

十七类彩色电视机 电源电路检修方法与实例

本书编写组 编

中国广播电视出版社

62
93

十七类彩色电视机 电源电路检修方法与实例

本书编写组编

中国广播电视出版社

(京)新登字097号

**十七美彩色电视机电源电路
检修方法与实例**

本书编写组编

中国广播电视出版社出版

(北京复外广播电影电视部灰楼 邮政编码100866)

北京密云卫新印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

787×1092毫米 16开 12.5印张 320(千)字

1991年11月第1版 1991年11月第1次印刷

印数: 1—7400册 定价: 7.80元

ISBN 7-5043-1140-5/TN·123

前 言

近年来,随着人民生活水平的不断提高,以及我国电视广播事业日新月异,彩色电视机越来越多地普及到城市及农村的千家万户。随着时间的发展,彩色电视机的维修问题也就愈发突出,但是由于技术力量的不足,修理中所需元器件短缺和实用资料的缺乏,给维修工作带来了很大的困难。

在维修彩色电视机中,许多人总感到开关电源电路故障最难修,况且,电源故障几乎占目前待维修彩色电视机中的60%~70%。

为什么如此常见的故障反而成了维修的难点呢?主要原因是彩色电视机种类繁多,其开关电源在工作原理上与传统的串联线性稳压电源相差甚大,加上电路互相牵制,并配有短路、过流过压等保护电路,增加了电路复杂性,给分析故障带来困难。特别是许多无线电爱好者,以及初学者在实践中拿到一台机器不知如何下手,甚至观察很长时间也无进展,不小心反而损坏其他元器件,使故障进一步扩大,造成不必要的经济损失。而且往往损坏的都是比较昂贵的器件,如电源厚膜电路、电源管及行输出管等,使许多维修人员骑虎难下,显得非常被动。

针对上述这种现象,我们参考了近年来发表在国内各种报刊、杂志、书籍,以及各厂家的维修资料,整理编写出此书。编写此书的目的是使广大维修人员和初学者在维修过程中有一部比较完整系统的参考资料,免去大量翻书查找之麻烦,并少走弯路,加快维修速度,减少经济损失。

由于我们水平及条件有限,难免有错误和不妥之处,希望能够得到广大读者的帮助与指正。同时对本书中引用资料的原作者一并表示感谢!

编 者

内 容 简 介

本书着重讨论各类彩色电视机中开关电源的维修问题。书中将目前常见的几百种进口国产彩色电视机按其机芯形式分为十七类（参见附录1），分别论述其电源部分工作原理，直接给出检修流程及方法，并对其常见故障列举了检修实例。

为帮助初学者掌握彩色电视机开关电源基本原理，书中第一章介绍了开关电源的特点、分类、一般工作原理和定性检查方法。

书末附录了彩色电视机开关电源中的厚膜电路资料及所用晶体管的参数，新旧晶体管的代换等。

本书适合彩色电视机修理人员以及广大的无线电爱好者阅读。

目 录

第一章 彩色电视机开关型稳压电源故障检修基础	(1)
第一节 彩色电视机开关电源的特点与分类.....	(1)
(一) 开关型稳压电源的特点.....	(1)
(二) 开关型稳压电源的分类.....	(1)
第二节 彩色电视机开关稳压电源电路的工作原理.....	(4)
(一) 脉冲变压器耦合并联型开关输出电路.....	(4)
(二) 串联型开关输出电路.....	(7)
(三) 无脉冲变压器的并联型开关稳压电路.....	(11)
第三节 彩色电视机开关稳压电源电路的定性检查.....	(14)
(一) 脉冲变压器式开关稳压电路的定性检查.....	(14)
(二) 串联型开关稳压电路的定性检查.....	(19)
第四节 彩色电视机开关稳压电源电路的检修.....	(25)
(一) 开关稳压电源各部分电路故障及其症状.....	(25)
(二) 开关稳压电源电路的检修程序.....	(26)
(三) 开关稳压电源电路故障的检查方法.....	(27)
(四) 检修开关电源电路的两种保护方法.....	(30)
(五) 手动调压法检修开关稳压电源电路.....	(30)
(六) 检修开关稳压电源应注意的几个问题.....	(31)
(七) 如何判别彩色电视机用PTC消磁热敏电阻的好坏.....	(33)
第二章 十七类机芯电源电路的原理与检修	(34)
第一节 松下M11机芯电源电路.....	(34)
(一) 电路特点.....	(34)
(二) 电路工作原理.....	(34)
(三) 电路故障检修.....	(37)
(四) 检修实例.....	(38)
第二节 日立NP8C机芯电源电路.....	(42)
(一) 电路特点.....	(42)
(二) 电路工作原理.....	(42)
(三) 电路故障检修.....	(50)
(四) 检修实例.....	(52)
第三节 日立NP82C机芯电源电路.....	(52)
(一) 电路特点.....	(56)
(二) 电路工作原理.....	(58)
(三) 电路故障检修.....	(61)
(四) 检修实例.....	(63)
第四节 东芝X-53P机芯电源电路.....	(66)
(一) 电路特点.....	(66)

