



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108539774 A

(43)申请公布日 2018.09.14

(21)申请号 201810387220.2

(22)申请日 2018.04.26

(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 孙玉伟 赵晓兴 尹翔 刘邓华
姜坤

(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 孙方旭

(51)Int.Cl.

H02J 3/32(2006.01)

H02J 3/38(2006.01)

H02J 7/34(2006.01)

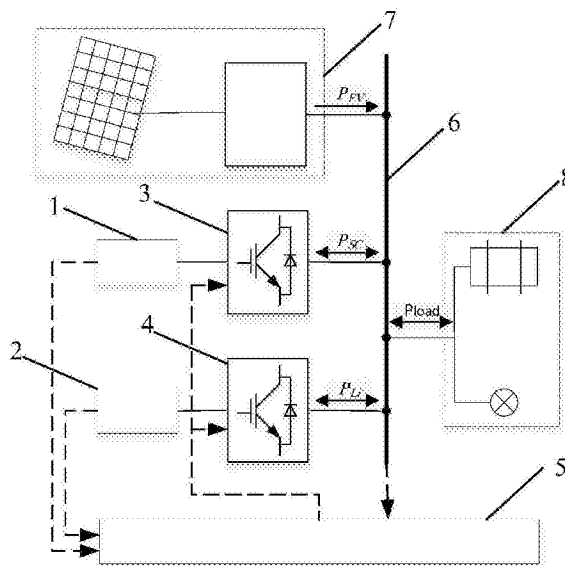
权利要求书2页 说明书6页 附图6页

(54)发明名称

太阳能空气动力艇混合储能装置能量管理
器

(57)摘要

本发明公开了一种太阳能空气动力艇混合
储能装置能量管理器,混合储能装置中锂电池模
组、超级电容模组分别通过其对应的锂电池DC/
DC双向变换器、超级电容DC/DC双向变换器并联
至直流母线,四级联动式能量管理器根据实时采
集的直流母线功率波动状况结合锂电池模组、超
级电容模组功率及荷电状态,经过四级功率优化
分配获得锂电池模组及超级电容模组储能运行
方案,并输出控制信号至对应的锂电池DC/DC双
向变换器、超级电容DC/DC双向变换器保证直流
母线的功率平衡,及时完成储能系统对负载模块
及光伏发电模块功率波动的补偿,保障太阳能空
气动力艇的高效运行。



1. 一种太阳能空气动力艇混合储能装置能量管理器,其特征在于,混合储能装置中包括锂电池模组、超级电容模组,锂电池模组、超级电容模组分别通过其对应的锂电池DC/DC双向变换器、超级电容DC/DC双向变换器并联至直流母线,四级联动式能量管理器接收锂电池模组、超级电容模组的电压、电流,计算二者的功率及荷电状态,锂电池DC/DC双向变换器、超级电容DC/DC双向变换器分别接收四级联动式能量管理器的控制信号,四级联动式能量管理器用于控制混合储能装置输出功率使之与直流母线要求的补偿功率相匹配。

2. 根据权利要求1所述的太阳能空气动力艇混合储能装置能量管理器,其特征在于,四级联动式能量管理器根据直流母线功率波动结合锂电池模组、超级电容模组功率及荷电状态,经过基于高低通滤波的补偿功率初次分配、基于超级电容器SOC的补偿功率再分配、过充过放协调控制、瞬时最大充放电功率限制的四级功率分配,获得锂电池模组及超级电容模组的控制信号。

3. 根据权利要求2所述的太阳能空气动力艇混合储能装置能量管理器,其特征在于,所述经过基于高低通滤波的补偿功率初次分配,具体为锂电池模组和超级电容模组功率预分配;所述基于超级电容器SOC值的补偿功率再分配,具体为在保证混合储能装置功率不变的前提下,根据超级电容模组荷电状态调整滤波时间常数在预分配的基础上进行第二次功率分配;过充过放协调控制,具体为根据锂电池模组荷电状态限制和超级电容模组荷电状态限制的约束对第二次分配的功率进行第三次分配;瞬时最大充放电功率限制,具体为根据锂电池模组最大充放电功率和超级电容模组最大充放电功率的约束对第三次分配的功率进行第四次分配。

4. 根据权利要求3所述的太阳能空气动力艇混合储能装置能量管理器,其特征在于,基于高低通滤波的补偿功率初次分配结束后,锂电池初次分配功率 P_{Li1} 为:

$$P_{Li1} = P_{HESE} \cdot \frac{1}{st_s + 1}$$

超级电容初次分配功率 P_{SC1} 为:

$$P_{SC1} = P_{HESE} \cdot \frac{st_s}{st_s + 1}$$

式中: s 为拉氏变换复变量, t_s 为低通滤波时间常数,根据锂电池需要补偿的功率的频率选取, P_{HESE} 为混合储能装置补偿功率。

5. 根据权利要求3所述的太阳能空气动力艇混合储能装置能量管理器,其特征在于,基于超级电容器SOC的补偿功率再分配过程结束后,锂电池模组二次分配功率 P_{Li2} 为:

$$P_{Li2} = P_{HESE} \cdot \frac{1}{s(st_s + \Delta T) + 1}$$

超级电容模组二次分配功率 P_{SC2} 为:

$$P_{SC2} = P_{HESE} \cdot \frac{s(st_s + \Delta T)}{s(st_s + \Delta T) + 1}$$

式中: ΔT 为低通滤波时间常数调整值。

6. 根据权利要求3所述的太阳能空气动力艇混合储能装置能量管理器,其特征在于,过充过放协调控制过程结束后,锂电池模组三次分配功率 P_{Li3} 为:

$$P_{Li3} = \begin{cases} P_{Li2} \cdot \max \left\{ 0, \frac{SOC_{Li} - SOC_{min}}{SOC_{low} - SOC_{min}} \right\}; P_{Li2} > 0 \\ P_{Li2} \cdot \max \left\{ 0, \frac{SOC_{max} - SOC_{Li}}{SOC_{max} - SOC_{high}} \right\}; P_{Li2} < 0 \end{cases}$$

