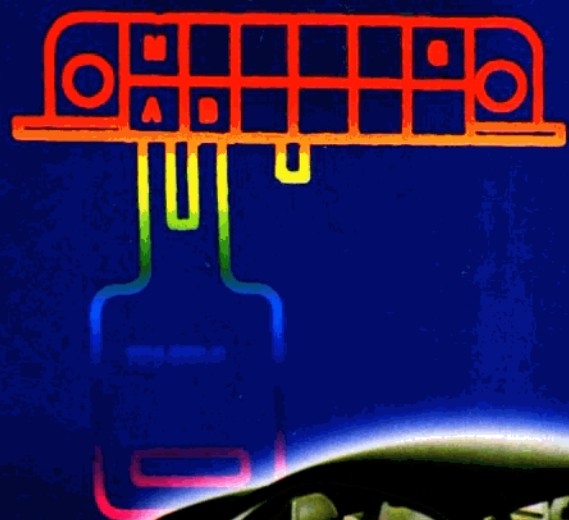


现代汽车新技术丛书

最新汽车 电器与电控系统 原理与维修

葛仁礼 编著



辽宁科学技术出版社

现代汽车新技术丛书

最新汽车电器与电控系统 原理与维修

葛仁礼 编著

辽宁科学技术出版社

· 沈阳 ·

图书在版编目(CIP)数据

最新汽车电器与电控系统原理与维修/葛仁礼编著. -

沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1999.10

(现代汽车新技术丛书)

ISBN 7-5381-3013-6

I. 最… II. 葛… III. ①汽车-电气设备-原理②汽车-
电气设备-车辆检修 IV. U463.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 20186 号

辽宁科学技术出版社出版

(沈阳市和平区北一马路 108 号 邮政编码 110001)

沈阳七二二工厂印刷 新华书店北京发行所发行

开本: 787×1092 毫米 1/16 字数: 790 千字 印张: 34 1/2

印数: 1-4,000

1999 年 10 月第 1 版

1999 年 10 月第 1 次印刷

责任编辑: 马旭东

版式设计: 于 浪

封面设计: 曹太文

责任校对: 王春茹

定价: 50.00 元

邮购咨询电话: (024)23263845

内 容 提 要

《最新汽车电器与电控系统的原理与维修》，共十五章外加一附录。前四章《汽车电器设备》主要讲述如下汽车电器的结构、工作原理、使用与维修：发电机及调节器、起动机及驱动保护继电器、无触点电子点火系、汽车空调的调控部件及电路。后十一章《汽车电脑控制》主要讲述如下汽车微机(电脑)控制系统的功能、结构、使用与维修(包括电脑自诊断功能的应用方法)：包括电脑控制燃油喷射(EFI)在内的电脑集中控制发动机(EMS)、电脑控制电子点火(ESA与DIS)、电脑控制自动变速器(ECT)、电脑控制制动防抱死和驱动防滑转(ABS与ASR)、电脑控制动力转向(PPS)、电脑控制主动悬架(ECS)、电脑控制巡航行驶(CCS)、电脑控制安全气囊(SRS)、电脑控制卫星全球定位导航系统(GPS)、电脑控制整车防盗(VATS)及电脑控制全自动空调(ACEC)。

附录收集了当今世界主要汽车制造公司20个车系的电脑自诊断故障的方法及各自的故障码含义。

《最新汽车电器与电控系统的原理与维修》是广大汽车保修工及工程技术人员一本很好的汽车电器与电控百科全书，也是有关大专院校的理想教材。

前 言

现代汽车已进入了一个以电脑控制为中心的机电一体化阶段，因此，当前最迫切的任务是如何使汽车维修人员尽快更新知识结构，掌握电控技术，改变知识老化的现状，使其尽快掌握机电一体化技术。本书即是根据这种社会需求而编写的一本关于汽车电器与电控系统工作原理及维修方法的实用技术读物。

不论是本书的电器部分(前四章)还是电控部分(后十一章)，都是先讲清结构原理，然后再讲述使用与维修的具体方法。因为，结构原理是使用、维修、排障乃至管理的基础。

不论是电器还是电控，总可以找到典型产品和车型(如本书电控部分采用的皇冠 CROWN3.0 轿车和凌志 LEXUS400 轿车)用来作为理论联系实际的基础。为此，本书的每一种电器和电控原理均结合某一典型产品和车型进行论述，有利于读者理论联系实际，尽快掌握实际的使用和维修技术。

