

DOI:10.3969/j.issn.1674-1951.2019.11.011

基于工业厂区的多能互补系统在微能源网的应用

Application of multi-energy complementary system in
micro-energy network of an industrial plant

孙振宇^{1,2}, 沈明忠¹
SUN Zhenyu^{1,2}, SHEN Mingzhong¹

(1. 中国华电科工集团有限公司, 北京 100070; 2. 华电水务科技股份有限公司, 北京 100070)
(1. China Huadian Engineering Company Limited, Beijing 100070, China; 2. Huadian
Water Technology Company Limited, Beijing 100070, China)

摘要:为实现工业厂区可再生能源的稳定供应,降低对电网的不利影响,介绍了微能源网及其在不同资源条件下多能互补系统中的应用。以某污水处理厂为例,结合现有条件和用能需求,搭建了分布式光伏-生物质发电-污水源热泵互补的微能源网:其中分布式光伏-生物质发电满足厂区的用电需求;污水源热泵为办公区供冷、供热;利用沼气池充当系统的储能装置,降低了储能环节的成本,并进一步满足了厂区的电负荷。应用结果表明,微能源网更贴近用户,在节能减排方面拥有一定的发展空间。

关键词:微能源网;多能互补;分布式光伏;生物质发电;污水源热泵;工业园区

中图分类号:TK 01⁺9 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-1951(2019)11-0046-03

Abstract: In order to achieve stable supply of renewable energy in industrial parks and reduce the adverse impact on the power grid, micro-energy network and its application in multi-energy complementary system with different energy resource combinations are introduced. Taking a sewage treatment plant as an example, considering its existing conditions and energy demand, a distributed micro-energy network with photovoltaic power-biomass- sewage source heat pump was built, in which distributed photovoltaic power-biomass generation system was design to meet the electricity demand of the park, and the sewage source heat pump supplied cooling and heating for the office area in the park. Biogas digester could be used as storage device, which could reduce the investment in storage and further increase the amount of power supplied. The application result shows that the micro-energy network is closer to users and has prospect in energy saving and emission reduction.

Keywords: micro-energy network; multi-energy complementary; distributed photovoltaic power; biomass power generation; sewage source heat pump; industrial park

0 引言

将化石燃料作为能源的传统供能方式所引发的环境问题日益显著,使它在未来的能源市场上难以继。近年来,绿色、环保、高效的能源供应方式成为了研究热点。其中,多能互补分布式能源系统将电力、燃气、太阳能、风能等各种形式的能源进行组合,并通过能源与技术协同优化,最终实现了面向用户的冷热电三联供,提高了能源的综合利用效率。但可再生能源的出力具有不确定性和间歇性,风电

和光电接入电力系统时会影响主电网的电质量和稳定运行,易造成弃风、弃光、甚至脱网等问题^[1]。为了提高可再生能源的利用效率,微能源网应运而生。不同的可再生能源在微能源网中进行组合,建立了贴近用户侧、环境友好的多能源互补系统,同时提高了能源就地消纳的比例。

本文以某工业厂区为研究对象,结合厂区地理位置,对其用能需求及日常运行情况进行分析。在此基础上,优化组合多种可再生能源和技术,形成优势互补的能源系统,从而提高了整个厂区能源系统的利用效率、经济性与稳定性。

1 多能互补的微能源网

微能源网是由多能互补分布式能源系统、储能装置、相关负荷监控/保护装置汇集而成的发电系统,能够实现自我控制、保护和管理(如图 1 所示)。多能互补分布式能源系统不仅可提供电能,也可供冷、供热。储能装置形式多样,包括压缩空气储能、超级电容储能、超导储能以及各种形式的电池储能等,它作为能量的缓冲环节,提高了电能质量、储存高峰期所发多余电量、为负荷低谷期提供电量,起到削峰填谷及稳定可再生能源发电、并网的作用^[2]。微能源网是分散的、规模较小的独立系统^[3],可直接接入用户侧。

