

# 大容量风电场接入系统设计中的电网安全性分析与控制策略研究

陈海涛 申晓蕃

(北京吉北电力工程咨询有限公司 北京市 100000)

**摘要:** 在电网稳定性控制方面,无功补偿和电压控制是有效的方法,可以提高电网的稳定性。在电网可靠性控制方面,风电场并网控制和电网故障处理是关键技术,可以确保电网的可靠性。因此,在大容量风电场接入系统的设计中,需要综合考虑这些安全性控制方法和技术,以确保电网的稳定性和可靠性。未来的研究可以进一步探索新的控制方法和技术,以应对不断增长的风电场接入电网的需求。

**关键词:** 大容量风电场;接入系统设计;电网安全性分析;控制策略

## 前言

由于全球对可再生能源的需求持续上升,风能这种环保且可再生的能源方式已经引起了大众的广泛关注。风电场作为风能使用的重要方式之一,已经在全球各地得到了广泛地运用和进步。然而,随着风电场规模的不断扩大和接入电网的增多,风电场接入系统的电网安全性问题也日益凸显。

## 一、大容量风电场接入系统设计中的电网安全性分析

### 1.1 风电场接入电网的安全性分析方法

(一) 电网稳定性分析:通过对风电场接入电网的稳定性进行分析,可以评估系统在各种工况下的稳定性。常用的分析方法包括潮流分析、暂态稳定分析和动态稳定分析等。(1) 潮流分析:通过计算电网中各个节点的电压、电流和功率等参数,评估系统的潮流分布情况,判断系统是否存在过载、电压偏差等问题。(2) 暂态稳定分析:通过模拟系统在发生故障或突发负荷变化等情况下的动态响应,评估系统的暂态稳定性能,判断系统是否能够在故障后快速恢复稳定状态。(3) 动态稳定分析:通过模拟系统在发生大幅度负荷变化或风电场并网等情况下的动态响应,评估系统的动态稳定性能,判断系统是否能够在各种工况下保持稳定运行<sup>[1]</sup>。

(二) 电网可靠性分析:通过对风电场接入电网的可靠性进行分析,可以评估系统在各种故障和异常情况下的可靠性能。常用的分析方法包括可靠性评估、故障分析和可靠性指标分析等。(1) 可靠性评估:系统的组成部分、设备故障率和维修时间等参数进行统计和分析,评估系统的可靠性水平,判断系统在给定时间内能够正常运行的概率。(2) 故障分析:系统中可能发生的故障进行分析,确定故障的类型、原因和影响,为系统的故障处理和预防提供依据。(3) 可靠性指标分析:对系统的可靠性指标进行计算和分析,如平均故障间隔时间

(MTBF)、平均修复时间(MTTR)和可用性等,评估系统的可靠性水平和运行效率。

### 1.2 风电场接入电网的安全性评估指标

(一) 电网稳定性评估:根据电网稳定性分析的结果,可以评估风电场接入电网的稳定性水平。常用的评估指标包括电压稳定性、频率稳定性和功率稳定性等。

(1) 电压稳定性:评估系统中各个节点的电压波动情况,判断系统是否存在电压偏差、电压波动等问题。(2) 频率稳定性:评估系统的频率波动情况,判断系统是否存在频率偏差、频率波动等问题。(3) 功率稳定性:评估系统的功率平衡情况,判断系统是否存在功率不平衡、功率波动等问题。

(二) 电力系统的稳定性测试:依照电力系统稳定性的测试数据,对风电场连接电力系统的稳定度进行评价。通常的测量准则有平均故障发生的周期(MTBF)、平均的维护周期(MTTR)以及其使用效率等。(1) MTBF 平均故障间隔时间:用于衡量系统在出现故障前的平均运行时长。(2) MTTR:衡量系统的平均恢复期,也就是说,当系统出现问题时的平均恢复期。(3) 实用度:衡量一个系统的实际使用程度,也就是说,该系统在预设的期限内能够稳定工作的概率。经过对整个系统的稳健性与可信度的研究与审查,能保证风电场连接到电力网络的平稳操作。

## 二、大容量风电场接入系统设计中的电网安全性控制策略

### 2.1 风电场接入电网的安全性控制方法

(一) 电网稳定性控制方法:(1) 风电场并网控制:控制风电场的风机转速或叶片角度等参数,调节风电场的发电功率,使其与电网的需求相匹配。这可以通过闭环控制系统来实现,根据电网的需求信号和风电场的实时状态信息,自动调节风电场的发电功率。风电场并网时,需要与电网保持一致的电压和频率。通过控制风电

