

小型农村水力发电机

肖之蔭 王慎言 張国安 王祚德 丁元杰著

水利电力出版社

小型农村水力发电机

傅文耀 王德明 周德明 王德明 王德明

中国电力出版社

內 容 提 要

本書簡明地介紹了发电机的基本原理、一般結構、工作特性和附屬电器，比較詳細地說明了发电机和电器的維護、檢修等必要的初步知識，適合农村小型电站中具有高小或初中文化程度的技术干部参考。

小型农村水力发电机

肖之蔭 王慎書 張国安 王祚德 丁元杰著

*

1945D560

水利电力出版社出版（北京西郊科學路二里溝）

北京市書刊出版營業許可証出字第105号

水利电力出版社印刷厂排印 新华書店发行

*

787×1092 $\frac{1}{2}$ 开本 * 1 $\frac{1}{2}$ 印張 * 36千字

1959年3月北京第1版

1959年3月北京第1次印刷(0001—10,070册)

統一書号: T15143·357 定价(第8类)0.20元

前 言

在中央提出多快好省，建設社会主义总路綫的偉大号召下，为了配合农村电气化的高潮，我們編写这本小冊子，提供农村小型电站中具有高小与初中文化水平的技术干部閱讀。

本書內容首先叙述有关发电机的基本原理，进一步介紹发电机結構、工作特性、附屬电器設備，最后叙述发电机的維護，檢修及安装，并在整个內容中也談到有关安全技术問題。

本書由于編写時間仓促，如有不妥的地方，請讀者多提意見。

著者写于上海电机制造学校

1958.11.

目 录

第一章 基本原理 3

§1-1 关于电的一般概念(3) §1-2 电磁感应(5) §1-3 单相交流电(7)

§1-4 三相交流电(9) §1-5 直流电(10)

第二章 三相交流同步发电机 11

§2-1 交流发电机的结构(11) §2-2 交流发电机的绕组(13)

§2-3 交流发电机空载与负载时的特性(14) §2-4 电压调整(15)

§2-5 频率调整(16) §2-6 发电机的并列运行(17) §2-7 发电机运转中的安全技术(19)

第三章 励磁机 21

§3-1 励磁机的结构(21) §3-2 励磁机的绕组(22) §3-3 励磁机的特性(24)

第四章 发电机的附属电器设备 25

§4-1 变阻器(25) §4-2 开关(26) §4-3 熔断器(27) §4-4 电流表及电压表(28) §4-5 瓦时表(30) §4-6 频率表(31) §4-7 开关板(32) §4-8 电器操作时应注意的安全技术(34)

第五章 维护检修与安装 35

§5-1 维护与检修的意义(35) §5-2 引出线的检查(36) §5-3 线圈受潮的原因和绝缘电阻的测量(36) §5-4 交流发电机发不出电的原因(39)

§5-5 电机的过热(42) §5-6 线圈的干燥(42) §5-7 换向器的检修(44)

§5-8 滑环的检修(45) §5-9 碳刷的检修(46) §5-10 电机的拆卸和装

配(47) §5-11 电机的安装(48) §5-12 电器的检修(48)

第一章 基本原理

§1-1 关于电的一般概念

在我国伟大的共产主义建设高潮中，到处都需要电；“电”就成为各项建设中的先行官。

可是“电”究竟是什么呢？

由于“电”在某些方面与水的性质是相仿的，所以我们在谈“电”以前先谈一下水的性质。在一“U”形管子中盛以水，如图1-1。当阀门关闭时，则管中水不能流动；如果将阀门打开，

