

 电源系列丛书

新编线性 直流稳压电源

王增福
李昶 编著
魏永明

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



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

电源系列丛书

新编线性直流稳压电源

王增福 李 昶 魏永明 主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书比较全面系统地讲述了线性直流稳压电源的技术指标、工作原理、设计制作、检测维修以及与其关系比较密切的散热和可靠性设计等知识。重点介绍了近几年发展起来的各种电压基准和线性集成稳压器的的工作原理、技术参数、应用技巧和实用电路，是一本非常实用的工具参考书。

本书可供电子工程技术人员，电源技术研究和应用人员，仪器仪表和计算机测控技术人员，大专院校师生及电子业余爱好者参考。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

新编线性直流稳压电源/王增福, 李昶, 魏永明主编. —北京: 电子工业出版社, 2004.11
(电源系列丛书)

ISBN 7-121-00485-2

I. 新… II. ①王… ②李… ③魏… III. 直流—稳压电源 IV. TM91

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 109009 号

责任编辑: 魏永昌

印 刷: 北京牛山世兴印刷厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 28.75 字数: 760 千字 插页: 1

印 次: 2004 年 11 月第 1 次印刷

印 数: 4000 册 定价: 48.00 元

凡购买电子工业出版社的图书, 如有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系。联系电话: (010) 68279077。质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

序

近些年来,由于新型功率器件的出现和电力电子变换技术的进步,使电源技术又有了新的发展。其主要发展方向可以归纳为以下几个方面:

1. 扩展了电源的功率范围。从几瓦的小功率电源发展到几百千瓦乃至几千千瓦的大功率或超大功率电源。

2. 提高了电源的电气性能。如对输出电压(或电流)、输出纹波、负载调整率、电网调整率、输入和负载功率因数、电磁兼容性等提出了更高的要求。

3. 提高了电源的节能效果。目前,电能经过电源技术处理后的节能效果在15%~20%,期望能达到40%~50%。

4. 提高了电源的工作可靠性。在电路优化设计、元器件的选择、可靠性预测和设计及大功率电源的散热设计等方面做了大量的工作,使电源设备具有尽可能长的平均无故障时间。

5. 提高了电源小型化和集成化的程度。这主要靠新型元器件(新型功率器件和电源模块)来实现,使电源向轻、薄、小和高效率方向发展。

6. 积极研发工作在高温、高海拔、高潮湿、高盐雾、抗辐射等特殊自然环境和冶金、焊接、电镀、热处理等特殊工作环境下的特种电源。

电源技术高速发展的表现是经过电源变换技术再应用的电能已占全部电能的90%左右。电源的应用领域非常广泛,在工农业生产、家用电器、军事工程等凡是有电子设备的场合都要用到电源设备。电源技术现已成为电子工程中的一项专业技术——功率电子技术。在大专院校的相关专业中相继开设了电源技术的课程。目前,全国从事电源研发、生产和维护的专业技术队伍已达10万人左右,这些人员都是有专业职称的。随着家用电器向广大农村的普及,电源技术将深入到每个家庭。可以说,每个人都是电源的使用者,形成了广大的用户队伍。

鉴于电源技术的飞速发展和电源技术专业队伍的不断扩大,电子工业出版社组织人力相继推出了《稳定电源基本原理与工艺设计》、《稳定电源电路设计手册》、《稳定电源实用电路选编》和《UPS供电系统应用手册》等多部力作,现在又推出《新编线性直流稳压电源》一书。

新书的出版力求从实际需要出发,内容突出实用性、新颖性和广泛性,写作侧重于原理阐述、实例解剖、电路设计和经验介绍。本电源系列丛书适合于电子类大、中专院校相关专业的师生学习,也可供广大电子技术专业人员及爱好者参考。

中国电源学会理事长

季幼章

前 言

直流稳压电源可分为开关电源和线性电源。开关电源最大的优点是效率高,体积小。缺点是精度低,稳定性差,噪声大;直流线性稳压电源最大优点是稳定性好,精度高,噪声小。缺点是效率低,体积大。因此,对于电源稳定性要求不高的一般情况供电和输出大功率电源,可选用开关电源,对于电源精度、噪声要求高的场合必须选用线性电源,比如电压基准源,高精度的测量仪器,等等。

