# 智能型双线圈双稳态永磁式接触器的设计

设备的安全可靠性、连续性和智能化是企业高速信息化生产的需求，作为频繁接通、分断工业设备中电动机的双线圈双稳态永磁式接触器的性能好坏直接影响到企业生产和产品质量。采用微处理器为核心，辅以外围驱动电路对双线圈双稳态永磁式接触器进行智能化设计，实现对双线圈双稳态永磁式接触器的检测、设置、保护、控制和通信的智能化控制。实验结果表明，设计的智能型双线圈双稳态永磁式接触器，可有效提高永磁式接触器的工作性能和可靠性。

汪先兵[1,2] 倪受春[1]/1.滁州学院机械与电子工程学院 2.东南大学自动化学院

汪先兵/讲师

关键词/Keywords
智能型双线圈双稳态永磁式接触器·
智能化控制·
微处理器·
防晃电·

传统的电磁式接触器是一种用于远距离频繁接通与分断交直流电动机和主回路的控制电器。在工矿企业中，如蓄热式轧钢加热炉的风机是关键的工艺装备，它的运行正常与否直接影响生产和产品质量。但当供电系统产生晃电现象时，电磁式接触器的电磁力不足以抑制弹簧的反作用力，主回路断开[1]，造成风机停运，此刻中心控制系统须及时发出指令迅速切断煤气快切阀，抑制回火造成可能的煤气爆炸事故，在确认煤气切断后，又重新起动风机、送煤气以及加热炉点火等一系列程序恢复生产[2]，整个运行装置中的电磁式接触器一方面无法实时监测电网电压而实现抗晃电的智能化功能，另一方面不具备实时采集分闸信号上传给中心控制系统而实现快速准确的切断智能化功能，最终导致对企业的连续化大型生产装置产生严重影响和不安全因素。国内外生产和使用的传统模拟式电磁式接触器，越来越难适应现代企业智能化、连续化及高速信息化生产的需求。双线圈双稳态永磁式接触器是基于永磁操动新原理发展而来的一种新型开关设备，具有功耗小、无噪声及抗晃电等明显优势[3-7]，在工业、冶金、油田及矿业等领域中受到了广泛的关注，本文所提出的智能控制模块与双线圈双稳态永磁式接触器相结合，实现了永磁式接触器的智能化数据采集、可通信、抗晃电以及运动过程的动态控制等智能化功能，有效地提高了接触器的工作寿命和可靠性。

## 智能型永磁式接触器的整体结构设计

该硬件设计以微处理器为核心，模块化的设计思路，其智能控制模块的硬件整体设计结构如图1所示。根据智能化控制模块的技术要求，能够有效地实现永磁式接触器智能化功能以及抗晃电作用，保证设备的正常稳定运行，同时保证双线圈双稳态永磁式接触器能够在正常工作条件要求下可靠响应合分闸操作指令；在执行指令的过程中，合闸电容瞬时向合闸线圈正向放电，并同时向分

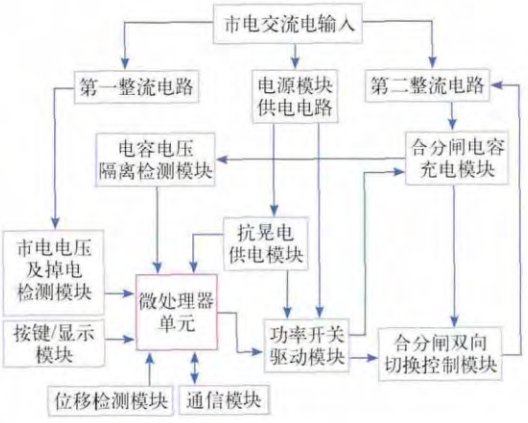



图1 硬件整体设计结构

安徽省自然科学基金项目（1308085QE97）。



中国知网 https://www.cnki.net

闸线圈反向放电，提高合闸电气初始速度，当动铁心运动到合闸零界的位置时，切换到分闸电容向分闸线圈正向放电、合闸线圈反向放电，尽可能地减少触头间机械碰撞和降低拉弧现象的发生；同时，能够对永磁接触器自身和电网电压值进行智能采样检测，并做出相应判断和动作。

