

第 七 届
全国电源技术年会论文集

中 国 电 源 学 会

一 九 八 六 · 长 沙

敬告读者

《全国电源技术年会论文集》的发行，我们已向全国各有关单位进行广泛的征订，但由于掌握的单位毕竟有限，全国有许多单位（及个人）很想订阅但又收不到我们的征订单而未能订阅，远远不能满足需要；值此，借《第七届全国电源技术年会论文集》出版的机会，敬告各有关单位和个人，欢迎大家积极订阅。

《第七届全国电源技术年会论文集》单位订阅每册收成本费10.50元，个人订阅每本7.00元，包括邮费在内。

《第六届全国电源技术年会论文集》还有少量存余，优惠价：单位订阅，每本7.00元，个人订阅每本5.00元。欢迎单位和个人来信联系。

联系人：天津市五十八信箱 李振江

中国电源学会编辑委员会

一九八八年一月

前言

中国电源学会第七届年会于1986年11月在长沙市召开，共收论文120余篇，正式代表250名。

理事长何金茂教授主持了本届年会的开幕式，出席开幕式的有湖南省科委主任毛泽普、湖南省科协付主席李海珍、湖南省电子工业局局长陈家驹、长沙市科协付主席李香乔。

长沙市人民无线电厂给予本届年会以财政支持，长沙电子研究所为年会提供交通等物质保证。长沙市人民无线电厂厂长郭琳琦和湖南省电子学会电源专业委员会秘书李裕炎对会务做了出色的贡献。本届年会还得到下列单位的赞助：长沙电子仪器三厂、长沙市电子学会、江苏靖江整流器厂、广东顺德无线电一厂、衡阳晶体管厂、上海科艺光学仪器厂（注：将团体会员也列入赞助单位）等。

本届年会所发表的论文，经编辑委员会审定，推荐论文42篇，摘要57篇选入“第七届全国电源技术年会论文集”。全国电源技术年会论文集由中国电源学会《全国电源技术年会文集》编辑委员会编辑、出版，任何部门和个人不准私自编印。

国家海洋局海洋技术研究所、天津电源技术研究会论文集的出版给予多方面的支持，特此致谢。

《全国电源技术年会论文集》编辑委员会

目 录

论 文 部 分

1	对电源技术发展的展望	马传添	(10)
2	准共振开关电源	方资端	(60)
3	开关电源设计考虑	石若航	(14)
4	高频化开关电源的平均模型及系统分析	张侠华	(19)
5	多路输出的库克变换器零开关纹波条件	侯振程 李再华	(34)
6	具有磁饱和电感脉宽调制逆变电路的分析与设计	许雪生	(38)
7	开关型恒功率电源	李春寄	(46)
8	国内开关电源生产情况调查报告	庄蓄田	(50)
9	串联开关稳压电源的稳定性设计	李正贤	(54)
10	使用单一高频开关的高效PWM桥式逆变器	马 虹	(59)
11	开关电源的标准化	林周布	(63)
12	开关式稳压电源的电流型控制原理	郭胜利	(70)
13	脉冲调制开关信号流图法	马科悦 黄是鹏	(79)
14	微机控制组合绕组交流稳压器 (MCA)	倪本来 王志城 朱 晨	(89)
15	利用微处理器实现多点跟踪式稳定控制	朱 晨	(95)
16	采用电子辐照技术的高反应功率开关晶体管	张秀森 贺国根 鲁 度	(100)
17	电流温度系数可调恒流管及其在稳定电源中的应用	竺树声 吴荣权 袁贞丰 吴晓波 陈连子	(104)
18	电路系统电磁干扰及其抑制	马荣昌	(109)
19	程控电压源的原理及实现方法	詹宏英	(118)
20	具有调整管管压降钳位的可调串联稳流电源	潘荣皋 唐瑞珠	(124)
21	高压电源的迅速保护电路及应用	林色嵩 王志诚	(130)
22	家用电器的逆变器电源设计	袁伯成	(136)
23	移动电源用半导体磁性电压调节器	蔡宣三	(140)
24	变速恒频航空电源发电状态闭环系统模型	丁道宏	(149)
25	P 型电路和P 型反馈稳压器	潘 森	(159)
26	稳压变压器抗扰特性的测试方法	顾亚铨	(169)
27	沟道区不均匀分布杂质浓度的等效因子	李中江 段力军	(173)
28	V V V F 逆变器启动	郭贵宣	(180)
29	微机系统的断电保护	刘野平	(188)

30	一种新型的电镀电源—金属电刷镀电源	关士杰 金炽家 侯守琴 黄叔莹	(194)
31	输出电压可调的开关电源	张志国	(200)
32	电力系统微机保护用多路输出直流电源	甘克启	(210)
33	控制可控硅导通实现的1.3KW直流稳压电源	詹复刚	(218)
34	多功能稳定电源的设计方法	倪诗镖 刘振升 吴景华	(222)
35	电源传导干扰及检测	孙嵩元	(228)
36	不停电电源(UPS)各部容量的估算	关力更	(233)
37	研制航空静止变流器中的几个问题	赵修科	(238)
38	真正的不停电交流电源	李家训 张 蕴	(243)
39	单片机控制的新型UPS系统	吴茂杉 张 黎	(251)
40	镍镉蓄电池的高速充电技术及装置	叶治政 高化民	(259)
41	高稳定度大功率直流稳压电源	龚树仁	(264)
42	电源系统可靠性估计	周祖明	(269)

