

基于网络的电动机智能控制保护系统设计

周 军¹,董玉华²,万 毅²

(1. 东北电力学院 电力工程系,吉林 吉林 132012;

2. 吉林永大集团,吉林 吉林 132013)

摘要:介绍了基于 LonWorks 现场总线的电动机智能控制保护系统,详细论述了系统的特点、硬件设计和主要的软件流程等。该系统由监测控制中心、通信模块、分析处理模块、信号调理及输出控制模块组成,并具有电机控制和保护、计量、通信功能,实现了对电动机自动化、集成化、智能化、网络化的管理。系统已投入实际运行,实践验证其性能良好,值得推广。

关键词:现场总线; $\mathbb{F}^2\text{C}$ 总线; 电动机保护; 单片机

中图分类号: TM 769

文献标识码: B

文章编号: 1006 - 6047(2001)12 - 0028 - 04

0 引言

随着电子技术与计算机技术的飞速发展,各种工业用仪表都已向智能化、网络化方向发展。本文介绍的基于网络的电动机智能控制保护系统主要应用于电力、冶金、石油化工、轻工纺织等方面的电力系统配电和电动机控制、保护、状态监测等。该系统使电动机彻底摆脱了由接触器-继电器组合的落后控制方式,为企业的安全、稳定生产提供有利的保障,为企业的科学化管理提供可靠的原始数据。将在 1 个工作流程内运行的所有电动机统一管理起来,组成 1 个网络,每台电动机的运行不再是 1 个孤立的事件,对其运行的控制,不仅取决于其自身的运行状态,且与整个网内的电动机状态都有关联。采用智能控制,不仅提高了其保护精度,而且在控制方法上也是一些简单的数字式保护装置无法实现的。整个系统在对电动机的状态实时监测、运行保护、数据管理、预测维修、参数调整、联锁组态等方面都具有强大的功能。

1 系统的主要功能

1.1 电动机的控制和保护

a. 电动机启动保护:分为全电压启动控制保护和 Y-启动控制保护等。在启动时间内按电动机启动曲线保护,包括不平衡保护、断相保护、启动超时保护、漏电保护等。

b. 电动机运行中保护:包括不平衡、断相、漏电、过载、过流、堵转、短路、过压、欠压等的保护。

c. 手动控制:通过网络,由上位机直接控制各电动机的运行和停止。

d. 联锁控制:由上位机组态,各保护单元自动

实现联锁动作(此功能对由多台电动机构成的运行网络进行保护尤为重要)。

1.2 计量功能

a. 检测 I_A, I_B, I_C, I_N 及 U_{AB}, U_{BC}, U_{CA} ;

b. 计量视在功率 S ,有功功率 P ,无功功率 Q ,功率因数;

c. 计量有功电量,无功电量。

1.3 通信功能

通过网络在上位机中实现对各控制保护单元的参数(电机的启动时间、互感器变比、保护的整定值等)设置、功能组态、数据监测、数据管理、电动机的远程控制等。

2 系统主要技术特性

a. 模块化设计:包括通信模块、分析处理模块、信号调理及输出控制模块等,分散控制,集中管理,便于提高系统的可靠性。

b. 输入信号:模拟量为交流电压 $0 \sim 100 \text{ V}$,交流电流 $0 \sim 5 \text{ A}$ 信号;数字量为接点、电平信号等。

c. 输出信号:继电器触点输出控制电动机的起、停,以及选择声、光报警输出。

d. 显示方式:本地 8 位 LED 数码显示。

e. 通信管理:多总线的通信方式,以 LonWorks 现场总线为主通信网络,各模块间又以存储器共享、 $\mathbb{F}^2\text{C}$ 总线的方式进行数据交换。

