(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105846419 A
(43)申请公布日 2016.08.10

(21)申请号 201610339316.2

(22)申请日 2016.05.20

(71)申请人 武汉理工大学
地址 430070 湖北省武汉市洪山区珞狮路122号

(72)发明人 李浩 周鹏 严家俊 贾舒然 李迪昂 洪雨洲

(74)专利代理机构 湖北武汉永嘉专利代理有限公司 42102
代理人 王丹

(51)Int.Cl.
H02J 1/10(2006.01)
H02J 7/35(2006.01)
H02J 1/14(2006.01)

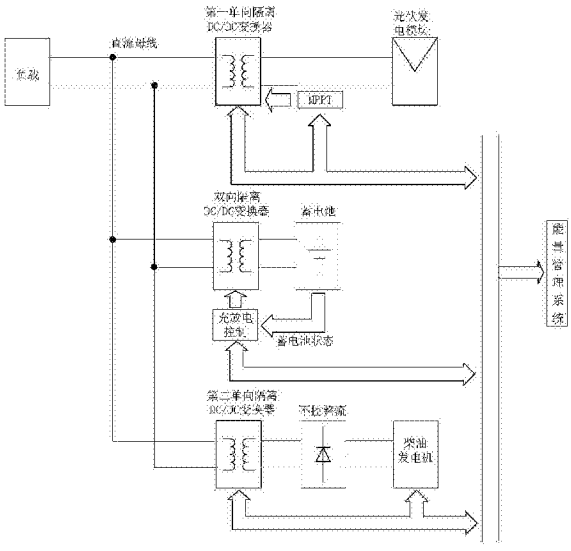
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

基于直流微电网的光伏、柴油互补供电系统

(57)摘要

本发明提供基于直流微电网的光伏、柴油互补供电系统，它包括依次连接的光伏发电模块、第一单向隔离DC/DC变换器、直流母线和负载，所述的第一单向隔离DC/DC变换器由MPPT控制器控制，还包括蓄电池模块、柴油发电机模块、以及能量管理系统；能量管理系统通过总线收集所有设备的工作状态，在预设的运行模式下，下发调度指令。本发明能够实现供电系统的优化运行，提高发电收益，延长设备寿命，增强供电可靠性等目标。



CN 105846419 A

1.一种基于直流微电网的光伏、柴油互补供电系统，它包括依次连接的光伏发电模块、第一单向隔离DC/DC变换器、直流母线和负载，所述的第一单向隔离DC/DC变换器由MPPT控制器控制，其特征在于：它还包括蓄电池模块、柴油发电机模块、以及能量管理系统；

所述的蓄电池模块包括蓄电池、双向隔离DC/DC变换器和充放电控制器，蓄电池通过双隔离DC/DC变换器接入直流母线，充放电控制器用于采集蓄电池的状态参数和控制双向隔离DC/DC变换器；

所述的柴油发电机模块包括依次连接并最终接入直流母线的柴油发电机、整流电路和第二单向隔离DC/DC变换器；

所述的能量管理系统分别通过总线与所述的第一单向隔离DC/DC变换器、MPPT控制器、充放电控制器、第二单向隔离DC/DC变换器和柴油发电机连接，用于收集总线上所有设备的工作状态，在预设的运行模式下，下发调度指令。

2.根据权利要求1所述的基于直流微电网的光伏、柴油互补供电系统，其特征在于：所述的预设的运行模式包括：

模式1、光伏发电为主导的运行模式：

当光伏发电模块的输出功率大于负载的用电需求和蓄电池最大吸收功率的总和，控制光伏发电模块脱离MPPT状态，且限制光伏发电模块的输出功率等于负载的用电需求和蓄电池最大吸收功率的总和，给负载供电，同时向蓄电池充电，直至蓄电池充满，此时控制光伏发电模块脱离MPPT状态，且限制光伏发电模块的输出功率等于负载的用电需求，给负载供电并使蓄电池处于浮充状态；

模式2：蓄电池为主导的运行模式：

模式2-1：当光伏发电模块的输出功率大于负载的用电需求，且小于负载的用电需求和蓄电池最大吸收功率的总和，控制光伏发电模块工作在MPPT模式，给负载供电，同时给蓄电池充电；

模式2-2：当光伏发电模块的输出功率小于负载的用电需求，且光伏发电模块的输出功率和蓄电池的输出功率总和大于或等于负载的用电需求，此时控制光伏发电模块工作在MPPT模式，且蓄电池向负载供电；

