



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105305472 B

(45)授权公告日 2018.10.23

(21)申请号 201510623541.4

(22)申请日 2015.09.25

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105305472 A

(43)申请公布日 2016.02.03

(73)专利权人 清华大学
地址 100084 北京市海淀区清华园1号
专利权人 国家电网公司 江苏省电力公司
江苏省电力公司电力经济技术研究院

(72)发明人 程林 李琰 刘琛 韩俊 黄俊辉
杨晓梅 吴强 谈健 田浩
归三荣 史静 高正平 凌俊斌

(74)专利代理机构 北京清亦华知识产权代理事务所(普通合伙) 11201

代理人 廖元秋

(51)Int.Cl.
H02J 3/28(2006.01)

(56)对比文件
WO 2015021603 A1,2015.02.19,
CN 103400042 A,2013.11.20,
CN 102968111 A,2013.03.13,
CN 102393629 A,2012.03.28,
CN 101392736 A,2009.03.25,
CN 104616208 A,2015.05.13,
CN 103346562 A,2013.10.09,

审查员 肖高

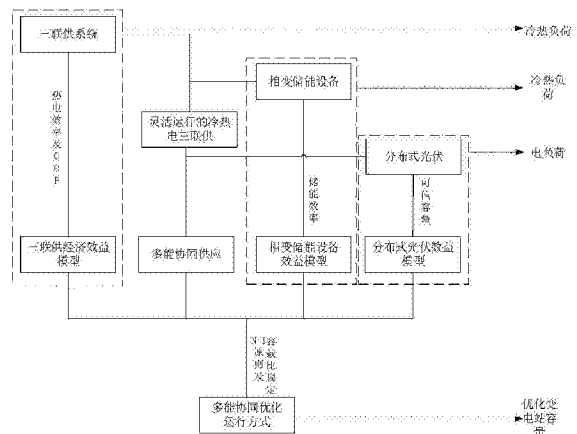
权利要求书2页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

一种基于多能源协同供能的变电站容量优化方法

(57)摘要

本发明涉及一种基于多能源协同供应的变电站容量优化方法。属于能源互联网及配电网规划领域,该方法包括根据变电站的历史数据,按照三联供机组中热电联供机组的能源利用效率及溴化锂机组的冷热转化比例COP值建立运行经济性模型;以典型日的供需关系平衡确定相变储能设备的容量,并根据储能效率确定相变储能设备的运行成本函数;通过多目标优化方法对运行经济性模型和运行成本函数求解其经济性最优的三联供机组启停时间安排;利用分布式光伏组件发电对全年电负荷特性进行多目标优化;根据优化后的负荷侧特性,在“N-1”原则和容载比标准的规定下,得到变电站优化后的容量。本发明能削减夏季用电高峰,减小电网供电压力。



1. 一种基于多种能源协同供能的变电站容量优化方法,该方法用于配有由相变储能设备和集中式三联供机组构成的三联供系统和分布式光伏组件的三联供系统,其中热电联供机组位于电源侧,相变储能设备及光伏发电设备位于用户侧;

该方法中确定变电站容量遵循的是“N-1原则”及相关容载比规定,优化用户侧电负荷特性并针对优化后的电负荷数据进行相应的变电站容量优化配置;具体包括以下步骤:

1) 根据变电站管辖地区的历史冷热电负荷数据及城市规划预测其全年冷热电负荷数据,并获取变电站管辖地区的年太阳辐射强度,可用屋顶面积及相应的光伏组件转换效率;

2) 按照三联供机组中热电联供机组的能源利用效率及溴化锂机组的冷热转化比例COP值建立由热电联供机组经济性目标函数和溴化锂机组经济性目标函数组成的运行经济性模型;

3) 以典型日的供需关系平衡确定相变储能设备的容量,并根据储能效率确定相变储能设备的运行成本函数;相变储能设备的运行成本函数 f_{op3} ,如式(3)所示:

$$f_{op3} = \begin{cases} (\eta-1) \int_{T_{onwinter}} (P_h - L_h) dt C_h - k_{d3} C_{b3} \\ (\eta-1) \int_{T_{onsummer}} (COP \cdot P_h - L_c) dt \frac{C_e}{COP} - k_{d3} C_{b3} \end{cases} \quad (3)$$

