

风光互补直流并网在海岛上的应用

马强¹, 张理¹, 肖钢¹, 陈明², 颜廷富³

(1. 中海油研究总院, 北京 100027; 2. 海洋石油工程股份有限公司, 天津 300451;
3. 中海油山东化学工程有限责任公司, 山东 济南 250101)

摘要 孤岛直流并网独立电力系统汇集3台风力发电机与1套太阳能发电装置。通过对多种不同类型的新能源发电装置进行直流并网, 成功验证了600 V母排直流并网方案的可行性。风光互补直流并网确保了电力系统有较高的转换效率, 可保障新能源电力系统的稳定性, 提高输出电能质量, 并最终满足项目的总体需求。该方案对今后的新能源多能互补电力系统具有工程指导意义。

关键词 电力系统; 直流并网; 风光互补; 海岛

中图分类号 TE7 **文献标志码** A **文章编号**: 2095-7297(2014)03-0254-04

Applications of Wind and Solar Energy DC Grid on Island

MA Qiang¹, ZHANG Li¹, XIAO Gang¹, CHEN Ming², YAN Ting-fu³

(1. CNOOC Research Center, Beijing 100027, China; 2. Offshore Oil Engineering Co., Ltd., Tianjin 300451, China;
3. CNOOC Shandong Chemical Engineering Co., Ltd., Ji'nan, Shandong 250101, China)

Abstract An independent direct current (DC) grid power system on an isolated island is constructed, bringing together three wind turbines and one set of solar power installation. With different combinations of the new energy power generation devices in the DC grid, the 600 V DC busbar and network solution is verified successfully. This wind and solar energy DC grid system ensures a higher conversion efficiency, and helps to protect the stability of the new energy power system and increase the output power quality. Ultimately, the overall requirements of the project can be satisfied. This research can provide solutions to the future new energy multi-power systems.

Key words power system; direct current grid; wind and solar energy complementation; island

0 引言

孤岛采用独立电力系统实现电能转换, 特别是对于使用可再生能源作为电源的情况, 国内外案例均比较少。在使用传统燃料的孤岛独立电力系统中, 例如海上石油平台或者船舶电站, 全部是采用交流(AC)并网方案; 而对于新能源发电系统组网而言, 采用直流(DC)并网汇集到600 V直流母排的应用案例非常少, 国内几乎为空白^[1-4]。本文利用设计的风光互补直流并网系统, 成功实现了300 kW的风光互补直流母线并网。电能输出质量稳定, 可实现新能源发电装置向用户的平稳供电。

1 系统组成

本系统由1套功率为50 kW的太阳能发电系统、3套50 kW风力发电系统和集中控制装置组成。每套风力发电系统由50 kW风力发电机、电力变换装置等构成。风力发电系统的电力变换由AC/DC变换器、DC/DC变换器和隔离变换器组成。太阳能发电系统由50 kW太阳能电池板、汇流箱、防雷配电柜、电力变换装置等组成。太阳能发电系统的电力变换装置由DC/DC变换器和隔离变换器组成。集中控制装置通过485总线与上层控制系统进行通信。风机控制器控制风机的变桨、启动、停止和各种保护功能。图1为该系统示意图。

收稿日期: 2014-08-05

基金项目: 海洋可再生能源专项资金(GHME2010GC02)

