

风光储系统

技术报告

目 录

1 概 述.....	3
2. 系统设计	4
2.1 研究内容及创新点.....	4
2.2 设计原则.....	5
2.3 系统原理	7
2.3.1 系统模型.....	7
2.3.2 原理分析	11
2.4 系统组成	12
2.5 系统功能.....	12
3. 系统实现.....	12
3.1 运行方式.....	12
3.2 控制策略.....	16
3.3 系统保护及参数说明.....	18
4. 应用简介	21
5 展望.....	22

1 概述

随着分布式发电技术的不断创新，常规能源的逐渐衰竭和环境污染的日益加重，世界各国日益关注分布式发电技术(Distributed Generation—DG)。

分布式发电一般是指发电功率在数千瓦至50 兆瓦的小型化、模块化、分散式、布置在用户附近，为用户供电的连接到配电系统的小型发电系统。现有研究和实践已表明，将分布式发电供能系统以微网的形式接入传统电网并网运行，与大电网互为支撑，是发挥分布式发电供能系统效能的最有效方式。微网是指由分布式电源、储能装置、能量变换装置、相关负荷和监控、保护装置汇集而成的小型发配电系统，是一个能够实现自我控制、保护和管理的自治系统，既可以与大电网并网运行，也可以孤立运行。

微网是分布式发电的重要形式之一，微网既可以通过配电网与大型电力网并联运行，形成一个大型电网与小型电网的联合运行系统，也可以独立地为当地提供电力需求。该模式大大提高了负荷侧的供电灵活性，可靠性。同时，微网通过单点接入电网，可以减少大量小功率分布式电源接入电网后对传统电网的影响。另外，微网将分散的不同类型的小型发电源(分布式电源)组合起来供电，能够使小型电源获得更高的利用效率。

另外，能源安全成为我国可持续发展中面临的严峻问题。我国在能源利用方面，还属于高能耗、低效率管理模式，建筑的能耗占我国总能耗的25%。将来，随着建筑面积的不断增加，建筑能耗有可能上升到35%。坚持节约能源和保护环境是我国的基本国策，关系人民群众切身利益和中华民族生存发展。在未来一段时间，能源和发展是摆在我们面前急需解决的严峻问题，需要大家做好节能减排工作。最近，中央政府宣布到2020年将我国单位GDP二氧化碳排放量在2005年基础上降低40%，这是一项艰巨而又十分有意义的工作，也是造福子孙后代的工作，需

要我们切实做好每一项工程。

开展微网并网与孤网运行相关课题研究和展示功能，建设基于微网的分布式电源和微网示范项目符合国网公司智能电网发展规划战略方向，也积极响应了国家的节能减排的号召。本项目中所建成的智能微网工程以及所取得的研究成果将为未来智能电网的研究和发展奠定坚实的基础。

2. 系统设计

2.1 研究内容及创新点

采用小型风力发电、太阳能光伏发电及储能设备等多种形式的分布式电源，建设多种分布式能源互补的微网示范工程。在基于微网控制的风光储系统主要开展的研究内容：

- a) 开展多种分布式电源并网运行时的协调优化控制技术，例如风光蓄互补优化控制，利用储能系统充放电的特性，有效抑制由于太阳光、风力等自然条件变化引起光伏发电和风力发电输出功率的波动性，推动可再生能源技术的发展；
- b) 通过接受配调的调度，实现与大电网潮流交换的可控；
- c) 开展智能微网的并网运行和独立运行双模式运行能力的研究；
- d) 研究微网的双向计量。

系统创新点

- (1) 光储一体化能量转换系统（PCS）。

在一套变流系统中，同时接入储能电池系统和光伏电池系统，通过 PCS 协调运行控制器，实时调节储能系统充放电状态和光伏电池的出力，达到协调优化控制的目的，实现储能寿命与光伏出力的最优平衡。

- (2) 孤网运行模式下风、光、蓄互补的微网系统优化运行策略。

微网监控系统通过实时储能电池的容量状态 (SOC)、风机出力、光伏出力及目前的负荷情况，合理的安排电池的充放电、风机和光伏的出力改变，达到在孤网模式下最大限度的延长负荷供电时间目的。