式中 SOC_{max} 、 SOC_{high} 、 SOC_{low} 、 SOC_{min} 、 SOC_{Li} 分别为锂电池模组的禁止充电限值、放电警戒限值、充电警戒限制、禁止充电限值、实时荷电状态；

超级电容模组三次分配功率 P_{SC3} 为：

$$P_{SC3} = \begin{cases} P_{SC2} \cdot \max \left\{ 0, \frac{SOC_{SC} - SOC_{min}}{SOC_{low} - SOC_{min}} \right\}; P_{Li2} > 0 \\ P_{SC} \cdot \max \left\{ 0, \frac{SOC_{max} - SOC_{SC}}{SOC_{max} - SOC_{high}} \right\}; P_{Li2} < 0 \end{cases}$$

式中 SOC_{max} 、 SOC_{high} 、 SOC_{low} 、 SOC_{min} 、 SOC_{SC} 分别为超级电容模组禁止充电限值、放电警戒限值、充电警戒限制、禁止充电限值、实时荷电状态。

7. 根据权利要求3所述的太阳能空气动力艇混合储能装置能量管理器，其特征在于，瞬时最大充放电功率限制过程结束后，锂电池模组四次分配功率 P_{Li4} 为：

$$P_{Li4} = \begin{cases} P_{Li\max-d}; P_{Li4} > P_{Li\max-d} \\ P_{Li\max-c}; P_{Li4} < P_{Li\max-c} \end{cases}$$

超级电容模组四次分配功率 P_{SC4} 为：

$$P_{SC4} = \begin{cases} P_{HESE} - P_{Li4}; P_{SC3} > 0, SOC_{SC} < SOC_{low} \text{ 或 } P_{SC3} < 0, SOC_{SC} < SOC_{high} \\ P_{SC\max-c}; P_{SC3} < 0, SOC_{Li} > SOC_{high} \\ P_{SC3}; P_{SC3} > 0, SOC_{SC} \leq SOC_{low} \text{ 或 } P_{SC3} < 0, SOC_{SC} \geq SOC_{high} \\ P_{SC\max-d}; P_{SC3} > 0, SOC_{Li} < SOC_{low} \end{cases}$$

其中， $P_{Li\max-c}$ 、 $P_{Li\max-d}$ 为锂电池模组充放电功率上下限， $P_{SC\max-c}$ 、 $P_{SC\max-d}$ 为超级电容模组充放电功率上下限。

太阳能空气动力艇混合储能装置能量管理器

技术领域

[0001] 本发明属于空气动力艇技术领域,尤其涉及一种太阳能空气动力艇混合储能装置能量管理器。

背景技术

[0002] 船舶电力推进系统在实际运用中具有机动性好、可靠性高、运行效率高、布置灵活、易于维护等方面的优势,其中光伏分布式发电单元的输出功率具有间歇性和随机性的特点,而负荷的变化也具有随机性,这给电网稳定运行带来了较大挑战。将储能技术引入电力系统,为电力推进系统储存并提供能量,也能防止船舶负载剧烈变化时对电网的冲击。

[0003] 现有的能量储存系统主要有四种形式,包括电池储能、超级电容储能、超导磁储能和飞轮储能。根据对四种储能形式的特点进行分析,确定单一储能技术无法满足所有应用模式的需求。应通过特定的控制器经过完善的控制流程将不同储能技术联合使用、协调控制构成混合储能装置,从而最大限度地发挥不同储能技术的长处,以满足船舶电力推进系统的应用需求。

发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题是,提供一种太阳能空气动力艇混合储能装置能量管理器,确保在光伏分布式发电单元的输出功率间歇性和负载功率变化随机性波动的情况下,储能装置可以及时地对电网功率波动进行补偿,以提高太阳能空气动力艇电力推进系统稳定性,保障太阳能空气动力艇的稳定运行。

[0005] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:提供一种太阳能空气动力艇混合储能装置能量管理器,混合储能装置中包括锂电池模组、超级电容模组,锂电池模组、超级电容模组分别通过其对应的锂电池DC/DC双向变换器、超级电容DC/DC双向变换器并联至直流母线,四级联动式能量管理器接收锂电池模组、超级电容模组的电压、电流,计算二者的功率及荷电状态,锂电池DC/DC双向变换器、超级电容DC/DC双向变换器分别接收四级联动式能量管理器的控制信号,四级联动式能量管理器用于控制混合储能装置输出功率使之与直流母线要求的补偿功率相匹配。

[0006] 按上述技术方案,四级联动式能量管理器根据直流母线功率波动结合锂电池模组、超级电容模组功率及荷电状态,经过基于高低通滤波的补偿功率初次分配、基于超级电容器SOC的补偿功率再分配、过充过放协调控制、瞬时最大充放电功率限制的四级功率分配,获得锂电池模组及超级电容模组的控制信号。

[0007] 按上述技术方案,所述经过基于高低通滤波的补偿功率初次分配,具体为锂电池模组和超级电容模组功率预分配;所述基于超级电容器SOC值的补偿功率再分配,具体为在保证混合储能装置功率不变的前提下,根据超级电容模组荷电状态调整滤波时间常数在预分配的基础上进行第二次功率分配;过充过放协调控制,具体为根据锂电池模组荷电状态限制和超级电容模组荷电状态限制的约束对第二次分配的功率进行第三次分配;瞬时最大

