



本书含DVD光盘

汽车维修电工 职业技能培训教材

中级

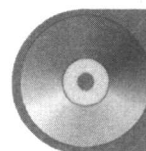
汽车维修电工职业技能培训教材编委会 编

即便自学，你从书中也可找到——

- ★ 实际操作技能的要领
- ★ 理论联系实际的精髓
- ★ 最新国标部标的应用



人民交通出版社
China Communications Press

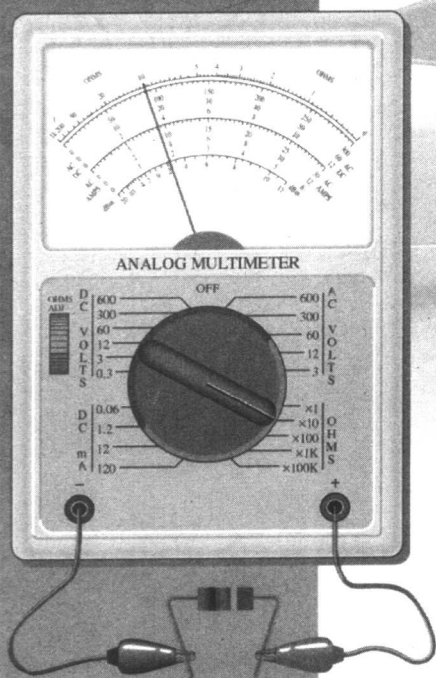


本书含 DVD 光盘

汽车维修电工 职业技能培训教材

中级

汽车维修电工职业技能培训教材编委会 编



人民交通出版社
China Communications Press

内 容 提 要

本书作为汽车维修电工中级职业技能培训教材,主要包括电工基础知识、汽车发动机电器系统、汽车车身电器系统和实际操作技能训练等共四篇十六章。本书还根据教材中实际操作技能训练内容,制作了与之相配套的操作技能训练光盘,使教材更具系统性和完整性,便于培训,利于自学。

图书在版编目 (C I P) 数据

汽车维修电工职业技能培训教材: 中级/汽车维修电工职业技能培训教材编委会编. —北京: 人民交通出版社, 2007.5

ISBN 7-114-06174-9

I. 汽… II. 汽… III. 汽车-电工-技术培训-教材 IV. U463.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 112371 号

Qiche Weixiudiangong Zhiye Jineng Peixun Jiaocai (Zhongji)

书 名: 汽车维修电工职业技能培训教材 (中级)

著 作 者: 汽车维修电工职业技能培训教材编委会

责任编辑: 谢 元 张玉栋

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpress.com.cn>

销售电话: (010) 85285838, 85285995, 85285656

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京交通印务实业公司

开 本: 880×1230 1/16

印 张: 10.5

字 数: 336 千

版 次: 2007 年 5 月 第 1 版

印 次: 2007 年 5 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-114-06174-9

印 数: 0001—5000 册

定 价: 21.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前 言

随着汽车工业的发展,为了适应汽车维修电工职业技能培训的需要,应广大读者和职业技能培训机构的要求,我们组织专家、工程技术人员、大中专院校教师,严格依据汽车维修电工工种职业技能标准,编写了汽车维修电工初级工、中级工、高级工、技师职业技能培训教材。

全套教材根据职业培训特点,将理论知识与实际操作技能紧密结合,既考虑到各级别知识的必要性,又顾及到知识的连贯性,论述清晰、通俗易懂、图文并茂,突出实际操作技能,便于自学。教材中涉及到的相关标准均采用最新颁布的国家标准和部颁标准,在内容方面突出介绍了汽车新技术、新结构的专业知识和实际操作内容,具有一定的前瞻性。适合汽车维修电工、汽车维修专业技术人员、机动车检测技术人员、汽车驾驶员和爱好汽车的人员使用。

本套教材由新疆维吾尔自治区交通厅工人技术考核委员会办公室、新疆维吾尔自治区交通行业职业技能鉴定指导中心组织编写。编写大纲由黄智刚、董一民、巴寅亮、爱新觉罗·溥新执笔,编委会集体审定,人民交通出版社汽车图书出版中心参与了大纲的审定,并对全套教材的内容和编排进行了具体的指导和审定。黄智刚、巴寅亮、董一民、爱新觉罗·溥新、蒋惠宝、裴军武、陈春明等负责对全套教材进行了统稿、文字审阅、内容调整和部分增添内容的编写等工作。

汽车维修电工中级职业技能培训教材主编:巴寅亮;主审:邓华鸿、董一民、黄曰铜、黄智刚。第一篇第一章由周伟编写、黄曰铜主审;第一篇第二章、第三章由李雪莲编写,黄曰铜主审;第二篇第一章、第二章、第三篇第一章、第五章由李友才编写,黄曰铜主审;第二篇第三章、第四章、第五章、第六章由龙万春编写,黄曰铜主审;第三篇第二章、第三章由董宏纪编写,黄曰铜主审;第三篇第四章由艾海提·赛买提编写,黄曰铜主审;第四篇第一章、第二章由艾海提·赛买提编写,董一民主审。