式中, η 表示储能设备的热效率, L_h 表示热负荷,单位为:MW, T_{on} 单位为小时表示全年中三联供机组产热大于热负荷的时间, k_{d3} 和 C_{b3} 分别为燃气-蒸汽联合循环机组的折旧率和建设费用,参数 P_h 指代燃气-蒸汽联合循环机组的供热功率, C_h 为区域供热的计量热价, C_e 为区域供电的上网电价, COP_e 为电制冷设备的电制冷/热转化效率;

4) 结合冷热电三联供系统、相变储能设备,在限定的三联供机组运行时间通过多目标优化方法对步骤2)的运行经济性模型和步骤3)运行成本函数求解其经济性最优的三联供机组启停时间安排;

5) 通过运行在步骤4)的经济性最优条件下的三联供机组启停时间安排及相变储能设备,并利用分布式光伏组件发电对全年电负荷特性进行多目标优化;根据优化后的负荷侧特性,在“N-1”原则和容载比标准的规定下,得到变电站优化后的容量。

2. 如权利要求1所述方法,其特征在于,所述步骤2具体方法包括:

建立三联供系统的热电联供机组经济性目标函数 f_{op1} ,如式(1)所示,

结合计量冷价、溴化锂机组的冷热转化比例COP值及电制冷设备的电制冷/热转化效率 COP_e 值建立三联供系统的溴化锂机组经济性目标函数 f_{op2} ,如式(2)所示;

$$f_{op1} = 10^3 T_{op} (P_e C_e + P_h C_h - C_{gas} (R_{eg} P_e + R_{hg} P_h)) - k_{d1} C_{b1} \quad (1)$$

$$f_{op2} = \frac{COP \cdot T_s P_h}{COP_e} C_e - T_s P_h C_h \quad (2)$$

式中 T_{op} ,单位为小时,代表年热电联供机组计划开机时间, P_e 、 P_h ,单位为MW,分别代表燃气-蒸汽联合循环机组的供电功率和供热功率, C_e 、 C_h 、 C_{gas} 分别表示上网电价、计量热价、天然气价格, R_{eg} 、 R_{hg} 分别为发电气耗和发电热耗, k_{d1} 和 C_{b1} 分别为燃气-蒸汽联合循环机组的折旧率和建设费用, T_s 为全年供冷时长,单位为小时, COP_e 为电制冷设备的电制冷/热转化效

率。

一种基于多能源协同供能的变电站容量优化方法

技术领域

[0001] 本发明属于能源互联网及配电网规划领域,特别涉及一种基于多能源协同供能的变电站容量优化方法。

背景技术

[0002] 能源互联网是未来能源供应体系的重要发展方向之一,互联的能源供应链可大幅提高安全性和可靠性,同时有利于根据能源特性实现资源优化配置。在能源互联体系下,目前能源供应网络中的一系列问题都可以得到有效的解决。

[0003] 由用户用电习惯决定的季节性变化较大的电负荷特性,在夏季会出现用电高峰,其峰值远高出冬季及过渡季节的用电峰值,由于变电站在规划设计时需要考虑全年最高电负荷,因此其实际容量在全年大部分时间中会有较大的冗余,设备的实际利用率不高,造成了资源浪费。使用多能协同的能源供应方式可以有效的削减用电负荷高峰,是优化变电站容量的有效手段之一。

[0004] 冷热电三联供系统为解决能源短缺、能源供应安全、排放控制等能源相关问题提供了解决方案。三联供系统如图1所示,一般以热电联供机组、双源锅炉、光伏发电作为动力设备在一定的运行控制策略下,分别通过热力网和电网传输热能和电能,并在用户侧配以余热制冷设备以实现对冷负荷需求的供应,其中三联供机组和双源锅炉以天然气为能源,在发电过程中供应热负荷需求,输出的电能直接供应到公共配电网,输出的热能通过热力网络传输至用户端进行利用,夏季时可以通过溴化锂制冷机组实现冷热的转换,从而支撑空调等制冷设备的运行。此外,通过配置相变储能设备,可以实现对冷和热的存储,以填补冷热负荷供需之间的差异。与传统的能源供应系统不同,冷热电三联供系统中可以对热机余热进行良好的利用,因此其能源利用效率远高于传统机组。

