

基于概率分布统计原理新疆风电运行分析

张新伟¹, 常喜强², 孙谊嫔², 姚秀萍², 晁勤¹

(1 新疆大学电气工程学院, 新疆 乌鲁木齐 830047; 2 新疆电力调度通信中心, 新疆 乌鲁木齐 830002)

摘要:通过对新疆电网现有风电的发展情况的相关数据进行统计, 结合数理统计原理中的概念和原理, 在对新疆电网风力发电研究的基础上, 对风力发电存在问题的分析, 从数理概念角度分析了如何减少大规模风电发展对新疆电网的影响, 从新的角度提出了风电大规模发展的思路和建议, 为风力发电的发展提供一定的参考和借鉴。

关键词:新疆电网; 概率分布; 风力发电; 开发利用

Abstract: Through combining with the mathematics statistics conception and theory, the related development of the existing wind power generation in Xinjiang power grid is investigated. Based on the research about wind power generation and the analyses of its existing bottle-neck, how to reduce the disadvantages of wind power is analyzed from the point of view of mathematics, and the ideas and advices for large-scale development of wind power are proposed, which can provide a certain reference for the further wind power development.

Key words: Xinjiang power grid; probability distribution; wind power generation; development and application

中图分类号: TM732 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-6954(2010)06-0026-04

0 引言

由于化石能源资源日益紧缺, 发展和应用风力发电及其他可再生能源是节约能源的重要举措。发展风电作为实施能源可持续发展战略的重要措施, 近几年在全国得到了快速的发展应用。新疆特有的地理环境和气候条件造就了风能资源十分丰富, 目前新疆风电已形成多家办电的建设格局, 风力发电发展迅速, 装机容量快速增长, 为风电研究提供了广阔的平台。然而, 风电的大量快速开发, 集中接入, 又因为风电自身发电特点, 给电网安全稳定运行带来了许多新的问题, 国内大量的文献对风电接入后对系统产生的影响进行了深入的分析, 并提出了许多解决措施, 如对风电大规模接入后的调峰问题、对系统产生的谐波问题、暂态稳定性问题、风力发电功率预测问题等方面, 下面结合数理统计原理中的概念和原理, 在对新疆电网风力发电研究的基础上, 对风力发电存在问题的分析, 从数理概念角度分析了如何减少大规模风电发展对新疆电网的影响。

1 风力发电的特点

由于风力发电功率的不稳定性, 对于系统的影响

是显而易见的。主要表现在: 风电的间歇性发电特征与电网连续、可靠、稳定、经济供用电相矛盾; 风速变化的随机性造成容量可信度低; 给电网有功、无功平衡调度带来困难; 同时还将产生电能质量问题, 并对电网稳定性产生一定影响。

2 新疆风电发展及运行情况

2.1 新疆风电发展建设状况

新疆特有的地理环境和气候条件, 造就了风能资源十分丰富, 全疆风能资源总储量巨大, 理论上估算新疆全年可提供 2.77 PW·h 电量, 居全国前列。风区总面积达 $15.45 \times 10^4 \text{ km}^2$, 疆内年平均风功率密度 $\geq 150 \text{ W/m}^2$ 的面积为 $12.6 \times 10^4 \text{ km}^2$, 技术开发量 234 GW。形成了新疆风多、风大的气候特点。新疆的风能资源品质好, 风频分布较合理, 破坏性飓风十分少见。新疆多数地区风速变化规律是以春秋大、夏季次之, 冬季偏小。即 4 月、5 月风速最大, 12 月和 1 月最小, 风力资源有利于开发, 同时在新疆部分地区呈现冬春季多风, 可弥补枯水期水能资源的缺乏。随着新能源政策的出台, 新疆风力发电进入快速发展时期。

