

双馈风机发电模式切换对发电效率提升研究

梁原

国华(神木)新能源有限公司

DOI:10.12238/pe.v2i6.10421

[摘要] “十四五”期间我国新能源装机容量实现持续的高速增长,风机发电是新能源的主要形式之一,双馈异步风力发电机是目前应用最广泛的风力发电机,双馈感应发电模式能够独立控制转子励磁电流解耦有功功率和无功功率控制,而且无需从电网励磁。提高双馈风力发电机的发电效率逐步成为研究和发展的关键方向。本文提出了一套针对双馈风力发电机组的技术改造方案,该方案在现有的双馈风力发电模式的基础上增加低风速发电模式切换功能,能够实现风力发电机组在复杂多变的风资源情况下的高效利用,是一种提升风力发电效率的新思路。

[关键词] 双馈风力发电机组; 发电效率; 模式切换; 并网接触器

中图分类号: TM31 **文献标识码:** A

Study on power generation efficiency improvement by double-fed fan power generation mode switching

Yuan Liang

Guohua (Shenmu) New Energy Co., LTD.

[Abstract] during the period of "difference" new energy installed capacity achieve sustained rapid growth, fan power generation is one of the main forms of new energy, doubly-fed asynchronous wind turbine is the most widely used wind turbine, doubly-fed induction power generation mode can independently control the rotor excitation current decoupling active power and reactive power control, and no need to excitation from the grid. Improving the power generation efficiency of doubly-fed wind turbine has gradually become the key direction of research and development. This paper puts forward a set of technical transformation scheme for doubly-fed wind turbine, the scheme on the basis of existing doubly-fed wind power generation mode of low wind speed power generation mode switching function, can realize the wind turbine in the complexity of wind resources, is a new way of thinking to improve the efficiency of wind power generation.

[Key words] doubly-fed wind turbine; power generation efficiency; mode switching; grid-connected contactor.

1 引言与现状

风力发电是一种可再生、清洁绿色的能源技术,在世界能源环保的趋势下逐渐成为能源结构中不可或缺的一部分,随着技术的进步和应用的拓展,风力发电效率提升的研究已经成为工程实践和理论研究中的重要课题。目前行业内占据主要市场份额的是以双馈异步发电机为核心的风力发电机组,双馈异步发电机是一种绕线式感应发电机,电机本体由定子、转子、轴承系统和冷却系统组成。双馈风力发电机组凭借其灵活高效的调节和控制,在市场上广泛的应用,导致双馈机组在低风速段系统效率不佳的主要原因在于受转子电压的限制,转差不能过大,转速不能过低,于是只能放弃低风速段最佳叶尖速比,放弃最优的风能捕获策略,而且也提高了切入风速点,这是转差功率控制模式

的固有缺陷。但是随着行业的发展,陆地风力发电机型和基础技术已经趋于成熟,发电效率提升就成了核心的研究内容。本文所提出的方案,正是应对于小单机容量、所在区域风速波动较大的双馈风力发电机组,在风速变化频繁或低风速时段,依然对风资源的利用有一个较高的效率。这种技术方案,不仅能对已建风机进行改造,而且展示了风力发电机组研发生产的一个思路和可能。

2 双馈风力发电机发电模式切换的技术原理

双馈风力发电机组,模式切换的关键是在机组检测到风速降低时,机组自动控制机将风机双馈发电机的定子三相短接,将风机的双馈发电机组转变为鼠笼电机,通过此项技术和控制策略,巧妙的利用了双馈风机和鼠笼电机的结构特点和发电特性,

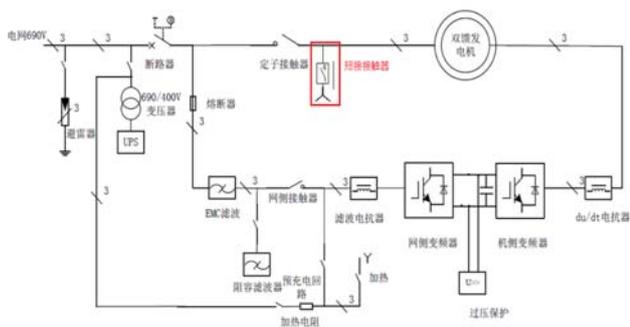
各取其优,将双馈发电机的灵活控制和直驱发电机的高效性有机结合,实现技术互补,使得风力发电机组具备较低的启动风速、相对较高的低风速发电性能和高风速时双馈发电模式的优点,技术上实现风力发电机总体的发电效能提升,在风速波动较大的时候依然能保持较高的发电效率,将风机捕获的风能最大程度利用转化。经理论比较和实验验证,具备本技术的模式切换的风力发电机,在绝大多数情况下,优于现有其它的风能利用模式。智能模式切换技术部署后,在低风速下机组会在类直驱模式下运行,发电机转速、功率均较低,并不会增加电气部件的负载寿命,也不会影响整体风机的载荷安全。



2.1 双馈风力发电机发电模式切换的实现

2.1.1 模式切换接触器

对发电机内部发电电路进行改造,将模式切换接触器加在定子电路中,使得在接收到相应的控制信号后,将定子三相短接,使得风力发电机组从双馈发电变成鼠笼式发电机,即完成风力发电机组的发电模式切换。



2.1.2 主控系统与变频器软件升级

为了实现预期低风速或风频变化剧烈的工况,需要对主控系统和变频器软件的控制逻辑以及相应参数进行部分修改,以用于适配电路的改造,最终在功能上实现成熟可靠的发电模式切换。此软件升级优化不仅实现了风力发电机组更快的响应和更高的发电效率,也为运维人员提供了灵活多样的控制手段,实现风力发电机组的综合运行效率提升^[1]。

