



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110867897 A

(43)申请公布日 2020.03.06

(21)申请号 201911188421.0

G05F 1/67(2006.01)

(22)申请日 2019.11.28

(71)申请人 云南电网有限责任公司电力科学研究院

地址 650217 云南省昆明市经济技术开发区云大西路105号

申请人 云南电网有限责任公司大理供电局

(72)发明人 苏适 陆海 罗恩博 杨洲 李翔 杨洋 张旭东

(74)专利代理机构 北京弘权知识产权代理事务所(普通合伙) 11363

代理人 逯长明 许伟群

(51)Int.Cl.

H02J 3/38(2006.01)

H02J 3/32(2006.01)

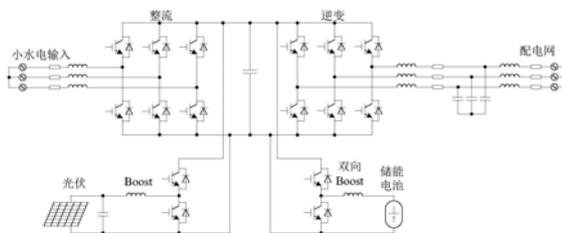
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种多端口能量路由器多模态下的协调控制策略

(57)摘要

本发明公开了一种多端口能量路由器多模态协调控制策略。多端口能量路由器实质是一种基于电力电子变压器拓扑结构发展的新型电能变换装置,实现对水电、太阳能等新能源的输送与消纳功能。能量路由器共有四个连接端口,含水电端口、光伏端口、储能端口和并网端口。四个端口协同运行,上层能量管理系统采用多模态协调控制策略,对各个端口下发指令,各端口接受并执行指令,实现由水电端口和光伏端口向能量路由器输送能量,并网端口将能量输出至电网,储能端口输出功率视功率差值而定维持系统平衡的功能。



1. 一种多端口能量路由器多模态下的协调控制策略,其特征在于:包含以下步骤:

步骤1:状态信息判断;

步骤2:多模态控制策略;

步骤3:各端口指令执行;指令设定并下发后,由各个端口进行指令的执行。

2. 根据权利要求1所述的一种多端口能量路由器多模态下的协调控制策略,其特征在于,所述步骤1具体实现方法为:根据储能电池SOC值判断当前电池状态,当SOC值大于0.8时,电池处于可放电不可充电状态,当SOC值小于0.2时,电池处于可充电不可放电状态,当SOC值处于0.2至0.8之间,电池处于即可充电也可放电状态;

判断光伏端口最大输出功率是否满足上层功率指令的需求;根据前述判断信息,对光伏端口、储能端口和水电端口进行控制指令设定;能量路由器多模态下的协调控制以表格形式列出。

3. 根据权利要求1所述的一种多端口能量路由器多模态下的协调控制策略,其特征在于,所述步骤2的具体实现方法为:考虑实际应用场景中各个端口多种运行状态,划分出七种模态,给出多模态下的协调控制策略,对各端口下发指令,七种模态及控制策略如下:

模态一:若光伏发电系统保持在最大功率追踪模态,却仍无法满足上层功率指令 P_1 的需求,且储能系统处于放电下限,此时小水电输出功率以满足功率指令需求;则此时设定光伏端口保持MPPT模式,最大功率输出 P_{PV} ,水电端口采用恒直流母线电压控制模式,功率输出为 $P_1 - P_{PV}$;

模态二:若光伏发电系统保持在最大功率追踪模态,输出功率大于上层功率指令 P_1 的需求,且储能系统处于放电下限,此时对储能单元进行充电操作,小水电输出功率视各功率差值而定维持系统平衡;则此时设定光伏端口保持MPPT模式,最大功率输出 P_{PV} ,储能端口保持恒功率充电模式,充电功率 P_s ,水电端口采用恒直流母线电压控制模式,功率输出为 $P_s + P_1 - P_{PV}$;