充放电功率限制,具体为根据锂电池模组最大充放电功率和超级电容模组最大充放电功率的约束对第三次分配的功率进行第四次分配。

[0008] 按上述技术方案,基于高低通滤波的补偿功率初次分配结束后,锂电池初次分配功率 P_{Li1} 为:

$$[0009] \quad P_{Li1} = P_{HESE} \cdot \frac{1}{st_s + 1}$$

[0010] 超级电容初次分配功率 P_{SC1} 为:

$$[0011] \quad P_{SC1} = P_{HESE} \cdot \frac{st_s}{st_s + 1}$$

[0012] 式中: s 为拉氏变换复变量, t_s 为低通滤波时间常数,根据锂电池需要补偿的功率的频率选取, P_{HESE} 为混合储能装置补偿功率。

[0013] 按上述技术方案,基于超级电容器SOC的补偿功率再分配过程结束后,锂电池模组二次分配功率 P_{Li2} 为:

$$[0014] \quad P_{Li2} = P_{HESE} \cdot \frac{1}{s(st_s + \Delta T) + 1}$$

[0015] 超级电容模组二次分配功率 P_{SC2} 为:

$$[0016] \quad P_{SC2} = P_{HESE} \cdot \frac{s(st_s + \Delta T)}{s(st_s + \Delta T) + 1}$$

[0017] 式中: ΔT 为低通滤波时间常数调整值。

[0018] 按上述技术方案,过充过放协调控制过程结束后,锂电池模组三次分配功率 P_{Li3} 为:

$$[0019] \quad P_{Li3} = \begin{cases} P_{Li2} \cdot \max \left\{ 0, \frac{SOC_{Li} - SOC_{min}}{SOC_{low} - SOC_{min}} \right\}; P_{Li2} > 0 \\ P_{Li2} \cdot \max \left\{ 0, \frac{SOC_{max} - SOC_{Li}}{SOC_{max} - SOC_{high}} \right\}; P_{Li2} < 0 \end{cases}$$

[0020] 式中 SOC_{max} 、 SOC_{high} 、 SOC_{low} 、 SOC_{min} 、 SOC_{Li} 分别为锂电池模组的禁止充电限值、放电警戒限值、充电警戒限制、禁止充电限值、实时荷电状态;

[0021] 超级电容模组三次分配功率 P_{SC3} 为:

$$[0022] \quad P_{SC3} = \begin{cases} P_{SC2} \cdot \max \left\{ 0, \frac{SOC_{SC} - SOC_{min}}{SOC_{low} - SOC_{min}} \right\}; P_{Li2} > 0 \\ P_{SC2} \cdot \max \left\{ 0, \frac{SOC_{max} - SOC_{SC}}{SOC_{max} - SOC_{high}} \right\}; P_{Li2} < 0 \end{cases}$$

[0023] 式中 SOC_{max} 、 SOC_{high} 、 SOC_{low} 、 SOC_{min} 、 SOC_{SC} 分别为超级电容模组禁止充电限值、放电警戒限值、充电警戒限制、禁止充电限值、实时荷电状态。

[0024] 按上述技术方案,瞬时最大充放电功率限制过程结束后,锂电池模组四次分配功率 P_{Li4} 为:

$$[0025] \quad P_{Li4} = \begin{cases} P_{Li\max-d}; P_{Li4} > P_{Li\max-d} \\ P_{Li\max-c}; P_{Li4} > P_{Li\max-c} \end{cases}$$

[0026] 超级电容模组四次分配功率 P_{SC4} 为:

$$[0027] \quad P_{SC4} = \begin{cases} P_{HESE} - P_{Li4}; P_{SC3} > 0, SOC_{SC} > SOC_{low} \text{ 或 } P_{SC3} < 0, SOC_{SC} < SOC_{high} \\ P_{SC\max-c}; P_{SC3} < 0, SOC_{Li} > SOC_{high} \\ P_{SC3}; P_{SC3} > 0, SOC_{SC} \leq SOC_{low} \text{ 或 } P_{SC3} < 0, SOC_{SC} \geq SOC_{high} \\ P_{SC\max-d}; P_{SC3} > 0, SOC_{Li} < SOC_{low} \end{cases}$$

[0028] 其中, $P_{Li\max-c}$ 、 $P_{Li\max-d}$ 为锂电池模组充放电功率上下限, $P_{SC\max-c}$ 、 $P_{SC\max-d}$ 为超级电容模组充放电功率上下限。

[0029] 本发明产生的有益效果是:

[0030] 1) 基于超级电容器SOC的功率再分配控制策略,使得超级电容器出力的变化与充放电切换更加频繁,可确保锂电池模组的持续输出功率波动范围控制在5%以内,能够提高超级电容模组和锂电池模组的运行效率。

[0031] 2) 使用过充过放协调控制以及最大功率保护策略,使锂电池的SOC变化处于25~95%区间内,可确保锂电池的安全运行;超级电容器的SOC值变化处于20~95%区间内,确保超级电容器始终拥有功率调节能力。

[0032] 3) 四级联动式能量管理器确保锂电池模组和超级电容模组均有较为优良的响应效果,并及时完成混储能系统对负载及光伏电源功率波动的补偿,保障了太阳能空气动力艇的持续高效运行。

附图说明

[0033] 下面将结合附图及实施例对本发明作进一步说明,附图中:

[0034] 图1是本发明实施例太阳能空气动力艇混合储能装置能量管理器的结构示意图;

[0035] 图2为四级联动式能量管理器运行控制流程图;

[0036] 图3锂电池和超级电容器SOC值分区图;

[0037] 图4为基于超级电容器SOC值的滤波时间常数调整控制图;

[0038] 图5为锂电池最大充放电功率限制控制图;

