

# 基于云储能和云发电技术的集中控制云电网系统研究

莫思特<sup>1</sup>, 刘天琪<sup>1</sup>, 曾琦<sup>1</sup>, 李茜<sup>2</sup>

(1. 四川大学电气信息学院, 四川 成都 610065; 2. 西南石油大学电气信息学院, 四川 成都 610500)

**摘要:** 为推广新能源的使用、解决现有新能源使用所面临的问题, 提出了基于云储能和云发电技术的集中控制云电网系统。定义了云储能、云发电、云电网新概念, 阐述了应用云储能、云发电技术的计费用户终端的云终端结构、控制云终端的云终端管理器结构以及由控制中心、云终端管理器和云终端构成的云电网结构, 分析了云电网组成的可行性和有益效果, 阐述了实现云电网系统的研究内容。研究分析表明, 所提出的云电网系统技术可行, 为大规模推广新能源使用构建了新平台。所提出的集中式分层控制模式, 易于实时获得全网数据, 并对全网进行实时有效控制。相对现有电网系统来说, 云电网系统将更加安全、可靠, 并具有更高的效率。

**关键词:** 储能; 发电; 电网; 新能源

中图分类号: TM73 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2018)04-0028-04

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2018.04.007

## Research on Centralized Control Cloud Grid System Based on Cloud Storage and Cloud Generation Technology

Mo Site<sup>1</sup>, Liu Tianqi<sup>1</sup>, Zeng Qi<sup>1</sup>, Li Qian<sup>2</sup>

(1. School of Electrical Engineer and Information, Sichuan University, Chengdu 610065, Sichuan, China;

2. School of Electrical Engineer and Information, Southwest Petroleum University, Chengdu 610500, Sichuan, China)

**Abstract:** One kind of centralized control cloud grid system is proposed based on the new technologies of cloud storage and cloud generation in order to spread the use of new energy and solve the existing problems during spreading. The concepts of cloud storage, cloud generation and cloud grid are respectively put forward for the first time. The composition of cloud terminal is designed by using the technologies of cloud storage and cloud generation. Furthermore, the structure of cloud grid is developed. The feasibility and benefits of building the cloud grid are analyzed. The related research contents are listed in order to implement the cloud grid. The results show that the methodology of building cloud grid system is practicable, the proposed system will be benefit to spreading use of new energy, and it will have higher level of security and reliability than the existing grid system.

**Key words:** storage; generation; power grid; new energy

## 0 引言

近百年来高碳经济的发展导致了地球气候和环境的变化, 延续现有的能源生产模式将会给地球带来毁灭性灾难, 发展风能和太阳能等清洁型新能源来取代常规能源, 是解决能源危机、降低二氧化碳排量、控制全球气候变化、避免地球环境恶化、保持可持续发展的最有效途径。目前新能源建设主要发展

集中式新能源电厂, 集中式新能源建设存在如下问题: 1) 集中式的新能源电厂一般远离负荷中心; 2) 发电量不确定, 随机动态变化; 3) 新能源发电可控性差; 4) 新能源并入传统电网, 将给电网带来较大的冲击。

为解决上述问题, 业内提出了微电网技术和分布式储能技术, 国内外学者对微电网技术和分布式储能技术做了大量研究, 取得了很多有价值的研究成果, 并建立了一些示范工程试点运行。研究和试点表明, 微电网系统和分布式储能技术主要存在如

基金项目: 国家 863 高技术基金项目(2011AA05A119); 国家自然科学基金项目(51037003)

下问题: 1) 电网对微电网系统和分布式储能系统缺乏有效的统筹、控制和管理; 2) 微电网和分布式储能缺乏与电网统一协调的优化运行机制; 3) 由于电网和微电网的经济性不显著, 并存在管理和政策上的障碍, 目前缺乏市场推动的源动力<sup>[1-15]</sup>。

针对集中式新能源建设、微电网系统、分布式储能存在的问题, 提出了一种基于云储能和云发电技术的集中控制云电网系统。该系统采用集中发电、分布式发电和分布式储能相结合的方式, 将部分发电、储能容量分散到最终计费用户。其主要特征包括集中发电和分布式发电、分布式储能互相补充, 分布式发电装置、分布式储能装置分布到最终计费用户, 且最终计费用户发电与用户用电状态参数由云电网控制中心统一监控, 最终计费用户储能装置的充放电状态由云电网控制中心统一控制。

