

# 基于PLC技术的新能源风力发电控制系统

张旭东 周重军 李福林 梁利平

内蒙古北方龙源风力发电有限责任公司 内蒙古 呼和浩特 010000

**摘要:** 本文探讨了基于PLC技术的新能源风力发电控制系统,系统通过PLC实现高度自动化控制,包括风力发电原理与系统组成、PLC技术概述、控制系统设计(如系统架构、控制策略与算法、数据采集与监测)及其在风力发电中的具体应用(逻辑控制、数据采集与通信、故障预警与诊断)。通过案例分析,展示了PLC在变速恒频和直驱式永磁同步风力发电系统中的实际应用效果。PLC技术提升了风力发电系统的运行效率、故障诊断能力和远程监控管理水平。

**关键词:** PLC技术; 新能源; 风力发电; 控制系统; 智能化控制

## 1 风力发电控制系统基础

### 1.1 风力发电原理与系统组成

风力发电的核心原理是将风能转换为电能,风轮机作为能量转换的首要环节,在风力作用下,叶片捕获风能并转化为机械能,驱动风轮机的轮毂和主轴旋转。主轴与齿轮箱相连,齿轮箱通过增速作用,将低速旋转的机械能转换为适合发电机运行的高速旋转机械能。发电机则将高速旋转的机械能转化为电能输出。整个过程中,变流器负责对发电机输出的电能进行整流、逆变等处理,使其满足电网的接入要求。风力发电系统主要由风轮机、齿轮箱、发电机、变流器和控制系统等组件构成。风轮机是风力发电系统的关键部件,其叶片的设计和性能直接影响风能的捕获效率;齿轮箱起到增速和传递扭矩的作用;发电机是实现机械能向电能转换的核心设备;变流器则对电能进行质量调节;而控制系统作为整个风力发电系统的“大脑”,负责监测系统运行状态、调节设备参数,以确保系统安全、高效运行。

### 1.2 PLC技术概述

PLC(可编程逻辑控制器)是一种专门为工业环境应用而设计的数字运算操作电子系统。其工作原理基于循环扫描机制,通过不断采集输入信号,按照预先编写的程序进行逻辑运算,然后输出控制信号。PLC主要由中央处理单元(CPU)、输入输出模块(I/O模块)、电源模块和编程设备等组成。CPU作为核心,负责执行程序和处理数据;I/O模块用于连接外部设备,实现信号的输入与输出;电源模块为整个系统提供稳定的电力;编程设备则用于编写、调试和下载控制程序。PLC的编程语言丰富多样,常见的有梯形图、指令表、功能块图等。梯形图以其直观易懂的图形化表达方式,广泛应用于工业控制程序编写,类似于电气控制原理图,便于电气工程师

理解和掌握;指令表则以助记符形式编写程序,适合对PLC原理深入了解的编程人员;功能块图通过图形化的功能块连接来实现控制逻辑,具有模块化编程的优势<sup>[1]</sup>。这些编程语言的灵活性,使得PLC能够适应不同工业场景的控制需求,在工业自动化领域得到广泛应用。

## 2 基于PLC的风力发电控制系统设计

### 2.1 系统架构设计

基于PLC的风力发电控制系统采用分层分布式架构,主要分为现场设备层、控制层和监控管理层。现场设备层包括风轮机、齿轮箱、发电机、变流器等设备,以及各类传感器和执行器。传感器用于实时采集风速、风向、转速、温度、电压、电流等关键参数;执行器则根据控制层的指令,对设备进行调节,如控制叶片的桨距角、调节变流器的输出参数等。控制层以PLC为核心,通过输入输出模块与现场设备层进行连接,实现对现场设备的实时控制和数据采集。PLC接收传感器采集的数据,依据预设的控制策略和算法进行逻辑运算和处理,然后向执行器发送控制指令。同时,PLC还通过通信模块与监控管理层进行数据交互,上传系统运行状态数据,并接收监控管理层的控制指令和参数设置。监控管理层由上位机和监控软件组成,为操作人员提供可视化的操作界面。操作人员可以通过上位机实时查看风力发电系统的运行状态、设备参数、故障信息等,还能够进行远程控制和参数调整,实现对整个风力发电系统的集中监控和管理。

### 2.2 控制策略与算法设计

在风力发电控制系统中,控制策略与算法的设计至关重要。为实现风力发电系统的高效运行,采用最大功率点跟踪(MPPT)算法。该算法的核心目标是在不同风速条件下,使风轮机始终保持在最佳的功率输出状态,

