光伏-储能联合微网系统工程方案设计

张洋[1]，李强[2]，李朝晖[2]，杨海晶[2]，马宏伟[3]，李明慧[4]

（1.华北水利水电学院，河南郑州450011；2.河南电力试验研究院，河南郑州450052；3.北京许继公司，北京100085；4.东北电力大学，吉林吉林132012）

摘要：提出分布式发电光伏-储能联合微网系统总体设计方案，进行了并网光伏发电系统、储能系统和微网控制管理系统设计。重点介绍了光伏电池阵列、并网逆变器、储能装置充放电系统、储能系统容量规划、微网电网结构、光储联合微网系统整合运行等设计内容。本工程将建设一个分布式光伏电源、储能系统友好接入电网，实现微电网双向潮流环境下控制保护协调工作的系统。

0引言

随着光伏、风电等可再生能源发电技术的发展，分布式发电日渐成为满足负荷增长需求、提高能源综合利用效率、提高供电可靠性的一种有效途径，并在配电网中得到广泛的应用。但分布式发电的大规模渗透也产生了一些负面影响，如单机接入成本较高、控制复杂、对大系统的电压和频率存在冲击等。这限制了分布式发电的运行方式，削弱了其优势和潜能。微网技术为分布式发电技术及可再生能源发电技术的整合和利用提供了灵活、高效的平台。

光储联合微网工程结合河南金太阳示范工程，选择某高校七栋学生宿舍楼共500kWp建设规模，进行光伏发电系统、储能系统和微网控制管理系统研究和设计，完成分布式光伏储能发电接入工程总体技术方案，为实现绿色光伏电源无障碍并网提供技术指导。

以下对工程的发电系统、储能系统和微网控制管理系统方案设计进行重点描述。

1总体设计方案

系统将采用分布式并网的设计方案+储能微网系统，将500kWp系统分成2个250kW并网发电单元，通过2台250kW并网逆变器接入0.4kV交流电网，实现并网发电[1-2]。并网发电示意图如图1所示。

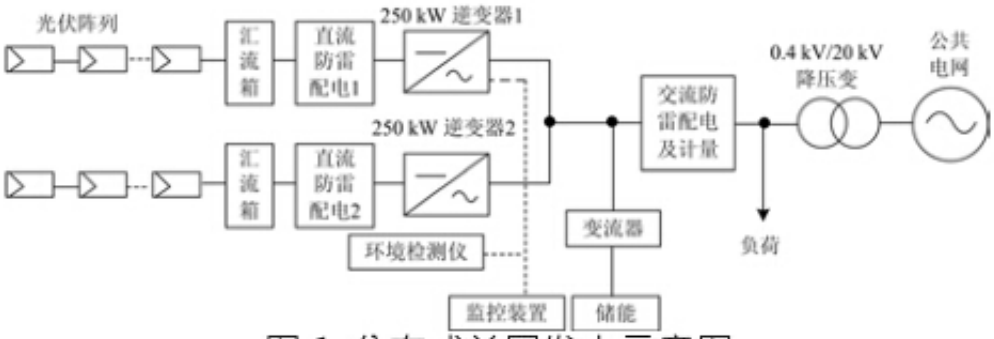

图 1 分布式并网发电示意图

Fig.1 Distributed PV generation layout

2发电系统设计

2.1光伏电池阵列设计

系统的电池组件选用功率为230Wp的多晶硅太阳电池组件，工作电压约为29.5V，开路电压约为37V。根据250kW并网逆变器的MPPT工作电压范围（450V～820V），每个电池串列按照20块电池组件串联进行设计，每个250kW的并网单元需配置56个电池串联组并列，1120块电池组件，其功率为257.6kWp；整个500kWp系统需要112个电池串联组并列，共2240块电池组件。

