

风力发电机测试系统开发和应用

孟凡强

西门子工厂自动化工程有限公司 北京 100000

摘要: 风能作为一种清洁、可再生的能源,具有巨大的开发潜力。随着风力发电技术的不断发展,对风力发电机的性能要求也越来越高。因此,开发一套高效、准确的风力发电机测试系统对于确保风力发电机的质量和性能至关重要。本文介绍了一种基于西门子自动化技术的风力发电机测试系统,并对其开发和应用进行了详细阐述。

关键词: 风力发电机; 测试系统; 开发; 应用

引言

风力发电作为可再生能源的重要组成部分,在全球范围内得到了广泛应用。然而,风力发电机的性能和可靠性直接影响到整个风力发电系统的效率和稳定性。因此,在风力发电机出厂前,对其进行全面、准确的测试显得尤为重要。传统的测试方法存在测试参数单一、测试设备繁琐等问题,无法满足现代风力发电机测试的需求。为此,本文开发了一套功能全面的风力发电机测试系统。

1 风力发电机测试概述

在对风力发电机进行测试时,为了准确评估其在实际风场中的性能,需要尽量模拟真实的风场条件。一个理想的风场应具备长年稳定的风速,风速波动范围合理,风向稳定且波动平缓,以确保能够长年稳定发电。假设风场的风向保持不变,那么风速 v 就成为衡量风场质量的关键指标。风速的概率分布通常通过风速概率分布图来表示,且可以将风场的风速视为一个正态分布的随机量。这种风速概率分布一般由专业测量机构出具。

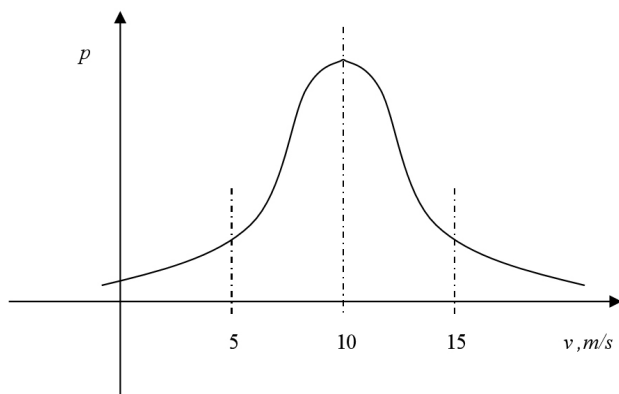


图1 风场的风速正态分布图

2 测试系统介绍

本方案采用了西门子交流驱动Master driver系列变频器和S7 400PLC,结合分布式IO ET200M,共同构建了测

试系统的自动化与变频调速系统。这一系统配置不仅保证了测试的精准性和稳定性,还提高了系统的灵活性和可扩展性。在软件方面,选用了LabView作为上位软件,实现与现场传感器的信号采集,并能够发送精确的控制指令。上位软件不仅负责现场设备的状态监控,还承担了数据采集、存储、处理和报表生成等多重功能,为测试人员提供了全面、直观的数据支持和分析工具^[1]。为了便于操作和管理,在操作台上设置了控制面板,通过该面板可以实现对驱动系统和辅助测试系统的直接控制和保护功能。这一设计不仅提高了测试效率,还确保了测试过程中的安全性。

本测试台系统具备以下主要功能:

2.1 驱动系统工作模式:

1号驱动单独工作:适用于对单一驱动系统进行测试或调试。

2号驱动单独工作:同样适用于单一驱动系统的测试,但与1号驱动独立运行。

1、2号同时工作:适用于需要同时测试或比较两个驱动系统性能的场景。

2.2 测试模式:

n-p-M工作模式:通过设定转速(n)、功率(p)和转矩(M)等参数,对风力发电机的性能进行全面测试。

Cp- λ 工作模式:重点测试风力发电机的功率系数(C_p)与转速系数(λ)之间的关系,以优化发电机的运行效率。

风能模式:模拟实际风场条件,测试风力发电机在风能作用下的性能表现。

2.3 测试方式:

计算机模式:

