与换向片相接, 但线圈中无电流。

电枢继续转动, ab 边由 N 极转到 S 极, cd 边由 S 极转到 N 极, 此时线圈两边的感应电动势相反, 电流的流动方向为 $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d$ 。

由此可见, 线圈 abcd 不停地转动, 感应电动势的方向交替变化, 而通过换向器由电刷 A、B 引出的电动势极性却不会改变, 也就是说换向器把电枢中的交流电变成了直流电。

六. 直流电动机的工作原理

直流电动机是根据通电导体在磁场中受电磁力的作用会产生运动这一原理而工作的。

如图 1-3 所示, 将电刷 A、B 接到直流电源上, A 刷接正极, B 刷

接负极。此时电流从 A 刷流入线圈，沿 $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d$ 的方向流动并由 B 刷流出，根据左手定则可知电枢逆时针转动。当 ab 由 N 极转到 S 极、 cd 边从 S 极转到 N 极时，线圈中电流的流动方向变为 $d \rightarrow c \rightarrow b \rightarrow a$ ，因而线圈两边受力方向不变，仍使电枢逆时针旋转。因此，虽然外电路的电流方向不变，但通过换向器（图中的 1、2）的变换作用使得磁极下导体中电流的流动方向不变，从而保证了电动机连续转动。

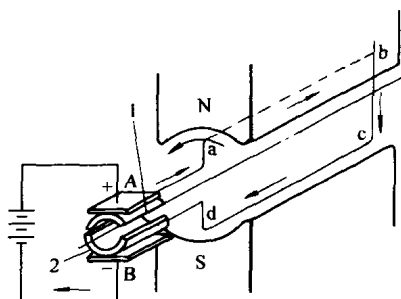


图 1-3 直流电动机的工作原理
1、2—换向器

七．电枢反应对直流电机的影响

在直流电机中主磁极产生的磁场叫主磁场。在电机接有负载时，电枢绕组中的电流产生的磁场称为电枢磁场。电枢磁场的轴线与主磁场的轴线成垂直相交，对主磁场产生影响，使主磁场发生变化，这种作用就称为电枢反应。

1. 电枢反应对直流发电机的影响 因为主磁场、电枢磁场同时存在，实际上电机的磁场是两者的合成磁场，结果使主磁场在前极尖（电枢沿旋转方向进入主磁极的极尖）去磁，而在后极尖（电枢离开主磁极的极尖）增磁，所以使主磁场产生畸变，导致气隙中磁场的物理中性线顺电枢转动方向移动。磁场畸变会造成电刷与换向器间火花增大。

因为电机的磁路实际上是饱和的，而后极尖的增磁小于前极尖的去磁，所以致使在一个极距范围内总磁通减少，发电机的电动势也有所减小。

2. 电枢反应对直流电动机的影响 与发电机相似，因为电枢反应使主磁场在前极尖增磁，在后极尖去磁，造成主磁场畸变，所以使气隙中磁场的物理中性线逆电枢旋转方向移动一个小角度。由于磁路已饱和，因此总磁通也相应减少，电刷与换向器间火花增大，电动机的输出转矩下降。

八．直流电动机的同轴运行

为了减少系统的转动惯量，有时要用两台或两台以上相同规格的电动机同轴拖动。同轴运行时，各台电动机的负载分配应按其机械特性而定。同轴拖动的两台电动机，其主电路可以串联接线，也可以并联接线。

当串联接线时，则两台电动机应具有相同的负载电流，这样负载才能平均分配。为降低线路对地电压，一般采用图 1-4 所示的双发电机双电动机串联接线。在接线时，应注意线路各段的对地电压不得高于单机的对地电压。

当并联接线时，为使两台电动机的负载均匀分配，则一般在电枢回路内串接差动平衡绕组。平衡绕组分成两部分，在两台电动机之间作交叉联结，如图 1-5 所示。当负载分配不均时，负载大的电动机的平衡绕组将起增磁作用，而负载较小的电动机的平衡绕组则起去磁作用，从而降低了两台电动机负载分配不均匀的程度。当负载分配均匀时，平衡绕组的磁势则相互抵消。

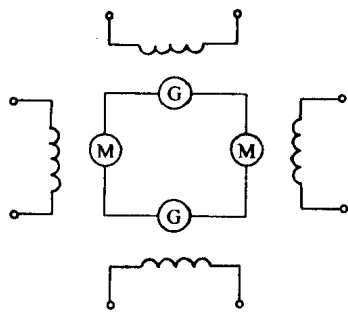


图 1-4 双发电机——
双电动机串联接线

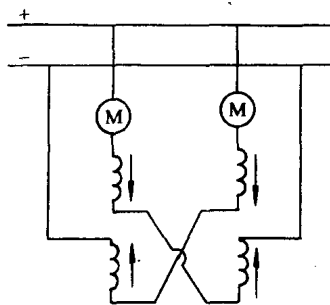


图 1-5 具有平衡绕组的
电动机并联接线

九．直流发电机的并联运行

为了增大发电机的输出功率，常采用两台发电机并联运行。发电机并联运行时，使各台发电机的电压必须相等、极性相同。

他励与并励发电机并联运行时的负载分配是由它们的外特性来决定的，外特性下倾较陡的发电机所分担的负载较小，外特性下降不太陡的发电机所分担的负载较大。通过调节发电机的励磁电流或转速，便