[0005] 光伏建筑一体化(BIPV)是指将光伏发电和建筑外围结构相结合,构成一体形式,是根据光伏效应原理,利用太阳能电池将太阳光能直接转化为电能。太阳能光伏发电分为独立光伏发电与并网光伏发电,比如屋顶光伏和大规模的光伏电站,其中屋顶分布式光伏由于安装灵活,几乎不占用土地资源,可以作为分布式能源的主要建设对象。

[0006] 以上两类新型能源技术在电负荷的移峰填谷方面均有较好的效果,其中冷热电三联供系统通过余热制冷技术有效地利用了夏季热机运行时产生的余热,一方面提升了能源的利用效率,此外也减少了夏季的电制冷空调的使用次数,有效地削减了夏季用电高峰。光伏发电的出力与用户用电负荷具有同时性,即在天气良好的情况下,用电高峰时段与光伏出力峰值时段近似相同,可以进一步优化每日的电负荷特性。通过对用电负荷的峰值削减,可以减少全年用电负荷峰值,从而达到优化变电站容量的目的。

发明内容

[0007] 本发明的目的是为克服已有技术的不足,提出一种基于多能协同供应的变电站容量优化方法,这种方法通过多种系能源供应方式削减全年用电负荷峰值实现。

[0008] 本发明提出的一种基于多种能源协同供能的变电站容量优化方法,该方法用于配有由相变储能设备和集中式三联供机组构成的三联供系统和分布式光伏组件的三联供系统,其中热电联供机组位于电源侧,相变储能设备及光伏发电设备位于用户侧;

[0009] 该方法中确定变电站容量遵循的是“N-1原则”及相关容载比规定,优化用户侧电负荷特性并针对优化后的电负荷数据进行相应的变电站容量优化配置;具体包括以下步骤:

[0010] 1) 根据变电站管辖地区的历史冷热电负荷数据及城市建设规划预测其全年冷热电负荷数据,并获取变电站管辖地区的年太阳辐射强度,可用屋顶面积及相应的光伏组件转换效率;

[0011] 2) 按照三联供机组中热电联供机组的能源利用效率及溴化锂机组的冷热转化比例COP值建立由热电联供机组经济性目标函数和溴化锂机组经济性目标函数组成的运行经济性模型;

[0012] 3) 以典型日的供需关系平衡确定相变储能设备的容量,并根据储能效率确定相变储能设备的运行成本函数;相变储能设备的运行成本函数 f_{op3} ,如式(3)所示:

$$[0013] \quad f_{op3} = \begin{cases} (\eta-1) \int_{T_{on|winter}} (P_h - L_h) dt C_h - k_{d3} C_{b3} \\ (\eta-1) \int_{T_{on|summer}} (COP \cdot P_h - L_c) dt \frac{C_v}{COP_e} - k_{d3} C_{b3} \end{cases} \quad (3)$$

[0014] 式中 η 表示储能设备的热效率, L_h 表示热负荷(单位为:MW), T_{on} (单位为小时)表示全年中三联供机组产热大于热负荷的时间, k_{d3} 和 C_{b3} 分别为燃气-蒸汽联合循环机组的折旧率和建设费用;

[0015] 4) 结合冷热电三联供系统、相变储能设备,在限定的三联供机组运行时间通过目的规划法对步骤2)的运行经济性模型和步骤3)运行成本函数求解其经济性最优的三联供机组启停时间安排;

[0016] 5) 通过运行在步骤4)的经济性最优条件下的三联供机组启停时间安排及相变储能设备,并利用分布式光伏组件发电对全年电负荷特性进行多目标优化;根据优化后的负荷侧特性,在“N-1”原则和容载比标准的规定下,得到变电站优化后的容量。

[0017] 本发明的技术特点及有益效果是:

[0018] 本发明中通过冷热电三联供系统、相变储能设备和分布式光伏技术实现变电站的容量优化,冷热电三联供系统(CCHP, Combined Cooling, Heating and Power)可以实现冷热电能源的同时供应,在带动发电机运转的同时利用运行时产生的余热同时供应热\冷负荷需求,相变储能设备(phase-change storage device)使用相变材料在发生相变时产生的潜热进行冷或热能的存储和释放,使用分布式光伏发电技术中的光伏建筑一体化(BIPV, Building Integrated Photovoltaic),通过分布式光伏供电减轻电网供电压力。本发明中采用MATLAB作为仿真平台,采用最高分辨率达到分钟级的实际负荷数据进行运行方案优化及启停机策略安排。本发明具有以下优点:

[0019] 1. 本发明的夏季制冷手段采用吸收式余热制冷机组通过溴化锂溶液等制冷机通过吸收热机产生的余热进行制冷,同时采用了燃气-蒸汽联合循环机组对不同品位的热能

进行分级利用,从而有效地提升了对燃料的利用效率,降低了机组运行成本。

[0020] 2.本发明通过考虑在相变储能设备协调能源供需关系条件下运行的三联供机组,建立了运行经济性相关模型,并且结合模型给出了使得冷热电三联供机组整体运行经济效益最高的启停机策略安排方案。

附图说明

[0021] 图1是现有的三联供系统组成框图。

[0022] 图2为本发明的变电站容量优化方法流程图。

[0023] 图3(a)是采用本发明方法的夏季典型日冷热电负荷特性。

[0024] 图3(b)是采用本发明方法的夏季典型日冷热电负荷特性。

[0025] 图4(a)是采用本发明方法前的全年电负荷特性优化效果。

[0026] 图4(b)是采用本发明方法后的全年电负荷特性优化效果。

具体实施方式

[0027] 本发明提出的一种基于多能源协同供能的变电站容量优化方法结合附图及实施例说明如下:

[0028] 本发明针对的是运行在多能协同供应网络下的变电站的容量设计。本发明方法中确定变电站容量遵循的是“N-1原则”及相关容载比规定,优化用户侧电负荷特性并针对优化后的电负荷数据进行相应的变电站容量优化配置。

[0029] 本发明提出的一种基于多种能源协同供能的变电站容量优化方法,该方法用于配有由相变储能设备和集中式三联供机组构成的三联供系统和分布式光伏组件的三联供系统,如图1所示,其中热电联供机组位于电源侧,相变储能设备及光伏发电设备位于用户侧;采用大型的集中式热电联供机组,提供冷/热、电需求,分布式光伏位于用户侧,进一步削减用电负荷高峰,改善负荷特性。使用相变材料储能设备协调能源供应与需求在时间、强度和地点上的不匹配关系。

[0030] 本发明方法具体流程如图2所示,包括以下步骤:

[0031] 1)根据变电站管辖地区的历史冷热电负荷数据及城市建设规划预测其全年冷热电负荷数据,并获取变电站管辖地区的年太阳辐射强度,可用屋顶面积及相应的光伏组件转换效率;

[0032] 2)按照三联供机组中热电联供机组的能源利用效率及溴化锂机组的冷热转化比例COP值建立由热电联供机组经济性目标函数和溴化锂机组经济性目标函数组成的运行经济性模型;具体方法包括:

[0033] 建立三联供系统的热电联供机组经济性目标函数 f_{op1} ,如式(1)所示,

[0034] 结合计量冷价、余热制冷COP及电制冷COP值建立三联供系统的溴化锂机组经济性目标函数 f_{op2} ,如式(2)所示;

[0035]
$$f_{op1} = 10^3 T_{op} (P_e C_e + P_h C_h - C_{gas} (R_{eg} P_e + R_{hg} P_g)) - k_{d1} C_{b1} \quad (1)$$

[0036]
$$f_{op2} = \frac{COP \cdot T_s P_h C_e - T_s P_h C_h}{COP_e} \quad (2)$$

[0037] 式中 T_{op} (单位为小时)代表年热电联供机组计划开机时间, P_e 、 P_h (单位为MW)分别

代表燃气-蒸汽联合循环机组的供电功率和供热功率, C_e 、 C_h 、 C_{gas} 分别表示上网电价、计量热价、天然气价格, R_{eg} 、 R_{hg} 分别为发电气耗和发电热耗, k_{d1} 和 C_{b1} 分别为燃气-蒸汽联合循环机组的折旧率和建设费用, T_s 为全年供冷时长(单位为小时), COP_e 为电制冷效率的热力系数。

