

开关电源中驱动电路的设计方法

郑耀添

(韩山师范学院物理与电子工程系)

摘要 开关电源一般都采用脉冲宽度调制(PWM)技术,其特点是频率高、效率高、功率密度高、可靠性高。本文着重研究了几种驱动电路的设计方法,通过对这几种驱动电路的设计和研究,为设计性能更加出色的PWM型开关电源提供理论基础。

关键词 开关电源 PWM 驱动电路

As for the Switch power supply Drive electric circuit design

ZHENG Yao-tian

Physics & Electronic Engineering Department, Hanshan Teachers College, Chaozhou 521041

Summary The switch power supply all adopts the pulse width to make(PWM) a technique generally, its characteristics is the frequency is high, the efficiency is high, the power density is high, the credibility is high. This text emphasized to study several kinds design method that drive electric circuit, passing to this several kinds design and research that drive electric circuit, for design a more outstanding PWM type of function switch power supply to provide the theories foundation.

Keywords Switch power supply; PWM; Drive electric circuit

开关电源具有体积小、效率高等一系列优点,在各类电子产品中得到广泛的应用。怎样提高开关电源的性能和降低损耗、电磁干扰一直是我们需要解决的问题。本文将着重研究开关电源中的驱动电路,以寻求适合的驱动电路来改善开关电源的相关问题。开关电源中驱动电路的作用是将控制电路的驱动脉冲放大到足以激励开关晶体管,它是决定PWM型开关电源“优劣”的要素之一。本文着重研究了几种驱动电路的设计方法。

1 恒流驱动电路的设计

驱动电路按提供的正向基极电流和被驱动晶体管的集电极电流之间的关系可分为比例电流驱动和恒流驱动。

图2-1是恒流驱动电路实例。这种驱动是指开关晶体管的正向基极驱动电流保持。

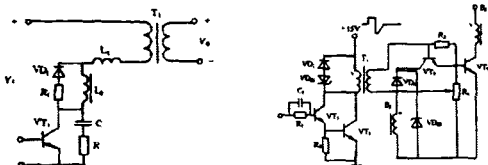


图2-1 恒流驱动电路实例 图2-2 电流互感器式比例电流驱动电路原理图

恒定数值,不随集电极电流的增减而变化。晶体管集电极电路中串接的小电感 L_c 以增大回路的电感量, VD_1 和 R_1 为其能量释放回路,限制其反激电压的幅度。基极驱动电流需要快速的上升沿并带有过冲,以利于晶体管迅速饱和。

2 比例电流驱动电路的设计

图2-2是采用电流互感器取得反馈电流的开关管基极驱动电路。电流互感器 B_1 串联在集电极电路中。脉冲变压器 T_1 提供电压驱动。当控制电路输出脉冲使 VT_1 导通的, VT_2 也导通, T_1 的次级绕组正向电压使 VT_2 导通。较小电流馈送到开关晶体管 VT_2 的基极, VT_2 开始有集电极电流通,而 B_1 提供的比例于集电极电流的基极驱动电流使其迅速进入饱和。当 VT_1 关断时, T_1 的反激电压使 VT_2 关断。 B_1 的反馈电流通过稳压管 VD_{ZB} 成回路不再通过 VT_2 和 VT_1 ; T_1 的反激电压也同时对 VT_2 提供负脉冲,加速其关断。

加速 VT_2 关断的改进电路如图2-3所示。当 VT_2 关断时,电流互感器 B_1 的次级侧电压升高,使 VT_2 导通以加速开关晶体管的关断,这样,可用双极性脉冲变压器,以减小其体积和提高电压驱动效率^[2]。

图2-4是开关晶体管集电极电流作为驱动变压器的负载,从而获得比例电流驱动电路。这是PFM控制型电源。多谐振荡器的振荡频率由反馈放大器控制,变压器 T_1 采用具有矩形磁滞回线特性的磁心,工作脉宽由外加电压 V_1 和绕组匝数决定, T_1 饱和时通过关断绕组将 VT_1 和 VT_2 关断。变压器 T_2 工作在线性区,其初级绕组先接到变压器 T_1 的抽头上,然后将和输入电压 V_2 相连,当 T_1 的电流通过 VT_1 去驱动 VT_2 时, VT_2 的集电极电流将通过 T_2 的绕组 N_2 流通,该电

