

# KB0 系列控制与保护开关节能技术研究

黄世泽<sup>1</sup>, 郭其一<sup>2</sup>, 仇丁辉<sup>3</sup>, 朱 谅<sup>3</sup>, 屠旭慰<sup>3</sup>

(1. 同济大学 交通运输工程学院, 上海 201804;

2. 同济大学 电子与信息工程学院, 上海 201804;

3. 浙江中凯科技股份有限公司, 浙江 乐清 325604)

**摘 要:** 在介绍了低压电器节能技术的基础上, 结合 KB0 的特点, 提出一种晶闸管基于并带有补偿电路的电磁系统节能方案。详细介绍了节能装置的总体方案和详细方案。该方案通过调节可变电阻阻值控制电容的充放电时间, 进而改变晶闸管的导通角大小。同时通过电压补偿电路、限幅电路、温度补偿电路及调整可变电阻的阻值, 可获得更理想的吸合电压和保持电压。试验表明, 电磁系统节能方案既能优化产品的吸合动作, 又能降低电磁系统的噪声和线圈的温升。

**关键词:** 控制与保护开关电器; 节能装置; 导通角; 晶闸管

## 0 引 言

目前 KB0 系列控制与保护开关电器(CPS)已经在民用建筑和工业领域得到了广泛的应用, 成为电动机控制与保护的首选解决方案。KB0 系列 CPS 将断路器、接触器、热继电器以及隔离器的功能融为一体。这种模块化的单一结构型式的多功能低压电器汇集了分立元器件的优点, 并克服其可能出现的保护特性、控制特性配合不协调的缺点。CPS 产品在电控系统中应用, 不仅减少了线路中所需的元件品种、规格、数量, 很好地解决了各电器之间的协调配合, 而且体积较小、功能全、运行可靠性高、短路分断能力高、机电寿命长。这种模块化的单一结构型式的多功能集成电器为低压配电与控制系统提供了一种新型、理想的基础元件, 具有功能集成化、结构模块化、体积小、防护等级高、分断能力高、飞弧距离短、寿命长、连续运行、可靠性高、安装使用及维修操作方便等优点。

CPS 产品的电磁系统功能及结构类似于接触器<sup>[1-3]</sup>。基于“通电吸合、带电保持、断电释放”的工作原理。在保持阶段, 不可避免需要消耗相当大的能量。因此, 在现有低压电器节能技术的基础上, 结合 KB0 的特点, 设计了合理的节能方案, 配合电磁系统达到低能耗保持, 既能优化产品的吸合动作, 又能降低电磁系统的噪声和线圈的温升。

## 1 低压电器节能技术简介

低压电器一般采用交流控制电源, 以我国现

在大规模生产的额定电流在 63 A 以上的大、中容量交流接触器为例, 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之间, 消耗的无功功率则在数十瓦至数百瓦之间。采用节电技术, 一般有功功率节能可高达 85% 以上, 有的可超过 95%<sup>[4-7]</sup>。

目前, 市场上交流接触器节电产品可分为节电器、节电线圈、节电型交流接触器三大类。

(1) 节电器是交流接触器的外附产品, 通过引入接触器的辅助触点, 增加按钮, 通过“吸动环节”和“降压吸持环节”实现。吸动环节可以由二极管和电阻串联, 或由变压器组成。降压吸持环节可由电容器、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。

近年来, 将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动电压和低吸持电压, 并应用延迟电路取代接触器常闭触头, 即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作的可靠性, 而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, 足以维持吸合的窄脉冲低电压, 以达到节能的目的<sup>[8]</sup>。

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, 因此节能装置需要根据不同的电磁系统进行参数变

更,给设计、生产、调试带来了很大麻烦。同时由于低压电器标准规定了产品的吸合特性,要确保85%~110%吸合、20%~70%释放,须采用晶闸管方案,同时保证产品的吸合特性和释放特性。

## 2 KB0 节能技术的总体方案

在低压电器节能技术基础上,结合KB0的具体特点,本文提出一种带有输入电压补偿电路及利用晶闸管技术的节能装置,实现启动时间可调,且吸合电压和释放电压都可调,并且吸合电压及保持电压较稳定,促进节能技术的运用。