(二) 电路工作原理·····	(66)
(三) 电路故障检修·····	(69)
(四) 检修实例·····	(70)
第五节 东芝X-56P机芯电源电路·····	(70)
(一) 电路特点·····	(70)
(二) 电路工作原理·····	(70)
(三) 电路故障检修·····	(77)
(四) 检修实例·····	(78)
第六节 东芝L851机芯电源电路·····	(81)
(一) 电路特点·····	(81)
(二) 电路工作原理·····	(81)
(三) 电路故障检修·····	(83)
(四) 检修实例·····	(84)
第七节 夏普NC-I机芯电源电路·····	(85)
(一) 电路特点·····	(85)
(二) 电路工作原理·····	(85)
(三) 电路故障检修·····	(87)
(四) 检修实例·····	(89)
第八节 夏普NC-II T机芯电源电路·····	(92)
(一) 电路特点·····	(92)
(二) 电路工作原理·····	(92)
(三) 电路故障检修·····	(95)
(四) 检修实例·····	(96)
第九节 索尼XE-3机芯电源电路·····	(99)
(一) 电路特点·····	(99)
(二) 电路工作原理·····	(99)
(三) 电路故障检修·····	(103)
(四) 检修实例·····	(104)
第十节 三洋83P机芯电源电路·····	(106)
(一) 电路特点·····	(106)
(二) 电路工作原理·····	(106)
(三) 电路故障检修·····	(110)
(四) 检修实例·····	(112)
第十一节 胜利JVC7175P机芯电源电路·····	(115)
(一) 电路特点·····	(115)
(二) 电路工作原理·····	(116)
(三) 电路故障检修·····	(122)
(四) 检修实例·····	(124)
第十二节 日电CT1402PD机芯电源电路·····	(127)
(一) 电路特点·····	(127)

(二) 电路工作原理.....	(127)
(三) 电路故障检修.....	(128)
(四) 检修实例.....	(128)
第十三节 佳丽彩EC-206D机芯电源电路.....	(129)
(一) 电路特点.....	(129)
(二) 电路工作原理.....	(130)
(三) 电路故障检修.....	(133)
(四) 检修实例.....	(134)
第十四节 飞利浦20CT6050机芯电源电路.....	(137)
(一) 电路特点.....	(137)
(二) 电路工作原理.....	(138)
(三) 电路故障检修.....	(143)
(四) 检修实例.....	(143)
第十五节 汤姆逊TFE5114机芯电源电路.....	(145)
(一) 电路特点.....	(145)
(二) 电路工作原理.....	(145)
(三) 电路故障检修.....	(149)
(四) 检修实例.....	(151)
第十六节 德律风根415机芯电源电路.....	(155)
(一) 电路特点.....	(155)
(二) 电路工作原理.....	(155)
(三) 电路故障检修.....	(163)
(四) 检修实例.....	(166)
第十七节 罗兰士3302机芯电源电路.....	(169)
(一) 电路特点.....	(169)
(二) 电路工作原理.....	(169)
(三) 电路故障检修.....	(171)
(四) 检修实例.....	(173)
附录1 国内外部分彩色电视机统一机芯一览表.....	(175)
附录2 彩色电视机开关电源常用原膜电路资料.....	(184)
附录3 彩色电视机开关电源常用晶体管特性及代换表.....	(188)

第一章 彩色电视机开关型稳压电源故障

检修基础

第一节 彩色电视机开关稳压电源的特点与分类

以往的电视机中通常采用串联型稳压电源,这种稳压电源输出电压是依靠调节串联调整管的集—射之间的压降 U_{ce} 来达到稳压目的。由于调整管工作在放大区,所以管压降较大,而且全部负载电流要通过调整管,因此功率损耗大,效率很低,而且机内温升高。特别在输入电压升高时,多余的电压将全部降在调整管上,容易造成调整管的损坏,可靠性较差。

近年来,开关型稳压电源已逐渐应用在黑白与彩色电视机中,由于开关型稳压电源工作在开关状态,电路功耗小、效率高、温升低,实践证明它比传统的串联型稳压电源有更多的优越性。目前开关型稳压电源已引起人们的普遍重视,在彩电中被普遍采用。

(一) 开关型稳压电源的特点

(1) 效率高:开关型稳压电源的调整晶体管工作在开关状态,因此开关晶体管功率损耗很小,效率可大大提高,其效率通常可达到80~90%左右。

(2) 重量轻:开关稳压电源常采用电网输入的交流电压直接整流,这样就革除了笨重的电源变压器,节省了大量漆包线和硅钢片,使电源的重量约为原来的五分之一,而且体积也大大缩小。

