

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 电源稳定问题的提出	(1)
第二节 引起稳定电源输出不稳的主要原因	(2)
第三节 稳压电源的技术指标	(2)
第四节 稳压电源的分类	(5)
第二章 稳定电源常用的一些元件及电路	(7)
第一节 半导体二极管	(7)
第二节 半导体稳压二极管	(8)
第三节 恒流二流管	(9)
第四节 半导体三极管	(10)
第五节 VMOS 功率场效应管	(15)
第六节 单结晶体管	(17)
第七节 可控硅	(19)
第八节 其它元件	(21)
第九节 整流滤波电路	(22)
第十节 低频放大电路	(36)
第十一节 直流放大器	(48)
第十二节 触发器及脉冲形成电路	(51)
第三章 参数型稳压电源	(62)
第一节 硅稳压二极管稳压电源的工作原理	(63)
第二节 硅稳压管稳压电路的设计计算	(66)
第三节 应用电路举例	(68)
第四章 串联反馈调整型稳压电源	(72)
第一节 晶体管串联反馈调整型稳压电源工作原理	(73)
第二节 串联反馈型晶体管稳压电源设计与计算	(87)
第三节 实用电路	(112)
第四节 串联反馈型直流稳压电源的制作	(178)
第五节 串联反馈型直流稳压电源的调试	(193)
第六节 串联反馈型晶体管稳压电源的维护与修理	(198)
第七节 小功率电源变压器的设计与制造	(201)

第五章	开关直流稳压电源	(225)
第一节	开关直流稳压电源的基本原理	(226)
第二节	开关电源的分类、特点和电路举例	(243)
第三节	开关电源通用技术条件	(303)
第四节	开关稳压电源的设计	(313)
第五节	开关电源的噪声及抑制方法	(370)
第六节	开关电源的制作与调试	(373)
第七节	开关变压器的设计与绕制	(375)
第六章	集成稳压器电源	(385)
第一节	集成稳压器的基本原理	(386)
第二节	典型的集成稳压器	(404)
第三节	集成稳压电源的设计	(429)
第四节	集成稳压器的应用	(435)
第五节	国外集成稳压电源的参考电路	(518)
第六节	集成稳压器的参数和测试	(556)
第七节	集成稳压电源的检修	(566)
第七章	可控硅直流稳压电源	(571)
第一节	概述	(571)
第二节	可控硅的工作原理	(572)
第三节	可控硅整流和滤波电路	(602)
第四节	可控硅逆变电路	(639)
第五节	可控硅触发电路	(675)
第六节	可控硅稳压电源的设计	(710)
第七节	可控硅电源的干扰与抑制	(738)
第八节	可控硅电源的功率因数	(766)
第八章	直流稳流电源	(774)
第一节	直流稳流电源的基本工作原理	(774)
第二节	直流稳流电源的主要性能参数及其测试方法	(778)
第三节	直流稳流电源的设计方法及设计举例	(780)
第四节	直流稳流电源的实用电路	(786)
第九章	UPS 电源	(796)
第一节	UPS 电源工作原理	(796)
第二节	UPS 电源的常用电路及储能蓄电池	(798)
第三节	UPS 电源的典型电路	(815)

第四节 如何选购 UPS 电源	(835)
第十章 稳定电源的散热设计	(839)
第一节 概述	(839)
第二节 热流动方式	(840)
第三节 传导散热	(841)
第四节 辐射散热	(848)
第五节 对流散热	(853)
第六节 强制风冷散热	(860)
第七节 强气流风冷散热系数的计算	(864)
第八节 机箱的热设计	(866)
第九节 大机柜的散热设计	(872)
第十节 强制水冷散热	(874)
第十一节 热容	(879)
第十二节 热设计程序	(881)
第十一章 稳定电源的可靠性预测和可靠性设计	(884)
第一节 可靠性概述	(884)
第二节 可靠性预测	(885)
第三节 电子元器件的选用和控制	(977)
第四节 优选电路和边缘性能设计	(1002)
第五节 过应力防护设计	(1009)
第六节 三防设计	(1011)
附录 A 部分国产集成稳压器的电参数特性	(1013)
CW7800 系列电参数特性	(1013)
CW7800 系列极限参数	(1015)
CW78M00 系列电参数特性	(1016)
CW78M00 系列极限参数	(1018)
CW78L00 系列电参数特性	(1019)
CW78L00 系列极限参数	(1021)
CW7900 系列电参数特性	(1022)
CW7900 系列极限参数	(1024)
CW79M00 系列电参数特性	(1025)
CW79M00 系列极限参数	(1027)
CW79L00 系列电参数特性	(1028)
CW79L00 系列极限参数	(1030)
CW117 / CW217 / CW317 电参数特性	(1030)
CW117 / CW217 / CW317 极限参数	(1031)
CW117M / CW217M / CW317M 电参数特性	(1031)