摘 要 部 分

148	调频变换型大功率直流电源	倪建农	(272)
202	具有0.3PPm/°C漂移的集成电压基准 SW199/299/399	陈 珮	(272)
388	电源变换器PWM集成控制电路的应用	夏定飞 赵京生	(273)
407	陀螺马达用恒功率电源	陈伯森	(273)
507	准方波脉冲宽度调制逆变电源	窦念守	(274)
622	不间断电源(UPS)中的混合型转换开关	冷增祥	(274)
736	单端反激式开关电源稳压性能分析	耿生民	(275)
8001	4300Hz、2.0KW可控硅调压稳压电源	张志樵 姚庆州	(276)
9	微功耗电压电流调节器	刘复民	(276)
10401	多路输出小功率开关电源	齐小琴 巩玉荣	(277)
11001	发射机强放电源	程柏年	(278)
1211	一种新型的开关电源主回路——半桥降压式电路	曹文领	(278)
1321	采用VMOS管的150KHz小型直流开关稳压电源	寇祖祯	(279)
14081	对单相全波整流变压器功率的探讨	姚德明	(280)
1531	脉冲电镀电源	林播芳	(280)
1641	微型计算机实用不间断电源	周洪宇 原金升 李智英	(281)
17041	几种用于气体激光器的高压恒流电源特性分析	朱晓义 赵修彦	(282)
1821	开关电源集成电路及其应用	黄泳新	(283)
1931	低压直流荧光灯电路设计	董 良 康守祯	(283)
2071	低压双电源自动切换盘	张孟魁	(284)
2181	光缆通信的远供系统电源	孙孟大	(286)
2281	交流电源的隔离技术	张乃国	(286)

23	UPS 转换技术.....	徐志彪	(287)
24	单片机在高精度稳流电源中的应用.....	徐宝玉	(288)
25	电源中两个互感不同的电感系统的应用.....	屈延良	(289)
26	V—MOS 大功率逆变器.....	刘如义	(290)
27	开关电源输出稳定指标分析.....	诸云龙	(290)
28	120MHz、100W 射频电源的石英晶体振荡器.....	滕学顺 胡砚田	(291)
29	小型高效双脉冲电源.....	滕学顺 刘培荣	(292)
30	低干扰高效开关电源的研究.....	黄勤	(292)
31	安培级恒流管在氙灯电源中的应用.....	范雅俊 吕品桢 胡志宏	(293)
32	低功耗线性稳压电源.....	潘玉泉	(293)
33	关于“浮桥变换器”电路设计的几点改进.....	沈从真	(295)
34	5 伏150安开关电源.....	金永福	(295)
35	PWM 型开关电源.....	詹买金	(296)
36	SPD—600 型射频电源及其在工业中应用.....	李华胜	(297)
37	优质金属磁蕊商品的高频特性.....	石松耀	(297)
38	高精度、高可靠大功率电源.....	姚善宝	(298)
39	电源变压器和脉冲变压器用非晶材料及应用.....	李有良	(299)
40	X1525、X1527 集成脉宽调制器.....	龙绍周	(300)
41	不停电电源中两逆变器并联供电.....	丁和生	(300)
42	利用氧化锌压敏电阻对直流电压进行监控.....	胡宝瑞	(301)
43	栅控行波管放大供电系统.....	孙文涛	(302)
44	序列幅度调制正弦波逆变器.....	江惠康	(303)
45	三相复式电源.....	王景龙	(304)
46	电源的磁场屏蔽.....	郭继笃	(305)
47	全自动三端交流不停电电源.....	罗忠省	(305)
48	升压式稳压器.....	赵纯华	(306)
49	新型 UPS 系统研制工作初探.....	吴茂杉	(306)
50	稳压、恒流、恒功率开关电源.....	田得露	(307)
51	一种新型的放映灯开关电源.....	宁仁贵	(308)
52	彩色电视逆变电源.....	王全兴 李光金	(308)
53	微光象增强器用小型高压电源.....	童万芊	(309)
54	分部调整式交流稳压器.....	王其英	(310)
55	集成稳压器在实际应用中的一些问题及解决方法.....	邢美玲	(310)
56	交流电源自动供电系统.....	彭心镜	(311)
57	双变压器双晶体管 DC—DC 变换器的研讨.....	彭心镜	(312)

(158)	沈志新	.....	UP2 变频器	23
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	24
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	25
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	26
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	27
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	28
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	29
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	30
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	31
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	32
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	33
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	34
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	35
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	36
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	37
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	38
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	39
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	40
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	41
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	42
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	43
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	44
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	45
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	46
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	47
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	48
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	49
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	50
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	51
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	52
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	53
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	54
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	55
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	56
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	57
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	58
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	59
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	60
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	61
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	62
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	63
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	64
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	65
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	66
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	67
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	68
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	69
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	70
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	71
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	72
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	73
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	74
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	75
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	76
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	77
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	78
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	79
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	80
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	81
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	82
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	83
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	84
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	85
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	86
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	87
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	88
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	89
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	90
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	91
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	92
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	93
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	94
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	95
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	96
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	97
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	98
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	99
(188)	王定海	.....	单相交流电动机调速器	100

文集赞助单位、团体会员单位简介 (产品介绍)

