

便携式应急分合闸控制装置的研制及应用

韩世军¹, 毛吉贵¹, 杨国华², 陈一鸣²

(1. 国网宁夏电力公司吴忠供电公司, 宁夏 吴忠 751100;

2. 宁夏大学电气工程与自动化, 宁夏 银川 750021)

摘要: 针对10 kV柱上断路器的电磁操动机构在馈线远程终端(Feeder Terminal Unit, FTU)直流电源消失或者容量不足时不能可靠合闸的问题,深入分析原因,研制了便携式应急分合闸控制装置,并应用到配电自动化调试及配电设备检修工作中。应用结果表明:便携式应急分合闸控制装置有效地满足了配电网停电检修时FTU及各类柱上配电设备对不间断电源的需求,应用范围广泛,安全可靠,具有一定的工程实用价值。

关键词: 柱上断路器; 操动机构; FTU; 蓄电池; 储能电容

中图分类号: TM643 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-3643(2016)04-0024-06

有效访问地址: <http://dx.doi.org/10.3969/j.issn.1672-3643.2016.04.004>

Development and application of portable emergency open-close switch control device

HAN Shijun¹, MAO Jigui¹, YANG Guohua², CHEN Yiming²

(1. Wuzhong Power Supply Filiale of State Grid Ningxia Power Co., Wuzhong Ningxia 751100, China

2. Electrical Engineering and Automation Department, Ningxia University, Yinchuan Ningxia 750021, China)

Abstract: Aiming at the problem that electromagnetic operating mechanism of 10 kV pole-mounted circuit breaker cannot reliably close switch when Feeder Terminal Unit (FTU) direct current power source disappear or lack capacity, deeply analyzes the causes, develops portable emergency open-close switch control device, applies it into distribution automatic dispatch and distribution equipment maintenance, The application result shows that: portable emergency open-close switch control device can effectively satisfy the requirement of FTU and pole-mounted distribution equipments for uninterruptible power supply(UPS), during power interrupted. The device is safety, reliable, and applied widely and has practical engineering application value.

Key words: pole-mounted circuit breaker; operating mechanism; FTU(Feeder Terminal Unit); battery; energy storage capacitance

DOI: 10.3969/j.issn.1672-3643.2016.04.004

收稿日期: 2016-05-09

作者简介: 韩世军(1983),男,工学硕士,配电线路技师,从事城市配电网运维技术工作。

随着配电自动化水平的不断提高,吴忠供电公司所辖 10 kV 城网配电线路柱上断路器均需实现了“三遥”(即遥信、遥测、遥控)功能,其核心是馈线远方终端(Feeder Terminal Unit, FTU)与配电自动化主站通信,提供配电系统运行情况和各种参数及监测控制所需信息,并执行配电主站下发的命令,对配电设备进行调节和控制,实现故障定位、故障隔离和非故障区域快速恢复等功能。目前,10 kV 柱上断路器按照采用的操动机构类型不同,分为电磁操动机构和弹簧操动机构两种类型柱上断路器。其中,10 kV 柱上断路器的弹簧操动机构在直流电源消失的情况下,可人力进行分、合操作,而 10 kV 柱上断路器电磁操动机构则需功率较大的直流电源带动。在直流电源消失的情况下,不能人力合闸。在设备运行维护过程中,有可能带来延误恢复供电时间,影响供电可靠性的安全隐患。如果将 10 kV 柱上断路器的电磁操动机构更换为弹簧操动机构,虽然避免了电磁操动机构合闸需大功率直流电源的不足,断路器在直流电源消失的情况下也可以进行人力分、合操作,但是,该供电公司所辖配网线路在运的该类型柱上断路器有 40 多台,更换操动机构需要返厂进行,拆除、运输、安装均会产生高昂的费用,经济效益差,并且更换时需要频繁停电,影响供电可靠性,将会给用电企业生产带来很大的负面影响。因此,研制一种自带电源的便携式应急分合闸控制装置是解决此问题最有效的途径。

1 便携式应急分合闸控制装置应具备的功能

1.1 大容量储能电源

10 kV 柱上断路器的电磁操动机构,即磁致动(永磁)操动机构,是利用直流螺旋电磁力合闸的操动机构,结构简单、价格较低、加工工艺要求低、可靠性高。但是,断路器合闸功率大,需要配备大容量的直流电源^[1-2],并且断路器的电磁操动机构不能手动储能,也不能手动合闸。一旦 FTU 直流电源消失或者容量达不到断路器的合闸功能时,断路器将不能可靠合闸。因此,便携式应急分合闸控制装置必须配置大容量的储能电源,以满足

