

电源变换技术

●王桂英 编著

●人民邮电出版社



要 點 容 內

电 源 变 换 技 术

王桂英 编著

江苏工业学院图书馆
藏书章

人民邮电出版社

18 MT
2
登记证号(京)143号

内 容 提 要

本书比较全面地、系统地介绍了晶体管和可控硅变换技术的基本电路和工作原理,并结合典型的变换器型稳压电源进行了分析。

本书包括自激式和他激式晶体管逆变电路、可控硅逆变电路、控制电路、开关电源中电器元件、变换器型稳压电源及晶体管变换器设计等内容。

本书适合于从事电源维护、生产的人员学习,或作为有关中等技术学校、技工学校、培训班电源专业的教学参考书,另外对从事电源工作的工程技术人员也有一定的参考价值。

电源变换技术

王桂英 编著

责任编辑 刘兴航

*

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

河北省滦水县华艺印刷厂印

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

开本: 50×1168·1/32 1990年6月 第一版

印张: 13 24/32 页数: 220 1993年11月河北第二次印刷

字数: 360 千字

印数: 8001—13000册

ISBN 7-115-04229-2/TN·353

定价: 11.50元

本书承蒙北京邮电学院黄济青副教授审稿,提出了许多宝贵意见;武汉通信电源设备厂刘锦水同志提供了有关资料;河北省微波总站张喜忠同志做了许多辅助工作,在此一并表示衷心感谢。

目 录

第一章 绪论	1
第一节 电源变换的基本概念	1
第二节 逆变器模拟电路工作原理	3
第三节 逆变器的分类与特点	6
第四节 逆变技术在通信电源中的应用与展望	8
第二章 自激式晶体管逆变电路	13
第一节 单端变换电路	13
一、单端储能式变换电路	14
二、单端变压器耦合式变换电路	27
三、启动电路	32
四、实用电路	35
五、储能式与变压器耦合式变换电路的比较	39
第二节 变压器饱和式推挽逆变电路	40
一、电路与工作原理	40
二、晶体管与铁心工作状态的物理过程	44
三、电路中电压、电流、磁通波形分析	48
四、推挽电路过载时具有自动保护性能	52
五、饱和式逆变电路工作频率分析	53
六、实用电路	56
第三节 变压器非饱和式推挽逆变电路	57
一、晶体管饱和式推挽逆变电路	58
二、晶体管非饱和式推挽逆变电路	60
第四节 变压器饱和式与非饱和式推挽电路的比较	64
第五节 双变压器推挽逆变电路	70
第六节 CR定时逆变电路	72

第七节 桥式晶体管逆变电路	74
一、具有偏置的桥式逆变电路	74
二、具有反馈绕组的桥式逆变电路	75
第八节 双端电路输出不平衡问题	77
一、不平衡现象及其危害	77
二、减小不平衡影响的措施	78
第三章 他激式晶体管变换电路	79
第一节 他激变换电路的特点	79
第二节 单端正激变换电路	81
一、工作过程与波形分析	81
二、输出直流电压与占空比	84
三、几种常用电路	85
第三节 单端反激变换电路	88
一、工作原理	88
二、三种工作状态	89
三、限幅电路	93
第四节 推挽变换电路	96
第五节 全桥变换电路	99
第六节 半桥变换电路	101
一、工作原理	101
二、波形分析	102
三、抗不平衡能力的分析	106
第七节 倍压变换电路	107
第八节 几种常用他激变换电路的比较	112
第九节 变换电路功率开关管特性	112
一、开关特性	112
二、功率损耗	114
第十节 变换电路功率开关管共同导通问题	118
一、共同导通现象及产生原因	118

二、防止共同导通的措施	118
第四章 可控硅逆变电路	123
第一节 可控硅及其关断电路	123
第二节 简单并联逆变电路	130
一、电路与工作原理	130
二、简单并联逆变电路存在的问题	131
三、改进措施	133
第三节 改进型并联逆变电路	133
一、电路特点	133
二、电阻性负载电路工作情况的分析	134
三、电感性负载电路工作情况的分析	138
四、变压器绕组有抽头的逆变电路	144
五、带隔离二极管的并联逆变电路	147
六、换向元件选择原则与经验公式	149
第四节 单相桥式逆变电路	150
一、串联电感式逆变电路	150
二、并联谐振式逆变电路	159
第五节 三相桥式并联逆变电路	163
一、三相桥式并联逆变电路示意图及工作原理	163
二、串联电感式三相桥式并联逆变电路	167
三、有输出变压器的三相桥式逆变电路	170
第六节 可控硅串联逆变电路	171
一、串联逆变电路的组成及特点	171
二、逆变电路工作原理	172
三、串联逆变电路三种工作状态	175
四、实际电路	176
五、改进电路	177
六、三相串联逆变电路	180
第七节 可控硅斩波器电路	181

