



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112564253 A

(43) 申请公布日 2021. 03. 26

(21) 申请号 202011453268.2

(22) 申请日 2020.12.11

(71) 申请人 上海交通大学

地址 200240 上海市闵行区东川路800号

(72) 发明人 孔慧 潘雨婷 易宏

(74) 专利代理机构 上海段和段律师事务所

31334

代理人 李佳俊 郭国中

(51) Int. Cl.

H02J 7/34 (2006.01)

H02J 7/35 (2006.01)

H02J 7/00 (2006.01)

权利要求书2页 说明书11页 附图4页

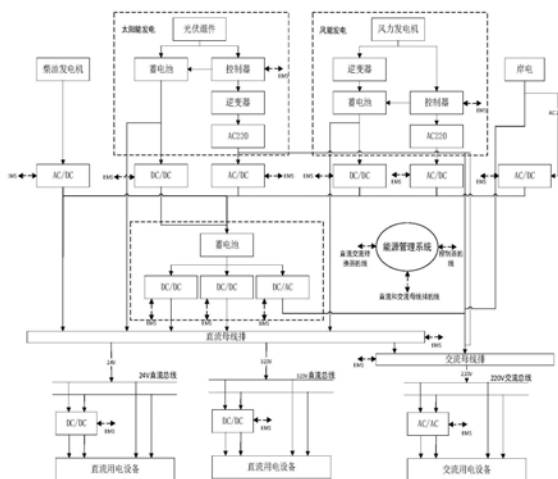
(54) 发明名称

新能源游艇绿色能源系统及能源匹配管理方法

(57) 摘要

本发明提供了一种新能源游艇绿色能源系统及能源匹配管理方法,包括:太阳能发电模块、风力发电模块、柴油发电模块、蓄电池以及能源管理模块;太阳能发电模块、风力发电模块和柴油发电模块的直流输出端与蓄电池电连接;蓄电池的输出端以及柴油发电模块的直流输出端通过直流母排线与用电设备电连接,太阳能发电模块与风力发电模块的交流输出端通过交流母排线与用电设备电连接;能源管理模块实时监控太阳能发电模块、风力发电模块、柴油发电模块和用电设备,根据游艇的运行工况切换供电模式。本发明使得整个系统运行在高效率、节省能源损失的范围内。制定合理的策略,能够使得各单元都在一个稳定、高效地范围内工作,保证了整个系统的性能。

CN 112564253 A



1. 一种新能源游艇绿色能源系统,其特征在于,包括:太阳能发电模块、风力发电模块、柴油发电模块、蓄电池以及能源管理模块;

所述太阳能发电模块、所述风力发电模块和所述柴油发电模块的直流输出端与所述蓄电池电连接;

所述蓄电池的输出端以及所述柴油发电模块的直流输出端通过直流母排线与用电设备电连接,所述太阳能发电模块与所述风力发电模块的交流输出端通过交流母排线与用电设备电连接;

所述能源管理模块实时监控所述太阳能发电模块、所述风力发电模块、所述柴油发电模块和所述用电设备,根据游艇的运行工况切换供电模式。

2. 根据权利要求1所述的新能源游艇绿色能源系统,其特征在于,所述供电模式包括:

蓄电池供电模式:所述太阳能发电模块、所述风力发电模块为所述蓄电池充电,通过所述蓄电池向所述直流母排线供电;

混合供电模式:所述太阳能发电模块、所述风力发电模块为所述蓄电池充电,通过所述蓄电池和所述柴油发电模块向所述直流母排线供电;

柴油发电模式:通过所述柴油发电模块向所述蓄电池以及所述直流母排线供电。

3. 根据权利要求1所述的新能源游艇绿色能源系统,其特征在于,还包括岸电接口,所述岸电接口与所述蓄电池电连接,通过岸上电源为所述蓄电池充电。

4. 根据权利要求1所述的智能网联新能源游艇绿色能源系统,其特征在于,还包括通信模块,所述通信模块通过无线网络与外界连接。

5. 根据权利要求1所述的智能网联新能源游艇绿色能源系统,其特征在于,所述太阳能发电模块包括:光伏组件、太阳能蓄电池、控制器以及逆变器;

所述光伏组件的输出端连接所述太阳能蓄电池和所述控制器,所述太阳能蓄电池通过DC/DC连接所述蓄电池,所述控制器连接所述太阳能蓄电池、所述逆变器以及所述能源管理模块。

