

第 三 届
全國電源技術年會論文集

中國電源技術論文集編輯委員會

一 九 八 〇 年

编辑委员会组成名单

(以姓氏笔划为序)

马传添 王德发 王志诚 石钟伍 刘铁纯 刘超群 李道恺
李朔生 李宗光 李厚福 李颖达 陈翔龙 周庭光 郑秋白
杨希炯 倪本来 程兆发 程立生 蔡宣三 谭 信

前 言

第三届全国电源技术年会于1980年11月27日至12月3日在天津召开。出席本届年会的有二十九省市三百多名代表，会上发表论文成果报告一百二十篇。天津科协付主任刘铁纯主持了本届年会，天津科委付主任甄建民在会上作了“加强电源技术学术交流，开发电源专业人材，提高我国电源技术研究水平”的专题报告。北京电源专业委员会主任李厚福在会上总结了近几年电源技术学术活动情况。四川电源情报网网长程兆发对本届年会作了学术活动总结。

我国电源技术界知名专家蔡宣三、陈翔龙、李朔生、郑秋白等几位教授和部分其他编委主持了本届年会的专题学术活动。

受年会文集编委会委托，文集内容经审定后，由天津电源技术研究会负责出版。本届文集包括论文、成果报告55篇，另外，为加强电源技术各专业的学术交流，文集还选载了部分产品介绍。在本届年会文集出版工作中，西南雷达研究所电源室主任杨贵生同志、南京电源情报网网长谢桂荣同志对本文集选文工作提出了宝贵建议。国家海洋局海洋科技情报研究所印刷厂承担了文集的排版、印刷、装订工作，海洋科技情报所为文集的出版给了大力的支持。国家海洋局海洋仪器研究所领导和科技处、后勤处等部门多方支持了本届年会文集出版。对此，特向以上有关单位领导和从事具体工作的同志们表示深切的感谢。

由于我们缺乏经验，本文集疏漏之处一定不少，热情希望读者批评指正。

中国电源技术论文集编辑委员会

一九八一年十月

目 录

论 文 部 分

1 电源的现状 & 展望.....	李厚福 (1)
2 试论现代直流稳压电源的一些特点.....	马传添 (4)
3 关于直流稳压电源瞬态脉冲干扰的测量方法.....	林色蔼 (8)
4 5V50A 双正激变换器电源.....	陈正磊 周德铤 张玉梅 (12)
5 自激型反激式直流稳压电源的原理及设计.....	杨承丰 (17)
6 SL-64 开关电源控制器集成电路.....	腾富民 徐志帮 (27)
7 用无工频变压器脉冲调宽电源作计算机电源.....	尤大泓 (37)
8 开关电源的干扰特性.....	赵华庆 齐小芹 (45)
9 一台小型计算机电源的设计.....	尹凤鸣 (52)
10 开关电源干扰及其抑制.....	刘月升 吴三谔 (60)
11 全桥式脉冲调宽电源.....	鲁秀芳 (70)
12 将串联开关稳压线路应用于多路大电流实验电源的探讨——关于 ZWQ1 型晶体管直流稳压电源的控制与保护电路的介绍	祝福和 吕建一 徐 明 (79)
13 开关电源输出回路的最佳设计.....	胡守约 (82)
14 一种新型的稳压电源电路.....	张谷勋 (91)
15 一个高效率开关电源的驱动电路.....	田丰杰 (95)
16 无工频变压器开关电源射频干扰的抑制.....	沈从真 (100)
17 低工耗电流放大器在集成稳压电源中的应用.....	谭 信 韩兴权 (105)
18 线性直流稳压系统的最佳化.....	莫忠学 (113)
19 用于电压——数字转换器的高精度直流稳压电源.....	侯俊才 (122)
20 海洋仪器用高精度电源.....	袁江涛 (133)
21 高精度恒流源.....	高昌才 (141)
22 高稳定低纹波低噪音直流稳压电源的研制.....	陈碧长 (146)
23 直流稳压电源的计算机辅助分析——DY-D-1 程序简介.....	王忠林 (152)
24 晶体管串联稳压器的两个基本关系式.....	肖湘南 (162)
25 辅助源在集成稳压电源中的应用——兼论串联稳压器的分析方法.....	张德忠 (171)
26 三相饱和电抗器的动态分析.....	蔡宣三 (181)
27 稳压变压器原理与结构.....	游延丰 (189)
28 稳压变压器的原理及计算.....	刘恩玺 (198)
29 小功率恒压变压器在电子仪器仪表电源中的应用.....	龚翠珠 (207)
30 大能量固体激光器电感储能脉冲电源.....	季幼章 (214)

31	高重复率固体激光电源充电电感的推导	胡砚田 张宝华 刘培荣	(218)
32	晶体管逆变器的发展和应用	徐泽玮	(223)
33	重复率阶梯充电激光电源	罗毓昂 张承铨 曹良奎	(228)
34	可控硅变频电路的计算机辅助分析	徐近需 陈学允 徐会明	(233)
35	高重复率无变压器激光放大电源	吴 珺 郭天明	(239)
36	可控硅关断条件的分析	许家治 郭 沐	(244)
37	恒压逆变器——介绍一种静止稳压稳频电源	杨桂兰 刘恩玺	(251)
38	300VA、50HZ 单相正弦波逆变器	艾多文	(256)
39	JG-1 型高压多路稳定电源	李秀英	(262)
40	减流型过流保护电路	谢桂荣	(265)
41	大电流梯形波 trr 测试装置研究报告	李应潭	(272)
42	受控核聚变装置负反馈场电源自动调节系统	胡子卿	(279)
43	计算机电源的信息保护系统与续能源	王其英	(290)
44	程序控制型直流稳压电源	腾富民	(307)
45	飞轮发电机组脉冲电源的计算分析	乐秀夫	(313)
46	不停电电源剖析	冷增祥	(320)
47	几种抗中子辐照电源介绍	张宏寿	(326)
84	带半波整流电阻负载的电源变压器电路的理论分析	龚绍文	(334)
94	直流稳压电源计算机辅助分析	张怀林	(341)
50	高频铝电解电容器	顾士龙	(351)
51	双电层电容器的特点及其应用	董恩沛	(357)
52	SBD型大电流硅肖特基开关二极管性能简介	张京俊	(362)
53	无工频变压器开关电源用的高压大功率开关管	王正贤 陆智明	(369)
54	积木式稳压电源单元的结构设计	杨德才	(376)
55	中国沿海应用硅光电源前景	李颖达	(380)

