

基于 AIFCS 工业配电系统开关柜设计

迟 岩¹, 黄种明², 郑为民³

(1. 集美大学 信息工程学院, 福建 厦门 361021; 2. 集美大学 机械工程学院, 福建 厦门 361021; 3. 集美大学 航海学院, 福建 厦门 361021)

摘要: 在分层分布式控制的基础上, 充分利用触摸屏电脑和基于人工智能 AI(Artificial Intelligence) 系列仪表的现场总线技术 AIFCS(Artificial Intelligence Fieldbus Control System) 的优点, 重点进行了智能开关柜的整体设计、各功能单元设计、保护功能设计、抗干扰设计和监控软件设计等方法研究。样机实现了在模拟工业配电环境中通过 RS-485 接口控制三相电机、风扇等常用电器设备。智能开关柜能满足工业控制系统分散化、网络化、智能化的要求。

关键词: 开关柜; 现场总线技术; 触摸屏电脑; MCGSE 组态软件; AI 仪表

中图分类号: TM643

文献标识码: B

文章编号: 1006-6047(2006)07-0038-05

0 引言

信息技术的飞速发展, 引起了工业自动化系统结构的深刻变革。信息交换的范围正迅速覆盖从工厂管理、控制到现场设备的各个层次, 并逐步形成了全分布式网络集成自动化系统^[1]。AI 仪表、触摸屏电脑等智能设备和现场总线就是顺应信息技术的发展趋势和适应工业控制系统的分散化、网络化、智能化发展方向而发展起来的新技术, 它的出现和发展已成为全球工业自动化技术的热点之一, 受到全世界技术界和工业界的普遍重视。

在工业控制中, 自动控制系统的水平直接影响着工业控制系统的运行效率。20 世纪 50 年代, 过程控制仪表使用气动标准信号; 60~70 年代发展了 4~20 mA(DC) 标准信号, 直到现在仍在使用。20 世纪 90 年代初, 用微处理器技术实现过程控制及智能传感器的发展, 导致需要用数字信号取代 4~20 mA 模拟信号, 这就形成了一种先进工业测控技术——现场总线^[2]。现场总线是连接工业过程现场仪表和控制系统之间的全数字化、双向和多站点的串行通信网络, 从各类变送器、传感器、人机接口或有关智能装置获取信息, 通过控制器向执行器传送信息, 构成现场总线控制系统 FCS(Fieldbus Control System)^[3]。基于人工智能 AI(Artificial Intelligence) 仪表的现场总线技术 AIFCS(Artificial Intelligence Fieldbus Control System) 采用自行开发的 AIBUS 通行协议, 在 9 600 波特率下能在 40 ms 内向前端机发送 4 个重要数据, 比采用 MODBUS 协议的进口仪表速度快 3~10 倍以上。而且采用廉价的 RS-485 通信, AIFCS 也能具备如 DCS 或 FF、MODBUS 等高价现场总线系统

同等的使用效果。AIBUS 通信协议摆脱了国外大公司所设置的技术门槛, 因此价格可低至国外现场总线产品的 1/3~1/5。以目前的技术, AIBUS 协议有一定的通用性, 可与国内外许多组态软件实现通信。

开关柜是开关电器的主要工作形态之一, 开关电器在供配电系统中起着控制和保护等重要作用。传统的开关柜主要由断路器、互感器、二次控制保护电路、计量仪表、隔离开关等几个主要部分构成。随着电力系统自动化水平的不断提高, 要求开关电器与电站配电自动化的发展相适应、相配套。20 世纪 90 年代, 出现了智能化开关电器, 具有智能化功能的开关柜应运而生^[4-5]。但智能化开关柜是一个不断发展与变化的概念, 它与计算机技术、数据处理技术、控制理论、传感器技术、通信技术、网络技术和电力电子技术等的发展密切相关, 是集控制、测量、保护及通信等多功能于一体的高技术产品。目前, 国内大多数厂家是做电器本身的智能化, 对开关柜本体综合智能化的工作做得较少。

展望未来, 工厂的生产将不断向生产管理综合自动化这个高层次阶段发展, 随着开关柜功能的不断完善, 将智能型开关柜应用于生产现场已经是大势所趋。但由于市场上的智能型开关柜成套价格较高, 对一些中小型的工厂还不大适合。针对这一点, 本文在分层分布式控制的基础上, 充分利用触摸屏电脑和基于 AI 系列仪表的现场总线技术 AIFCS 的优点, 设计出适用于中小型工厂的通用型智能开关柜。整个系统的集成度、自动化水平较高, 能满足工业控制系统分散化、网络化、智能化的要求。

