

# 汽车交流发电机

长沙汽车电器厂 编



人民交通出版社

# 汽车交流发电机

长沙汽车电器厂编

人民交通出版社

1975年·北京

## 内 容 提 要

本书从交流电产生的原理开始，通俗地介绍汽车交流发电机和调节器的结构及工作原理。书中对国产主要型号的汽车交流发电机和调节器的构造及性能，作了较为详细的介绍，可供汽车驾驶员和修理工阅读。

### 汽 车 交 流 发 电 机

长沙汽车电器厂 编

人民交通出版社出版

(北京市安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 006 号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷一厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{32}$  印张：4.125 字数：87 千

1975年1月 第1版

1975年1月 第1版 第1次印刷

印数：0001—167,000册 定价(科二)：0.30 元

# 毛主席语录

思想上政治上的路线正确与否是决定一切的。

大家明白，不论做什么事，不懂得那件事的情形，它的性质，它和它以外的事情的关联，就不知道那件事的规律，就不知道如何去做，就不能做好那件事。

## 前 言

在毛主席革命路线指引下，经过无产阶级文化大革命，我国汽车电机制造行业广大革命职工，发扬独立自主、自力更生的精神，试制成功汽车用交流发电机并已成批投产。汽车交流发电机用的半导体硅整流元件，也已在各汽车电机制造工厂自行配套生产。这种汽车交流发电机近几年来已为国产各型汽车配套使用。随着各汽车电机工厂生产交流发电机能力的提高，交流发电机逐步代替传统的直流发电机已是必然的趋势。交流发电机与直流发电机在结构上完全不同，为帮助广大汽车驾驶员、修理工了解汽车交流发电机的结构，逐步掌握其使用技术，我们编写了这本小册子。由于我们水平不高，又缺乏经验，这本小册子可能会有错误之处，希望广大读者予以指正。

**长沙汽车电器厂**

一九七三年五月

# 目 录

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 绪 论 .....               | 1  |
| 第一章 汽车交流发电机的结构和原理 ..... | 5  |
| 第一节 交流电产生原理 .....       | 5  |
| 1. 单相交流电 .....          | 5  |
| 2. 三相交流电 .....          | 9  |
| 第二节 交流发电机的结构 .....      | 11 |
| 第三节 交流发电机的工作原理 .....    | 29 |
| 1. 交流发电机的发电原理 .....     | 29 |
| 2. 整流原理 .....           | 31 |
| 第四节 交流发电机的特性 .....      | 39 |
| 1. 交流发电机的激磁方式 .....     | 39 |
| 2. 交流发电机的特性 .....       | 39 |
| 第二章 半导体元件 .....         | 45 |
| 第一节 半导体的特性 .....        | 45 |
| 第二节 硅整流元件的整流原理 .....    | 47 |
| 第三节 半导体二极管 .....        | 48 |
| 1. 交流发电机用整流二极管 .....    | 48 |
| 2. 常用的一般二极管 .....       | 53 |
| 3. 稳压二极管 .....          | 55 |
| 第四节 半导体三极管 .....        | 58 |
| 1. 三极管的工作情况 .....       | 60 |
| 2. 三极管的主要特性 .....       | 62 |
| 3. 三极管的型号和参数 .....      | 64 |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 4. 三极管的简单检查方法·····           | 67  |
| <b>第三章 交流发电机调节器</b> ·····    | 70  |
| 第一节 调节器的用途·····              | 70  |
| 第二节 调节器的工作原理·····            | 71  |
| 1. 单级电磁振动式调节器的工作原理·····      | 71  |
| 2. 双级电磁振动式调节器的工作原理·····      | 77  |
| 3. 晶体管调节器的工作原理·····          | 80  |
| 第三节 国产交流发电机调节器的性能与结构·····    | 83  |
| 1. FT62型调节器 ·····            | 83  |
| 2. FT61型调节器 ·····            | 89  |
| 3. FT70型调节器 ·····            | 92  |
| 4. FT70A型调节器 ·····           | 96  |
| 5. FT61A型调节器 ·····           | 97  |
| 6. JFT11型、JFT21型晶体管调节器·····  | 99  |
| <b>第四章 交流发电机的使用和保养</b> ····· | 107 |
| 第一节 交流发电机的使用·····            | 107 |
| 1. 交流发电机的安装·····             | 107 |
| 2. 交流发电机的接线方法·····           | 108 |
| 3. 使用注意事项·····               | 110 |
| 第二节 交流发电机的故障及排除方法·····       | 113 |
| 第三节 交流发电机的保养与修理·····         | 117 |
| 1. 转子的修理·····                | 119 |
| 2. 定子的修理·····                | 120 |
| 3. 二极管的检查方法·····             | 120 |