为了更好体现本书的特点,我们为本书制作了实际操作演示光盘,光盘由陈春明编辑制作,邓华鸿、黄智刚、董一民、巴寅亮、蒋惠宝、爱新觉罗·溥新审定。

由于编写人员水平有限,教材中难免出现疏漏和不足,恳请读者批评指正。

汽车维修电工职业技能培训材料编委会

推 荐 书 目

(1) 快车手汽车维修系列丛书					
书号 ISBN 7-114-	书 名	著译者	出版时间	版次	定价(元)
04145-4	美洲车电子电路自我诊断	欧亚	03. 1	0102	24
04148-9	欧洲车电子电路自我诊断		03. 1	0102	32
04155-1	亚洲车电子电路自我诊断		02. 10	0102	24
04510-7	四轮定位检测与调整		04. 2	0102	19
05547-1	当代轿车综合故障诊断实务		05. 7	0101	35
04681-2	欧洲车自动变速器维修精华		03. 5	0101	26
04849-1	汽车中控及防盗控制维修精华		03. 11	0101	32
04737-1	汽车自动空调系统检测与维修		03. 9	0101	60
04991-9	汽车制动电子控制系统检测与维修		04. 7	0102	26
05020-8	汽车自动变速器系统检测与维修		05. 5	0102	20
05078-X	当代轿车遥控器设定程序大全		04. 7	0101	18
05086-0	汽车发动机电脑接脚维修精华		04. 8	0101	32
05127-1	当代轿车保养灯归零程序大全		05. 4	0102	12
05203-0	亚洲车自动变速器维修精华		04. 11	0101	40
05481-5	当代轿车音响解码及里程表调校大全		05. 10	0101	18
04735-5	汽车发动机控制系统检测与维修		03. 08	0101	40
(2) 汽修车间实录丛书					
书号 ISBN 7-114-	书 名	著译者	出版时间	版次	定价(元)
04810-6	轿车空调系统精选故障排除实例	刘 波 李德伟	03. 10	0101	25
04827-0	轿车车身电气系统精选故障排除实例	张振生 朱翔野	03. 11	0101	33
04828-9	进口轿车电喷发动机精选故障排除实例	张新财 吴英大	04. 10	0102	26
04829-7	国产轿车电喷发动机精选故障排除实例	孙树奇 赵玉玲	04. 10	0102	30
04832-7	轿车自动变速器精选故障排除实例	杨智勇 许光君	04. 12	0102	30
04846-7	国产汽车电控系统精选故障排除实例	吴文琳	03. 11	0101	39
04857-2	新型进口汽车电控系统精选故障排除实例	吴文琳	03. 12	0101	40

如想了解更多我社图书,请登录网址:

<http://www.ccpres.com.cn>

**作为一名汽车维修电工,除了需要
掌握维修技术方面的常识,了解本身
责任的重要性更为必要!**

目 录

第一篇 电工基础知识	1
第一章 电路分析	1
第一节 基尔霍夫定律	1
第二节 电压源与电流源的等效变换	2
第二章 直流稳压电源	4
第一节 整流电路与滤波电路	4
第二节 稳压管及其稳压电路	8
第三节 晶闸管的基本结构与工作原理	10
第三章 基本放大电路	13
第一节 基本放大电路	13
第二节 功率放大电路	14
第三节 场效应管	17
第二篇 发动机电气系统	21
第一章 蓄电池	21
第一节 蓄电池的工作特性	21
第二节 新型蓄电池	24
第二章 硅整流发电机及调节器	26
第一节 汽车发电机的特性	26
第二节 晶体管电压调节器	27
第三节 集成电路电压调节器	28
第四节 继电器控制电路	30
第五节 ECU 对发电机电压的直接控制	33
第三章 汽车起动机	34
第一节 起动机的特性	34
第二节 起动机基本参数的选择	35
第四章 新型汽油机点火系统	38
第一节 有触点晶体管电子点火系统	38
第二节 无触点电子点火系	41
第五章 电子控制照明与信号系统	46
第一节 汽车前照灯电子控制装置	46



第二节 汽车车内照明灯电子控制装置	50
第三节 汽车转向灯电子闪光器	51
第六章 汽车电子仪表	54
第一节 汽车电子仪表概述	54
第二节 汽车电子仪表常用的显示器件	54
第三节 汽车电子仪表的应用	58
第三篇 车身电气系统	68
第一章 汽车电动座椅、电动车窗及电动后视镜的控制系统	68
第一节 汽车电动座椅	68
第二节 汽车电动车窗	69
第三节 汽车电动后视镜	72
第二章 汽车中控门锁控制系统	73
第一节 汽车中控门锁控制系统组成及工作原理	73
第二节 汽车中控门锁控制系统操作	78
第三节 无线遥控门锁系统	81
第三章 汽车空调系统	83
第一节 汽车空调的基本概念	83
第二节 汽车空调的制冷原理	84
第三节 汽车空调制冷装置	86
第四节 汽车的暖风与通风	92
第五节 汽车空调的控制	94
第四章 汽车巡航控制系统	99
第一节 巡航控制系统的作用	99
第二节 巡航控制系统的结构和工作原理	100
第五章 汽车安全气囊系统	107
第一节 汽车安全气囊的作用及种类	107
第二节 电子式安全气囊系统的组成与原理	107
第三节 电子式安全气囊系统部件的结构与原理	109
第四篇 操作技能训练	117
第一章 检测技能	117
第一节 发电机检测	117
第二节 电子调节器的检测	119
第三节 起动机的检测	121
第四节 电气装置的检测	122
第二章 故障诊断与排除技能	155
第一节 电子点火系统故障诊断与排除	155
第二节 空调系统故障诊断与排除	157
参考文献	161

第一篇 电工基础知识

第一章 电路分析

学习目的:掌握电路和电压源、电流源的基本知识。

学习重点:电路、电压源、电流源。

第一节 基尔霍夫定律

一 电路基本概念

除欧姆定律外,基尔霍夫定律也是分析计算电路的基本定律。基尔霍夫定律不仅适合分析求解简单电路,而且也适合于分析复杂电路。

基尔霍夫定律共有两个:电流定律,适合于节点;电压定律,适合于回路。图 1-1-1 所示的电路可看作汽车中发电机、蓄电池和负载等组成的并联电路,下面结合该电路介绍几个基本概念。

