

基于 PLC 的通风机监控系统设计

苏 静

(建设综合勘察研究设计院有限公司, 北京 100007)

摘要: 由于当前通风系统设备繁多, 系统复杂, 发生故障在所难免。鉴于此, 以 PLC S7-200 为基础设计了一套通风机监控系统。首先对系统的硬件进行了设计, 主要包括主电路图的设计、控制电路的设计和 PLC、传感器的选型等; 其次完成了软件设计, 主要有流程图和程序的编写; 最后利用 PLC S7-200 仿真软件对设计的通风检测系统进行仿真验证。

关键词: 通风机; PLC; 监控系统

The design of fan monitoring system based on PLC

SU Jing

(Construction Comprehensive Survey Research and Design Institute Co., Ltd., Beijing 100027, China)

Abstract: Due to the numerous equipment and complex systems of the current ventilation system, failures are inevitable. In view of this, a set of fan monitoring system is designed based on PLC S7-200. First, the hardware of the system was designed, mainly including the design of the main circuit diagram, the design of the control circuit, the selection of PLC and sensors, etc.; secondly, the software design was completed, mainly including the writing of flowcharts and programs; finally, the use of S7-200 simulation software performs simulation verification on the designed ventilation detection system.

Key words: ventilator; PLC; monitoring system

0 引言

通风系统在各个行业里均有较为重要的作用, 尤其在煤矿生产、工厂中, 但是通风系统设备繁多, 系统复杂, 发生故障在所难免, 所以风机的工况监测尤为重要。现在我国部分通风机系统运行数据还是由人工进行抄录, 由于记录数据不及时或人为因素导致其失去准确性, 从而不能很好地防范风机故障。由此建立通风机实时监控系统, 对运行中的通风机进行有效的监测和控制, 以确保通风机正常平稳运行。

较早期的时候, 国外已经对通风机的在线监控系统进行了研究, 可靠性较高, 而且技术也相对比较成熟。德国的矿用轴流通风机、法国的 HDR280-69 型动叶可调型轴流通风机和丹麦的

HowdenVariax 轴流通风机相配套的在线监控系统为典型代表。在我国, 1994 年江西煤炭工业研究所研究出了可以集中监测通风机相关运行参数的 KFC 型通风机监测仪。1998 年, 煤炭总院重庆分院研究出了能够监测和实现故障报警的 FJZ 型矿井主要通风机在线监测与故障诊断仪, 其核心为 8051 单片机。1999 年, 中国矿业大学研究出了 KJZ 型矿井主通风机在线监测与通信系统。它可以把采集、处理和显示融为一体, 但从整体来说, 目前的大部分通风机依然处于“监而不控”的状况。

本文首先设计了合理的监控系统结构; 其次根据通风机的运行特性, 合理设计相应的电气控制部分, 包括主电路以及控制电路, 实现了电路的硬件设计; 最后设计了软件程序, 实现了对通

风机的实时监测,包括运行中的风机振动幅值大小、电动机轴承的温度变化,并与标准状态相比较,判别机组的状态,进行报警和故障诊断。实时监测风机的电量参数有电压、电流、有功功率和功率因数;实现风机启动、倒机和反风等操作;最后利用 PLC S7-200 仿真软件对程序进行验证。

1 监控系统方案设计

1.1 PLC 监控系统的构成

通风机监控系统主要是由通风机组、各种传感器(如压力传感器、温度传感器、振动传感器和瓦斯传感器等)组成。控制系统的核心是可编程程序控制器(PLC),外加一些输入和输出等扩展模块,如图 1 所示。

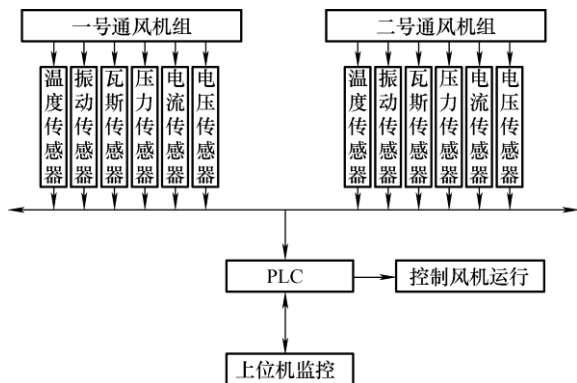


图 1 系统结构框图

Fig. 1 System block diagram

1.2 系统的控制要求

对于基于 PLC 的通风机监控系统设计的基本要求如下:

- 1) 在电动机的起动过程中,由于电动机起动电流很大,所以两台电动机不能同时起动,一台电动机起动后,等待 20 s,再起动另一台电动机。
- 2) 能检测到两个通道风门的状态,确保风机的开关和风门的开关协调工作。
- 3) 电动机正反转的状态有指示灯指示。
- 4) 对电动机的轴承温度、定子温度和风机的振动进行监测,当出现异常时,应切断正在运行的风机组,起动备用风机组,开始工作。
- 5) 能对电动机的电气参数进行监测,如电

动机的电流、电压、功率及功率因数等。

6) 能实现对井巷瓦斯量以及温度等指标的监测,如果发生超标,有报警的功能。

7) 能实现井巷反风的控制。

在自动控制的情况下,若运行风机出现问题,能自动切换,使备用风机开始工作。

2 监控系统硬件设计

2.1 监控系统 PLC 选型

由于现在市面上流行的 PLC 品牌和种类比较繁多,所以在系统设计时,首先要对品牌的熟悉度和性价比进行定位,而且由于 PLC 要在操作环境相对差的矿井主通风机控制系统的现场使用,所以需选用高新能、高质量的模块化结构形式的 PLC。

在我国,德国的西门子(SIEMENS)公司生产的 PLC 控制器在很多方面都有广泛的应用,例如冶金、化工和生产线等。它有很多种类的控制,不管在哪个行业,都可以快速又省力地找到解决方法。其中, S7 系列的 PLC 具有体积小、性能高和功能强等特点,包括 S7-200(经济的微型 PLC)、S7-300(小规模 PLC)和 S7-400(中、高性能 PLC)三种。根据本监控系统的功能要求,选用西门子公司的 PLC S7-200。

差动保护装置的工作原理如下:从变压器两侧的电压互感器采集电压信号,首先通过装置内部的小型电压互感器转换成小幅电压信号,通过模拟信号调理电路完成滤波、限幅,输出为 0~3 V 的电压信号,然后将该电压信号通过 TMS320F28335 芯片自带的 A-D 转换模块完成模拟量到数字量的转变。之后利用傅里叶算法进行初步处理并存储,同时 DSP 读取键盘输入信号和外部开关输入信号。DSP 将先前初步处理并存储的数字量信号和外部输入信号进行综合运算,然后依据差动保护装置的各个保护判据进行判断。若判断有故障发生, DSP 相应发出跳闸命令到对应的驱动电路,进而控制继电器执行保护动作。接着 DSP 通过管理系统将故障状态信号通过 LED 指示灯显示出来,同时在液晶 LCD 上显示信号测

量值、整定值和故障时间等信息，完成整个差动保护流程。

2.2 监控系统参量采集设计

2.2.1 监控系统 PLC 模块的选择

在选择 PLC 模块型号时，首先要按照控制系统要求实现的功能，选择低档机、中档机还是高档机。其次就是要考虑 IO 点数。

从上面的分析可知，系统共有开关量输入点 35 个，开关量输出点 28 个，模拟量输入点 14 个。综合各种因素，选择 CPU 226。

CPU 226 具有 24 输入/16 输出，共 40 个数字量 IO 点；有 2 个 RS 485 通信/编程接口，也有 PPI/MPI 和自由方式通信的能力。较大的存储空间，较强的扩展能力、更快的运行速度和强大的内部集成特殊功能，使它可以满足本设计控制系统的要求。

由于 CPU 自身的基本单元 IO 量不能满足本设计的要求，所以需要加入扩展模块。开关输入点有 35 个，开关量输出点需要 28 个，所以需要一块含有 16 个开关输入点和 16 个开关输出点的 EM 223。模拟量输入模块选择四块 EM 231 扩展模块。

