

储能技术在风力发电系统中的应用

宁晓伟

中国水利水电第五工程局有限公司

摘要：风力发电系统具有再生性强、污染小等优势，是近年来国家非常重视的一大再生资源电力系统。风力发电需要应用到多项专业性技术，尤其要运用储能技术实现电力存储，使电力系统具有更强的稳定性。为充分发挥储能技术优势，保证风力发电系统稳定与可靠，本文主要结合风力发电的概述，讨论储能技术的分类，并分析储能技术在风力发电系统中的应用，以为相关技术人员提供一定参考。

关键词：储能技术；风力发电；系统；应用

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.10.059

一、前言

在风力发电系统当中合理应用储能技术，可结合电力供应实际情况及需求充放电，从而获得良好的调峰效果，并使电力系统具有更强的稳定性，减少资源浪费。为在风力发电系统当中充分发挥储能技术优势，需要基于风力发电特点和常用的储能技术特征，根据实际情况，在风力发电系统当中合理选用储能技术，以有效提升储能效果，维护风力发电系统的稳定与可靠。

二、风力发电的概述

风力发电即通过风能发电，风力发电机组会先从风能向机械能转变，随后再向电能转化。在风电机组当中，主要部件是发电机和风轮，受到风力作用影响，风轮会旋转，后将风的动能化作风轮轴机械能，因为发电机转轴会和风轮转轴相互连接，所以发电机会在风轮轴带动作用下而旋转发电。当前在风力发电过程中，所用风电机组具有较高的风能利用率，保持在约60%，而一般情况下大多风力发电厂其所用现代风轮只有约40%的发电效率，这是因为风速会受到环境因素影响，具有不稳定性，时常发生变化，风力发电机组面对相对恶劣的环境，使得风力发电机组和其他工业机组相比具有更大的运行难度^[1]。目前我国的风力发电机组大部分使用寿命约20年，可经受大多数恶劣自然条件，在世界行业领域当中保持较高水平，整体利用率比较高。近年来随着我国电力系统的不断发展，越来越关注风力发电，而且风力发电量也呈现出逐年增加趋势。虽然风力发电具有节能环保、技术成熟而且成本不高等优势，但因为风能有一定波动性，也就是风能大小难以有效控制，所以为使风力发电供给更加稳定、可靠，需要联合应用合适的储能技术实现调峰、调频。

三、储能技术分类

（一）超导储能技术

所谓超导储能技术，指的是通过磁场能量实现存储，也就是储能期间以超导体线圈为介质，并利用以直流电流所构建磁场实现储能，在有电能需求的时候，可直接放出磁场当中所存储的电能，所以，超导储能技术也被称作超导磁体储能。该技术应用中实现高功率储能，只需要耗费较短时间，同时通过应用超导储能技术，可对电能实现长期存储，在储能过程中只有很低的能量耗损，使能量总体利用率明显提升，大约在95%左右^[2]。对于超导储能系统来说，其一大优势就是具有很强的动态性，可自动化的结合电力系统指令迅速做出反应，所以目前多领域都广泛应用此技术，在风电系统当中，主要应用在功率补偿以及频率调节等环节，可使风力供电具有更高的稳定性。

