

# 风机发电机中电力电子技术应用

苏 杰 王志伟

中广核(安溪)风力发电有限公司 福建 泉州 362000

**摘要:** 在风能发电领域, 风机发电机中的电力电子技术得到了广泛的应用。电力电子技术能够实现风机发电机的控制、调节和转换, 从而提高风能发电的效率和可靠性。本文简单介绍了电力电子技术的概念及其特点, 并对风机发电机中电力电子技术的应用展开探讨。

**关键词:** 风机发电机; 电力电子技术; 应用

## 引言

随着新能源的快速发展, 风能发电已经成为绿色能源的重要组成部分之一。在风能发电系统中, 风机发电机起到了至关重要的作用。然而, 由于风力的不稳定性和不可预测性, 使得风机发电机的控制、调节和转换面临着一定的挑战, 而电力电子技术的应用可以有效地解决这些问题, 并且其在提高风能发电的效率和可靠性、推动能源结构调整、环境保护和可持续发展等方面都发挥着十分重要的作用。

## 1 电力电子技术

### 1.1 电力电子技术概述

电力电子技术是指将电力电子学理论应用于控制、调节、转换和传输电力的技术。随着电子技术的发展, 电力电子技术在电力系统中发挥着越来越重要的作用, 其主要应用于电力系统的输变电、照明、电动汽车、新能源等方面, 如电力系统中的输变电过程需要使用电力电子设备进行电压的变换和控制。同时, 由于新能源技术的快速发展, 电力电子技术在风力发电、太阳能发电等方面也得到了广泛应用。目前, 电力电子技术面临着一些不可避免地挑战, 比如器件成本高、系统可靠性差等问题, 这些挑战也促使电力电子技术在实践中加快改进和升级。在未来, 电力电子技术将朝着集成化、智能化和绿色化方向发展。

### 1.2 电力电子技术的主要特征

电力电子技术的主要特征包括稳定性、实用性和能源转化效率提升等方面。首先, 电力电子技术具备很强的稳定性。在电气工程系统中应用电子电力技术可以保证系统稳定运行, 提高电力工程的管理水平, 并且通过电力电子控制器的精确控制和调节, 可以实现对电能精确控制, 在各种工况下保持系统的稳定性。其次, 电力电子技术具备很好的实用性。它广泛应用于电力系统、交通运输、工业生产等领域, 并且操作简便, 功能

特点多样化<sup>[1]</sup>。电力电子技术作为电气工程的基础部分, 不仅提高了系统的可靠性和安全性, 还能够满足不同领域的需求, 推动电气系统的发展。另外, 电力电子技术能够降低能源转化耗损。通过采用高效能的半导体器件可以实现高效率的能量转换, 相比传统的机械和电磁器件, 电力电子器件具有更低的能量损耗和更高的转换效率, 从而降低了能源的浪费。最后, 电力电子技术还能够实现可再生能源的利用。借助电力电子技术, 可以将风能、太阳能等可再生能源转换为电能, 并且在转换过程中减少环境污染。这对于能源的节约和环境保护具有重要意义。

## 2 风机发电机中电力电子技术的应用

### 2.1 IGBT器件的应用

IGBT是一种高性能功率半导体器件, 结合了MOSFET的控制能力和BJT的低导通压降特性, 通过控制其栅极电压来实现开关操作。其具有高耐压能力、低导通压降、高开关速度、可控性强的特点, 适用于高压应用领域。IGBT的应用有利于减少功率损耗, 实现高频率的开关操作以及精确地控制IGBT的导通和截止状态。因此, IGBT广泛应用于各种功率电子设备。(1) IGBT器件在风机发电机系统中的变频器中得到应用。变频器通过将直流电转换为交流电, 可以调节发电机的转速和输出频率, 以适应不同的工况需求。IGBT作为变频器的关键元件, 承担着直流电到交流电的转换功能。IGBT器件的高耐压能力和低导通压降特性, 使得变频器在高效率、高稳定性和高可靠性方面表现出色。(2) IGBT器件在风机发电机系统的整流器中起到重要作用。整流器用于将发电机产生的交流电转换为直流电, 并通过充电电路为电池或电网供电<sup>[2]</sup>。IGBT作为整流器的关键部分, 具有快速的开关速度和可控性强的特点, 可以实现高效率、低损耗和精确的电能转换。(3) IGBT器件在风机发电机电机的逆变器中也得到广泛应用。逆变器将直流电