[0038] 3) 以典型日的供需关系平衡确定相变储能设备的容量, 并根据储能效率确定相变储能设备的运行成本函数; 相变储能设备的运行成本函数 f_{op3} , 如式(3)所示:

$$[0039] \quad f_{op3} = \begin{cases} (\eta-1) \int_{T_{on|winter}} (P_h - L_h) dt C_h - k_{d3} C_{b3} \\ (\eta-1) \int_{T_{on|summer}} (COP \cdot P_h - L_c) dt \frac{C_e}{COP_e} - k_{d3} C_{b3} \end{cases} \quad (3)$$

[0040] 式中 η 表示储能设备的热效率, L_h 表示热负荷(单位为: MW), T_{on} (单位为小时)表示全年中三联供机组产热大于热负荷的时间, k_{d3} 和 C_{b3} 分别为燃气-蒸汽联合循环机组的折旧率和建设费用;

[0041] 4) 结合冷热电三联供系统、相变储能设备, 在限定的三联供机组运行时间通过目的规划法对步骤2)的运行经济性模型和步骤3)运行成本函数求解其经济性最优的三联供机组启停时间安排;

[0042] 5) 通过运行在步骤4)的经济性最优条件下的三联供机组启停时间安排及相变储能设备, 并利用分布式光伏组件发电对全年电负荷特性进行多目标优化; 根据优化后的负荷侧特性, 在“N-1”原则和容载比标准的规定下, 得到变电站优化后的容量。

