

光伏发电系统发电功率预测

王 健

国家电投集团山东能源发展有限公司 山东 济南 250003

摘 要: 在清洁能源开发方面,光伏发电是主要的关键技术,可将太阳光转换为能源利用。而当将光伏发电系统所产生的功率并入电网中时,也将遭受输出功率不稳因素的影响,所以还应做好光伏发电输出功率预测分析,以为电网调节与自动发电的控制功能实现提供保障。

关键词: 光伏发电系统;发电功率;预测

引言

从20世纪80年代以来,光伏发电量在全球所有国家的总发电量中的份额持续上升,目前世界很多发达国家都已经研发了光伏发电技术,并增加了光伏的发电能力。由于在太阳能光伏发电系统技术的运行过程中,受太阳光及放射性温度等气象条件的影响较大,导致系统发电效率具有很高随机性、波动性和间歇性,它们均对供电系统的安全工作造成了不良干扰,而这些因素都对供电系统的安全工作产生了不良影响,所以预测光伏技术发电效果将产生重大意义。

1 光伏发电功率特性分析

在光伏发电过程中,电能必须与系统的发电特性相结合,但实际的光伏发电会受到各种因素的影响,如天气、温度等因素,所以,要做到对历史数据的深入分析,挖掘潜规则,通过建立功率预测模型及时发现,科学预测一定时期内的光伏发电量,可以在准确计算的基础上,按照预测曲线,对光伏电站的运行情况,避免光伏电站大规模负荷变化对电网运行产生不利影响^[1]。光伏发电系统在运行过程中,功率和平衡基本不变,但其他因素会因当前气候和季节的变化而变化,导致功率的不断波动输出。因此在接入电网系统的过程中,有必要对当地电网负荷情况进行充分的可研调查,结合当地历史气象信息合理预测光伏电站发电效率、最大负荷、发电量,实际分析需要过载跟踪,确定一天内光伏发电量的变化,预测6小时内用电量,利用卫星云图实现实时数据采集。电力暂态可以按照地面观测数据和天气预报信息来确定,预测的最小时间分辨率为1分钟,最大时间分辨率小于10分钟。预测的并网数据可以为电网的实时分析提供依据。对于6小时内的电力变化预报,可以直接利用气象预报数据进行分析,减少分析数据量,使气象数据的时空分辨率不太高。

2 光伏发电预测的意义分析

2.1 提高电网的稳定性,增加电网吸收光的能力

光伏发电的随机性,间歇性和波动性的特征,以及间歇性与波动性的特点,为电网安全与平稳运营造成了一系列问题^[2]。由于供电调节方式的单一方式可以选择断电方式,因此光伏电站的整体供电结构和数量增加。光伏发电预测通常比信息系统更为重要。但是,它也能够协助国家电网的调节主管部门编制各种发电调节方案。

2.2 为光伏电站有效降低了停电所带来的损失,从而提升了光伏电站运营管理的水平质量光伏发电的预测值越准确,对电网的调节能力限制也就小,从而提高了电网接收阳光的能力,也同时降低了对光伏所有者的限电造成的经营风险,也因此增加了光伏电站的总投资收益。因此,可以在没有光照期,太阳能装置测试和维修的状况下,尽量降低照度,以增加光伏电站的经济效益^[3]。

3 光伏发电功率预测方法

3.1 时间序列法

这种预测模型按照时序先后顺序排列数据信息,利用数据信息中蕴含的线性原理对未来光伏发电能力做出预估,大致分为序列平稳度研究、设定预测框架和参数、构建预测方程等阶段。这种算法建模简洁,容易掌握,能形成明显的数理表达式,但在建模阶数较多时,建模系数设定程序相对繁琐。

3.2 机器学习及深度学习

人工神经网络的"黑匣子"技术,能够将各种输入输出变量与输出目标值之间以非线性形式地连接起来,同时也能够以任意精度逼近各种非线性映射,从而完成了输入输出变量间复杂的非线性力相互作用。这样,通过人工神经网络就可以了解各种因子的复杂、非线性、多维、相互耦合等规律,从而可以分析光伏发电系统的天气性质、气温、压力等外界因子之间的不确定性因子相互作用,能够得到很好预测结论。支持向量机是一种全新的计算机训练方式,即使训练样本数较少时,仍可以

达到很大的训练精度并较好地解决了对非线性、多维数据的分析和回归问题^[4]。

3.3 综合预测法

3.3.1 由于光伏发电能量变化具有极其巨大的随机性和波动性特点,因此任何一个模块均无法对其总体变化进行精确预估。为进一步提高光伏发电系统的准确性,拟构建综合预测模型。综合预测模型主要包含了如下二个初步的实现阶段。