最大限度地捕获风能。MPPT算法通过实时监测风速和发电机的输出功率，不断调整风轮机的转速或叶片桨距角，使风轮机的叶尖速比保持在最优值附近，从而实现最大功率输出。另外，为确保风力发电系统的稳定运行，还设计了恒频控制策略。在风力发电过程中，风速的变化会导致发电机输出频率的波动，而电网对电能的频率有严格的要求。恒频控制策略通过PLC对逆变器的控制，调节发电机输出电能的频率，使其稳定在电网允许的范围内，保证电能能够顺利接入电网。同时，还考虑了系统的启动、停机、故障保护等控制逻辑，确保风力发电系统在各种工况下都能安全、可靠运行。

### 2.3 数据采集与监测功能实现

数据采集与监测是风力发电控制系统的重要功能，PLC通过配置模拟量输入模块和数字量输入模块，实现对风速、风向、转速、温度、电压、电流等多种参数的实时采集。对于模拟量信号，如风速、电压、电流等，需要进行信号调理和模数转换，将模拟信号转换为PLC能够处理的数字信号；对于数字量信号，如设备的开关状态、故障信号等，可直接通过数字量输入模块进行采集。采集到的数据在PLC内部进行处理和存储，一方面用于控制策略的计算和执行，另一方面通过通信模块上传至监控管理层。监控管理层的上位机软件对数据进行实时显示、分析和处理，以图表、曲线等直观的方式展示系统运行状态<sup>[2]</sup>。同时，还可以对历史数据进行存储和查询，便于操作人员分析系统运行趋势，进行故障诊断和性能评估。此外，系统还具备数据报警功能，当采集到的数据超过预设的阈值时，系统会自动发出报警信号，提醒操作人员及时处理异常情况。

## 3 PLC技术在风力发电控制系统中的具体应用

### 3.1 PLC在逻辑控制与顺序控制中的应用

在风力发电控制系统中，PLC在逻辑控制与顺序控制方面发挥着重要作用。逻辑控制主要用于实现设备之间的逻辑关系和联锁保护。例如，在风力发电系统启动过程中，PLC需要按照一定的逻辑顺序控制各个设备的启动，只有当逆变器、发电机等设备准备就绪后，才允许启动风轮机。同时，PLC还会对设备的运行状态进行实时监测，当检测到某个设备出现故障时，会立即触发联锁保护机制，停止相关设备的运行，以避免故障扩大。顺序控制则用于实现风力发电系统的工艺流程控制。例如，在风力发电系统停机过程中，PLC会按照预设的顺序依次关闭发电机、逆变器、齿轮箱和风轮机等设备，并进行相应的善后处理，如释放系统中的压力、停止润滑油泵等。通过PLC的逻辑控制和顺序控制，能够确保风力

发电系统的运行过程有条不紊，提高系统的安全性和可靠性。

### 3.2 PLC在数据采集与通信中的应用

PLC的数据采集功能为风力发电控制系统提供丰富的运行数据，PLC通过多种类型的输入模块，实现对风速、风向、转速、温度、电压、电流等关键参数的实时采集。这些数据不仅用于本地控制，还需要通过通信模块传输至监控管理层。在通信方面，PLC支持多种通信协议，如Modbus、Profibus、Ethernet等。通过选择合适的通信协议，PLC能够与上位机、逆变器、传感器等设备进行可靠的数据通信。例如，采用Modbus协议，PLC可以方便地与支持该协议的传感器和仪表进行通信，实现数据的采集和传输；通过Ethernet协议，PLC能够与上位机建立高速的数据连接，实现远程监控和管理。PLC在数据采集与通信中的应用，使得风力发电控制系统能够实现数据的实时共享和远程监控，提高了系统的智能化水平。

### 3.3 PLC在故障预警与诊断中的应用

故障预警与诊断是保障风力发电系统安全运行的重要环节，PLC通过实时监测系统的运行参数和设备状态，对潜在的故障进行预警和诊断。首先，PLC会将采集到的数据与预设的正常运行参数范围进行比较，当数据超出阈值时，系统会立即发出预警信号，提醒操作人员注意设备的运行状态。其次，PLC还具备故障诊断功能。当系统发生故障时，PLC会根据采集到的故障信息，结合预设的故障诊断逻辑，分析故障原因和故障位置<sup>[3]</sup>。