CW117M / CW217M / CW317M 极限参数	(1032)
CW137L / CW237L / CW337L 电参数特性	(1032)
CW137L / CW237L / CW337L 极限参数	(1033)
CW137 / CW237 / CW337 电参数特性	(1033)
CW137 / CW237 / CW337 极限参数	(1034)
CW137M / CW237M / CW337M 电参数特性	(1034)
CW137M / CW237M / CW337M 极限参数	(1035)
CW137L / CW237L / CW337L 电参数特性	(1035)
CW137L / CW237L / CW337L 极限参数	(1036)
BG602 系列电参数特性	(1036)
CW200C / CW200B 电参数特性	(1037)
CW200C / CW200B 极限参数	(1037)
CW1524 / CW2524 / CW3524 电参数特性	(1038)
CW1524 / CW2524 / CW3524 极限参数	(1039)
CW3525A / CW3527A 电参数特性	(1039)
CW3525A / CW3527A 极限参数	(1039)
CW494 脉宽调制控制器	(1041)
CW1840 / CW2840 / CW3840 可调节、隔离式、PWM 控制器	(1042)
CW1842 / CW2842 / CW3842 单端隔离式电流型脉冲宽度调制器	(1045)
CW4960 2.5A 开关稳压器	(1046)
CW4962 1.5A 开关稳压器	(1048)
CW34063 DA / DC 变换器	(1049)
附录 B 部分国内外集成稳压器型号对照表	(1051)
附录 C 集成运算放大器国内外型号对照表	(1055)
附录 D 常用半导体器件国内外型号对照表	(1066)
附录 E 国外常用半导体器件参数表	(1081)
小功率晶体管参数	(1081)
大功率晶体管参数	(1090)
其他晶体管参数	(1091)
硅场效应晶体管参数	(1092)
硅可控整流器参数	(1093)
二极管参数	(1094)
整流二极管参数	(1095)
开关二极管参数	(1096)
PNPN(四层)二极管参数	(1097)
硅稳压二极管参数	(1098)
隧道二极管参数	(1098)
光电晶体管参数	(1099)
光电二极管参数	(1099)

光电导管参数	(1099)
附录 F UPS 电源常用元器件的替换表	(1100)
参考文献	(1101)

第一章 绪 论

第一节 电源稳定问题的提出

稳定电源是各种电子电路的动力源,被人誉为电路的心脏。人所皆知,所有用电设备,包括电子仪器仪表、家用电器等,对供电电压都有一定的要求。例如,有的电视机要求 220 伏的电网供电电压变化不能超过 $\pm 10\%$,即从 198 伏到 242 伏之间,超出这个范围,电视机就不能正常收看,甚至会因电压过高而烧坏电视机。至于精密电子仪器,对供电电压保持稳定不变的要求就更加严格。为解决用电设备要求供电稳定,而市电网又难以保证的供求矛盾,人们便研制了各种各样的稳定电源。所谓“稳定”,是说电压或电流的变化小到可以允许的程度,并不是绝对不变。

说到稳压问题,可以追溯到上一个世纪,爱迪生发明电灯时,就曾考虑过稳压器。到二十世纪初,就有铁磁稳压器以及相应的技术文献。电子管问世不久,就有人设计了电子管直流稳压器。在四十年代后期,电子器件与磁饱和元件相结合,构成了电子控制的磁饱和交流稳压器,至今还在应用。五十年代,随着半导体工业的飞跃发展,晶体管的诞生使晶体管串联调整稳压电源成了直流稳压电源的中心,这种局面一直维持到六十年代中期。这种电源虽然性能优良,但它最大的弱点是功率调整管与负载串联,并且晶体管工作在线性区域,稳压器的输出电压调节与稳定借助于功率晶体管上电压降落的调整来实现,因而在输出低电压大电流的场合,效率非常低,功率晶体管发热也很厉害,散热便成了很大的问题。随着半导体技术的进步,电子设备开始从分立元件进入集成电路时代,体积日益减小,装机密度不断提高,规模容量逐渐增大。这种晶体管串联型常规电源难以满足形势发展的趋势日益显露。六十年代后期,科技工作者对稳定电源技术做了一次新的总结,使开关电源、可控硅电源得到了快速地发展。与此同时,将稳压器的大部分元器件都集成在一块硅基片上的集成稳压器也不断发展。从 1967 年美国 Bob Widlar 发明了第一块集成稳压器 $\mu A723$ 到如今,集成稳压器品种之多,系列之全使人们刮目相看。简言之,以电子计算机为代表的要求供电电压低、电流大的电源大都由开关电源担任,要求供电电压高、电流大的设备的电源由可控硅电源代之,小电流、低电压电源供电的仪器仪表或家用电器都采用集成稳压器,至于一些对电源稳定度要求很高的精密测量仪器或在其它高电压、小电流供电场合,仍摆脱不了晶体管串联型稳压电源。

