

文章编号: 1671- 251X(2011)04- 0079- 04

DOI: CNKI: 32- 1627/ TP. 20110329. 0946. 010

基于双 CPU 的电动机保护装置设计

温阳东, 余佳

(合肥工业大学电气与自动化工程学院, 安徽 合肥 230009)

摘要: 介绍了一种基于 DSP56F807 和 W78E516B 的双 CPU 结构的电动机保护装置设计方案, 着重分析了该装置中主控板、人机交互板的硬件电路设计及保护算法。该装置采用 DSP56F807 实现多通道 AD 转换、电量计算、各种保护算法、实时时钟控制、数据存储、CAN 通信及继电器开关量输出控制等功能, 采用 W78E516B 实现人机交互功能, 采用带有任意衰减时间常数补偿、滤除衰减直流分量的傅氏算法来提高电动机保护算法的精度和准确度。实验结果表明, 该装置的过电流保护算法具有较高的灵敏度和可靠性, 取得了良好的运行效果。

关键词: 电动机保护; 双 CPU; DSP; 单片机; 保护算法

中图分类号: TD614.5

文献标识码: B

网络出版时间: 2011- 03- 29 09: 46

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20110329.0946.010.html>

Design of Motor Protection Device Based on Dual CPU

WEN Yang-dong, YU Jia

(School of Electrical Engineering and Automation of Hefei University of Technology,
Hefei 230009, China)

Abstract: The paper introduced a design scheme of motor protection device based on dual-CPU of DSP56F807 and W78E516B, and analyzed circuit designs of main control board and man-machine interaction board and protection algorithm of the device. The device uses DSP56F807 to realize functions of multi-channel AD conversion, electricity-quantity calculation, kinds of protection algorithm, real-time clock control, data storage, CAN communication and output control of switching value of relay, uses W78E516B to realize function of man-machine interaction, and uses Fourier algorithm that can compensate any decaying time constant and filtrate decaying DC component to improve precision and correctness of motor protection algorithm. The experimental result showed that over-current protection algorithm of the device is good in sensibility and reliability with better running effect.

Key words: motor protection, dual-CPU, DSP, single-chip microcomputer, protection algorithm

0 引言

早期的电动机保护装置主要采用单 CPU 作为处理器, 功能单一, 处理能力差, 反应速度慢, 应用范围受到一定限制。随着计算机、电子和通信等技术的迅猛发展, 目前电动机保护装置普遍采用双 CPU 结构, 能实现较复杂的保护功能, 大大提高了装置的

可靠性, 也增强了数据的处理能力。笔者采用 Motorola 公司生产的 DSP56F807 和华邦公司生产的 8 位单片机 W78E516B, 设计了一种双 CPU 结构的电动机保护装置^[1]。本文重点介绍该装置中的主控部分、人机交互电路及电动机保护的设计方法。

