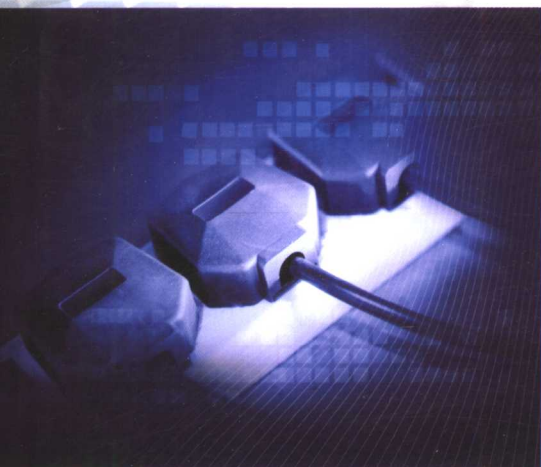




电源系列丛书

新编常用 稳压电源电路



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

新编常用稳压电源电路

王增福 李 昶 魏永明 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书选编了开关稳压电源、线性集成稳压器、开关集成稳压器、交流稳压电源四大类常用稳压电源电路400多例,基本上涵盖了稳压电源的最新技术和各种应用电源领域的最新研究成果。

本书是一本应用型书籍,适用于广大电子工程技术人员、无线电爱好者和家电维修人员参考,也可供相关专业的大专院校师生阅读。

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

新编常用稳压电源电路/王增福,李昶,魏永明编著. —北京:电子工业出版社,2005.8

(电源系列丛书)

ISBN 7-121-01596-X

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 091310 号

责任编辑:魏永昌 特约编辑:李云霞

印 刷:北京市海淀区四季青印刷厂

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:16.5 字数:430 千字

印 次:2005 年 8 月第 1 次印刷

印 数:5000 册 定价:24.00 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。

前 言

近些年来,由于地球气候变暖和能源危机对人类的危害日趋严重,为此世界各国电子科技工作者为提高电源效率,减少能源消耗和热量释放,一次又一次地掀起了电源技术革新的浪潮,推动了电源行业的飞速发展,最突出的是电源集成化和电能转换效率的提高。集成电路电源和电源控制集成电路品种型号层出不穷,应有尽有;软开关技术日臻成熟,已由实验室逐步走向工业化应用,电源变换的频率已由几百千赫量级发展为数兆赫的量级,经过电源变换技术再应用的电能已占全部电能的90%左右。

《新编常用稳压电源电路》是把各种实用电路和近几年电源技术领域新研发的典型电路汇集在一起,并分为四大类,即开关稳压电源、线性集成稳压器电源、开关集成稳压器电源、交流稳压电源。

第1章,开关稳压电源。这一章以具体电路为例,对各种不同类型的开关电源电路进行深入浅出的理论分析和原理叙述,选编50例实用电路。重点介绍了软开关电源的工作原理和实用电路,基本上涵盖了开关电源所有的技术门类和应用领域。

由于集成稳压器近几年发展非常快,产品型号也比较多,为了方便读者查询电路、明晰原理,本书把线性集成稳压器和开关集成稳压器分开进行论述。

第2章,线性集成稳压器,选编了具有代表性的7800、7900、117/217/317、317/327/337、W2000、W723、W396/496;低压差稳压器MIC2950/MIC2951、MIC29150/MIC29300、MIC5157、MIC5158等实用电路200多例。

第3章,开关集成稳压器电源,选编了三端引出式TOP100/200、TOP209/210、WS157/167;四端引出式TNY253/255、TNY256、TNY264/268;多端引出式CW4960/4962、W4970;程控稳压电源LIC1709、CS5157;多路输出集成稳压器LTC1896、MAX742/743、MAX716及其他型号的升压、降压、极性转换、正激、反激、半桥、全桥各种实用电路100多例。

第4章,交流稳压电源。交流稳压电源是稳压电源电路中一个重要组成部分。本书比较系统地讲述了各种交流稳压电源的基本原理和典型电路,选编了50多例实用电路。

《新编常用稳压电源电路》所选编的电路,既注明了主要技术指标,又给出了电路中的各种元器件的参数,还对一些典型电路的特点和工作原理做了比较详细的分析和论述。这对读者选用电路和制作电源是非常有益的。

本书由王增福、李昶、魏永明编著,参加本书编写的还有王春祥、陈步亮、张秀庭、李然、范斌、张再鸣、李树鹏、曲学基、王清泉、许京春、王月明、和平、胜利、金亮、周桂荣等。

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 开关稳压电源	1
1.1 晶体管开关稳压电源	1
1.2 VMOS 管开关稳压电源	2
1.3 可控硅开关稳压电源	4
1.4 自激式振荡开关稳压电源	6
1.5 他激式振荡开关稳压电源	9
1.6 脉冲调宽式开关稳压电源	11
1.7 频率调制式开关稳压电源	12
1.8 调宽、调频混合式开关稳压电源	15
1.9 不隔离开关稳压电源	19
1.10 隔离开关稳压电源	21
1.11 低压开关稳压电源	25
1.12 高压开关稳压电源	27
1.13 降压式斩波型开关稳压电源	27
1.14 升压式斩波型开关稳压电源	29
1.15 极性变换式斩波型开关稳压电源	30
1.16 振铃扼流式开关稳压电源	31
1.17 单端反激式开关稳压电源	35
1.18 单端正激式开关稳压电源	38
1.19 推挽式变换电路开关稳压电源	40
1.20 半桥变换器式开关稳压电源	42
1.21 全桥变换式开关稳压电源	44
1.22 软开关技术——谐振式开关稳压电源	46
1.23 零电压转换(ZVT)软开关稳压电源	48
1.24 零电流转换(ZCT)软开关稳压电源	51
1.25 600W 零电压转换开关稳压电源	51
1.26 600W 零电流转换开关稳压电源	52
1.27 2000W 全桥软开关直流稳压电源	53
第 2 章 线性集成稳压器电源	63
2.1 三端固定正输出电压的集成稳压器——7800 系列组成的各种电源	63
2.1.1 固定正、负输出的稳压电源	63
2.1.2 高输入/高输出集成稳压电源	64
2.1.3 可调输出的集成稳压电源	66
2.1.4 大电流输出的集成稳压电源	68
2.1.5 恒流源电路	69
2.1.6 开关式集成稳压电源	70