f. 控制方式:可选择手动就地控制、手动远程控制、自动控制、联锁控制及取消控制等。并可就地各种参数的设置。

3 系统总体设计

基于上述特点和功能,本系统结构框图如图 1 所示,分以下 3 级结构。

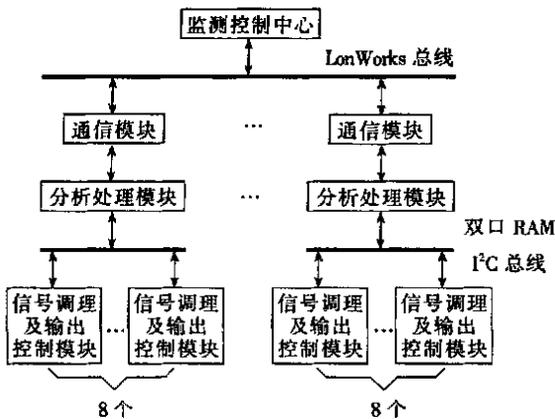


图 1 系统结构框图

Fig. 1 The system configuration diagram

3.1 监测控制中心

以 586 工控机为中央处理机, 构成系统的监测控制中心。内置 Echelon 公司 LonWorks 总线接口模板, 配以 Intouch 组态软件, 在 Windows 9X 平台上, 开发了 1 套控制管理软件。每台电动机的参数设定、各种数据(历史数据、起机数据、当前数据等)的管理、事故停机的原因、各种报表的生成等都在此完成。1 个控制中心可以直接控制 255 个通信模块, 而每个通信模块又可以间接管理 8 台电动机的运行。所以 1 个控制中心可以管理由近千台电动机构成的工作网络。当然由于电动机节点的增加, 通信速度将有所下降。经分析, 当电动机数量在 500 台以下时, 完全可以满足实时监测及控制的目的。

3.2 通信模块

由 LonWorks 技术的核心——Neuron 芯片构成。Neuron 芯片内含 3 个 8 位流水线 CPU, 在片内存储单元中固化了 7 层通信协议中的 6 层内容; 有 11 个可编程的 I/O 引脚, 可组成 34 种工作模式, 并有 5 个通信引脚可组成 3 种通信模式。采用 LonTalk 通信协议, 此协议与其它现场总线技术不同的是它提供了 ISO/OSI 的 7 层协议所有内容的服务。可以支持多种传输介质, 如双绞线、电力线、光纤等。特别值得一提的是 LonTalk 协议支持分散的 Peer to Peer 通信, 节点可组成总线型、环型、树型等多种拓扑网络结构。Neuron 芯片共有 2 个系列 MC143150 和 MC143120。之所以选择 Neuron 芯片作模块的核心, 主要是因为其强大的通信功能和极高的可靠性。在电力系统强干扰条件下, 其可靠性显得尤为重要。但 Neuron 芯片是 8 位单片机, 运算速度不是很快; 而响应速度的快慢是其保护性能的重要指标。因此, 设计通信模块的主要功能是完成分析处理模块与监测控制中心及其它分析处理模块的通信。它向上通过 Echelon 公司提供的收发器 FTT10A 以 1.25 Mbit/s 的速率连接到 LonWorks 总线上, 向下通过 1 个双口 RAM 与分析处理模块进行高速、双向、

大容量的数据通信。双口 RAM 的最大特点是具有 2 套完全相同数据、地址、控制总线, 允许 2 个 CPU 同时对其操作。Neuron 芯片采用的是 MC143150。它同 3120 的最大区别是可以外扩存储器。当然, 采用双口 RAM 的通信方法, 分析处理模块与通信模块是集成在 1 个电路板上的, 只是为了叙述方便, 分成 2 个模块。

3.3 分析处理模块

以 80C196KB 单片机为板上的核心部件, 每个模块又连接 8 个信号调理及输出控制模块。它们是完成对所监测的 8 台电动机各种自动控制、保护功能的基本模块, 其功能框图如图 2 所示。

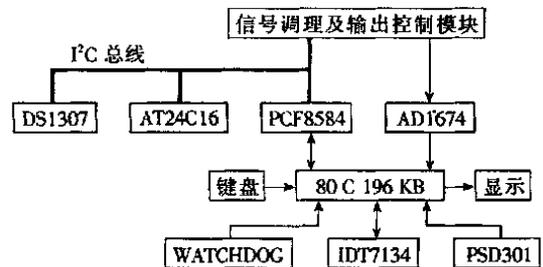


图 2 分析处理模块框图

Fig. 2 The diagram of analysis and processing unit

80C196KB 单片机为 MCS-96 系列的 16 位单片机, 具有强大的运算功能^[1]。它配以可编程的通用外围接口芯片 PSD301, 构成 1 个具有 16 K * 16 的 ROM, 1 K * 16 的 RAM, 19 个可编程的 I/O 脚, 以及最多 11 位片选输出的 16 位单片机系统, 具有极高的集成度和可靠性。AD1674 为 AD 公司生产的 12 位并行 AD, 其典型转换速率为 10 μs, 且内部自带采样保持器和基准, 输出的 12 位数据可直接连在 80C196KB 单片机的 16 位数据总线上, 可使 A/D 具有较高的工作效率。A/D 信号的输入取自信号调理及输出控制模块, 这里的关键是 80C196KB 单片机如何完成对 8 个信号调理模块循环控制。为了提高电动机控制保护单元的性能价格比, 采用了用 1 片 80C196KB 单片机和 1 片 Neuron 芯片所构成的通信和分析处理模块管理 8 台电动机的方法。从所控制的电动机到所选择的 A/D 转换器来看, 完全可以满足同时处理 8 台电动机信号所需的速度要求。但为了增加系统的抗干扰能力, 提高系统的可靠性, 采用的控制总线越少越好, 因此在分析处理模块与信号调理模块之间的控制, 又采用了 I²C 总线技术。