转换为交流电,并通过功率调节电路控制输出电压和频率。IGBT作为逆变器的主要开关元件,具有高开关速度和可靠性,可以实现高质量的交流电输出。逆变器的应用使得风机发电机系统能够将直流电能有效地转换为交流电能,满足不同类型的负载需求。(4) IGBT器件还被应用于风机发电机系统的控制器中。控制器是整个系统的核心,用于监测和控制各种参数,保证系统的稳定运行。IGBT器件在控制器电路中起到开关和调节功能,通过控制电压和电流等关键参数,实现对风机发电机系统的精确控制。

## 2.2 交直交变频器的应用

首先,风力发电系统需要将风能转化为电能,并与电网进行能量传递。而交直交变频器可以实现将风轮机的旋转运动转换为交流电,并通过逆变器将其转换为直流电再供电网使用,以实现风力发电系统的优化和提升。其次,为了提高交直交变频器的应用效果,还需要解决侧功率低和电压谐波较多的问题。侧功率低指的是在变频过程中,计算出的功率与实际输出功率之间存在一定差距,这可能由于变频器的损耗和电路的阻抗等因素造成。为了优化系统,可以采取有效的措施来减少侧功率低的问题。另外,交直交变频器产生的电压谐波对电力设备和电网都会带来不良影响,可以采用滤波器等技术手段,可以减少电压谐波,提高系统的稳定性和可靠性。此外,无刷双馈电机和变速恒频系统的科学运用对交直交变频器的应用效果至关重要。无刷双馈电机具有高效、稳定和可靠等特点,适用于风力发电系统中的变频装置,必须合理配置无刷双馈电机和变速恒频系统,才能实现风力发电系统的最佳工作状态,并提高能量转换效率。最后,在海上风电场中,交直交变频器的应用可以实现对有功和无功控制的稳定维持。有功控制是指根据电网需求调整风力发电系统的输出功率,以满足电网的负荷需求。无功控制是指根据电网的无功功率需求来调整风力发电系统的无功功率输出,以维持电网的稳定运行。

## 2.3 电力电子技术在电力配电系统中的应用

电力电子技术在电力配电系统中的应用使得电力配电系统更加灵活、智能化,并且提高了电网的可靠性、效率和可持续性。其主要应用于以下几个方面:(1) 电力电子技术在电力配电系统中被广泛应用于电能质量控制。通过使用电力电子器件,如静止无功发生器和动态无功补偿器,可以有效地控制配电系统中的功率因数和电压波动。这些装置可以实时响应电网的需求,快速调整无功功率,并改善电力质量,降低谐波含量,以及提

高电力网络的稳定性。(2) 电力电子技术在电力配电系统中用于实现分布式发电和微电网。分布式发电系统采用小型的可再生能源发电设备(如太阳能板和风力发电机),通过电力电子变流器和控制器将其直流电能转换为交流电能并与电网连接,这使得分布式发电设备能够灵活地注入电网,减少传输损耗和电力负荷集中问题。此外,电力电子技术还可以实现微电网的建设和控制,将分布式发电系统、储能装置和负荷进行有效整合,提供可靠稳定的电力供应。(3) 电力电子技术在电力配电系统中用于实现智能变电站。传统的变电站通常使用机械式开关和保护设备来控制电网的运行状态<sup>[3]</sup>。而采用电力电子技术,可以实现开关的无触点操作,并且具有远程控制和监测功能。这样可以提高变电站的自动化水平,减少故障率,提高电网的可靠性和安全性。另外,电力电子技术还可以实现智能感知和管理系统,通过对电网数据的实时监测和分析,提供智能化的决策支持,进一步优化电力配电系统的运行效率。

## 2.4 电力电子技术在风机发电系统储能方面的改造

电力电子技术在风机发电系统储能方面的应用,可以显著改善风能利用效率、提高电网稳定性,并增强可再生能源的可靠性。第一,电力电子技术可以实现风能转化为电能的高效率储能。传统的风机发电系统通过风轮直接驱动发电机产生电能,但受到风速波动和不稳定因素的影响,输出功率波动较大。采用电力电子变流器和储能装置,如电池或超级电容器,可以将风机输出的不稳定电能转换为稳定的直流电能进行储存。电力电子变流器将风机输出的交流电转换为直流电,再通过储能装置进行电能储存,以平衡风能供应与需求之间的差异。第二,电力电子技术可以实现风机系统的频率和功率调节。通过电力电子变流器的控制,可以实时调整风机系统的输出功率和频率。当电网负荷需求降低时,电力电子变流器可以将多余的风能转化为电能并储存起来,以供电网负荷高峰期使用。反之,当电网负荷需求增加时,储能装置可以释放储存的电能,提供额外的电力输出。这样可以平衡电网功率需求和风能波动之间的差异,提高电网的稳定性。第三,电力电子技术还可以实现风机系统的无级变速调节。传统的风机系统通常采用机械传动方式进行变速,容易受到机械损耗和维护成本的限制。而采用电力电子技术,可以通过控制电力电子变流器的输出频率和电压来实现风机转速的精确调节。电力电子调速不仅可以提高风机的运行效率,还可以使风机在不同风速下保持较高的发电效率,进一步提高风能利用率。第四,电力电子技术还可以实现风机系

