

# 不用工频变压器的 50 Hz 逆变电源<sup>\*</sup>

## A 50 Hz Sine Inverter Without Matching Power-frequency Transformer

黄洪全 傅卫红 陈延明 梁京章 蔡明辉

Huang Hongquan Fu Weihong Chen Yanming Liang Jingzhang Cai Minghui

(广西大学电气工程学院 南宁 530004)

(College of Electric Engineering, Guangxi Univ., Nanning, 530004)

**摘要** 给出一种不用工频变压器的正弦脉动 PWM 逆变电源, 减小了逆变器的体积和重量。分析开关电源普遍存在的变压器偏磁和过流保护失效问题, 给出较合理的偏磁校正电路和复合型过流保护电路。

**关键词** 逆变电源 脉宽调制 偏磁校正 电流保护

**中图法分类号** TN 876

**Abstract** A 50 Hz sine inverter in which no power-frequency transformer is equipped, therefore it is light and handy. The magnetic bias suppression circuit and the combined over-current protection circuit, etc. are available.

**Key words** inverter, PWM, magnetic bias suppression, over-current protection

逆变器是一种将直流电 (通常电压较低) 转变为交流电 (通常为 50 Hz~400 Hz 高压) 的电子装置。目前市售的 50 Hz 逆变电源大都采用工频变压器作电压变换, 因而耗铜量多, 体积大而笨重, 使用不便。在野外作业、航空电源变换、以及生物制品的长途冷藏运输等情况下更难于应用。为此, 我们研究不用工频变压器的 50 Hz 逆变器, 并通过提高逆变效率来减小体积和重量。

### 1 总体方案设计

文献 [1] 先用升压开关电路将低压直流转换为 350 V 高压直流, 然后用桥式电路和 SPWM 技术将高压直流转换为正弦交流电压, 提出一种车载单相正弦逆变电源。在此基础上, 本文设计了一种更简单高效的逆变器, 该逆变器省去了笨重的工频功率变压器, 并使桥式换流电路的 4 个功率开关管都工作在低频 (50 Hz) 零电压开关状态, 减小开关损耗, 提高效率。其主电路及控制电路如图 1 所示。

1998-05-27 收稿。

\* 广西大学青年科学基金资助项目 (S94304)。

本逆变器主电路由高频推挽 SPWM 开关电路和桥式换流电路组成。VM<sub>1</sub>、VM<sub>2</sub> 和 高频变压器 BT<sub>1</sub> 组成推挽电路, 利用 SPWM 技术将低压直流转换为正弦全波脉宽调制的高频高压交流电, 经整流滤波后形成峰值达 310 V 的正弦全波脉动电压 U<sub>d</sub>。桥式换流电路再将该脉动电压转换为正弦交流电供负载使用。正弦脉动 PWM 调制原理波形如图 2 所示。推挽电路工作在高频开关状态, 高频变压器 BT<sub>1</sub> 的体积很小。桥式电路仅完成换流功能, 其中的 4 个功率器件的开关频率为工频 50 Hz, 且在功率器件开通和关断时刻, 其上所加电压接近零, 所以开关损耗很小, 逆变效率得到提高, 电源体积重量进一步减小。桥式换流电路的驱动也很简单, 当采用 VMOS 或 IGBT 功率器件时, 用微型工频变压器 BT<sub>2</sub> 输出两对极性相反的 50 Hz 方波即能完成驱动任务。