(3) 稳压范围宽:开关型稳压电源在输入交流电压从130V~260V变化时,都能达到良好的稳压,输出电压的变化在2%以下,而且在输入交流电压变化时,始终保持稳压电路的高效率。

(4) 可靠安全:在开关型稳压电路中,具有保护电路,当稳压电路、行扫描输出电路及高压电路出现故障或负载短路时,能自动切断电源,保护功能灵敏可靠。

(5) 滤波电容容量小:稳压电路中的开关晶体管采用行频脉冲作为其开关信号,电源的开关过程对电视图象所造成的干扰可减至最小,而且由于电源开关频率高,滤波电容的容量可大大减小。

(6) 功耗小:由于晶体管工作在开关状态,不需要采用大散热器,机内温升亦低,周围元件不致因长期工作在高温环境而损坏,因此开关型电源能提高整机的可靠性和稳定性。

(二) 开关型稳压电源的分类

(1) 按开关晶体管的连接方式分类:

① 串联型开关稳压电源:串联型开关稳压电源如图1—1所示。开关晶体管串联在输入电压与输出负载之间,正常工作时,从行扫描输出电路反馈来的行频开关脉冲经推动级放大整形,驱动开关晶体管(开关晶体管似一个理想的开关),在推动管脉冲作用下,使输入与输出之间周期性闭合与断开。当晶体管导通时输出端为输入电压 U_i ,在晶体管截止时,输出端为零电压。这样,输入不稳定的直流电压通过开关晶体管后输出周期性脉冲电压,再经过

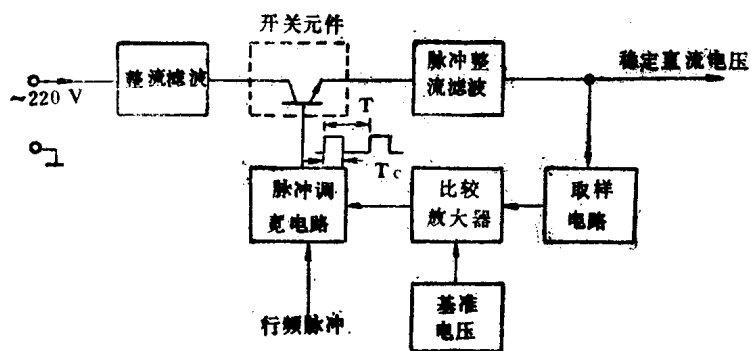


图1—1

滤波后，就取得平均直流电压 E_2 。该输出电压 E_2 与开关晶体管输出脉冲的占空比有关，即

$$E_2 = E_1 \frac{T_c}{T}$$

T_c 是晶体管导通时间， T 是开关周期。

由于输入的交流电压或负载电流变化，会引起输出电压变化，因此可通过取样电路取出其变化量与基准电压比较，其误差电压通过比较放大器放大，控制推动级的输出脉冲宽度（即脉冲的占空比）达到稳定直流输出电压的目的。

②并联型开关稳压电源：并联型开关稳压电源的方框图如图 1-2 所示。开关晶体管与输入电压及输出负载并联，同样采用行频脉冲开关晶体管，其输出电压

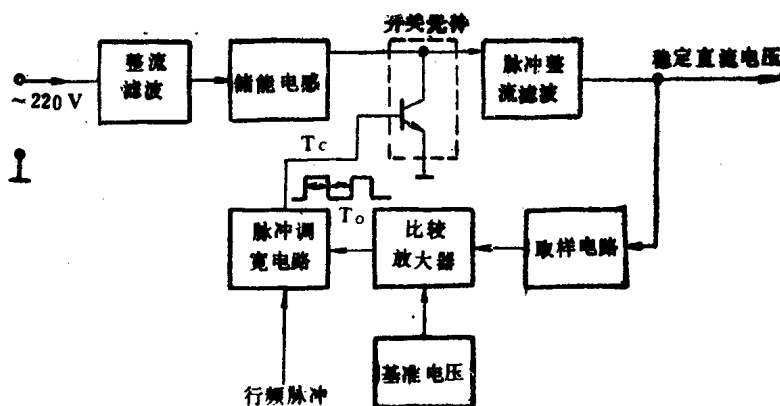


图1—2

$$E_2 = E_1 \frac{(T_c + T_o)}{T_o} = \frac{E_1}{1 - \frac{T_c}{T}}$$

③脉冲变压器耦合并联型开关稳压电源：如图 1-3 所示，开关晶体管与脉冲变压器初级并接在输入端，开关晶体管在行频脉冲控制下，周期性导通截止。其集电极输出脉冲电压通过变压器耦合在次级取得的脉冲电压，经整流滤波后获得直流输出电压 E_2 。同样通过取样与基准电压比较，将其误差电压由比较放大器放大后去控制开关脉冲的占空比，来稳定输出直流电压。