2.1.3 发电机外部改造

为了配合发电机电路、控制系统等关键部分的改造调整,达到相应工况下发电模式切换的工作要求,发电机的绝缘、热

控、电路布局需要进行改造和升级,使得设备具备模式切换的条件,保障切换模式前后发电设备能够长期高效运行、安全与稳定^[2]。

2.2 发电效率提升机制

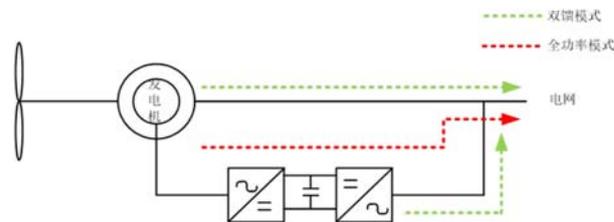
本项技术充分利用了两种发电机类型的技术特点,在切换进入低风速发电模式后,发电机变为鼠笼式发电机,转子的开口电压与转速呈正线性相关,正是利用这一技术特性,突破了原双馈风力发电机的运行转速的下限要求,将风力发电机的启动风速降低,在原本不足以运行的低风速区间也能实现有功输出,而且,由于发电机电路与电网非直接连接,通过电机励磁控制方案的整体优化提升,能够在上述基础上,更进一步地提升风力发电机组的整体发电效率^[3]。

2.3 风频变化较大时的模式切换

因为风资源不稳定的特性,尤其是低空区域风速波动速度较快、幅度较大,此特性导致风电机组的发电效率受到负面影响。本文提到的技术思路,将结合超短期功率预测数据、风机实测风速,测风塔各高度风速及风资源的湍流强度等数据,通过相应算法,实时计算得出模式切换的阈值,对比与固定的切换阈值,这种智能化的切换控制办法,能够更加可靠、更加高效,使得在多种风速工况下都能实现发电效率的最优解^[4]。

2.4 模式切换的示意图如下

在低风速、低功率的状况下,类直驱式的发电模式将捕获的风能全部通过变频器转化为满足电网要求的电能送入电网;在高风速、高功率的状况下,双馈式的发电模式将电能通过定子、转子分别输入电网,变频器仅用于部分发电功率^[5]。



3 实验验证

3.1 实验对象

本次研究验证选择陕西某山地风电场作为实验对象,实验对象的风力发电机组为EN-87-1.5MW双馈机型,海拔1623m-1675m,上一年度可用小时1712.78h。全面收集了试验风力发电机组近3年的scada运行数据,统计发现,过往五年的年平均风速分别如下表所示:

年份	2022	2021	2020	2019	2018
风速	4.87m/s	5.13m/s	4.71m/s	4.49m/s	4.82m/s

进一步分析风频得到,2023年对于实验双馈机型的2m/s至5m/s典型低风速区间风频占比达到了53.6%,直驱全功率系统在低功率工况发电效率较高,而双馈系统在高功率工况发电效率

较高,该实验对象具备实现模式切换研究的需求,是典型的实验对象,本项技术的应用能够有效地提升该机型在该风资源下的发电效率,具备实验价值。

3.2 实验过程与成效

基于气象学科基础理论和当地气象特征,配合该场站标杆机组的历史数据、实际风频分布以及该机型标准空气密度-功率曲线,推算得出本项技术应用能够使实验对象年发电量提升1.10%-1.36%。

经过2个月的改造,共计33台实验对象风力发电机完成了硬件、环境的改造和控制系统的升级。后经过一年度完整周期的验证,结合单机功率曲线对实验数据进行有效性筛选和分析得到,全年的发电量提升达到了1.18%;分季度来看,二、三季度因为小风季的原因,低风速风频较高,提升效果相对较为显著,季度发电量提升分别为1.25%、1.30%;一四季度单季度发电量提升分别为1.12%、1.03%。以上数据表明,本文所研究双馈风机模式切换,能够在小机型、低风速风频较高、年平均风速相对较低的条件下,实现较为显著的发电效率提升。

3.3 效益分析

实验验证单年度实现风电机组发电量提升1.18%,实验年度可用小时数为1732.51h,计算单台收益:

$1500\text{kW} \times 1.18\% \times 1732.51 \times 0.61 = 18705.91$ 元/年

按照项目前期每台投资成本约为4万元,投资回收期约为

2.1年,具有一定的经济价值。

4 结论

双馈风力发电机组模式切换的验证成功,标志着风电技术在优化能源结构和提升风资源利用效率上更进一步,该技术成功利用现有不同发电机模式的特性进行创新、研究与验证,优化了现有的双馈风力发电机的发电性能,一定程度上弥补了其在低风速工况下效率低甚至难以启动的缺点。

[参考文献]

[1]许陈莹.含双馈风机并网电力系统的暂态稳定运行域估计研究[D].华南理工大学,2023.

[2]扈艺.基于电压特征的双馈风机组暂态稳定性分析[D].辽宁工程技术大学,2023.

[3]王凯.双馈风机并网系统暂态功角稳定性研究[D].湖南工业大学,2023.

[4]张晓英,舒子江,吴宏强.基于零动态和超扭曲的双馈风机暂态控制策略[J].深圳大学学报(理工版),2023,40(5):599-607.

[5]钱磊.双馈风机控制方式对继电保护动作的影响研究[J].应用能源技术,2022,(10):28-30.

作者简介:

梁原(1997—),男,汉族,陕西省榆林市榆阳区人,大学本科,助理工程师,新能源、电力行业。