2.2并网逆变器设计

发电系统设计为2个250kWp的逆变器光伏并网发电，整个系统配置2台该型号的光伏并网逆变器，组成500kWp并网发电系统。

逆变器主电路的拓扑结构如图2所示，并网逆变电源通过三相全桥变换器，将光伏阵列的直流电压变换为高频的三相斩波电压，并通过滤波器滤波变成正弦波电压，接着通过三相变压器隔离升压后并入电网发电。为了使光伏阵列以最大功率发电，在直流侧加入了MPPT算法[3]。

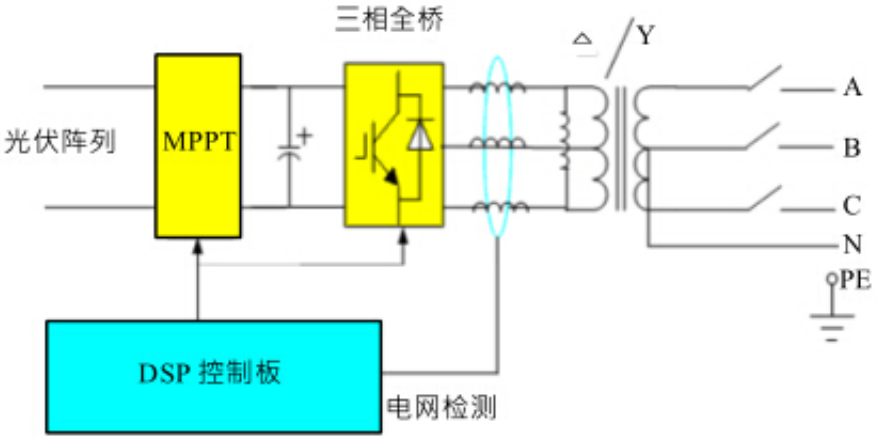

图 2 逆变器主电路图

Fig.2 Main circuit of the inverter

3储能系统设计

3.1储能装置选择

综合比较各种储能技术在新能源分布式发电领域的应用特点，全钒液硫电池在功率配比、循环使用寿命、使用费用等各个方面，均比较适合本项目的设计要求，因此，设计方案采用液流电池。

3.2储能装置充放电系统

对于储能系统，设计采用双向逆变器实现钒电池储能系统与交流母线的能量交互。双向逆变器采用逆变/充电一体机可以实现纯正弦波输出交流电压，以及在交流逆变器中集合了蓄电池充电功能、交流自动切换开关等。由于它具有与电网并网运行或脱离电网单独运行的双重功能，双向逆变器能够与光伏发电系统一起，提供全天候或备用电能。

该储能系统配置的监控系统监控范围覆盖温度、电流、电池容量等各方面。对于储能系统的各主要运行部位的温度，采用高精度温度传感器实时测量系统温度，针对钒电池储能系统，电解液循环速度亦有精确的传感器进行实时测量和反馈，以保证系统运行平稳高效。充、放电电流实时测量，系统同时实时监控电压值，以保证系统运行在最佳状态下，延长系统使用时间。所有的监控数据均由子系统数据综合之后通过通讯总线系统将监控数据实时传输给微电网监控管理系统。