电磁操动机构的电源需求。

1.2 装置充电不受停电检修时间的限制

在线路正常运行时,电压互感器将 10 kV 交流电压降为 220 V 交流电压,通过 FTU 电源模块实时给蓄电池充电。在线路停电检修时,线路停止对直流电源充电,直流电源续航能力受停电时间的制约,若蓄电池放电完毕,就不能提供柱上断路器合闸电源,导致柱上断路器合闸不到位或者不能合闸。因此,在 FTU 直流电源消失的情况下,便携式应急分、合闸控制装置应能进行预先充电确保 10 kV 柱上断路器的电磁操动机构正常分、合闸操作安全可靠,并且不受线路停电检修时间的限制。

1.3 续航时间长

FTU 直流电源由 1 节 12 V 24 Ah 铅酸蓄电池储存电能,在一个充电周期内,该电源只能满足大约 3 次分、合闸需求,续航时间约为 8 h。配电自动化实施后,具备“三遥”功能的断路器原则上采用遥控操作,就地操作时优先采用电动操作,在配电自动化设备调试、投运以及检修时,需要多次重复遥控,电动操作配电设备^[3],大量消耗直流电源电能,这就对 FTU 直流电源续航能力提出了更高的要求,而目前的直流电源的续航时间并不能满足多次电动操作的需求。如果直流电源续航时间短,将对设备调试和投运造成严重的影响,如不能在计划时间内完成工作,将会导致延迟恢复供电。因此,便携式应急分合闸控制装置应能满足停电检修时间断路器分、合闸需求,并有较长的续航时间,根据实践经验,续航时间约为 FTU 直流电源的 4 倍。

2 便携式应急分合闸控制装置的研制

2.1 系统结构

便携式应急分、合闸控制装置的系统结构如图 1 所示,由输入电源模块、信号调理电路、整流降压电路、蓄电池管理模块以及稳压输出端口 5 部分组成。装置的输入电压为 AC 220 V,经过抗电磁干扰电路、脉宽调制驱动电路以及桥式整流

电路得到DC 60 V,通过蓄电池充电模块给蓄电池组充电,最后由DC 110 V电容储能输出端口给断路器的电磁操动机构分、合闸操作提供直流电源。同时,考虑到配电网FTU的差异化,为了使装置的应用范围更加广泛,专门设计了3种电源输出口:

(1)AC 220 V 升压逆变输出口,可给检修工作现场的单相交流电机提供电源;

(2)DC 48 V、DC 24 V、DC 12 V 稳压输出接口可给配电网各种类型FTU 提供直流电源;

(3)DC 5 V 稳压输出接口,可供检修现场工作人员的移动设备充电。装置的备用蓄电池组可进一步提供续航时间;电源保护模块及各种指示、显示仪表完成其他辅助功能。

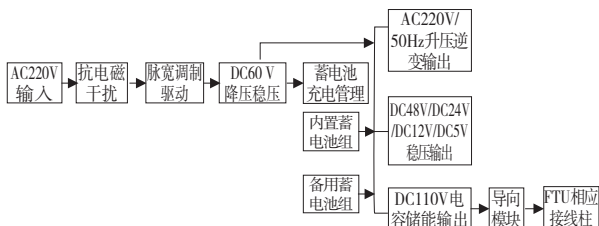


图1 便携式应急分、合闸控制装置系统结构

2.2 功能模块设计

2.2.1 抗电磁干扰电路

为了防止传导干扰,从干扰的原信号中提取到有用信号,抑制无用信号,剔除干扰部分,装置采用两级滤波,通过桥式整流得到的直流电压,送入到脉宽调制驱动电路,抗电磁干扰电路如图2所示。