节能装置包括AC/DC电路、延时电路、继电器驱动电路、输入电压补偿电路、限幅电路、温度补偿电路、晶闸管控制电路和整流电路<sup>[9-11]</sup>。节能装置结构如图1所示。

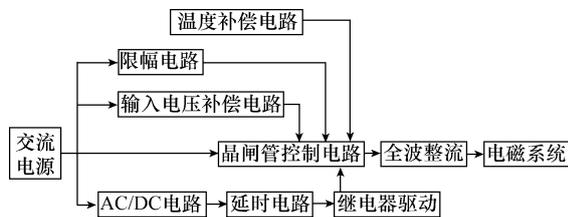


图1 节能装置结构图

电磁系统接在全波整流电路的直流侧,电磁系统线圈接入的都是脉动直流,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起动电磁系统;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。

在上电的同时输入电压补偿电路,根据输入电压的高、低来控制继电器的触点,使得补偿用电容接入或断开,从而进一步改变晶闸管的触发脉冲移相角度,获得更理想的吸合电压和保持电压。

限幅电路可使晶闸管控制电路中电容充电电源的电压保持稳定,这样当输入电压在某段范围中变化而输入电压补偿单元中的继电器未动作时,触发脉冲的相位角恒定不变。

温度补偿电路,通过热敏电阻在晶闸管控制

单元中触发脉冲,可以补偿电磁线圈发热后铜线电阻增大而对保持电流的影响。当电路温度上升后,通过改变热敏电阻的数值,使保持电压变小,达到电磁系统的稳定性。

## 3 KB0 节能装置的详细方案设计

### 3.1 AC/DC 电源电路

AC/DC电路为整个装置提供直流电源。根据不同框架的空间提及要求,可选择开关电源、变压器整流等AC/DC转换技术。AC/DC电源电路原理图如图2所示。

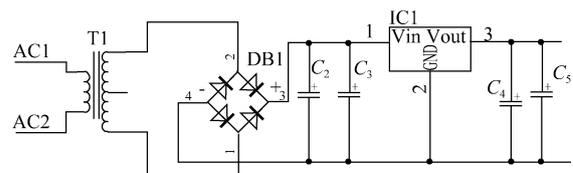


图2 AC/DC电源电路原理图

### 3.2 延时电路

延时电路原理图如图3所示。

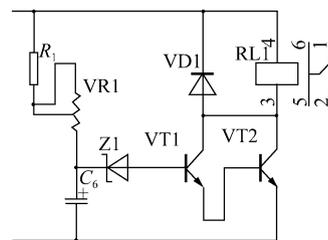


图3 延时电路原理图

延时电路的功能是上电后延时,延时时间到后将信号发出。电磁铁应由吸合状态转化为吸持状态。

延时电路通过对电容充电来实现。图3中,上电后,模块电源的输出通过电阻和可调电位器对电容进行充电,当电容端电压达到约10V时(超过9.1V稳压管),将驱动三极管动作,从而使继电器动作,触点转换,将信号发出。