流方向若是去磁性质,则它便作为负载电流反映在 T_2 上。因此, T_2 的初级电流,即 VT_2 的基极驱动电流将按照两个绕组的匝比对负载电流自动地调整。

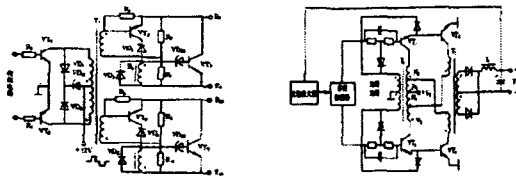


图2-3 加速 VT_2 关断的改进电路 图2-4 变压器负载方式比例电流驱动电路

2 反向驱动电路的设计

用双极性变压器提供的无偏驱动电路是最简单的反向驱动电路,电路及其工作波形如图2-5所示。控制电路的输出脉冲经晶体管 VT_1 和 VT_2 放大并由变压器 T_1 作推挽输出,采用RC网络将绕组产生的反激尖峰电压限制在被驱动晶体管的基极电平以下^[3]。

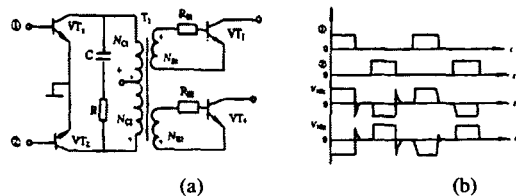


图2-5 双极性变压器无偏驱动电路及其波形

(a)驱动电路 (b)工作波形

单极性脉冲变压器驱动电路及其工作波形如图2-6所示。这种电路实际上是一个小功率单端正激变换器,当 VT_1 导通时,变压器 T_1 的次级向开关晶体管 VT_2 提供正向基极驱动电流;当 VT_1 截止时,存储在变压器中的能量在次级绕组上形成反激电压,作为关断开关晶体管反向偏压源。 VT_2 的反向基极电流结束后, T_1 次级绕组负载近似开路,为了限制 VT_2 集电极电压幅度,通常采用带有能量归还绕组 N_3 和二极管 VD 的钳位电路。这种电路由于关断时反激电压的幅度以及持续时间和负载电流的大小有关,仅依靠反激能量有时得不到满意的效果,一般适宜应用于中小功率输出。

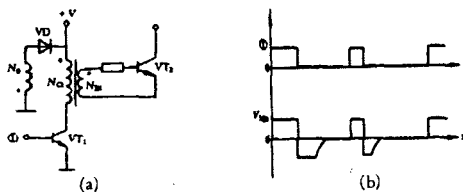


图2-6 单极性脉冲变压器驱动电路及其工作波形

(a)驱动电路 (b)工作波形

图2-7是其改进的单极性脉冲变压器驱动电路。它是在脉冲变

压器 T_1 上增设两个辅助关断绕组。 VT_1 导通时, T_1 次级绕组向开关晶体管提供正向基极驱动电流,辅助绕组 N_3 通过电阻 R_1 对电容 C_1 充电; VT_1 关断时,绕组 N_3 极性反转, VT_2 获得正向脉冲而导通,电源通过绕组 N_3 向次级侧提供能量。因此,开关晶体管关断时,将得到一定幅度和持续时间的反向驱动,扩大了应用范围。

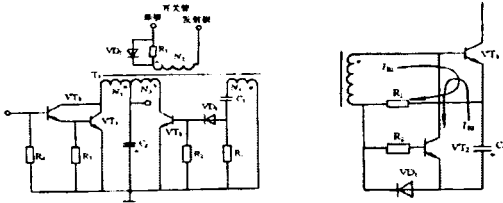


图2-7 改进的单极性脉冲变压器驱动电路 图2-8 利用电容储能能获得反向驱动的电路

图2-8是利用电容储能能获得反向驱动的电路,正向驱动时电阻 R_1 限制正向基极电流 I_{B1} ,同时向电容 C_1 充电,晶体管 VT_2 被二极管 VD 的正向电压降置于反向偏置而截止。当变压器次级绕组电压降到零时, VT_2 被正向驱动到饱和,储存在 C_1 中能量通过开关晶体管发射结和 VT_2 释放, VT_1 基极剩余载流子被迅速抽出而关断,用一个脉冲变压器获得反偏,不足之处是电容 C_1 的充放电依赖于脉冲宽度。

图2-9是双变压器前沿同步驱动原理电路及其工作波形。它由时钟振荡器提供反向功率驱动,输出为50%的矩形波,开关晶体管基极驱动脉冲的宽度由另一个脉冲变压器决定。在驱动脉冲前沿到来时,正向驱动电流通过 R_1 (R_2)使 VT_1 (VT_2)导通;当 T_1 出现正向脉冲触发晶闸管 VS_1 (VS_2)时, VS_1 (VS_2)导通将 VT_1 (VT_2)和反向偏压绕组接通, VT_1 的 V_{BE} 反向偏压为 $V_{N11}-V_{VS1}$,在另一个半周期,绕组 N_{11} 、 N_{11} 极性改变, V_{BE1} 反向偏压由 V_{N11} 提供。