[0039] 图6为超级电容器最大充放电功率限制控制图;

[0040] 其中:1. 锂电池模组,2. 超级电容模组,3. 锂电池DC/DC双向变换器,4. 超级电容DC/DC双向变换器,5. 四级联动式能量管理系统,6. 直流母线,7. 光伏发电模块,8. 直流负载。

具体实施方式

[0041] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0042] 本发明实施例中,提供一种太阳能空气动力艇混合储能装置能量管理器,如图1所示,混合储能装置中包括锂电池模组、超级电容模组,锂电池模组、超级电容模组分别通过

其对应的锂电池DC/DC双向变换器、超级电容DC/DC双向变换器并联至直流母线,四级联动式能量管理器接收锂电池模组、超级电容模组的电压、电流,计算二者的功率及荷电状态,锂电池DC/DC双向变换器、超级电容DC/DC双向变换器分别接收四级联动式能量管理器的控制信号,四级联动式能量管理器用于控制混合储能装置输出功率使之与直流母线要求的补偿功率相匹配。

[0043] 进一步地,四级联动式能量管理器根据直流母线功率波动结合锂电池模组、超级电容模组功率及荷电状态,经过基于高低通滤波的补偿功率初次分配、基于超级电容器SOC的补偿功率再分配、过充过放协调控制、瞬时最大充放电功率限制的四级功率分配,获得锂电池模组及超级电容模组的控制信号。

[0044] ①基于高低通滤波的补偿功率初次分配过程:为锂电池模组和超级电容模组预分配功率。

[0045] ②基于超级电容器SOC的补偿功率再分配过程:在保证混合储能装置功率不变的前提下,考虑超级电容模组荷电状态调整滤波时间常数在预分配的基础上进行第二次功率分配。

[0046] ③过充过放协调控制过程:考虑锂电池模组荷电状态限制和超级电容模组荷电状态限制的约束对第二次分配的功率进行第三次分配。

[0047] ④瞬时最大充放电功率限制过程:考虑锂电池模组最大充放电功率和超级电容模组最大充放电功率的约束对第三次分配的功率进行第四次分配。

[0048] 基于高低通滤波的补偿功率初次分配过程具体为:将混合储能装置功率补偿指令 P_{HESE} 进行滤波,将 P_{HESE} 中的低频分量作为混合储能装置中锂电池模组的功率补偿指令 P_{Li1} ,将 P_{HESE} 中的其他频率分量作为混合储能装置中超级电容模组的功率补偿指令,设定功率大于零表示放电,小于零表示充电,则混合储能装置的功率分配如下式:

$$[0049] \quad P_{Li1} = P_{HESE} \cdot \frac{1}{st_s + 1}, \quad P_{SC1} = P_{HESE} \cdot \frac{st_s}{st_s + 1}$$

[0050] 式中: s 为拉氏变换复变量, t_s 为低通滤波时间常数,根据锂电池需要补偿的功率的频率选取。

[0051] 在混合储能装置中,锂电池和超级电容器之间存在能量转移,这会增大了锂电池充放电功率的变化率,并且对于混合储能装置补偿总功率 P_{HESE} 来说没有起到作用。通过对滤波时间常数进行调整,使锂电池和超级电容器之间转移的这部分能量减少,根据图2所示的基于超级电容器SOC值的滤波时间常数调整流程图,避免超级电容器自身能量的饱和或枯竭,在增加或者减小滤波器的时间常数时,依据超级电容器在正常工作范围内的SOC值为界限对滤波时间常数进行调整,即进行功率的第二次分配。

[0052] 所述的基于超级电容器SOC的补偿功率再分配过程结束后,锂电池模组二次分配功率 P_{Li2} 为:

$$[0053] \quad P_{Li2} = P_{HESE} \cdot \frac{1}{s(st_s + \Delta T) + 1}$$

[0054] 超级电容模组二次分配功率 P_{SC2} 为:

$$[0055] \quad P_{SC2} = P_{HESE} \cdot \frac{s(st_s + \Delta T)}{s(st_s + \Delta T) + 1}$$

[0056] 式中： ΔT 为低通滤波时间常数调整值。

[0057] 由于储能装置的锂电池模组和超级电容器模组的容量均有限，设置过充过放协调控制保护环节。结合锂电池和超级电容器的实际工作运行指标数据，将储能设备的荷电状态分为图3所示5个区域，分别是充电禁止区、充电警戒区、正常工作区、放电警戒区和放电禁止区。当锂电池和超级电容器的荷电状态处于非正常工作区时，对于充放电请求不能够完全满足，因此对其放电功率进行调整，即完成了第三次功率分配：

[0058] 所述的过充过放协调控制过程结束后，锂电池模组三次分配功率 P_{Li3} 为：

$$[0059] \quad P_{Li3} = \begin{cases} P_{Li2} \cdot \max \left\{ 0, \frac{SOC_{Li} - SOC_{min}}{SOC_{low} - SOC_{min}} \right\}; P_{Li2} > 0 \\ P_{Li2} \cdot \max \left\{ 0, \frac{SOC_{max} - SOC_{Li}}{SOC_{max} - SOC_{high}} \right\}; P_{Li2} < 0 \end{cases}$$

[0060] 式中 SOC_{max} 、 SOC_{high} 、 SOC_{low} 、 SOC_{min} 、 SOC_{Li} 分别为锂电池模组的禁止充电限值、放电警戒限值、充电警戒限制、禁止充电限值、实时荷电状态。