1 基于 AIFCS 工业配电系统硬件组成

基于 AIFCS 工业配电系统硬件部分由 1 台上位机、1 个智能化低压开关柜和 4 路负载组成^[6]。系统

组成框图如图 1 所示。

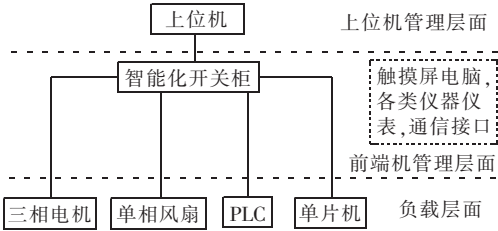


图 1 系统组成框图
Fig.1 System structure

1.1 上位机

上位机为高性能台式计算机或笔记本电脑,用来实现对整个配电系统中用电设备的配电管理和综合数据管理。

通信网络中主要包含主机 RS-232 接口、仪器仪表中 RS-485 接口、RS-485/RS-232 转换卡及网卡。上位机通过主机接口对整个通信网络实施控制。通过通信网络可以把各现场的配电和控制设备与上位机连接起来[7]。

1.2 智能化开关柜

智能化开关柜是本系统的核心部分,包含前端机、各种智能仪表、配电设备。前端机选用触摸屏电脑,用来实现对配电和控制设备以及各种元器件的监测、保护和控制。各种智能仪表完成对信号的采集,

对负载的控制和保护作用。系统中所有的数据采集和对负载的控制都通过智能仪表完成,然后通过 RS-485 与前端机进行通信。

1.3 系统所带负载

本系统采用三相电动机、单相风扇、可编程控制器(PLC)和单片机等 4 种工业现场常用的电器设备模拟工业配电环境[8]。鼠笼式电动机模拟 380 V 的工业配电负载;风扇模拟 220 V 的工业和民用负载;PLC 控制的 4 层电梯模型模拟工业现场生产线流程中的顺序控制;单片机控制的行走小车模拟工业现场智能控制设备。

2 智能化开关柜设计

本系统采用开关柜设计思想,将硬件电路组装在一个开关柜中,实现集中管理,同时也便于对系统硬件维护及更换。这种设计结构新颖合理、操作方便。并将系统进线、出线,对系统的遥测、遥控和遥调等功能都集中在一个柜中。

开关柜的设计基础是用 AI 仪表对电量参数进行采集,通过 RS-485 将数据传给触摸屏电脑进行处理后,将指令传给 AI 仪表使相应的继电器发生动作,达到智能控制的目的。系统的总体结构图如图 2 所示。