I²C 总线是 Philips 公司推出的芯片间串行传输总线^[2], 它以 2 根线实现全双工的同步数据传送。其最大优点是:

a. 总线连接简单, 且可以连成长线方式。

b. 在模块化的设计中, 各子模块可以在 CPU 模块正常工作的情况下, 随时(带电)插入系统总线中,

易于扩充、调试。

c. I²C 总线为串行总线,体积小,电路板设计简单,抗干扰能力强。

另外,带 I²C 总线的芯片种类齐全(如 RAM, EEPROM, I/O, 日历时钟, LED 控制器等),便于选择。

在本系统中,分析处理模块和信号调理模块同在 1 块母板上(类似于 STD 总线),所有的信号、控制线等都通过母板连接。若采用并行总线,至少需要 30 根信号线。并行总线虽然可以提高运行速度,但随之而来的驱动能力问题、抗干扰问题、电路板的设计等问题也为系统的设计带来了极大的麻烦。I²C 总线的使用是本系统的硬件电路设计特色之一,它只采用 2 根信号线(SDA 和 SCK)就可以对所有的信号调理模块进行控制。基于此,本系统的实时时钟芯片 DS1307 和参数保存芯片 AT24C16 也采用的是 8 引脚封装的具有 I²C 总线的芯片。(有关 I²C 总线详见文献[3])

但是,80C196KB 单片机不具备 I²C 总线,为了充分发挥 I²C 总线的特点,采用了 Philips 公司生产的 PCF8584 I²C 总线扩展器进行总线扩展。PCF8584 为并行总线与 I²C 总线间的转换控制器件,它可与各种类型的 MCU, CPU 等直接相连,具有自动识别总线接口、可编程中断矢量、可用于多主系统、有长线工作方式等特点(详见文献[3])。

显示及键盘均采用串行接口,可按设置循环或定点显示所监测的信号量。双口 RAM IDT7134 负责 80C196KB 与 Neuron 芯片的通信。

3.4 信号调理及输出控制模块

其功能框图如图 3 所示。

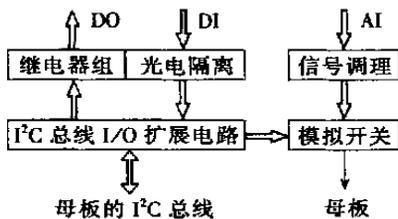


图 3 信号调理及输出控制模块框图

Fig. 3 The diagram of signal processing and output control unit

a. AI 为 7 路模拟信号 I_A, I_B, I_C, I_N 及 U_{AB}, U_{BC}, U_{CA} 。经信号隔离、调理后,变为 A/D 所能识别的 -5 ~ +5 V 的电压信号,送入模拟开关。

b. DI 为数字量输入信号,主要为电动机的运行状态、硬件的联锁控制、电动机的 Y- 启动状态等开关量输入信号。经光电隔离后变为计算机所能识别的 TTL 电平信号。

c. DO 为触点输出的电动机启动信号、停止信号、联锁控制信号、报警输出信号等。所有的输出都经继电器与控制电路隔离。

无论是 DI 的输入,DO 的输出,还是模拟开关的通道选择信号都已为数字信号,都需要带有 I/O 锁存的接口电路与分析处理模块(80C196KB 单片机)连接。此处使用带有 I²C 总线接口的 I/O 口扩展电路 PCF8574 做 I/O 扩展,大大简化了电路的设计,与母板的连接只需 2 根线。该设计方案可使模块带电插入或拔出母板,为使用、维护、调试等带来极大方便。

4 软件设计

其功能框图如图 4 所示。

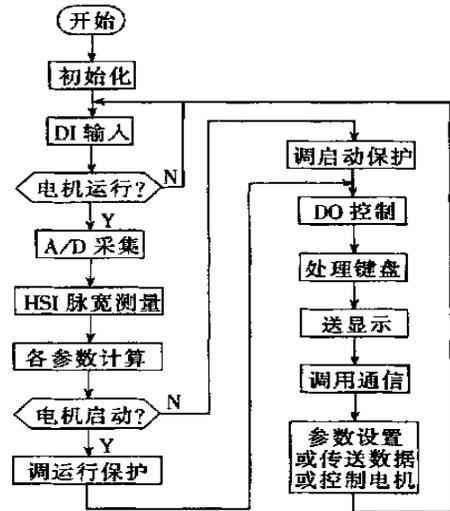


图 4 软件框图

Fig. 4 The software flow chart

软件采用模块化设计,通用性强,可移植性好,可读性强,便于修改。它主要包括初始化模块,A/D 采集模块,HSI 输入捕捉模块,通信模块,键盘处理模块,显示模块,参数设置模块,DI 输入检测及 DO 输出控制模块,电机启动保护模块(包括不平衡保护、断相保护、启动超时保护、漏电保护等子模块),电机运行保护模块(包括不平衡、断相、漏电、过载、过流、堵转、短路、过压、欠压等子模块),计算模块(包括 $I_A, I_B, I_C, I_N, U_{AB}, U_{BC}, U_{CA}$, 视在功率 S ,有功功率 P ,无功功率 Q ,功率因数,有功电量,无功电量等计算子模块)等。各模块独立调试,以入口和出口的方式进行数据传送。

