

嵌入式智能分站技术在煤炭供电系统的应用

丁江明, 乔国强, 张宝鹏

(陕西小保当矿业有限公司, 陕西 榆林 719300)

摘要:煤炭生产过程中, 电路系统的稳定性和安全性对于企业正常生产和工人生命安全至关重要。传统供电系统控制方法存在一定安全隐患, 如电路过载、设备短路等问题, 不仅会导致经济损失, 甚至可能危及工人生命安全。为解决这些问题, 采用嵌入式智能分站技术, 能够实现对供电系统的有序控制, 提高电路系统的稳定性和安全性。通过对井下供电系统实际运行情况进行模拟和分析, 验证了基于嵌入式智能分站的供电系统的可行性和优越性。采用该技术可有效降低电路过载、设备短路等问题, 减少经济损失, 提高生产效率。同时, 该技术还可有效保护工人生命安全, 减少安全事故的发生, 对于保障煤炭正常有序生产具有重要的意义。

关键词:嵌入式智能分站; 供电系统; 煤炭井下生产; 安全性; 电路过载与短路控制

中图分类号:TD94 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-6772(2024)S1-0605-04

Application of embedded intelligent sub-station technology in coal power supply system

JING Jiangming, QIAO Guoqiang, ZHANG Baopeng

(Shaanxi Xiaobaodang Mining Co., Ltd., Yulin 719300, China)

Abstract: In the process of coal production, the stability and safety of the circuit system is crucial to the normal production of the enterprise and the life safety of workers. Traditional control methods for power supply systems often have certain safety hazards, such as circuit overloading, short-circuiting of equipment and other problems, which not only lead to economic losses, but may even endanger the lives of workers. In order to solve these problems, the embedded intelligent substation technology was adopted, which can realise the orderly control of the power supply system and improve the stability and safety of the circuit system. This study verified the feasibility and superiority of the power supply system based on the embedded intelligent substation by simulating and analysing the actual operation of the underground power supply system. By adopting this technology, enterprises can effectively reduce problems such as circuit overload and equipment short circuit, reduce economic losses and improve production efficiency. At the same time, the technology can also effectively protect the life safety of workers and reduce the occurrence of safety accidents. The promotion and application of this technology is of great significance to guarantee the normal and orderly production of coal.

Key words: embedded intelligent substation; power supply system; coal underground production; security; circuit overload and short circuit control

0 引言

控制器(MCU)已在家庭和工业各领域得到应用, 统称嵌入式系统, 这是由于计算机芯片嵌入在有关设备中, 没有独立外壳。目前大多数嵌入式系统还处于单独应用阶段, 以MCU为核心, 与一些监测、伺服、指示设备配合实现一定功能。Internet已成为

社会重要的基础信息设施之一, 是信息流通的重要渠道, 如果嵌入式系统能连接到Internet, 则可方便、低廉地将信息传送到任何一个地方。随着嵌入式技术的不断进步和更广泛的运用, 嵌入式系统在智能家居中的运用有更广阔的发展前景。

目前关于嵌入式智能分站用于供电系统设计报道很多。水泵控制系统为生产工厂设计, 并在实验

收稿日期: 2023-11-03; 责任编辑: 白娅娜 DOI: 10.13226/j.issn.1006-6772.23110302

作者简介: 丁江明(1983—), 男, 陕西富平人, 工程师。E-mail: 342191394@qq.com。

引用格式: 丁江明, 乔国强, 张宝鹏. 嵌入式智能分站技术在煤炭供电系统的应用[J]. 洁净煤技术, 2024, 30(S1): 605-608.

JING Jiangming, QIAO Guoqiang, ZHANG Baopeng. Application of embedded intelligent sub-station technology in coal power supply system[J]. Clean Coal Technology, 2024, 30(S1): 605-608.