6. 根据权利要求1所述的智能网联新能源游艇绿色能源系统,其特征在于,所述风力发电模块包括:风力发电机、风力蓄电池、控制器和逆变器;

所述风力发电机的输出端通所述逆变器连接所述风力蓄电池和所述控制器,所述风力蓄电池通过DC/DC连接所述蓄电池,所述控制器连接所述风力蓄电池和所述能源管理模块。

7. 根据权利要求1所述的智能网联新能源游艇绿色能源系统,其特征在于,所述能源管理模块通过CAN总线实时监控所述太阳能发电模块、所述风力发电模块、所述柴油发电模块和所述用电设备。

8. 根据权利要求1所述的智能网联新能源游艇绿色能源系统,其特征在于,所述运行工况包括:航行工况、停浮工况、停泊工况和应急工况。

9. 根据权利要求1所述的智能网联新能源游艇绿色能源系统,其特征在于,所述柴油发电模块包括发电机工况和主机工况;

所述发电机工况下,所述柴油发电模块中柴油机的转速不变,为所述蓄电池充电;所述主机工况下,所述柴油发电模块驱动螺旋桨,所述柴油发电模块的功率与螺旋桨的转速成正比。

10. 一种权利要求1所述新能源游艇绿色能源系统的能源匹配管理方法,其特征在于,

包括：

步骤S1、判定游艇所有需求功率是否为零，当需求功率为零时，进入岸电充电模式，岸上发出的交流电经过AC/DC为蓄电池充电；

步骤S2、判定推进器功率是否0；

步骤S3、在步骤S2判断结果为0的状态下进入蓄电池供电模式，判定蓄电池SOC值是否大于最佳蓄电池SOC值，如果大于，游艇所有需求功率为蓄电池输出功率，若小于，则功率分配情况是游艇所有需求功率为蓄电池输出功率，同时太阳能发电模块、风力发电模块通过DC/DC转换器和AC/DC转换器给蓄电池进行充电；

步骤S4、在步骤S2判断结果不为0的状态下，判定蓄电池SOC值是否大于蓄电池荷电状态上限值，如果大于则进入混合供电模式，此时以消耗蓄电池容量至SOC\*，柴油发电机暂时待机，全部由蓄电池发电为主，同时太阳能发电模块、风力发电模块通过DC/DC转换器和AC/DC转换器给蓄电池进行充电，在这一阶段蓄电池SOC不断降低，直至SOC小于SOC上限进入步骤S5；

步骤S5、判定SOC是否大于安全下限，如果小于则继续判断SOC是否等于零，如果等于零则进入柴油应急发动模式，柴油机输出功率即是推进器功率，如果不等于零则柴油发电机不仅给系统供电，还要将蓄电池充至SOC\*处；

步骤S6、判定蓄电池SOC值是否大于最佳SOC值，若大于则采取混合供电模式，此时需要蓄电池放一部分电以达到SOC\*，游艇系统所需功率为柴油发电机输出功率与蓄电池输出功率之和，同时太阳能发电模块、风力发电模块给蓄电池供电，如果SOC低于SOC\*，则以柴油发电为主，游艇所需功率为柴油发电机输出功率与蓄电池输出功率之和，太阳能发电模块、风力发电模块给蓄电池充电至SOC\*。

## 新能源游艇绿色能源系统及能源匹配管理方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及动力管理系统领域,具体地,涉及一种新能源游艇绿色能源系统及能源匹配管理方法。

### 背景技术

[0002] 近年来,一些常规性的能源如石油能源、天然气能源等日渐耗竭,并且在船舶领域其造成的环境污染日益严重。同时各地出台了推广与鼓励使用新能源的政策,使得绿色船舶技术成为船舶领域重要的发展方向之一。

[0003] 常规的绿色能源船舶即帆船,利用风力驱动船帆进行航线,但是其受气象影响较大,无法在风力不足的情况下航行。

[0004] 目前单独某一能源在游艇上的运用太阳能或风能等绿色能源已经有较多研究,但两者混合作为动力源驱动小型钓鱼艇的实例还不是很多。同时由于能源管理系统对于新能源船舶来说是其最重要的控制神经中枢,协调着能源输入、能源储存、能源输出三部分的平衡。因此对于太阳能与风能作为能源供给的能源管理系统的设计是非常重要的。