线性直流稳压电源主要包括参数型稳压电源和串联反馈调整型稳压电源。参数型稳压电源,是利用器件的非线性实现稳压的,其稳压性能主要是由调整器件的本身性能所决定的,典型代表就是硅稳压二极管电源,主要用于电压基准。串联反馈调整型稳压电源的稳压原理是调整器件的动态电阻随着电源输出电压变化而自动改变,但其先决条件是必须在负反馈环路控制之中。在线性放大区工作的晶体管,在其基极电流的控制下,其集-射极电阻是可以改变的。它完全可以充当串联反馈型稳压电源中的调整器件,称为调整管。它是串联反馈型稳压电源中应用最普遍最有代表性的一种,所以也有人把串联反馈调整型稳压电源叫做晶体管稳压电源。由于现代集成电路技术发展很快,不论是参数型、反馈型的线性稳压电源,还是开关稳压电源目前都有上百种集成电路的定型产品。

《新编线性直流稳压电源》是专门讲述线性直流稳压电源的。该书比较全面系统地讲述了线性直流稳压电源的技术指标、工作原理、设计制作、检测维修,以及与其关系密切的散热和可靠性设计等知识,重点介绍了近几年发展起来的各种电压基准和线性稳压器的集成电路的工作原理、技术参数、应用技巧和实用电路,这是一本非常实用的工具参考书。

《新编线性直流稳压电源》共分8章。第1章绪论,介绍了稳压电源的发展和类型,并对稳压电源的技术指标进行了说明。第2章介绍直流稳压电源常用元器件及电路,重点介绍了整流二极管、可控硅及其各种整流滤波、可控整流电路和半导体晶体管及其放大器、负反馈电路等与线性直流稳压器有关的基础知识。第3章介绍参数型线性直流稳压电源及集成基准电压源,硅稳压二极管电源工作原理及设计计算,重点讲述了集成基准电压源种类、原理、技术参数、选用原则和实用电路。第4章介绍串联反馈调整型晶体管稳压电源的工作原理、设计计算、制作维修等一套比较完整的理论分析和工艺方法。第5章介绍晶体管直流稳压电源实用电路,选编了固定输出电压、可调输出电压、高输入阻抗、低纹波电压、多路输出及高稳定度等多种用途的、输出电压从1.5V~1000V之间的各种电源电路56例。第6章介绍线性直流集成稳压器,由于集成稳压器发展比较快,产品型号比较多,本章除了一般性的论述之外,还重点介绍了具有代表性的723、STK501、5G11、KC582、7800、7900、117/217/317、137/237/337、W200、低压差线性集成稳压器和控制器MIC2950/MIC2951、MIC29150/MIC29300/MIC29500/MIC29750、MIC29151/MIC29301和MIC5157、MIC5158,以及CMOS系列线性集成稳压器的工作原理、管脚排列和技术性能参数。第7章介绍线性集成稳压器应用技巧及实用电路。选编了具有代表性的13个系列300来个实用电路。第8章介绍稳压电源散热与可靠性设计,简明扼要地介绍了稳压电源中所采用的功率器件、印刷板、机箱的散热设计与计算方法,和稳压电源必不可少的元器件的选用和控制、优选电路和边缘性设计、过应力防护设计,

以及防潮湿、防盐雾、防霉菌的三防设计的有关知识。

本书由王增福、李昶、魏永明担任主编,参加本书编写的还有曲学基、曲敬铨、王春祥、王清泉、和平、胜利、金亮、许京春、王月明、周桂荣、陈步亮、李然、范斌、张再鸣、张秀庭、李树鹏、石伟、曹丽、黄章明等。