室装置中实现,这些工厂包含恶劣环境,其中存在化学品、振动或移动部件,有可能损坏作为控制系统一部分的电缆或电线。此外,数据必须在公众可进入的路径上传输。使用的控制系统是一个嵌入式智能分站和工业无线局域网(IWLAN)技术^[1]。由 1 个嵌入式智能分站、1 个通信处理器(CP)、2 个 IWLAN 模块和 1 个分布式输入/输出(I/O)模块,以及水泵和传感器实现。系统通信基于工业以太网,使用标准的传输控制协议/互联网协议进行参数化、配置和诊断^[2]。秦忠凯等^[3]通过使用嵌入式智能分站开发了基于标准变频器[SFC]的光伏泵系统[PVPS]的改进。基于 SFC 的 PVPS 目前在偏远地区实施的抽水程序中应用较多,这是由于其在组件可靠性、低成本、高功率和几乎任何地方都有良好的组件可用性。然而,实际应用中,出现了与 SFC 适应 PVPS 的要求有关的问题。专用 PVPS 的另一个缺点是难以实现最大功率点跟踪[MPPT],一个嵌入式智能分站可解决这些问题。嵌入式智能分站不会增加系统成本和复杂性,还可改善 SFC 对光伏泵系统的适应性,提高系统的整体性能。MANESIS 等^[4]对工业中试规模的厌氧废水处理(AWT)进行研究,使用先进嵌入式智能分站-PC 系统组合监测和控制工业中试厂运行,证明其灵活、可靠性。嵌入式智能分站自有设置点,即使 PC 中控制单元发生故障,也能方便控制工厂。在个人电脑中开发和实施的软件允许进行适当的信号采集,过滤以避免噪音,并存储以检索信息^[5]。FANTOZZI 等^[5]研究了污水处理厂的智能控制系统,包括模糊系统与嵌入式智能分站的结合。研究表明,嵌入式智能分站与模糊控制器潜力无限。KIM 等^[6]利用嵌入式技术改进传统 SCADA 系统,提高 SCADA 系统采集数据效率,降低管理变电站成本。郑婷^[7]提出嵌入式智能分站中单载波调制的抗扰度改进方法,克服了供电网络中不可避免的电磁干扰问题。SMITH 等^[8-9]设计基于嵌入式智能分站的电力供电系统自动化监控系统,有助于改善供电系统的电压水平。此外,YAACOUB 等^[10]针对嵌入式智能分站易受到主动和被动攻击的特点,从网络安全角度对嵌入式智能分站技术进行综述,并提出建议,以减少与嵌入式智能分站系统安全服务相关开销。

综上所述,嵌入式智能分站技术应用在供电系统中具有广泛前景。笔者针对小保当二号煤矿智能化示范煤矿建设井下智能供电系统存在隐患问题,对原有供电系统和控制系统进行改造,采用嵌入式智能分站技术系统进行控制实现供电系统监控。

1 供电系统设计

1.1 嵌入式智能分站

嵌入式技术是将计算机作为一个信息处理部件,嵌入到应用系统中的一种技术,即将软件固化集成到硬件系统中,将硬件系统与软件系统一体化。嵌入式具有软件代码小、高度自动化和响应速度快等特点,进入 21 世纪后应用越来越广泛,如各种家用电器如电冰箱、自动洗衣机、数字点电视机、数码相机等广泛应用这种技术。

嵌入式系统是指将应用程序、操作系统与计算机硬件集成的系统。以应用为中心,以计算机技术为基础,软硬件可裁剪,因而能满足应用系统对功能、可靠性、成本、体积和功耗的严格要求的专用计算机系统。这种系统具有高度自动化、可靠性高等特点。嵌入式智能分站包括 2 路全隔离 RS-485 接口,每个通信口最多可接入 32 个设备(传感器、执行器、电源等),具有 2 路 CAN 接口,1 路 100 M 网口和 1 路 1 000 M 网口进行分站间和分站与 M3352-N128LI 核心板相连^[11]。嵌入式智能分站结构如图 1 所示。