[0061] 超级电容模组三次分配功率 P_{Sc3} 为：

$$[0062] \quad P_{Sc3} = \begin{cases} P_{Sc2} \cdot \max \left\{ 0, \frac{SOC_{Sc} - SOC_{min}}{SOC_{low} - SOC_{min}} \right\}; P_{Li2} > 0 \\ P_{Sc} \cdot \max \left\{ 0, \frac{SOC_{max} - SOC_{Sc}}{SOC_{max} - SOC_{high}} \right\}; P_{Li2} < 0 \end{cases}$$

[0063] 式中 SOC_{max} 、 SOC_{high} 、 SOC_{low} 、 SOC_{min} 、 SOC_{Sc} 分别为超级电容模组禁止充电限值、放电警戒限值、充电警戒限制、禁止充电限值、实时荷电状态。图4为基于超级电容器SOC值的滤波时间常数调整控制图。

[0064] 在实际系统运行中由于外界扰动可能出现功率波动异常的情况，导致锂电池和超级电容器的瞬态充放电功率指令会达到其最大限值，这些时候锂电池或超级电容器将不能完成功率补偿指令，因此需要进一步修改锂电池和超级电容器的功率指令。由图5和图6所示锂电池最大放电功率限制流程图及超级电容器最大放电功率限制流程图，当一种储能设备的放电或充电功率超出其最大放电或充电功率极限制时，使其按照最大的放电或充电功率进行充放电，另一种储能设备根据其自身的SOC情况结合正常工作范围来决定是否额外补偿超出部分功率。同时，需要判断功率指令 P_X 是否超出了储能设备的功率补偿范围，在自身情况允许时可以适当补偿该部分功率，其功率指令 P_X 进行对应的调整，如果超出，则将这种储能设备的功率指令也设为其相应的极限功率值，即完成了第四次功率分配。

[0065] 所述的瞬时最大充放电功率限制过程结束后，锂电池模组四次分配功率 P_{Li4} 为：

$$[0066] \quad P_{Li4} = \begin{cases} P_{Li\max-d}; P_{Li4} > P_{Li\max-d} \\ P_{Li\max-c}; P_{Li4} < P_{Li\max-c} \end{cases}$$

[0067] 超级电容模组四次分配功率 P_{Sc4} 为：

$$[0068] \quad P_{SC4} = \begin{cases} P_{HESE} - P_{Li4}; P_{SC3} > 0, SOC_{SC} > SOC_{low} \text{ 或 } P_{SC3} < 0, SOC_{SC} < SOC_{high} \\ P_{SCmax-c}; P_{SC3} < 0, SOC_{Li} > SOC_{high} \\ P_{SC3}; P_{SC3} > 0, SOC_{SC} \leq SOC_{low} \text{ 或 } P_{SC3} < 0, SOC_{SC} \geq SOC_{high} \\ P_{SCmax-d}; P_{SC3} < 0, SOC_{Li} < SOC_{low} \end{cases}$$

[0069] 式中 P_{Li4} 、 P_{SC3} 为锂电池模组充放电功率上下限， $P_{SCmax-c}$ 、 $P_{SCmax-d}$ 为超级电容模组充放电功率上下限。

[0070] 本发明太阳能空气动力艇混合储能装置能量管理器，通过设置混合储能装置能量管理器，将电网负荷功率波动通过时频变换初次分配，由超级电容器承担高频部分功率补偿指令，由锂电池分担低频部分功率补偿指令，根据超级电容器的SOC值实时调整滤波时间常数，结合储能装置过充过放协调控制和最大功率限制保护，最终通过控制DC/DC双向变换器优化整个系统的充放电过程，完成锂电池和超级电容器间的功率分配。在满足太阳能空气动力艇电力推进系统对储能装置的需求基础上，保障各个储能装置的正常高效运行，以满足太阳能空气动力艇电力推进系统的应用需求。