(1) 支路:电路中通过同一电流的每个分支称为支路。例如图中有三条支路,即 $F-A$; $H-R_{02}-B$; $D-R_L-C$ 。

(2) 节点:三条或三条以上支路的连接点称为节点。如图 1-1-1 中有两个节点,即 B 点和 H 点。

(3) 回路:电路中任一闭合的路径称为回路,如图 1-1-1 所示的 $ABHFA$ 、 $BCDHB$ 、 $ABCDHFA$ 均是回路。

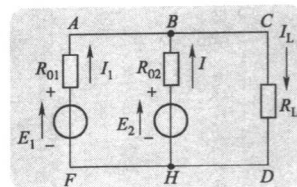


图 1-1-1 发电机、蓄电池和负载相并联的电路

二 基尔霍夫电流定律(KCL)

因为电流具有连续性,在电路中任意节点上均不可能发生电荷持续堆积的现象。所以流入节点的电流之和必定等于流出节点的电流之和,即

$$\sum I_i = \sum I_o \quad (1-1-1)$$

这一关系称为基尔霍夫电流定律,通常又称为第一定律。根据图 1-1-1 所设定的电流正方向可知,对于 B 点有

$$I_1 + I = I_L$$

三 基尔霍夫电压定律(KVL)

当直流电路中各个电动势、电阻一定时,沿任一回路绕行一周,电路中各电位升之和必定等于各电位降之和,即

$$\sum U_r = \sum U_f \quad (1-1-2)$$

这一关系就称为基尔霍夫电压定律,通常又称为第二定律,显然,它是能量守恒定律的体现。

以图 1-1-1 为例,沿 ABHFA 回路绕行一周,则回路的电位升是 E_1 和 IR_{02} ,其电位降是 E_2 和 I_1R_{01} ,故得

$$E_1 + IR_{02} = E_2 + I_1R_{01}$$

进一步可以推出

$$E_1 - E_2 = I_1R_{01} - I_2R_{02}$$

也可写为

$$\sum E = \sum IR \quad (1-1-3)$$

式(1-1-3)是基尔霍夫电压定律的另一种表达方式,其意义是:沿任一回路绕行一周,回路中所有电动势的代数和等于所有电阻上的电压降的代数和。

在计算复杂电路时,常用式(1-1-3),因其比较方便。应用时只要把回路中的所有电动势写在等号的一边,而把所有电阻上的电压降写在等号的另一边。至于电动势和电阻上电压降的正负号,可由回路的绕行方向来确定。当电动势的方向与回路的绕行方向一致时,则此电动势取正号,反之则取负号。当电阻上的电流方向与回路的绕行方向一致时,则此电阻上的电压降取正号,反之则取负号。

第二节 电压源与电流源的等效变换

发电机、蓄电池等都是实际的电源。在电路分析中,常用等效电路来代替实际的部件。电源的等效电路有两种表示形式,一种是电压源,一种是电流源。

一 电压源

图 1-1-2a)中的电源为蓄电池。它的电动势 E 和内电阻 R_0 。从电路结构上来看,是紧密地结合在一起而不容易截然分开的,但为了便于电路的分析计算,可用 E 和 R_0 串联的电路结构来代替实际的电源,如图 1-1-2b)所示。它就是电源的电压源表示法,简称电压源。

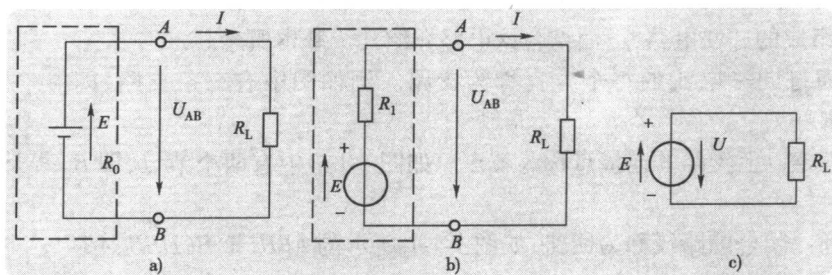


图 1-1-2 电压源

a) 电源为蓄电池;b) 电源用电压源表示;c) 理想电压源对负载电阻供电

在电压源中,如果令 $R_0 = 0$,则

$$U_{AB} = E$$

因为 E 通常是一恒定值,所以这种电压源称为理想电压源,又称恒压源。理想电压源只是从电路中抽象出来的一种理想元件,实际上并不存在,但从电路理论分析的观点来看,引入这种理想元件是有用的。如果电源的内阻 R_0 远小于负载电阻 R_L ,那么随着负载电流的变化,电源的端电压基本上保持不变,这种电源就接近于一个恒压源。

例如稳压电源在它的工作范围内,就认为是一个恒压源。理想电压源的图形符号如图 1-1-2c) 所示。

二 电流源

电源的等效电路除用电压源的形式表示外,还可用电流源的形式来表示,由图 1-1-2 b) 可得

$$E = U_{AB} + IR_0 \quad (1-1-4)$$

或

$$\frac{E}{R_0} = \frac{U_{AB}}{R_0} + I$$

上式中 E/R_0 是电源的短路电流 I_s , I 是负载取用的电流, U_{AB}/R_0 等于 I_s 与 I 之差,它是在电源内部被 R_0 分去的电流,若以 $G_0 = \frac{1}{R_0}$ 来表示电源的内电导,则公式(1-1-4)可写成

$$I_s = G_0 U_{AB} + I \quad (1-1-5)$$

因为公式(1-1-4)和公式(1-1-5)是同一电源的两种表达式,所以图 1-1-3 和图 1-1-2b) 是同一电源的两种等效电路。图 1-1-3 称为电源的电流源表示法,简称电流源。

