



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113344736 B

(45) 授权公告日 2023. 08. 18

(21) 申请号 202110559660.3

(22) 申请日 2021.05.21

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113344736 A

(43) 申请公布日 2021.09.03

(73) 专利权人 温州电力设计有限公司
地址 325000 浙江省温州市鹿城区车站大
道人和嘉园3号楼205.305室
专利权人 国网浙江省电力有限公司温州供
电公司

(72) 发明人 郑圣 季节 徐励 王文香
周瀚泽 张清周 朱海立 林奕廷
周吉尚

(74) 专利代理机构 北京祺和祺知识产权代理有
限公司 11501
专利代理师 吴新鹏

(51) Int.Cl.
G06Q 50/06 (2012.01)
G06Q 10/0631 (2023.01)

(56) 对比文件

- CN 112365108 A, 2021.02.12
- CN 109658005 A, 2019.04.19
- CN 110533225 A, 2019.12.03
- US 2012310855 A1, 2012.12.06
- US 2019369581 A1, 2019.12.05
- CN 112308321 A, 2021.02.02
- CN 110400059 A, 2019.11.01
- CN 109755938 A, 2019.05.14
- CN 112508391 A, 2021.03.16
- CN 110990785 A, 2020.04.10
- CN 108537409 A, 2018.09.14
- CN 109885009 A, 2019.06.14
- CN 108510131 A, 2018.09.07
- CN 109474025 A, 2019.03.15
- CN 109784569 A, 2019.05.21
- CN 109784564 A, 2019.05.21
- US 2019079473 A1, 2019.03.14

吴福保; 刘晓峰; 孙谊嫔; 陈宁; 袁铁江; 高丙
团. 基于冷热电联供的多园区博弈优化策略. 电
力系统自动化. 2018, (13), 74-81.

审查员 黄沛

权利要求书3页 说明书17页 附图3页

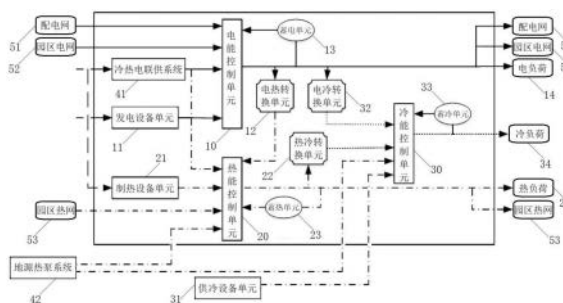
(54) 发明名称

一种园区级综合能源系统及其控制方法

(57) 摘要

本发明提供一种园区级综合能源系统及其控制方法, 系统包括电能控制单元、热能控制单元、冷能控制单元、电热转换单元、电冷转换单元和热冷转换单元。方法包括设定规划目标、调研园区能源条件、明确园区内用户的用能选择、对园区内负荷进行预测、确定系统的拓扑结构、确定总体规划目标、配置设备容量、进行系统综合评估等过程。本发明提出的园区级综合能源系统及其控制方法是实现能量供需平衡的独立可控系统及方法, 通过园区级综合能源系统内不同能源的协调, 能够更最大限度地挖掘系统间的互补优势。还有利于提高能源效率, 降低能源成本, 有利

于可再生能源的大规模接入和高效利用, 可以最大限度地利用可再生资源。



CN 113344736 B

1. 一种园区级综合能源系统,其特征在于,

包括电能控制单元(10)、热能控制单元(20)、冷能控制单元(30)、电热转换单元(12)、电冷转换单元(32)和热冷转换单元(22);

所述电能控制单元(10)配置于配电网(51)和园区电网(52)的线路间,其电能输入线路连接至发电设备单元(11),所述电能控制单元(10)用于控制发电设备单元(11)和电网线路的电能传输机制并将电能输送至电负荷(14);

所述热能控制单元(20)配置于园区热网(53)的线路间,其热能输入线路连接至制热设备单元(21),用于控制制热设备单元(21)和所述电热转换单元(12)的热能传输机制并将热能输送至热负荷(24);

所述冷能控制单元(30)的冷能输入线路连接至供冷设备单元(31),用于控制供冷设备单元(31)、所述电冷转换单元(32)和所述热冷转换单元(22)的制冷机制进而为冷负荷(34)进行制冷;

所述电热转换单元(12)连接于所述电能控制单元(10)的电能输出线路与所述热能控制单元(20)之间,用于将电能输出线路上的电能转换成热能以提供至所述热能控制单元(20);

所述电冷转换单元(32)连接于所述电能控制单元(10)的电能输出线路与所述冷能控制单元(30)之间,用于将电能输出线路上的电能转换成冷能以提供至所述冷能控制单元(30);

所述热冷转换单元(22)连接于所述热能控制单元(20)的热能输出线路与所述冷能控制单元(30)之间,用于将热能输出线路上的热能转换成冷能以提供至所述冷能控制单元(30);

构建过程:

设定规划目标;

调研园区能源条件;

明确园区内用户的用能选择;

对园区内的电、冷、热、蒸汽负荷进行中、长期预测;

确定园区级综合能源系统的拓扑结构,使得拓扑结构包括预设种类的典型设备单元及预设类型的供能、用能和能源转化方式;

确定总体规划目标;

配置设备容量;

进行系统综合评估;

所述设定规划目标包括:设定并优化经济性目标、可靠性目标、环保性目标和/或能源利用率目标的预期,以达到经济性指标、环保性指标、可靠性指标和/或能源利用率指标的预设要求;

所述调研园区能源条件包括:对园区所在区域内的气候、自然资源条件、特殊用能需求、获取能源的途径、工程实施的条件进行信息采集,明确园区在用能方面的优势和劣势;

所述配置设备容量包括:收集园区基础负荷数据、当地电价气价、风光资源数据,结合当地能源生产消费特点获取相对应的设备类型;根据预测的可再生能源发电出力和负荷曲线确定可再生能源发电装机规模,选取春夏秋冬四个典型时段进行优化分析;计算全年最

低运行成本,确定容量配置方案;

所述进行系统综合评估包括:建立综合评估指标体系,参照设定的规划目标,从经济性、环保性和技术可行性方面对园区级综合能源系统进行效益、作用的评估。

2.如权利要求1所述的园区级综合能源系统,其特征在于,

所述发电设备单元(11)包括光伏发电设备,用于将太阳能转换成电能以传输至所述电能控制单元(10);

和/或,所述发电设备单元(11)包括风力发电设备,用于将风能转换成电能以传输至所述电能控制单元(10);

和/或,所述发电设备单元(11)包括燃料电池,用于利用燃料和氧化剂的化学反应产生电能以传输至所述电能控制单元(10)。

3.如权利要求1所述的园区级综合能源系统,其特征在于,

所述制热设备单元(21)包括燃气锅炉,用于燃烧气体燃料以获得热水、蒸汽从而产生热能以传输至所述热能控制单元(20);

和/或,所述制热设备单元(21)包括电热锅炉,用于采用电能驱动将电能转化为热能以传输至所述热能控制单元(20);

和/或,所述制热设备单元(21)包括蓄热式电热锅炉,其具有蓄热、蓄热水箱单独供热、联合供热三种可切换工况,利用谷时电价的电力将蓄热体加热到一定温度,在平电价或峰值电价时段,依靠蓄热体余温为所述热能控制单元(20)提供热能进而传输至热负荷(24)。

4.如权利要求1所述的园区级综合能源系统,其特征在于,

所述供冷设备单元(31)包括冷水机组,用于利用其循环系统中制冷工质的相态变化进行制冷;

和/或,所述供冷设备单元(31)包括吸收式制冷机,用于依靠吸收器与发生器组的配合作用完成制冷循环;

和/或,所述供冷设备单元(31)包括冰蓄冷系统,其包括双工况主机和蓄冰装置,所述冰蓄冷系统用于通过改变阀门的启停组合工作于双工况主机制冰、双工况主机与蓄冰装置联合供冷、蓄冰装置融冰单独供冷和双工况主机单独供冷四种工况;

和/或,所述供冷设备单元(31)包括水蓄冷系统,用于在谷时电价时段,利用常规冷水机组或地源热泵机组将生产的冷冻水存储到蓄冷水箱中;还用于在平电价或峰值电价时段,依靠供冷循环泵将冷冻水泵出再经换热器换热后供冷。

5.如权利要求1-4任一项所述的园区级综合能源系统,其特征在于,

所述能源系统还包括冷热电联供系统(41),所述冷热电联供系统(41)连接至所述电能控制单元(10)、热能控制单元(20)和冷能控制单元(30)的输入线路,用于利用燃料的燃烧产生电能、热能和冷能以分别实现供电、制热和制冷;

所述冷热电联供系统(41)包括内燃机、燃气轮机或蒸汽轮机;

和/或,所述能源系统还包括地源热泵系统(42),所述地源热泵系统(42)连接至所述热能控制单元(20)的热能输入线路,用于利用浅层地能进行供热,将地下土壤中存储的热量进行转移以实现供暖;所述地源热泵系统(42)还连接至所述冷能控制单元(30)的冷能输入线路,用于利用浅层地能进行制冷,将地下土壤中存储的冷量进行转移以实现制冷。

6.如权利要求1-4任一项所述的园区级综合能源系统,其特征在于,

还包括连接于所述电能控制单元(10)及其电能输出线路之间的蓄电单元(13)、连接于热能控制单元(20)及其热能输出线路之间的蓄热单元(23)以及连接于冷能控制单元(30)及其冷能输出线路之间的蓄冷单元(33),分别用于储蓄电能、热能以及冷能。