2.2 风电规模及分布

目前,建成运行具备一定规模的风力发电场共计 9 家,分别是天风风电场、水利厅风电场、玛依塔斯天润风电场、布尔津天润风电场、白杨河风电场、中节能风电场、达风风电场、小草湖风电场,农五师风电场。风电总装机容量为 663.15 MW,占新疆电网总装机容量的 5.8%,分别分布在新疆达坂城地区、塔城地区、阿勒泰地区、吐鲁番地区、博州地区。

新疆电网 2001—2010 年风电装机容量和 2007—2008 年全网风力发电机组发电量曲线分别如图 1、图 2 所示。

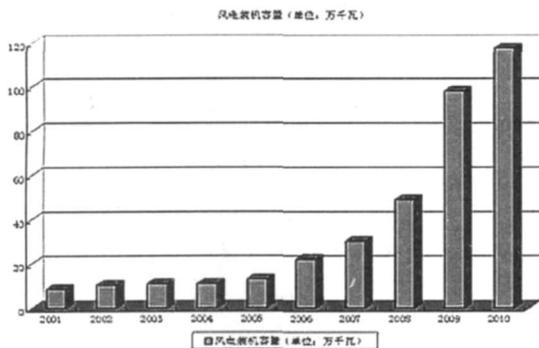


图 1 2001—2010 年风电装机容量

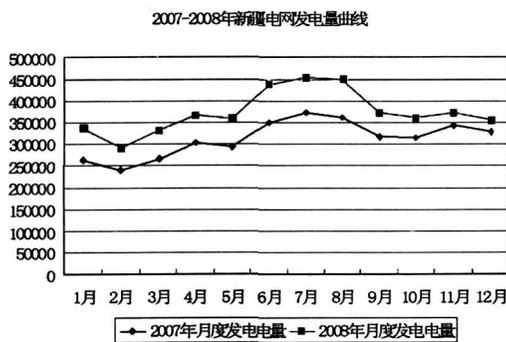


图 2 2007—2008 年全网风力发电量

从上面的数据看出,虽然新疆电网目前为独立电网,对风电发展有一定的制约,但是新疆电网开发利用风能资源的力度仍然很大,新疆风力发电,清洁能源的利用在新疆得到更大的发展和利用。从曲线中可以看出新疆电网总发电量和风力发电量都是逐年显著增加。2008 年,风力发电总电量 777.29GWh,风力发电量明显增加,较 2007 年增加了 56.5%。

3 概率统计理论

随机事件表现出不确定性,在大量的重复试验中,随机事件发生的可能性是稳定的,具有统计规律性,随机事件的概率就是描述这种规律性,在大量的

重复试验中,事件 A 发生的概率逐渐稳定与某一个数值 $P(0 \leq P \leq 1)$ 的这种特点就是定义概率的基础,易知,数值 P 较大时,事件 A 发生的可能性就较大,反之亦然,数值 P 是事件 A 固有属性的一种表现,因此用它来度量事件发生的可能性大小是客观的。

在相同的条件下进行大量的重复试验,若当试验次数逐渐增大时,事件 A 发生的频率逐渐稳定于某一个数值 P,则称为事件 A 发生的概率,它说明频率的稳定性是概率的经验基础,而频率的稳定值就是概率,在大量的重复试验中,概率通过频率表现出来,在实际工作中往往把大量实验中得到的频率作为概率的近似。

概率理论方法在不确定性的事件和确定事件中建立起了一个桥梁和纽带,对于研究不确定问题有很好的启示。

4 新疆风电运行的概率统计分析

通过概率数理统计原理可以知道,不确定性的事件是可以得到一些确定的事件的,因此,由此可以考虑风电发电出力是不确定的因素,各个风力发电场的风力发电出力也是不确定的因素,但是通过大量的数理统计,引入概率统计理论原理,可以通过现有风电场的风力发电运行数据,确定出每个风力发电厂的最低技术出力(不确定事件的概率),再结合新疆电网所接纳的风力发电厂的同时性,进而就可以确定出新疆电网目前在运风力发电厂的最低技术出力,从而找出风电场出力变化波动的范围,进而可以研究出集中接入风电和分散接入风电的优缺点,从而进一步分析得出电网对风电的调峰、调频的承受能力,以及接入方式的依据,对风电发展建设和接入方式提供一定的技术支撑,为电网接纳风电提出借鉴。

