

# 交流接触器电磁系统节能技术研究

黄世泽<sup>1</sup>, 郭其一<sup>1</sup>, 柯伯湘<sup>1</sup>, 朱 谅<sup>2</sup>

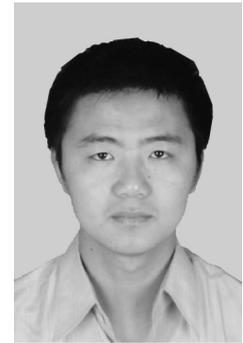
(1. 同济大学 电子与信息工程学院, 上海 200331;

2. 浙江中凯科技股份有限公司, 浙江 温州 325604)

**摘 要:** 针对控制电器的电磁系统节能问题, 提出了一种基于晶闸管的电磁系统节能方案。晶闸管控制单元输入端接交流电源, 通过调节可变电阻值来控制电容的充放电时间, 经电容的不同充放电时间改变晶闸管的触发脉冲移相角度的大小, 进而改变晶闸管的导通角大小。通过调整可变电阻的阻值, 可获得不同的吸合电压和保持电压, 适用于交流接触器不同的电磁系统, 使通用性大大增强。

**关键词:** 交流接触器; 电磁系统; 节能装置; 晶闸管; 导通角

**中图分类号:** TM 503<sup>+</sup>.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-5531(2013)10-0019-04



黄世泽(1983—), 男, 博士后, 研究方向为低压电器虚拟样机技术和智能配电系统。

## Research on Electromagnetic System Energy Saving Technology of AC Contactor

HUANG Shize<sup>1</sup>, GUO Qiyi<sup>1</sup>, KE Boxiang<sup>1</sup>, ZHU Liang<sup>2</sup>

(1. College of Electronics and Information Engineering, Tongji University, Shanghai 200331, China;

2. Zhejiang Jonk Technology Co., Ltd., Wenzhou 325604, China)

**Abstract:** For the electromagnetic system of control electrical equipments' s energy saving issues, a thyristor based electromagnetic system energy saving program was proposed. The input terminal of thyristor control unit is connected to AC power. Capacitor charging and discharging time is controlled by adjusting the variable resistor. Different charging and discharging time of the capacitor can change the phase-shifting angle of the thyristor trigger pulses thereby changing the conduction angle of the thyristor. By adjusting the variable resistor, different pull-in voltage and hold voltage are obtained which can be applied to different electromagnetic systems, and enhances the versatility greatly.

**Key words:** AC contactor; electromagnetic system; energy saving device; thyristor; conduction angle

## 0 引 言

随着我国能源和原材料消耗的持续增加, 节能和降耗已经成为各行各业关注的问题。低压电器的节能技术主要是指通过对低压电器进行技术改造, 降低其在运行期间消耗的能量。

控制电器的操作系统一般采用交流控制电源。我国现生产的额定电流 63 A 以上的大中容量交流接触器, 其交流操作电磁系统在吸持时消耗的有功功率在数十瓦至一百多瓦, 消耗的无功功率则在数十瓦至数百瓦。采用节电技术, 一般

有功功率节电率可高达 85% 以上, 有的甚至可超过 95%<sup>[1-4]</sup>。

虽然大中容量交流接触器交流操作电磁系统吸持时消耗的有功功率平均每台仅为约 50 W, 但由于交流接触器是量大、面广的低压控制电器, 目前全国正在运行的采用节电技术的大中容量交流接触器以百万台计, 每年可节约电能以亿千瓦时计。由于交流接触器采用节电技术后具有较高的节电效益, 同时还可降低操作电磁铁的噪声和线圈的温升, 故该方面的研究具有重要的意义和价值<sup>[5-7]</sup>。

