

基于高准确度实时数据库风功率预测模型新方法

随着风力发电场装机容量的不断提高,对于如何提高风速功率预测的准确度成为一个重要的课题。以提高风功率预测准确度为目的,提出了一种风速-功率新的预测计算方法。这种模型算法不依托与风速和功率的对应关系,通过风功率的理论模型以及实际发电量计算得出发电率,并通过发电率计算得出统计时间段内的平均发电率,再通过预测风速和风功率的理论模型计算出预测理论发电量,进而可以通过发电率算出预测发电量。通过试验证明,所提出的方法能有效提高预测准确度,具有较强的实用性。

王 韬 冯泽磊/国电南京自动化股份有限公司

0 引言

当前风力发电已经比较盛行,在发电领域中所占比重在逐年扩大。所以,对于如何准确预测风力发电情况,以减少对电网负荷的冲击,越来越成为一个突出的问题。目前,关于短期风功率预测模型,主要都是围绕风速功率数据^[1-5]及对应的时间标签进行数据拟合,形成一定的对应关系。统计风速和功率对应数据比较关键,但这些数据统计起来难度较大,并且由于使用的数据库不够精准,同一时刻风速和功率的匹配不够准确,导致计算所得的模型准确度不高。在文献[6]中,对目前国内外常见的预算方法也进行了概述,总结起来可以分为两大类:中长期预测和短期预测^[7-12]。中长期预测主要是围绕风速预测^[13-16],短期预测主要是基于风速功率的对应关系。本文讨论这种预测方法,既适合于中长期预测,也适合于短期预测。同时,由于各个地域的气候条件的

差异,在短期预测造成计算出来的误差结果就比较大,因此风速预测的准确性至关重要。

本文介绍一种全新的计算方法,即发电率算法。此方法不需要统计风速、功率数据与时间的对应关系,进行数据拟合。

1 风功率算法

这个算法中涉及到发电率、实际发电量、预测电量和预测理论电量等算法。

1.1 发电率

在这个计算方法里,把发电率的计算公式定义如下,即

$$P_r = \frac{P_{ag}}{P_t} \quad (1)$$

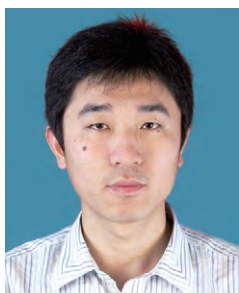
式中, P_r 为发电率; P_{ag} 为测试时间间隔 Δt 内的实际发电量; P_t 为测试时间间隔 Δt 内的理论发电量。

