

风电场功率预测及控制系统设计

袁业剑，孙 锋

(南京国电南自风电自动化技术有限公司，江苏 南京 210032)

摘 要：由于风能的随机性比较强，大规模的风电并网将影响电网的安全和稳定。为了提高风电的可控性，可以从风电场功率的预测及控制这两方面来进行研究。风功率预测系统根据数值天气预报、历史气象数据、风机功率曲线等因素，预测未来一定时间内的风能，给电网调度中心提供了重要的调度依据。风功率控制系统根据发电计划、风机状态等因素，将发电计划合理地分配到各台风机，以保证风电场的总出力始终跟随发电计划。风功率预测系统与控制系统的有效协作，使风电成为一种可调节的电力来源，从而避免了因并网引起的波动。

关键词：风功率预测；调度；功率分配；功率控制

0 引言

风能作为一种清洁的可再生能源，资源丰富、环境影响小，近年来得到了较快的发展。但由于风力发电具有间歇性强、随机性大、可调度性弱等特点，大规模的接入对电网的稳定性、电能质量以及运行调度带来了较大的影响^[1]。为了解决这一问题，必须实现高精度的风功率预测和有功功率的智能控制^{[2]~[6]}。

风功率预测与控制系统由预测系统和控制系统组成。风功率预测结果经远动装置上传给调度中心，调度中心制定的发电计划再经远动装置下发给功率分配控制系统。针对风电场可能出现的各种情况，功率分配控制系统制定了多种分配策略，通过主控系统控制风机启停和变桨动作、分合馈线开关以接入或切断整条回路风机等，以跟随发电计划发电为原则，最大限度地利用风能和风机资源，提高发电效率。风功率预测与控制系统结构如图 1 所示。

1 风功率预测与控制系统概述

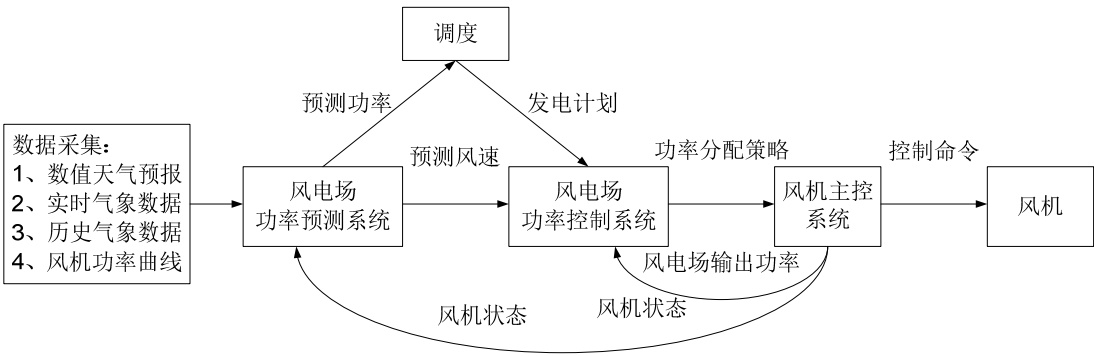


图 1 风功率预测与控制系统结构

1.1 风功率预测系统数据采集

风功率预测的核心是预测算法，而算法的实现需要采集多种数据：

(1) 数值天气预报：通过专业的下载和再分析软件，从欧洲气象部门获取 7 天 24 小时不间断的气象信息，时间间隔为 15s。

(2) 实时气象数据：在风电场周围选址建立测风塔，通过数据采集器采集风速、风向、温湿度、气压等相关数据，利用无线通信方式将数据传送给风功率预测模块。

(3) 历史气象数据: 风功率预测模型需要风电场所在地点两年的历史气象数据, 作为模型训练用, 这一般会在风电场建设前的选址工作中完成。

(4) 风机实时状态: 了解所有风机的运行状态, 以确定参加功率预测的风机数量。

(5) 风机功率曲线: 风功率预测分两个步骤, 即预测风速和预测风功率。风功率的预测需要在预测风速基础上, 利用风机功率曲线来计算风机出力。

1.2 风电场输出功率闭环控制

功率控制系统一方面接收电网调度下发的发电计划, 另一方面接收风功率预测系统传达的预测风速, 系统根据这两个因素选择功率分配策略。风机主控系统接收到功率配额并控制风机调节功率, 执行结果即风电场输出功率反馈给功率控制系统, 系统根据功率偏差重新调整配额, 最终使风电场输出