本书插图由罗晓宁、赵海弘、庄宇升、金学哲、杨东祥、刘志强、王芳等绘制。

由于水平所限，书中缺点错误在所难免，敬请广大读者批评指教。

葛仁礼(教授)

西安公路交通大学

1998 年 12 月于西安

目 录

第一篇 汽车电气设备

第一章 交流发电机	3
第一节 交流发电机构造	3
第二节 交流发电机工作原理	8
第三节 交流发电机特性	9
第四节 八管交流发电机	11
第五节 九管交流发电机	12
第六节 十一管交流发电机	12
第七节 无刷交流发电机	13
第八节 带泵交流发电机	15
第九节 汽车双整流发电机	16
第十节 感应子式交流发电机	17
第十一节 交流发电机的电压调节器	17
第十二节 电磁振动式电压调节器	19
第十三节 充电指示灯	22
第十四节 电子调压器	26
第十五节 汽车电系保护电路	36
第十六节 交流发电机及调节器的使用	43
第十七节 发电、充电系统故障判断	58
第二章 起动机	61
第一节 串激直流电动机	62
第二节 单向离合器	67
第三节 电磁啮合式起动机	70
第四节 电枢移动式起动机	73
第五节 齿轮移动式起动机	75
第六节 发电式起动机	77
第七节 惯性啮合式起动机	79
第八节 减速起动机	80
第九节 起动机的保护电路	85
第十节 起动机的检查和调试	87
第十一节 起动系故障诊断	95
第十二节 典型起动机使用修理	97

第三章 无触点晶体管点火系	102
第一节 磁感应式无触点晶体管点火	103
第二节 霍尔效应式无触点电子点火	171
第三节 光电效应式无触点电子点火系统	210
第四节 电磁振荡式无触点电子点火系统	223
第五节 磁敏电阻式无触点电子点火系统	233
第六节 压电式无触点电子点火系统	241
第四章 汽车空调	242
第一节 汽车空调制冷原理	242
第二节 汽车空调制冷系统调控部件	243
第三节 汽车空调电路	248
第四节 空调采暖装置	253
第五节 空气调节过程	254

第二篇 汽车电脑控制

第五章 汽车电脑控制电子点火(ESA 及 DIS)	260
第一节 有分电器电脑控制电子点火(ESA)	262
第二节 无分电器电脑控制全电子点火(DIS)	337
第六章 汽车电脑集中控制发动机系统(EMS)	390
第一节 皇冠 3.0(CROWN3.0)轿车用 2JZ-GE 发动机电脑集中控制系统	390
第二节 凌志(LEXUS)400 轿车用 1UZ-FE 发动机电脑集中控制系统	416
第三节 其它发动机电脑集中控制系统	429
第四节 电脑自诊断功能	437
第五节 电脑自诊断故障代码人工读取法	441
第六节 汽车电脑控制系统检测设备	443
第七章 汽车电脑控制自动变速器(ECT)	449
第一节 电控自动变速器组成	449
第二节 电控液动 A340E 自动变速器电控原理	450
第八章 汽车电脑防滑控制系统(ABS 与 ASR)	473
第一节 电脑控制制动防抱死系统(ABS)	474
第二节 电脑控制驱动轮滑转系统(ASR)	484
第九章 汽车电脑控制动力转向系统(PPS)	487
第十章 汽车电脑控制主动悬架(ECS)	496
第十一章 汽车电脑巡航控制系统(CCS)	507
第十二章 汽车电脑控制安全气囊(SRS)	515
第十三章 汽车电脑控制全球卫星定位导航系统(G.P.S)	523
第十四章 汽车电脑控制防盗装置系统(VATS)	527
第一节 音响电脑防盗	527
第二节 整车电脑防盗	532
第十五章 汽车电脑控制自动空调(ACEC)	537