## 1 系统构成

### 1.1 新概念介绍

所用到的新概念有云储能、云发电、云终端和云电网系统。所提到的最终计费用户是指电网中安装末端计费电表的个人或单位用户。

云储能是指储能装置分布安装在最终计费用户地点的分布式储能系统。与现有分布式储能不同的是单个储能装置容量更小, 储能装置分布更广, 因储能装置总数大大增加而使得整体储能容量大大增加。

云发电是指发电装置分布安装在最终计费用户地点的分布式发电系统。与现有分布式发电不同的是单个发电装置容量更小, 发电装置分布更广, 因发电装置总数大大增加而使得整体发电容量大大增加。

云终端是指具有发电装置、储能装置、终端购电配电控制能力, 并受云电网控制中心控制和调度的最终计费用户终端。

云电网是在现有集中发电的基础上, 最终计费用户使用云终端, 构成以集中发电、云发电、云储能为主体的电网系统。

### 1.2 云电网结构

云电网结构如图1所示, 云电网主要由控制中心、云终端管理器和云终端组成。控制中心通过通信线路与云终端管理器联结, 并通过云终端管理器与云终端联结。通过云终端管理器可以读取其管理的云终端用电、发电、储电等各种数据, 从而得到整个电网各云终端的基本数据。控制中心分析计算电网数据, 并根据分析处理结果控制云终端储能设备

的工作状态, 选择储能或向电网输能。

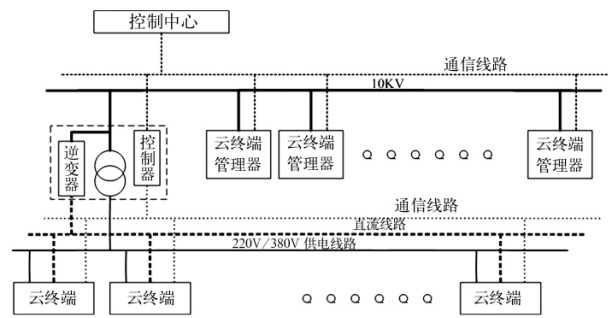


图1 云电网结构

云终端控制器由变压器、逆变器、控制器组成。变压器从电网取电, 并将所取的电转换为 220 V / 380 V 为云终端供电。逆变器与云终端的储能设备连接, 将云终端所储的直流电能转换为与电网频率、电压一致的交流电能输送到电网, 完成云终端向电网的输电能力。控制器通过通信线路与控制中心和云终端联结, 通过与控制中心通信获得控制中心的命令, 并向控制中心传输云终端的数据和状态; 通过与云终端的通信传输控制中心的控制命令, 获得云终端的数据和状态。

### 1.3 云终端组成结构

云终端主要由发电设备、储能设备、云终端控制器以及其他功能模块组成, 组成结构如图2所示。

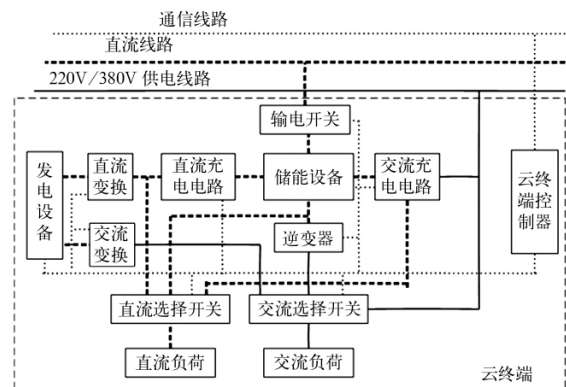


图2 云终端组成结构

图2中, 云终端控制器对外与云终端管理器通信, 接受云终端管理器的控制命令, 向云终端管理器发送本地数据; 对内与所有其他电路模块联结, 控制各电路模块的工作模式, 读取各电路模块的工作数据。云终端的负荷分为交流负荷和直流负荷。发电设备的电能通过直流变换转换为直流电能, 连接供电线路的交流充电电路可以为储能设备充电, 也可为本地图提供直流电源。云终端控制器根据云终端管理器的控制命令, 通过直流选择开关选择发电设备、

储能设备或电网之一为直流负荷供电。发电设备通过交流变换将电能转换为满足本地交流负荷技术指标的交流电,储能设备通过逆变器将所储电能转换为交流。在云终端管理器的控制下,云终端控制器通过交流选择开关选择发电设备、储能设备或电网供电为交流负荷供电。当电网电能不够,需要云终端提供电源时,云终端控制器控制输电开关将电能输送到直流线路,并通过云终端管理器将直流转换为交流上网供电。当电网电能过剩,需要云终端储能时,云终端控制器控制交流充电电路为储能设备充电。