[0071] 应当理解的是，对本领域普通技术人员来说，可以根据上述说明加以改进或变换，而所有这些改进和变换都应属于本发明所附权利要求的保护范围。

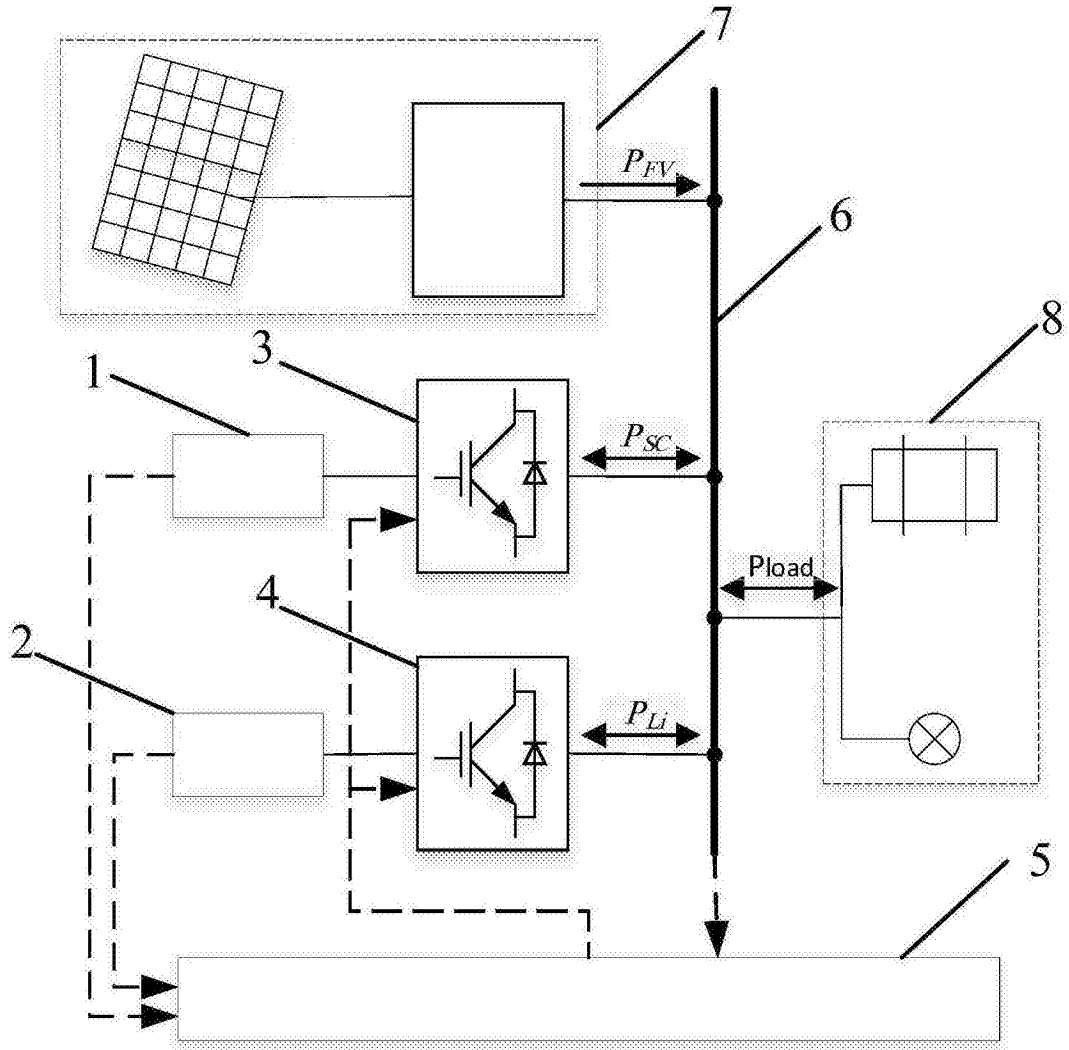