### 发明内容

[0005] 针对现有技术中的缺陷,本发明的目的是提供一种新能源游艇绿色能源系统及能源匹配管理方法。

[0006] 根据本发明提供的一种新能源游艇绿色能源系统,包括:太阳能发电模块、风力发电模块、柴油发电模块、蓄电池以及能源管理模块;

[0007] 所述太阳能发电模块、所述风力发电模块和所述柴油发电模块的直流输出端与所述蓄电池电连接;

[0008] 所述蓄电池的输出端以及所述柴油发电模块的直流输出端通过直流母排线与用电设备电连接,所述太阳能发电模块与所述风力发电模块的交流输出端通过交流母排线与用电设备电连接;

[0009] 所述能源管理模块实时监控所述太阳能发电模块、所述风力发电模块、所述柴油发电模块和所述用电设备,根据游艇的运行工况切换供电模式。

[0010] 优选地,所述供电模式包括:

[0011] 蓄电池供电模式:所述太阳能发电模块、所述风力发电模块为所述蓄电池充电,通过所述蓄电池向所述直流母排线供电;

[0012] 混合供电模式:所述太阳能发电模块、所述风力发电模块为所述蓄电池充电,通过所述蓄电池和所述柴油发电模块向所述直流母排线供电;

[0013] 柴油发电模式:通过所述柴油发电模块向所述蓄电池以及所述直流母排线供电。

[0014] 优选地,还包括岸电接口,所述岸电接口与所述蓄电池电连接,通过岸上电源为所述蓄电池充电。

[0015] 优选地,还包括通信模块,所述通信模块通过无线网络与外界连接。

- [0016] 优选地,所述太阳能发电模块包括:光伏组件、太阳能蓄电池、控制器以及逆变器;
- [0017] 所述光伏组件的输出端连接所述太阳能蓄电池和所述控制器,所述太阳能蓄电池通过DC/DC连接所述蓄电池,所述控制器连接所述太阳能蓄电池、所述逆变器以及所述能源管理模块。
- [0018] 优选地,所述风力发电模块包括:风力发电机、风力蓄电池、控制器和逆变器;
- [0019] 所述风力发电机的输出端通所述逆变器连接所述风力蓄电池和所述控制器,所述风力蓄电池通过DC/DC连接所述蓄电池,所述控制器连接所述风力蓄电池所述能源管理模块。
- [0020] 优选地,所述能源管理模块通过CAN总线实时监控所述太阳能发电模块、所述风力发电模块、所述柴油发电模块和所述用电设备。
- [0021] 优选地,所述运行工况包括:航行工况、停浮工况、停泊工况和应急工况。
- [0022] 优选地,所述柴油发电模块包括发电机工况和主机工况;
- [0023] 所述发电机工况下,所述柴油发电模块中柴油机的转速不变,为所述蓄电池充电;所述主机工况下,所述柴油发电模块驱动螺旋桨,所述柴油发电模块的功率与螺旋桨的转速成正比。
- [0024] 根据本发明提供的一种上述新能源游艇绿色能源系统的能源匹配管理方法,包括:
- [0025] 步骤S1、判定游艇所有需求功率是否为零,当需求功率为零时,进入岸电充电模式,岸上发出的交流电经过AC/DC为蓄电池充电;
- [0026] 步骤S2、判定推进器功率是否0;
- [0027] 步骤S3、在步骤S2判断结果为0的状态下进入蓄电池供电模式,判定蓄电池SOC值是否大于最佳蓄电池SOC值,如果大于,游艇所有需求功率为蓄电池输出功率,若小于,则功率分配情况是游艇所有需求功率为蓄电池输出功率,同时太阳能发电模块、风力发电模块通过DC/DC转换器和AC/DC转换器给蓄电池进行充电;
- [0028] 步骤S4、在步骤S2判断结果不为0的状态下,判定蓄电池SOC值是否大于蓄电池荷电状态上限值,如果大于则进入混合供电模式,此时以消耗蓄电池容量至SOC\*,柴油发电机暂时待机,全部由蓄电池发电为主,同时太阳能发电模块、风力发电模块通过DC/DC转换器和AC/DC转换器给蓄电池进行充电,在这一阶段蓄电池SOC不断降低,直至SOC小于SOC上限进入步骤S5;
- [0029] 步骤S5、判定SOC是否大于安全下限,如果小于则继续判断SOC是否等于零,如果等于零则进入柴油应急发动模式,柴油机输出功率即是推进器功率,如果不等于零则柴油发电机不仅给系统供电,还要将蓄电池充至SOC\*处;
- [0030] 步骤S6、判定蓄电池SOC值是否大于最佳SOC值,若大于则采取混合供电模式,此时需要蓄电池放一部分电以达到SOC\*,游艇系统所需功率为柴油发电机输出功率与蓄电池输出功率之和,同时太阳能发电模块、风力发电模块给蓄电池供电,如果SOC低于SOC\*,则以柴油发电为主,游艇所需功率为柴油发电机输出功率与蓄电池输出功率之和,太阳能发电模块、风力发电模块给蓄电池充电至SOC\*。
- [0031] 与现有技术相比,本发明具有如下的有益效果:
- [0032] 本发明使得整个系统运行在高效率、节省能源损失的范围内。制定合理的策略,