一、RC换流调宽式斩波器电路	182
二、LC换流调宽式斩波器电路	184
第八节 正反两用可控硅变换电路	188
第九节 可关断可控硅逆变电路	193
一、可关断可控硅特点及导通原理	193
二、GTO的关断过程	195
三、GTO逆变电路	197
第五章 控制电路	199
第一节 对控制电路的要求	199
第二节 控制电路方框图	200
第三节 时钟振荡器	201
一、多谐振荡器	201
二、运算放大器组成的矩形波发生器	205
三、单结晶体管振荡器	207
第四节 脉冲调宽电路	211
一、单稳态触发器	211
二、RC和稳压管比较电路	218
三、具有积分电路的脉宽调制器	220
四、电压比较型脉宽调制电路	221
第五节 脉冲调频电路	224
一、单结管振荡器调频电路	224
二、多谐振荡器调频电路	226
三、晶体管压控振荡器	227
第六节 分频器	229
第七节 驱动电路	232
一、驱动电路功能及要求	232
二、驱动电路的种类及特点	233
三、驱动电路	234
第八节 控制电路实例	241

第一章 绪 论

第一节 电源变换的基本概念

将交流电变成直流电称为整流，将直流电变成交流电称为逆变。实现直流电变成交流电的电路称为逆变电路，构成逆变的设备称为逆变器。逆变器的主体是逆变电路，除此还包括控制、保护、滤波等电路。

逆变器方框图如图1-1所示。蓄电池或浮充供电的直流电压，通

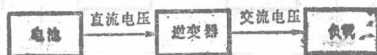


图 1-1 逆变器方框图

过逆变器变成所需要的交流电压供给用电设备。例如，可将蓄电池24V直流电压通过逆变器变成90V、16~25Hz的交流电压，作为市话交换设备的振铃电源。

变换包括逆变和整流两大部分，实现变换的设备称为变换器。变换器有直流—直流变换器和交流—交流变换器。前者简称直流变换器，后者简称交流变换器，当交流变换器用来改变频率时，亦称变频器。逆变器是变换器的关键环节，在逆变器后面加上整流器就是直流变换器，在逆变器前面加上整流器就变成交流变换器。

直流变换器方框图如图1-2所示。直流—直流电压变换方式，首先是将直流电压通过逆变器变成矩形波交流电压，然后通过整流器将交流电压变换为所需要的直流电压供给用电设备。例如，在通信电源中，可将蓄电池24V直流电压通过变换器变为130V或220V

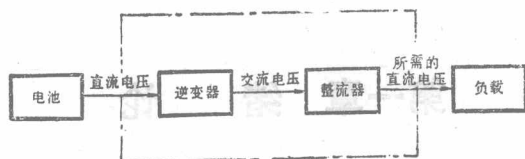


图 1-2 直流变换器方框图

直流电压，作为电子管载波机或增音机的屏极电压。也可将24V直流电压变成5V直流电压，作为数字通信设备集成电路电源。

交流变换器方框图如图1-3所示。交流—交流电压变换方式与直流—直流变换方式相反，首先通过整流器把交流电压变换为直流

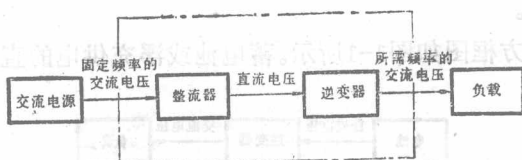


图 1-3 交流变换器方框图

电压，然后通过逆变器把直流电压变换为所需频率的交流电压供给用电设备。输出交流电压与输入交流电压的频率可以不同，一般是将工频电压变成中频电压。例如，可将市电50Hz的工频电压通过变频器变成400Hz的中频电压，作为微波通信或计算机的电源。

