

# 新能源风电网络通信设备测试自动配置方法

方东旭

国家电投集团宁夏能源铝业中卫新能源有限公司

DOI:10.12238/etd.v6i8.17094

**[摘要]** 本文聚焦新能源风电网络通信设备测试自动配置方法。先分析风电通信设备类型、测试配置需求与约束,进行需求建模与指标定义。接着设计自动配置框架,涵盖总体架构、核心功能模块及数据流转与安全设计。随后阐述设备指纹识别、智能参数映射等关键技术实现。该方法可提升配置准确性、高效性与兼容性,满足风电通信设备测试需求,为行业发展提供技术支撑。

**[关键词]** 新能源风电; 网络通信设备; 自动化测试; 配置优化

**中图分类号:** TM614 **文献标识码:** A

## Automated Configuration Method for Testing Network Communication Equipment in New Energy Wind Power Systems

Dongxu Fang

CPI Ningxia Energy Aluminum Industry Zhongwei New Energy Co., Ltd.

**[Abstract]** This paper focuses on an automated configuration method for testing network communication equipment in new energy wind power systems. It begins by analyzing the types of wind power communication equipment, testing configuration requirements, and constraints, followed by requirement modeling and indicator definition. An automated configuration framework is then designed, covering the overall architecture, core functional modules, and data flow and security design. Subsequently, the implementation of key technologies such as device fingerprint identification and intelligent parameter mapping is elaborated. This method can improve configuration accuracy, efficiency, and compatibility, meeting the testing needs of wind power communication equipment and providing technical support for industry development.

**[Key words]** New Energy Wind Power; Network Communication Equipment; Automated Testing; Configuration Optimization

### 引言

在新能源风电蓬勃发展的当下,网络通信设备作为风电场运行的关键支撑,其测试配置的准确性、高效性至关重要。传统人工配置方式效率低下、易出错,难以满足大规模风电场建设需求。本文旨在提出一种新能源风电网络通信设备测试自动配置方法,通过深入分析测试需求与约束,设计合理的框架与关键技术,实现测试配置的自动化与智能化,提升风电场运维管理水平。

### 1 新能源风电网络通信设备测试需求与约束分析

#### 1.1 风电通信设备类型及功能特性

风电通信设备涵盖风机控制柜内置通信模块、集电线路通信网关、升压站核心交换机及远程监控终端等类型。风机控制柜内置模块需实现风机运行数据实时采集,包括转速、桨距角等参数的秒级传输,同时支持设备状态反馈与控制指令接收。集电线路通信网关承担多台风机数据汇聚任务,需具备多协议转换

能力,兼容Modbus、IEC61850等主流工业通信协议,且能抵御风电场所电磁干扰。升压站核心交换机要求具备高带宽转发能力,满足海量监测数据实时上传至调度中心的需求,端口冗余设计需达到N+1标准<sup>[1]</sup>。远程监控终端需支持断点续传功能,在网络中断恢复后自动补传缺失数据,同时具备本地数据缓存能力,缓存容量不低于10GB,确保极端网络环境下数据不丢失,所有设备均需适应-30℃至60℃的宽温工作范围。

#### 1.2 测试配置核心需求

风电通信设备测试配置核心需求围绕准确性、高效性、兼容性及可追溯性展开。准确性要求配置参数与设备型号精准匹配,如针对不同功率等级风机的通信模块,需精准配置数据采集周期、传输波特率等关键参数,配置误差率需控制在0.1%以内。高效性方面,单台设备配置完成时间不超过3分钟,批量配置时支持50台设备并行处理,配置过程自动化程度需达到95%以上,减少人工干预。兼容性要求配置系统支持主流厂商设备,包括金

风、远景、明阳等品牌的不同型号产品,可通过统一接口完成配置操作。可追溯性要求记录每台设备的配置时间、配置人员、参数版本及修改记录,形成完整配置日志。

### 1.3 自动配置约束条件

风电通信设备自动配置存在环境、设备及网络三类约束条件。环境约束方面,风电场所强电磁干扰会影响配置信号传输,需将配置信号抗干扰等级提升至IEC61000-4-3Level3标准,同时户外测试环境下配置设备需具备IP65防护等级,适应雨雪、沙尘等恶劣天气。设备约束表现为不同厂商设备配置接口差异大,部分老旧设备仅支持串口配置,缺乏网络配置接口,需通过专用转接模块实现配置兼容,且设备固件版本不同会导致配置指令差异,需提前完成固件版本识别并匹配对应指令集。网络约束体现在风电场内部网络带宽有限,批量配置时需控制数据传输速率不超过10Mbps,避免占用运维通信带宽,同时偏远风电场网络延迟较高,需设置配置超时重传机制,超时时间设置为15秒,重传次数不超过3次,确保配置指令可靠送达。