3.3储能系统容量规划

该高校平均用电负荷约2.4MW，学校日用电高峰在17:00，用电低谷在2:30。负荷特性曲线如图3所示。

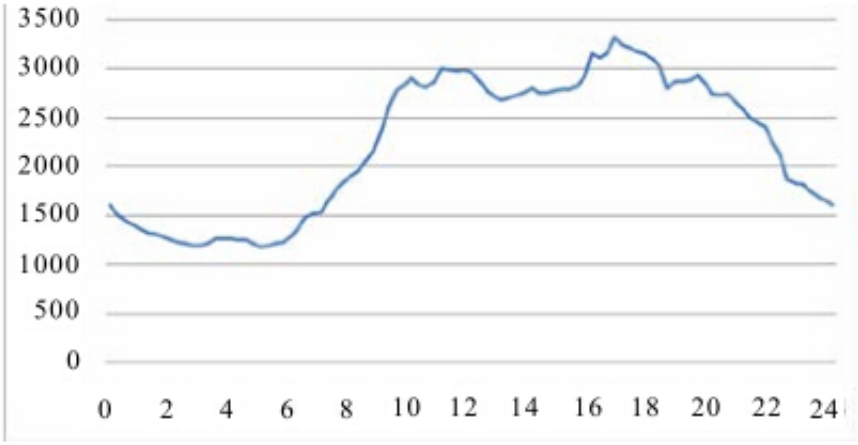

图 3 负荷特性曲线图

Fig.3 Load profile diagram

储能系统以平滑光伏电站的输出波动和提高供电可靠性为主要目的[4]，将光伏波动抑制在10%以下，则功率最优配比在15%~20%之间，储能容量2h以上。考虑微网系统对于储能的要求不仅仅是出于平滑光伏电站出力波动的目的，而是为了实现微网独立自治运行，所以储能的规模要比只完成平滑出力波动或者拟合负荷曲线时要大[5]。结合负荷分布情况，储能系统容量配置为100kW/200kWh。

4微网控制管理系统方案设计

4.1微网电网结构（图4）

整个微电网通过双回线与配电系统相连，微网内部采用辐射状供电方式，其中行政楼和实验楼采用双回路供电，项目拟建光伏500kWp，分两组直接通过宿舍楼供电馈线380V就地接入微电网，同时拟建储能100kW/200kWh。

