



雲南工商學院

YUNNAN TECHNOLOGY AND BUSINESS UNIVERSITY

本科毕业论文（设计）

论文题目

学	院	XX 学院
专	业	XXXXX
班	级	XXXXXXXXXXXX
学	号	XXXX
姓	名	XXXX
指 导 教 师		XXX 副教授
授 予 学 位		XXX 学士学位

年 月



雲南工商學院
YUNNAN TECHNOLOGY AND BUSINESS UNIVERSITY

毕业论文原创性声明



目录

毕业论文原创性声明	I
摘要	4
Abstract	5
第 1 章 绪论	6
1.1 国内发展状况	6
1.2 国外发展状况	7
1.3 发展趋势	7
第 2 章 需求分析	9
2.1 功能需求分析	9
2.2 性能需求分析	9
2.3 人机交互需求分析	10
第 3 章 系统设计	11
3.1 元器件选型	11
3.1.1 核心控制类元器件	11
3.1.2 驱动装置类元器件	12
3.1.3 检测元件类元器件	13
3.1.4 执行元件类元器件	14
3.1.5 保护元件类元器件	15
3.1.6 操作元件类元器件	16
3.1.7 指示元件类元器件	17
3.1.8 辅助设备类元器件	17
3.2 主电路设计	20
3.2.1 强电部分设计	20
3.2.2 弱电部分设计	21
3.3 I/O 地址分配	22
3.4 系统控制方式设计	24
3.4.1 系统启停控制方式	24



3.4.2 故障保护控制方式	26
3.4.3 参数监测控制方式	28
3.4.4 并网控制方式	29
第 4 章 软件设计	30
4.1 博图项目配置	30
4.2 梯形图程序设计	32
4.3 触摸屏界面设计	37
第 5 章 系统调试与测试	39
5.1 程序编译与下载	39
5.2 在线监控与调试	40
5.3 功能模块测试	41
5.3.1 系统启停功能测试	41
5.3.2 故障保护功能测试	42
5.3.3 并网控制功能测试	43
5.3.4 参数监测功能测试	错误！未定义书签。
5.3.5 模式切换功能测试	44
5.4 测试结果分析	45
第 6 章 系统仿真与调试	错误！未定义书签。
6.1 仿真环境搭建	错误！未定义书签。
6.2 程序编译与仿真下载	错误！未定义书签。
6.3 在线监控与仿真调试	错误！未定义书签。
6.4 系统功能仿真测试	错误！未定义书签。
6.4.1 自动启动流程仿真测试	错误！未定义书签。
6.4.2 故障保护功能仿真测试	错误！未定义书签。
6.4.3 并网控制功能仿真测试	错误！未定义书签。
6.4.4 参数监测功能仿真测试	错误！未定义书签。
6.4.5 手动模式功能仿真测试	错误！未定义书签。
6.5 仿真测试结果分析	错误！未定义书签。



第 7 章 结论	47
致谢	48
参考文献	49



摘要

针对中小型发电机组控制系统自动化程度低、故障排查繁琐、参数监测不便等问题，本设计以西门子 S7-1214C PLC 为核心，搭配触摸屏人机界面，开发了完整的发电机组控制系统。系统支持自动 / 手动双模式，可实现自动启停、参数监测、故障保护、并网控制等功能，既能检测电网状态自动启动，也可响应人工指令。

核心参数（电压、电流、转速、油位等）通过模拟量模块实时采集，在触摸屏实时显示并记录历史趋势；故障保护涵盖过压、过流、超速、低油位、冷却水高温等，保障运行安全。硬件选用 PLC、触摸屏、接触器等设备，软件基于 TIA Portal V15 编写，含初始化、启停控制等模块，触摸屏图形化界面操作直观。

经 S7-PLC SIM 仿真测试验证，系统自动启停按预设执行，故障保护响应及时，参数监测准确、并网控制平稳，运行稳定且控制精度达标，为发电机组控制提供了可行技术方案，具备实用价值。

关键词：PLC；发电机组；自动控制；故障保护

Abstract

Aiming at the problems of low automation level, cumbersome fault diagnosis, and inconvenient parameter monitoring in the control systems of small and medium-sized generator sets, this design develops a complete generator set control system with the Siemens S7-1214C PLC as the core controller and a touch screen as the human-machine interface. The system supports two operating modes (automatic/manual) and realizes functions including automatic start-stop, parameter monitoring, fault protection, and grid-connection control. It can either automatically start after detecting the power grid status or respond to manual control commands.

Key parameters such as voltage, current, rotational speed, and oil level are collected in real time through analog input modules, displayed instantly on the touch screen, and their historical trends are recorded. For fault protection, the system integrates multiple mechanisms such as overvoltage, overcurrent, overspeed, low oil level, and high cooling water temperature to ensure safe operation. Hardware components include PLC, touch screen, contactors, solenoid valves, and sensors. The software is programmed with TIA Portal V15, covering modules for system initialization, start-stop control, mode switching, fault protection, and parameter monitoring. The touch screen adopts a graphical design that integrates control, monitoring, and display functions, enabling simple and intuitive operation.

Verified by S7-PLCSIM Advanced simulation tests, the system's automatic start-stop function operates as preset, fault protection responds promptly, parameter monitoring is accurate, and grid-connection control is stable. With reliable overall operation and meeting control precision requirements, this design provides a feasible technical solution for generator set control and has certain practical value.

Keywords: PLC; Generator Set; Automatic Control; Fault Protection



第 1 章 绪论

现代工业快速发展和城市化进程不断推进，电力供应的稳定性与可靠性已经成为社会正常运转的重要保障。工业生产、商业运营、医疗设施、数据中心等关键领域一旦遭遇市电中断，往往会造成严重的经济损失，甚至引发安全事故。发电机组作为应急备用电源，在市电故障时能够快速启动并投入运行，为重要负荷提供持续稳定的电力，在保障供电安全方面作用不可替代。特别是在那些市电难以覆盖的偏远地区、海岛、矿山等地，发电机组更是主要的供电设备。新能源技术发展和智能电网建设的推进，也推动着发电机组控制系统朝着自动化、智能化方向发展，对控制系统的可靠性、实时性和智能化水平提出了更高要求。

传统发电机组控制系统大多采用继电器逻辑控制，依靠大量继电器、接触器、时间继电器等硬件元件来实现控制。这种方式技术成熟、成本较低，但缺点也很明显：接线复杂、故障排查困难、参数调节不够灵活，难以实现复杂的控制逻辑。随着发电机组功率等级提升和控制要求复杂化，传统继电器控制已经难以满足现代发电机组对精确控制、实时监测、智能保护的需求。可编程逻辑控制器（PLC）凭借高可靠性、强抗干扰能力、灵活的可编程性和良好的扩展性，逐渐成为工业控制领域的核心设备。PLC 控制系统通过软件编程就能实现复杂的控制逻辑，硬件接线大大简化，系统可靠性和维护便利性显著提高。如果再配合触摸屏人机界面（HMI），还能实现参数实时显示、故障报警、历史数据记录等功能，为操作人员提供直观友好的操作界面。基于 PLC 的发电机组控制系统已经成为当前发电机组控制领域的主流技术方案。

1.1 国内发展状况

我国发电机组控制系统领域起步较晚但发展迅速，随工业自动化进步与制造业升级，国产 PLC 技术日趋成熟，应用场景持续拓宽。汇川技术、和利时等国内厂商的 PLC 产品，凭借高性价比、本土化服务等优势占据中小型控制领域一定市场份额，但在高端应用、复杂算法等方面与国外产品仍有差距，目前技术水平正通过研发投入与产品迭代稳步提升。

应用层面，国外西门子、施耐德等品牌 PLC 因技术成熟、性能稳定，主导

大型电站、船舶等关键场景；中小型机组领域，部分企业为控制成本开始采用国产 PLC 或高性价比方案。技术研究上，国内高校与科研院所在控制算法、故障诊断等方面取得成果并推动产业化，但基础理论研究、核心技术突破仍需加强。

仿真技术推广、相关标准制定、系统集成商一站式服务能力提升及自动化专业人才培养，为行业发展提供了有力支撑。随着经济发展与基础设施建设推进，数据中心、医院等关键领域对发电机组控制系统需求迫切，倒逼技术升级与产品优化。

总体来看，我国该领域已具备一定技术基础与产业规模，但核心技术、高端产品等方面仍有提升空间。未来通过持续研发投入与产业升级，有望逐步缩小与国外先进水平的差距。

1.2 国外发展状况

国外发电机组控制系统领域起步早、技术成熟，欧美企业（西门子、施耐德等）在 PLC、工业通信、智能算法等领域居世界领先地位，形成完整技术体系。其 PLC 产品（如 S7-1200 系列）广泛应用于各型机组，集成模糊控制、神经网络等先进算法，搭配故障诊断、远程监控等智能化功能，且依托 Factory IO 等仿真软件缩短开发周期，遵循 IEC/ISO 标准，通过工业以太网实现系统集成与集中管控，冗余设计和环保节能技术进一步提升系统可靠性与经济性。

我国该领域起步较晚但发展迅猛，随工业自动化升级，汇川技术、和利时等国产 PLC 在中小型应用中凭借高性价比和本土化服务占据一定市场，但高端领域与国外仍有差距。目前国内大型机组多采用国外 PLC，中小型机组逐步尝试国产方案；高校与企业合作推动控制技术产业化，仿真、标准化、系统集成及人才培养持续完善，数据中心等关键领域的旺盛需求为技术升级提供动力。

总体而言，我国已具备一定技术基础和产业规模，未来需加大核心技术研发投入，持续缩小与国外先进水平的差距。

1.3 发展趋势

随着科技进步与工业自动化升级，发电机组控制系统正朝着智能化、网络化、集成化等方向发展。未来，系统将融合 AI、大数据技术优化控制参数，实现故障预测性维护与自适应调节；依托工业互联网、5G 实现多机组集中管控与远程运维，降低人力成本；采用模块化设计提升灵活性，深度集成能源管理系统；聚



焦绿色节能，优化排放与能效，支持新能源机组控制；人机交互将引入 VR/AR、语音控制等技术，界面更直观智能；标准体系持续完善，仿真与数字孪生技术将强化设计验证与虚实融合控制。

本设计以 50kW 柴油发电机组为对象，基于西门子 S7-1214C PLC 与 TIA Portal V15 平台，构建了完整控制系统。系统以 PLC 为核心、触摸屏为人机界面，支持自动 / 手动双模式，实现自动启停、参数监测、故障保护、并网控制等功能。通过模拟量模块实时采集电压、电流等关键参数，在触摸屏实时显示并记录趋势；配备过压、过流等多重故障保护，保障运行安全。设计采用虚拟仿真开发调试，无需实体硬件，降低成本、提升效率，为相关系统设计与教学提供了有益参考。



第 2 章 需求分析

发电机组控制系统作为保障供电安全的关键设备，需要满足多方面的功能需求和性能要求。本章从功能需求、性能需求和人机交互需求三个方面对系统需求进行分析，为后续的系统设计提供依据。

2.1 功能需求分析

发电机组控制系统核心功能涵盖启停控制、参数监测、故障保护、并网控制及模式切换，各功能相互关联构成完整系统。

启停控制为基础功能，支持自动 / 手动双模式：自动模式可检测市电状态，断电时自动完成发电机组预热、启动、升速、并网流程，市电恢复则自动落网停机；手动模式由操作人员通过按钮或触摸屏控制启停，系统按预设流程执行。两种模式均配备急停功能，紧急情况下可立即切断所有输出保障安全。

参数监测需实时采集发电电压、电流、发动机转速、机油油位等关键参数，经处理后通过触摸屏直观呈现，同时记录运行时间、维护倒计时等统计信息，为维保提供依据。

故障保护可检测过压、过流等多种故障，触发后立即停机、锁定故障状态并启动声光报警，具备故障复位功能，排除故障后可恢复运行。

并网控制负责检测发电机组额定状态与并网条件，满足条件后经缓冲平稳并网；市电恢复时自动落网并停机。系统支持自动与手动模式安全切换，可记忆当前模式并在触摸屏清晰显示。

