



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107733065 A

(43)申请公布日 2018.02.23

(21)申请号 201711147479.1

(22)申请日 2017.11.17

(71)申请人 南京理工大学

地址 210094 江苏省南京市玄武区孝陵卫
200号

申请人 中国人民解放军陆军工程大学

(72)发明人 王谱宇 解腾 宋锦元 吴鸣
于辉 顾欣欣 黄海 金建成
孔祥平

(74)专利代理机构 南京理工大学专利中心
32203

代理人 朱显国

(51) Int. Cl.

H02J 7/35(2006.01)

H02J 7/34(2006.01)

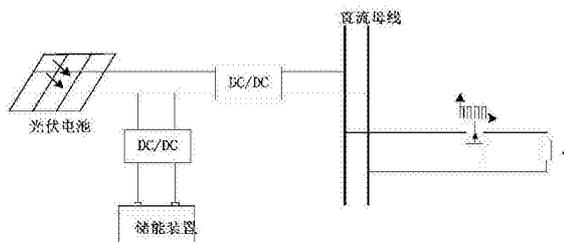
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54)发明名称

低光照条件下光伏电源混合储能系统及其
能量管理方法

(57)摘要

本发明公开了一种低光照条件下光伏电源混合储能系统及其能量管理方法。该系统包括光伏电池板、一个或两个双向DC-DC变换器、混合储能装置,其中光伏电池板通过串并联组成光伏电源,光伏电源输出的直流电通过DC-DC直接供给直流母线上的负荷,混合储能通过双向DC-DC变换器并在光伏电源侧。该能量管理方法采用滞环控制策略。本发明在低光照条件下,通过储能补偿提高了光伏发电的效率,同时太阳能输出的直流能量在满足负荷需求之余,还可供给储能设备充电;并且解决了传统控制策略下储能会出现功率振荡的问题。



1. 一种基于低光照条件下光伏电源混合储能系统,其特征在于,包括光伏电池板、一个或两个双向DC-DC变换器、混合储能装置,其中光伏电池板通过串并联组成光伏电源,光伏电源输出的直流电通过DC-DC直接供给直流母线上的负荷,混合储能通过双向DC-DC变换器并在光伏电源侧。

2. 根据权利要求1所述的基于低光照条件下光伏电源混合储能系统,其特征在于,所述混合储能装置包括蓄电池和超级电容。

3. 根据权利要求2所述的基于低光照条件下光伏电源混合储能系统,其特征在于,所述蓄电池为磷酸铁锂电池。

4. 根据权利要求2所述的基于低光照条件下光伏电源混合储能系统,其特征在于,根据双向DC-DC变换器的个数,以及与两种储能元件的不同组合,得到四种储能系统,分别为:

1) 只有一个双向DC-DC变换器的情况:

蓄电池通过变换器并在光伏电源侧,超级电容直接并在光伏电源侧;

超级电容器通过变换器并在光伏电源侧,蓄电池直接并在光伏电源侧;

2) 有两个双向DC-DC变换器的情况:

蓄电池和超级电容器分别通过对应变换器并在光伏电源侧;

蓄电池通过变换器与超级电容器并连,再并在光伏电源侧。

5. 基于权利要求1-4任意一项光伏电源混合储能系统的混合储能能量管理方法,其特征在于,依据蓄电池和超级电容剩余容量,设定三个区间,分别为高容量区间,正常容量区间和低容量区间,当蓄电池充电至剩余容量高于90%时进入高容量区间,从高容量区间放电至剩余容量80%以下进入正常容量区间,从正常容量区间放电至剩余容量低于25%进入低容量区间,从低容量区间充电至剩余容量高于35%以上进入正常容量区间;当超级电容充电至剩余容量高于95%时进入高容量区间,从高容量区间放电至剩余容量85%以下进入正常容量区间,从正常容量区间放电至剩余容量低于15%进入低容量区间,从低容量区间充电至剩余容量高于25%以上进入正常容量区间;当蓄电池或超级电容剩余容量处于低容量区间时,蓄电池或超级电容以恒功率或恒流的方式进行充电,当剩余容量恢复到正常容量区间后,再次切换到正常模式。

