

小型垂直轴风力发电系统设计

刘慧君

驻马店职业技术学院, 河南 驻马店 463000

[摘要] 文章是根据垂直轴风力发电系统的特征, 设计一套基于定子无铁芯轴向磁通永磁发电机的垂直轴风力发电系统, 系统模拟变风速运行下, 系统输出稳定的交流电压和频率。整套发电系统成本低, 功能丰富, 工程实用性强, 易于实现独立微网运行。

[关键词] 风力; 垂直轴; 定子无铁芯; 轴向磁通; 发电系统设计

DOI: 10.33142/hst.v2i3.826

中图分类号: TM614

文献标识码: A

Design of Small Vertical Axis Wind Power Generation System

LIU Huijun

Zhumadian Vocational and Technical College, Zhumadian, Henan, 463000, China

Abstract: In this paper, based on the characteristics of the vertical axis wind power generation system, a set of vertical axis wind power generation system based on the stator non-core axial flux permanent magnet generator is designed, and the system outputs stable AC voltage and frequency under the operation of variable wind speed of the system. The whole set of power generation system is low in cost, rich in function, strong in engineering practicability and easy to realize independent micro-network operation

Keywords: wind power; vertical axis; stator iron core; axial flux; power generation system design

1 垂直轴风力发电系统特点

根据风力发电机转轴与地面的相对位置, 风力发电可分为水平轴和垂直轴风力发电系统。和水平轴相比, 垂直轴风力机旋转轴与地面垂直, 叶轮旋转与风向没有关系, 不需要对风装置, 可以捕获各个方向来风, 结构简单, 可以设计成多层、多柱塔式结构、维护维修方便^[1]。

整体来讲, 垂直轴风力发电技术具有如下优点: 无对风调节装置, 结构简单, 启动风速低, 设计灵活, 拓扑结构多样化; 风力机安装位置接近地面, 支撑塔架低, 发电机、变速箱等笨重机构可安装在地面, 重心稳定, 安装、检修方便; 移动性能好, 造价成本低, 可操作性好; 无“对风损失”和“疲劳损耗”; 运行噪音小, 对环境污染小^[2-3]。

小型垂直轴风力发电系统多采用离网型, 分布式分布结构, 系统由多台风力发电机组成局域微型发电网络^[4]。在直驱式风力发电系统中, 由于风速的不稳定性, 发电机输出电能频率、电压和功率大小都是不定的, 如何将变化的风能转换成较稳定的电能, 是该风力发电系统必须要解决的问题。

2 系统组成

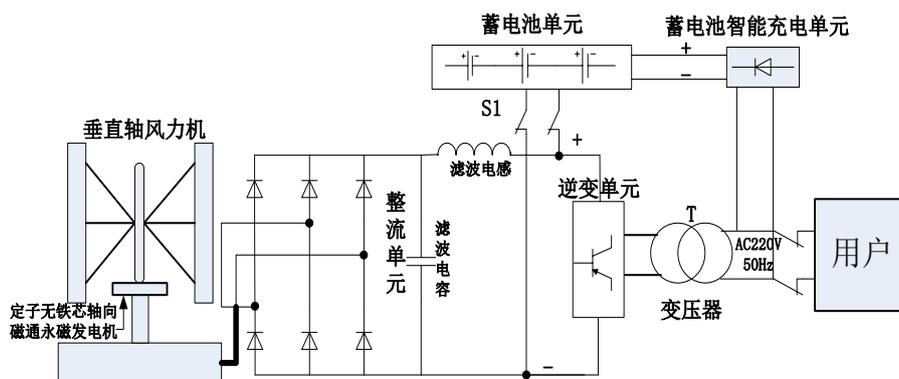


图1 小型垂直轴风力发电系统组成

本文根据低风速垂直轴直驱风力发电系统运行环境的特点, 设计一套适用于小功率的风力发电系统, 系统组成结构如图1所示, 发电系统采用垂直轴直驱式结构, 发电机为定子无铁芯轴向磁通永磁发电机。发电机输出的三相交流