2.2 性能需求分析

发电机组控制系统需满足多方面性能要求，以保障稳定可靠运行、适配实际应用需求。

响应速度上，需快速响应输入信号与控制指令，市电断电时能在合理时间内启动机组恢复供电，故障保护功能需即时触发避免故障扩大，控制指令执行及时准确无明显延迟。

控制精度方面，需精准管控机组各项参数，保证转速稳定、电压电流监测精准，定时器精度满足时序控制要求，确保发电质量与控制流程可靠。

可靠性上，系统需具备高稳定性以实现长时间运行，硬件抗干扰能力强适配

工业环境,软件逻辑严密规避程序故障,同时具备故障自诊断能力及时处理异常。

安全性需依托完善保护机制,急停功能可靠有效,故障保护全面覆盖各类风险,搭配互锁功能防范误操作事故。

可维护性要求程序结构清晰、触摸屏提供丰富诊断信息,同时记录运行与故障数据,助力快速定位问题与系统优化。

扩展性上,支持硬件模块化扩展与 I/O 点数拓展,软件采用模块化设计便于功能升级。兼容性方面,通信协议符合工业标准,接口标准化,保障与现有设备和系统的适配集成。

2.3 人机交互需求分析

人机交互界面是操作人员与控制系统的核心交互窗口,优质设计可提升操作效率、减少误操作、优化用户体验,需满足多方面设计要求。

界面布局需合理有序,信息层次清晰,突出主要信息、弱化次要信息,划分状态显示区、参数显示区等功能区域,明确各区域职责避免混淆。信息显示上,实时呈现机组运行状态、参数及故障信息,状态以指示灯等直观标识,参数采用数字、曲线等多形式展示,故障信息需明确类型、时间及原因,便于快速处理。

操作控制应便捷高效,控制按钮布局合理、大小适宜、标识清晰,重要操作设确认机制防误触,操作后及时给予视听觉反馈。报警提示采用声、光、文字等多种方式,按优先级分级显示,同时记录报警历史供后续查询。

数据记录需涵盖运行参数、故障信息及操作记录,运行参数形成历史趋势曲线,故障与操作信息详细留存,为分析优化和追溯管理提供依据。界面还需兼顾美观性与易用性,颜色字体适配人机工程学,风格统一,操作流程贴合习惯、简单直观,并配备完善帮助信息降低学习成本。



第3章 系统设计

系统设计是发电机组控制系统实现的关键环节，需要根据功能需求和性能要求，合理选择硬件设备，设计控制电路，分配 I/O 地址，并确定控制方式。本章从元器件选型、主电路设计、I/O 地址分配和系统控制方式设计四个方面进行阐述。

3.1 元器件选型

元器件选型是系统设计的基础，合理的选型能够确保系统稳定可靠运行，同时兼顾经济性和可维护性。选型时需要综合考虑技术指标、工作环境、可靠性要求、成本预算等因素，选择适合的元器件。

3.1.1 核心控制类元器件

控制器选用西门子 S7-1200 系列 PLC，具体型号为 CPU 1214C DC/DC/DC。该型号 PLC 体积小、功能强、性能稳定，适合中小型自动化控制系统。CPU 集成了数字量输入输出、高速计数器、脉冲输出等功能，能够满足本系统的控制需求。该型号 PLC 提供 14 点数字量输入和 10 点数字量输出，内置两路模拟量输入，支持 PROFINET 通信，可以方便地连接触摸屏和其他设备。编程软件采用 TIA Portal V15 博途软件，支持梯形图、功能块图等多种编程语言，便于程序开发和调试。博途软件集成了硬件组态、程序编写、仿真调试、HMI 设计等功能，为系统开发提供了完整的工具链。

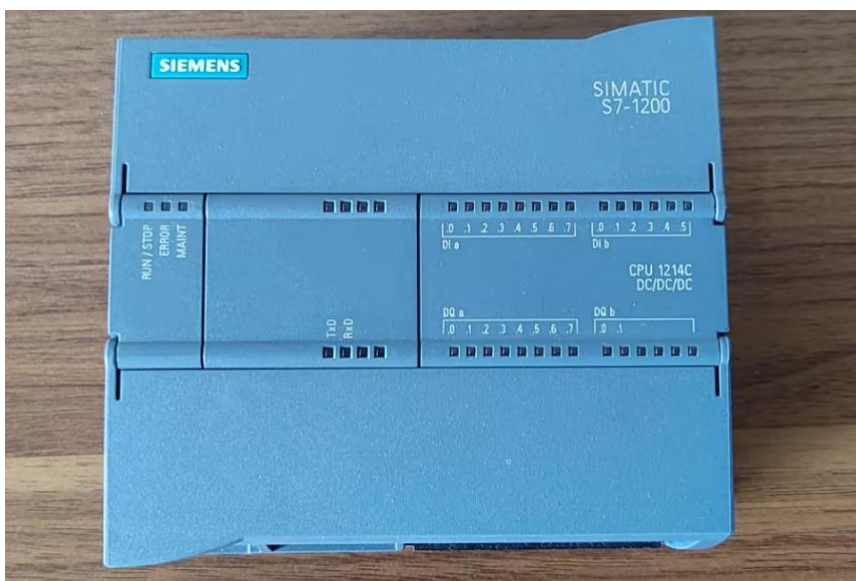


图 3-1 S7-1200PLC

人机界面选用西门子触摸屏。触摸屏采用图形化设计，操作简便直观，能够实时显示系统运行状态，方便操作人员进行系统控制和状态监控。触摸屏与 PLC 通过 PROFINET 通信，数据传输速度快，可靠性高。触摸屏界面可以显示发电电压、电流、转速、油位等实时参数，提供启动、停止、复位等控制按钮，显示故障信息和报警提示，记录历史趋势数据。通过触摸屏界面，操作人员可以方便地了解系统运行状态，进行必要的操作控制。



图 3-2 触摸屏

3.1.2 驱动装置类元器件

起动电机接触器用于控制起动电机的通断。接触器需要能够承受起动电流的冲击，具有良好的电气寿命和机械寿命。接触器线圈电压与 PLC 输出匹配，确保可靠吸合和释放。接触器辅助触点用于反馈接触器状态，为 PLC 提供起动反馈信号。

供油电磁阀和怠速电磁阀用于控制燃油供应。电磁阀需要响应速度快，密封性能好，能够可靠地控制燃油流量。电磁阀线圈电压与 PLC 输出匹配，确保可靠动作。电磁阀的动作直接影响发动机的启动和运行，因此需要选择质量可靠的产品。

冷却风扇和冷却水泵用于发动机的冷却系统。风扇和水泵电机需要能够长时

间连续运行，具有良好的散热性能。电机功率需要根据冷却需求合理选择，确保能够满足散热要求。电机控制通过接触器实现，接触器需要能够承受电机启动电流。

排烟风机用于辅助排烟，在停机后延时关闭，确保废气完全排出。排烟风机需要具有良好的耐高温性能，能够在高温环境下可靠运行。

3.1.3 检测元件类元器件

电压传感器用于检测发电机组的输出电压。传感器输出标准模拟量信号，通过 PLC 的模拟量输入模块采集。传感器需要具有良好的线性度和精度，能够准确反映电压变化。传感器量程需要覆盖发电机组的正常工作范围，并留有一定的余量。



图 3-3 电压传感器

电流传感器用于检测发电机组的输出电流。传感器采用电流互感器方式，输出标准模拟量信号。传感器需要具有良好的精度和动态响应性能，能够准确检测电流变化。传感器量程需要根据发电机组的额定电流合理选择。



图 3-4 电流传感器

转速传感器用于检测发动机转速。传感器可以采用霍尔传感器或接近开关配合齿盘的方式，输出数字量或模拟量信号。传感器需要具有良好的抗干扰能力，能够在振动和高温环境下可靠工作。

油位传感器用于检测机油油位。传感器输出模拟量信号，反映油位高度。传感器需要具有良好的密封性能，防止机油泄漏。传感器精度需要满足监测要求，能够及时发现油位异常。

过压继电器、过流继电器、超速继电器用于故障保护。这些继电器在检测到相应故障时动作，输出开关量信号给 PLC。继电器需要动作可靠，避免误动作和漏动作。继电器的动作值需要根据保护要求合理设定。

低油位开关和冷却水高温开关用于检测润滑系统和冷却系统的状态。这些开关在检测到异常时动作，输出开关量信号。开关需要动作可靠，能够在恶劣环境下正常工作。

电网电压检测用于检测市电状态。当市电断电时，检测装置输出信号，触发发电机组自动启动。检测装置需要响应速度快，能够及时检测到市电状态变化。

3.1.4 执行元件类元器件

起动电机用于启动发动机。起动电机需要能够提供足够的起动转矩，确保发动机能够可靠启动。起动电机的工作时间需要受到限制，避免长时间运行造成损坏。起动电机的控制通过接触器实现，接触器需要能够承受起动电流。

充电发电机用于为辅助蓄电池充电。充电发电机需要能够提供稳定的充电电压和电流，确保蓄电池正常工作。充电发电机的励磁控制通过 PLC 输出实现，需要可靠控制。

预热继电器用于控制预热系统。预热系统在启动前对发动机进行预热，提高启动成功率。预热继电器需要动作可靠，能够控制预热时间。



图 3-5 预热继电器

3.1.5 保护元件类元器件

空气开关用于主电路的电源控制和过载保护。空气开关需要能够承受发电机组的额定电流，具有良好的分断能力。空气开关的额定电流需要根据负载情况合理选择，确保能够可靠保护电路。

接触器用于控制电机的通断。接触器需要能够承受电机的启动电流，具有良好的电气寿命和机械寿命。接触器的辅助触点用于状态反馈，为 PLC 提供控制反馈信号。



图 3-6 接触器

热继电器用于电机的过载保护。当电机过载时，热继电器动作，切断电机电源，保护电机不受损坏。热继电器的动作值需要根据电机额定电流合理设定。



图 3-7 热继电器

熔断器用于电路的短路保护。熔断器需要具有良好的分断能力，能够在短路时快速切断电路。熔断器的额定电流需要根据电路负载合理选择。

3.1.6 操作元件类元器件

操作元件包括按钮开关和转换开关。按钮开关用于系统启动、停止和急停操作，转换开关用于手动和自动模式切换。所有按钮和开关都选用工业级产品，具有良好的可靠性和耐用性。急停按钮采用常闭触点，日常运行时保持导通，按下时断开，触发急停保护。启动按钮和停止按钮采用常开触点，按下时闭合，触发相应操作。模式选择开关用于切换自动和手动模式，需要动作可靠，避免误操作。



图 3-8 按钮开关和转换开关

3.1.7 指示元件类元器件

指示元件包括运行指示灯、故障指示灯和急停指示灯。指示灯采用 LED 光源，具有寿命长、功耗低、亮度高等优点。运行指示灯显示发电机组的运行状态，故障指示灯显示故障锁定状态，急停指示灯显示急停状态。指示灯的颜色需要符合工业标准，绿色表示正常运行，红色表示故障或急停，黄色表示警告。

声音报警采用电铃或蜂鸣器，声音响亮，能够有效提醒现场人员注意安全。声音报警在故障发生时启动，提醒操作人员及时处理故障。报警声音需要清晰可辨，能够在嘈杂环境中听到。



图 3-9 指示灯和声音报警器

3.1.8 辅助设备类元器件

开关电源用于为 PLC 和触摸屏等设备提供稳定的直流电源。开关电源需要具有良好的稳压性能和抗干扰能力，确保设备正常工作。开关电源的功率需要根据负载情况合理选择，留有一定的余量。

中间继电器用于信号隔离和功率放大。中间继电器可以将 PLC 的输出信号转换为适合控制接触器、电磁阀等执行元件的信号。中间继电器需要动作可靠，具有良好的电气寿命。



图 3-10 中间继电器

主要元器件清单如表 3-1 所示。

表 3-1 主要元器件清单

序号	元件名称	数量	品牌	元件规格	备注
1	可编程控制 器	1	西门子	CPU 1214C DC/DC/DC	核心控制器， 14 输入 10 输出 人机界面，
2	触摸屏	1	西门子	TP1500 Comfort	1920×1080 分辨率
3	起动电机接 触器	1	施耐德	LC1D18 18A	控制起动电 机
4	供油电磁阀	1	ASCO	2 位 2 通， 24VDC	控制燃油供 应
5	怠速电磁阀	1	ASCO	2 位 2 通， 24VDC	控制怠速燃 油
6	冷却风扇	1	通用	交流电机，功率 根据需求	加强散热
7	冷却水泵	1	通用	交流电机，功率	循环冷却液



				根据需求	
8	排烟风机	1	通用	耐高温电机	辅助排烟
9	电压传感器	1	通用	0-10V 输出, 量程 0-600V	检测输出电压
10	电流传感器	1	通用	4-20mA 输出, 量程 0-200A	检测输出电流
11	转速传感器	1	通用	霍尔传感器或接近开关	检测发动机转速
12	油位传感器	1	通用	0-10V 输出, 量程 0-200mm	检测机油油位
13	过压继电器	1	通用	动作值可调	过压保护
14	过流继电器	1	通用	动作值可调	过流保护
15	超速继电器	1	通用	动作值可调	超速保护
16	低油位开关	1	通用	浮球开关	低油位检测
17	冷却水高温开关	1	通用	温度开关	冷却水高温检测
18	机油压力开关	1	通用	压力开关	机油压力检测
19	电网电压检测	1	通用	电压检测继电器	市电状态检测
20	启动按钮	1	施耐德	XB2-BA21C, 常开	系统启动
21	停止按钮	1	施耐德	XB2-BA21C, 常开	系统停止
22	急停按钮	1	施耐德	XB2-BS542C, 常闭	紧急停止
23	模式选择开关	1	施耐德	XB2-BD33C, 2位	自动 / 手动切换
24	运行指示灯	1	施耐德	XB2-BVM4LC,	运行状态指