图1-4所示为交流—直流变换器，称为无工频变压器的变换器，它首先将电网交流电压直接通过整流变成直流电压，然后通过逆变

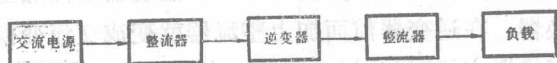


图 1-4 无工频变压器变换器方框图

将直流电压变成交流电压，最后再将交流电压变成负载所需要的直流电压。这种变换器由于没有工频变压器，所以体积小，重量轻，

效率高，是机架电源的发展方向。

示波 (6)

除保要只，出餐款不图由。荷中服对变整失耐联表示泡0-1图

第二节 逆变器模拟电路工作原理

逆变的作用就是将大小和方向都不随时间变化的直流电变换成大小和方向都随时间变化的交流电。利用图1-5 (a) 所示的逆变模拟电路就可以实现上述变换过程。

当图中 K 接通时，回路中有电流通过。在变压器未饱和之前电流线性增大，绕组中有磁通变化，在变压器绕组上产生感应电势，负载上有电压并产生负载电流。当开关断开时，回路中电流企图中断，瞬间次级绕组感应电势反向，并很快减小至零，波形如图1-5

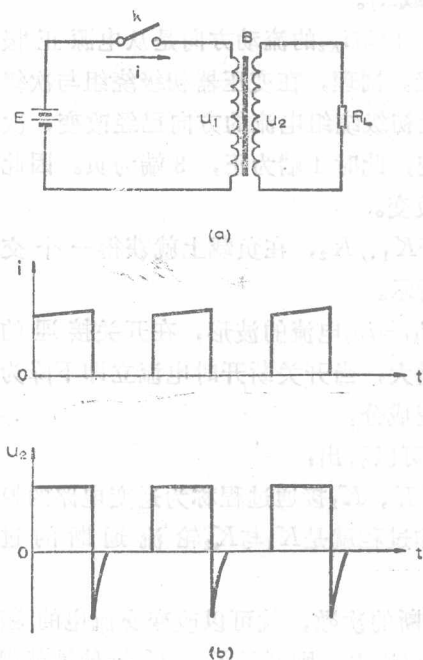


图 1-5 直流断续器模拟电路与波形

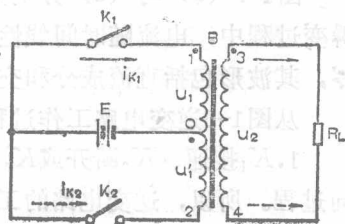


图 1-6 逆变器模拟电路

(b) 所示。

图1-6所示为推挽式逆变模拟电路。由图不难看出，只要我们交替地接通或断开 K_1 、 K_2 ，那么在变压器初级绕组中就会产生交替变化的正、反方向的电流，因而在变压器次级绕组上就能感应出一个交流电压。其工作过程如下：

先将 K_1 接通， K_2 断开，电流 i_{K1} 从电源正极流出，经过 K_1 、变压器初级1~0绕组回到电源负极。此时，在变压器初级绕组1~0两端产生感应电压 u_1 ，1端为正，0端为负。同时在初级绕组0~2两端也产生感应电压 u'_1 ，0端为正，2端为负。由于两个电压方向一致，所以初级绕组1~2两端感应电压为 $2E$ ，1端为正，2端为负。同样，在次级绕组上也感应出电压 u_2 ，3端为正，4端为负，在 u_2 的作用下电流通过负载 R_L 。

然后再将 K_1 断开， K_2 接通，电流 i_{K2} 的流动方向是从电源正极经 K_2 、绕组2~0回到电源负极。同理，在变压器初级绕组与次级绕组也产生感应电压。不过流经初级绕组电流的方向已经改变，次级绕组感应电压的方向也将改变，此时4端为正，3端为负。因此流经负载 R_L 的电流方向也随着改变。

如果不断地交替接通和断开 K_1 、 K_2 ，在负载上就获得一个交变电压，其波形如图1-7(c)所示。

图1-7(a)与(b)分别为 i_{K1} 与 i_{K2} 电流的波形，在开关接通的瞬变过程中，电流随时间线性增大；当开关断开时电流立即下降为零，其波形包括直流成分和交流成分。