场的无功功率和调节器的响应速度,可以实现对电压和频率的控制。当电网电压或频率发生偏离时,风电场可以通过调节无功功率的输出来进行补偿,以维持电网的稳定运行。(2) 电网故障处理:当电网发生故障时,风电场需要快速断开与电网的连接,以避免故障扩大和对风电场设备造成损坏。这可以通过安装故障检测装置和断路器等设备来实现,当检测到电网故障时,自动切断与电网的连接。在电网故障处理完毕后,需要对风电场进行重新并网。这可以通过控制风电场的发电功率和无功功率等参数,逐步将风电场与电网重新连接起来。在重新并网过程中,需要确保风电场的发电功率和电压频率等参数与电网保持一致,以确保电网的安全稳定运行。通过合理的控制策略,可以确保风电场与电网之间的安全稳定运行,提高电网的可靠性<sup>[2]</sup>。

(二) 电网可靠性控制方法:(1) 风电场并网控制:风电场并网控制是指通过控制风电场的发电功率和电压等参数,使其与电网实现稳定的连接。其中,风电场的发电功率需要根据电网的需求进行调节,以避免过载或低负荷运行。同时,风电场的电压需要与电网的电压保持一致,以确保电能的传输和分配的稳定性。为了实现风电场的并网控制,可以采用电力电子装置,如变流器和逆变器,来调整风电场的输出功率和电压。(2) 电网故障处理:电网故障是指电网中出现的各种故障情况,如短路、断线等。需要对电力系统的安全问题进行即时地检测与解决,从而确保电力系统的平稳运作。一种常用的电网故障处理方法是采用故障检测和保护装置,如差动保护装置和过电流保护装置,来检测和隔离电网故障。此外,还可以采用备用电源和自动切换装置等措施,以确保风电场在电网故障时能够继续供电或安全停机。

## 2.2 风电场接入电网的安全性控制技术

(一) 电网稳定性控制:在风电场接入电网时,由于风电机组的特性,会引入大量的无功功率,对电网的稳定性产生影响。为了保持电网的稳定运行,需要采取无功补偿技术来控制无功功率的流动。常见的无功补偿技术包括静态无功补偿装置(SVC)、静态同步补偿装置(STATCOM)和动态无功补偿装置(DSTATCOM)等。这些装置可以根据电网的需求主动调节无功功率的流动,提高电网的稳定性。风电场接入电网时,由于风电机组的波动性,会对电网的电压产生影响。为了保持电网的电压稳定,需要采取电压控制技术来控制电压的波动。常见的电压控制技术包括电压调节器(AVR)、电压无序控制器(VSC)和电压稳定器(VSR)等。这些技术可以根据电网的需求主动调节电压,保持电网的稳定运行。通过采用无功补偿技术和电压控制技术,可以有效

控制风电场接入电网时的无功功率和电压波动,提高电网的稳定性。这些技术可以根据电网的需求进行灵活调节,确保电网的安全运行。

(二) 电网可靠性控制:监测电网的频率和电压变化,风电场可以根据电网的需求调整自身的输出功率。当电网频率或电压发生变化时,风电场可以自动调整其输出功率,以保持电网的稳定运行。风电场的无功功率对电网的稳定性有重要影响。利用风电场的无功功率输入进行管理,能够优化电力系统的电压与功率比例,从而增强电力系统的平衡度。并网保护是确保风电场与电网安全连接的关键。通过设置合适的保护装置和控制策略,可以及时检测并隔离风电场和电网之间的故障,防止故障扩散,保护电网的安全运行<sup>[3]</sup>。

(三) 故障处理技术:监测电网和风电场的状态参数,及时检测到故障的发生,利用高精度的问题检测设备和计算方法,能够迅速且精确地识别问题的种类和位置,从而为接下来的问题解决提供精确的数据。一旦发生故障,需要及时隔离故障区域,防止故障扩散。通过设置合适的隔离开关和保护装置,可以在故障发生时迅速切断故障区域与其他部分的连接,保护电网的安全运行。同时,还需要采取恢复措施,修复故障设备,恢复电网的正常运行。对于频繁发生的故障,需要进行深入地分析,找出故障的原因,并采取相应的预防措施。通过分析故障数据和运行参数,可以提高风电场的可靠性,减少故障的发生。通过采用这些技术,可以确保风电场与电网之间的安全连接,提高电网的可靠性和稳定性。

## 三、结束语

在风电场接入电网的过程中,电网稳定性和可靠性是两个关键的方面。为确保电网的稳定运行,可以采用无功补偿和电压控制等方法来控制电网的稳定性。为了提高电网的可靠性,需要进行风电场并网控制和电网故障处理等技术的研究和应用。通过这些控制方法和技术的应用,可以有效地提高风电场接入电网的安全性,确保电网的稳定运行和可靠性。在未来的研究中,需要探索新的控制策略和技术,以应对不断增长的风电场容量和复杂的电网环境。

## 参考文献:

[1]郭元战,魏云冰,李长庆,袁全宁.大容量岸电系统接入电网的影响及优化策略研究[J].电力系统保护与控制,2020:155-162.

[2]王鑫;韩兵;卓四明.水电计算机监控系统控制安全策略的研究与应用[J].水电站设计,2022:4.

[3]杨帅.电网系统规划与设计中的安全因素分析[J].集成电路应用,2021:2.