

风力发电对电力系统的影响研究

关小明

吉林中广核风力发电有限公司 吉林 白城 137000

【摘要】：当今世界能源问题日益严峻，世界各国都在寻求可再生能源，而风作为一种自然的可再生资源，受到了世界各国的广泛关注。尤其是我国，中国的人均能源资源拥有量在当今世界中处于较低的水平，因此节能任务艰巨，而我国幅员辽阔，山峦较多，风能资源相当丰富，在我国的节能开源政策下，研究人员对风力发电深入研究，各地风电基地的规划任务得到了完成。但随着全国各地对风力发电的积极响应，风电基地接入电网的影响问题成为了我国迫在眉睫的问题，需要重点解决电力系统运行过程中存在的不稳定的问题。

【关键词】：风力发电；电力系统；接入电网

目前，我国主要依靠火力发电、水力发电、核能发电和风力发电四种发电方式，其中火力发电容易带来烟气、粉尘等环境问题，资源消耗问题严重；水力发电可能导致生态环境受到破坏；核能发电控制技术尚未成熟掌握；风力发电存在对电力系统运行过程造成不稳定的问题。为了造福人类后代，坚持走绿色可持续发展道路，风力发电的发电方式带来的环境污染问题最小，但是风力具有间歇性的特点，风力发电接入电网会造成系统的不稳定，因此我国仍重视对风力发电的深入探索和研究，在此主要研究风力发电对电力系统的影响。

1 建立风力发电系统的动态模型

通过完成对风力发电系统动态模型的建立，对其运行结果进行分析，对风力发电对电力系统稳定性的影响作出总结。

1.1 建立风力发电系统的动态数学模型

在仿真环境下建立风电场并网系统模型，且此风电场由鼠笼式异步发电机构成。鼠笼式异步发电机结构简单、并网容易，目前通常广泛应用于风力发电系统中，鼠笼式异步发电机的并网方式主要包括直接并网和降压并网。研究该结构风力发电系统的机能原理，预设不可控制的意外因素，例如风速、线路故障等问题，使得该系统在上述意外因素发生的前提下运行，从而进行记录和分析，针对该环境下的鼠笼式异步发电机整理出稳定措施。

1.2 建立风力发电系统的动态数学模型

在仿真环境下建立风电场并网系统模型，且此风电场由双馈式异步发电机构成。双馈式异步发电机内部的转子侧既可以输入电能，又可以完成对电能的输出功能，双馈式异步发电机与电网系统之间的连接方式为柔性连接，并网过程中几乎没有电流冲击。研究该结构风力发电系统的机能原理，预设不可控制的意外因素，例如风速、线路故障等问题，使得该系统在上述意外因素发生的前提下运行，从而进行记录和分析，针对该环境下的双馈式异步发电机整理出稳定措施。

针对上述两种风力发电系统进行建立动态数学模型，在此建立的动态数学模型为风速模型，主要研究不同风速模式下的电力系统运行参数。

1.3 建立风电场模型

风电场是包括有风力发电系统和并网系统的一个完整体，目前主要分为小型风电场、中型风电场和大型风电场。小型风电场的风能资源较好，可建几兆瓦容量，并接入 35~66KV 及以下电压等级的电网，占用场地较小；中型风电场的风能资源较好，可建几十兆瓦容量，可接入 110KV 及以下的电网；大型风电场的风能资源较为丰富，可建 100~600MW 或者更大的风电场，所建立的场地较为开阔。在此拟采用大型风电场的综合模型，从而降低模型的复杂程度，在提高准确性的前提下减小了实验时间。

2 两种结构的发电系统仿真运行及分析

2.1 鼠笼式异步风力发电系统运行仿真分析

当完成对鼠笼式异步发电机的并网工作后，整个风力发电系统会伴随该系统受到外界环境影响而始终处于一个动态过程，尤其是一个大型风电场，受到外界环境影响的因素更是不可估量，在特别严重的情况下，可能会导致整个系统的失稳，因此研究各外界环境因素对整个系统存在有哪些影响的工作不可缺少，同时针对出现的一些问题采取相应的措施，以提高鼠笼式异步风力发电系统运行的稳定性。本部分通过在风速变化、线路故障等因素下，探究电力系统的稳定性问题。通过实验分析，输电线路为单回输电线路，在风速保持 9m/s 的速度下， $t=1.5s$ 时故意使得线路发生短路故障，并且在 0.2s 后立即切除故障，并保持 4s 的运行时间。在发生故障之时，电压下降幅度偏大，但是在故障切除后电压立即回升，但是电压出现稳步下降的现象，同时电压在下降过程中一直处于动荡的状态，从此实现中我们可以得出结论，即电压已经失去了稳定性；若是对风电机组惯性时间常数进行增大，并在于上述实验参数相同的情况下，电压经过短暂失稳后重新缓慢上升，电压并趋于稳定；当继续加大风速至 13m/s 时，其他条件不发生变化，系统崩溃，出现失稳现象。