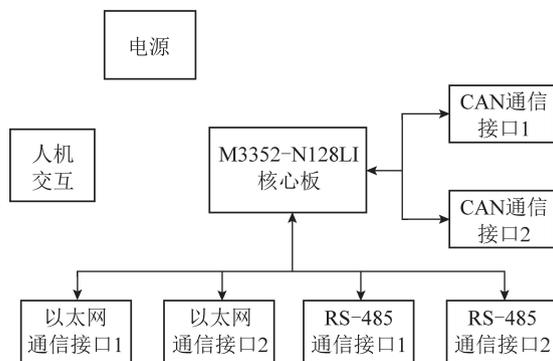


图 1 嵌入式智能分站结构示意图

1.2 电源

交流-直流电源模块的拓扑结构如图 2 所示,其中, V_s 为电压瞬时值, V_m 为电压最大值, ω 为交流电压频率, V_0 为输出电压值。可控硅 S1 和 S2 在电源变为正值时将成为正向偏置,但施加栅极信号前不会导通。同样,S3 和 S4 在源极变成负极时将变成正向偏压,但收到栅极信号前不会导通。负载电压的波形如图 3 所示,其中, π 为电压波动周期, α 为可控硅的正向偏压和栅极信号应用之间的角度间隔^[10]。负载电压的频率比原电压大 2 倍。

平均电压 V_a 表示为

$$V_a = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi+\alpha} V_m \sin(\omega t) d(\omega t) = \frac{V_m}{\pi} (1 + \cos \alpha)。$$

(1)

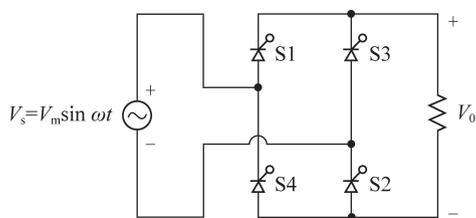


图2 AC-DC 转换器

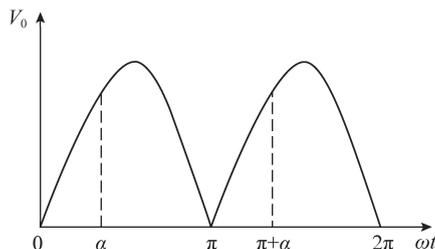


图3 交流-直流转换器的负载电压的波形

随触发角 α 减小,输出电压的平均值增加。此外,输出电压与触发角呈非线性关系。所提出的技术通过生成触发信号与嵌入式智能分站-Based 解决线性输出电压的问题。

1.3 人机界面

人机界面的顺序控制和计算/数学功能基于 Linux 操作系统专用软件平台,应用梯形图语言执行算术功能(ACS)、减法(SUB)、除法(DIV)、乘法(MUL)等。计算/数学和三角函数的使用取决于控制器模型和工程程序。ACS 函数计算源的弧形余弦并返回实际结果。ACS 指令获取源值的弧形余弦并将结果存储在目标值中(单位为弧度)^[12]。

系统的人机界面采用面向对象技术,实现图-模-库一体化,生成主接线图的同时,自动建立网络模型和网络库。该界面主要功能有画面编辑功能、窗口管理及多种显示功能、交互式操作和管理功能、曲线编辑和显示、画面打印和拷贝输出。

人机交互展示系统采用丰富的可视化技术,包括对元件的可视化展示技术,如动画潮流、饼图、棒图及对所有元件显示格式的用户自定义可视化效果等;对运行信息监视采用可视化展示技术,如雷达图、网络图等。

基于嵌入式智能分站供电系统具备网络拓扑功能:① 可根据电网电气元件互联关系和当前开关刀闸状态判别电网结线方式,为分析应用软件创建网络的母线模型。② 该模型检测当前系统设备是否带电等状态,并通过不同颜色显示。此外,网络拓扑处理各种类型的结线方式。③ 控制断路器/刀闸、线路、负荷、变压器、电容电抗器等设备人工设置的运行状态和自动识别并处理旁路代开关的运行方式及着色功能。