在电流源中,如果令 $G_0 = 0$ 即 $R_0 = \infty$, I_s 在电源内被分去的电流等于零,因此

$$I = I_s \quad (1-1-6)$$

此时电源输出的电流为恒定值,且和负载电阻的大小无关。这种电源称为理想电流源,又称为恒流源。理想电流源的图形符号如图 1-1-4 所示。

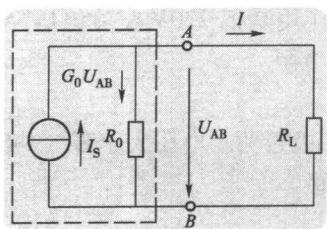


图 1-1-3 电源的电流源等效电路

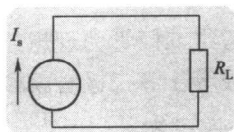


图 1-1-4 理想电流源

三 电压源和电流源的等效变换

如上所述,一个实际的电源既可用电压源表示,也可用电流源来表示,因此它们之间可以进行等效变换。在进行电源的等效变换时应注意以下几点:

(1) 电压源和电流源的等效变换只能对外电路(连接导线、开关和负载等组成)等效,对内电路(电源内部)则不等效。例如把电压源变换为电流源时,若电源的两端处于断路状态,这时从电压源来看,其输出电流和电源内部的损耗均应等于零。但从电流源来看, R_0 上有电流 I_s 通过,电源内部有损耗,两者显然是不等效的。由此可见,所谓电源的等效变换,仅指对计算外电路的电压、电流等效。

(2) 把电压源变换为电流源时,电流源中的 I_s 等于电压源的输出端短路时的电流, I_s 的方向应与电压源对外电路输出的电流方向保持一致,电流源中的并联电阻与电压源的内电阻相等。

(3) 把电流源变换为电压源时,电压源中的电动势 E 等于电流源输出端断路时的端电压, E 的方向应与电流源对外电路输出电流的方向保持一致,电压源中的内电阻与电流源中的并联电阻相等。

(4) 恒压源和恒流源之间不能进行等效变换。

根据以上讲述,应用电压源和电流源的等效变换,可把电源并联的复杂电路简化为简单电路,使计算简便。

第二章 直流稳压电源

学习目的:掌握整流电路、滤波电路和稳压电路的基本知识,掌握晶闸管的基本特性。

学习重点:整流电路、滤波电路和稳压电路,晶闸管的特性。

第一节 整流电路与滤波电路

一 整流电路

利用二极管的单向导电性,将交流电压变成单向脉动电压的电路称为整流电路。按电路的连接方式有半波整流、全波整流及桥式整流等电路。这里主要介绍单相半波整流电路和桥式整流电路。

1. 单相半波整流电路

1) 电路组成

单相半波整流电路如图 1-2-1 所示,其中 T_r 为变压器,其作用是把 220V 交流电压降到合适的电压,初级电压用 u_1 表示,次级电压用 u_2 表示,VD 是整流二极管, R_L 是负载电阻。

2) 工作原理

在电路原理分析中可假定二极管为理想二极管,即只要二极管两端电压大于零,二极管就导通且相当于短路;只要二极管两端电压小于或等于零二极管就截止且相当于开路。

设 $u_2 = \sqrt{2}U_2 \sin \omega t$, 由电路可知:

(1) 当 u_2 为正半周时,VD 正偏导通且相当于短路,则 $u_0 = u_2$ 。

(2) 当 u_2 为负半周时,VD 反偏截止且相当于开路,则 $u_0 = 0$ 。

电路的输入、输出波形如图 1-2-2 所示。由图 1-2-2 可以看出,在半波整流电路中,二极管导通的角度为 π 。

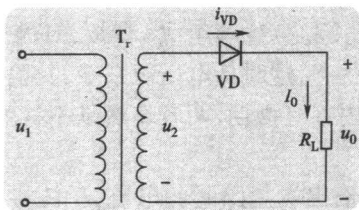


图 1-2-1 单相半波整流电路

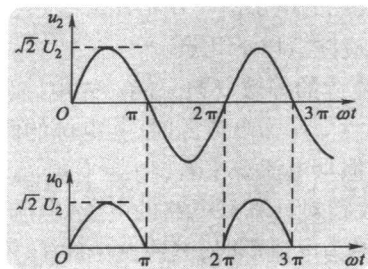


图 1-2-2 输入、输出波形图

3) 输出的直流电压和直流电流

电路整流输出电压的平均值为

$$U_0 = 0.45U_2 \quad (1-2-1)$$

整流输出电流的平均值为

$$I_0 = \frac{U_0}{R_L} \approx 0.45 \frac{U_2}{R_L} \quad (1-2-2)$$

4) 整流二极管的参数

流过整流管的平均电流为

$$I_{VD} = I_0 \quad (1-2-3)$$

整流管所承受的最大反向电压为

$$U_{Rmax} = \sqrt{2}U_2 \quad (1-2-4)$$

式中, U_2 为变压器次级电压的有效值。

半波整流电路的特点:把输入的交流信号变成了脉动的直流信号,但是变换后的波形只有输入时的一半,电路对电源电压的利用率低;输出电压和电流的脉动较大,因而只适用于要求不高的小电流场合。