则管中水立刻由右侧流向左侧，这是因为右侧水位比左侧高的缘故。

我们让水继续流过，水位差 H 逐渐减小，同时水流速度也随之减小，直到 H 为零，亦即左右二水位相等时，水就不再流动。如果我们将

“U”形管子的 AB 部分换成一根细而长的管子来代替，我们发现即使 H 与以前一样大小，但水的流动速度要比未换前慢得多；这是因为水

流动的时候，管子内部产生一种阻力来阻止水的流动，而这阻力大小是与管子的形状有关，也就是管子越粗越短，则阻力越小；反之，则阻力越大。

在任何一种物体中，都有一种叫做“电子”东西存在。这些电子平时在物体中是均匀分布的，当电子向一定方向流动时，

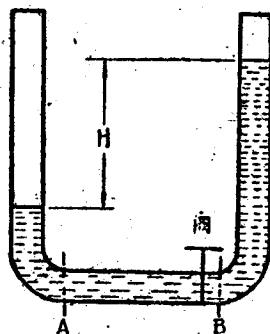


图 1-1

就叫做“电流”。要使物体中产生电流，一定要对这物体中的电子施加一个推动力，这推动力叫做“电势”，或籠統叫做“电压”；当然电压越大电流也越大。与水一样，电流大小除了与电压大小有关外，还与物体内部阻止电流通过的阻力有关。这阻力就叫做“电阻”。物体截面积越大，长度越短，则电阻越小；反之，则电阻越大。电阻除了与物体的形状有关外，与物体性質也有重大的关系，例如絲、棉、瓷、橡皮、云母、玻璃、空气等非金屬物体的电阻非常大，大到几乎不能通过电流，这种物体叫做“絕緣体”；銅、鋁、銀等金屬物体的电阻非常小，所以叫做导体。我們常見的电綫就是用銅或鋁制成的。

如果用水管把水泵与水輪机联成一个封閉的回路(如图1-2A所示)，則水泵开动并且将閥門打开时，水就在回路中不停

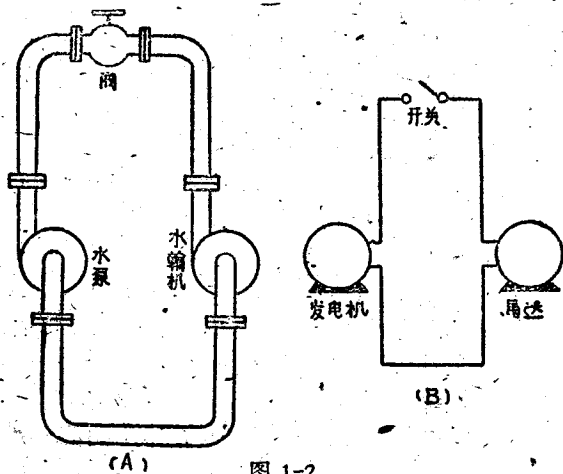


图 1-2

流动，因为水泵給这回路中的水經常保持着一定压力。这水流过水輪机，使水輪机轉动来拖动其它机械。与此相同，我們用电綫将发电机与电动机相联(如图1-2B所示)。这样联成的封

閉回路，我們称为“电路”；如果将发电机开动，同时将开关关上，在电路中电流也会不停的流动，这电流流过电动机而使它不停的轉动。这电流所以能够不停的流动，是因为发电机产生一定的电压經常加在这个电路上。我們称这发电机为这电路中的“电源”。

一台发电机或者电动机都有一定的能力，如果超过它們的能力，必然会使它們毀坏。我們要說明它們的能力大小，通常是用“功率”来表示；功率就是电压与电流的乘积。

我們在使用电的时候，必須知道电流、电阻以及电压的相互之間的关系，这些关系可用下面的公式来表示：

$$V = I \times R.$$

式中 V ——电压，单位为伏特；

I ——电流，单位为安培；

R ——电阻，单位为欧姆。

功率与电流、电压、电阻的关系可用下式表示：

$$P = V \times I = V^2 \div R = I^2 \times R$$

式中 P ——功率，单位为瓦特；而 1 瓩 = 1,000 瓦特。

§1-2 电磁感应

“电”与“磁”的关系是一个很有趣的問題。如果我們在一个铁心（如图 1-3 所示）上繞了一个綫圈，当电流通过綫圈时，則在铁心的 NS 空隙間就有这样的特点，就是将铁片放在 N 、 S 附近，則铁片馬上被吸住，这說明在铁心間隙中間产生了“磁場”，这时铁心就是一个

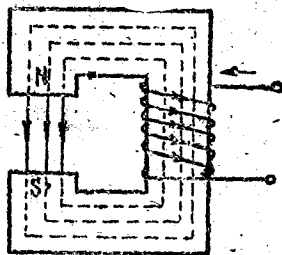


图 1-3

吸鉄石：如果將指南針放在隙中，則可測得鉄心二端的极性，一端为北极(用 N 表示)，另一端为南极(用 S 表之)，如果我們將通进去的电流方向改变，則磁极的极性也随之改变。如果我們將电流大小改变，則鉄片上所受力的大小也随电流大小而改变，这情况說明“磁場强度”是随电流大小变化的。为了研究磁場方便起見，我們假設有一种“磁力綫”存在于鉄心和間隙中(如图1-3中虛綫)，磁力綫自鉄心中穿出的端面为 N 极，磁力綫进入的端面为 S 极。我們常用磁力綫根数来表示磁場的强弱。