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。

### 3.3 晶闸管控制电路

晶闸管控制电路如图4所示。

晶闸管控制电路的功能是调整IGBT的导通

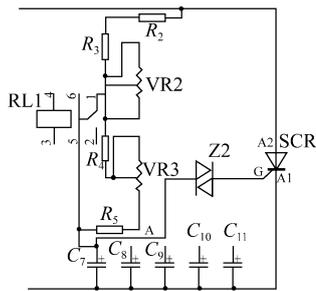


图4 晶闸管控制电路

角,进而通过整流电路,调节输入到电磁系统的电

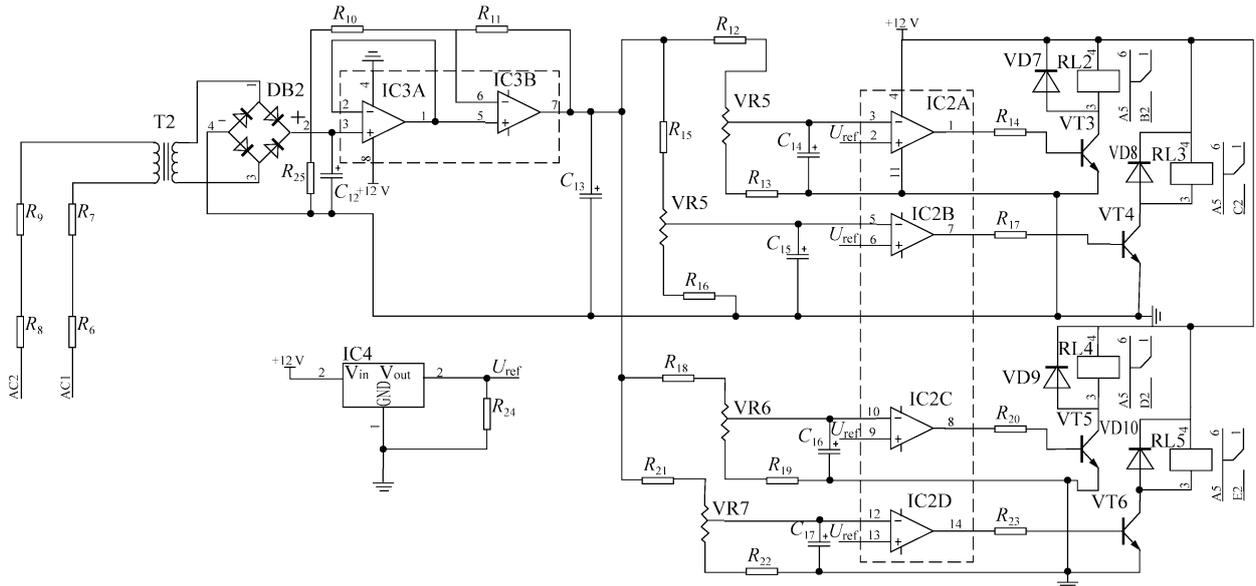


图5 输入电压补偿电路原理图

输入电压补偿电路的功能是,当输入电压有大幅度的上升或下降时,补偿电路就会根据预先设定的输入电压范围进行补偿,使继电器闭合将补偿电容接入晶闸管控制电路中,改变电容参数,从而使触发脉冲的相位角右移或左移,达到输出电压变化只会有较小输出电压变化的目的。

该电路通过判断输入电压的高低进行补偿,主要通过其输入端的电流型电压互感器采集到的输入电压变化送接到电压比较器。再控制相应的继电器,继电器触点会接通或断开1个补偿电容,来实现补偿功能。图5中为4路补偿电路,可以按所需进行增加或减少。

### 3.5 限幅电路及温度补偿电路

限幅电路原理图如图6所示。

限幅电路的功能是,通过两个稳压管反向串接在电路中,形成一个限幅电路;晶闸管控制单元

流波形,达到降压目的。

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 $C_7$ 充电。当电容端电压超过Z2导通阈值,将使IGBT导通。 $C_8$ 、 $C_9$ 、 $C_{10}$ 、 $C_{11}$ 为补偿电容。

调整电阻、可变电阻、电容参数,调整充电时间为0~5ms,从而使得在一周期内导通角的范围达到调节电压的作用<sup>[12-13]</sup>。

### 3.4 输入电压补偿电路

输入电压补偿电路原理图如图5所示。

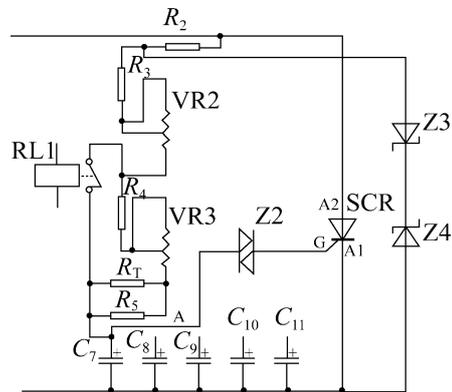


图6 限幅电路原理图

中触发脉冲形成电容充电电源的电压,由于稳压管的存在而保持稳定。当输入电压在某段范围中变化而输入电压补偿单元中的继电器未动作时,触发脉冲的相位角恒定不变。

温度补偿电路的功能是 将热敏电阻  $R_T$  并接在晶闸管控制单元 触发脉冲形成电路的电容充电回路 ,可以补偿电磁线圈发热后铜线电阻增大 ,而对保持电流的影响。