(2) 按开关式稳压电源启动方式分类：

按开关式稳压电源启动形式不同，可分为自激形式开关稳压电源与他激形式开关稳

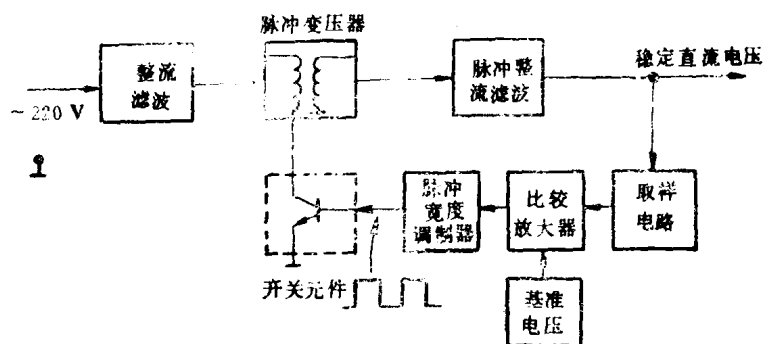


图1—3

压电源。

①他激式开关稳压电源：他激式开关稳压电源电路必须附加一个振荡器，振荡器产生开关脉冲，来开关电源中开关晶体管（振荡器可以是多谐振荡器或其他电路）。让电源电路开关工作而有直流输出电压。在电视机正常工作后，可由行扫描输出电路提供行频脉冲作为电源开关信号。这时振荡器可以停止振荡，所以振荡器只须在开机时工作，来启动开关电路工作。

②自激式开关稳压电源：在自激式开关稳压电源中，利用电源电路中的开关晶体管，高频变压器构成正反馈环路，来完成自激振荡，使开关稳压电源有直流电压输出。电视机正常工作时，自激振荡受行频脉冲的同步，解决了开关电源电路的独立工作能力。即使在行扫描电路发生故障时，电源电路仍能自激振荡，而有直流电压输出，方便了电视机的维修与调整。

(3) 按稳压的控制形式分类：

因开关稳压电路的输出电压与开关晶体管导通截止时间比值有关。

稳压器控制形式有以下几种：

①脉冲宽度调制方式：开关稳压电路输出直流电压 $E_2 = E_1 \frac{T_c}{T}$ ，它正比于开关晶体管的导通时间 T_c ，而反比于开关脉冲的重复周期 T 。当输出电压在不稳定的情况下，可通过取样比较，将误差值放大后去控制脉冲的周期或开关晶体管导通时间 T_c 。这一反馈控制过程可调整输出电压，使之达到稳压的目的。在电视机中，经常采用固定频率（即周期），通过改变脉冲宽度 T_c 来控制输出电压稳定，而开关脉冲频率由行频来锁定。

②频率调制方式：这种方式是通过反馈来控制开关脉冲频率，即周期，使输出电压达到稳定。频率调制方式开关稳压电源在电视机中应用较少。

(4) 按开关管的连接方式分类：

按开关管的连接分类，开关稳压电源可分为单端式、推挽式、半桥式、全桥式四种。单端式仅有一个开关晶体管，推挽式亦半桥式采用两个开关晶体管，全桥式采用四个晶体管。目前电视机开关式稳压电源常采用单端式。

(5) 按输出直流电压值的大小分类：

按输出直流电压值的大小，开关稳压电源可分为升压式、降压式开关稳压电源。

开关式稳压电源虽有不少优点，但电路较复杂，目前不少电视机已将开关稳压电源的稳压控制电路的部分集成化，使开关式稳压电源电路进一步简化，体积缩小，重量减轻，提高可靠性。

第二节 彩色电视机开关稳压电源电路的工作原理

开关输出电路是开关型稳压电源的主要部分，以下分别叙述并联型开关输出电路与串联型开关输出电路基本工作过程。

(一) 脉冲变压器耦合并联型开关输出电路

(1) 电路的组成：

该电路如图 1-4 所示。Q 为开关输出晶体管，B 为脉冲变压器，其铁芯是铁氧体材料，D 为整流二极管，C 是滤波电容， R_L 是负载电阻。因开关晶体管 Q 与输入电压并接，所以称为并联型开关电路。