7.如权利要求6所述的园区级综合能源系统,其特征在于,

所述蓄电单元(13)为化学储能蓄电池,包括铅酸电池、钠硫电池、全钒电池、锌溴电池和/或锂离子电池;或者,所述蓄电单元(13)为采用电制氢或电制天然气原理的电转气储能设备;

所述蓄热单元(23)包括蓄热电锅炉系统或蓄热槽;

所述蓄冷单元(33)包括冰蓄冷系统或水蓄冷系统。

8.如权利要求1所述的园区级综合能源系统,其特征在于,还包括如下控制策略优化过程:

建立多目标函数,对多目标函数进行直接求解或将多目标函数转换为单目标函数求解;所述多目标函数的目标包括经济性目标、资源配置最优目标、稳定性目标和/或环境友好性目标;

确定运行边界,所述运行边界包括冷热电气负荷实时平衡约束条件、外部能源供应约束条件、设备运行约束条件和/或网络约束条件;

进行园区级综合能源系统建模计算,得到最终的优化控制策略结果。

一种园区级综合能源系统及其控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及能源利用技术领域,具体涉及一种园区级综合能源系统及其控制方法。

背景技术

[0002] 能源是人类社会经济发展的基础,是国家赖以生存发展的命脉。自工业革命以来,传统化石能源长期以来作为主要的能源形式,发挥着不可替代的重要作用。然而,诸如煤炭和石油等化石能源在燃烧过程中不可避免地带来了许多环境问题,且传统的化石能源属于不可再生资源,最终会消耗殆尽。因此随着传统化石能源的逐渐枯竭以及自然环境的逐步恶化,以化石能源为核心的能源生产消费模式已难以为继。因此,在人类对能源与日俱增的需求下,提高可再生能源在能源消耗总量中的比例和能源利用效率、降低污染物排放成为必然要求,能源的开发、转化和高效利用成为全世界共同关注的课题,促使了能源互联网和综合能源系统概念的提出。

[0003] 能源互联网是一种能源利用体系,通过先进的电力电子技术、信息技术和智能管理技术,将能源的生产端、传输端和消费端的数以亿计的设施、系统和信息连接起来形成能源共享网络。其目的在于实现能源应用的多样性、数据化、智能化,实现能源的全生命周期投资和管理,有效整合产业链上下游各方资源,形成供需互动和交易。

[0004] 综合能源系统是能源互联网概念下的一个分支,由社会供能网络和终端综合能源单元系统构成,是一种能源、信息、运输和其他支持系统的多系统融合,面向供热、制冷、氢气和电力供应等多种能源需求,是在系统中可以通过各种能源来实现有机集成的集成系统。以电能为主体形式,以智能电网为载体,并与智能气网、智能热网、电气化交通网紧密耦合的具有互联开放特性的能源共享网络,通过不可再生能源、可再生能源及冷、热、电、气、氢等方面的科学调度,实现能源的协调高效利用,最终满足用户对各种能源的需求,提高社会能源供应的安全性和可靠性。伴随着分布式发电、通信、能量转化、储能等技术和新型交易模式的飞速发展和应用,综合能源系统近年来得到了各国政府、学者和科研机构的广泛关注和发展。

[0005] 能源互联网以电力系统为核心,与热、气、交通、信息等网络紧密耦合形成多网流系统,而综合能源系统正是能源互联网中实现能源转换、分配与有机协调的重要物理载体。综合能源系统的实现形式主要包括能源互联网、泛能网、能源集线器、微电网以及虚拟发电厂等。其中,微电网作为一个小型的电力系统,由分布式电源(光伏、风机、微型燃气轮机等)、储能、能量转换装置(DC/AC、DC/DC、DC/AC/DC等)、监控系统(SCADA)、保护装置以及本地负荷等汇集而成,具有运行方式灵活、对环境友好等优点,可以有效实现系统内的能量优化。在综合能源系统中,传统的电、气、热等能源形式不再各自独立,而是深度耦合,互相关联。

[0006] 综合能源系统对比与智能电网呈现出以电力为枢纽的多能互补、源-网-荷-储协调、信息物理紧密耦合等特征。综合能源系统按覆盖范围可分为跨国、跨洲、跨省的广域综

合能源系统和城市级、园区级的地域型综合能源系统。

[0007] 广域综合能源系统的建设目标是将广泛地理区域内的碎片化能源整合聚集成以电、热、气为主要能量载体的能量供用整体,主要侧重于大规模远距离的可再生能源传输,可实现广域资源综合利用。在国家级乃至全球能源互联网的综合能源框架中,大型输电、气等系统作为骨干网架,主要起能源远距离传输的作用,以特高压交流技术、柔性直流技术、先进电力电子、信息物理系统等技术为核心,其能源系统间的互动关键是管理、法规、政策以及相应的市场机制。

[0008] 地域型综合能源系统侧重于区域间多能源系统的耦合,由智能输配电网、天然气管网、城市供热/冷/水等供能网络耦合互联而成,起到能源传输、分配、转换、平衡的“承上启下”作用,核心是交直流配电网、混合储能、虚拟电厂等技术。

发明内容

[0009] 本发明提供一种园区级综合能源系统,其包括电能控制单元、热能控制单元、冷能控制单元、电热转换单元、电冷转换单元和热冷转换单元;所述电能控制单元配置于配电网和园区电网的线路间,其电能输入线路连接至发电设备单元,所述电能控制单元用于控制发电设备单元和电网线路的电能传输机制并将电能输送至电负荷设备;所述热能控制单元配置于园区热网的线路间,其热能输入线路连接至制热设备单元,用于控制制热设备单元和所述电热转换单元的热能传输机制并将热能输送至热负荷设备;所述冷能控制单元的冷能输入线路连接至供冷设备单元,用于控制供冷设备单元、所述电冷转换单元和所述热冷转换单元的制冷机制进而为冷负荷设备进行制冷;所述电热转换单元连接于所述电能控制单元的电能输出线路与所述热能控制单元之间,用于将电能输出线路上的电能转换成热能以提供至所述热能控制单元;所述电冷转换单元连接于所述电能控制单元的电能输出线路与所述冷能控制单元之间,用于将电能输出线路上的电能转换成冷能以提供至所述冷能控制单元;所述热冷转换单元连接于所述热能控制单元的热能输出线路与所述冷能控制单元之间,用于将热能输出线路上的热能转换成冷能以提供至所述冷能控制单元。

[0010] 本发明还提供一种园区级综合能源系统的控制方法,其应用于上述园区级综合能源系统,包括如下构建过程:

[0011] 设定规划目标;

[0012] 调研园区能源条件;

[0013] 明确园区内用户的用能选择;

[0014] 对园区内的电、冷、热、蒸汽负荷进行中、长期预测;

[0015] 确定园区级综合能源系统的拓扑结构,使得拓扑结构包括预设种类的典型设备单元及预设类型的供能、用能和能源转化方式;

[0016] 确定总体规划目标;

[0017] 配置设备容量;

[0018] 进行系统综合评估。

[0019] 本发明提出的园区级综合能源系统及其控制方法是实现本地能量供需平衡的独立可控系统及方法,其作为一种特殊的并网型微电网,是由供能端、分布式能源、储能系统、能流网络、多类型负荷、信息流系统等构成的微型能源网,体现了综合能源系统在用户侧的

应用,其目的在于实现可再生能源在用户侧的开发利用。通过园区级综合能源系统内不同能源的协调,能够更大限度地挖掘系统间的互补优势。有利于提高能源效率,降低能源成本。多能源系统的协调控制可以大大提高系统的灵活性,使系统组件运行在技术和经济的最佳状态,提高系统的能源效率,同时降低成本。有利于可再生能源的大规模接入和高效利用。当可再生能源发电系统满足系统运行约束时,剩余电能可以通过储能元件进行存储,从而最大限度地利用可再生资源。还有利于降低系统的投资成本,提高设备利用率。通过不同供能系统之间的协调优化,在规划时考虑多能源系统的互补特性,可有效降低设备一次投资成本和运行维护成本,提供设备利用率。

附图说明

- [0020] 图1为实施例一的园区级综合能源系统框架示意图;
- [0021] 图2为实施例一的园区级综合能源系统能源转换关系示意图;
- [0022] 图3为实施例二的园区级综合能源系统的控制方法流程图。

具体实施方式

[0023] 下面通过具体实施方式结合附图对本发明作进一步详细说明。其中不同实施方式中类似元件采用了相关联的类似的元件标号。在以下的实施方式中,很多细节描述是为了使得本发明能被更好的理解。然而,本领域技术人员可以毫不费力的认识到,其中部分特征在不同情况下是可以省略的,或者可以由其他元件、材料、方法所替代。在某些情况下,本发明相关的一些操作并没有在说明书中显示或者描述,这是为了避免本发明的核心部分被过多的描述所淹没,而对于本领域技术人员而言,详细描述这些相关操作并不是必要的,他们根据说明书中的描述以及本领域的一般技术知识即可完整了解相关操作。

[0024] 另外,说明书中所描述的特点、操作或者特征可以以任意适当的方式结合形成各种实施方式。同时,方法描述中的各步骤或者动作也可以按照本领域技术人员所能显而易见的方式进行顺序调换或调整。因此,说明书和附图中的各种顺序只是为了清楚描述某一个实施例,并不意味着是必须的顺序,除非另有说明其中某个顺序是必须遵循的。