【例 1-2-1】 在图 1-2-1 所示的半波整流电路中,输出电压 $U_0 = 24V$, 电流 $I_0 = 8A$ 。试选择二极管的型号。

解:因为

$$U_0 \approx 0.45U_2$$

$$U_2 \approx 2.22U_0 = 2.22 \times 24 \approx 53.3(V)$$

$$U_{Rmax} = \sqrt{2}U_2 = \sqrt{2} \times 53.3 \approx 75(V)$$

$$I_{VD} = I_0 = 8A$$

查有关手册可知,型号为 2CZ58C 的整流二极管就能满足此电路的要求。

2. 桥式整流电路

1) 电路组成

桥式整流电路如图 1-2-3 所示。4 个二极管连接成了桥式,在 4 个顶点处,相同极性连接在一起的一对顶点接向直流负载 R_L ,不同极性接在一起的一对顶点接向交流电源,图 1-2-4 为电路简图。

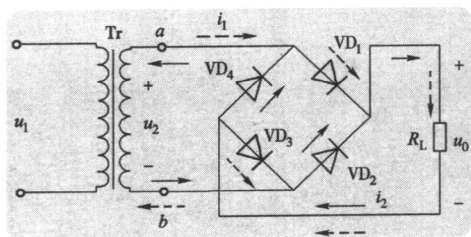


图 1-2-3 单相桥式整流电路

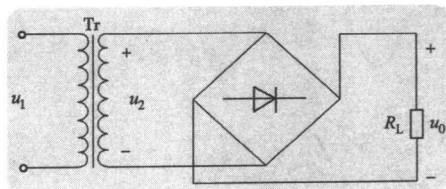


图 1-2-4 单相桥式整流电路简图

2) 工作原理

由电路可知,当 u_2 为正半周时, VD_1 和 VD_3 正偏导通,视为短路; VD_2 和 VD_4 反偏截止,视为开路。电流由 a 端通过 VD_1 流过负载,再通过 VD_3 回到 b 端,显然此时 $u_0 = u_2$ 。

当 u_2 为负半周时, VD_2 和 VD_4 正偏导通,视为短路; VD_1 和 VD_3 反偏截止,视为开路。电流由 b 端通过 VD_2 流过负载,再通过 VD_4 回到 a 端,显然此时 $u_0 = u_2$ 。

在整个周期中,4 个二极管分两组轮流导通,使负载上总有电流流过,波形如图 1-2-5 所示。

3) 输出的直流电压和直流电流

输出电压的平均值为

$$U_0 = 2 \times 0.45U_2 = 0.9U_2 \quad (1-2-5)$$

整流输出电流的平均值为

$$I_0 = \frac{U_0}{R_L} = 0.9 \frac{U_2}{R_L} \quad (1-2-6)$$

4) 整流二极管的参数

流过整流管的平均整流电流为

$$I_{VD} = \frac{1}{2}I_0 \quad (1-2-7)$$

整流管所承受的最大反向电压为

$$U_{R\max} = \sqrt{2}U_2 \quad (1-2-8)$$

式中, U_2 为变压器次级电压有效值。

【例 1-2-2】 在如图 1-2-3 所示的桥式整流电路中, 要求直流输出电压 $U_0 = 100\text{V}$, 负载为 $R_L = 25\Omega$ 。现有二极管 2CZ56E, 试判断电路中是否可以用 2CZ56E 作为整流元件。

解: 因为

$$U_0 \approx 0.9U_2$$

$$U_2 = \frac{U_0}{0.9} = \frac{100}{0.9} \approx 111(\text{V})$$

$$U_{R\max} = \sqrt{2}U_2 = \sqrt{2} \times 111 \approx 157(\text{V})$$

$$I_{VD} = \frac{1}{2}I_0 = 0.45 \frac{U_2}{R_L} = 0.45 \times \frac{111}{25} \approx 2\text{A}$$

经查有关手册可知, 2CZ56E 的最大整流电流为 3A, 最高反向电压为 300V, 则该电路可以用 2CZ56E 作为整流元件。与半波整流电路相比, 桥式整流电路对电源电压的利用率得到了提高, 因此得到了广泛应用。

3. 整流电路应用举例

江南牌 JNJ710 超微型汽车发电机所发出的不是三相交流电, 而是单相交流电, 它的整流器和调压器做在一起, 采用的是进口铝塑封电路, 如图 1-2-6 所示。

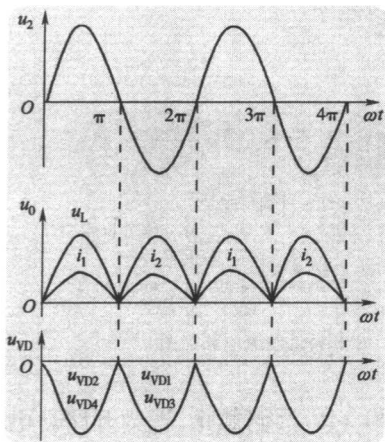


图 1-2-5 单相桥式整流电路波形

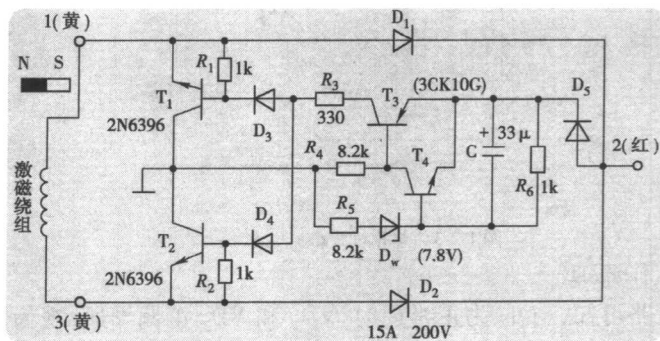


图 1-2-6 江南牌超微型汽车整流式调压器

该电路实际也是由一个桥式整流电路(单相桥式)和电压调节器电路组成。与一般整流器所不同的是图中的三极管 T_1 和 T_2 不仅起整流作用也起电压调节作用, 即整个电路集整流、调压于一体, 构成整流式调压器。