低光照条件下光伏电源混合储能系统及其能量管理方法

技术领域

[0001] 本发明涉及光伏电源技术,特别是涉及一种低光照条件下光伏电源混合储能系统及其能量管理方法。

背景技术

[0002] 在能源枯竭与环境污染问题日益严重的今日,太阳能作为一种清洁无污染、供应持久、分布广泛的新型能源已受到世界各国的广泛关注,光伏发电已成为可再生能源领域最具大规模开发利用前景的发电方式之一。

[0003] 光伏发电系统输出特性受自然光照射的影响较大,而自然光照度存在一定的随机性,在黄昏、阴雨、雾霾等低光照气象条件下,由于太阳照度较低,光伏组件输出功率较低,特别是当光伏电池板输出电流不足以启动DC-DC变换器时,光伏发电系统无电能输出,造成光伏电池板转换的电能无法输出,进而导致“弃光”现象发生。为了解决这一问题,提升光伏发电效率,现有技术普遍采用在光伏侧添加储能装置,从而使能量具有可调度性,即既能够满足低光照条件下的能量释放,又能够满足能量富足时的能量收集。然而储能装置的种类有很多,采用单一储能设备存在成本高、体积大、寿命短等问题,如何选择合适的储能装置已成为人们的研究热点。

[0004] 储能系统剩余容量异常时,传统能量管理算法将进行工作模式切换。例如,当蓄电池剩余容量正常,而超级电容剩余容量偏低时,传统能量管理算法会将超级电容转为充电模式。若储能系统以恒功率放电,而超级电容初始剩余容量偏低,采用传统能量管理算法则首先切换到超级电容充电模式,在充电的这段时间超级电容将失去吸收或释放高频功率的能力。当超级电容剩余容量恢复正常时,由于整个储能系统仍处于放电模式,因此超级电容放电,剩余容量降低,如此反复会产生振荡,不能够综合考虑储能系统剩余容量、分布式电源输出强弱。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种光伏电源与储能的结构设计方式及其储能的能量管理算法,从而实现在低光照条件下仍可有效利用光伏发电。

[0006] 实现本发明目的的技术解决方案为:一种基于低光照条件下光伏电源混合储能系统,包括光伏电池板、一个或两个双向DC-DC变换器、混合储能装置,其中光伏电池板通过串并联组成光伏电源,光伏电源输出的直流电通过DC-DC直接供给直流母线上的负荷,混合储能通过双向DC-DC变换器并在光伏电源侧。光照充足时,光伏电源输出的直流电在满足负荷需求之余,还可供给混合储能充电,低光照条件下时,混合储能通过放电对光伏电源进行补偿,在夜间、阴雨天气时,混合储能还可以单独发电满足负荷需求。

[0007] 光伏电源混合储能系统的混合储能能量管理方法,采用滞环控制,具体为:当蓄电池充电至剩余容量高于90%时才进入高剩余容量区间,而蓄电池从高剩余容量区间放电至剩余容量80%以下才进入正常区间;从低剩余容量区间充电至剩余容量高于35%以上进入

正常剩余容量区间,而从正常区间放电至剩余容量低于 25%进入低剩余容量区间;当超级电容充电至剩余容量高于95%时进入高剩余容量区间,从高剩余容量区间放电至剩余容量85%以下进入正常区间,从低剩余容量区间充电至剩余容量高于25%以上进入正常剩余容量区间,而从正常区间放电至剩余容量低于15%进入低剩余容量区间;当蓄电池或超级电容剩余容量处于低剩余容量区间时,蓄电池或超级电容以恒功率或恒流的方式进行充电,当剩余容量恢复到正常区间后,再次切换到正常模式。

[0008] 本发明与现有技术相比,其显著优点:(1)本发明系统采用有源式并联结构,保证在光伏组件输出能量较低时,其电能够输出到负载侧,提高了低光照条件下光伏组件的利用率。(2)本发明系统储能设备采用磷酸铁锂电池和超级电容混合储能的方式,二者相互配合,具有高经济性与良好的可靠性。(3)本发明储能系统SOC采用滞环控制策略,避免储能系统在传统控制策略下临界点振荡问题。

