

变频器在风力发电机组的应用

胡广顺

(内蒙古中广核风力发电有限公司, 内蒙古 锡林浩特 026000)

摘要: 介绍变频器在风力发电机组的应用案例。

关键词: 变频器; 风力发电; 双馈异步发电机; 调速

Inverter Applied in Wind Turbine

HU Guang-shun

(Inner Mongolia Guangdong Nuclear Wind Power Generation Co., LTD, Xilinhot 026000, China)

Abstract: The application case of inverter applied in wind power generation is introduced.

Keywords: inverter; wind power generation; dual-fed asynchronous generator; speed control

0 引言

风力发电机组功率的不断增大, 导致机组的叶片已经重达数吨或数十吨。操纵如此巨大的转动惯性的体, 并且响应速度要求能跟上风速变化是相当困难的。近年来投运的变桨距风力发电机组, 一方面对桨叶角度进行变桨距控制, 另一方面通过变频器控制发电机转子电流来控制其转速。变桨距控制是一个比较缓慢的过程, 它的动作时间以秒计算, 对快速变化的风速功率输出效果并不理想, 而变频器控制发电机转子电流频率的动作时间在毫秒级以下。因此在高频率的风速变化时, 通过变频器瞬时改变发电机转子电流频率可以保证发电机组能跟上风速的频繁变化, 使机组功率稳定输出, 降低对电网冲击的不良影响, 同时也可以降低变桨距机构的动作频率, 延长变桨距机构的使用寿命。

1 原理

双馈异步发电机中定子直接通过接触器与电网连接, 转子通过变频器与电网连接。当发电机转子转速随风速变化时, 要保证定子输出工频电流, 发电机转子励磁电流频率、转速和定子电流频率存在如下关系:

$$f = pn_1 \pm f_1$$

式中 f 为发电机定子电流频率 (工频 50Hz); p 为发电机磁极对数; n_1 为发电机转子转速; f_1 为发电机转子电流励磁频率。

因为风速随时变化, 所以发电机转子转速 n_1 也是随时变化, 要保证风力发电机定子输出稳定电流频率 f , 只有通过变频器调节风力发电机转子励磁电流频率 f_1 。

当异步电机接入频率恒定的电网上时, 由定子三相绕组中的电流产生的旋转磁场的同步转速决定于电网频率和电机绕组的极对数:

$$n = 60f/p$$

式中, n 为发电机同步转速。

异步发电机中同步转速和转子转速之间的相对转速为:

$$\Delta n = n - n_1$$

由此可知异步发电机有 3 种工作状态: 同步工作状态、亚同步工作状态和超同步工作状态。变频器就是在这 3 种不同的工作状态下以不同的方式工作:

(1) 双馈异步发电机运行于亚同步速度。

当风速小于风力发电机组额定风速时, 机组运行在亚同步状态, 这时发电机转子转速 n_1 小于同步转速 n , 不能保证发电机定子并网条件。这时变频器给发电机转子提供正相序励磁电流, 向发电机转子输入有功功率。转子电流产生的旋转磁场的转速与发电机转子的转速同向, 保证发电机转子的转速达到同步转速, 满足定子并网条件, 保证了在低风速时风力发电机能持续捕捉到最大的风能。

(2) 双馈异步发电机运行于超同步速度。

当风速大于风力发电机组额定风速时, 发电机转子转速大于同步转速, 发电机运行在超同步状态, $n_1 > n$, 不能保证发电机定子网网的条件。这时变频器向发电机转子提供反相序励磁, 转子电流产生的旋转磁场的转速与发电机转子的转速反向, 发电机转子向变频