模态三:若储能系统处于充放电上下限之间,允许充放电,此时光伏发电系统保持在最大功率追踪模态,却仍无法满足上层功率指令 P_1 的需求,储能和小水电一起出力保持系统功率指令需求;则此时设定光伏端口保持最大功率输出模式,最大功率输出 P_{PV} ,储能端口保持恒功率放电模式,放电功率 P_s ,水电端口采用恒直流母线电压控制模式,功率输出为 $P_1 - P_{PV} - P_s$;

模态四:若储能系统处于充放电上下限之间,允许充放电行为,光伏发电系统保持在最大功率追踪模态,输出功率大于上层功率指令 P_1 的需求,此时对储能单元进行充电操作,小水电输出功率视各功率差值而定维持系统平衡;则此时设定光伏端口保持最大功率输出模式,最大功率输出 P_{PV} ,储能端口保持恒功率充电模式,充电功率 P_s ,水电端口采用恒直流母线电压控制模式,功率输出为 $P_s + P_1 - P_{PV}$;

模态五:若储能系统处于充电上限,不允许充电行为,此时光伏发电系统保持在最大功率追踪模态,却仍无法满足上层功率指令 P_1 的需求,储能和小水电一起出力保持系统功率指令需求;则此时设定光伏端口保持最大功率输出模式,最大功率输出 P_{PV} ,储能端口保持恒功率放电模式,放电功率 P_s ,水电端口采用恒直流母线电压控制模式,功率输出为 $P_1 - P_{PV} - P_s$;

模态六:若储能系统处于充电上限,不允许充电行为,光伏发电系统保持在最大功率追踪模态,输出功率大于上层功率指令 P_1 的需求,若此时水电端口不动作,则此时分布式发电

系统若工作于最大功率追踪状态,将出现产能过剩,但由于储能系统处于截止状态,无法投入充电;则此时设定光伏端口工作于恒功率输出模式,输出功率 P_1 ,储能和水电端口均不动作;

模态七:若储能系统处于充电上限,不允许充电行为,光伏发电系统保持在最大功率追踪模态,输出功率大于上层功率指令 P_1 的需求;为满足新能源最大利用率,光伏发电系统仍保持在最大功率追踪模态,多余能量通过水电接入端口馈入电网;此时设定光伏端口保持最大功率输出模式,最大功率输出 P_{PV} ,水电端口工作在逆变模式,恒功率回馈能量,功率输入为 $P_1 - P_{PV}$ 。

4. 根据权利要求1所述的一种多端口能量路由器多模态下的协调控制策略,其特征在于,所述步骤3的具体实现方法为:多端口能量路由器包含水电端口、光伏端口、储能端口和并网端口共四个连接端口;水电端口采用三相桥式PWM整流器将水电能量输入与直流母线相连,光伏端口采用DC/DC变换器将光伏阵列与直流母线相连,储能端口采用双向DC/DC变换器将储能电池与直流母线相连,并网端口采用三相桥式PWM逆变电路将直流母线与电网相连,四个端口共用一个直流母线,并行运行。

5. 根据权利要求3所述的一种多端口能量路由器多模态下的协调控制策略,其特征在于,所述各个端口控制方式如下:水电端口三相桥式PWM整流器:采用直流侧电压外环+电流内环控制,控制交流输入电流,实现期望功率传输;并网端口三相逆变器:执行上级的P、Q指令,采用PQ外环+电流内环控制,实现额定有功、无功传输,维持三相配电网电压的稳定;光伏DC/DC变换器:通过最大功率算法获取最大功率点,然后采用功率外环+电流内环控制,实现额定功率传输;储能DC/DC变换器:系统将根据直流侧电压值与储能电池SOC状态设定储能变换器的电流指令参考值,实现功率协同输出,维持直流母线电压稳定。