4.1 单个电厂的出力统计分析

对新疆电网 6 个风力发电厂 1—10 月的 10 个月的 3 个典型日 4 个时刻 120 个点的出力和总出力进行抽取和统计分析,结果如图 3 所示。

从上述数据可以看出,取出力概率分布最大的数据作为基准,则天风风电和小草湖风电发电出力为 0 的概率最大,其余均有出力,玛依塔斯风电场、水利厅风电场、中节能风电场概率最大的出力分布区为 $0 < m \leq 20\% P_{max}$,达坂城风力发电场概率最大的出力分布区为 $20 < m \leq 40\% P_{max}$,进而几个风电场的概率最

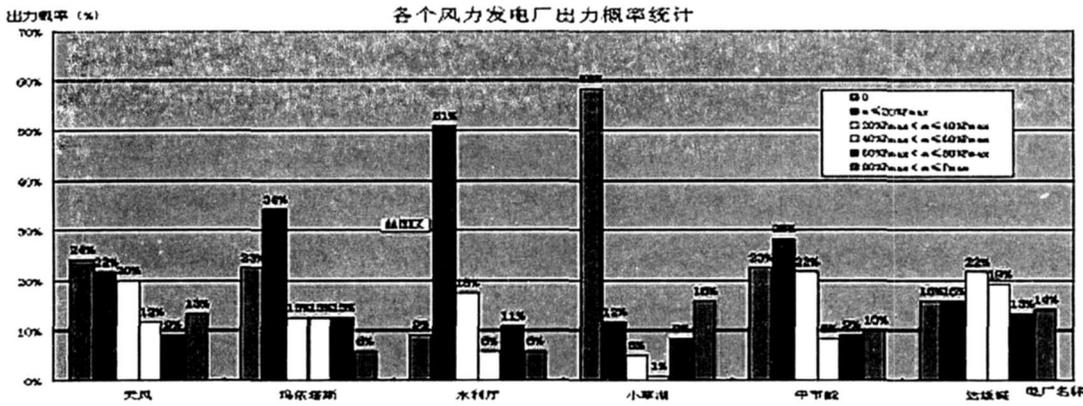


图 3 各个风力发电厂出力概率统计

大的分布区间为 $0 < m \leq 20\% P_{max}$, 故从新疆电网单个风电场出力分布上可以认为是各个电厂出力 20% 的叠加。当然, 如果统计样本更大, 电厂更多, 则规律性和准确性越高。

4.2 新疆电网的出力统计分析

在考虑新疆电网风力发电场发电出力同时率问题之后, 对新疆电网风力发电厂总出力数据与上述各个风力发电场出力数据累加进行对比分析, 结果如表 1、表 2 所示。

从上述数据可以看出, 新疆电网风电总出力实时累计之和 (同时刻) 也在 $0 < m \leq 20\% P_{max}$ 范围内波动, 故可以认为新疆电网风电场最小出力为 $20\% P_{max}$, 而不是 $0MW$, 通过进一步统计分析, 细化样本空间和样本数据, 发现新疆电网中风电场最小出力在 $10\% P_{max} < m \leq 20\% P_{max}$ 范围内波动, 如果统计样本更大, 电厂更多, 则规律性和准确性越高。