附 录:

第三届全国电源技术年会论文索引	(384)
第三届全国电源技术年会论文集英文目录	(465)
第三届全国电源技术年会论文集产品介绍英文目录	(468)

产 品 介 绍 部 分

- 1 CYS 型 塑 料 壳 云 母 电 容 器.....苏州电容器厂 (388)
- 2 天津市无线电元件三厂产品介绍..... (389)
- 3 3DD24 稳 压 电 源 专 用 大 功 率 晶 体 管.....南京金星标牌厂 (391)
- 4 50SBD11 型 硅 肖 特 基 功 率 整 流 二 极 管.....济南半导体研究所 (392)
- 5 辉光放电稳压管、充气闸流管.....湖北宜昌电子管厂 (393)
- 6 CD131型电解电容器.....吉林市无线电元件公司 (394)
- 7 锗隧道二极管2BS系列、锗反向二极管2BF 系列.....江苏省沐阳无线电厂 (395)
- 8 CHJ小型激光金属化电容器.....国营第七九四厂 (396)
- 9 KP12 频 道 选 择 器.....河北省沧州市无线电二厂 (397)
- 10 碱性镉镍蓄电池.....北京广播电视配件六厂(原东风电池厂) (398)
- 11 2CLG 型 高 频 硅 堆.....北京市半导体器件十二厂 (399)
- 12 KJ—12型电池、氧化银电池、小型密封镉镍蓄 电池.....天津干电池厂 (400)
- 13 高频插头座.....合肥无线电二厂 (402)
- 14 CZMS型电风扇用密封纸介电容器
.....上海飞乐电声总厂三分厂(原徐汇电容器厂) (403)
- 15 瑶琳牌晶体管.....浙江桐庐晶体管厂 (404)
- 16 聚酰亚胺薄膜.....天津市绝缘材料厂 (405)
- 17 W系列硅温度补偿稳压二极管.....上海光耀半导体器件厂 (406)
- 18 CZJX-Y、2CY30Z 系列印刷电路板插座.....黑龙江省庆安无线电厂 (407)
- 19 环连牌电阻器.....上海市松江电讯器材厂 (408)
- 20 E18、E36、EC28、EI12 型铁氧体开关电源磁芯.....浙江宁波磁性材料厂 (409)
- 21 2CW50-78、2CW50B-78B 硅 稳压二极管.....山东烟台无线电九厂 (410)
- 22 WTH型合成炭膜电位 器.....辽宁电位器厂 (411)
- 23 CB14 型 精 密 聚 苯 乙 烯 电 容 器.....厦门电容器厂 (412)
- 24 湖南衡阳市半导体厂产品介绍..... (413)
- 25 湖南长沙市前进半导体厂产品介绍..... (414)
- 26 上海无线电六厂产品介绍..... (415)
- 27 红声牌铝电解电容器.....天津市无线电元件十四厂 (416)
- 28 GZS11型十一脚塑料管座GZS13型十三脚塑料管座.....江西赣州接插件厂 (417)
- 29 上海立新电器厂产品介绍..... (418)
- 30 上海向阳无线电元件厂产品介绍..... (419)
- 31 山东省荣城县无线电元件厂产品介绍..... (420)

32 国营8807厂产品介绍.....	(421)
33 天津半导体器件厂产品介绍.....	(422)
34 杭州半导体厂产品介绍.....	(423)
35 长沙胶木电器厂产品介绍.....	(424)
36 天津市卫东电器厂产品介绍.....	(425)
37 天津市第二电缆厂产品介绍.....	(426)
38 RSZ叉指形散热器.....	山东省昌乐县无线电工具厂 (427)
39 2DR、2CR 型 硅太阳能电池.....	开封太阳能电池厂 (428)
40 JZX-3F 型 小型交直流电磁继电器.....	丹东市无线电十七厂 (429)
41 KCQ100A/30V快速充电机、KZT-1.5KW可控硅调速装置.....	天津无线电十一厂 (430)
42 KGF-2000/0—75航空发动机起动用可控硅整流装置.....	湘潭市整流器厂 (432)
43 浙江余姚无线电厂仪器产品介绍.....	(433)
44 DO-8型高频热电转换标准、GB-9B 型电子管毫伏表.....	浙江绍兴三五仪表厂 (435)
45 JGCL6—02型YAG 连续激光电源.....	山东海洋学院 (436)
46 WZC-1A电位器综合测试仪.....	陕西省宝鸡无线电厂 (437)
47 SBD-1型低频示波器.....	天津市第二电子仪器厂 (438)
48 KZJ1 型 直键开关.....	北京无线电元件九厂 (439)
49 JW-5 型 直流稳压电源.....	石家庄市无线电十厂 (440)
50 厚膜集成稳压电源.....	华南器材厂 (441)
51 安装板式电表.....	山东烟台无线电八厂 (442)
52 DY-2 型 有效值电压表.....	北京无线电仪器三厂 (443)
53 济南无线电二厂电源产品简介.....	(444)
54 JR—14型, JRX—13F型, JRX—26F 型电磁继电器.....	常州继电器厂 (445)
55 天津第二继电器厂产品介绍.....	(446)
56 JRX—9 型 直流电磁继电器.....	国营烟台无线电四厂 (448)
57 KB3 $\frac{1}{2}$ 型椭圆形波段开关.....	江苏省东台县无线电元件厂 (449)
58 GYJ-1型高性能晶体管直流稳压电源.....	苏州继电器厂 (450)
59 RX22 型被釉线绕电阻器.....	牡丹江市电子元件一厂 (451)
60 WDK-5-30 型 晶体管直流稳压电源.....	黑龙江省五常县拉林无线电元件厂 (452)
61 武汉电表厂产品介绍.....	(453)
62 WA 系列、WB 系列、W723 集成稳压器.....	上海无线电七厂 (454)
63 天津市无线电元件九厂产品介绍.....	(455)
64 JHB-301型电视机自动稳压电源.....	山东益都无线电变压器厂 (457)
65 WYJ-6C、7C、8D、9D 晶体管稳压电源.....	北京电视技术研究所 (458)
66 KDJ—200型200A直流斩波调速器.....	广州电讯器材厂 (459)
67 国营上饶市半导体元件厂产品介绍.....	(460)
68 青岛电位器厂产品介绍.....	(461)
69 宁波晶体管厂产品介绍.....	(463)
70 张家口市无线电一厂产品介绍.....	(464)