可改变并联发电机外特性的相互位置，从而实现负载的均匀分配。由于他励发电机和并励发电机都具有下倾的外特性，所以并联运行是稳定的。

积复励发电机并联运行时应设置均流线。因为串励绕组有增磁作用，使外特性变硬上翘，所以其电压将随负载增大而增高。在这种情况下，若某台发电机负载发生变化，便可能出现负载分配自动转移不稳定的现象。为使积复励发电机能稳定地并联运行，一般将它们的串励绕组在靠近电枢的一端用低阻值的均流线联接起来，如图 1-6 所示。均流线的作用是使两台发电机串励绕组中的电流与其电阻成反比，而与负载电流无关。

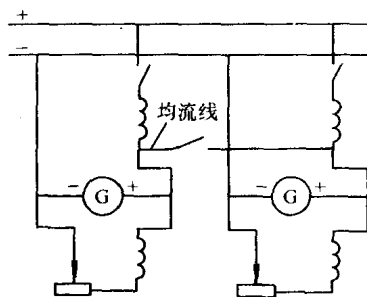


图 1-6 积复励发电机的并联运行

十．均压线

将电枢绕组各并联支路中电位相等的点，即处于相同磁极下相同位置的点用导线联接起来（通常联接换向片），该导线就称为均压线。其目的是避免回路中产生过大的环流，并使环流在均压线中通过而不过电刷，从而改善电机的换向。

均压线只在单叠绕组中采用，单波绕组不用均压线。

十一．直流电机可逆应用时需注意的问题

根据电机可逆运行的原理，直流电机既可作为发电机，又可作为电动机，只是国家标准对发电机与电动机的额定电压的规定有所不同。如发电机为 230V，同等级的电动机则是 220V；发电机为 115V 时，同等级的电动机则是 110V。为此，用户应依照生产厂家规定的运行要求。在某些场合下，若需要改换其运行状态并降低某些指标，此时应注意以下问题：

1) 当直流发电机作为电动机使用时，应该适当提高电源电压或略微减少励磁电流，否则会导致电动机的转速偏低，同时在相同的电枢电流下的输出功率只有额定功率的 70%~80%。

2) 当直流电动机作为发电机使用时,为使发出的电压达到额定值,应适当提高电机的转速,但不能超过额定转速的10%。另外,也可增大励磁电流,但要注意不能超过电机的允许温升。

3) 当具有串励绕组的直流电机改变用途时,应将串励绕组的两根引线相互调换,否则会导致电机转速不稳定或不能建立电压。

4) 无论是将直流电机作为发电机还是电动机,为了保证正常换向,必须按照新的运行状态的要求对电刷予以调整。

第二节 同步电机

同步电机是指转子转速与旋转磁场的转速相同的一种三相交流电机,它具有可逆性,既可以作发电机运行,又可以作为电动机运行,还可以作补偿机运行。

同步发电机将机械能转换为电能。在火力发电、水力发电、原子能发电或柴油机发电中几乎全采用同步发电机。

同步电动机将电能转换为机械能。由于当电流频率与磁极对数一定时其转速不随负载变化而变化,而且功率因数又可调,所以被广泛应用于不要求调速和功率较大的机械设备中。

同步补偿机用于向电网输送电感性或电容性的无功功率,以改善功率因数,提高电网运行的经济性。同步补偿机基本上不转换有功功率。

一. 同步电机的结构

同步电机按结构分为旋转磁极式和旋转电枢式两种。

旋转磁极式同步电机的磁极装在转子上,三相绕组装在定子上。转子上的励磁绕组通过直流电后可产生恒定的磁场,而转子旋转时则相当于旋转磁场。定子上装有电枢绕组,通入三相交流电可产生旋转磁场。因两个磁场转速相同,故称同步。旋转磁极式同步电机又分隐极式和凸极式两种。凸极式同步电机的特点是转子上有显露的磁极,励磁绕组为集中绕组,转子的磁轭与磁极一般不是整体的,且多为极对数大于2的同步电机,凸极式同步电机一般用于较大功率的水轮发电机、柴油发电机及各类同步电动机;隐极式电机的转子为圆柱形,多为极对数等于或小于2的同步电机,多用于汽轮发电机和燃气轮发电