				绿色 LED	示
25	故障指示灯	1	施耐德	XB2-BVM4LC,	故障状态指
				红色 LED	示
26	声光报警器	1	通用	24VDC, 声音 +	故障报警
				灯光	
27	空气开关	1	施耐德	根据负载选择	主电路保护
28	热继电器	1	施耐德	根据电机选择	电机过载保 护
29	开关电源	1	明纬	24VDC, 功率根 据负载	为 PLC 和 触摸屏供电
30	中间继电器	若干	施耐德	RXM2AB2BD, 24VDC	信号隔离和 功率放大

3.2 主电路设计

主电路设计包括强电部分和弱电部分。强电部分主要涉及电机的供电和控制，弱电部分主要涉及 PLC 控制电路。

3.2.1 强电部分设计

强电部分采用三相交流电源供电，电压为 380V。主电路包括起动电机、冷却风扇、冷却水泵、排烟风机等电机的供电和控制电路。

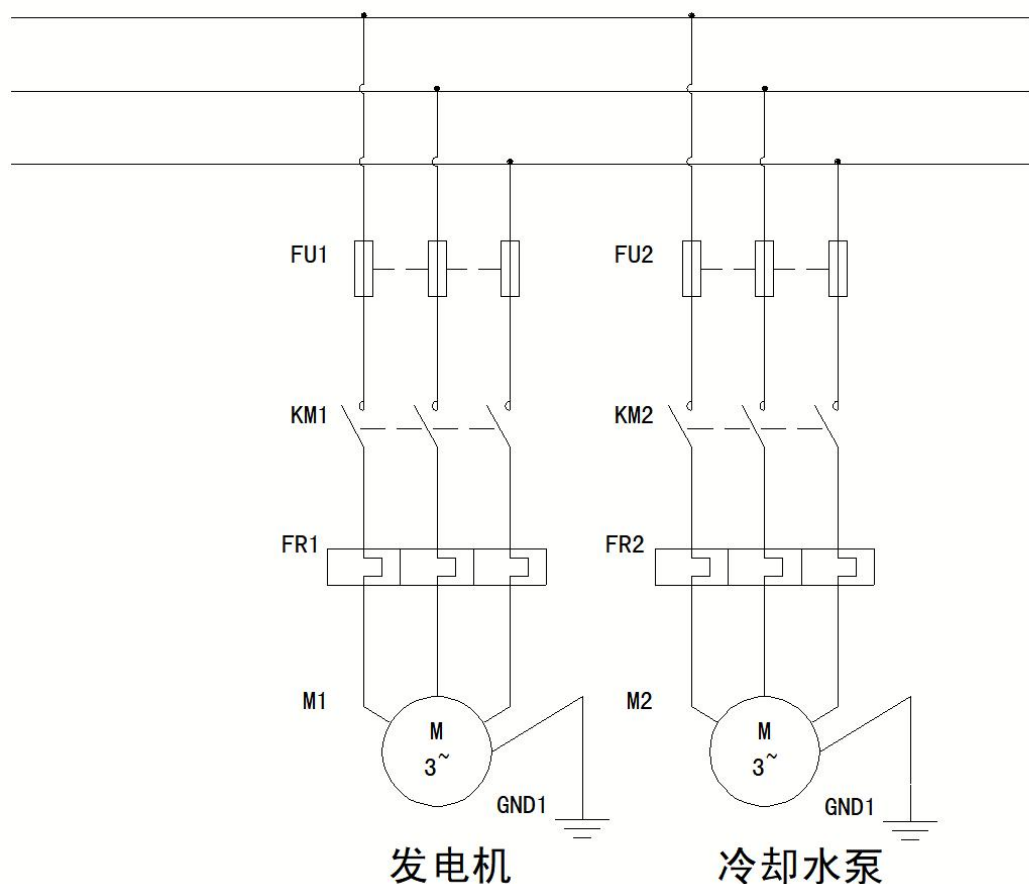
主电路通过空气开关 QF 接入三相电源。空气开关用于主电路的电源控制和短路保护，当电路发生短路故障时，空气开关能够快速切断电源，保护电路和设备安全。

起动电机通过接触器 KM1 控制。接触器 KM1 的线圈由 PLC 输出控制，当 PLC 输出信号时，接触器吸合，起动电机通电运行。起动电机的运行时间受到限制，避免长时间运行造成损坏。热继电器 FR1 用于起动电机的过载保护，当电机过载时，热继电器动作，切断电机电源。

冷却风扇和冷却水泵通过接触器 KM2 和 KM3 控制。接触器的线圈由 PLC 输出控制，根据冷却需求自动启停。热继电器 FR2 和 FR3 用于电机的过载保护。

排烟风机通过接触器 KM4 控制。排烟风机在发电机组运行时启动，停机后延时关闭，确保废气完全排出。热继电器 FR4 用于排烟风机的过载保护。

所有接触器都需要具有良好的电气寿命和机械寿命，能够可靠地控制电机的通断。接触器的辅助触点用于状态反馈，为 PLC 提供控制反馈信号。



【此处插入图 3-5 电机控制主电路图】

3.2.2 弱电部分设计

弱电部分采用直流 24V 电源供电，为 PLC、触摸屏、传感器、电磁阀等设备提供电源。开关电源将交流 220V 转换为直流 24V，为弱电设备供电。

PLC 的输入端连接各种按钮、开关、传感器等输入设备。启动按钮、停止按钮、急停按钮、模式选择开关等操作元件连接到 PLC 的数字量输入端。急停按钮采用常闭触点，日常运行时保持导通，按下时断开，触发急停保护。各种传感器和继电器输出信号连接到 PLC 的输入端，为 PLC 提供检测信号。

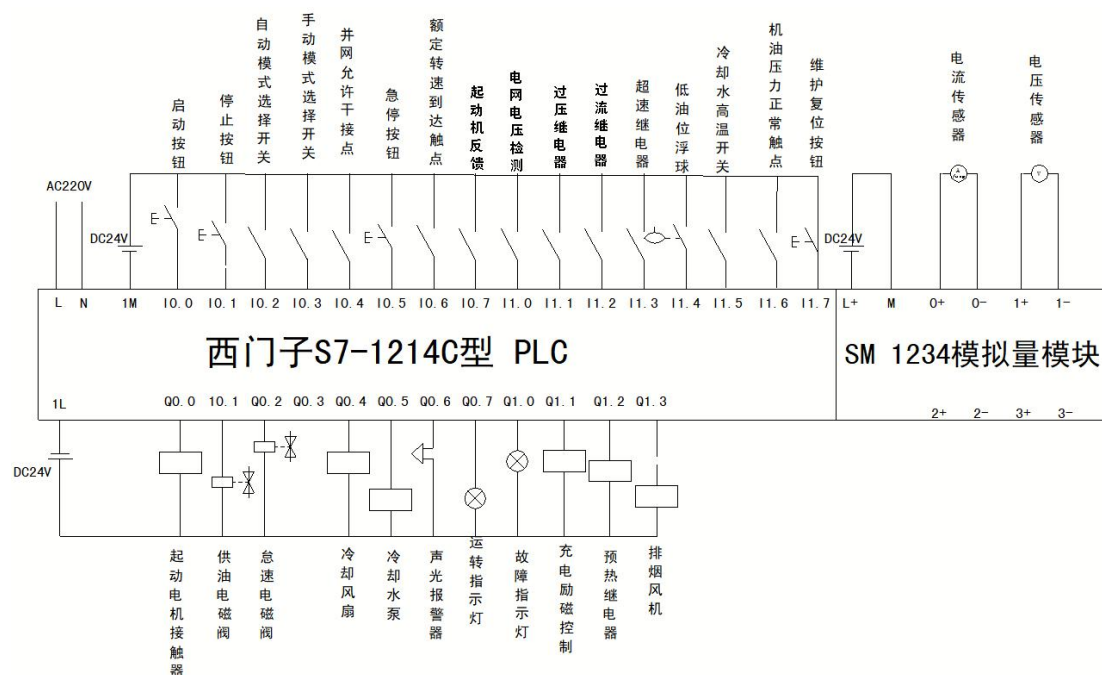
PLC 的模拟量输入端连接电压传感器、电流传感器等模拟量传感器。传感器输出标准模拟量信号，通过 PLC 的模拟量输入模块采集。模拟量信号需要经过

适当的滤波处理，提高信号质量。

PLC 的输出端连接接触器、电磁阀、指示灯等输出设备。接触器线圈、电磁阀线圈、指示灯等负载通过中间继电器或直接连接到 PLC 的输出端。PLC 输出信号控制接触器吸合，进而控制电机的运行。电磁阀根据 PLC 输出信号动作，控制燃油供应。

触摸屏通过 PROFINET 通信与 PLC 连接，实现数据交换。触摸屏可以读取 PLC 的内部数据，显示系统运行状态和参数，也可以向 PLC 写入数据，实现控制功能。

所有接线都需要符合电气安全规范，确保接线可靠，防止接触不良和短路故障。信号线和电源线需要分开敷设，避免相互干扰。接地系统需要完善，确保设备安全。



【此处插入图 3-6 PLC 控制接线图】

3.3 I/O 地址分配

根据系统功能需求，对 PLC 的输入输出地址进行合理分配。输入地址主要用于接收各类按钮信号和传感器检测信号，包括系统控制按钮、模式选择开关、位置检测传感器、故障检测继电器等。输出地址用于控制各类执行机构和指示灯，包括起动电机接触器、燃油电磁阀、冷却风扇、冷却水泵、各类指示灯等。模拟



量输入通过 PLC 的模拟量输入模块实现，用于采集电压、电流等模拟量信号。
系统 I/O 地址分配如表 3-2 所示。

表 3-2 I/O 地址分配表

序号	输入信号 名称	输入 PLC 地址	输入信号 功能说明	输出信号 名称	输出 PLC 地址	输出信号 功能说明
1	启动按钮	I0.0	手动 / 自 动共用启 动命令	起动电机 接触器	Q0.0	控制起动 电机
2	停止按钮	I0.1	手动 / 自 动共用停 止命令	供油电磁 阀	Q0.1	控制燃油 供应
3	自动模式 选择开关	I0.2	置位后进 入自动模 式	怠速电磁 阀	Q0.2	控制怠速 燃油
4	手动模式 选择开关	I0.3	置位后进 入手动模 式	并网模拟 开关	Q0.3	虚拟并网 闭合信号
5	并网允许 干接点	I0.4	外部并网 许可信号	冷却风扇	Q0.4	加强散热
6	急停按钮	I0.5	打开时立 即停机并 锁定	冷却水泵	Q0.5	循环冷却 液
7	额定转速 到达触点	I0.6	由转速继 电器或仿 真信号提 供	声光报警 器	Q0.6	故障声光 提示
8	起动机反 馈	I0.7	起动接触 器反馈触 点	运转指示 灯	Q0.7	显示机组 运行状态



9	电网电压 检测	II.0	断电 = 1, 来电 = 0	故障指示 灯	Q1.0	显示故障 锁定状态
10	过压继电 器	II.1	过压触发 = 1	充电励磁 控制	Q1.1	辅助蓄电 池充电
11	过流继电 器	II.2	过流触发 = 1	预热继电 器	Q1.2	进气加热 / 机油加 热
12	超速继电 器	II.3	超速触发 = 1	排烟风机	Q1.3	辅助排烟, 停机延时 关闭
13	低油位浮 球	II.4	油位过低 = 1	-	-	-
14	冷却水高 温开关	II.5	水温过高 = 1	-	-	-
15	机油压力 正常触点	II.6	油压正常 = 1	-	-	-
16	维护复位 按钮	II.7	清除维护 提示和故 障锁定	-	-	-

3.4 系统控制方式设计

系统控制方式设计是系统设计的核心内容,需要根据功能需求确定控制思路和控制方法,设计控制流程,确保系统能够按照预期的方式工作。

3.4.1 系统启停控制方式

系统启停控制包括自动模式和手动模式两种工作方式。在自动模式下,系统检测市电状态,当检测到市电断电时,自动启动发电机组。在手动模式下,操作人员通过按钮或触摸屏界面手动控制发电机组的启动和停止。

系统启动时,需要按照预设的流程依次执行预热、起动、升速、并网等步骤。



预热阶段对发动机进行预热，提高启动成功率。预热完成后，启动起动电机，带动发动机转动。当发动机达到一定转速后，停止起动电机，发动机进入怠速运行阶段。怠速运行一段时间后，发动机升速到额定转速，进入额定运行阶段。当满足并网条件时，经过缓冲时间后执行并网操作。