电源的现状 & 展望

李 厚 福

一、序

一年一度的电源技术年会今年是第三届了，年会受到全国廿八个省市的积极支持，参加的省市、人员之多和论文的水平年胜一年，这是全国各省市电源学会、研究会电源网的积极工作的成果，也说明电源技术工作的重要，是很喜人的。

从七五年成立第一个地区电源网，到八〇年全国已有十几个电源学会、研究会电源网了，这些电源的火种使我国的电源技术得到了很大的促进，使电源技术水平在短时间得到了迅速的发展。总之，可以主要归纳为这么几个方面：

一、多年来串联调整型直流稳压电源是占主要地位的。到八〇年新型开关电源已有数千台产量，搞电源的同志经过五年多的奋斗，使开关型电源的技术在全国各地得到了普及和完善，某些指标甚至跨入了世界先进行列；外国早在十年前进行的20KHZ革命，八十年代在中国已全面开始；同时，向更高频率发展的开关电源也已经在国内问世了。

二、高稳定度电源，高稳定度大电流的电源，五年胜过过去廿多年的发展。

三、线性电源的理论分析从习惯上的分析方法中产生了飞跃，同时电源的设计计算又采用了计算机手段，从而为电源的开发创造了良好的前景。

四、为适应空间技术的发展而日趋成熟的电源系统，使电源技术跨进了新领域。

五、为电源配套的各类功率管、电容、磁材、集成电路也有了相应的发展。

六、其他特种电源近几年的发展也十分惊人。

二、五年来电源技术的主要成就

要用较短的篇幅来说清近几年电源的成就是困难的，只能择其主要的方面作简单的评述，一斑可窥全貌：

（一）开关电源：

七六年全国电源调研时，北京以及许多地方的一些同志对开关电源这个名词都表示惊奇，七八年第一届电源年会上开关电源的论文不过十三、四篇，到八〇年年会上已是卅多篇了；七八—七九年的电源技术展览会上，展出了5V100A开关电源，使那些想在七九年年底试制出5V10A，八〇年再做5V50A的电源的单位大大缩短了试制周期。从技术上来说，20KHZ左右的开关电源的线路技术、工艺技术在器件厂的紧密配合下已日臻完善，目前较大电流的开关电源的纹波峰峰值已能压到20mv左右，而纹波的有效值控制到10mv以下已不成问题。为了抑制开关尖峰的干扰而设计的线路已广为使用，并取得了良好的效果，最近几年发表的开关电源的理论分析的许多文章，都有独到的见解和数学定量分析，数量之多，大大超过其他类文章。尤其可贵的是，开关电源开始都在不惜工本的机器上使用，现在北京的

厂家已经生产能为12吋黑白电视机配套的开关电源，销售价只有廿多元，经过一定的努力，可以使开关电源的规模生产成为现实，这是学术活动转为生产力的一个实例。以开关电源用于12吋电视机为例：总消耗功率小于14W（而原机变压器加串联稳压电源总功率为26W）用于日本三洋12吋电视机的情况也同样，不仅使重量减轻了一半，而且降低了电视机内温度，为国家节省了能源，为用户节省了开支，矽钢片全都不用，铜线可节省80%。

在克服开关电源的干扰问题上，为12吋电视机配套的工作做得卓有成效。日立CTP-236型机在1~12频道均无干扰，而其他国外机在空频道上有轻微干扰，我国为12吋配套的开关电源的样机也可做到在任一频道上无干扰条纹的水平，从而进入国际先进行列。

北京计算所的5V70A和华东计算所的5V100A的开关电源的体积只有一般市售2A电源电源的大小，每瓦的重量只有普通电源的三分之一。而且还能解决大电流开关电源并联使用问题，这一方面的成就受到了国内同行的高度评价。

但开关电源目前还不能大量代替串联稳压电源，专门生产这类电源的厂家也没有真正出现，器件价格大部分都偏高，纹波峰峰值的影响留待进一步解决等等，因此，开关电源尚有大量工作可做。

开关电源的频率国外500~600KHZ已不鲜见，而小功率的更达到兆赫的水平，国内已见到200KHZ的开关电源样机及较为成熟的理论分析。

（二）不停电电源系统：

近五、六年来，产生了一个电源的大支：不停电电源系统。不停电系统实际是不停电的小电站电源；不停电系统发展，为电源运用新技术创造了条件，又彻底打破了“电源简单”论，不停电系统1KVA的样机是七六年试成的，而八〇年已有若干厂家生产，从1KVA—500KVA已成系列。效率不很高，仍有待进一步提高。