从图1-6逆变电路工作过程可以看出：

1. K_1 接通、 K_2 断开或 K_1 断开、 K_2 接通过程称为逆变电路的换向过程。所以，逆变电路的工作过程就是 K_1 与 K_2 轮流通断的过程。

2. 控制开关 K_1 、 K_2 交替通断的次数，就可以改变交流电的频率。如果要得到频率为50Hz的交流电，则开关 K_1 、 K_2 每秒钟就得各通断50次。要获得更高频率的交流电，则开关 K_1 、 K_2 每秒通断

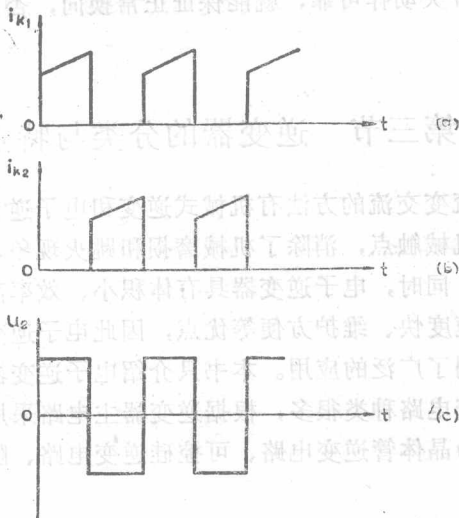


图 1-7 逆变电路电压电流波形

的次数就更多。这样频繁的通断，对于普通开关、接触器、继电器来说，都是难以达到的，所以必须用电子器件来代替。

3. 为了使输出波形对称，要求图1-6电路上、下两部分参数一致。同时还要按照一定的顺序和时间接通与断开 K_1 、 K_2 ，否则将造成波形畸变。

4. 在逆变电路中，两个开关不能同时接通，任何一个开关闭合的时间也不能太长，以避免出现电源直通短路现象。如果 K_1 与 K_2 同时闭合，则变压器初级两个绕组的磁通大小相等、方向相反互相抵消，相当于变压器呈现的感抗为零，使电源短路，瞬间电流很大，可能使变压器、开关等元件损坏。如果一个开关闭合时间太长，另一个开关不闭合，就象变压器接通直流电源的情况一样，电流很快增大，铁心饱和，也会使电源直通短路，造成损坏逆变器元件的不良后果。

由此看出，逆变电路工作是否可靠，主要取决于开关动作是否

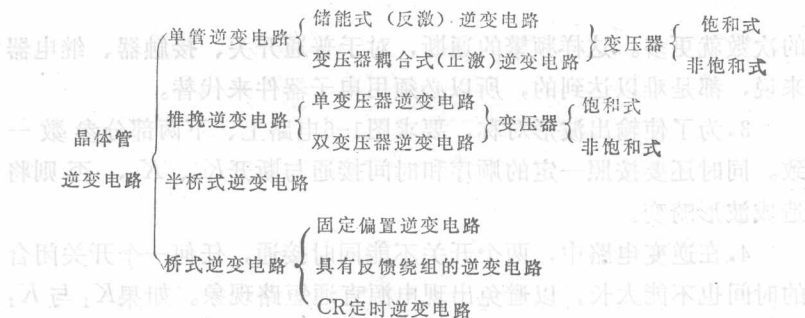
可靠。如果开关动作可靠，就能保证正常换向，否则将造成换向失败。

第三节 逆变器的分类与特点

实现直流变交流的方法有机械式逆变和电子逆变两种。由于电子器件没有机械触点，消除了机械磨损和跳火现象，减少了对电子设备的干扰。同时，电子逆变器具有体积小、效率高、重量轻、寿命长、转换速度快、维护方便等优点，因此电子逆变器取代了机械逆变器，得到了广泛的应用。本书只介绍电子逆变器。

