

能源互联微网架构及实现

罗宇强, 谢锡锋

(广西水利电力职业技术学院, 南宁 530023)

摘要:在充分利用不断增长的可再生能源促进能源结构改革方面,能源互联网因其具有充分利用能源、提高可再生能源渗透率的特点而成为能源结构改革的有效途径,阐述了能源互联的技术特征和内涵,深入分析了能源互联网重要组成部分——能源互联微网及其3层架构以及每层结构中的关键设备,提出能源互联风光储微网与主动配电网的连接架构,完成校园能源互联微网的硬件和软件系统搭建及实现,验证本架构的有效性。

关键词:能源互联网;微电网;可再生能源;3层架构

中图分类号:TM 727

文献标志码:A

文章编号:1674-1951(2018)04-0005-04

0 引言

由于传统化石能源具有不可代替性,而经济的不断增长,人类的活动对能源需求量却不断增大,导致传统能源日益枯竭,进而出现了能源危机。为使人类活动所需的能源结构可持续发展,必须改变能源供需体系,促使能源行业的转型升级,由此以风能、太阳能为代表的可再生能源电站逐渐成为能源领域的重要发展方向^[1-3]。近年,我国的风能、太阳能电站装机容量增长速度很快,根据国家“十二五”规划,至2020年,我国的风力发电站的装机容量达 2×10^8 kW,太阳能光伏电站装机容量达 5×10^7 kW,这些可再生能源电站本地不能全部消纳,必须采用集中建设开发外送至负荷中心地带。另外一种可再生能源电站则建设在近负荷地区,以分布式电站形式就近消纳。因此,分布式电能具有“就地收集,就地存储,就地使用”的特征,其高效利用的优势受到了各国政府、企业和研究院所的持续关注^[4-6]。

可再生能源的出现,使得能源结构多样化,为充分利用多种能源,能源互联网(Energy Internet)应运而生。能源互联网是利用互联网技术来实现能量和信息的流动,其网络主要是以可再生能源作为主要能量单元,并将各类能源网和运输网互联,形成多能源的新型混合能源供用体系^[7-8]。由于能源互联网具有广泛互联、开发互动、网架坚强和高度智能的特征,使其受到众多专家学者的关注和研究。

本文从能源互联网架构出发,分析能源互联网的技术特征和内涵,着重分析能源互联微网的组成及其

在能源互联网的重要作用,并以能源互联微网的3层结构为研究对象,提出能源互联风光储微网与主动配电网的连接架构,完成校园能源互联微网的硬件和软件系统搭建及实现,验证本架构的有效性。

1 能源互联网内涵

1.1 技术特征

(1) 互联性。能源互联网的互联性主要体现在其连接的资源是广泛的,可将国家甚至全球范围内的能源碎片通过能量网络实现互联,能量网络可以是电能网络,也可以是其他形式的能源网络。既可以是专门生产电能的发电能源设备,也可以是负荷中心的分布式能源设备,其互联形式是将这些能源生产、网络运营、分散发电和用户构成一个协同运作的系统。

(2) 开放性。能源互联网所构成的多能源互联网络是一个对等开发的平台,在各个层级和纬度上均具备网络接口,可无歧视地接受多种类型能源网络连接,多类型能源不仅包括传统能源,还包括可再生能源在内的各种清洁能源。多类型能源的接入使得能源生产者 and 使用者双重身份合二为一,提升了用户的参与度,实现生产者与用户的资源共同参与和双向互动。

(3) 高效性。在能源互联网构成的能量网络中,既包括专门生产电能的生产者,还包括分布在用户侧的多种类型能源,可接纳能源的发电和消纳,实现即插即用,甚至可将其他形式能量,如氢能,传送到所需用户;能源网络的互联性提高可再生能源的渗透率,实现大规模的储能应用,提高能源利用效率。

(4) 协同性。能源互联网的多类型能源运行是协同进行的,不仅包括能源生产规划建设的协同,还包括中间传输过程和终端利用方面的协同。在区域

收稿日期:2018-01-11;修回日期:2018-04-12

基金项目:2017年度广西高校青年教师基础能力提升项目(2017KY1095)