郭其一(1961—), 男, 教授, 研究方向为新型低压电器技术。

柯伯湘(1988—), 男, 硕士研究生, 研究方向为低压电器仿真技术。

## 1 接触器节能装置

以接触器为代表的控制电器是基于“通电吸合、带电保持、断电释放”的工作原理。在保持阶段,不可避免地需要消耗相当大能量。节能装置设计主要是基于保持阶段降低能量损耗。

交流接触器节能装置可分为节电器、节电线圈和节电型交流接触器 3 大类。

(1) 节电器是交流接触器的外附装置,通过引入接触器的辅助触头增加按钮,通过“通电吸合环节”和“降压带电保持环节”实现。通电吸合环节可由二极管和电阻串联,或由变压器组成。降压吸持环节由电容器、变压器或互感器组成。

(2) 节电线圈,典型的为双绕组式。

(3) 节电型交流接触器,有机械锁扣式、剩磁吸持式和永磁吸持式等。

由于上述节电产品都有其弊病,因此多年来一直没有得到很好的推广。近年来,将单向晶闸管技术引入到了电磁系统节能领域。其主要原理为:采用改变晶闸管的导通角来获得高吸合电压和低保持电压,并应用延迟电路取代接触器常闭触头,既可不再占用接触器的辅助触头,又可调节适当的延时,以提高闭合动作的可靠性,改变输入脉冲电压宽度。在吸合阶段,调节输入宽脉冲电压得到高吸动电压,使接触器安全、可靠地吸合,再转换成输入足以维持保持的窄脉冲低电压,以达到节能的目的。但由于电磁系统参数决定了电器的吸合特性,且根据不同产品,电磁系统参数都需要变动,因此,节能模块需根据不同的电磁系统进行参数变更,给设计、生产和调试带来了很大麻烦。本文提出一种利用晶闸管技术的节能模块,实现启动时间、吸合电压和释放电压都可调,对促进节能技术的运用具有重要的现实意义<sup>[8-11]</sup>。

## 2 总体方案和工作原理

本文所提出的节能装置包括:AC/DC 电路、延时电路、继电器驱动电路、晶闸管控制电路和全波整流电路。其结构如图 1 所示。

晶闸管电路、全波整流电路串接于交流电源和电磁系统之间;AC/DC 电路、延时电路、继电器驱动电路串接于交流电源和晶闸管控制电路之间。

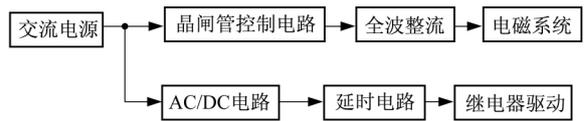


图 1 节能装置结构图

电磁系统接在全波整流电路的直流侧,电磁系统线圈任何时候接入的都是脉动直流,以此来达到降低能耗的目的。

晶闸管控制电路控制晶闸管的导通角度:上电时,触发脉冲移相角度较小,晶闸管的导通角度较大,经整流获得较高的电压来启动电磁系统;由 AC/DC 电路提供电压的延时电路在电磁系统吸合结束后,晶闸管控制电路调整触发脉冲的相位,使晶闸管的导通角度变小,经整流获得较低的电压,使电磁铁处于吸持状态。

### 2.1 AC/DC 电源电路

根据装置的安装,可选择开关电源、变压器整流等已成熟的 AC/DC 转换技术。

### 2.2 延时电路

延时电路的功能是上电后延时,延时时间到后将信号发出。延时电路原理图如图 2 所示。

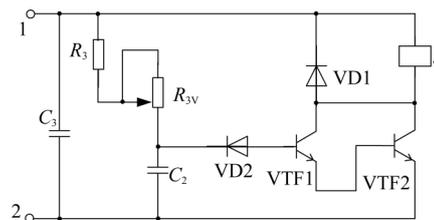


图 2 延时电路原理图

延时电路通过对电容充电来实现。上电后,模块电源的输出通过电阻和可调电阻对电容进行充电,当电容端电压达到约 10.0 V(超过 9.1 V 稳压管),将驱动三极管动作,从而使继电器 J 动作,触点转换,将信号发出,电磁铁应由吸合状态转化为带电保持状态。

