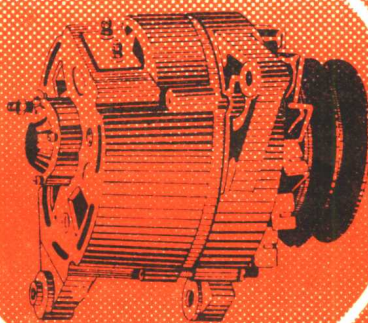


汽车交流发电机

(第二版)

长沙汽车电器研究所 编



人民交通出版社

汽车交流发电机

(第二版)

长沙汽车电器研究所 编

人 民 交 通 出 版 社

内 容 提 要

本书从交流电产生的原理开始,通俗地介绍了汽车交流发电机和调节器的结构和工作原理,特别对国产主要型号的汽车交流发电机和调节器的结构性能,作了比较详细的介绍。此外,还介绍了晶体管元件的特性和整流原理,以及交流发电机的使用、故障检查和保养修理等方面的知识。本书供汽车驾驶员和修理工阅读参考。

本书初版由长沙汽车电器厂编写。

汽车交流发电机

(第二版)

长沙汽车电器研究所 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厂印

开本: 787×1092 $\frac{1}{32}$ 印张: 4.875 字数: 106千

1975年1月 第1版

1980年8月 第2版 第8次印刷

印数: 348,001—377,500册 定价: 0.52元

目 录

结论.....	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
(一) 交流电的产生.....	5
(二) 交流电的特征.....	9
(三) 单向交流电.....	12
(四) 三相交流电.....	13
第二节 汽车交流发电机的结构.....	15
第三节 汽车交流发电机的工作原理.....	37
(一) 汽车交流发电机的发电原理.....	37
(二) 整流原理.....	40
第四节 汽车交流发电机的特性.....	48
(一) 汽车交流发电机的激磁方式.....	48
(二) 汽车交流发电机的特性.....	50
第二章 半导体元件.....	56
第一节 半导体的特性.....	56
第二节 N型半导体和P型半导体的导电原理.....	58
第三节 硅整流元件的整流原理.....	60
第四节 半导体二极管.....	63
(一) 汽车交流发电机用整流二极管.....	63
(二) 常用的一般二极管.....	68
(三) 稳压二极管.....	70

第五节 半导体三极管.....	73
(一) 三极管的工作情况.....	73
(二) 三极管的主要特性.....	78
(三) 三极管的型号和参数.....	80
(四) 三极管的简单检查方法.....	83
第三章 汽车交流发电机调节器.....	87
第一节 调节器的用途.....	87
第二节 调节器的工作原理.....	88
(一) 单级电磁振动式调节器的工作原理.....	88
(二) 双级电磁振动式调节器的工作原理.....	95
(三) 晶体管调节器的工作原理.....	99
第三节 充电信号指示装置及其继电器.....	102
第四节 国产交流发电机调节器的性能与结构.....	108
(一) FT61型调节器	108
(二) FT70型调节器	112
(三) FT70A型调节器.....	115
(四) FT61A型调节器.....	115
(五) JFT121、JFT241型晶体管调节器.....	118
第四章 汽车交流发电机的使用和保养.....	126
第一节 汽车交流发电机的使用.....	126
(一) 汽车交流发电机的安装.....	126
(二) 汽车交流发电机的接线方法.....	128
(三) 使用注意事项.....	129
第二节 汽车交流发电机的故障及排除方法.....	132
第三节 汽车交流发电机的保养与修理.....	143
(一) 转子的修理.....	145
(二) 定子的修理.....	146
(三) 二极管的检查方法.....	146

绪 论

汽车发电机是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。直流发电机要提高输出功率并在汽车低速行驶时也能对蓄电池进行充电的话，就必须增大发电机的体积和重量，这样使原材料消耗增加，制造成本提高，并且造成在发动机上安装困难，拆装维修也不方便。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，而在发动机高速时，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，甚至发电机不能正常工作。因此，传统的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，所以保养周期较短，一般使用一万公里左右就要进行保养和修理。

综上所述，传统的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。随着电子技术的发展，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，因而得到了广泛的推广应用。由于这种发电机是用硅元件作整流的，故也有把这种发电机称为硅整流发电机。我国近几年来，在汽车上已成批使用这种用硅元件整流的交流发电机。