不停电系统使用了变频，鉴相等技术，较为复杂。这类电源比起国外，从容量到技术上我们的差距仍然很大。如国外效率已达90%或更高。

（三）新型式的交、直流稳定电源：

这几年新型式的电源不断有所探试，他们走出了前人没有走过的路，解决了理论和设计问题，如：

（1）单极电机电源：它没有老式电机换向装置，不产生跳动，能平稳输出几千瓦的功率而无噪声，指标可达到四机部Ⅱ级电源精度，这种每瓦功率体积极小的电机如能正常生产，将使Ⅱ级精度的低压1000A以下的稳压电源逊色，从而引起相应的改革。

（2）一种完全不用变压器的直流稳压电源：不论那种开关电源并不能完全不用变压器，但由于输入电源的频率从50赫升到十几千赫，变压器可以成倍地减小，无变压器电源都是真正没有变压器的，他解决了初次级的隔离问题（虽然不十分理想）。从样机来看，一台30V5A的Ⅱ级精度的电源重量只有几公斤，价格也低于普通同类电源。作为一种尝试取得了可喜的成果，如果再作进一步的改进而加以推广，是极有前途的。

（3）程控交流稳定电源：用程序控制使输出电压加减，从而保持了输出电压稳定。它保持了输入输出电压同相完全去掉了滤波器，一台精度1%的10KW的交流稳定电源的体积相当于目前1KW的交流稳压电源，由于前五年集成器件和可控硅的昂贵，实用价值不大，但到80年代当器件大幅度降价时，就是一种完全可以推广的方案了，目前已有厂家小批试生产。

（4）抗干扰电源：在许多场合，很担心干扰影响正常工作的机器，近几年稳压变压器、参数变压器这类古老而又清新的交流稳压电源便得到了发展，它们从几赫到几百千赫都

有抑制干扰的能力，某些频段上，抑制干扰能力能达到90db，从七六年的样机到80年的批量生产，不过五、六年的时间，便解决了设计计算及生产工艺上的许多问题，速度之快反映了实际的需要。近几年参数稳压器、稳压变压器等的理论研究也取得了不小的成就，从而又指导了实践。可贵的是有些设计铁心比普通变压器只大30~40%。

(5) 几千安0.1%稳定度的特种电源：当电流很大时，要使它的稳定度好而纹波又小就很困难，利用磁控技术，可控硅技术等一系列综合技术的成就使这类电源成为现实。

(四) 高精度电源

作为电源重要的一支，高稳定度电源的发展也是很迅速的，由于它对放大器的稳定性严格要求、基准的高度稳定、温度、时间漂移的苛刻指标，因而各方面（包括测量技术）都为线性电源的发展提供了良好的范例，它对线路的分析法更可借鉴。

(五) 器件：

为了提高电源的性能指标，为了简化电路上附加措施，这几年为电源服务的器件应运而生，象哈尔滨晶体管厂、杭州半导体器件厂、四机部的电容器所等单位都为电源技术迅速发展立下了汗马功劳。

如高频整流用肖特基二极管，高反压大功率三极管，经过艰苦工作，终于得到价廉质好的产品；

试制出来的法拉级的电容，更具有极重要的意义，除使电源水平提高外，又可有选择的代替了电池，这种先进水平的器件填补了我国的空白，可能会使小功率稳压电源得到飞跃的改进。

为开关电源而专门制作的具有恒磁片的磁心在798厂等单位已经试成，经过试用，证明其性能不亚于国外同类产品，由于这种磁心的试成，大大改善了开关电源的特性，使线路工作得到简化，如售价进一步下降，将促进开关电源得到普及。这在我国能源短缺的情况下是为四化立下大功的好事。

此外，VMOS电路，集成电源块等等器件的试制和生产，将使电源大大提高可靠性并缩小体积；元、器件是电源的基础，五年来电源技术的迅速发展和元器件工作者的努力是分不开的。

随着空间技术的发展，物理、化学能、太阳能、风能等转成电源的研究，已达到实用阶段，并逐步得到了推广，它是电源中极有前途的佼佼者，如果将太阳、水、核等等能量转成电能的效率提高，那么，我国的电网的不稳，电能的供不应求的状态就会得到真正的改善，四化就有了坚实的基础。

随着空间技术的发展应运而生的逆变技术是使电源技术向新领域前进的梯石，它将方波叠加成正弦，而且可使失真度极小，这种技术很有现实意义：消除纹波和波形叠加的设计法是促进电源前进的基础。

总之，电源技术在当今的情况下，从甚低频到超高频技术，从线性放大到大电流的脉冲技术，从抗干扰到可靠性，从一般电路程式到崭新的思考方式，从微安到几千安，从一般常用电子器件到它特有的器件……，它跨过的领域是很宽广的，应该承认这样的事实。它的技术难度愈来愈大。为了把我国的有限能源充分利用到建设四化的各项需要中去，对电源工作者而言，真是任重而道远。

为了使电源技术博采各国之长，我们愿与东西方的国家、民间学术团体切磋学艺，互补长短，以促进整个科学技术的发展。我们尤其希望和一衣带水的日本朋友进行学术交流。

试论现代直流稳压电源的一些特点

马 传 添

本文所要讨论的直流稳压电源是指电子设备用的直流稳压器一类。这一类直流稳压电源是电子设备的一个重要组成部分。根据稳压的方式可归纳为三大类：线性电源、铁磁谐振电源和开关电源。根据直流稳压电源的历史，本文提出以普遍使用电子管的电子管稳压器作为第一代的直流稳压电源。第二代直流稳压电源的特征是使用半导体三极管、二极管和集成化技术，以晶体管串联稳压器为其主要代表。第三代是新型的开关电源，主要使用了高频开关变换技术和较大规模的集成化技术。晶体管串联稳压电源和开关式直流稳压电源使用最为广泛，是现代直流稳压电源的主流，下面着重讨论它们的一些发展特点。