从上述数据中可以看出, 不同地区的风电场由于地理空间分布不同, 风资源时空分布的差异性, 减少了风电出力波动对系统的影响, 弥补了风力发电随机性的部分不足。对于新疆电网总体接纳的风电装机容量一定的情况下, 接入到不同风区的风电越多, 分布越分散, 则风电波动的范围将减小越多, 如果上述风电均建在吐鲁番地区, 从小草湖风电场概率分布数据统计可以看出, 最低出力为 0 的概率最大, 则波动范围在 $0 \sim P_{max}$ 也越大, 而安装在不同地区后, 则缩小了 10% , 即使同一个风区 (达坂城风区), 在风能资源跨度较大时, 风力发电的出力波动范围也减小了 10% 。达坂城风区中的水利厅风电场和达风风电场的出力概率分布可以明显的看出。

故在一个电网接纳风电能力有限的时期, 如果要最大限度的承受和利用风力资源, 应分散布局, 分散的点越多, 则减少风电的波动越大, 即使同一个风区

表 1 各风电场出力及风电累计总出力范围数据统计表

	天风	玛依塔斯	水利厅	小草湖	中节能	达坂城	总出力
0	29	27	11	70	27	19	2
$0 < m \leq 20\% P_{max}$	26	41	61	14	34	19	33
$20\% P_{max} < m \leq 40\% P_{max}$	24	15	21	6	26	26	29
$40\% P_{max} < m \leq 60\% P_{max}$	14	15	7	1	10	23	24
$60\% P_{max} < m \leq 80\% P_{max}$	11	15	13	10	11	16	17
$80\% P_{max} < m \leq P_{max}$	16	7	7	19	12	17	15
样本点最大出力 /MW	51.9	45.7	31.96	79.7	91.06	160.49	371

表 2 各风电场出力及风电累计总出力范围概率统计表

	天风	玛依塔斯	水利厅	小草湖	中节能	达坂城	总出力
0	24%	23%	9%	58%	23%	16%	2%
$m \leq 20\% P_{max}$	22%	34%	51%	12%	28%	16%	28%
$20\% P_{max} < m \leq 40\% P_{max}$	20%	13%	18%	5%	22%	22%	24%
$40\% P_{max} < m \leq 60\% P_{max}$	12%	13%	6%	1%	8%	19%	20%
$60\% P_{max} < m \leq 80\% P_{max}$	9%	13%	11%	8%	9%	13%	14%
$80\% P_{max} < m \leq P_{max}$	13%	6%	6%	16%	10%	14%	13%

也可以考虑分散接入,当然,需要在条件和经济性合理可控范围之内。

4.3 接入通道故障概率分析

风电大规模开发后,在风电出力较大时,一点接入和多点接入方式,联络通道故障概率也不同,N点接入,单通道故障概率降低为 $1/N$,则联络通道故障后引起整个电网风电出力波动的幅度也大大减小,风电引起的潮流波动,转移也大大降低。以新疆达坂城风区风电建设为例,从接入系统的通道电气设备故障的概率上来看,达坂城风区几个风电场分别以 110 kV 芟风一、二线和 220 kV 达风变电站两个通道与新疆电网联络,则从联络通道故障引起风电甩出力的概率将为 $1/4$ (四线、四主变压器),对联络通道故障后造成风电停运对系统的冲击也将为 $1/4$ 。由联络通道故障引起的风电的变化对系统的稳定性、潮流分布、电压控制也大大降低。

4.4 风资源波动概率分析

同容量的风电装机容量,接入不同的风区后,风资源变化对系统的影响程度也大大降低,风能的突然消失将造成风电停运,集中接入的风电会因为风的消失而停运,造成功率变化幅度较大,分散接入不同风区可以最大限度地减少风资源对电网的影响。即减少风电集中送出对系统电压、功率转移造成的影响,减少风的消失对风机功率的影响,进而减少风电对电网功率波动造成的影响,从而减少系统功率的波动。又可以利用各风场来风的不同时性,分布式风电较强的“错峰效应”,使全网风电总出力变化趋于平缓,减少电网调峰调频压力。若集中大容量一点接入,风能的消失和变化以及因为气候变化造成风资源的变化将很大程度地影响集中接入一点风电出力,风电出力变化将增大,进而风能的波动对系统的稳定性、潮流分布、电压控制产生的影响也越大,就如同一个大型发电厂电煤供应突然中断一样,电厂装机容量越大,电煤中断供应对系统的影响越大,汽轮机突然停运造成发电机组出力波动到 0 对系统的影响也越大。