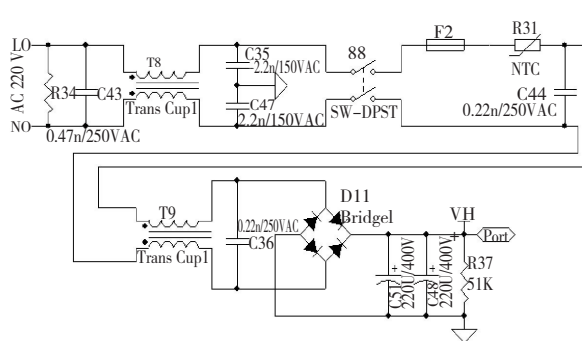


图2 抗电磁干扰电路

2.2.2 脉宽调制驱动电路

由抗电磁干扰电路得到的信号为模拟信号,为了使电源的输出电压在工作条件变化时保持恒定,装置需要利用微处理器的数字信号对模拟电路进行控制,根据载荷的变化来调节绝缘栅型场效应管(Metal Oxide Semiconductor,MOS)栅极的偏置,改变MOS管导通时间,从而改变开关稳压电源输出,装置基于TL494设计正激式脉宽调制驱动电路,其中,1脚为正相输入端,输入的直流电压经R58、R51分压后,正常工作时取样电压为5.4 V。2脚为反相输入端,电压值为5 V,3脚电压值为0.06 V,此时输出电压为AC 234 V方波电压。第4脚外接R45、R56、C65为死区时间设定,正常电压值为0.01 V。在正激逆变器中输出超压的可能性几乎没有,故该电路中第16脚未使用,由电阻R53接地,这种设计的特点使TL494振荡频率低,脉冲变压器为降压式设计,其降压电压由脉冲变

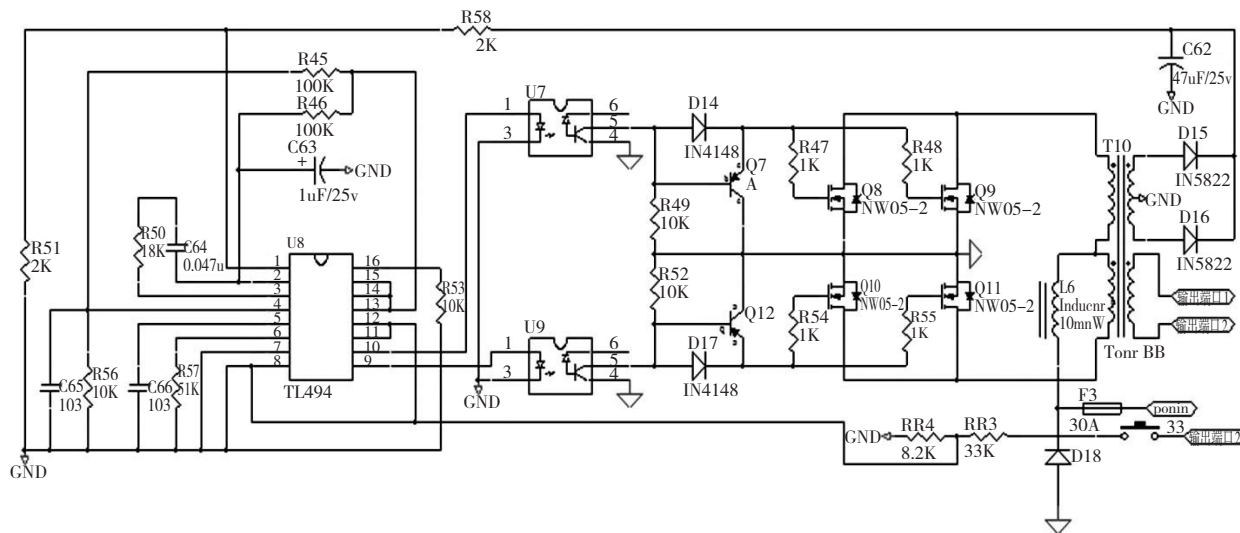


图3 脉宽调制驱动电路

压器原、副边绕组比确定^[4-10],脉宽调制驱动电路如图3所示。

2.2.3 充电管理模块

电池充电管理及自动内外部续电切换模块要求蓄电池瞬间续电,并且电源自动切换过程不会出现间断现象,电路设计如图4所示,当外部AC 220 V电压输入时,稳压部分由D8提供输入电压,电池也将进入充电状态,由于电池电压始终是低于DC 60 V(充电模块压降),因此二极管D10的负端电位高于正端,使其处于关断状态,负载将不会取用蓄电池电压从而保护蓄电池。当外部电源撤离后,D10负端电位低于正端,二极管导通,蓄电池电源瞬间续电。

