

# 风力发电并网技术及电能质量控制策略

巴佳悦

华润电力内蒙古新能源公司 内蒙古 呼和浩特 010000

**摘要:** 随着可再生能源的推广,风力发电已成为全球电力系统中重要的组成部分。并网技术是风力发电系统中关键的技术之一,而电能质量控制策略是保证电力系统的稳定性和电能质量的重要手段。本文介绍了风力发电并网技术的基本原理和实现方法,并提出了电能质量控制策略的具体措施和建议。通过合理应用这些策略,可以有效地提高电力系统的稳定性和电能质量,为可再生能源的广泛应用打下坚实的基础。

**关键词:** 风力发电; 并网技术; 电能质量; 控制措施

## 1 风力发电的原理

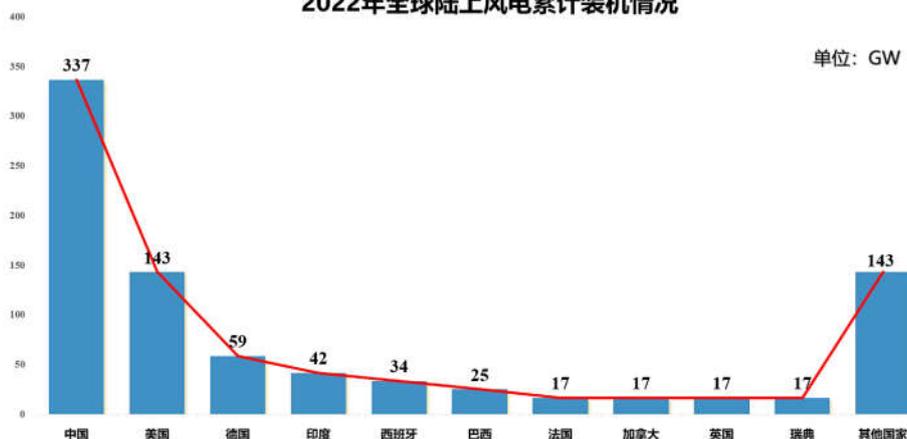
风力发电是一种利用风能驱动涡轮机转动发电机,将机械转动转化为电能的发电方式。风力发电机由塔架、旋转桨叶和发电机组成。当风力发电机启动后,风力使叶片旋转,转动的叶片带动转轴旋转,将机械能传递给发电机,转子旋转产生电能。发电机内部有一个转子和一个定子,定子固定在机体不动,转子则旋转。当转动的磁力线穿过线圈时,会在线圈内感应出电流。这些电流被传递至逆变器,然后被转换成交流电,最后通过变压器升高电压,经输电线路输送到用电地点。风力荷载是不稳定的,因此必须通过控制旋转叶片的角度和速度来保持风力发电机的稳定运行<sup>[1]</sup>。风力发电机一般会安装在地形较高或海上的区域,以利用高空的稳定风力。此外,风力发电还需要配备储能设备,以便将电能储存下来,以备不时之需。然而,风力发电技术也存在一些挑战。风力发电受天气和地形等外在环境影响较大,短期内风速和风向的变化较快,也就导致风力发电的稳定性和预测性相较于传统的燃煤火电发电存在一定

的不确定性。

## 2 风电新能源的特征

风电是一种利用风能转化为电能的新能源,具有以下几个特征:(1)具有清洁、绿色、无污染的特点:风力发电不需要使用化石燃料,不会排放废气、废水、固体废物等有害物质,不对大气、水、土地等环境造成污染,是一种有效应对全球气候变化的可持续发展能源。(2)具有潜力巨大、资源利用成本低的特点:风力能源分布广泛,覆盖全球大部分地区,风资源丰富,并且以自然风为基础,资源利用成本相对较低,是一种具有极强开发潜力的优良能源。(3)具有可再生、不可枯竭的特点:风力发电利用的是自然风能,是一种可再生能源,不会消耗任何资源,不会由于开采而耗尽。在世界能源结构不断优化的过程中,风力发电将成为重要的清洁能源代表之一。(4)具有灵活性和分散化特点:风力发电投资成本低,建设周期短,规模小灵活,可以进行分散开发,减少能源传输的损耗,规避能源垄断,使得能源供应更加安全可靠,具有较好的地缘风险分散效应<sup>[2]</sup>。

2022年全球陆上风电累计装机情况



2022年全球陆上风电累计装机情况(如图所示)

