

第 八 届 全国电源技术年会 论 文 集

(下 册)

中 国 电 源 学 会

一 九 八 八 · 温 州

《中国电子科技文摘》 1989年

双月刊 16开本 100页 全年定价: 9.00元

电子工业部科技情报研究所系面向全国电子行业的情报研究所和资料中心。

《中国电子科技文摘》是供读者查找电子工业部科技情报研究所馆藏国内技术交流会议资料、技术报告、图书和中文期刊的一种检索性刊物。其报导范围涉及整个电子科技领域。本刊自1981年创刊以来,获得了日益明显的社会效果,在一定程度上为读者解决了查找国内资料难的问题,从而得到了读者的一致好评。

《国外电子科技文摘》 1989年

月刊 16开本 210页 全年定价: 38.40元

《国外电子科技文摘》是供读者查找电子工业部科技情报研究所馆藏国外会议录、技术报告、图书和国外期刊的一种检索性刊物。其报导范围涉及整个电子科技领域。本刊自1981年创刊以来,已受到社会的广泛重视,它不但开阔了科技工作者获取文献资料的视野,也为科研、生产解决了许多实际问题。本刊曾于1983年全国检索刊物评比中荣获一等奖。

需要订阅者可以信汇或邮汇直接向我部办理订阅手续。

通信处: 北京750信箱21分箱 邮政编码: 100039

银行帐户: 电子工业部科技情报研究所

银行帐号: 北京市工商银行翠微路分理处 8901—199号

《遥测遥控》征订启事

《遥测遥控》为中国宇航学会遥测专业委员会与中国自动化学会遥测遥控遥感专业委员会的学术性、技术性刊物(原名《遥测技术》)自1987年起,扩展内容,并由季刊改为双月刊。它由两委员会编辑,航天部704所出版,经国家科委批准在国内公开发行,国内统一刊号为CN 11—1780。

《遥测遥控》主要刊登反映我国遥测遥控专业领域内的研究、设计、生产、应用等成果的文章和报道,内容包括遥测遥控系统、设备、理论、技术各方面。同时介绍国外有关的技术、设备、发展方向等。本刊还刊登遥感与通信方面的文章。

本刊既面向国防、科研、教学,刊登较高水平的学术论文、报告,也面向工、矿、企业和部队,介绍遥测遥控在这些部门的应用及经验、成果。本刊对学术性技术性、可读性和趣味性并重,理论联系实际,力图使各方面的读者都能从本刊中获得裨益。

本刊自办发行,需要订阅者,请与《遥测遥控》发行组联系,通信地址是:北京9200信箱74分箱18号《遥测遥控》发行组。

《遥测遥控》每年2、4、6、8、10、12月出版,全年收费6.00元(个人自订全年收费2.40元)。

目 录

论 文 部 分

1	电源变压器用铁基非晶软磁材料·····	韩永柱 张伍信 史长利	(1)
2	C。基非晶态开关变压器的应用和研究·····	尤传宏	(8)
3	大容量门极可关断晶闸管的使用问题·····	吕征宇 陈友法	(17)
4	功率肖特基二极管的性能和应用·····	杨碧梧	(24)
5	高能氧化锌非线性电阻老化特性研究·····	季幼章 张树高	(31)
6	制造高能ZnO非线性电阻新工艺的研究·····	季幼章 汪良斌	(37)
7	我国交流稳压电源应优先发展的机型·····	张乃国	(42)
8	1.2V精密基准SW5010原理分析及应用·····	陈 佩	(46)
9	PWM开关调压系统的分析研究(综述)·····	蔡宣三	(52)
10	开关型电压调节系统数字仿真的一种新算法·····	邢 岩 蔡宣三	(61)
11	开关型功率变换器电路拓扑结构的新进展·····	龚绍文	(70)
12	一种新的开关直流变换器造型法·····	程仁杰 胡志宏	(83)
13	开关电路中的对偶原理、对偶方法及应用·····	李 纯	(92)
14	脉冲调制型网频交流开关变换器的模型·····	张兴柱 黄是鹏	(101)
15	IEEE PESC—87论文部分综合简述·····	庄蓄田	(109)
16	非晶态铁芯的开关电源·····	袁伯成	(116)
17	15KV6kW 调频式开关电源·····	罗忠省	(122)
18	250kHz谐振自激直流变换器·····	陈国平	(128)
19	程控PWM型直流高压开关电源·····	杨锁柱	(133)
20	单相静止变流器用于三相陀螺的裂相电路·····	林 峰	(140)
21	小型化百瓦百千伏直流电源·····	张 军	(143)
22	IPC—130电源系统(IBM—PC/AT·PC/XT兼容)分析·····	刘守智	(148)
23	电力晶体管开关的驱动电路·····	潘清波	(156)
24	5V60AFWM型半桥式开关电源·····	黄 灿	(161)
25	消除PWM型变换器尖峰干扰的一种新型补偿吸收 电路·····	周维维 侯振程 李再华	(170)
26	单相交流稳压电源瞬态过程的微机测试装置·····	李 政 王小海 黄海龙	(179)
27	并联式精密可调基准源集成电路及其应用·····	叶润涛 陈景银 任天任 杨承丰	(182)
28	KBCV—1可编程电压源与KBCI—1可编程 电流源·····	朱伯良 罗涵秋 楼桥信 赵东红	(190)
29	正负对称电源的一种设计方法·····	崔远幸	(194)
30	精密电源的程控过流保护·····	詹宏英 闵 浩 何新建	(198)
31	开关电源用辅助电源的分析与设计·····	顾梅华	(201)