二 滤波电路

整流电路输出的直流电压脉动大, 仅适用于对直流电压要求不高的场合, 例如电镀及电解等设备。电子仪器及自动控制等设备, 则要求直流电压非常稳定。为了获得平滑的直流电压, 可采用滤波电路, 滤除脉动直流电压中的交流成分, 常见的电路形式如图 1-2-7 所示。

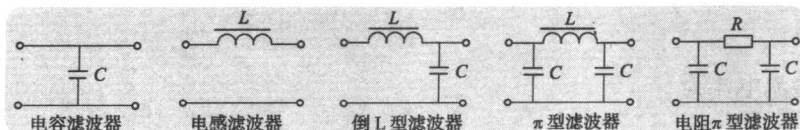


图 1-2-7 各种滤波电路

1. 电容滤波电路

1) 电路的组成及工作原理

单相半波整流电容滤波电路如图 1-2-8a) 所示, 它是由电容 C 和负载 R_L 并联组成的。其工作原理如下:

当 u_2 由零逐渐上升时, 整流二极管 VD 正向偏置而导通, 对电容 C 充电 (充电时间常数很小, u_c 和 u_2 变化同步)。

当 u_2 达到峰值时, C 两端的电压也充至 $\sqrt{2}U_2$ 。此后, 随着 u_2 的下降, 使得 $u_2 < u_c$ 时, 二极管截止, 于是电容 C 就向负载 R_L 放电。由于放电时间常数很大 ($\tau = R_L C$), 放电速度很慢, 直到第二个周期开始, 出现 $u_2 > u_c$ 时, 二极管 VD 又导通重复上述过程。加上滤波电容后, 二极管的导通时间缩短了, 即导通角小于 180° , 而且放电速度越慢, 导通角的角度越小, 输出电压脉动越小, 其波形如图 1-2-8b) 所示 (虚线部分表示未加电容时的波形, 实线部分表示加电容后的波形)。

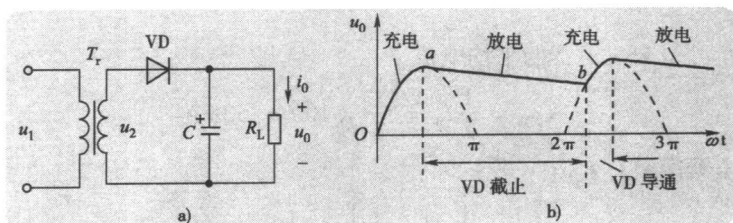


图 1-2-8 半波整流电容滤波电路及波形

a) 电路; b) 波形

在桥式整流电路中加上电容滤波器和半波整流滤波电路的工作原理是一样的。不同点是在 u_2 全周期内, 电路中总有二极管导通, 所以 u_2 对电容 C 充电两次, 电容器向负载放电的时间缩短, 输出电压更加平滑, 平均电压值也自然升高。桥式整流电容滤波电路及波形如图 1-2-9 所示。

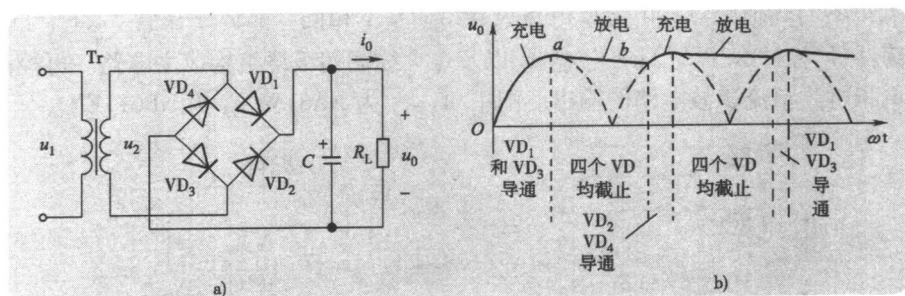


图 1-2-9 桥式整流电容滤波电路及波形

a) 电路; b) 波形

2) 负载上电压的计算

$$U_0 \approx U_2 \text{ (半波)} \quad (1-2-9)$$

$$U_0 \approx 1.2U_2 \text{ (桥式、全波)} \quad (1-2-10)$$

3) 元件参数

(1) 电容参数: 滤波电容 C 的大小选择取决于放电回路的时间常数, $R_L C$ 愈大, 输出电压脉动就愈小, 通常取 $R_L C$ 为脉动电压中最低次谐波周期的 3~5 倍, 即

$$R_L C \geq (3 \sim 5) T/2 \text{ (桥式、全波)} \quad (1-2-11)$$

$$R_L C \geq (3 \sim 5) T \text{ (半波)} \quad (1-2-12)$$

式中, T 为交流电源电压的周期。

(2) 整流二极管参数: 正向平均电流为

$$I_{VD} = I_0 \text{ (半波)} \quad (1-2-13)$$

$$I_{VD} = \frac{1}{2} I_0 \text{ (桥式)} \quad (1-2-14)$$

由于加了滤波电容,二极管导通角的角度变小,使得瞬间电流变大。因此,选管时应留有足够的余量。二极管上承受的最大反向工作电压为

$$U_{R\max} = 2\sqrt{2}U_2 (\text{半波}) \quad (1-2-15)$$

$$U_{R_{\max}} = \sqrt{2}U_2 \text{ (桥式)} \quad (1-2-16)$$

4) 电容滤波的特点

电路结构简单、输出电压高且脉动小。但在接通电源的瞬间,将产生强大的充电电流,这种电流称为浪涌电流。如果负载电流太大,电容器放电的速度加快,会使负载电压变得不够平稳,所以只适用于负载电流较小的场合。