电首先通过三相全桥不可控整流电路，经滤波电路，将交流电转换成直流电，直流电通过本文制作的单相逆变器经变压器输出稳定的交流 220V，50Hz 的交流电可以供用户使用。在逆变器用户侧通过蓄电池智能充电装置将富裕的电能储存起来，当无风或风能不足时可以打开智能开关 S1 通过蓄电池经逆变器为用户提供可靠的交流电源。此外，蓄电池组不仅可以作为风能转换为电能的储存装置，也可作为用户紧急突发情况的应急备用电源，当因风能不丰富或长时间无风，蓄电池处于严重缺电情况下，可通过用户侧的市电网络或其他形式电源（如太阳能等）为蓄电池组充电备用；在风能资源丰富，用户和蓄电池功率充裕的情况下，交流侧电能可通过用户侧的并网装置将富裕的电能输送给大电网，为用户上网售电提供可能。

小型垂直轴风力发电系统的技术实现关键在于单相逆变器，单相逆变器实现的主要功能是将随风速变化的直流电逆变成输出电压稳定 220V，频率恒定 50Hz 的交流电。系统输出恒定的交流电压和频率功能一方面为蓄电池组充电装置提供便利，避免通过复杂的 DC-DC 直流斩波控制电路，另一方面方便用户侧负载用电和为用户并网提供有利条件。

3 系统设计与分析

考虑定子无铁芯轴向磁通永磁发电机运行转速区间以及发电机输出电压和功率等参数，设定发电机经三相全桥不可控整流输出直流电压范围 12V 至 75V，在整个直流电压范围内，不论直流电压如何变化，逆变器均输出稳定的交流电压和频率^[5]。

同时考虑到发电机单台或多台并联容量问题，逆变器功率输出最大 1kW，功率逆变元器件采用增强型 N 沟道 IRF840MOSFET 开关管，其具有热稳定性好，安全工作区域大，整体性价比高的优点。

逆变器功率板电路选用如图 2 所示电路，电路能够实现欠压、过压、过流和过热保护等功能，具有电压、电流和温度实时反馈处理优势，可外接风扇降温。外接显示器可以实时显示电压、频率温度等参数。

MOSFET 开关管驱动板采用屹晶微电子公司的 EGS002 正弦波逆变器驱动板，EGS002 是一款专门用于单相正弦波逆变器的功率驱动板，其控制核心芯片为 EG8010，驱动芯片为 IR2110S，EG8010 内部集成有 SPWM 发生器、死区控制电路、幅度因子乘法器、软启动电路、保护电路及串行通讯接口等功能模块。驱动电路整体是单极性调制方式，调制波为单极性调制波，载波频率为 23.4KHz，驱动板供电电压 5V，自带四种死区时间：300nS、500nS、1.0uS 和 1.5uS，可实现 50Hz、60Hz 等固定频率输出。