手动:测试人员可以通过上位软件手动设置测试参数和控制指令,进行灵活的测试操作。

自动:上位软件根据预设的测试方案自动执行测试

过程，提高测试效率和准确性。

MP面板模式：通过操作台上的控制面板直接进行测试操作，简便快捷，适用于快速测试或现场调试。

3 测试系统原理

本测试系统采用如下图所示的西门子测试控制解决方案：

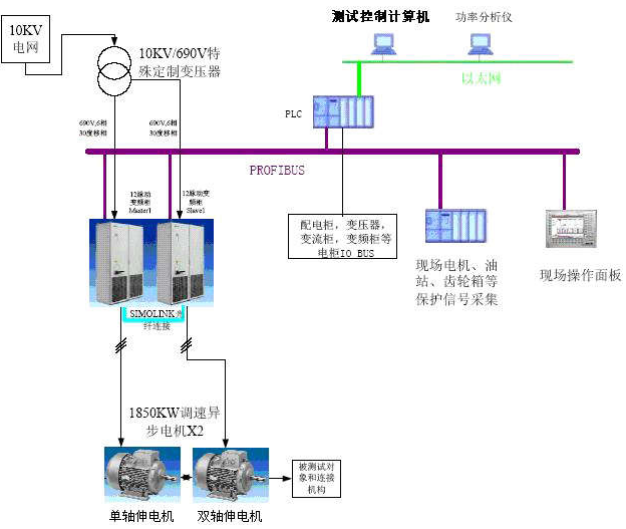


图2 测试系统原理图

本系统网络分为控制和管理网络，控制网络采用西门子PROFIBUS现场总线网络实现S7 400 PLC与驱动设备和分布式IO的通讯与控制，两套驱动器之间采用Simolink光纤通讯，上位数据信息系统采用工业以太网进行通讯。

4 系统硬件组成

4.1 变频调速系统

变频调速系统核心由两套主从连接的SIMOVERT MASTERDRIVES功率驱动系统构成，这一系统具备强大的驱动与控制能力。系统的额定功率高达1900Kw，确保有足够的动力输出以应对各种测试需求。额定电压为690V，完全符合工业用电标准，额定电流达到2050A，保证了系统在高负载下的稳定运行。通讯方面，系统采用PROFIBUS和SIMOLINK同步光纤，实现了高效、稳定的数据传输与同步控制^[2]。其中，一套变频器通过HTL 1024p/r光电编码器进行转速控制，提供精准的测速反馈；另一套则利用SIMOLINK同步光纤获取转速信号，进行电流（扭矩）的同步控制，确保了系统的高度协调性与一致性。

4.2 双轴伸电机系统

电机系统选用了1LA4双轴伸和单轴伸电机，这些电机具备出色的性能表现。额定电压为690V，与变频调速系统完美匹配，额定电流为1820A，保证了电机在长时间运行下的稳定性。额定功率达到1850Kw，为测试提供了

强劲的动力支持。额定扭矩为11862Nm，当两台电机同时工作时，扭矩更可高达23000Nm，满足了各种高扭矩的测试需求。

4.3 PLC控制系统

PLC控制系统由S7 400 PLC和分布式IO ET 200M组成，这一系统实现了测试台的全面控制与数据采集功能。它具备高度的灵活性和可扩展性，能够适应不同测试场景的需求，为测试过程的顺利进行提供了有力保障。

4.4 MP277操作面板

MP277操作面板是测试台的重要操作界面，负责现场的启停以及各类操作与控制模式的切换。通过这一面板，操作人员可以方便地设置和调整测试参数，同时它还可以设定系统的保护阈值，确保系统在运行过程中的安全性与稳定性，为测试人员提供了极大的便利。

4.5 测试控制计算机

测试控制计算机是测试系统的核心数据处理与监控中心。它负责实时采集所有由风力发电机和拖动系统传感器提供的数据信息，并将这些数据准确记录到计算机中，以便后续报表查询与分析。此外，测试计算机还通过以太网与横河功率仪相连，实时采集功率数据，实现了对测试系统的全面监控^[3]。计算机不仅能够对采集到的数据进行处理、存储，还能生成详细的报表进行打印，同时提供了测试模式选择功能，以满足不同测试需求，为测试工作的顺利进行提供了全面支持。

5 屏幕类别与功能

测试数据采集与监控系统所用的屏幕属于以下两种类型之一。

类别	描述
监控屏幕	显示测试台各个测试设备的状态信息。
信息屏幕	显示风力发电机测试数据信息。

5.1 监控屏幕

测试数据采集与监控系统监控屏幕的分级结构共有两级。总揽屏幕可以了解整个测试系统各个测试设备的基本状态信息。二级屏幕则可以了解各个测试设备的具体状态信息。每级屏幕都可以实时监控设备的报警信息。

