

# 风功率预测系统在新疆电网中的应用及改进

孙立成<sup>1</sup>, 马成林<sup>2</sup>, 常喜强<sup>1</sup>, 姚秀萍<sup>1</sup>, 李静坤<sup>1</sup>

(1. 新疆电力调度通信中心, 新疆 乌鲁木齐 830002; 2. 新疆电力科学研究院, 新疆 乌鲁木齐 830000)

**摘要:**结合风功率预测系统在新疆电网中的应用情况,就风功率预测系统进行了总结。对存在问题进行了深入研究,找出了其中的不足,提出了新的解决措施,克服了原有系统的不足。对推进风功率预测系统的应用及提高风功率预测系统精度有重要的指导意义,也为有类似问题的风功率系统提供了技术参考及借鉴。

**关键词:**风功率预测系统;方法;改进

**Abstract:** Combining with the application of wind power forecasting system to Xinjiang Power Grid, the wind power forecasting system is summarized. The existing problems are deeply studied, the demerits of this system are found out, and some new measures are presented. The shortages of the current system have been overcome. It has an important guiding significance for the application and improvement of wind power forecasting system. And for those wind power forecasting system with the similar problems, the technical reference and model are also provided.

**Key words:** wind power forecasting system; method; improvement

中图分类号:TM614 文献标志码:A 文章编号:1003-6954(2012)03-0036-04

## 0 引言

大力发展风电等先进能源技术在改善能源结构、减少温室气体排放等方面具有非常积极的作用,然而与常规电源相比,风电场的输出功率受人为主观因素干预较小,几乎完全由自然条件决定。随机变化的风速、风向导致风电场输出功率具有波动性、间歇性、随机性的特点,大量风电场集中并网会对电网的安全、稳定、经济运行带来影响,并成为了限制电网接纳风电的主要障碍之一。对风速风功率进行预测,对风电场的出力进行预报,是解决这一问题的有效途径。是提高电网调峰能力、增强电网接纳风力发电的能力、改善电力系统运行安全性与经济性的最有效、最经济的手段之一。通过预测,风电将从未知变为基本已知,增强系统的安全性、可靠性和可控性。根据风电场预测的出力曲线优化常规机组的出力,达到降低运行成本的目的。

## 1 风功率预测情况

风功率预测方法:根据数值天气预报的数据,用物理方法计算风电场的输出功率;或是根据数值天气预报与风电场功率输出的关系、在线实测的数据

进行预测的统计方法。目前常见的方法有:基于数值天气预报的方法、基于物理计算方法和统计方法。

(1) 数值天气预报:根据大气实际情况,在一定初值和边界条件下,通过数值计算求解描写天气演变过程的流体力学和热力学方程组来预报未来天气的方法。这种预报是定量和客观的预报。常用的预测方法输入数据:风速、风向、气温、气压等的 SCA-DA 实时数据;等高线、障碍物、粗糙度等数据;数值天气预报数据。

(2) 物理方法:考虑地形、粗糙度等信息的预测方法。利用数值天气预报(NWP)系统的预测结果得到风速、风向、气压、气温等天气数据,然后根据风机周围的物理信息得到风力发电机组轮毂高度的风速、风向等信息,最后利用风机的功率曲线计算得出风机的实际输出功率。对风电场所在地进行物理建模,包括风场的地形、地表植被及粗糙度、周围障碍物等等;还对风机本身的轮毂高度、功率曲线、机械传动和控制策略等进行建模。该方法的输入参数为数字气象预报(NWP)模型。由于气象预报的每日更新频率很低,因此,该方法更适合中期风电场的发电量预测。

(3) 统计方法:是在系统的输入(NWP、历史统计数据、实测数据)和风电功率之间建立一个映射关系,应用这个关系,采用回归分析法、指数平滑法、

时间序列法、卡尔曼滤波法、灰色预测法等,通过捕捉数据中与时间和空间相关的信息来进行预测。

(4) 学习方法:是用人工智能的方法提取输入和输出间的关系,建立模型。通过大量数据的学习和训练来建立输入输出间的关系,达到预测。

新疆电网风电功率预测系统于2010年7月投入运行,系统实施初期即将当时所有已建风电场全部纳入预测系统,到目前为止,系统预测风电场为17个,预测总容量达到1560.75 MW。系统实现对新疆所有已建风电场的超短期功率预测。从系统功能划分及调度一体化角度考虑,将在原预测系统软件平台的基础上开发超短期预测模块,将超短期预