功率控制在发电计划允许的误差范围内, 并实现风机的优化运行。

2 实时气象数据采集系统

风电场实时气象数据反映了风资源的大小, 同时也是功率预测系统重要的输入量, 因此精确实时的气象数据采集对于整个系统来说是非常重要的。风电场实时气象数据用测风塔来测量, 测风塔高度一般为 70m, 传感器分布在不同的高度: 4 层风速传感器安装在 10、30、50、70m 高度; 3 层风向传感器安装在 10、50、70m 高度; 2 层空气温湿度传感器安装在 10、70m 高度; 1 层气压传感器安装在 8.5m 高度。数据采集器采集所有传感器数据, 并经 GPRS 网络将实时气象数据传送给风功率预测系统。该数据采集系统的结构如图 2 所示。

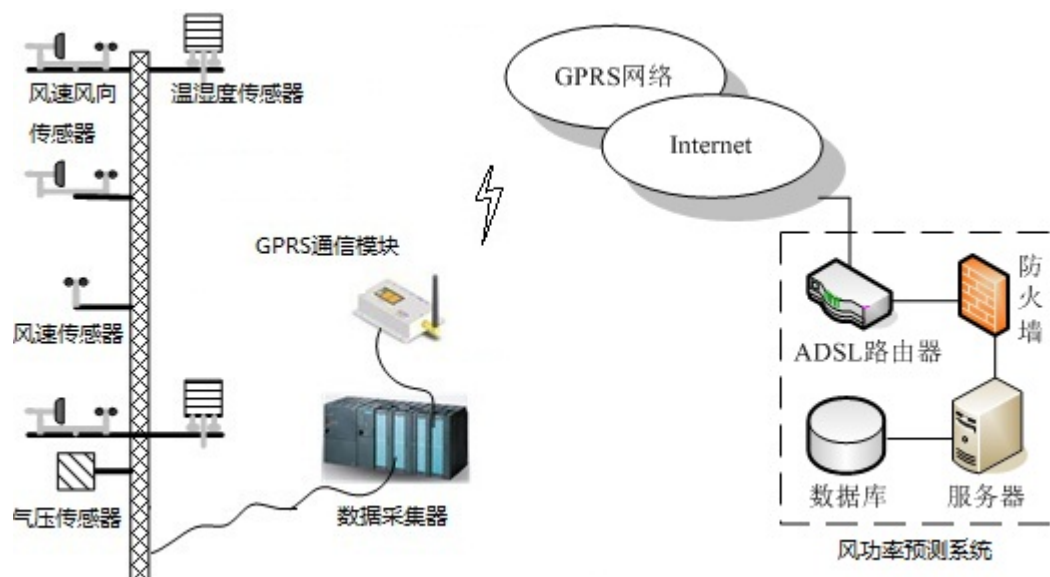


图 2 实时气象数据采集系统

2.1 数据采集器

数据采集器采集所有传感器数据, 经过处理分析, 将综合的气象数据传给 GPRS 通信模块, 数据经过 GPRS 网络存入风功率预测数据库。数据采集器对下提供多种传感器接口, 包括脉冲通道、模拟通道、数字通道, 满足测风塔传感器的需求; 对上提供与 GPRS 模块通信的 RS-232 端口。

数据采集器选用低功耗高性能的 ARM 处理器 STM32F107, 最高频率达 72MHz, 80 个 I/O, 2 个 12 位 A/D 转换器 (16 通道), 最多 5 路 USART。软件采用 UC/OS-II 操作系统, 将程序分解成不同的任务, 提高了软件的实时性和可靠性。

2.2 GPRS 通信网络

风电场测风塔与中心站的距离一般较远, 不宜采用有线方式传输实时气象数据。而在常用的无线通信技术中, GPRS (通用分组无线服务) 技术具有永远在线、接入时间短、按流量计费、较高的传输速率、覆盖范围广、组网简单灵活、通信链路免维护等优点, 因此最适用于风电场的气象数据传输。

在组网过程中, GPRS 模块和数据服务器至少要有—方能事先确定另一方的 IP 地址, 因此在实际的应用中, 可以采用公网固定 IP、动态域名解析、APN 专线接入等组网方案。由于动态域名解析方案的稳定性—部分取决于域名解析服务器, 而 APN

技术在风电场这样的偏远地区可能不太成熟,且后期使用费用也非常高,因此本系统采用 Internet 结合固定 IP 地址的组网方案。

3 风电场功率控制系统

3.1 系统间通信

风电场功率控制系统联系着调度、风机主控系统、功率预测系统,系统间的通信质量直接影响功率控制效果。功率控制系统与其他系统之间通过各种通信接口实现数据的实时传输,如图 3 所示。远动装置接收调度下发的发电计划,并转发给功率控制系统。由于风机主控系统可能只提供 OPC 协议的接口,因此需要开发 Modbus 协议转 OPC 协议的网关设备,将功率分配策略下发给风机主控系统。另外,功率预测系统也需根据实际情况通过特定的通信接口,将预测风速传达给功率控制系统,作为功率分配的参考要素。