2.2.2 传感器选型及工作原理

(1) 风机压力传感器

压力传感器是工业领域最为常用的一种传感器，其广泛应用于各种工业自控环境，涉及水利水电、铁路交通、智能建筑、生产自控、航空航天、军工、石化、油井、电力、船舶和机床等众多行业。现代传感器在原理与结构上千差万别，如何根据具体的测量目的、测量对象以及测量环境合理地选用传感器，是在进行某个量的测量时首先要解决的问题。当传感器确定之后，与之相配套的测量方法和测量设备也就可以确定了。测量结果的成败，在很大程度上取决于传感器的选用是否合理。

本系统采用上海钱阳机电有限公司的矿用本安型压力传感器，型号为 GPD100。

(2) 风机温度传感器的选择

温度传感器是最早开发、应用最广的一类传感器。在半导体技术的支持下，研究人员相继开

发了半导体热电偶传感器、PN 结温度传感器和集成温度传感器。与之相对应，根据波与物质的相互作用规律，相继开发了声学温度传感器、红外传感器和微波传感器。两种不同材质的导体，如在某点互相连接在一起，对这个连接点加热，在它们不加热的部位就会出现电位差。这个电位差的数值与不加热部位测量点的温度有关，和这两种导体的材质有关。这种现象可以在很宽的温度范围内出现，如果精确测量这个电位差，再测出不加热部位的环境温度，就可以准确知道加热点的温度。由于它必须有两种不同材质的导体，所以称之为热电偶。

不同材质做出的热电偶适用于不同的温度范围，它们的灵敏度也各不相同。热电偶的灵敏度是指加热点温度变化 1 °C 时，输出电位差的变化量。对于大多数金属材料支撑的热电偶而言，这个数值在 5~40 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ 之间。热电偶传感器有自己的优点和缺点，它灵敏度比较低，容易受到环境干扰信号的影响，也容易受到前置放大器温度漂移的影响，因此不适合测量微小的温度变化。由于热电偶温度传感器的灵敏度与材料的粗细无关，用非常细的材料也能够做成温度传感器，也由于制作热电偶的金属具有很好的延展性，这种细微的测温元件有极高的响应速度，可以测量快速变化的过程。

本系统选用 Pt 100 温度传感器，Pt 100 是铂热电阻，它的阻值会随着温度的变化而改变。Pt 后的 100 表示它在 0 °C 时阻值为 100 Ω ，在 100 °C 时它的阻值约为 138.5 Ω 。系统采用安徽天康股份有限公司生产的型号为 WZP-270、分度号为 Pt 100 的热电偶温度传感器，要测温的部位包括电动机主轴承温度以及电动机定子绕组温度。

(3) 风机机体测振传感器的选择

一般来说，振动传感器在机械接收原理方面只有相对式、惯性式两种，但在机电变换方面，由于变换方法和性质不同，其种类繁多，应用范围也极其广泛。在现代振动测量中所用的传感器已不是传统概念上独立的机械测量装置，它仅是整个测量系统中的一个环节，且与后续的电子线

路紧密相关。

本系统选用的是南京东大测振仪器厂生产的 ZT-YB40 型一体化防爆振动传感器，主要用于测量风机机体振动速度，具有体积小、性能稳定和容易安装等特点，适合本系统要求。

(4) 电流和电压传感器的选择

风机监控系统对电参数电压和电流的监测能够确定电动机工作是否正常。霍尔传感器是根据霍尔效应制作的一种磁场传感器。霍尔效应是磁电效应的一种，这一现象是霍尔于 1879 年在研究金属的导电机理时发现的。后来发现半导体、导电流体等也有这种效应，而半导体的霍尔效应比金属强得多，利用这现象制成的各种霍尔元件广泛地应用于工业自动化技术、检测技术及信息处理等方面。霍尔效应是研究半导体材料性能的基本方法。通过霍尔效应实验测定的霍尔系数，能够判断半导体材料的导电类型、载流子浓度及载流子迁移率等重要参数。其具有安装简单、灵敏度高及体积小等特点。本系统使用北京国电中自电气有限公司的 GD-HSD-3 霍尔电流传感器和安徽天康股份有限公司的 Pt03c 电压传感器。