附图说明

[0009] 图1是光伏储能系统发电结构图。

[0010] 图2是混合储能系统结构图。

[0011] 图3是传统储能控制策略

[0012] 图4是蓄电池剩余容量区间滞环控制图。

[0013] 图5是超级电容剩余容量区间滞环控制图。

具体实施方式

[0014] 下面结合附图对本发明作进一步描述。

[0015] 1、光伏发电系统结构的设计

[0016] 如图1所示,基于低光照条件下光伏电源混合储能系统,包括光伏电池板、一个或两个双向DC-DC变换器、混合储能装置,其中光伏电池板通过串并联组成光伏电源,光伏电源输出的直流电通过DC-DC直接供给直流母线上的负荷,混合储能通过双向DC-DC变换器并在光伏电源侧。光照充足时,光伏电源输出的直流电在满足负荷需求之余,还可供混合储能充电,低光照条件下时,混合储能通过放电对光伏电源进行补偿,在夜间、阴雨天气时,混合储能还可以单独发电满足负荷需求。

[0017] 2、储能装置的选择

[0018] 储能装置采用超级电容和蓄电池的混合储能,其中磷酸铁锂电池具有能量密度高、成本低等优点,但是充电电流小、时间常数大;而超级电容的功率密度高、充放电电流大、响应速度快,但价格偏高。考虑到经济性、可靠性等因素,本系统采用磷酸铁锂电池和超级电容混合储能的方式。

[0019] 通过将两种储能元件进行不同的组合可得到多种储能结构,如直接接入电网、通过电感或电力变换器接入电网,具体结构如附图2所示。

[0020] 图2(a)为磷酸铁锂电池通过变换器接入电网,该结构便于超级电容对直流母线能量进行快速补充和动态存储,可以减小蓄电池承担的功率波动,有利于延长蓄电池寿命。但这样就要求配置较大容量的超级电容器,储能成本增加;

[0021] 图2(b)为超级电容器通过变换器接入电网,该结构虽然通过双向变换器的恒压输

出控制解决了超级电容器端电压变化较大带来的问题,但蓄电池电压与直流母线电压需在同一等级,而且蓄电池仍然要承担一定的高频电流波动;

[0022] 图2(c)为磷酸铁锂电池和超级电容器均通过变换器接入电网,该结构可通过合理设计变换器的控制策略,控制两个储能设备输入/输出功率的大小,来满足系统对储能装置功率输出的要求,具有高效灵活的特点;

[0023] 图2(d)为磷酸铁锂电池通过变换器与超级电容器并网,再接入电网,超级电容器可快速充放电,该结构可适应功率频繁大幅度波动的负载,且磷酸铁锂电池通过变换器输送电能,即可以向超级电容器充电,也可向电网提供电能,供电方式灵活。

[0024] 3、储能系统能量管理算法

[0025] 储能系统剩余容量异常时,传统能量管理算法将进行工作模式切换。例如,当蓄电池剩余容量正常,而超级电容剩余容量偏低时(M_{NL} 模式),传统能量管理算法会将超级电容转为充电模式,如附图3所示。此时超级电容将以恒功率或恒流的方式进行充电,失去吸收或释放高频功率的能力,而剩余容量恢复到正常区间后,将再次切换到正常模式。

[0026] 若储能系统以恒功率放电,而超级电容初始剩余容量偏低,采用传统能量管理算法则首先切换到超级电容充电模式,在充电的这段时间超级电容将失去吸收或释放高频功率的能力。当超级电容剩余容量恢复正常时,由于整个储能系统仍处于放电模式,因此超级电容放电,剩余容量降低,如此反复会产生振荡。

[0027] 为避免储能系统在临界点产生振荡,本发明针对储能系统SOC采用滞环控制,蓄电池和超级电容剩余容量区间滞环控制方法分别如附图4、附图5所示。依据蓄电池和超级电容剩余容量,设定三个区间,分别为高容量区间,正常容量区间和低容量区间,当蓄电池充电至剩余容量高于90%时进入高容量区间,从高容量区间放电至剩余容量80%以下进入正常容量区间,从正常容量区间放电至剩余容量低于25%进入低容量区间,从低容量区间充电至剩余容量高于35%以上进入正常容量区间;当超级电容充电至剩余容量高于95%时进入高容量区间,从高容量区间放电至剩余容量85%以下进入正常容量区间,从正常容量区间放电至剩余容量低于15%进入低容量区间,从低容量区间充电至剩余容量高于25%以上进入正常容量区间。由蓄电池和超级电容剩余容量不同区间的定义,储能系统的工作模式可以分为 M_{LL} 、 M_{LN} 、 M_{LH} 、 M_{NL} 、 M_{NN} 、 M_{NH} 、 M_{HL} 、 M_{HN} 、 M_{HH} 九种模式,如下表所示。