[0025] 本文中为部件所编序号本身,例如“第一”、“第二”等,仅用于区分所描述的对象,不具有任何顺序或技术含义。而本发明所说“连接”、“联接”,如无特别说明,均包括直接和间接连接(联接)。

[0026] 实施例一:

[0027] 随着社会经济的发展、技术的进步以及节能减排的压力,世界各国的能源、负荷结构也在不断的调整之中,不同能源供应系统(煤、石油、天然气、电、热、水等能源供应)和能源终端用户(建筑、交通、工业、居民等)之间的关联互动和耦合关系也更加密切。综合能源系统作为综合了能源生产、输送和消费的整体系统,通过对传统化石能源的合理使用以及结合利用多种一次能源,能够有效减少化石燃料的消耗量,优化能源供应系统的结构,并降低社会发展对传统化石燃料的依赖性。

[0028] 本发明提出的园区级综合能源系统是一个区域型的能源系统,能在一定程度上实现多类型能源的自产自销,其内部元件能够实现能量的产生、转换、存储、传输和使用等功能。为了保证运行的灵活性,园区级综合能源系统的源端通常配有数种电源和热源,多类设

备的选择和配合直接决定了系统运行的各项性能指标。从能量的形式来看,园区级综合能源系统主要包含电力子系统、热力子系统和天然气子系统,各子系统间由能量转换元件耦合。

[0029] 将各种“源、网、荷、储”设备按照电、热、冷三种典型能源之间的转换关系进行关联和有机结合,是园区级综合能源系统的基本框架。如图1所示为本实施例的园区级综合能源系统框架,其包括电能控制单元10、热能控制单元20、冷能控制单元30、电热转换单元12、电冷转换单元32、热冷转换单元22、蓄电单元13、蓄热单元23、蓄冷单元33、冷热电联供系统41和地源热泵系统42。图2反映了本实施例园区级综合能源系统的电能01、热能02和冷能03的转换关系,以下结合图1和图2对本实施例的系统进行详细说明。

[0030] 电能控制单元10配置于配电网51和园区电网52的线路间,其电能输入线路连接至发电设备单元11,电能控制单元10用于控制发电设备和电网线路的电能传输机制并将电能输送至电负荷14。

[0031] 本实施例的发电设备单元11可以包括光伏发电设备、风力发电设备和括燃料电池等常规发电设备中的一种或多种。

[0032] 光伏发电设备用于将太阳能转换成电能以传输至电能控制单元10。太阳能资源丰富、分布也较广,其发电技术得到了大力发展。太阳能发电技术有光伏发电技术与光热发电技术两种,其中光热技术是将太阳辐射转化为热量,其成本远高于光伏,因此极少采用。光伏发电是利用半导体电子器件吸收太阳光辐射能,并将其转变成为电能的一种直接发电方式。光伏发电设备的主要部件包括光伏电池、临时性储能电池、光伏控制器和逆变器等,其特点是可靠性高、折旧寿命长、发电无污染、电能质量较好且能够并网运行。相较于风力发电及其他发电方案,光伏发电环境要求低且更为稳定,是多屋顶面积园区的最主要清洁能源,被广泛应用于园区级综合能源系统中,作为系统重要的供电设备。光伏发电系统的出力由照射在光伏阵列表面的太阳辐照度、组件的物理特性参数、即时的工作模式以及所处的外部环境等因素共同决定。虽然光伏发电系统具有明显的波动性和间歇性,但实践证明光伏发电与电网负荷具有较强的相关性,多数情况下可发挥削峰的作用,降低园区综合能源系统的用能成本。

[0033] 风力发电设备用于将风能转换成电能以传输至电能控制单元10。风力发电作为重要的清洁能源获得飞速发展,低廉的成本使其可作为园区的重要电力来源,以增加园区能源的绿色性和经济性。风力发电机通过涡轮机和发电机将风能转化为机械能,进而转化为电能。结构上风力发电机主要由风轮、传动轴、偏航系统、变桨系统、发电机、控制系统、塔架组成。风力具有很大的波动性,故风力发电机输出的是电压变化的交流电,须经变流器转换后才能保证稳定使用。典型的永磁直驱风力发电机组主要由风力机、永磁同步发电机、机/网侧变流器、变压器组成。风机的输出功率和风速直接相关,风速和风机的输出功率不是简单的正相关,当风速小于一个确定的值(切入风速)时,风机输出功率为零;当风速处于切入风速和额定风速之间时,风机输出功率和风速呈近似的一次函数关系;当风速处于额定风速和切出风速之间时,风机发出额定功率;出于保护风机的目的,当风速大于切出风速时,风机输出功率降为零。风能的利用价值取决于风速及其可利用的累积时间。风速变化呈现出两种特点:(1)风能是太阳能的一种表现形式,受地球公转和自转周期性的影响,在日、周、季、年等时间尺度上表现出与出现频率相关的周期特性。(2)风能密度低,太阳辐射和湿度等气象因素的变化都将引起风速变化,风速表现为显著的持续性扰动信号。在风的移动

过程中,既有动能的变化,又有势能的变化。在一定时间和空间范围内,风速的变化具有随机性。

[0034] 燃料电池用于利用燃料(天然气等)和氧化剂(空气等)的氧化还原化学反应产生电能以传输至电能控制单元10。由于燃料电池不必经过热机过程,不受卡诺循环效应的限制,因此能量转化效率较高;另外,燃料电池用燃料和氧气作为原料,同时没有机械传动部件,工作可靠,较少需要维修,且没有噪声污染;另外电化学反应清洁、完全,很少产生有害物质和气体。单体燃料电池由阴阳两极、电解质和外部电路四部分构成闭合回路。不同于一般电池的活性物质贮存在电池内部而限制了电池容量,燃料电池的正、负极本身不包含活性物质,只是个催化转换元件。原则上只要反应物不断输入,反应产物不断排除,燃料电池就能连续地发电。目前实际运行的各种燃料电池,由于种种技术因素的限制,再考虑整个装置系统的耗能,总的转换效率多在45%~60%范围内,如考虑排热利用可达80%以上,具有很高的经济性。随着燃料电池技术不断成熟,以及西气东输工程提供了充足天然气源,燃料电池在综合能源系统的应用上存在着广阔的发展前景。

[0035] 热能控制单元20配置于园区热网53的线路间,其热能输入线路连接至制热设备单元21,用于控制制热设备单元21和电热转换单元12的热能传输机制并将热能输送至热负荷24。

[0036] 本实施例的制热设备单元21可以包括燃气锅炉、电热锅炉和蓄热式电热锅炉等常规制热设备中的一种或多种。

[0037] 燃气锅炉用于燃烧气体燃料以获得热水、蒸汽从而产生热能以传输至热能控制单元20,燃气锅炉适用于小范围供能。天然气清洁高效且方便运输,是燃气锅炉理想的一次能源。天然气耗量是这类燃气锅炉主要的运行成本,可以通过厂家提供的制热系数来计算产生一定量热功率需要消耗的天然气量。

[0038] 电热锅炉用于采用电能驱动将电能转化为热能以传输至热能控制单元20。电热锅炉采用电能驱动,可将电能直接转化为热能,是一种把水加热至有压力的热水或蒸汽(饱和蒸汽)的热力设备。电锅炉本体主要由电炉钢壳、计算机控制系统、低压电气系统、电加热管、进水管、出水口管和测试仪器组成,它无需炉膛、烟道和烟囱,也无需储存燃料的场地,极大地减少了常规燃煤锅炉带来的污染。电热锅炉具有无污染、无噪声、占地面积小、安装使用方便、全自动、安全可靠、热效率高达98%以上等特点,是一种绿色环保设备。目前,电热锅炉主要采用电阻式管式电热锅炉。

[0039] 蓄热式电热锅炉利用阀门的调节实现蓄热、蓄热水箱单独供热、联合供热三种可切换工况。利用谷时电价的电力将蓄热体加热到一定温度,在平电价或峰电价时段,依靠蓄热体余温为热能控制单元20提供热能进而传输至用户的热负荷24。蓄热式电热锅炉在普通电锅炉的基础上形成,作为一种新型高效节能的电加热产品,在低谷阶段加热,享受低谷电价。蓄热式电锅炉夜间蓄热白天供暖和热水,该设备为蓄热供暖/热水系统,既提高了设备的利用率,又减少了设备的初投费用。该设备充分利用低谷电能储蓄能量,削峰填谷,节约电能,减少城市有害气体排放,符合节能减排的需求。

[0040] 冷能控制单元30的冷能输入线路连接至供冷设备单元31,用于控制供冷设备单元31、电冷转换单元32和热冷转换单元22的制冷机制进而为冷负荷34进行制冷。

[0041] 本实施例的供冷设备单元31可以包括冷水机组、吸收式制冷机、冰蓄冷系统或水

蓄冷系统等常规供冷设备中的一种或多种。

[0042] 冷水机组用于利用其循环系统中制冷工质的相态变化进行制冷。冷水机组有多种类型的机组,如电制冷机组、溴化锂制冷机组,而电制冷机组又可分为水冷式和风冷式。水冷式电制冷机组主要包括冷凝器、蒸发器、膨胀阀、压缩机、冷却塔以及冷却、冷冻水泵等装置,制冷工质在压缩机-冷凝器-膨胀阀-蒸发器中循环,不间断实现空间制冷的目的。对于常规水冷式电制冷机组而言,机组运行物理特性可以用耗能和制冷两个物理量间的函数关系来刻画,整个系统的用能主要消耗在四类装置上,即冷水机组、冷却塔、冷却水泵和冷冻水泵。