通过调整电阻、电容、二极管参数,可调整延时时间。产品定型后,通过调整电位器,可调整延时时间。

### 2.3 晶闸管控制电路

晶闸管控制电路的功能是调整 IGBT 的导通角,进而通过整流电路来调节输入到电磁系统的电流波形,达到降压的作用,如图 3 所示。

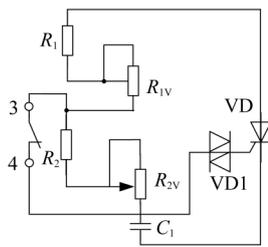


图3 晶闸管控制电路

图3中,管脚3、4为电磁继电器J的自带引出脚。该电路通过对电容充电来实现220V交流电,通过电阻、可变电阻对电容充电。当电容端电压超过晶闸管导通阈值,会使IGBT导通。

调整电阻、可变电阻、电容参数,调整充电时间为0~5ms,从而使得在一个周期内导通角的范围达到调节电压的作用<sup>[12-13]</sup>。

### 2.4 整流电路

整流电路可采用全波和半波整流,由整流桥或4个二极管构成。

## 3 仿 真

### 3.1 延时电路仿真

电容延时仿真电路图,如图4所示。图4中, $C_3$ 为电容延时电路的充电电容; $R_3$ 为仿真时等效的充电电阻。稳压管为9.1V,加上2个PN结1.2V,电压为10.3V,可变电阻值为零时,等效的充电电阻为3k $\Omega$ ,输出波形如图5所示。

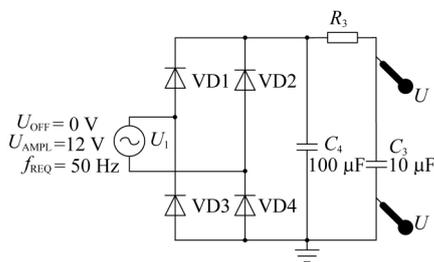


图4 电容延时仿真电路

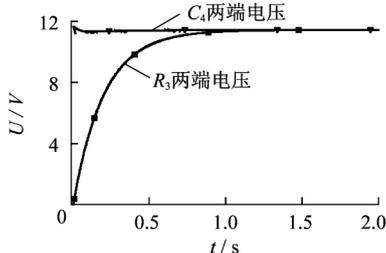


图5 可变电阻为零时的仿真波形

由图5可知,当 $t=0.5s$ 时,充电电压达到10.2V,此时继电器J导通,即延时时间为0.5s。

电路可变电阻为最大20k $\Omega$ ,等效的充电电阻为50k $\Omega$ 时,仿真波形如图6所示。

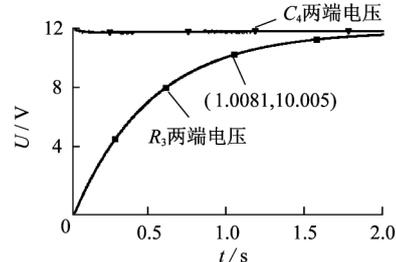


图6 可变电阻最大时的充电波形

由图6可知,当 $t=1s$ 时,电容两端的电压达到10.2V,此时继电器J导通,即吸合时间为1s。

采用上述电阻、电容参数配置时,延时调节时间范围为0.5~1.0s。

### 3.2 触发电路仿真

触发仿真电路如图7所示。

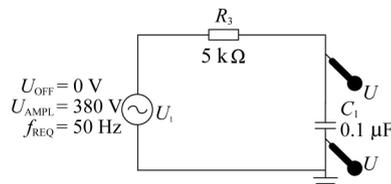


图7 触发电路仿真电路图

启动吸合阶段,继电器触点闭合,接入电阻变化范围为50~150k $\Omega$ 。当电阻150k $\Omega$ 时,波形如图8所示。由图8可知,吸合阶段导通时间为2ms。