第一篇 汽车电气设备

第一章 交流发电机

第一节 交流发电机构造

汽车上的发电机在正常工作时,对除起动机以外的所有用电设备供电,并向蓄电池充电,以补充蓄电池在使用中所消耗的电能。交流发电机是一个三相同步(转子转速与旋转磁场转速相等)交流发电机,它是利用硅二极管将其定子绕组中所感应的三相交流电整流为直流电。由于是用硅二极管整流,因此,也称为硅整流交流发电机。目前进口车、国产车上全部装用这种发电机。

一、交流发电机分类

1. 按总体结构分

①普通交流发电机。应用最普遍,如东风 EQ1090 型载货汽车用 JF132 型交流发电机,解放 CA1091 型载货汽车用 JF1522A 型交流发电机。

②整体式交流发电机。即内装电子(电压)调节器的交流发电机,如一汽奥迪、上海桑塔纳轿车用 JFZ1813Z 型交流发电机。

③带泵交流发电机。即带真空制动助力泵的交流发电机,带的是真空泵。如 JFB1712 型交流发电机。真空泵是真空增压器的动力源。

④无刷交流发电机。即无电刷和滑环(集流环)的交流发电机。如福建仙游电机厂生产的 JFW14X 型交流发电机。

⑤永磁交流发电机。即转子磁极采用永磁材料的交流发电机。

2. 按磁场绕组搭铁方式分

①内搭铁式。即磁场绕组的一端与发电机壳相连接,如东风 EQ1090 车用 JF132 型交流发电机。

②外搭铁式。即磁场绕组的一端经调节器后搭铁,如解放 CA1091 型车用的 JF152D、JF1522A 型交流发电机。

3. 按装用的二极管数量分

①六管交流发电机。其整流器由六只硅二极管组成,应用最广泛。如东风 EQ1090 车用的 JF132 型、解放 CA1091 车用 JF1522A 型、JF152D 型交流发电机。

②八管交流发电机。具有两个中性点二极管和六个整流二极管的交流发电机。如天津夏利 TJ7100、TJ7100U 微型轿车用的 JFZ1542 型交流发电机。

③九管交流发电机。具有三个磁场二极管和六个整流二极管的交流发电机。如北京 BJ1022 型轻型载重车用的 JFZ141 型交流发电机。

④十一管交流发电机。具有两个中性点二极管、三个磁场二极管和六个整流二极管

的交流发电机。如桑塔纳轿车用 JFZ1813Z 型交流发电机。

二、交流发电机构造

交流发电机由三相同步(转子转速与旋转磁场转速相等)交流发电机和六只硅二极管构成的三相桥式全波整流器所组成。图 1—1 为东风 EQ1090 型汽车所用 JF132 型交流发电机分解图。主要由转子、定子、整流器、端盖和电刷所组成。

① 转子是电机的旋转磁场, 转子轴上压装着各有六个鸟嘴形磁极的两块爪极, 两块爪极的空腔内装有绕着磁场绕组(转子线圈)的磁轭(参见图 1—2), 磁场绕组的两根引出线分别焊在与轴绝缘的两个滑环上, 两个电刷通过滑环将直流电源引进磁场绕组产生轴向磁通, 使得一块爪极为 N 极, 另一块爪极为 S 极, 从而形成 6 对相互交错的磁极。

② 定子由相互绝缘且内圆带下线槽的环状硅钢片叠成的铁心和产生三相感应电动势的定子绕组组成。

为了保证三相定子绕组产生频率(交变电势个数)和幅值(交变电势大小)相同、相位相差 120° 电角(电角为机械转角与磁极对数的乘积)的三相交流电, 嵌入定子铁心槽中的定子绕组应按下列要求下线。

转子磁极对数决定了三相定子绕组线圈个数和铁心槽数。转子每对磁极必须对应均布于定子铁心槽中, 三相绕组的三个线圈(每相绕组共有 6 个线圈)以产生三相交流电。每个线圈有两个有效边, 三个线圈共 6 个有效边, 需 6 个铁心槽。磁极有 6 对, 每相绕组有 6 个线圈, 有 12 个有效边, 三相绕组共 36 个有效边, 需 36 个铁心槽。

为使三相电势大小(即幅值)相等, 每相绕组的线圈个数、节距和匝数都应相等。以定子槽数表示每个线圈两个有效边之间的距离称为线圈节距, 即等于 $3(\frac{36}{12})$; 以定子槽