1 装置保护功能

电动机的故障内容、原因和保护方式^[2]的对应关系如图 1 所示。

本装置采用双 CPU 结构及现场总线技术, 功能强大, 可满足不同类型电动机保护和实际运行的

收稿日期: 2010- 12- 07

作者简介: 温阳东(1955-), 男, 安徽合肥人, 教授, 研究方向为嵌入式系统及其应用。E-mail: kandy0930@126.com

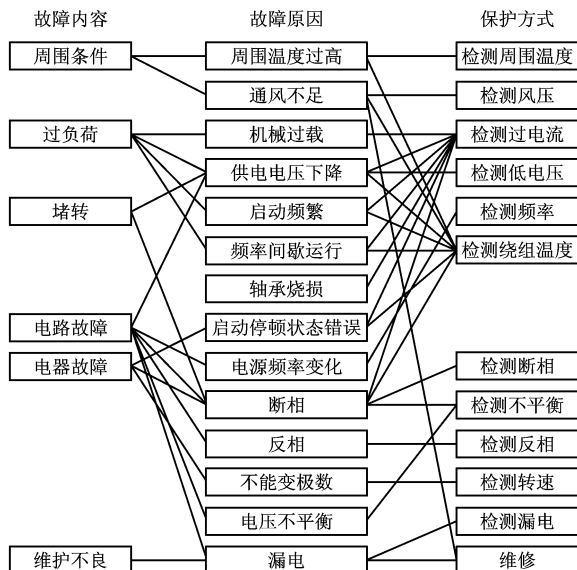


图1 电动机故障内容、原因和保护方式的对应关系

需要。其保护功能主要包括电流速断保护、差动保护、启动时间过长保护、堵转保护、过压保护、欠压保护、漏电保护。

2 装置硬件设计

2.1 硬件结构

基于双 CPU 的电动机保护装置由主控板、人机交互板、操作回路板(继电器板) 3 个部分组成,其硬件结构如图 2 所示。

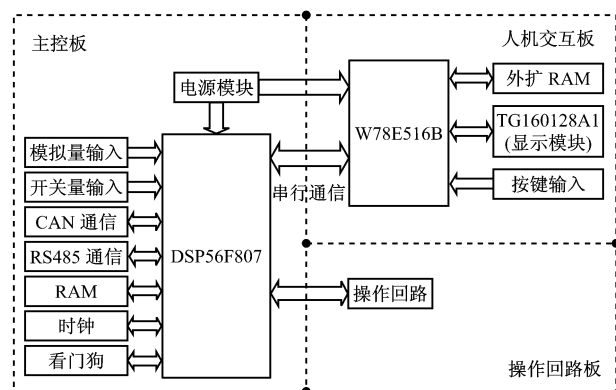


图2 基于双 CPU 结构的电动机保护装置硬件结构

2.2 主控板

主控板是电动机保护装置的核心,其功能强大与否将直接影响到整个装置的总体性能。主控板以 DSP56F807 为核心器件,主要实现多通道 AD 转换、电量计算、各种保护算法、实时时钟控制、数据存储、CAN 通信及继电器开关量输出控制^[3] 等功能。DSP56F807 具有 16 位定点 56800Haw kV1 内核,能在 80 MHz 频率下提供 40 MIPS 的指令执行速度。

其内核采用双哈佛结构,包括 4 个可并行工作的执行单元、六级流水线,还有片上仿真单元和时钟生成电路,其中片上仿真单元用于调试设备,可经由专用引脚直接通过 PC 进行访问,时钟生成电路用来协调各单元与外设之间的同步^[4-5]。

2.3 人机交互板

人机交互板以 W78E516B 为核心器件,主要实现人机交互功能,包括按键操作和液晶显示。其中液晶显示模块采用 TG160128A1 显示屏,其具有中文菜单界面,信息指示清晰简洁。

W78E516B 是具有 ISP 功能的 FLASH EPROM 的低功耗 8 位微控制器。ISP 功能的 FLASH EPROM 可用于固件升级,其指令集同标准 8052 指令集完全兼容。W78E516B 包含 64 KB 的主 ROM、4 KB 的辅助 ROM,位于辅助 ROM 中的装载程序可以让用户更新位于主 ROM 中的程序内容;还具有 512 B 的片内 RAM,4 个 8 位双向、可位寻址的 I/O 端口,1 个附加的 4 位 I/O 端口 P4,3 个 16 位定时/计数器及 1 个串行口。W78E516B 有空闲和掉电 2 种节电模式,可由软件来控制选择。在空闲模式下,处理器时钟被关闭,但外设仍继续工作;在掉电模式下,晶体振荡器停止工作,从而使功耗降至最低。外部时钟可以在任何时间及状态下被关闭而不影响处理器运行。

TG160128A1 是深圳欧普迪公司生产的图像点阵式液晶模块,具有显示信息量大、功耗低、寿命长、使用方便等特点,主要由行驱动器、列驱动器及 160×128 全点阵液晶显示器组成,可直接与 W78E516B 相连,完成图形显示及 80 个(16×16 点阵)汉字显示。具体连接如图 3 所示。

图 3 中, W78E516B 的 P0.0~P0.7 为数据口,直接与 TG160128A1 的 8 位数据口(管脚 12~19)相连; W78E516B 通过构造内部电路,使其 P2.2 脚输出合适的 I/O 信号与时钟保持芯片 DS1302 相连,为电动机保护装置的各种事件记录提供时间基准; W78E516B 的 P4.0 口与 TG160128A1 的复位脚(管脚 11)连接,当 W78E516B 上电复位或手动复位时, TG160128A1 也复位; W78E516B 的 P2.4 口为 TG160128A1 电路中的液晶显示控制端,是液晶显示的调节器,可通过外接一个三极管来调节显示屏的亮度^[6]; P2.5、P2.6 输出读写选择信号 R/W,控制寄存器对数据进行读或写操作; P4.1 输出数据、指令选择信号 C/D,控制数据总线的数据流向。