32	矢量补偿型交流稳压电源	倪本来 刘铁城	(209)
33	电力—发电机(M—G)技术的新突破—介绍一种旋转型UPS	黄汉生	(213)
34	变速恒频电源的调压反馈	丁道宏 雷廷万	(216)
35	大功率交流稳压器的探讨	徐正华	(221)
36	QF1743型3 KVA数控交流稳压器试制方案	徐 城	(230)
37	电子交流稳压器的一种改进方案	黄济青	(235)
38	一种新颖的晶闸管不间断电源	廖英杰 巢石华	(241)
39	高性能晶体管小功率不停电电源	关士杰 侯守琴 金炽家 黄叔莹 高原	(246)
40	直流不间断电源	褚云龙	(251)
41	一种进口UPS系统的剖析	倪建农	(255)
42	航空三相静止变流器	赵修科 沈冬珍	(259)
43	TL431集成电路在直流稳压电源中的应用	金 光	(265)
44	WL4型稳流电源设计	陆其民 吴伯荣	(274)
45	调宽不等幅度逆变电路的分析与设计	许雪生	(284)
46	谐波分量的实用工程计算方法	卢尊甫	(292)
47	混合集成稳压器 μ A78H	何纪鑫 徐家权 李文杨	(299)
48	开关电源集成控制器件TDA1080的电路分析	陆 鸣	(305)
49	可控硅高稳定度稳流电源	王作栋 高鸿光 肖保路 郭占东	(313)
50	一种特殊的电源	王恕德	(322)
51	一种新颖的高功率聚光Si太阳电池	方建华 马鹤亭	(326)
52	50A离子激光器稳流电源	赵书印	(331)
53	快速充电与蓄电池的使用寿命	赵功伟	(336)
54	DZ系列高效能电子镇流器	遇建鹏	(339)
55	功率半导体器件热阻 $R_{th}(jc)$ 的计算方法和几种新型散热方式	叶治政 叶靖国	(343)
56	航天运载火箭电源的可靠性设计	鲁 虔 金步平 刘 鸣	(351)
57	电源用功率晶体管的快速筛选	竺树声 夏金得 韦 峻	(359)
58	电源故障的监测和保护(MC3424集成电路的分析和应用)	郑福元	(364)
59	500—1000W 大功率晶体管二次击穿测试分析	万积庆	(371)
60	磁性直流稳压电源的新发展	胡守约	(376)
61	5 V40A 双管单端开关电源	丁庆仁 田得露	(383)
62	用于低频发送机的大功率高频场效应管逆变器	方资端 陈德裕 李泽元	(389)
63	新型波形迭加与脉宽调制逆变器及滤波方法	刘载文 巩素芳	(395)
64	三相电动机及二相电动机用的方波电源	杨毓梅	(403)
65	毕逊整流器	郑喜乐	(409)
66	半导体恒流源概述	蒋阜康 竺树声	(413)
67	散热印制板在机载电源设备上的应用	崔学民	(418)
68	开关型多路稳压电源	张正兰	(423)
69	ACS68000电源系统分析	安鸿昆	(426)
70	氦离子激光电源的研制	庄福祿	(434)

71	小型异步电机变频调速电源	江涛	(440)
72	电源调节器的新概念—净化电源分析	张汝海 张侠华 林秀英	(448)
73	500W 不间断供电电源	郭明森	(456)
74	发展太阳能发电站的一些问题	徐泽玮	(459)
75	功率MOSFET的应用—200kHz 降压开关电源	徐顺尤	(468)
76	空间电源中的直流升压调节器	钱虞喜 王桐生	(471)

摘要部分

1	一台2.4kW 的大功率开关电源	张忠相	(474)
2	脉冲电镀电源及主要解决技术关键问题	葛建功	(474)
3	浅论高电压大功率连续可调的直流稳压稳流电源的电路设计	吕德宽	(474)
4	单片机控制的不停电电源	周子钧 卜建军 沈 眺	(475)
5	5V/6A 高效低功耗特殊电源	杨武书	(475)
6	解决开关稳压电源稳定性的一种新途径		(476)
7	浅谈开关电源的设计思想	杜彦	(476)
8	变压器抽头式交流稳压电源提高可靠性的措施	师守杰 廖伍鸣	(478)
9	无触点自耦调压方式的设想	曲继圣 范勇征	(478)
10	微机程序控制大功率发射机电源	申玉兰 赵志明	(479)
11	Cuk 型开关电源用的非晶态电感铁芯研究报告	姚 中 吴勋之 姜进才	(480)
12	列车闭路电视彩电用逆变器电源	江惠康	(480)
13	一种最佳箭上计算机电源	赵秀兰	(481)
14	具有短路自动保护功能的小型化高压电源	金桂华	(481)
15	可控硅直流高压电源	严国彬	(482)
16	抑制电源干扰技术在工业微机控制中的应用	武知武 戴作东	(483)
17	恒压变压器校正交设计法	潘荣鑫 包满珪	(484)
18	高性能、高技术的RC型变压器	潘荣鑫 包满珪	(485)
19	大功率晶体管开关辅助电路	潘清波	(486)
20	LSI控制的5V50A 开关电源	时荣华	(486)
21	采用国际标准制订电源产品标准的意见	林周布	(488)
22	用于离子注入机的高压开关电源	于万生	(488)
23	微机控制5A 恒流源	陶建承	(489)
24	采用VMOS器件和开关电源集成控制器的1千瓦开关电源	甘克启	(490)
25	开关电源RC 吸收网络优化设计	陈道炼 庄心复	(490)
26	微控电源及其抗干扰措施的讨论	宁敬烈	(491)
27	高稳定度直流稳压电源的简易设计	刘 征 甘玉芳 杨庆德	(492)
28	调频叠加式高压电源	孙文涛	(493)
29	大功率音频电源的保护	马积勋	(494)
30	大容量门极可关断晶闸管(GTO)应用技术问题的研究	钱金荣	(495)

31	差动电源变换器的应用	张文学	(496)
32	双闭环直流稳定电源变压器损耗的讨论	吴景华 刘振升 孙明	(497)
33	受控有源电阻的原理及应用	倪诗镖 刘振升 吴景华	(497)
34	尖峰干扰的探讨	康守祯 董良 万桂敏 潘曙光	(493)
35	高性能脉冲调宽型稳压电源	乐敬明	(499)
36	一种特殊的电源	王恕德	(500)
37	HIC高性能新型DC/DC变换器	毛北钧 童尧萍 王东旗	(501)
38	高性能DC—DC开关稳压电源	李文	(502)
39	电力电子电路通用仿真方法的研究和通用仿真软件的开发	程肇基 徐德洪	(502)
40	单片微机控制交流稳压电源	韩有根	(503)
41	一个平均功率10千瓦的前向波管用固态调制器	李国楨	(504)
42	采用国产集成开关电源控制器SW3524设计的微型计算机专用电源	陆鸣	(504)
43	输出220V、300W变换器型直流开关稳压电源	庞祖楨	(505)
44	单片机控制的UPS电源	周子钧 卜建华 沈眺	(506)
45	一种用于20KHz以上的低损耗新型铁基非晶铁芯	张家骥	(506)
46	RC取样电路的数理分析	熊长娥	(507)
47	DC—AC变换器为微型计算机控制	郭胜利	(507)
48	开关谐振技术的发展	程仁杰 钟洪声	(508)
49	通用高精度高压稳压电源	刘富霞	(509)
50	畸变功率的测量	许祖安	(509)
51	提高电源装置运算的可靠性	张丕林 何蕴香	(510)
52	消除开关变换器铁芯饱和的方法——非对称磁路的应用	陈永真 王艳秋	(510)
53	SL—36集成开关电源控制器的应用	陆伟忠	(511)
54	可控硅稳压电源	李元彪 唐抗胜	(512)
55	在弯管技术中应用半导体变频电源的前景和选择	诸葛琨 朱伯年	(512)
56	晶体管开关电源的低损耗吸收电路	陈永真	(513)
57	用CW3524快速驱动功率场效应管	陈永真 王艳秋	(514)
58	高功率放大器及高压电源的智能控制	沈锡越	(514)
59	整流电源的电磁兼容性问题及其设计规则	王翰林	(515)
60	交流稳压变压器的设计与调试	沈永真 徐士佐	(516)
61	开关电源的零纹波探讨	宁合兴	(516)
62	肖特基大功率二极管	李国根	(517)
63	大系统通讯电力的全面自动化	郑舜煌	(517)
64	5V/6A高效低功耗特殊电源	杨武书	(517)
65	直流不间断电源	诸云龙	(519)
66	稳压变压器输出波形校正用滤波电感器的设计	杜以田	(519)
67	浅论高电压大功率直流恒压恒流连续可调电源的设计	吕德宽	(520)
68	IBG型高频磁放大器式开关电源	徐泽玮	(388)
69	WL4型稳压电源	吴伯荣 陆其民	(370)