（二）飞轮储能技术

所谓飞轮储能技术，指的是在电能驱动下使装置圆盘不断旋转，使电能先转化成动能，并于装置加速质量块当中存储相应动能，在有发电需求时，可直接利用飞轮的动能为发电机供给能源，以从动能转化到电能。传统的飞轮储能技术在实际应用中会有大量耗损产生，随着技术的不断成熟与发展，为解决此问题，开始在飞轮储能装置当中引入超导磁悬浮技术，同时通过应用新型复合材料进一步提升储能密度，还同步使储能装置整体体积明显缩小。在飞轮储能新技术应用中，有大约90%的能量转化率，这一转化率并未达到极大值，仍有增长空间。飞轮储能技术应用中，不仅保养维修便利，没有污染产生，还能够不限次的充放电，在诸多优势支持下使飞轮储能技术在风电系统当中具有广阔的应用空间。在电力系统以及新能源发电产业不断发展过程中，飞轮储能技术也将日渐成熟，开发深度也会持续加大。在飞轮储能应用下，可有效的对发电功率短期变化加以补偿，使电力系统具有更高的稳定性。近年来有研究人员提出积木式组合飞轮储能方式，此方式在实际应用中将使充放电效率进一步提升。随着大规模并网发展，为充分体现飞轮储能技术优势和作用，在飞轮储能研究过程中越来越关注并网型飞轮储能系统建立，同时研究中也开始应用高强度的飞轮材料还有新型微损耗轴承，使得飞轮储能系统具有更高性能，并使飞轮储能系统进一步朝着规模化、大容量以及高转速等方向发展。为在风力

发电系统当中更充分地发挥飞轮储能技术优势, 研究领域近年来越来越关注探究飞轮装置转子其结构对储能密度还有应力等发挥的作用, 以期通过对转子结构进行优化调整, 使飞轮半径、储能总量以及最高转速等改变, 并使飞轮储能技术和风力发电系统有更高的匹配度, 更好的发挥技术优势和作用, 助力风力发电事业发展^[3]。

(三) 蓄电池储能技术

作为一种传统的储能手段, 蓄电池储能技术经过长时间的研发和应用探索, 目前市场上已经有多种蓄电池储能类型, 而且已广泛应用于多个领域。蓄电池储能技术不断成熟和发展过程中, 电池存储容量持续加大, 使得蓄电池具有更高的应用价值。蓄电池储能主要有以下几种类型: ①铅酸蓄电池。铅酸蓄电池有着非常高的存储容量, 达到约20mwh, 和蓄电池发展初期相比有显著提升。此电池具有经济性能高、可靠性好以及环境要求偏低等优势, 所以目前在风力发电领域应用较为普遍。不过铅酸蓄电池不具备良好的环保性, 而且不利于资源再利用, 一旦铅酸蓄电池自身使用生命周期结束, 将不能再应用到其他用途当中, 同时铅酸蓄电池降解环节尚不能实现无公害化处理, 如果不能得当的处理, 会造成环境污染, 不符合当前我国生态环保理念要求; ②镍氢电池。镍氢电池初期主要应用在混合电动车当中, 不过在长期实践中, 发现此类电池的能量转化率会明显受到周边环境影响, 如果电流比较小, 放电过程中能量密度可达到80kWh/kg及以上, 而如果周边环境具有较大电流通过, 那么放电过程中会明显降低能量密度, 大约保持在40kWh/kg; ③全钒液流电池。因为汞会受到电解液的影响而发生化学反应, 电极表面会出现氧化还原, 由此使蓄电池发挥充电以及放电功能。近年来, 全钒液流电池不断扩大着应用范围, 体现出成本较低、效率较高等优势, 应用成效日渐突出; ④锂离子蓄电池。锂离子蓄电池在实际应用中也会较大程度上受到外部环境的影响, 而且此类电池具有较复杂的制作工艺, 所以目前风力发电系统当中尚不适合应用。

(四) 超级电容器储能

此储能技术主要是基于电化学双电层理论, 实践应用当中产生的脉冲功率非常大, 从而促使电力的表面一直保持在最佳状态, 在有充电需求的时候, 会受到电荷吸引力的驱动作用影响, 使电解质异性离子吸附在电极的表面, 在此基础上生成双电荷层。在超级电容器储能技术应用过程中, 所需要的装置结构比较简单, 不会产生毒性物质, 具有较好的环保性能, 而且超级电容器储能方式会有较大电流产生, 而且充电时间比较短, 即便在充电以及放电循环过程中, 其性能优势依旧不会受到

影响。不过超级电容器储能也有一定局限性, 主要是在充电过程中具有较高的电压要求, 通常单个电容器电压很难达到高效充电要求, 所以目前超级电容器储能在风力发电系统当中的应用主要体现在短时大功率平滑调节等方面^[4]。