系统停止时，需要先执行落网操作，断开与电网的连接，然后执行停机冷却流程。停机冷却阶段确保发动机充分冷却，避免因突然停机造成设备损坏。

急停功能在任何情况下都能够立即停止所有输出，确保人员和设备安全。急停按钮采用常闭触点，日常运行时保持导通，按下时断开，触发急停保护。

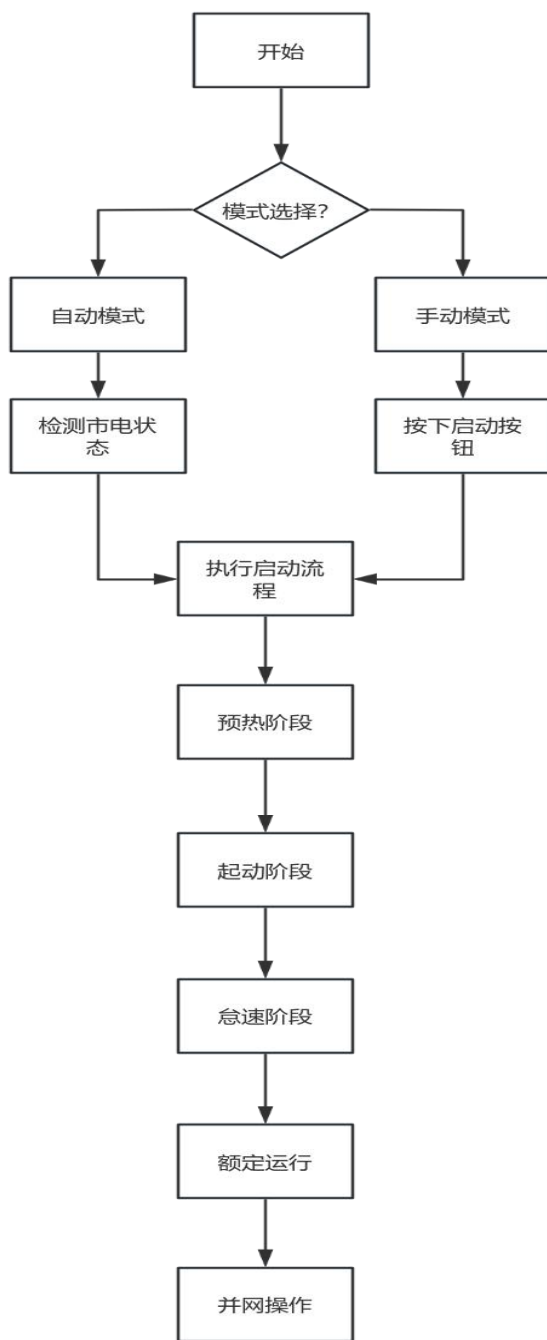


图 3-1 系统启停控制流程图

3.4.2 故障保护控制方式

故障保护功能是保障发电机组安全运行的重要措施。系统需要检测多种故障情况，包括过压、过流、超速、低油位、冷却水高温、起动超时等。当检测到故障时，系统立即采取保护措施，停止相关输出，设置故障锁定状态，启动声光报警。

故障检测采用延时滤波方式，避免因信号干扰造成误动作。当故障信号持续一定时间后，才确认为故障，触发保护动作。不同故障的延时时间不同，根据故障的严重程度和检测要求确定。

故障保护动作包括停止起动电机、停止供油、断开并网、启动报警等。故障锁定后，系统进入故障状态，所有自动操作被禁止，需要操作人员手动复位才能恢复正常。

故障复位需要在停机冷却完成后才能执行，避免在故障未排除的情况下强制重启。复位操作需要操作人员确认，防止误操作。

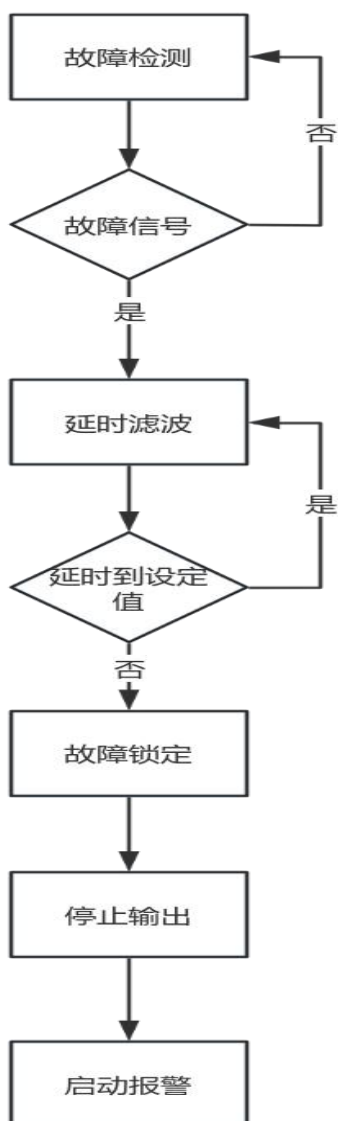


图 3-11 故障保护控制流程图

3.4.3 参数监测控制方式

参数监测功能实时采集和显示发电机组的各项运行参数。系统通过模拟量输入模块采集电压、电流等模拟量信号，通过数字量输入检测转速、油位等参数。

模拟量信号需要经过适当的处理，包括滤波、标定、单位换算等。滤波处理可以去除信号中的干扰成分，提高信号质量。标定处理将传感器输出信号转换为实际物理量。单位换算将物理量转换为显示单位。

参数监测采用周期性刷新方式，每隔一定时间刷新一次数据。刷新周期需要根据参数的变化速度合理确定，既要保证数据的实时性，又要避免过于频繁的刷新造成系统负担。

参数数据通过触摸屏界面显示，可以以数字、曲线、趋势图等多种形式显示。历史趋势数据可以记录保存，便于后续分析和故障诊断。

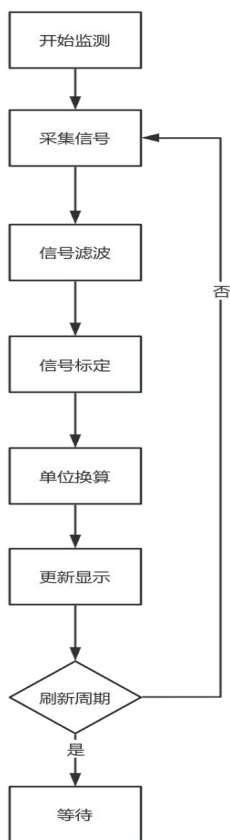


图 3-12 参数监控流程图

3.4.4 并网控制方式

并网控制用于实现发电机组与电网的连接。并网操作需要满足一定的条件，包括发电机组达到额定运行状态、外部并网允许信号有效等。

当满足并网条件时，系统需要经过一定的缓冲时间后执行并网操作。缓冲时间用于确保发电机组稳定运行，避免在未稳定状态下并网造成冲击。

并网操作通过闭合并网开关实现。并网开关可以是实际的开关设备，也可以是模拟信号，用于表示并网状态。

当市电恢复时，系统需要自动执行落网操作，断开与电网的连接。落网操作需要经过一定的延时，确保操作平稳。落网后，系统执行停机冷却流程。

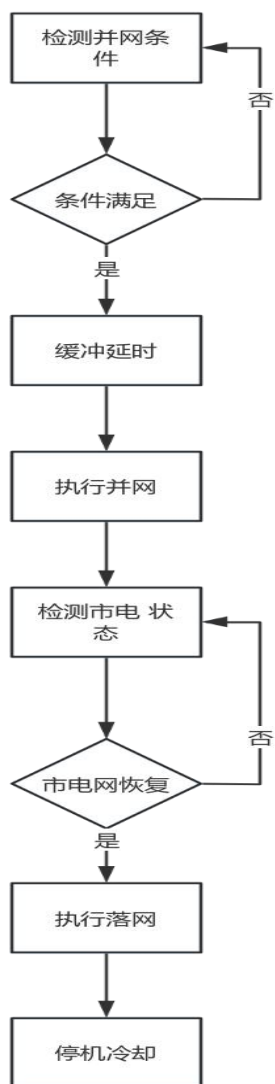


图 3-13 并网控制流程图

第 4 章 软件设计

软件设计是系统实现的关键环节，包括博图项目配置、梯形图程序设计和触摸屏界面设计三个部分。通过合理的软件设计，实现系统的各项功能，确保系统稳定可靠运行。

4.1 博图项目配置

软件编程使用西门子 TIA Portal V15 博途软件进行。博图项目配置主要包括创建项目、添加硬件设备、配置 PLC 参数、添加触摸屏设备以及建立通信连接等步骤。通过合理的项目配置，为后续的程序编写和调试奠定基础。

使用 TIA Portal V15 创建新项目，选择项目类型和存储路径。在项目添加 S7-1200 PLC 设备，选择 CPU 1214C DC/DC/DC 型号。设备添加完成后，进入设备配置界面，可以看到 PLC 的硬件配置情况。

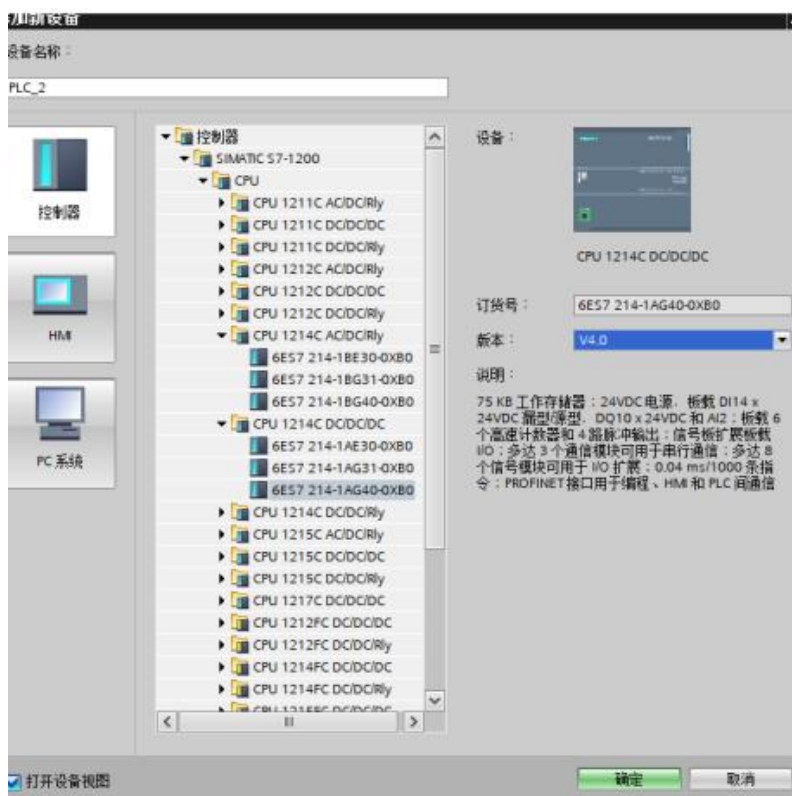


图 4-1 创建项目和添加设备

在设备配置界面中，对 PLC 进行参数配置。配置系统存储器，用于存储系统运行状态信息。配置时钟存储器，提供不同频率的时钟脉冲信号，用于定时控

制。配置 IP 地址和通信参数，确保 PLC 能够与触摸屏和其他设备正常通信。配置输入输出模块参数，设置输入输出的滤波时间、输出保持方式等。



图 4-2 PLC 参数配置

在项目中添加触摸屏设备，选择 TP1500 Comfort 型号。触摸屏添加完成后，配置触摸屏的 IP 地址和通信参数，与 PLC 建立 PROFINET 通信连接。在连接配置中，建立触摸屏与 PLC 之间的数据交换连接，确保触摸屏能够读取 PLC 数据并控制 PLC 输出。



图 4-3 添加触摸屏并建立连接

4.2 梯形图程序设计

梯形图程序设计是软件设计的核心内容。程序采用模块化设计思想，将系统功能划分为不同的功能模块，每个模块实现特定的功能。程序主要包括系统启停控制、模式选择、预热控制、起动控制、怠速控制、额定运行控制、并网控制、故障保护、参数监测等功能模块。

系统启停控制模块实现系统的启动和停止功能。启动时，检查系统状态和启动条件，按照预设流程执行启动操作。停止时，执行停机冷却流程，确保设备安全。急停功能在任何情况下都能够立即停止所有输出。