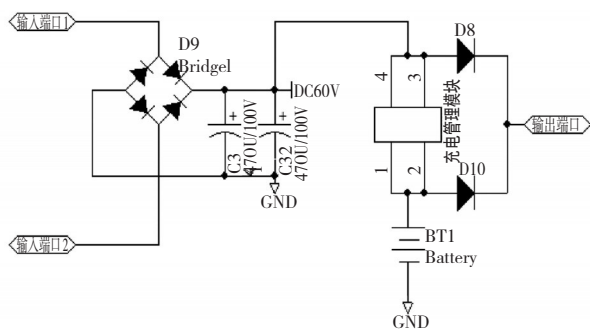


图4 充电管理模块

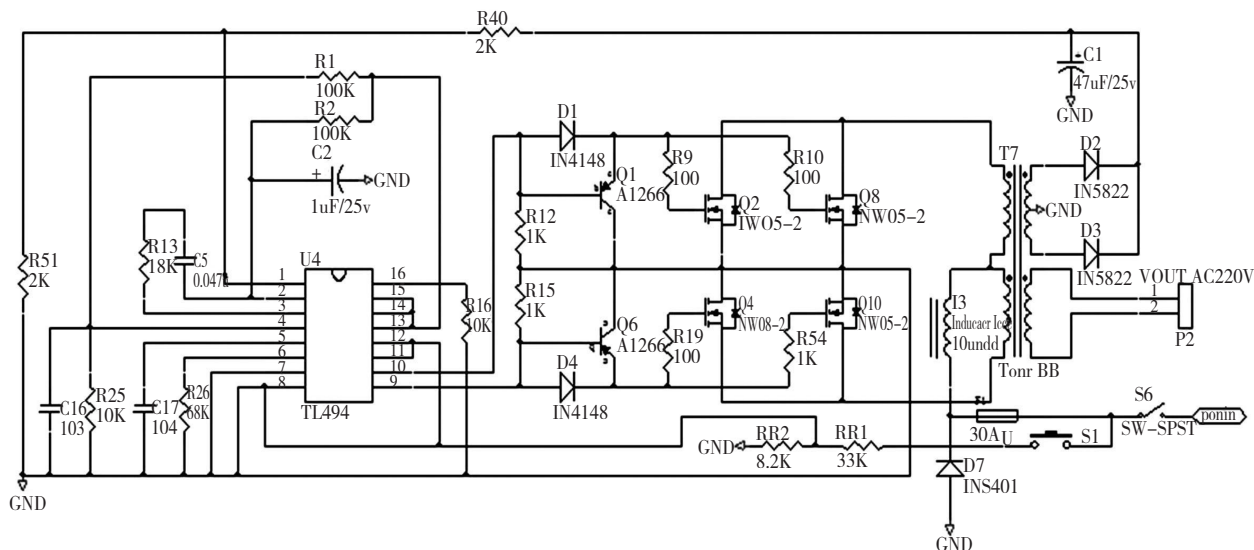
2.2.4 逆变电路

装置提供AC 220 V升压逆变输出接口,以满足现场实际工作需要,使装置的应用范围更加广

泛,基于TL494芯片设计的正激式脉宽调制驱动电路如图5所示。设计原理与脉宽调制电路相同,需要说明的是,第8、11脚为内部驱动输出三极管集电极,第12脚为TL494前级供电端,此三端通过开关S控制TL494的启动/停止,作为逆变器的控制开关。当S1关断时,TL494无输出脉冲,因此开关管VT4~VT6无电流输出。S1接通时,此3脚的电压值由蓄电池的正极电压分压所得。在正激逆变器中输出超压的可能性几乎没有,故该电路中第16脚未使用,由电阻R16接地^[11-12]。

2.2.5 电容储能电路

AB-3S-12型号电磁操动机构柱上断路器的合闸启动电压为DC 110 V,启动电压大;如果采用蓄电池组作为储能设备,将会增加装置的体积和重量,使用不方便。而电容器是一种能够储藏电荷的元件,在充电和放电的过程中,两级板上的电荷有积累过程,电容器上的电压不能突变,满足装置的要求,电容储能电路如图6所示。当开关SK向左闭合时,蓄电池对电容CK充电,同时对负载供电。由于SK为联动开关,所以此时放电回路中的负载RK断开,起保护作用;当开关SK向右闭合时,电容CK充电断开,同时在SK的联动作用下,负载放电电阻RK接通,使电容迅速放电。由于瞬时放电回路电流大,但是时间短,所以RK取值一般为100 W即可满足。