## 绪 论

汽车发电机系用来对蓄电池进行充电和供给汽车上各种用电设备所需的电能，它输出的必须是直流电。长期以来，汽车上采用的发电机是换向式直流发电机。在这种发电机中，电枢（转子）绕组内感应的交变电流，靠整流子通过炭刷换向，改变为直流电流。在换向过程中，炭刷与整流子之间不免产生火花，这种火花引起炭刷与整流子的磨损和烧蚀。随着发电机转速的提高，火花愈来愈大，炭刷与整流子的磨损也就更为严重。这是直流发电机在结构上存在的主要缺点。

随着现代汽车的发展，汽车用电设备的数量不断增加，要求增大汽车发电机的输出功率；同时为了保证发动机有良好的起动性能及提高蓄电池的使用寿命，必须使蓄电池经常保持在充满电的状态，这就要求在汽车低速行驶时发电机也能对蓄电池进行充电。对于城市的公共汽车这种要求尤为迫切，因为城市的公共汽车低速行驶的时间较多，起动次数频繁，蓄电池放电量较大。直流发电机要满足上述要求，就须提高功率，因而使其体积增大，造成在发动机上安装的困难，并且在维修时拆装也不方便。另一方面，现代汽车发动机的转速变化范围很大，如果在发动机低速时，发电机满足了充电的要求，在发动机高速时，发电机的转速便会很高，以致换向困难，炭刷与整流子之间的火花很大。因此直流发电机不能适应现代高速发动机的要求。

从维修的角度来看，直流发电机由于炭刷与整流子容易

磨损，它的保养周期较短，一般使用一万公里左右就要进行保养和修理。

综上所述，直流发电机不能满足现代汽车发展的需要，因此在汽车上开始采用交流发电机。

汽车上采用的交流发电机是三相同步发电机。由其定子绕组感应的交变电流，通过半导体整流器改变为直流电。有的国家在五十年代已开始把半导体整流的交流发电机应用到汽车上，当时采用的主要是硒整流元件。由于硒整流元件耐电压低，耐热性能差，体积较大，所以，用硒整流器的交流发电机没有得到广泛的应用。随着电子工业的发展，出现了半导体硅元件。用硅元件作整流器比硒元件有很多优点，它可以做得体积小、功率大、耐电压高、工作可靠；并且硅元件可以装到发电机内部。从六十年代初起，汽车交流发电机已普遍采用硅元件作整流器，一般叫做硅整流发电机。我国近几年来，在汽车上已成批使用硅整流的交流发电机。

交流发电机与直流发电机相比，有许多优点。

1. 它体积小，重量轻，结构简单，维修方便，使用寿命长。例如解放牌汽车用的直流发电机，额定功率为250瓦，重量为11公斤；而现在采用的交流发电机，额定功率为350瓦，重量仅为4.8公斤，而其短时最大输出功率可达450瓦。如果把交流发电机的体积做得与直流发电机一样，则交流发电机的输出功率将大得很多。由于交流发电机的转子结构简单，它的滑环与炭刷耐磨性很好，保养的周期比直流发电机可以延长。硅二极管的使用寿命是很长的，一般为5000~10000小时。此外，要磨损的零件，就是滚珠轴承了，而滚珠轴承的寿命也是相当长的。所以，交流发电机的使用寿命要比直流发电机长。

2. 在汽车低速行驶时，充电性能好。交流发电机的转

子产生磁场（与直流发电机相反，后者的定子产生磁场），炭刷与装在转子上的滑环（即两个光滑的铜环）接触，通过的只是很小的磁场电流，炭刷与滑环的磨损很小。这就可以提高发动机与发电机的传动比；故一般交流发电机的皮带轮做得比直流发电机的小，使在发动机较低速度运转时，发电机已达到一定的转速，可以输出电流，向蓄电池充电。当发动机高速运转时，发电机也能承受较高速度的运转。例如解放牌汽车上采用直流发电机时，传动比为 1.5，采用交流发电机后提高至 2；这样在汽车低速行驶时，发电机就可以向蓄电池充电。而直流发电机由于炭刷与整流子之间的火花与转速成比例地增大，所以传动比的提高受到了限制，在汽车低速行驶时不能向蓄电池充电。