2.1.7	跟踪式集成稳压电源	71
2.1.8	可控式集成稳压电源	71
2.1.9	三端固定输出集成稳压器的其他应用	72
2.2	三端固定负输出电压的集成稳压器——7900 系列组成的各种电源	74
2.3	三端可调正输出电压的集成稳压器——CW117/CW217/CW317 系列组成的各种电源	77
2.3.1	可调集成稳压电源的标准电路	78
2.3.2	从零伏开始连续可调的集成稳压电源	80
2.3.3	大电流、可调集成稳压电源	80
2.3.4	高输出电压集成稳压电源	82
2.3.5	开关式集成稳压电源	83
2.3.6	跟踪式集成稳压电源	85
2.3.7	逻辑控制集成稳压电源	86
2.3.8	多路集中控制集成稳压电源	86
2.3.9	慢启动集成稳压电源	87
2.3.10	恒流源	87
2.3.11	恒压/恒流电源	88
2.3.12	充电器电路	89
2.3.13	功率跟随器和高增益放大器	89
2.3.14	交流峰值削波电路	89
2.4	三端可调负输出电压集成稳压器——CW137/CW237/CW337 系列组成的各种电源	90
2.5	多端可调输出电压集成稳压器——CW200 及 BG602 组成的各种电源	93
2.5.1	标准应用电路	93
2.5.2	负输出电压集成稳压电源	94
2.5.3	高稳定度集成稳压电源	94
2.5.4	减小输出纹波电压的电路	94
2.5.5	大电流集成稳压电源	95
2.5.6	高输入电压集成稳压电源	96
2.5.7	高输出电压集成稳压电源	97
2.5.8	正、负输出电压集成稳压电源	98
2.5.9	跟踪式集成稳压电源	99
2.5.10	开关式集成稳压电源	100
2.5.11	逻辑控制集成稳压电源	102
2.5.12	恒流源	102
2.5.13	充电器电路	103
2.5.14	慢启动集成稳压电源	103
2.6	多端正固定输出电压 W723 集成稳压器实用电路	104
2.6.1	正固定输出电压 W723 集成稳压器	104
2.6.2	直流稳压器电路	104
2.6.3	低电压输出的应用电路	105
2.6.4	低电压并带有限流功能的扩流应用电路	106

2.6.5	高压限流型保护应用电路	106
2.6.6	高压限流型扩大输出电流的应用电路	107
2.6.7	输出负电压的应用电路	108
2.6.8	输出电压和电流均可调的应用电路	108
2.6.9	可控型应用电路	108
2.6.10	开关稳压器应用电路	110
2.6.11	开关式恒流源应用电路	110
2.7	W396/W496 大电流输出三端可调节电压集成稳压器实用电路	111
2.7.1	W396/W496 组成的输出电压可调的应用电路	111
2.7.2	W396— $\times\times$ /W496— $\times\times$ 构成的输出电压固定的直流稳压器电路	112
2.7.3	W396/W496 与外加 TL431 构成的稳压器应用电路(一)	112
2.7.4	W396/W496 与外加 TL431 构成的稳压器应用电路(二)	113
2.8	正负电压双输出集成线性稳压器实用电路	113
2.8.1	LW80L $\times\times$ 系列固定输出正负电压双输出集成稳压器实用电路	113
2.8.2	LW80M $\times\times$ 实用电路	113
2.8.3	LW80A $\times\times$ 实用电路	114
2.9	低压差线性集成稳压器实用电路	114
2.9.1	MIC2950/MIC2951	114
2.9.2	MIC29150/MIC29300/MIC29500/MIC29750 和 MIC29151/MIC29301 实用电路	120
2.10	低压差线性稳压控制器实用电路	130
2.10.1	MIC5157 实用电路	130
2.10.2	MIC5158 实用电路	134
第3章	开关集成稳压器电源	141
3.1	三端引出式单片开关集成稳压器实用电路	141
3.1.1	由 TOP221P 构成的 +5V、+12V 双路输出 4W 反激式开关稳压电源	141
3.1.2	由 TOP227Y 构成的 +5V、+12V 双路输出 150W 反激式开关稳压电源	142
3.1.3	由 TOP224P 构成的 +12V、20W 开关直流稳压电源	144
3.1.4	由 TOP214Y 构成的 15V、2A 恒压/恒流型开关电源	145
3.1.5	由 TOP202Y 构成的 12V、1.3A 截流型开关电源	145
3.1.6	由 TOP202Y 构成的 15V、1A 恒功率型直流开关电源	146
3.1.7	由 TOP224Y 构成的 15V、2A 输出的直流开关电源	147
3.1.8	由 TOP414G 构成的 5V、2A 输出的隔离式开关电源	148
3.1.9	由 TOP223Y 构成的 5V/3A、3.3V/0.1A 双路输出开关直流稳压电源	149
3.1.10	由 TOP100Y 构成的 +5V、1A 输出的反激式直流开关稳压电源	150
3.1.11	由 TOP101Y 构成的 +7.5V、2A 输出的开关直流稳压电源	150
3.1.12	由 TOP102Y 构成的 +15V、2A 开关直流稳压电路	151
3.1.13	由 WS157 构成的 +12V、0.5V 单片开关稳压电源	152
3.1.14	由 WS157 构成的 +5V、1.6A 精密开关稳压电源	152
3.2	四端引出式单片开关集成稳压器实用电路	153
3.2.1	由 TNY253P 构成的 5V、0.26A 开关稳压电源	153