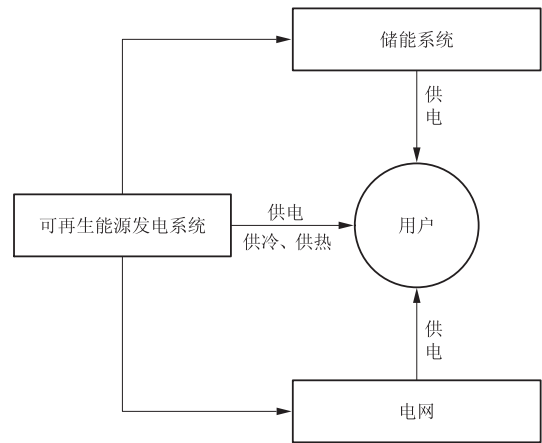


图 1 微能源网结构
Fig. 1 Microk-energy network structure

2 微能源网中多能互补形式

能源互补可将多种能源供应进行重新分配与利用,以提高多种能源的利用率、电能输出的可靠性及品质,实现与环境协同发展。

目前我国电源结构以煤电、水电为主,随着新能源的快速发展,电网内将形成火电、水电、风电以及光电等多种电源共存的局面^[4]。多能互补的形式多种多样,可根据地域特征和用户侧的需求,因地制宜地构建能源互补系统,常见的形式见表 1。

表 1 多能互补的形式

Tab. 1 Multi-energy complementary models

互补形式	适应场合
风光互补	大型风电、光伏基地
风光水互补	大型流域
风光天然气互补	工业园区
光-热泵	工业园区
光-生物质	中小城镇、农村
光-天然气	城市楼宇、工业园区

3 微能源网在污水处理厂的应用

3.1 厂区的特点分析

以某污水处理厂内的微能源网为例进行分析:该厂全天运行,日常运行消耗的能源为电能,用电量与污水处理量成正比;厂内办公区有夏天供冷、冬天供暖的需求;污水(包含排放的生活用水)的夏季水温低于室外温度,冬季水温高于室外温度,在整个供暖、供冷季的温度波动较小,是一种稳定、可靠的低温热源。污水水温与处理水量、所处地域、污水来源及季节等有关,常年温度变化范围为 10~25℃。同时,污水处理厂在运行过程中会产生污泥^[5-6]。

3.2 厂区多能互补系统

根据污水处理厂的能源结构与用能需求,在厂内选择构建分布式光伏-生物质发电-污水源热泵的微能源网。在微能源网中,分布式光伏和生物质发电为厂区供应电能,污水源热泵为办公区制冷、供热,沼气池作为储能装置。

由于太阳能的随机性和季节性,光伏发电系统输出功率呈现波动性,不利于微能源网的稳定。白天光照强时,光伏出力呈单峰变化,为日常运行提供电能;夜间光照不足时,可以利用污泥厌氧消化产生的沼气来满足厂区供电、维持沼气池自身温度的需求。沼气发电系统主要分为 3 个部分:厌氧发酵系统、沼气发电系统、余热回收系统^[7-8]。

微能源网中的污水源热泵取用污水作为冷热源,选用高温型水源冷热水机组,制冷供回水温度为 10℃,采暖供回水温度为 45℃,其采暖制冷系统由 3 个子循环系统构成,即污水循环、中介循环和末端循环^[5-6]。

其中,沼气池相当于微能源网的储能装置,可用于平滑微能源网的波动,使光伏和生物质发电系统在供能时更为灵活和可靠。储能环节成本的减少也进一步提高了系统的经济性。此外,沼气、太阳能均为可再生能源,发电成本相对较低。

3.3 厂区多能互补结构

污水处理厂分布式光伏-生物质发电-污水源热泵互补的微能源网通过不同的方式连接着不同类型的能源,实现厂区的运行供电和办公区的供电、供冷、供热。整个系统的电能由太阳能和生物质能提供,其中生物质能主要来自于污泥在沼气池中发酵产生的沼气,通过微能源网系统为厂区供电(无需储能环节)。按微能源网系统的功能划分,太阳能-沼气互补微能源网主要由光伏面板、逆变器、热电联产机组、沼气池、沼气池加热器及辅件等组成,如图 2 所示。

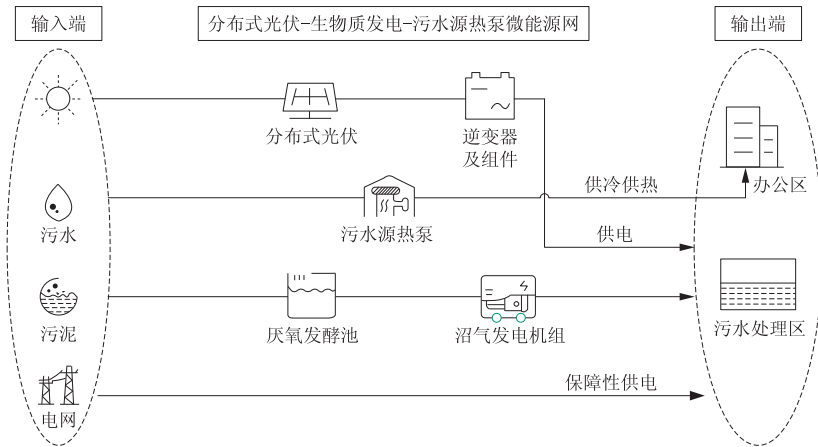


图2 厂区分布式光伏-生物质发电-污水源热泵互补的微能源网

Fig.2 Distributed PV-biomass power generation-sewage source heat pump complementary micro-energy network