性的能源互联网中,可实现热、电、冷多能源的协同优化运行。对于电网调峰功能,在能源互联网的多源融合结构中,可采用电生天然气(P2G)技术实现。

(5)安全性。能源互联网所互联的是一个关系到每一个人衣食住行的能源网络,这些网络包括电能网络、交通网络、天然气网络等,均是国家关键网络,因此,必须把网络基础设施的安全性摆在第一位;能源互联网构建的网络庞大,跨越不同地域和地区,受环境影响较大,必须具备高可靠性,如电能网络发生故障时,系统能够快速及时的反应动作,保证整个网络的安全可靠运行。

1.2 能源互联网具体内涵

能源互联网的能源网络包含电能网络、天然气网络、氢能网络以及电气交通网络,其中电能网络是能源互联网的主干网络,融合了互联网技术、智能电网技术和可再生能源技术,形成多能源、多主体的共享网络,构成“智能电网+可再生能源+互联网”模式,实现多能源的清洁生产、传输、利用和服务,如图 1 所示。

总的来看,能源互联网与智能电网不同,它可以说是智能电网的拓展。能源互联网中不仅包含作为基础主干网络的电能网络,还拓展到其他类型能源网络,是一个广泛的能源系统范畴。能源互联网不再是电能网络单纯物理上的连接,而是包含了多类型用户、各类市场主体部分,组成信息互连网络。所接入的分布式能源不仅是分布式电能,还有各种类

型的分布式能源;接入的新能源汽车既有纯电动的,也有氢能的。能源的存储不再局限于电能,利用 P2G 技术和氢能源,可进行多种类型的能量存储,进一步拓展并实现大规模的电能存储。能源市场交易多样化,不仅仅是电能的市场交易,还有多类型能源配额、用户资源调度等方面。

2 能源互联微网架构及实现

2.1 能源互联微网架构

能源互联微网是将区域性的能源生产设备、能源消耗设备和能源存储设备以某种结构进行连接的网络,是能源互联网的重要组成部分,也是可再生能源接入的关键接口。能源互联微网具有并网运行和离网运行 2 种模式^[9],可视具体情况切换运行模式,以保证自身安全可靠运行。能源互联微网在区域级能完成自身多能源协同运行,使得电能保持稳定输入和输出,且对主网不产生影响,避免了网络内不同设备对主网的扰动。

能源互联微网是区域性能源系统集成,包含了发电发热装置、分布式可再生能源和分布式储能系统,为实现网络的安全可靠运行,达到能源合理分配和管理目的,采用能源路由器、能源交换机和能源接口将多种能源系统进行互联^[10],从而提高能源使用的效率。因此,根据能源转化和传输特点,可将能源互联微网分为 3 个层次:1 是能源交换层;2 是能源接口层;3 是能源路由器层,如图 2 所示。