张乃国教授对本书编写提出了不少宝贵建议,在此表示感谢。

由于编著者水平有限,书中错误和不足之处在所难免,希望广大读者批评指正。

编著者

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 电源稳压问题的提出	(1)
1.2 引起稳压电源输出不稳的主要原因	(1)
1.3 稳压电源的技术指标	(2)
1.3.1 描述输入电压影响输出电压的几种指标形式	(2)
1.3.2 负载对输出电压影响的几种指标形式	(2)
1.3.3 纹波电压的几种指标形式	(3)
1.3.4 温度漂移和温度系数	(3)
1.3.5 漂移	(3)
1.3.6 响应时间	(3)
1.3.7 失真	(4)
1.3.8 稳定度	(4)
1.4 稳压电源的分类	(4)
第 2 章 稳压电源常用元器件及电路	(6)
2.1 半导体二极管及整流滤波电路	(6)
2.1.1 半导体二极管	(6)
2.1.2 整流滤波电路	(7)
2.2 可控硅及可控整流电路.....	(21)
2.2.1 可控硅器件	(21)
2.2.2 可控整流电路	(40)
2.3 半导体三极管及放大电路.....	(42)
2.3.1 半导体三极管性能特性及参数	(42)
2.3.2 半导体三极管放大电路	(46)
2.4 稳压电源报警、保护电路及光敏、压敏器件.....	(58)
2.4.1 光电耦合器	(59)
2.4.2 压敏电阻	(60)
2.4.3 热敏电阻	(63)
2.4.4 霍尔传感器	(67)
2.4.5 瞬态电压抑制器 TVS	(72)
第 3 章 参数型直流稳压电源	(76)
3.1 参数型稳压电源的基本原理.....	(76)
3.2 硅稳压二极管稳压电源.....	(77)
3.2.1 硅稳压二极管稳压电源的工作原理	(77)
3.2.2 硅稳压二极管稳压电路的设计计算	(80)
3.3 集成电路直流基准电压源.....	(84)

3.3.1	基准电压源的主要参数	(85)
3.3.2	电压基准的类型	(87)
3.3.3	集成电路基准电压源典型产品及其应用	(89)
第4章	串联反馈调整型晶体管稳压电源	(103)
4.1	串联反馈调整型晶体管稳压电源的工作原理	(104)
4.1.1	简单的串联反馈型晶体管稳压电路	(104)
4.1.2	带有放大器的串联反馈型晶体管稳压电路	(104)
4.1.3	串联反馈型晶体管稳压电源改进电路	(105)
4.1.4	串联反馈型晶体管稳压电源集电极输出式稳压电路	(116)
4.2	串联反馈型晶体管稳压电源的设计与计算	(116)
4.2.1	设计方法及步骤	(117)
4.2.2	设计举例	(122)
4.2.3	晶体管精密稳压电源的设计与计算	(127)
4.3	串联反馈型晶体管稳压电源的制作	(131)
4.3.1	元器件的筛选与测试	(131)
4.3.2	印刷线路板设计、制造及其焊接	(132)
4.3.3	直流稳压电源的装配	(134)
4.4	串联反馈型晶体管稳压电源的调试	(145)
4.4.1	通电前的检查	(145)
4.4.2	通电调试	(146)
4.4.3	主要质量指标测量	(148)
4.5	串联反馈型晶体管稳压电源的维护与修理	(150)
4.6	性能测试	(153)
第5章	串联反馈调整型晶体管直流稳压电源实用电路 56 例	(160)
5.1	1000V 高压输出直流稳压电源	(160)
5.2	输出电压为 175V 的稳压电源	(160)
5.3	0~150V 稳压电源	(163)
5.4	150V 稳压电源	(165)
5.5	3~120V 稳压电源	(165)
5.6	3~120V 连续可调稳压电源	(166)
5.7	120V 稳压电源	(167)
5.8	110V 稳压电源	(168)
5.9	70V 稳压电源	(169)
5.10	10~65V 稳压电源	(171)
5.11	0~50V 稳压电源	(173)
5.12	0~35V 稳压电源	(173)
5.13	0~30V、2A 稳压电源	(175)
5.14	0~30V、3A 稳流稳压电源	(177)
5.15	0~30V、2A 稳流稳压电源	(179)
5.16	1~30V、5A 稳压电源	(181)