5 发展风电采取措施的效果分析

新疆电网目前为独立电网,风电发展在新疆电网将有与别的电网不同的问题。风电的快速发展,给新疆电网的运行带来很大的调峰、调频问题。然而新疆电网能接纳较高比例的风电而不限制风电出力,

接纳风电并网容量超过了国际上通常认为的 6% ~ 8%。风电装机容量占新疆电网 2008 年最小负荷比例约为 16%,电网后夜风电发电比例占负荷高于 10% 以上,大大超过了大型电网容纳风电的比例。几年来新疆风电机组没有发生因电网原因限制发电的现象,基本实现了全额收购风电。几年来风电机组没有发生因电网原因限制发电的现象,基本实现了全额收购风电。新疆风电的建设与电网同步和谐展开,达到了保证风电效益和电网安全运行双赢。

通过对风电场分布、风资源情况、风电出力情况、同容量的不同接入方式从数理统计角度进行了分析,新疆电网风电发展建设与电网运行控制,风电的等效装机、风电出力波动量及系统的调节能力和运行达到了一个相对的平衡。

新疆电网在发展风电建设中充分考虑以下因素:电网规模、电网中不同类型电源的比例及其调节特性、负荷水平及其变化特性和风电场的地域分布、可预测性与可控制性等。充分利用了分散布点、不同方式接入等来削弱风电随机性和不确定性因素给新疆电网的带来的影响,减少风电的变化对系统的稳定性、潮流分布、电压分布、功率转移、功率波动造成的影响,又利用各风场来风的不同时性,分布式风电较强的“错峰效应”,使全网风电总出力变化趋于平缓,减少电网调峰调频压力。

6 小 结

新疆电网在风电接纳能力一定的情况下,通过概率数学方法研究,得出分散布局方式建设风电思路,总量相同,分散格局,星点接入方式,减少风电对电网的影响程度。目前,电网分别在 6 个地区建成了不同容量规模的风电场,而避开了集中在一个地区开发风电场、减少风资源对风电出力的影响。

通过对新疆风电出力波动、新疆电网对风电接纳能力以及对采取的各种措施效果的分析,与新疆电网实际运行情况证明这些应对风电波动出力及保证电网安全运行的方法是有效的。无论风电的等效装机、风电出力波动量及系统的调节能力和运行,电网的配合建设方面,对新疆电网最大程度接纳更多的风电是有一定的成效的。

只要积极开展对风电特殊性的研究,积极采取各
(下转第 73 页)

际不一致,造成两台主变压器内部环流的严重问题。

3.2 电流环带负载的限制

电流环监测挡位是在较小负载的情况下,满足恒流输出。当负载超过一定量时,就不能准确反映挡位。如某某变电站在低挡位时,能正确显示挡位,当超过 13 档时开始出现输出不稳定,15 档后完全饱和,即当主变压器挡位调至 15~19 档时,监控机全部显示为 15 档的缺陷。经检查主变压器配套用的挡位测控装置带上监控装置和 VQC 两个负载后,输出电压仅 8 V,由于监控机上内阻为 500 Ω ,VQC 装置内阻为 250~500 Ω ,通过 4~20 mA 电流后产生接近 4~20 V 的压降,当把 VQC 装置取消后,监控机上就能正确显示挡位。根据这种现象,将监控机与 VQC 装置分别接入不同通道,分别降低了所带负载,同时实现了监控机测档和 VQC 的远方监控。