[0043] 吸收式制冷机用于依靠吸收器与发生器组的配合作用完成制冷循环。吸收式制冷机用二元溶液作为工质,其中低沸点组分用作制冷剂,即利用它的蒸发来制冷;高沸点组分用作吸收剂,即利用它对制冷剂蒸气的吸收作用来完成工作循环。本实施例的吸收式制冷机可以采用氨水吸收式制冷机或溴化锂吸收式制冷机等。其中溴化锂吸收式制冷机有多种类型,如两级发生的溴化锂吸收式制冷机,它可有效地利用高压加热蒸汽;两级吸收的溴化锂吸收式制冷机,它可有效地利用低温位热能;直燃式溴化锂吸收式制冷机,可利用油或煤气的燃烧直接加热等。

[0044] 冰蓄冷系统包括双工况主机和蓄冰装置,冰蓄冷系统用于通过改变阀门的启停组合工作于双工况主机制冰、双工况主机与蓄冰装置联合供冷、蓄冰装置融冰单独供冷和双工况主机单独供冷四种工况。双工况主机可运行于制冷和制冰两种工况,蓄冰装置可运行于蓄冰和融冰两种工况。蓄冰装置主要是利用水/冰在相变时的放热/吸热原理实现蓄冷和释冷的目的,冰蓄冷系统的制冷剂主要是乙二醇溶液。在分时电价机制下,利用冰蓄冷系统可以有效降低用户用能成本,同时可以减缓负荷高峰时段的电网顶峰压力,是一类有较广泛应用前景的需求侧响应手段。其机理如下:在电价低谷时段,利用蓄冰槽存储双工况主机制冷工况中产生的冷能;当处于电价峰平段,可以利用供冷循环泵释放蓄冰槽存储的冷能,参与园区空间制冷。类似于电储能的“低买高卖”模式,一定程度上可以降低用户供冷成本。

[0045] 水蓄冷系统用于在谷时电价时段,利用常规冷水机组或地源热泵机组将生产的冷冻水存储到蓄冷水箱中;还用于在平电价或峰值电价时段,依靠供冷循环泵将冷冻水泵出再经换热器换热后供冷给冷负荷34。水蓄冷系统的工作原理和冰蓄冷系统类似,与其不同的是,蓄冷循环介质是冷冻水而非乙二醇等溶剂。

[0046] 地源热泵系统42是一种新型能源利用技术,其连接至热能控制单元20的热能输入线路,用于利用浅层地能进行供热,将地下土壤中存储的热量进行转移以实现供暖;地源热泵系统42还连接至冷能控制单元30的冷能输入线路,用于利用浅层地能进行制冷,将地下土壤中存储的冷量进行转移以实现制冷。地源热泵系统42可以作为制热设备单元21和/或供冷设备单元31的一部分,实现夏季制冷和冬季供暖的作用。在夏季制冷工况中,地源热泵系统42的工作原理和常规冷水机组制冷原理一致,只是未利用冷却塔。

[0047] 冷热电联供系统41(Combined cooling heating and power system,简称CCHP)连接至电能控制单元10、热能控制单元20和冷能控制单元30的输入线路,以天然气为主要燃料,以燃气轮机或者微型燃气轮机为核心组件,配合溴化锂吸收式制冷机、余热锅炉等设备将天然气等燃料转化为电能、热能和冷能以分别实现供电、制热和制冷从而供用户使用,满足用户的能源需求。

[0048] 冷热电联供系统41可以作为发电设备单元11、制热设备单元21和/或供冷设备单元31的一部分。在CCHP系统中,燃料化学能在高温下(900-1000℃)通过内燃机、燃气轮机或蒸汽轮机转化为电能,效率可达32%-40%;中温余热既可直接通过热泵进一步转换动力,也可通过吸收式制冷的方式用于供冷系统;低温余热则用于各园区用户的供热系统。CCHP系统实现了能源的梯级利用,因而综合能源利用率高,具有极高的经济效益,从而成为综合能源系统中的主要供能元件之一,是园区级综合能源集成的主要推荐形式。CCHP还可以通过可再生能源系统、柔性负荷控制、储能调节等方法进一步提高冷热电联供系统41性能。CCHP系统具有以下优点:能源综合梯级利用,综合能源效率高,节能率高,系统效率可高达90%左右,能量利用率显著提升;没有或有很低输电、变电损耗,无需建设配电站,建设成本较低;区域供电可靠性提高,不受大规模停电事故影响;具有良好的环保性能,减少环保压力;可以实现移“电峰”同时填“气谷”,在用气高峰时多用电,在用电高峰多用气;网络化、智能化控制和信息化管理,便于参与辅助服务;土建和安装成本相对较低。

[0049] CCHP系统的组建方式都是通过微型燃气轮机燃烧天然气发电,区别在于利用余烟产生供冷和供热的力式不同。例如,通过排烟再燃型溴化锂吸收式制冷剂利用余烟的热量和未充分燃烧的大然气为用户提供冷和热能。在该例CCHP系统中,燃气轮机采用回热循环,在涡轮机后布置回热器,加热从压气机出来的空气,进入燃烧室与燃料混合燃烧,从燃烧室出来的高温高压气体(1000℃以上)进入涡轮机做功,带动发电机发电,并网后满足园区用户电,量需求1从涡轮机出来的烟气加热从压气机出来的空气后,排出的中温烟气(300-500℃)进入制冷机组,驱动制冷机组制冷,满足园区用户冷量需求,从制冷机组出来的烟气温度的一般为120℃-200℃以上,经过下一级热交换器,提供园区用户生活供暖需求。

[0050] CCHP系统的组建方式例如还可以通过余热锅炉利用余烟和未充分燃烧的天然气供热,而通过空调等制冷装置消耗电能来供冷;或者,例如主要通过燃气锅炉和电制冷装置来供热和供冷,并利用吸收式制冷机辅助;或者,例如提供了两种供冷方式,分别是电制冷装置和吸收式制冷机,而热能则通过余热锅炉产生。

[0051] 此外,还有不考虑冷负荷34的热电联产(Combined heating and power system,简称CHP)系统。例如以微燃机和溴化锂机组组成的CHP系统。由于发电效率一定,进气阀的调节将影响总燃气量的投入,进而影响总制冷量和供暖量,在一定的情况下,根据季节不同和需求不同分配。故此,冷热电联供机组的控制开关主要为燃气进气阀门(空气进气阀门自适应匹配)和冷/热量的分配,其运行方式主要有如下两种:以冷/热定电,即在给定冷/热负荷24需求的基础上,尽量以相适应的功率运行,以决定燃气的投入量,发电量相适应匹配;若不能满足需求则以最大功率运行,发电量相适应匹配,冷/热差额由电空调或供暖公司补充。或者,以电定冷热,即在冷/热需求较小时及需要调控冷热电联供发电量以维持园区系统稳定时,给定发电机组运行功率,以决定燃气的投入量,冷/热系统再根据需求相应运行。

[0052] 电热转换单元12连接于电能控制单元10的电能输出线路与热能控制单元20之间,用于将电能输出线路上的电能转换成热能以提供至热能控制单元20。

[0053] 电冷转换单元32连接于电能控制单元10的电能输出线路与冷能控制单元30之间,用于将电能输出线路上的电能转换成冷能以提供至冷能控制单元30。

[0054] 热冷转换单元22连接于热能控制单元20的热能输出线路与冷能控制单元30之间,用于将热能输出线路上的热能转换成冷能以提供至冷能控制单元30。

[0055] 蓄电单元13连接于电能控制单元10及其电能输出线路之间,用于储蓄电能。蓄电单元13可以采用化学储能蓄电池,包括铅酸电池、钠硫电池、全钒电池、锌溴电池和/或锂离子电池。或者,蓄电单元13还可以选择采用电制氢或电制天然气原理的电转气储能设备,这是一种将多余电能转化为气体储存的电转气储能方式,根据最终产物是氢气和天然气分为电制氢和电制天然气。由于能量转换效率较低,电转气设备仅在系统面临弃风弃光的情况下,消纳低成本的富余电能,从而达到消纳可再生能源发电的目的。电转气设备的运行可以为电力系统提供调频服务和备用服务,参与电气协调优化运行、缓解电力/天然气阻塞等问题,未来具有非常广阔的利用空间。蓄电单元13可在用电低谷时作为负荷存储电能,在用电高峰时作为电源释放电能,实现发电和用电间解耦及负荷调节,在一定程度上减弱峰谷差。

[0056] 蓄热单元23连接于热能控制单元20及其热能输出线路之间,用于储蓄热能。蓄热单元23可以包括蓄热电锅炉系统或蓄热槽等。

[0057] 蓄冷单元33连接于冷能控制单元30及其冷能输出线路之间的,用于储蓄冷能。蓄冷单元33包括冰蓄冷系统或水蓄冷系统。

[0058] 园区级综合能源系统的建立使得能源形成输送网络,电力子系统将风机、光伏、燃料电池、CCHP机组等设备发出的电能输送到负荷端供用户使用,同时与大电网相连,实现和外部电网的电能交换。电力子系统通常采用潮流模型描述其运行规律,潮流计算则需要围绕功率和节点电压进行。热力子系统和电力系统类似,同样由源、网、荷三部分组成。热源一般是锅炉或者热电联产机组,热网包括拓扑结构完全相同的供水网络和回水网络,热负荷24通常指供暖、热水需求等。热网的变量包括节点水压、水流量和负荷需水量等。热量以热水为载体进行传输,利用供水网络输送到负荷侧通过散热器等设备被消耗,带有余温的水再经过回水网络流回热源进行再加热,完成热量的输送和使用。天然气子系统由气源、输配气管道、压缩机和负荷组成,分别对应于电力系统中的发电厂节点、输电线路、变压器和负荷,主要负责为燃烧天然气的设备提供燃料。对于园区系统运行来讲,天然气一般仅作发电和产热之用。