5.17	可输出 0~30V 电压的简单稳压电源	(182)
5.18	1~30V、0~5A 稳压电源	(182)
5.19	6~30V、500mA 稳压电源	(185)
5.20	28V 简单稳压电源	(186)
5.21	±5~25V 双极性稳压电源	(186)
5.22	25V 精密稳压电源	(187)
5.23	24V 软启动稳压电源	(187)
5.24	24V 防短路稳压电源	(189)
5.25	具有限流保护电路的 24V 稳压电源	(189)
5.26	24V、2A 稳压电源	(190)
5.27	具有电流补偿的 24V 稳压电源	(191)
5.28	-24V、0.5A 稳压电源	(191)
5.29	用发光二极管作为过流保护及指示的 24V 稳压电源	(192)
5.30	24V VMOS 管稳压电源	(193)
5.31	24V、6A 低功耗稳压电源	(193)
5.32	0~20V 稳压电源	(194)
5.33	0~20V、1A 稳压电源	(195)
5.34	20V、2A 稳压电源	(195)
5.35	6~18V 精密稳压电源	(196)
5.36	±18V 双极性稳压电源	(197)
5.37	15V、-6V 双路稳压电源	(198)
5.38	15V、1A 并联稳压电源	(198)
5.39	±15V、5V 三种输出稳压电源	(199)
5.40	±15V 双极性并联型稳压电源	(200)
5.41	具有限流保护的 0~15V 稳压电源	(200)
5.42	15V 并联稳压电源	(201)
5.43	15V、600mA 稳压电源	(202)
5.44	15V、1A 集电极输出稳压电源	(202)
5.45	15V 简单稳压电源	(203)
5.46	采用可控硅保护的 15V 稳压电源	(203)
5.47	保护电流可调的 15V 稳压电源	(204)
5.48	15V VMOS 管稳压电源	(204)
5.49	不要辅助电源的 10~15V 稳压电源	(205)
5.50	1.45~15V 全取样稳压电源	(205)
5.51	12V 软启动稳压电源	(206)
5.52	12V 串、并联复合式稳压电源	(207)
5.53	取样比为 1 的 3~9V 可调稳压电源	(207)
5.54	9V 零阻抗稳压器	(208)
5.55	2V 精密稳压电源	(208)
5.56	1.5V 精密稳压电源	(209)

第 6 章 线性直流集成稳压器	(211)
6.1 线性直流集成稳压器的基本原理	(211)
6.2 典型的线性集成稳压器	(226)
6.2.1 带整流管的集成稳压器 STK501	(226)
6.2.2 集成稳压器 μ A723	(227)
6.2.3 集成稳压器 5G11	(230)
6.2.4 KC582 集成稳压电源	(232)
6.2.5 三端固定正压集成稳压器 7800 系列	(235)
6.2.6 三端固定负压集成稳压器 7900 系列	(244)
6.2.7 三端可调正压集成稳压器 117/217/317 系列	(253)
6.2.8 三端可调负压集成稳压器 137/237/337 系列	(258)
6.2.9 五端功率集成稳压器 W200	(262)
6.2.10 低压差线性稳压器	(265)
6.2.11 低压差线性集成稳压器控制器	(277)
6.2.12 CMOS 系列线性集成稳压器	(286)
6.3 线性集成稳压器的参数和测试	(291)
6.3.1 线性集成稳压器的性能参数和测试	(291)
6.3.2 集成稳压器的工作参数和测试	(296)
6.3.3 集成稳压器的极限参数	(299)
第 7 章 线性集成稳压器应用技巧及实用电路	(301)
7.1 三端固定正输出电压的集成稳压器——7800 系列应用技巧及实用电路	(301)
7.1.1 固定正、负输出的稳压电源	(301)
7.1.2 高输入-高输出集成稳压电源	(302)
7.1.3 可调输出的集成稳压电源	(304)
7.1.4 大电流输出的集成稳压电源	(306)
7.1.5 恒流源电路	(307)
7.1.6 开关式集成稳压电源	(308)
7.1.7 跟踪式集成稳压电源	(309)
7.1.8 可控式集成稳压电源	(309)
7.1.9 三端固定输出集成稳压器的其他应用	(310)
7.2 三端固定负输出电压的集成稳压器——7900 系列应用技巧及实用电路	(312)
7.3 三端可调正输出电压的集成稳压器——CW117/CW217/CW317 系列 应用技巧及实用电路	(316)
7.3.1 可调集成稳压电源的标准电路	(316)
7.3.2 从零伏开始连续可调的集成稳压电源	(318)
7.3.3 大电流、可调集成稳压电源	(319)
7.3.4 高输出电压集成稳压电源	(321)
7.3.5 开关式集成稳压电源	(321)
7.3.6 跟踪式集成稳压电源	(323)
7.3.7 逻辑控制集成稳压电源	(325)