该厂以分布式光伏、污水源热泵和沼气燃机的最优先运行作为微能源网的系统优化目标,实现可再生能源利用效率的最大化。基于以上结构建立目标函数

$$\max P_1 = \left(\frac{W_{\text{ere}}}{W_e} + \frac{W_{\text{hre}}}{W_h} \right) \times 100\% ,$$

式中: W_{ere} 为通过可再生能源出力满足的电量,包括光伏发电出力、沼气电出力; W_e 为系统总需求电量; W_{hre} 为通过可再生能源出力满足的热量,包括沼气热出力、污水源热泵热出力; W_h 为系统总需求热量。

电负荷与热负荷的供需平衡函数

$$\begin{aligned} f_1(t) &= E_n(t) - E_b(t) - E_s(t) , \\ f_2(t) &= Q_n(t) - Q_w(t) , \end{aligned}$$

式中: $E_n(t)$ 为电负荷的需求量; $E_b(t)$ 为沼气机组发电量; $E_s(t)$ 为太阳能发电量; $Q_n(t)$ 为热负荷的需求量; $Q_w(t)$ 污水源热泵供应量。

微能源网以满足用户负荷为条件,使电负荷平衡与热负荷平衡的偏差最小,建立多目标函数 $F(t)$,对 $f_1(t)$ 、 $f_2(t)$ 分别赋予权重 α 和 β ,

$$\begin{aligned} F(t) &= \alpha f_1^2(t) + \beta f_2^2(t) , \\ \alpha + \beta &= 1 . \end{aligned}$$

3.4 厂区多能互补特征

常见的微能源网中包括储能环节,但储能装置的制作成本、维护成本都偏高。该厂能源网充分利用了太阳能与沼气能之间的互补性,建立了一种以光伏-生物质联合供能的分布式系统,并利用沼气池可存储沼气的特点将其作为系统的储能环节,进一步满足了污水处理厂电负荷需求。

4 结论

本文阐述了发展微能源网的必要性,分析了多能互补的多种形式。以某污水处理厂为例,搭建了

分布式光伏-生物质发电-污水源热泵互补的微能源网,实现厂区冷热电三联供。在当前严峻的能源形势下,多能互补的微能源网作为一种多元化供能方式,更为贴近用户,兼具高效性和环保性。它在国内拥有巨大的发展空间,在融合多方创新、综合能源服务、能源互联网等理念后,多能互补分布式微能源网将成为未来供能形式的一种主体。

参考文献:

[1]方八零.混合可再生能源系统的多能互补及集成优化[D].长沙:湖南大学,2017.

[2]刘秀如.多能互补集成优化系统分析与展望[J].节能,2018,37(9):33-38.

[3]蔡世超.多能互补分布式能源系统架构及综合能源管理系统研究[J].吉林电力,2018,46(1):1-4.

[4]王社亮,冯黎,张娉,等.多能互补促进新能源发展[J].西北水电,2014(6):78-82.

[5]高月芬.水源热泵系统在污水处理厂的应用[J].中国建设信息,2003(2):18-20.

[6]周文忠,李建兴,涂光备.污水源热泵系统和污水冷热能利用前景分析[J].暖通空调,2004,34(8):25-29.

[7]吴艾欢,杨婷婷,吕谋.青岛海泊河污水处理厂沼气热电联产系统研究[J].水处理技术,2018(1):123-127.

[8]李利.生物质沼气发电的利用模式及效益分析[J].华电技术,2018,40(12):52-53.

(本文责编:陆华)

作者简介:

孙振宇(1987—),女,江苏东海县人,工程师,博士,从事工业水处理和新能源发电方面的研究(E-mail:sunzy@chec.com.cn)。

沈明忠(1970—),男,浙江桐乡人,正高级工程师,工学硕士,从事烟气脱硫、脱硝和新能源发电研究等。