1	上海沪光仪器厂产品介绍	(314)
2	扬州整流器厂简介及产品介绍	(315)
3	宁波东风无线电厂产品介绍	(316)
4	杭州半导体厂产品介绍	(317)
5	JWJH系列精密直流稳压电源简介	四川仪表三厂 (318)
6	苏州电子自动控制设备厂产品介绍	(320)
7	广东省顺德县无线电一厂简介及产品介绍	(321)
8	温州电器厂电源产品介绍	(322)
9	电子工业部第二十七研究所简介	(323)
10	西南电子(蛇口)有限公司简介	(324)
11	广东省罗定县地方国营无线电厂简介	(225)
12	哈尔滨晶体管厂产品介绍	(326)
13	江苏省泰兴县电子仪器厂概况及产品介绍	(328)
14	济南半导体总厂简介及产品介绍	(330)
15	湖南省衡阳晶体管厂产品介绍	(332)
(104)	沈景王	.....
(105)	沈景王	.....
(106)	沈景王	.....
(107)	沈景王	.....
(108)	沈景王	.....
(109)	沈景王	.....
(110)	沈景王	.....
(111)	沈景王	.....
(112)	沈景王	.....
(113)	沈景王	.....
(114)	沈景王	.....
(115)	沈景王	.....
(116)	沈景王	.....
(117)	沈景王	.....
(118)	沈景王	.....
(119)	沈景王	.....
(120)	沈景王	.....
(121)	沈景王	.....
(122)	沈景王	.....
(123)	沈景王	.....
(124)	沈景王	.....
(125)	沈景王	.....
(126)	沈景王	.....
(127)	沈景王	.....
(128)	沈景王	.....
(129)	沈景王	.....
(130)	沈景王	.....
(131)	沈景王	.....
(132)	沈景王	.....
(133)	沈景王	.....
(134)	沈景王	.....
(135)	沈景王	.....
(136)	沈景王	.....
(137)	沈景王	.....
(138)	沈景王	.....
(139)	沈景王	.....
(140)	沈景王	.....
(141)	沈景王	.....
(142)	沈景王	.....
(143)	沈景王	.....
(144)	沈景王	.....
(145)	沈景王	.....
(146)	沈景王	.....
(147)	沈景王	.....
(148)	沈景王	.....
(149)	沈景王	.....
(150)	沈景王	.....
(151)	沈景王	.....
(152)	沈景王	.....
(153)	沈景王	.....
(154)	沈景王	.....
(155)	沈景王	.....
(156)	沈景王	.....
(157)	沈景王	.....
(158)	沈景王	.....
(159)	沈景王	.....
(160)	沈景王	.....
(161)	沈景王	.....
(162)	沈景王	.....
(163)	沈景王	.....
(164)	沈景王	.....
(165)	沈景王	.....
(166)	沈景王	.....
(167)	沈景王	.....
(168)	沈景王	.....
(169)	沈景王	.....
(170)	沈景王	.....
(171)	沈景王	.....
(172)	沈景王	.....
(173)	沈景王	.....
(174)	沈景王	.....
(175)	沈景王	.....
(176)	沈景王	.....
(177)	沈景王	.....
(178)	沈景王	.....
(179)	沈景王	.....
(180)	沈景王	.....
(181)	沈景王	.....
(182)	沈景王	.....
(183)	沈景王	.....
(184)	沈景王	.....
(185)	沈景王	.....
(186)	沈景王	.....
(187)	沈景王	.....
(188)	沈景王	.....
(189)	沈景王	.....
(190)	沈景王	.....
(191)	沈景王	.....
(192)	沈景王	.....
(193)	沈景王	.....
(194)	沈景王	.....
(195)	沈景王	.....
(196)	沈景王	.....
(197)	沈景王	.....
(198)	沈景王	.....
(199)	沈景王	.....
(200)	沈景王	.....

張由美氏，一

单册个儿几几少百只扣做开晒由, 将那票交来以做开票司升年十六自属申关孔陆刑国集

在我国，科研人员、工程技术人员为了适应四化建设的需要，迅速改变我国电源技术落后的面貌，1978年前后纷纷成立省市一级的电源学术机构，随后又经过大家的共同努力，于1983年8月成立了中国电源学会，自1978年以来已经举办了六届全国电源年会，今年这一次年会已是第七届年会了，我们的每一届年会都可以说是一次盛会，赴会踊跃，热情高涨，年会收到的征文数量亦相当多，第一次年会就有80多篇，此后每届年会收到的征文都在一百篇以上，文章内容相当丰富，涉及电源的各个方面，每一届年会都出版了年会论文集，大家都感到通过举办年会收获很大，在提高我国电源技术界学术水平，促进电源事业的发展方面发挥了巨大的作用。1980年以来，在出版电源技术专著方面亦取得了很大成绩。根据不完全统计，人民邮电出版社就出版了五本，其书名是：《高稳定度电源》、《可控硅电源》、《稳压变压器》、《直流稳压电源的原理与设计》和《晶体管开关稳压电源》。科学出版社出版的有《脉宽调制型开关电源》、《高效能低功耗线性晶体管稳压电源》。国防工业出版社出版的有《晶体管稳压电源》。水利电力出版社出版的有《高性能晶体管直流稳压电源》。中国铁道出版社出版的《交流稳压器》。共计达十一本之多，一改1980年前的局面，那时只有几本译自西方和苏联的译著，中国人自己编著的电源专著实为罕见。人民邮电出版社还出版了一系列电子设备用电源技术普及丛书。这些都清楚地表明了我国电源技术这一专门学科水平的提高，电源事业的进步。而且将对电源技术的发展发挥作用。我国交直流稳定电源的生产亦正在迅速发展，根据不完全的资料估计，初具规模生产交直流电源整机的厂家约有上百家之多（不包括研究所及高等院校），生产的电源品种和数量不断增多，当然，生产和测试

的手段还比较落后，几乎都是靠手工的，必须引起注意，采取有效措施进行技术改造，以达到比较先进的水平。

以下再分几个方面展望电源技术的发展。

一、开关电源

我国研制开关电源自六十年代后期开始以来发展很快。由刚开始时只有少数几个科研单位，到现在已有上百个研究所、工厂和大专院校都在研制或生产开关电源，而且形式多种多样。就变换器的形式来讲有单端正激、单端反激、推挽、半桥和全桥等形式。就采用的开关元件来讲，有晶体管的、可控硅的、功率场效应管的磁放大器的等。就调制方式来讲有脉宽调制型(PWM)、频率调制型(PFM)和混合调制型(PWM、PFM)。就输出功率来讲1980年晶体管开关电源单路输出已达到1300W水平。开关电源已在计算机、广播电视、电子仪器、航天等领域逐步推广应用，根据使用的良好效果，完全有理由展望开关电源将会及到更为广泛的应用。