## 智能型永磁式接触器的硬件模块设计

### 1. 微处理器单元设计

微处理器选用了ST旗下的一款增强型系列微控制器STM32F103R8T6，微处理器单元的引脚接线如图2所示，微处理器单元主要完成信号的采集、处理、控制和通信等任务。

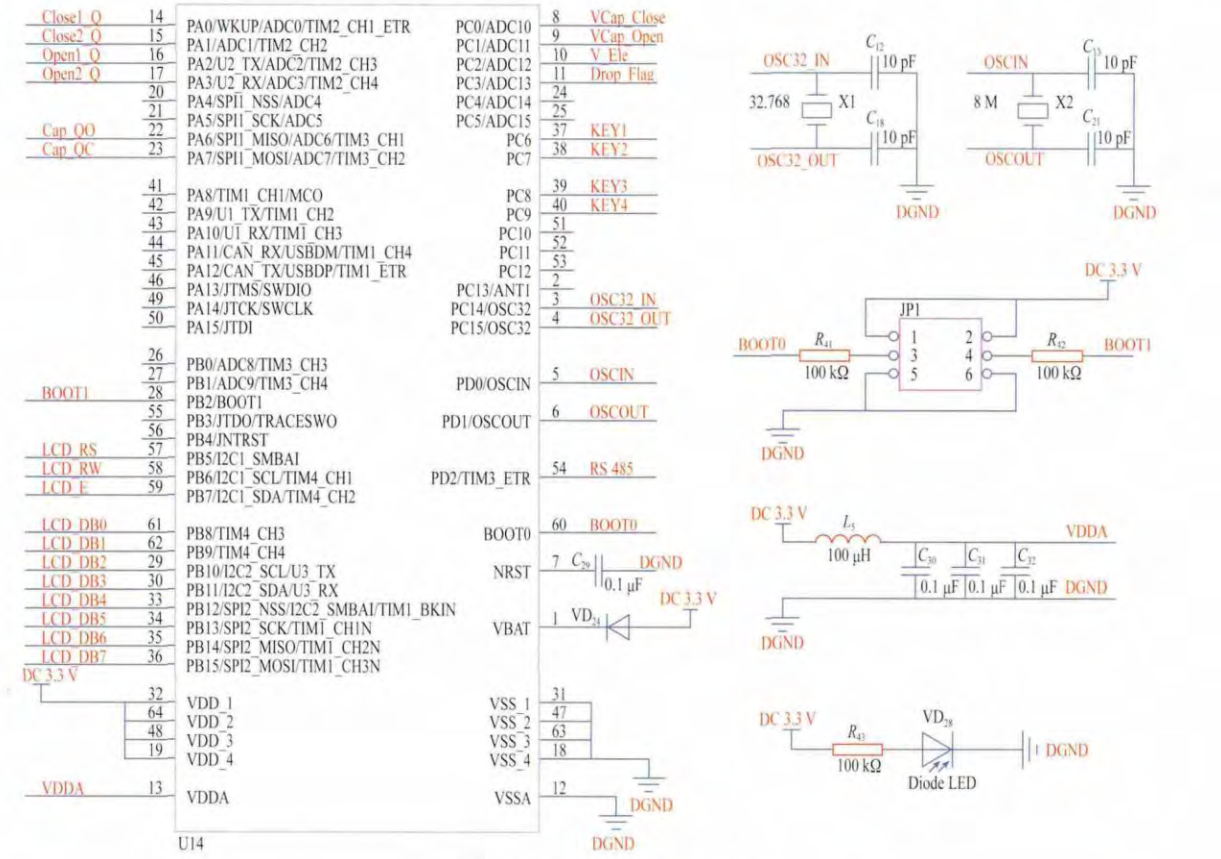



图2　微处理器单元的引脚接线图

### 2. 主驱动模块设计

图3为智能控制模块的主驱动电路，功率开关驱动模块包括IGBT光耦隔离驱动电路和四个IGBT组成的H桥电路，分别形成双线圈双稳态永磁式接触器的合闸与分闸回路，其中线圈L1为合闸线圈，线圈L2为分闸线圈，IGBT的导通和关断由光耦隔离电路实现驱动，由IGBT开关控制实现合闸储能电容$C_2$、分闸储能电容$C_7$，流经于合闸线圈和分闸线圈的电流大小及合分闸的双向切换。合分闸电容的充电容量大小由合分闸电容充电模块中的IGBT $Q_1$和$Q_6$通断实现控制。