图1

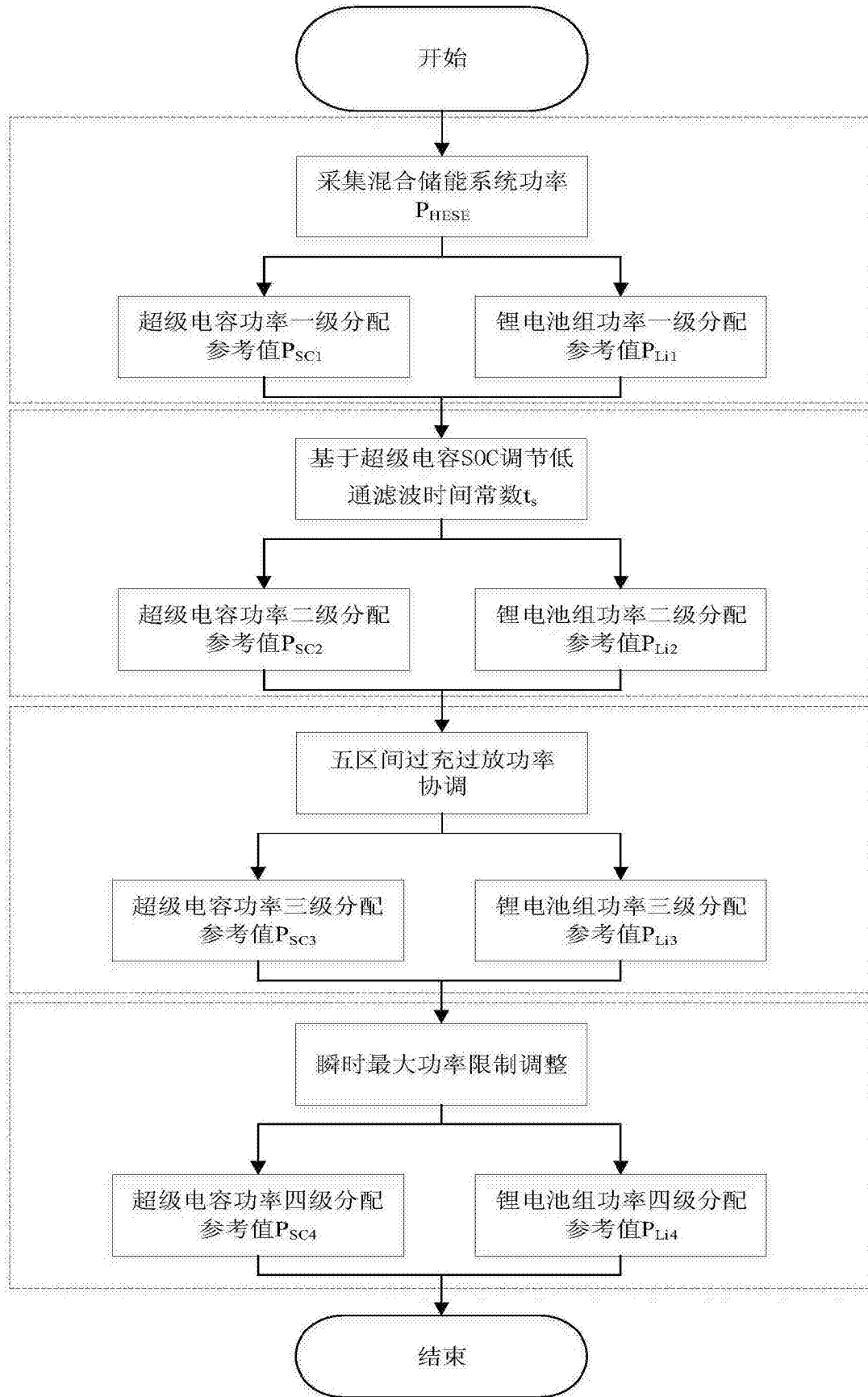


图2

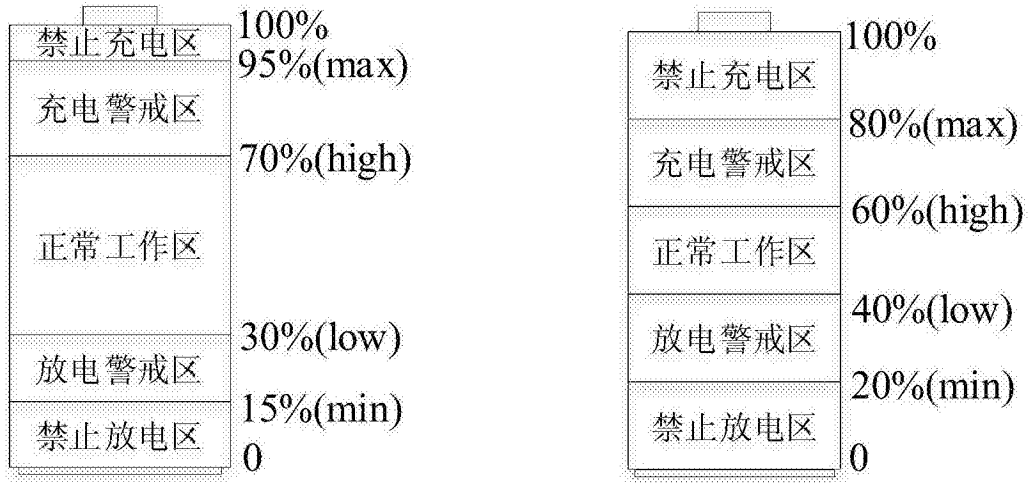


图3

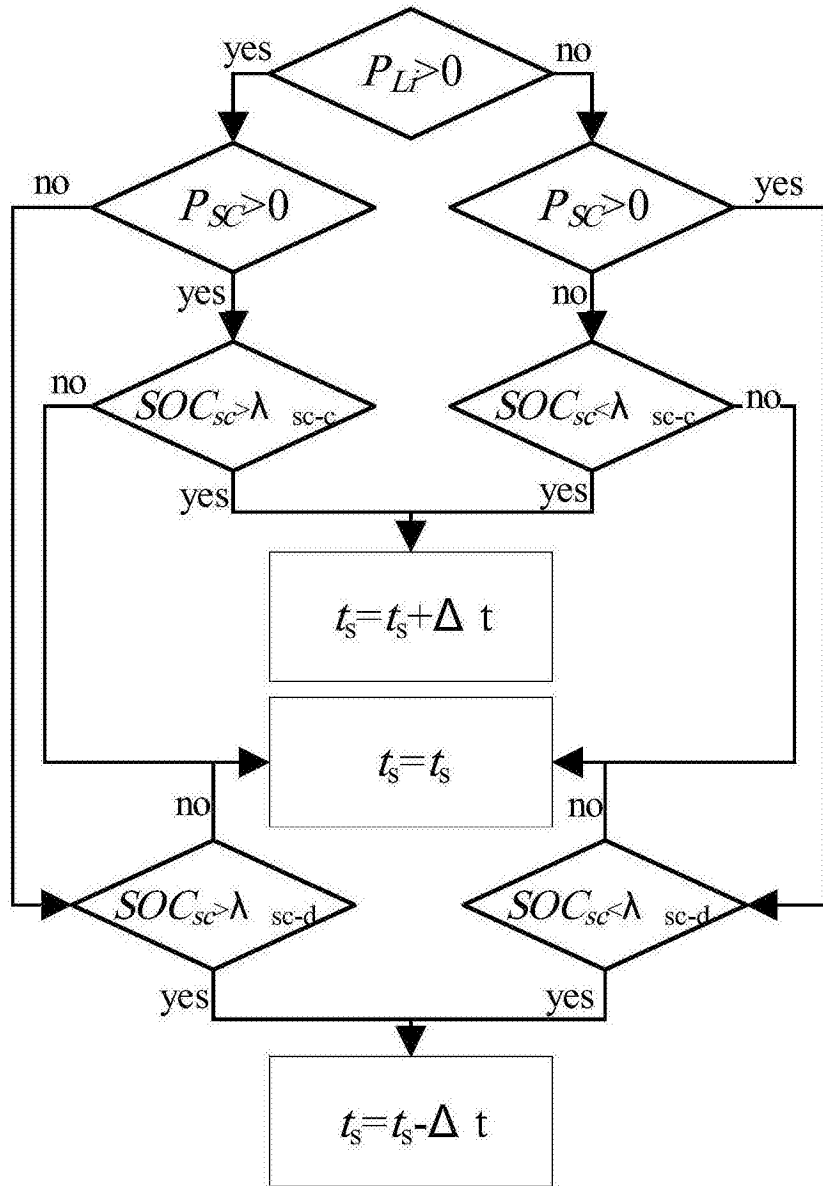