当前开关电源的发展趋势：

1. 高频化

开关电源工作频率化的主要目标是进一步减轻重量，缩小体积以及改善开关电源的某些性能，如瞬态响应等。现在美日等国已有100—200KHz的开关电源产品，而且亦有不少1MHz的开关电源上市，只是功率较小。国内前几年亦已有自己研制的100—300KHz的开关电源样机。

高频化的基础是开关电源的专用元器件。从总的趋势来讲，开关电源的高频开关功率晶体管、功率场效应管、可控硅元件、整流元件、滤波电容和磁性材料在高频性能方面都取得了很大进展，为开关电源高频化显示了良好的前景。但是作为产品，一定要考虑到成本、可靠性技术难度，因此开关电源高频化碰到了困难，不能操之过急，需要有一个发展的过程。特别是我国国产的开关电源采用元器件的高频性能同国外的先进水平相比，差距比较大，因而高频化的进程就可能更加缓慢。

2. 开关电源控制电路集成化

众所周知，采用分立元件构成控制电路的开关电源外接元器件多，电路设计复杂，调试维修麻烦，而且影响开关电源可靠性及其性能。欧美、日本等集成化的开关电源控制电路品种已经比较多，使用亦相当普遍。国内开关电源集成化控制器品种还很少，早期产品有ST—64、X—36等，我国集成电路标准化委员会的集成稳压器标准化工作组列出的第一批标准系列的开关电源集成化控制器，有CW3420(同M C3420相对应)和CW1524(同SG1524相对应)。国内开关电源集成化控制器生产的品种和数量都很少，价格偏高，尚需大力发展。最近上海交大和上海无线电七厂联合试制成功SW3524(同SG3524相对应)，这是一个好消息。

3. 提高开关电源性能

提高开关电源性能是开关电源发展的一个重要方面。需加强开关电源电路技术方面的研究，以达到减低纹波电压、射频干扰(RFI)、电磁干扰(EMI)、提高可靠性(MTBF)。国内交直流稳定电源产品大都没有给出可靠性(MTBF)的数据，开关电源就更需要开展这方面的研究工作。

4. 寻求新的最佳变换拓扑

提高开关电源的性能,特别是减少RFI/EMI的需要有力地推动着最佳电源变换拓扑的研究。例如,1977年加州理工学院S. Cuk博士提出最佳拓扑DC—DC变换器,现在被称为有名的'CUK变换器',引起广泛的兴趣,美国有不少人对此开展研究工作,并取得了可喜的进展,我国有些单位在这方面做了不少研究工作并制造了某些'CUK变换器'开关电源。

又如L—C谐振型变换器的研究工作亦正在引起人们的关注,它的输出端功率开关元件中流过的电流呈正弦波或准正弦波形,所以转换损耗小,效率高、EMI小。谐振变换器很适用于采用高速可控硅的大功率高压场合,国内已经有40kV变5kW串联谐振变换器电源。

二、线性晶体管稳定电源

虽然线性晶体管稳压电源有效率较低,笨重、体积大等缺点,但它还具有电性能好、可靠性高、成本低及设计、生产维修比较容易等突出优点,因此它将继续得到发展和运用,特别适用于一些功率小、电性能技术指标要求高的场合。其发展方向主要是:

1. 发展集成稳压器

国内生产集成稳压器已有十余年的历史。型号亦有数十种之多。它们的特点是线路形式简单、性能好。适合大量生产,缺点是相互之间不能互换,有些是早期产品。为此全国集成电路标准化委员会的集成稳压电源标准化工作组在分析了国际上大量生产应用的集成稳压器产品及国内现状的基础上于1983年制定了第一批国家标准系列集成稳压器品种。这对我国集成稳压器的生产和应用都是非常有益的。生产集成稳压器的技术已经成熟,品种齐全,性能好使用方便灵活,价格便宜,深受用户欢迎,因此大力发展集成稳压器是一个方向。

2. 降低调整管上的压差,提高电源效率

国内已有不少专著和论文详尽地论述了这个问题,本文限于篇幅不再赘述。

三、交流稳定电源

这一节里讨论的交流稳定电源主要是指工频50赫220伏的交流稳压器和不停电供电电源。交流稳定电源是各种电子仪器设备的重要供电设备,尤其是在电压波动大、频率不甚稳定,有时还停电的情况下更是显得特别重要。例如国内有些重大工程、重大设备由于交流电源不稳定而不能正常运行,不能及时通过验收,不能及时交付使用,可见其影响之大。

在电子仪器设备中,由于其所用的电子元器件的工作电压一般是直流电压。因而普遍需要有专门的直流稳定电源设备。因此从事直流稳定电源研制工作的人员就比较多,相比之下从事交流稳定电源研制工作的人员就少得多,重视不够,对其理论的研究分析更少。

目前不论是欧美、日本,还是我国,都在不断地摸索研制交流稳压器。当前使用的交流稳压器有:铁磁谐振式(包括早期的磁饱和式及近期来开始采用的稳压变压器式)、磁放大器式、可控硅式、带伺服电动机的感应式和自耦变压式、参数变压器式、微机芯片控制的组合式等。其中微机芯片控制改变变压器原边抽头的组合式交流稳压器是一种比较先进的交流稳压器,具有体积小、重量轻、效率高、波形失真小等优点,国内有些单位已掌握了这种技术,可以预计交流稳压器新技术将会得到发展。1985年美国库珀博士(Edward Cooper)在