模式3：柴油机为主导的运行模式：

当光伏发电模块的输出功率和蓄电池的输出功率总和小于负载的用电需求，此时控制光伏发电模块工作在MPPT模式，蓄电池向负载供电，且启动柴油发电机发电；

当蓄电池剩余容量为最小值无法放电时，切断蓄电池与直流母线的连接。

3.根据权利要求1所述的基于直流微电网的光伏、柴油互补供电系统，其特征在于：所述的光伏供电模块包括串联或并联的光伏阵列。

基于直流微电网的光伏、柴油互补供电系统

技术领域

[0001] 本发明属于发电及电源控制技术领域，具体涉及一种基于直流微电网的光伏、柴油互补供电系统。

背景技术

[0002] 随着能源危机和环境问题的日益加剧，世界各国都更加关注新能源的发展。近年来，电力电子控制技术和光伏等新能源发电技术的发展、成熟，以风能和太阳能为代表的分布式新能源发电渗透率不断升高，一大批无电地区的用电问题也由此得到解决。

[0003] 在现有技术中，太阳能供电或者风光互补供电系统、柴油机供电中，电能储存在蓄电池中，由于蓄电池直接挂载在直流母线上，而蓄电池若要得到有效利用，其输出电压会有较大的波动，可能导致母线电压或负载电压不稳定，甚至可能出现负荷无法正常工作的现象。为了保证输出负载的稳定供电，蓄电池电压只能在很小范围波动，蓄电池的有效利用容量极大降低。能量在蓄电池与负载之间的分配也不易实现独立控制，蓄电池充放电不受控制，蓄电池寿命缩短。

[0004] 基于交流架构的微网系统，可沿用原有的交流设备，如配电线路和电力开关等，并且与交流负荷兼容，保护装置相对成熟。然而，大多数新能源分布式发电装置、储能装置以及越来越多的负载使用直流电。因此若采用直流微网架构，可以省去额外的DC/AC变流环节，结构简单且效率更高，更重要的是控制策略更加灵活、可靠。

发明内容

[0005] 本发明要解决的技术问题是：提供一种基于直流微电网的光伏、柴油互补供电系统，实现直流微网系统优化运行。

[0006] 本发明为解决上述技术问题所采取的技术方案为：一种基于直流微电网的光伏、柴油互补供电系统，它包括依次连接的光伏发电模块、第一单向隔离DC/DC变换器、直流母线和负载，所述的第一单向隔离DC/DC变换器由MPPT控制器控制，其特征在于：它还包括蓄电池模块、柴油发电机模块、以及能量管理系统；

所述的蓄电池模块包括蓄电池、双向隔离DC/DC变换器和充放电控制器，蓄电池通过双隔离DC/DC变换器接入直流母线，充放电控制器用于采集蓄电池的状态参数和控制双向隔离DC/DC变换器；

所述的柴油发电机模块包括依次连接并最终接入直流母线的柴油发电机、整流电路和第二单向隔离DC/DC变换器；

所述的能量管理系统分别通过总线与所述的第一单向隔离DC/DC变换器、MPPT控制器、充放电控制器、第二单向隔离DC/DC变换器和柴油发电机连接，用于收集总线上所有设备的工作状态，在预设的运行模式下，下发调度指令。

[0007] 按上述系统，所述的预设的运行模式包括：

模式1、光伏发电为主导的运行模式：

当光伏发电模块的输出功率大于负载的用电需求和蓄电池最大吸收功率的总和，控制光伏发电模块脱离MPPT状态，且限制光伏发电模块的输出功率等于负载的用电需求和蓄电池最大吸收功率的总和，给负载供电，同时向蓄电池充电，直至蓄电池充满，此时控制光伏发电模块脱离MPPT状态，且限制光伏发电模块的输出功率等于负载的用电需求，给负载供电并使蓄电池处于浮充状态；

模式2：蓄电池为主导的运行模式：

模式2-1：当光伏发电模块的输出功率大于负载的用电需求，且小于负载的用电需求和蓄电池最大吸收功率的总和，控制光伏发电模块工作在MPPT模式，给负载供电，同时给蓄电池充电；

模式2-2：当光伏发电模块的输出功率小于负载的用电需求，且光伏发电模块的输出功率和蓄电池的输出功率总和大于或等于负载的用电需求，此时控制光伏发电模块工作在MPPT模式，且蓄电池向负载供电；