7.3.8	多路集中控制集成稳压电源	(325)
7.3.9	慢启动集成稳压电源	(326)
7.3.10	恒流源	(326)
7.3.11	恒压/恒流电源	(327)
7.3.12	充电器电路	(328)
7.3.13	功率跟随器和放大器电路	(328)
7.3.14	交流削波电路	(329)
7.4	三端可调负输出电压集成稳压器——CW137/CW237/CW337 系列应用技巧及实用电路	(329)
7.5	多端可调输出电压集成稳压器——CW200 及 BG602 应用技巧及实用电路	(332)
7.5.1	标准应用电路	(332)
7.5.2	负输出电压集成稳压电源	(333)
7.5.3	高稳定度集成稳压电源	(333)
7.5.4	减小输出纹波电压的电路	(333)
7.5.5	大电流集成稳压电源	(334)
7.5.6	高输入电压集成稳压电源	(335)
7.5.7	高输出电压集成稳压电源	(336)
7.5.8	正、负输出电压集成稳压电源	(337)
7.5.9	跟踪式集成稳压电源	(338)
7.5.10	开关式集成稳压电源	(339)
7.5.11	逻辑控制集成稳压电源	(341)
7.5.12	恒流源	(342)
7.5.13	充电器电路	(342)
7.5.14	慢启动集成稳压电源	(342)
7.6	多端正固定输出 W723 集成稳压器应用技巧及实用电路	(343)
7.7	W396/W496 大电流输出三端正集成稳压器	(349)
7.8	正负双集成线性稳压器	(351)
7.8.1	LW80L×系列固定输出正负双集成稳压器	(351)
7.8.2	LW80M××系列五端固定输出正负双集成稳压器	(354)
7.8.3	LW80A××系列五端固定输出正负双集成稳压器	(356)
7.9	低压差线性集成稳压器应用技巧及实用电路	(358)
7.9.1	MIC2950/MIC2951	(358)
7.9.2	MIC29150/MIC29300/MIC29500/MIC29750 和 MIC29151/MIC29301 应用技巧及实用电路	(364)
7.10	低压差线性稳压控制器应用技巧及实用电路	(373)
7.10.1	MIC5157	(373)
7.10.2	MIC5158	(379)
7.11	MAX 系列线性稳压器应用技巧及实用电路	(387)
7.11.1	MAX603/604 的应用技巧及实用电路	(387)
7.11.2	MAX663 系列的应用技巧及实用电路	(389)

7.11.3	MAX687/688/689 的应用技巧及实用电路	(391)
7.11.4	MAX714/716 系列的应用技巧及实用电路	(393)
7.11.5	MAX873/875/876 的应用技巧	(398)
7.11.6	MAX882/883/884 的应用技巧	(400)
7.12	电池供电集成稳压器应用技巧及实用电路	(401)
7.13	其他类型线性稳压器应用技巧及实用电路	(409)
第 8 章	稳压电源散热与可靠性设计	(418)
8.1	稳压电源元器件的热设计	(418)
8.2	稳压电源印刷板的热设计	(421)
8.3	稳压电源机箱的热设计	(423)
8.4	稳压电源电子元器件的选用和控制	(427)
8.4.1	电子元器件的选用	(427)
8.4.2	电子元器件的降额设计	(428)
8.4.3	稳压电源电子元器件的老练过程和筛选	(436)
8.5	稳压电源优选电路和边缘性能设计	(438)
8.5.1	正确使用元器件	(438)
8.5.2	优选电路	(439)
8.5.3	电路设计的简化原则	(439)
8.5.4	边缘性能设计	(440)
8.6	稳压电源过应力防护设计	(442)
8.7	稳压电源三防设计	(443)

第 1 章 绪 论

1.1 电源稳压问题的提出

说到稳压问题,可以追溯到 19 世纪,爱迪生发明电灯时,就曾考虑过稳压器。到 20 世纪初,就已经出现了铁磁稳压器及相应的技术文献。电子管问世不久,就有人设计了电子管直流稳压器。在 20 世纪 40 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。20 世纪 50 年代,随着半导体工业的飞速发展,晶体管的诞生使串联调整型晶体管稳压电源成了直流稳压电源的中心,这种局面一直维持到 20 世纪 60 年代中期。随着半导体技术的进步,电子设备开始从分立元器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。20 世纪 60 年代后期,科技工作者对稳定电源技术进行了一次新的总结,使开关电源和可控硅电源得到了快速的发展。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在不断发展。从 1967 年美国 Bob Widlar 发明了第一块集成稳压器 $\mu A723$ 至今,集成稳压器品种之多、系列之全使人们刮目相看。目前,线性集成稳压器已发展到几百个品种,类型也多种多样。按结构形式可分为串联型和并联型集成稳压器;按输出电压类型可分为固定式和可调式集成稳压器;按管脚的引线数目可分为三端式和多端式集成稳压器;按制造工艺可分为半导体式、薄膜混合式和厚膜混合式集成稳压器;按输入和输出之间的压差又可分为一般压差和低压差两大类,等等。