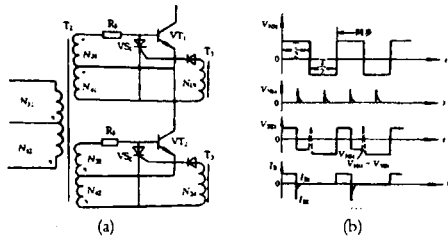


图2-9 双变压器前沿同步驱动原理电路及其工作波形
(a)驱动原理电路 (b)工作波形

在实际电路中,由于晶闸管关断延迟, V_{BE1} 波形如图2-9(b)中虚线所示。此尖峰电压达到使 VT_1 重新导通幅度时,将引起一对开关晶体管共向导通。因而,需增设二极管 VD_1 和 R_1 、 C_1 的电路,如图2-10所示。这样既改善关断延迟,同时在正向驱动开始时, C_1 的加速作用使 I_{B1} 具有过冲^[4]。

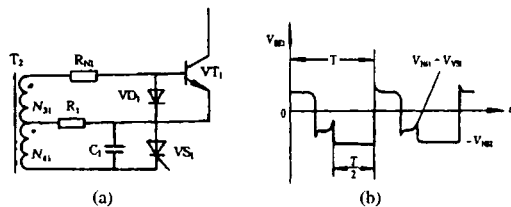


图2-10 双变压器前沿同步实际驱动电路及其工作波形
(a)实际驱动电路 (b)工作波形

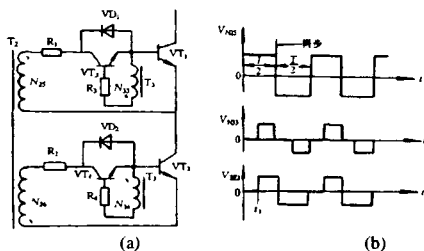


图2-11 双变压器后沿同步驱动原理电路及其工作波形
(a)驱动原理电路 (b)工作波形

图2-11是双变压器后沿同步驱动原理电路,功率驱动由兼作时钟振荡器承担,绕组 N_2 的正向脉冲到来时,由于 VT_1 截止, VT_1 基极得不到正向驱动。在时间 t_1 时,变压器 T_1 的次级绕组 N_{21} 提供正极性电压脉冲使 VT_1 导通,于是 N_{21} 的正向驱动脉冲通过限流电阻 R_1 和 VT_1 加到 VT_1 的基极。在半个周期结束时,绕组 N_{21} 和 N_{21} 的电压极性同时反转, N_{21} 的反向偏压通过二极管 VD_1 加到 VT_1 的基极,强制 VT_1 关断。

4 互补驱动电路的设计

图2-12为互补驱动电路及其工作波形。当控制电路分频器输出低电平时, VT_1 导通,开关晶体管 VT_1 获得正向驱动电压而导通;当分频器输出高电平时, VT_2 导通, VT_1 反偏置,由于其内阻低,剩余载流子被迅速抽出。该电路可由TTL门电路直接驱动,适宜用在混合式或集成控制电路中,不足之处是需要增设一组负电压输出的辅助电源。

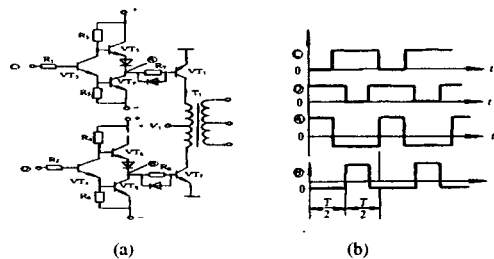


图2-12 互补驱动电路及其工作波形
(a)驱动电路 (b)工作波形

5 基极电感辅助关断驱动电路设计

图2-13是基极电感辅助关断驱动电路。电路中串联电感 L_B 加速集电极电流下降速度,从而降低关断损耗。当驱动电压改变极性时,由于电感 L_B 的作用,晶体管 VT_1 基极电流 I_B 将逐渐减小,晶体管 VT_1 发射极电流 I_E 也同样减小,直到 VT_1 饱和而产生的剩余载流子消失。集电极电流 I_C 开始下降, I_E 下降速度加快,当 I_E 为零时, L_B 中储能立即产生一个电压尖峰,叠加在外施反向驱动电压上,该尖峰电压被基射击穿电压钳位,加速 I_C 下降速度,从而降低了关断损耗。此电路用于对存储时间要求不高的场合,例如,单端变压器电源等。