能够使得各单元都在一个稳定、高效地范围内工作,保证了整个系统的性能。

### 附图说明

[0033] 通过阅读参照以下附图对非限制性实施例所作的详细描述,本发明的其它特征、目的和优点将会变得更明显:

[0034] 图1为能源管理系统结构图;

[0035] 图2为基于CAN总线的能源管理系统通信网络示意图;

[0036] 图3为能源管理系统和通讯系统结合的结构示意图;

[0037] 图4为能源管理系统控制策略流程图;

[0038] 图5为锂电池电压与SOC关系图。

### 具体实施方式

[0039] 下面结合具体实施例对本发明进行详细说明。以下实施例将有助于本领域的技术人员进一步理解本发明,但不以任何形式限制本发明。应当指出的是,对本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干变化和改进。这些都属于本发明的保护范围。

[0040] 对于新能源游艇来说,能源管理系统是协调各能源系统使其达到动力损耗最少、性能最优的中枢系统。本能源管理系统设计是综合多种发电方式,蓄电池储电,为游艇各耗电设备供电,电机全电推进的模式。这个系统具备以下几个功能。

[0041] (1) 能源管理系统实时监控各用电与发电设备

[0042] (2) 根据航行的工况切换使用模式

[0043] (3) 进行能量优化控制使游艇经济性与动力性达到最优。

[0044] 具体来讲,本方案设计了一套基于太阳能光伏发电组、风能发电组、柴油发电机组和岸电充电的能源管理系统。

[0045] 该游艇能源管理系统有以下几种工作模式。

[0046] (1) 蓄电池供电模式:该模式下太阳能与风能持续给电池充电,电池向游艇系统供电。游艇系统输入功率主要由蓄电池提供,蓄电池输入功率由太阳能与风能提供。

[0047] (2) 混合供电模式:该模式下太阳能与风能持续给电池充电,电池向系统供电与柴油发电机向系统发电同时存在。即系统功率由蓄电池和柴油发电机共同提供。

[0048] (3) 柴油发电模式:柴油发电组向整个系统供电,并且将蓄电池充满。此时推进器处在工作的状态下。

[0049] (4) 岸电模式:该模式下游艇停靠状态下岸基电源向电池供电。蓄电池输入功率为岸电供电功率,岸电经过一晚上将蓄电池充满。

[0050] (5) 柴油应急发动模式:该模式下,如遇到特殊的情况比如故障或恶劣天气,可使用柴油机作为主机,主机直接驱动螺旋桨推进。

[0051] 关于游艇运行工况及对应工作模式的选择详见下表。

[0052] 表4-1游艇工作模式选择表

	编号	运行工况	描述	工作模式选择
[0053]	1	航行工况	游艇正常出航或返航情况，即推进器持续工作的工况	2、3
	2	停浮工况	游艇停浮在海面上即推进器不需要一直工作的工况	1
[0054]	3	停泊工况	停靠在码头岸边的工况	4
	4	应急工况	故障或恶劣天气等状况	5

[0055] 如图1所示，太阳能发电系统有以下几个组件：光伏组件（能量输入端）、蓄电池（能量储存端）、控制器（检测并控制）、逆变器（AC/DC）。系统从光伏组件端输入能量，经过转换，输出电能，一部分电储存在蓄电池中，经过DC/DC可以直接使用。控制器可以对设备状态进行检测以及反映系统运行状态。逆变器的作用是使得交流负载得以使用。