一、晶体管串联式直流稳压电源

众所周知，晶体管串联式直流稳压电源工作在线性放大状态，因而具有反应迅速，电压稳定度和负载稳定度高，输出纹波电压小，噪声小。一句话，电性能好。这是第一点。

第二、电路技术成熟。其控制电路所用的元件数少。对调整管的开关特性，滤波器的高频性能等无特别要求。因而设计、生产、维修都比较容易。一般成本亦低廉。

第三、可靠性高。

因此，虽然开关式直流稳压电源发展极为迅速，它还是不能取代串联式直流稳压电源。特别是在一些功率小而电性能要求又高的场合更是如此。串联式直流稳压电源还将继续得到应用和发展。当前的发展特点如下。

（一）降低调整管上的压降提高效率

串联式稳压电源的严重缺点是效率低。要提高效率就必须降低调整管上的压降，减少在调整管上的损耗。

（1）PNP和NPN晶体管互补法

串联式稳压电源输出电流较大时，通常调整管都要接成共集电极的达林顿组合管。由图 1（a）可知共集电极组合管的集—射极间的电压为

$$U_{ce} = U_{ce4} + U_{be3} + U_{be2} + U_{be1} \quad (1)$$

组合管的电流放大倍数为

$$\beta = \beta_1 \beta_2 \beta_3 \beta_4 \quad (2)$$

但采用图 1（b）所示的PNP和NPN晶体管互补连接则

$$\begin{aligned} U'_{ce} &= U'_{ce2} + U'_{be1} \\ &= U'_{ce3} + U'_{be2} \\ &= U'_{ce4} + U'_{be3} \end{aligned} \quad (3)$$

$$\beta' = \beta'_1 \beta'_2 \beta'_3 \quad (4)$$

假定所用晶体管的电参数相同，那么由（1）—（4）式可明显看出，在保持电流放大

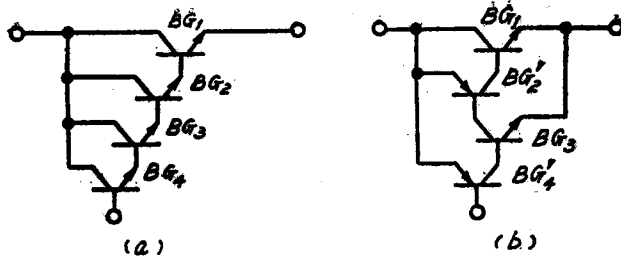


图 1 (a)一般的共集电极型式(b)互补型式

倍数相等的情况下，互补连接的组合调整管的集—射极压降减少了，因而电源的效率得到提高。

(2) 偏置法

如图 1 (a) 所示，一般共集电极组合管中 BG_1 的最小压降为

$$U_{ce\min} = U_{be1} + U_{be2} + U_{be3} + U_{ces4}$$

当输出电流为 I_0 时，则调整管 BG_1 上的最小功耗为

$$P_{c\min} = I_0 (U_{be1} + U_{be2} + U_{be3} + U_{ces4}) \quad (5)$$

采用偏置连接法，如图 2 所示调整管 BG_1 上的最小压降为

$$U_{ce\min} = U_{ces1}$$

输出电流同样为 I_0 时，调整管 BG_1 上的最小功耗为

$$P_{c\min} = I_0 U_{ces1} \quad (6)$$

由 (5)、(6) 式可以看出，偏置法可有效地提高电源效率。

(3) 开关稳压器作前置予调节

在输入—输出电压差比较大，输出电流亦比较大的场合采用开关稳压器作串联式稳压器的前置予调节亦是提高电源效率的有效方法。如图 3 所示，用开关稳压器来使串联调整管上的压降 U_{ce} 保持在低值状态。开关稳压器可以是晶体管的，亦可以是可控硅的、磁放大器的。可控硅或磁放大器开关予调方式还可以设置在电源变压器的原边。

(二) 集成稳压器大量发展

国际上生产集成稳压器的厂家很多，产量大，应用广泛。主要有半导体单片式集成稳压器和混合式集成稳压器两大类。它们的电路型式、封装、电压及电流的规格都是多种多样的。

集成稳压器可分为定电压的，可调的，跟踪的和浮动的。但是不管那一种型式，它们通常都由基准电压源，比较放大器，调整元件即功率晶体三极管和某种型式的限流电路组成。

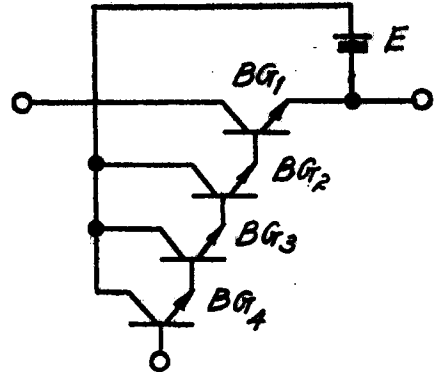


图 2 偏置连接法原理图

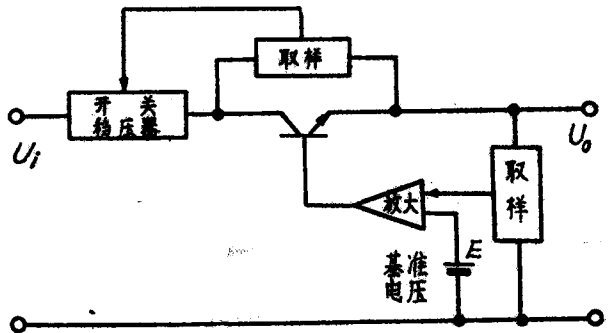


图 3 开关稳压器作前置予调节原理图

有些集成稳压器内部还有逻辑关闭电路和热截止电路。

国内自1974年前后开始制造集成稳压器。现在已有数十种型号。其中有输出电压可调的,如单片集成稳压器5G14,混合集成稳压器WB724是国产有代表性的产品。此外还有一些三端子定压式,四端子定压式的集成稳压器。