一种多端口能量路由器多模态下的协调控制策略

技术领域

[0001] 本发明涉及电能变换领域,特别涉及一种多端口能量路由器多模态下的协调控制策略。

背景技术

[0002] 随着全球化石能源短缺和环境污染问题日益严重,新能源发电技术的日益提升,全球对新能源的重视程度逐渐提高。传统的火力发电的方式凭借可靠、易行的特点,在发电系统中占比较大。但火力发电的方式电能转化效率较低,并且对环境的污染程度较大。随着社会对可持续发展战略和环境重视程度的提升,对环境友好的可再生能源逐渐出现在人类的视野里。相较于煤、石油、天然气等化石能源,风能、太阳能等可再生能源更为清洁,且可再生能源有极大的储备,可以很好的缓解社会的能源不足的问题。而储能技术和新能源发电技术的不断发展,传统的、单一的集中式发电逐渐开始向分布式与集中式并存的发电方式转变,电能的单向流动方式也渐渐变为多向流动方式。但新能源具有间歇性、随机性和地理分散性等缺点,在将单个新能源发电并入电网时,可能出现用户侧用电量增加,接入的新能源输送功率不足的情况;也可能出现用户侧用电量减小,电网输送的电能无法被利用的情况,而接入的新能源无法实现能量的双向流动。为解决这些问题,能量路由器这一概念应运而生,所谓能量路由器,即实现能量多端口接入,能量双向流动或多向流动,提供交直流接口和调压功能等。国内外对于能量路由器装置的拓扑结构研究较多,并取得了一定的研究成果。

发明内容

[0003] 为了实现能量路由器的高效正常投运,针对现有技术的不足,本发明提出了一种多端口能量路由器多模态下的协调控制策略。

[0004] 一种多端口能量路由器多模态下的协调控制策略,包含以下步骤:

[0005] 步骤1:状态信息判断

[0006] 本发明提出的多模态协调控制策略针对不同模态,首先根据储能电池SOC值判断当前电池状态,当SOC值大于0.8时,电池处于可放电不可充电状态,当SOC值小于0.2时间,电池处于可充电不可放电状态,当SOC值处于0.2至0.8之间,电池处于即可充电也可放电状态;其次,判断光伏端口最大输出功率是否满足上层功率指令的需求。

[0007] 步骤2:多模态控制策略

[0008] 针对能量路由器多种模态下的控制策略,具体表现为(并网端口逆变器始终保持PQ控制策略):

[0009] 模态一:若光伏发电系统保持在最大功率追踪模态,却仍无法满足上层功率指令 P_1 的需求,且储能系统处于放电下限,此时小水电输出功率以满足功率指令需求;则此时设定光伏端口保持MPPT模式,最大功率输出 P_{PV} ,水电端口采用恒直流母线电压控制模式,功率输出为 $P_1 - P_{PV}$;

[0010] 模态二:若光伏发电系统保持在最大功率追踪模态,输出功率大于上层功率指令 P_1 的需求,且储能系统处于放电下限,此时对储能单元进行充电操作,小水电输出功率视各功率差值而定维持系统平衡;则此时设定光伏端口保持MPPT模式,最大功率输出 P_{PV} ,储能端口保持恒功率充电模式,充电功率 P_s ,水电端口采用恒直流母线电压控制模式,功率输出为 $P_s+P_1-P_{PV}$;

[0011] 模态三:若储能系统处于充放电上下限之间,允许充放电,此时光伏发电系统保持在最大功率追踪模态,却仍无法满足上层功率指令 P_1 的需求,储能和小水电一起出力保持系统功率指令需求;则此时设定光伏端口保持最大功率输出模式,最大功率输出 P_{PV} ,储能端口保持恒功率放电模式,放电功率 P_s ,水电端口采用恒直流母线电压控制模式,功率输出为 $P_1-P_{PV}-P_s$;

[0012] 模态四:若储能系统处于充放电上下限之间,允许充放电行为,光伏发电系统保持在最大功率追踪模态,输出功率大于上层功率指令 P_1 的需求,此时对储能单元进行充电操作,小水电输出功率视各功率差值而定维持系统平衡;则此时设定光伏端口保持最大功率输出模式,最大功率输出 P_{PV} ,储能端口保持恒功率充电模式,充电功率 P_s ,水电端口采用恒直流母线电压控制模式,功率输出为 $P_s+P_1-P_{PV}$;