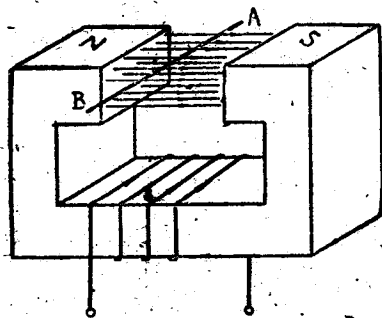


图1-4

图1-4为一电磁鉄，流经綫圈的电流及所生磁力綫的方向如图1-4所示。如果將一导体 AB 放在鉄心的間隙中，并使导体垂直于磁力綫而向下移动，即可測得导体二端产生电势，如用另一导体与 AB 导体的二端相联接，則立刻有电流产生；这

电流是由 A 端流入，从 B 端流出。如果將导体 AB 向上移动，則其中电势及电流的方向也同时改变。如果將磁場方向改变后再將导体 AB 上下移动，則产生的电势和电流的方向与上述方向相反。另外如果加强磁場，則导体中所生电势及电流也随之增加；如果我們不加强磁場，而使导体运动速度增加，則导体中电势及电流也随速度而增加。这样，我們得到一个結論：导体在磁場中运动时，导体中所产生的电势是随磁場强度和导体运动速度的增大而增大，电势和电流的方向則与磁場方向及导体运动方向有关。

§1-3 单相交流电

我们将一个单匝线圈放在一个恒定不变磁场中(如图1-5所示),在线圈二端分别接两个滑环C、D,同时再用二个炭刷分

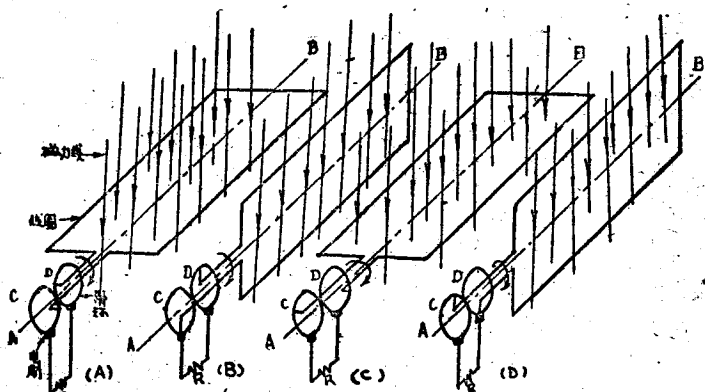


图 1-5

别与C、D相接触,再在两炭刷间连一电阻 R 而构成一个完整电路。若将线圈以一定速度围绕轴 AB 而旋转,其旋转方向如图 1-5 所示,则在电刷上产生电压,其大小以及方向是随时在变化。在开始转动时,亦即转动角度为零(图1-5 A),其电压为零,即图 1-6 之 A 点,当线圈转过 90° 时(图 1-5 B),电压为最大,这时我们假定为正的,亦即图 1-6 B 点;若线圈再转过 90° 时(图1-5 C),则电压又为零,即图1-6 C 点;当线圈再转过 90° 时(图1-5 D),

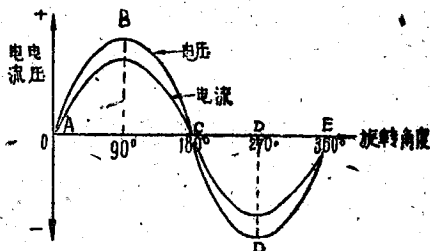


图 1-6

则电压又达到最大值，但这时数值与图 1-5 B 时相反而为负值，即图 1-6 D 点；如果线圈再转下去，再又恢复到图 1-5 A 位置，电压也象上述一样的一次又一次地变化。我们从图 1-6 上看到电压是按照一定的曲线随时在改变大小及方向的，这曲线就是所谓正弦曲线，这样的电流叫做单相交流电。电压每变一次（即由图 1-6 的 A 点到 B 点），叫做一周。一秒内变化次数叫做频率。我们日常所用的交流电，其频率为 50 周/秒，亦即每秒变化 50 次。