集成稳压器与由分立元件组成的稳压器相比较,集成稳压器的优点非常明显,成本低,体积小,使用方便,性能好,可靠性高。因此国内应积极发展集成稳压器,以满足广泛的需要。

(三) 采用恒流网络(恒流源)

采用恒流网络是目前串联稳压电源的又一特点。采用恒流网络可以有效地提高电源的稳定性。集成稳压器中普遍采用了恒流网络。分立元件组成的串联稳压器亦愈来愈多地运用恒流技术。使用晶体管、场效应管和恒流二极管等元件可以实现恒流。恒流二极管在分立元件的串联稳压电源中使用更为方便。

二、开关式直流稳压电源

开关式直流稳压电源系指其功率调整元件以“开”、“关”方式工作的一种直流稳压电源。四十年代发展起来的磁放大器开关式直流稳压电源是利用铁芯的“饱和”、“非饱和”两种状态进行“开”、“关”控制,那是一种低频磁放大器。五十年代后期到六十年代一度盛行可控硅相控整流方式的直流稳压电源亦属于开关式直流稳压电源。六十年代初开始迅速发展了高频开关功率变换技术,这主要是指变换器方式的高频开关式直流稳压电源,七十年代中期掀起了发展这种电源的高潮。当前开关电源发展的特点是什么呢?

(一) 无工频变压器化

省掉工频电源变压器而采用直接从电网整流输入方式是开关电源减少体积和重量的一个重要措施。无工频变压器化已经成为当代先进开关电源的一个特点。无工频变压器的开关电源与各种有工频变压器的直流稳压电源相比,其突出优点是体积小、重量轻、效率高,还可以节约铜材和硅钢片,节约电力降低运转费用。

开关电源的电路型式已经多种多样了。就调制方式而言有脉宽调制型、频率调制型、混合调制型,其中脉宽调制型占绝大多数。就采用的开关元件而言有晶体管的、可控硅的、磁放大器的,其中晶体管开关电源占绝大多数。按变换器的型式来讲单端变换器的有正激式和反激式,双端变换器的有推挽式、半桥式和全桥式等。

(1) 单端变换器开关电源

单端变换器开关电源对磁芯的BH曲线的利用是单方面的,磁芯的利用率低,一般认为适宜于作小功率输出。为了扩大输出功率,发展了功率叠加技术,即用一个控制电路去控制二个或二个以上单端变换器主回路,而使输出功率成倍增加。实现功率叠加时,各主回路可以同时导通、截止,亦可以使各主回路轮流导通、截止,在实现功率叠加的同时,使电源的工作频率倍增,缩减滤波器的体积和重量,降低纹波电压。图4示出晶体管双正激变换电路,其中两个正激变换器并联工作, BG_1 与 BG_2 的导通角相差 180° ,输出功率为单个正激变换器的两倍,输出纹波电压的频率加倍。

为了缩小单端反激变换器方式开关电源中变换器磁芯的体积,可以在铁氧体磁芯中加入一恒磁薄片,扩大磁感应增量(ΔB)的范围。

(2) 双端变换器开关电源

双端变换器开关电源，这里主要是指半桥式、推挽式和全桥式变换器开关电源。

半桥式电路里的四个桥臂由两个高压开关晶体管 and 两个电容器构成。高压晶体管承受的电压等于输入的直流电源电压，对开关晶体管的反压要求比较低，这是这种电路的一个特点。另一个特点是具有抗不平衡的能力。这两个特点使得半桥式电路在中等功率（500W 左右）输出场合中广泛使用。

全桥式电路由四个高压开关晶体管组成四个桥臂。可以输出的功率大，可达1000W 以上。高压开关晶体管承受的电压为输入的直流电源电压，但控制电路复杂。

在推挽式电路里的高压开关晶体管要承受两倍的输入直流电源电压。对于同样的输出功率而言，流过高压开关晶体管的电流比流过半桥式高压晶体管的电流要小一倍。这样就可以利用为电视机配套的价廉的高反压晶体管来获得中等功率输出。全桥式和推挽式电路需要采取一些抗不平衡措施。

近年来还出现了一种完全无变压器的开关电源，即连高频变压器都不需要了。这种电源的最大特点是体积还可以比现在的无工频变压器开关电源小得多，而且没有绕制的变压器这一类器件，可以用集成电路工艺制作。据估计以集成电路工艺制作的无变压器开关电源，其单位体积的输出功率可达800—2000瓦/立方分米，其单位重量的输出功率可达500—2000瓦/公斤，即比现在的无工频变压器开关电源提高10—30倍以上。

（二）开关频率高频化

现代开关电源的又一个显著特点是开关频率不断提高，或者称之为高频化。不管是晶体管开关电源、可控硅开关电源还是磁放大器开关电源都是向高频化方向发展。

当前国内外的开关电源产品大多是20KHz的。最近几年以来功率 V—MOS 场效应晶体管的出现，开关电源工作频率即将取得新的突破。开关频率可以提高到200—600KHz，在小功率开关电源的设计中有可能达到兆赫范围。这样，高频变压器和滤波器的体积和重量将大大缩减，开关电源的瞬态性能将得到显著改进。

（三）控制电路集成化

初期开关电源的控制电路是用分立元件构成的。这样，电路设计复杂，调试维修麻烦，影响开关电源的推广应用。为了适应开关电源的迅速发展，国际上几家著名的半导体公司都研制成功了集成化的开关电源控制电路，而且功能愈加完善。如，摩托罗拉公司的 MC3421，Silicon General 公司的 SG1526，Ferranti 公司的 ZN1066，Signetic 的 NE/SE5560 等等。