数表示相邻异性磁极中心线之间的距离称为极距, 即也等于 $3(\frac{36}{12})$ 。节距等于极距, 每个线圈的两条有效边位于相邻的异性磁极之下, 其感应电势能相互叠加, 从而获得最大感应电动势。因此, 三相绕组对应的三个线圈的 6 个有效边分别为 1 和 4(A 相)、3 和 6(B 相)、5 和 8(C 相), 参见图 1—3。

此外, 由于 6 对磁极沿圆周对称均匀布置, 而每相绕组的 6 个线圈也沿定子圆周对称均匀布置, 因此, 任何时刻每相电动势都等于串联的 6 个线圈电动势之和, 从而获得最大电动势。

为使三相交流电的相位差为 120° 电角, 三相绕组的三个起端 A、B、C 或三个末端 X、Y、Z 在定子槽内相隔 120° 电角排列, 由于电角等于磁极对数与转子机械转角的乘积, 因此, 转子转一转共有 $360 \times 6 = 2160^\circ$ 的电角, 每一个定子槽的电角为 $60^\circ(2160^\circ / 36)$ 。由于定子相邻两相绕组线圈的起端(或末端)相隔两个槽(或 8 个槽), 即三相绕组的各起端 A、B、C 分别放入 1、3、5 槽(或 1、9、17 槽), 因此, 保证了相邻的三相绕组之间相差 120° 电角, 即产生相位差为 120° 电角的三相交流电。

