

[永磁发电机]

永磁发电机在风力发电系统中的应用及发展

文/大庆油田电力运维分公司生产运行部 宁中天

永磁发电机能够进一步提高风力发电的效率，在风力发电系统中的应用较为常见。电力企业需要完善顶层设计，结合相关区域风力发电的需求，优化发电机设计形式，提高风力发电效率。对永磁发电机在风力发电系统中的应用以及发展进行分析探讨。

在现阶段的风力发电系统中，永磁发电机的使用较为常见。电力企业应当加大对相关技术的使用管控力度，优化风力发电系统，提高发电效率。除此之外，电力企业还需要对相关技术持续不断地优化创新，满足多样化的风力发电需求。

永磁发电机的类型

1. 轴向永磁发电机

轴向永磁发电机属于较高专业技术水平的发电机，其内部具备复杂紧密的结构，同时也具备良好的功率、效率。此类发电机的衍生型号相对较多，通常情况下主要参考发电机内部的结构来对其进行划分，大体可分为无槽轴向永磁发电机和有槽轴向永磁发电机两类。目前，此类发电机在发电企业中的使用较为常见，由于其使用便捷且不会受到较大的干扰，因此得到了大量企业的青睐，其中无槽轴向永磁发电机的使用更为常见。但是，此类发电机的缺陷也相对明显，在大规模风力发电系统中此类发电机并不具备较强的适用性。

2. 横向永磁发电机

横向永磁发电机与其他类型发电机的运作方式相比存在一定差异，其转子与磁通的运行方向呈 90° 的夹角。这样的设计方式能够进一步增加绕组的空间，同时也不会给发电机的运行造成较大的

负担。横向永磁发电机的内部结构划分为不同的形式，包含爪极式和单边双式。但是，此类发电机也存在相应的缺陷，由于其内部结构较为复杂，还存在漏磁的现象，再加上其内部力量密度稳定性稍显不足，实际的适用性还有待进一步提升。

3. 径向永磁发电机

径向永磁发电机相比于其他类型的发电机存在较大的差异，其内部的磁通运行线路为直线，同时，转子内外也存在较大的差异。由于其结构与其他永磁发电机存在较大的差异，因此对其安装时的管控也需要结合全新的工艺，比如其中永磁体的安装主要是采用埋入或面贴的方式。径向永磁发电机具备成本低廉且工艺结构简单的优势，对于大部分生产企业而言，此类发电机的使用相对较为常见，并且径向永磁发电机各方面均存在相应的优势，比如具备较好的运行稳定性，能够满足多种风力发电系统的使用需求，因此，径向永磁发电机在市场中具备较强的竞争力。

风力发电中永磁发电机的应用及发展

1. 永磁发电机的结构优化

目前，永磁发电机在结构方面已经得到了有效的优化和改善，但是通过实际的研究表明，永磁发电机仍然存在较大的提升空间。比如企业可以尝试

增加永磁发电机内部绕组的直径,适当地减轻发电机的重量,提高发电机的运作效率,同时,企业还需要增强永磁发电机的结构稳定性,减少发电机在运行期间所产生的噪声,降低振动频率,以此来确保永磁发电机在运行过程中具备较高的运行质量和效率,达到节能减排的目的。

2. 永磁发电机的降温技术

永磁发电机在运行期间通常具备较高的作业强度,从而导致发电机出现高温运行的状态,因此,工作人员需要对永磁发电机实施必要的降温处理。但是,在对永磁发电机进行降温处理时,工作人员需要根据永磁发电机的类型采取定向化的降温技术,比如针对低速直驱式的发电机,由于外部体积相对较大,外部需要降温的面积也大,在选取相关降温技术时,可以考虑采取风冷或自然冷却措施;而对于体积相对较小的永磁发电机,可以采取水冷或风冷的措施,改良发电机的运行环境。近年来,随着永磁发电机降温技术的有效提升和改善,发电机的运行效率得到了进一步的提高。

3. 电控技术的发展

在电控技术领域,永磁发电机的控制技术主要是提升发电机的工作效率,最大限度地提高永磁发电机的实用性。从发电机控制以及功率管控方面考虑,可以采用多组环绕的策略,提高发电机在发电过程中的稳定性和可靠性。现阶段,随着模块化工程的进一步创新,发电机控制板块实现了模块化的发展,从而使发电机的生产工艺更加简洁,企业能够在模块化的技术框架下完成零部件的运输和安装,还能够稳定高效地开展后期的检修工作。

4. 功率变换技术

由于大功率的变流器费用较高,因此,通常情况下功率相对较低的永磁发电机往往在额定的电压、电流下运行。随着发电机功率的不断提升,若仍然使用电压及功率相对较低的变流器,则会使流经发电机的电流进一步增大。此外,由于发电机绕组得到了改良,截面积以及长度都相应增加,因此,电流过大会给线路造成较大的损耗,不利于对设备进行有效的检修和维护。目前,功率相对较高的发电机通常使用低压全功率的变流器,所采用的拓扑结构较为常见,如两电形式。因此,采用必要的功率转换技术是永磁发电机领域发展的必然方