除稳压器外,稳定电源还包括稳流器。稳流器的功能是稳定负载电流。因为在实际生活中,有一些用电设备要求流过的电流保持稳定。稳流器的研究比稳压器晚一些,但就其工作原理来说,稳流器和稳压器很相似。完全可以说,稳流实质上是稳定某一个与负载电流成比例的电压。如果这个电压稳定,与之成比例的电流自然也就稳定了。这样,让负载电流流过一个可以认为是不变的精密电阻,在精密电阻上产生的电压与负载电流成比例。想办法使这个电压稳定,负载电流也就稳定了。不过,在具体制作时,稳流器比稳压器要复杂些,因

题还要多一些,我们在以后的有关章节中还要论述。

第二节 引起稳定电源输出不稳的主要原因

前面讲过,稳定电源输出电压或电流,只是相对稳定,并非绝对不变,是变化很小、小到可以允许的范围之内。那么产生这些变化的原因有哪些呢?不难想象,一是电网输入电压不稳所致:电网供电有高峰和低谷期,不可能始终稳定如初。二是因为供电对象而引起的,即由负载变化形成的。如果负载短路,负载电流会很大很大,电源的输出电压会趋近于零,时间一长还会烧坏电源;如果负载开路,没有电流流过负载,输出电压就会升高。既使不是这两种极端情况,负载电阻有微小的变化也会引起稳定电源输出电压或电流的变化。三是由稳定电源本身条件促成的。构成稳定电源元器件质量不好,参数有变化时或完全失效,就不可能有效地调节前两种原因引起的波动。还有,元器件因受温度、湿度等环境影响而改变性能也会影响稳定电源不稳。

一般地说,稳定电源电路的设计首先要考虑前两种因素,并针对这两种因素设计稳定电源中放大器的放大量等。在选择元器件时,要重点考虑第三个因素。但在设计高精度稳定电源时,必须要高度重视第四个因素,因为在高稳定电源中,温度系数和漂移这两个关键的技术指标的好坏都是由这个因素所决定的。

第三节 稳压电源的技术指标

衡量一台稳定电源好坏如何,一方面要从功能角度看,即容量大小(输出电压和输出电流),调节范围,效率高低等,人们称之为使用指标。另外还要从外观形状、体积重量等直观形象来看,这些称为非电气指标。更重要的是要看它的质量高低,即输出量的稳定程度,它需要定量地描述,称之为质量指标。下面我们介绍稳压器常用的一些质量指标。

一、描述输入电压影响输出电压的几种指标形式

1. 稳压系数

稳压系数有绝对稳压系数和相对稳压系数两种。绝对稳压系数表示负载不变时,稳压电源输出直流变化量 ΔU_o 与输入电网电压变化量 ΔU_i 之比,即

$$K = \frac{\Delta U_o}{\Delta U_i}$$

它表示输入电网电压变化 ΔU_i 引起多大输出电压的变化。所以绝对稳压系数 K 值越小越好。 K 越小,说明同一 ΔU_i 引起的 ΔU_o 越小,也就是输出电压越稳定。这种表示方法在工程设计中常常用到。但是,在稳定电源中更重视相对稳压系数。相对稳压系数表示负载不变时,稳压器输出直流电压 U_o 的相对变化量 ΔU_o 与输入电网电压 U_i 的相对变化量 ΔU_i 之比,即

$$S = \frac{\Delta U_o / U_o}{\Delta U_i / U_i}$$

一般情况下,如果不特别说明,稳压系数通常是相对稳压系数 S ,而不是绝对稳压系数 K 。

2. 电网调整率

它表示输入电网电压由额定值变化 $\pm 10\%$ 时,稳压电源输出电压的相对变化量,有时也以绝对值表示。一般稳压电源的电网调整率等于或小于 1% 、 0.1% 甚至 0.01% 。