图 1-5 中，流过电阻 R 中的电流，其大小及方向是随电压的大小及方向而变化的，从图 1-6 中看到，电流曲线也按照正弦曲线变化，这时我们就称为电压与电流同相。如将图 1-5 中电阻改为一个线圈时，这时电流与电压关系就不同了，因为线圈有这样的特点，就是当电流通过线圈时，在线圈中会产生磁

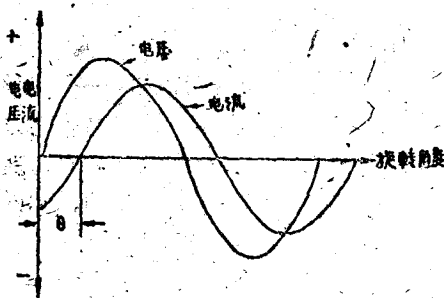


图 1-7

场，这磁场会阻止线圈中电流的变化，这种阻力叫做“电抗”。在这种情况下，就造成当电压最大时，电流并不是最大，这种关系如图 1-7 中电流与电压曲线所示，这时我们称为异相。

从图 1-7 中可看到电流与电压都为零时，它们之间相差角度为 θ° 角，这时我们称为电流滞后于电压为 θ° 角度。

当我们测量这种交流电压或者电流时，我们不用它们的最大值，而是采用最大值的 0.707 倍来计算，这数值叫做有效值。

当图 1-5 中所示电路接有电阻时，我們用测量电压、电流及功率的仪器所测得的数值有这样的情况：电流乘上电压的数值与功率表（亦称瓦特表）所示的数值是一样的。如电阻改为线圈时，则电压与电流的乘积与功率表上的数值不同，而且功率表数值比电压与电流乘积来得小，我們通常将功率表与电流电压乘积数值之比，称为该电路的“功率因数”（普通用 $\cos \varphi$ 来表示）。功率因数总是比 1 小，在任何条件下没有大于 1 的可能。

§1-4 三相交流电

我們在上一节所談的是一个线圈在磁场中运转，亦即是一个单相发电机。如果我們采用三个线圈（如图 1-8 中所示的 A、B、C），它們在空間

中彼此相差 120° ，

如果这三个线圈在

磁场中同时圍繞軸

綫 OO 旋轉，其旋

轉方向如图中箭头

方向所示，則三个

綫圈中分别产生了

按正弦曲线变化的

电压，如图 1-9 所示，

因为在空間上每

个綫圈相差 120° ，

所以在图 1-9 中可

看到 ABC 各相最大电压都相差 120° 。

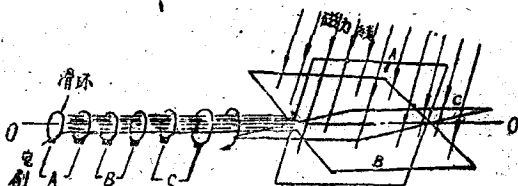


图 1-8

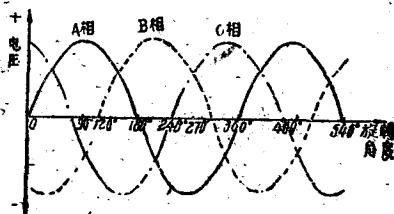


图 1-9

各种三相交流发电机就是应用这最基本的原理来制造的。

我們將这三个綫圈可以联成Y形或三角形，见图1-10。假使每个綫圈电压为220伏，在Y形接法时，我們有四个出綫头，其中一根为中綫，即图1-10A中的 OO' ，三根火綫。如我們接負載时，中綫不論与那一个火綫相联接，其电压都是220伏，这电压称为相电压；如把負載与任何二个火綫相接，則其电压

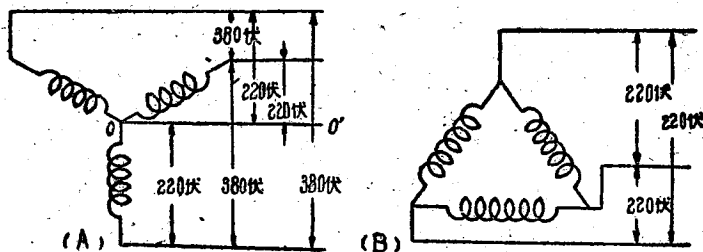


图 1-10

为380伏，这电压称为綫电压。我們經常听到的220伏，380伏，即指相电压与綫电压。如果結成三角形如图1-10B所示，則有三根火綫，任何二个火綫之間的电压均为220伏，在这种接法中，沒有中綫，相电压等于綫电压。

