



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102403930 B

(45) 授权公告日 2014. 04. 16

(21) 申请号 201110355471. 0

(22) 申请日 2011. 11. 11

(73) 专利权人 江苏科技大学

地址 212003 江苏省镇江市梦溪路 2 号

(72) 发明人 李春华 曾庆军 王玉龙 章飞康

(74) 专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限公司 32200

代理人 楼高潮

(51) Int. Cl.

H02S 10/20 (2014. 01)

H02J 7/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 102122826 A, 2011. 07. 13,

CN 201466783 U, 2010. 05. 12,

CN 201323453 Y, 2009. 10. 07,

CN 202004468 U, 2011. 10. 05,

EP 2383143 A2, 2011. 11. 02,

吴红斌, 陈斌, 郭彩云. 风光互补发电系

统中混合储能单元的容量优化. 《农业工程学报》. 2011, 第 27 卷 (第 4 期), 241-245 页.

张金花. 太阳能光伏发电系统容量计算分析. 《甘肃科技》. 2009, 第 25 卷 (第 12 期), 57-60 页.

审查员 范励超

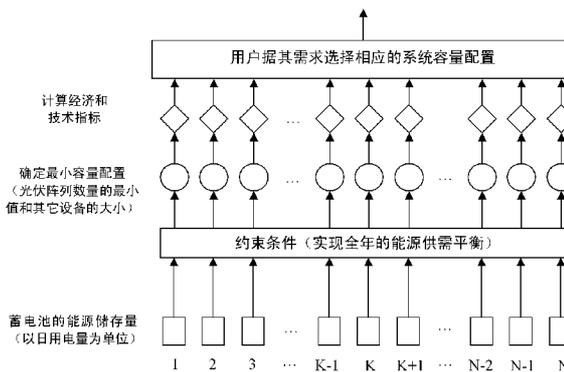
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54) 发明名称

一种独立式光伏发电系统及容量优化方法

(57) 摘要

本发明公开了一种独立式光伏发电系统及容量优化方法,属于光伏发电领域。本发明涉及的独立式光伏发电系统包括光伏分系统、蓄电池分系统、负载和控制中心。容量优化方法以系统中各元件的容量为决策变量,首先在一定蓄电池容量的条件下,基于满足负载全年能源需求的约束,确定光伏阵列数量的最小值,得到一组系统最小配置;然后按照从小到大不同蓄电池存储容量的顺序,求取出一系列系统最小配置,并计算其经济和技术性能指标,用户可据自身需求来选择相应的系统容量配置。该方法适用于使用单种和多种能源存储设备的光伏发电系统容量优化。



1. 一种独立式光伏发电系统的容量优化方法,所述容量优化方法基于的一种独立式光伏发电系统包括光伏分系统、控制中心、蓄电池分系统和负载,光伏分系统由光伏阵列依次串接最大功率点跟踪控制器和第一功率变换器组成,蓄电池分系统由多个蓄电池组串接第二功率变换器构成的蓄电子系统构成,所述第一和第二功率变换器与直流总线相连,直流总线给负载提供电源,控制中心分别与光伏分系统和蓄电池分系统双向连接,其特征在于:所述的容量优化方法有四个步骤:

(1) 获取气象数据和负载数据

(2) 确定系统性能的评价指标

为评价系统的经济和技术性能,分别定义了相应的评价指标,以便对其进行量化分析;

$$C_{coe} = C_{tac}/Z_{ae} \quad (1)$$

$$E_{system} = \frac{U_{PV} \times E_{PV} + U_{Bat} \times E_{Bat}}{U_{Total}} \quad (2)$$

式中: $C_{coe}$ 为电价, $C_{tac}$ 为年度总成本, $Z_{ae}$ 为年用电量, $E_{system}$ 为光伏电能的系统使用效率, $U_{PV}$ 为由光伏阵列提供给负载的电能, $U_{Bat}$ 为由蓄电池提供给负载的电能, $E_{PV}$ 为由光伏阵列向负载供电时的电能使用效率, $E_{Bat}$ 为由蓄电池向负载供电时的电能使用效率, $U_{Total}$ 为光伏阵列生产的电能总量;

(3) 设计能源管理策略

能源管理策略的目的是协调发电系统的各个部件,实现光伏能源的分配,在满足用户负载日常需求的同时实现全年的能源供需平衡;光伏电能首先满足负载的需求,如果有剩余能源,存入蓄电池;当光伏电能不能满足用户的负载需求时,由蓄电池来满足负载需求;