有的直流稳压电源规定电网电压不是变化 $\pm 10\%$,这时会有特别的说明。

3. 电压稳定度

负载电流保持为额定范围内的任何值,输入电压在规定的范围内变化所引起的输出电压相对变化 $\frac{\Delta U_o}{U_o}$ (百分值),称为稳压器的电压稳定度。有的部门把这项技术指标更具体地规定为在额定输出电压时,当电网电压由额定值变化 $\pm 10\%$,负载电流从零变化到最大值时,引起输出电压的变化程度。

二、负载对输出电压影响的几种指标形式

1. 负载调整率(也称电流调整率)

在额定电网电压下,负载电流从零变到最大时,输出电压的最大相对变化量,常用百分数表示。有时也用绝对变化量表示。

2. 输出电阻(也称等效内阻或内阻)

在额定电网电压下,由于负载电流变化 ΔI_L 引起输出电压变化 ΔU_o ,则输出电阻为

$$R_o = \left| \frac{\Delta U_o}{\Delta I_L} \right| (\Omega)$$

三、纹波电压的几种指标形式

1. 最大纹波电压

在额定输出电压和负载电流下,输出电压的纹波(包括噪声)的绝对值大小,通常以峰峰值或有效值表示。

2. 纹波系数 $\gamma(\%)$

在额定负载电流下,输出纹波电压的有效值 U_{rms} 与输出直流电压 U_o 之比,即

$$\gamma = \frac{U_{rms}}{U_o} \times 100\%$$

3. 纹波电压抑制比

纹波电压抑制比是指在规定的纹波频率(例如 50Hz)下,输入电压中的纹波电压 U_{i-} 与输出电压中的纹波电压 U_{o-} 之比,即

$$\text{纹波电压抑制比} = \frac{U_{\text{A}}}{U_{\text{p-p}}}$$

四、温度漂移和温度系数

环境温度的变化影响元器件的参数变化,从而引起稳压器输出电压变化,称为温度漂移。常用温度系数表示温度漂移的大小。温度每变化 1°C 引起输出电压值的变化 ΔU_{OT} 称为绝对温度系数,单位是 $\text{V}/^{\circ}\text{C}$ 或 $\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ 。温度每变化 1°C 引起的输出电压相对变化 $\frac{\Delta U}{U_0} \times 100\%$ 称为相对温度系数,单位是 $\%/^{\circ}\text{C}$ 。

五、漂移

稳压器在输入电压、负载电流和环境温度保持一定的情况下,元件参数的不稳定也会造成输出电压的变化,慢变化叫作漂移,快变化叫作噪声。介于二者之间叫作起伏。在一般使用中只考虑漂移就可以了。

表示漂移的方法也有两种。一种是用在指定时间内输出电压值的变化 ΔU_{m} ;另一种是用在指定时间内输出电压的相对变化 $\frac{\Delta U}{U_0} \times 100\%$ 。考察漂移的时间可以定为 1 分钟、10 分钟、1 小时、8 小时或更长。

只有在精度较高的稳压器中,才有温度系数和温漂两项指标。

六、响应时间

所谓稳压器的响应时间,是指负载电流突然变化时,稳压器的输出电压从开始变化到达新的稳压值之间的一段调整时间。例如一个稳压器,输出电压 15.00 伏,输出电阻 10 毫欧,那么输出电流变化 $\Delta I_{\text{L}} = 1\text{A}$ 时,输出电压应该下降到 14.99 伏。可是输出电流“突然”变化 1 安时,输出电压并不是“马上”变到 14.99 伏,可能是经过“一段时间”才慢慢地降到 14.99 伏;也可能降得比 14.99 伏更低,再逐渐回升到 14.99 伏;还可能在 14.99 伏上下摆动几次,最后才稳定到 14.99 伏。总之,从开始变化起,到达新的稳压值为止,这段时间叫做响应时间。交流稳压器,多有响应时间这项指标,614 型电子交流稳压器的响应时间为 0.5 秒。

在直流稳压器中,则是用在矩形波负载电流时的输出电压波形来表示这个特性,称为过渡特性。

七、失真

这项指标是交流稳压器特有的。交流稳压器的输入电网电压尽管是正弦波形,但是由于使用了铁磁饱和线圈等非线性元件,输出电压就不一定是正弦波形了。这种现象就是波形畸变,也称失真。

八、稳定度

一般地说,稳定度是指在某一条件下输出电压的相对变化 $\frac{\Delta U_o}{U_o}$ 。如不注明条件而泛谈稳定度,那就应该是在所有允许使用条件下,或者说最恶劣的情况下输出电压最大相对变化 $\frac{\Delta U_o}{U_o}$ 。

因为稳流器输出电流变化的因素与引起稳压器输出电压变化的因素完全一样。所以稳流器的指标和稳压器的指标一一对应。不过有一点应该注意,在稳压器中内阻越小越好,在稳流器中内阻则是越大越好。输出电阻大,说明当负载电阻变化时,输出电压变化很大,而引起的输出电流却变化很小,这正是稳流的结果。