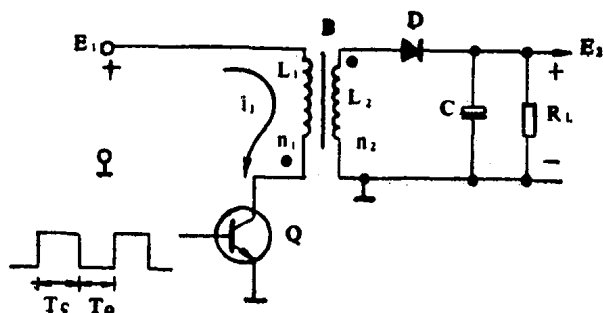


图 1-4

(2) 电路开关工作过程：

该电路的工作过程与行输出电路类似，开关脉冲信号加到晶体管 Q 的基极。当输出脉冲为正极性时，晶体管 Q 饱和导通。假如认为 Q 为理想开关，导通时 $U_{ce}=0$ 。此时输入电压 E_1 加到脉冲变压器初级 L_1 两端，即 $U_{L1}=E_1$ ，电感上的电压方向为上正下负。

$$U_{L1} = L_1 \frac{di_1}{dt} = E_1 \quad \frac{di_1}{dt} = \frac{E_1}{L_1}$$

因此初级线圈 L_1 上电流 i_1 线性上升，即 i_1 为锯齿波电流。此时，脉冲变压器次级的感应电压 U_2 是上负下正，因此二极管 D 截止。当晶体管 Q 基极输入负脉冲时，晶体管 Q 截止，集电极上升为高电位。脉冲变压器次级感应得到上正下负的脉冲，二极管 D 被正向偏置而导通，电容 C 充电，取得输出直流电压 E_2 。

脉冲变压器初级晶体管 Q 与次级的二极管 D 是反极性激励形式，开关晶体管导通时，二极管 D 截止。开关晶体管截止时，二极管 D 导通。

(3) 初次级能量的转换及电压、电流波形：

脉冲变压器在这里可看作储能元件，在开关晶体管 Q 导通时，初级线圈 L_1 电流线性上升，而变压器中磁能随着增加，这一期间脉冲变压器储存能量。当晶体管 Q 截止时，初级线圈电流为零，而此时二极管 D 导通，次级线圈 L_2 电流线性下降，脉冲变压器中储存能量开始释放。

这里需要强调说明一个问题。通常我们有电感线圈中的电流不能跃变的概念。为什么在晶体管 Q 截止时，初级线圈电流能突然变为零呢？这可从能量不能跃变这一概念来理解。因电感中的能量是以磁能形式存在，一般电感只有一个绕组，而变压器有初次级两个绕组。在开关晶体管 Q 从导通变为截止的瞬间，初级线圈电流突变为零。而变压器便将能量转移到次级，这时二极管 D 导通，次级线圈有感应电流产生，次级线圈感应电流产生的磁通与转换瞬间前相同，即保持磁通量不变。开关晶体管 Q 从导通变为截止时间，在忽略变压器的损耗时，脉冲变压器初级能量关系应满足下式：

$$\frac{1}{2} L_1 I_1^2 = \frac{1}{2} L_2 I_2^2$$

$$I_2 = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}} I_1 = \frac{n_1}{n_2} I_1$$

式中, I_1 为开关晶体管Q导通时, 初级线圈 L_1 中锯齿波电流最大值。 I_2 为开关晶体管Q刚截止时, 次级线圈 L_2 中时最大电流。

在这一转换时刻以后, 次级的电流 i_2 是一个线性下降的锯齿波电流。该电流的能源是Q导通时变压器中所储存的能量提供的。此时电容器C充电。在开关晶体管导通, 二极管D截止期间, 脉冲变压器储存能量, 负载所需要的电流, 由电容器C放电来供给。

为了讨论问题方便, 仅讨论电路工作在平衡状态以后的稳态情况。在开关晶体管Q导通时, 变压器储存能量, 能量的增加量为 ΔW_1 。当开关晶体管Q截止时, 二极管导通, 变压器所储存能量消耗了一部分即能量减小 ΔW_2 。平衡状态时, 一周期内储存能量应与消耗能量相等。 $\Delta W_1 = \Delta W_2$

$$\text{因 } \Delta W_2 = \frac{1}{2} L_1 \Delta I_1^2 \quad \Delta W_1 = \frac{1}{2} L_2 \Delta I_2^2$$

ΔI_1 为变压器初级电流增加量, 由于初级电流是线性上升的:

$$E_1 = L_1 \frac{di_1}{dt} = L_1 \frac{\Delta I_1}{\Delta T_1}$$

$$\Delta I_1 = \frac{E_1}{L_1} T_c$$

式中, T_c 为开关晶体管Q导通时间; T_o 为开关晶体管Q截止时间。

同样, 次级电流为线性下降锯齿波

$$\Delta I_2 = \frac{E_2}{L_2} T_o$$

$$\frac{1}{2} L_1 \Delta I_1^2 = \frac{1}{2} L_2 \Delta I_2^2$$

$$\frac{1}{2} L_1 \left(\frac{E_1}{L_1} T_c \right)^2 = \frac{1}{2} L_2 \left(\frac{E_2}{L_2} T_o \right)^2$$

$$E_2 = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} \frac{T_c}{T_o} E_1, \text{ 因 } \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} = \frac{n_2}{n_1}$$

n_2 —脉冲变压器次级匝数; n_1 —脉冲变压器初次匝数。

$$E_2 = \frac{n_2}{n_1} E_1, \quad \frac{T_c}{T_o} = 1$$

在开关输出电路中, 输出电压 E_2 与输入电压 E_1 成正比, 与变压器匝数比 $\frac{n_1}{n_2}$ 成正比。同时与开关晶体管导通时间, 截止时间比值 T_c/T_o 成正比。因电视机开关型稳压电源受行频同