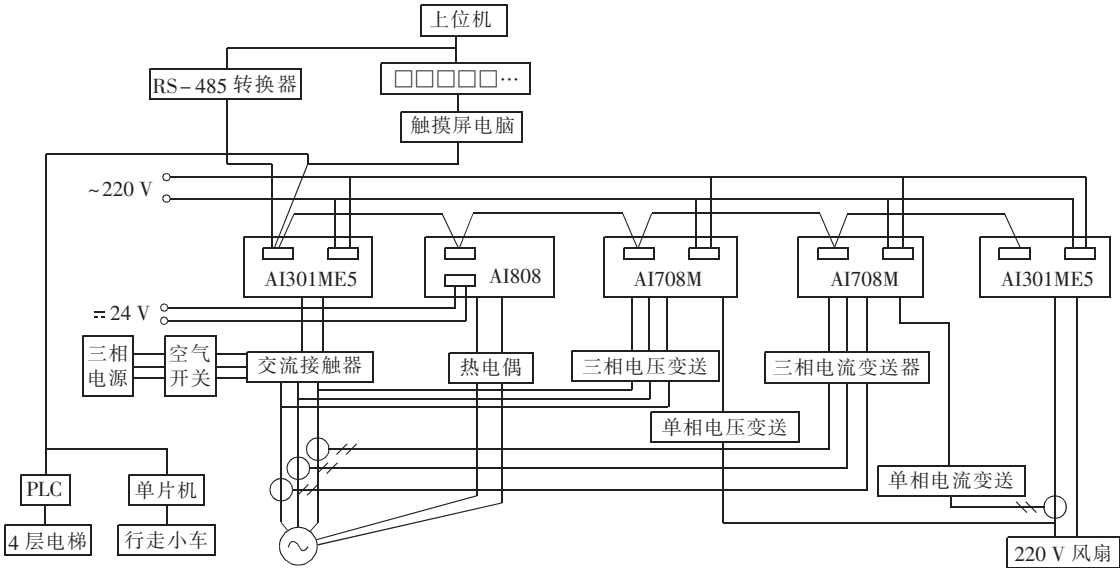


图 2 系统总体结构图
Fig.2 System configuration

2.1 开关柜的整体分布图设计

开关柜主体分为 2 个隔室,即功能单元隔室和电缆隔室,如图 3 所示。开关柜尺寸(长×宽×高)为:60cm×30cm×90cm(顶盖高 10 cm)。

a. 开关柜各层分布。开关柜一共分成 4 层。由下至上,第 1 层为继电器接触器层,第 2 层为电量变送层,第 3、4 层为 AI 仪表层。这样的设计是为了把强、弱电的仪表分开。第 1 层为强电层,第 2 层为强、弱结合层,第 3、4 层为弱电层。

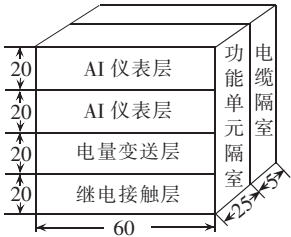


图 3 开关柜的整体分布图
Fig.3 Layout of switchboard

b. 开关柜面板和内板的设计。基于触摸屏电脑重量轻、抗震能力强的特点,在系统设计中把触摸屏电脑放置在通用型开关柜中。这样开关柜形成了一个完整的控制箱,而且布线方便,缩短了信号传输线的距离,使得信号传输更稳定。此外,开关柜分面板和内板,面板主要用于放置控制按钮和起到保护作用,内板是主要电路所需的各种仪表、仪器。

c. 开关柜前后门设计。开关柜前后门的设计是为了使用、硬件更换、维修更方便。在开关柜里面,设计出前后2层,前面功能单元隔室用来放置各种仪表、仪器,后面电缆隔室是系统的布线室,本系统采用后出线设计,系统的进线、各层之间的连线及负载出线都在电缆隔室中。这样也会使布线更清晰明了,对以后的维修都非常有利的。

2.2 开关柜各功能单元设计

a. 第1层—继电器接触层设计。该层为系统的弱电层,也是系统的进线层,里面主要放置交流接触器、时间继电器等。该层的主要功能是通过交流接触器的闭合/断开控制电机的启/停。因交流接触器工作时发热,所以在此层的侧板中偏上部打一排通气孔,利于柜内空气流通。

b. 第2层—电量变送层设计。该层为系统的强、弱电结合层,里面主要放置三相交流电压变送器、三相交流电流变送器、单相交流电压变送器、单相交流电流变送器、辅助电源。该层的主要功能是把电机、风扇的电压、电流转变成 $0\sim 5\text{V}$ 、 $0\sim 20\text{mA}$ 标准信号^[9]传输给AI-708。

c. 第3层—AI仪表层设计。该层为系统的弱电层,里面主要放置AI-301及AI-808、可编程控制器PLC。该层的主要功能是AI-301接收上层信号,控制风扇、报警灯、交流接触器导通/关断;AI-808采集温度,并把数据通过RS-485传输给触摸屏电脑^[10];PLC接收触摸屏电脑发给的信号,控制电梯模型。

d. 第4层—AI仪表层设计。该层为系统的弱电层,里面主要放置触摸屏电脑、AI-708。该层的主要功能是AI-708接收电量变送层传来的电压、电流信号,并传输给触摸屏电脑;触摸屏电脑起到总体控制作用。同时触摸屏电脑也采集PLC、单片机发送的数据,并对其进行分析、发送命令。

2.3 开关柜保护功能设计

开关柜保护功能设计中,缺相模拟是采用开关实现,有开通和关断2种状态。限压模拟是采用变压器,改变不同的电压值从而改变采集电压,实现欠压、过压等故障的模拟。过载模拟是通过人工智能工业调节器/温控器实现^[11]。

a. 缺相模拟。当三相电源缺相时,通过AI-708采集开关量,实现报警输出,并同时通过软件设置使得AI-301常开触点恢复断开,接触器线圈失电,电机停止工作。

b. 过压、欠压模拟。当电压超过1.3倍的额定电压时实现报警功能并立即使电机停止工作。当电

压欠压为额定电压的75%时实现报警通知管理人员进行故障处理,但电机仍可继续工作;当电压欠压为额定电压的50%时实现报警功能并立即使电机停止工作。同理,当电压超过1.3倍的额定电压时实现报警功能并立即使风扇停止工作。当电压欠压为额定电压的75%时实现报警通知管理人员进行故障处理,但风扇仍可继续工作;当电压欠压为额定电压的50%时实现报警功能并立即使风扇停止工作。