若输电线路为双回输电线路，设置初始风速为 6m/s，在 $t=1.5$ 时风速升高 3s 直至 10m/s，并保持 15s 的运行时间。电压会随着风速的升高而减小，当风速趋于稳定后，电压达到一稳定值，因此整个系统能够保持稳定。参照表 1，鼠笼式异步风力发电系统结果。

表 1 鼠笼式异步风力发电系统结果

| 风速 m/s | 发生故 障时间 s | 切除故 障时间 s | 切除故 障后运 行时间 s | 风电机组 惯性时间 常数 | 输电 线路 类型 | 电压 稳定 情况 |
|-----------|-----------------|-----------------|---------------------|--------------------|----------------|----------------|
| 9 | 1.5 | 0.2 | 4 | 正常 | 单回 输电 线路 | 失稳 |
| 9 | 1.5 | 0.2 | 4 | 升高 | 单回 输电 系统 | 稳定 |
| 6~10 | 1.5 | 1.5 | 15 | 正常 | 双回 输电 线路 | 稳定 |
| 9 | 1.5 | 0.2 | 4 | 正常 | 双回 输电 线路 | 稳定 |

2.2 双馈式异步风力发电系统运行仿真分析

当完成对双馈式异步发电机的并网工作后，参照对鼠笼式异步发电机的实验，在与鼠笼式异步发电机实验的类型条件下，对双馈式

异步风力发电系统进行测试。双馈式风力发电机组面对强电网和弱电网分别包括有两种模式。对于弱电网采用电压控制模式，及时在电网系统的正常运行下，电网电压仍然会受到波动；对待强电网，通常采用无功控制模式，通过对电源的控制，使得电网电压维持在一个特定值。其实验结果如表2 2 所示。

表 2 双馈式异步风力发电系统结果

| 初始风速 m/s | 出现渐变风时间 s | 最终风速 s | 运行时间 s | 切除故障时间 | 电压控制模式 | 电压稳定情况 |
|----------|-----------|--------|--------|------------|--------|--------|
| 8 | 5 | 14 | 50 | 无故障 | 电压控制 | 稳定 |
| 8 | 5 | 14 | 50 | 无故障 | 无功控制 | 稳定 |
| 8 | | | 15 | 短路故障 0.15s | 电压控制 | 稳定 |
| 8 | | | 15 | 短路故障 0.15s | 无功控制 | 失稳 |

3 结果分析

3.1 鼠笼式异步风力发电运行结果分析

在外界干扰风速相同的情况下，双回输电线路的稳定性优于单回输电线路的稳定性。当风速的设定值不断上升时，如果不采取补偿措施，会导致电力系统出现直接失稳的现象，本实验中通过采用无功补偿装置，妥善解决了大风速条件下电力系统失稳的问题。并且对待故障应该做到及时解决处理，相同故障的情况下，通过实验表明，故障切除时间所用的时间越短，更加有利于对电力系统稳定的控制。同时合理的增大风电机组惯性时间常数，也有利于电力系统的稳定。

参考文献:

- [1] 马进, 王闯. 风力发电对电力系统一次调频的影响及解决措施[J]. 科技创新与应用, 2021, 11(31):76-79.
- [2] 张之徽. 风力发电对电力系统的影响研究[J]. 机电信息, 2019(29):56-57.
- [3] 王京顺. 风力发电对电力系统的影响分析[J]. 南方农机, 2017, 48(09):61-62.
- [4] 石佳莹, 沈沉, 刘锋. 双馈风电机组动力学特性对电力系统小干扰稳定的影响分析[J]. 电力系统自动化, 2019, 37(18):7-13.
- [5] 白晓红. 浅谈风电场并网对电力系统的影响[J]. 电子世界, 2019(05):70-71.
- [6] 聂宏展, 张明, 申洪, 张宏宇. 波浪能发电及其对电力系统的影响[J]. 华东电力, 2019, 41(01):190-195.
- [7] 石佳莹, 沈沉, 刘锋. 双馈风电机组动力学特性对电力系统小干扰稳定的影响分析[J]. 电力系统自动化, 2019, 37(18):7-13.
- [8] 白晓红. 浅谈风电场并网对电力系统的影响[J]. 电子世界, 2019(05):70-71.
- [9] 聂宏展, 张明, 申洪, 张宏宇. 波浪能发电及其对电力系统的影响[J]. 华东电力, 2019, 41(01):190-195.
- [10] 刘泳. 风电对电力系统运行的价值分析[J]. 北京电力高等专科学校学报(社会科学版), 2015(2):115-116.
- [11] 杨阳. 含风力发电的电力系统故障诊断研究[D]. 燕山大学, 2013.
- [12] 耿俊梅, 申玉霞. 计及风力发电的电力系统经济调度[J]. 华东电力, 2014(08):1651-1655.
- [13] 李建军. 风力发电对电力系统的影响及解决方案[J]. 河北企业, 2014(09):81-82.
- [14] 谭金河, 吴娇, 弭勇, 任峰. 基于分布式风力发电并网对电力系统影响的分析[J]. 产业与科技论坛, 2012(19):83-84.
- [15] 任磊. 风力发电对电力系统稳定控制的影响研究[D]. 华中科技大学, 2011.
- [16] 白晓红. 浅谈风电场并网对电力系统的影响[J]. 电子世界, 2015(10):60-62.
- [17] 刘泳. 风电对电力系统运行的价值分析[J]. 北京电力高等专科学校学报(社会科学版), 2015(2):115-116.
- [18] 黄德琥, 陈继军, 张岚. 大规模风电并网对电力系统的影响[J]. 广东电力, 2014(9):88-89.
- [19] 王阳, 李晓虎, 许士光, 赵杰, 胡仁芝, 肖柱. 大型集群风电有功智能控制系统监控软件设计[J]. 电力系统自动化, 2010(24).
- [20] 傅旭, 李海伟, 李冰寒. 大规模风电场并网对电网的影响及对策综述[J]. 陕西电力, 2010(01).
- [21] 宋卓彦, 王锡钊, 滕予非, 等. 变速恒频风力发电机组控制技术综述[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(10):8-17.
- [22] 赵若焱. 风力发电及其控制技术新进展探究[J]. 内燃机与件, 2018(13):236-237.

3.2 双馈式异步发电运行结果分析

随着风速设定值的不断增大，双馈式异步风力发电机组的转速及功率也会随之增大，且双馈式异步风力发电机组的无功出力可以根据系统电压变化而进行调整，从而保证电力系统的稳定运行。并且针对强电网，采用电压控制模式；针对弱电网，采用无功控制模式，同时双馈式异步发电对待低电压具有良好的处理能力。双馈式异步风力发电较鼠笼式异步风力发电来说具有更优的稳定性。

4 改善措施

通过对鼠笼式异步风力发电系统和双馈式异步风力发电系统的实验分析，我们可以得出以下几点结论：面对故障发生的现象时，做到及时的跟进处理，有利于电力系统的稳定性；增强对配电网继电保护，因为风电场与配电网的连接过程中会改变配电网中电流的大小和方向，而配电网自身保护能力较差，从而需要工作人员认为增强对配电网的保护；风力具有不稳定的特点，风力的输出具有随机性，有时风力输入过低，而造成电压过低的问题，同时又存在风力输入过高而造成电压过高的问题，为了有效解决这一问题，可以通过使用双馈式异步风力发电系统，虽然建造成本有着较大的投入，但是其本身具有较强的稳定性。

5 总结

综上所述，为了保障风力发电系统的正常运行，确保风力发电系统向电力系统持续输送高质量且稳定的电能，工作人员需要结合当地自然环境以及现有条件，因地制宜，建造合适的电力系统场地。同时做好风险评估工作，包括可能发生的无法预估的事故，以及相应的解决措施，确保电力系统的正常运行。风能作为一种可再生的自然资源，我国应该持续发展风力发电技术，从而解决现有电网结构脆弱、风力发电系统较为单一的问题。