步, 周期 $T = T_c + T_o = 64\mu S$, 是固定不变的。输出电压 E_2 可以通过控制 T_c/T_o 比值来调整。在频率及周期不变时, 只要改变脉冲宽度 T_c 或 T_o 即可。当 T_c 增加时, 输出电压增加。当截止时间 T_o 增加时, 输出电压减少。

开关晶体管集电极电压、电流及变压器次级电压, 电流波形如图1—5所示。晶体管基极输入正脉冲时, 开关晶体管导通, 集电极电压 U_c 近似为零, 集电极电流 i_c 线性上升。图中的 i_c

c 起始点为 I_1' (不是从零

开始), 这是因为在稳态时, 脉冲变压器磁能在上一周期未全部消耗完, 余下的次级电流 I_2' 又转换回到初级之故, 所以在

T_c 时间, 初级电流从 I_1' 开始线性上升至 I_1 。而在 T_o 时间, 次级电流从 I_2 线性减小至 I_2' 。

(4) 并联型开关电路特点:

① 由于输出直流电压是依靠变压器初级线圈 L_1 所储存的能量所供给的, L_1 必须有足的匝数。如果 L_1 值太小, 在 Q 导通时储存的能量少, Q 截止期间供给负载电流就感到不够, 下次导通时初级电流再从零开始上升, 输出的纹波大。但 L_1 也不能太大, 否则晶体管开关状态转换瞬时间的感应电压容易使晶体管损坏。

② 由于脉冲变压器使负载与输入电网隔离, 可省去电源隔离变压器。

③ 脉冲变压器的次级可有几组不同匝数线圈, 可以得到 n 组不同数值的直流输出电压, 可以升压或降压。如有三个次级绕组匝数分别为 n_2, n_3, n_4 。由于取样电压应近似等于基准电压, 则

$$E_2 = E_1 \frac{N_2}{N_1} \cdot \frac{T_c}{T_o} = \frac{R_1 + R_2}{R_2} E_z$$

$$E_2 \frac{R_2}{R_1 + R_2} = E_z$$

$$E_1 = \frac{R_1 + R_2}{R_2} E_z$$

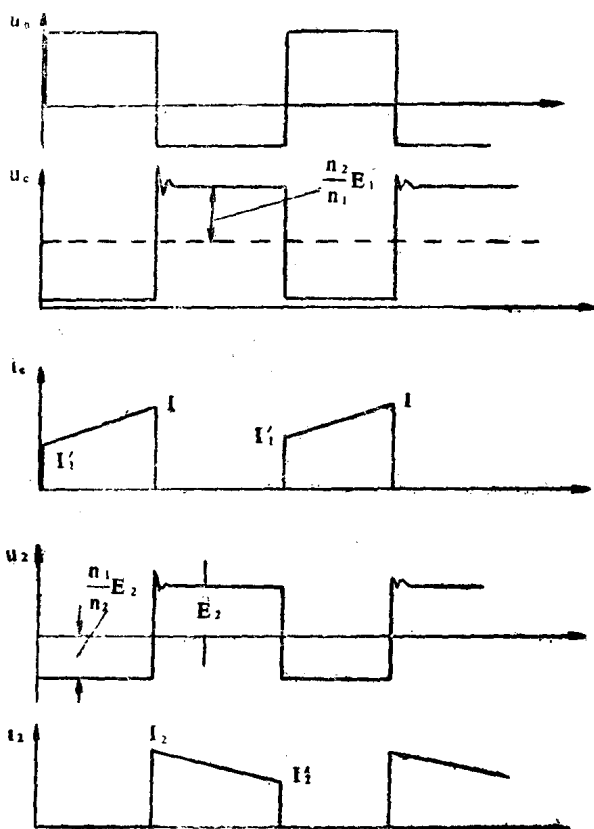


图1—5

$$E_1 = E_1 \frac{N_3}{N_1} \cdot \frac{T_c}{T_o} = \frac{N_3}{N_2} E_2$$

$$E_4 = E_1 \frac{N_4}{N_1} \cdot \frac{T_c}{T_o} = \frac{N_4}{N_2} E_2$$

④当开关晶体管从导通变为截止时，开关晶体管集电极最大脉冲电压为输入直流电压 E_1 加上次级脉冲电压耦合回到初级的值，由匝数比 n_2/n_1 决定。

$$U_{cmax} = E_1 + E_2 \left(\frac{n_1}{n_2} \right) = E_1 + E_2 \frac{n_2}{n_1} \cdot \frac{T_c}{T_o} \left(\frac{n_1}{n_2} \right) = E_1 \left(1 + \frac{T_c}{T_o} \right)$$

