

電力工業生產知識

電力機械

水利電力部幹部學校編

水利電力出版社

电力工业干部培训教材

电力工业生产知识

电 力 机 械

水利电力部干部学校编

水利电力出版社

內 容 提 要

本书簡明扼要地介紹了通常使用的各种电力机械的基本知識，包括发电机、电动机和变压器的結構原理、运行性能，及其维护、試驗、事故处理等方面应注意的要点。

本书不仅适合电业系統轉业干部学习，也可供一般技术工作人員自习和参考。

电力工业生产知識
电 力 机 械
水利电力部干部学校編

*

2710 D 647

水利电力出版社出版（北京西郊科学路二里内）

北京市书刊出版业营业許可証出字第105号

水利电力出版社印刷厂排印

新华书店科技发行所发行 各地新华书店經售

*

850×1168 $\frac{1}{32}$ 开本 * 3印張 * 75千字 * 定价(第8类)0.36元

1960年2月北京第1版

1960年2月北京第1次印刷(0001—12,420册)

序 言

“电力工业生产知識”是水利电力部干部学校火电专业班的培訓教材。

本教材是在建設社会主义大跃进中，根据干部培訓工作的发展，經過广泛征求生产部門的意見，和學員学习的要求及历年来培訓工作的經驗体会，在原有教材“电力工业生产过程基本知識”的基础上，經過反复修改重新編写的。

由于专业班學員都是老干部，所以在編写教材时，尽量使其內容結合生产实际，力求簡明易懂，并且避免引用过多复杂繁瑣的公式及外文符号。

本教材共計六本：鍋炉，汽輪机，电工基础，电力机械，电气設備，繼电保护装置；此外另有輔助教材(数理化)一本。

編写輔助教材的目的，主要是为了給學員在学习本套教材前打好基础。

編写本书时，虽然我們在主观上尽了很大的努力，但由于水平所限，又缺乏写作經驗，因而不可避免的会存在一些問題。我們誠懇地希望讀者提出寶貴的意見和批評，以作进一步的改进。

水利电力部干部学校

1959年9月

目 录

发 电 机

第一章 发电机的基本原理	4
第1节 发电机的定义和种类	4
第2节 交流电的产生	4
第3节 直流电的产生	6
第二章 直流发电机	8
第1节 直流发电机的构造	8
第2节 主要部件概述	9
第3节 直流发电机的种类	11
第三章 三相交流发电机	14
第1节 三相交流发电机的工作原理	14
第2节 三相交流发电机的主要部件	16
第3节 交流发电机的励磁和励磁回路的自动控制	22
第4节 发电机的冷却系统	30
第5节 发电机的灭火装置	33
第6节 发电机的测量仪表	35
第四章 交流发电机的特性	35
第1节 电枢磁场	35
第2节 电枢反应	36
第3节 交流发电机的额定容量、损失和效率	38
第4节 交流发电机的并列运行	39
第5节 并列运行发电机负荷的调整	45
第五章 发电机的运行	47
第1节 对运行发电机的监视	47
第2节 发电机的事故及事故处理	49
第3节 发电机的各种试验	50

电动机

第六章 交流电动机	51
第1节 电动机的定义和种类	51
第2节 交流电动机的构造	52
第3节 感应式电动机的运行	53
第4节 感应电动机作发电机运行	59
第5节 同期电动机的运行	59
第6节 同期电动机与感应电动机的比较	62

变压器

第七章 变压器的基本原理及构造	63
第1节 变压器的定义和种类	63
第2节 变压器的基本原理	64
第3节 变压器的构造	64
第八章 变压器特性	73
第1节 单相变压器的无载运行	73
第2节 单相变压器带负载时的运行	75
第3节 变压器的极性	77
第4节 变压器的损耗和效率	78
第5节 变压器变压比的改变	79
第九章 三相变压器和特殊变压器	81
第1节 三相变压器	81
第2节 三绕组变压器	83
第3节 自耦变压器	83
第十章 变压器的运行、事故及试验	85
第1节 变压器的并列运行	85
第2节 变压器的经济运行	88
第3节 对运行中变压器的监视	89
第4节 变压器事故及事故处理	90
第5节 变压器的干燥和几种试验	92