c. 温度监测。AI-808可以实现对电机温度的检测,当电机环境温度高于国家标准值 40℃ 时,可实现报警输出,让工作人员根据具体情况改变负载。

实际供配电系统中,针对电网和负载的各种保护,如:缺相、欠压、过压、过载、欠载、空载、堵转、漏电、相电流不平衡、温升、转速、继电、接触器状态、功率因数等。通过前端机、各种智能仪表、PLC、单片机等实现。

2.4 系统硬件抗干扰设计

基于AIFCS工业配电智能化监控系统中使用了触摸屏电脑、AI仪表、可编程控制器PLC等器件,提高了系统的智能化控制水平。与此同时系统的可靠性、安全性也必须相应提高,才能充分发挥系统的自动控制水平,所以系统的抗干扰性能不可忽视。

2.4.1 PLC的抗干扰技术

PLC本身的可靠性很高,但出于它直接和现场的I/O设备相连,外来干扰很容易通过电源线或I/O传输线侵入,从而引起控制系统的误动作。PLC受到干扰和入侵的主要途径是电源线、输入/输出线等部位。电源被干扰后将引起PLC控制失灵,输入/输出线被干扰后将出现输入/输出控制紊乱。空中干扰主要以电磁感应、静电感应形式使PLC出现误操作^[12]。

a. 电源抗干扰措施。PLC工作电源与整个供电系统的动力电源分开。

b. 线间抗干扰措施。PLC控制系统线路中有电源线、输入/输出线、动力线和接地线。布线不恰当则会造成电磁感应和静电感应等干扰。本系统把动力线与PLC的工作电源线分开引入,接线采用左边接弱电线,右边接强电线,这样把电源线与输入/输出线分开。PLC接地端子是抗干扰的中性端子,应与接地端子连接,其正确接地可以有效地消除电源系统的共模干扰,本系统将PLC的接地端统一接到信号地上面。

c. I/O信号抗干扰的措施。本系统采用西门子S7-200 CPU 222 AC/DC/继电器的PLC,其输入输出都为继电器类型,输出负载为24V直流电机,这些都防止电路断开时产生很高的感应电动势或浪涌电流,起到了I/O信号抗干扰^[13]。

2.4.2 AI仪表的抗干扰

工业现场中的干扰一般都是以脉冲的形式进入AI仪表中。窜入的干扰主要有两类。一类干扰来自系统的外部(称空间干扰),如工业电器设备的

电火花、高压输电线上的放电及各种大功率设备开关时发生的干扰等。本系统将 AI 仪表组装在自行设计的开关柜中,这样就避免了来自系统外面的干扰。另一类干扰来自系统内部。系统内部的干扰又分成电源产生的干扰和信号处理通道引入的干扰。采用隔离电源,把动力源与 AI 仪表的供电电源分开,使得电源对 AI 仪表的干扰大大降低。在开关柜设计中,将 AI 仪表设计在最上面 2 层,同时跟下面的继电器接触器层、电量变送层分开,这样就排除了来自系统中强电的干扰。在 AI 仪表内部将模拟电路的直流电源与数字电路的电源分开,而且数字电路直流电源的内阻很小,从而减小了数字信号对模拟电路的影响。利用仪表的接地可以很好地抑制外界对 AI 仪表的信号干扰。

2.4.3 开关柜的接地技术

开关柜接地是指对电气设备的金属外壳、支架和电缆的护套等与大地等电位的联接。开关柜的接地是一种重要的安全保护措施。根据接地不同功用,主要有工作接地、保护接地(安全接地)、防干扰接地等。此外,当电气设备的主电路、控制线路绝缘损坏时,会发生接地现象称为故障接地^[14]。

在本系统中有 4 种接地方式:工作接地,为了保证电气设备达到正常工作而进行的接地,包括各种采集仪表的接地等;保护接地,就是把故障状态下可能呈现危险的对地电压的外露导电部分同大地可靠地连接起来,如开关柜的金属外壳、电流互感器及电压互感器二次侧端子的接地、照明电网及照明器具的接地、电动工具的接地等;防干扰接地,主要是防止电磁干扰,AI 仪表和 PLC 的接地端应可靠接地;所有电气设备、金属外壳、电缆的金属屏蔽护套及敷设电缆的金属管道均应可靠接地。