开关电源集成控制器件

TDA1060的电路分析

陆 鸣

(上海交通大学LSI研究中心)

TDA1060是荷兰飞利浦公司制造的一块兼有现代开关电源控制电路全部设计优点和完整功能的单片集成控制器件。国内如华北计算技术研究所和上海计算技术研究所等单位均采用该器件设计和构建了高性能的开关电源。为了研制国产集成控制器件以及向国内电源设计人员提供该器件必要的应用资料,我们特对TDA1060进行了解剖,按照芯片显微照片绘制了内部完整电路,并且作了分析计算,扼要介绍如下。

TDA1060的内部结构,如图1所示,共分为内电源,内基准,锯齿波发生器,误差放大器;脉宽调制器;关断与缓启动电路;过流保护和输出级八个部分,图2为其完整电路图。现据图2按序各部分的工作情况。

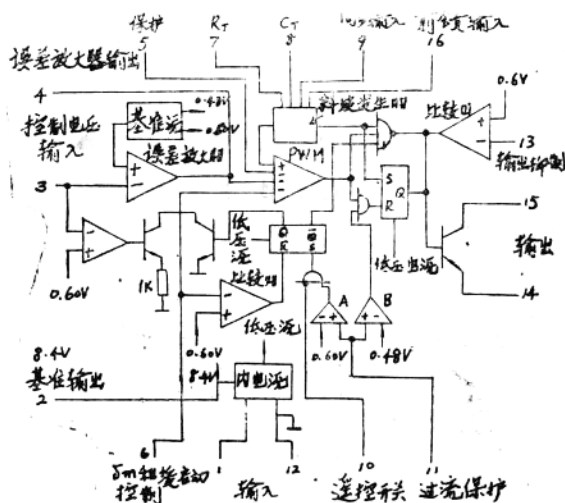


图1、TDA1060的内部结构框图

组成的恒流源的基准电流,故多集电极管 T_3 分别向 W_5 、 D_1 — D_4 和 W_6 、 D_5 — D_7 输出恒定电流使之击穿导通产生恒定电压。其中 W_6 、 D_5 — D_7 为调整管 T_6 的基极提供7.8V偏压,从而使 T_6 的射极具有稳定的8.4V电压,作为内电源的输出向芯片内各后级电路供电之用。而 W_5 、 D_1 — D_4 中的 D_3 和 D_4 则构成欠压保护(LSP)输出。只要总的输入电压低于9.5V, D_3 和 D_4 两端压降随之下降,LSP输出即能

内电源部分

TDA1060的内电源系典型的线性串联稳压器(图3)。器件接上电源后, W_4 首先击穿导通,经高值电阻 R_1 限流偏置向 T_4 管的基极提供稳定的5.75V齐纳电压,使 T_4 管导通工作。 T_4 的集电极电流因为是 T_2 和 T_3