级别	标题	描述
0	测试台总揽屏幕	显示测试台测试设备的运行状态信息。
1	设备监控屏幕	显示各个设备的实时运行具体状态信息。

6 测试操作系统描述

6.1 信息化系统功能全览及操作指南

6.1.1 初始画面功能与操作路径

初始画面的主要功能是引导用户根据测试试验的具

体需求,选择恰当的测试模式:直驱试验模式、双馈试验模式或短时升压试验模式。用户只需轻点鼠标,即可踏入相应的测试系统,开启精准高效的测试之旅。

6.1.2 双馈测试主画面功能与操作详解

打开双馈测试系统,主测试画面是双馈测试系统功能的设定界面。用户在此可以轻松配置测试的设定方式、运行的操作状态、测试模式的选择,以及加载扭矩步长和试验步长的精细设置。设定方式灵活多样,支持计算机操作与面板操作两种模式。计算机操作模式下,面板操作自动失效,用户可自由选择手动或自动运行模式;反之,面板操作模式下,计算机操作退居幕后,用户可通过面板直接输入转速与扭矩。运行操作状态切换自如,手动模式下可选n-p-M或Cp- λ 模式,自动模式则在此基础上增加风能模拟模式,满足更多测试需求。模式选择一目了然,n-p-M、Cp- λ 、风能模拟三种模式任选其一,确保测试精准无误。自动操作设置简便快捷,用户只需设定扭矩增加的步长梯度和试验步长,即可轻松掌控测试进程。手动记录数据、自动记录设置、自动记录数据、保存测试数据、导入测试数据、生成数据报表等功能一应俱全,让数据处理更加高效便捷^[4]。计算机操作与面板操作、手动与自动操作的切换按钮触手可及,让测试过程更加灵活多变。

6.1.3 双馈测试风速模拟画面功能与操作指南

打开模拟风速模式选择画面,风速模拟画面让用户能够模拟四种风速工况:正弦风、恒速风、阶跃风和随机风,满足不同测试场景的需求。四种风速模拟工况任选其一,只需勾选相应工况即可。正弦风模拟正弦波风况,用户需设置运行周期、最大风速和最小风速,确保风速在2m/s至22m/s之间。恒速风提供固定风速模拟,用户只需设定恒速风风速,同样需遵守2m/s至22m/s的风速限制。阶跃风模拟风速跳变风况,用户需设置保持时间、周期间隔、最大风速和最小风速,确保测试准确无误。随机风模拟任意风速峰况,用户只需设定最大风速和最小风速,即可开启随机风速模拟。

6.1.4 双馈测试风速n-p-M模式画面功能与操作介绍

进入n-p-M模式选择画面,这一画面的核心功能是设定n-p-M风力发电机的运行参数。参照表格让用户能够轻松输入、保存和导入测试工艺数据,确保测试过程的高效与准确。设定数据时,用户需遵循风速、电机转速、功率、扭矩的参数顺序,确保数据输入无误。输入新电机参数时,用户可通过鼠标右键操作删除行和列或清空表格,让参数输入更加灵活便捷。

6.1.5 双馈测试风速Cp- λ 模式画面功能与操作概览

打开Cp- λ 模式选择画面,这一画面的功能是设定Cp- λ 工作模式实际风场的运行参数。参照表格同样提供数据输入、保存和导入的便捷功能,让用户能够轻松管理测试工艺数据。设定数据时,用户需遵循风速、叶轮叶尖、 λ 、Cp、功率的参数顺序,确保数据准确无误。输入新电机参数时,用户可通过鼠标右键操作删除行和列或清空表格,让参数配置更加灵活高效。选择使用Cp- λ 工作模式时,用户还需在实验前设置风叶转速与发电机转速的转速比,确保测试过程的精准无误。

6.1.6 电能功率分析仪画面功能与操作指南

进入电能功率分析仪画面,这一画面的核心功能是显示风力发电机的电参数值和曲线。用户可根据需要在性能曲线参数中选择不同的测试参数,支持同时选择多个参数,让数据分析更加全面深入。需要保存画面曲线时,用户只需在曲线界面上点击右键,选择导出图片即可将当前画面保存到相应文件夹中,让数据记录更加便捷高效。

6.1.7 电能指标画面功能与操作简述

打开电能指标画面,这一画面的功能是显示风力发电机在正常测试模式和谐波测试模式下的电参数值。用户可通过这一画面直观了解风力发电机的电能性能,为后续测试与分析提供有力支持。

结语

本文介绍了一种基于西门子自动化技术的风力发电机测试系统的开发和应用。该系统具有功能全面、测试准确、操作简单等优点,能够满足现代风力发电机测试的需求。随着风力发电技术的不断发展,该系统还将不断完善和升级,为风力发电行业的可持续发展提供有力支持。未来,将继续关注风力发电技术的最新动态,不断优化和改进测试系统,为风力发电行业的发展做出更大的贡献。

参考文献

- [1]陈好书.现行标准下风力发电机组电气特性测试方法解读[J].质量与认证,2024,(11):51-54.
- [2]曲照涛.风力发电机组能效测试装置的研究[J].石油石化节能,2023,13(08):62-65.
- [3]全国风力机械标准化技术委员会(SAC/TC 50).风力发电机组功率特性测试:GB/T 18451.2-2021[S].中国标准出版社,2021.
- [4]苏日娜,5kW风力发电机特性自动测试系统.内蒙古自治区,内蒙古自治区农牧业机械试验鉴定站,2020-12-09.