测无缝融入原预测系统中。

## 2 风功率预测系统存在的问题

为了提高电网风功率预测系统的预测精度,预测结果的可信度、准确性,需要对每个风电场进行建模。按照风功率预测方法需要的数据,则数据量越大,越多,越好。目前风电功率预测建模以单个风电场为最小单元进行,各风电场预测结果累加得到整个调度管辖区的预测结果。单个风电场采用离线建模的方式。目前系统采取的两种建模方法的对比情况如表1。

表1 两种建模对比

序号	统计方法	物理方法
原理	基于“学习算法”,通过一种或多种算法建立 NWP 历史数据与测得的风电场历史输出功率数据之间的联系,再根据该关系式,由 NWP 数据对风电场输出功率进行预测。	应用大气边界层动力学与边界层气象的理论将数值天气预报数据精细化风电场实际地形、地貌条件下的风电机组轮毂高度的风速、风向,考虑尾流影响后,再将预测风速应用于风电机组的功率曲线,由此得出风电机组的预测功率,最后,对所有风电机组的预测功率求和,得到整个风电场的预测功率。
技术特点	(1) 在数据完备的情况下,理论上可以使预测误差达到最小值; (2) 定期进行模型再训练,预测精度可持续提高; (3) 需要大量历史数据的支持,不适用于新建风电场,对历史数据变化规律的一致性有很高的要求; (4) 统计法的建模过程带有“黑箱”性。	(1) 不需要风电场历史功率数据的支持,适用于新建风电场; (2) 可以对每一个大气过程进行详细的分析,并根据分析结果优化预测模型; (3) 对由错误的初始信息所引起的系统误差非常敏感。 (4) 计算过程复杂、技术门槛较高。
建模数据需求	(1) 风电场历史同期功率数据、测风塔数据、机组故障记录、限电记录等,数据长度至少1年,且为最近两年内的数据。 (2) 每台风机并网时间。	(1) 风电场布局(每台风机位置); (2) 各风机参数(风机型号、轮毂高度、叶轮直径、功率曲线、推理系数曲线等); (3) 历史测风塔数据,数据长度至少1年,且为最近两年内的数据。
其他说明	在数据完备的情况下建模周期约1周,本方法适用于历史运行数据较为充足的风电场,预测精度较高。	物理方法建模在数据完备的情况下建模周期约为2周。新建风电场在并网前提供建模所需基础资料供建模,可保证模型随风电场同步投运。
两种预测方法原理科学,技术严谨。		
评价	需要的历史数据量太大,数据种类复杂,这制约了方法的实用性,需要高质量的基础数据和实时气象信息就能做出预测,但对数据的完整性和有效性有很高的要求。 测风计本身的测量精度误差以及风速计旋转时由于摩擦阻力和风向标的电压死区带来的误差;电信号的失真,存储设备和人为原因带来的数据丢失和破坏;人为的修改数据造成数据的损坏。对风电功率预测系统的预测精确度会有一定的影响。	依赖于对气象数据的分析,计算复杂,可能存在气象数据无法准确描述问题。 对于新疆具有特殊地理位置的风电场来说,变化频繁的自然条件和复杂的地形地貌给预测系统增加了困难。 风电场选址一般在比较偏远的地区,如山脊、戈壁滩。安装在不同海拔高度以及因容量的不同引起风电机组之间在垂直方向的落差,对风电功率预测系统的预测精确度会有一定的影响。

数据需求量大,获取难度较大,且由于需要历史数据,造成模型的滞后性,不利于新建风电场的预测。

新疆电网风功率预测系统存在如下几种不利因素。

### 2.1 国内外共性问题

(1) 预测精度受制于风电功率预测水平限制,短期、超短期风电功率预测精度不高,中长期预测较难开展。

(2) 风电功率预测必须的风电场实时测风数据、运行状态等数据还存在一些问题。由于部分风电场还没有完成实时测风塔建设等原因,风电场实时测风信息、机组运行状态等信息还没有上传到调度中心;部分风电场虽然已经完成上传,但数据质量不高。

