

风电场并网对电力系统电压稳定性的影响

Influence of Wind Farm Grid Connection on Power System Voltage Stability

李维聪

Weicong Li

哈尔滨电气国际工程有限责任公司 中国·黑龙江 哈尔滨 150000

Harbin Electric International Company Limited, Harbin, Heilongjiang, 150000, China

摘要: 为了提高风力发电的可控性, 保证并网后系统电压稳定性, 现全面研究风电场并网对电力系统电压稳定性影响。首先, 从风力发电机组模型框图、风速模型两个方面入手, 完成对风力发电系统数学模型的构建。其次, 全面地分析风力发电对电网电压稳定、短路电路、电网、其他电厂等参数的影响。最后, 对风力发电发展的新动向进行展望。希望通过这次研究, 为相关人员提供有效的借鉴和参考。

Abstract: In order to improve the controllability of wind power generation and ensure the system voltage stability after grid connection, the impact of grid connection of wind farms on power system voltage stability is comprehensively studied. First, the mathematical model of the wind power generation system is constructed from the two aspects of wind turbine model block diagram and wind speed model. Secondly, the impact of wind power generation on grid voltage stability, short circuit circuit, grid, other power plants and other parameters is comprehensively analyzed. Finally, the new trend of wind power development is prospected. I hope this study can provide effective reference for relevant personnel.

关键词: 风电场并网; 电压稳定性; 动态无功补偿; 频率稳定性

Keywords: wind farm grid connection; voltage stability; dynamic reactive power compensation; frequency stability

DOI: 10.12346/peti.v5i1.7524

1 引言

风力发电作为一种重要的可再生能源, 具有一定的清洁性, 通过运用该能源, 可以获得良好的经济效益和环境效益。通过对风能进行科学利用, 可以促使国内可再生能源健康、可持续发展。在风电装机容量不断提高下, 风力发电对电力系统稳定性影响程度不断增加。现阶段, 风电接入电网主要表现出以下特点: ①单个风力发电场容量不断上升。②在进行风电场接入电网期间, 其电压等级相对较高。通过加强对风电接入容量的不断增加, 可以有效地提高电网对风电影响范围。当某电网表现出较高的风电穿透率时, 风电注入模式的运用, 可以直接改变电源原有潮流分布情况, 同时, 风电机组在实际运用中, 通常表现出相应的稳态性、暂态性特点, 风电接入后所形成的电网会表现出不同的电压稳定性、频率稳定性等特点, 所以, 如何分析风电场并网对电

力系统电压稳定性影响是电网部门必须思考和解决的问题。

2 风力发电系统的数学模型

2.1 风力发电机组模型框图

风力发电机组通称为“风能转换系统”, 风力发电机组模型框图如图 1 所示。从图 1 中可以看出, 风力发电机组主要是由塔架、转换装置、控制器等部分组成, 通过利用传动机构的连接作用, 可以确保传动轴、能量转换装置与齿轮箱三者连接为统一整体。

2.2 风速模型

对于风能而言, 通常直接被施加到风力机的叶片上, 为风力发电机提供源源不断的原动力, 本文所构建的风速模型属于典型的风力四分量模型, 各个分量主要包含以下四种, 分别是基本风(用 V_A 表示)、阵风(用 V_B 表示)、渐变风(用

【作者简介】李维聪(1986-), 男, 满族, 中国辽宁沈阳人, 本科, 工程师, 从事电气工程及其自动化研究。

V_C 表示) 和随机风 (用 V_D 表示)。直接施加到风力机上的风速计算公式如下:

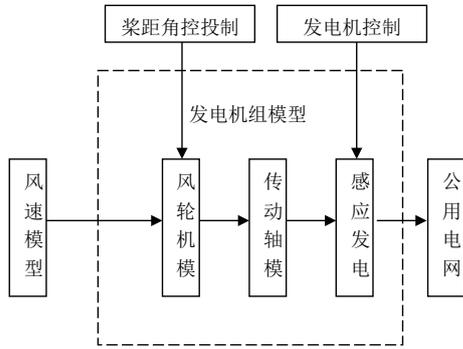


图1 风力发电机组模型框图

$$V = V_A + V_B + V_C + V_D \quad (1)$$

风力机作为一种重要装置, 可以将风能直接转换为相应的机械能, 并利用贝兹定理, 对风电机组的机械功率进行精确化计算^[1], 同时, 采用功率调节方式, 对变速恒频风力发电机组进行构建, 并完成对风力发电机组机型的构建, 此外, 还要利用双馈感应发电机, 将各个变频器进行有效的连接, 从而保证各个变频器的功率调节能力, 这为后期实时控制和调整风电机组无功功率打下坚实的基础。

