

矿用智能电机综合保护装置的设计

袁光辉

长沙长利电气有限公司 湖南 长沙 410000

[摘要] 矿用智能电机综合保护装置是矿用采掘装备工频回路控制中必不可少的装置之一,其功能主要是监测工频回路中电机空载启动、带载启动和正常运行过程中可能发生的短路、过载、缺相等异常状况,并针对以上异常状况及时执行相应的保护动作,避免造成对电机、电源甚至人员的伤害。

[关键词] 矿用;智能电机;综合保护装置;设计

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6288.2021.10.819

1 智能控制技术的基本概念

智能控制是依靠智能机器人独立控制,独立实现控制目标的控制过程。这是全世界控制理论发展的一个非常先进的阶段。它对解决以往控制技术难以解决的复杂系统的控制难题起到了非常积极的作用。结合当前国内外智能控制技术的研究和应用,智能控制已经发展成为一种集智能信息处理功能、功能信息反馈功能、智能控制决策功能等为一体的智能控制模式。同时,在智能控制技术的实际应用中,模糊控制技术和神经网络技术是保证智能控制技术能够形成有效控制功能的两个关键技术内容。

2 总体设计

2.1 概述

矿用智能电机综合保护装置应集测量、计算、逻辑判断、通信和显示于一体。保护参数的设置可以通过操作面板完成,也可以通过通讯由上位机完成。在测量方面,保护装置应具有对三相交流电压、电流、泄漏电流、电机绕组温度和绝缘值进行采样的功能。在保护方面,保护装置应具有电压缺相保护、过压保护、欠压保护、过载保护、短路保护、堵转保护、电机绕组过热保护、负载不平衡保护、漏电保护等功能,保护装置应具有被控对象(如交流接触器)的吸合线圈控制接口、接触器触点状态反馈信号接口、电机漏电闭锁引线接口等。在控制方面,保护装置应能远程控制,综合保护装置的工作状态和信息可以通过通信实时传输到上位机。

2.2 结构设计

矿井智能电动机综合保护装置应用于煤矿井下设备的电气控制系统中,布置在防爆箱体的外壳内。此外,矿井智能电动机综合保护装置广泛应用于煤矿设备的电气控制系统中,应用场合和工况多变。因此,矿井智能电动机综合保护装置的结构设计应遵循以下原则。①硬件结构应高度集中。②在满足使用要求的情况下,保护装置的功能应多样化,体积应尽可能小。③满足抗震要求。④考虑保护装置的抗干扰性能。

2.3 显示和键盘设计

综合保护装置应采用中文LCD显示屏,显示屏应包括电压、电流、温度、泄漏电流等数据,以及故障代码等信息。LCD还可以与保护装置的控制键盘一起使用,以修改保护阈值和其他参数。

3 硬件设计

矿井智能电动机综合保护装置具有实时数据采集、故障保护、远程通信、故障信息存储和查询等功能。保护装置对电机电流、电压和其他信号进行采样。采样信号在保护装置中进行数据转换和计算,并根据不同的工况进行相应的逻辑

判断,从而实现了对电机的保护。

3.1 主控芯片设计

主控芯片选用TI公司的高速数字处理器DSP28335。该芯片集成了多种先进实用的外设,例如串行外围设备接口(serial peripheral interface, SPI)、串行通信接口(serial communication interface, SCI)、控制器局域网(controller area network, CAN)、模数(analog to digital, A/D)转换采样等,可以实现功能外扩。其主频最高可达150MHz,满足数据采样计算快速性的要求。DSP28335支持浮点运算,省去了低版本数字信号处理器(digital signal processor, DSP)中需要依靠Q格式来保证计算精度的麻烦。另外,该器件可外扩静态随机存取存储器(static random access memory, SRAM),便于前期程序的调试。