模式3：柴油机为主导的运行模式：

当光伏发电模块的输出功率和蓄电池的输出功率总和小于负载的用电需求，此时控制光伏发电模块工作在MPPT模式，蓄电池向负载供电，且启动柴油发电机发电；

当蓄电池剩余容量为最小值无法放电时，切断蓄电池与直流母线的连接。

[0008] 按上述系统，所述的光伏供电模块包括串联或并联的光伏阵列。

[0009] 本发明的有益效果为：本发明采用直流微电网的结构，利用双向隔离DC/DC变换器，能够对蓄电池的充放电过程进行独立控制，延长蓄电池的使用寿命，维持母线电压的稳定，保证输出负载的稳定供电；对该互补供电系统的能量管理系统采用直流母线控制、能量管理的双层控制的方法，实现供电系统的优化运行，提高发电收益，延长设备寿命，增强供电可靠性等目标。

附图说明

[0010] 图1为本发明一实施例的系统结构示意图。

[0011] 图2为本发明一实施例的三种运行模式切换示意图。

具体实施方式

[0012] 下面结合具体实例和附图对本发明做进一步说明。

[0013] 本发明提供一种基于直流微电网的光伏、柴油互补供电系统，如图1所示，它包括依次连接的光伏发电模块、第一单向隔离DC/DC变换器、直流母线和负载，所述的第一单向隔离DC/DC变换器由MPPT控制器控制，它还包括蓄电池模块、柴油发电机模块、以及能量管理系统；所述的蓄电池模块包括蓄电池、双向隔离DC/DC变换器和充放电控制器，蓄电池通过双隔离DC/DC变换器接入直流母线，充放电控制器用于采集蓄电池的状态参数和控制双向隔离DC/DC变换器；所述的柴油发电机模块包括依次连接并最终接入直流母线的柴油发电机、整流电路和第二单向隔离DC/DC变换器；所述的能量管理系统分别通过总线与所述的第一单向隔离DC/DC变换器、MPPT控制器、充放电控制器、第二单向隔离DC/DC变换器和柴油发电机连接，用于收集总线上所有设备的工作状态，在预设的运行模式下，下发调度指令。

[0014] 设E_{ES}为蓄电池当前剩余容量；E_{ES_MIN}和E_{ES_MAX}分别为蓄电池容量下限和上限；P_{PV_0}、

P_{DE_O}分别为光伏发电模块、柴油发电机的输出功率；P_{ES_O}和P_{ES_I}分别为蓄电池输出功率和吸收功率；P_L为负载所需要的功率。

[0015] 所述的预设的运行模式包括：

模式1、光伏发电为主导的运行模式：

当光伏发电模块的输出功率大于负载的用电需求和蓄电池最大吸收功率的总和(即$P_{PV_O} > P_{ES_I} + P_L$)，控制光伏发电模块脱离MPPT状态，且限制光伏发电模块的输出功率等于负载的用电需求和蓄电池最大吸收功率的总和(即$P_{PV_O} = P_{ES_I} + P_L$)，给负载供电，同时向蓄电池充电，直至蓄电池充满(即$E_{ES} = E_{ES_MAX}$)，此时控制光伏发电模块脱离MPPT状态，且限制光伏发电模块的输出功率等于负载的用电需求(即$P_{PV_O} = P_L$)，给负载供电并使蓄电池处于浮充状态；

模式2：蓄电池为主导的运行模式：

模式2-1：当光伏发电模块的输出功率大于负载的用电需求(即$P_{PV_O} > P_L$)，且小于负载的用电需求和蓄电池最大吸收功率的总和(即$P_{PV_O} < P_{ES_I} + P_L$)，控制光伏发电模块工作在MPPT模式，给负载供电，同时给蓄电池充电；

模式2-2：当光伏发电模块的输出功率小于负载的用电需求，且光伏发电模块的输出功率和蓄电池的输出功率总和大于或等于负载的用电需求(即$P_{PV_O} + P_{ES_O} >= P_L$)，此时控制光伏发电模块工作在MPPT模式，且蓄电池向负载供电；

模式3：柴油机为主导的运行模式：

当光伏发电模块的输出功率和蓄电池的输出功率总和小于负载的用电需求(即$P_{PV_O} + P_{ES_O} < P_L$)，此时控制光伏发电模块工作在MPPT模式，蓄电池向负载供电，且启动柴油发电机发电，即$P_{PV_O} + P_{ES_O} + P_{DE_O} = P_L$；

当蓄电池剩余容量为最小值无法放电时(即$E_{ES} = E_{ES_MIN}$)，切断蓄电池与直流母线的连接。通常情况下，需要光伏发电模块适当给蓄电池充电后，再切除蓄电池与直流母线的连接，并保持柴油发电机发电，使$P_{PV_O} + P_{DE_O} = P_L$。