云终端接入电网后,电网中云终端的发电设备和储能设备既可以为本地负荷供电,也可以上网供电。在电网中所有的云终端发电设备构成了云发电网,所有的云终端储能设备构成云储能网。这种带有集中发电、云发电、云储能的电网形式构成了云电网。

## 2 云电网控制管理和研究内容

### 2.1 控制和管理

云电网的管理与控制是控制中心对全网的集中式控制与管理,采用集中式分层控制模式,分3个控制与管理层面,分别为:控制中心对云终端管理器的管理与控制;云终端管理器对云终端的管理与控制;云终端对本地的发电、用电、储能与上网的管理与控制。

中心控制系统通过云终端管理器掌握云电网运行情况,根据云电网运行情况选择适合的控制策略,并将控制策略发给云终端管理器。

云终端管理器接受控制中心的控制命令,根据控制命令和所管理的云终端的实际情况,计算所管理云终端的控制策略,并将控制策略发送给相关云终端。

云终端根据收到的控制命令,对本地的储能设备进行储能与送电控制,并对本地进行发电、配电控制。比如光伏阵列与地面夹角控制;风力涡轮机转速和桨距角控制;光伏、风机的最大功率点跟踪;储能设备在充放电过程中功率、电流、电压、开始时刻、结束时刻、持续时间的控制等等。

通过集中式分层控制与管理,既可以全局把握云终端的海量数据,并对数据进行实时分析计算,得到控制策略,又将全网的数据分析与控制策略分析运算分配给云终端管理器,从而实现并行运算,有效提高计算效率,减少系统控制响应时间。

### 2.2 研究内容

云电网系统是建立在现有电网系统上的一种新

型系统构架,构建云电网系统,需要进行如下研究:云终端系统结构、云终端系统输配电控制方法、云终端并网技术、云电网潮流分析方法、云电网通信系统研究、云电网控制方法、云电网系统稳定性研究以及云电网系统经济效益分析等等。

## 3 云电网的效益评估

云终端安装于最终计费用户地址,并由最终计费用户出资,分散了云发电、云储能投入资金,不必为云发电、云储能规划用地,容易解决云发电和云储能系统的资金和用地问题,有利于推动新能源的大范围使用。

根据云电网的需求,云储能可以用作可控电源,也可以用作可控负荷。云终端的使用提高了电网的控制能力和调节能力,使得电网更加稳定和坚强。

云终端发电与负荷零距离,避免了输电损耗;云储能为电网提供备用电源,减少了电网备用发电容量;云终端从电网获得的电能大大减少,减少了电网输电配电容量设计。可见,使用云电网技术可以提高电网的效率。

云终端可以孤立运行,电网的故障不会造成云终端停电,提高了最终计费用户用电的可靠性。

云电网结构只是在现有电网结构上,在云终端与云终端控制器之间增加了直流线路,其他线路都应用了现有电网线路,因此云电网建设易于在现有电网基础上进行升级与改造。

## 4 云电网的可行性分析

云终端的本质是现有微电网系统的小型化。微电网系统的研究成果和成功运行,为云终端的设计与实现提供了设计参考,为解决云终端设计中可能出现的问题提供了技术保障。相对于现有分布式储能研究,云储能的储能终端数量大大增加,储能能量要大得多,但是云储能上网的逆变器位于云终端管理器,云终端管理器在电网的规模上与已有的分布式储能成功案例相当,因此,现有的分布式储能研究成果和成功运行案例为云储能建立了研究基础。

现有的分布式储能技术和分布式发电技术为云发电、云储能技术提供了研究基础,也验证了云发电、云储能的可行性。现代通信技术和控制技术为云电网提供了成熟的通信手段和控制方法。因此,基于云储能、云发电、云终端、现代通信技术和现代

控制技术的云电网系统不存在无法解决的技术难题,具有可行性。

## 5 结 语

1) 基于云储能、云发电集中控制的云电网系统为推广使用新能源提供了新的方法,为最终计费用户大规模使用清洁能源并上网提供了新方案。

2) 集中式分层控制模式是云电网通信、控制和管理的有效方法。通过集中式分层控制模式,云电网控制中心可以获得全网数据,并对全网进行有效控制。

3) 云电网的应用,可以推动清洁能源的大规模推广使用,提高电网效率,减少电网备用容量,使得电网更加坚强与稳定。云电网建设易于在现有电网上升级与改造。

4) 微电网研究和分布式储能研究的应用案例为云电网研究提供了研究基础,证实了云电网实现的可行性。

### 参考文献

[1] El - Khatt W , Salama M M A. Distributed Generation Technologies ,Definitions and Benefits[J]. Electric Power Systems Research ,2004 ,71( 2) : 119 - 128.