作者简介: 马强(1983—), 男, 硕士, 工程师, 主要从事海洋能方面的研究。

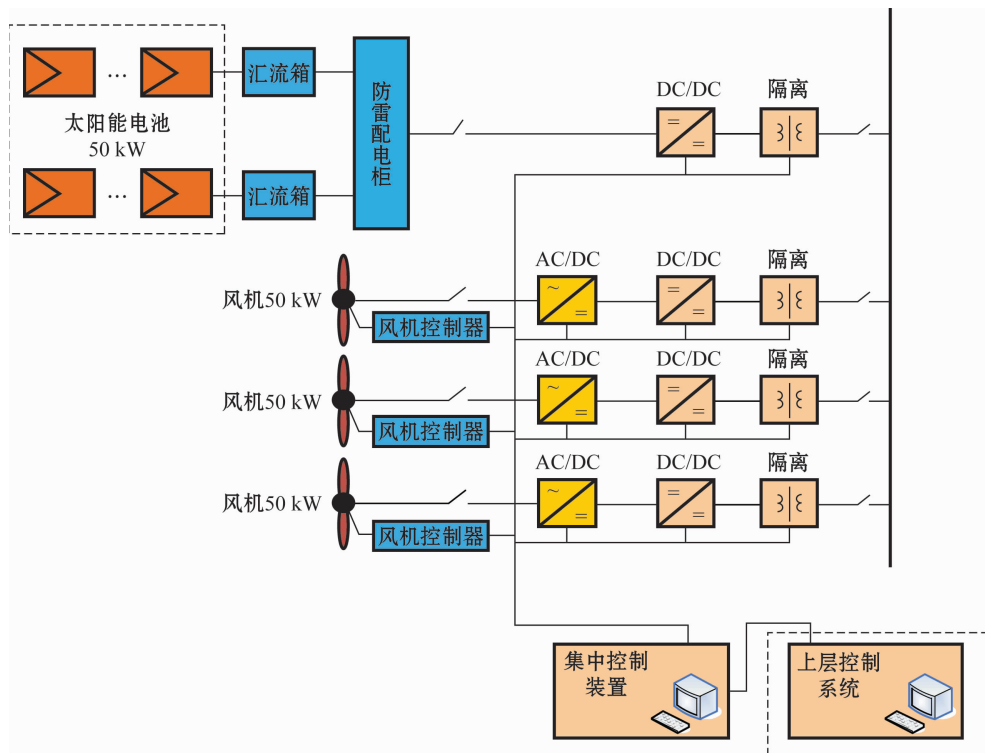


图1 风光直流并网系统示意图

Fig. 1 Schematic diagram of wind and solar energy DC grid system

2 风力系统直流并网

风力发电机组额定输出功率为50 kW,在启动风速(3 m/s)时可以启动;当风速超过额定风速(10 m/s)时变桨机构控制保持额定功率;当风速超过最大工作风速(25 m/s)时,风机自动卸荷。风机发出的交流电经AC/DC变换器(风机控制器)逆变后进入到DC/DC变换器,最终汇入到600 V直流母排系统并网。该系统如图2所示。

风力发电系统的电力变换装置由AC/DC变换器、DC/DC变换器和隔离变换器串联组成。第一级AC/DC电力变换用于将风力发电装置发出的不稳定交流电变换为直流电。第二级DC/DC电力变换的主要作用是根据系统能量管理的要求和发电系统实际发电能力,进行最大功率获取和直流电压提升。隔离变换器的主要作用是实现发电系统与直流母线的隔离,并将DC/DC变换器的输出电能送到直流母线上并控制直流汇流母线电压,将其保持在设计的范围内。三级电力变换装置配合,将发电机发出的电压、频率均不稳定的交流电变换为电压稳定的600 V直流电,输送到公共直流母线。电力变换的拓扑结构见图3。

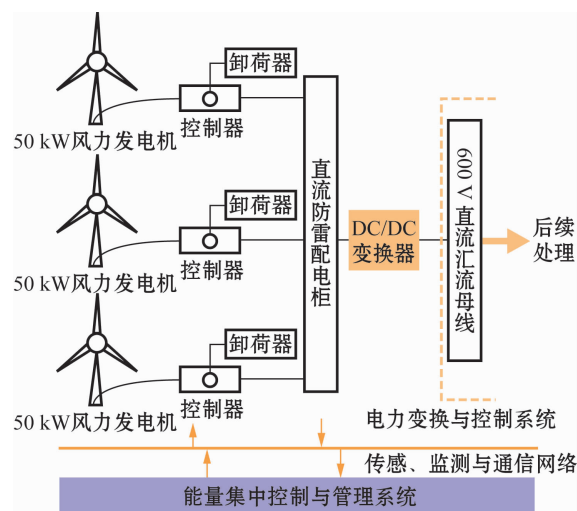


图2 风力直流并网系统示意图

Fig. 2 Schematic diagram of wind energy DC grid system

AC/DC变换采用高功率因数二极管整流方式,使发电机的输出电流接近正弦波,提高发电机的效率。该AC/DC变换器的显著优点是结构简单,可靠性高,整体性能指标较好。DC/DC变换采用三