开关电源控制电路集成化，大大简化了开关电源的设计，提高了开关电源的电性能和可靠性，而且还缩小体积、降低成本。因此国内应该进一步积极开展开关电源控制电路集成化

（转下页）

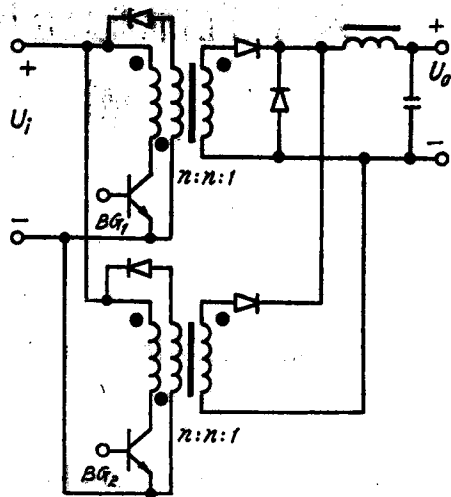


图4 双正激开关电源电路原理图

关于直流稳压电源瞬态脉冲干扰的 测量方法

林 色 蔼

内 容 提 要

本文介绍用电表直读方法测量不规则非周期的随机瞬态脉冲干扰的方法及测量原理。

一、概 述

在日益广泛使用直流稳压电源中,对电源技术性能要求越来越高,而相应的需要测量方法也越来越严格。特别是进入电子技术的今天,对电源干扰问题已经成为电源技术的新课题。过去对电源干扰问题的描述方法通常惯用纹波概念来表示,但用纹波这一术语,只是说明在某一特定的时间内干扰量的平均值,并不能反映出更细致的瞬态过程,而这些瞬态脉冲干扰是不规则的随机现象,在许多场合下只能用示波器来监测,这种方法存在着许多缺陷,

(1) 测量精度很低。靠示波器的一闪即逝的光迹读取其值,既不可靠,又不精确,手续繁杂,设备庞大。(2) 观测随机信号费时费力,往往会遗漏。(3) 对尖峰很短暂的干扰,由于其能量的微弱不能在荧光屏上激发光迹,至使测量无法进行。

为了克服上面的不足,我们利用运算放大器某些特点,把瞬态脉冲的峰值变为一个保持时间较长的直流电平,用电表指示方式直接读取,若加上适宜的记录装置,可以进行连续的测量,万无一失地把所有瞬态干扰的峰值测量出来,其精度可达5%。

(接上页)

的研制工作。

(四) 主要元器件高频化

为适应开关电源迅速发展的需要,开关电源所用的主要元器件的发展亦很快,其主要目标是高频化。

开关电源中的开关元件—功率晶体管、可控硅和磁放大器用的磁性材料都在提高开关工作频率方面取得了成绩。但最引人注目的是功率V—MOS场效应晶体管的出现,它不仅开关频率可达200—500KHz,甚致兆赫范围,而且开关特性好,所需驱动功率小,不存在二次击穿,能防止热奔等特殊优点。

输出整流二极管。大电流肖特基势垒二极管的出现大大地改善了低电压如5V、2V大电流开关电源的整流效率。它具有开关速度快、反向恢复时间短、正向压降低等优点。近期出现的Pin二极管和快恢复二极管亦是比较好的整流二极管。

滤波电容器和高频变压器中的磁芯等开关电源中的重要元器件亦都在材料选择、结构工艺诸方面进行研制,以适应开关电源高频化的要求。

参考文献(从略)

二、工作原理

峰值检波器

由图 2—1 可见, 它由放大器 A 与二极管 D_1 组成电压跟随器, 我们由运算放大器的性质可知:

$$V_N = V_P = V_i$$

$$\therefore V_O = V_i$$

由此可见, 输出电压 $V_O = V_i$ (输入电压) 如果有办法能保持 V_O 的输出值保持一个比较长的时间便能用电压表进行直接读取, 可得到一个峰值检波器。

问题的实质是如何保持 V_O 。在一个较长的时间而能把它测量出来, 保持的方法可以在输出端接一个电容 C 使它充电到 V_O 。但如果直接把电压表 V 接到 V_O 输出端, 由于电压表的内阻 R_i 把 C 上的电荷泄放掉, 而 V_O 便不能保持原值, 而放电的速度与 R_i 、 C 成反比, 要求放电时间常数比较大, 要求 R_i 与 C 很大, R_i 不可能很大, 而 C 也不可取很大, 如果 C 太大, 由于运算放大器 A 的充电电流不可能无穷大, 对很窄的尖峰脉冲不可能在短时间内充至尖峰脉冲的峰值, 从而形成测量误差。为此, 不可能用电压表直接读取。

利用运算放大器具有高输入阻抗 $R_i = \infty$, 也即 $I_b = 0$ 的特点, 在电压跟随器 A_1 与电表之间加入一个 A_2 作为缓冲级, 就能得到良好的峰值保持能力。如图 2—2 所示。

它的工作原理是由 A_1 、 D_1 、 D_2 、 C 组成一个电压跟随器, 只要 U_i 输入一个尖峰信号, 由于 C 可取得比较小, C 便很快充电 $V_c = V_{iP-P}$, 当 V_i 的尖峰过后 V_i 下降为零值, V_{o1} 也立即变为零电平, 可是 $V_c > 0$, 故 D_2 反向截止。由于 D_2 选取 2CK14, 其反向漏电流 $I_R < 0.01nA$, 可以认为是不可泄放电流的, 因此 C 的电荷不可能从 D_2 泄放而能保持 $V_c = V_{iP-P}$ 。同时