3.3.2 通过优化权重和融合的策略将二个或多个模型预测结果加以综合处理,充分发挥各种模型预测优点,从而提高了总体预测结果可信度。

3.3.3 通过了信号处理方式完成对光伏发电装置的时间序列预处理工作,对分解的原子排序结果做了估算,再加和各部分的估算结果得到了最后预测值。原始对光伏发电能量序列进行研究时,既可以仔细研究光伏发电输出功率的变化情况,从而发现隐含的内部变化规律,又可以了解光伏发电的输出功率总体变化,进而提升预报准确度。

4 光伏发电功率预测方法分类

4.1 按时间尺度分类

根据对光伏发电系统进行预报的结果,根据描述时间尺度的不同可把预报方法分成超短期预报、短时预测和长期预报。光伏发电输出功率的超短期预报,是指对未来的在零—四h之间范围内的光伏发电输出功率变化的预测,可以获取光伏发电输出功率短期变动信息^[5]。至于光伏发电的输出功率短时预测,则提供了在未来几日的当前时间及其在往后若干时间里的光伏发电输出信息,来说明光伏发电输出功率的趋势性变化,及其输出的结果,这也可以用来协助制订发电系统调度方式、提出对光伏电站的检修方式,及调整运营方式等。至于光伏发电输出功率长期预估则是利用传统的光数据及资讯技术,对未来一月至一年时间里的光伏发电能力进行长期预测,其结果主要包括对光伏电站规划设计、选择、制定光伏电站年度检修方案等。

4.2 按空间尺度分类

光伏发电功率预测方法基于空间区域的不同,可分为单站预测和多站(区域)预测。单站预测主要是指预估一种光伏电站发输出功率,从而进行光伏电站的优化调整与管理等功能。多站(区域)预估则主要是指通过根据区域范围内各类光伏电站的时序和空间状况,对一个区域范围的平均发输出功率进行预测,以利于调度部门平衡不同电力。

4.3 按建模过程分类

光伏发电收益分析按照建模方法的不同,区分了数值预测方法和物理估计方法。数据预测技术利用了对光伏发电功率的历史数据和天气预报信息的统计分析,通过建立模型来预测发电的动力数据。由于这种技术对光伏电站地理信息和气象分析的技术要求较大,从而缩短了预测流程,并要求更丰富的数据资料作为研究物质基础^[1]。

4.4 物理预测方法

通过研究气象信息和太阳光辐射强度间的反馈相互作用,首先预测辐射强度,继而通过光电转换模型确定能量峰值。该类技术对历史上发电能力的历史数据需求很低,可对新投入的光伏电站的发电能力进行预测。但由于此类技术对光伏电站的地理信息和天气预报等历史数据依赖性较大,且建模流程较复杂。

4.5 按预测结果表现形式分类

光伏发电功率预报根据结果形式的不同,可分为点预测、区间预测和概率密度预警。光伏发电功率点预测法能够给出对未来一个时间段确定性的单一数据,即为确定性数值预报。因此光伏发电效率时间预测实际上是一种对未来的某时期预测结果,是一种相对于过去一定时期预测概率波动的时间区间,但并非完全确定性的数据。因为区间预测相对于节点预测可以给出更多的效率波动信息,所以计算也就比较复杂。而机率密度模型则能够给出未来光伏行业发电效率的完整概率分布,并且也能够得出可以对任意置信程度的区间预测结论^[2]。

5 光伏发电系统发电功率预测

5.1 数据基础

传统的物理预测技术主要是利用太阳光发射模型、水电站模型、光伏转换模型、电网模型,甚至还有逆变器模型等预测输出功率。但是因为受到太阳辐射的不确定性、风云的变动、雨水的条件、以及电池的能量变化等多方面的因素影响,很容易导致短期预测不精确。在这些前提下通过现代信息化和计算机技术的输出功率预报技术能够充分考虑和弥补这些影响的作用。但是,该方法还是要求充分的历史数据支持,并且同时具备大数据挖掘以及人工神经网络的能力。一般而言,至少需要对光伏设备输出功率一年的时间数据,进行充分的大数据分析和统计回归。而神经网络中的数据,不仅需要与光伏系统输出功率一年的持续研究和完整的大数据和统计回归。神经网络中的方法不但要求光伏发电装置的输出功率的历史数据,并且同时需要与天气和数值天气预报的历史数据紧密相联^[3]。对历史数据的缺乏,将造成大量相关的统计数据以及新一代人工智能的技术失灵。另外,不全面的历史数据也可能导致巨大的预测误差。而

