

The Principle of Grid-connected Power Generation of Wind Turbines

Jiaping Li

Shanghai Survey and Design Research Institute Co., Ltd., Shanghai, 200434, China

Abstract

The construction of wind power generation is the main content of implementing the sustainable development strategy. The main structures of wind turbines are wind turbines and generators. Connecting them to the grid can expand the scale of wind turbines. In 2020, my country's first 10 trillion wind turbines will be successful Grid-connection symbolizes the progress and development of grid-connected wind turbines in my country. This paper mainly divides the grid-connected power generation principles of wind turbines.

Keywords

wind turbine; grid-connected power generation; grid-connected control

风电机组并网发电原理

李加平

上海勘测设计研究院有限公司, 中国 · 上海 200434

摘要

风力发电建设是贯彻落实可持续发展战略的主要内容, 风电机组主要结构为风轮、发电机, 将其进行并网可以扩大风电机组的规模, 2020年, 中国首台10兆风电机组成功并网, 象征着中国并网风电机组的进步与发展, 论文主要对风电机组的并网发电原理进行分析。

关键词

风电机组; 并网发电; 并网控制

1 引言

风力发电具有无污染、能源消耗低等优势, 随着中国数字化技术与风电技术的进步, 逐步实现了并网型风电机组的构建, 利用网络的数字化功能实现对发电的控制。中国目前已经投入建设并网型风电机组, 取得了一定的成效, 其在投入使用之后可以基于计算机系统实现对系统的控制, 降低了维修概率以及成本投入。

2 风电机组并网发电基本原理

风力发电系统可以分为独立系统以及风电机组两种, 风电机组单机容量较高, 功率较大, 适合大规模风力发电应用。可并网的风电机组系统运行利用叶轮结构将流动的风能转化为机械能, 通过叶轮齿轮的带动作用, 驱动发电机运转, 发电机系统将机械能转化为电能, 将系统并入到电力系统后, 可以实现为用户的供电。

目前, 比较常见有两种风电系统, 第一种是恒速恒频

的风电系统, 另一种是变速恒频的风电系统, 变速恒频供电系统效率较高, 成本较低, 是值得推广应用的的风电系统^[1]。

3 风电机组并网发电拓扑结构

3.1 双速异步发电机并网

双速异步发电机可以同时支持低同步、高同步转速的风电机组设备。对其并网发电原理进行分析, 需要明确异步发电机的同步转速指标, 对电机定子绕组极对数参数以及电网频率参数进行明确, 了解极对数与同步转速之间的关系。通过改变极对数, 可以实现对同步转速的控制。风电机组运转期间, 若风力较弱, 风速较低, 可通过增加极对数的方式降低发电机输出功率; 若风力较强, 风速较高, 则通过减少极对数的方式提高电机发电输出功率。极对数改变可以在风电机组系统设计中应用以下几种方法:

①风电机组分别应用高同步转速电机设备以及低同步转速电机设备, 设计两者之间的绕组极对数差异性, 实现对极对数的控制。

②应用同一台电机, 设计两套定子绕组系统, 两者之间的绕组极对数存在差异, 将其设计为双速电机。

【作者简介】李加平(1989-), 男, 中国云南曲靖人, 本科, 从事风力发电研究。

③通过改变电机定子绕组连接方式改变极对数,使得单体电机具备双速功能。

双速异步发电机并网发电可以应用晶闸管控制输入电流,避免过电流情况对电机组系统造成损伤。在绕组极对数切换变更过程中控制瞬间电流参数,抑制电流伤害。并网控制方法如下:

①风电机组的传感器装置可以测量风速,当风速达到设定启动指标后,传感器装置将信号传输至计算机控制系统,风机系统启动。初始启动发电机的绕组极对数最小,容量也比较小,当发电机转速达到设定指标后,晶闸管承载发电机与电网之间的沟通桥梁,起到限制电流值作用,风电机组进入到低功率运转状态^[2]。

②由于风速变量较大,当风速超过启动风速时,发电机高速绕组系统运行,当转速接近绕组极对数时,启动系统预设电流值,发电机并入电网之中,支持高功率发电运转。

3.2 滑差可调异步发电机并网

为确保风电机组运行过程中的效率最大化,国外研究出了滑差可调异步发电机,并入到电力网络系统中。该发电机在一定的风速范围内可以实现自动变化运转,输出的功率具有额定属性,功率变化不受叶轮变桨矩控制,系统的稳定性有所增强,设备元件的磨损程度降低。在不考虑运转期间电阻的损耗程度,发电机的功率与电磁功率几乎相同,若想确保电磁功率参数不变,当风速增加时,增加串入电阻可以确保电磁功率不发生改变,输出功率也不会发生改变。电子元件控制系统可以调整风电机组绕线转子的电阻值,使得电流恒定,实现发电控制目标^[3]。

系统应用变桨矩风机,安装相应的电流控制器装置控制并调节输出功率,使得功率输入长期处于平稳状态下。当实际吹过风速低于系统预设的额定风速时,电流对转速进行控制,发电机滑差被调整至最小,变桨矩机调整叶片角度,使其为 0° ,可以更好地吸收风能,将风能转化为机械能。当实际运转风速高于系统预设风速指标时,输出功率参数会发生明显变化,控制系统自动运转,使得原本的转子电流值发生变化。系统可调节转子回路电阻,发动机滑差提升。由于叶子攻角未发生变化,电流和功率均有所降低,电流控制系统启动,滑差降低。电流控制系统可以在风速变化情况下实现对电流的控制,维持功率稳定,风电机组转子电流控制系统可以维持功率恒定,降低风速变化对发电功率的影响。