交流发电机与直流发电机相比，有许多优点：

1. 体积小，重量轻，结构简单，维修方便，使用寿命长。例如解放牌载重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长。硅二极管的使用寿命是很长的，一般为5000~10000小时。有磨损的零件仅为滚珠轴承，而滚珠轴承只要按规定周

期进行保养，则其使用寿命是很长的。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，发电机的最大转速可以提高。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，用铜量要节约近一公斤。汽车发电机是大量生产的产品，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。

6.在同一类型的汽车上，采用交流发电机的输出功率比原采用直流发电机的输出功率要大，且交流发电机还有较大的储备功率。汽车行驶用电设备所消耗的电能都可以由发电机承担。另外，由于发动机低速时发电机也能向蓄电池充电，当发动机起动后，起动机从蓄电池中消耗的电能很快就被发电机所补充。所以，采用交流发电机后，选用的蓄电池的容量可以适当减小，它的外形尺寸也就相应减小。

图1表示解放牌载重汽车上采用交流发电机的输出功率曲线与原采用直流发电机的输出功率曲线的比较。从图中曲线可以看出，交流发电机的起始发电转速比直流发电机低，并且最大输出电流比原直流发电机大得多。

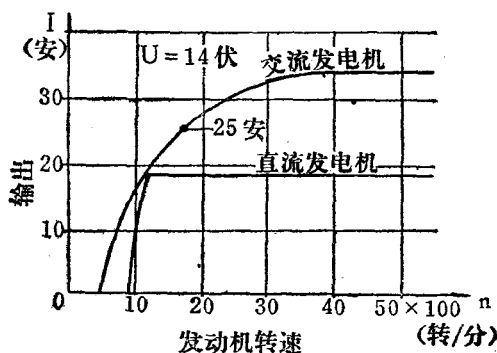


图1 交流发电机与直流发电机的功率输出比较曲线

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

(一) 交流电的产生

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。如果有一导线在磁场中运动，则由于导线切割磁力线，导线中就产生电

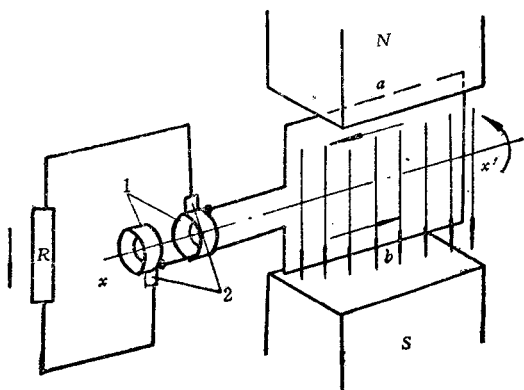


图 2 交流电的产生
1-滑环；2-炭刷

流。图 2 表示有一线圈 ab 在磁场中绕 xx' 轴旋转，线圈的两端接在两个铜制的滑环 1 上，铜环上有两个炭刷 2 引到负

荷电阻 R 上。当线圈的 a 边在 N 极附近切割磁力线时，另一 b 边在 S 极附近切割磁力线， a 边与 b 边都感应出电流。电流的方向与线圈旋转运动的方向及磁力线的方向有关。它们的相互关系可用右手定则表示，如图 8。

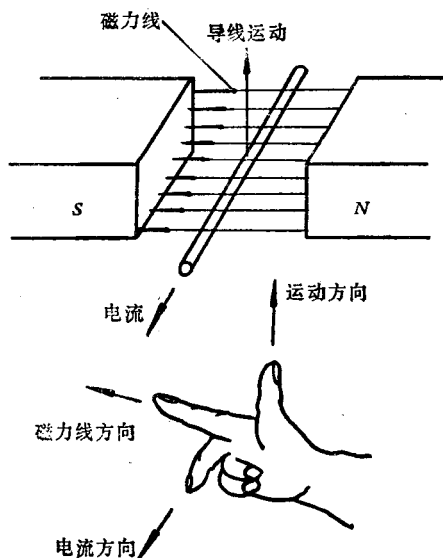


图 8 右手定则

导线在 N 、 S 极之间旋转一整周，则在导线内感应的电流就交变一次。

在单位时间内（1 秒）交变电流的次数，叫做交流电流的频率，常用字母 f 表示。它的单位是周/秒，或叫赫芝。

频率的倒数，表示交变电流每变动一周所经过的时间，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，是指只有 1 对磁极的情况下而言的，即 $a \cdot b$ 两边的导线绕 xx' 轴旋转一转，产生一个周期的