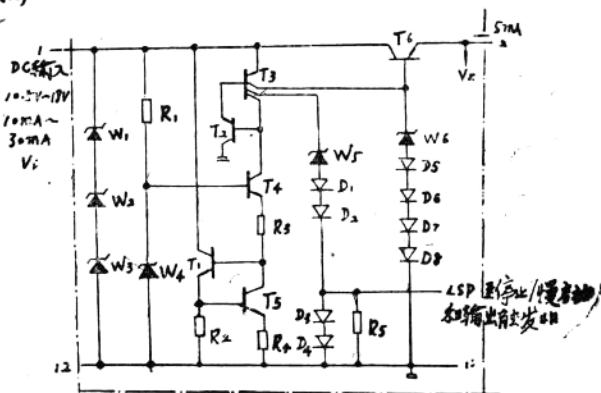


图3 TDA1060的内电源

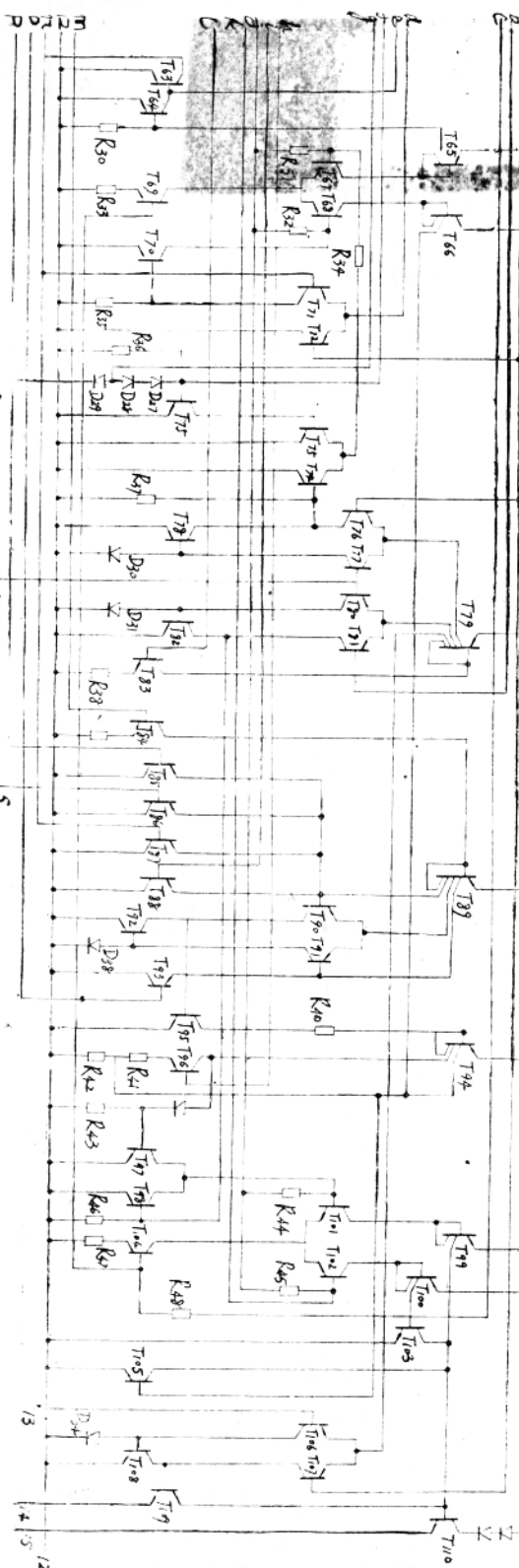
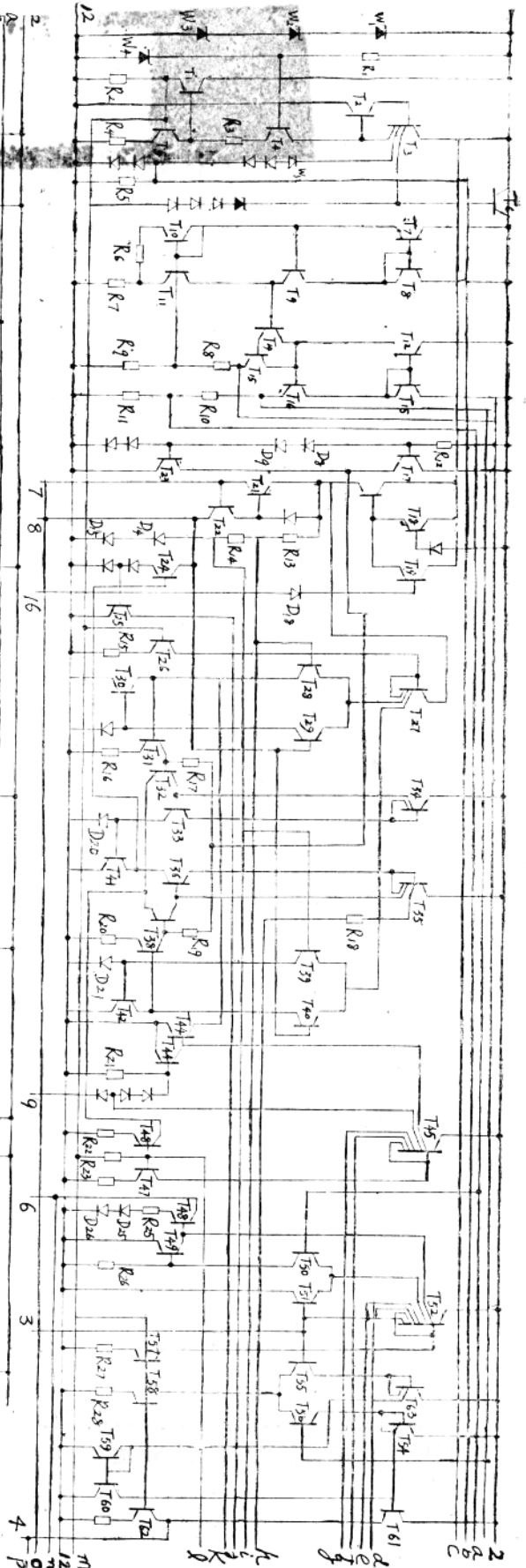


图 2 开关电路集成控制器 TDA1060 电路图

切断与缓启动端和输出触发器关闭，使芯片的输出完全抑制掉。

如沿 T_4 的基极，射极经 R_3 、 T_1 、 T_5 、 R_4 至“地”，再由 W_4 返回 T_4 的基极的回路，写出KVL (Kirchhoff Voltage Law) 方程的话，我们有

$$V_{B4} = V_{W4} = V_{BE4} + I_{R3} \cdot R_3 + V_{BE1} + V_{BE5} + I_{R4} \cdot R_4$$

而当 T_1 和 T_5 匹配全同时， $I_{R4} = I_{R3} (1 + 1/\beta_5)$ ，故不难求出

$$I_{R3} = (V_{W4} - V_{BE4} - V_{BE5}) / R_3 + (1 + 1/\beta_5) R_4$$

I_{R3} 已知后，内电源部分相关节点和支路的电压，电流值均可逐一推出。表1即所得结果。

二、内基准部分 (图4)

TDA1060的内基准是由 T_{10} 、 T_{11} 和 R_6 、 R_7 组成硅的带隙基准。其原理是通过 R_7 上与热电压 $V_T = \frac{KT}{q}$ 相关电压的正温度系数和 V_{BE11} 的负温度系数经 R_6 、 R_7 适当配比，在 R_9 上得到温度系数基本上接近零的恒定电压，然后分别由 R_8 、 R_{10} 、 R_{11} 输出3.72V、0.60V和0.48V基准电压供内、外电路采用。

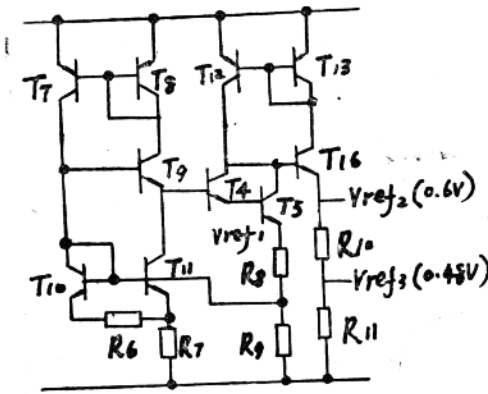
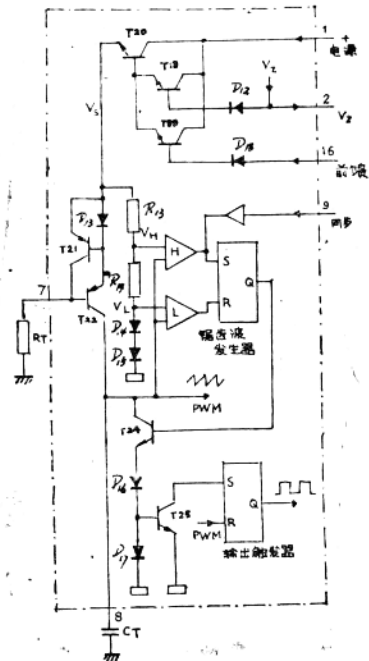


图4、内基准电路结构图

和R/S触发器等部分组成。图5即其简化电路。参照图2，可以详细了解 T_{20} 、 T_{21} 、 T_{22} 、 D_{13} 和管脚7处外接的电阻 R_T 构成对管脚8处外接电容 C_T 的恒流充电电路； C_T 的放电则由 T_{24} 饱和导通时提供的低阻通路决定。 T_{28} 、 T_{29} 、 T_{30} 和 D_{19} ； T_{39} 、 T_{40} 、 T_{42} 和 D_{21} 分别构成充、放电、上、下阈值比较电路。上、下阈值电平由 R_{14} 电阻两端的电位决定，即 $V_H = 5.7V$ 和 $V_L = 1.2V$ 。 $T_{31} - T_{33}$ 、 $T_{36} - T_{38}$ 、 T_{41} 和 D_{20} 为R/S触发器， T_{31} 和 T_{38} 的基极分别为触发器的置位和复位端， T_{41} 的集电极为输出端Q。锯齿波的产