“Power Line Conditioning”(1986. 6)一文介绍了varitron电源调节器。据称,这种交流稳压器可以消除半波丢失现象,能够滤除来自电网的尖峰干扰,使受“污染”的电压得以净化。

关于不停电供电电源。十几年以前我国就自行设计制造过这种电源,但由于种种原因形成生产能力的品种很少,特别是几十千瓦或功率更大的不停电供电电源设备,几乎都是从国外进口的。我希望国内一些基础和条件较好的单位能有效地把适合我国需要的不停电供电电源设备生产出来,改变依赖进口的局面。我亦希望交流稳定电源专业委员会能注意收集资料,分析国际上比较典型实用的不停电电源中的技术,结合我国的实际情况提出一些方案或可行性报告供有关方面参考,发挥我们学会的作用。随着科学技术的进步,国民经济的发展,以计算机、通信等微电子技术为核心的重要系统将快速增加,在我国电力当前不足、电网不甚稳定的情况下将需要大量大小不等的不停电供电电源,这项工作是有意义的。

四、电源的标准化、可靠性

交直流稳定电源作为工业产品或交直流稳定电源方面的科研成果,通常都必须从电气性能、物理性能、可靠性和环境适应性等方面对其进行测试和评估。为此首先要有一致的、明确的标准,主要包括技术性能目标和测试方法等内容。国际电工委员会有一套电源标准。前几年美国联邦通信委员会(FCC)又制定了关于电子设备电磁干扰和射频干扰(EMI/RFI)的新规定,1981年—1983年是新规定生效的时间。这就迫使开关电源生产厂家一定要精心设计,改进自己的产品,以达到新规定的要求,同时也促进电源学术界去进一步研究减少干扰的新型电路技术。其它国家如西德电气工程师协会(VDE)亦有类似的新规定。

1980年我国第四机械工业部颁布部标准《电子设备用低压直流稳压电源系列》和《电子设备低压直流稳压电源基本参数要求及测量方法》。但是我国还没有一个关于交流稳定电源方面的国家标准或部标准,这对我国交流稳定电源技术的发展是很不利的。同时随着开关电源的迅速发展亦必须及早制定有关电磁干扰和射频干扰方面的标准,为此我建议标准化可靠性专业委员会及早开展这方面的调查研究工作,会同国内有关标准化单位如电子工业部标准化研究所等共同做好这方面的工作,制定有关电源标准的工作对促进我国电源技术事业的发展是很重要的,我们的电源产品只有可靠性高,达到了先进的标准、符合标准化的要求才能更好地打入国际市场,才能有竞争能力。

关于可靠性。电源的可靠性一般采用无故障工作时间MTBF来衡量。平均无故障工作时间MTBF愈长,说明电源的可靠性愈高,它可以实测,也可以进行理论计算。国外有不少厂家已经做到做广告时就提供平均无故障工作时间的数据,开关电源产品多数MTBF为几万小时,有的达到二十多万小时。我们国内开展电源可靠性方面工作的单位还很少。主要是有些问题和困难。例如,电源用元器件是电源整机的物质基础,元器件的可靠性数据不能提供,电源整机的可靠性工作就缺少根据。这就需要多方面相互配合,创造条件来做好可靠性方面的工作。

五、计算机技术在电源技术中的应用

近期以来,计算技术和大规模集成电路技术发展非常迅速,使计算机技术,特别是微型

计算机技术的应用得到了普及。它们在电源技术中的应用具有重要的意义。一块微机芯片体积小,而功能很强,可以代替由成百上千个分立元件组成的多种电源控制电路,可以显著地提高电源的技术性能,增加电源的功能。一块微机芯片,一台微机,一个微机系统可以在电源技术中起重要作用。例如:

1. 以微机芯片为核心控制改变变压器原边抽头的组合型交流稳压器。由于微机芯片功能强,容易实现快速的,多种组合控制,从而使控制电路简化,提高交流稳压器的可靠性和其他技术性能、增加功能。而如果用分立元件或一般的逻辑电路要实现准确、可靠、快速的多种组合控制则是困难的。

2. 微机芯片控制的不停电电源

利用微机芯片具有编程灵活、改变容易的特点,来实现不停电电源的程序控制,以满足其对控制电路的多种功能要求,从而可以大大简化不停电电源控制部分的设计。并提高其可靠性。有些引进的不停电电源已经采用微机芯片来实现控制。据称,其操作比较简单,可靠性高,有自动记录盘并可随时进行记录,运行情况一目了然。还有故障记录、故障诊断功能,可以缩短维修时间。显示了采用微机芯片控制的优越性。

3. 用微机芯片控制的程控式直流稳压电源

用一般的逻辑电路来构成程控式直流稳压电源,显得整个控制电路复杂、繁琐。而利用具有编程灵活的微机芯片来构成程控式直流稳压电源则为简便、功能更强、性能更佳。

4. 微型计算机监控大型电子设备的电源系统

例如,国内某单位研制的以微型计算机为核心的大型计算机电源监控系统比采用普通的逻辑电路构成的监控系统就具有性能/价格比高、体积小、适应性强、可靠性高等优点。特别是微型计算机有记忆信息的功能,这是普通的逻辑电路无法比拟的。这样的监控系统功能很多,为电源投入前的安全检查;多路输出直流电流电压的检测与显示;记录供电历程及断电现场;对风扇及温湿度等进行检测;监视交流输入电压;情况异常时自动报警,必要时自动切断电源,并显示断电的原因等。