4 挡位远方监测的技术改造

目前变压器挡位远方监测的主要方式中一对一全遥信方式、电阻分压方式、电流环方式和 BCD 码传输方式都各有优缺点。一对一全遥信方式有时会产生在 17 档制和 19 档制之间的转换矛盾。电阻分压监测方式中由于变压器在调档时,若触头压紧不牢固,会有电弧发生,将串接在辅助刷形开关上高精密度电阻烧坏,影响挡位的监测。电流环方式存在带负载能力不

够强。BCD 码传输是用电信号传递,而不是用模拟量传递,没有误差,是纯遥信方式,具有抗干扰能力强、误码率低、施工方便等优点,综合比较是最佳选择。

改造方法:分解开关的分解位置信号由分解开关电动机构通过 19 芯航空插座输入到 BMQ-Y19YB2 挡位编码器内,经过隔离送 CPU 中央控制器编码,输出一一对应无源接点和 2 组 BCD 码无源接点。BCD 码传输到主控室内,监控系统和 VQC 装置上的遥信开入回路,按照 BCD 编码规则进行还原计算即可算出变压器实际挡位。无论是 17 档还是 19 档的变压器,与监控系统接口都仅需要一根 6 芯的电缆,占用 5 个遥信资源。现通过采用 BMQ-Y19YB2 挡位编码器以成功将 110 kV 三河站、110 kV 金江站、110 kV 金堂站等站挡位远方监测方式改为 BCQ 码输出方式。

参考文献

- [1] 有载分接开关的应用 [M]. 北京:中国电力出版社, 2003.
- [2] 刘伟,汤雨海主编. 变电站综合自动化实用技术问答 [M]. 北京:中国电力出版社, 2007.
- [3] 变电站综合自动化实用技术 1000 问 [M]. 北京:中国电力出版社, 2008.

作者简介:

刘祖惠 (1965),女,工程师,从事电测计量、热工计量。

(收稿日期:2010-09-28)

(上接第 29 页)

种技术措施,如:分散接入系统;选择相对稳定的风力资源建设风电厂;通过与气象部门的合作,准确预测风力发电功率;配套建设调峰调频电源,合理安排机组备用容量进行峰谷调节;积极进行谐波治理,采用动态电压补偿和控制等技术,加快建设高电压等级联络线(750 kV 电网),实现与外部电网的联系(与西北电网联网),扩大电网规模和电网的综合调节能力,就能真正充分利用清洁能源,实现风力、水电和火电等资源的优化配置。大大推进利用可再生能源的规模,为实现节能减排、保障能源安全、实现能源工业的可持续发展发挥重要作用。

参考文献

- [1] 孙元章,吴俊,李国杰. 风力发电对电力系统的影响 [J]. 电网技术, 2007, 31(20): 55-62.
- [2] 耿华,杨耕,崔扬,等. 并网型风力发电系统的现状与发

展 [J]. 东方电气评论, 2006, 20(2): 1-7.

- [3] 计崔. 大型风力发电场并网接入运行问题综述 [J]. 上海电力. 2008, 21(1): 59-63.
- [4] 靳静,艾芊. 我国风电场建设及运行现状评估与发展前景研究 [J]. 华东电力. 2007, 35(8): 44-49.
- [5] 岑海堂,薛正福. 大型风电机组发展现状与关键技术 [J]. 科技创新导报. 2008(24): 78-79, 81.
- [6] 陈树勇. 大型并网风力发电场规划方法研究 [D]. 电力部电力科学研究院, 1998.
- [7] 田华,朱莉. 三门峡黄河风电场一期工程并网方案研究 [J]. 电网技术. 2009, 33(4): 98-103.

作者简介:

张新伟 (1986),男,硕士,主要研究方向为电力系统调度运行和控制;

常喜强 (1976),男,高级工程师,主要研究方向为现代电力系统分析与控制,电力系统调度运行及电力系统稳定。

(收稿日期:2010-07-15)