该设计方案中光伏采用分散接入0.4kV，简化工程布线，节约投资；采用无升压变压器，节约投资，同时损耗降低，逆变效率提高。

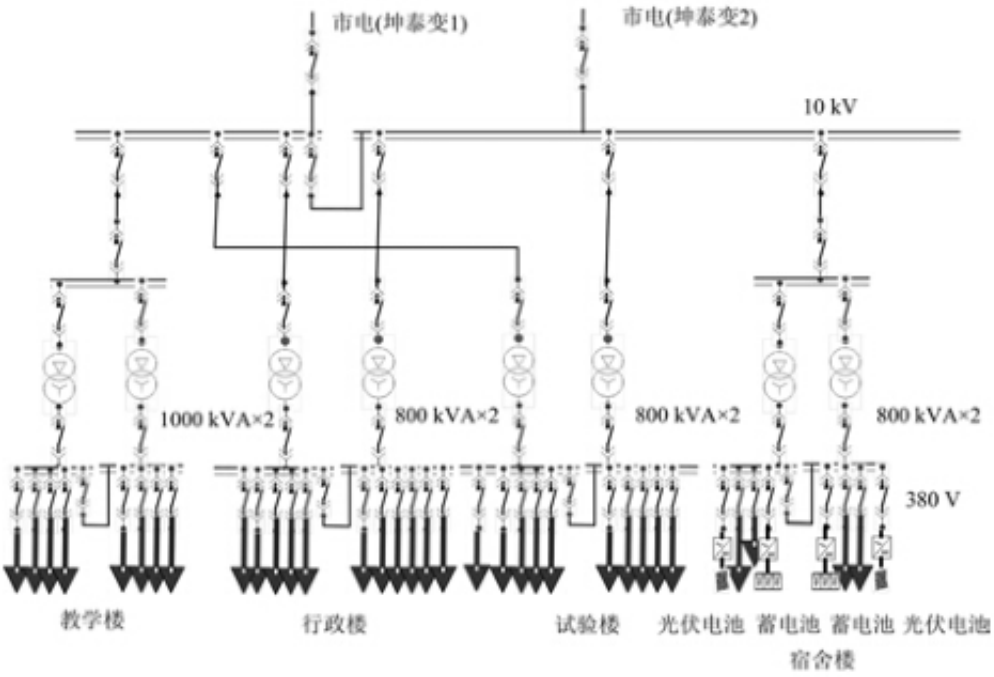

图 4 微网结构图

Fig.4 Architecture of the microgrid

4.2光储联合微网系统整合运行

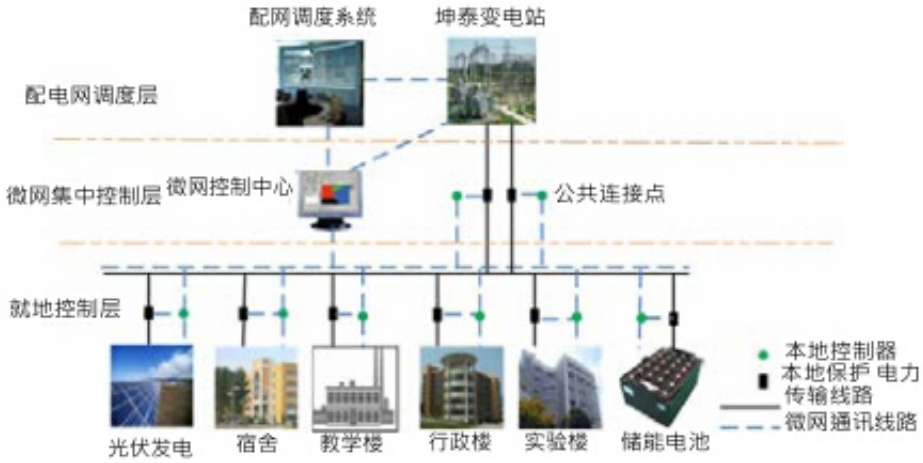

图 5 光储联合微网系统运行示意图

Fig.5 The PV and energy storage integrated microgrid system layout

微网并网运行时，光伏发电系统借助逆变器输出端，通过配电柜与园区内的变压器低压端380V并联，实现对当地负载供电，并将多余的电能通过变压器送入电网[6-7]。储能系统通过自动调整充放电工作模式和输出功率控制平缓光伏发电功率波动，兼实现抑制电压波动和闪变，补偿负荷电流谐波等功能。微网控制功率系统通过闭环控制调节策略保证系统的稳定运行。

微网离网运行时，微网控制系统同时识别主网状态，通过负荷控制、充放电控制保证微网状态的平稳变迁，并且保证重要负荷供电[8]。当光伏发电系统不能满足系统要求时，启动储能系统实现对负载供电，直到系统供电恢复正常，当储能系统电池电压降到设定的放电电压时，停止放电以保护电池组。

5结论

本工程将建设一个真正包含光伏发电、电力储能、并具有微网特性的实际运行系统示范工程；能够真正实现分布式光伏电源、储能系统友好接入电网，实现与配电网并网协调运行，实现微电网双向潮流环境下控制保护协调工作的系统；可体现分布式光伏电源、储能系统智能协调工作，凸显智能微网能量优化调度控制的效果。

参考文献

[1]GB/T19939-2005 光伏系统并网技术要求[S].

[2]GB/T20046-2006 光伏系统电网接口特性[S].

[3]李安定.太阳能光伏发电系统工程[M].北京：工业大学出版社，2001：10-20.

[4]GB12326-2008 电能质量-电压波动和闪变[S].

[5]王志群，朱守真，周双喜.分布式电源对配电网电分布的影响[J].电力系统自动化，2004，28（16）：55-60.

[6]LASSETER R H， Microgrids distributed power generation[C].//Proceedings of 2001 IEEE Power Engineering Society Winter Meeting.Columbus（USA）：2001：146-149.

[7]PIAGI P.Microgrid ：a conceptual solution[C].//Proceedings of the Power Electronics Specialists Conference.Aachen(Germany)：2004：4285-4290.

[8]裴玮，李澎森，李惠宇，等.微网运行控制的关键技术及其测试平台[J].电力系统自动化，2010，34(1).

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/92851.html