1.2 引起稳压电源输出不稳的主要原因

稳压电源的输出电压,是相对稳定而非绝对不变的,它只是变化很小,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? 不难想像,一是因电网输入电压不稳定所导致。电网供电有高峰期和低谷期,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。即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压电源输出电压的变化。三是由稳压电源本身条件促成的。构成稳压电源的元器件质量不好,参数有变化或完全失效时,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压电源输出不稳。

一般地说,稳压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压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。但在设计高精度稳压电源时,必须要高度重视第四个因素。因为在高稳定度电源中,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。

1.3 稳压电源的技术指标

衡量一台稳压电源的好坏,一方面要从功能角度看,即容量大小(输出电压和输出电流)、调节范围及效率高低等,人们称之为使用指标。另外,还要从外观形状及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。下面介绍稳压器常用的一些质量指标。

1.3.1 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量 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,在稳压电源中更重视相对稳压系数。相对稳压系数 S 表示在负载不变时,稳压器输出直流电压 U_o 的相对变化量 $\Delta U_o/U_o$ 与输入电网电压 U_i 的相对变化量 $\Delta U_i/U_i$ 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,稳压系数通常是指相对稳压系数 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。

1.3.2 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

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

1.3.3 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 $U_{i\sim}$ 与输出电压中的纹波电压 $U_{o\sim}$ 之比,即

$$\text{纹波电压抑制比} = \frac{U_{i\sim}}{U_{o\sim}}$$

1.3.4 温度漂移和温度系数

环境温度的变化影响元器件参数的变化,从而引起稳压器输出电压的变化,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 。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 $\frac{\Delta U}{U_o}$ 称为相对温度系数,单位是 $\%/^\circ\text{C}$ 。

1.3.5 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,元器件参数的不稳定也会造成输出电压的变化,慢变化叫做漂移,快变化叫做噪声。介于二者之间叫做起伏。在一般使用中只考虑漂移就可以了。

表示漂移的方法有两种。一种是用在指定时间内输出电压值的变化 ΔU_o ;另一种是用在指定时间内输出电压的相对变化 $\frac{\Delta U_o}{U_o}$ 。考察漂移的时间可以定为 1min、10min、1h、8h 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。

1.3.6 响应时间

所谓稳压器的响应时间,是指在负载电流突然变化时,稳压器的输出电压从开始变化到到

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 15.00V,输出电阻 10mΩ,那么输出电流变化 $\Delta I_o = 1\text{A}$ 时,输出电压应该下降到 14.99V。可是输出电流“突然”变化 1A 时,输出电压并不是“马上”变到 14.99V。可能是经过“一段时间”才慢慢地降到 14.99V;也可能降得比 14.99V 更低,再逐渐回升到 14.99V;还可能在 14.99V 上下摆动几次,最后才稳定到 14.99V。总之,从开始变化起,直至到达新的稳压值为止,这段时间叫做响应时间。交流稳压器,大多都有响应时间这项指标,614 型电子交流稳压器的响应时间为 0.5s。

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。

1.3.7 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。

1.3.8 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 $\frac{\Delta U_o}{U_o}$ 。如果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,或者是在最恶劣的情况下输出电压的最大相对变化 $\frac{\Delta U_o}{U_o}$ 。

因为稳压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。所以稳压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,而在稳压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,而引起的输出电流变化却很小,这正是稳流的结果。

1.4 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的,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的,直流稳压器输出电压是直流的,两者通常都用交流电网供电。在设计、制造和使用时,一般都把变压器、整流器和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,可以分为参数稳压器和反馈调整型稳压器两种。参数稳压器主要是利用元器件的非线性实现稳压。例如,仅用一只电阻和一只硅稳压管二极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器件,使输出电压得到补偿而趋近于原值,从而达到稳压。