[0059] 目前能源供应中,我国以电能和天然气能为主导能源,部分地区还具备供热条件。因此园区级综合能源系统需要电能、天然气能或热能作为外部能源向系统供能,园区内部系统与外部大电网、天然气管网或热力管网连接。园区级综合能源系统属于并网型微电网,外部电能的获取必不可少。在运行过程中,电网作为系统的平衡节点,负责系统的实时功率平衡和电压、频率的稳定,系统与外部电网的交换功率需要维持在一定的范围内。园区级综合能源系统优先使用光伏、风电等可再生能源发电系统满足园区内的用能需求,当其的供电量小于园区内的用能负荷时,需要向外部购电、购气或购热。此时,在分时电价的机制下,通过优化园区内各类能源系统,包括冷、热储能系统及供冷、供热设备的运行策略,可以有效降低园区级综合能源系统的运行成本,提高经济效益。

[0060] 本实施例的园区级综合能源系统作为综合能源系统,信息流与能量流紧密耦合,具备多样的信息采集、灵活的网络接入、高速可靠的网络传输、海量信息存储、高效的数据处理、智能的数据分析和决策、强大的网络和信息安全保障等功能。

[0061] 对于园区层级,本实施例对园区内各公共系统统一协调控制,同时接收园区用户的信息,经过挖掘分析后,下达调度控制指令,因此本实施例的园区级综合能源系统具备以下完备的技术条件:

[0062] (1) 信息技术。先进的信息技术是园区综合能源管控的重要关键技术,其中信息技术包括数据的收集、编码、解码、转换、处理、储存和检索等技术,通信技术则主要指信息的传输、网络交替、移动通信、无线传输等。从信息技术方面看,园区互联网需要智能计量并实时采集各类型能源和负荷信息;从通信架构上来看,园区互联网主要分为管委会主站、骨干主网、接入子网和终端四部分。

[0063] (2) 功率预测技术。园区综合能源管控对象主要为光伏、风机和冷热电联供系统41,鉴于冷热电联供系统41的可控性和新能源出力的不稳定性,故需要对光伏发电及风力发电进行功率预测,以完成中长期交易合同电量的购买和日前调度曲线的优化控制。由于日照的昼夜性,光伏发电具有较大的间歇性,且受气象、环境条件的影响,故光伏功率的预测需结合大量的历史数据和气象预测数据,从时间尺度上可分为中长期(1-6月)、短期(1-3天)和超短期(0-4小时)功率预测。同光伏功率预测技术类似,波动性更大的风功率预测技术也是园区综合能源管控需要面对的问题。

[0064] (3) 优化计算技术。优化计算技术主要指如何在给定最优化运行目标函数和运行边界的情况下,园区中央控制系统根据各类数据最优化计算控制结果。考虑到需要与实时调度相匹配,因此采用的优化算法必须具有快速的收敛性。

[0065] (4) 调度控制技术。随着时间尺度的不断缩短,综合能源功率预测的精度不断提高,冷热电负荷14需求也可能发生变化,因此需要在日前优化调度控制的基础上完成实时优化控制。此外,在遇到雷击、电压闪断、重负荷切除、光伏或风机出力波动、黑启动等多种临时性工况时,相应的控制策略将进行迅速响应,以维持整个园区综合系统的安全运行,不会影响到园区用户的正常生产生活。

[0066] 因此,本实施例结合园区硬件拓扑结构、通信架构、可调节的控制策略建立园区的调度管控系统,并嵌入最优化计算算法。该调度管控系统的逻辑架构需要与优化策略精确匹配,以实现一系列的管控功能,并配有相应的人机互动界面,如下图所示。

[0067] 对于用户层级,用户更侧重自身的生产优化,本实施例的园区级综合能源系统在精准把控自身负荷需求的基础上,完成设备之间的最优化组合,实现柔性负荷的经济性出力,本实施例的园区级综合能源系统可实现以下技术要求:

[0068] (1) 数据采集技术。园区用户的数据采集,应能够通过信号传感器从待测设备的模拟/数字单元中自动、重复采集信号,并通过通信网络传送到下一级进行处理、分析,被采集数据是已被转换为电讯号的各种物理量,如电量、功率、温度、水位、风速和压力等。数据采集系统整合了信号、传感器、激励器、信号调理、数据采集设备和应用软件。园区用户的数据是园区综合能源管控的基础,同时用户本身也可通过数据采集加强对自身能耗的了解,与生产生活形成实时联动,完成能耗水平的分析和需求侧响应。

[0069] (2) 负荷预测技术。负荷预测是园区稳定运行的基础。其中,年、月等长时间尺度的电负荷14预测将影响到园区用户与售电公司或发电企业签订的中长期电力交易合同;日前及实时的负荷预测将影响园区管委会对园区综合能源系统的电网络平衡调控和电力现货市场的实时交易。冷/热负荷24的日前预测量和实时预测量是综合能源管控策略的重要输入量,以计算冷热电联供系统41的三种能源出力分配。故此,负荷预测技术是用户层级综合能源管控的关键技术之一。

[0070] 预测包括电负荷14、冷/热负荷24以及其他能源等全部负荷需求。电负荷14预测技

术是国内外学者近些年不断研究的问题,其多样化的影响因素导致预测精度无法达到精确的水平,尤其对于耗电量大、生产计划变动大的工业园区用户,常用的电负荷14预测方法包括趋势递推法、时间序列法、回归分析法、灰色模型法、神经网络法、小波分析法、组合预测法等。

[0071] 冷/热负荷24的预测相对于电负荷14预测难度降低很多,因为影响的因素主要为天气因素,并没有多变的生产计划。故此,冷/热负荷24预测模型是基于历负荷数据和天气数据建立的,并结合数值天气预报和节假日的周期完成日前和实时的负荷预测。

[0072] (3)需求侧响应技术。传统的需求侧响应是指终端用户根据不同时期的能源价格水平和激励措施主动发生的日常用能模式的改变,最终实现消费者用能成本的降低和系统可靠性的增加。同时用户的消费行为如选择何种能源作为终端消费,消费能源的时段等也会对整个能源系统的平衡均产生重要影响。

[0073] 用户消费行为改变主要有中断负荷、变换能源以及负荷转移等3种。中断负荷是指停止使用电力;变换能源是指改变能源消费形式,采用油或天然气等能源替换电力;负荷转移是指选择在负荷低谷时进行生产或消费活动。具体措施比如冷/热旋转备用、可中断负荷、自备电厂、风光储能等。

[0074] 随着智能化工业设备的大规模普及,部分传统负荷也能够根据激励或者实时电价的变化调节自身的用电需求,具备“虚拟电厂”的特性。因此,柔性负荷可以定义为用电量可以在指定区间内变化或者在不同时间段转移的负荷。

[0075] 对于园区用户,由于电力市场化改革后的电价由时段较为固定的峰平谷电价变为灵活性很大的实时电价,同时与中长期合同电价、现货市场日前电价相结合,故用户的柔性负荷可在满足用户需求的前提下,以经济性最优为目标完成日前的优化调度,确定柔性负荷第二天的运行曲线。同时,在生产计划临时变更或实时电价剧烈变化,甚至可再生能源出力大幅变化时,柔性负荷都可以做出应急响应。

[0076] 实施例二:

[0077] 综合能源的发展是以综合能源系统的发展为核心的,综合能源系统的性能表现与它的规划与运行密切相关。如果没有合适的系统配置和恰当的运行策略,那么系统将没法实现其应有的效益。因此,为了使综合能源系统的效益得到最大化,必须对其规划和运行进行合理的优化。

[0078] 如图3所示为本实施例的园区级综合能源系统的控制方法,园区级综合能源系统要实现能源供应和冷、热、电、气、交通需求的精细化匹配,并实现局部系统优化的全局优化的平衡,其规划问题是一个十分复杂的多目标、多约束、非线性并具有随机不确定性的混合整数优化问题,受到多方面因素的影响,包括规划区域的地理条件、气候特点、用能密度、能源价格、政策环境等,与传统单一能源规划相比具有高度的复杂性和不确定性。上述任何因素的变化,都会影响系统规划方案的设计,需要具体问题具体分析。此外,由于综合能源系统涉及诸多部门,彼此还存在复杂的耦合关系,在优化过程中还需要兼顾各方的利益诉求,在未来多元的投资主体的不确定也会影响整体系统的运营模式。因此,从时间尺度上来上,规划问题涉及时间较长且复杂多变;从空间尺度上来看,规划范围涉及多种网络规划与能源规划且与外网不断交互,使得规划问题更为复杂化。

[0079] 本实施例的控制方法应用于实施例一的园区级综合能源系统,如图3所示,包括如

下规划构建过程：

[0080] St1、设定规划目标。

[0081] 园区级综合能源系统规划与设计时需要考虑经济性指标、环保性指标、可靠性指标、能源利用率指标等多目标优化问题，以实现某主体或的多个主体一个或者几个目标的最优。根据需求侧综合能源系统的特点，其规划目标可分为经济性目标、可靠性目标、环保性目标、能源利用率目标等主要四类。