3 开关柜的控制软件配置

基于 AIFCS 工业供配电系统的监控层软件是采用 MCGSE 组态软件自行设计开发的,实现对工业现场电气设备实时监视、协调及控制。该系统分为工业用电监控系统、民用电监控系统、PLC 电梯控制系统、单片机智能小车监控系统 4 个部分,系统充分发挥了组态软件的优越性,对现场数据进行实时采集、分析、存储,并在界面进行形象的动画显示从而实现了控制系统的可靠性、实时性、确定性与安全性^[15]。系统具有完善的报警功能及可靠的保护设备的措施。数据采集方面采用 AI 智能仪表,AI 仪表采用 RS-485 接口,增强了抗干扰能力及传输距离,提高了数据传输的可靠性。

3.1 基于 AIFCS 工业供配电系统软件功能分析

基于 AIFCS 工业配电智能化监控系统是对工业现场电气设备进行实时监视、协调及控制的一个集成系统。其主要有 3 个功能。

a. 实时处理功能。系统对主回路实施多功能的电气逻辑互锁等的管理;对用户实施多功能的负

荷分配、能量管理和实时信息管理。根据检测到的现场信号或操作人员发出的控制命令产生开关量输出信号,通过接口单元驱动某个接触器或开关设备的操作机构实现配电回路的接通或分断。同时具有实时报警功能。

b. 可视性和可操作性功能。系统以图象、数据、曲线等多种形式,为操作员及时提供系统运行中的状态、异常报警等有关信息。用变化大小、改变颜色等多种方法,增强画面的动态显示效果。

c. 分布式控制和管理功能。系统提供对网络的支持,使用统一的通信协议;具有良好的开放性,可与上层网络连通;彼此交换各种信息。通过 MCGSE 充分运用现今发展的 DCCW 技术——即分布式计算机协同工作方式,使分散在不同现场之间的采集系统和工作站之间协同工作。不同的工作站之间可以实时交换数据,实现分布式控制和管理。

3.2 基于 AIFCS 工业供配电系统软件功能设计

软件设计是以控制和实时监测工业现场用电设备各个参数为中心,应具有功能完善、操作简便、可视性好、可维护性强的突出特点^[16]。软件的具体功能有 5 个。

a. 数据采集与处理。采集工业现场用电设备的各种模拟量、数字量信号。实时处理采集到的数字信号,根据控制规程,自动控制工业现场的开关设备;对采集到的信号利用电力系统的分析计算方法,实现对电压、电流等电参数进行监测和分析。

b. 报警处理。根据采集的数据进行分析,如果发生故障,则对故障进行报警、记录,并产生所需的各种图形并发出声光报警,及时提醒操作人员排除故障,尽量避免或减小损失。

c. 动画显示。软件界面可根据整个工业配电的工作流程,对工业现场各用电设备用 MCGSE 用户窗口中图形对象与实时数据库中的数据对象建立相关性连接,并设置相应的动画属性。在系统运行过程中,图形对象的外观和状态特征,由数据对象的实时采集值驱动,从而实现了图形的动画效果,达到过程实时监控的目的。

d. 报表输出、曲线显示。系统可对设备采集的数据进行存盘,统计分析,并根据实际情况打印出数据报表。如,实时数据报表、存盘数据报表。数据报表可方便数据显示、查询、分析等。还可根据大量的数据信息,画出曲线。

e. 安全机制。在控制过程中,应尽量避免由于现场人为的误操作所引发的故障或事故,而某些误操作所带来的后果有可能是致命性的。为了防止这类事故的发生,软件提供了一套完善的安全机制,严格限制各类操作的权限,使不具备操作资格的人员无法进行操作,从而避免了现场操作的任意性和无序状态,防止因误操作干扰系统的正常运行,甚至导致系统瘫痪,造成不必要的损失。

4 结语

本文所介绍的智能化开关柜的研制与开发内容主要是针对中小型工厂供电系统特点进行的。具体的设计方案是根据中小型工厂实际运行过程而完成的。制造出的开关柜样机能模拟中小型工厂实际供电过程。智能化开关柜是融合了多种高新技术的机电产品,是供电设备的发展方向,正被越来越多的用户应用。同时,智能化开关柜的概念也在不断的变化,因此,必须时刻关注当前技术的发展前沿,进一步开发出既适合中小型工厂应用又具有技术优势的新产品。