【例 1-2-3】 在如图 1-2-9 所示的桥式整流电容滤波电路中,若要求输出直流电压为 18V,电流为 100mA,试选择整流二极管和滤波电容。

解:整流二极管的选择:

由式(1-2-14)可求出通过每个二极管的平均电流

$$I_{VD} = \frac{1}{2}I_0 = \frac{1}{2} \times 100 = 50\text{mA}$$

由式(1-2-10)可得变压器次级有效值

$$U_2 = \frac{1}{1.2} U_0 = \frac{1}{1.2} \times 18 = 15V$$

由式(1-2-16)可得最大反向工作电压

$$U_{R_{\max}} = \sqrt{2}U_2 \approx 21\text{ V}$$

经查手册可知,2CZ52A 的参数可以满足要求。

2. 滤波电路应用举例

图 1-2-10 所示点火器与其他触点式电容放电点火器结构基本相同。晶体三极管 T_1 、 T_2 与直流电源变换器 B ，以及电容器构成振荡器；可控硅 SCR 与 $1\mu\text{F}$ 电容器，以及点火线圈初级绕组构成主电路。可控硅 SCR 导通所需的直流电压来自一个单相桥式整流滤波电路的输出。图中， T_1 、 T_2 为 NA61W， T_3 为 NB611EY。

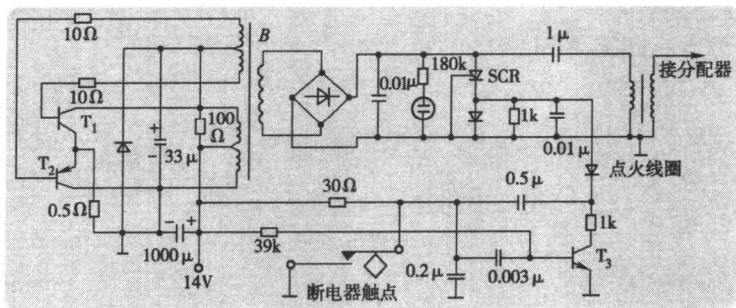


图 1-2-10 触点式电容放电点火器电路

第二节 稳压管及其稳压电路

一 稳压管

1. 硅稳压管

硅稳压管(简称稳压管)是一种用特殊工艺制造的面结合型硅二极管。工作在反向击穿状态,即负极接外加电压的高端,正极接外加电压的低端,利用它的反向击穿特性来稳定直流电压。为了与一般二极管加以区别,其符号如图 1-2-11 所示。



图 1-2-11 硅稳压管
电路符号

稳压二极管的伏安特性如图 1-2-12 所示。它通常工作在反向特性的 A 和 B 两点之间。

在反向击穿状态下,管子两端电压变化很小,它与普通二极管相比,反向击穿区的曲线更陡峭,有恒压性能。稳压二极管正是利用这个特点实现稳压的。稳压二极管工作时,流过它的反向电流在最小稳定电流 I_{Zmin} 和最大稳定电流 I_{Zmax} 之间变化。在这个范围内,稳压管工作安全且其两端反向电压几乎保持不变。

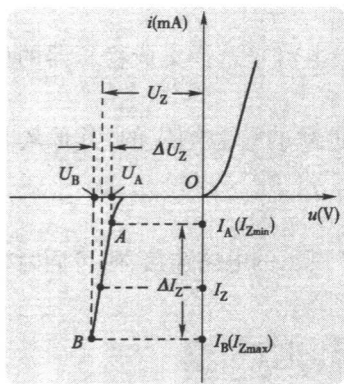


图 1-2-12 硅稳压管伏安特性曲线

2. 硅稳压管的主要参数

1) 稳定电压 U_Z

稳定电压是指稳压管中的电流为规定值时,稳压管两端的电压值。例如,2CW15 的 U_Z 在 7~8.5V 之间(测试电流为 5mA)。对一个稳压二极管来说,通过某一个工作电流时的稳定电压只有一个确定的值。

2) 工作电流 I_Z

工作电流是指稳压管在稳定电压下的工作电流,其范围在最小稳定电流 I_{Zmin} 和最大稳定电流 I_{Zmax} 之间。实际使用中,当 $I_Z < I_{Zmin}$ 时,稳压管将失去稳压作用;当 $I_Z > I_{Zmax}$ 时,稳压管会因热击穿而被损坏。

3) 耗散功率 P_Z

耗散功率是指稳压管不产生热击穿所允许的耗散功率的最大值, $P_Z = U_Z \cdot I_{Zmax}$ 。

二 稳压管构成的稳压电路

1. 硅稳压管稳压电路

1) 硅稳压管稳压电路的组成

硅稳压管稳压电路如图 1-2-13 所示。稳压管并联在负载两端,能使负载电压 U_0 在 U_1 与 R_L 变化时基本稳定。 R 为限流电阻,同时起调整电压的作用,保证输出电压基本恒定,从而起到稳压作用(注意:硅稳压管必须反接在电路中)。经过桥式整流电路和电容滤波得到直流电压 U_1 ,再经过限流电阻 R 和稳压管 D_Z 构成的稳压电路接到负载 R_L 上,负载 R_L 得到的就是一个比较稳定的电压 U_0 ($U_0 = U_Z$)。