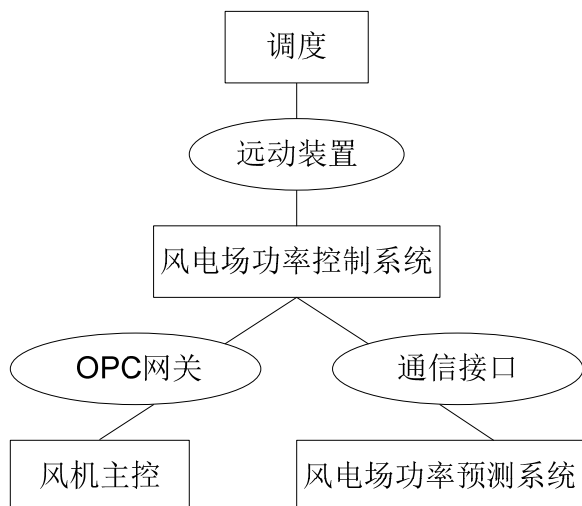


图 3 系统间通信结构及接口装置

3.2 有功功率分配策略

为充分利用风能资源和风机容量,必须对发电计划进行合理的分配^{[7]-[8]}。在制定功率分配策略的时候,首先需要考虑以下因素:

(1) 风电场风机状态。将风机状态分为在线、离线、故障三种,统计各种状态下的风机数量。故障风机恢复正常后其状态改为离线,离线风机投入运行后其状态改为在线。

(2) 风机发电下限。为充分利用风机的发电容量,设定风机发电下限。当风机得到的发电计划小于该下限时,说明风机不能得到充分利用,此时应考虑停机。

(3) 停机原则。被切除风机的选择应该遵循一定的原则,例如切除在线时间最长的、即将检修的风机,或者切除故障率较高的风机等等。

(4) 启动风机原则。如果在当前气象情况下,在线风机的发电量之和小于发电计划,则应启动一定数量的离线风机使其加入发电。同样,启动发电的风机的选择也要遵循一定的原则,例如启动离线时间最长的、故障率最低的风机等等。

(5) 异常处理。当运行的风机出现故障而停机,系统应该投入一台离线风机加入发电或者重新调整功率分配;当风电场发电量超过发电计划且在规定的时间内不能降到计划值时,切断分组风机馈线,以保证电网稳定,等等。

根据不同的发电计划、风机状态、实际气象情况等因素,制定相应的功率分配策略,形成完整的功率分配策略库,使风电场在运行时可以根据实际情况自动选择功率分配策略。

4 结束语

由于常规能源的日益枯竭以及人们对清洁能源的迫切需求,清洁的风能资源越来越受到重视。为了解决风能资源的波动性和间歇性,采用了风功率预测和有功功率智能控制的方法,使得风电场输出功率成为可以调度的有效电能。本文设计了风功率预测及控制系统的总体结构,研究了实时气象数据采集系统的架构及实现,最后设计了功率控制系统与其他系统间的通信结构以及功率分配策略。风功率预测及控制系统的研制将提高风电场运营效率和电网运行的稳定性,使风电成为安全可调度的电力来源。

参考文献:

- [1] 武小梅,白银明,文福拴.基于 RBF 神经网络的风电功率短期预测[J].电力系统保护与控制,2011,39(15):80-83.
- [2] 方江晓,周晖,黄梅,等.基于统计聚类分析的短期风电功率预测[J].电力系统保护与控制,2011,39(11):67-73.
- [3] 李俊芳,张步涵,谢光龙,等.基于灰色模型的风速-风电功率预测研究[J].电力系统保护与控制,2010,38(19):151-158.
- [4] 行舟,李雪明,陈振寰,等.甘肃酒泉大型集群风电有功智能控制系统的开发[J].电力科学与技术学报,2011,26(1):48-52.

- [5] 杨德学,丛智慧.风电场 AGC 系统建设研究与实践[J].东北电力技术,2011,32(4):12-14.
- [6] 石一辉,张毅威,闵勇,等.并网运行风电场有功功率控制研究综述[J].中国电力,2010,43(6):10-15.
- [7] 陈宁,于继来.配电网中风电有功负荷分配方法[J].电力系统自动化,2008,32(4):35-40.
- [8] 徐海波,赵杰,刘平,等.SCS-500W 风电场有功功率控制装置研制[J].电力系统自动化,2010,34(23):102-105.

作者简介:

袁业剑 (1985-), 男, 安徽马鞍山人, 工程师, 从事风电自动化技术研究工作, yejian-yuan@sac-china.com;

孙锋 (1975-), 男, 江苏南京人, 高级工程师, 从事风电自动化技术研究工作。