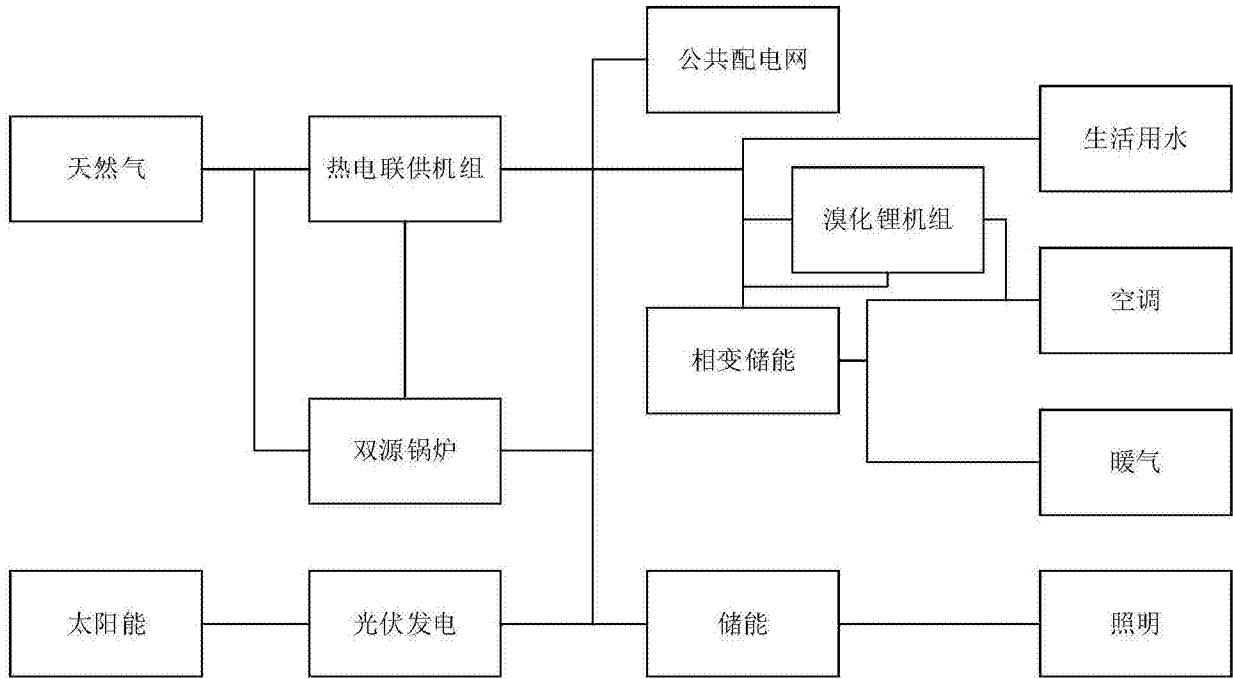


图1

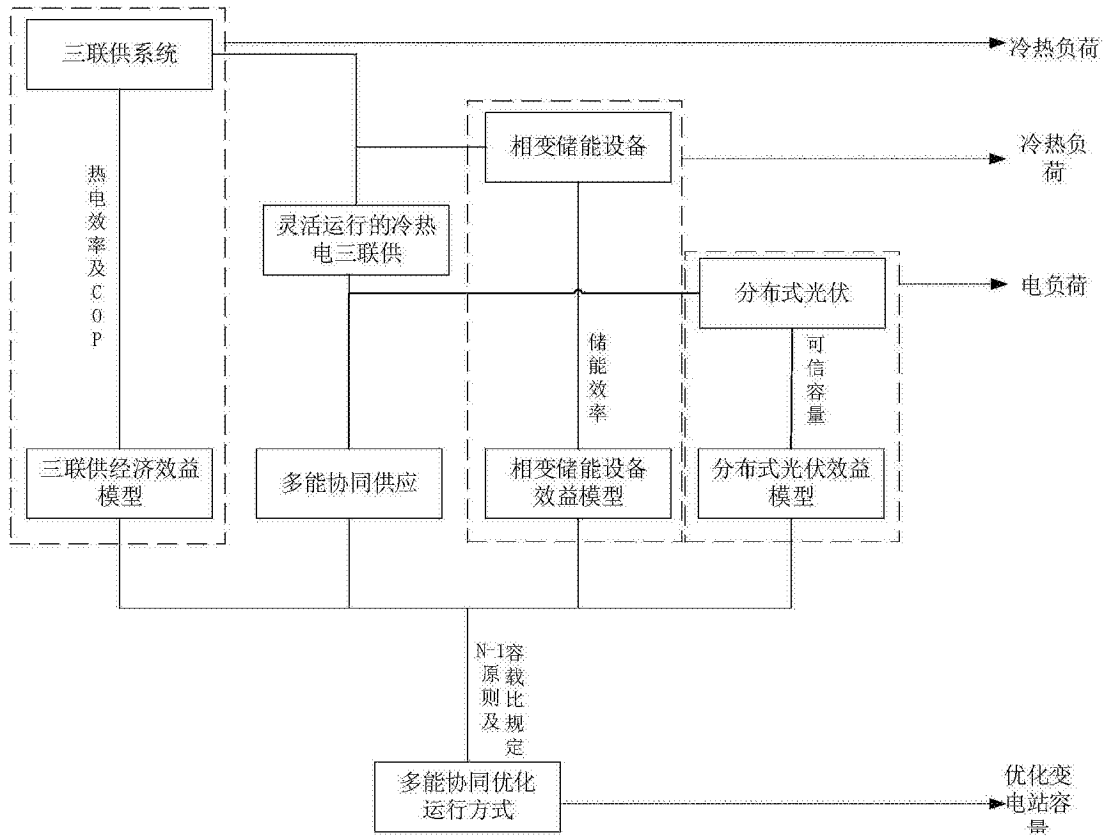