电子逆变电路种类很多，根据逆变器主电路采用的电子器件不同，可以分为晶体管逆变电路、可控硅逆变电路、隧道二极管逆变电路。

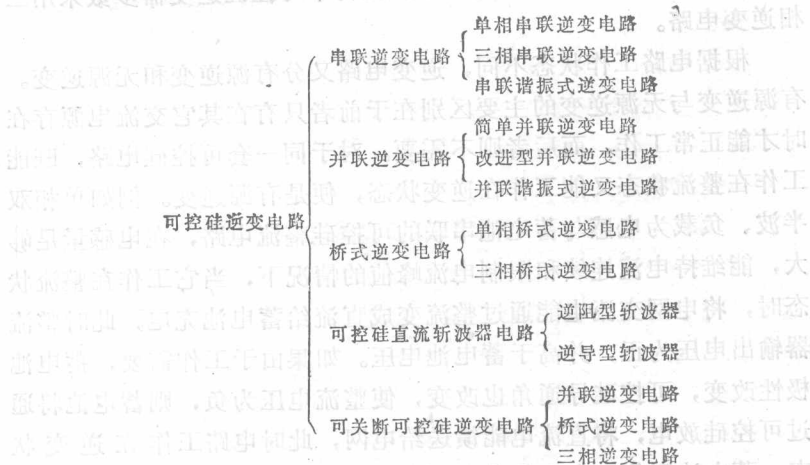
常用晶体管逆变电路分类：



逆变电路根据激励方式不同，又分为自激逆变电路和他激逆变电路。前者自身具有启动电路，接通直流电源能自行启动，利用晶体管的开关特性和铁心的磁化特性将直流变成交流。后者要外加激励信号或推动信号，控制晶体管的开通和关断，完成逆变任务。

根据逆变电路振荡过程的反馈性质不同，又分为电压反馈逆变器和电流反馈逆变器。

可控硅逆变电路的分类:



晶体管逆变电路比可控硅逆变电路有如下优点: 可用基极电流控制集电极电流, 不需要可控硅所必需的强制换流电路, 电路简单, 可靠性高; 高频特性好, 频率范围较宽; 对周围电器设备射频干扰小。但可控硅电路具有输出功率大的优点。所以, 一般在小功率或较大功率情况下采用晶体管逆变电路, 在大功率情况下则采用可控硅逆变电路。可关断可控硅能够承受的电流和电压比功率开关管高, 而且又不需要可控硅所必需的强制换流电路。因此, 在中、小容量的变换器中可关断可控硅的应用得到迅速发展。从耐压和电流容量来说, 可关断可控硅介于晶体管和可控硅之间。

如果电子设备由太阳能电池或温升电池供电时, 由于电池电压很低, 不能采用晶体管和可控硅逆变电路。在这种情况下, 可采用隧道二极管逆变电路。隧道二极管逆变电路功率很小, 一般仅为毫瓦级。

电子逆变器从激励方式来说, 通常在小功率情况下采用自激逆变电路; 在较大功率或需要实现自动控制的场合, 采用他激逆变电路。从逆变相数来说, 通常在小功率情况下采用单相逆变电路, 在

大功率情况下采用三相逆变电路。大功率可控硅逆变器多数采用三相逆变电路。

根据电路工作状态不同，逆变电路又分有源逆变和无源逆变。有源逆变与无源逆变的主要区别在于前者只有在其它交流电源存在时才能正常工作，而后者则不需要。对于同一套可控硅电路，既能工作在整流状态又能工作在逆变状态，便是有源逆变。例如单相双半波、负载为电感与蓄电池串联的可控硅整流电路，在电感量足够大，能维持电流连续和限制电流峰值的情况下，当它工作在整流状态时，将电网交流电能通过整流变成直流给蓄电池充电，此时整流器输出电压为正，并高于蓄电池电压。如果由于工作需要，蓄电池极性改变，可控硅导通角也改变，使整流电压为负，则蓄电池将通过可控硅放电，将直流电能馈送给电网，此时电路工作在逆变状态，蓄电池工作在发电状态。可见，整流与逆变是有源逆变的两种工作状态，在一定条件下可以互相转换。又如，一个全控整流器接直流电动机负载，将电网交流变成直流，供给直流电机电源。当机械运行情况和整流器控制角改变，使电动机工作状态变成发电机工作状态，整流器工作状态变成逆变状态时，则直流电变成交流电，通过变压器绕组馈送给交流电网。有源逆变是可送的，这时逆变情况不仅与电动机有关，而且还与整流变压器反电势有关。有源逆变广泛应用于工交部门控制电机的运行和高压直流输电等方面，不属于本书讨论的内容，只是简单介绍其概念，以区别无源逆变。

无源逆变输出的交流电能直接供给用电负载，而不必与电网相接，只有在与交流电网并联运行时才相接。通信电源所涉及的逆变器都属于无源逆变。

第四节 逆变技术在通信电源中的应用与展望

通信设备的直流电源，一般都采用整流器与蓄电池并联浮充方式供电，而且是由电力室集中供电。这种供电方式的主要优点是供