三、锯齿波发生电路

TDA1060的锯齿波发生电路主要由恒流充、放电电路，充、放电阈值比较电路



5、锯齿波发生电路的简化图

生过程是：

1、 C_T 恒流充电：器件刚接上电源， C_T 上电压为零，此时因 $V_{B28}=5.7V>V_{B29}$ ； $V_{B39}=1.3V>V_{B40}$ ，故上阈值比较器输出为“0”，下阈值比较器输出为“1”。亦即R/S触发器，置位端输入“0”；复位端输入“1”，显然Q为“0”。 T_{24} 处于截止状态， T_{22} 的集电极电流将能恒定地对G充电。当G电压升为1.3V时，下阈值比较器状态翻转输出“1”变“0”。亦即R/S触发器复位输入为“0”。但Q并无改变，故 C_T 继续充电。直到 C_T 电压等于5.7V，上阈值比较器翻转，输出由“0”变“1”，触发器置位输入亦为“1”Q于是相应由“0”变“1”，输出高电平使 T_{24} 饱和导通，从而形成低阻通路， C_T 放电开始。

2、 C_T 快速放电： T_{24} 一旦饱和导通，为 C_T 提供了低阻放电通路， C_T 便立即快速放电，当 C_T 的电压下降到1.3V时，下阈值比较器翻转，输出由“0”变“1”，亦即触发器复位输入“1”，于是Q便由“1”变“0”，输出低电平迫使 T_{24} 截止，切断放电通路。 C_T 重新开始充电。

3、 C_T 的充，放电周期即锯齿波发生电路的振荡周期。因为恒流充电的时间远大于放电时间，故锯齿波的振荡周期主要由充电时间决定。据此可得锯齿波发生电路的工作频率

$$f \approx 1.2 / R_T C_T$$

图6所示为锯齿波发生电路的工作波形。由图可知 C_T 的端电压

$$U_C(t) = \frac{V_H - V_L}{T} t + V_L$$

而 C_T 的充电电流，即 T_{22} 的集电极电流 I_{C22}

$$\begin{aligned} I_{C22} &= C_T \frac{dU_C(t)}{dt} = C_T \frac{d}{dt} \left(\frac{V_H - V_L}{T} t + V_L \right) \\ &= C_T \frac{V_H - V_L}{T} = \frac{1.2(V_H - V_L)}{R_T} = \frac{4.32}{R_T} \end{aligned}$$

该式表明充电电流与 R_T 反比，且是恒定的。当 C_T 选定后，调节 R_T 可改变充电电流的大小，从而达到改变锯齿波频率的效果。

4、TDA1060锯齿波发生电路还有一个显著特点，即当从管脚9输入外部振荡脉冲时，只要其频率低于器件锯齿波发生电路的工作频率，器件的工作能于此外部低频信号同步。

图7所绘就是这种同步作用的说明。据图2不难发现，这是因为管脚9输入的同步信号为

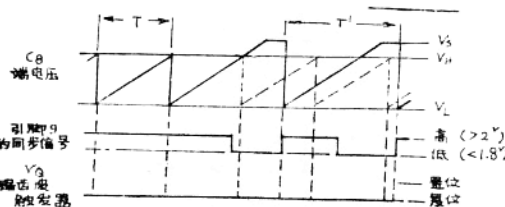


图7 锯齿波发生电路的同步作用

“低”（小于0.8V）时，锯齿波触发器无法置位，因而 C_T 继续充电，使充电周期延长，只有当输入的同步信号为“高”时， C_T 才能停止充电，从而迫使触发器按外来低频同步信号的频率翻转工作之故。注意，若管脚9不接入同步信号的话，应将该脚与管脚2短接，以使其永远保持高电位。

四、脉宽调制器

TDA1060的脉宽调制器由 $T_{84} \sim T_{93}$ 组成，实际上是具有单个同相输入端和四个负相输入端的电压比较器。这四个负相输入除其中之一内部与 $V_H - 0.6V$ 相接外，另外三个均可外部输入，它们分别是误差放大器的输出端(管脚4)；保护输入端(管脚5)和最大占空比及缓启动控制端(管脚6)。其同相输入端与管脚8相连。图8即脉宽调制器的简图。脉宽调制器的原理主要对管脚8输入的锯齿波电压与由管脚4、5、6输入的电平进行比较，然后输出脉宽可变的方波。该方波的频率与锯齿波相同，幅度恒定，宽度只由负相输入的最低电压决定。

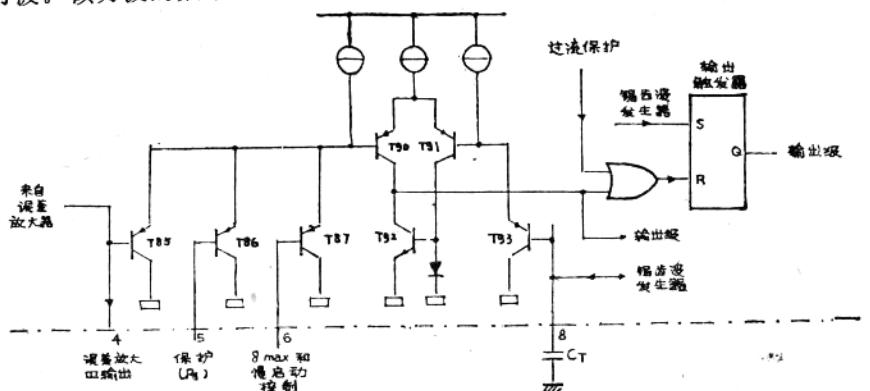


图8 脉宽调制器简图

为避免因输出脉冲的占空比过大造成输出变压器磁化而引起输出功率管过流烧毁，可以在管脚6按图9所示接入 δ_{max} 限定电路。图中同时绘出了 R_2 、 R_6 和 δ_{max} 、 δ_0 的关系。

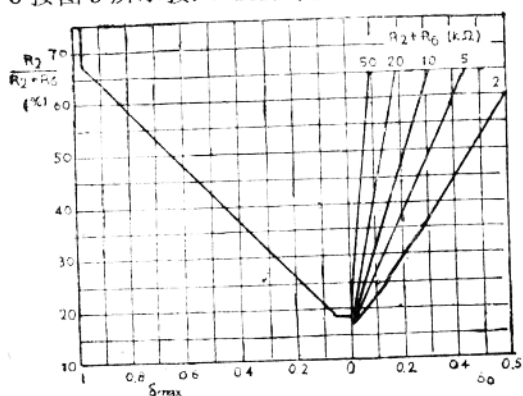
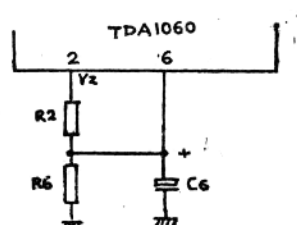