### 3 风力发电并网技术

#### 3.1 同步风力发电机组并网技术

同步风力发电机组并网技术是将多台风力发电机组通过转换器和变压器连接到电网上的一种技术。在并网过程中,需要对风电场进行调度和控制,以确保风电发电量与电网负荷需求相匹配,同时保证电网的稳定性和安全性。同步风力发电机组并网技术的关键在于客观地评估风力发电机组的电压、频率和相位,以确保与电网相匹配。为此,需要使用高精度的调节器来控制电压和频率,并在风电场内安装必要的检测设备和监控系统,以实时监测风力发电机组的运行状态。在风力发电机组与电网连接之前,还需要进行电网的改造和升级,以适应风力发电机组的接入。电网的改造和升级包括提高电网的稳定性、改善电网的容量及提高电网的安全性等。总之,同步风力发电机组并网技术是实现可再生能源与电网有效整合和利用的关键技术之一。它不仅可以帮助减少传统能源的使用,还可以提高环境和可持续发展的水平,是可持续发展的必备技术<sup>[3]</sup>。

#### 3.2 异步风力发电机组并网技术

异步风力发电机组并网技术是一种将分散的风力发电机组集成到电力系统中实现稳定输出的技术。与同步风力发电机组并网技术不同,异步风力发电机组并网技术不需要将风力发电机组的输出电压与电力系统中的其他同步发电机的输出电压同步。异步发电机组将风能转换为机械能,然后将机械能直接转换为电能输出,向电力系统中注入电能,实现并网。异步风力发电机组并网技术由于采用了变频控制器控制转子的转速,使得电网与风力发电机组之间频率差值可以通过转子转速的调节来完成。主要有以下三种类型的异步风力发电机组并网技术:(1)恒频滑差型异步风力发电机组并网技术:采用容量可调的变频器来控制转子的转速,实现电力系统与异步风力发电机组之间恒定的频率差值。(2)恒速滑差型异步风力发电机组并网技术:通过控制滑环的阻力来控制发电机组的转速,实现电力系统与异步风力发电机组之间恒定的频率差值<sup>[4]</sup>。(3)双馈风力发电机组并网技术:采用了一组转子装有感应器的异步发电机与一组称为滑环转子的同步发电机组成,这种技术可以通过调整转子的转速,实现异步发电机组与电力系统之间恒定的频率差值,同时也能减少由于风力发电机组容量波动而引起的电网不稳定性。总的来说,异步风力发电机组并网技术与电力系统的协同性、经济性、可靠性等方面均有优势,但由于在电力系统中的调度性以及由于受风场多变因素的影响而产生的一些安全隐患问题,需

要继续加强研究和探讨,在技术上不断创新和完善。

### 4 风力发电并网技术应用的必要性

风力发电并网技术应用的必要性在于解决风力发电系统稳定性与电力系统协同性等方面的问题。由于风力资源分散、不稳定、不可控,因此单一的风力发电系统很难稳定地保持输出电能,更难以与电力系统实现稳定的交互作用。在这样的情况下,风力发电并网技术的应用变得至关重要。首先,风力发电并网技术的应用可以提高风力发电的稳定性。通过将分散的风力发电系统集成到电力系统中,实现各个风力发电系统之间的深度协同,可以使风力发电系统生产的电能得到有效的平衡和整合,从而提高风电的稳定性,降低风能波动对供电系统造成的影响。其次,风力发电并网技术的应用可以提高电力系统的稳定性。通过将大量的风力发电系统集成到电力系统中,可以扩大发电系统的规模,增强其稳定性,降低电力系统对传统化石能源的依赖程度,从而能够更好地保证能源供应的可靠性和安全性<sup>[1]</sup>。最后,风力发电并网技术的应用可以提高可再生能源利用效率。通过风力发电系统与电力系统的互联互通,可以大大提高风能的利用效率,推进可再生能源占比的提高,实现可持续能源的发展。

### 5 风力发电并网技术对电能质量的影响

风力发电并网技术在提供清洁能源的同时,也对电网电能质量有着直接的影响。风力发电系统的不稳定性、风速的波动等因素都可能影响电能质量,因此在风力发电并网技术的应用过程中,需要有针对性地解决以下几个方面的电能品质问题:首先,风力发电系统产生的交流电可能存在的电压波动和频率变化可能会对电力系统的稳定性产生影响,因此需要实施电压稳定措施和电力频率控制措施,以确保电力系统的稳定性和可靠性。其次,风力发电系统的谐波电流会对电力系统产生谐波污染,影响电力设备的性能和寿命。因此,需要进行谐波分类和谐波电流控制,在减轻谐波污染的同时,也保证了电力系统的正常运行。最后,由于风力发电系统存在间歇性和不稳定性,可能会对电力系统的电压偏离、电压骤降和潮流变化等方面产生负面影响,需要实施电力系统监控和调整措施,及时协调风力发电系统与电力系统之间的协作关系,以确保电力质量与稳定性。