5 结束语

将现场总线技术应用于电力系统的网络管理,将 I²C 总线技术应用于模块化的电路设计,将 16 位单片机配合高集成度的可编程外围接口电路构成高精度的电机监测、保护单元是本系统的 3 大特点。系统已研制完成,并稳定地运行于某化工企业,用户反映良好,具有推广价值。

参考文献:

- [1] 孙涵芳, 王良启. Intel 16 位单片机[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1995.
SUN Han-fang, WANG Liang-qi. Intel 16-bit embedded microcontrollers. Beijing: Beijing University of Aeronautics & Astronautics Press, 1995.
- [2] 何立民. μ C 总线应用系统设计[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1995.
HE Li-min. The design of μ C-bus application system. Beijing: Beijing University of Aeronautics & Astronautics Press, 1995.
- [3] 杨育红. LonWorks 网络控制技术及应用[M]. 西安: 西

安电子科技大学出版社, 1998.

YANG Yu-hong. LonWorks controlling technology and its applications. Xi'an: Xi'an Electronic Science and Technology University Press, 1998.

(责任编辑: 樊金涛)

作者简介:

周 军(1967 -), 男, 吉林吉林人, 副教授, 研究方向为数据采集、信号处理、现场总线应用;

董玉华(1954 -), 男, 吉林吉林人, 高级工程师, 吉林永大集团执行总裁, 研究方向为数据采集、信号处理、现场总线应用。

Design of Net-Based Intelligent Control and Protection System for Electromotor

ZHOU Jun¹, DONG Yu-hua², WAN Yi²

(1. Northeast China Institute of Electric Power Engineering, Jilin 132012, China;

2. Jilin Yongda Group Co. Ltd., Jilin 132012, China)

Abstract: An intelligent control and protection system for electromotor is introduced, which is based on LonWorks field bus. The system structure, functions, features, hardware design and software flows are discussed. The system consists of the monitoring and control center, the communication module, the analysis and processing module and the signal processing and output control module. It has the functions of electromotor control and protection, measuring and communication, and it realizes the automatic, integrated, intelligent and net like management of electromotor. The system has put into operation, and the practice shows that its performance is excellent.

Key words: field bus; μ C bus; protection for electromotor; single-chip microcomputer

(上接第 27 页)

- [2] 陈海清, 刘石华, 张群, 等. 深入 Visual FoxPro 6.0 程序设计技术[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1999.
CHEN Hai-qing, LIU Shi-hua, ZHANG Qun, et al. Mastering programmer technology of Visual FoxPro 6.0. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 1999.
- [3] 刘小石, 郑准, 马林伟, 等. 精通 Visual C++ 6.0[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999.
LIU Xiao-shi, ZHENG Zhun, MA Lin-wei, et al. Mastering Visual C++ 6.0. Beijing: Tsinghua University Press, 1999.
- [4] 甘亚东. 牵引变电所综合自动化系统研究[D]. 成都: 西南交通大学, 1996.

GAN Ya-dong. Traction power substation integrated automation system research. Chengdu: Southwest Jiaotong University Graduate Student Degree Paper, 1996.

(责任编辑: 柏英武)

作者简介:

刘志刚(1975 -), 男, 河南巩义人, 博士研究生, 研究方向为电力系统及自动化;

金朝辉(1967 -), 男, 山西太原人, 讲师, 研究方向为电力系统及自动化;

钱清泉(1936 -), 男, 教授、博士研究生导师、中国工程院院士, 研究方向为工业监控及自动化。

Development and Application of Traction Load Test Software in Electrification Railway System

LIU Zhi-gang, JIN Zhao-hui, QIAN Qing-quan

(The Institution of Electrification & Automation, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

Abstract: In order to lessen manual work in traction load test of electrification railway and to increase the efficiency in data treatment, the traction load test software is developed based on the existing remote supervisory system of electrification railway. Based on the actual demands in traction load test of electrification railway, the entire software structure is introduced and data flow analyzed. The problems met in software development and their solutions are emphasized.

Key words: electrification railway; traction load test; data flow; curve