[0082] 对于经济性目标，综合能源系统从规划设计到运营投入再到设备淘汰的设备全生命周期过程中，需要考虑设备的投资购置成本、运行维护成本和每年的外购能源成本，经济性目标即是力求需求侧综合能源系统的设备全生命周期成本最低。

[0083] 对于可靠性目标，当用户级综合能源系统工作在并网模式，且与外电网进行双向功率交换，此时外电网支撑综合能源系统中供能质量的稳定，其可靠性将决定园区内系统供能的可靠性。当系统与外电网断开工作在孤岛运行模式时，此时需要综合能源系统需要通过增加储能装置和天然气出力、负荷响应等措施来实现自行稳定运行，消除可再生能源出力的间歇不规则引起的有功振荡、频率波动以及其它原因引起的无功波动。由此可见，并网模式下不能映综合能源系统本身的坚强性、可靠性，应该主要考虑孤岛模式下的系统充裕度，即在孤岛运行后直至并网运行之前园区综合能源系统满足冷热电负荷的能力。

[0084] 对于环保性目标，园区级综合能源系统通过多能流的互动提高了可再生能源的消纳水平，与此同时减少了化石能源消耗。环保性目标即是力求需求侧综合能源系统在运行过程中产生的排放量最低，用排放的环境价值成本计则是年等值环境成本最低。

[0085] 对于能源利用目标，综合能源系统通过多能流在不同时空中耦合互补，实现了能量的梯级高效利用，由此提出了面向多能协同园区的能源综合利用率。能源综合利用率=园区一定时期内负荷使用的能量/不计及可再生能源供电量的传统一次能源消耗量，其值可以反映传统化石能源的利用水平，并且在一定条件下体现了风光的消纳水平。目标值越高，在负荷不变的条件下，化石能源利用效率越高；风光等可再生能源出力消纳的越多，其值也越高。

[0086] 为解决多目标优化问题，既可以直接运算优化，也可以将多目标问题转化为单目标问题，以更快更直观地得到规划结果。通过某种方式将多个不同类型的目标函数转化成单一目标的单目标优化来求解问题的方法有时存在一定的局限性；而采用多目标优化就可以让决策者在不同目标之间进行折衷权衡从而选取较优的结果。规划目标不同于优化运行控制策略，不需要要得出实时运行曲线，因此可以考虑采用较为复杂的多目标优化算法以获得更加全面的结果。基于Pareto的多目标优化方法适用于为决策者求解一些无法同时达到最优的目标。算法方面也可以引入遗传算法、PSO、GSO等。

[0087] 此外，若在规划中进一步考虑可再生能源的间歇性和不确定性将使得运行约束变得更为复杂，也更符合实际情况，称之为随机优化。在随机优化方法中，机会约束规划是其中一种较为常用的随机优化方法。也可用区间规划方法将随机变量处理为区间数来求解非线性优化问题。准确预测可再生能源的变化很难，但预测其变化的上下限却容易，由此可以将随机变量区间化处理，规划则相应变为带有线性和非线性约束的区间优化问题。

[0088] St2、调研园区能源条件。

[0089] 具体地，需要对园区所在区域内的气候、自然资源条件、特殊用能需求、获取能源

的途径、工程实施的条件进行信息采集,明确园区在用能方面的优势和劣势。

[0090] St3、明确园区内用户的用能选择。

[0091] 不同性质的用户有着不同的用能需求和特性,作为综合能源项目建设运营主体,选取合适的目标用户是首要任务。根据园区实际条件合理地选择接收用户能够通过用能需求的互补最大程度地实现能源的梯级利用,削峰填谷平缓园区的负荷曲线,以最低的成本满足用户需求,并有利于可再生能源的充分利用。

[0092] St4、对园区内的电、冷、热、蒸汽负荷进行中、长期预测。

[0093] 负荷预测分析是需求侧综合能源系统规划的基础条件,影响着系统的设计及后期的运行控制。只有充分掌握区域内全年用户的冷、热、电需求情况,实现设备充分利用,系统效率才能最大化。负荷估算过高或过低,设备运行效率下降,系统不仅经济效益差,还会增加污染物的排放。因此,对区域内的冷、热、电负荷影响因素与特性进行分析,并进行科学预测才能实现系统的高效配置和优化运行,充分利用各品位能源,实现能源效率的最大化。

[0094] St5、确定园区级综合能源系统的拓扑结构。

[0095] 具体地,确定园区级综合能源系统的拓扑结构使得拓扑结构包括预设种类的典型设备单元及预设类型的供能、用能和能源转化方式。为提高规划计算效率,在考察规划区域内的自然资源条件、区域面积等因素时,可以通过分析适当地减少标准化拓扑结构中的单元或者设备类型。例如规划区域内暂时没有条件接通天然气,或者接通天然气需要付出的经济成本极为高昂,则可在应用中直接修正拓扑结构。或者,例如规划区域内显然没有额外的土地位置可以安置设备,则也可直接在应用中修正拓扑结构。

[0096] St6、确定总体规划目标。

[0097] 结合区域内的实际情况,设定不同考察指标的权重,通过层次分析法等手段,将多个不同类型的综合能源规划目标转化成单一目标。如果存在多个具有冲突、竞争和从属关系的参与者的园区综合能源系统,还要考虑各主体间博弈优化。可以提出多目标优化和动态Stackelberg博弈的混合求解方法,分离大型综合能源系统中各个利益主体的目标,使用多目标优化方法求解利益冲突的电网和气网的最优潮流问题,并且通过博弈方法求解各个区域中分布式能源系统和用户之间的能源交易均衡问题。

[0098] St7、配置设备容量。

[0099] 园区级综合能源系统的容量优化配置是一个多决策变量非线性的混合整数规划问题,可以采用年运行成本最低作为微网规划目标,充分考虑各类约束条件进行求解。求解时,需设定结构中每一个设备的配置容量与各时序下的输入输出功率均为变量。由此在规划求解后,如果得到某种的配置容量为0,则认为在此情况下,拟规划的需求侧综合能源系统中不采用这种设备,否则应在系统中配置相应容量的设备。

[0100] 容量配置首先需要收集园区基础负荷数据、当地电价气价、风光资源数据、结合当地能源生产消费特点获取相对应的设备类型;第二部为根据预测为的可再生能源发电出力 and 负荷曲线确定可再生能源发电装机规模,选取春夏秋冬四个典型日进行优化分析;最后计算全年最低运行成本,确定容量配置方案。

[0101] 多能源融合的特征使目标变得更加多元化,不同能源环节在设备级、系统级均存在差异化运行目标及约束,不同用能主体间呈现博弈特性,需要明确在生产运行中对能源利用效率的影响因素以及相关因素的作用机理,并在此基础上提出适用的多目标动态优化

配置方法,来满足未来多维度复杂规划要求。

[0102] St8、进行系统综合评估。

[0103] 进行系统综合评估包括:建立综合评估指标体系,参照设定的规划目标,基于科学性、系统性以及定量与定性相结合的原则,从经济性、环保性和技术可行性方面对园区级综合能源系统进行效益、作用的评估,从而验证是否达到预期目标。

[0104] 园区级综合能源系统控制策略的核心问题在于研究系统内多种能源的协同控制和管理机制,力求通过多种能源的优化调度,在满足建筑园区内用户的供电、供冷/热等需求的前提下,通过协调不同能源系统之间的优势互补,实现能源的高效利用和经济效益最大化。与传统电力系统用户不同,园区级综合能源系统涉及多个主体的利益和多种能源的相互转化,如何得到最大综合效益是需要重点关注的问题,同时,必须充分考虑设备约束、网络约束、能源、环境和社会效益。因此,园区级综合能源系统的运行策略优化是一个涉及复杂约束的复杂优化问题。要实现上述目标,科学高效的算法是其核心技术之一,其实质是将现实能源运行调度问题转化为数学问题,考虑不同能源的特性和约束条件,结合具体的目标构建相应的数学模型。本实施例的园区级综合能源系统的控制方法还包括如下控制策略优化过程:

[0105] St9、建立多目标函数。

[0106] 在目标函数方面,由于园区内含多种对象,不同控制对象有不同的最优目标,如经济性目标、资源配置最优目标、稳定性目标和环境友好性目标等。

[0107] 市场环境下,运营主体最关注的是网络运营的经济效益。网络运营商和管理主体通常通过降低用能成本实现其经济效益最大。在满足用户、配网和热网需求的前提下,根据供能设备的成本,如化石能源机组发电成本、购电成本、供热成本、供气成本等可以建立用能成本函数。其次,建设综合能源系统必须满足环境友好型的要求,所以必须考虑发电设备、供热设备、供冷设备和各类负荷运行时排放的废气、废水和噪音等,建立以污染排放量最小为目标的目标函数。同时,基于园区级综合能源系统中可再生能源的发电、供热和供冷设备的运行状况,可以建立在满足功率需求的情况下使可再生能源占比最高的目标函数。用户通过需求响应参与资源调度,在提高能源利用率和网络供能可靠性的同时势必会对其用能舒适度造成影响。所以,必要时可量化用户在供电、供热和供冷方面的舒适度要求,选取适当的衡量指标,建立以用户舒适度最高为目标的目标函数。