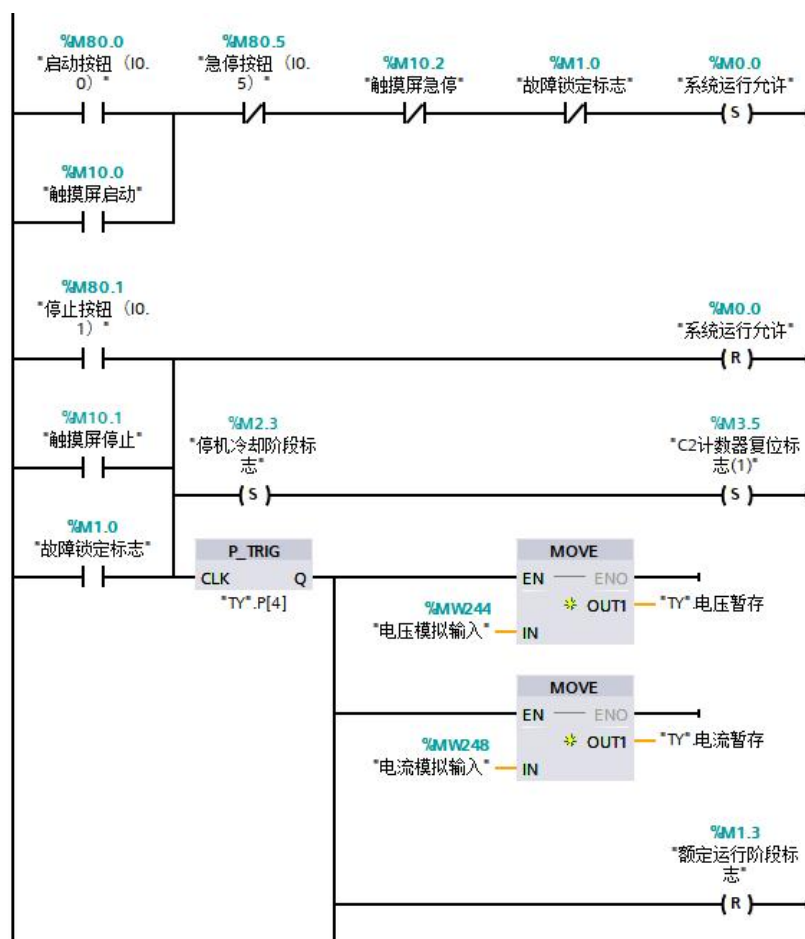


图 4-4 系统启停控制程序

模式选择模块实现自动模式和手动模式的切换功能。模式切换需要安全可靠，避免在切换过程中造成系统状态混乱。系统能够记忆当前的工作模式，并在触摸屏界面上显示。

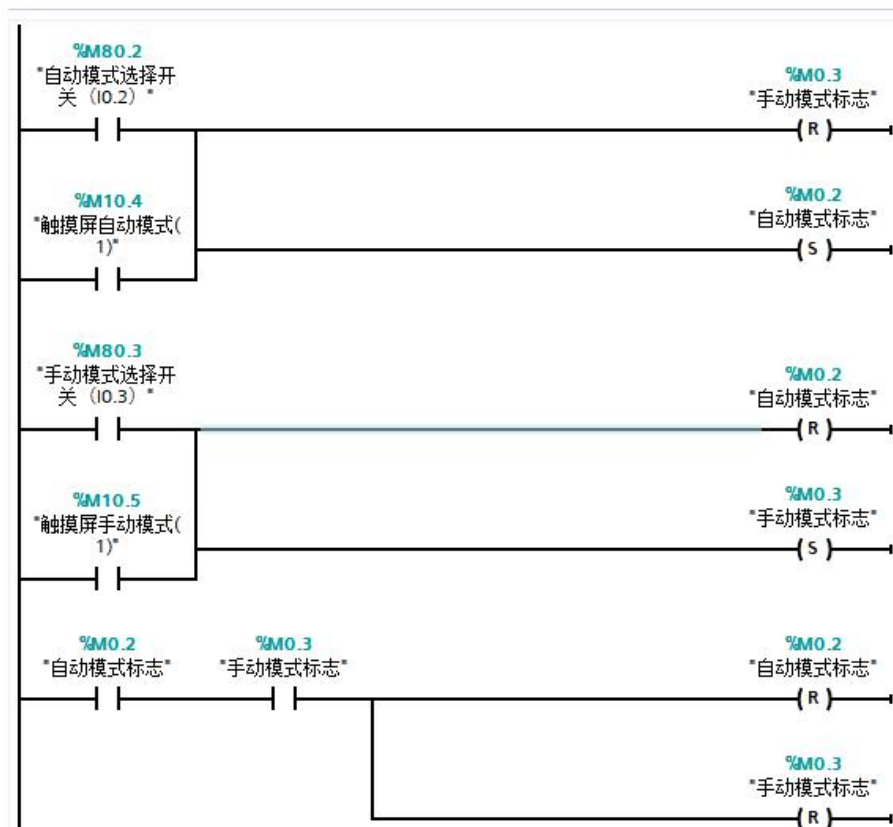


图 4-5 模式选择程序

预热控制模块实现发动机预热功能。预热阶段对发动机进行预热，提高启动成功率。预热时间通过定时器控制，预热完成后进入下一阶段。

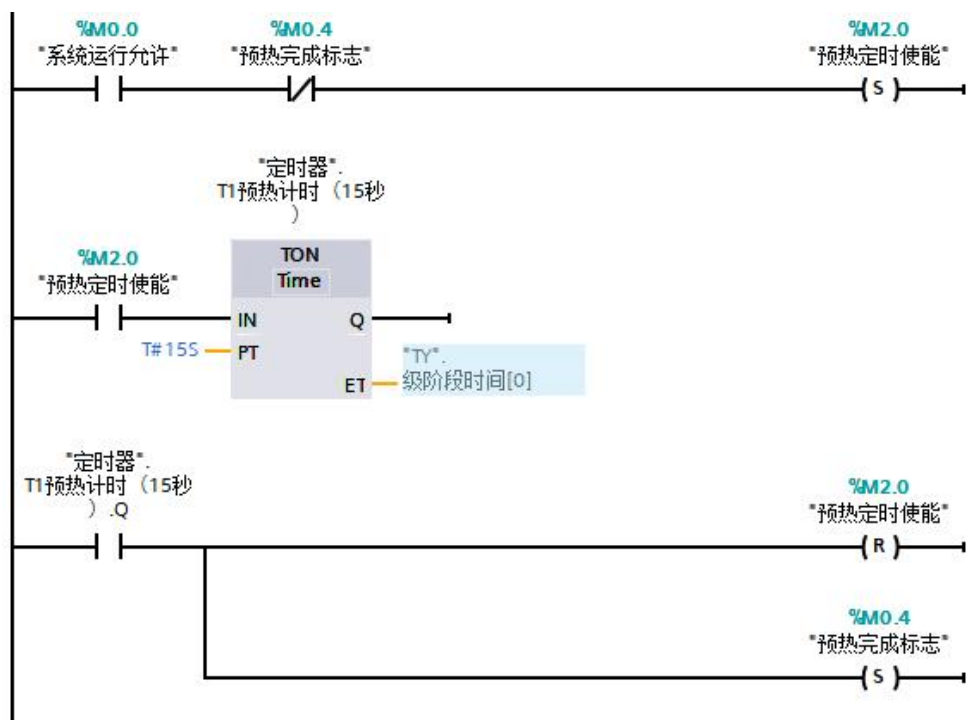


图 4-6 预热控制程序

Figure 1-1-1 is a ladder logic diagram for the start of the start sequence. It features a series of normally open contacts labeled %M0.1, %M0.4, and %M0.5, followed by a normally closed contact labeled %M2.1. This series is connected to a set coil (S) for %M2.1. Below this, a timer block (TON) is shown with a preset time of 25 seconds (T#25S) and a label '定时时间: T2启动最长保护时间 (25秒)'. The timer's output Q is connected to a reset coil (R) for %M0.4. The timer's ET output is labeled '一级阶段时间[1]'.

