

# 永磁发电机在风力发电系统中的应用及发展

张国栋

内蒙古华电蒙东能源有限公司 内蒙古 通辽 028300

**[摘要]**随着全球经济的不断发展和人类文明的不断进步,人们对各种资源的需求和利用日益增加。电力作为现代不可或缺的能源,直接关系到人们生产生活的质量和水平。针对传统三大发电资源煤炭、石油和天然气的过度开采,结合近年来人们生活环境要求的不断改善,分析了基于风力发电系统的永磁电机的关键技术,探讨了永磁电机的发展趋势,从而为从业人员提供有价值的参考。

**[关键词]**永磁电机; 矢量控制; 风力发电

**【DOI】**10.12252/j.issn.2096-627X.2021.12.532

风能作为一种清洁能源,受到人们的高度重视,目前风力发电在各个领域中的应用范围越来越广。风力发电具有显著的特点:一是风能密度相对较低,要想获得功率较大的风能,需要工作人员借助直径相对较大的风力机进行操作。二是风速相对不稳定,这就需要工作人员通过变速恒频技术进行操作,确保电压的稳定,因此,工作人员要加强对永磁电机的重视,对其进行广泛应用,从而使风力发电系统更加完善。

## 一、风力发电系统概述

### 1.1 构成与种类

对于风力发电而言转化,该装置包括机舱罩,其主要是借助装置来实现风能到电能的、整流罩、轮毂、底盘、定子、监测装置、发电机转子、叶片等。通常如果外界风力的达到一定程度,风轮叶片会在气流冲击扇叶的推动作用下进行转动,这时风能可以转化为机械动能;然后利用轮毂状态变化来输送转矩,通过动力推动底盘内的磁场,进而切割磁场内部的磁感线,以主控系统调节为依据来产生稳定的电流。一般情况下,风力发电机受外界因素和不同地势环境的影响,具有不同的种类,如从发电规模大小出发可分为三种,分别是大型发电机组(发电功率超过100kW)、中型发电机组(最大发电功率低于100kW)、小型发电机组(发电量低于10kW);从不同地势对发电装置的影响层面出发,风能发电机可以分为垂直轴和水平轴。永磁发电作为一种全新的电机技术,主要是以直驱电机发电技术为基础而发展形成。

### 1.2 性能比较

不同类型的风力发电系统在发电量、运行可靠性和成本等方面会存在一定的差异,首先是发电量对比。以2MW发电机为例,不同结构的永磁用电力发电系统在平均发电量方面有所不同,其中高速双馈电机风力发电系统的平均发电量达100%;高速永磁电机风力发电系统的平均发电量为101.7%;低速直驱永磁发电机风力发电系统的平均发电量为103%;中速半直驱永磁发电机风力发电系统的平均发电量为104.4%。其次是运行可靠性对比。受无集电环电刷和无变速箱等方面的影响,不同结构的永磁电机风力发电系统在运动可靠性方

面也不同,按照由低到高的顺序依次是:高速双馈电机风力发电系统、高速永磁电机风力发电系统、中速半直驱永磁电机风力发电系统、低速直驱永磁电机风力发电系统。最后是成本对比。对于永磁风力发电系统而言,其结构不同则制造成本不同,在市场物价、加工费用和原材料等因素的影响下,该系统的成本存在不确定特点,要想准确对比不同结构系统的成本,可以从以下几点进行对比:风力发电系统的核心部分就是发电机,其在系统总成本中的比例最大,如某2MW直驱永磁风力发电系统中,变压器和驱动链的成本各占总成本的2%,电控/变流器成本和风力机成本分别占15%和29%,而发电机的成本则占到25%;又如:相比于低速直驱永磁电机风力发电系统来说,高速永磁电机风力发电系统的总成本要高出34%。

## 二、不同类型的风力发电系统的性能分析比较

不同类型的风力发电系统之间的性能会存在着一定的差异,下面将从成本、运行可靠性、发电量以及低电压穿越和无功补偿能力四个方面将不同类型的风力发电系统进行分析比较。

### 2.1 成本对比分析

不同类型的风力发电系统,由于其组成的结构都不尽相同,因此,每种类型的风力发电系统在实际的制造过程中,消耗的成本也存在着一定的差异。但是,每一种类型的风力发电机在进行制造的过程中,所使用的原材料、加工费和市场物价等都会影响到其成本的支出,这就造成了不同类型的风力发电系统之间不能够进行准确的成本对比。不同类型的风力发电系统进行对比的方面一般有:发电机是风力发电系统中的一项必不可少的组成部分,因此,在总的风力发电系统成本支出中也占有非常大的比例;高速永磁电机风力发电系统的总的成本要低于低速直驱永磁电机风力发电系统34%。

### 2.2 运行可靠性对比分析

永磁电机分为四种类型,每一种类型的风力发电机运行的可靠性能都有一定的差距。四种类型的永磁电机风力发电系统的设计中都没有变速箱和集电环电刷,因此,这四种

类型的风力发电机的运行可靠性能由低至高依次为：高速双馈电机风力发电系统、高速永磁电机风力发电系统、中速半直驱永磁电机风力发电系统、低速直驱永磁电机风力发电系统。

### 2.3 发电量对比分析

将四种不同类型的风力发电系统的发电量进行的对比分析，以2MW发电机为例，四种不同类型的风力发电机的平均发电量由低至高依次排列为：高速双馈电机风力发电系统、高速永磁电机风力发电系统、低速直驱永磁电机风力发电系统、中速半直驱永磁电机风力发电系统。这四种类型的风力发电系统的平均发电量为：104.4%、103.0%、101.7%、100%。