3.2 主控芯片电源设计

DSP28335工作时需要3.3V闪光电压和1.8V铁芯工作电压。该芯片对电源极为敏感。因此,为主控芯片供电的电源芯片必须具有高的输出精度、小的纹波和可靠的运行。电源芯片tps767d301的输入电压为+5V。正常工作时,可同时输出3.3V和1.8V,为主控芯片DSP28335供电。此外,电源电路还配有自恢复保险丝、反向二极管、变阻器等装置,可以保护电路的过电流和过压。Tps767d301本身可以输出复位信号,DSP28335无需为主控芯片设计专用复位电路即可直接使用。

3.3 电压采样电路设计

矿山设备的供电电压一般为交流114V,因此保护装置采集的电压信号不仅是交流信号,也是高压信号。为了对电压信号进行采样,需要将高压信号转换为低压和低电流信号。本设计采用电阻串联分压的方式,实现了电压信号从高压到低压的转换。为了提高电压采样的安全性,确保在电源侧出现瞬时高压或电压浪涌时不会对保护器造成影响,有必要在电压信号采样中增加一个信号隔离电路。

采样电路通过多个电阻器降压,并通过10k Ω 采样电阻器R11和R30采样。此时,采样电阻上的电压降约为5V。然后,通过信号调理芯片ina128u对电压信号进行比例调节,然后通过高压隔离芯片ISO122U隔离待采样的电压信号,从而提高电压采样电路的抗电压击穿能力。

3.4 电流双极采样电路设计

根据电压采样电路的设计,电压采样信号经过相应变换后仍为双极性交流信号。为了提高装置的电流采样精度,电流信号采样采用LEM公司的电流互感器。因此,电流采样信号也是双极交流信号。原则上,DSP28335具有16路12位a/D采样外设,可用于电压/电流信号采样。然而,由于电压和电流采样信号是双极信号,因此本设计中使用了双极采样芯片

ADS8364。该芯片可以通过地址控制端子A0、A1和A2，对六个振幅不超过±3.3V的双极信号中的任意一个进行同步采样，采样精度为16位。当采样频率高达5MHz时，单回路的采样周期约为4μs，完全可以满足保护装置对采样率的要求。

3.5 数据存储电路设计

矿用智能电动机综合保护装置适用于不同的场合，其控制对象也不同。因此，控制参数和保护参数的设置和校正至关重要。为了提高矿用智能电动机综合保护装置的可操作性，设计了数据存储功能，方便控制参数的掉电存储。

DSP28335具有扩展的内部集成电路（I2C）总线，可通过8KBEEPROM存储芯片24LC08实现保护装置的掉电存储功能。

3.6 沟通设计

DSP28335有两个增强型can接口和三个SCI接口，均为串行通信接口。其中，can通信接口具有较高的通信速率和较强的抗干扰能力，而SCI通信接口在工业上的应用更为广泛。本设计扩展了主控芯片的can通信接口。

4 软件设计

以主控芯片DSP28335为核心的硬件平台为系统的应用提供了硬件基础。为了完成保护装置的所有功能，还需要软件支持。本次设计的系统软件主要包括主程序、键盘程序、通讯程序等。

4.1 主程序设计

主程序是整个控制软件的核心。整个软件的正常运行是通过调用每个子程序块来实现的。主程序也是整个保护装置数据计算和逻辑判断的关键。对主程序中保护装置采集的电压、电流信号进行集中处理，判断控制电机是否处于异常状态，并实时发送相应的控制指令；同时，将计算和判断结果传送到上位机。

4.2 键盘程序设计

键盘是利用主控芯片的外部中断来实现的。键盘共设置了“PAR”“ENTER”“+”“-”4个键用于保护装置采样修正参数和保护阈值参数的修改。4个键均采用开关量信号，与DSP28335的外部中断INT1相连接，当有按键操作时就会触发并执行键盘中断程序。

4.3 通信程序设计

保护装置采用CAN通信方式，默认波特率为250kbit/s（支持在线修改），支持CAN2.0B，并结合循环冗余校验（cyclic redundancy check, CRC），大大提高了通信的可靠性。