实际发电量的数据比较容易获取,对于单台风机来说,每台风机都有自己的计量表计,通过计量就可以计算出日度、月度和年度实际发电量。所以如何获得理论发电量是问题的关键。

1.2 实际发电量计算

发电量除了电能表计量计算之外,还可以通过功率时间积分进行计算:在指定的时间段,对功率数据进行积分计算得出。时间-功率对应关系如图1所示。

假设图1为一台风机一天时间内功率随时间变化的走势对应图, x 轴为时间, y 轴为功率,对图1中部分面积求和,就



王 韬/工程师

关键词/Keywords

风功率算法 ·
发电率 ·
理论发电量 ·
预测理论发电量 ·
平均发电率 ·
预测发电量 ·

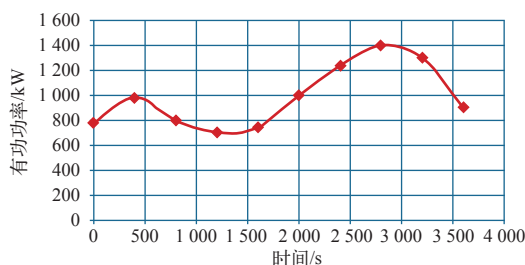


图1 时间-功率对应图

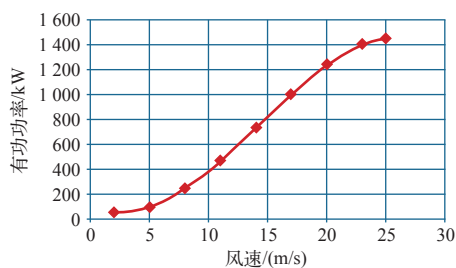


图2 风速-功率对应图

可以算出电量。

电量计算可以采用以下两种算法。

(1) 积分算法

采用积分算法,要准确到每一秒对应的功率数据,如果准确度要求更高,可以精确到每一纳秒或每一毫秒对应的功率值。通过积分算出每一秒钟(纳秒、毫秒)的电量数据,将所有单位时间算出来的电量累加,就可以得出相应时间段的电量值,这种算法电量数据比较精准。

(2) 功率估值算法

电量估值算法可以把每一秒钟的功率值简单的算作这一秒钟的电量。

电量计算公式为

$$Q = PT \quad (2)$$

式中, Q 为发电量; P 为测试时间间隔 Δt 内的功率; T 为测试时间间隔 Δt 。

因为时间为1 s,所以功率就可以作为电量,这里要注意电量单位换算,然后把所要计算时间段内每一秒钟的功率值累加,就可以相应计算出统计时间段内的电量值。这种算法相对简单快捷,对估算比较方便。

1.3 理论发电量

发电量的计算方法前面已经分析,下面来讨论如何计算理论发电量。

理论发电量的计算需要三个方面的条件构成:风机理论风速功率模型、获取高准确度实时风速数据和积分电量或者电量估值算法。

(1) 风机理论风速功率模型

图2为风机厂家提供的风速-功率对应关系图。 $P=f(v)$, v 为风速; P 为风机有功功率。

一般风机的有效风速为3~25 m/s,不同类型

机组可能会略有不同。

(2) 获取高准确度的实时风速数据

除了厂家提供的风速-功率关系模型外,还需要获取高准确度的风速数据,一般可以通过高准确度的实时数据库获取,目前现存最好的高准确度实时数据库为PI数据库,可以从里面获取毫秒级对应时间的风速值,有了风速值之后,就可以通过风机理论风速功率模型计算得出在某一时间点该风速的理论功率数据,就会形成对应的统计时间段内的时间-功率图。

(3) 积分电量或者电量估值算法

形成时间-功率图之后,就可以采用电量计算方法中提到的计算方式,无论是求导算法或者功率估值算法都可以,关键是看对数据要求的准确度。算出对应的电量数据,此时算出来的电量数据叫做理论发电量。至此获得了理论发电量数据。

1.4 日度平均发电率

有了理论发电量和实际发电量,通过式(1)就可以计算出发电率,为了提高发电率的可用性,需要对连续五年或十年同期的发电率进行求平均值算法,即

$$P_{rd} = \frac{\sum_{i=0}^n P_{i,r}}{N} \quad (3)$$

式中, P_{rd} 为日度平均发电率; $P_{i,r}$ 统计周期中的第*i*个发电率; N 为统计周期。

通过该算法可以算出一年中任何一天的日度平均发电率数值。

1.5 预测电量

从式(1)可以看出

$$P_{ag} = P_i P_r \quad (4)$$

对于预测电量而言

$$P_{agf} = P_{tf} P_r \tag{5}$$

式中， P_r 为发电率； P_{agf} 为测试时间间隔 Δt 内的预测发电量； P_{tf} 为测试时间间隔 Δt 内的预测理论发电量。

可以通过历史数据计算出日度平均发电率。

理论发电量可以通过预测风速（该数据可以通过气象部门或者风电场自行安装的风速预测装置获取），最好是风机自身的风速预测装置的风速预测，因为风电场面积分布较广，即使同一风电场的不同位置，风速也有所不同。或者同一区域范围内的，可以采集一个风速和风机厂家提供的风速-功率模型，通过积分算法或者功率估值算法算出日度平均发电率和预测理论发电量，然后通过式（5）就可以预测出日度发电量。