3.2.2	由 TNY255P 构成的 5V、2A 开关稳压电源	154
3.2.3	由 TNY254P 构成的 +6.7V、0.56A 开关电源	154
3.2.4	由 TNY253P 构成的 9V、55mA AC/DC 变换器	155
3.2.5	由 TOP234Y 构成的 12V、2.5A 开关电源	155
3.2.6	由 TOP232Y 构成的 5V、2A、3.3V、2A、15V、30mA 3 路输出开关电源	156
3.2.7	由 TOP233Y 构成的 5 路输出开关电源	157
3.3	多端引出式单片开关集成稳压器 CW4962/CW4960 实用电路	158
3.3.1	典型应用电路	159
3.3.2	0~30V 输出连续可调的开关电源	163
3.3.3	+5V/1.5A、-12V/100mA 双输出开关电源	164
3.3.4	多个 CW4962/CW4960 的同步工作	164
3.3.5	采用 CW4962/CW4960 作高效前置稳压的应用电路	164
3.3.6	扩展输出电流的应用电路	166
3.3.7	扩展输入电压范围的应用电路	166
3.3.8	升压型应用电路	169
3.4	多端引出式 L4970A 系列开关集成稳压器实用电路	171
3.4.1	典型应用电路	171
3.4.2	构成 5.1V/10A 稳压器的应用电路	172
3.4.3	构成(0~25)V/10A 稳压器的应用电路	173
3.4.4	构成多片开关稳压器的同步工作电路的应用电路	174
3.4.5	构成两路同步输出开关稳压器的应用电路	174
3.4.6	构成升压型稳压器的应用电路	174
3.5	多路输出开关集成稳压器实用电路	176
3.5.1	双路输出开关集成稳压器 LTC1628-SYNC 实用电路	176
3.5.2	三路输出开关集成稳压器 LTC1876 实用电路	178
3.5.3	双输出开关集成稳压器 MAX742/MAX743 实用电路	178
3.5.4	7 路输出的 MAX716 集成稳压器实用电路	179
3.6	程控稳压电源	181
3.6.1	工作原理	181
3.6.2	传统的程控电源	182
3.6.3	数字式程控电源	183
3.6.4	KBC-II 型可编程电源	187
3.6.5	7520DAC 构成的程控电流源	188
3.6.6	0~9.99V 程控稳压电源	189
3.6.7	5 位编码程控开关集成稳压器 LTC1709 实用电路	191
3.6.8	5 位编码程控开关集成稳压器 CS5157H 实用电路	194
3.6.9	4 位编码程控开关集成稳压器 CS5150H 实用电路	198
3.7	其他集成开关电源实用电路	201
3.7.1	由 MAX1822 构成的多通道负载开关电路	201
3.7.2	由 MAX1802 构成的多路输出数码相机电源	201

3.7.3	由 LM2622 构成的三输出开关电源电路	203
3.7.4	由 LM2641 构成的四输出电源电路	203
3.7.5	由 CS3843 和 CS5101 构成的 5V/3.3V 开关稳压电源	203
3.7.6	由 CS51227 构成的输出为 28V/5A 的直流稳压电源	206
3.7.7	由 MC44605P、MC44603P 构成的多路输出操纵台电源	206
3.7.8	由 MC33363/33364 构成的直流稳压电源	206
3.7.9	由 CS3842A 构成的多输出直流稳压电源	206
3.7.10	由 CW1524/2524/3524 系列构成的开关稳压电源	209
3.7.11	由 CW1840/1842 系列构成的开关稳压电源	215
第 4 章	交流稳压电源	221
4.1	磁饱和和交流稳压电源	221
4.1.1	电磁稳压器	221
4.1.2	稳压变压器	225
4.1.3	简易磁饱和和交流稳压电源	226
4.2	电子交流稳压器	227
4.2.1	工作原理	227
4.2.2	614 系列交流稳压器电路	230
4.3	调压器交流稳压电源	237
4.3.1	200W 自动调压式交流稳压电源	237
4.3.2	晶体管交流调压器电路	238
4.3.3	可控硅交流稳压器电路	239
4.3.4	双向可控硅交流稳压器	240
4.3.5	500W 家用交流调压器	240
4.3.6	全自动交流稳压电源	241
4.3.7	全自动交流调压器	242
4.3.8	1000W 自动调压交流稳压电源	244
4.3.9	由集成电路和双向可控硅构成的自动调压式稳压电源	245
4.3.10	330W 交流稳压电源	246
4.3.11	110~380V 交流自动稳压电源	248
4.3.12	自动延时降压启动稳压电源	250
4.3.13	自动稳压电源	251
4.3.14	声控交流调压器	252
4.3.15	TXD1742 连续调节的全自动交流稳压器	253

第 1 章 开关稳压电源

1.1 晶体管开关稳压电源

晶体管开关稳压电源应用得比较普遍,如图 1-1 所示即是一个具体的电路实例。图中,变压器 T、二极管 $VD_1 \sim VD_4$ 和电容器 C_5 组成整流滤波电路;电阻 R_7 、 R_8 和电位器 R_9 串联组成取样电路;晶体管 VT_4 作为误差放大器;晶体管 VT_2 、 VT_3 复合组成开关调整器; VT_1 是脉宽调整管; VT_1 、 VT_2 、 VT_3 与 R_3 、 C_8 又组成自激振荡电路;电阻 R_6 和稳压二极管 VD_6 组成基准电压源; VD_5 是续流二极管; L 是储能电感; VD_5 、 L 与 C_{12} 组成输出滤波器; R_5 和 C_{10} 组成的回路,可以使续流二极管 VD_5 具有较好的恢复特性。

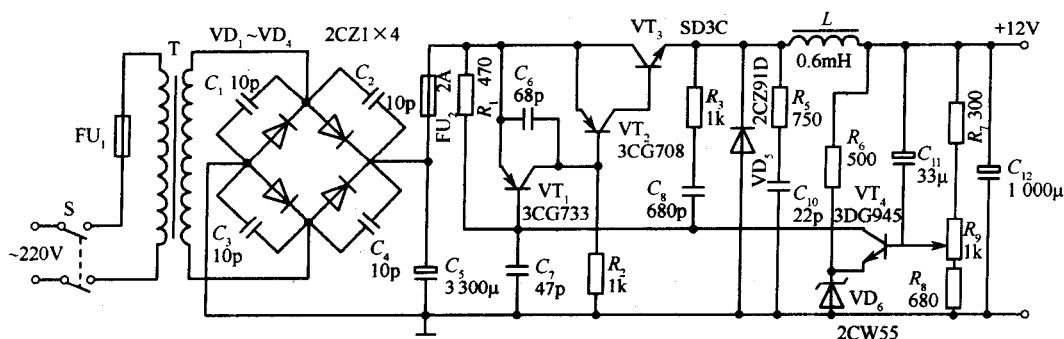


图 1-1 晶体管开关稳压电源电路

当交流电网电源开关 S 接通后,桥式整流器输出直流电压。其正端与 VT_2 管发射极相接,负端经电阻 R_2 给 VT_2 管基极提供偏压,使复合开关调整管饱和导通。输出电流经过储能电感 L 时,产生左正、右负的感应电势。此时, VT_3 管发射极处于高电位,续流二极管 VD_5 截止,输出电流供给负载,同时对电容 C_{12} 充电,当电压升高到一定程度时,误差放大器 VT_4 开始工作。