(5) 角度检测传感器的选择

检测风门的原理，利用角度检测传感器检测风门打开的角度以确定风门打开的程度。其他的方法还有通过打开时风门走过的位移和通过角度计算位移等方法进行检测。系统采用的是通过检测风门打开角度的方法原理，用过感知磁场方向的变化来确定需要测量的角度。一般情况下，转动的机件上装有磁块，机件轴转动造成磁场方向变化。该变化被传感器的集成电路反映出来，经过计算得出模拟信号输出。选用上海江晶翔电子的霍尔式角度传感器，型号为 RFC4800。

2.2.3 电气控制系统原理图

(1) 主电路图

图 2 为电控系统主电路图。四台电动机分别为 M₁、M₂、M₃ 和 M₄；接触器 QA1、QA3、QA5 和 QA7 分别控制四台电动机的正转；接触器 QA2、QA4、QA6 和 QA8 分别控制四台电动机的反转；热

继电器 BB1、BB2、BB3 和 BB4 提供四台电动机过载保护；FA1、FA2 为熔断器；QA0、QA9 分别控制 1[#] 风机组和 2[#] 风机组的电源开关。

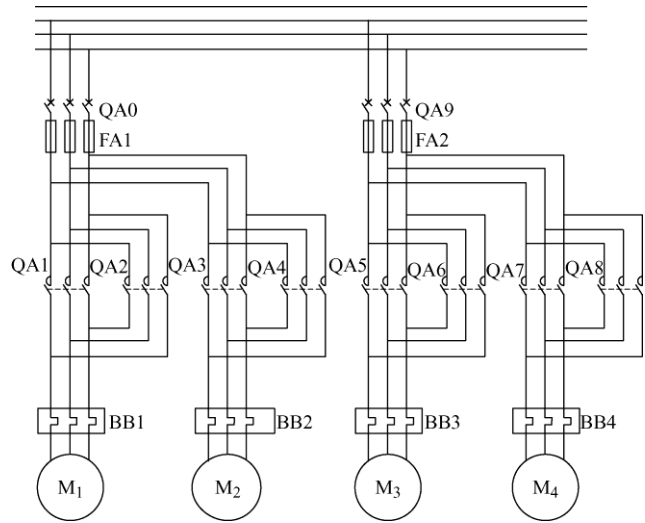


图 2 电控系统主电路

Fig. 2 Main circuit of electronic control system

(2) 控制电路图

图 3 为电控系统控制电路图。图 3 中电路包括缺相保护、电源指示、隔离变压器、可编程程序控制器、直流电源和开关控制电路。Q2.1 控制报警指示灯；Q2.2 控制瓦斯超标指示；Q2.3 控制井巷超温指示；Q2.0 控制报警电铃。

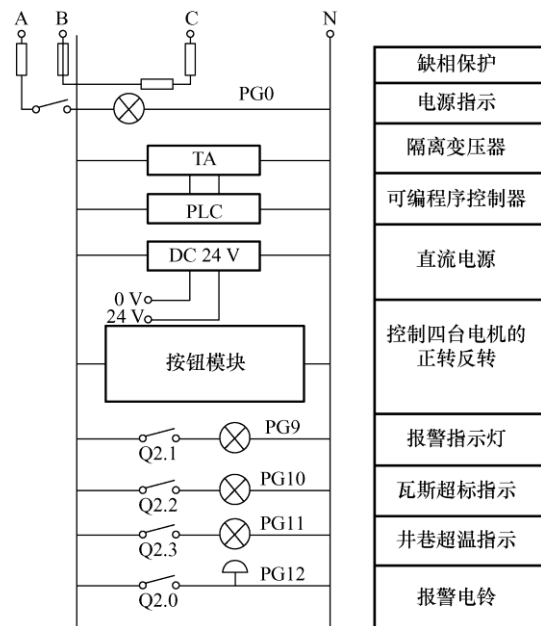


图 3 电控系统控制电路

Fig. 3 Electronic control system control circuit

图 4 为按钮图, SF1、SF3、SF5 和 SF7 分别控制四台电动机的正转; SF2、SF4、SF6 和 SF8 分别控制四台电动机的反转;继电器 QA1、QA8 控制其开关打开或闭合,并且在电路中设置了互锁,使同一台电动机的正反转开关不能够同时闭合; PG1、PG3、PG5 和 PG7 指示四台电动机的正转; PG2、PG4、PG6 和 PG8 指示四台电动机的反转;热继电器 BB1、BB2、BB3 和 BB4 分别提供四台电动机的过载保护。