(五) 其他储能技术

当前常见的储能技术除了上述技术以外, 还有抽水储能、压缩空气储能、氢燃料电池储能等技术。在这几种技术当中, 氢燃料电池储能技术应用中涉及较高成本, 不过具有良好的性能, 而且体现出很强的环保性, 受到技术以及成本等局限, 目前此技术主要在航空航天领域应用较多, 不过近年来在技术研发过程中, 此技术成熟度不断提高, 风力发电领域也越来越关注此技术在风力发电系统中的应用潜力, 已开始逐步将此技术应用于风力发电系统^[5]。压缩空气储能在应用中需要配合使用燃气机, 通过此储能方式所产生的能量转化率比较高, 能够有效缩减能量耗损, 该技术目前在电力系统以及风力发电领域主要应用在储能调峰方面。抽水储能技术在电力系统以及风力发电领域应用, 主要可发挥系统调峰、集中发电等功能, 不过抽水储能技术具有较高的地理条件要求, 应用过程中需要配套建设抽水储能电站, 这一局限也影响着该技术的广泛应用。

四、储能技术在风力发电系统中的应用

(一) 双电池储能

当前在风力发电系统当中, 为对风电功率波动情况加以缓解, 主要有两种方式, 一种是通过储能装置, 一种是利用功率平滑方式。若选择功率平滑方式, 无须配合应用储能装置, 而同时风能采集及应用效果也难以保证。通过储能装置实现储能系统的搭建, 可有效提升风力发电量采集性能, 经电能存储, 更稳定的向电网输送电能。因为电池储能具有良好的应用效果, 所以目前已广泛应用于风力发电领域。随着电池储能技术的不断发展和成熟, 有研究人员提出通过双时间尺度协调控制形式使电池储能装置具有更长的使用寿命, 同时还有助于对风电功率波动情况加以控制, 促使电池储能装置更充分的发挥其优势。除此以外, 风电系统当中还可以用大型电池储能装置, 此装置的应用有助于控制系统运行成本, 装置包含多个电池, 主要以双层控制形式对风电功率波动情况进行合理调节, 并对各电池储能单元进行功率配置。以此为基础, 还研发出双电池储能技术, 该技术应用中主要包含两个电池装置, 一个用于充电, 一个用于放电, 在实际风电功率比电网调度功率高情况下, 充电电池会处于充电状态, 若相反, 充电电池会自动停止, 此时放电电池会保持工作状态, 这两种电池有

着不同的功能,应用中会结合实际风电功率变化而动态切换充放电状态,而且状态切换过程中这两个电池均是单独运行,所以可有效规避单个电池状态切换所存在的弊端,这种设计还可使电池储能装置具有更长的使用寿命,使调度功率得到优化,促使原本具有不稳定性特征的风电更持续、稳定的输送到电网当中^[6]。

(二) 氢燃料储能

实践中,主要通过电化学装置完成氢燃料储能,并会把燃料还有氧化剂当中的化学能转化成电能,近年来氢燃料储能技术在风力发电领域的应用日渐广泛。氢燃料储能体现出容量无上限特征,基于电解质的不同,主要划分成碱性燃料储能装置、质子交换膜燃料储能装置还有甲醇燃料储能装置,这些储能装置有着相似的工作原理,而且装置构成基本一致,都包括电解质、阴极和阳极,只是电解质有所不同。其中,质子交换膜燃料储能方式目前在风力发电领域应用更加广泛,此类储能装置在实践运行过程中,氧气和燃料气体会先进入到双极板气体通道当中,进而流向两极,在到达膜电极扩散部位之后,流向催化层,受到膜阳极催化剂的影响,氢气会分解成电子、质子还有水,其中质子、水会先穿过质子交换膜磺酸基,而后再进入到阴极,这期间电子会先穿过外电路,之后流向阴极,随后受到阴极催化剂影响,使水、质子还有电子和氧分子发生化学反应,在反应期间实现电能存储,完成充放电^[7]。此外,还同步联合金属化、液化以及压缩化等储能方式达到长期储能目的,具有良好的应用效果。氢储能装置应用于风力发电系统当中,主要组成部分有燃料储能装置、电解槽还有氢储罐,在风能相对充足情况下,电解槽在受到电解水的作用影响生成氢气,同步存储于氢储罐当中,在氢气储满之后,所多出的电力会逐步转出并形成负载,而在风力发电过程中出现赤字情况下,氢储能装置会使氢和氧发生反应,通过所生成的电能对系统负载加以弥补,使整体电力系统保持良好的稳定性^[8]。