③ 整流器。由分别压装在发电机后端盖及散热板上的 6 个硅二极管组成。国产车用

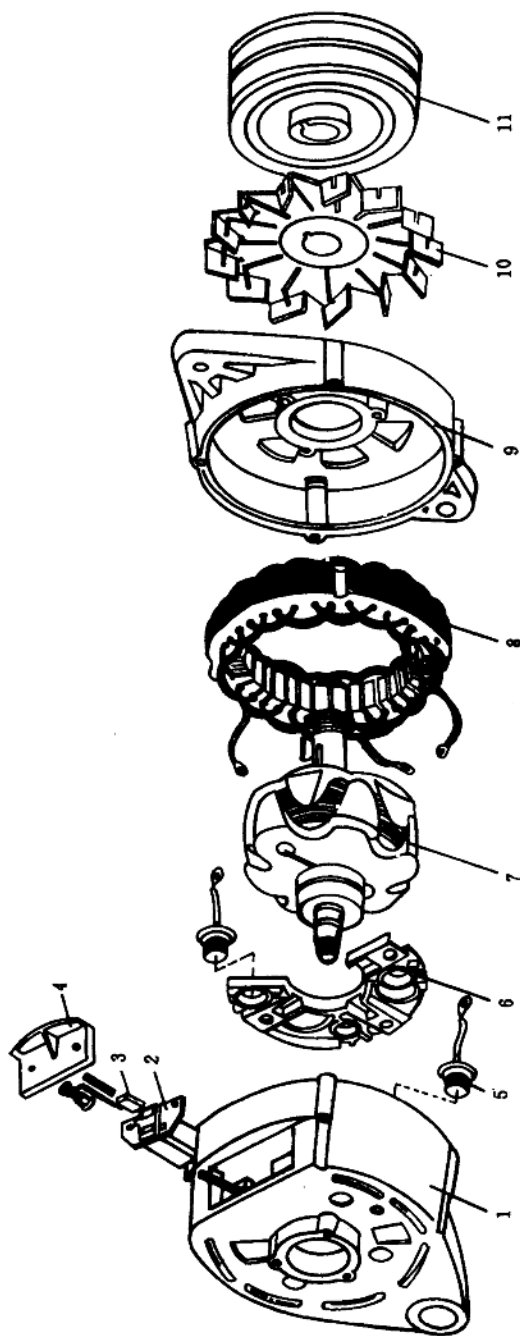


图 1—1 JF132 交流发电机分解图

1-后端盖; 2-电刷架; 3-电刷; 4-电刷簧压盖; 5-硅二极管压盖; 6-硅二极管板; 7-转子; 8-定子; 9-前端盖; 10-风扇; 11-皮带轮

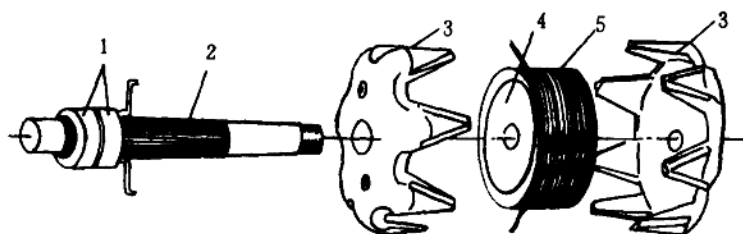


图 1—2 发电机转子

1—滑环；2—轴；3—爪极；4—磁轭；5—磁场绕组

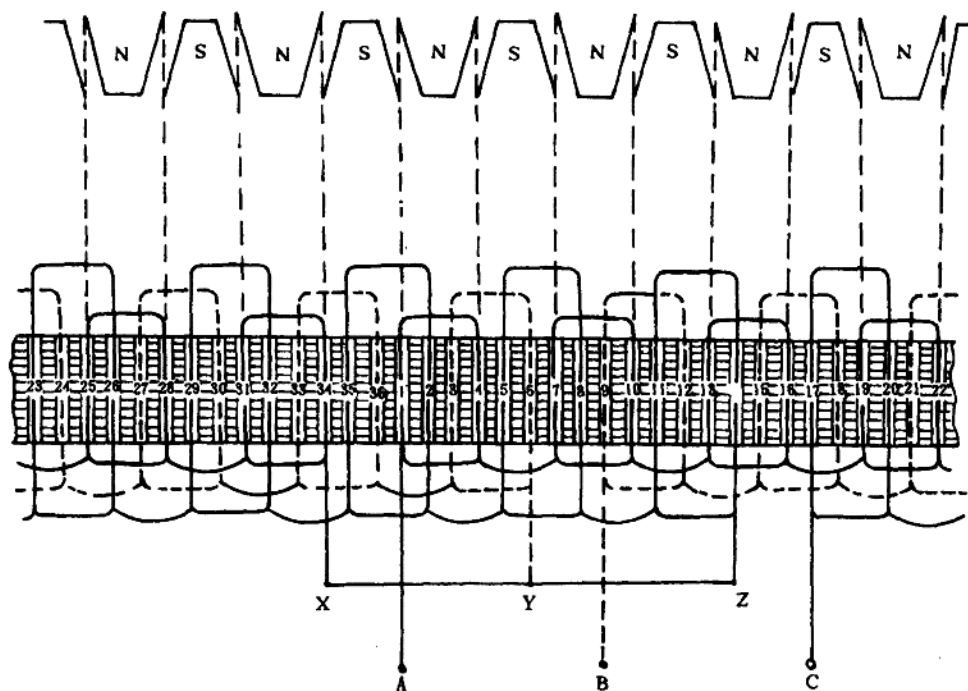


图 1—3 交流发电机定子绕组展开图

交流发电机专用硅二极管的内部结构、外形和表示符号如图 1—4 所示。压装在后端盖上的 3 只硅二极管引线为负极，外壳为正极，称“负极管”或“反烧管”，管壳底部用黑字标记，压装在散热板上的 3 只硅二极管，其引线为正极，外壳为负极，称“正极管”或“正烧管”，管壳底部用红字标记。散热板为铝合金制成，它与后端盖间用尼龙等绝缘垫片隔开，并用螺栓通至后端盖外部作为发电机的火线接柱“B”（“+”、“A”或“电枢”接柱），如图 1—5 所示。