参考文献:

- [1] 吴秋峰. 自动化系统计算机网络[M]. 北京:机械工业出版社,2001.
- [2] 杨宇,赵玉刚. 集散控制系统及现场总线[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2003.
- [3] 周明. 现场总线控制[M]. 北京:中国电力出版社,2002.
- [4] 尤龙. 智能化电器和智能化开关柜现状与发展[J]. 西北电力技术,2003(4):23-26.
- YOU Long. Present situation and prospect of intelligent apparatus and switchgear[J]. Northwest Electric Power,2003(4):23-26.
- [5] 李永坚,周有庆. 智能型开关柜及其关键技术[J]. 湖南工程学院学报,2003,13(3):22-24.
- LI Yong-jian,ZHOU You-qing. Intelligent switchgear and its key technique[J]. Journal of Hunan Institute of Engineering,2003,13(3):22-24.
- [6] 迟岩,黄种明,卢丽萍. 基于 AIFCS 工业配电智能化监控系统设计[J]. 辽宁工程技术大学学报:自然科学版,2006,25(1):76-79.
- CHI Yan,HUANG Zhong-ming,LU Li-ping. Design of industrial power distribution intelligent monitoring system based on AIFCS [J]. Journal of Liaoning Technical University:Natural Science Edition,2006,25(1):76-79.

- [7] 阳宪惠. 现场总线技术及其应用[M]. 北京:清华大学出版社,1999.
- [8] 郭培源. 电力系统自动控制新技术[M]. 北京:科学出版社,2001.
- [9] 马明建,周长城. 数据采集与处理技术[M]. 西安:西安交通大学出版社,1998.
- [10] 顾洪军. 工业企业网与现场总线技术及应用[M]. 北京:人民邮电出版社,2002.
- [11] 白焰,吴鸿,杨国田,等. 分散控制系统与现场总线控制系统——基础、评选、设计和应用[M]. 北京:中国电力出版社,2001.
- [12] 王卫星. 可编程控制器原理及应用[M]. 北京:中国水利水电出版社,2002.
- [13] 骆智. 可编程控制器(PLC)运行系统设计与实现[M]. 北京:北方工业大学出版社,2001.
- [14] 朱敏华,陈振生. 中压开关柜的智能化技术[J]. 华通技术,2005,24(4):20-25.
- ZHU Min-hua,CHEN Zhen-sheng. Intelligent orientation technology towards medium voltage switchgear[J]. Huatong Technology,2005,24(4):20-25.
- [15] 潘锦产,施小英. 系统软件开发技术[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,1997.
- [16] 马国华. 监控组态软件及其应用[M]. 北京:清华大学出版社,2001.

(责任编辑:柏英武)

作者简介:



迟岩

迟岩(1960-),男,黑龙江双鸭山人,副院长,自动化研究所所长,教授,博士,主要从事电气传动及其自动化、微机测控技术、计算机监控系统、智能控制等方面的教学和科研工作(E-mail:chiyan@china.com);

黄种明(1983-),男,福建安溪人,主要从事电工电子实习教学,电气控制、计算机

监控等方面的科研工作;

郑为民(1954-),男,福建永春人,教授,主要从事船舶电气自动化、微机接口技术等方面的教学和科研工作。

Design of switchboard for industrial power distribution system based on AIFCS

CHI Yan¹, HUANG Zhong-ming², ZHENG Wei-min³

(1. School of Information Engineering, Jimei University, Xiamen 361021, China;

2. School of Mechanical Engineering, Jimei University, Xiamen 361021, China;

3. Navigation Institute, Jimei University, Xiamen 361021, China)

Abstract: Based on the layered and distributed control technology, advantages of the touch screen computer and the AIFCS(Artificial Intelligence Fieldbus Control System) based on AI(Artificial Intelligence) series instruments are used to design the intelligent switchboard for the industrial power distribution system. Focuses are put on the whole configuration, the functional unit, the protective function, the anti-jamming and monitoring software. In the industrial power distribution system simulated and via RS-485 bus, the prototype realizes the control of general electric equipments, such as the three-phase motor, the fan, and so on. The designed intelligent switchboard satisfies requirements of the industrial control system for decentralization, network and intelligence.

This project is supported the Three Items' Foundation of Technology & Science Dept. of Fujian Province (2003H087).

Key words: switchboard; fieldbus technology; touch screen computer; MCGSE configuration software; AI instrument