第四节 稳压电源的分类

稳压器的分类没有明确的含义和界限,一般都是按照习惯或通用的方法进行。在此简单介绍几种。

以稳压器稳定的对象来分类,可以分为交流稳压器和直流稳压器两种。交流稳压器输出电压是交流,直流稳压器输出电压是直流,两者通常都用交流电网供电。在设计、制造和使用,一般都把变压器、整流器、滤波器看成稳压器的一部分,作为一个整体来考虑。

以稳压器的稳定方式来分类,也可以分为参数稳压器和反馈调整式稳压器两种。参数稳压器主要是利用元件的非线性实现稳压,比如,仅用一只电阻和一只硅稳压管就能构成参数稳压器。反馈调整型稳压器是一个负反馈闭环自动调整系统,它把稳压器输出电压的变化量,经过取样、比较放大,再反馈给控制调整元件,使输出电压得到补偿而趋近于原值,从而达到稳压。

以稳压器的调整元件与负载的联接方式来分类,可以分为并联稳压器和串联稳压器两种。调整元件与负载并联的叫做并联稳压器或分流式稳压器。它通过改变调整元件流过电流的多少来适应输入电网电压的变化及负载电流的变化,以保持输出电压的稳定。这种稳压器效率较低,只有某些专用场合才适用。调整元件与负载串联的稳压器叫做串联稳压器。在这种稳压器中,调整元件串联于输入端和输出端之间,输出电压就依靠调整元件改变自身的等效电阻来维持恒定。调整元件如果是晶体管,就是我们通常所说的晶体管串联调整式稳压器。

以调整元件的工作状态来分类,可以分为线性稳压器和开关稳压器。调整元件工作在线性状态是线性稳压器,调整元件工作在开关状态的叫开关稳压器。开关稳压器又有很多分类,如自激式、他激式、脉冲调宽式、频率调整式、斩波式、推挽式、半桥式、全桥式、单端正激式和单端反激式等等。

以调整元件的品种来分类,可以分为辉光放电管稳压器、稳压管稳压器、电子管稳压器、晶体管稳压器、可控硅稳压器等等。

此外,还有其它的分类方法。例如:集电极输出型稳压器、发射极输出型稳压器;高精度

稳压器、高压稳压器、低压稳压器；通用稳压器、专用稳压器等等。

稳压器分类有时也是错综交织的。比如，一台稳压器可以同时是直流、闭环反馈、线性调整、串联、晶体管集电极输出、专用、高精度稳压器。但一般不必这样说明，只要表示出其主要特点就行。

第二章 稳定电源常用的一些元件及电路

第一节 半导体二极管

半导体二极管是由一个 PN 结,加上相应的电极引线和管壳做成的。由于二极管所用的半导体材料不同,有锗二极管、硅二极管和砷化镓二极管之分。二极管的 PN 结有点接触型、面接触型和平面型三种结构。由于点接触型 PN 结的面积很小,不能承受高的反向电压和大的电流,但极间电容很小,适用于高频信号的检波、脉冲电路或微小电流的整流。平时我们所用的检波二极管就属于此类。面接触型二极管,由于 PN 结面积大,能承受较大的电流,适用于整流,整流二极管就是这种类型。平面型则多用于开关、脉冲和超高频。

一、半导体二极管的伏安特性

半导体二极管最主要的特性就是单向导电。在二极管两端加以正向电压时,二极管呈现的电阻很小,可以通过很大的电流。反之,在二极管两端加以反向电压时,二极管呈现的电阻很大,流过的电流很小。反映二极管电流随电压变化的关系曲线,叫做伏安特性,如图 2-1 所示。它可以通过实测的方法描绘出。根据固体物理中有关 PN 结的研究,二极管的正向电流可以用如下公式表示:

$$I = I_s (e^{\frac{qU}{kT}} - 1) \quad (2-1)$$

式中, I 是二极管正向电流; I_s 是二极管反向饱和电流; T 为绝对温度,单位是 $^{\circ}\text{K}$ 。例如在室温 25°C 时, $T = 273 + 25 = 298^{\circ}\text{K}$; q 为电子电荷量,等于 1.602×10^{-19} 库伦; k 为波尔兹曼常数,等于 1.38×10^{-23} 焦耳 / $^{\circ}\text{K}$; u 为正向电压; e 为自然对数的底。