2) 稳压原理

稳压原理见图 1-2-14 硅稳压管稳压原理电路。

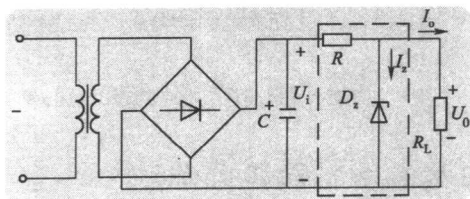


图 1-2-13 硅稳压管稳压电路

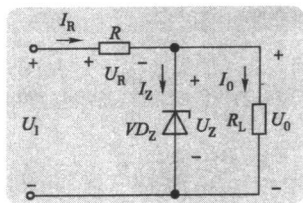


图 1-2-14 硅稳压管稳压原理电路

(1) 电源波动时:若负载 R_L 不变,当交流电源电压增加,即整流滤波后的电压 U_1 增加时,输出电压 U_0 也有增加趋势,但输出电压 U_0 就是稳压管两端的反向电压 U_Z ,当负载电压 U_0 稍有增加时(即 U_Z 稍有增加),稳压管中的电流 I_Z 大大增加,使限流电阻 R 两端的电压降 U_R 增加,以抵偿 U_1 的增加,从而使负载电压 U_0 保持近似不变。若交流电源电压减小,则整个调节过程与之相反,因而当电源电压波动时,该电路具有稳压作用。

(2) 负载变动时:若电源电压不变,即使整流滤波后的输出电压 U_1 不变,此时若负载 R_L 减小,则引起负载电流 I_0 增加,电阻 R 上的电流 I_R 和两端的电压 U_R 均增加,则输出电压 U_0 减小, U_0 (U_Z) 的减小则使 I_Z 下降较多,从而抵消了 I_0 的增加,保持 $I_R = I_0 + I_Z$ 基本不变,也就保持了 U_0 基本恒定。

2. 三端集成稳压器

三端集成稳压器的通用产品主要有 CW7800 系列(正电源)和 CW7900 系列(负电源)。输出电压有 5V、6V、9V、12V、15V、18V、24V 等。其额定输出电流以 78(79)后面的字母来区分。 L 表示 0.1A, M 表示 0.5A,无字母表

示1.5A。如CW7805表示稳定电压为5V,额定输出电流为1.5A。

三端集成稳压器的外形及管脚排列如图1-2-15所示。

CW7800系列稳压器中设有比较完善的保护电路,它具有过流、过压和过热保护。由它构成的稳压电路结构有多种,下面介绍最基本的稳压电路和同时输出正、负电压的电路。

1) 基本稳压电路

三端集成稳压器的基本稳压电路如图1-2-16所示,使用时根据输出电压和输出电流来选择集成稳压器的型号。

电路中输入电容 C_i 和输出电容 C_o 是用来减小输入输出电压的脉动和改善负载的瞬态响应的,其值均在 $0.1 \sim 1\mu\text{F}$ 之间。最小输入电压与输出电压的差要在3V以上。

2) 可同时输出正负电压的电路

用一个78系列的三端集成稳压器和一个79系列的三端集成稳压器按图1-2-17所示的电路连接,则可同时输出正负对称的电压。这种对称电源用途很广。

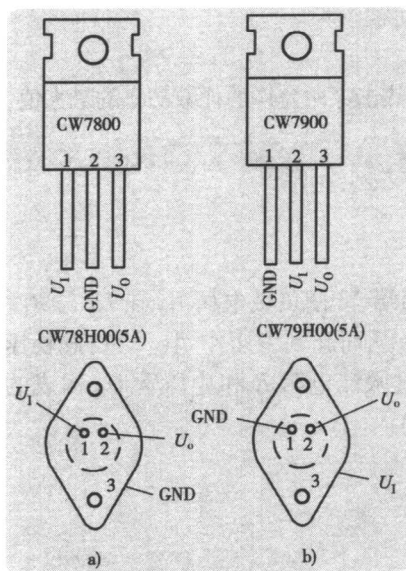


图1-2-15 三端集成稳压器的外形及管脚排列

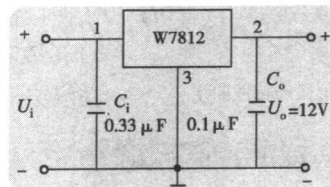


图1-2-16 基本稳压电路图

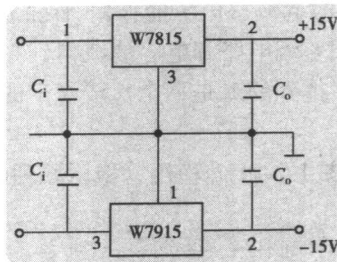


图1-2-17 可同时输出正负电压的电路

第三节 晶闸管的基本结构与工作原理

一 晶闸管的基本结构

1. 晶闸管的外形及符号

晶闸管有3个电极,即阳极a、阴极c和控制极(门极)g,如图1-2-18所示。从外形分,普通的晶闸管有螺栓式、平板式及塑封式等几种。螺栓式晶闸管的阳极是一个螺栓,使用时把它拧紧在散热片上。另一端两个电极中较粗的一根是阴极,较细的一根是门极。100A以下的晶闸管多采用这种结构。平板式晶闸管中间的金属环是控制极,上面是阴极,下面是阳极。阴极离控制极更近一些。使用时,用两个散热片把晶闸管紧紧地夹在中间。平板式晶闸管的散热效果好,但更换不方便。目前,200A以上的晶闸管多采用这种结构。晶闸管的电路符号如图1-2-18d)所示,文字符号用SCR或V表示,本书中用V表示。

2. 内部结构

晶闸管的内部结构如图1-2-19a)所示。它由PNPN四层半导体构成的。中间有3个PN结 J_1, J_2, J_3 ,由最外层