[2] Lopes J A P ,Hatzigiorgiou N ,Mutale J ,et al. Integrating Distributed Generation into Electric Power Systems: A Review of Drivers ,Challenges and Opportunities[J]. Electric Power Systems Research ,2007 ,77( 9) : 1189 - 1203.

[3] H Fukuda. Overview of the Micro - Grid Related Project in NEDO [C]. International Conference on Renewable Energy in Asia: A Challenge for Micro Grid Concept ,2008.

[4] Stvens J. Development of Sources and A Testbed for CERTS Microgrid Testing [C]. Proceedings of 2004 IEEE Power Engineering Society General Meeting , 2004: 2032 - 2033.

[5] Zhou H ,Bhattacharya T ,Tran D ,et al. Composite Energy Storage System Involving Battery and Ultracapacitor with Dynamic Energy Management in Microgrid Applications [J]. IEEE Transactions on Power Electronics ,2011 ,26( 3) : 923 - 930.

[6] Barklund E , Pouaku N ,Prodanovic M , et al. Energy Management in Autonomous Microgrid Using Stabilized Constrained Droop Control of Inverters [J]. IEEE Transactions on Power Electronics ,2008 ,23( 5) : 2346 - 2352.

[7] Pang C , Dutta P ,Kezunovic M. BEVs/PHEVs as Dis-

persed Energy Storage for V2B Uses in the Smart Grid [J]. IEEE Transactions on Smart Grid ,2012 ,3( 1) : 473 - 482.

[8] Byeon G , Yoon T , Oh S , et al. Energy Management Strategy of the DC Distribution System in Buildings Using the EV Service Model [J]. IEEE Transactions on Power Electronics ,2011 ,28( 4) : 1544 - 1554.

[9] Lukic S M ,Cao J ,Bansal R C , et al. Energy Storage Systems for Automotive Applications [J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics ,2008 ,55( 6) : 2258 - 2267.

[10] Khaligh A ,Li Z H. Battery Ultracapacitor Fuel Cell and Hybrid Energy Storage Systems for Electric Hybrid Electric Fuel Cell and Plug - in Hybrid Electric Vehicles: State of the art [J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology ,2010 ,59( 6) : 2806 - 2814.

[11] Ortuzar M ,Moreno J ,Dixon J. Ultracapacitor - based Auxiliary Energy System for an Electric Vehicle: Implementation and Evaluation [J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics ,2007 ,54( 4) : 2147 - 2156.

[12] Liu X ,Wang P ,Loh P C. A hybrid AC/DC Microgrid and Its Coordination Control [J]. IEEE Transactions on Smart Grid ,2011 ,2( 2) : 278 - 286.

[13] Lasseter R H ,Eto J H ,Schenkman B ,et al. CERTS Microgrid Laboratory Test Bed [J]. IEEE Transactions on Power Delivery 2011 ,26( 1) : 325 - 332.

[14] Nikkhajoei H ,Lasseter R H. Distributed Generation Interface to the CERTS Microgrid [J]. IEEE Transactions on Power Delivery 2009 ,24( 3) : 1598 - 1608.

[15] Méndez V. H. ,Rivier J. ,Fuente J. I. ,et al. Impact of Distributed Generation on Distribution Investment Deferral [J]. Electrical Power and Energy Systems ,2006 ,28( 4) : 244 - 252.

[16] 张代润. 电压逆变器型单相有源电力滤波器性能分析[J]. 工程科学与技术 2000 32( 1) : 48 - 54.

[17] 张安安 杨洪耕. 考虑电压稳定性的快速多目标无功优化方法[J]. 工程科学与技术 2009 41( 6) : 222 - 228.

[18] 伍凌云 ,李兴源 ,孙衢,等. 基于 Prony 辨识的复杂交直流系统次同步振荡特性分析 [J]. 工程科学与技术 2008 40( 3) : 155 - 160.

作者简介:

莫思特(1969) ,博士、副教授,研究方向为智能电网;

曾琦(1977) ,博士、讲师,研究方向为电力系统稳定和控制、高压直流输电。

(收稿日期:2018-03-26)