[0028] 表1 储能系统工作模式表

		SOC _{sc}		
		低	正常	高
SOC _{batt}		<15%	25%~85%	>95%
[0029]	低 <25%	M_{LL}	M_{LN}	M_{LH}
	正常 35~80%	M_{NL}	M_{NN}	M_{NH}
	高 >90%	M_{HL}	M_{HN}	M_{HH}

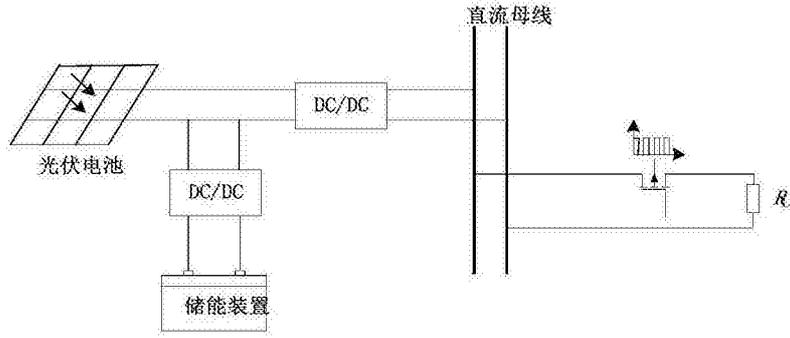