§1-5 直 流 电

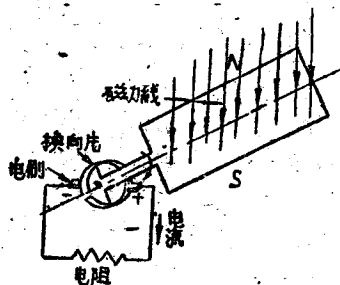


图 1-11

在前面已談到，一个綫圈在磁場中旋轉时，則在滑环电刷上产生一个交变电压，如果將图1-5中滑环改用二片互相絕緣的“換向片”(图1-11)来代替，并且电刷，換向片以及綫圈位置安装得很恰当时，則在电刷上所得到的电压不再是交

变的，而是如图1-12中曲线1所示，即将本来是负电压部分也变成正的了。如果将线圈与换向片数目增加时，则在电刷上得到一个大小和方向都不变的电压，如图1-12中直线2所示，这种电压就称为直流电压。这时一个电刷永远是正的，另一个是负的。当然在这电路中的电流也是恒定不变的。

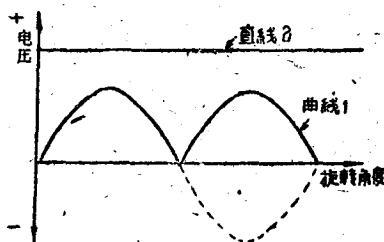


图 1-12

第二章 三相交流同步发电机

§2-1 交流发电机的结构

TSWN及TSN系列农村小型水轮发电机，是凸极式的三相交流同步发电机。TSWN系列是卧式结构(图2-1)；TSN系列

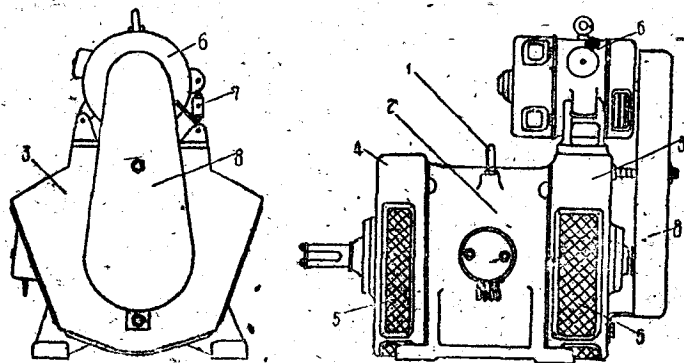


图 2-1 TSWN系列外形图

是立式結構(圖2-2)。它們在電氣性能方面完全相同，只是機座結構不同。

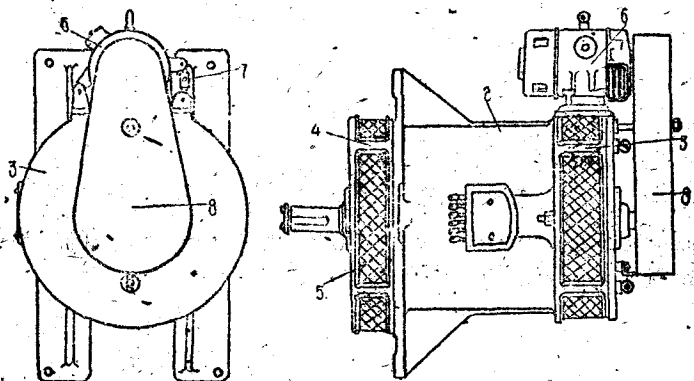


圖 2-2 TSN系列外形圖

同步發電機1的靜止部分叫做定子。定子由鐵心、繞組及機座組成。TSWN及TSN型電機是防護型的，可以防止水滴及垃圾雜物侵入。定子鐵心由0.5公厘厚，兩面塗漆的矽鋼片迭成，其中嵌入一個三相雙層短節距的定子繞組。鐵心及繞組壓入鑄鐵製成的機座2中。