## 4 PLC在新能源风力发电控制系统中的应用案例分析

### 4.1 案例一：变速恒频风力发电系统

在某变速恒频风力发电系统中，采用PLC作为核心控制器。该系统的风轮机叶片桨距角和发电机转速可根据风速变化进行调节，以实现最大功率点跟踪。PLC通过风速传感器实时采集风速数据，依据MPPT算法计算出最佳的叶片桨距角和发电机转速，并通过控制执行器对叶片桨距角和发电机转速进行调节。在系统运行过程中，PLC还负责监测发电机的输出电压、电流和频率等参数。当检测到电网电压波动或频率变化时，PLC会及时调整逆变器的控制参数，确保发电机输出电能的质量满足电网接入要求。同时，PLC还实现了系统的故障预警和诊断功能。例如，当检测到齿轮箱油温过高时，PLC会立即发出预警信号，并根据故障诊断逻辑判断是由于润滑油不足、散热不良还是齿轮磨损等原因导致的油温过高，为维修人员提供准确的故障信息。经过实际运行验证，该变速恒频风力发电系统在PLC的控制下，能够高效、稳定地运行，发电效率显著提高。

#### 4.2 案例二：直驱式永磁同步风力发电系统

直驱式永磁同步风力发电系统取消了齿轮箱，风轮机直接与发电机相连，具有结构简单、维护方便等优点。在某直驱式永磁同步风力发电系统项目中，PLC同样发挥了重要作用。PLC通过采集风速、风向、发电机转速、温度等参数，控制叶片桨距角，实现最大功率点跟踪。由于直驱式永磁同步风力发电系统的发电机输出电能频率与风速相关，为了实现电能的稳定输出，PLC需要精确控制变流器的工作状态。PLC根据发电机的输出频率和电网频率，实时调整变流器的控制策略，将发电机输出的交流电转换为符合电网要求的稳定电能。在故障处理方面，PLC能够快速检测到系统中的故障，如发电机绕组短路、变流器故障等，并及时采取保护措施，停止相关设备的运行，同时将故障信息上传至监控管理层。实际运行结果表明，基于PLC的直驱式永磁同步风力发电控制系统运行稳定可靠，能够有效保障风力发电系统的安全、高效运行。

### 5 基于 PLC 技术的新能源风力发电控制系统优势

#### 5.1 自动化控制

基于PLC技术的新能源风力发电控制系统实现了高度的自动化控制。从系统的启动、运行到停机，整个过程无需人工干预，PLC能够根据预设的控制策略和算法，自动调节设备参数，确保风力发电系统在各种工况下都能高效运行。例如，在不同风速条件下，PLC能够自动调整叶片桨距角和发电机转速，实现最大功率点跟踪；当电网电压或频率发生变化时，PLC能够及时调整变流器的控制参数，保证电能质量。自动化控制不仅提高了风力发电系统的运行效率，还减少了人工操作带来的误差和安全隐患<sup>[4]</sup>。

#### 5.2 故障诊断与处理

PLC强大的故障诊断与处理能力是该控制系统的一大优势。通过实时监测系统运行参数和设备状态，PLC能够快速准确地检测到故障，并进行故障诊断，确定故障

原因和位置。一旦发生故障，PLC会立即采取相应的保护措施，如停止故障设备的运行、切断电源等，防止故障扩大。同时，PLC还会将故障信息及时上传至监控管理层，维修人员可以根据故障诊断结果，迅速进行维修处理，缩短故障停机时间，提高风力发电系统的可靠性和可用性。

#### 5.3 远程监控与管理

基于PLC的风力发电控制系统支持远程监控与管理功能。通过通信网络，操作人员可以在远程监控中心实时查看风力发电系统的运行状态、设备参数和故障信息，实现对系统的远程控制和参数调整。例如，操作人员可以远程启动或停止风力发电系统，调整叶片桨距角和发电机转速等参数。远程监控与管理功能使得风力发电系统的管理更加便捷高效，尤其适用于分布广泛的风电场，能够降低运维成本，提高管理效率。

#### 结束语

综上所述，PLC技术在新能源风力发电控制系统中的应用，显著提高了系统的自动化、智能化水平。通过精确的控制策略和强大的故障诊断能力，确保了风力发电系统的高效、稳定运行。同时，远程监控与管理功能的实现，降低了运维成本，提升了管理效率。未来，随着技术的不断进步，PLC在风力发电领域的应用将更加广泛，为新能源行业的发展贡献力量。

#### 参考文献

- [1]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(4):133-135,142.
- [2]陈艳玲.基于PLC的风力发电机智能控制系统的设计与实现[J].电声技术,2019,43(6):57-60.
- [3]刘志云.基于PLC风光互补发电系统效率提升装置的设计与实现[J].景德镇学院学报,2021,36(3):40-45.
- [4]周鸿鸣.基于新能源发电的风力发电技术研究[J].城市建设理论研究(电子版),2023,(19):157-159.