(三) 碳纳米管超级电容器

其组成部分主要有电流采集装置、隔离物、极板还有电解质等,在电解质极化过程中实现储能。超级电容器其和储电池有着相似的储能方式,充电过程中,电荷的存储主要采用的是离子形式,可获得较好的储能效果。以往超级电容器当中电极材料主要以活性炭纤维、金属氧化物等为主,在近年来材料领域的不断发展,发现碳纳米管具有更高的机械强度和化学稳定性,而且导电性能优良,所以目前风力发电系统主要会在储能过程中选择碳纳米管超级电容器。此类电容器在风力发电系统当中应用,深度充放电循环频次多达10万余次,具有

突出的储能效果,使用寿命也非常长,所以此装置尤为适合应用于风力发电系统^[9]。

五、结束语

在风力发电系统当中合理应用储能技术,可使发电系统大量存储优质电能,使电力系统具有更高的稳定性,并有效提高发电质量。目前常见的储能技术主要有飞轮储能技术、蓄电池储能技术、超导储能技术、超级电容器储能技术等,在风力发电系统建设过程中,应用较多的储能技术有双电池储能技术、氢燃料储能技术以及碳纳米管超级电容器储能技术等,相关技术的应用可有效提升系统储能容量以及储能性能,使储能更加稳定,助力风力发电系统可持续发展^[10]。

参考文献

- [1]何永秀,吕媛,车怡然.基于地区用户成本的分布式风力发电长期规模预测[J].山东电力技术,2021,48(12):21-28.
- [2]杨尚丹,孙亦锴,岳文彦.锂离子电化学储能系统的风险与应对[J].劳动保护,2021(12):22-24.
- [3]赵晨欢,李一帆,张文强,于波.基于固体氧化物电解池的风电综合储能系统[J].电力电子技术,2020,54(12):132-136.
- [4]曹恩德,张苗苗,刘海龙,谢瑞伦,田誉娇.氮氧共掺杂多孔炭的制备及其锌离子混合超级电容器性能研究[J].燃料化学学报,136-139.
- [5]谢忠华,叶伊毅,刘俊,杨猛,肖坤军.基于供需弹性和储能的风能优化调度方法研究[J].能源与环境,2021,43(11):177-181.
- [6]贾伟青,任永峰,薛宇,韩俊飞,胡志帅,陈建.基于小波包-模糊控制的混合储能平抑大型风电场功率波动[J].太阳能学报,2021,42(09):357-363.
- [7]刘永江,魏超,高正平,焦晓峰.氢储能接入含风电的热电联产系统日前调度研究[J].电气传动,2021,51(20):64-68+74.
- [8]袁小明,程时杰,文劲宇.储能技术在解决大规模风电并网问题中的应用前景分析[J].电力系统自动化,2013(01):152-124.
- [9]桂秋月,巴德良,栗林坡,刘文毅,李园园,刘金平.水系混合超级电容器先进电极材料与器件研究进展(英文)[J].Science China(Materials),2022(01):178-179.
- [10]程文祥,蒋童童,胡海波.基于碳纳米管的柔性平面微型超级电容器(英文)[J].Chinese Journal of Chemical Physics,2022(03):145-147.