3 风电场并网对电力系统电压稳定性的影响

塔影效应会对风力资源分布、电网结构、并网风力发电机组产生直接性的影响, 对于风电场而言, 其输出功率存在周期性脉动特点。当风电场容量不断降低时, 塔影效应并不会对电力系统产生明显的影响, 但是, 当风电场规模不断增加时, 风电场会对电力系统产生明显的影响。另外, 功率变化也会直接影响电力系统电压稳定性。

3.1 风力发电对电网电压稳定的影响

结合风电场运行情况, 并网风电场对电力系统所造成的影响主要表现为薄弱系统很容易存在电压稳定问题。风电场主要集中分布于电网末端, 整个网络结构缺乏一定的稳定性, 同时, 短路容量相对较小, 一旦风速、电网状况出现变化, 会引发输出功率和电压出现明显的波动, 这无疑降低了电力系统电压稳定性。对于风电场而言, 其对电力系统电压影响主要体现在电压波动、闪变、电压不平等^[2]。一旦风电功率出现变化, 势必会严重影响电压波动幅度。由于风力发电机对所用到的母线电压表现出一定的敏感性, 当电力系统出现明显扰动问题, 电力系统电压一旦降低至 0.86pu, 风机的出现会导致电网出现明显脱机现象。当风机单机容量不断增加时, 整个投切操作, 会对电网产生明显影响。

3.1.1 风电场并网前系统的静态电压稳定分析

IEEE-39 节点系统示意图如图 2 所示, 从图 2 中可以看出, 在系统 39 个节点中, 10 个节点为发电机节点, 29 个节点为负荷节点。在各个负荷节点中, 所涉及到的联络节点数

量为 12 个, 由于无功补偿装置内部并没有设置相应的联络节点, 需要将联络节点统一视为负荷节点进行统一处理。

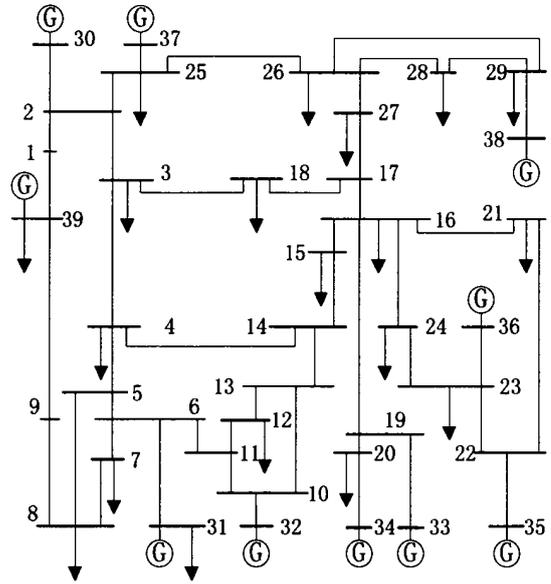


图2 IEEE-39 节点系统示意图

风电并网前各负荷节点的电压稳定性指标如表 1 所示, 从表 1 中可以看出, 电力系统最薄弱的五个节点分别为 5、9、8、16 和 13, 这些节点电压稳定性指标分别为 0.2197、0.2189、0.2147、0.2132 和 0.2022, 这五个节点被统一视为“关键负荷节点”。节点 5、节点 9、节点 8、节点 16、节点 13 这几个薄弱节点与发电厂之间距离相对较远。通常情况下, 各个母线薄弱程度, 会直接影响发电机节点的电气距离, 节点薄弱程度会随着发电机节点电气距离的增加而呈现出不断升高的趋势。

表 1 风电并网前各负荷节点的电压稳定性指标

节点编号	电压稳定性指标力控小区多功能集成系统	节点编号	电压稳定性指标力控小区多功能集成系统
5	0.2144	28	0.1650
9	0.2124	27	0.1643
16	0.2100	22	0.1576
8	0.2082	29	0.1388
13	0.2003	21	0.1074
19	0.1959	30	0.1009
25	0.1858	24	0.0999
17	0.1848	26	0.0933
4	0.1791		

3.1.2 风电场并网后系统的静态电压稳定分析

对于风电场而言, 其装机容量通常为 1500MW, 整个机组类型属于常见的双馈异步风力发电机组, 同时, 还要选用恒功率因数控制模式, 对风电场各个 DFIG 进行统一控制, 当功率因数达到 1 时, 风电场仅仅输出有功功率, 风电场的强相关节点排名如表 2 所示, 从表 2 中的数据可以看出, 风

电场输出有功功率一旦出现明显变化,会对并网节点力控小区多功能集成系统指标产生明显影响,对于风电而言,其接入方式会对系统电压稳定性产生直接性的影响,通过直接改变风电并网所输出的有功功率,并结合并网节点电压稳定程度,分析和探讨风电并网对电力系统所造成的影响。