(4) 系统容量优化

首先确定蓄电池的容量,光伏阵列中光伏组件的数量从1逐次递增,然后基于系统模型,根据能源管理策略,判定该数量的光伏组件和相应容量的蓄电池的组和配置,是否可在系统所在地的气象条件下满足负载全年的能源需求,当以最少数量光伏组件满足约束条件时,便确定了一组系统最小容量配置,然后根据式(1)和(2)计算该最小配置的经济电价和技术效率指标值;由于独立光伏发电系统中,太阳能为其唯一的能量来源,如果系统的能源存储容量已知,基于满足负载全年能源需求的约束,是可确定光伏阵列数量的最小值,得到一组系统最小容量配置;对于独立光伏发电系统,逆变器的额定功率为最大负载的1.25倍;

在确定一组系统最小容量配置的基础上,可在满足全年能源供需平衡的约束下,按照从小到大不同蓄电池存储容量的顺序,求取出一系列系统最小配置。

## 一种独立式光伏发电系统及容量优化方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种独立式光伏发电系统及容量优化方法。

### 背景技术

[0002] 太阳能是一种无处不在、资源丰富且无任何环境污染的可再生能源。以光伏电池为核心的太阳能光伏发电技术 (Photovoltaic, PV) 是太阳能开发利用的重要应用领域, 国际能源署的数据显示, 在全球 4% 的沙漠上安装太阳能光伏发电系统, 就足以满足全球能源需求。

[0003] 目前, 光伏发电系统投资成本高, 系统运行受外界影响的因素也较多。太阳能本身受到季节、天气和时间的影响很大, 光伏阵列的容量不能按照常规电源那样设计。由于太阳能具有随机和间断的特性, 独立式光伏发电系统要实现连续稳定的电力供应, 必须采用必要的能源存储设备。蓄电池是一种传统的能源存储方式, 技术比较成熟, 能源转换效率较高。但蓄电池用于能源存储的初始投资成本较高, 且蓄电池的寿命较短, 光伏发电系统的使用过程中可能要追加蓄电池的置换成本。

[0004] 因此在满足负载需求实现能源全年供需平衡的同时, 也要考虑到整个光伏发电系统的投资成本和系统效率等问题, 在系统实际投资建设以前对系统容量进行优化, 以避免不必要的投资、提高系统的运行效率, 同时提高系统可靠性。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种独立式光伏发电系统及容量优化方法, 该光伏发电系统容量优化方法是以蓄电池作为能源存储设备, 该方法也适用于使用多种能源存储设备的光伏发电系统容量优化。

[0006] 一种独立式光伏发电系统, 包括光伏分系统、控制中心、蓄电池分系统和负载, 光伏分系统由光伏阵列依次串接最大功率点跟踪控制器和功率变换器组成, 蓄电池分系统由多个蓄电池组串接功率变换器构成的蓄电子系统构成, 所述功率变换器与直流总线相连, 直流总线给负载提供电源, 控制中心分别与光伏分系统和蓄电池分系统双向连接。在此系统容量优化有四个步骤:

[0007] 1. 获取气象数据和负载数据

[0008] 在设计系统容量优化策略的过程中, 首先要获取系统所在地的温度、光照等气象数据和负载的使用数据, 这些数据是进行系统容量优化的基础和依据。

[0009] 2. 确定系统性能的评价指标

[0010] 为评价系统的经济和技术性能, 分别定义了相应的评价指标, 以便对其进行量化分析。

[0011] 
$$C_{\text{coe}} = C_{\text{tac}} / Z_{\text{ae}} \quad (1)$$

[0012] 
$$E_{\text{system}} = \frac{U_{\text{pv}} \times E_{\text{pv}} + U_{\text{bat}} \times E_{\text{bat}}}{U_{\text{Total}}} \quad (2)$$

[0013]  $C_{\text{coe}}$  为电价,  $C_{\text{tac}}$  年度总成本,  $Z_{\text{ae}}$  为年用电量,  $E_{\text{system}}$  为光伏电能的系统使用效率,

$U_{PV}(U_{Bat})$  为由光伏阵列（蓄电池）提供给负载的电能， $U_{Total}$  为光伏阵列生产的电能总量， $E_{PV}(E_{Bat})$  为由光伏阵列（蓄电池）向负载供电时的电能使用效率。