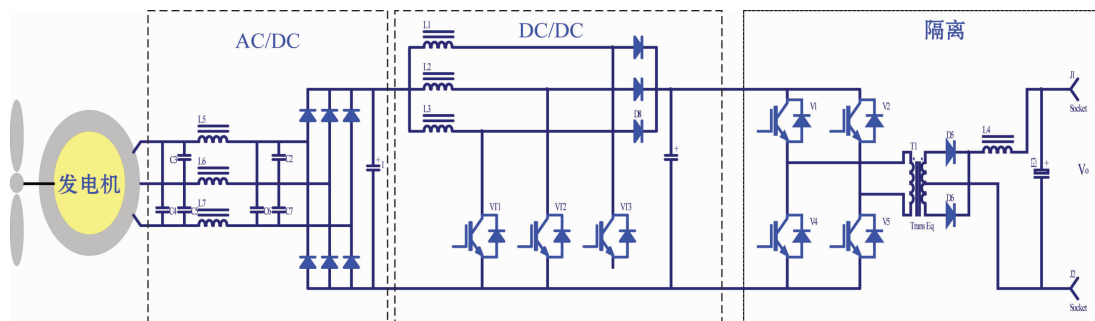


图 3 隔离形式的电力变换系统的拓扑结构

Fig. 3 Topological structure of the electrical energy transformation system in the isolation form

重升压型的升压变压器,电流纹波小,控制方便,系统的稳定性更好,更有利于今后的推广应用。中小功率风力发电普遍采用这种升压型的 DC/DC 变换器。隔离变换器采用高频全桥变换器,具有体积小等优点。

3 太阳能直流并网

本系统 50 kW 太阳能光伏发电装置由单晶硅太阳能电池组件构成,输出直流电经 DC/DC 变换后接入 600 V 直流母线。本系统由光伏电池组件及其支架、光伏阵列、防雷汇流箱、直流防雷配电柜、系统的通信监控系统等组成。图 4 为其结构与配置示意图。

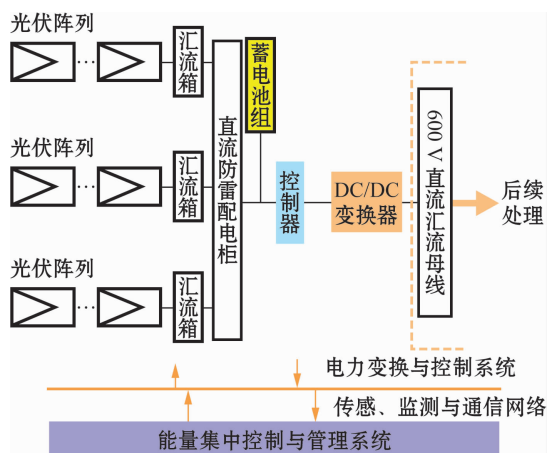


图 4 太阳能发电装置结构配置示意图

Fig. 4 Schematic diagram of solar power generation device

光伏阵列组件固定于支架上,露天安装在海岛陆地上。为了减少光伏电池组件间的连接线,方便操作和维护,直流侧采用分段连接、逐级汇流的方式进行连接。直流稳压控制柜将 4 路光伏阵列进行汇流,直流控制单元将汇流箱输出进行可控汇流,通过控制器输出给蓄电池供电,并保证直流电压小于 640 V。当蓄电池电压达到 640 V 时,控制器的稳压电路或脉冲宽度调制(PWM)电路将 4 路汇流以不同的电压等级逐个打开,电压值降低时 4 路逐个导通实现稳压输出。直流稳压控制柜实测电压值和控制状况等子系统的信息通过传感、监测与通信网络汇集到能量集中控制与管理系统,并接受其调控。光伏阵列组件固定在支架上,直流侧接入直流配电柜,汇线盒和直流配电柜中设有防雷保护装置,并具有短路保护等功能。经直流部分汇流调整后,接入直流母线。

本工程选用峰值功率为 200 W(在辐射强度 1000 W/m^2 ,大气质量 AM1.5,电池温度 25°C 的标准条件下,太阳能电池的输出功率)的单晶硅太阳能电池组件。将 256 块电池组件分为 21 个阵列布置,每个阵列以 2×6 的方式布置 12 块电池板。集中控制中心屋顶每条横梁上安放 24 块太阳能电池阵列,剩余的 4 块太阳能电池单独布置在最后一排的半根横梁上。电池组件倾角 35° 。