- (3) 并网运行模式下微网运行策略的灵活切换。

微网并网运行时，监控系统提供两种运行模式：(1)平滑输出运行模式，利用储能系统针对分布式电源输出功率波动中某一特定频段的波动分量进行补偿，以达到平滑分布式电源输出功率的目的；(2)定功率控制模式，根据分布式电源输出功率预测值、负荷预测值与发电计划，制定合理的总输出功率目标曲线，通过实时地调整储能系统的充放电功率，使系统总的输出功率符合计划安排。

(4)微网三维图模一体化监测平台。

在微网监控系统二维图形基础上，独立自主开发出一套基于3D技术的微网监测平台，全方位实时展示分布式电源运行状态、风、光信息及微网运行过程，为分布式电源及微网技术的推广应用，起到非常好的示范作用。

(5)基于光纤复合电缆的微网通讯网络应用

风光储系统信息被采集点大多同时需要电源供电及通讯网络，而在工程建设中如为一台设备单独敷设两套管路、线路进行数据监测采集，会极大的增加工程建设费用，合理的整合两种技术有效的降低了成本，减少故障率，解决部分设备现场高速、完全通讯的难题，同时在这条信息高速路上扩展多种业务应用，实现智能电网的全覆盖。

2.2 设计原则

分布式电源的接入与有效监控，将会纳入整个智能电网，尤其是智能配电网的运行管理体系，作为整个智能配电网系统中的一个节点来体现。因此，在系统的设计上，必须充分考虑与配网自动化系统平台在系统建模、维护、信息共享、运行管理等方面的一致性，尤其是针对微电网内部不同厂家的设备，要求进行规范性、标准性的建模与规范设计，必须具有以下特点：

(1)开放性原则：

采用面向对象的支撑平台和运行、开发平台，提高软件的可靠性、可继承性、可维护性和可扩充性。

采用面向对象的技术和“大对象”的概念，将一个特定的应用作为一个大对象来处理，使它具备一个对象所具有的广义上的封装性和继承性。保证各应用之间界面的清晰性、应用本身的相对独立性和安全性。

严格遵循国网公司制定的标准与规范设计，包括：国际标准 IEC61968、IEC

61970等，并提供开放的应用编程接口(API)，有利于系统今后的功能扩充。

系统将商用关系型数据库和实时数据库在设计上有机地结合在一起。提供对数据模式的建立、数据存贮、报表系统以及对外部系统的数据接口。

采用“自上而下”的整体设计方法、“自下而上”的实现方式，即整体规划，分布实施，使得系统按照系统工程的特点分期、分批逐步建设和完善。

采用开放的开发工具，支持用户或第三方的二次开发。

在遵循各种接口标准的基础上，可按照系统的需求对不同厂家的硬件和软件进行集成，并根据实际情况进行灵活配置，逐步投入、扩展和升级，保护原有的投资，使系统具有良好的集成性和扩充性。

(2) 安全性原则

采用双网配置和分流/冗余的双网机制，重要节点采用双机冗余热备用，提高系统的可靠性和稳定性。

系统采取措施确保数据存取的安全性，防止人为的破坏和病毒的侵害。

系统有健全的权限管理功能，操作人员根据工作性质分为不同的级别，对应于不同的权限，无权限的用户无法对系统进行操作。

使用网关/路由器进行网络互连，既实现不同网络的数据通信、信息的共享和发布，又具备物理隔离的特点，保证系统的安全。

系统具有自恢复功能。

(3) 可集成性原则

可与上级调度SCADA系统通信：向局调度SCADA系统发送微电网实时运行信息、线路和设备信息和网络拓扑信息等；可模拟接收从上级调度系统下发的指令及相关运行参数，以此优化控制微电网运行。

(4) 易维护性原则

系统的设备、软件、数据必须便于维护。

各设备都应具有自检和联机诊断和校验的能力。

系统必须具有方便的数据备份和恢复功能。

系统必须具有远程维护、调试和诊断功能。

(5) 可扩展性原则

要考虑系统扩充包括硬件增加新计算机的能力和软件增加新功能的能力。系统可以逐步建设、逐步投运、逐步扩充、逐步升级。系统的结构应能支持多类型

计算机硬件设备(如UNIX 或 windows pc)，应用软件应具有兼容性和可移植性。软、硬接口符合国际标准。

(6) 抗干扰能力原则

系统所有设备都应有足够地抗干扰能力，应遵守下列IEC 标准：

IEC1000-4.2-1995	静电放电免疫测试
IEC1000-4.3-1995	放射性、广播频率、电磁场免疫测试
IEC1000-4.4-1995	电力快速暂态/喷发免疫测试
IEC1000-4.5-1995	涌流免疫测试