注释

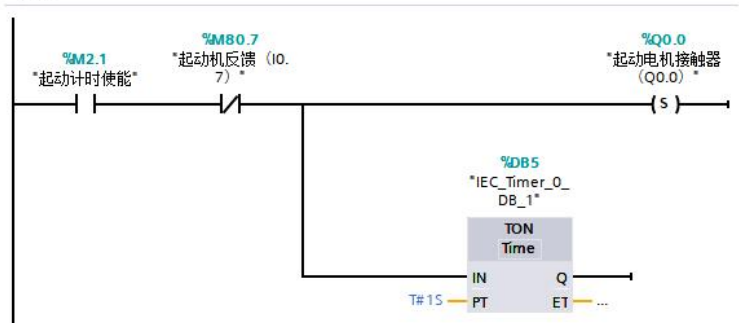


图 4-7 起动控制程序

怠速控制模块实现发动机怠速运行功能。怠速阶段发动机以较低转速运行,进行暖机。怠速时间通过定时器控制,时间到后进入额定运行阶段。

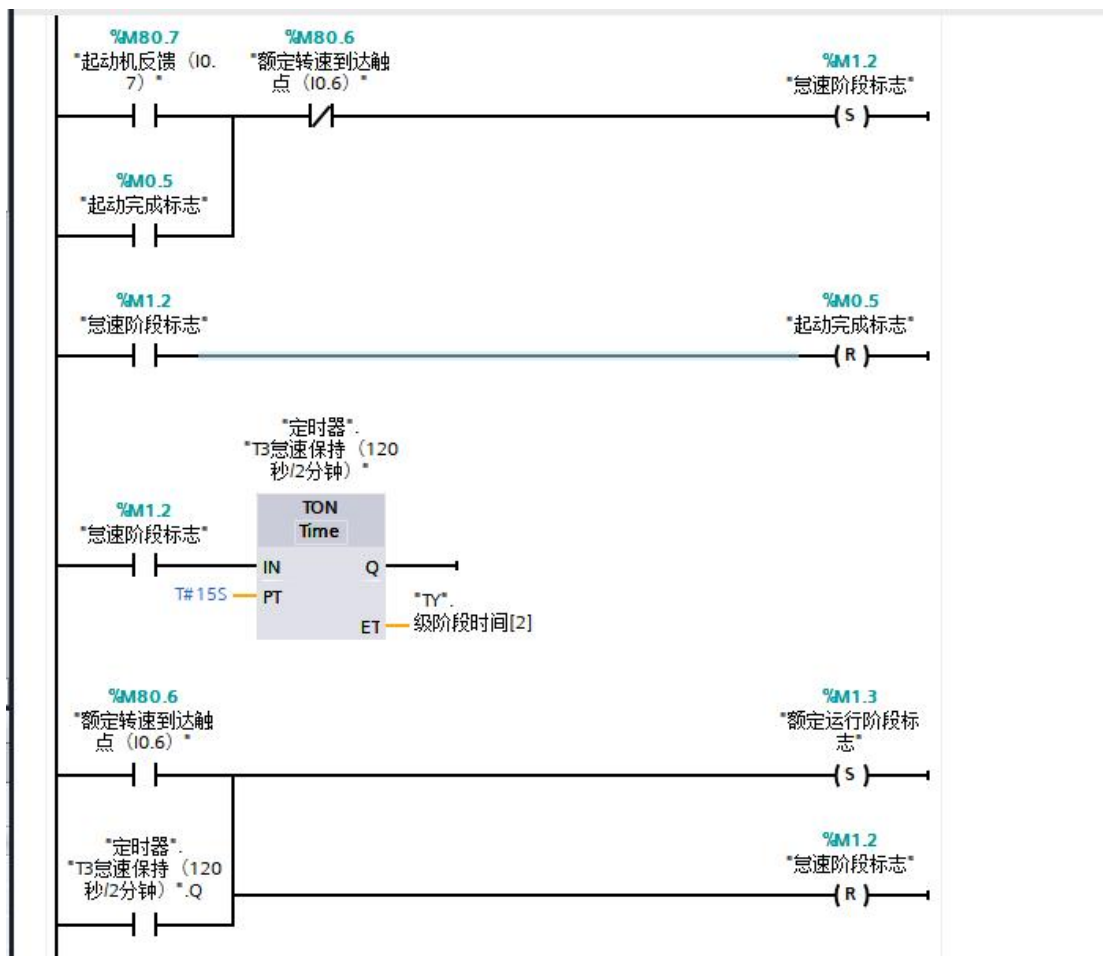


图 4-8 急速控制程序

额定运行控制模块实现发动机额定运行功能。额定运行阶段发动机以额定转速运行，为负载提供电力。系统检测发动机转速，确保达到额定转速。

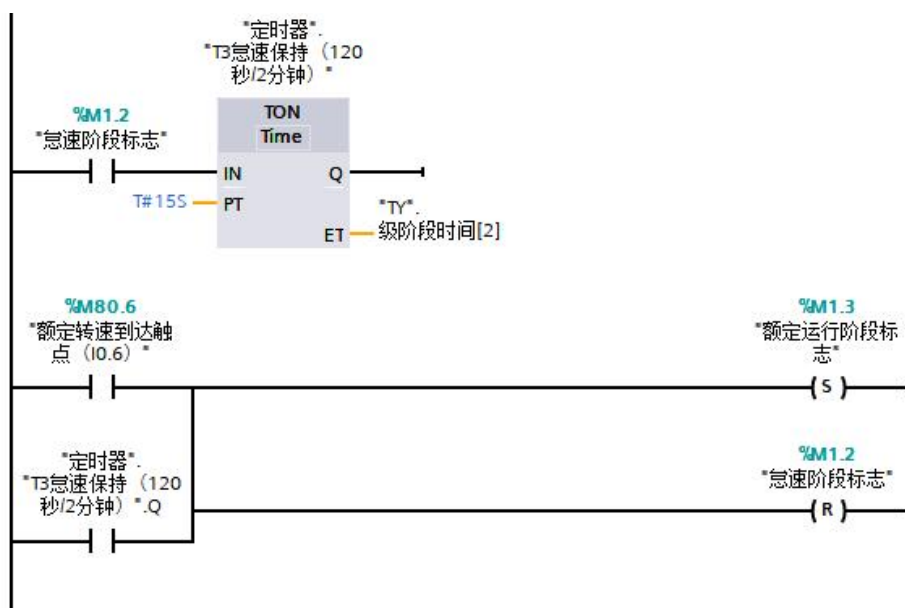


图 4-9 额定运行控制程序

并网控制模块实现并网操作功能。当满足并网条件时，经过缓冲时间后执行并网操作。并网过程需要平稳可靠，避免对电网和发电机组造成冲击。

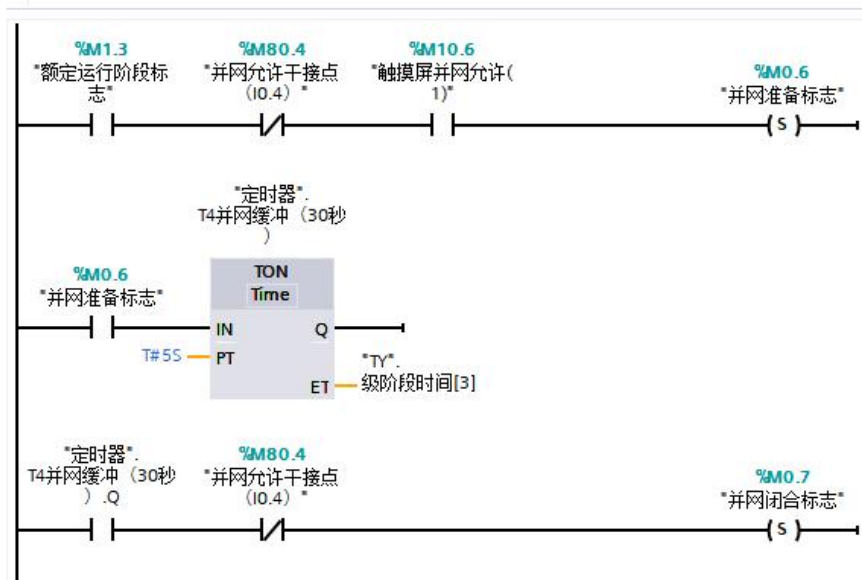


图 4-10 并网控制程序

故障保护模块实现故障检测和保护功能。系统检测多种故障情况，当检测到故障时，立即采取保护措施，停止相关输出，设置故障锁定状态，启动声光报警。

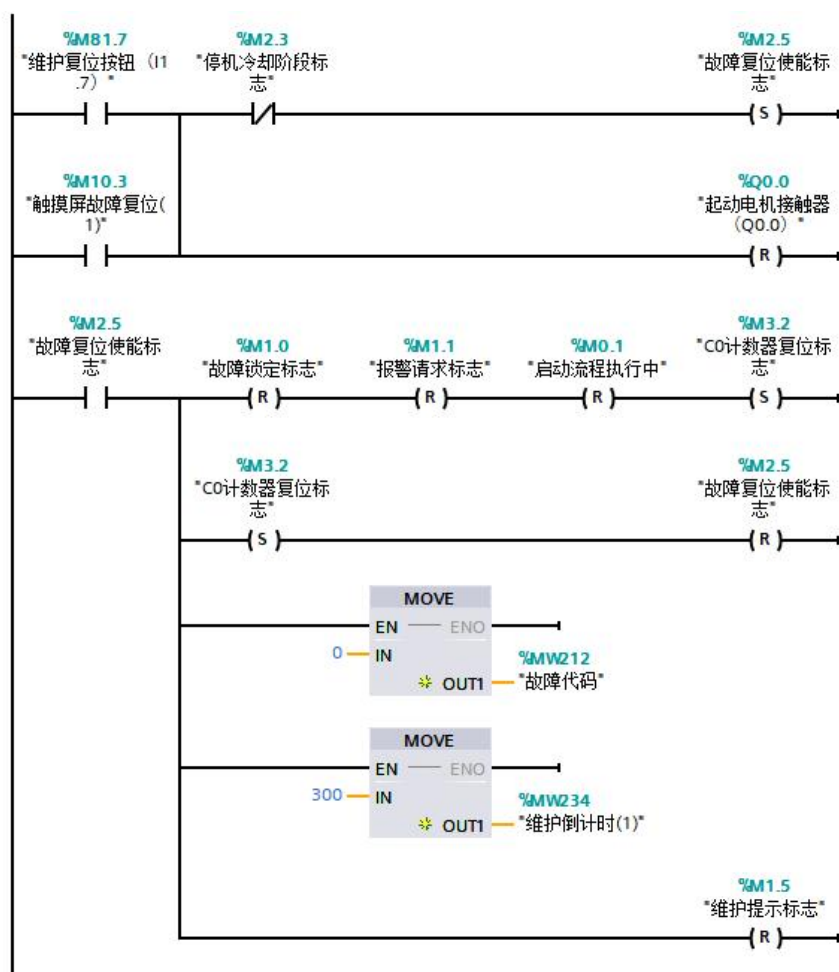


图 4-11 故障保护程序

4.3 触摸屏界面设计

触摸屏界面是操作人员与控制系统交互的窗口，采用图形化设计，界面布局清晰、操作简便。主监控画面分为多个功能区域，集成了系统控制、状态监控、数据显示和传感器模拟等功能。界面采用不同颜色区分不同功能按钮和指示灯，便于操作人员快速识别系统状态。

主监控画面顶部为标题栏，显示系统名称和当前时间。左侧为系统状态显示区，显示运行状态、故障状态、冷却状态、并网状态等信息。中间为运行参数显示区，以数字形式显示电压、电流、转速、油位、功率、运行时间、维护倒计时等参数。右侧为控制按钮区，提供启动、停止、复位、模式切换、并网允许等控制按钮。底部为报警信息区，显示故障代码和报警信息。

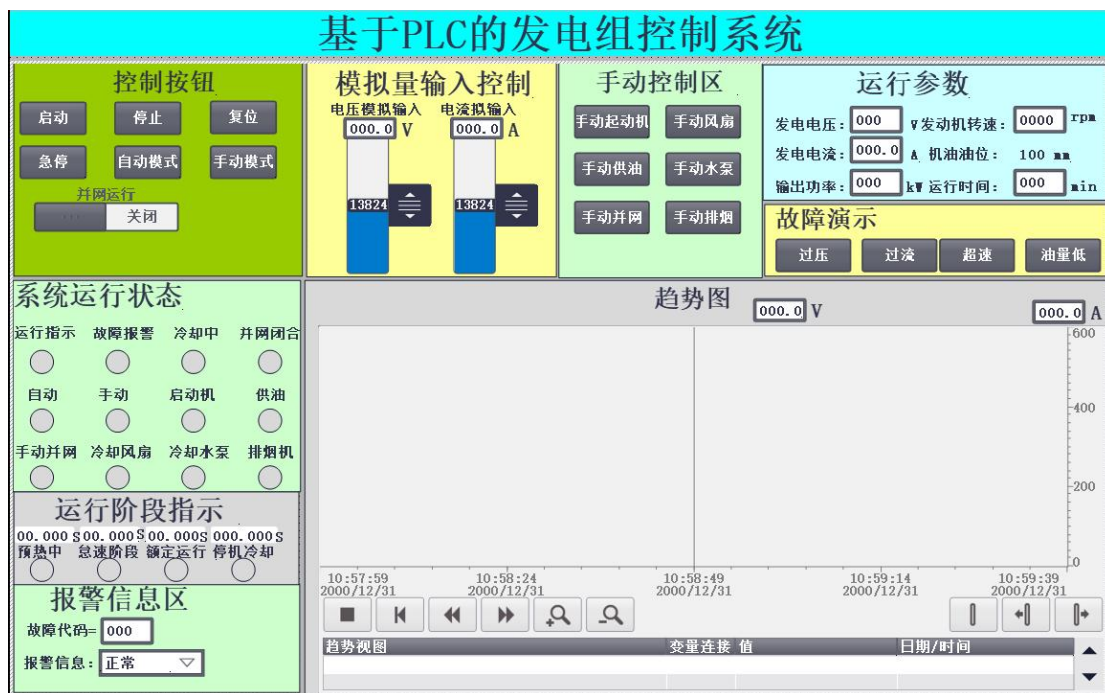


图 4-12 触摸屏主监控画面

第 5 章 系统调试与测试

系统调试与测试是验证系统设计正确性和可靠性的重要环节。通过系统调试，可以发现和解决程序中的逻辑错误、接线错误等问题，确保系统能够按照设计要求正常工作。本章从程序编译与下载、在线监控与调试、功能模块测试和测试结果分析四个方面进行详细阐述。

5.1 程序编译与下载

程序编写完成后，在 TIA Portal 中对程序进行编译。编译过程会检查程序的语法错误和逻辑错误，确保程序能够正常运行。编译过程中，系统会检查指令的正确性、数据类型的匹配性、地址的有效性等问题。如果发现错误，会在编译结果中显示错误信息和警告信息，需要根据提示进行修改。

编译通过后，通过以太网连接将程序下载到 PLC 设备中。下载前需要确保 PLC 与计算机之间的通信连接正常，IP 地址配置正确。下载过程中，系统会将程序代码、硬件配置、通信参数等信息传输到 PLC。下载完成后，PLC 进入运行状态，可以开始进行功能测试。

触摸屏程序也需要编译和下载。触摸屏程序编译检查界面元素的配置、变量连接的正确性等问题。编译通过后，将程序下载到触摸屏设备中。触摸屏与 PLC 通过 PROFINET 通信连接，确保数据交换正常。

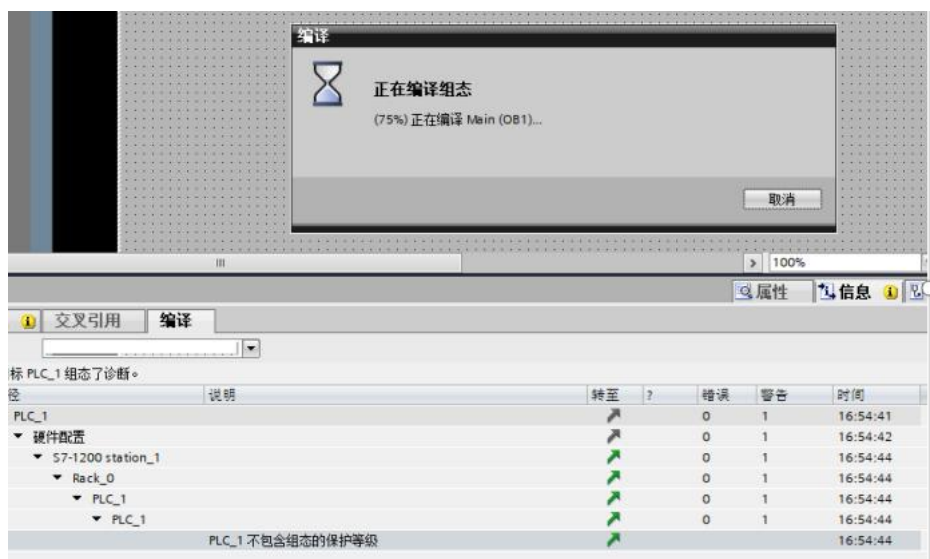


图 5-1 程序编译界面

5.2 在线监控与调试

在线监控是调试程序的重要手段。通过在线监控，可以实时观察程序的运行状态，查看各个变量的当前值，分析程序的执行流程。在 TIA Portal 中创建监控表，添加需要监控的变量，包括输入输出变量、内部标志位、数据寄存器、定时器、计数器等。

监控表可以显示变量的当前值、数据类型、地址等信息。通过观察变量的变化，可以判断程序的执行是否符合预期。如果发现变量值异常，可以分析原因，找出问题所在。

在线调试过程中，可以修改变量的值，模拟不同的输入条件，测试程序在不同情况下的响应。可以强制设置输入信号，观察输出信号的变化，验证程序的逻辑是否正确。可以修改定时器的时间值，加快或减慢程序的执行速度，便于观察程序的执行过程。