由于 A_2 是高输入阻抗运算放大器 $I_b = 0$, 故 C 上的电荷也不可能从 A_2 输入端泄放, 故此只要选取 D_2 反向漏电流小, A_2 输入阻抗高, C 的品质因数好的元件, 得到保持能力好的测量电路。

其工作过程简述如下:

由图 2—2 可见, 当尖峰脉冲加入到 A_1 的同相输入端, 因 A_1 的跟随作用 $V_c = V_{iP-P}$, 同理 $V_{o2} = V_c = V_{iP-P}$, 尖峰脉冲过后, $V_i = 0$, 则 $V_{o1} = 0$

$$V_c = V_{iP-P}$$

D_2 反向截止, C 没有放电电路。

$V_{o2} = V_c = V_{iP-P}$ 保持不变。

V_{o2} 的电压值可用电压表 V 直接指示。如果输入端继续输入一个尖峰脉冲, $V'_{iP-P} > V_{iP-P}$, 则输出端电压表指示为, $V'_{o2} = V'_{iP-P}$ 为干扰的最大峰值。

V_{o2} 的保持时间的能力主要决定于 V_c 的电压保持能力。问题前面已经讨论过, V_c 的电压维持主要决定于放大器 A_2 的 I_b 的大小, D_2 的反向漏电流 I_R 以及电容 C 的本身漏电电流 I_s 。

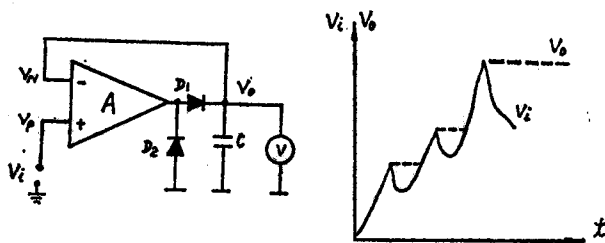


图 2—1

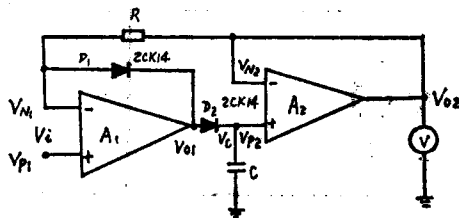


图 2—2

如果 $I_o = I_R = I_S = 0$ 。图 2—2 电路便成为一个理想的电压保持器。

需要测量负向瞬态脉冲干扰，可以把图 2—2 中的 D_1 、 D_2 反向连接，便成为一个负向脉冲干扰测量电路，其工作原理和正向测量电路相同。

图 2—2 电路测量精度主要决定于 A_1 的转换速率 $Sr = \left| \frac{dv_o}{dt} \right|_{\max}$ ，在理想的情况下， $Sr \rightarrow \infty$ ，也即对任何尖峰脉冲干扰加入到放大器 A_1 时，其输出端便能立刻上升到尖峰值，如果 $Sr \neq \infty$ ，则由于 A_1 的惯性而产生误差，如图 2—3 所示。

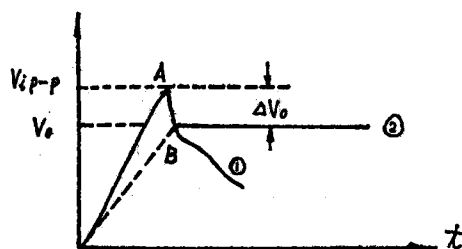


图 2—3

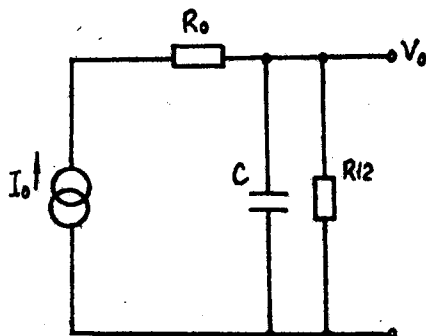


图 2—4

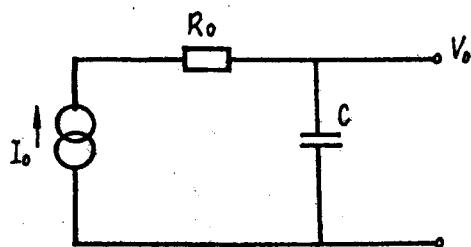


图 2—5

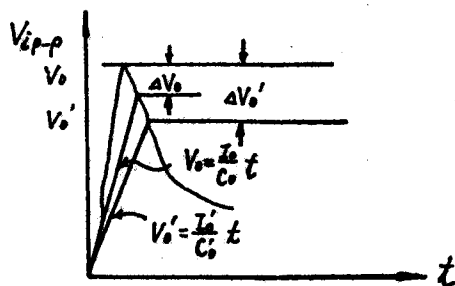


图 2—6

由图 2—3 可见，曲线①为干扰信号，曲线②为 A_1 的输出信号。由图可见，由于 A_1 本身存在一个转换速率 Sr ，当干扰信号已经达到峰值时， A_1 的输出才达到 B 点， V_o 。显然产生一个误差， $\Delta V = V_{ip-p} - V_o$ 。转换速率的单位是伏/微秒 ($V/\mu S$)。

此外，测量误差除和 Sr 有关外，还和 A_1 的输出电流 I_o 、输出电阻 R_o 和电容 C 有关系。其等效电路如图 2—4 所示。

其中 R_o 为 A_1 的输出电阻

R_{i2} 为 A_2 的输入阻抗

I_o 为 A_1 的最大输出电流

由于 A_2 的输入阻抗很大 $\rightarrow \infty$ ，故可以忽略不计，如图 2—5 所示。

由图 2—5 可见。

$$V_o = V_c = \frac{1}{C} \int_0^t I_o dt = \frac{I_o t}{C} \quad (2-1)$$

由 (2—1) 式可见， V_o 的上升速率与 I_o 成正比，与 C 成反比，为了得到很高的上升速