5. CAD、CAT技术的应用

通常在直流稳压电源电路设计工作中,一般只作直流指标的近似计算,估算、主要依靠实验来决定,现在国内有的单位采用计算机辅助设计(CAD)技术就可以对不同电路迅速计算出各种性能数据和电路元件的工作点,改变元件数值所引起的变化亦可以迅速而又准确地计算出来,把设计人员从推导繁琐的计算公式和大量的计算工作中解放出来,这就改变了传统的实验分析和手工计算的设计方法,并可以提高电源的技术性能指标,提高电源的可靠性。

国外早已制成含微机芯片的直流稳压电源性能测试设备,配上微机就构成一个完整的自动测试系统。可以自动测试电压稳定度,负载稳定度,纹波电压有效值及峰一峰值,过压保护,过电流保护,电压维持时间等等。

以上只是粗略列举了几个应用的方面。其实计算机技术在电源技术领域的应用是很广泛的,它将对电源技术的发展起重大的作用。

作者简历

1958年毕业于西安交通大学本科。

长期在华东计算技术研究所从事计算机电源的科研工作,任电源研究室主任、工程师。1981年起任付处长。

现任上海市电子学会电源技术专业委员会主任,中国电源学会付理事长兼学术委员会主任。

准共振开关电源

方 资 端

一、前言

随着开关电源工作频率的增加,电源功率—体积比和功率—重量比亦随之增加,而且瞬态响应性能进一步改善。此外,从某种角度去衡量,电源尺寸的减少会导致效率的提高以及在高频下容易解决传导和辐射的射频干扰问题。但是,简单地提高普通脉宽调制开关电源的工作频率并不会获得上述好处。所以如何使开关电源在工作频率提高的同时真正获得体积、重量等方面的改善成为当前开关电源研究工作的重点。

准共振开关电源是在普通串、并联共振开关电源的基础上发展而来。从最近几年电源产品发展状况看来,如果使用功率场效应管做开关器件则按工作频率可粗略地划分一下:固定频率脉宽调制开关电源工作频率大致在 $50\sim 100\text{KC}$;串、并联共振开关电源一般在 $100\sim 500\text{KC}$;而准共振开关电源工作频率可超过 500KC 达 1MC 或更高。尽管由于高频技术发展迅速,上述划分方式已经不贴切了,但是从电路工作原理上分析按这种思路划分仍是有一定道理的。

本文着重从理论上分析准共振开关电源,推导公式和标准化,从而列出设计步骤。最后用Spice程序分析验证。

二、准共振开关电源

半桥输入和全波整流输出方式的准共振开关电源主电路如图1所示,图中 Q_1 、 Q_2 是功率场效应管; D_3 、 D_4 一般可以不用,而实际上 Q_1 和 Q_2 本身包含反向二极管; D_1 、 D_2 在低压输出时一般用肖特基二极管, C 是共振电容; L_F 和 C_F 是滤波电感和电容, R_L 是负载电阻; Q_1 、 Q_2 和 C_1 、 C_2 构成半桥形式。电路主要特点是场效应管 Q_1 或 Q_2 在导通和截止瞬间无损耗,即导通和截止时流过 Q_1 或 Q_2 的电流为零。当等效的共振电感和共振电容固定时, Q_1 或 Q_2 的导通时间固定,只能通过调节 Q_1 和 Q_2 的截止时间来稳定输出电压。应当着重说明的是,电路中共振电感是由高频变压器 T 的原、次级漏感组成,而 T 的漏感大小取决于它本身的磁芯尺寸、线包尺寸和布局、绝缘层厚度等。

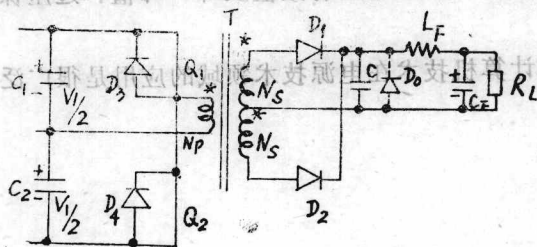


图1 准共振开关电源主电路

1. 存在 D_0 的情况

首先分析图1内存在回旋二极管 D_0 时的情况,然后引伸到无 D_0 的情况。当假定电路无损耗和自然转接条件下,即不考虑损耗和 Q_1 或 Q_2 在电流为零时开关的条件下,可画出图2—1和图2—2的基本等效电路,其中输出滤波器和负载等效为恒流 I_0 (I_0 是输出负载直流电流值); V_s 是变压器次级绕组 N_s 上电压; $L=L_{SL}+L_{PL}/N^2$, $V=V_s-V_D$ 。其