[0016] 进一步的，所述的光伏供电模块包括串联或并联的光伏阵列。

[0017] 三种模式根据直流母线的电压实现切换，从而控制直流母线电压的稳定，这就是直流母线电压控制。

[0018] 同时，能量管理系统控制统揽全局，由于第一单向隔离DC/DC变换器及MPPT控制器、双向隔离DC/DC变换器及其充放电控制器、第二单向隔离DC/DC变换器等通过总线连接到能量管理系统，它们既起到控制变换的作用，又要通过总线向能量管理系统上报自己所属的那一部分的运行状态参数。能量管理系统通过自上而下的决断仲裁机制可以实现光伏、柴油互补供电的整体优化控制。通过通信总线下发调度指令，调整系统中各单元，可以实现光伏发电最大能量捕获、蓄电池剩余电量管理、子单元切入切出、系统监控与保护等系统级功能。

[0019] 三种模式彼此自由切换是根据直流母线的电压的变动，设定V_H为直流母线电压允许变动的最大值，V_L为母线电压允许变动的最小值，V_M为直流母线电压的标准值，V_T为直流母线电压的当前检测值。

[0020] 如图2所示，当供电系统工作在模式2下时，理想零界状态下，蓄电池既不输出功率也不吸收功率。当光伏发电输出功率突然下降时，蓄电池输出功率陡然增加，直至达到其最

大输出功率后不再继续增加输出功率，供电系统工作在模式2-2。若此时系统中光伏发电模块和蓄电池的输出功率总和仍无法满足负载功率需求，导致母线电压开始下降，柴油发电机启动为负载供电，维持供电系统母线电压$V_T > V_L$，系统由模式2逐步切换到模式3。若此时蓄电池耗尽其电量，则母线电压会进一步下降，柴油发电机增加输出功率以维持功率平衡，直到光伏发电恢复原来状态后，供电系统会由模式3向模式2转换，此过程和模式2逐步切换到模式3类似，不再赘述。

[0021] 供电系统运行在模式2时，母线电压由蓄电池控制在$V_T = V_M$，此时光伏发电工作在MPPT状态。当光伏发电输出功率突然增加时，蓄电池吸收功率陡然增加，直至达到其最大吸收功率后不再继续增加吸收功率，供电系统工作在模式2-1。此时系统仍有多余功率无法吸收，导致母线电压开始升高，系统由模式2逐步切换到模式1 ，光伏发电脱离MPPT状态，限制功率输出，控制母线电压$V_T < V_H$。直到光伏发电恢复原来状态后，供电系统会由模式1向模式2转换，此过程和模式2逐步切换到模式1类似，不再赘述。

[0022] 基于直流母线电压的控制保证供电系统在三种不同运行模式实现自由切换，使得供电系统能够维持直流母线电压的稳定，负载能正常工作；双向DC/DC变换器的使用，让蓄电池的充放电得以实现独立控制，极大的延长了蓄电池的使用寿命。

[0023] 能量管理系统统揽全局，通过总线与太阳能光伏发电单向隔离DC/DC变换器及其控制器、蓄电池双向隔离DC/DC变换器及其充放电控制器、柴油发电单向隔离DC/DC逆变器及其控制器等相连。各变换器通过总线向能量管理系统传递自己所属部分的运行状态参数。这样，能量管理系统根据各个部分的运行状态和参数，通过自上而下的决断仲裁机制，利用一定的控制规则来控制各个部分的有序运行，可以实现光伏、柴油互补供电的整体优化控制。通过通信总线下发调度指令，调整系统中各单元，可以实现光伏发电最大能量捕获、蓄电池剩余电量管理、子单元切入切出、系统监控与保护等系统级功能。

[0024] 以上实施例仅用于说明本发明的设计思想和特点，其目的在于使本领域内的技术人员能够了解本发明的内容并据以实施，本发明的保护范围不限于上述实施例。所以，凡依据本发明所揭示的原理、设计思路所作的等同变化或修饰，均在本发明的保护范围之内。