误差放大器 VT_4 工作后,开关调整管的输出电流即向电容器 C_8 充电,电容器 C_8 上的电压为上正、下负。当 C_8 充电至一定程度时,晶体管 VT_1 饱和导通。其管压降 U_{ce1} 很小。 VT_2 基极电位升高,迫使复合开关管 VT_2 、 VT_3 截止。这时,储能电感 L 上的电流已上升到最大值。但由于开关管的关断,将使 L 上的电流减小,这个变化的电流在 L 上产生的感应电势为左负、右正,将阻止电流减小,同时使续流二极管 VD_5 导通, L 上的能量便通过 VD_5 与负载构成通路,使之继续向负载供电。当 L 向负载提供的电压低于 C_{12} 两端电压时, C_{12} 便补充供电,以补充 L 释放电能的不足,使输出电压保持为平滑的直流。

一旦开关管 VT_3 进入截止状态时, C_8 便从充电状态转为放电状态,进而发展到反向充电状态, C_8 上的电压上负、下正。当反向充电达到一定程度时, VT_1 由于其基极电位升高而截止。复合开关管由于 VT_2 基极重新获得低电位而导通,自激振荡便如此循环下去。其振荡频率主要由电阻 R_3 和电容 C_8 决定。

由于某种原因使输出电压上升时,经取样电路给误差放大管 VT_4 基极提供的电位升高,使其集电极电流增大,管压降 U_{ce4} 减小,从而加速对 C_8 的充电。 C_8 两端电压迅速升高, VT_4 集电极电位迅速降低,使脉冲宽度调制管 VT_1 很快从截止转为导通,并增加了导通时间。而复合开关管 VT_2 、 VT_3 则相应地延长了截止时间,使输出的脉冲宽度变窄,使已升高的输出电压又降了下来。

反之,当输出电压下降时,其调节过程相同,方向相反,把下降的输出电压又升起来,从而保持输出电压的稳定。

晶体管在多种类型的开关电源中都可以作为开关调整器件,为了简单起见,在此就不一一列举了。

1.2 VMOS 管开关稳压电源

1. VMOS 管开关稳压电源之一

图 1-2 是一个用 VMOS 管作为开关器件的稳压电源电路。图中, VT_5 是 VMOS 功率晶体管,是本电源开关调整器件; L_1 为储能电感; VD_3 为续流二极管; VT_3 为场效应管,作为 VT_1 、 VT_2 的恒流源,给它们的发射极提供 1mA 的恒定电流; C_1 为输入滤波电容; C_5 、 C_6 、 C_7 为输出滤波电容。

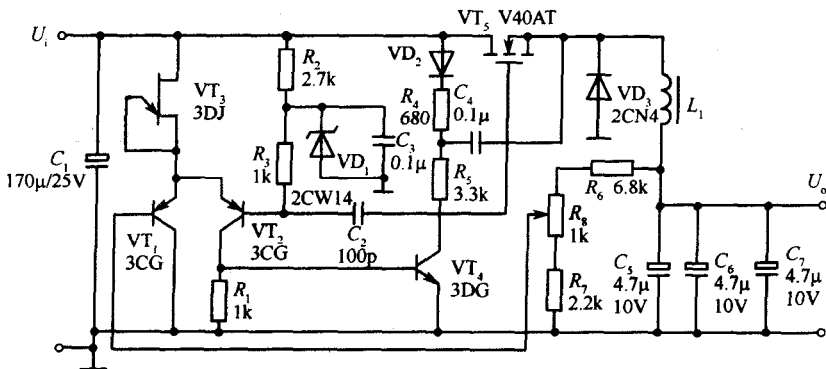


图 1-2 VMOS 管开关稳压电源应用电路之一

VT_1 、 VT_2 哪个管先导通,取决于两管基极的相对电压。如果 VT_1 基极电位低于 VT_2 的基极电位,则 VT_1 导通、 VT_2 截止;如果相反,则 VT_1 截止、 VT_2 导通。 VT_2 的基极电位由电阻 R_2 、 R_3 和稳压二极管 VD_1 决定,是个常量;而 VT_1 的基极电位则由输出电压经分压电阻 R_6 、 R_7 和电位器 R_8 分压而得,调节电位器 R_8 可改变输出电压。

为了减小开关调整管 VT_5 的功耗,提高其翻转速度,电路采用了由 R_5 、 C_4 组成的自举网络。该网络在 VT_5 截止时,源极电位为 0V,输入电压通过二极管 VD_2 、电阻 R_4 给 C_4 充电,使 C_4 上的电压接近于输入电压。 VT_5 导通后,源极电位升高,由于电容 C_4 上充有电压,使二极管 VD_2 截止,此时 R_5 上的电压接近于输入电压的 2 倍,使 VT_5 导通更迅速。此时即使输入电压比较低,电路也能可靠翻转。 C_2 、 C_3 的作用是使 VT_1 、 VT_2 能迅速翻转,以提高开关速度。

由于某种原因引起输出电压 U_o 升高时, VT_1 的基极电位便随之上升,使 VT_2 导通,并进一步使 VT_4 导通, VT_5 的栅极电位下降而后截止。此时,储能电感 L_1 中的电流下降,导致输

出电压降低。当输出电压低于额定值时,VT₁ 导通、VT₂ 截止,两管发生翻转。因此,VT₃ 由于栅极电位的升高而导通,储能电感 L₁ 中的电流增大,输出电压升高,电路进入下一个循环。也就是说,从此电路进入振荡状态,其振荡频率为 100kHz。