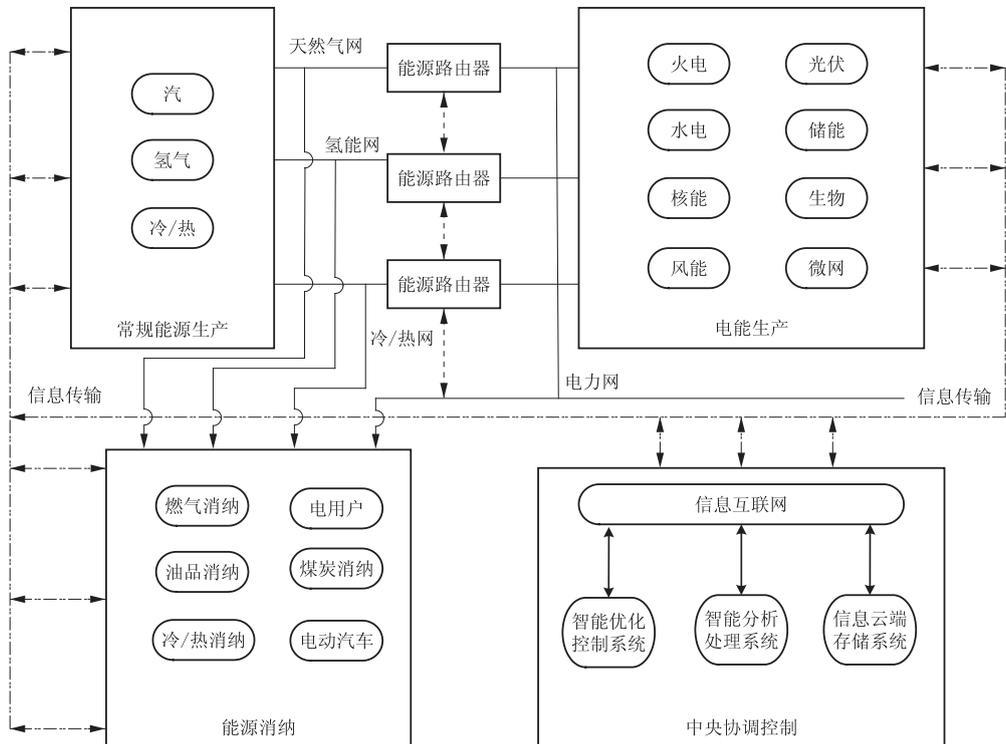


图 1 能源互联网架构

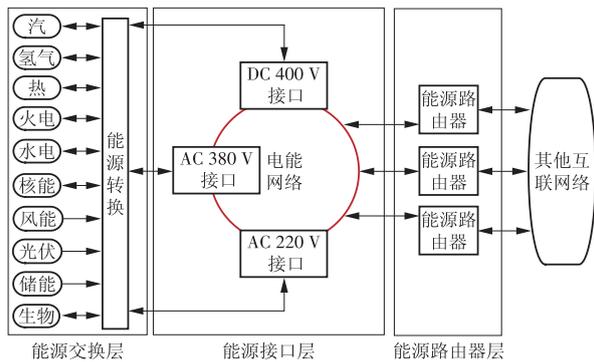


图2 能源互联微网3层结构

能源交换层主要实现不同类型能源交换,可分为非电能-非电能的能源交换、非电能-电能的能源交换、电能-电能的能源交换。能源交换层为整个能源互联微网提供能源相关信息,如热能的生产、消耗和存储,电能的输入、输出和存储,其他形式能量的消耗和存储等,以实现对能源系统的全局可控,从而能够合理分配能源互联微网的能源生产设备、能源消耗设备和能源储能设备的运行。

能源互联微网是以电能网络为基础的能源网络,能源接口层主要实现各种类型能源装置接入电能网络,包括直流电能接口和交流电能接口。能源接口需具有设备的识别、设备的状态监测、通信和控制等功能。能源接口中电能转换部分应具备能量双向流动功能,其结构可以是直流/交流(DC/AC)电能变换装置、直流/直流(DC/DC)电能变换装置和交流/交流(AC/AC)电能变换装置,同时应内嵌有数据采集和监测模块、通信和控制模块以及执行模块等。

能源路由器层以能源路由器为主要核心设备,能源路由器主要实现能源互联微网与其他网络的物理通信连接,也是将能源互联微网接入广泛能源互联网的关键设备。能源路由器除了具有能源变换模

块外,还应具有能够使能源互联微网离网运行模式和并网运行模式切换的智能控制模块,同时,为保证系统安全、稳定和可靠运行,应配有故障检测模块和通信模块。因此,能源路由器具备的功能有能源调度、能源生产与消耗预测、故障隔离等。

当能源互联微网处于并网工作模式时,根据上级电网的要求和自身内容能力需求情况,能源路由器通过多种工作状态切换方式,智能协调控制电能生产、分配和输出,此时,能源路由器主要作为一个恒定功率源,向主干电能网络输出功率或输入恒定的有功、无功功率;当能源互联微网处于离网工作模式时,能源路由器主要对能源互联微网内的多能源系统进行智能调控,并对能源互联微网的电压和频率进行稳定控制,使能源互联微网保持稳定、可靠运行。