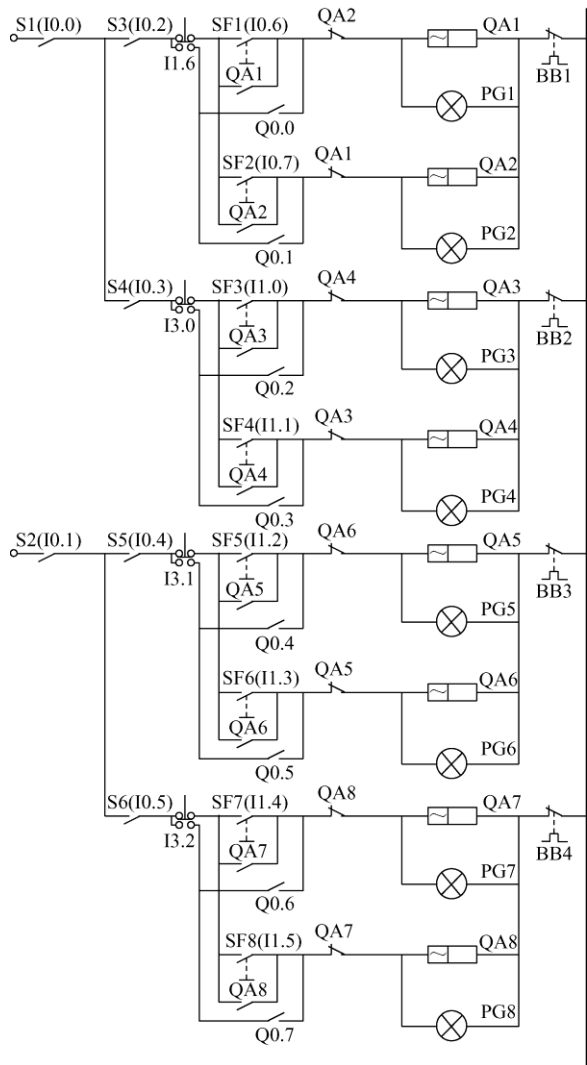


图 4 电动机正反转控制图
Fig. 4 Motor forward and reverse control diagram

3 监控系统的软件设计

3.1 程序流程图

监控系统总流程如图 5 所示。程序初始化,进行 1#风机 2#风机选择,是否正常运行(是,进入正常起动),是否反风运行(是,进入反风程序),是否倒机(是,进入倒机流程),每一个模块都要进行传感器检测,是否报警(是,进入报警模块)。