[0108] 本实施例的多目标函数具有合理的选择性,才能满足多方利益主体的不同需求。对于多目标问题,本实施例的处理方法可以是多目标直接求解,基于Pareto的多目标优化方法得到帕累托解集;或者,还可以是多目标函数转换为单目标函数求解。

[0109] 基于层次分析法的多目标转换方法是比较常用的方法之一。层次分析法(AHP)是一种定性分析与定量分析相结合的多准则决策方法,将各种判断要素之间的差值数值化,是一种被广泛应用的确定指标权重的方法。

[0110] AHP方式评估不同目标主体的目标函数,并确定其相应的权重值。是通过分析判断各因素,将各因素划分为不同层次,每一层次两两因素进行比较,建立相对重要性矩阵,通过一致性检验而求得指标权重。主要步骤包括建立层次结构、构建判断矩阵、一致性检验、评估排序。

[0111] St10、确定运行边界即约束条件。

[0112] 为使控制策略与现实系统、设备相匹配,保障系统的稳定、可持续运行,必须针对园区网络及综合能源管控对象设定其运行边界,保障不同目标下的优化曲线均处于稳定状态。本实施例的约束条件包括平衡约束条件、外部能源供应约束条件、设备运行约束条件和网络约束条件。

[0113] 平衡约束条件即园区级综合能源系统运行过程中首先需要满足功率平衡的约束,即实现冷热电气负荷实时平衡。

[0114] 外部能源供应约束条件即在园区级综合能源系统可以与外部能源网络进行功率交换,互为补充,相互支撑,但是交换功率同样需要满足一定的约束,即系统与外部网络的交换功率需要维持在一定的范围内。

[0115] 关于设备运行约束条件,各类设备需要考虑各自特有运行条件和限制,并将其转化为约束条件。如供能设备的约束条件主要包括出力约束和爬坡(单位时间内改变出力的能力)约束;蓄能设备的约束条件主要包括容量、充放功率约束、充放唯一性约束和日充放次数约束和调度始末时刻保持容量一致的约束条件等。

[0116] 关于网络约束条件,园区级综合能源系统中包含电力子系统、热力子系统和天然气子系统。各子系统以关键元件耦合,各线路、管道和节点的控制量和状态量之间需要满足网络的约束,主要为传输能量功率和损耗的约束。如输电网的约束条件主要为潮流约束,即节点上输入输出的功率不得超过变压器的变电容量,输电线路上的传输功率不得超过线路限值。

[0117] 在此基础上,若进一步考虑可再生能源的间歇性和不确定性将使得运行约束变得更为复杂,也更符合实际情况,称之为随机优化。在随机优化方法中,机会约束规划是其中一种较为常用的随机优化方法。也可用区间规划方法将随机变量处理为区间数来求解非线性优化问题。准确预测可再生能源的变化很难,但预测其变化的上下限却容易,由此可以将随机变量区间化处理,规划则相应变为带有线性和非线性约束的区间优化问题。

[0118] St11、进行园区级综合能源系统建模计算,得到最终的优化控制策略结果。

[0119] 为实现优化运行策略,需要建立相应的设备模型库,然后可以针对特定的综合能源系统的仿真分析与验证来不断丰富更新这些综合能源系统单元模型。在确立了目标函数以及运行边界后,将已有的设备模型进行整合,可以得到完整的系统策略优化模型。选择合适的软件工具和算法进行计算,可以得到最终的优化控制策略结果。

[0120] 本实施例控制策略优化过程的多能耦合与运行机理对PEI而言,电、气、冷、热多类型能源耦合紧密,适应各类能源环节多时间尺度上的动态特性复杂,合理利用信息及通信系统进行信息的提取、存储与分析,是实现多能源协同控制等基本功能的保证。建模与仿真方法在现有技术的基础上实现了进一步完善,仿真分析技术对系统可能遇到的各种不确定性场景能进行进一步精细化运行模拟,可为优化配置提供边界约束信息,提升优化控制方案的多场景适用性。

[0121] 园区级综合能源系统中的电、气、冷、热环节存在非常紧密的耦合关系,因此处理得当则可充分挖掘不同能源的互补替代能力,从而大大提升运行特性和降低运行成本。作为一种新的资源整合模式与能量管理主体,园区级综合能源系统需要统筹考虑系统内各主体的用能要求和协调控制,实现多能间的互补和各方主体利益最大化。在能效管理上面临着多能互补、源-荷协同增效、需求侧差异化响应等问题,在范围上,园区级综合能源系统不

仅需要考虑网络内各主体的调度要求和协调控制,同时需要分析处理多园区行为特性,实现园区群互惠共赢。因此科学合理的控制策略、畅通可靠的通信网络、高效交互的能量管理平台三者缺一不可,以实现可靠性、经济性、可用性高的“三高”型能量调度方案。

[0122] 控制策略是园区综合能源管控的核心技术,决定了园区综合能源运行的稳定性、安全性、高效性、经济性。园区内市场主体多样,需站在不同主体的角度建立满足物理和市场约束的目标函数,并采用快速迭代的智能算法求得优化运行曲线;此外,系统实时运行时,可能出现多种临时性突发工况,需提前设计工况场景和相应的响应方式,使综合能源系统实时保持高效、经济和稳定运行。

[0123] 目前已提出的运行优化策略主要可分为启发式固定策略和优化调度策略两类。启发式固定策略针对一定的运行目标,在理论分析和运行经验的基础上,事先拟定微网中各设备的控制逻辑。设备在运行中依据实际环境和控制逻辑生成设备的运行方案和控制命令。启发式固定策略拟定的控制逻辑是固定的,在运行中不随运行环境和工况变化。尽管有众多的启发式固定策略,但其基本思路是一致的,即原则上优先利用微网内的可再生分布式能源满足用户负荷需求,提高可再生能源的利用率。优化调度策略以微网运行的经济性、环保性、安全性等为目标函数,设备限制、功率平衡等为约束条件,构建微网调度的优化问题,并通过求解优化问题得到微网整体的优化运行方案。优化策略可以针对单目标进行优化,也可同时考虑多个目标函数,寻求最优解。如外部购电成本最低、经济成本最小化、污染气体排放量最小化、发电运行成本最小、污染物的处理费用最少、综合效益最大等,都可以设为系统运行目标函数。

[0124] 本实施例的控制方法其运行控制策略的优化调整分为以下三个部分:

[0125] 1) 目标函数和运行边界的优化。

[0126] 传统分时电价的前提下,目标函数旨在园区的成本最低,故在满足刚性负荷需求的基础上,柔性电能负荷(空调、栗、制冷机等用电量可以在指定区间内变化或者在不同时间段转移的负荷)尽可能在电价谷时段和平时段使用,进而,冷热电联供系统的制热系统和制冷系统在电价峰时段提供能源;风机、光伏等可再生能源在其最优化出力的基础上,由储能系统完成相应的稳定性调节。在部分公共设施与用户分开管理的园区,不同主体的目标函数不同,同时需要考虑环保等人文因素,故存在多目标优化问题。然而,在电力市场环境影响下,实时电价可分解为中长期双边价格、月度竞价价格、日前市场交易价格和实时市场补充购电价格四部分,故在优化目标不变的情况下需要充分考虑最主要的电力成本,可变因素更加多样化,并结合每日的电价/电量预测完成第二天调度的初次优化,并结合实时电价/电量数据做出临时调控,因此园区优化目标函数的设计更加复杂,各单元的运行边界也相应受限。

[0127] 2) 园区内各可控单元的控制策略。

[0128] 园区内的可控单元包括光伏发电系统、风力发电系统、储能系统、冷热电联供系统和部分柔性负荷,在目标函数的求解下确定基本的运行方式,同时根据时前的各单元运行状态和事件突发情况作出临时控制调整,以保障园区综合能源系统的稳定性和经济性。由于电价的固定性,综合能源系统的状态影响因素主要为预测不精确的用户负荷和天气情况,导致能源需求和新能源发电出力发生变化。

[0129] 在市场环境下,尽管中长期交易和日前交易锁定了绝大部分电量,但是实时电价

的变化性和用户负荷的临时性将导致突发事件多元化,故此各可控单元的控制场景需要重新丰富。

[0130] 3) 智能优化算法。

[0131] 在智能优化算法方面,为应对系统多样化的即时性影响,需要进一步提高收敛求解速度。

[0132] 在电力市场环境下,本发明的一套完整的短期控制策略按时间尺度包含以下三种,分别发挥以下不同的作用:

[0133] ①日前优化策略:主要根据中长期数据信息和第二天的源荷预测,完成基础优化曲线供系统运行。

[0134] ②时前优化策略:是在系统运行一小时前,基于超短期数据修正更新系统运行曲线。

[0135] ③实时调控策略:基于各类突发事件,对系统的运行状态做出调控,使其保持最经济状态。

[0136] 基于电力市场背景,园区级综合能源系统的控制方法其控制策略相应地进行了优化重构,挖掘了有价值的技术路线,提出了适应多对象的最优控制策略,可以适应电力市场环境,推动电力市场、增量配网及能源互联网的稳步发展。