控制电路除具有 PWM 控制器和常规保护电路外, 还设有标准正弦波电路及精密全波整流电路, 向 PWM 控制器提供标准的正弦全波脉动电压作为基准。

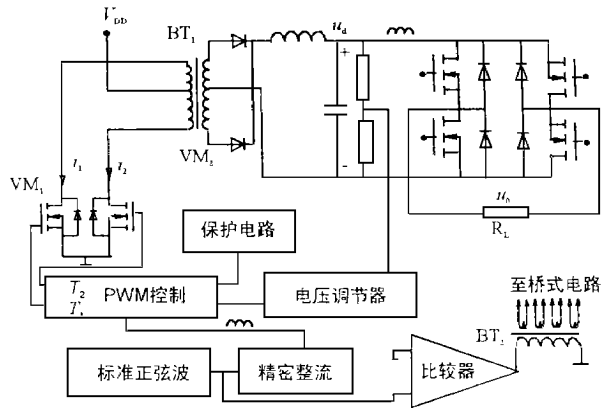


图 1 系统主电路及控制电路框图

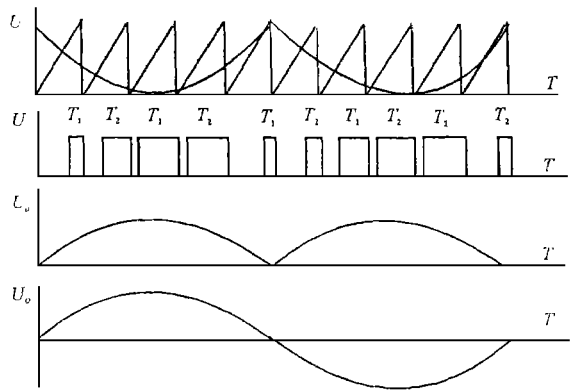


图 2 正弦脉动 PWM 波形图

## 2 高频变压器偏磁保护

当变压器绕组中流过的正向电流和反向电流的平均值不相同, 变压器会产生偏磁积累<sup>[2]</sup>。严重时导致磁芯饱和, 电流急剧上升, 逆变失败并烧毁器件。逆变器功率器件或驱动电路特性不对称, 电路故障或参数变化以及负载发生较大变化等, 都会引起偏磁。在高频开关电路中, 由于高频变压器绕组匝数少, 绕组电阻小, 驱动电压稍不对称将引起很大的偏磁积累。所以高频变压器的偏磁比低频变压器的偏磁要严重得多。在桥式或半桥式逆变电路中, 可在变压器输入端串接一隔直电容以防止偏磁。隔直电容的副作用是导致电压传输效率降低。在推挽式逆变电路中, 变压器初级两个绕组中电流方向始终不变, 不能串接隔直电容。因而有效地防止变压器偏磁成为高频推挽式逆变器稳定工作的关键技术之一。目前采用的方法是加大变压器容量, 甚至在磁路中加气隙。导致变压器磁芯利用率下降, 体积增大功耗上升。本文提出了一种新颖的偏磁校正电路, 能有效地解决偏磁问题。其电路结构如图 3 所示, 其工作原理及波形如图 4 a- c 段所示。

电流传感器分别检测出两个推挽功率器件的电流信号  $i_1$  和  $i_2$ , 两电流信号相减并经过低通平滑滤波, 即得两功率器件电流平均差, 它反映了变压器的偏磁情况。该电流平均差经积分

调节器放大后,通过电子开关 S,从驱动脉冲  $T_1$  下降沿始,到  $T_2$  下降沿止,叠加到 PWM 调制电压上。调节了  $T_2$  的脉宽,从而改变  $i_2$  的大小,保证  $i_1$  和  $i_2$  的平均差为零。图 3 中的 R-S 触发器及外围电路是为使信号叠加操作和驱动脉冲严格同步而设置的。在  $T_1$  的下降沿, R-S 触发器输出端置 1, 开关 S 接通, 偏磁校正电压叠加到调制电压上, 在  $T_2$  的下降沿, R-S 触发器清零, 开关断开。若逆变电路是理想的, 只要推挽功率器件的驱动脉冲 ( $T_1$  和  $T_2$ ) 的宽度相同, 就不会发生偏磁, 如图 4 中 a- b 段所示, 偏磁校正电压为零。若存在某种因素影响了逆变电路的对称性, 即使  $T_1$  和  $T_2$  脉宽相同, 也会产生偏磁, 此时偏磁校正电路产生校正信号叠加到调制电压上, 调整  $T_2$  宽度, 最终消除偏磁 (如图 4 中 b- c 段所示)。该偏磁校正电路也可用于其他类型的逆变器。

### 3 过流保护电路的设计

过流保护方式可分为二种, 一是截止保护方式, 当检测到电流超过设定阈值时, 立即停止逆变器工作, 直到重新开机或复位启动。这种保护方式可靠性高, 但不适合冲击性负载。为避免逆变器频繁停机, 保护电流阈值设定比正常工作电流要大很多。从而要求功率器件的电流裕量大, 功率器件利用率低。另一种是限流保护方式。当电流超过阈值时, 保护电路关断功率器件。当电流恢复到正常值以后, 又立即恢复功率器件的工作。这种保护方式可充分利用器件的电流定额, 适合于多种负载, 在实际中应用较多。限流保护电路一般由比较器或 PI 调节器构成<sup>[3]</sup> (如图 5 虚框内所示电路)。当电路参数设计不当, 或电路故障点不同而使电路参数 (包括分布参数)、结构发生变化时, 保护电路和主电路所形成的闭环回路在保护点附近可能产生高频自激振荡。从而使功率器件在一个 PWM 周期内多次重复开通与关断。如图 4c- d 段所示。此时开关损耗增加。若自激振荡频率过高, 功率器件的开通与关断时间又相对较大, 则功率器件将脱离开关状态而进入线性放大区,