3. 由于交流发电机的结构与直流发电机完全不同，它的比功率（即发电机每单位重量的功率数）大，可以节省大量金属材料与制造的加工工时，尤其是铜材的节约最为显著。例如，长沙汽车电器厂生产的一台 350 瓦 JF13 型交流发电机，比该厂生产的一台 250 瓦 112 型直流发电机，用铜量要节省近一公斤。汽车发电机系大量生产，每年为国家节约的铜材是十分可观的。

4. 由于炭刷与整流子之间有火花，直流发电机对周围的各种无线电接收机产生干扰杂音，影响无线电的接收效果。而交流发电机工作时没有整流火花，虽然在三相全波整流时还存在着有很小的脉动电压，但杂音的干扰比直流发电机要小得多。

5. 采用交流发电机后，相匹配的调节器的结构要简单得多。原来配直流发电机的调节器有节压器、节流器和截流器三个组成部分，用交流发电机后只需一组节压器就可以了。因为交流发电机采用了半导体硅整流器，当发电机电压

高于蓄电池电压时，就向蓄电池充电，而当发电机电压低于蓄电池电压时，二极管就起到阻止反向电流的作用，所以不需要截流器。另外，交流发电机有一种自身限制最大输出电流的性能，所以也不需要节流器。

目前，我国生产汽车电机的工厂已开始成批生产交流发电机，有的工厂已大批生产，逐步代替直流发电机。本书对交流发电机、半导体元件及相匹配的调节器的结构、原理与维修方法作一般介绍，以供广大汽车驾驶员和修理电工阅读，使他们能够熟悉和掌握交流发电机的使用及维修方法。

# 第一章 汽车交流发电机的结构和原理

## 第一节 交流电产生原理

### 1. 单相交流电

直流电与交流电的基本区别在于直流电的方向是始终不变的，交流电的方向则是随时间不断变化的。根据欧姆定律，直流电路中电流值等于电压被电阻除所得的商，即  $I = \frac{E}{R}$ 。在交流电路中有时却不能这样计算，譬如 220 伏的交流电加在 1 欧姆电阻值的线圈上，只能通过较小的电流，这是由于线圈不是一个单纯的电阻，它除电阻外，还有感抗。线圈的感抗对交变电流的通过产生一种阻力，它限制线圈内电流的通过。这种阻力与交流电的频率及线圈本身的电感量成正比，它们的关系是：

$$X_L = 2\pi f L$$

式中：  $X_L$ ——线圈的感抗，

$f$ ——电源的频率，

$L$ ——线圈的电感。

可见，线圈的电感愈大，电源的频率愈高，它的感抗就愈大，对交流电通过的阻力也愈大。

所以，交流电路中通过线圈的电流可用下式表示，

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + X_L^2}}$$

式中： $U$ ——电源电压，

$Z$ ——线圈总的阻抗。

交流电动势的产生，如图 1 所示。此电动势是用一根导线在均匀磁场中作等速旋转时所产生的。

感应电动势的大小，取决于磁场的磁感应强度（即磁场中垂直通过单位面积的磁力线多少的程度）、导线的长度、导线切割磁力线的速度和角度。感应电动势的方向，则取决于磁力线的方向和导线切割磁力线的运动方向（或磁场的磁力线切割导线的方向）。当长度一定的导线在均匀的磁场中以一定方向作等速旋转时，所产生的感应电动势就只和导线切割磁力线的角度有关。