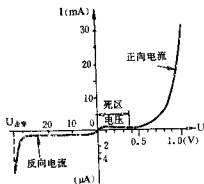


图 2-1 半导体二极管的伏安特性

二、半导体二极管的主要参数及其定义

各类二极管用于作用不同,其技术参数的侧重点也有差异,下面我们以在稳定电源最常用的硅整流二极管、硅开关二极管为例进行论述。

1. 硅整流二极管的主要参数

(1) 额定正向整流电流 I_F (平均值): 在规定的使用条件下,在电阻性负载的正弦半波整

流电路中,允许连续通过半导体整流二极管的最大工作电流。

(2)正向电压降 V_F (平均值): 半导体整流二极管通过额定整流电流时,在极间产生的电压降。

(3)反向漏电流 I_R (平均值): 半导体整流二极管在正弦半波最高反向工作电压下的漏电流。

(4)最高反向工作电压 V_R (峰值): 等于或小于三分之二的半导体整流二极管的击穿电压 V_B 值。

(5)击穿电压 V_B (峰值): 半导体整流二极管反向为硬特性时,其反向伏安特性曲线急剧弯曲点的电压值;如果为软特性时,则其值为给定的反向漏电流下的电压值。

(6)额定结温 $T_{JM}(^{\circ}C)$: 半导体整流二极管在规定的使用条件下所允许的最高结温。

2. 硅半导体开关二极管的主要参数

(1)最大正向电流 I_M : 在额定功率下,允许通过二极管的最大正向脉冲电流。

(2)额定正向电流 I_F : 在额定功率下,允许通过二极管的最大正向直流电流。

(3)正向压降 V_F : 开关二极管通过正向电流时在两极间产生的压降。

(4)击穿电压 V_B : 二极管的反向伏安特性急剧弯曲点的电压值。

(5)最高反向工作电压 V_R : 通过二极管的反向漏电流为 I_R 时,在两极间产生的电压降。

(6)反向漏电流 I_R : 在二极管两端加上反向工作电压 V_R 值时,通过二极管的电流。

(7)额定功率 P_M : 二极管结温不高于 $150^{\circ}C$ 时所能承受的最大功率。

(8)二极管零偏电容 C_0 : 在零偏压下,二极管两端的电容。

(9)反向恢复时间 t_{rr} : 二极管由正向导通状态急剧转换到截止状态,从输出脉冲下降到零开始到反向脉冲电流至最大反向电流的 10% 所需要的时间。

三、半导体二极管的简易判别方法

利用万用表的电阻档能够判别二极管的好坏及极性。

用万用表的 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 档测量二极管: 红表笔接二极管的负极,黑表笔接二极管的正极,这时万用表测量的是二极管的正向电阻,它应该是几百欧~几千欧。反过来,把红表笔接二极管的正极,黑表笔接二极管的负极,此时万用表测量的是二极管的反向电阻,它应该大于几百千欧。如果不知道二极管的极性,用这种方法也很容易判断: 如果测量电阻比较小,只有几百欧或几千欧,黑表笔(万用表的负端)所接的二极管那一个极是正的,红表笔所接的那一个极是负的。相反,如果万用表测量电阻很大,大于几百千欧,此时红表笔(万用表的正端)与二极管相接的极是正极,黑表笔相接的极为负极。

被测二极管正反向电阻值的差别越大越好,如果差不多,说明二极管性能不好或损坏。

第二节 半导体稳压二极管

稳压二极管实质上也是一个半导体二极管。前面讲过,半导体二极管正向导通,反向只有很小的漏电流,可以认为是开路。但是当反向电压加大到一定数值时,反向电流突然上升,此后电压只要有少量增加,反向电流就会增加很多,这种现象称为击穿。稳压二极管就是利用这种特性稳压的。

稳压二极管在稳定电源中的作用是提供一个稳定的电压,其用途分两种,一种是用来构成参数稳压器,另一种是作为反馈型稳压电源的基准电压源。

半导体稳压二极管的主要参数有如下几项。

(1) 稳定电压 V_Z : 在稳压范围内,通过规定的反向电流,在极间产生的电压降叫稳定电压。一般稳压管的稳压范围不大,同一型号的各稳压管之间,稳定电压也不同。同一个稳压管工作电流不同时稳定电压也有所变化。

(2) 动态电阻 (内阻) R_Z : 在测试电流下,稳压二极管的电压微变量与通过稳压二极管电流微变量的比值叫动态电阻,也叫内阻。常用的稳压管的内阻大约在几十欧左右,最小的有几欧,大的上百欧。内阻越小越好。