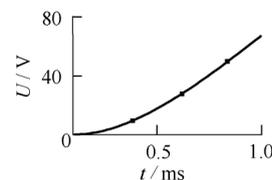


图8 吸合阶段仿真波形

吸持阶段时,电阻为100~300k $\Omega$ ,仿真波形如图9所示。由图9可见,吸持阶段导通时间约为3ms。

综上所述,通过调节电位器,可轻松调整吸合和吸持阶段的导通角,进而控制吸合和吸持阶段的导通电压,达到调节目的。

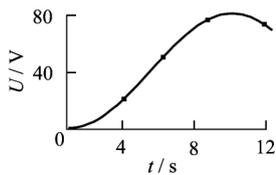


图9 吸持阶段仿真波形

## 5 试 验

本文所设计的节能模块经控制与保护开关电器的电磁系统配合使用,在不改变交流电磁系统的参数下可完全匹配适用。根据 GB 8871—2001《交流接触器节电器》规定,本产品进行了 1.25/50 μs、8/20 μs 电涌抗扰度试验、电快速瞬变/快速抗扰度试验、射频电磁辐射抗扰度试验、静电放电抗扰度试验、辐射式发射及传导式发射试验等各项试验,通过合理调整节能模块元器件参数和 PCB 布线,节能模块顺利通过电磁兼容试验。

## 6 结 语

通过实践验证了产品符合相关标准,优化了产品的吸合特性,降低了电磁线圈的温升,减少了电磁系统工作时的噪声,节能系数较高。

### 【参考文献】

[1] 彭成. 交流接触器节能芯片的研发与应用[D]. 杭州: 浙江大学, 2011.

[2] 方鸿发. 低压电器及其测试技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 1982.  
 [3] 陆俭国, 何瑞华, 陈德桂, 等. 中国电气工程大典第11卷 配电工程[M]. 北京: 中国电力出版社, 2009.  
 [4] 周茂祥. 低压电器设计手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1992.  
 [5] 刘炳彰. 交流接触器节电技术发展和 GB 8871 标准修订简介[J]. 低压电器, 2001(2): 58-62.  
 [6] 姚芳林, 朱振远. 交流接触器节能技术的研究[J]. 节能技术, 1993(2): 30-31.  
 [7] 韩继光. 交流接触器节能改造后直流维持电磁铁吸合的电流计算[J]. 电气开关, 1996(5): 40-41.  
 [8] 荣良章, 王世珍. 交流接触器节能技术的发展及应用[J]. 机床电器, 2011(4): 40-42.  
 [9] 王峰, 程航, 徐献清. 交流接触器节能运行功能的分析[J]. 低压电器, 2011(4): 17-21.  
 [10] 杨林, 高卫东. 节能型电磁系统结构设计[J]. 低压电器, 2010(16): 13-16.  
 [11] 刘炳彰, 林李杰. 交流接触器节电综述[J]. 江苏电器, 2002(2): 9-14.  
 [12] 李强, 林明耀, 胡敏强, 等. 基于 PSPICE 仿真的 IGBT 功耗计算[J]. 电力自动化设备, 2005, 25(1): 31-33.  
 [13] 周勇, 吕中宾. IGCT 及其逆变电路的 PSpice 仿真[J]. 电力自动化设备, 2005, 25(6): 77-79.

收稿日期: 2012-12-27

《**低压电器**》在全国科技期刊界拥有广泛的知名度, 历年获奖及入国家重点数据库。依托集团公司雄厚的技术实力和广泛的行业资源, 《低压电器》将不断发挥专业品牌媒体的优势, 不断开拓创新, 全面服务于行业。

第二届中国出版政府奖 期刊奖

第三届全国期刊奖

中国期刊方阵“双百”期刊

中国科技论文统计用刊(中国科技核心期刊)

中国科学引文数据库来源期刊

全国中文核心期刊

第二届国家期刊奖 百种重点期刊

2009 年获第四届华东地区优秀期刊

中国学术期刊光盘版

中国学术期刊综合评价数据库来源期刊