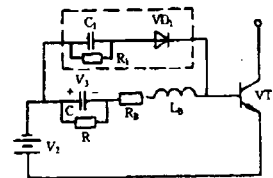


图2-13 基极电感辅助关断驱动电路

6 电压型驱动电路

电压型驱动电路分为隔离电压型驱动电路和非隔离电压型驱动电路。非隔离型电压驱动电路的实例如图2-14所示。在图2-14(a)中,当控制信号为高电平时, VT_1 导通,随之 VT_1 关断, VT_1 的栅极被 V_{CC} 电源通过 R_1 充电至 V_{CC} 时导通。当控制信号为低电平时, VT_2 导通, VT_1 栅极存储电荷通过 VT_2 释放至零, VT_1 随之关断。图2-14(b)为推挽式结构。当控制信号为高电平时, VT_1 导通, V_{CC} 电源通过 R_1 对 VT_1 栅极充电至导通。当控制信号为低电平时, VT_2 导通, VT_1 栅极存储电荷释放至零而关断^[5]。

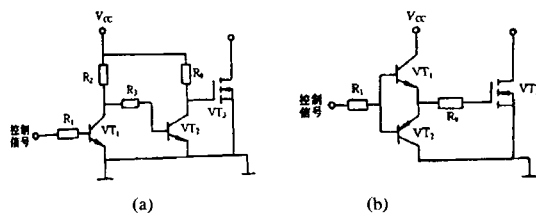


图2-14 非隔离电压型驱动电路实例
(a)单管式结构 (b)推挽式结构

孤东油田曲流河点坝构型分析及其应用

姚友龙

(长江大学)

摘要 七区西5²¹单元主力油层5²²层是典型曲流河沉积,其主体是点坝的连片沉积,点坝砂体由侧积体、侧积层、侧积面三要素组成。采取三种方法计算活动河道宽度,利用Leeder公式计算出本区单一侧积体的水平宽度为200米左右,侧积层倾角3°~5°。结合侧积体展布特征和剩余油分布规律,在七区西5²¹层实施水平井和整体堵水调剖措施,取得了较好效果。

关键词 曲流河 点坝构型 侧积体 侧积层 水平井

孤东油田位于济阳拗陷沾化凹陷的东北部桩西孤东潜山坡覆构造带的南端,是以上第三系馆陶组疏松砂岩为主要储集层的大型披覆背斜构造整装油藏。七区西馆陶5砂层组的5²¹层高孔高渗,地下原油粘度38mPa.s,以复合韵律和正韵律为主,含油面积9.1km²,有效厚度7.2m,地质储量1305×10⁴t,1987年作为一套井网进行注水开发,目前已进入特高含水开发阶段,综合含水接近98%,采出程度41%以上,主河道区域单井含水均达到98%以上,油层大孔道严重,稳产难度大。2005年以来开展了油藏数字化和储层构型分析,实施水平井和整体堵调措施,扩大了注水波及体积,提高了单元开发效果。

1 曲流河点坝构型分析

七区西5²¹层划分为5²¹、5²²、5²³和5²⁴四个小层。5²²层是主力油层,为典型曲流河沉积。曲流河砂带主要是点坝的连片沉积,故点坝是曲流河相储层的主体。点坝构型分析重点研究侧积体参数。

曲流河点坝砂体由侧积体、侧积层、侧积面三要素组成。从洪峰开始到洪峰退去,在河流水动力条件从强到弱的全过程中,河流侧向加积所形成的沉积物增生体被称为一个侧积体。侧积体之间存在的侵蚀面是受侧向侵蚀作用形成的特殊冲刷侵蚀面。后期在这个侵蚀面上进行沉积补偿,所以将其称为侧积面。侧积层是指侧积面上沉积的泥质层,岩性主要是有机质淤泥等细粒沉积物,有时可见粘土质和粉砂质。