[0013] 模态五:若储能系统处于充电上限,不允许充电行为,此时光伏发电系统保持在最大功率追踪模态,却仍无法满足上层功率指令 P_1 的需求,储能和小水电一起出力保持系统功率指令需求;则此时设定光伏端口保持最大功率输出模式,最大功率输出 P_{PV} ,储能端口保持恒功率放电模式,放电功率 P_s ,水电端口采用恒直流母线电压控制模式,功率输出为 $P_1-P_{PV}-P_s$;

[0014] 模态六:若储能系统处于充电上限,不允许充电行为,光伏发电系统保持在最大功率追踪模态,输出功率大于上层功率指令 P_1 的需求,若此时水电端口不动作,则此时分布式发电系统若工作于最大功率追踪状态,将出现产能过剩,但由于储能系统处于截止状态,无法投入充电;则此时设定光伏端口工作于恒功率输出模式,输出功率 P_1 ,储能和水电端口均不动作;

[0015] 模态七:若储能系统处于充电上限,不允许充电行为,光伏发电系统保持在最大功率追踪模态,输出功率大于上层功率指令 P_1 的需求;为满足新能源最大利用率,光伏发电系统仍保持在最大功率追踪模态,多余能量通过水电接入端口馈入电网;此时设定光伏端口保持最大功率输出模式,最大功率输出 P_{PV} ,水电端口工作在逆变模式,恒功率回馈能量,功率输入为 P_1-P_{PV} 。

[0016] 步骤3:各端口指令执行

[0017] 指令设定并下发后,由各个端口进行指令的执行,各个端口控制方式如下:水电端口三相桥式PWM整流器:采用直流侧电压外环+电流内环控制,控制交流输入电流,实现期望功率传输;并网端口三相逆变器:执行上级的P、Q指令,采用PQ外环+电流内环控制,实现额定有功、无功传输,维持三相配电网电压的稳定;光伏DC/DC变换器:通过最大功率算法获取最大功率点,然后采用功率外环+电流内环控制,实现额定功率传输;储能DC/DC变换器:系统将根据直流侧电压值与储能电池SOC状态设定储能变换器的电流指令参考值,实现功率协同输出,维持直流母线电压稳定。

[0018] 本申请的有益效果:1、本发明提出的多端口能量路由器多模态下的协调控制策

略,考虑实际工况下水电、光伏和储能电池状态的变化因素,划分出不同运行模态,对各个模态采取不同的控制方式,有针对性地进行控制指令的下发。

[0019] 2、在进行控制策略执行时,本发明首先针对当前储能电池SOC状态和光伏最大输出功率进行判断,根据判断结果,进行下一步的指令操作,使得得出的指令能更为准确地控制当前各个端口的运行,提高了能量路由器的响应速度;根据本发明提出的控制策略,及时判断出储能电池可充电的系统模态,提高了储能端口的运行效率。

[0020] 3、本发明提出的多端口能量路由器多模态下的协调控制策略具有普适性,不同于现有控制策略针对固定情况下的适用性。本发明建立在一种多端口能量路由器的基础上,核心在于考虑运行的多中模态,针对各种模态分别进行控制,在适用于其他拓扑结构的能量路由器时,本发明依旧成立。

附图说明

[0021] 为了更清楚地说明本申请的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,对于本领域普通技术人员而言,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0022] 图1为为本发明涉及的一种能量路由器拓扑图;

[0023] 图2为本发明提出的控制策略向下发送指令示意图。

具体实施方式

[0024] 为了实现能量路由器的高效正常投运,针对现有技术的不足,本发明提出了一种多端口能量路由器多模态下的协调控制策略。

[0025] 一种多端口能量路由器多模态下的协调控制策略,包括以下步骤:

[0026] 步骤1:状态信息判断

[0027] 本发明提出的多模态协调控制策略针对不同模态,首先根据储能电池SOC值判断当前电池状态,当SOC值大于0.8时,电池处于可放电不可充电状态,当SOC值小于0.2时间,电池处于可充电不可放电状态,当SOC值处于0.2至0.8之间,电池处于即可充电也可放电状态;其次,判断光伏端口最大输出功率是否满足上层功率指令的需求;根据前述判断信息,对光伏端口、储能端口和水电端口进行控制指令设定;能量路由器多模态下的协调控制以表格形式列出如下(表中, P_1 为上层功率指令, P_{PV} 为光伏端口输出功率, P_s 为储能端口输出功率, P 为水电端口输出功率,MPPT为光伏最大功率追踪模态):

模态	蓄电池初始状态	系统状态	光伏输出	储能电池	水电端口
模态一	$SOC < 0.2$	$P_1 > P_{PV}$	MPPT	不动作	$P = P_1 - P_{PV}$
模态二	$SOC < 0.2$	$P_1 < P_{PV}$	MPPT	充电	$P = P_s + P_1 - P_{PV}$
[0028] 模态三	$0.2 < SOC < 0.8$	$P_1 > P_{PV}$	MPPT	放电	$P = P_1 - P_{PV} - P_s$
模态四	$0.2 < SOC < 0.8$	$P_1 < P_{PV}$	MPPT	充电	$P = P_s + P_1 - P_{PV}$
模态五	$SOC \geq 0.8$	$P_1 > P_{PV}$	MPPT	放电	$P = P_1 - P_{PV} - P_s$
模态六	$SOC \geq 0.8$	$P_1 < P_{PV}$	P_1	不动作	$P = 0$
模态七	$SOC \geq 0.8$	$P_1 < P_{PV}$	MPPT	不动作	$P = P_1 - P_{PV}$

[0029] 步骤2:多模态控制策略

[0030] 针对能量路由器多种模态下的控制策略,具体表现为(并网端口逆变器始终保持

PQ控制策略)：

[0031] 模态一：若光伏发电系统保持在最大功率追踪模态，却仍无法满足上层功率指令 P_1 的需求，且储能系统处于放电下限，此时小水电输出功率以满足功率指令需求；则此时设定光伏端口保持MPPT模式，最大功率输出 P_{PV} ，水电端口采用恒直流母线电压控制模式，功率输出为 $P_1 - P_{PV}$ ；

[0032] 模态二：若光伏发电系统保持在最大功率追踪模态，输出功率大于上层功率指令 P_1 的需求，且储能系统处于放电下限，此时对储能单元进行充电操作，小水电输出功率视各功率差值而定维持系统平衡；则此时设定光伏端口保持MPPT模式，最大功率输出 P_{PV} ，储能端口保持恒功率充电模式，充电功率 P_s ，水电端口采用恒直流母线电压控制模式，功率输出为 $P_s + P_1 - P_{PV}$ ；

[0033] 模态三：若储能系统处于充放电上下限之间，允许充放电，此时光伏发电系统保持在最大功率追踪模态，却仍无法满足上层功率指令 P_1 的需求，储能和小水电一起出力保持系统功率指令需求；则此时设定光伏端口保持最大功率输出模式，最大功率输出 P_{PV} ，储能端口保持恒功率放电模式，放电功率 P_s ，水电端口采用恒直流母线电压控制模式，功率输出为 $P_1 - P_{PV} - P_s$ ；

[0034] 模态四：若储能系统处于充放电上下限之间，允许充放电行为，光伏发电系统保持在最大功率追踪模态，输出功率大于上层功率指令 P_1 的需求，此时对储能单元进行充电操作，小水电输出功率视各功率差值而定维持系统平衡；则此时设定光伏端口保持最大功率输出模式，最大功率输出 P_{PV} ，储能端口保持恒功率充电模式，充电功率 P_s ，水电端口采用恒直流母线电压控制模式，功率输出为 $P_s + P_1 - P_{PV}$ ；

[0035] 模态五：若储能系统处于充电上限，不允许充电行为，此时光伏发电系统保持在最大功率追踪模态，却仍无法满足上层功率指令 P_1 的需求，储能和小水电一起出力保持系统功率指令需求；则此时设定光伏端口保持最大功率输出模式，最大功率输出 P_{PV} ，储能端口保持恒功率放电模式，放电功率 P_s ，水电端口采用恒直流母线电压控制模式，功率输出为 $P_1 - P_{PV} - P_s$ ；