1.6 真实验证

以某风电场一期机组的实测风速为例进行分析，场内共有33台风电机组，装机容量为49.5 MW，发电机轮毂高度为70 m。该风电场场址中心为内蒙古化德县三胜区域，位于丘陵地区，所处位置有连绵不断的低矮山丘，海拔70 m处年平均风速为8.7 m/s。

(1) 关于预测风速

图3为2012年6月15日某风场的33台风电机组的日度发电量，这些都是同一型号的风机，从图3的数据趋势可以看出，同一区域，由于风机分布的位置不同，即使气候条件比较相似，但风速却有差别，导致发电量差异也比较大，所以最好是提供每台风机的预测风速。如果是地理位置比较相似的，可以提供一个预测风速。

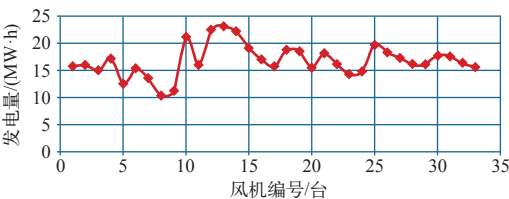


图3 日度发电量数据

(2) 数据验证

由于预测风速的准确性对功率的预测结果影

响比较大，所以采用后功率验证的方式，对历史某一天的功率数据、风速数据，通过已经计算出来的风速功率模型以及发电率进行计算对比。

下表为2012年6月19日的电量计算情况，其中A10风机当天停机检修，不发电。A28、A29号风机限制发电。

表 预测电量与实际电量对比分析

风机 编号	装机容量 /kW	预测发电量 /kW·h	实际发电量 /kW·h	电量误差 /kW·h	准确率 (%)
A01	1 500	18 022.37	16 080.25	1 942.12	89.22
A02	1 500	18 030.84	16 963	1 067.84	94.08
A03	1 500	19 038.46	16 142.38	2 896.08	84.79
A04	1 500	16 208.3	15 104.5	1 103.8	93.19
A05	1 500	16 091.34	14 285	1 806.34	88.77
A06	1 500	14 907.7	12 632	2 275.7	84.73
A07	1 500	13 150.67	12 561	589.67	95.52
A08	1 500	15 624.98	14 678.25	946.73	93.94
A09	1 500	14 868.03	13 902.25	965.78	93.5
A10	1 500	21 647.99	0	21 647.99	0
A11	1 500	18 489.5	15 927.5	2 562	86.14
A12	1 500	19 409.31	16 615.5	2 793.81	85.61
A13	1 500	18 548.62	16 414.75	2 133.87	88.5
A14	1 500	18 320.32	16 184	2 136.32	88.34
A15	1 500	15 850.59	14 198.75	1 651.84	89.58
A16	1 500	15 707.6	14 677.75	1 029.85	93.44
A17	1 500	17 388.32	15 853.25	1 535.07	91.17
A18	1 500	17 921.47	15 728.5	2 192.97	87.76
A19	1 500	17 661.78	15 685.75	1 976.03	88.81
A20	1 500	15 954.54	14 337	1 617.54	89.86
A21	1 500	17 606.26	15 215.75	2 390.51	86.42
A22	1 500	16 847.22	15 555.5	1 291.72	92.33
A23	1 500	17 773.29	17 243	530.29	97.02
A24	1 500	18 346.74	17 335.75	1 010.99	94.49
A25	1 500	19 178.97	16 983.5	2 195.47	88.55
A26	1 500	18 586.14	15 565.25	3 020.89	83.75
A27	1 500	16 223.89	15 296.75	927.14	94.29
A28	1 500	19 037.44	11 326	7 711.44	59.49
A29	1 500	19 007.74	11 326	7 681.74	59.59
A30	1 500	13 992.83	13 685.5	307.33	97.8
A31	1 500	15 075.18	14 113.25	961.93	93.62
A32	1 500	18 789.22	15 434.25	3 354.97	82.14
A33	1 500	18 578.05	16 400.5	2 177.55	88.28