1.1 活动河道宽度W_a

采取三种方法计算活动河道宽度W_a。

方法1(Leeder公式):满岸深度和满岸宽度(W_c)的关系式。

$$W_a = 6.8d^{1.54} \quad W_c, d \text{ 单位: } \text{m} \quad (1)$$

河道弯曲度大于1.7时,满岸深度和满岸宽度(W_c)的关系二者具有较好的指数关系,满岸深度等于正旋回砂体厚度d。

馆5²²层点坝正旋回砂体最大厚度为13.3m,平均厚度为10.2m,得出活动河道的最大宽度为366m。

方法2(John公式):单一曲流带宽度W_m与活动河道的关系式。

$$W_m = 7.44W_c^{1.01} \quad W_m, W_c \text{ 单位为 } \text{m} \quad (2)$$

通过对七区西馆5²²层点坝单一曲流带宽度的测量,得出活动河道的宽度为338m。

方法3(国内统计公式):单一点坝长度W_d与活动河道的关系式。

$$W_d = 0.8883 \ln(W_a) + 2.5386 \quad W_d, W_a \text{ 单位为 } \text{Km} \quad (3)$$

推算出活动河道的宽度为297m。

考虑到(1)式中正旋回砂体厚度统计结果的可靠性及(2)式、(3)式中点坝及单一曲流带的边界精确度问题,确定七区西馆5²²层活动河道的宽度为300m左右。

1.2 单一侧积体宽度W、侧积层倾角β

曲流河曲率大于1.7,可以应用Leeder曲流河参数关系式:

$$W = 2W_a/3 \quad \tan \beta = h/(2W/3)$$

参考文献

- [1] 李定宜. 开关稳定电源设计与应用. 中国电力出版社, 2006, (5)
- [2] 电子技术精品网, <http://www.mcwork.com>
- [3] 刘胜利. 现代高频开关电源实用技术. 电子工业出版社出版, 2001, (9): 1
- [4] 沙占友等. 新型单片开关电源设计与应用. 电子工业出版

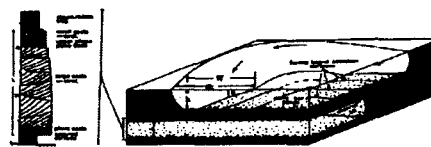


图1 曲流河参数关系模式图(Leeder, 1973)

向上变细旋回厚度h约等于河流满岸深度,单一侧积体水平宽度W约等于2/3活动河道宽度(W_a)。算出单一侧积体水平宽度为200米左右,单一完整的正旋回砂体厚度最大13.3m,推算对应的侧积层倾角为3°~5°。

2 点坝构型分析应用

结合点坝分布和侧积体展布特征分析,目前剩余油主要分布在厚层上部侧积体及其侧积体的顶部。特高含水期厚层顶部挖潜的首选技术是水平井挖潜,在点坝构型分析的基础上,利用吸水剖面资料和其它动态资料,设计水平井水平段位置和轨迹。如7P11水平段近似垂直于河道主流线方向,穿过第一、第二侧积体顶部,挖掘这两个侧积体顶部潜力。该井2005年5月30日投产,初期含水13.6%,日产油16吨,长期稳产在日产油10吨以上,含水80%以下,目前累计产油6500吨。2005年以来在5²²层先后实施油层顶部水平井5口,日产油均在10吨以上,含水80%左右,而周围老井含水均在98%。

在实施水平井的同时,利用构型分析,结合含油饱和度测井和吸水剖面资料,在注入水大孔道发育井区实施整体堵水调剖,单元开发效果得到较大改善,日产油水平增加60吨,增加可采储量25万吨。

3 结论

对于七区西5²¹这种特高含水后期开发单元,进一步深化储层结构层次研究,掌握侧积体的宽度、倾向,是精细挖潜的必要手段。

5²²层是典型的曲流河沉积,侧向加积形成的侧积体及其之间的夹层对剩余油的分布有一定的控制作用。结合注水状况和饱和度测井资料,能够找出剩余油富集区。

参考文献

- [1] 尹燕义等. 曲流河点坝储集层侧积体类型研究. 石油勘探与开发, 1998, Vol.25 No.2.P37
- [2] 刘建民. 沉积结构单元在油藏研究中的应用. 北京: 石油工业出版社, 2003, 101-102
- [3] 薛培华. 河流点坝相储层模式概论. 北京: 石油工业出版社, 1991, 23-53

作者简介 姚友龙(1969-), 工程师, 1994年毕业于中国地质大学(武汉), 现在长江大学攻读硕士学位。

(收稿日期: 2007·01·25)

社, 2004, (10): 01

- [5] 何奇才. 新型开关电源设计与维修. 国防工业出版社, 2001, (1): 1

作者简介 郑耀添(1965-), 广东韩山师范学院讲师, 本科学历, 主要从事物理与电子技术的教学和科研。

(收稿日期: 2007·01·30)