中 L_{PL} —变压器初级漏感, L_{SL} —变压器次级漏感。

图 3 是等效电路图 2—2 中电感电流波形 i_L 和电容 C 上的电压波形 V_C , 现在分时间段列出电路方程。

①分段等效电路

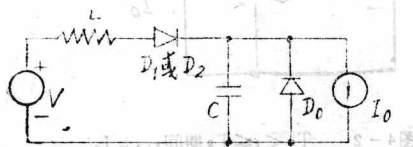


图 2-1 基本的次级等效电路

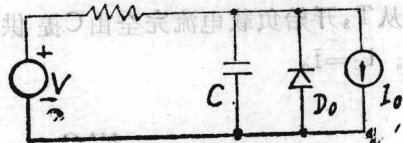


图 2-2 基本的次级等效电路

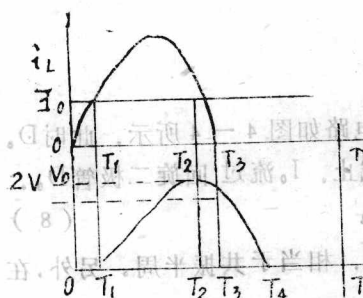


图 3-1 i_L 和 V_C 波形

(a) $0 < t \leq T_1$ 期间

在 $0-T_1$ 时间内的等效电路, 如图 4-1 所示, 此时 D_1 或 D_2 以及 D_0 导通, Q_1 或 Q_2 导通。

$$i_L = \frac{V}{L} t$$

$$t_1 = T_1 - 0 = \frac{LI_0}{V}$$

(b) $T_1 < t \leq T_3$ 期间

在 T_1-T_3 期间等效电路如图 4-2 所示, 此时 D_1 或 D_2 导通, Q_1 或 Q_2 导通, D_0 截止。

i_L 的初始电流 $i_{L0} = I_0$ 则

$$i_L = I_0 + \frac{V}{\sqrt{\frac{L}{C}}} \sin \omega t$$

$$i_C = \frac{V}{\sqrt{\frac{L}{C}}} \sin \omega t$$

$$V_C = V(1 - \cos \omega t)$$

$$t_2 = T_3 - T_1, \sqrt{LC} \left(\pi + \arcsin \frac{I_0 \sqrt{\frac{r}{c}}}{V} \right)$$

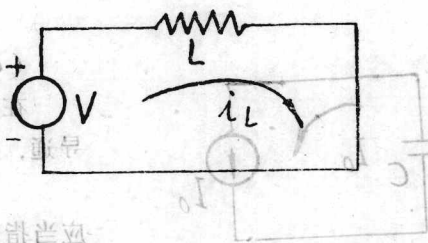
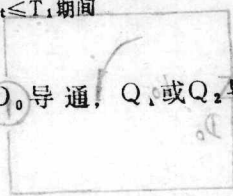


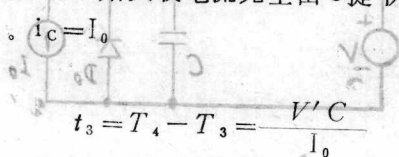
图 4-1 $0 < t \leq T_1$ 期间



其中 $w = \frac{I}{\sqrt{LC}}$

(c) $T_3 < t \leq T_4$ 期间

在 $T_3 - T_4$ 时间内的等效电路如图 4-3 所示, 此时 D_1 、 D_2 、 D_0 截止, Q_1 或 Q_2 截止。 T_3 时刻 $i_L = 0$, 则从 T_3 开始负载电流完全由 C 提供, C 放电电流为 I_0 。 $i_C = I_0$



$$V' = V_C(T_3) = V \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{I_0 \sqrt{V/C}}{V} \right)^2} \right) \quad (6)$$

(d) $T_4 < t \leq T_5$ 期间

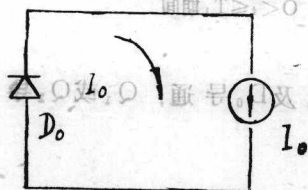
在 $T_4 - T_5$ 期间内的等效电路如图 4-4 所示, 此时 D_0 导通, D_1 或 D_2 以及 Q_1 或 Q_2 截止, I_0 流过 回旋二极管 D_0 。

$$t_4 = T_5 - T_4 \quad (8)$$

应当指出: $T_2 - T_1 = \pi \sqrt{LC}$, 相当于共振半周。另外, 在

图 3-4 $T_3 < t \leq T_4$ 期间 $V_C = V$

$$\frac{\pi}{2} \text{ 时, } V_C(\max) = 2V \quad (9)$$



$$I_C(\max) = I_0 + \frac{V}{\sqrt{LC}} \quad (10)$$

② 方程式

(a) T_{on} —— 在自然转接条件下的 Q_1 或 Q_2 导通时间。

$$T_{on} = t_1 + t_2 = \frac{LI_0}{V} + \sqrt{LC} \left(\pi + \arcsin \frac{I_0 \sqrt{L/C}}{V} \right) \quad (11)$$

(b) T_{min} —— 最小工作周期

$$T_{min} = t_1 + t_2 + t_3 = \frac{LI_0}{V} + \sqrt{LC} \left(\pi + \arcsin \frac{I_0 \sqrt{L/C}}{V} + \frac{V'C}{I_0} \right) \quad (12)$$

(c) V_o —— 平均输出电压

$$V_o = \frac{1}{TS} \int_0^{Ts} V dt = \frac{1}{ts} \left[\frac{CV'^2}{2I_0} + V\sqrt{LC} \left(\pi + \arcsin \frac{I_0 \sqrt{L/C}}{V} \right) + I_0 L \right] \quad (13)$$

其中: $TS = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$

(14)

$$(d) V_o(max) = \frac{1}{T_{min}} \int_0^{T_{min}} V dt = \frac{CV'^2}{2I_o} + V\sqrt{LC}(\pi + \arcsin \frac{I_o\sqrt{LC}}{V}) + I_oL \frac{LI_o}{V + \sqrt{LC}(\pi + \arcsin \frac{I_o\sqrt{LC}}{V})} + V'C \frac{I_o\sqrt{LC}}{V} \quad (14)$$

$$(e) \frac{w_s(max)}{w} = \frac{\pi\sqrt{LC}}{T_{min}}$$

其中: $w = \frac{1}{\sqrt{LC}}, w_s = 2\pi f = 2\pi \frac{1}{2T_{min}} = \frac{\pi}{T_{min}} \quad (15)$