交变电流。如果要产生50周/秒，则必须每秒旋转50转。

如果增加几对磁极，则要产生50周/秒的交变电流，导线绕轴旋转就不需要每秒50转了。实际上各种交流发电机都是做成多极的。如果是2对磁极，则每秒旋转25转就可得到50周/秒的交变电流。因为每旋转半周就可得到1个周期的交变电流。每旋转1周，就可得到2个周期的交变电流。

导线在磁场中运动时感应出的电动势的大小，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。

从图4甲可看出，当导线位置在1时，因为导线的运动

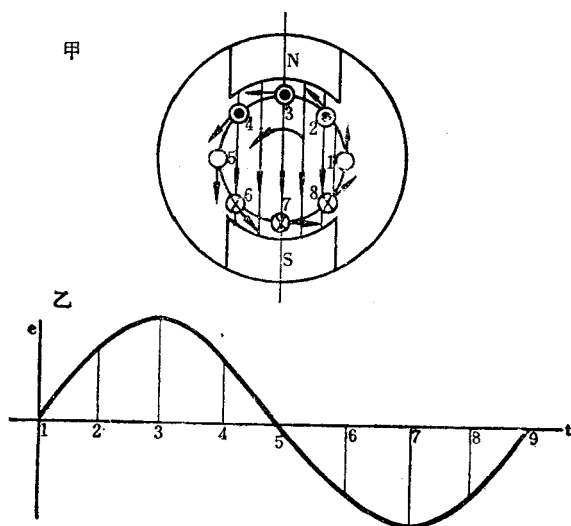


图4 单向交变电动势

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。随后，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，就可按照感应电动势的大小绘出一条有规律的曲线，如图 4 乙所示。这一曲线叫做正弦曲线。

如果切割磁力线的导线绕轴旋转的转速是 n 转/分，则每秒的转速是 $n/60$ ，对于一对磁极的情况来说，频率与转速的关系是：

$$f = \frac{n}{60}$$

对于多极的情况来说，频率与转速的关系是：

$$f = \frac{pn}{60}$$

式中： p ——磁极的对数。

(二) 交流电的特征

在直流电路中，电流的大小可以根据欧姆定律来计算，即 $I = \frac{U}{R}$ 。电流等于电压被电阻除所得的高。在交流电路中，有时却不能这样计算，而要看交流电所接负载的性质。如果所接负载仅仅是电阻 R （图 5 甲），则交流电流与交流

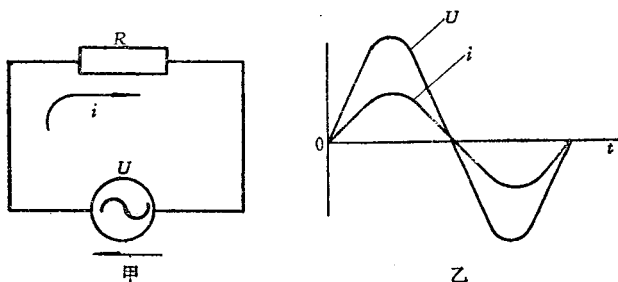


图 5 纯电阻回路

电压同时变化。当电压达到最大值时，电流也达到最大值；电压到零时，电流也到零；电压在负方向时，电流也在负方向（如图 5 乙）。这种电流与电压同时变化，我们称电压与电流同相位。电流值的计算仍可用欧姆定律。

如果所接的负载是线圈（图 6 甲），线圈是一种电感。当交流电加到线圈时，线圈对交流电的通过产生一种阻力，限制线圈内电流的通过。这种阻力，我们叫做感抗。线圈的感抗值比它的直流电阻值要大很多倍。所以，电感线圈限制交流电的作用要比限制直流电的作用大多了。

为什么电感线圈会对交流电的通过产生这种阻力呢？这可以用自感电动势的道理来说明。交流电流通过电感线圈时，在线圈内就产生变化的磁场，变化的磁场会产生自感电

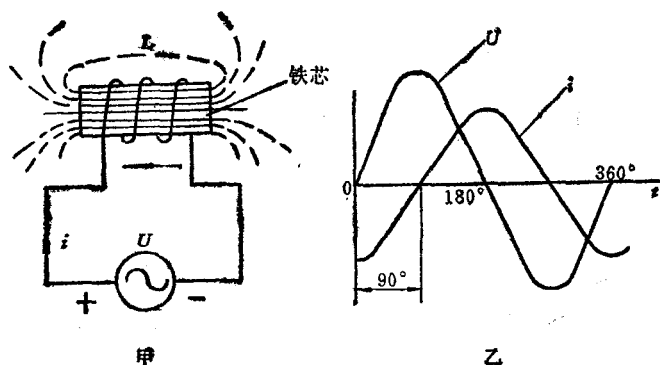


图6 接有电感线圈回路

动势，这个自感电动势总是阻止通过电流的变化，因而，电感线圈对交流电的通过产生了阻力。当线圈内有铁芯时，磁力线增多，因而就有更多的磁力线发生变化，自然会产生更大的自感电动势，从而使阻力显著地增大。