通过在线监控和调试，可以逐步验证各个功能模块的正确性，发现和解决程序中的问题，确保系统能够按照设计要求正常工作。

名称	数据类型	地址	强制	写入	读出	注释	当前值
系统运行允许	Bool	%M0.0	☐	☒	☒		☐ FALSE
启动流程执行中	Bool	%M0.1	☐	☒	☒		☐ FALSE
自动模式标志	Bool	%M0.2	☐	☒	☒		☐ FALSE
手动模式标志	Bool	%M0.3	☐	☒	☒		☐ FALSE
预热完成标志	Bool	%M0.4	☐	☒	☒		☐ FALSE
启动完成标志	Bool	%M0.5	☐	☒	☒		☐ FALSE
并网准备标志	Bool	%M0.6	☐	☒	☒		☐ FALSE
并网闭合标志	Bool	%M0.7	☐	☒	☒		☐ FALSE
故障锁定标志	Bool	%M1.0	☐	☒	☒		☐ FALSE
报警请求标志	Bool	%M1.1	☐	☒	☒		☐ FALSE
急停阶段标志	Bool	%M1.2	☐	☒	☒		☐ FALSE
额定运行阶段标志	Bool	%M1.3	☐	☒	☒		☐ FALSE
冷却需求标志	Bool	%M1.4	☐	☒	☒		☐ FALSE
维护提示标志	Bool	%M1.5	☐	☒	☒		☐ FALSE
仿真输入刷新脉冲	Bool	%M1.6	☐	☒	☒		☐ FALSE
手动停机确认标志	Bool	%M1.7	☐	☒	☒		☐ FALSE
预热定时使能	Bool	%M2.0	☐	☒	☒		☐ FALSE
启动计时使能	Bool	%M2.1	☐	☒	☒		☐ FALSE
停机冷却阶段标志	Bool	%M2.3	☐	☒	☒		☐ FALSE
自动落网请求标志	Bool	%M2.4	☐	☒	☒		☐ FALSE
故障复位使能标志	Bool	%M2.5	☐	☒	☒		☐ FALSE
手动急速保持标志	Bool	%M2.6	☐	☒	☒		☐ FALSE
充电补偿标志	Bool	%M2.7	☐	☒	☒		☐ FALSE
低油位定时使能	Bool	%M3.0	☐	☒	☒		☐ FALSE
刷新定时使能	Bool	%M3.1	☐	☒	☒		☐ FALSE
C0计数器复位标志	Bool	%M3.2	☐	☒	☒		☐ FALSE
C1计数器复位标志	Bool	%M3.3	☐	☒	☒		☐ FALSE
C0计数器触发标志	Bool	%M3.4	☐	☒	☒		☐ FALSE
C2计数器复位标志(1)	Bool	%M3.5	☐	☒	☒		☐ FALSE

图 5-2 在线监控界面



5.3 功能模块测试

功能模块测试是对系统各个功能模块进行逐一测试,验证每个模块是否能够按照设计要求正常工作。测试过程中,需要模拟不同的输入条件,观察系统的响应,记录测试结果。

5.3.1 系统启停功能测试

系统启停功能测试包括自动模式和手动模式两种情况的测试。在自动模式下,模拟市电断电信号,观察系统是否能够自动启动,按照预设流程执行预热、起动、怠速、额定运行、并网等步骤。测试各个阶段的时序是否正确,各个输出信号是否按照预期动作。

在手动模式下,通过按钮或触摸屏界面手动控制系统的启动和停止,观察系统是否能够按照操作指令正确响应。测试启动流程是否正确执行,停止流程是否能够安全停机。

急停功能测试中,在任何运行状态下按下急停按钮,观察系统是否能够立即停止所有输出,进入安全状态。测试急停功能的可靠性和响应速度。

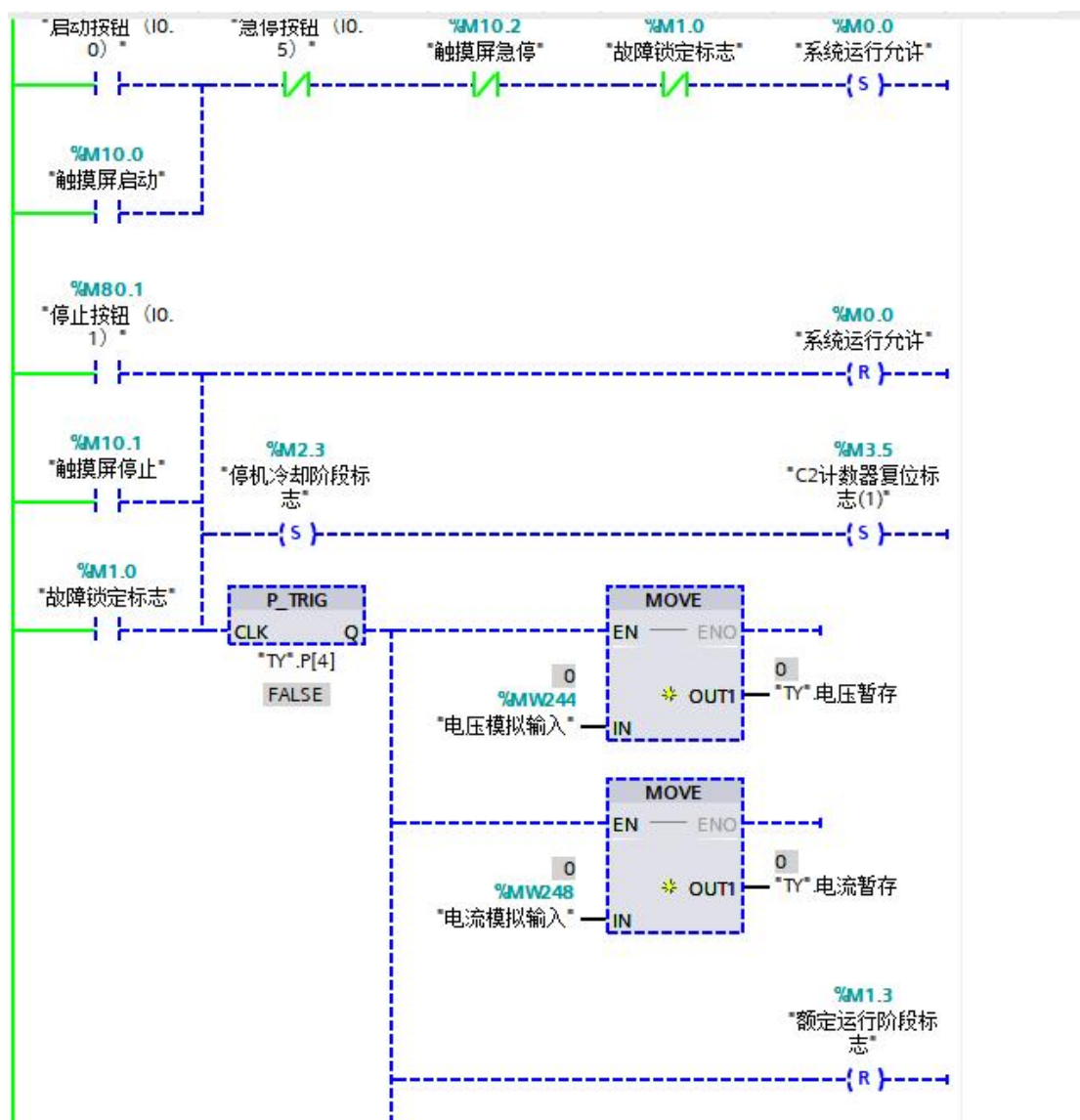


图 5-3 系统启停功能测试界面

5.3.2 故障保护功能测试

故障保护功能测试需要模拟各种故障情况，验证系统是否能够正确检测故障并采取保护措施。测试过压保护时，模拟过压信号，观察系统是否能够检测到故障，停止相关输出，设置故障锁定，启动报警。

测试过流保护、超速保护、低油位保护、冷却水高温保护等故障保护功能，验证每种故障保护是否能够正确动作。测试故障复位功能，验证在故障排除后，系统是否能够通过复位操作恢复正常。

测试故障保护的延时滤波功能，验证系统是否能够避免因信号干扰造成误动作。测试故障锁定的互锁功能，验证故障状态下是否禁止自动操作。

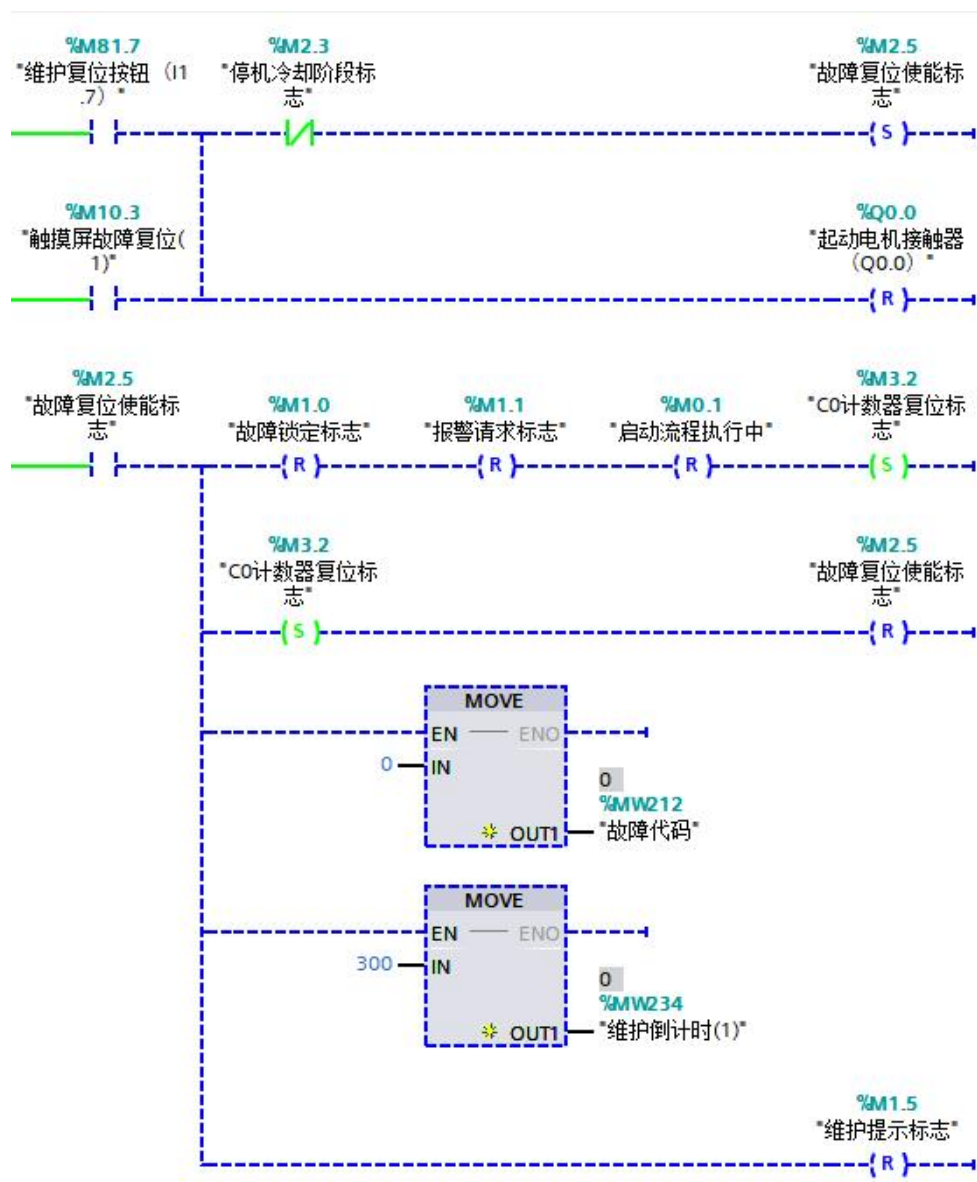


图 5-4 故障保护功能测试界面

5.3.3 并网控制功能测试

并网控制功能测试验证系统是否能够正确执行并网和落网操作。测试并网条件检测功能，验证系统是否能够正确判断是否满足并网条件。测试并网缓冲延时功能，验证系统是否能够在满足条件后经过缓冲时间再执行并网操作。

测试自动落网功能，模拟市电恢复信号，观察系统是否能够自动执行落网操作，断开并网信号，进入停机冷却流程。测试落网延时的准确性，验证系统是否能够在合适的时机执行落网操作。