图1

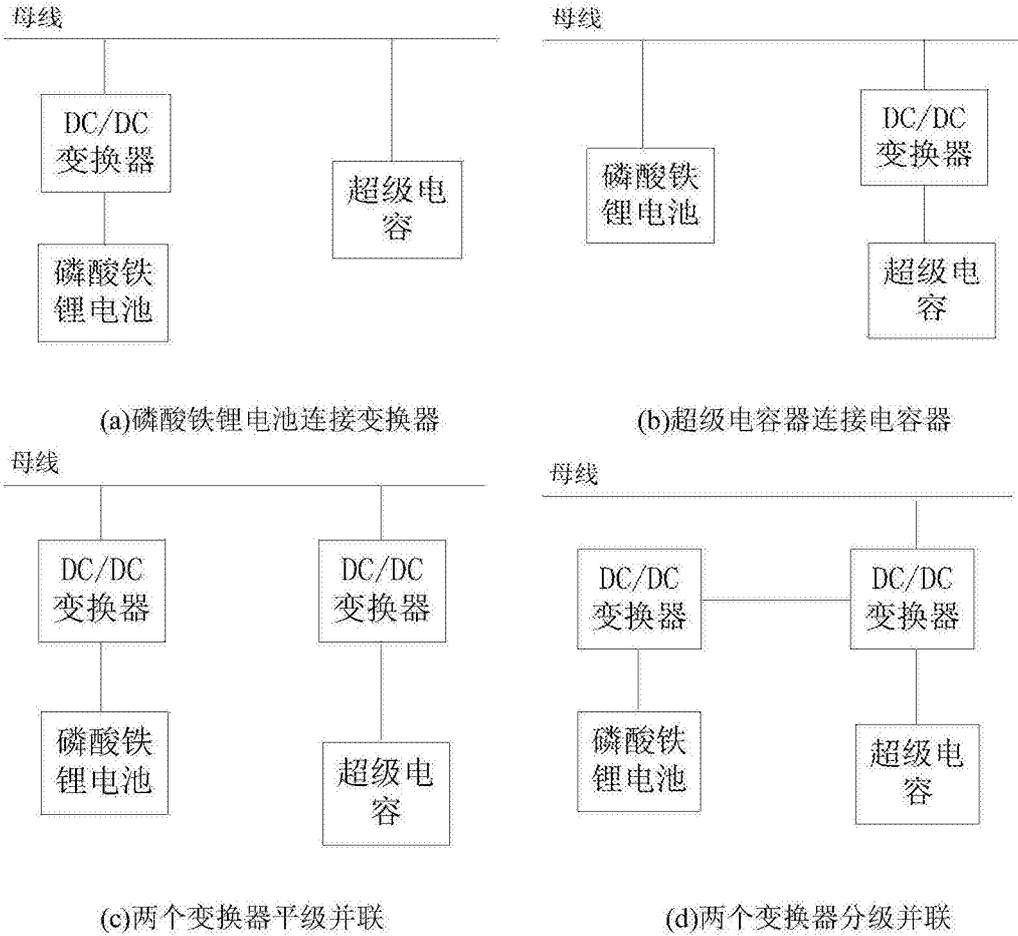


图2

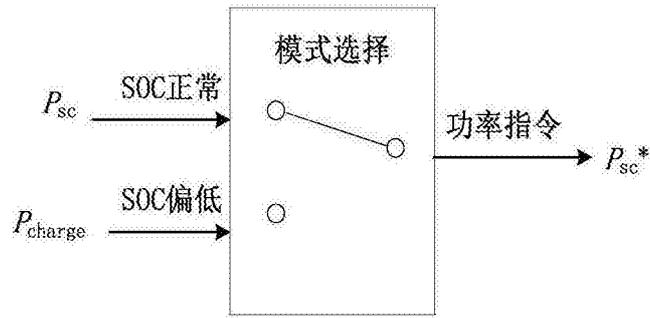


图3

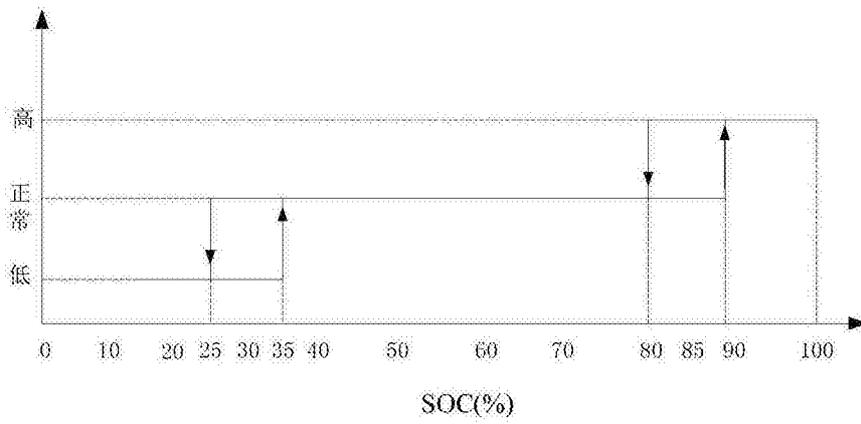


图4

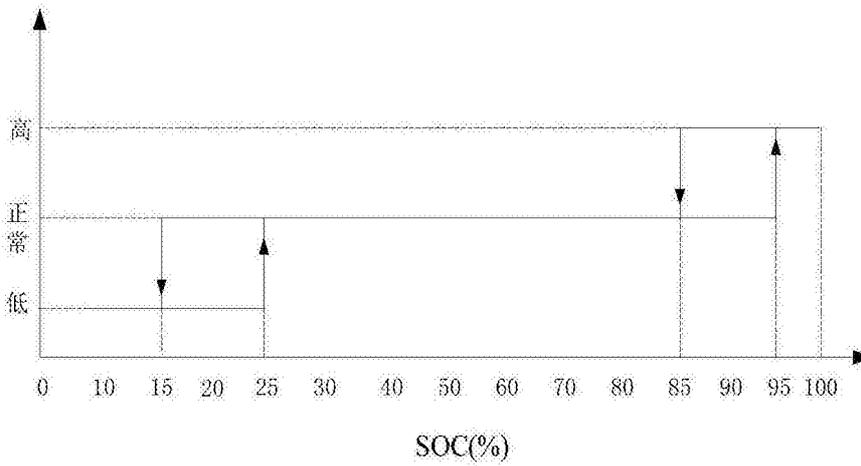


图5