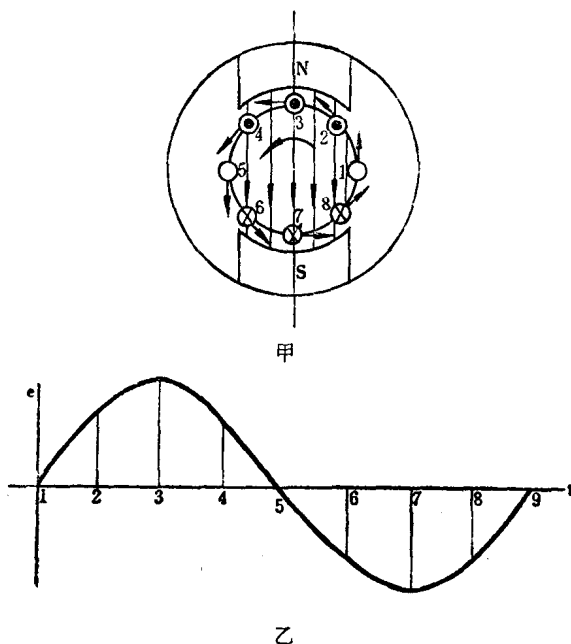


图 1 单相交变电动势

从图 1 甲、乙可看出，当导线位置在 1 时，因为导线的运动方向与磁力线平行，正好是沿磁力线方向滑过去，并不切割磁力线，所以不产生感应电动势。

当导线位置在 2 时，导线以斜的方向切割磁力线，产生一定的感应电动势；当导线在位置 3 时，导线旋转到磁极中间，导线的运动方向和磁力线垂直，产生的感应电动势最大。经过 3 以后，导线切割磁力线的方向又偏斜，因此产生的感应电动势也逐渐减少；到位置 5 时，导线感应的电动势又减到零。

导线经过 5 以后，便转入另一个磁极下，因为切割磁力线的方向与前半周的方向相反，所以感应电动势的方向也相反。这时感应电动势又跟着切割磁力线的角度逐渐增大，到位置 7 时，产生的反方向感应电动势达到最大值。之后，电动势又逐渐减小，当导线转到原来的起点位置时，感应电动势又减到零。如果我们把导线在磁场中旋转时不同位置所感应的电动势，按比例绘在坐标线上，在垂直方向绘出感应电动势的大小，规定一个方向的电动势为正，相反方向的电动势为负，我们可以按照感应电动势的大小绘出一条有规律的曲线，如图 1 乙所示，这一曲线我们叫做正弦曲线。

图 2 表示交流发电机最简单的装置。有一线圈在磁场中运动，它的二端分别接到二个铜环上，通过两个炭刷将导线中感应电动势引到负荷电阻上。当线圈的 *A* 边在 *N* 极附近切割磁力线时，另一边 *B* 在 *S* 极附近切割磁力线。根据发电机右手定则，就可知道两边感应电动势的方向是相反的，因此线圈旋转时，通过负荷电阻的是交变电流。

导线在两极间旋转一整周，交变电动势（或交变电流）

完成一次正负变化。

在单位时间内（1 秒），交变电流变动的周数叫做交变

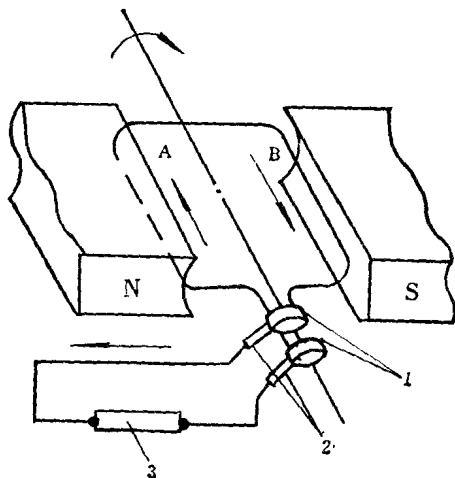


图2 简单交流发电机  
1——铜环；2——炭刷；3——负荷

电流的频率，常用字母  $f$  表示，单位是周/秒，或叫赫芝。

频率的倒数表示每周所经过的时间，叫做周期，用字母  $T$  表示，它们的关系是：

$$\text{周期} = 1/\text{频率}, \text{或 } T = 1/f$$

上面所说的交变电流，都是只有一对磁极的交流发电机产生的。转子每转一转，产生一个周期的交变电流。如要产生50周/秒，转子必须每秒转50转。

实际上交流发电机都是做成多极的，如果发电机的转速是  $n$  转/分，则每秒种的转数是  $n/60$ 。对于一对磁极的发电机来说，频率与转速的关系是：

$$f = n/60$$

而对于多极发电机来说，频率与转速的关系是：

$$f = p n/60$$

式中： $p$ ——电机的磁极对数。

参阅图3，在二对磁极的交流发电机中，转子每旋转半转，就可以产生一个周的电动势。在第二个半周中又产生另一周的电动势。如在三对磁极中，转子每转一周，即可产生三个周的电动势。