表中准确率的计算方法为

$$A_r = \frac{P_{ag}}{P_{agf}} \tag{6}$$

式中, A_t 为准确率; P_{ag} 为测试时间间隔 Δt 内的实际发电量; P_{agf} 为测试时间间隔 Δt 内的预测发电量。

表中测试数据表明, 只要预测风速准确, 并且依据已经计算出来的发电率数据和风功率理论模型, 通过电量计算方法可以有效预测电量数据, 且预测数据的准确率都比较高。

2 结束语

预测电量的准确性除了和计算方法有关, 还和预测风速数据的准确性有关。

1) 历史同期的气候条件都是比较相似的。通过该方法可以看出, 风速在哪个范围内与理论风速功率模型误差比较大。发电率数值越大, 说明误差越小。

2) 同时根据历史同期的气候, 本预测方法可以根据历史同期风速范围区间、历史发电量和不同风速范围区间发电率等因素, 对未来同期的某一天做出初步的预测。

3) 通过该算法可以看出, 不同风机在不同区域内, 哪些风机运行效率比较高、发电率比较大, 可为区域风机选型提供指导。

4) 下一步研究方向为: 不同地区、不同类型风机在不同风速区间范围内发电率数据的变化情况。

参考文献

- [1] 王钊, 潘险险, 陈迎, 等. 基于实测数据的风电场风速-功率模型的研究 [J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42 (2): 23-27.
- [2] 刘立阳, 吴军基, 孟绍良. 短期风电功率预测误差分布研究 [J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41 (12): 65-70.
- [3] 秦政, 包德梅, 赖晓路, 等. 风电场风功率预测系统研究 [J]. 计算机技术与发展, 2013, 23 (7): 73-76.
- [4] 李洪涛, 马志勇, 芮晓明. 基于数值天气预报的风能预测系统 [J]. 中国电力, 2012, 45 (2): 64-68.
- [5] 刘纯, 范高峰, 王伟胜, 等. 风电场输出功率的组合预测模型 [J]. 电网技术, 2009, 33 (13): 49-53.
- [6] 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.
- [7] 戚双斌, 王维庆, 张新燕. 基于SVM的风速风功率预测模型 [J]. 可再生能源, 2010, 28 (4): 25-28, 32.
- [8] 袁铁江, 晁勤, 李义岩, 等. 大规模风电并网电力系统经济调度中风电场出力的短期预测模型 [J]. 中国电机工程学报, 2010, 30 (13): 23-27.
- [9] 周松林, 茆美琴, 苏建徽. 风电功率短期预测及非参数区间估计 [J]. 中国电机工程学报, 2011, 31 (25): 10-16.
- [10] 刘立阳, 吴军基, 孟绍良. 短期风电功率预测误差分布研究 [J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41 (12): 65-70.
- [11] 王韶, 杨江平, 李逢兵, 等. 基于经验模式分解和神经网络的短期风速组合预测 [J]. 电力系统保护与控制, 2012, 40 (10): 6-12.
- [12] 王建成, 杨苹, 杨曦. 基于数值天气预报的风电功率预测建模研究 [J]. 可再生能源, 2013, 31 (2): 34-38.
- [13] 齐雪雯, 谢开贵, 胡博. 风速分布预测的指数平滑模型及其在配电网可靠性中的应用 [J]. 电力系统保护与控制, 2012, 40 (12): 1-6.
- [14] 王国权, 王森, 刘华勇, 等. 基于自适应的动态三次指数平滑法的风电场风速预测 [J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42 (15): 117-122.
- [15] 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.
- [16] 尹东阳, 盛义发, 蒋明洁, 等. 基于粗糙集理论-主成分分析的Elman神经网络短期风速预测 [J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42 (11): 46-51.

(收稿日期: 2015-12-20) **EA**