④端盖和电刷总成。发电机前后端盖均由可以减少漏磁的非导磁性材料铝合金压铸而成，轻，散热性能也好。装有两只电刷的电刷架安装在后端盖上，两只电刷借电刷弹

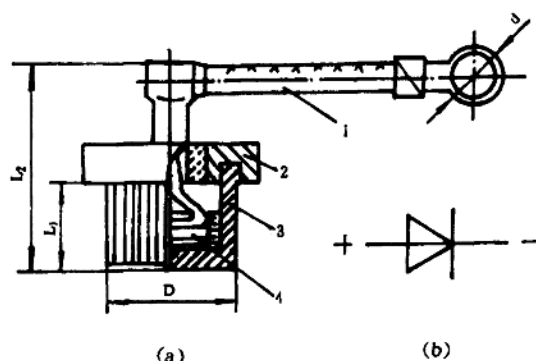


图 1—4 国产 ZQ 型硅二极管

(a) 内部结构; (b) 符号

1—引出线; 2—晶片; 3—铜外壳; 4—PN 结

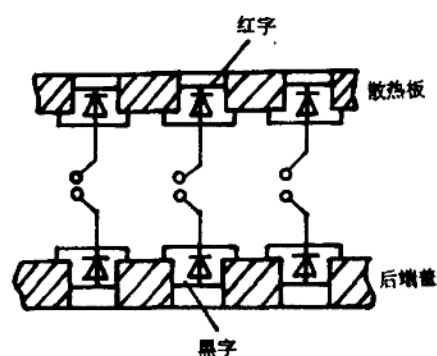
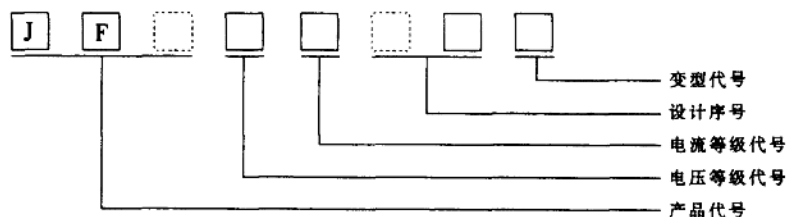


图 1—5 二极管安装示意图

簧的压力与两个滑环保持接触，向激磁绕组供应电流。交流发电机磁场绕组有内搭铁和外搭铁两种，因此，两只电刷引线的接法也不同。内搭铁两只电刷的引线中一根与后端盖上的磁场接线柱“F”（或“磁场”）接，另一根直接与发电机外壳上的搭铁接柱“-”（或“搭铁”）接。而外搭铁两只电刷接线柱均与电机外壳绝缘，分别用“F+”和“F-”表示（有的用“D₊”、“D₋”表示）。

三、国产交流发电机型号

根据中华人民共和国汽车行业标准 QC/T 73-93 《汽车电气设备产品型号编制方法》的规定，汽车交流发电机型号组成如下：



①产品代号：JF、JFZ、JFB 和 JFW 四种分别表示交流发电机、整体式交流发电机、带泵交流发电机和无刷交流发电机。

②电压等级代号：以 1、2、6 分别表示 12V、24V 和 6V。

③电流等级代号：和电压代号一样也用 1 位阿拉伯数字表示，含义如表 1—1 所示。

④设计序号：产品设计先后顺序，以 1~2 位阿拉伯数字表示。

⑤变形代号：交流发电机以调整臂位置作为变形代号。从驱动端看，如调整臂在中间则不加标记；在右边用 Y 表示，在左边用 Z 表示。

例如：桑塔纳、奥迪 100 型轿车用 JFZ1913Z 型交流发电机，电压等级 12V、电流等级为 $\geq 90A$ 、第 13 次设计、调整臂在左边的整体式交流发电机。

表 1—1

电流等级代号

电流等级(A) 产 品	分组代号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
交流发电机										
整体交流发电机		19	≥ 20	≥ 30	≥ 40	≥ 50	≥ 60	≥ 70	≥ 80	≥ 90
带泵交流发电机			29	39	49	59	69	79	89	
无刷交流发电机										
永磁交流发电机										

第二节 交流发电机工作原理

1. 交流发电机发电原理

交流发电机由定子、转子及整流器等组成。发电机三相定子绕组按一定规律分布在发电机的定子槽中,彼此相差 120° 电角度。转子是发电机的旋转磁场,如图 1—6(a)所示。当转子旋转时,由于定子绕组与磁力线有相对的切割运动,所以在三相绕组中产生频率相同、幅值相等、相位互差 120° 电角度的三相电动势,其波形如图 1—6(b)所示。交流发电机定子绕组内电动势的大小与每相绕组串联的匝数以及转子转速有关:匝数越多,转速越高,电动势越高。