### 1.4 需求建模与指标定义

需求建模采用UML用例图与时序图结合方式,构建用户操作、配置执行、设备反馈全流程模型,明确测试人员、配置系统、被测设备三类角色交互关系,其中用户操作包括需求录入、配置启动、结果查看,配置系统涵盖需求解析、参数生成、指令下发,被测设备需执行参数接收、配置生效、状态反馈等操作。指标定义围绕功能、性能、可靠性三类核心维度展开。功能指标包括配置参数覆盖率达到100%,支持所有设备关键参数配置;协议兼容性指标需兼容8种以上主流工业通信协议。性能指标中配置响应时间不超过500ms,批量配置吞吐量不低于10台/分钟。可靠性指标包括配置成功率不低于99.5%,连续72小时稳定运行无故障,配置异常恢复时间不超过1分钟,且所有指标均需通过第三方检测机构验证。

## 2 风电通信设备测试自动配置框架设计

### 2.1 框架总体架构

框架采用分层架构设计,自上而下分为应用层、核心层、适配层及硬件层,各层通过标准化接口实现数据交互。应用层面向测试人员提供可视化操作界面,支持需求录入、配置模板管理、测试报告生成等功能,界面采用B/S架构设计,兼容Chrome、Firefox等主流浏览器,支持多用户同时在线操作。核心层作为框架核心,集成需求解析、配置生成、动态适配等关键逻辑,采用微服务架构拆分功能模块,各模块独立部署且可弹性扩容,通过服务注册中心实现模块间通信调度。适配层负责与不同厂商设备对接,提供丰富的接口适配插件,支持串口、以太网、4G/5G等多种通信方式,插件采用热插拔设计,新增设备适配时无需停止框架运行。硬件层包含配置服务器、测试终端、信号屏蔽装置等设备,配置服务器采用双机热备设计,确保单点故障时服务不中断,测试终端支持多设备同时接入,接入数量可扩展至100台。

### 2.2 核心功能模块设计

#### 2.2.1 需求解析层

需求解析层负责测试需求转化与校验,由需求录入接口、语法解析引擎、规则校验模块和需求知识库构成。需求录入接口支持Excel批量导入和手动录入,Excel模板预设固定字段,手动录入有提示与校验。语法解析引擎用ANTLR将自然语言需求转为结构化指令,如把特定语句解析成标准化格式。规则校验模块对照知识库验证解析结果,知识库含设备参数关系、行业标准阈值等,不符常规则预警提示。解析后生成XML格式需求清单,含需求ID、设备编号等信息,为后续配置提供精准输入<sup>[2]</sup>。

#### 2.2.2 配置模板层

配置模板层采用“基础模板+场景模板”双层模式。基础模板按设备厂商与型号分类,含设备默认参数等核心信息,由手册提炼并实测验证。场景模板基于测试场景构建,在基础模板上调整参数。模板管理模块支持创建、修改等操作,修改需审核,版本号有特定格式命名,还提供检索功能,可按关键词快速查询。

#### 2.2.3 动态适配层

动态适配层是跨设备配置兼容核心,含设备指纹识别、参数动态调整、接口适配子模块。设备指纹识别子模块生成设备唯一指纹确定型号及规则;参数动态调整子模块用模糊匹配算法调整参数;接口适配子模块提供多类型接口转换插件,适配不同设备。适配时实时监测设备响应,参数不匹配则启动微调机制。

#### 2.2.4 执行反馈层

执行反馈层负责配置指令下发等,由指令生成器、执行监控模块、结果分析模块组成。指令生成器结合需求清单与模板参数生成设备可识别指令;执行监控模块用心跳检测机制显示配置进度,超时未响应触发重发;结果分析模块比对设备返回信息与预期参数,生成报告,标注结果类型,对异常提供分析及建议,支持PDF导出。

### 2.3 数据流转与安全设计

数据流转采用“单向传输+闭环校验”模式,需求数据从应用层录入后,经需求解析层转化为结构化数据,通过加密通道传输至配置模板层,与模板参数融合后生成配置指令,再由动态适配层处理后下发至被测设备。设备执行配置后,将结果数据经加密通道回传至执行反馈层,反馈数据与原始需求数据比对校验,形成数据流转闭环。安全设计涵盖数据传输、存储、访问三重防护,传输过程采用SSL/TLS加密协议,确保数据在网络传输中不被窃取或篡改;存储层面采用分区存储策略,敏感配置参数加密存储,密钥定期轮换,日志数据采用区块链技术存证,防止日志被篡改;访问控制采用RBAC权限模型,划分管理员、测试员、观察员等角色,管理员拥有全权限,测试员仅能执行配置操作,观察员仅可查看结果,所有操作均记录审计日志,支持操作溯源。