[0036] 模态六：若储能系统处于充电上限，不允许充电行为，光伏发电系统保持在最大功率追踪模态，输出功率大于上层功率指令 P_1 的需求，若此时水电端口不动作，则此时分布式发电系统若工作于最大功率追踪状态，将出现产能过剩，但由于储能系统处于截止状态，无法投入充电；则此时设定光伏端口工作于恒功率输出模式，输出功率 P_1 ，储能和水电端口均不动作；

[0037] 模态七：若储能系统处于充电上限，不允许充电行为，光伏发电系统保持在最大功率追踪模态，输出功率大于上层功率指令 P_1 的需求；为满足新能源最大利用率，光伏发电系统仍保持在最大功率追踪模态，多余能量通过水电接入端口馈入电网；此时设定光伏端口保持最大功率输出模式，最大功率输出 P_{PV} ，水电端口工作在逆变模式，恒功率回馈能量，功率输入为 $P_1 - P_{PV}$ 。

[0038] 步骤3：各端口指令执行

[0039] 如图1所示，多端口能量路由器包含水电端口、光伏端口、储能端口和并网端口共四个连接端口；水电端口采用三相桥式PWM整流器将水电能量输入与直流母线相连，光伏端口采用DC/DC变换器将光伏阵列与直流母线相连，储能端口采用双向DC/DC变换器将储能电

池与直流母线相连,并网端口采用三相桥式PWM逆变电路将直流母线与电网相连,四个端口共用一个直流母线,并行运行。如图2所示,指令设定并下发后,由各个端口进行指令的执行,各个端口控制方式如下:水电端口三相桥式PWM整流器:采用直流侧电压外环+电流内环控制,控制交流输入电流,实现期望功率传输;并网端口三相逆变器:执行上级的P、Q指令,采用PQ外环+电流内环控制,实现额定有功、无功传输,维持三相配电网电压的稳定;光伏DC/DC变换器:通过最大功率算法获取最大功率点,然后采用功率外环+电流内环控制,实现额定功率传输;储能DC/DC变换器:系统将根据直流侧电压值与储能电池SOC状态设定储能变换器的电流指令参考值,实现功率协同输出,维持直流母线电压稳定。

[0040] 本领域技术人员在考虑说明书及实践这里公开的发明后,将容易想到本发明的其它实施方案。本申请旨在涵盖本发明的任何变型、用途或者适应性变化,这些变型、用途或者适应性变化遵循本发明的一般性原理并包括本发明未公开的本技术领域中的公知常识或惯用技术手段。说明书和实施例仅被视为示例性的,本发明的真正范围和精神由下面的权利要求指出。

[0041] 应当理解的是,本发明并不局限于上面已经描述并在附图中示出的精确结构,并且可以在不脱离其范围进行各种修改和改变。本发明的范围仅由所附的权利要求来限制。