作者简介: 胡广顺(1985-), 检修主管, 从事风机运行检修和变电站检修的工作。

收稿日期: 2011-08-23

器输出有功功率。发电机的定子和转子同时向电网馈电,保证在高风速时风力发电机能稳定输出额定功率。

(3)双馈异步发电机运行于同步速度。

当发电机转子转速等于同步转速时,发电机处于同步运行状态,变频器向发电机转子提供直流励磁,此时变频器和转子绕组间无功率交换,风力发电机恒功率运行。

2 应用

2.1 调节转速

并网后,由于风速的变化,发电机可能运行在3种工作状态中的任何一种状态。当风速低于额定风速,变频器根据转速设定值和风速,给出一个桨距角度,此时发电机输出功率小于额定功率,变频器根据功率反馈和速度反馈值,给出转子励磁电流值,使发电机转速高于同步转速,保证机组在低风速仍能并网。当风速高于额定风速,发电机输出功率上升并到额定功率,当风轮吸收的风能高于发电机输出功率,发电机转速上升,变频器根据功率反馈和速度反馈值,改变转子电流给定值,使发电机运行在超同步状态。这时发电机的定子和转子都向电网输出功率,机组达到额定功率运行状态。如果风速仅为瞬时上升,由于变桨距机构的动作滞后,发电机转速上升后,桨叶角度尚未变化,风速下降,发电机输出功率下降。这时变频器将减小发电机转差率绝对值,使得发电机转速下降,在发电机转速上升或下降的过程中,变频器保证转子的励磁电流不变,发电机输出的功率也保持不变。风速如果瞬时下降,变频器的动作原理与风速上升时相同,只是动作的方向相反。

2.2 机组并网控制

风力发电机组并网的条件:频率与电网频率相等、电压与电网电压相等、相位与电网相位相同。在机组并网的瞬间,3个条件必须同时满足。在机组并网过程中,变频器首先启动直流预充电环节,如果直接吸合网侧接触器,较大的电势差会对转子接触器造成较大的冲击,形成瞬间过电流。当风机转速达到 1200r/

min 以上时,变频器开始给发电机转子提供励磁,同时变频器开始检测发电机与电网的电压、频率和相位是否相同,如果满足条件,变频器控制发电机定子接触器闭合,实现机组与电网的零冲击连接。

2.3 调节无功、滤波和过电压保护

改变励磁电流的幅值和相位,可以改变发电机定子电动势和电网电压之间的相位角,从而实现无功功率的调节。在机组超同步运行时,发电机转子发出的交流电有很大的谐波,发电机经过变频器的整流、滤波、逆变、再滤波,然后并入电网,能减小对电网的谐波干扰。电网电压在一定的范围发生跌落时,风力发电机组的各量都会产生较大的振荡并伴有尖峰出现。变频器中的 Crowbar 电路在电网电压跌落时可以增加转子回路的电阻,有效抑制定子电流的交流暂态分量,同时可以对直流母线电容器进行保护。

3 应用优点

异步双馈变桨距风力发电机变频调速运行是在双馈异步发电机转子电路中实现的,流过转子电路中的功率为转差功率,一般只为发电机额定功率的 1/4~1/3。因此变频器的容量可以较小,大大降低了变频器的成本和控制难度。定子通过开关和接触器直接连接在电网上,使系统具有很强的抗干扰性和稳定性。

发电机转子转速与风速成比例变化,为了保证转子运行在最佳叶尖速比的范围内,转子叶片的迎风角度通过一个变桨距传动单元进行调整。在高频率风速变化时,仅仅依靠转子电流变频器的控制就可以保持发电机功率的稳定输出,减少对电网的不良影响,同时也可以降低变桨距机构的动作频率,延长变桨距机构的使用寿命。

4 结语

同时使用变频器调速技术和变桨距技术,保证了机组效率的不断提高。

参考文献

[1] 姚兴佳,宋俊,等.风力发电机组原理与应用[M].北京:机械工业出版社,2010

万讯自控旗下品牌德美再添新丁

2011年9月,万讯自控旗下德美品牌正式推出全新 FS21HNX 系列高流速型热式流量开关。

该产品采用全新的结构设计,工艺改进的探

头,使之测量液体的最大流速达到了 3m/s,实现了热式流量领域的重大突破。该产品可广泛运用于热电、水电、环保、化工、冶金等领域。