2.3 系统原理

2.3.1 系统模型

风电模型：标准空气密度条件下，风电机组的输出功率与风速的关系称为风电机组的标准功率特性曲线，可由厂家提供，同时在安装地点条件下，风电机组输出功率与风速的关系曲线称为风电机组的实际输出功率特性曲线。其变换关系为：

$$x(v) = x_0 \left(\frac{v}{a} \right) \quad 0 \leq v \leq 0$$

其中 $x(v)$ 为风电机组的标准功率特性曲线， x_0 为风电机组的实际输出功率特性曲线， V 为风速， a 为风速变换系数，可用下式表示。

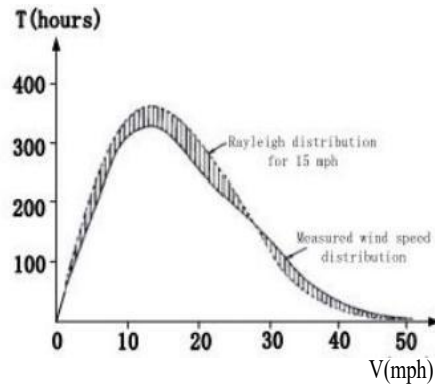
$$a = \sqrt[3]{\frac{\rho_0}{\rho}}$$

其中 ρ_0 为标准空气密度，取 1.225kg/m^3 ， ρ 为风电机组安装地点空气密度。

可以看出风电机组的输出功率与风速有关，而风速 v 是随时变化的量，其特征可以用 Rayleigh分布函数表示，工程应用中可近似以下式表示

$$h(v) = \frac{2v}{(v_{mean})^2} e^{-\left(\frac{v}{v_{mean}}\right)^2}$$

其中 $h(v)$ 表示风速分布概率密度， V_{mam} 为年平均风速。



Rayleigh 分布描述的风速变化及其持续的时间与实际情况比较

光伏电池模型：并网光伏发电系统输出功率与光伏阵列的效率、逆变器效率、并网效率、安装倾角以及所接受的太阳辐射角有关，可用下式表示

$$P=R_g \times \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3$$

$$R=S \times [\sin(\alpha+\beta)/\sin \alpha] + D$$

其中 P 为光伏发电系统输出功率， R 表示倾斜光伏阵列面上的太阳能总辐射量， S 为水平面上太阳直接辐射量， D 为散射辐射量， α 为中午时分太阳高度角， β 为光伏阵列倾角， η_1, η_2, η_3 分别表示光伏阵列的效率，逆变器效率以及并网效率。

上述分析可以看出接入的分布式电源输出功率均随着太阳光、风力等环境因素的影响而具有随机性，为有效抑制出力波动，本工程加入储能系统，并充分利用其充放电的特性，通过制定合理的运行策略，可达到平滑输出的效果。

本工程系统结构如图1所示，储能设备、光伏发电和风力发电以图2的形式并列接入交流低压母线。微网与外部电网有一个统一的联络开关。控制策略采用主从控制设计，即在并网运行时，主电网作为主电源；在孤网运行时，蓄电池储能设备作为主电源。