这里，开关晶体管的反向耐压必须大于 U_{cmax} 。

(二) 串联型开关输出电路

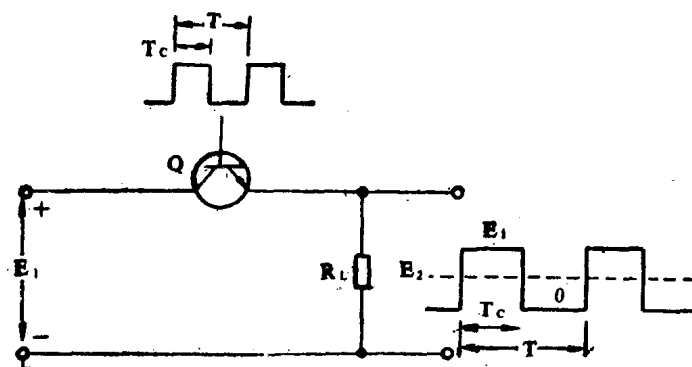


图1—6

(1) 基本电路

串联型开关稳压电源基本电路如图1-6所示。开关晶体管Q串联在输入电压与负载 R_L 之间，同样可不用电源变压器，交流输入电压经整流滤波后加到开关晶体管的集电极。

在晶体管的基极输入开关脉冲信号，晶体管Q被周期性的饱和导通和截止。假定在晶体管Q饱和导通期间集射极之间压降近似为零。输入电压加到负载上，这时输出为 E_1 。当晶体管截止期间，输出为零。晶体管周期开关后在输出端得到脉冲电压，其平均值

$$E_2 = E_1 \frac{T_c}{T}$$

式中， T_c 为开关导通时间； T 为开关脉冲周期。

可通过改变开关脉冲宽度来控制负载上的平均直流输出电压。再经过滤波可以得到纹波稳小很定的直流电压。

(2) 实际工作电路

图1-7(a)为实际工作电路。电路中的Q为开关元件，二极管D为续流二极管，电感L为储能扼流圈，电容C为滤波电容，电阻 R_L 为负载电阻。

二极管D相当于行输出电路的阻尼二极管，在开关晶体管Q导通时，D截止。而在开关晶体管截止时，二极管导通，使负载电路中有连续的电流流通。其工作过程如下：

①当Q的基极输入脉冲为正极性时，开关晶体管饱和导通，输入直流电压 E_1 ，经Q使电感L，电容C与负载有电流通过，此时电感两端的感应电压 $U_L = -L \frac{di_L}{dt}$ U_L 的极性是

左正右负，二极管因Q导通时， E_1 加到D的负极而截止。此时等效电路如图1—7 (b)所示。电流 i_L 线性上升，同时将能量储存在电感L中。

②开关晶体管基极输入负脉冲时，Q截止。因电感中的电流不能跃变，这瞬间在电感L上所产生感应电压，极性为左负右正，使二极管D导通。这时的等效电路如图1—7(c)所示。储存在电感L中的能量通过二极管向电容充电，同时也供给负载电流，即将电感中的磁能转换为电容的电能，二极管D的作用是在晶体管Q截止时，使电感L中的能量通过D继续释放，维持负载电流的连续性。这里电感L与电容C又组成良好的滤波电路，滤去开关频率的纹波及其谐波。

③开关晶体管Q，二极管D及扼流圈的电压和电流波形。

在Q的基极输入正脉冲时，开关晶体管Q导通。输入未稳压的直流电压 E_1 加到电感上。电感中的电流 i_L 线性上升

$$U_L = L \frac{di_L}{dt}.$$

假定在稳态时，电容C上已有平均直流输出电压 E_2

$$U_L = (E_1 - E_2) = L \frac{\Delta I_{L1}}{T_c}$$

图1—7

电感中电流上升量为

$$\Delta I_{L1} = \frac{E_1 - E_2}{L} T_c$$

当开关晶体管截止时，电感上感应电压极性相反，二极管D导通，电感中的电流通过二极管D向电容及负载供电。

$$U_L = E_2$$

电感中电流减小量为

$$\Delta I_{L2} = \frac{E_2}{L} T_o$$

在稳定状态，开关晶体管Q导通期间，电感的电流增加量为 ΔI_{L1} ，开关晶体管Q截止期间，电感电流减小量 ΔI_{L2} ，在每一周期中电感的电流增加量应等于电流的减小量，即达到平衡。