第一章 发电机的基本原理

第 1 节 发电机的定义和种类

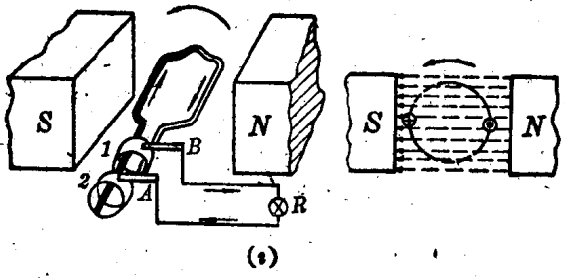
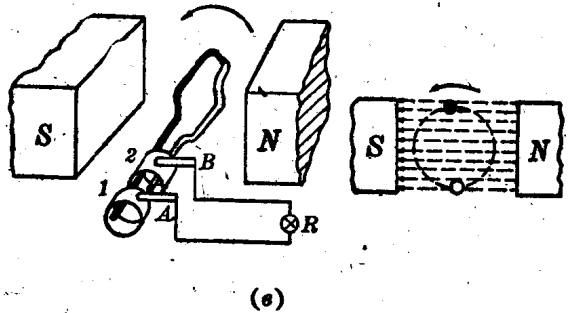
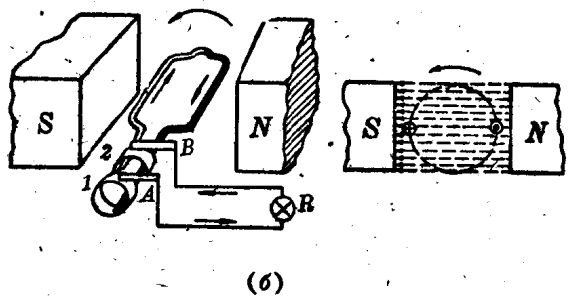
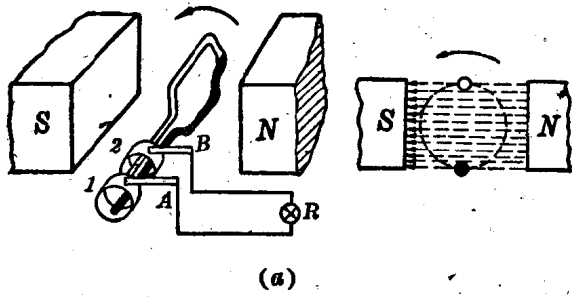
发电机是一种产生电能的设备，更适当地说它是将机械能转换为电能的一种设备。发电机所以能将机械能转换为电能，是因为电磁感应的原理，因此发电机实际上就是电磁感应基本原理的应用。

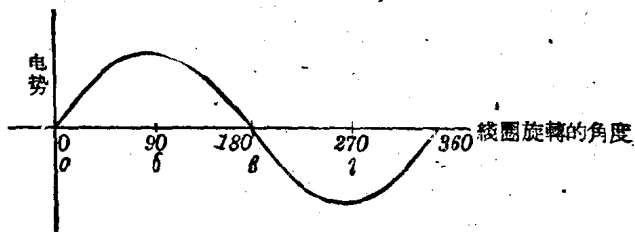
发电机按所产生电能的性质，分为直流发电机和交流发电机两种。直流发电机因为构造上的关系，电压和电流受到一定的限制，所以现在不利用来产生大量的电能，只用在某些特殊的地方。现时产生强大的电能，都采用交流发电机。交流发电机，由于原动机的不同，又可分为两大类：一为高速的，一为低速的。高速的一般具有每分钟3,000、1,500或1,000转的转速，均由汽轮机带动，故又称汽轮机发电机。低速的具有每分钟60~750转的转速，直接与水轮机或柴油机联接，又称为水轮机发电机或柴油发电机。