### [0014] 3. 设计能源管理策略

[0015] 能源管理策略的目的是协调发电系统的各个部件，实现光伏能源的分配，在满足用户负载日常需求的同时实现全年的能源供需平衡。光伏电能首先满足负载的需求，如果有剩余能源，存入蓄电池。当满足蓄电池充电要求后仍有剩余能源，这部分电能只能丢弃，这将导致系统效率的下降。当光伏电能不能满足用户的负载需求时，由蓄电池来满足负载需求，如果蓄电池存储的电能也不足以满足负载需求，说明系统设计不合理，不能满足用户全年的能源需求。

[0016] 从以上过程可以看出，必须根据用户的年负载需求和所在地光照资源丰富程度来设计充足的能源存储容量和足够数量的光伏阵列来避免能源供给不足的情况发生，同时为了降低系统成本和提高光伏能源系统的效率，也必须在满足用户需求的同时，对光伏发电系统中各元件的容量进行优化，确定能够实现全年能源供需平衡的系统容量最佳配置。

### [0017] 4. 系统容量优化

[0018] 系统容量优化即确定系统最小容量配置，是在保证满足用户全年的负载需求的约束下，优化系统元件的容量，从而降低系统成本和提高系统的能源利用效率。系统容量优化目标是使系统成本最小化，系统效率最大化，决策变量是系统配置中各元件的容量。系统容量优化首先需要对光伏电池、蓄电池、功率变换器和负载建模，然后基于系统所在地的温度、光照等气象数据和负载的使用数据，对系统容量进行优化。

[0019] 本发明的系统容量优化就是确定光伏阵列、蓄电池和功率变换器等元件的最佳容量组合，以使混合光伏发电系统在满足负载需求、实现全年能源供需平衡的同时，降低系统成本，提高系统效率和可靠性。

## 附图说明

[0020] 图 1 为本发明中光伏发电系统结构；

[0021] 图 2 为本发明确定一组系统最小容量配置流程图；

[0022] 图 3 为本发明确定一系列系统最小容量配置的流程图。

## 具体实施方式

[0023] 下面结合附图对本发明作进一步说明。

[0024] 图 1 为光伏发电系统结构。光伏发电系统中各元件是通过功率变换器与直流总线相连，从而实现系统集成。将直流总线上的电压稳定在  $V_{bus} = 220V$  左右，各元件通过功率变换器实现输出特性的相互匹配。光伏阵列首先通过最大功率点跟踪 (MPPT) 控制器获得最大功率输出，然后通过一个 DC/DC 变换器将光伏电能送入直流总线；将蓄电池分为三个小组，对其施行了分组管理，集中有限的光伏电能为特定小组进行充电，以避免蓄电池始终处于欠充的状态，各小组分别通过一个双向 DC/DC 变换器与直流总线相连。

[0025] 图 2 为确定一组系统最小容量配置流程图。首先确定蓄电池的容量，光伏阵列中光伏组件的数量从 1 逐次递增，然后基于系统模型，根据能源管理策略，判定该数量的光伏组件和相应容量的蓄电池的组和配置，是否可在系统所在地的气象条件下满足负载全年的

能源需求,当以最少数量的光伏组件满足约束条件时,便确定了一组系统最小容量配置,然后根据式(1)和(2)计算该最小配置的经济(电价)和技术(效率)指标值。由于独立光伏发电系统中,太阳能为其唯一的能量来源,如果系统的能源存储容量已知,基于满足负载全年能源需求的约束,是可确定光伏阵列数量的最小值,得到一组系统最小容量配置。对于独立光伏发电系统,逆变器的额定功率为最大负载的1.25倍。

[0026] 图3为确定一系列系统最小容量配置的流程。在图2的基础上,可在满足全年能源供需平衡的约束下,按照从小到大不同蓄电池存储容量的顺序,求取出一系列系统最小配置。如果能源存储设备的容量太小,可能会出现用有限数量的光伏阵列不能满足负载全年负载需求的情况。基于这些最小容量配置的系统性能(效率和成本),便可对不同配置的光伏发电系统的性能进行比较和分析了,用户可以根据自身的需求进行选择。