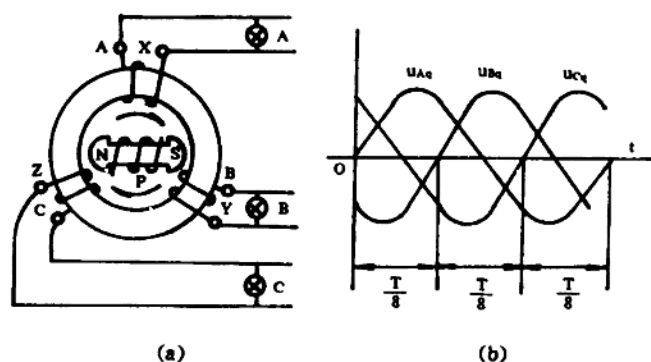


图 1—6 交流发电机发电原理

2. 交流发电机整流原理

定子绕组中感应出的交流电,要靠由二极管组成的整流器改变成直流电。当二极管外加电压为正向电压时(二极管的正极电位高于负极电位),管子呈低电阻,处于导通状态;当外加电压为反向电压(二极管的正极电位低于负极电位时),管子呈高电阻,处于截止状态。发电机中 6 只硅二极管组成三相桥式全波整流电路,如图 1—7(a)所示。在三相桥式整流电路中,三个正极管子 VD_1 、 VD_3 、 VD_5 的负极连在一起,在某一瞬间,正

极电位最高的管子导通。而三个负极管子 VD_2 、 VD_4 、 VD_6 ，其正极连在一起，在某一瞬间，负极电位最低的管子导通。根据上述原则，其整流过程如下：

在 $t = 0$ 时， $U_A = 0$ ， U_B 为负值， U_C 为正值，则二极管 VD_4 、 VD_3 处于正向电压作用下而导通。电流从 C 相出发，经 VD_3 、负载、 VD_4 回到 B 相构成回路。由于二极管内阻很小，所以 B、C 线电压加在负载上。

在 $t_1 \sim t_2$ 时间内，A 相电压最高，而 B 相电压最低， VD_1 、 VD_4 处于正向电压而导通，A、B 线电压加在负载上。

在 $t_2 \sim t_3$ 时间内，A 相电压仍最高，而 C 相电压最低， VD_1 、 VD_6 导通，AC 线电压加在负载上。

在 $t_3 \sim t_4$ 时间内， VD_3 、 VD_6 导通，BC 线电压加在负载上。

依此类推，负载上得到一个比较平稳的直流脉动电压，其电压波形如图 1-7(c) 所示。

6 个二极管反向工作电压很高，如国产交流发电机配用的 ZQ 型二极管反向工作电压为 200V，这样汽车电路中由其他电气设备产生的自感电动势不会击穿二极管。

3. 交流发电机激磁方式

当加在硅二极管的正向电压小于其死区电压(约 0.6V)时，由于二极管呈现较大电阻不能导通，加之剩磁又较弱，所以发电机在低速运转时不能建立电压，发电机电压低于蓄电池电压，由蓄电池通过点火开关供给磁场线圈电流，进行他激，使电压很快上升。发电机在 1000r/min 左右时，发电机电压已达到蓄电池充电电压时，向蓄电池充电的同时还供应磁场线圈电流，对发电机转子磁场进行自激，进入自激发电。

第三节 交流发电机特性

汽车交流发电机使用转速变化范围很大(汽油机转速变化为 1:8，柴油机为 1:3.5)，因此，一般看端电压、输出电流随转速的变化关系。交流发电机特性主要有输出特性、空载特性和外特性。