2 供电系统运行

2.1 数据采集

基于嵌入式智能分站供电系统支持信息分组采集,如模拟量测量和电能量测量。实现对厂站数据采集及对采集主备通道的切换。根据所采集的电压、电流、主变压器温度等进行判断,若越限,发出告警信号,对电路系统中开关、刀闸、变压器分接头等位置信息进行监控。存储自动记录告警、事件、模拟量数据值、模拟量越限信息、状态量变化、继电保护动作信息、故障数据、运行操作信息等。

2.2 系统运行程序

基于嵌入式智能分站供电系统支持直接执行、选择-返校-执行、遥控结果验证/无验证等各种控制模式。安全的远程停送电机,独立授权,联席操作,操作人与监护人授权后才能发出控制命令,避免误操作。因此,该系统具有控制闭锁功能,主要表现为:① 在断路器操作时,闭锁自动重合闸;② 远程、本地、就地控制操作闭锁;③ 自动实现断路器与隔离开关的闭锁操作;④ 支持全站总挂牌闭锁和按间隔(回路)设备挂牌闭锁。

系统运行时,所有控制操作均经过身份和权限检查,所有操作均记录入历史数据库。调度员可控制两状态设备如断路器和隔离开关、三状态设备如电动隔离开关、多状态(升/降)设备如变压器分接头及直流输电设备和串联电容补偿设备。提供人工置数、标识牌操作、闭锁和解锁操作等功能。

2.3 系统预警

基于嵌入式智能分站供电系统支持按照预先设定参数对局域网运行状态变化、数据异常、设备通信异常及调度自动化系统自身运行过程中故障、异常等报警。提供开放的、智能事件告警功能。支持用户自定义告警类型、告警级别、告警方式。支持用户按习惯进行告警显示信息组句、告警语音信息组句。支持文字、语音、闪烁、推图、打印等多种告警方式。支持告警信息的手动、自动确认、删除。支持历史告警信息按类型、按告警源分类查询。系统支持告警信号和预告信号,包括断路器跳闸、保护动作、开关变位、状态量异常、模拟量越限及恢复等。

3 运行效果

3.1 电压输出结果比较

我国电网电压为 220 V。采用传统(无嵌入式智能分站)和新兴技术(有嵌入式智能分站)的交流-直流电源模块的可控硅的直流输出如图 4 所

示。输出电压显示了 V 输出与触发信号的关系,显示了输出的线性。

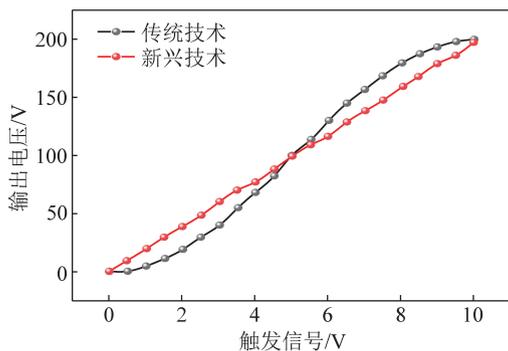


图 4 可控硅交流-直流电源转换器的输出值与触发信号的关系

3.2 矿井事故概率比较

2020—2023 年小保当二号井下供电系统故障率如图 5 所示。2020—2022 年是供电系统未采用嵌入式智能分站供电系统发生故障的数据,2022 年下半年,对小保当二号井下供电系统进行改造。2023 年是采用嵌入式智能分站对电路系统改造后第 1 季度数据。