### 2.2 新疆风功率预测系统的个性问题

(1) 新疆幅员辽阔,地广人稀,独特的“绿洲经济”与独特的“三山夹两盆”环境,以及新疆是远离海洋的地区,使得新疆的气象条件复杂,气候多变,对新疆的风资源的预测,风电的建模产生干扰。

(2) 由于新疆覆盖面积大,气象部门数值天气资料主要涵盖和集中在人居住地区,无法实现新疆全地区信息资料覆盖,无法全面覆盖新疆9大风区,同时又相对于其他省区,新疆一个气象观测点与另外一个气象观测点之间距离远,这就可能造成新疆一个气象观测点覆盖面积太大,无法涵盖该区域范围内的所有气象信息,点少面广的因素与其他省区不同,使得新疆风电预测系统难度增大。

(3) 新疆位居大陆中心,四周远离海洋,被高原高山环绕,属温带极端大陆性气候,冬季漫长严寒,夏季炎热干燥,春秋季节短促而变化剧烈。其气候特点是昼夜温差大,多样的气候类型,但全疆南北地跨纬度约 $15^{\circ}$ ,地形高差大,南、北疆有暖、寒、温带之分,东西部有明显的干湿之别,同一地区因地形高差而具有鲜明的垂直气候特征,造成了新疆东西南北、山上山下气候的不同。使得新疆各种风况复杂,使得新疆风电预测系统难度增大。

(4) 新疆风电资源丰富,风电场开发速度增快,这就使得新增风电场缺少大量的历史数据和测风塔数据,使得新疆风电预测系统难度增大。

(5) 新疆电网中风电场运行人员素质不高,风场自动化程度不能满足风功率预测需求,风电场自身的运行维护,运行人员对机组的开机、停机的统计不准确,数据的完整性降低,测风计本身的测量精度误差以及风速计旋转时由于摩擦阻力和风向标的电

压死区带来的误差;电信号的失真,存储设备和人为原因带来的数据丢失和破坏;人为的修改数据造成数据的损坏。使得新疆风电预测系统难度增大。

(6) 新疆电网风电场改建、扩建、更换机型的风电场较多,对于许多历史数据不能使用,将需要分类辨识应用,这对于风电场预测建模产生了较多的干扰因素,使得新疆风电预测系统难度增大。

## 3 提高新疆风功率预测的措施建议

通过上述多种因素分析可知:新疆电网风功率预测系统将因新疆独特的气候环境、风况、风向的多变、数值天气预报资料的不足、涵盖范围广、粗、不能完全满足风功率预测需要,缺少风电场运行的历史数据,风电运行数据不准确等因素影响模型准确度、模型的精度、模型的适应性。同时也造成模型滞后于风电场,给风电运行调度运行带来不利因素。为此需要积极研究解决措施。

(1) 为解决新建风电场缺少测风塔数据、历史运行数据而造成的风功率预测模型滞后问题,采取将物理办法与统计方法相结合,采取相似性预测方法,即区域集中预测法,其基本原理为根据调度关系或区域风能特性将所有风电场划分为几个大区,对各区域内部分运行工况良好的风电场进行精细化建模,以一定的优化算法将部分风电场预测结果外推得到整个区域的预测结果,各区域汇总得到整个调度管辖区内的预测结果,同时通过分析区域内风电场相关性及其上下游效应,可将区域预测结果降至单个风电场。该方法可保证调度侧预测系统的完整性,初步解决新建风电场预测模型的滞后问题。

(2) 针对新疆独特的风资源情况,加大风电场测风塔的建设,对地形复杂的风电场应适当增加测风塔,积极收集测风塔数据。积极推进数值天气预报应用的细化、深化,模型的优化及改进。以减少数值天气预报应用带来的误差。

(3) 为了获得更具有代表性的数据特征,在提高数据采集频率的基础上,改进数据采集系统,对数据缺损的情况采用插值填补法,利用同一个风区的多个测风塔,互相对连续缺损数据进行填补。对缺失的数据进行填补仅针对少数不可靠数据,对统计方法需要的大量数据而言不具有实用性。大量数据不合理或错误的气象因子不能被用作预测,而应该