图9 δ_{max} 限定电路及其相对关系



五、误差放大器及负载失效保护

TDA1060的误差放大器为带有源负载 T_{61} 、 T_{62} 的差分对管 T_{55} 和 T_{56} 组成的运算放大器。其开环增益很高约60dB，误差放大器的闭环增益由下式决定

$$A_f = A_0 / (1 + \frac{R_3}{R_f} A_0)$$

式中 A_o 和 A_f 分别为开环和闭环增益。 R_s 和 R_f 参见图10。

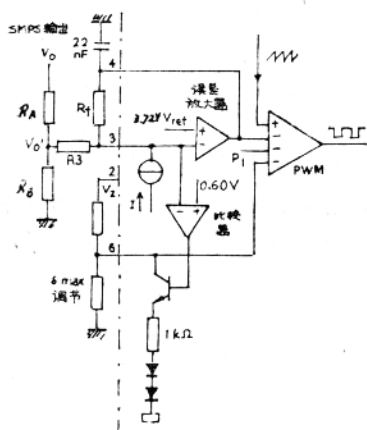


图10. 误差放大器及其负载故障保护电路

为使电源系统工作稳定,误差放大器须在输出端(管脚4)接入小电容以引入一个零点消除由输出滤波网络产生的低频极点进行闭环频率补偿。

误差放大器是开关电源输出反馈的主要环节,按图10所示,开关电源的输出 V_o 经 R_A 、 R_B 分压取样得 V' 。通过 R_s 输入误差放大器。当开关电源因负载开路而使管脚3悬空的时候,内部恒流源将由管脚3流出在 R_s 上产生较高压降,迫使误差放大器输出低电平,从而PWM输出的驱动脉冲使功率输出晶体管的占空比减小。此外,当开关电源发生负载短路的情况时,管脚3处电位将趋于零,但只要其低于0.6V,由 T_{50} 、 T_{51} 组成的比较器输出低电平迫使管脚6亦低从而确保输出管截止。此即负载保护功能。

六、切断与缓启动电路

当管脚11接收到电源过流信号或管脚10输入遥控信号后。TDA1060的切断与缓启动电路立刻将输出晶体管 T_{110} 关闭,然后进入缓启动过程。在此期间,输出管的脉冲占空比逐渐由小增大,使开关电源的输出电压由小渐升到预定值,从而避免了输出晶体管及外接功率管遭受过流的危险。此即TDA1060中切断与缓启动电路的功能。具体过程如下:当管脚10输入的遥控信号和管脚11输入的过流信号经由 T_{73} 和 T_{74} 组成的“或”门使切断与缓启动触发器的置位端 T_{67} 的基极为低,触发器 Q_2 为高,输出管 T_{110} 的基极为低,从而将 T_{110} 关闭。触发器 Q_1 输出为低, T_{64} 截止, T_{63} 饱和从而C通过 T_{63} 放电。直到管脚6的电位下降到0.6V,由 T_{71} 和 T_{72} 组成的比较器输出高电平使 T_{70} 导通,触发器复位端 T_{68} 基极为低,触发器 Q_2 输出低,输出管 T_{110} 基极为高,从而 T_{110} 开启。 T_{110} 从关闭到开启的时间间隔称为死区时间,一旦 T_{110} 开启, T_{63} 也因触发器 Q_1 输出高而截止,C放电终止。接着开始电源经 R_2 对C充电。由于管脚6亦是脉宽调制器的一个负相输入端,故随着C两端电压的上升,脉宽调制器的占空比亦将由零缓慢上升。开关电源的输出也逐渐从零升至预定值。这个过程即缓启动过程。图11所绘是TDA1060的切断与缓启动电路及其工作波形。

七、过流保护电路

当开关电源出现过流时,TDA1060的过流保护电路便开始动作。过流保护电路的动作是在二个限流级之间进行的。当开关电源的输出电流增加到第一阈值时,保护电流先对电源的占空比作出限止,使输出电流的峰值近似保持不变。当输出电流继续增大到第二阈值,保护电路便激励切断与缓启动电路,使开关电源进入死区,随后缓慢启动。图12所示为过流保护电路的简图及其伏安特性。由图可知,保护电路实际上由比较器A和B组成。A、B比较器负输入端分别接基准0.60V和0.48V,正输入端通过管脚11与外部RC网络相连。RC网络构成电流传感器。它可直接与开关电源输出端相接,但最好接在外部功率变换级中开关晶体管

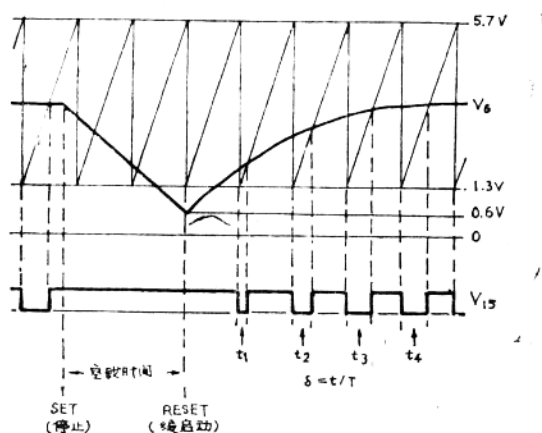
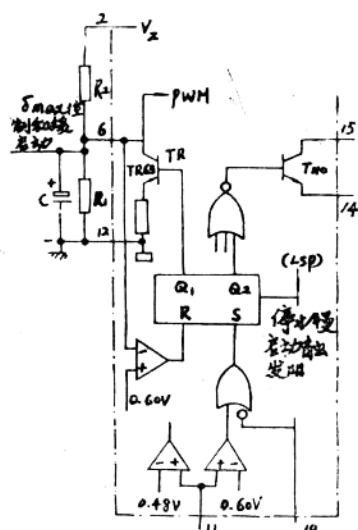


图11 切断与缓启动电路及其波形

的射极回路里，直接监控和保护开关晶体管。RC网络利用C上电压不能突变的特性还可防止电源开启时管脚11不会出现瞬态大电流的情况。

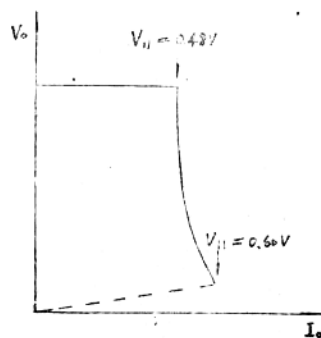
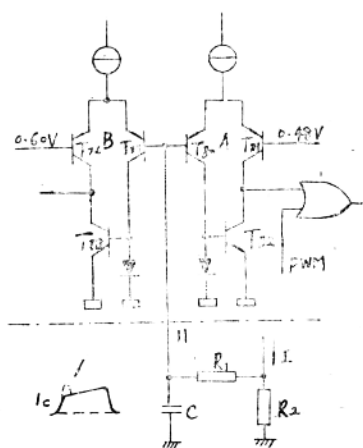