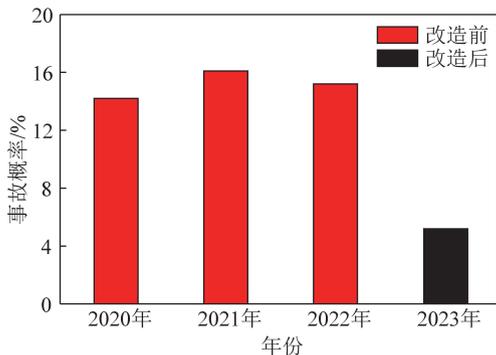


图 5 2020—2023 年事故率

由图 5 可知,没改造前事故发生率平均为 15% 左右,而改造后事故发生率降为 5% 左右,其中 10% 事故主要为电路过载、设备短路。基于嵌入式智能分站的供电系统发生事故可能性远低于传统供电系统。未改造前事故平均每年 40 次,而改造后事故平均每年 12 次。平均每次发生事故造成影响生产导致企业损失 12.5 万元。则改造后供电系统为企业降低 350 万元损失。综上所述,基于嵌入式系统在井下煤矿供电系统可以企业降低经济损失和人员伤亡的事故概率。

4 结 论

嵌入式技术在智能电网控制系统中的应用,特别是 DSP 的应用和发展,使系统的语音和图像处理

能力大幅增强,不仅可最大限度利用硬件投入,还避免了资源浪费。嵌入式技术的应用使系统架构更清晰简捷。系统软件采用分层设计,不仅方便维护,而且提高了代码利用率,缩短开发周期。此外,由于嵌入式技术是伴随 In2 性能,可增加更多的网络应用。嵌入式 Internet 的广泛应用必将使家居控制更加自动化、智能化和人性化。基于嵌入式系统在井下煤矿供电系统可以降低企业经济损失和人员伤亡的事故概率。

参考文献:

- [1] FERNÁNDEZ-RAMOS J, NARVARTE-FERNÁNDEZ L, POZA-SAURA F. Improvement of photovoltaic pumping systems based on standard frequency converters by means of programmable logic controllers[J]. Solar Energy, 2010, 84(1): 101-109.
- [2] PUÑAL A, LORENZO A, ROCA E, et al. Advanced monitoring of an anaerobic pilot plant treating high strength wastewaters[J]. Water Science and Technology, 1999, 40(8): 237-244.
- [3] 秦忠凯,王伟,刘宝友. 基于多总线的 PLC 与变频器通信系统的应用[J]. 电气传动自动化, 2023, 45(1): 23-26.
- [4] MANESIS S A, SAPIDIS D J, KING R E. Intelligent control of wastewater treatment plants[J]. Artificial Intelligence in Engineering, 1998, 12(3): 275-281.
- [5] FANTOZZI M, POPESCU I, FARNHAM T, et al. ICT for efficient water resources management: The ICeWater energy management and control approach [J]. Procedia Engineering, 2014, 70: 633-640.
- [6] KIM H M, LEE J J, SHIN M C, et al. A multi-functional platform for implementing intelligent and ubiquitous functions of smart substations under SCADA[J]. Information Systems Frontiers, 2009, 11(5): 523-528.
- [7] 郑婷. 智能型低压开关柜馈电方案的设计及功能室分隔[J]. 电气制造, 2014(10): 53-55.
- [8] SMITH P J, VIGNESWARAN S, NGO H H, et al. Design of a generic control system for optimising back flush durations in a submerged membrane hybrid reactor [J]. Journal of Membrane Science, 2005, 255(1-2): 99-106.
- [9] SMITH P J, VIGNESWARAN S, NGO H H, et al. A new approach to backwash initiation in membrane systems[J]. Journal of Membrane Science, 2006, 278(1/2): 381-389.
- [10] YAACOUB J P A, FERNANDEZ J H, NOURA H N, et al. Security of Power Line Communication systems: Issues, limitations and existing solutions [J]. Computer Science Review, 2021, 39: 100331.
- [11] 于晴晴. 基于 Linux 系统矿用分站的设计[J]. 煤矿机电, 2015(4): 9-11, 16.
- [12] AHMAD S, SHAFIE S, AB KADIR M Z A. Power feasibility of a low power consumption solar tracker[J]. Procedia Environmental Sciences, 2013, 17: 494-502.