3.2 风力发电对短路电路的影响

现阶段,异步发电机被得以有效地推广和普及,当风电场成功接入电网后,会导致接入点的短路电流不断上升。所以,在进行风电场并网期间,技术人员要结合短路电流的影响程度,对电网节点短路电流进行精确化计算,并分析和判断各节点短路电流是否远远超过所安装好的装置额定电流。一旦风电场并网出现变化,会对电网短路容量产生直接性的影响,导致短路容量出现明显变化。一旦出现系统故障问题,技术人员可以利用风电机组保护系统,对电网保护装置进行有效配合,避免对电网产生不良影响。

3.3 风力发电并网过程对电网的冲击

在进行异步发电机并网期间,其相序与电网始终保持一致,其转速完全逼近于同步速,从而起到并网作用。异步电机内部并没有设置相应的励磁装置,发电机内部电压显示为零,整个并网过程会产生一定的冲击电流,经过数秒后可以直接转入到稳定状态。冲击电流一旦出现变化,会对并网电网电压产生直接性的影响。同时,滑差会随着冲击电流有效值的增加而呈现出不断增加的趋势。通过将风电场与大电网进行有效的连接,冲击电流会直接影响异步发电机运行性能。当接入点短路容量不断降低时,并网现象的出现,会导致电力系统电压不断下降,造成其他电气设备无法正常运行,甚至还会对整个电网运行性能产生不良影响。

3.4 风电场功率对系统潮流及线路传输功率的影响

通过将适量风电直接接入到电网末端中,可以更好地满足当地局部地区负荷相关处理需求,主网功率不断降低,网损毁出现大幅度下降问题。但是,当风电接入容量不断增加时,电网建设工作实施,可以有效地提高风电装机运行性能。某些线路潮流出现越界问题,此时,需要对风电出力进行有效限制,导致能源出现大量浪费问题。所以,在进行风电场规划期间,要组合处理风电场的各种出力状态,并确定出电

力系统潮流,开展相关系统潮流仿真工作,并对风电场的装机容量进行限制。

3.5 风电场对系统调峰调频的影响

风速间歇性,对风电场出力情况进行直接性的影响,确保风电场出力表现出一定的随机波动性。整个电网所使用的常规电源不仅为负荷波动提供电能,还能对风电场所流出的出力进行平衡,所以,通过运用电力系统,可以对电容容量进行调节和平衡^[3],从而起到限制风电场出力的作用。通过借助调峰能力,可以对风电出力波动情况进行适当的限制。由于风电没有被直接纳入到电力系统机组调度计划中,通过运用电力系统调峰能力,对风电出力波动情况进行制约处理,利用地区电网之间的互联性,可以有效地解决机组发电计划问题,规划处理大规模风电发展问题。

4 风力发电发展的新动向

目前,风力发电机逐渐向智能化、数字化、大型化方向不断发展。风力发电研究内容除了要不断地提高风力发电效率外,还要实时改善风电品质。随着风电产业的不断发展,并网分析将成为后期风电场研究主要内容。随着风电的迅猛发展,风电被广泛地应用到陆地、海上等领域中,并出现变速恒频电机等新型发电机组,这些发电机组被得以有效地推广和普及。另外,风能的发展和普及,可以促使电气工程、材料制造等新型技术得以快速发展。

5 结语

综上所述,风力发电作为一种新型发电方式,具有较高的环境效益和社会效益,并网型风力发电被广泛地应用于世界领域中,促使国内风力发电快速发展。但是,风能表现出一定的随机性、间隙性等特点,当风电装机容量不断上升时,风电并网运行会直接影响电力系统运行的安全性、稳定性,一旦风电并网运行不当,会降低风电系统的电能质量,甚至会引发电压崩溃问题。所以,为了提高风力资源的利用率,完全对风电场接入后电力系统电压稳定性研究显得尤为重要。

表 2 风电场的强相关节点排名

相关性排名	P=0MW	P=500MW	P=1000MW	P=1500MW	P=2000MW
1	5 (-0.0124)	5 (-0.0118)	5 (-0.0097)	8 (-0.0047)	5 (0.0112)
2	8 (-0.0061)	8 (-0.0059)	8 (-0.0055)	9 (-0.0047)	9 (-0.0030)
3	9 (-0.0060)	9 (-0.0058)	9 (-0.0054)	5 (-0.0022)	8 (-0.0029)

参考文献

- [1] 连胜,蔺红.含风电场的电力系统静态电压稳定性研究[J].现代电子技术,2022,45(11):182-186.
- [2] 辛自立.风电并网对电力系统电压稳定性的影响[J].科技视界,2017(4):32-33.
- [3] 哈图.风电并网对电力系统电压稳定性的影响分析[J].科技创新与应用,2016(9):181.