5 智能电机控制系统的构造内容与应用内容

5.1 智能电机控制系统中逆变器的构造与应用

目前，我国许多加工业仍采用过渡三相三态和双导星三相六态两种控制模式，而上述两种控制模式在电机控制中的具体结构仍以不同功能的逆变电源开关为核心。以大功率电机为例，MCT可以作为实际结构中的核心元件，而MCT作为MOSFET和晶闸管组成的复合元件，具有电压高、电流大、工作频率高、控制功率低、使用成本低、易于驱动等优点，相关人员可以通过低成本的驱动电路对其进行有效控制。此外，在目前逆变器的研究过程中，采用功率集成电路可以有效提高逆变器运行的可靠性，对减小逆变器的空间体积起到非常积极的作用。功率集成电路主要通过组合使用多个功率开关和快速恢复二极管来制造。

其次，在变频器在智能电机控制系统中的应用中，首先

通过对驱动电路的良好利用，对控制器的输出信号进行有效的功率化处理，通过有效地接通和关闭驱动管，可以实现信号的可靠输出。结合我国集成电路技术的有效发展，电流驱动电路已经成为一种具有一定输出功率的专用集成电路，其在无刷直流电机中的应用也取得了很好的效果。

5.2 智能电机控制系统中控制器的结构和应用

控制器在智能电机控制系统中的应用主要涉及以下两种类型：一是基于ASIC的控制系统；二是基于微计算技术和信息技术的数模混合控制系统和全数字控制系统。

以第一类ASIC控制系统为例，该类控制器在当前中国市场发展中已经形成了多种规格和功能的产品。同时，根据市场上专用集成电路控制系统的实际开发情况，它已经能够应用于无刷直流电机的控制过程中，并能有效克服以往分立元件使用中存在的各种控制问题。它对于减少控制电路系统的空间系统，提高控制系统运行的稳定性和可靠性具有重要意义，对满足控制系统特定环境的使用需求起到了非常积极的作用。因此，对于国内已形成规模化生产的无刷直流电机，基于ASIC的控制系统已成为其制造过程中的首选方案。因此，基于ASIC的控制系统的应用范围有限。

以第二类数模混合控制系统和全数字控制系统为例，这种控制器在我国无刷直流电机的应用范围内有着越来越广泛的发展趋势。同时，在这类控制系统的开发和应用中，已经从以前的硬件模拟电子器件转变为目前数字电路、单片机和数字信号处理器相结合的方向，并初步实现了半数模混合控制和全数字控制，对改进以往控制器的硬件控制律起到了非常积极的作用。

5.3 电机车的维修减少

对于机械传动系统而言，冲击力是直流电阻式电力机车的主要特性，极易造成齿轮损坏。频繁使用机械制动会导致闸瓦严重磨损，需要不时更换。交流牵引变频电力机车的应用，在变换速度和频率变化的影响下，可在约5秒内得到改善。这样，它就不会对传输系统产生强烈影响。在运行或减速停机期间，不再需要机械制动。这样可以大大减少闸瓦的磨损，同时减少交流异步电动机的故障，避免起动电阻。

结论

本文采用了DSP28335以及双极性A/D采样芯片ADS8364，用于矿用智能电机综合保护装置的设计。该设计充分考虑了矿用采掘装备工频回路控制的特殊性，从硬件、软件以及应用等方面作了详细的介绍。试验结果表明，本设计在采样精度和动作时间方面均能够满足对矿用采掘装备工频回路的保护要求。

参考文献

- [1] 刘艳. 遥控智能抽油机井电机保护器的研制与应用[J]. 内蒙古石油化工, 2019 (Z1): 18-19.
- [2] 郭浩, 李红军, 陆伟青. 基于MCP51EM256的智能电机保护器的设计与应用[J]. 自动化与传动, 2019 (3): 58-60.
- [3] 袁春艳. 智能电机保护器在煤矿设备电机上的使用与选型[J]. 科技资讯, 2018, 16 (3): 110-111.
- [4] 施慧莉, 张雪娟. 基于DSP的智能电机保护器设计[J]. 微计算机信息, 2020 (14): 104, 187-189.
- [5] 洪炜, 陈宇晨. 基于采样修正的三相电机保护器的设计[J]. 电子科技, 2019, 30 (2): 4.