### 3. 合分闸电容电压隔离检测模块

电容电压隔离检测模块以精密电阻分压、光电隔离线性放大器HCPL－7510为核心，由两个合分闸电容电压检测电路组成，图4为合分闸电容电压隔离检测电路图。通过精密电阻对合分闸电容分压，由微处理器通过采集到的合分闸电容电压值和额定合分闸电容电压值进行比较产生偏差，通过调整PWM信号来控制合分闸电容的充电量。

### 4. 市电电压及掉电检测模块

图5为市电电压及掉电检测模块。市电由L、N引入，经过整流桥后产生脉动的直流电压，通



中国知网　https://www.cnki.net

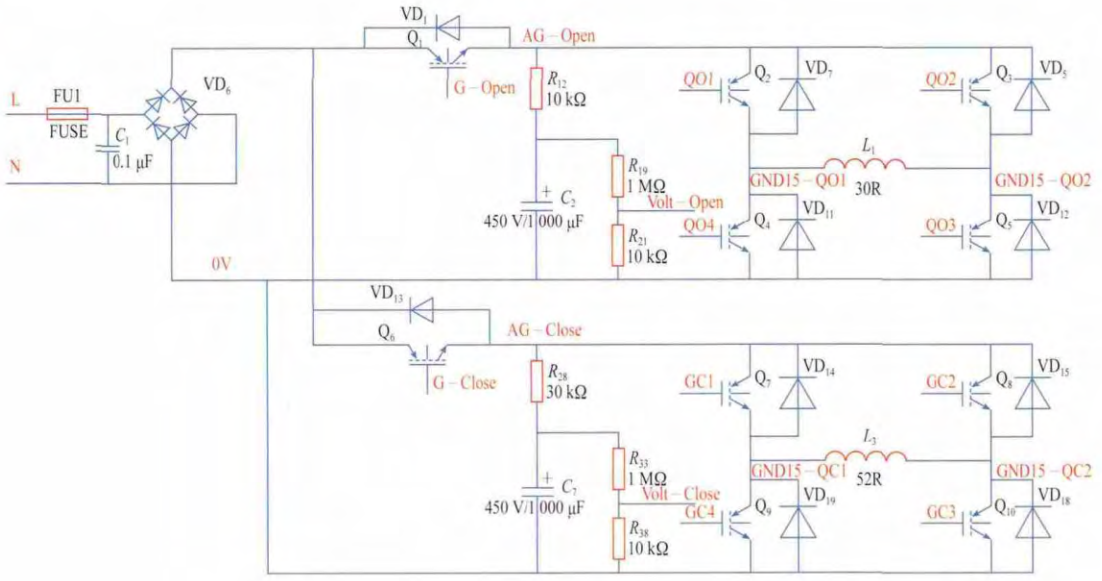



图3 智能控制模块的主驱动电路

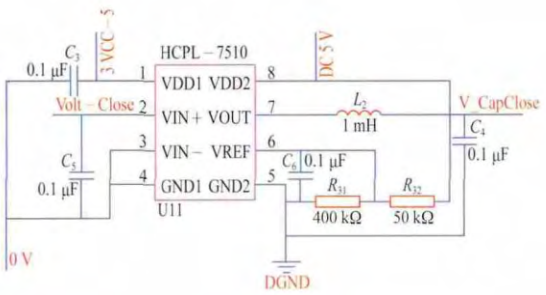



图4 合分闸电容电压检测电路图

过分压电阻进行分压与整流滤波后获得稳定的直流市电电压采集信号，将该采集信号经过光电隔离线性放大器HCPL－7510传送给微处理器进行检测。图6为市电整流后波形和掉电检测波形原理图，在电压正常的情况下，每隔半个交流电周期（10 ms），微处理器中断一次，在中断服务程序中，将定时器加载一次初值，使其时间常数略大于10 ms（可以设置为12 ms），并允许其溢出中断。一旦发生掉电情况，则内部定时器产生溢出中断，程序便会转到掉电服务程序，执行分闸等相应的动作。