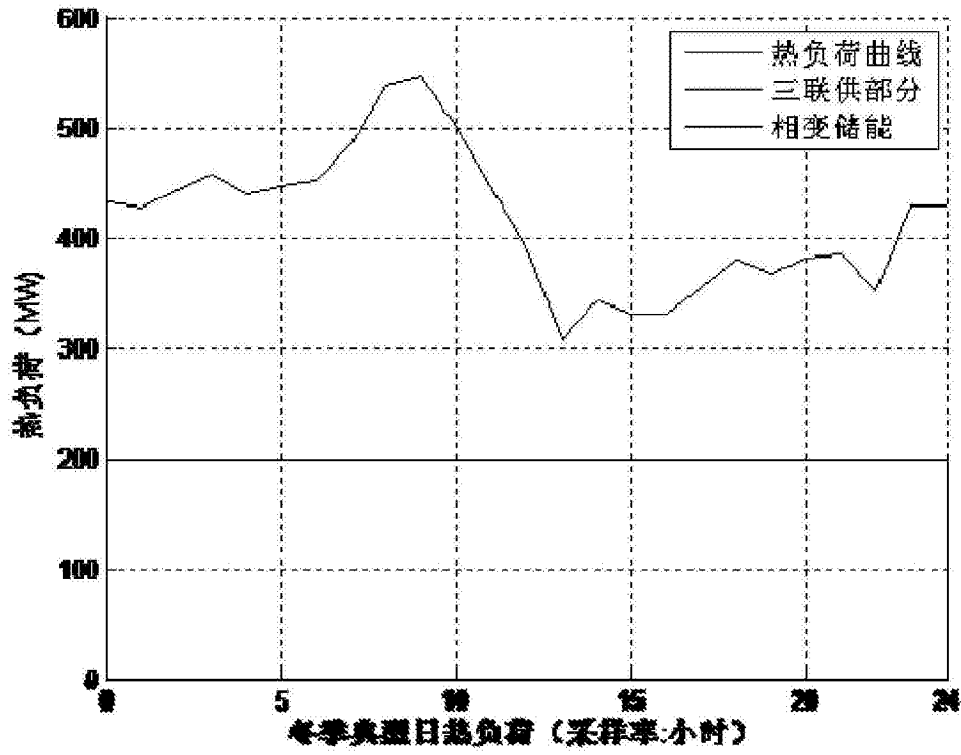
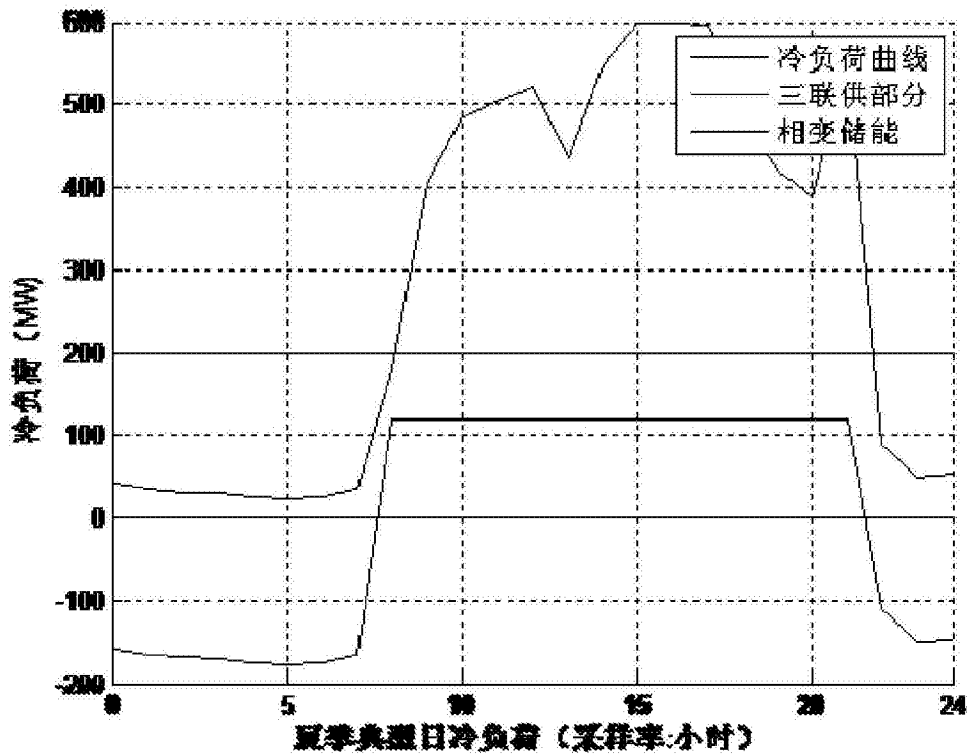