因此，在交流电路中不但是电阻对电流的通过有阻力，而且电感线圈也对电流的通过产生阻力。电感线圈产生的感抗用 X_L 表示。它的大小决定于磁力线的多少和变化的快慢。线圈的圈数越多，线圈中的铁芯截面越大，则在交流电路中的感抗值越大。它们的关系是：

$$X_L = 2\pi fL$$

式中： X_L ——线圈的感抗；

f ——交流电的频率；

L ——线圈的电感。

可见，线圈的电感量越大，交流电的频率越高，它的感抗值越大，对交流电通过的阻力就越大。

在交流电路中通过电流的大小可用下式表示：

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

式中： U ——交流电源的电压；

Z ——线圈总的阻抗；

R ——线圈的电阻值。

也就是说，交流电流 I 与电压 U 成正比，与交流电频率 f 及线圈电感量 L 成反比，可用下式表示：

$$I \sim \frac{U}{fL}$$

上面讲到，通过电阻的电流与加在电阻上的电压都是正弦波形的，而且它们的瞬时都是同时增大和减小的。即通过电阻的电流和加在电阻上的电压波形是同相位的。

通过电感线圈的电流与加在线圈上的电压也都是正弦波形的，但它们的最大值不是同时出现（图 6 乙），电流和电压不是同相位而是落后一个角度， $\varphi = 90^\circ$ 。也就是说，电流比电压滞后 $1/4$ 周期，电压值最大时，电流值为零；电流值最大时，电压值为零。

如果所接的负载是电容器（图 7 甲），电容器通不过直

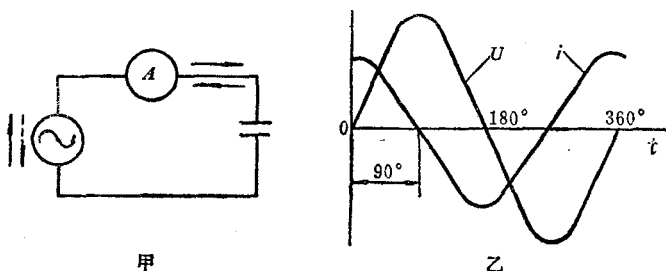


图 7 接有电容器的电路

流电，而交流电可以通过。当我们把一个适当大小的电容器与一只灯泡串联，加上交流电压后，灯泡就亮。

交流电加到有电容器的电路里时，因交流电正、负方向变动，就交替地对电容器进行充电、放电，充电时电容器吸收能量，放电时又把电场能量还给电源。这样，交流电虽然不直接通过电容器，而充电放电的电子就在电容器的引出线流动，形成持续不断的电流。电流的大小与电容器的容量 C 、交流电的频率 f 成比例，可用下式表示：

$$I \sim CfU = \frac{U}{\frac{1}{Cf}}$$

式中 $\frac{1}{Cf}$ 相当于欧姆定律中的阻抗，这里叫做容抗。

通过电容器引出线的电流和加在它上面的电压也是正弦波形的，但最大值不是同时出现，电流比电压在时间上领先一个角度， $\varphi = 90^\circ$ ，也是 $1/4$ 周期。

(三) 单向交流电

上面讲到，交流电的产生是导线在磁场内运动，导线内得到交变电流。如果导线不动，而磁场相对导线旋转，则导线内也同样可以得到交变电流。如图 8，磁场每旋转一转，

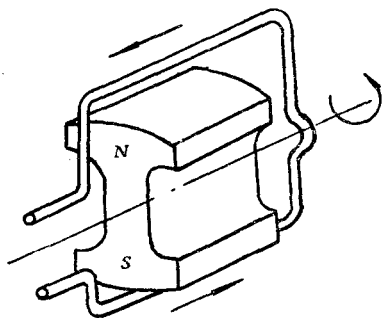


图 8 单向交流电的产生