3.3 双馈异步发电机并网

双馈异步发电机输出电压参数依靠转子电控制,发电机的负载情况影响电压值,若负载增加,对发电机输出端电压值进行检测,发现其数值降低,检测系统可以将检测结果反馈至转子电流控制系统中,控制通角变化,使其增大,达到增加发电机电流数值的目的。定子绕组可以感应电动势变化,调整发电机电压,将其恢复成额定值。双馈异步发电机并网发电应用变频器作为功率转化设备,使用循环变流器进

行功率因数调节,确保发电功率,具体变频器应用内容如下:

①直交混合换流变频器,将其应用到发电机系统中,支持系统超同步运行,风机变速范围也有所增加。该变频器以强迫换流的方式控制功率因数,达到控制发电的作用。转子回路控制通过电流为方波,受回路通过电流性质影响,低次谐波转矩由此形成,会影响功率调节效果。

②双交变频器避免了直流系统对风电机组功率因数调节的影响。同样可以实现亚同步向超同步的过渡,保障功率因数的稳定性。但为了支持该功能,需要安装大量的晶闸管,实现并网连接,而且风电机组在运转过程中同样会产生低次谐波转矩。

③脉宽调制变频器具备脉宽调制功能,风电机组运转过程中会通过正弦性转子电流,比较上述两种变频器而言,由于脉宽调制的功率调节功能,低次谐波转矩消失,该变频器应用效果较好,广泛普及。

3.4 同步发电机并网

制动转矩是同步发电机并网应用的基本原理,当风速发生变化时,转速不变,确保发电机的运转频率相似。该系统应用需要安装强大的速度调节系统,确保发电机与电网之间的科学连接,即使风速发生改变,同步转速也维持恒定运转状态。对以同步发电机为动力装置的风电机组进行并网控制研究,发电机转子并未添加励磁,在绕组限流运转期间,电阻短路,由原动机带动发电机转速,约达到同步转速的85%左右时,应用励磁,依靠磁力使得发电机之间相互吸引、相互作用,使其可以同步运行。

3.5 永磁同步发电机并网

将永磁体作为磁力装置,永磁同步发电机应用磁力实现动力驱动。该风电机组使用变速风机作为驱动装置,推动永磁同步发电机并网应用,该过程中无需应用相应的机械装置,传动过程依靠磁力,结构简单,减少了元件设备在风电机组并网发电中的投入使用,运行安全可靠,成本降低。系统不需要使用励磁装置,使用永磁发电机,输出三相电流,需要先转化为直流电,随后变换直流电,整流所得到的直流电无法直接并网,需要应用滤波电路对其进行处理,处理后经过三相逆变电路,实现并网发电。

并网发电期间电压、频率、相序等参数均应相同,并网控制需要应用控制器对上述各项参数进行采集以及设定,比较逆变器设备输出的电压参数,当参数达到预设要求之后进行并网,并网过程中不会产生瞬间电流影响风电机组质量,电压系统也比较稳定具有一定的可靠性。

3.6 不同发电机并网应用对比

比较不同的发电机并网应用,对其应用优势、应用原理以及应用缺点进行分析。双速异步发电机具有风速适应性,能源利用效率较高,运行损耗较小,依靠定子绕组实现对功率的控制,需要投入的成本较多,机械运转环境较差,对硬件的要求比较高。滑差可调异步发电机使用变桨矩控实

现对功率的控制,运行期间硬件磨损程度较低,风电机组使用寿命较长,但在运行过程中可能会出现齿轮噪音,控制系统操作比较困难。双馈异步发电机并网应用噪音小,效率较高,但电气损耗大,成本投入高。励磁同步发电机应用噪声小,并网控制频率较为稳定,输出电能质量较高,启动效率较高,但对变频器的要求比较高,需要应用齿轮箱,造价较为昂贵。永磁同步发电机结构简单、应力小、控制灵活,能源利用率高,但价格比较昂贵,变频器的容量较大。对比不同风电机组发电机组并网应用优点以及缺点,相关部门应结合自身的实际情况,投入使用不同的发电机系统。

4 结语

风电机组并网是未来电力发展的主流趋势,中国拥有

丰富的风力资源,风电机组建设是对能源的有效利用,降低了传统电力生产的能源消耗弊端。对风电机组并网发电原理进行分析,将现有智能控制技术与风电机组融合,打造智能风力发电系统,可以实现优化电力供应目标,降低发电环境污染,节约发电成本。

参考文献

- [1] 周云鹏,李莹滢.风电机组S型气溶胶自动消防系统应用研究与分析[J].广东化工,2021,48(22):82-84.
- [2] 徐可,易永胜,欧添雁.基于振型分解反应谱法的风电机组柔性塔筒地震载荷分析[J].机械设计,2021,38(S2):191-196.
- [3] 余清清,钱赫,许国东,等.基于希尔伯特变换的双馈式风电机组中发电机的碳刷—滑环早期故障诊断研究[J].太阳能,2021(11):83-88.