第 2 节 交流电的产生

在图 1 中，有一单独的线圈。线圈的两端联接着两个滑环 1 及 2，在滑环上装着两个固定的电刷 A 及 B，电刷再与负载 R 相联接。N 和 S 是两个固定的磁极，磁力线自 N 极发出而进入 S 极。如果将线圈旋转，则线圈的两边将切割磁力线，而产生电势。根据右手定则可知线圈两边的电势方向是相反的。这一线圈加于两个滑环之间的电势，等于这线圈的两边所产生电势之和。

当线圈在图 1 (a) 的位置时，不切割磁力线，所以不产生电势。当线圈在图 1 (b) 的位置时，线圈在单位时间内切割的磁力线最多，故产生的电势也最大。这时电流由滑环 1 经电刷 A 和外电路负载 R，流向电刷 B 和滑环 2。当线圈在图 1 (c) 的位置





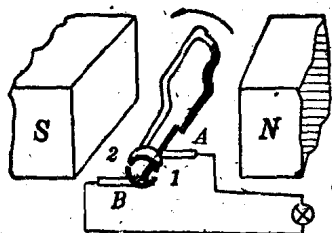
(g)

图 1 交流电的产生

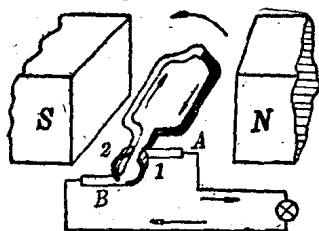
时，又因为线圈边不割切磁力线而没有电势。当线圈在图1(2)的位置时，产生电势又最大；但与图1(6)比较，两个边的位置互换了，所以电势的方向相反。这时，电流由滑环2经电刷B和外电路负载R，流向电刷A和滑环1。在外电路内，电流的方向也改变了。所以当线圈旋转一周时，它产生交变的电势，如图1(g)所示；这种变化的形状恰如波浪的起伏，我们叫它正弦波。通过滑环和电刷，送到负载的电流，也就是正弦波形的电流，这就是最简单的交流发电机。

第3节 直流电的产生

在图1中，如果线圈的两端不联接到两个滑环上，而联接到两个换向器截片上，如图2所示，则线圈在磁场内旋转一周产生的电势，仍是交变的；但A、B两个电刷上的电势，却不是交变的了。



(a)



(b)

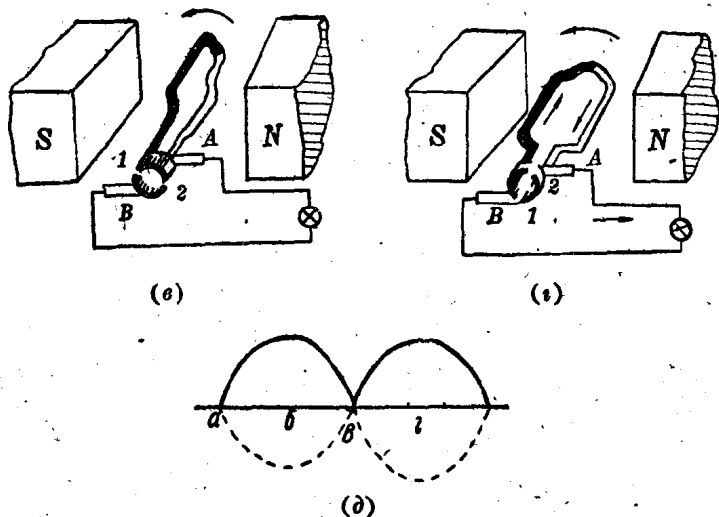


图2 直流电的产生

当线圈在图 2 (a) 的位置时, 线圈边不产生电势。电刷 A 与 B 适在换向器片 1 与 2 的中间, 外电路内没有电流。当线圈的位置如图 2 (b) 时, 线圈边中的电势最大。电刷 A 和换向器片 1 接触, 而电刷 B 和换向器片 2 接触。这时电流由换向器片 1 经电刷 A 和外电路负载 R 流向电刷 B 和换向器片 2。当线圈和换向器片转到图 2 (c) 的位置时, 线圈内又不产生电势, 电刷 A 与 B 又在换向器片 1 与 2 的中间。外电路内没有电流。当线圈达到图 2 (d) 的位置时, 两个线圈边的位置和图 2 (b) 比较, 已经互换了。所以线圈边中的电势的方向也改变了。但这时电刷 A 和换向器片 2 接触, 而电刷 B 和换向器片 1 接触。电流由换向器片 2 经电刷 A 和外电路负载 R 流向电刷 B 和换向器片 1。在外电路内, 电流仍是由电刷 A 流向电刷 B, 而没有改变方向。这样, 线圈旋转一周, 我们在外电路内得到的电流, 方向是不变的; A、B 上的电势的正负也是不变的; 数值上由零升到最大, 然后降到零又升到最大, 即是脉动的。如图 2 (e) 所示, 这种电流叫做脉动直流电流。