由其它气象因子替代。可以被用作预测的因子有: 风速、风向、气温、气压、太阳辐射、空气湿度、空气密度、降水量、云层高度等9个气象因子。对不能使用的气象因子可以采用在计算该气象因子与其他因子的相关性的基础上进行替代。

(4) 采用对每台风电机组进行预测的方案可以提高预测精度, 风电机组的停机或人为因素控制功率输出也会影响原始数据的有效性。对只具有气象数据而没有历史功率数据或历史功率数据错误的风电机组, 需要对历史功率数据进行相应替代, 从而使模型能得以进行。替代方法可以根据分块预测方法进行, 具体为: 基于同型机组, 气象信息相似度最佳以及在控制策略相同的情况下, 使用该机组的功率曲线进行替代。若不能满足以上3种情况, 则可以选择采用块内其他机组的平均功率曲线进行折算后再代替。

(5) 风电运行受诸多因素影响, 如系统运行方式、网络约束常规机组处理等, 所以当风电场输出功率大于电力系统的接纳能力时, 风电场将被限电, 但对于预测系统来讲, 人为的控制功率输出直接影响原始数据的有效性。故考虑建立3组数据库: 控制下的实际输出功率数据库I、不受控制时输出功率差额数据库II和理论输出功率数据库III。其中数据库I用作风电场功率预测, 上报调度部门; 数据库III用于本风电场数学建模和风电机组的功率预测; 数据库II用作功率差额对比和计算风电场总的功率预测。通过3组数据相互补充, 以减少运行人员人为因素产生的误差。

## 4 结 论

在深入分析风功率预测系统在新疆电网应用情况及存在问题之后, 针对原系统在实际应用中的不足, 提出相应的改进措施, 采用精确的风电功率预测模型, 提高基础数据的完整率和有效性, 结合更加科学的数据处理方法, 建立相应的风电场管理制度将会对预测系统带来很大帮助。通过开发相应软件对

风电场气象信息进行统一管理; 数值天气预报信息能够提供更高分辨率的气象信息, 提高风速计的机械可靠性和测量精度, 风向标方面, 应减少死区范围。测量方法可以用电信号来代替目前的机械式方法。将智能算法应用到数据管理中, 基于数据挖掘的机器算法更能发掘出数据之间的潜在联系。提高风电运行管理的自动化水平, 提高的数据处理和管理自动化水平, 实现自动数据处理。提出了在开发预测系统的过程中还需要进一步做的工作, 最大程度推进风电功率预测系统的实用化。

## 参考文献

- [1] 范高锋, 赵海翔, 戴慧珠. 大规模风电对电力系统的影响和应对策略[J]. 电网与清洁能源, 2008(7): 44-48.
- [2] 韩爽. 风电场功率短期预测方法研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2008.
- [3] 谷兴凯, 范高锋, 王晓蓉, 等. 风电功率预测技术综述[J]. 电网技术, 2007, 31(S2): 335-338.
- [4] 王丽婕, 廖晓钟, 高阳, 等. 风电场发电功率的建模和预测研究综述[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(13): 118-121.
- [5] 杨秀媛, 肖洋, 陈树勇. 风电场风速和发电功率预测研究[J]. 中国电机工程学报, 2005, 25(11): 1-5.
- [6] 双斌, 王维庆, 张新燕. 基于支持向量机的风速与风功率预测方法研究[J]. 华东电力, 2009(9): 1600-1603.
- [7] 潘迪夫, 刘辉, 李燕飞. 基于时间序列分析和卡尔曼滤波算法的风电场风速预测优化模型[J]. 电网技术, 2008, 32(7): 82-86.
- [8] 罗海洋, 刘天琪, 李兴源. 风电场短期风速的混沌预测方法[J]. 电网技术, 2009(9): 67-71.
- [9] 张国强, 张伯明. 基于组合预测的风电场风速及风电机功率预测[J]. 电力系统自动化, 2009, 33(18): 92-95.

作者简介:

孙立成(1982)男, 工程师, 硕士, 主要研究方向为新能源发电相关技术与管理等。

(收稿日期: 2012-04-01)

# 建设节约型环境友好电网