### 6 电能质量控制策略

#### 6.1 改善电能质量

电能质量指的是电源系统提供的电流、电压的波形和电气特性能够满足电力设备正常运行的要求。当电能质量存在问题时,会影响到设备的正常运行和使用寿

命,因此需要制定相应的控制策略来改善电能质量。下面是一些常见的电能质量控制策略:(1)均压控制策略:通过调节配电系统的变压器,保持恒定电压,以平衡输电设备和电力设备之间的电能质量关系。(2)谐波控制策略:通过使用各种滤波器等设备来减少设备运行过程中所产生的电流谐波,降低谐波量,改善电能质量<sup>[2]</sup>。(3)波动控制策略:通过控制电压调制器,波动电源输出电力波动,使波动量趋近于零,改善电能质量。(4)功率因数控制策略:通过修改电力设备的负载电流,使其满足在特定电压下时,最大功率有效率的要求。(5)干扰控制策略:通过使用过滤器、隔离器等设备来隔离各个电力设备,减少设备间的相互干扰,防止直接影响电能质量。

## 6.2 电压波动与闪变控制

电能质量控制策略是确保电力系统中电能质量符合要求的重要手段。其中,电压波动与闪变是常见的问题之一,对电力系统的稳定性和电能质量产生不利影响。因此,电压波动与闪变控制成为电能质量控制的重要策略之一。电压波动是指电力系统电压的有效值在短时间内有规则的跳动或系统的平均电压值偏离额定电压值的现象。电压波动通常由负荷的变化引起,例如电动机的起动,变压器的投入和切除等。闪变是指电力系统在短时间内电压快速波动,导致灯光闪烁的现象。闪变对人类的视觉产生不利影响,甚至可能导致视力下降。为了控制电压波动和闪变,电力系统采取了以下措施:(1)加强规划和管理:从源头上加强电力系统的规划和管理,以提高电力系统的稳定性和灵活性。合理规划电力系统的运行方式,避免短时间内大量负荷的变化,从而减少电压波动和闪变的概率。(2)采用无功补偿技术:无功补偿可以提高电力系统的功率因数,减少电压波动和闪变的概率。因此,在电力系统中采用无功补偿技术是控制电压波动和闪变的有效策略之一。(3)限制负荷的波动:通过限制负荷的波动来减少电压波动和闪变的概率。例如,限制电动机的起动次数,避免变压器在短时间内频繁的投入和切除等<sup>[3]</sup>。(4)安装动态无功补偿装置:动态无功补偿装置可以在短时间内提供无功功率补偿,从而快速调节电压,控制电压波动和闪变的概率。(5)制定应急预案:针对可能发生的电压波动和闪变事件,制定相应的应急预案,确保事件发生时能够及时采取措施,恢复电力系统的稳定性和电能质量。

## 6.3 谐波的抑制

谐波的产生通常是由于非线性负荷,如电动机、变压器、调速器等设备的运行引起的。这些设备从电网中吸取的电流不是正弦波,而是不同频率的正弦波的叠加,其中包含了大量高次谐波成分。谐波的抑制一般可以通过以下几种方式实现:(1)增加电力电子装置:在电力系统中安装电力电子装置,如交流器、变频器等,可以减少谐波的产生。交流器可以在电力系统中添加正弦波波形,而变频器可以减少非线性负荷引起的电流波形畸变。(2)采用无源滤波器:无源滤波器由电感器和电容器组成,可以用于降低电力系统中的谐波含量。无源滤波器可以看作是一个低通滤波器,能够滤除高频谐波成分,从而减少谐波对电力系统的影响。采用有源滤波器:有源滤波器是一种电子控制器,能够检测出谐波电流的波形和大小,并产生相应的补偿电流,抵消谐波电流的影响。有源滤波器可以看作是一个高通滤波器,能够滤除低频谐波成分,从而减少谐波对电力系统的影响。(3)增加变压器的级数:增加变压器的级数可以有效地减少谐波电流的传导。由于变压器在传递电能时会产生电压波形畸变,因此增加变压器的级数可以减少谐波电流在电力系统中的传导。(4)制定谐波限制标准:制定并实施谐波限制标准是减少谐波产生和传播的重要措施。通过制定谐波限制标准,规范电力系统中各种设备的谐波排放要求,从而减少谐波对电力系统的影响<sup>[4]</sup>。

## 结束语

风力发电并网技术的发展和运用,为电力系统提供了更加清洁、低碳的能源,同时也为电力系统的可持续发展提供了新的思路和方向。因此,有效地进行电能质量控制,采用合适的策略和技术手段,提高电力系统的稳定性和电能质量,成为了电力系统优化和可持续发展的重要保障。随着技术的不断发展,相信并网技术和电能质量控制策略将会越来越成熟,为风力发电等可再生能源的广泛应用提供更加坚实的技术支持。

## 参考文献

- [1]廖梦君,郭琦,罗超,等.直驱式风力发电机组并网友好控制技术研究[J].电力电子技术,2019,53(5):57-59.
- [2]侯杰.探究风力发电并网技术的应用及电能质量控制策略[J].中国设备工程,2021(21):3.
- [3]李军.风力发电并网技术及电能质量控制策略研究[J].电力系统装备,2020(17):2.
- [4]吴朝阳,王宝安.风力发电并网及电能质量控制的相关探讨[J].百科论坛电子杂志,2020,000(001):795.