(3) 最大工作电流 I_{ZM} : 在最大耗散功率下,稳压二极管允许通过的电流。

(4) 最大耗散功率 P_{ZM} : 在给定使用条件下,稳压二极管允许承受的最大功率。

(5) 电压温度系数 C_{TV} : 在测试电流下,稳定电压的相对变化与环境温度的绝对变化的比值。常用的稳压管的温度系数约在 $10^{-4}/^{\circ}\text{C}$ 数量级。稳定电压很低的稳压管温度系数是负的,稳定电压很高的稳压管温度系数是正的。

(6) 反向测试电流 I_Z : 测试反向参数时,给定的反向电流。

(7) 正向压降 V_F : 稳压二极管正向通过规定的电流时,极间产生的压降。

(8) 正向测试电流 I_F : 测试稳压二极管正向参数时,给定的电流。

(9) 反向漏电流 I_R : 稳压二极管在规定反向电压下,产生的漏电流。

(10) 电压漂移 B_{VI} : 在给定测试条件下,稳定电压在一定时间间隔内变化的百分比。

(11) 最高结温 T_{JM} : 稳压二极管在工作状态下,PN 结的最高温度。

使用稳压二极管时应该注意,有些参数不能超过手册中给出的值,如最高工作电流和最大耗散功率等,否则会烧坏稳压二极管。



(a) 恒流二极管符号

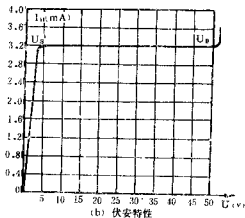


图 2-2 恒流二极管的伏安特性

第三节 恒流二极管

恒流二极管也是一种半导体器件。它的伏安特性如图 2-2 所示。恒流二极管两端的电压超过电压 U_S 后,通过恒流二极管的电流就稳定在 I_H 附近。 U_S 叫做起始电压, I_H 叫做恒定电流,这两项是恒流管最基本的使用参数。恒流二极管的特性正好与稳压二极管相反:二极管两端的电压变化很大时,二极管的电流变化很小。动态电阻(电压变化与电流变化之比 r_D 很大,而且是越大越好。

恒流二极管的极限参数是击穿电压 U_B 。使用时,恒流二极管两端电压不得高于它,否

则可能被烧毁。

恒流二极管的电流与环境温度有密切关系。外加电压一定时,温度每变化 1°C 所引起的恒流二极管电流的相对变化称为恒流二极管的温度系数。

恒流二极管在稳定电源中的用途主要是对作为基准电压的稳压管进行恒流供电,以保证稳压管的电流稳定。另外,它还可以作为直流放大器的集电极负载,以提高电压放大量。

恒流二极管是近几年来出现的新产品,表 2-1 列出了几种产品的特性。

表 2-1 几种恒流二极管的特性

参数 单位 型号	I_H mA	U_R V	U_B V	r_D M Ω	电流温度系数 $1/^{\circ}\text{C}$
2DH01D	0.1 ± 0.05	<0.8	>50	>8	10^{-3}
2DH11D	$1-0.05-1+0.5$	<3.0	>50	>1.0	-3×10^{-3}
2DH10D	10 ± 0.5	<5.5	>50	>0.08	-3×10^{-3}
2DH15D	15 ± 0.5	<6.0	>50	>0.04	-3×10^{-3}

第四节 半导体三极管

半导体三极管是由两个 PN 结构成的半导体器件。由于两个 PN 结有不同的组合方式,半导体三极管可分为 NPN 型和 PNP 型两大类。制造半导体三极管的材料有锗和硅,所以半导体三极管又有锗管和硅管之分。另外,制造半导体三极管因采用不同的工艺,可以做出高频管(3 兆赫以上)和低频管(3 兆赫以下)以及大、中、小功率管。

在稳定电源电路中,大功率晶体管主要用作调整元件或推动放大级;小功率管主要用作放大、保护电路、恒流源电路、转换电路以及开关电源中的脉冲电路。

在设计稳定电源时常用到半导体三极管一些参数及特性曲线,下面简单地介绍一下。

一、半导体三极管的特性曲线

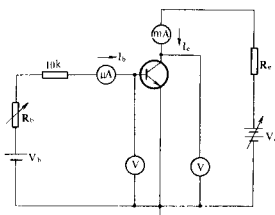


图 2-3 半导体三极管特性测试电路

测试半导体三极管特性的电路如图 2-3 所示。把三极管各电极的各种电压与电流的相互关系描绘成曲线,便是三极管的特性曲线。

半导体三极管特性曲线分输入和输出两种。输入特性曲线是指把三极管的集-射极电压 U_{ce} 固定在某一个值上,反映基极电流 I_b 与发射结电压之间的关系,如图 2-4 所示。图中左边三条为锗管的,右边一条为硅管的。