### 5. 抗晃电供电模块设计

图7为抗晃电供电模块电路图，市电通过三个AC/DC模块产生三路5 V直流工作电压，其中第一路5 V工作电压经过稳压器ASM1117－3.3稳压后作为微处理器的工作电压，当出现掉电或者在晃电期间，充电后的法拉电容、二极管和正向低压降

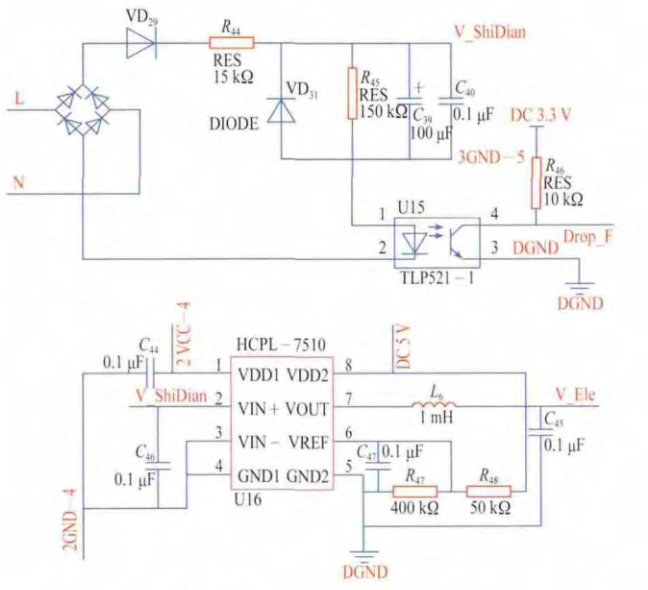



图5 市电电压及掉电检测模块

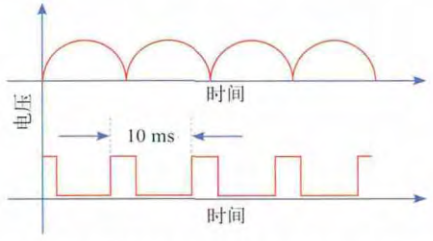



图6 市电整流后波形和掉电检测波形原理图

稳压器向微处理器进行供电，保证微处理器在掉电情况下的正常工作；第二、三路5 V工作电压，经过DC/DC模块后利用电解电容充电后为功率开



中国知网 https://www.cnki.net

关管提供驱动电压，在市电发生异常时，有市电电压及掉电检测模块检测市电，并对市电发生掉电还是晃电现象进行判断。如果市电发生晃电现象，微处理器保持合闸状态，不执行任何动作；当微处理器判断出现掉电的情况时，电解电容放电维持电压在功率开关管正常导通电压以内，微处理器驱动光电耦合器，促使分闸电容对分闸线圈正向放电，合闸电容对合闸线圈反向放电，合分闸线圈励磁方向相同，驱使动铁心向分闸方向运动，实现掉电分闸作用。