本电源的额定输出电压为 5V,输出电流为 1A,电源效率为 80%,工作频率为 100kHz。

2. VMOS 管开关电源之二

图 1-3 是另外一个 VMOS 管开关稳压电源电路。由于采用了电压比较器 710,因此该电路比前者有所简化。图中,电阻 R₁、R₂、R₃ 和稳压管 VD₁、VD₂ 组成分压稳压电路,从 28V 输入电压中分出 5V、6V 和 18V 三组电压,作为 710 的电源;电阻 R₁₂、R₁₃,电容 C₁₃ 及二极管 VD₆、VD₇ 和晶体管 VT₃ 组成电源软启动电路。在电源接通的瞬间,能使 VMOS 管 VT₁ 的驱动脉冲宽度按指数规律增加。这样当比较器 710 首次关断驱动脉冲时,可防止储能电感 L₁ 的电流过大。当开关管 VT₁ 关断时,开关稳压电源的输出电压还继续上升,这是因为储能电感 L₁ 的电流仍继续对输出滤波电容 C₆~C₁₂ 充电。也就是说,软启动电路使电源刚开始工作时,储能电感 L₁ 上的电流上升速度减慢,防止输出电压发生较大的过冲。当稳压电源进入稳定工作状态以后,软启动电路便不起作用了。

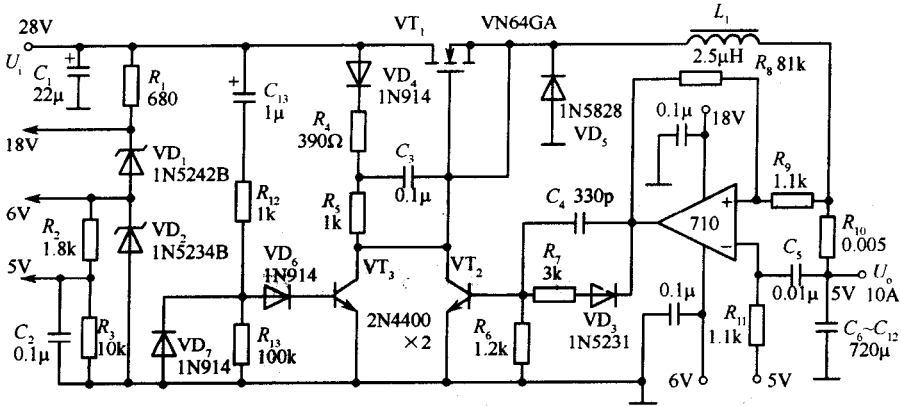


图 1-3 VMOS 管开关稳压电源应用电路之二

本电源的额定直流输出电压为 5V,输出电流为 10A,工作频率为 200kHz。

3. VMOS 管开关电源之三

图 1-4 是以 VMOS 功率场效应管为开关器件,以 TL494 开关集成电路组件为控制电路的推挽开关稳压电源。

图中,TL494 作为电源的控制电路,除了作为振荡源以外,还担负调整和稳定输出电压的任务。其振荡频率主要由外接元件 R₁ 和 C₁ 决定。本电源的开关频率为 100kHz。VD₁、VD₂ 为隔离二极管,工作电压为 33V。T 为输出推挽变压器,其初级中心抽头与直流 12V 输入电源相接。次级接输出桥式整流电路。输出滤波器由扼流圈 L₁ 和滤波电容 C₃ 组成,能对 100kHz 的交流电起到很好的滤波作用。当输出电压升高或降低时,其通过取样分压电阻 R₄、R₅、R₆ 反馈到 TL494 的 1 脚,将其转换为脉冲宽度与输出电压 U_o 相反变化的驱动功率,经过 TL494 的 9 脚、10 脚分别传输给 VMOS 管 VT₁、VT₂,改变其输出脉冲宽度,使输出电压 U_o 保持稳定。

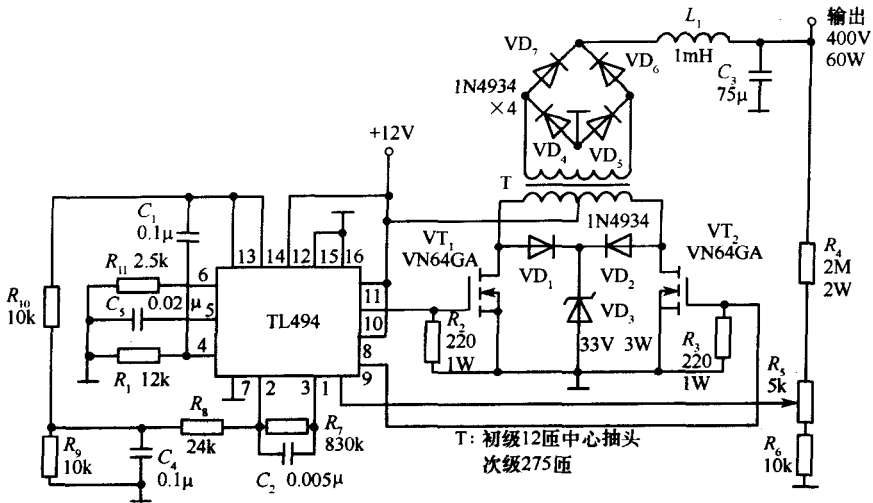


图 1-4 VMOS 管开关稳压电源应用电路之三

本电源的主要技术指标如下：

输入直流电压：12V；

输出直流电压：400V；

输出功率：60W；

噪声和纹波峰-峰值：80mV；

负载调整率：当负载从空载到满载变化时，负载电压变化应不大于 1.25%。

1.3 可控硅开关稳压电源

可控硅直流稳压电源在正常工作时，用很小的控制电流即能控制很大的阳极电流，在交流输入电压每半个周期的始末可控硅都处于开或关的状态，故称为开关稳压电源。

图 1-5 是可控硅纹波触发式开关稳压电源的一个实用电路。它将整流后的纹波加以整形、放大后，去触发可控硅使其导通。当整流电压的瞬时值降到 0V 时，可控硅自动关断，用输出电压的变化控制触发脉冲的前沿，便可实现稳压。