### 2.4 低电压穿越和无功补偿能力

永磁电机在进行电传输的过程需要通过全功率变流器并网，折中情况下的输出电能质量和无功补偿的能力相对较高。并网型风力发电机具有非常多的优势，能够将电能进行稳定的输出，并且保持良好的波形，能够清晰的进行观测，同时，还需要有低电压穿越和无功补偿能力。但是这四种类型的风力发电系统中，高速双馈电机的定子绕组直接并网，因此低电压穿越和无功补偿能力有一定的欠缺。

## 三、永磁电机在风力发电中的应用

### 3.1 风力发电装置的构成及种类

风力发电的实质是利用装置将动能（风能）转化成电能。风力发电装置的主要构成有叶片、轮毂、发电机转子、定子、底盘、监测装置、整流罩和机舱罩等几部分。当外界风力达到一定程度时，气流冲击扇叶推动风轮叶片转动，此时的风能转化为机械的动能，通过轮毂的状态变化将转矩输送给传动系统内部，这时安装在底盘内的磁场被动力推动开始切割磁场内的磁感线，根据主控系统的调节，进而产生较为稳定的电流。在不同地势环境及其他外界因素的影响下，风力发电机被分为许多种类。按发电规模的大小，一般可分为三种：小于10kW发电量的小型发电机组、最大发电功率在100kW以下的中型发电机组以及大于100kW发电功率的大型发电机组。根据不同地势对发电装置的设计影响，则可将风能发电机分为水平轴和垂直轴两种类型。永磁发电则是在直驱电机发电的技术基础上发展起来的一项新型电机技术。

### 3.2 永磁电机在发电系统中的具体应用

风力发电的最根本要素是风速推动下转子的速度控制。从现有的风力发电装置来看，发电系统装置分为低速直接驱动、中速半直接驱动、高速永磁驱动和双馈电机驱动四个类型。（1）低速直驱永磁电机风力发电的特征和应用。低速直驱永磁发电机可以在较小的风能推动下产生动能转化，实现风能向电能的转化，同时所产生的电流也更加为稳定。然而，在建造过程中，低速直驱永磁电机由于自身体积庞大，

对地势的要求较高。相对来说，线圈的匝数比比其他类型的电机要多。此外，运行过程中更容易出现发热现象，因此对安装环境的通风要求也较高。（2）中速半直驱永磁电机风力发电系统。相比于低速直驱永磁电机的结构特点，中速半直驱永磁电机在风力发电系统中的设计相对灵活。通常状况下，它在发电系统中会采取逐级加速的方式带动电机工作，从而使发电系统得以稳定运行。（3）高速永磁电机风力发电系统。高速永磁电机风力发电是当下“风口”地区最为常用的风力发电装置。此种发电系统具有较为明显的优势：电机整体的质量和占用面积尽可能减少，转子对风能的额外消耗减少，提高了电机的工作效率，同时增加了产电效率。此外，它将传统的电刷设计改为电环，降低了外界干扰所造成的电流不稳等不利情况。（4）高速双馈电机风力发电系统。在实际应用环节，高速双馈电机的使用频率并不大。这种类型的电机发电过程对转速的要求较高。只有在风力较为稳定的时候，才能保证电机的运转速度的稳定性。

## 四、永磁风力发电机的发展趋势

### 4.1 电机结构型式

其一，超大直径超薄永磁电机。工作人员可以通过提高圆周速度，对电机体积进行减小，这样不仅能够使定子刚度得到保障，还能确保气隙不发生变化，此种类型电机与自行车轮中的辐条大致相同，工作人员通过转子滑道就能达到预期目的，避免浪费不必要的时间。其二，无铁心定子永磁电机。定子铁心对于电机有着重要作用，工作人员运用无铁心定子有着显著的优势，一方面能够使电机的重量大大降低，另一方面能够减少噪声。但此类型电机的气隙相对较大，需要较多永磁体，使得成本花费较多，因此在应用时，工作人员要对这一因素进行考虑，尽量选择经济性较高、操作相对简单的永磁体结构，这样才能提高永磁电机的使用性能。

### 结语

在现代电力工业中，永磁电机在发电技术中的应用更为先进。然而，由于其电刷和滑环的局限性以及稀有金属的高成本，这种方法在风力发电中显示出一些缺点。因此，在未来的发展和探索过程中，我们可以积极利用现有的成果，吸收国外的先进技术和我们自己的经验，不断将风能的利用提升到一个新的水平，从而真正改变传统火力发电的弊端。

### 参考文献

- [1] 李霆. 永磁电机在风力发电系统中的应用及趋向探讨[J]. 科技展望, 2017, 27(2): 131.
- [2] 王园. 永磁电机在风力发电系统中的应用及其发展趋势[J]. 中国设备工程, 2018(23): 201-202.
- [3] 张继鹏, 刘慧博. 现代永磁电机在风力发电系统中的应用[J]. 现代制造技术与装备, 2016(4): 135-136.