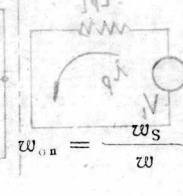
其中:

w_s ——工作角频率

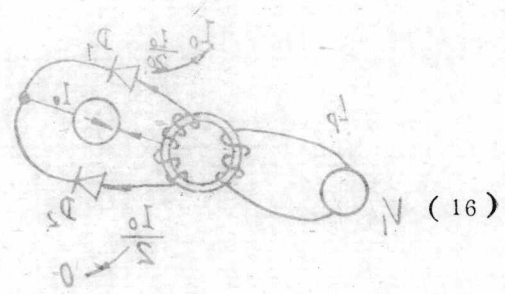
w ——共振角频率

③公式标准化

令 $I_{ON} = k = \frac{I_o\sqrt{LC}}{V}$



$$w_{on} = \frac{w_s}{w}$$



则:

$$(a) T_{on} = \sqrt{LC}(k + \pi + \arcsin k) \quad (17)$$

$$(b) T_{min} = \sqrt{LC}(k + \pi + \arcsin k + \frac{1 + \sqrt{1 - k^2}}{k}) \quad (18)$$

$$(c) V' = V(T_s) = V(1 + \sqrt{1 - k^2}) \quad (19)$$

$$(d) i_L(max) = I_o(1 + \frac{1}{k}) \quad (20)$$

$$(e) V_c(max) = 2V \quad (21)$$

$$(f) V_o = V \frac{\sqrt{LC}}{T_s} (k + \pi + \arcsin k + \frac{1 + \sqrt{1 - k^2}}{k}) \quad (22)$$

$$(g) V_o(max) = V \frac{k + \pi + \arcsin k + \frac{1 + \sqrt{1 - k^2}}{k}}{k + \pi + \arcsin k + \frac{1 + \sqrt{1 - k^2}}{k}} \quad (23)$$

(24)

(25)

$$(i) w_{on}(max) = \frac{\pi}{\pi + k + \arcsin k + \frac{H\sqrt{1 - k^2}}{k}} \quad (26)$$

从分析过程可见, k 必须小于或等于 1. 否则当方程式 (2) 等于 0 时无解。那就是:

$$i_L = I_o + \frac{V}{\sqrt{LC}} \sin \omega t = 0, \quad \sin \omega t = -\frac{I_o\sqrt{LC}}{V} = -K \quad (27)$$

则必须满足 $|-K| \leq 1$ 或 $K \leq 1$ (24)

$K > 1$ 时, 属强迫关断模式, 这里不再讨论。 $K \leq 1$ 情况下, 在 Q_1 或 Q_2 导通和截止时 i_L 都等于 0, 这就是自然转接的模式。

2. 不存在 D_0 情况

不存在 D_0 的情况下, i_L 和 V_c 波形以及时间分段与存在 D_0 情况相似, 如图 3 所示, 但在 $T_4 \sim T_5$ 期间内 I_0 只能经过 D_1 和 D_2 , 当 D_1 和 D_2 支路阻抗相等时, 流过 D_1 或 D_2 的电流等于 $\frac{I_0}{2}$ 。

另外在 $0 < t \leq T_1$ 期间, 变压器 T 的次级短路, 若变压器次级电压的方向使 D_1 导通, 则流过 D_2 的电流由 $\frac{I_0}{2}$ 上升到 I_0 ; D_1 电流由 $\frac{I_0}{2}$ 减到 0。 $0 < t \leq T_1$ 期间的等效电路以及原理说明分别见图 5-1 和 5-2。

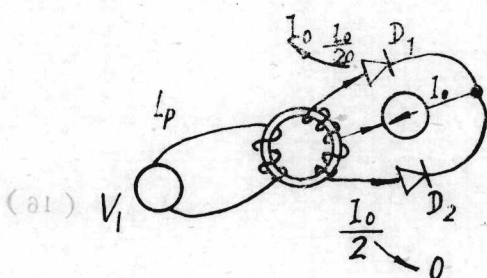


图5-1 $0 < t \leq \pi$ 情况

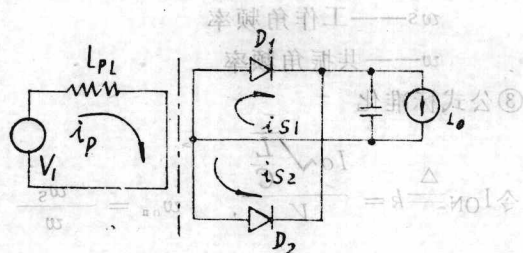


图5-2 $0 < t \leq \pi$ 期间等效电路

(其中: $i_0 : 0 \leq I_0/N$)

$$is_1 : \frac{I_0}{2} \leq I_0$$

$$is_2 : \frac{I_0}{2} \leq 0$$

在 $0 < t \leq T_1$ 期间, i_p 由 0 上升到 I_0/N , is_1 由 $\frac{I_0}{2}$ 上升到 I_0 , is_2 由 $\frac{I_0}{2}$ 下降到 0, 则

$$t_1 = T_1 - 0 = T_1 = \frac{\frac{I_0}{N} L_{PL}}{V_1} = \frac{I_0 L_{PL}/N^2}{V_s} \quad (25)$$

$T_1 < t \leq T_3$ 和 $T_3 < t \leq T_4$ 期间的情况与存在 D_0 时相同, 不再分析。为了使公式标准化,

$$\text{设 } \beta_1 = \frac{L_{PL}/N^2}{L_{PL}/N^2 + L_{SL}}; \quad \beta_2 = \frac{V}{V_s} = \frac{V}{V + V_D} \quad (26)$$

以及: $\beta = \beta_1 \cdot \beta_2$

$$\text{则 } T_{on} = \sqrt{LC} (\beta k + \pi + \arcsin k) \quad (27)$$

$$T_{min} = \sqrt{LC} \left(\beta k + \pi + \arcsin k + \frac{1 + \sqrt{1 - k^2}}{k} \right) \quad (28)$$

$$V_o(max) = V \frac{1 + \sqrt{1 - k^2} - \frac{k^2}{2}}{k + \pi + \arcsin k + \frac{1 + \sqrt{1 - k^2}}{k}} \quad (29)$$