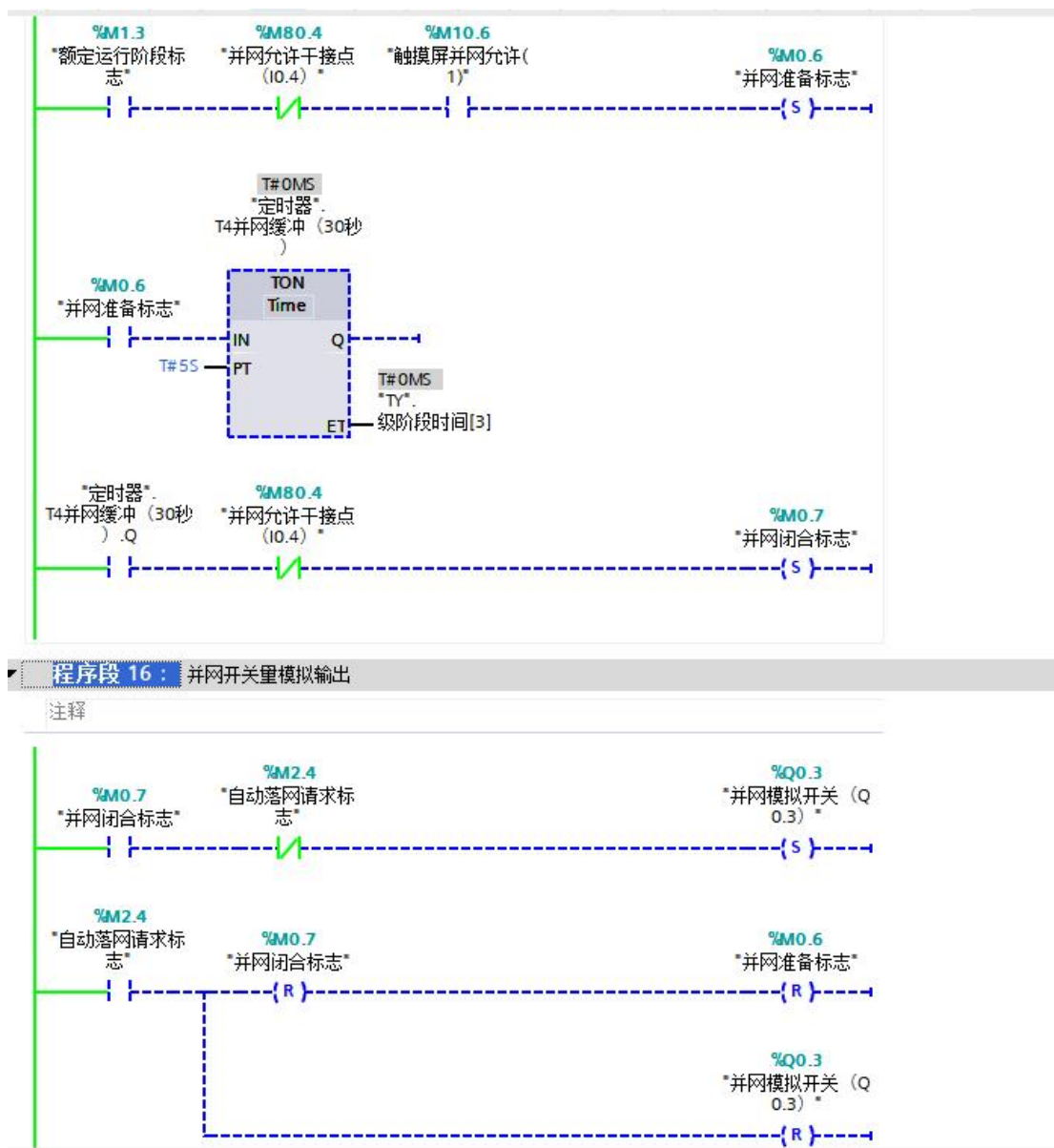


图 5-5 并网控制功能测试界面

5.3.4 模式切换功能测试

模式切换功能测试验证系统是否能够在自动模式和手动模式之间正确切换。测试模式切换的互锁功能，验证切换过程中是否不会造成系统状态混乱。测试模式记忆功能，验证系统是否能够记住当前的工作模式。

测试手动模式下的手动控制功能，通过触摸屏界面操作手动控制按钮，观察系统是否能够正确响应手动控制指令。测试手动控制与自动控制的互锁功能，验证在自动模式下手动控制是否被禁止。

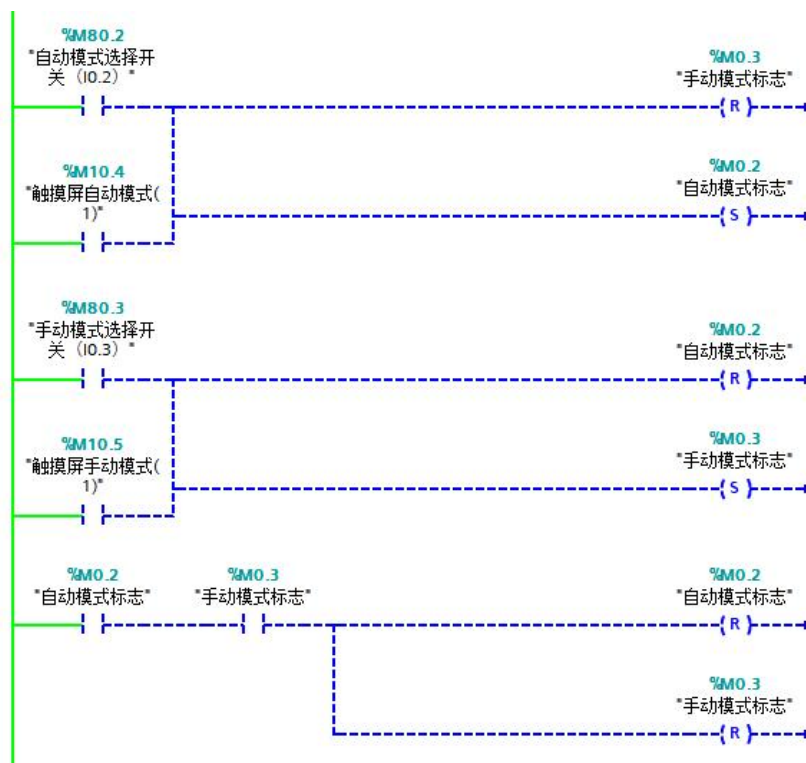


图 5-6 模式切换功能测试

5.4 测试结果分析

通过系统调试与测试，验证了系统各个功能模块的正确性和可靠性。测试结果表明，系统能够按照设计要求正常工作，各项功能均能够正确实现。

系统启停功能测试中，自动模式和手动模式均能够正常工作，启动流程和停止流程符合设计要求。急停功能响应及时，能够可靠地停止所有输出，确保人员和设备安全。

故障保护功能测试中，各种故障保护均能够正确检测故障并采取保护措施。故障保护的延时滤波功能有效，避免了误动作。故障复位功能正常，能够在故障排除后恢复系统运行。

并网控制功能测试中，并网条件检测准确，并网操作平稳可靠。自动落网功能正常，能够在市电恢复时自动执行落网操作，进入停机冷却流程。

参数监测功能测试中，模拟量输入采集准确，参数显示正确。参数刷新及时，历史趋势记录功能正常。触摸屏界面显示清晰，操作简便。

模式切换功能测试中，自动模式和手动模式切换正常，互锁功能有效。手动控制功能正常，能够满足调试和维护需求。



总体而言，系统测试结果良好，各项功能均能够按照设计要求正常工作，系统运行稳定可靠，满足实际应用需求。



结论

本设计完成基于西门子 S7-1214C PLC 的发电机组控制系统设计与实现，搭配触摸屏人机界面，实现自动启停、参数监测、故障保护、并网控制等核心功能，支持自动 / 手动双工作模式，可根据电网状态自动启动或响应人工指令，适配多元场景需求。

设计采用模块化思想划分功能模块，启停控制按预热、起动等流程化执行保障平稳；故障保护采用延时滤波避免误动作，参数监测周期性刷新确保数据准确，并网控制通过条件检测与缓冲延时保障操作可靠。

经系统调试及 S7-PLCSIM 仿真测试验证，系统各功能模块均能正常工作，启停、故障保护、并网控制功能可靠，参数监测准确及时，验证了设计的正确性与可行性。

本次设计深化了对 PLC 控制系统的理解，掌握了博途软件使用，提升了问题分析与解决能力，积累了需求分析、硬件选型、程序编写及调试测试等技能，为后续工业自动化工作奠定基础。未来将持续积累经验提升专业技能，助力工业自动化技术发展。



致谢

时光荏苒，四年的本科学习生活即将结束。在这段难忘的学习时光里，我收获了知识，收获了友谊，也收获了成长。

本次毕业设计的完成，离不开指导老师的悉心指导。从选题、开题到设计实施，再到论文撰写，老师都给予了耐心的指导和帮助。老师严谨的治学态度、渊博的专业知识和认真负责的工作作风，让我受益匪浅，也将激励我在今后的工作中不断进步。

感谢学校为我们提供了良好的学习环境和实验条件，感谢各位任课老师在专业学习上的悉心教导。四年来，老师们的言传身教让我在专业知识和实践能力上都有了很大的提高。

感谢我的同学们，在学习和生活中给予我的帮助和支持。我们一起学习、一起讨论、一起进步，这段美好的时光将成为我人生中宝贵的回忆。

感谢我的家人，在我求学期间给予我无私的关爱和支持，让我能够安心完成学业。

最后，衷心感谢在百忙之中评阅论文和参加答辩的各位老师！

由于本人水平有限，论文中难免存在不足之处，恳请各位老师批评指正。



参考文献

- [1]丁灿涛. 基于 PLC 的新能源电力工程电气一次系统设计研究[J].科技创新与应用,2025,15(32):136-139.
- [2]杜艳玲,方青帅,周德纯,等.大容量供热机组自动加氨策略的研究与应用[C]//中国电力技术市场协会化学专业技术委员会.电力行业化学专业技术创新成果及论文集(2025).南京化学工业园热电有限公司;,2025:60-62.
- [3]梁栋,文美娟,张翠,等. 基于 PLC 的海上风电塔筒冷却系统电气控制方案设计与应用效果[J].光源与照明,2025,(09):193-195.
- [4]李立国. 基于 PLC 的风力发电机组消防系统设计与实现研究[J].消防界(电子版),2025,11(14):67-69.
- [5]翁子龙. 风力发电传动链模糊 PLC 变频控制分析[J].中国机械,2025,(20):84-87.
- [6]姜鹏飞. 基于 PLC 的光伏发电系统自动化控制研究[J].自动化应用,2025,66(S1):48-50+53.
- [7]艾浩. 基于 PLC 技术的新能源风力发电控制系统[J].电气技术与经济,2025,(04):133-135+142.
- [8]刘泳. 基于 PLC 风电机组偏航控制系统的研究与应用[J].现代工业经济和信息化,2025,15(02):114-115+119.
- [9]彭乐章. 基于 PLC 水力发电控制保护系统研究[J].电力设备管理,2025,(03):115-117.
- [10]Chen L . PLC automation and control in a solar power system[J].International Journal of Power and Energy Conversion,2025,16(1):2-12.
- [11]张珍. 基于 PLC 的风力发电变桨控制系统的设计与研究[J].电工技术,2024,(22):4-5+8.
- [12]李小锋,张国辉,朱海峰. 变频钻机电气控制系统发展探析[J].中国设备工程,2024,(17):85-87.
- [13]高冲,刘欢,杨志超,等.AGC 网源协调控制安全措施优化与实施[C]//梯级调度控制研究与实践——中国水力发电工程学会梯级调度控制专业委员会 2020-2023 年优秀文集.中国长江电力股份有限公司;,2024:217-223.



- [14] 郭英芳. 基于风-光互补的温室大棚供电系统设计[J]. 科技视界, 2024, 14(21): 89-92.
- [15] 孙宝林, 崔凯, 张千朋, 等. 基于 PLC 的船舶电站发电机组自动启动控制方法[J]. 自动化应用, 2024, 65(12): 111-113.
- [16] 孙涛. TRT 远程一键启机并网功能的研究与实现[J]. 冶金自动化, 2024, 48(S1): 341-344.
- [17] 张孝芳. 面向风电机械自动化控制系统的 PLC 主控器设计与应用研究[J]. 自动化与仪器仪表, 2024, (03): 255-259.
- [18] 朱千锋. 基于 PLC 的农村户用光沼联合发电控制系统的研究[J]. 仪器仪表用户, 2024, 31(03): 89-91+94.
- [19] Shaofei Z , Chao H . Design of A Grid-connected Control System for Distributed Photovoltaic Power Generation Based on PLC[J]. Journal of Physics: Conference Series, 2022, 2399(1).
- [20] Mocanu D , Bădescu V , Bucur C , et al. PLC Automation and Control Strategy in a Stirling Solar Power System[J]. Energies, 2020, 13(8).