稳压电路主要由晶体管 $VT_1 \sim VT_4$ 、变压器 T、可控硅 SCR_1 等组成。

当接通电源时，整流器输出如波形①所示的脉动直流电压，由 R_2 、 R_3 分压后经 C_6 加到 VT_4 的基极，波形如②所示。 VT_4 将其放大后，集电极输出脉冲经 R_8 对 C_7 充电，形成抬高形锯齿波，经过 R_7 送入 VT_3 的基极，其波形如③所示。与此同时，误差放大器 VT_1 集电极输出的误差电压经 R_{15} 加到 VT_3 的发射极，在两个电压的作用下， VT_3 集电极输出如④所示的 100Hz 方波。该方波电压经过电容 C_{10} 加到 VT_2 基极的方波变为如⑤所示的脉冲波形，经 VT_2 放大后，通过低频脉冲变压器 T 微分，去触发 SCR_1 的控制极。其波形如⑥、⑦所示。

当输出电压发生变化时，取样电路 $R_{18} \sim R_{20}$ 两端的电压也变化，由 VT_1 放大后去调制 VT_3 输出方波的脉冲宽度，即改变脉冲前沿位置，使可控硅 SCR_1 导通时间的长短与输出电压的高、低成反比变化，从而达到稳压的目的。

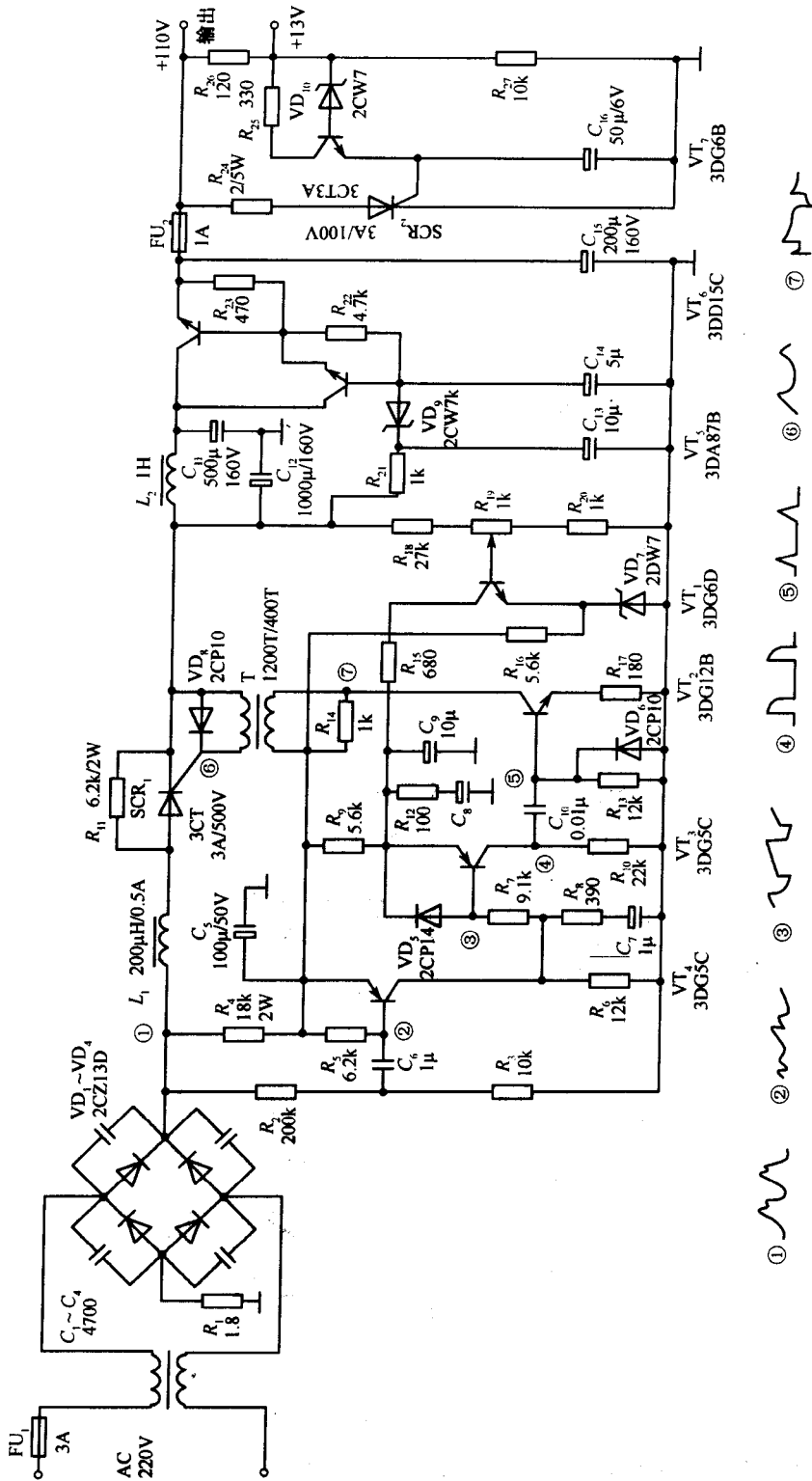


图 1-5 可控硅纹波触发电式开关稳压电源实用电路

为使 VT_4 基极能得到较大的脉冲,在整流器的输出部分加滤波电容。为了保证 $VT_1 \sim VT_4$ 能正常工作,在 R_4 与 R_5 之间加了一只滤波电容 C_5 。

可控硅的输出端有两级输出滤波器。其第一级是由 L_2 、 C_{11} 、 C_{12} 组成的 π 形 LC 滤波器;第二级是由 VT_5 、 VT_6 、 VD_9 、 C_{13} 、 C_{14} 、 R_{22} 、 R_{23} 等组成的有源滤波器。这两级滤波器可使开机瞬间的上冲电压和输出纹波得到有效的抑制。

可控硅 SCR_2 、 VT_7 、 VD_{10} 、 C_{16} 、 $R_{24} \sim R_{27}$ 及保险丝 FU_2 等组成过压保护电路。当输出电压 U 超过限额值时,由分压电阻 R_{26} 、 R_{27} 分压并通过 VD_{10} 、 VT_7 给可控硅控制极提供足够的触发电压,使 SCR_2 导通,造成保险丝 FU_2 熔断,保护负载免遭损坏。