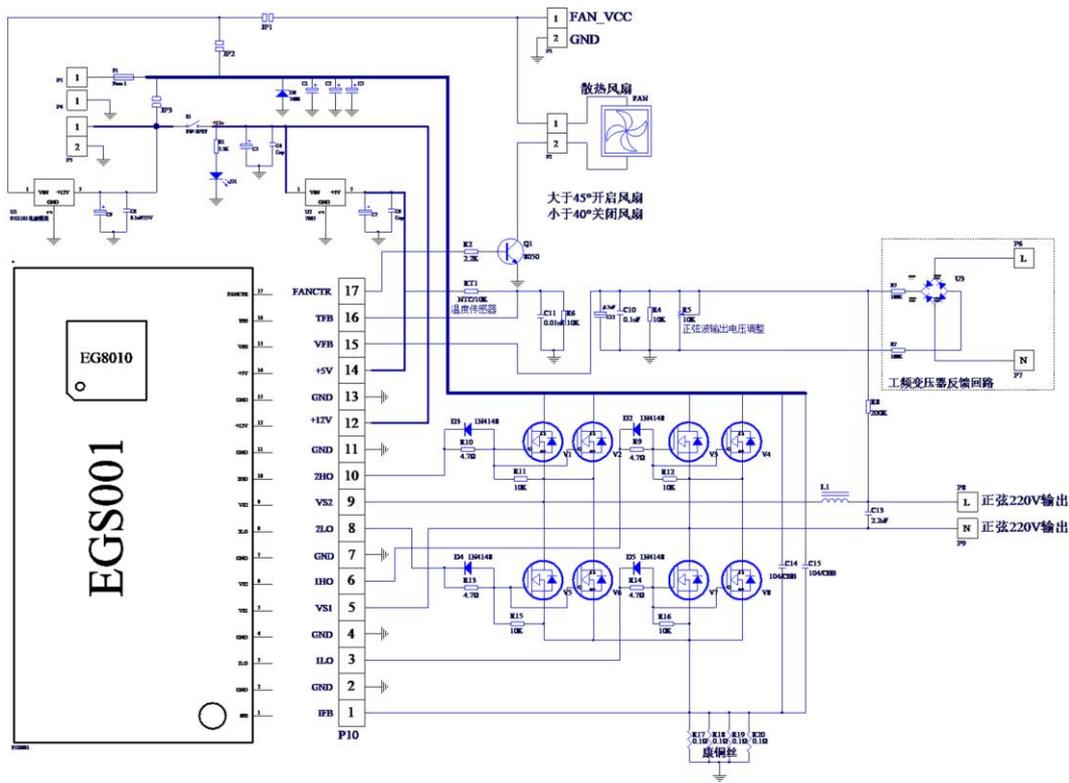


图 2 逆变器功率板电路原理图

为保证输电交流电压稳定，通过采集交流输出侧电压信号，经电压调理电路将电压信号反馈给驱动芯片，实现实时电压采集稳定控制。整套发电系统成本低，功能丰富，工程实用性强。

4 系统制作与测试

按照电路图焊接电路，同时完成电路调试。将定子无铁芯轴向磁通永磁发电机输出接入三相不可控全桥整流电路，经过滤波电容等滤波电路，得到平直的直流电，直流电直接输入单相逆变器输入侧，测试逆变器输出性能。发电机端电压、直流母线电压和逆变器输出交流电压结果如 3 示波器所示。

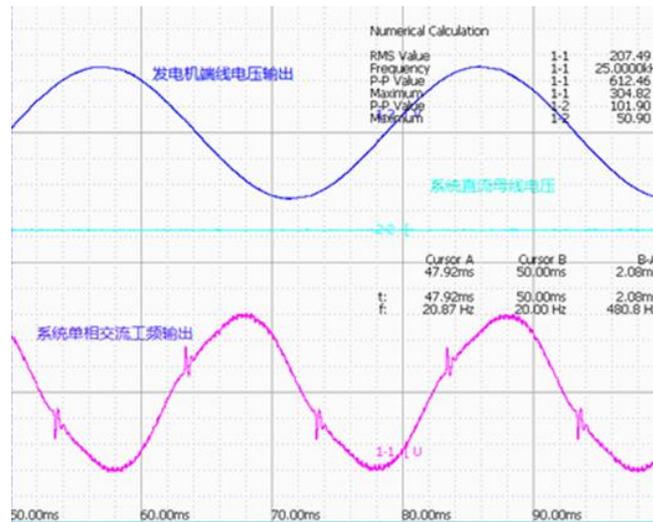


图 3 系统输出电压波形图

系统发电机额定空载条件下，逆变器交流输出电压 220V，频率 50Hz，交流输出存在一定的谐波，后期可加入相应的滤波电路来抑制谐波输出。为研究变转速下逆变器输出性能，经测试，当发电机转速在 50-320rpm 范围内任意变化时，逆变器输出电压和频率依然稳定在电压 220V，频率 50Hz。由此可见逆变器工作可靠。

5 结论

本文设计一套适用于小型垂直轴风力发电系统，通过试制一套单相逆变器模拟变风速下系统输出性能，测试结果表明，发电机运行在输出整流电压 12-75V 范围内，系统均能输出稳定的 220V，50Hz 交流电，这一功能的实现为后期蓄电智能供电和小型局域网并网提供技术支持。

[参考文献]

- [1] 蒋超奇, 严强. 水平轴与垂直轴风力发电机的比较研究[J]. 上海电力, 2007(02): 163-165.
 - [2] 孙云峰, 田德, 王海宽等. 垂直轴风力发电机的发展概况及趋势[J]. 农村牧区机械化, 2008(02): 42-44.
 - [3] 杨慧杰, 杨文通. 小型垂直轴风力发电机在国外的新发展[J]. 电力需求侧管理, 2007, 9(2): 68-70.
 - [4] 蒋志坚, 蒋晴野, 李光辉. 全控型城市小型风力发电系统控制方案研究[J]. 哈尔滨: 中国电工技术学会电力电子学会第十二届学术年会, 2010, 6(2): 16-17.
 - [5] 朱军, 刘慧君等. 低速高效垂直轴风力发电机及特性分析[J]. 机电工程, 2016, 5(33): 602-607.
- 作者简介: 刘慧君 (1988-), 河南省许昌人, 男, 硕士、助教, 主要研究方向: 新能源发电系统运行与维护。