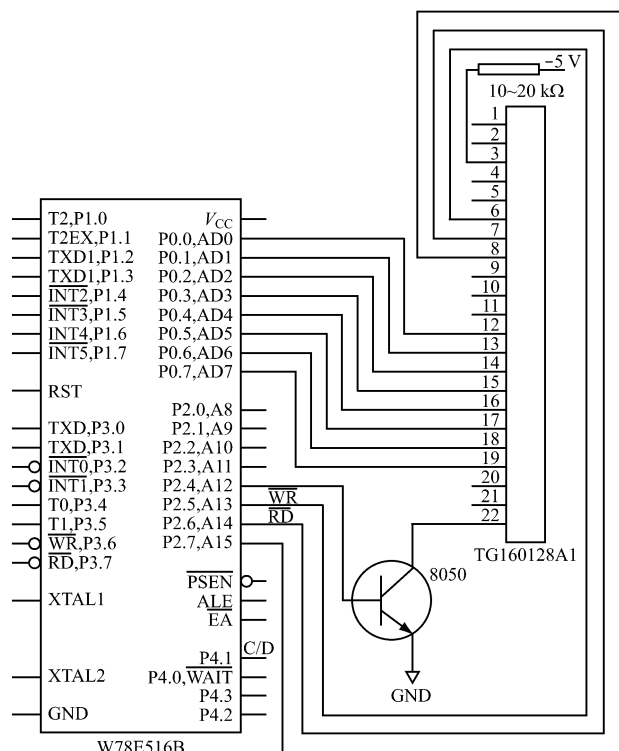


图 3 TG160128A 与 W78E516B 的接口电路

3 电动机保护设计

3.1 电动机保护算法

在现代保护算法中,电动机保护算法主要有短路保护、欠压保护、失压保护、弱磁保护、过载保护及过电流保护等。由于电动机过电流保护算法易于实现,并且其由电磁式过电流继电器实现,具有较高的灵敏度,一旦出现过电流能立即动作,切断电源。因此,本文将以过电流保护为例进行说明。

在对电流进行采样时,为了提高精度,应定点采样、动态跟踪频率的变化,这就需要实时调整采样率。在电力系统中,实际的输入信号中包含非周期分量,且非周期分量所包含的是衰减的直流分量。傅氏算法的基础是假定输入信号为周期函数,当采用傅氏算法以恒定的直流分量计算时,得到的基频分量结果必定有误差。所以,本装置采用带有任意衰减时间常数补偿的、滤除衰减直流分量的傅氏算法^[7]。

衰减直流分量的初始值为

$$I_0 = \sum_{k=1}^N i_k / \sum_{k=1}^N r^k \quad (1)$$

式中: i_k 为第 k 次采样值; $r = e^{-T_s/\tau}$, 其中 T_s 为采样时间, τ 为衰减时间常数。

经过一个采样间隔后,衰减直流分量变为

$$I_0 r = \sum_{k=2}^{N+1} i_k / \sum_{k=1}^N r^k \quad (2)$$

将式(1)代入式(2)可得

$$r = \sum_{k=2}^{N+1} i_k / \sum_{k=1}^N i_k \quad (3)$$

已知 r 后,当 N 取 12 时,得到补偿系数 K_s 和 K_c :

$$K_s = \frac{1-r}{12(1+r^2-\sqrt{3}r)} \quad (4)$$

$$K_c = 2(0.866-r)K_s \quad (5)$$

基波分量实部与虚部的模值分别为

$$I_{s(a)} = I_{sl} - K_s \sum_{k=1}^N i_k \quad (6)$$

$$I_{c(a)} = I_{cl} - K_c \sum_{k=1}^N i_k \quad (7)$$

3.2 电动机保护原理

3.2.1 电流速断保护

对于 2 000 kW 以下的电动机,应装设电流速断保护。设电动机发生三相短路故障时,系统侧供给的短路电流为 I_k ,电流速断保护动作电流 I_{op} 应整定为

$$I_{op} \leq \frac{1}{3} I_k \quad (8)$$

这时电动机两相短路电流为 $(\sqrt{3}/2) I_k$,其灵敏度为 $K_{sen} = (\sqrt{3}/2) \setminus \frac{1}{3} = 2.6$ 。

考虑到故障点的过渡电阻,大致可使 $K_{sen} \geq 2.0$ 。

3.2.2 差动保护

额定容量在 2 000 kW 以上或小于 2 000 kW 但电流速断保护灵敏度不高的电动机应装设差动保护。一般采用比率制动式差动保护。设电动机端差动保护区外三相短路时的最大外部短路电流为 $I_{k,ou,max}$,差动继电器的制动电流 $i_{res} = I_{k,ou,max}/n_{ba}$ (n_{ba} 为互感器变比^[8]),这时最大不平衡电流为

$$i_{unb,max} = K_{aper} K_{st} f_i I_{k,ou,max} / n_{ba} \quad (9)$$

式中: K_{aper} 为非周期分量系数(暂态系数),取值为 1.5~2.0; K_{st} 为两侧电流互感器的同型系数,当两侧电流互感器为相同型式时, $K_{st} = 0.5$,否则 $K_{st} = 1.0$; f_i 为电流互感器幅值误差系数, $f_i = \frac{n_{ba} i_2 - I_1}{I_1}$, I_1 、 i_2 分别为互感器的一、二次电流。