本电源的输出电压为 110V,输出电流为 1A。

1.4 自激式振荡开关稳压电源

1. 自激开关稳压电源之一

图 1-6 是一个自激式开关稳压电源电路,由开关功率管 VT_2 、脉宽调制管 VT_3 、误差放大管 VT_4 、过流保护可控硅开关 VT_1 和脉冲变压器 T_1 等组成。其中开关功率管 VT_2 兼做间歇振荡管。

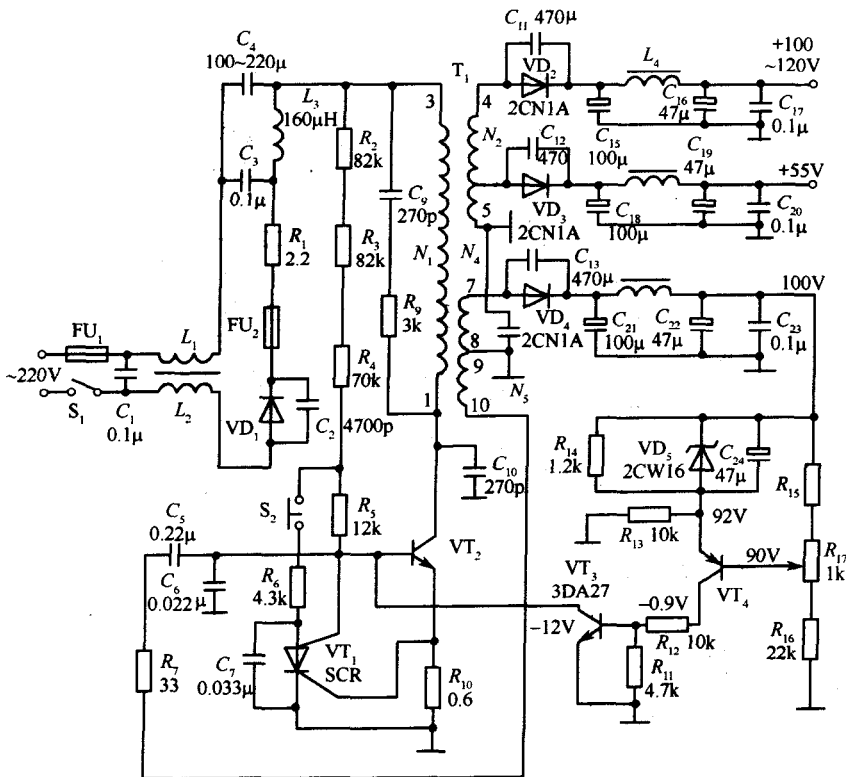


图 1-6 自激式开关稳压电源电路之一

VT_2 、 T_1 、 $R_2 \sim R_5$ 等构成变形间歇振荡器。接通电源后,整流器输出的直流高压经过 $R_2 \sim R_5$ 降压后给 VT_2 基极提供一个适当的正偏压,使其导通。其集电极电流 I_{c2} 通过初级线圈 N_1 ,在其两端产生上正、下负的感应电压,并通过 T_1 耦合到次级反馈线圈 N_5 。 N_5 两端感

应电压的极性刚好使 VT_2 的基极为正,致使 I_{c2} 增大。可见,这是正反馈的过程, VT_2 便迅速进入饱和导通状态。此时,基极便失去控制作用,间歇振荡器相对进入稳定阶段。电容器 C_5 两端的充电电压为左正、右负,与 N_5 反馈电压的极性相反。所以,基极电流 I_{b2} 逐渐减小, VT_2 从饱和区退回到放大区, I_{c2} 减小,使 N_1 感应电动势改变方向, N_5 上电势也改变方向, I_{b2} 急剧下降, I_{c2} 也急剧下降。由于正反馈的作用, VT_2 迅速转为截止状态。这时变压器中的磁能不能立即消失,在集电极回路中感应出较高的电压,与电源电压叠加,使 VT_2 集-射极之间的电压超过输入电压。

当 VT_2 截止时,变压器初级线圈上的电压反向,并且感应到次级。当次级电压升高到一定程度时,输出整流管 VD_2 、 VD_3 、 VD_4 便导通,输出端有输出电压。当 VT_2 再次导通时, N_1 上的电流将线性增加,耦合到次级电压使输出整流二极管反偏而截止。此时输出电压由 LC 滤波电路储存的能量提供。

假如由某种原因造成输出电压下降时,经过稳压二极管 VD_5 加到 VT_4 发射极上的电压也下降,通过 R_{15} 、 R_{17} 、 R_{16} 分压加在 VT_4 基极上的电压也降低。很明显,发射极电压减小量比基极大,故 VT_4 集电极电流减小,在 R_{11} 两端的电压降也减小, VT_3 的基极电压下降,集电极电流 I_{c3} 减小, R_2 、 R_3 、 R_4 、 R_5 上压降减小,开关管 VT_2 基极电位升高,开关管导通时间加长,使输出电压上升,从而保持输出电压的稳定。

由于本电源采用自激工作方式,所以当负载短路时,反馈线圈的反馈电压大幅度降低或降至零,使间歇振荡器停振,电源停止工作,从而自动起到保护作用。但由于发生短路到停止工作需要有一定时间,仍有可能将晶体管损坏,为此必须采用反压和功率足够大的开关管。

本电源还采用了可控硅开关的过流和短路保护电路。当负载发生短路时,开关管 VT_2 的发射极电流大幅度地增大,在检测电阻 R_{10} 两端的电压也大幅度地增大。该电压加在可控硅开关 SCR 的控制极与阴极之间,并使它导通。可控硅开关一旦导通, VT_2 的基极便接地,使开关管立即停止工作,从而起到了保护作用。只要适当地选择检测电阻 R_{10} 的阻值,就可使 VT_2 发射极电流在达到某一限定值时,使 SCR 触发导通,起到过流保护作用。为了快速复位,特设了复位开关 S_2 ,只要按下 S_2 ,SCR 便可迅速恢复到截止状态。

2. 自激式开关稳压电源之二

图 1-7 是一个自激式振荡开关稳压电源电路,包括 $\pm 5V$ 、 $\pm 12V$ 四种输出电压,工作频率为 $100kHz$ 。

VT_3 为开关功率管兼自激振荡管。自激振荡电路还有变压器 T 的 N_1 、 N_4 绕组等。当接通电源后,由 C_5 、 R_2 、 VD_2 、 VD_3 等组成的启动电路,给 VT_3 一个正向偏置,使之产生一个初始集电极电流,从此便开始自激振荡。