如果有两个线圈，在空间上互相垂直排列，并且各自连接到一对换向器片上，如图 3 (a) 所示，则两个线圈所产生的电势，波形相同，但在时间上相差 90° ；于是合成电势的脉动减小很多，电流的脉动也相应的减小。如图 3 (b) 中的实线所示。计算证明，每一极下有八个换向器片时，则电刷上电势的脉动不超过平均电势的 1%。因此流经外电路的电流实际上可认为是直流的。如图 3 (c)。

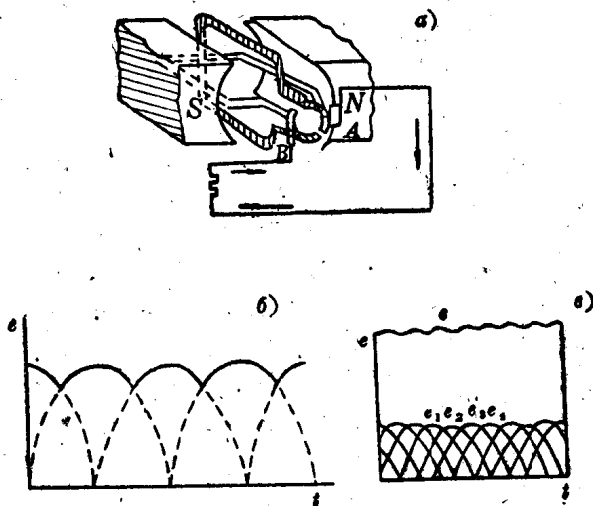


图 3 电势脉动的减小

第二章 直流发电机

第 1 节 直流发电机的构造

直流发电机由两个主要部分组成。

一、静止部分(静子)：它主要用以产生磁通。由下列部件组成：

- (1) 机座：固定机器于基础上，装置磁极，并作为磁的通路；
- (2) 磁极及激磁绕组：用以产生主磁通。

二、轉动部分(电樞): 它是发电的中樞, 将机械能轉換为电能, 由下列部件組成:

- (1)有齿鉄心: 安装电樞繞組, 并作为磁的通路;
- (2)电樞繞組: 割切磁力綫, 产生电势;
- (3)換向器: 将交流电势改变为直流电势。

在靜止的和轉动的部分之間有空气隙, 通常不超过 $8 \sim 10$ 毫米。

第 2 节 主要部件概述

一、机座: 直流电机的机座是一个閉合的能导磁的外壳。在机座內表面上安装着磁极; 机座的下部有突出的地脚, 用来将机器固定于基础上。机座可用鑄鉄或鋼做成。若电樞直徑不超过 $35 \sim 45$ 厘米, 則除磁极外, 装有軸承的端盖也装在机座上。軸承均采用滾珠軸承。如端盖的直徑大于 1 米, 則軸承不在端盖上, 一般采用装在基础上的支架式軸承。这种軸承可采用滾珠式, 但一般采用滑動摩擦軸承。机座的形式, 如图 4 所示。