2.2 能源互联微网的实现

根据能源互联微网的结构特点,以广西水利电力职业技术学院为载体,搭建了校园能源互联微电网。此能源互联微网通过能源路由器与学院电网、主动配电网系统进行硬件互联,因系统连接范围较大,难以通过实物形式展现,特提供此能源互联微网系统架构图,如图3所示。

本案例的能源互联微网由风力发电系统、太阳能光伏发电系统、储能系统、火电/水电发电机组、交直流充电桩、能源路由器和多种交直流负载构成。本能源互联微网提供了3种不同电压等级的能源接口:400V直直流接口,380V三相交流接口,220V单相交流电压接口。储能及变流系统、直流负载通过直流接口挂在400V直流母线上。380V三相交流母线挂有太阳能光伏发电系统、火电/水电发电机组和三相交流负载。风力发电系统、太阳能光伏发电系统和单相交流负载则挂在220V单相交流母

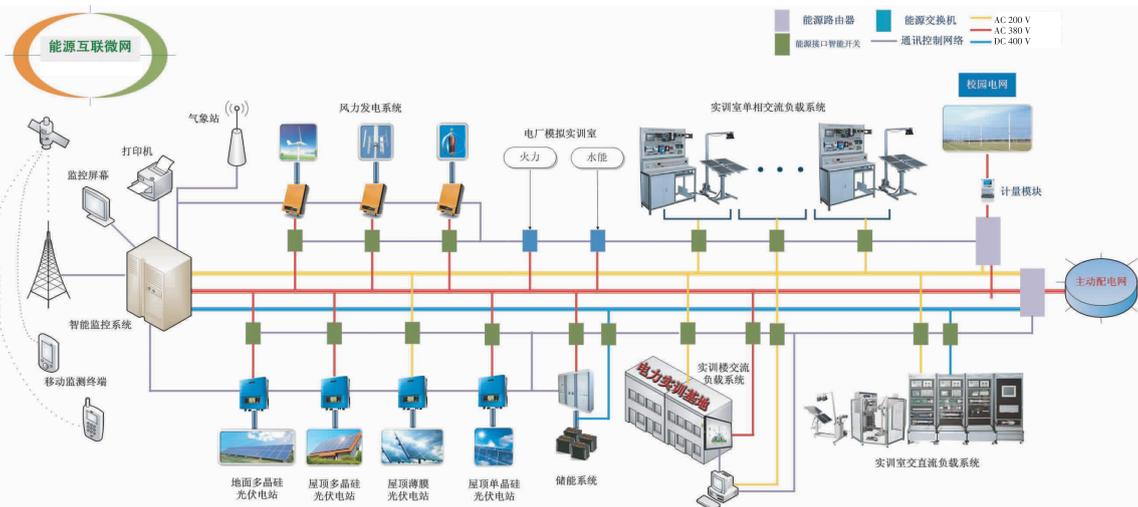


图3 校园能源互联微网系统结构

上。通过能源路由器,将本能源互联微网、学院主动配电网,以及校园主网 3 者连接,同时实现信息交互和协调控制。

本能源互联微网中,能源路由器主要完成能源互联微网与校园电网、主动配电网的电能交换和能源协调控制。能源接口则将多能源各个设备接入网络。能源交换机则变换与控制各个能源系统的电能输入输出,实现了能源互联微网的 3 层架构,并对各层级进行协调分级控制,完成能源转换与调度。

能源路由器是本能源互联微网的重要设备,通过系统的运行,能源路由器在发电/负荷预测的条件下,可控制储能系统在功率允许范围内快速充放电,当所变化的功率超出储能快速调节允许的范围时,储能系统能够给能源路由器反馈信号,使得能源路由器能够提前协调能源互联微网的电能生产设备和负荷功率,实现能源互联微网与电网的功率平稳交换。