图12 过流保护电路及其伏安特性图

八、输出级系统

图13为TDA1C6C的输出级电路。rpn输出 T_{110} 由 T_{103} 和输出触发器驱动，在集电极和发射极能输出周期、占空比及幅度相同，相位相反的PWM信号。据图5，当锯齿波电压达到 V_H 时，输出触发器接受到 T_{24} 和 T_{25} 送来的置位脉冲，确定了输出管 T_{110} 的导通；当输出触发器接受到PWM的输出或过流保护电路的复位脉冲，输出管 T_{110} 便截止。上图中的“或非”门，按图2实际上是通过PWM的输出，切断与缓启动电路的切断信号和锯齿波发生器的输出三者在 T_{103} 管的基极“线与”后再倒相实现的。它能直接使 T_{110} 截止，从而抑止掉输出脉冲。

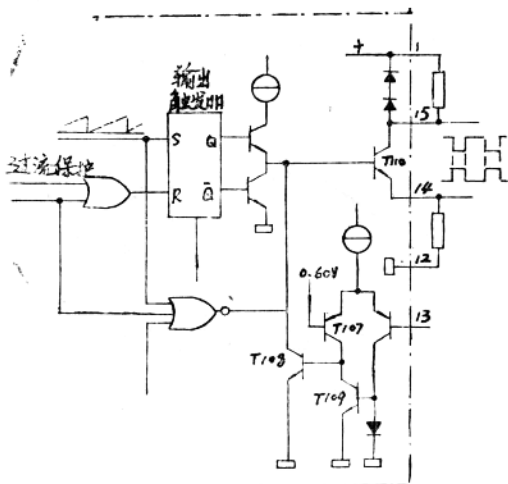


图13、TDA1060的输出级电路

由于T111管的集电极和发射极都能通过管脚引出，所以为开关电源功率驱动电路的设计提供了方便。也为当发射极内部接地时，消除“0”线上的电压尖峰提供了方便。输出管集电极内部有两只钳位二极管保护。输出管能提供最大400mA电流。输出管发射极电位升高至5V，脉冲输出终止。

通过以上分析，不难断言TDA1060是一块兼具开关电源所需全部控制和保护功能的优秀集成控制器件。限于篇幅，我们无法将其应用亦作介绍。加之，目前国内尚无厂家研制和生产该器件，我们希望通过上述分析引起大家注意，协助和支持我们尽早将该器件投放国内市场。

上接321页

参考文献

- [1] R.J.Yarema, "A ripple reduction module for transrex power supplies" TM-758
- [2] R.A.Winje, P.J.Reardon "Power supply for magnets", the fourth international Conference on magnet technology, P664.1972
- [3] "自动控制理论" 蔡尚峰
- [4] "自动控制系统" 陈伯时
- [5] "运算放大器设计" [美] J.G.Graeme
- [6] KGYS-1200/150稳流电源测试报告, 北京变压器厂.1987.9
- [7] KGYS-1200/150稳流电源鉴定证书, 北京变压器厂.1987.9

上接324页

压，一是负高压，由这两高压板对其传输特性相加合成即是我们所要求的传输特性。

2、采用了由控制信号控制的低压直流，来控制直流变换后的输出高压。

3、高压线路板具有如下特点：

- 1) 无音频尖叫干扰。
- 2) 有可靠的过载保护。
- 3) 有缩小1000倍的测量电压。
- 4) 线路板体积小成本低。

4、高压输出纹波小，只有5mV。而V_{PP}也只有25mV。其办法是采用高次倍压和很好排列元件。

可控硅高稳定度稳流电源

王作栋 高鸿光 肖葆璐 郭占东

(北京变压器厂可控硅技术研究所)

前 言

1987年9月,国家机械委主持了对北京变压器厂研制的KGY5-1200A/150V可控硅高稳定度稳流电源的技术鉴定,测试结果表明:该电源24小时电流稳定度为 5×10^{-6} ,该项指标达到了国际先进水平,并填补了我国大电流可控硅高稳定度稳流电源电流长期稳定度优于 1×10^{-5} 的空白。

该电源用于北京正负电子对撞机国家实验室工程作为输运弯转磁铁电源,自1984年起,我们开始为北京正负电子对撞机工程研制几种主磁铁电源,电流规格由700A至4100A不等,这些电源的型式都为可控硅调整式稳流电源,经过三年的试验研究,这些电源均已研制成功并相继投入运行,运行结果表明:这些电源的电气性能稳定可靠,电流长期稳定度指标大大超过原定 1×10^{-4} 的稳定度要求。本文将对可控硅稳流电源的工作原理及系统分析作一介绍。

一、可控硅稳流系统设计思想

可控硅稳流系统是定值调节系统,系统的主要扰动是交流输入电网电压的快变化及慢变化 ΔU ,负载因温度升高引起的负载电阻值慢变化 ΔR 及电源的分谐波,上述三种扰动都有使输出电流 I_z 偏离给定电流值的作用,为了抑制各种扰动对输出电流值的影响,必须在稳流系统中采取相应的结构予以克服。

首先,我们对单回路稳流系统对扰动的抑制情况做一分析:

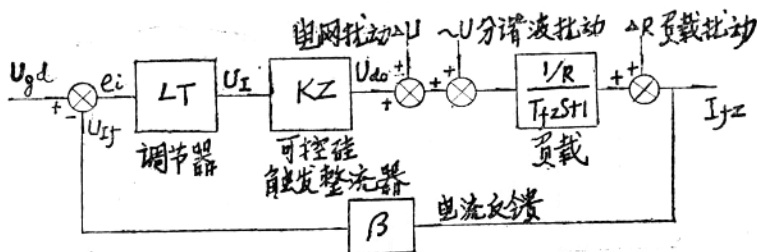


图1 单环稳流系统

图1为单环稳流系统结构图,图中标明了三种主要扰动作用点,因单环稳流系统的几种扰动都包围在反馈环内,扰动对输出电流的影响都能受到反馈作用的抑制,当扰动作用引起被调

电流量 I_L 偏离给定电流值时, 稳流系统将按照调节规律使偏差减小, 将被调电流量 I_L 恢复到给定电流值, 但是这样的单环系统有如下问题: 因系统的主要扰动是交流输入电网电压的变化 ΔU , 而电网电压扰动 ΔU 作用点离被调电流量 I_L 较远, 电网扰动 ΔU 首先引起可控硅整流器 KZ 输出电压 U_{d0} 变化, 然后经过磁铁负载这一大惯性环节才引起电流 I_L 的变化, 再由电流传感器 B 反馈到电流调节器 LT 的输入端与电流给定值 U_{gd} 比较, 检测出偏差 e_i 后由电流调节器产生调节作用改变可控硅触发整流器的输出电压 U_{d0} , 这样, 电流量才得到调节, 但是时间就比较晚了, 为解决稳流系统对电网扰动不能及时调节的问题, 我们可以设置一电压环, 将电网电压扰动量包围在该环内, 这样, 电网扰动就可以通过电压反馈环及时得到调节, 而不必等到电网扰动影响了电流量之后系统才有所反应, 并且由于交流电网电压的变化 ΔU 引起的偏差 e_i 也比单环小多了。双环稳流系统结构图如图2所示。