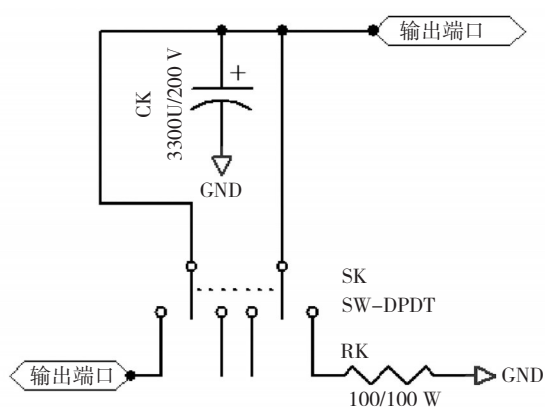


图6 电容储能电路

2.2.6 开关稳压输出电路

开关稳压输出电路如图7所示,采用ISL8560芯片,其特点为功率大、效率高、发热量小、电压调节范围宽。输出电压通过R21、R27的值计算得出: $V_{out}=(1+(R21/R27)) \times 1.20$,单位为V。

2.2.7 导向模块及仪表

导向模块为柱上断路器永磁操动机构线圈提供一个正方向或反方向的大电流,实现一次开关的合闸或分闸,选用新概念电气公司生产的DX04产品。蓄电池选用12V单体电池,其额定电压为12V,浮充电压为13.38~13.42V,均衡充电电压为13.80~14.40V,放电终止电压为10.8V。电子显示模块使用西楚科技公司生产的

XC5135型产品,熔断器使用新力熔断器公司生产的RT18-32,转换开关使用双刀双掷船型电源切换开关。

3 效果评价

(1) 便携式应急分合闸控制装置使用前,在线路停电检修工作终结恢复供电时,如果FTU直流电源容量不足,就不能对断路器的电磁操动机构进行合闸操作,只能先合上上一级开关,由线路给待合闸断路器的直流电源充电完成后,方可执行断路器的电磁操动机构合闸操作,充电时间约为30min,导致恢复供电时间延误,严重影响供电可靠性。而便携式应急分合闸控制装置不受线路停电检修时间的限制,可以预先充电,在线路检修工作中提供全程不间断直流电源。

(2) 10kV柱上断路器的电磁操动机构在直流电源消失的情况下不能手动合闸,不仅影响供电可靠性及优质服务质量,而且给设备的运维工作带来安全隐患,对人身、设备安全造成威胁。如果要更换40多台断路器的操动机构或者FTU直流电源,无论从经济效益还是从社会效益考虑,都不是最理想的选择。便携式应急分合闸控制装置突