二、磁极及激磁繞組: 磁极的鉄心由 $0.5 \sim 1$ 毫米厚的硅鋼片(也叫矽鋼片)迭成, 上面套以用絕緣銅綫繞成的激磁繞組。鉄心的端部称为极掌。它的主要作用是使磁通易于通过空气隙。极掌的外緣微有傾斜, 尽可能使磁极下磁通密度的分布近于正弦曲綫。极掌在机械上的作用在于使套在鉄心上的激磁繞組更为牢固。激磁繞組一般用絕緣導綫繞成后, 固定在鉄心的支架上, 如图 5 所示。为了改善冷却条件, 可将綫圈按高度分为二部分或数部分; 在各部分間留适当寬度的通风沟。由于激磁电路的不同, 磁极上可能不只一个激磁繞組。磁极用螺杆固定在机壳上。图 5 表示磁极及激磁繞組固定在机壳上的情形。

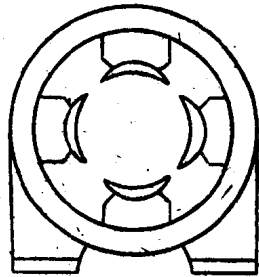


图 4 直流电机的机座

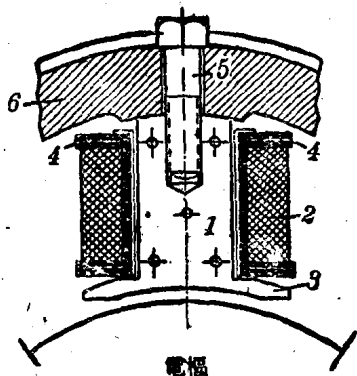


图5 磁极及激磁繞組

1—鉄心；2—繞卷；3—极掌；
4—套管；5—螺杆；6—磁軛。

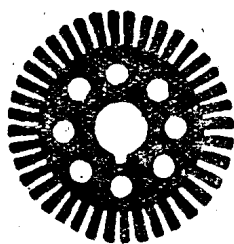


图6 电樞鉄心的圓形迭片

三、电樞鉄心：当电机工作时，电樞鉄心在旋轉中遭遇到交变磁通，所以为减少磁滯及渦流起見，电樞鉄心用硅鋼片迭合而成。

鋼片厚度为 0.35~0.5 毫米，彼此用漆或紙絕緣。絕緣厚度約 0.03~0.05 毫米。直徑不大的电樞鉄心，迭片是圓形的，在边缘上冲有槽子，中心开有軸孔，如图 6 所示。順着軸的方向将迭片分成小組，迭片小組間留有通风沟，用以通过冷却空气。小組的厚度約 6~8 厘米，通风沟的寬度約 8~10 毫米。

电樞鉄心裝于电樞軸上，軸担負着机械負荷，須用高級鋼制成。

四、电樞繞組：电樞繞組由繞組綫圈所組成。綫圈按着一定的規律布置于电樞鉄心的槽內。图 7 表示电樞繞組的迭式綫圈；图 8 表示电樞繞組的波式綫圈。

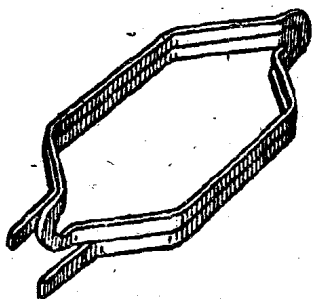


图7 迭式綫圈

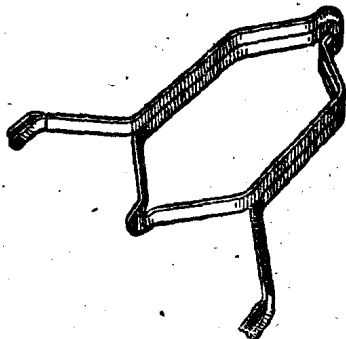


图8 波式綫圈

电枢绕组除与槽绝缘外，每一线圈用棉纱或其它绝缘材料，浸以特种绝缘漆，予以绝缘。现今多采用双层绕组，元件的一边置于槽的上层，另一边则置于另一槽的下层，用特殊的木楔使绕组固定于槽内。绕组的端接即槽外的部分，用钢丝紮紧。图9为电枢的外形图。