以稳压器的调整元器件与负载的连接方式来分类,可以分为并联稳压器和串联稳压器两种。调整元器件与负载并联的叫做并联稳压器或分流式稳压器。它通过改变调整元器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。调整元器件与负载串联的稳压器叫做串联稳压器。在这种稳压器中,调整元器件串接于输入端和输出端之间,输出电压就依靠调整元器件改变自身的等效电阻来维持恒定。调整元器件如果是晶体管,就是我们通常所说的晶体管串联调整型稳压器。

以调整元器件的工作状态来分类,可以分为线性稳压器和开关稳压器。调整元器件工作在线性状态的是线性稳压器,调整元器件工作在开关状态的是开关稳压器。开关稳压器又有很多分类,例如自激式、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、单端正激式及单端反激式等。

以调整元器件的品种来分类,可以分为稳压二极管稳压器、晶体管稳压器、可控硅稳压器及IGBT、VMOS、MCT等。

此外,还有其他的分类方法。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。

稳压器的分类有时也是错综交织的。例如,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。

线性直流稳压电源可分为普通型和精密型两种,每种又有Ⅰ级和Ⅱ级之分,其主要技术指标见表1-1。此表摘自《通用直流稳压电源》(SJ2811-87)。

表 1-1 线性直流稳压电源分类及性能指标

序号	性能名称		精密型		普通型	
			Ⅰ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅱ
1	负载效应		$\leq 5 \times 10^{-6}$ +50 μ V	$\leq 1 \times 10^{-5}$ +100 μ V	$\leq 5 \times 10^{-5}$ +0.5mV	$\leq 5 \times 10^{-4}$ +1mV
2	源效应		$\leq 5 \times 10^{-6}$ +50 μ V	$\leq 1 \times 10^{-5}$ +100 μ V	$\leq 5 \times 10^{-5}$ +0.5mV	$\leq 5 \times 10^{-4}$ +0.5mV
3	周期与随机 偏移(PARD)	r, m, s	$\leq 10 \sim 100 \mu$ V	$\leq 50 \sim 500 \mu$ V	$\leq 100 \mu$ V \sim 1mV	$\leq 500 \mu$ V \sim 5mV
		p-p	$\leq 50 \sim 500 \mu$ V	$\leq 250 \mu$ V \sim 2mV	$\leq 500 \mu$ V \sim 10mV	$\leq 2 \sim 20$ mV
4	温度系数 (1/°C)		$\leq 1 \times 10^{-6}$ +15 μ V	$\leq 5 \times 10^{-5}$ +200 μ V	$\leq 1 \times 10^{-4}$ +200 μ V	$\leq 5 \times 10^{-4}$ +0.5mV
5	温漂		$\leq 1 \times 10^{-5}$ +15 μ V	$\leq 5 \times 10^{-4}$ +200 μ V	$\leq 1 \times 10^{-4}$ +1mV	$\leq 1 \times 10^{-3}$ +2mV
6	分辨力(额定最大值)		$\leq 1 \times 10^{-5}$	$\leq 2 \times 10^{-5}$	$\leq 1 \times 10^{-4}$	$\leq 5 \times 10^{-4}$
7	负载效应 瞬态恢复	时间(μ s)	≤ 50	≤ 50	≤ 50	≤ 50
		电平(最大额定)	$\leq 5 \times 10^{-4}$	$\leq 5 \times 10^{-4}$	$\leq 5 \times 10^{-4}$	$\leq 5 \times 10^{-3}$
8	开关机过冲(%)		≤ 5	≤ 5	≤ 10	≤ 10
9	射频干扰 (输入端/输出端)		0.15~0.5MHz 0.5~30MHz		≤ 2 mV/10mV ≤ 1 mV/5mV	
10	平均无故障时间 MTBF(h)		≥ 5000	≥ 5000	≥ 3000	≥ 3000
11	预热时间(h)		≤ 1	≤ 1	≤ 0.5	≤ 0.5
12	输出阻抗		给出典型曲线		给出典型曲线	
13	效率(%)		≥ 50	≥ 50	≥ 50	≥ 50
14	额定源频率(Hz)		50 \pm 2.5	50 \pm 2.5	50 \pm 2.5	50 \pm 2.5