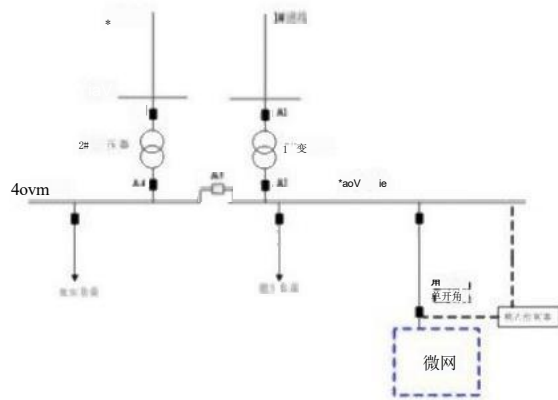


图1系统结构设计

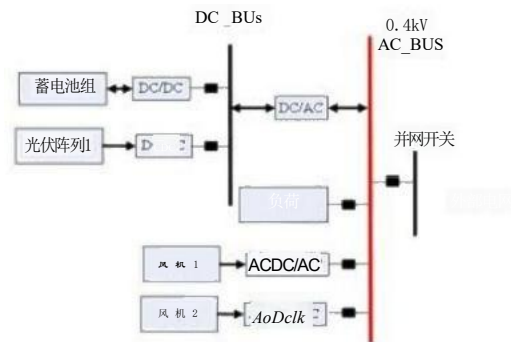


图 2 微网结构方案

蓄电池组作为过渡电源运行，当分布式电源(如光伏)发出的电能超过负荷需求时，蓄电池可以将多余的电能储存；当分布式电源发出的电能不能满足负荷需求时，蓄电池便可以将储存的能量释放，供给负荷使用。当蓄电池充电时，双向 **DC/DC** 变换器将作为 **Buck** 电路使用；当蓄电池放电时，双向**DC/DC** 变换器则作为 **Boost** 电路使用。双向 **DC/DC** 变换器的主要控制目标是维持直流侧电压恒定。当蓄电池充电或放电时，直流侧电容电压始终保持稳定，可以减小整个系统电压和频率的波动。图3是蓄电池双向 **DC/DC** 变换器的控制示意图。

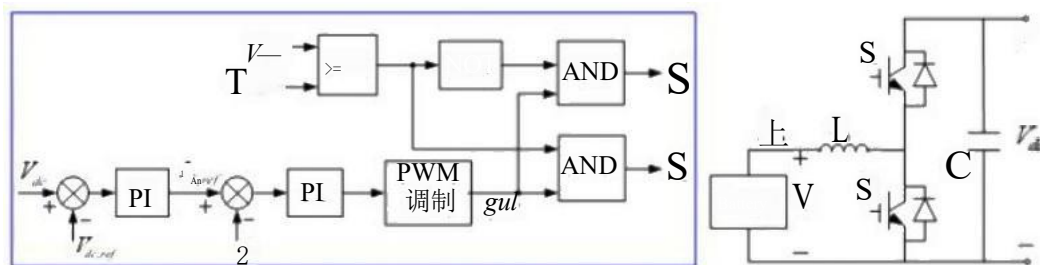


图 3 双向 **DC/DC** 变流器的控制示意图

变流器输出端的电压 V_{α} 与参考电压的误差信号经过**PI**调节，生成直流电流参考信号 I_w 。 蓄电池输出电流 I_{α} 与参考信号的误差信号再次经过**PI**调节，经过 **PWM** 调制后，生成开关控制信号' **signal**'。当输出端的直流电压 V_{α} 小于参考电压时，开关 S_1 动作， **DC/DC**变流器工作于直流升压状态；否则，开关 S_2 动作，**DC/DC** 变流器工作于直流降压状态。当达到稳态时， **DC/DC** 变流器的输入电压和输出电压满足关系式：

$$\begin{cases} V_{dc} = \frac{V_b}{1-D_1} = \frac{V_b}{D} (Boost) \\ V_b = D_2 V_{dc} = D V_{dc} (Buck) \end{cases}$$

式中，D 是开关信号signal的占空比。光储系统的并网逆变器采用恒功率控制，使得蓄电池在充放电时始终保持输出功率恒定，满足负荷侧的电量需求。光伏电源和蓄电池储能混合发电系统采用如下图4所示的控制方法。