[0137] 综合能源微网融合了分布式能源设备、配电网、天然气管网、冷热管网、储能设备以及各类负荷,还可以接入电动汽车参与运行,开展园区内需求侧响应等服务,实现与大电网的友好互动。综合能源微网涉及设备制造商、发电企业、电网公司、节能服务公司、燃气公司、供热公司、分布式能源站公司、物业公司、电动汽车公司、精通信息化的互联网公司等多元主体。不同运营主体主导的综合能源微网建设和运营各有优缺点,在现在产业环境和用户用能习惯下,不同模式具有不同的可行性。本发明的园区级综合能源系统及其控制方法能很好地应用于独立运营模式、合作运营模式和委托运营模式三类主要的营运模式,可以为开发推广冷热电气能源套餐、面向用户的增值服务和面向电网的辅助服务等商业产品建立技术基础。

[0138] 对于园区级综合能源系统的风能、太阳能等可再生能源发电具有随机性、间歇性、出力变化快等特点,蓄电单元、蓄热单元和蓄冷单元能够平衡可再生能源发电的波动性,通过实时调整储能系统的储能、放能状态,使可再生能源随机变化的输出功率转换为相对稳定的输出,促进可再生能源的消纳。同时蓄电单元、蓄热单元和蓄冷单元还可以起到能量缓冲的作用,将富余的冷热电能进行存储在高峰时放出,最大限度的削峰填谷,有利于微网系统的灵活和经济运行。

[0139] 随着节能、环保理念的推广普及,以及电力体制改革的不断深化,电网企业的市场环境也在随之悄然发生转变,供电公司的发展方向和盈利模式也面临着巨大挑战。现代供电企业实际经营发展过程中务必要全面切合当代资源可持续发展的要求,全面重视综合能源服务模式的应用,确保能够为电力用户提供优质且多样化的能源电力服务,帮助供电企业从传统单一销售电力的经营发展模式,逐步朝着冷热电等多类型能源经营发展模式逐步发展,从而进一步促进现代供电企业长期稳定地发展。作为区域经济发展加速器的各类园区,因其用户高度集中、负荷增长稳定、运营成本低、利润空间大等特点,势必成为今后各类售电主体争取的热点。供电企业有必要提前部署,开展相关研究和建设,积累数据和经验,

争夺市场和用户,为能源互联网时代的到来做充分准备。园区级综合能源系统作为能源互联网和综合能源体系的必经发展环节,供电企业可以以此为契机,积极探索尝试未来新形势电力市场的下综合能源相关的服务业务和盈利模式,是实现企业转型发展和开辟全新领域的有效手段,是实现节能减排和低碳经济的重要途径,发展园区级综合能源系统具有重要的现实意义。

[0140] 本发明提出的园区级综合能源系统属于最小单位的综合能源系统,是实现本地能量供需平衡的独立可控系统。园区级综合能源系统作为一种特殊的并网型微电网,是由供能端、分布式能源、储能系统、能流网络、多类型负荷、信息流系统等构成的微型能源网,体现了综合能源系统在用户侧的应用,其目的在于实现可再生能源在用户侧的开发利用。广义综合能源系统涉及一次能源与二次能源整体产生、输送、分配、消费环节,对其整体开展研究难度极大,需要分步实施。综合能源系统目前我国正处于快速推进阶段,实现形式包括泛能网、微电网以及虚拟发电厂等。建立本发明的园区级综合能源系统,有利于实现多个能源系统的特性互补。通过园区级综合能源系统内不同能源的协调,能够更大限度地挖掘系统间的互补优势。有利于提高能源效率,降低能源成本。多能源系统的协调控制可以大大提高系统的灵活性,使系统组件运行在技术和经济的最佳状态,提高系统的能源效率,同时降低成本。有利于可再生能源的大规模接入和高效利用。当可再生能源发电系统满足系统运行约束时,剩余电能可以通过储能元件进行存储,从而最大限度地利用可再生资源。还有利于降低系统的投资成本,提高设备利用率。通过不同供能系统之间的协调优化,在规划时考虑多能源系统的互补特性,可有效降低设备一次投资成本和运行维护成本,提供设备利用率。

[0141] 以上应用了具体个例对本发明进行阐述,只是用于帮助理解本发明,并不用以限制本发明。对于本发明所属技术领域的技术人员,依据本发明的思想,还可以做出若干简单推演、变形或替换。

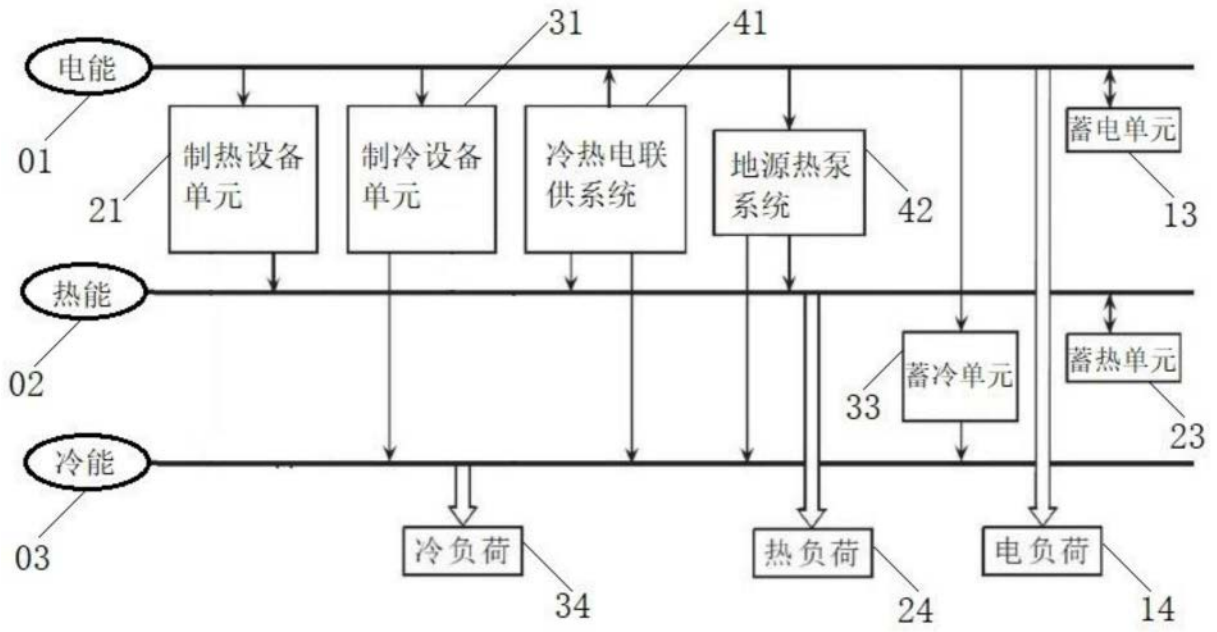


图2

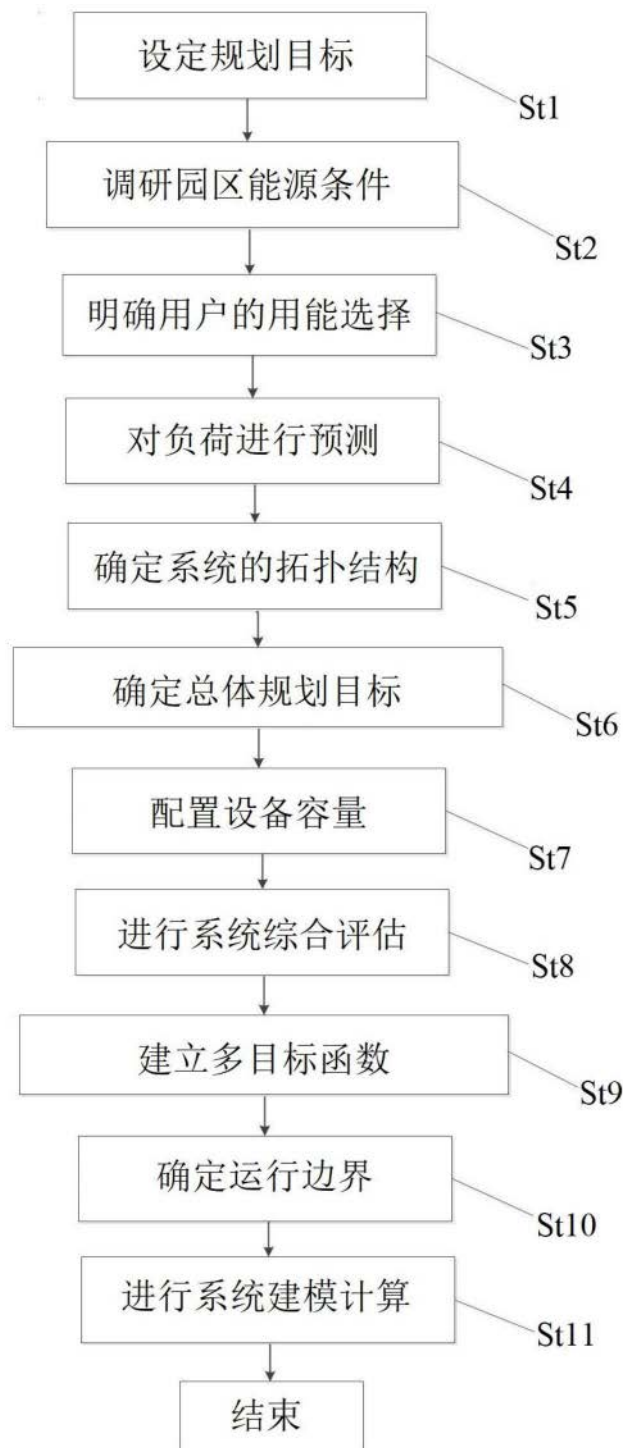


图3