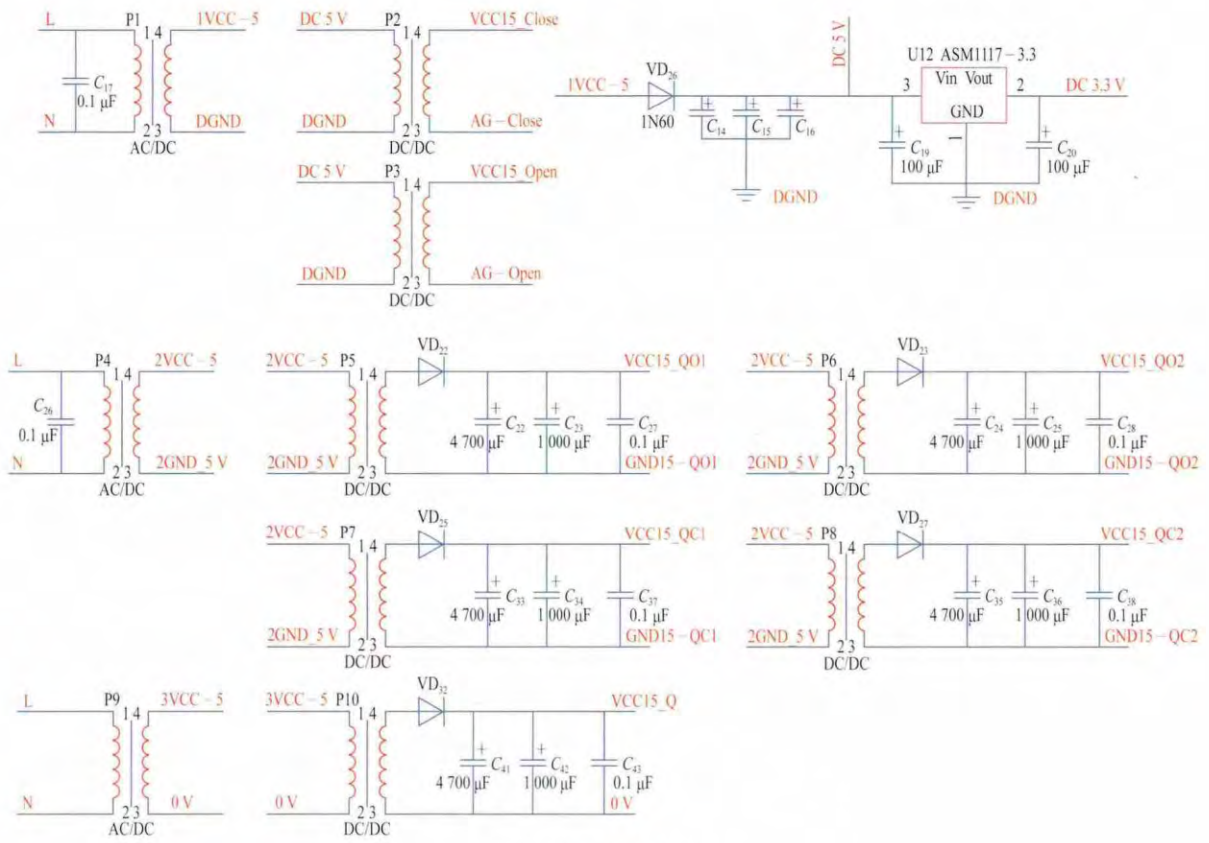



图7　抗晃电供电模块电路

## 智能型永磁式接触器的软件设计

### 1. 软件总体设计方案

利用模块化结构和循环扫描方式来实现市电电压采集和电容电量隔离的检测、市电掉电检测、功率开关管驱动、输出控制、抗晃电和通信等功能。图8为智能型永磁式接触器的主程序流程图。智能控制模块上电后，系统首先进行初始化操作，而后对控制电压检测，若检测到的电压在85%～110%额定电压范围内，则由微处理器驱动光电耦合器通断合分闸线圈回路，进行合分闸电容电压检测，并通过电压补偿子程序维持合分闸电容电量值。微处理器实时对市电进行掉电检测，当检测到掉电时，微处理器执行分闸操作，并通过通信接口上传指令信号，如果市电正常，微处理器对按键进行扫描和执行相应的动作。

图8　主程序流程图



中国知网　https://www.cnki.net

2. 市电电压及掉电检测程序设计

图9为市电电压范围检测程序流程图，图10为市电掉电检测流程图。A－D初始化后，微处理器通过HCPL－7510对市电电压进行检测，微处理器通过采集到的市电电压值并判断该电压值是否是正常市电的85%～110%，如果不是程序将继续监测实时市电电压值，直到符合标准为止。外部中断、定时器TM2初始化后，在电压正常的情况下，通过微处理器外部中断引脚接到市电掉电检测的测量端，由于该侧两端为10 ms周期性变化的方波，跳变沿的作用是每10 ms请求微处理器中断一次，在中断服务程序中，将定时器加载一次初值，定时时间设置为12 ms，并允许其溢出中断。因此，一旦发生掉电情况，程序便会转到掉电服务程序，执行分闸等相应的动作。