图2

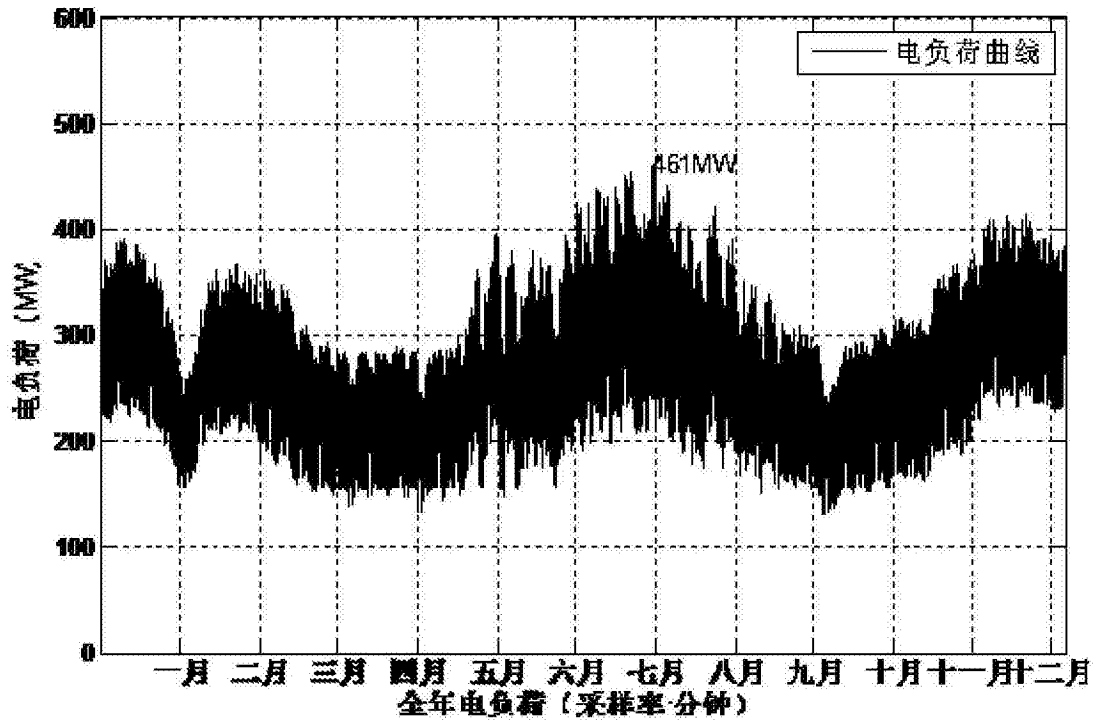


(a)

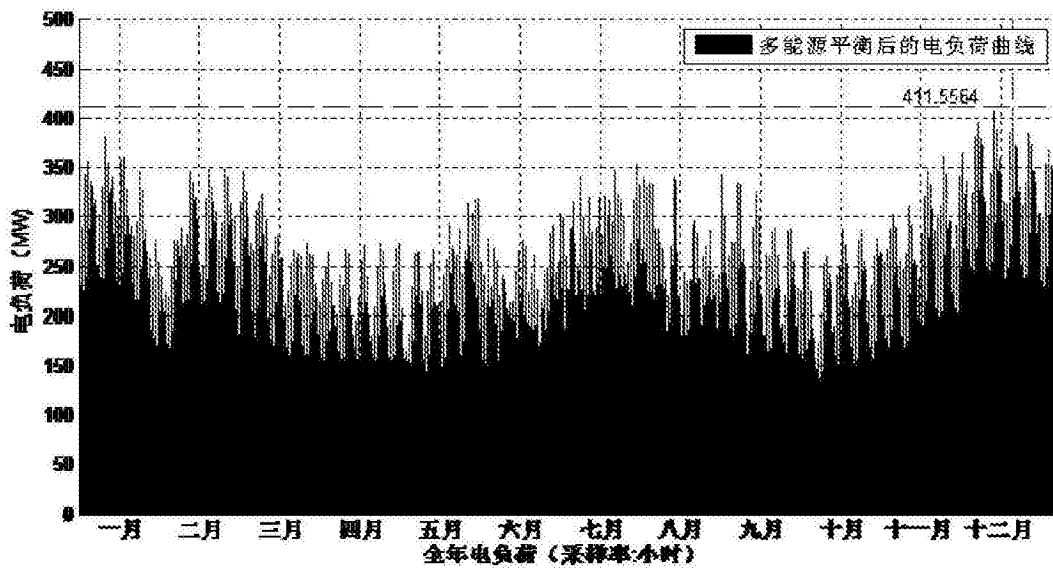


(b)

图3



(a)



(b)

图4