3.2.3 启动时间过长保护

电动机启动时间过长时将产生很大的正序电流 I_1 ,为此为该装置设计了启动时间过长保护。保护

在 $0.1I_{\text{set}}$ 下开始启动时间元件, 其中 I_{set} 为设定保护电路的正常电流, 其整定时限 $t_{\text{start}} = (2.5 \sim 60) \text{ s}$ 可调。启动时间过长保护的定值为 $4 \sim 11.5I_{\text{set}}$ 。当 $t < t_{\text{start}}$ 时, 启动电流小于速断保护定值, 保护不动作; 当 $t \geq t_{\text{start}}$ 时, 时间元件动作, 保护的电流定值自动减小一半, 若此时启动电流仍超过保护新定值, 保护动作跳闸^[9]。

3.2.4 堵转保护

由于各种原因, 在全电压下堵转的电动机散热条件极差, 电流很大, 特别容易烧坏。设电动机带负荷升速所需的启动时间为 t_s , 允许的堵转时间为 t_{LR} , 电动机堵转电流为 I_{LR} 。当 $t_{\text{LR}} > t_s$ 时, 可以方便的应用反时限过电流继电器构成堵转保护, 否则应采用定时限过流保护^[10]。

3.2.5 过、欠压保护

当电压超出额定工作电压的 $\pm 20\%$ 时保护动作, 动作时间为 15 s 。

3.2.6 漏电保护

当电动机外壳漏电电压高于 50 V 时保护动作, 跳闸时间不多于 0.2 s , 以确保人身安全。

4 装置软件设计

基于双 CPU 的电动机保护装置的软件主要分为主程序和定时中断程序, 其中主程序流程如图 4 所示。

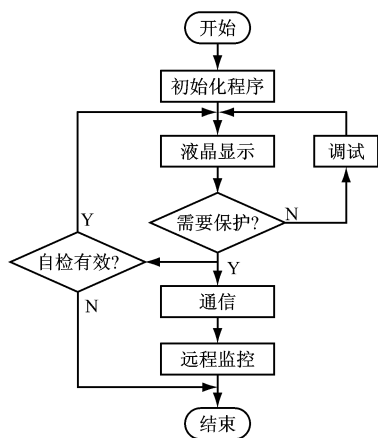


图 4 主程序流程

定时中断程序用于实时对模拟量进行数模转换及对开关量进行检测, 并对模拟量进行计算, 根据计算结果和开关量的状态形成判断保护动作的判据, 调用保护程序和动作逻辑并且发出报警信号^[11]。

定时中断程序流程如图 5 所示。

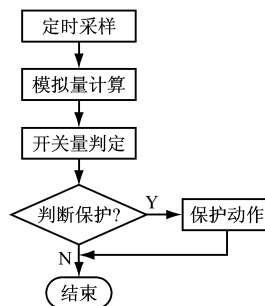


图 5 定时中断程序流程

5 结语

介绍了一种基于 DSP56F807 和 W78E516B 的双 CPU 结构的电动机保护装置。实验结果表明, 该装置能够很好地实现对电动机的各种保护功能, 且其过电流保护算法具有较高的灵敏度和可靠性。该装置具有通信接口, 便于在线监测和控制, 具有很好的应用前景。该装置也对同类装置相关技术问题的解决提供了参考。

参考文献:

- [1] 陶维青, 王付军. 基于双 MCU 的配电变压器智能监测终端的开发[J]. 合肥工业大学学报: 自然科学版, 2008, 31(8): 1172-1175.
- [2] 王维俭. 电气主设备继电保护原理与应用[M]. 北京: 中国电力出版社, 1996: 421-447.
- [3] 佟为明, 赵志衡. 一种微机式电动机综合保护器的研制[J]. 低压电器, 2003(3): 20-23.
- [4] 吴开源, 黄石生, 李阳, 等. Motorola 电机控制器 DSP56F807[J]. 电气自动化, 2005, 27(5): 24-25, 55.
- [5] 任胜杰. 基于 CAN 总线分布式无刷电动机控制系统的设计[J]. 微特电机, 2006(8): 26-28.
- [6] 郑剑辉, 郭其一. 基于电动机保护系统的显示控制模块的设计[J]. 机电一体化, 2008(11): 76-78.
- [7] 樊大伟, 张承学, 邓恒, 等. 电力系统中基于微控制器的自适应数据采集[J]. 继电器, 2001, 29(10): 26-29.
- [8] 许志红, 张培铭. 智能电动机控制与保护器的研究[J]. 继电器, 1998, 26(6): 22-26, 34.
- [9] 夏天伟, 郑祥, 王世荣, 等. 智能型电动机保护监控装置[J]. 电工技术杂志, 2003(4): 23-26.
- [10] 王林虎, 王见乐, 胡志坚, 等. 基于 DSP 的电动机保护装置[J]. 电力自动化设备, 2004, 24(8): 69-72.
- [11] 王红. 新型低压电动机综合保护装置原理与实现[J]. 低压电器, 2006(3): 43-47.