统与电网的互联互通。通过电力电子变流器的控制,将风机系统的直流电能转换为交流电能,并与电网进行连接。这样可以实现风能发电系统的并网运行,将多余的电能注入电网,以满足电网负荷需求。同时,当电网电力供应不足时,系统可以从电网中获取电能进行补充。通过这种方式,风机发电系统与电网形成了互补的关系,提高了可再生能源的可靠性和稳定性。

### 2.5 风机发电机中滑模控制的应用

滑模控制是一种强鲁棒性控制方法,通过引入滑模面和滑模律来实现对系统状态的快速调节。在风机发电机系统中,滑模控制可以有效地应对风速变化和负载扰动等不确定性因素,提高系统的稳定性和响应速度。首先,滑模控制可以应用于风机发电机的最大功率点跟踪(MPPT)控制。由于风速的变化导致风机输出功率发生波动,为了最大化利用风能,需要将风机运行在最佳效率点附近。滑模控制可以根据当前风速和负载情况,实时调整风机发电机的转速和电压,使其工作在最大功率点附近,这样可以最大程度地提高风机发电机的发电效率,提高风能的利用率。其次,滑模控制可以用于风机发电机的速度控制。风机发电机需要根据外部环境的风速变化,及时调整转速以保持恒定的发电功率。滑模控制可以通过调整转速控制环节的滑模面和滑模律,快速响应风速的变化,并实现精确的速度调节,以确保风机发电机输出功率的稳定性,提高系统的可靠性和动态性能。同时,滑模控制还可以应用于风机发电机的无功功率控制<sup>[4]</sup>。风力发电系统需要根据电网要求,实时调整无功功率的输出,以维持电网的电压和频率稳定。滑模控制可以根据无功功率需求,通过调整转速或控制电压等方式,实现风机发电机无功功率的准确控制,从而达到提高风力发电系统与电网的互操作性的目的,增强电力系统的稳定性和可靠性。最后,滑模控制还可以应用于风机发电机的故障检测和故障恢复控制。对风机发电机的各个状态参数进行监测,可以及时发现故障并作出相应的故障处理措施,并且滑模控制可以在故障发生时快速切换到故障恢复模式,使系统尽快恢复正常工作状态。

### 3 风力发电控制技术的发展前景

#### 3.1 海上风电场技术

相比于内陆地区,海上具有更加丰富的风能资源和更稳定的风向,且海上风电场的建设不受周围环境的影响,能够最大程度地利用风能资源。然而,海上风电技术仍然面临一些挑战,包括了风能控制系统的保护技术、协调控制技术和海上风电场的运输技术等,在克服了上述关键技术困难后将大大提高了风能发电控制系统的稳定性和可靠性。

#### 3.2 大容量的风电系统

为了满足不断增长的能源需求,兆瓦级别的大容量风力发电机组成为主要的发展趋势。通过提高发电设备的利用效率,避免资源浪费,大容量风电系统可以带来更大的经济效益。然而,实现大容量风电系统在技术上面面临着诸多挑战,提高系统容量就意味着必须更加完善的风力发电设备、驾驭设备及其各种器材,因此也增加了工作难度。目前,直驱式永磁风力发电机和多极永磁发电机被广泛应用于大容量机组的设计中,并成为大容量风电系统技术指导的重要依据。

#### 结束语

综上所述,随着对可再生能源需求的增加和环境保护意识的提高,风力发电作为一种清洁、可持续的能源选择,正逐渐成为世界各地电力供应的重要组成部分。同时,电力电子技术在风机发电机中的应用对于提高风力发电系统的效率、稳定性和可靠性具有重要意义。因此为进一步推动风力发电技术的发展,我们应加强对电力电子器件和控制策略的不断改进与创新工作,以实现清洁能源的可持续利用,为环境保护和可持续发展做出贡献。

#### 参考文献

- [1]朱希华.电力电子技术在大型风力发电机领域的应用[J].电子技术与软件工程,2019(22):219-220.
- [2]李春菊.电力电子技术应用探究[J].工业控制计算机,2020,33(10):137-140.
- [3]石晓东.风机发电机中电力电子技术的应用[J].中国新技术新产品,2020(16):37-38.
- [4]余秋熠.电力电子的智能化控制技术探析[J].电脑编程技巧与维护,2020(08):138-140.