除了历史数据之外,数字天气预测,如云温度、风力、气温、相对湿度和降水的即时信息,更有利于预报的实时训练和改变内部数据以达到较好的预报准确率。

5.2 基于数值天气预报的方法

数值天气预报根据流体力学和热力学原理的微分方程组,在判断大气的运动状态时,就能够迭代地计算出来在特定时间内大气的状态,包括一般认为的气温、风速、雨水、阳光照射量等。目前被普遍使用的全球数字天气预报模型,主要有美国的GFS模型和欧盟的ECMWF模型,最长时可以完成15d的天气预报任务,而由GFS免费进行天气预报。我国数值天气预报模式的空间分辨率和时间分辨率都比较小,在目前的模拟中其空间分辨率为16~50km,时间分辨率为3~6h。全球数字天气预报模型一般都无法实现商业应用,而往往作为其它更小尺寸预报的基础。中尺度数字天气预报模型一般都只在的一小部分范围,在世界各个城市的商业企业应用,空间分辨率和时间分辨率都要高的多,一般空间分辨率为1~20km,时间分辨率约为1h。

中尺度天气预报模式目前所采用的是WRF模式^[4]。所谓WRF模式,是在20世纪90年代初期由我国的科研所为基础,所开发的一种中国国内统一的中尺度数字天气预报模型,2000年起免费对外公布,现已更新出了几个版本,使用者也可以在其上自由设计自己的数字天气预报模式,其分辨率可以达到1km。将MM五中尺度模式与美国国家环境预测中心模型的辐照度预测和地面监测值进行了比较研究。出了一种可以通过利用ECMWF所提出的辐照度预测数进行对同一个地方和范围内光伏电站发电功率预报工作的新方法。但目前,数值天气预报的最大缺点是其空域和时间分辨率仍然不高。1km的高空域分辨率也就根本无法对具体的一块云作出了预测,也就只能对某一区域的总体平均天气情况作出了预测。但是1h的低时间分辨率,也就不能进行较多时间分辨率的大功率预测。所以,采用数值天气预报的方法目前主要应用于更大的光伏发电系统功率预报^[5]。

5.3 精度指标

作为主要的风能发展国家,西班牙有着严苛的风能并网要求,里面含有对48h时间尺度的风电场输出功率的性能指标,如:均方误差为20%,最大误差为30%;对24h时间尺度的风电场输出功率预测的均方误差为10%,最大误差为15%。

目前在各类资料上有较多的关于光伏发电系统预测的技术性指标数值,包括均方根误差、相对均方根误差、平均绝对误差百分比、平均绝对偏差、平均相对误差、平均偏差错误、均方误差、相对偏差、平均误差、平均绝对误差、平均相对误差、归一化误差、最大平均误差、平均相关系数等等。这种预测精度指数使用了不同的数学模型和改进措施,从而很难将它进行统一比较分析,无法建立国际标准。

5.4 评价标准

如果缺乏长期的应用测试数据或在相同环境下的试验、应用验证,单纯利用计算、网络资料等简单的实验结果来评估光伏发电效果的标准方法,是不严谨的。但随着光伏技术的大量广泛应用,光伏发电网络的部署、建设和应用也离不开光伏发电效果的标准。而光伏行业的工程师和研究机构,也必须在工作报告和科研文章中用一种通用评估方式,为读者提供客观全面、令人信服的大数据分析和科研成果^[1]。

结语

光伏发电的输出功率,受日照辐射强度、气温、压力等各种因素的影响变化巨大,且存在着明显间歇性、随机性与波动性。而光伏发电输出功率的不确定性,将会对已并网的电力系统运行情况造成不良影响,会加大自动发电管理和电网调节的困难,从而影响整体电力效率,并损害电力系统功角和小扰动性能。因此为了合理提升电网的消纳水平,就需要对光伏发电效率做出准确预估。

参考文献

- [1]宋绍剑,李博涵.基于LSTM网络的光伏发电功率短期预测方法的研究[J/OL].可再生能源,2021(05):1-9[2021-05-16].
- [2]姚文杰,骆磊,高翔.基于潮流交替迭代的光伏电站发电功率预测[J].电子设计工程,2021,29(09):94-97+102.
- [3]吴攀.光伏发电系统发电功率预测[J].发电技术,2020,41(3):6.
- [4]张博文.光伏发电系统功率预测及控制技术研究[D].重庆理工大学,2020.
- [5]胡雪凯,时珉,胡文平,等.光伏电站功率预测影响因素分析及准确率提升方法研究[J].河北电力技术,2020,039(002):1-6,14.