图4

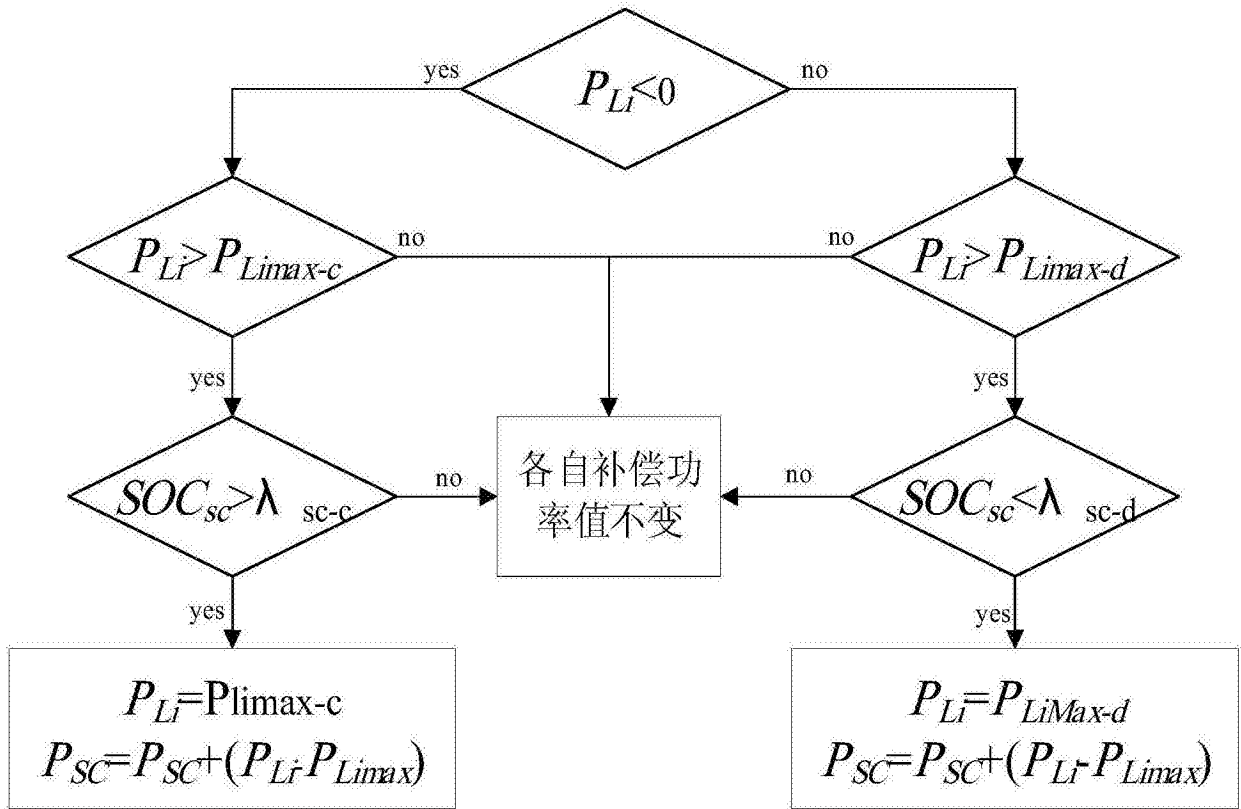


图5

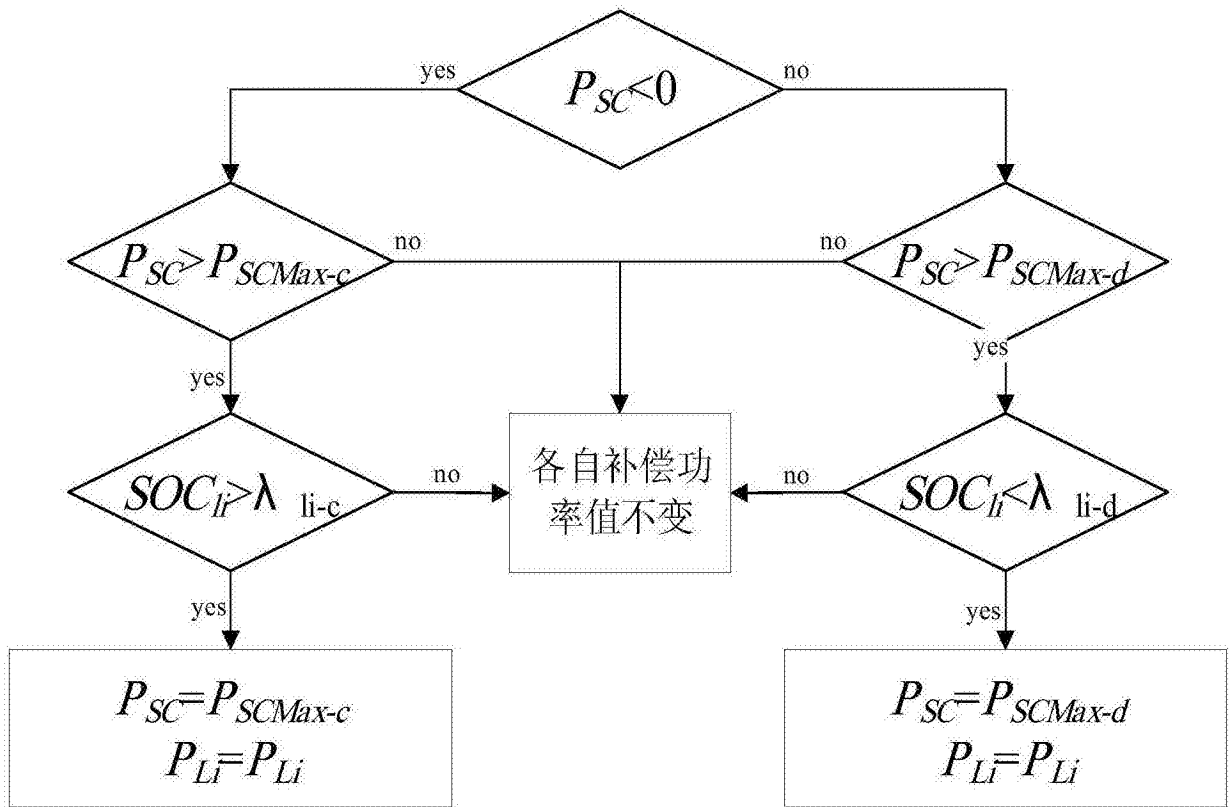


图6