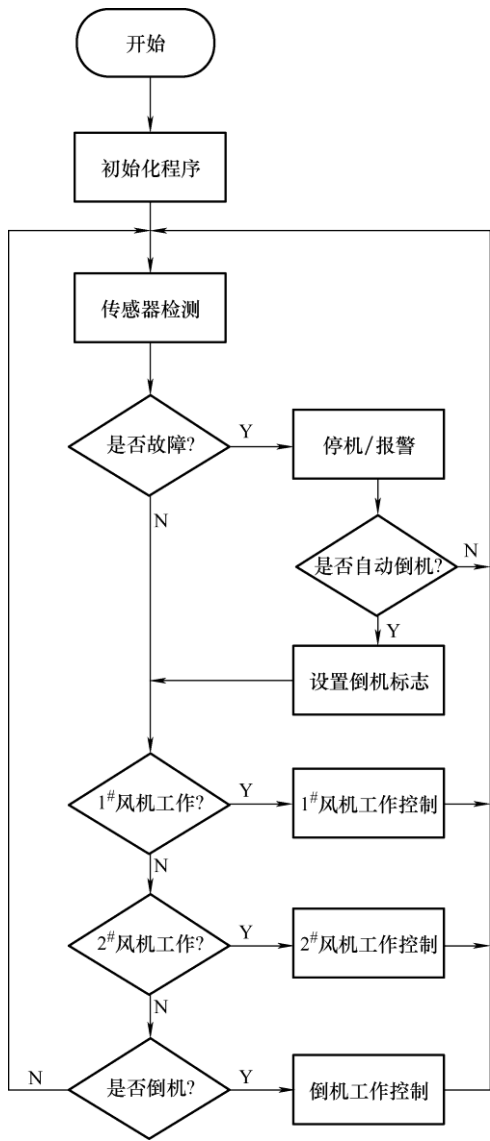


图 5 总程序流程图
Fig. 5 Overall program flow chart

对旋轴流式通风机工作时要有两台电动机同

时运行, 如果同时起动会给电网造成太大的冲击, 所以系统规定在 1[#]电动机起动后的 20 s 后再起动 2[#]电动机。在风机起动前要检测风门的状态, 检测风门状态应该是 1[#]立风门和 1[#]斜风门是打开的, 2[#]立风门和斜风门是关闭的。初始状态设定为这样。因为对旋轴流式风机的两个电动机旋转方向是相反的, 设定 1[#]电动机正转, 2[#]电动机反转。风机起动流程如图 6 所示。

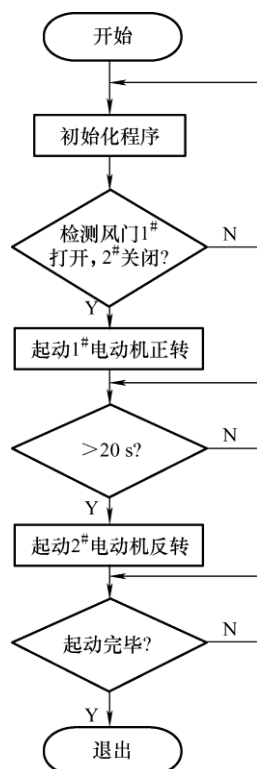


图 6 风机起动流程图
Fig. 6 Fan start flow chart

4 系统仿真

先用 STEP7MicroWIN 编写程序, 编写完成后在菜单栏“文件”里单击“导出”, 弹出一个“导出程序块”的对话框, 选择存储路径, 填写文件名“通风机监控系统”, 保存类型的扩展名为 awl, 之后点保存, 在软件中完成相关的配置以及参数选择。

截取部分仿真结果如下。

1) 手动运行程序中通风机控制系统起动后, I0.0 闭合, 1[#]电动机正转, 且 1[#]正转指示灯亮, 如图 7 所示。

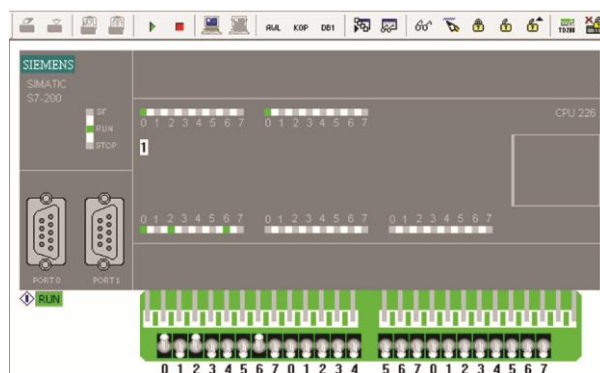


图 7 1[#]电动机正转
Fig. 7 No. 1 motor forward

2) 当起动备用风机时, 应该先改变风门状态, 1[#]立风门、斜风门由打开变为闭合, 2[#]立风门、斜风门由闭合变为打开, 如图 8 所示。

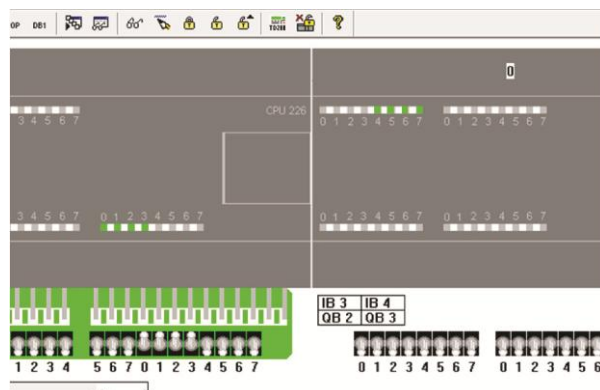


图 8 1[#]风门关闭, 2[#]风门打开
Fig. 8 The first group of damper is closed and the second group of damper is open