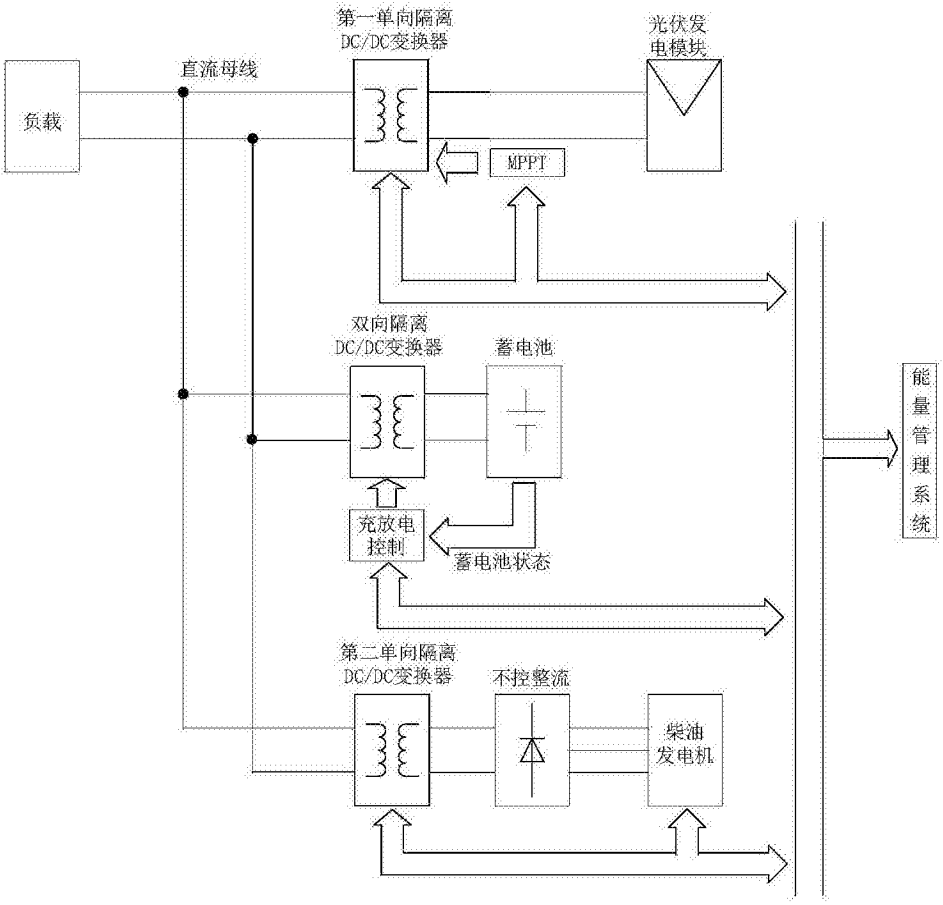

第一单向隔离
DC/DC变换器
光伏发
电模块
直流母线
负载
MPPT
双向隔离
DC/DC变换器
蓄电池
能量管理系统
充放电
控制
蓄电池状态
第二单向隔离
DC/DC变换器
不控整流
柴油
发电机

图1

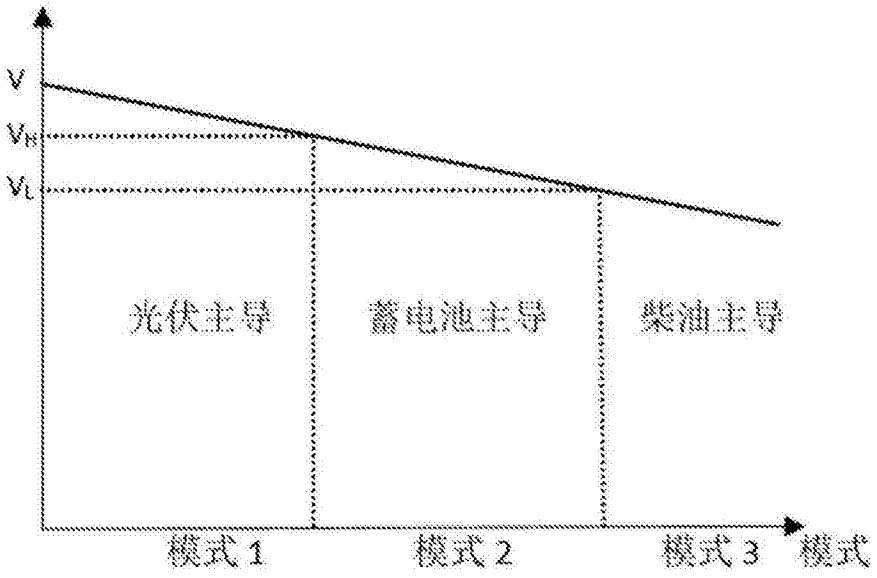

V
V_H
V_L
光伏主导
蓄电池主导
柴油主导
模式1
模式2
模式3
模式

图2