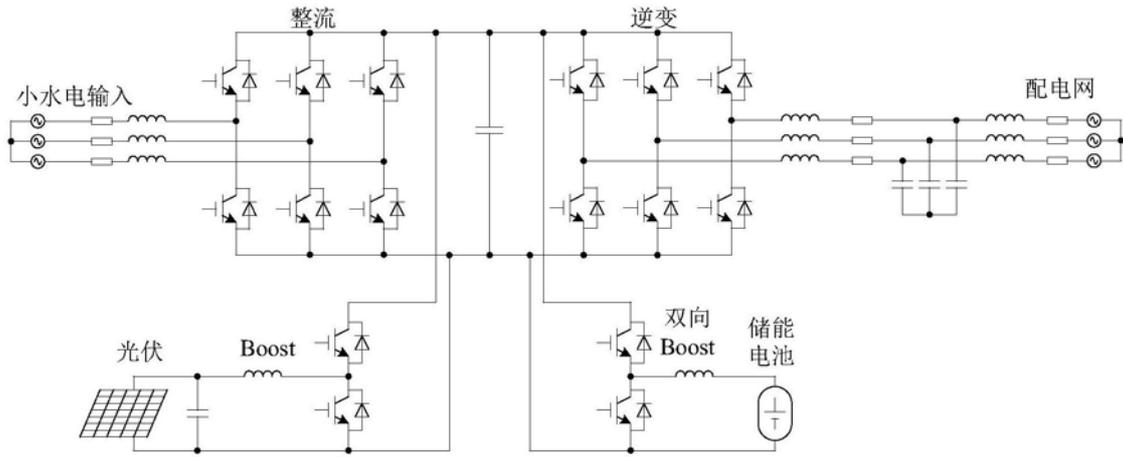


图1

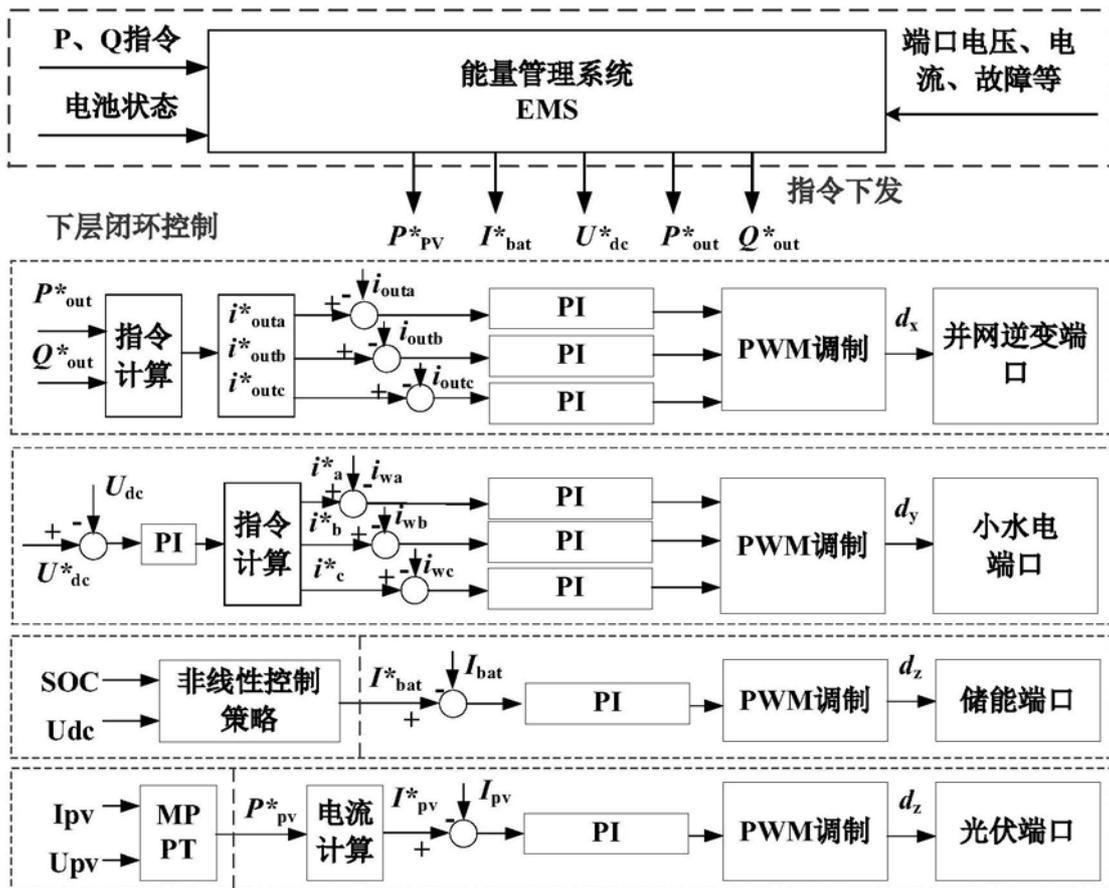


图2