为更好地监测能源互联微网的运行状态,搭建了能源互联微网软件监控系统,以监测能源互联微网各个设备运行状态以及功率传输情况。

3 结束语

能源互联网是以电能网络为主干,其他能量形式网络互联的广泛性系统,采用先进信息技术和可再生能源技术,通过智能控制策略达到多能源协调控制目的。本文对能源互联微网架构进行了详细分析,阐述了能源互联微网 3 层架构模式,使能源互联微网更好与主网络相连。建立了校园能源互联微网,对能源互联微网进行分析研究,实现了能源互联微网 3 层架构系统,体现用户的主动交互性和分布式电源的独立参与性功能,使得能源互联微网与主电网平稳交互。

参考文献:

[1]刘吉臻. 新能源电力系统建模与控制[M]. 北京:科学出版社,2015.

[2]徐从启,贾桂芝,李祖贤,等. 考虑多能量流的光柴储独立微电网协调控制[J]. 电气技术,2017(4):61-65.

[3]刘振亚. 智能电网承载第三次工业革命[J]. 国家电网,2014(1):30-35.

[4]梁才浩,段献忠. 分布式发电及其对电力系统的影响[J]. 电力系统自动化,2001,25(12):53-56.

[5]LASSETER R H. Microgrids and distributed generation[J]. Intelligent Automation & Soft Computing. 2010, 16(2):225-234.

[6]余晓丹,徐宪东,陈硕翼,等. 综合能源系统与能源互联网简述[J]. 电工技术学报,2016,31(1):1-13.

[7]董朝阳,赵俊华,文福拴,等. 从智能电网到能源互联网:基本概念与研究框架[J]. 电力系统自动化,2014,38(15):1-11.

[8]赵海,蔡巍,王进法,等. 综合能源系统与能源互联网简述[J]. 电工技术学报,2015,30(11):30-36.

[9]万玉建,蒋成杰,陆华军. 一种微电网并转孤模式切换时功率平衡计算方法[J]. 电气技术,2017(4):40-43.

[10]孙秋野,王冰玉,黄博南,等. 狭义能源互联网优化控制框架及实现[J]. 中国电机工程学报,2015,35(18):4571-4580.

(本文责编:齐琳)

作者简介:

罗宇强(1987—),男,广西忻城人,工程师,工学硕士,从事新能源发电技术、智能微电网技术研究(E-mail:182820757@qq.com)。

谢锡锋(1979—),男,广西南宁人,高级工程师,工学硕士,从事电力变换、电能质量相关方面研究(E-mail:232652833@qq.com)。

广告索引

厦门嘉戎技术股份有限公司 (封面)

郑州光力科技股份有限公司 (封面拉折页)

华电郑州机械设计研究院有限公司 (封二)

郑州科润机电工程有限公司 (封三)

武汉德威工程技术有限公司 (封底)

上海华向节能环保科技有限公司 (前插 1)

太原市奥爱姆烟卤材料有限公司 (前插 2)

秦皇岛华电测控设备有限公司 (前插 3)

常州金坛东方汽轮机配件厂 (前插 4)

南通高欣耐磨科技股份有限公司 (前插 5)

华电郑州机械设计研究院有限公司(跨版) ... (前插 6,7)

郑州科源耐磨防腐工程有限公司(跨版) (前插 8,9)

华电重工股份有限公司(跨版) (前插 10,11)

华电重工股份有限公司 (目次页右)

浙江菲达菱立高性能烟气净化系统工程
有限公司 (中插 1)

郑州市鸿鑫机械科技发展有限公司 (中插 2)

勇钦(上海)润滑设备有限公司 (中插 3)

华电水务控股有限公司(跨版) (中插 4,5)

华电环保系统工程有限公司(跨版) (中插 6,7)

合众高科(北京)环保技术股份有限公司 (中插 8)

浙江鼎诚环保科技有限公司 (中插 9)

上纬新材料科技股份有限公司 (中插 10)