半导体三极管输出特性曲线,指的是把基极电流 I_b 固定在某一点,反映三极管集电极电流 I_c 与集-射电压 U_{ce} 之

间关线的曲线。从输出特性曲线中可以看出,三极管的工作状态可以划分成三个区域,如图 2-5。

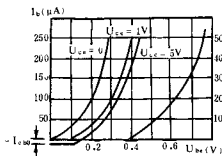


图 2-4 半导体三极管输入特性

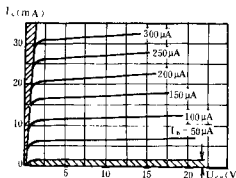


图 2-5 半导体三极管输出特性曲线

其中, $I_b = 0$ 曲线以下的阴影部分叫做截止区。截止区的特点是,三极管的两个 PN 结都处于反向偏置,因此没有放大作用。此时三极管的内阻很大,相当于开关断开。

靠近左边的阴影部分是饱和区。它的特点是两个 PN 结都处于正向偏置,基-射极电压近似为零。此刻即使继续增大基极电流 I_b ,集电极电流 I_c 也不会再增大了,三极管同样失去了放大作用,相当于开关接通,三极管内阻很小。

开关电源就是在这两种状态下工作的,当电源的输出电压因电网或负载某一方面影响而下降时,通过反馈控制系统,使调整三极管处于饱和区,输入电压通过三极管直接加到电源的输出端,使输出电压趋向于上升;相反,当电源电压上升时,三极管工作在截止区,使输入电压无法加到输出端,输出电压因此而下降,使稳压电源的输出电压始终保持稳定。

在饱和区和截止区之间是放大区。三极管工作在这个区域时,集电极电流 I_c 是由基极电流 I_b 控制着, I_b 增大时 I_c 便增大, I_b 减小时 I_c 也减小,而且两者总是相差 β 倍。 β 叫做电流放大倍数。稳定电源中的各种放大器及串联型稳压电源中的调整三极管都工作在这个区域内。

二、半导体三极管三种基本接法

半导体三极管有三种基本接法:共发射极、共集电极和共基极。不同接法的输入端和输出端各不相同,但它们的工作原理是基本相同的。所谓共发射极是指发射极接地,如图 2-6 所示。这种电路既具有电压增益,又具有电流增益,所以得到了最广泛地应用。

共集电极电路也叫射极跟随器,如图 2-7 所示。它的电流增益与共发射极电路近似相等,电压增益小于或等于 1,输入电压与输出电

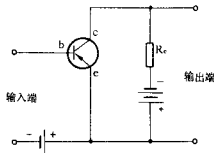


图 2-6 共发射极电路

压极性相同,幅值相等,输入电阻高,输出电阻小。由于它有这些优点,所以在稳定电源中比较常用。

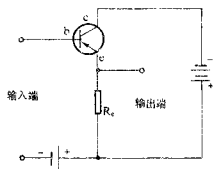


图 2-7 共集电极电路

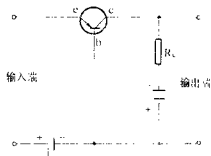


图 2-8 共基极电路

共基极电路虽然电流增益小于 1, 输入电阻也很小, 仅有几十欧姆。但是它的输出电阻大, 电压增益高, 频率特性好, 工作稳定, 非线性失真小, 所以常在高频电路中使用, 该电路如图 2-8。

三种电路的性能比较如表 2-2。

表 2-2 半导体三极管三种接法性能比较

电路名称	共发射极电路	共集电极电路	共基极电路
输出与输入电压相位	反相	同相	同相
输入电阻	较小(几百欧)	大(几千欧)	小(几十欧)
输出电阻	较大(几十千欧)	小(几十欧)	大(几百千欧)
电流放大倍数	大(几十到二百)	大(几十到二百)	< 1
电压放大倍数	大(几百~千倍)	~1	较大(几百倍)
功率放大倍数	大(几千倍)	小(几十倍)	较大(几百倍)
频率特性	稍不好	好	好
稳定性	差	较好	较好
失真情况	较大	较小	较小
对电源要求	采用偏置电路, 只需一个电源	采用偏置电路, 只需一个电源	需要两个独立的电源
应用范围	放大电路	阻抗变换电路	高频放大、振荡

三、半导体三极管的主要参数

在设计调试半导体三极管电路时常常以三极管的参数为基本根据, 无线电爱好者或从事电子行业的工作人员都应该了解和熟悉。半导体三极管的参数很多, 这里选主要的加以介绍。

1. 电流放大倍数