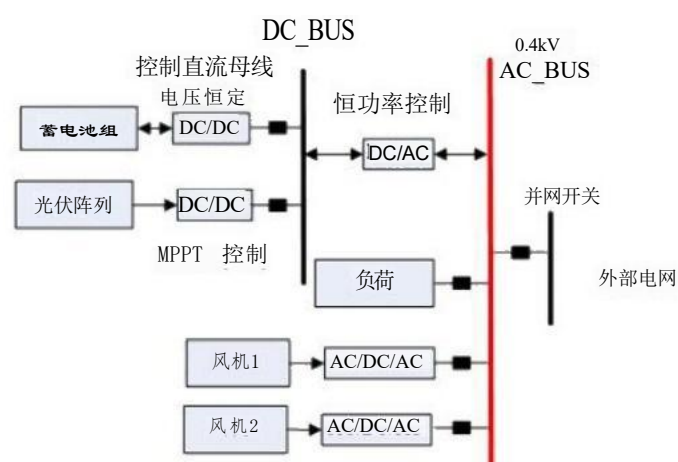


图 4 光伏电源和蓄电池储能混合发电系统的控制示意图

通过上述控制策略，可以实现光储互补系统输出功率的恒定。

2.3.2 原理分析

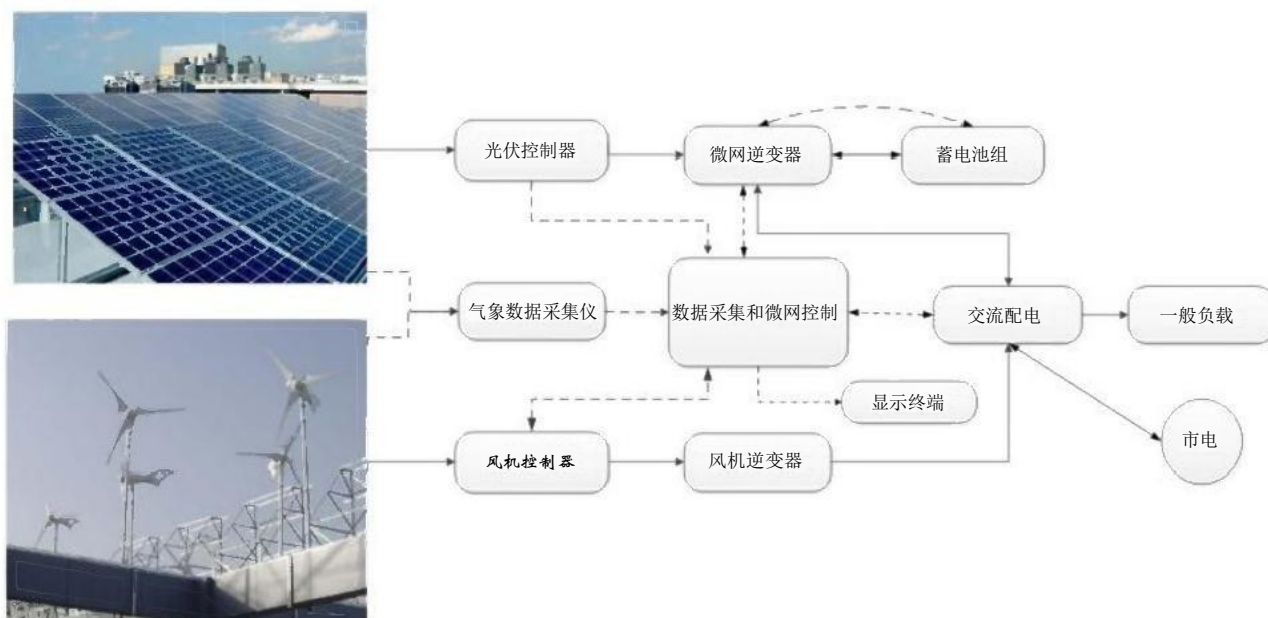


图4: 系统原理图

本项目研发的基于微网控制的风光储系统，综合了交直流微网的优点，提出了交直流混合结构方案。系统将风力发电机所发电力，经风机逆变器转变为交流，提供给微网控制器进行离并网控制，蓄电池组和光伏阵列共用一台三相逆变装置，一路30.6kW 光伏和一路50kW 储能分别通过两路 DC/DC 电路升压。光伏发电经光伏控制器对蓄电池进行充电，蓄电池充放电管理由控制及数据采集系统统一控制管理。逆变器输出端接入蓄电池输出端，经由蓄电池稳压直接供给微网逆变器。逆变器采用并网与离网逆变器并联运行模式，系统可以方便的在并网与离网之间进行切换，并可以在市电与逆变之间进行切换。当市电发生故障以后，可以自动切换至逆变后离网供电。

利用分布式能源协调优化控制技术，风光蓄互补优化控制技术，抑制由于太阳光、风力等自然条件变化引起光伏发电和风力发电输出功率的波动性，推动可再生能源技术的发展；通过接受配调的调度，实现与大电网潮流交换的可控。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/508130116074006041>