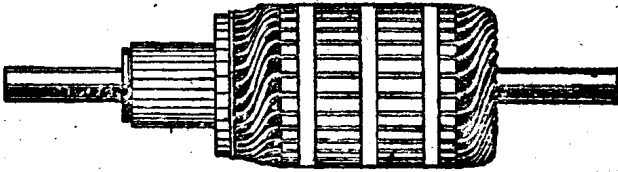


图9 电枢

五、换向器：直流电机的换向器由装在钢质轴衬上的铜片制成。铜片间彼此以云母绝缘，并且与轴衬也以云母绝缘。

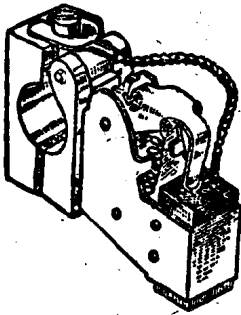


图10 直流电机的电刷及刷握

为了使电枢和外电路接通，在换向器上装有电刷，刷上装有调整压力的弹簧。电刷用炭、石墨等材料制成。电刷在刷握内的位置必须适当而不歪斜。刷握的数目一般等于磁极的数目，刷握装在和自己妥为绝缘的摇环上。中小容量的电机摇环装在轴承上，大型的装在机座上。同极性的各电刷相连后接至出线端。

第3节 直流发电机的种类

直流发电机按照激磁绕组激磁方法的不同，分为下述几种。

一、他激发电机：这种发电机的激磁绕组和电枢绕组不相连，激磁绕组中的电流由其他的电源来供给，例如由另一直流发电机或蓄电池等来供给。磁场强度的大小，不受电枢情况的影响，所以他激发电机可以自由控制的；而电枢所产生的电势及电

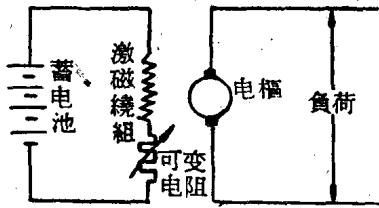


图 11 他激发电机

流則受磁場的控制。他激发电机激磁繞組的布置可用图11来表示。

他激发电机有时用作交流发电机的励磁机。

二、自激发电机：自激发电机的激磁繞組，是和电樞繞組

直接联接的，激磁繞組所需要的电流由电樞繞組供給。它是用自己所发的电，供給自己励磁的，因此称为自激式。由于激磁繞組和电樞繞組的联接方式不同又可分为三类。

(1) 并激式：这种发电机的激磁繞組跨接在发电机的正负电刷之間。所以激磁繞組两端的电压就等于发电机的端电压，但通过激磁繞組中的电流并不大，因为在激磁繞組的电路中除了激磁繞組本身的电阻外还串联着一个可变电阻。这种电机的激磁繞組圈数很多，用細綫繞成，它的联接方式如图12所示。

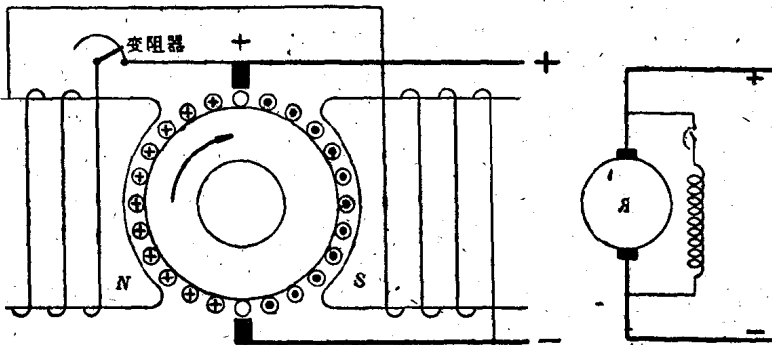


图 12 并激发电机

并激发电机电压的建起：当电樞被原动机带动以額定轉速旋轉时，因为磁极中有剩磁，电樞繞組割切剩磁，产生一微小的电势。在这微小电势的作用下，激磁繞組中便通过一微小的电流。微小电流能增强磁极的磁性，于是电樞中的感应电势再升高；激