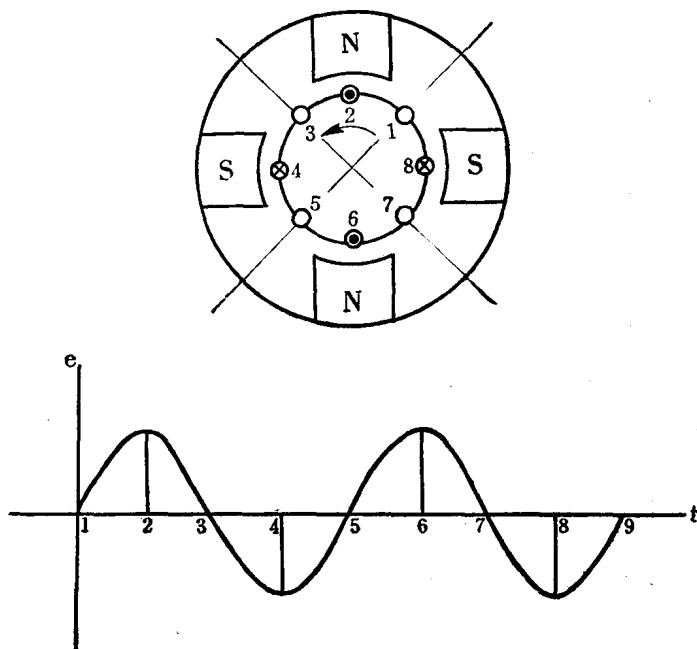


图3 二对磁极的单向交流发电机示意图

## 2. 三相交流电

如果在一只发电机的电枢上绕几个绕组，则发电机磁场旋转时，几个绕组可以产生频率相同的交变电动势。

图4甲表示一只最简单的三相交流发电机。这个发电机的定子有三个绕组  $A-X$ 、 $B-Y$  和  $C-Z$ 。三个绕组在发电机的定子上彼此相隔  $120^\circ$ ，即  $2/3$  极距（沿定子的内圆，

从北极到南极之间的距离就是极距)。发电机的转子 $p$ 上绕有磁场线圈,有北极( $N$ )和南极( $S$ )。

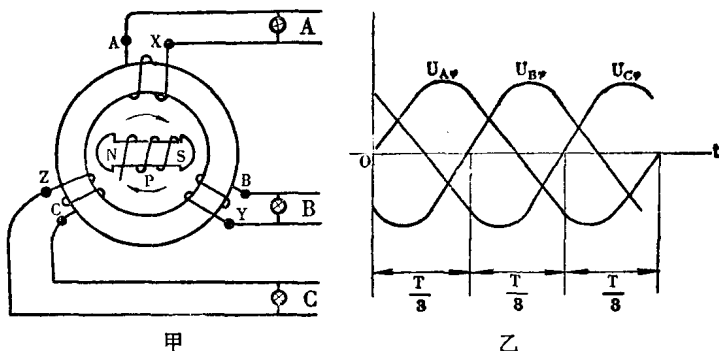


图4 最简单的三相交流发电机

当发电机的转子旋转时,在定子的三个绕组就产生感应交流电动势。在三相交流发电机中,每个绕组的电路称为相。由于三个绕组在定子上的位置不同,在相位上相互间相差 $\frac{2}{3}\pi$ ,或 $\frac{1}{3}$ 周期。每一相绕组都能在转子转动时产生按正弦波变化的交流电动势。图4乙表示这三相交流电动势的变化情况,图中以第一相A—X绕组的电动势由零值开始上升时作为起点;第二相B—Y绕组的电动势比第一相滞后 $120^\circ$ 或 $\frac{1}{3}$ 周期;第三相C—Z绕组的电动势又比第二相的滞后 $\frac{1}{3}$ 周期(也可以说,第三相的电动势比第一相超前 $\frac{1}{3}$ 周期),如此一相接一相地产生按正弦波变化的电动势。每相绕组本身二端形成的电压,称为相电压,常用字母 $U$ 表示,如图中 $U_A$ 、 $U_B$ 、 $U_C$ 。如果A、B、C三相电路的负荷相等,则相电压的值均相等。

把三相发电机各绕组的末端连在一起,作为各相绕组的中性点,就是通常所说的星形接法。汽车交流发电机都是采用这种接法,如图5所示。发电机定子绕组二始端间的电压