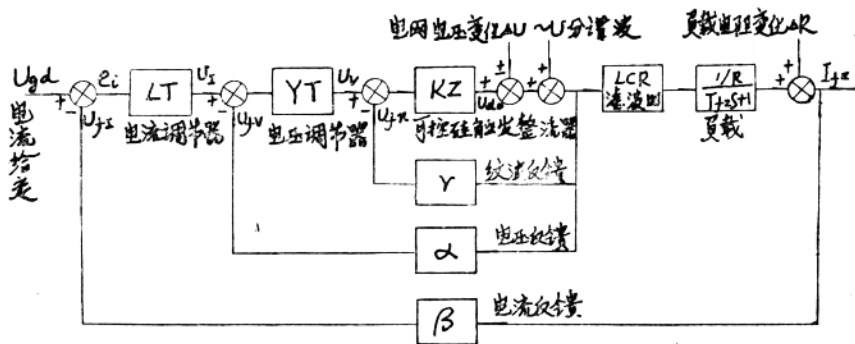


图2 双环系统结构图

从系统结构图可以看出, 双环稳流系统的内环为电压环, 外环为电流环, 电压内环的作用是抑制电网扰动, 电流外环的作用是抑制负载扰动, 电流环的输出 U_v 作为电压环的给定, 这样就形成了双闭环稳流系统, 在电流环中, 电流调节器是PI调节器, 由于它的积分作用, 稳流系统在稳态时是无静差的。

另外, 由于稳流电源的交流输入电网电压、整流变压器、整流桥各臂及可控硅触发器的不平衡、不对称的因素, 在整流桥的直流输出电压 U_{d0} 中, 存在着低于整流基波频率的50Hz、100Hz、150Hz等各次分谐波。由于分谐波频率较低, LCR无源滤波器及电感负载对分谐波分量的衰减不大, 因而这些分谐波分量仍然很大, 它将导致稳流系统输出电流中分谐波电流值过大, 以致达不到电流稳定度要求。如何解决这一问题呢? 我们可将分谐波电压看作是一个理想的, 不含分谐波分量的可控硅触发整流器的周期性扰动, 如图3所示。

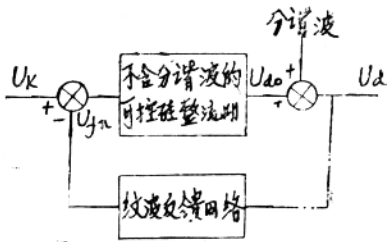


图3 纹波反馈环

我们用选频网络将整流桥口的分谐波选出, 并反馈到可控硅触发整流器的输入端与输入触发器的直流控制电压信号 U_v 相加后, 做为控制信号输入触发器, 这样, 分谐波电压分量通过反馈的作用得到抑制, 使得分谐波电压分量得到较大衰减, 从而降低了分谐波电流分量, 保证了电源稳定度, 纹波环与电压环并联连接, 纹波环在电压环内(见图3)。

二、可控硅稳流电源控制线路简介

图4为KGYS-1200/150稳流电源原理简图，我们分三部分介绍该电路的原理。

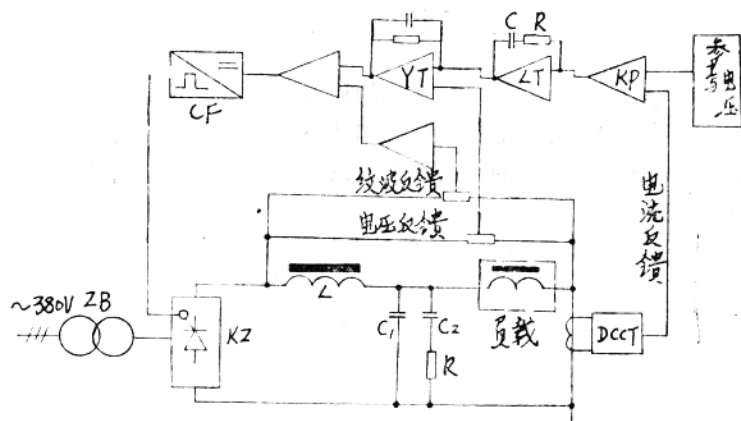


图4 KGYS--1200/150稳流电源原理示意图

1、电压环

该环由整流变压器ZB、带中心二容极的三相全控整流桥KZ、可控硅触发器CF、电压调节器YT及电压反馈分压器组成，为使电压环有较大的带宽以提高系统的快速性，电压反馈直接取自三相全控整流桥桥口，整流桥口的电压经分压后，反馈到电压调节器YT的输入端与电流调节器输出的信号比较，比较后产生的误差信号经过电压调节器后，送到触发器CF，通过触发器输出的移相脉冲来调整三相全控整流桥中可控硅元件的导通角，以实现系统的调节作用。

2、电流环

电流环包括误差放大器KP、电流调节器LT、零磁通电流传感器DCCT、LCR无源滤波器、磁铁负载，电压闭环也在电流环内，由温漂为 $1\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$ 的HOLEC电流传感器检测出的电流信号电压 U_i 与取自稳定度优于 5ppm 的基准电压源的给定电压信号 U_{gd} 比较后产生的误差信号 e_i ，经温漂 $<0.3\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ 的高精度低漂移运算放大器放大后送至PI电流调节器，被调节的电流信号 U_i 送至电压调节器YT作为电压环的给定信号。

3、纹波环

波纹环由分压器及50Hz、100Hz、150Hz选频网络组成，选频放大器结构见图5。它的传递函数为

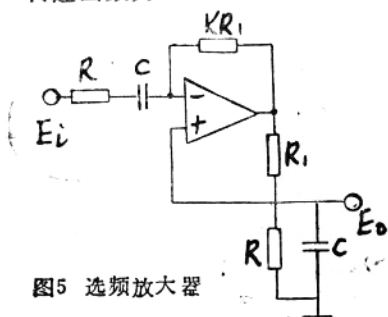


图5 选频放大器

$$W_n(S) = \frac{E_o(S)}{E_i(S)} = -\frac{K\omega_0 S}{S^2 + (2-K)\omega_0 S + \omega_0^2}$$

$$\text{其中 } \omega_0 = \frac{1}{RC} \quad K = \frac{2Q-1}{Q}$$

该电路在调整K时，增益及Q值发生变化，但中心频率不会受到影响。

50Hz、100Hz、150Hz三个选频网络为并联连接，根据不同的 ω_0 值来确定RC的数值，从整流桥口取出的纹波电压