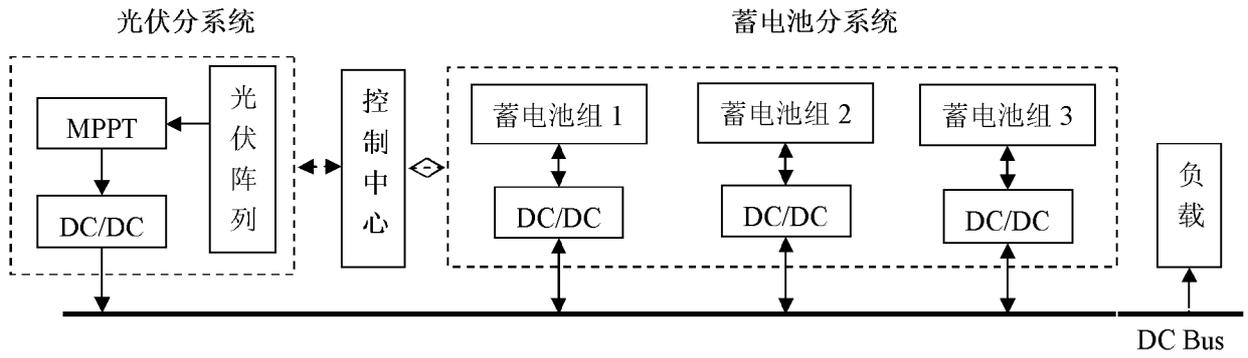


图 1

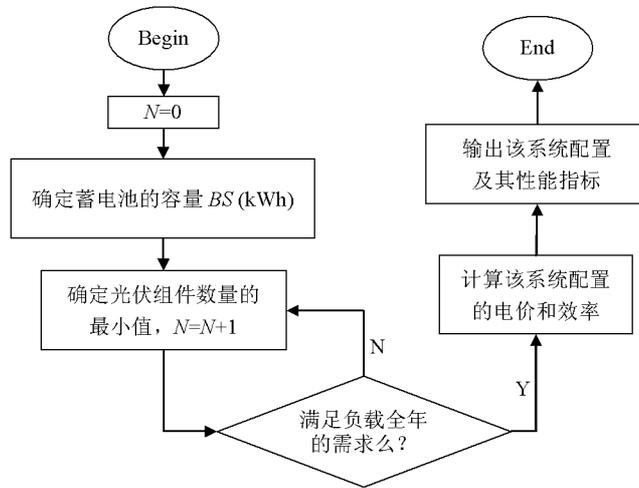


图 2

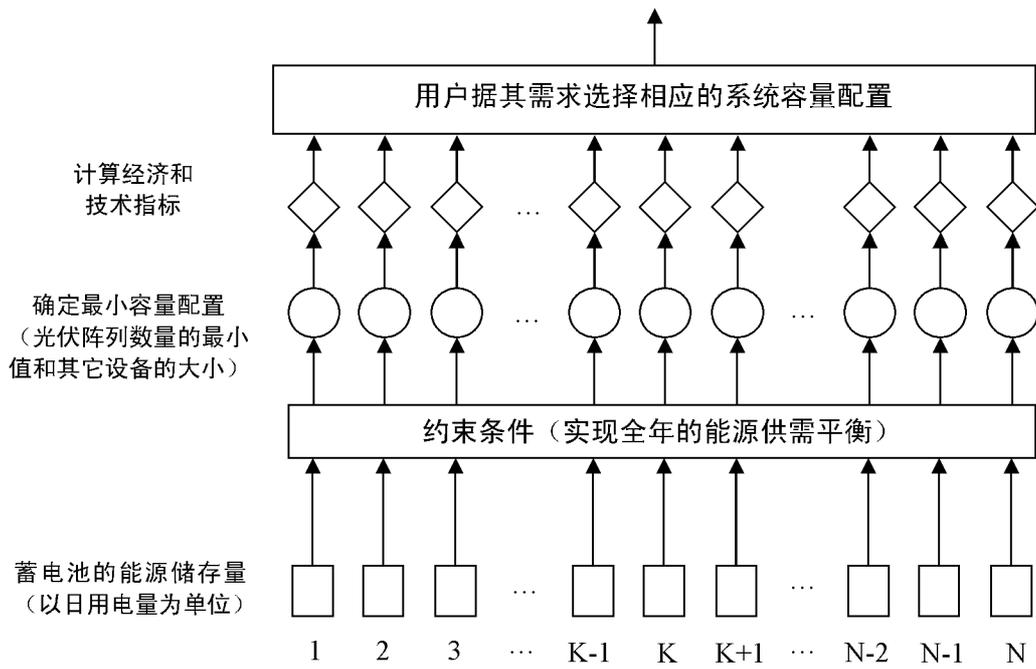


图 3