C_5 、 R_2 、 R_3 、 VD_2 为半波整流电路,对市电整流后,输出一个对 D 点为负的电压。该电压经 R_{13} 加到 VT_3 的发射极,以提高 VT_3 的正偏。为了保持 VT_3 有足够大的正偏,在其发射极接有能被负压截止的二极管 VD_4 。整流器 $VD_{1a} \sim VD_{1d}$ 输出的高压经 N_1 加到 VT_3 的集电极。 N_4 为正反馈绕组,从初级绕组 N_1 获得反馈电流通过 R_{11} 注入 VT_3 的基极,形成自激振荡。在 VT_3 截止期间, N_2 和 VD_3 把多余的能量回馈给电源;同时, VD_3 具有阻尼高次自由振荡和保护 VT_3 免受高电压冲击的双重作用。

变压器的次级绕组 N_3 为取样绕组,当输入电压 U_i 或输出电压 U_o 发生变化时, N_3 上的电压也随之变化。该电压经 VD_8 整流、 C_7 滤波、稳压管 VD_5 降压输出 $1V$ 左右的误差信号,

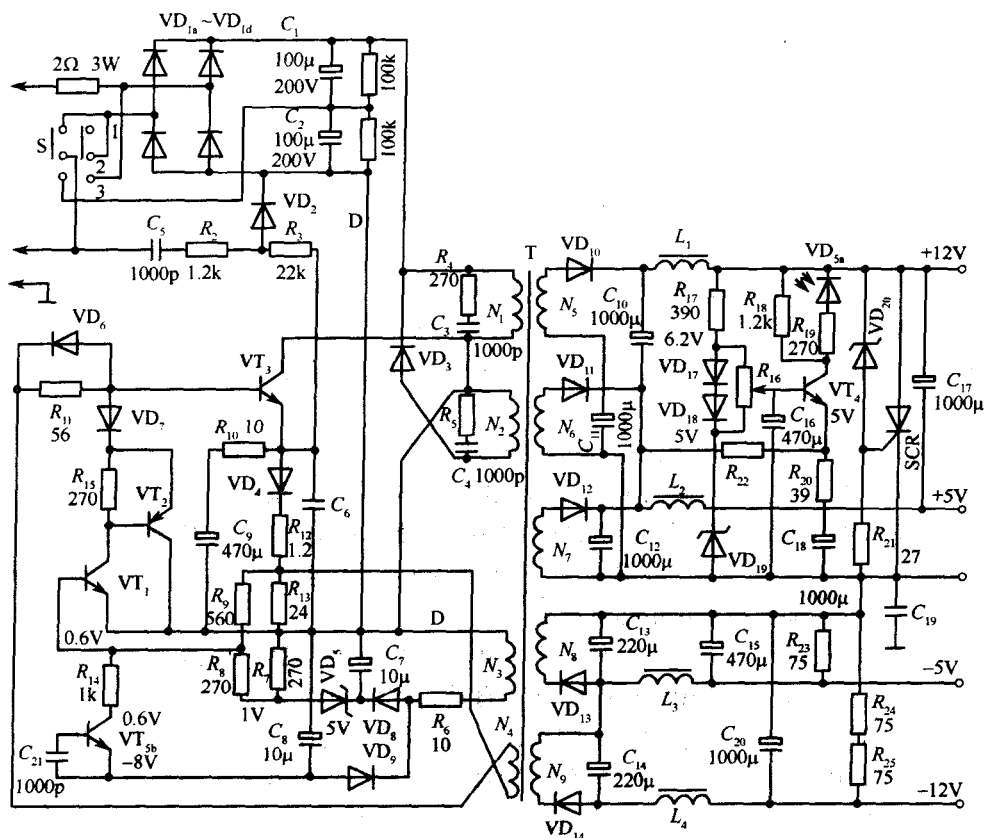


图 1-7 自激式开关稳压电源电路之二

经 R_8 加到 VT_1 的基极。其极性为正偏。 VT_1 、 VT_2 的内阻随 VT_1 基极的偏置变化而变化。当 N_3 上电压下降时， VT_1 的正偏减小， VT_1 、 VT_2 的内阻增大，对 VT_3 基极的分流作用减小，使 VT_3 输出脉冲的占空比增大，输出电压 U_o 升高。

VT_4 的集电极与光电耦合器的发光二极管 VD_{5a} 相接， VT_4 的基极与稳压管 VD_{19} 起稳压作用的 VD_{17} 、 VD_{18} 、电位器 R_{16} 等组成的基准电压电路相接。如果 5V 输出电压下降时， U_{be4} 便随 U_o 的下降而升高， VT_4 的集电极电流增加，发光二极管 VD_{5a} 发光强度增大，光电耦合器的光敏三极管 VT_{5b} 受光照导通，电流增大，从而使 VT_1 基极的正偏减小， VT_1 、 VT_2 的内阻增大，对 VT_3 基极的分流作用减小， VT_3 输出脉冲的占空比增大，输出电压 U_o 升高，从而使输出电压保持稳定。

电阻 R_{12} 、 R_{13} 为过流检测电阻。当 VT_3 发射极电流过大时， R_{12} 、 R_{13} 上的压降也增大， R_{12} 上的压降通过线圈 N_4 、 R_{11} 使 VT_3 的基极电位下降； R_{13} 上的压降则增加了 VT_1 的正偏，使 VT_1 、 VT_2 对 VT_3 基极的分流作用增大。二者同时作用于 VT_3 的基极，把 VT_3 发射极电流限制在允许值以下，确保 VT_3 不被过流损坏。

稳压二极管 VD_{20} 、电阻 R_{21} 、可控硅 SCR 组成过压保护电路。当 12V 电压超过限定值时， VD_{20} 被击穿，电阻 R_{21} 上的压降达到可控硅 SCR 触发门限电压。SCR 导通把 12V 短路，变压器各绕组的电压立即下降， VT_3 因 N_4 反馈量不足而停振，电源全部停止工作，从而使负载得到保护。