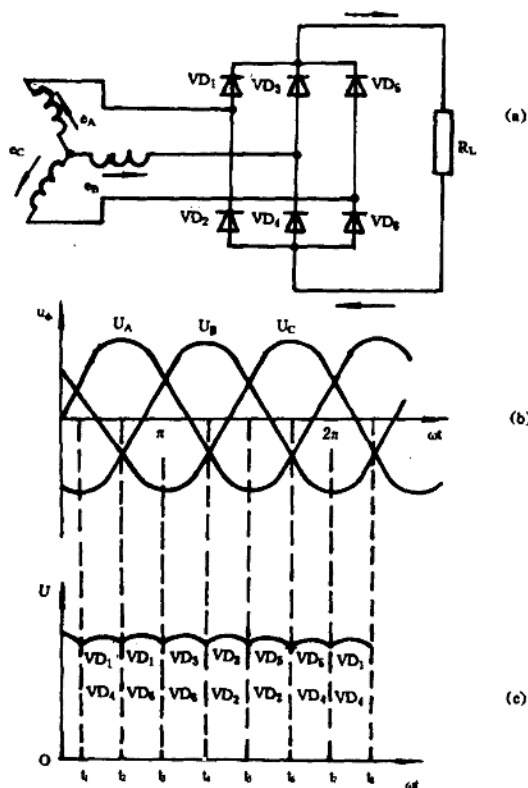


图 1-7 三相桥式整流

(a) 电路；(b) 三相交流电动势；(c) 整流后的直流输出电压

一、输出特性

①输出特性也称负载特性，指保持输出电压一定(12V 发电机为 14V，24V 发电机为 28V)时输出电流与转速之间的关系，即 $U = \text{常数}$ ， $I = f(n)$ 的曲线，如图 1—8 所示。

②发电机达到电压额定值的转速称为空载转速，该转速供决定和选择发动机与发电机之间转速传动比之用。

③发电机达到额定功率(或电流)时的转速称满载转速(发电机额定电流规定为最大电流的 70% ~ 75%)。

空载转速和满载转速是发电机主要性能指标，将它们与产品说明书中的规定值相比，即可判断发电机性能好坏。

④由于定子绕组的阻抗(是电阻和感抗的合成)随转速升高而增大，使内部电压降增大；同时当负载电流增大时，电枢反应(定子绕组流过电流时产生的磁场削弱了转子磁场)增强也使转子磁场减弱，定子绕组中感应电势下降。所以当发电机转速升高到一定值后，输出电流不再随转速的升高和负载电阻的减小而增大，该电流值称为发电机最大输出电流或限流值。可见交流发电机具有自身限制输出电流的能力——这可避免由于用电设备过多，用电量过大时造成发电机过载而损坏的危险。由于阻抗是电阻和感抗的合成，而感抗与转速和定子绕组匝数有关，因此，也决定了限流值的大小。

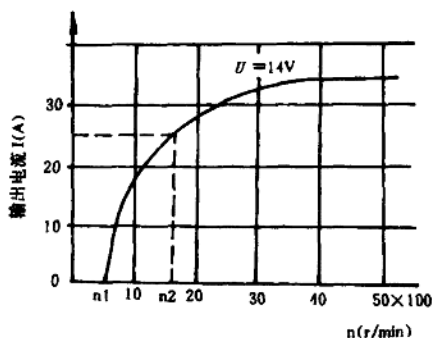


图 1—8 输出特性曲线

二、空载特性

指发电机空载时电压与转速的关系，即 $I = 0$ ， $U = f(n)$ 。电压随转速增加而增加。

三、外特性

指转速一定时，输出电压与输出电流的关系，即 $n = \text{常数}$ ， $U = f(I)$ 的关系曲线。如图 1—9 所示。

①从外特性曲线可看出，随着负载即输出电流的增加端电压会很快下降；而且转速越高，下降的斜率越大。其原因有三：输出电流增大定子绕组压降增大、转速越高阻抗越大、压降也越大，以及输出电流增加还会使电枢反应加强，也会使端电压下降(端电压下降又会使磁场电流减小，从而导致端电压进一步下降)。

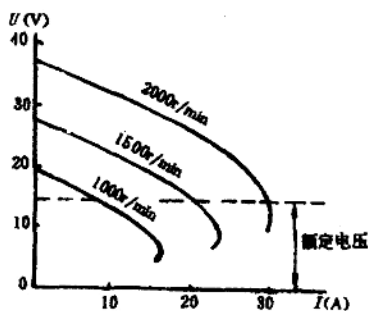


图 1—9 外特性曲线

因此，在高转速下运转的发电机如果突然失去负载，端电压会急剧升高，二极管和电压调节器中的电子元器件有被击穿的危险。

②如果输出电流增大到一定值时，负载再增加，这时输出电流不仅不会增加，反而会同端电压一起下降，即外特性曲线上出现一个转折点(即达到限流值后由于上面“输出特性”中指出的原因会使输出电流不再增加)。所以，当发电机短路时，其短路电流