## 4 试 验

### 4.1 节电率测试

装有节能装置的电磁系统按工作电压分为 AC 220 V、AC 380 V 两种 ,按 GB 8871—2001《交流接触器节电器》第 8.3.9 条进行测试。测试原理图如图 7 所示。

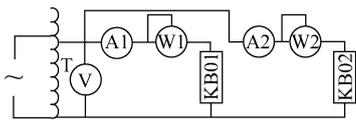


图 7 节电率测试原理图

图 7 中 ,KB01、KB02 分别为未安装、安装节能装置的 KB0 ,T 为调压器 ,低压功率因数电功率表 W2、W1 测定的数值分别为  $P_2$  和  $P_1$  ;令交流电压表 V 和电流表 A2、A1 测定的电压和电流的乘积分别为  $S_2$  和  $S_1$  ,则可求得:

$$Q_2 = \sqrt{S_2^2 - P_2^2}$$

$$Q_1 = \sqrt{S_1^2 - P_1^2}$$

节电率分有功功率节电率和无功功率节电率。有功功率节电率按下式计算:

$$\Delta P = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \times 100\%$$

式中:  $P_1$  ——基本型产品在吸持状态下 ,其电磁线圈消耗的有功功率;

$P_2$  ——节能型产品处在吸持状态 ,其输入端测得的所消耗的有功功率。

无功功率节电率按下式计算:

$$\Delta Q = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \times 100\%$$

式中:  $Q_1$  ——基本型产品在吸持状态下 ,其电磁线圈消耗的无功功率;

$Q_2$  ——节能型产品处在吸持状态 ,其输入端测得的所消耗的无功功率。

按上述测试方法进行测试后 ,增加节能装置后 ,有功功率节电率  $\Delta P$  为 86% ,无功功率节电率  $\Delta Q$  为 93% 。

### 4.2 温升试验

按 GB 8871—2001《交流接触器节电器》第 8.3.3 条进行试验。试验方法: 将节电装置与所适用的控制与保护开关电器 KB0 相连接 ,施加额定工作电压进行试验 ,试验的时间足够长 ,使温升达到稳定值 ,一般不超过 8 h。当温升测量点的温度变化每小时不超过 1 K 时 ,可认为温升已稳定。试验时被试品应尽可能按通常使用条件安装 ,并应防止受到不正常的外部发热或冷却的影响。

试验结束时 ,节电器接线端子和接触器线圈的温升均不应超过 30 K。

试验结果 ,使用带节能装置的 KB0 正常运行 8 h 后 ,电磁线圈温升小于 30 K( AC 220 V 线圈 ,19.5 K; AC 380 V 线圈 ,28.4 K) ,远远低于 GB 14048.9 规定的 110 K 的线圈温升。

### 4.3 其他试验

根据 GB 8871—2001《交流接触器节电器》规定 ,该产品还进行了电涌抗扰度试验、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。通过合理调整节能装置元器件参数与 PCB 布线 ,节能装置顺利通过电磁兼容试验。

## 5 结 语

所设计的节能装置 ,经与控制与保护开关电器 (KB0) 的电磁系统配合适用 ,在不改变交流电磁系统的参数下可完全匹配适用。研究内容已经申请两项发明专利和两项实用新型专利 ,实用新型专利均已授权 ,发明专利还在审查中。通过安装节能装置 ,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( 仅为 2 dBA) ,节能系数较高 ,符合电器“绿色化”的发展趋势 ,也符合国家所提倡“节能减排”的方针。

### 【参考文献】

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 方鸿发. 低压电器及其测试技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 1982.
- [6] 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.
- [7] 周茂祥. 低压电器设计手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1992.
- [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): 40-43.
- [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): 14-18.
- [10] 杨林, 高卫东. 节能型电磁系统结构设计[J]. 低压电器, 2010(16): 13-17.
- [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.

收稿日期: 2014-08-13