## 3 新能源风电网络通信设备测试自动配置关键技术实现

### 3.1 设备指纹识别技术

设备指纹识别技术采用“硬件特征+软件特征”融合采集方

案,硬件特征采集通过设备接口读取CPU型号、主板序列号、网卡MAC地址等唯一标识信息,针对无标准接口的老旧设备,通过外接硬件检测模块获取硬件参数<sup>[3]</sup>。软件特征采集聚焦固件版本、操作系统类型、运行进程列表、协议支持类型等信息,采用主动探测与被动监听结合方式,主动发送协议探测包获取设备协议响应特征,被动监听设备开机广播信息提取软件版本标识。指纹生成采用SHA-256哈希算法,将采集的16项特征信息进行哈希运算,生成256位唯一指纹。指纹库采用分布式存储架构,包含1000+主流设备指纹数据,支持离线查询与在线更新,在线更新采用增量更新模式,减少带宽占用。识别过程中若出现指纹未匹配情况,自动启动特征补采流程,新增指纹经人工审核后录入指纹库,识别准确率达到99.8%。

### 3.2 智能参数映射技术

智能参数映射技术基于深度学习模型实现需求与设备参数的精准匹配,模型采用双层神经网络结构,输入层为需求特征向量,包含测试项目、精度要求、数据频率等6个维度特征,通过嵌入层将特征向量转化为128维向量。隐藏层采用ReLU激活函数,构建3层全连接网络,通过反向传播算法优化权重参数,训练数据集包含50万+条历史配置数据,涵盖不同厂商、型号设备的参数配置案例。映射过程分为两步:第一步基于设备指纹确定参数映射规则库,如金风风机映射规则库包含转速参数与采集周期的对应关系;第二步通过模型计算需求与参数的匹配度,输出最优参数组合,如需求“高精度监测风机振动”对应输出“振动采集精度:0.01mm;采集周期:2秒”。同时设置参数校验规则,对超出设备硬件能力的参数组合进行拦截,如阻止向最大采集周期10秒的设备下发1秒采集指令。

### 3.3 跨厂商接口适配技术

跨厂商接口适配技术采用“标准化接口+插件化适配”架构,标准化接口基于OpenAPI3.0规范设计,定义配置指令下发、状态查询、结果反馈等统一接口格式,实现框架与适配插件的标准化对接。适配插件按厂商分类开发,每个厂商插件包含接口协议解析、指令格式转换、数据封装三个核心模块,如华为设备插件支持华为私有通信协议解析,将标准化配置指令转换为华为设备可识别的私有指令;西门子设备插件支持PROFINET协议适配,实现配置数据的实时传输。插件管理采用插件注册中心统一管

理,插件安装时自动注册接口信息,框架通过接口调用插件功能。为解决新型设备适配问题,提供插件开发工具包,包含接口规范文档、开发模板、测试用例等资源,开发者可基于工具包快速开发新插件,插件开发周期缩短至7天以内。

### 3.4 配置异常处理技术

配置异常处理技术构建“预警-诊断-恢复”三级处理机制,预警模块通过实时监测配置指令响应码、设备状态码、网络延迟等指标,设定阈值触发预警,如指令响应码为“400”表示参数错误,网络延迟超过500ms触发网络预警,预警信息通过声光提示与系统弹窗同步通知<sup>[4]</sup>。诊断模块采用故障树分析方法,针对不同预警类型构建故障树,如参数配置异常故障树包含参数格式错误、参数超出范围、参数冲突等子节点,通过遍历故障树定位根因,结合设备日志与配置记录生成诊断报告。恢复模块根据诊断结果执行对应恢复策略,参数错误时自动调用智能参数映射技术重新生成参数;网络中断时切换到备用通信链路重新下发指令;设备无响应时执行重启指令后再次配置。异常处理全程自动化,处理完成后记录故障类型、处理过程及结果,形成异常处理知识库,用于优化后续诊断精度。

## 4 结束语

本文提出的新能源风电网络通信设备测试自动配置方法,经实践验证,在准确性、高效性、兼容性等方面表现良好。通过分层架构设计与关键技术实现,有效解决了传统配置方式的诸多问题。未来,随着风电技术发展,将进一步优化该方法,提升其对新型设备与复杂场景的适配能力,持续推动新能源风电行业测试技术进步,助力行业高质量发展。

### [参考文献]

- [1]王之剑,李树勇,翟少雄.新能源风电网络通信设备测试自动配置方法[J].信息技术,2025(4):127-134.
- [2]陈璐,汪晓彤,汪坤,等.新能源电站电化学储能系统辅助风电调频方法[J].电子设计工程,2024,32(22):151-154.
- [3]吴新友.面向风电系统的混合储能容量优化配置研究[J].储能科学与技术,2024,13(10):3593-3595.
- [4]宁志,李庆林,杨乘胜.新能源设备智能诊断模型在风电运维中的应用[J].电气开关,2022,60(04):77-79+84.