磁繞組中的电流再加强。如此循环作用，电压节节上升；但由于磁饱和及激磁电路内电阻的限制，最后电压达到所需要的数值，而不能无限制地升高。

交流发电机的励磁机大都是这种发电机。

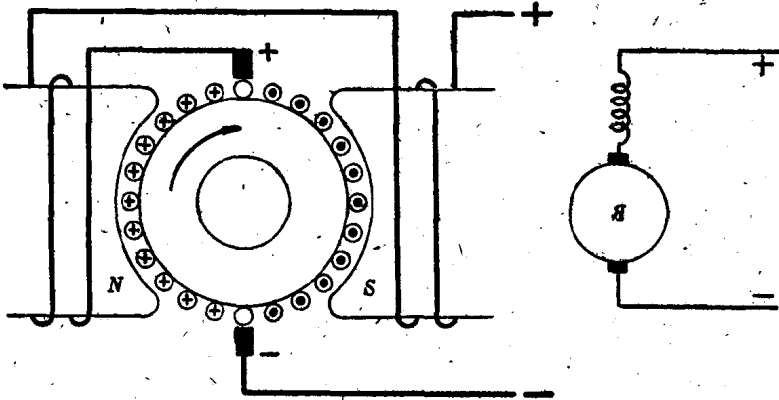


图 13 串激发电机

(2)串激式：这种发电机的激磁繞組和电樞繞組以及負荷都是串联的，如图13所示。激磁繞組中的电流也就是負荷电流，因此当外部負荷增加时，激磁电流随之增加，磁場的强度也同时增加；所以激磁繞卷无需太多，但导綫却要用粗的，以备通过大电流。

(3)复激式：复激发电机的磁极上有两个激磁繞組，一个是串激繞組，一个是并激繞組，如图14所示。

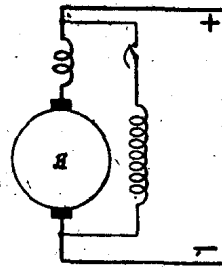


图 14 复激发电机

第三章 三相交流发电机

第1节 三相交流发电机的工作原理

在第一章第2节里，我們曾經講过，一个单独的綫圈，两端各联接一个滑环，在磁場里轉动时可以产生出交变的电势。这是最簡單的旋轉綫圈式单相交流发电机。如果把三个綫圈，互成 120° 排列，如图15(a)所示。当在磁場內一齐旋轉时，它們所产生的电势，便也相差 120° ，如图15(b)所示。

如果將綫圈的終端 X 、 Y 、 Z 相結，而將起端 A 、 B 、 C 接在三个滑环上，如图15(c)所示。这样，我們便能引出三相交流电。

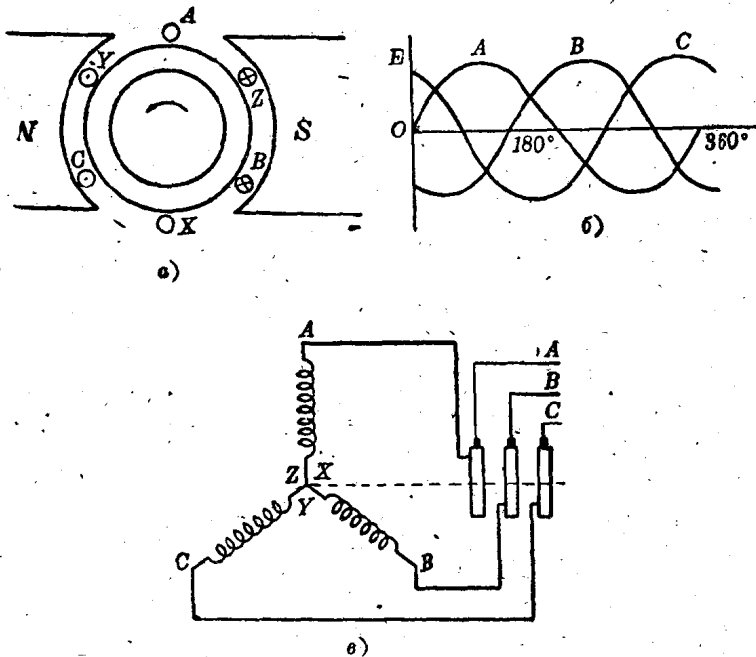


图 15 旋轉电樞式三相交流发电机的原理图