向,能够确保发电机时刻处于良好的运行状态,减少能量损耗。

5. 新领域的应用与发展

现阶段的风力设备及现有的风力管控系统中广泛应用了永磁发电机,因其具备较高的能效,也具备优良的管控准确度。除此之外,现阶段我国风力发电站的范围得到了进一步拓宽,从内陆延伸到了近海,在此过程中,电力企业需要考虑发电机的耐腐蚀问题,因此对绕组的材料技术提出了更高的要求,沿海风力发电机内部所使用的材料及工艺配比需要得到相应的优化、改善,以适应相关区域的风力发电需求。

6. 低速直驱永磁发电机

低速直驱永磁发电机具备极数选取灵活、直径大且转速低的特征,设计形式与传统高速永磁发电机相比具备较大的差异,此类发电机生产用料更多,造价成本相对较高。在当前风力发电系统的管理工作中,工作人员应当考虑通过高速以及低速直驱永磁发电机的合理搭配来减少发电生产过程中所产生的一系列成本。在低速直驱永磁发电机的设计过程中,设计师需要考虑以下几个方面的问题:首先,设计师需要科学合理地选用发电机结构,由于永磁发电机的内部结构丰富多样,如磁通有横向、径向、轴向,不同的结构型式对发电机的生产造价产生较大的影响,影响发电机的运行功率、运行性能。其次,设计师还需要科学合理地选择槽数及极数,由于低速直驱永磁发电机具备较大的体积,因此,发电机的转速与输出电压之间不存在直接的关联。在电磁负荷的选取过程中,由于此类发电机的磁通变化相对较小,而定子绕组的数量却相对较多,定子绕组往往具备较大的能量消耗,因此设计师需要合理调整定子绕组的数量。此外,设计师还需要科学合理地选择冷却方式,由于此类发电机发热量较大,因此需要结合必要的风冷措施才能够保证发电机正常、稳定地运行。

7. 中速半直驱永磁发电机

中速半直驱永磁发电机能够进一步提高整个风力发电系统在运行过程中的灵活性和可靠性,能够进一步提高发电机的综合运行效率。中速半直驱永磁发电机通常是多级增速结构,实际的使用更加灵活多变,能够顺应不同的风力发电需求。

永磁发电机的具体应用

1. 降低脉动转矩

企业在对发电机运行状态进行监督管控的过程中，通常是齿槽脉动转矩及相关数据资料作为参照依据，相关数值越低，则表明发电机的运行状态越好。转矩数值随着发电机持续不断地运行而增加，因此，为了确保发电机时刻处于良好的运行效率，应通过相应的技术手段来降低转矩数值。通常情况下，应将齿槽脉动转矩的变化区间控制在合理的范围，要通过使用对应的绕组技术来实现。

2. 防磁保护措施

永磁发电机在运行过程中需要借助相应的磁力，一般情况下，在整个风力发电系统内部，转子是通过永磁体铁心的运动来产生相应的磁力，以此来实现发电的。在风力发电过程中，若永磁发电机未得到有效保护，则容易导致相应的发电机性能受损。因此，为了确保风力发电系统与永磁发电机不会产生冲突，企业需要采取必要的防护管控措施来保护发电机系统。通常情况下会采用钕铁硼等相关材料来保护磁体，但是在该过程中，工作人员也需要严格管控设备周边的湿度以及温度。

永磁风力发电机的发展趋势分析

1. 发电机结构型式变化

永磁风力发电机的结构型式需要进一步优化和改善。首先要增加永磁风力发电机的通气直径，增强冷却效果，其次要采用全新的装置材料，减轻整个发电机的质量，同时还要减少相关材料的损耗量。具体来说，工作人员需要对铁心定子的比例进行科学合理的设置（见图1），降低发电机的总体质量，最大限度地减小发电机在运行过程中产生的噪声及振动。因此，未来永磁风力发电机内部结构在优化和改善的过程中，需要以材料学作为支撑，对发电机内部的各项原材料进行优化，并且减少永磁材料的消耗量，降低永磁风力发电机的生产制造成本。

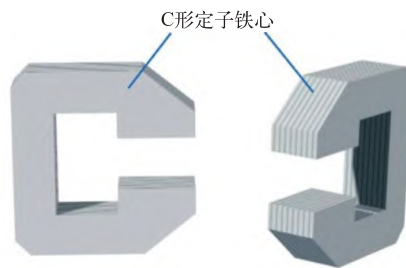


图1 C形定子铁心

2. 发电机控制技术变化

发电机控制技术是风力发电的重点和要点，主要是提高风力发电机组的运行效率，同时还能够提高整个机组运行的稳定性和可靠性。控制技术能够最大限度地减少整个发电机组在运行期间的故障隐患，提高发电机的输出功率，进而增加发电量。而发电机控制技术涉及的内容相对较多，如计算机技术、网络技术以及机电技术，设计师需要集合多项技术的优势，对现有的永磁发电机控制技术进行革新优化，提高风力发电的效率。

结束语

总体来说，在当前风力发电系统中采用永磁发电机具有较大的现实意义，能够进一步提高发电效率及风力发电的稳定性。电力企业需要加大技术创新力度，参考永磁发电机的运行环境，合理设置永磁发电机的内部结构，确保风力发电机组能够持续稳定运行。EA

（收稿日期：2022-02-12）

参考文献

- [1] 曾源. 永磁电机在风力发电系统中的应用及其发展[J]. 城市建设理论研究：电子版，2020(20): 2.
- [2] 李占勇. 永磁调速装置在塔底泵上的应用[J]. 电气应用，2020，39(5): 48-52.