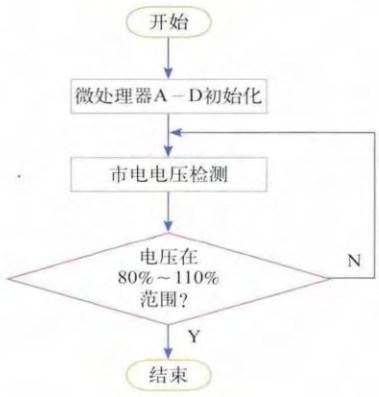



图9 市电电压范围检测程序流程图

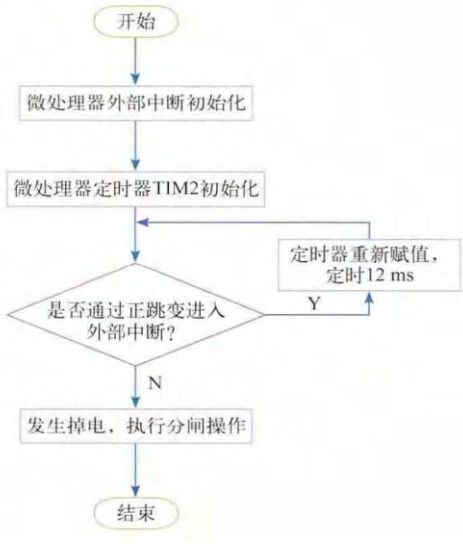



图10 市电掉电检测流程图

## 智能控制模块实验研究与分析

结合智能控制模块和系统软件方案，基于一台140 A智能型双线圈双稳态永磁式接触器样机进行了实验。实验有效地实现了智能型永磁式接触器的智能检测、设置、保护、控制和通信等功能，图11、图12为欠电压和失电压防晃电实验波形图。永磁接触器实现合闸后，通过按键/显示模块设置欠电压和失电压保护延时时间为4 s，若电网电压发生欠电压或失电压，且延时时间内未恢复正常，迅速控制永磁接触器实现分闸；若在延时时间内恢复正常，则永磁接触器仍保持合闸，有效地躲过了电网电压的短时大幅降落和掉电，实现了防晃电功能，防止永磁接触器误动作，保证了企业设备生产的连续性。

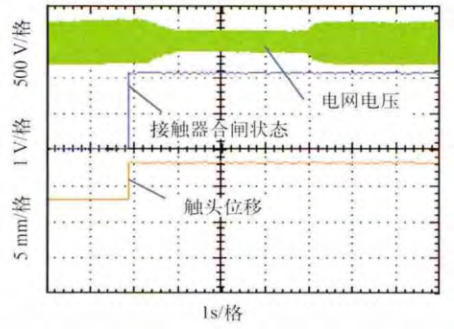



图11 欠电压防晃电波形图

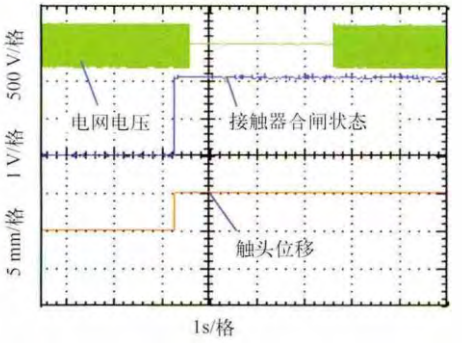
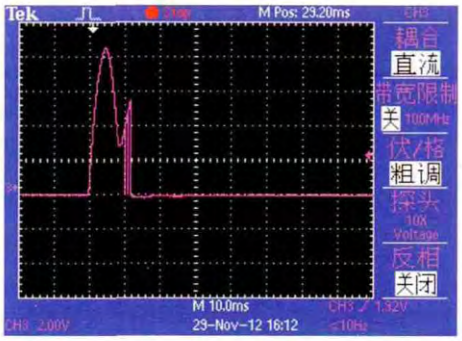