此时 $\Delta I_{L1} = \Delta I_{L2}$

$$\frac{E_1 - E_2}{L} T_c = \frac{E_2}{L} T_o$$

$$E_2 = E_1 \frac{T_c}{T_0 + T_c} = E_1 \frac{T_c}{T}$$

各点电压电流波形如图1-8所示。

在输入开关信号为正时，晶体管Q饱和导通， $U_{ce} = U_{ces}$ （饱和压降）晶体管集电极电流 i_c 线性上升，电感两端的电压因Q闭合，为 $E_1 - E_2$ 。而此时，电容器C充电，即电容C上输出电压上升。这时，电感电流除一部分向电容充电及供负载电流外，另一部分能量以磁能形式储存在电感中。

当输入开关信号 U_b 为负时，晶体管Q截止，而电感上感应电压使二极管D导通。此时晶体管Q的 $U_{ce} \approx E_1$ ，而电感两端感应电压 $U_L = E_2$ ，电感中储存的能量继续向电容与负载供电。电容器二端电压 U_c 仍在上升，当电感中电流下降至小于负载电流 I_0 ，电容C也开始放电，以维持输出电流。由于电容C放电使输出电压略有下降。当输入开关信号又为正时，Q导通，重复上述周期。

因电感L是储能元件，所以电感L上锯齿波电流 i_L 与电感量有关，如电感量太小，可能输出电压纹波增加，甚至可能造成电流的断续。为了满足输出电流 I_0 是连续的，从图1-8可看出，电感释放能量时，电流变化应小于负载电流 I_0 的2倍，如图1-8中 i_L 的虚线所示。

$$\Delta I = \frac{E_2}{L} T = 2I_0$$

$$L_{\min} \frac{E_2 T_0}{2I_0} = \frac{(T - T_c) E_2}{2I_0} = \frac{E_2^2 \left(1 - \frac{T_c}{T}\right)}{2f p_0} = \frac{E_2^2 \left(1 - \frac{E_2}{E_1}\right)}{2f p_0}$$

输出功率 $P_0 = I_0 E_2$ 。

$L_{\min}$ 为临界电感量，要保证L中的电流在整个周期中连续，在输出电压为 E_2 ，输出功率为 P_0 ，开关频率为 f 时， $L_{\min}$ 是电路所允许使用的最小电感量。

储能电感应适当取大些，否则将造成开关晶体管和续流二极管的峰—峰电流增大，导致输出电流电压行频纹波太大，同时也增加了电源内阻，使输出电压调整率变坏。

(4) 串联开关电源电路特点

- ① 电感L是储能元件，电感量不宜太小。
- ② 为了负载与电网实现隔离，可以使用电源隔离变压器，否则会造成机内底板带电。
- ③ 由于开关晶体管与负载串联，可以降低对开关晶体管的反向耐压要求。
- ④ 无并联开关电源电路可输出多档直流电压的优点，也不能升压，输出直流电压只能比

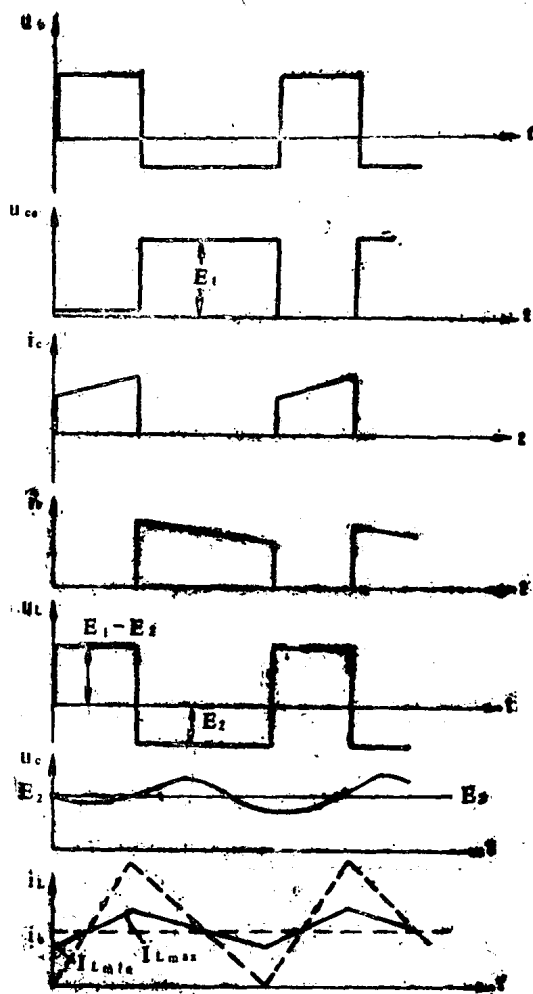


图1-8

2.