發電機的轉動部分叫做轉子，它由前後兩個端蓋3及4裝在機座上。轉子可以在軸承中自由轉動。端蓋的進出風口蓋以菱形網5，以防雜物侵入。前端蓋3上部平坦，勵磁機6就安裝在上面，用三角皮帶與交流發電機1連接，並有調節皮帶輪中心距離的升降螺桿結構7及皮帶輪防護罩8。

水輪發電機的轉子具有凸出的磁極。磁極由薄鋼板迭成，用鉚釘固定，並用螺釘緊固在磁軛上。磁軛由整塊鍛鋼製成，用鍵固定在轉軸上。磁極繞組用扁銅綫側繞製成。

轉子上裝有離心式風扇，其風葉和軸套各由鋼板和鑄鐵制

成。TSWN型水輪发电机的軸承在傳动端采用单列向心滾柱軸承，非傳动端則用单列向心滾珠軸承。

TSN型立式发电机的結構：大部分是与臥式相同的，只是它的机座上鑄着凸出的法兰盘，而沒有底脚，以便立着固定在基础上。另外它的非傳动端采用单列向心推力珠軸承。

水輪发电机有規定的飞逸速度，它对有关轉子机械結構的强度問題是具有重大意义的，因为当負載突然中断的某些場合中，它的速度会大大超过規定数值，飞逸速度就是規定这个速度的最大允許值。

§2-2 交流发电机的繞組

交流发电机的定子繞組由許多綫圈嵌在有齿与槽的定子鉄心內而成。每一个槽內有二个綫圈边。它的主要型式是三相双层短距繞組。現在举例說明定子双层短距的繞組如何安排。

TSWN71-6小型农村水輪发电机有下列数据：

定子鉄心有54槽，6极，3相，每只綫圈有9匝，綫圈节距为1~8。

因为定子鉄心有54个槽，則每个极有9槽，每极每相有3个槽。图2-3只表示了一对极下的繞組，其余两对极下的繞組与它完全相仿。

每只綫圈的寬度称为繞組节距，这里是7个槽，那就是說假使1号綫圈的一个边在1号槽的上层，那么它的另一个边就应当放在 $1+7=8$ 号槽的下层。第2号綫圈的一个边放在2号槽上层，則另一边在9号槽下层。其余都依次嵌入槽內。1、2、3号綫圈串联起来，就成为一联綫圈，这是屬于一个相的。第二相的綫圈联应放在7、8、9槽的上层，下层都各各相隔7个槽，而第三相在4、5、6槽內。这样，每极每相有三只綫圈串联成

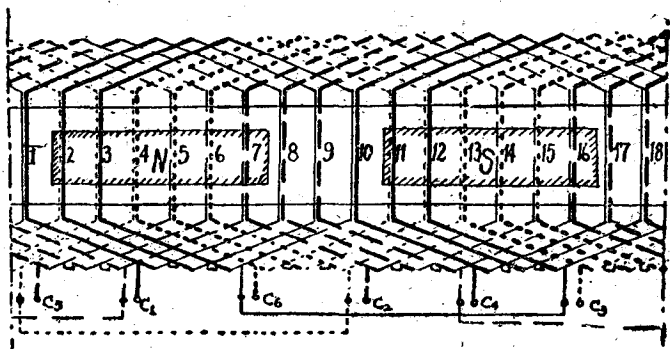


图 2-3 三相双层短距绕组

注：图中粗线表示上层线圈边，细线表示下层线圈边。

为一联。所以整个定子绕组中每个相有 6 联线圈，这 6 联线圈互相串联成为一相绕组，它的始端用 C_1 表示，末端用 C_6 表示。同样，其他两个相的绕组也是各由 6 联线圈串联而成，他们的始末端各以 C_1 、 C_6 及 C_1 、 C_6 表之。

所以小型水轮发电机定子绕组共有六个出线端，其中三个出线端接在一起成为中性点，其他三个线端接于三相线路上，成为星形接法。

转子磁极绕组用扁铜线侧绕成阶梯形，套在磁极铁心上，共六只线圈，接法是串联成一只线圈正接第二只反接，这样一正一反，就能产生六个极，而这六个极是 N 极， S 极相间隔的。线圈串联后经过滑环和电刷接到励磁机。

§2-3 交流发电机空载与负载时的特性

交流发电机的空载特性曲线如图 3-4 所示，它表示励磁电流与空载电压之间的关系。由图中可以看出当励磁电流愈大则电压愈高，起初的时候，电压随励磁电流的增大，增加很快，