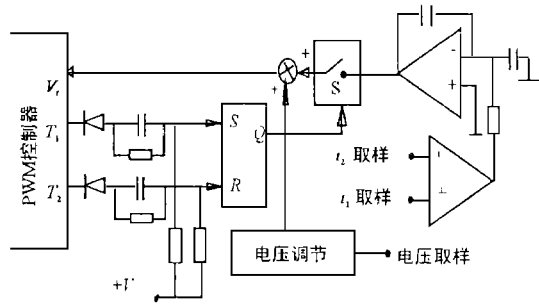


图 3 偏磁校正电路原理图

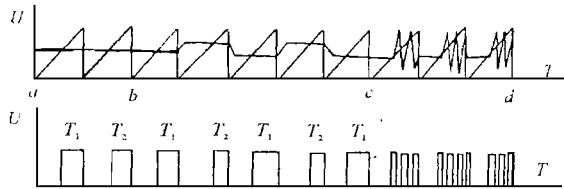


图 4 PWM 调制特异波形

a- b 段: 正常调制  $T_1 = T_2$ ; b- c 段: 偏磁校正电路改变  $T_2$  的脉宽, 消除偏磁; c- d 段: 普通电流保护电路产生自激振荡。

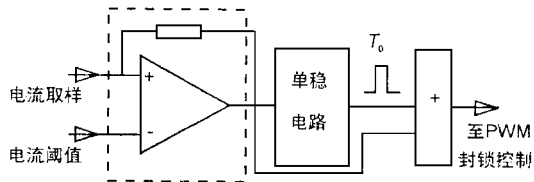


图 5 复合型过流保护电路

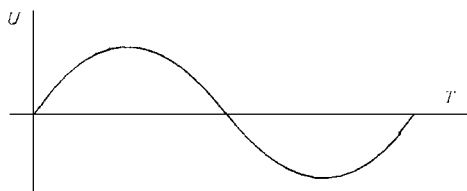


图 6 输出波形

功耗急剧上升甚至烧毁。笔者在研究 PWM 直流调速及 PWM 开关电源时曾发现过这种现象。保护电路的动作速度一般要求很快,在电流保护回路中不能增加强的滤波补偿。再加上产生过电流的情况有多种,电路参数甚至结构会随过流故障情况的不同而变化,给保护电路的自激补偿带来很大困难。我们将截流保护和限流保护的思路综合起来,设计一种复合型保护电路(图 5)。在常规的限流保护电路的基础上并接一个上升沿触发的单稳态电路,其输出的脉冲宽度  $T_0$  约等于 PWM 周期。当出现的过电流时间较短时,单稳态电路保证关断信号持续时间最小为一个 PWM 周期。过电流持续时间很长时,单稳触发电路实际上不起作用,电流一恢复到正常值,关断信号马上撤除。这样既保留了限流保护的功能,又有效地防止了高频振荡。

#### 4 实验及结论

实验样机将直流 24 V 转换为 220 V 50 Hz 正弦交流电压,开关频率 55 kHz,输出功率 500 V A。样机实际工作时的电压波形如图 6 所示。本文提出的偏磁校正和过流保护电路在实验中得到应用,结果令人满意。实验证明:当负载电流较大,输出滤波电容适当时,逆变器输出波形失真很小,而当负载电流很小或输出滤波电容选择太大时,逆变器输出电压失真将增大。这是由于推挽逆变电路不能向输出滤波电容提供反向放电流的缘故。输出波形失真主要表现在正弦电压过零点出现小的跳变。这对大多数应用情况而言不成为问题。提高推挽逆变电路的开关频率,合理设计输出滤波电感和电容,对保证输出波形低失真有显著作用。

#### 参考文献

- 1 李 强,翟志军,周希德. 车载单相正弦脉宽调制 IGBT 逆变器的研制. 电力电子技术, 1997, 1: 23~26.
- 2 朱振东,翟志军,许大中. 逆变器中高频变压器偏磁的研究. 电力电子技术, 1997, 1: 14~16.
- 3 吴宪平,袁建国,洪 波. 逆变式手弧焊机输出特性的控制. 电力电子技术, 1996, 4: 13~15.

## 实验动物研究首次被列入国家攻关项目

经国家科委批准,实验动物首次被列入国家科技攻关项目,卫生部科教司作为项目主持单位,已下发了“实验动物模型培育和标准化技术研究”课题招标通知。招标主要包括:

(1) 人类疾病动物模型研究。要求通过自发突变或转基因技术等方法培育具有我国独特优势的、急需的特殊疾病动物模型;

(2) 实验动物新品种的开发与研究。要求应用分子生物学技术建立其独特的遗传标志。确定种群的遗传背景和生物学特性和稳定性研究,达到国外同类产品的水平,形成产品,并推广应用;

(3) 实验动物质量检测试剂盒的研究。完成试剂盒的敏感性、特异性和稳定性研究,达到国外同类产品的水平,形成产品,推广应用;

(4) 实验动物建筑设施设计中的常规参数,制定科学的实验动物设计指南或规范;

(5) 实验动物保种保育种技术研究。要求开展胚胎冷冻、胚胎移植、转基因等技术研究,建立符合国情的基因、组织、胚胎等多种形式的保种育种技术。

(摘自广西医药信息, 1998, (7): 2)