太阳能发电系统的电力变换由升压 DC/DC 变换器和隔离变换器组成。升压 DC/DC 变换器采用三重升压变压器结构,具有电压输出纹波小、控制平稳等特点。隔离控制级采用移相全桥结构。DC/DC 变换器的主要作用为电压变换和最大功率获取。隔离变换器的主要作用与风力发电系统的隔离变换器相同。太阳能发电系统的电力变换系统如图 5 所示。

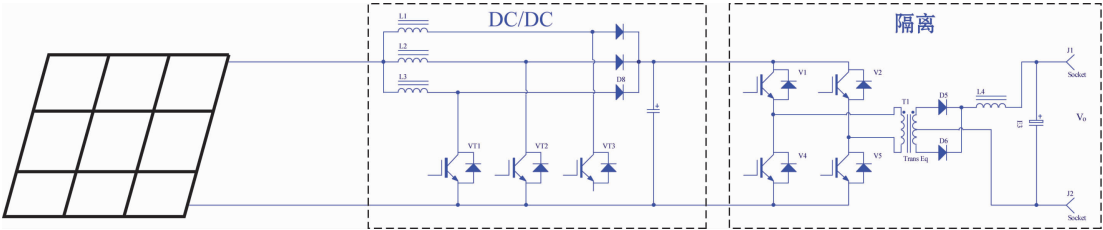


图 5 太阳能发电系统的电力变换系统

Fig. 5 Power conversion system for solar power generation system

4 风光直流并网性能验证

风光系统直流并网后,其实测数据如表 1 和表 2 所示。由表 1、表 2 中数据可知,直流并网端能平稳输出 600 V 的电力,DC/DC 控制系统的转换效率达到 96%。结果表明该系统完全满足设计要求,实现了风机与太阳能的直流并网发电。

表 1 太阳能直流并网实测数据		
Table 1 Measured data for solar DC grid		
测试项目		测试结果
直流输入	输入电压/V	358
	输入电流/A	129
	输入功率/kW	46.2
并网直流输出	输出电压/V	600
	输出电流/A	73.9
	输出功率/kW	44.3
	输出纹波电压/V	5
	输出纹波系数/%	0.83
DC/DC测试	与 EMS 通信	正确
	与监控系统通信	正确
	远控功能	正确
	控制方式	自动:最大功率点跟踪(MPPT)控制
	转换效率/%	96

5 结 语

通过 3 台风力发电机与 1 套太阳能发电装置的直流并网发电,成功验证了 600 V 母排直流并网方案的可行性。孤岛直流并网独立电力系统电能转换汇集多种不同类型的风能机组和太阳能发电装置,采用最合适的汇集和转换方案,并确保电力系统有较高的转换效率,可保障多能互补情况下新能源电力系统的稳定性,提高输出电能质量,满足项目的总体需求。

表 2 风能直流并网实测数据

(风速:7.2 m/s)

Table 2 Measured data for wind energy DC grid		
(wind speed: 7.2 m/s)		
测试项目		测试结果
直流输入	输入电压/V	382
	输入电流/A	70.4
	输入功率/kW	26.9
并网直流输出	输出电压/V	600
	输出电流/A	43.0
	输出功率/kW	25.8
	输出纹波电压/V	5
	输出纹波系数/%	0.83
DC/DC测试	与 EMS 通信	正确
	与监控系统通信	正确
	远控功能	正确
	控制方式	自动:MPPT 控制
	转换效率/%	96

参 考 文 献

[1] Liu H, Chau K T, Zhang X. An efficient wind-photovoltaic hybrid generation system using doubly excited permanent-magnet brushless machine [J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2010, 57(3): 831.

[2] 李碧辉,申洪,汤涌. 风光储联合发电系统储能容量对有功功率的影响及评价指标[J]. 电网技术,2011,35(4):123.

[3] Park S J, Kang B B, Yoon J P, et al. A study on the stand-alone operating or photovoltaic/wind power hybrid generation system[C]. Proceedings of the 35th IEEE Annual Power Electronics Specialists Conference, 2004: 1631.

[4] Borowy B S, Salameh Z M. Methodology for optimally sizing the combination of a battery bank and PV array in a wind/PV hybrid system [J]. IEEE Transactions on Energy Conversion, 1996, 11(2): 367.