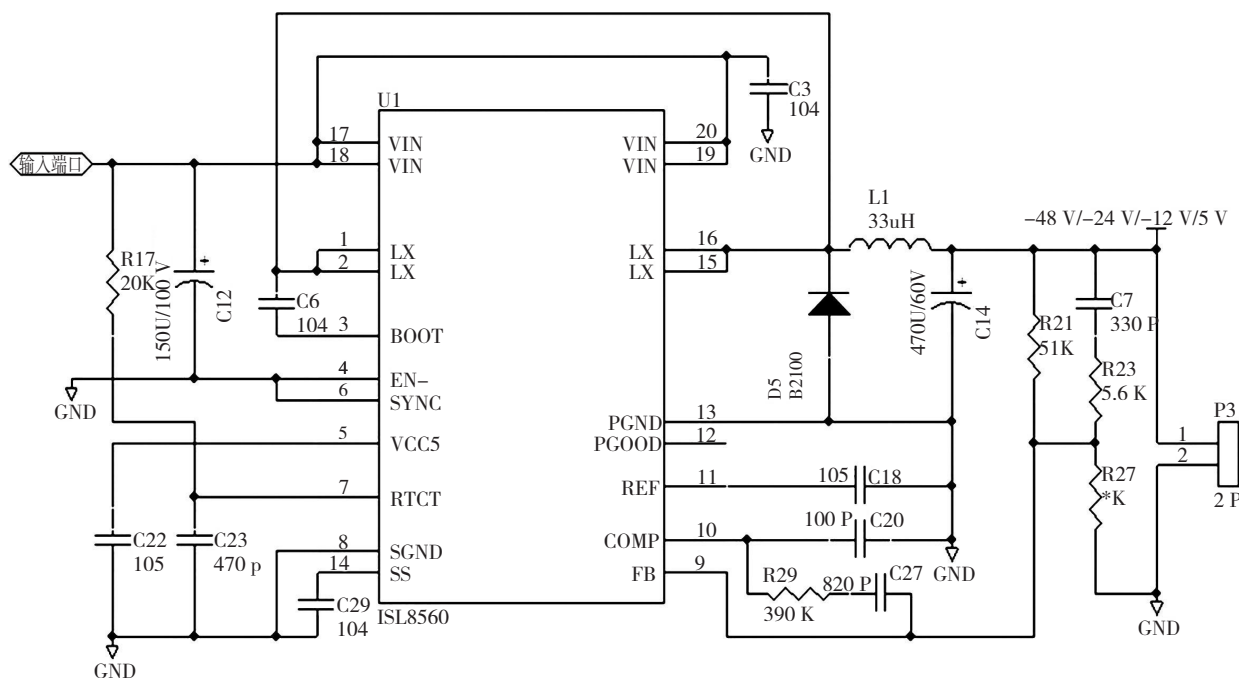


图7 开关稳压输出电路

出的续航能力,使用方便快捷,安全可靠,有效地解决了上述问题。

(3)便携式应急分合闸控制装置设计了DC 110 V电容储能端口,在FTU直流电源容量不足的情况下,通过航空插头将该端口与柱上断路器连接,即可提供断路器合闸需要的电源容量,确保断路器可靠合闸,有效地解决了直流电源容量有限的问题。

(4)便携式应急分合闸控制装置内置2节12 V 24 Ah蓄电池组,备用2节12 V 24 Ah蓄电池组,取电方便,灵活快捷,续航时间约为FTU直流电源的4倍,有效地解决了直流电源续航能力受停电时间限制的问题。

(5)便携式应急分合闸控制装置还设计了AC 220 V升压逆变输出接口和DC 48 V、DC 24 V、DC 12 V、DC 5 V稳压输出接口,可以满足配电设备各种型号FTU电源需求以及运维人员的通信设备充电需求,应用范围广泛。

(6)便携式应急分合闸控制装置的充电管理模块充分利用了二极管的正向导通性,当外部电源撤离后,蓄电池便可瞬间续电,由于电路中存在较大容量电容的续流,其自动切换速度较快,并且电源自动切换过程中不会出现间断现象,安全可靠。

(7)2014年6月,配电设备运维管理部门将便携式应急分合闸控制装置运用到配电自动化调试和配电设备检修工作中,电磁操动机构柱上断路器可靠合闸率为100%,应用效果明显。

4 结论

(1)便携式应急分合闸控制装置设计的DC 110 V电容储能端口和配置的备用蓄电池组,有效地解决了因FTU直流电源续航时间短和停电检修时不能持续充电而导致的电磁操动机构柱上断路器不能可靠合闸的问题,使用方便快捷,安全可靠。

(2)便携式应急分合闸控制装置输入电压为

AC 220 V,取电方便;输出5种直流电压和1种交流电压,可满足配电设备所需的各种电源需求,应用范围广泛。

(3)电路设计中巧妙地利用了二极管的正向导通性,在蓄电池充电时断开稳压输出电路供电,自动切换到由输入电源直接向稳压电路供电,既确保了稳压输出电路正常工作,又保证了蓄电池等元器件不被损坏。

参考文献:

- [1] 曹孟州.供配电设备运行维护与检修[M].北京:中国电力出版社,2011.
- [2] 马志广.配电线路运行[M].北京:中国电力出版社,2010.
- [3] 熊卿府.配电线路检修[M].北京:中国电力出版社,2010.
- [4] 王青林,张伟,赵景波.电路设计与制板Protel 99 SE基础教程(修订版)[M].北京:人民邮电出版社,2012.
- [5] 吴东升.基于TL494芯片的高效DC/DC变换器的研究与设计[J].电气技术,2006(5):45-48.
- [6] 高自力.基于TL494芯片PWM控制电路工作原理分析与检测[J].电脑知识与技术,2012(36):8799-8801.
- [7] 关山.大功率稳压逆变电源的设计与制作[J].电子制作,2004(9):5-8.
- [8] 逆变器.用TL494制作400 W大功率稳压逆变器[EB/OL].http://blog.sina.com.cn/s/blog_8fa6741b0100wkig.html,2011.
- [9] 广州市普今电子.大功率逆变器电路设计过程[EB/OL].http://blog.sina.com.cn/s/blog_75fe7cc01018mjs.html,2012.
- [10] 朱兴喜,史兆荣,汤黎明,王星星,戚仕涛,于春华.便携高频止血器应急电源电路的设计与应用[J].中国医学装备,2011(08):12-16.
- [11] YY330960466.采用TL494的直流12V转交流220V逆变器电路图[EB/OL].<http://wenku.baidu.com/view/70a4d74e2b4e767fcffa.html>,2011.
- [12] 正义.稳压逆变电源的制作[EB/OL].http://blog.sina.com.cn/s/blog_588d5bfb0100dr0o.html,2009.