3) 自动控制程序中, 1[#]电动机正常起动后, 延时 20 s, 2[#]电动机反转, 如图 9 所示。

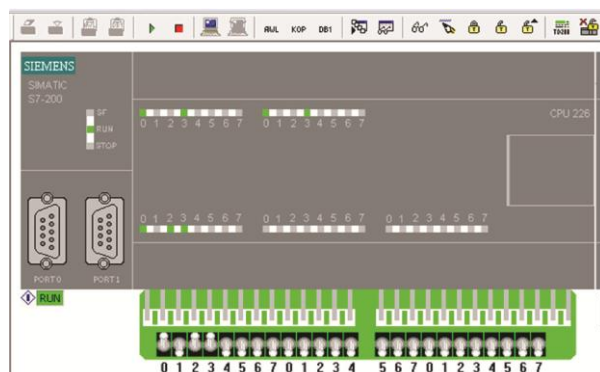


图 9 2[#]电动机反转
Fig. 9 No. 2 motor reversal

4 结束语

本系统通过PLC、传感器等技术实现了对风机的监控，监控人员通过本系统能够实时了解风机的运行状况、风机的技术参数以及井巷的瓦斯和温度等参数。当风机发生故障时，系统会报警，监控人员可以手动切换备用风机开始运行，当在自动切换档位发生故障时，系统报警并自动切换备用风机。当工作环境部分指标超标时，系统也会报警。监控人员还可以通过控制电动机的正反转，实现正常通风和反风。本系统可以改善通风机设备自动化水平，保证了通风机的可靠运行，减少了事故的发生，提高了工作环境的安全水平。

参考文献

- [1] 李晓强. 矿井主通风机在线监控系统设计[J]. 煤矿机电, 2020, 41(5): 29-31.
- [2] 赵云平. 基于无线传输的矿井主通风机远程监控系统设计[J]. 自动化应用, 2019(12): 87-88.
- [3] 董甲武, 薛鑫. 基于 PLC 控制的局部通风机集控平台设计与应用[J]. 自动化应用, 2020(7): 136-137.
- [4] 申杰. 基于变频调速通风机监控系统分析[J]. 矿业装备, 2019(5): 126-127.
- [5] 郝婧. 关于煤矿通风机供电状态监控系统的设计研究[J]. 矿业装备, 2020(5): 136-137.
- [6] 段雪姣. 煤矿通风机远程监控系统的设计与应用[J]. 石化技术, 2020, 27(6): 198.

- [7] 张红利. 基于 PLC 软冗余的通风机监控系统的研究[J]. 西部探矿工程, 2019, 31(9): 171-173.
- [8] 李阳. 基于 PLC 的矿用通风机运行状态监控[J]. 机电工程技术, 2020, 49(6): 97-98.
- [9] 底伟. 基于 PLC 和组态软件的通风机监控系统设计[J]. 机电信息, 2020(17): 124-125.
- [10] 原亚菲. 通风机节能监控系统中变频装置的应用[J]. 能源与节能, 2019(2): 80-82.
- [11] 张喜萍. 基于 PLC 的通风机监控系统的研究与应用[J]. 煤矿机械, 2018, 39(9): 163-164.
- [12] 秦锦东. 井下通风机的监控系统研究与设计[J]. 山西冶金, 2020, 43(1): 54-55, 75.
- [13] 程玉龙. 基于变频器的主要通风机控制系统[J]. 煤矿安全, 2020, 51(2): 105-108.
- [14] 霍海波. PLC 控制技术通风机在线监控系统应用探讨[J]. 电脑知识与技术, 2020, 16(2): 236-237, 246.

作者简介:



苏 静

苏静(1981—),女,本科,高级工程师,研究方向为电气设计。

(收稿日期: 2020-10-12)EA