图12 失电压防晃电波形图

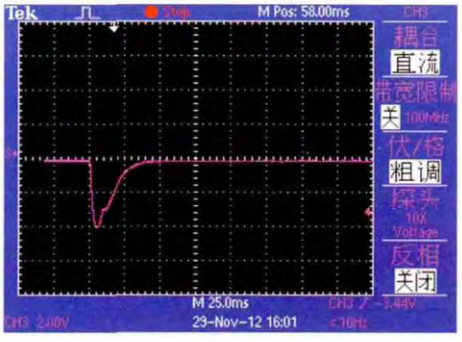
图13为永磁接触器合闸过程中施加于合分闸线圈电流波形，分闸过程电流波形与此相反，其中图13a为合闸线圈电流波形、图13b为分闸线圈电流波形。如图，当合分闸命令执行时，合分闸线圈电流变化波形图，波形中每一个大格表示2.0 V，其中每0.4 V对应1 A的电流的变化。



中国知网 https://www.cnki.net



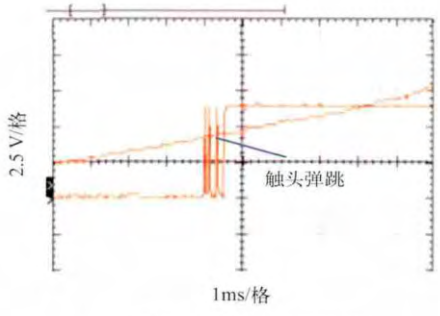

(a) 合闸线圈电流波形



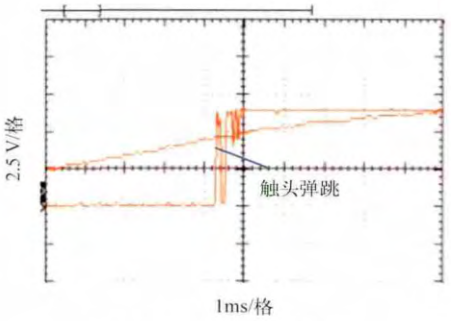

(b) 分闸线圈电流波形

图13 双线圈双稳态永磁接触器合分闸线圈电流波形

图14为对应的有、无智能控制模块测试的触头弹跳波形，其中图14a为无智能控制模块实验波形、图14b为有智能控制模块实验波形，从图14中可以看出，配智能控制模块的双线圈双稳态永磁接触器机械碰撞得到明显改善。




(a) 无智能控制模块实验波形




(b) 有智能控制模块实验波形

图14 有、无智能控制模块测试的触头弹跳波形

## 结束语

本文结合双线圈双稳态永磁式接触器的永磁操作机构技术原理和智能控制技术，研究了智能型双线圈双稳态永磁式接触器的设计方法。在硬件方面，基于功能模块化的设计思路分析了智能型永磁式接触器的硬件整体设计方案。在系统软件方面，采用了模块化结构、循环扫描方式完成了程序的设计，最后实验验证了该智能型永磁式接触器的设计有效地实现了智能检测、防晃电等智能化功能。研究的智能型双线圈双稳态永磁式接触器对于提高企业的连续化生产和智能信息化具有较好的应用价值。

### 参考文献

[1] 冯庆全．永磁式交流接触器“低电压释放功能”对稳定生产系统的作用[J]．机电信息，2003（20）：26-27.

[2] 肖克坚，徐建军．永磁式交流接触器的节能效果及在工业生产中的应用[J]．资源节约，2006，22（94）：27-30.

[3] 刘树典．永磁交流接触器工作原理及应用[J]．冶金动力，2003，25（4）：10-12.

[4] 税新峰．永磁式交流接触器的应用分析[J]．有色冶金节能，2006（4）：30-31.

[5] 潘晨曦，荣命哲，刘懿莹，等．新型永磁机构接触器控制器的研制[J]．低压电器，2008（13）：22-25.

[6] 王海潮，张继华，郭凤仪，等．新型永磁操动机构智能交流接触器的研究[J]．低压电器，2009（5）：8-11，16.

[7] 刘颖异，陈德桂，袁海文，等．带电流反馈的永磁接触器动态特性仿真与分析[J]．中国电机工程学报，2010，30（15）：118-124.

（收稿日期：2014－02－24）EA



中国知网 https://www.cnki.net