[0056] 风能发电系统包括风力发电机（产生交流电）、蓄电池（存储功能）、控制器（检测并控制）和逆变器（AC/DC），功能与前述太阳能发电系统各部分功能类似。

[0057] 岸电发电系统是利用岸基电源替代其他发电方式，使得游艇靠在岸边时就可以进行充电。由于岸电供电电压为220V交流，在接到游艇系统时需要使用交流电直流电转换器。

[0058] 柴油机发电系统包括柴油机、发电机、燃油箱、控制器等等。柴油机通过柴油带动发电机发交流电，经过交流直流转换器可以传给蓄电池或者整个推进系统。柴油机也可直接驱动螺旋桨，实现推进功能。

[0059] 游艇蓄电池是游艇最主要的储能蓄电系统。蓄电池储存了来自太阳能发电机组、风力发电机组、岸电发电以及柴油发电机的电能，经过内部三个直流电交流电转换器可以发出24V直流电、320V直流电、220V交流电。

[0060] 直流母线排接入了来自各发电系统的所有直流线，包括太阳能发电机组、风力发电机组、岸电发电以及柴油发电机直流走线，输出24V直流电与320V直流电供给如马桶、音响、电动遮阳、艏侧推等等直流用电设备。交流母线排接入了来自各发电系统的所有交流线，包括太阳能发电机组、风力发电机组、岸电发电以及柴油发电机直流走线，输出220V交流电供给一些交流用电设备等等。

[0061] 游艇能源管理系统监控模块EMS接入了所有来自直流交流转换器DC/DC、AC/DC、DC/AC的线、各系统内部控制器的线以及来自直流母线排和交流母线排。

[0062] 游艇上除了推进设备还有其他生活用电设备。具体来讲，可以根据用电设备用途分为推进用电设备、生活用电设备以及动力定位设备。

[0063] 蓄电池作为能量输入及能量输出的关键节点，应满足能量流的快速响应，寿命长，安全等特点。磷酸铁锂电池具有工作范围广，标称电压高，效率高等特点，满足快速充放电的要求。蓄电池的性能指标除了电压和容量，还有荷电状态（State of charge, SOC），其公式如下所示：

$$[0064] \quad SOC = \frac{Q_s}{Q} \quad (4-1)$$

[0065] 式中：

[0066] SOC——为表示电池的剩余容量的指标，值为0意味着电池完全放电，值为1时意味着电池剩余容量为额定容量；

[0067]  $Q_s$ ——为电池剩余容量，单位Ah；

[0068]  $Q$ ——为电池额定容量，单位Ah。

[0069] 柴油发电机是为游艇上的预备发电源。整个机组由柴油机、发电机、燃油箱等构成。柴油发电机组的工作原理是，在动力源为柴油的情况下，柴油机进行柴油-动能的转换，使得发电机经过动能-电能的转化发电。在本游艇设计中，柴油机需要满足发电使得推进器持续工作的出航或返航工况即上文所述工况1或者应急使用柴油直接作为动力源的工况4情况。工况4是针对柴油发电机组容量的最大设计情况，在游艇蓄电池等发电设备发生故障，或是恶劣天气时需要使得游艇在经济航速下安全的返航。工况1是发电情况即柴油发电机组、太阳能与风能持续给电池充电，电池向系统供电或者柴油发电机组向系统供电，并且将蓄电池充满。

[0070] 柴油机的运作主要有以下两个工况。发电机工况是以柴油机为主动动力，驱使发电机发电，此时柴油机转速基本不改变。主机工况是柴油机直接连接螺旋桨推进，柴油机功率会改变，并且与转速满足 $P_e = Cn^3$ 。考虑到柴油机为应急动力和日常发电，其功率不必很大，最大应满足经济航速8节左右时主机功率30kW左右的情况。在本设计中，柴油机舱的位置位于10#-13#肋位间，肋距500mm，可提供的舱室规格为1.5m\*1.4m\*3m。因此可以确定两台15kW的柴油发电机组，则柴油组总功率为30kW，额定电压为220V交流电，型式为单三相，功率因数0.8。单台柴油机的输出功率为15kW。柴油机本身功率为16.5kW。

[0071] 由于电路中各部件所需电压有交流、直流之分，并且数值各不一样。因而要使用转换器来统一电压。常见的转换器分为逆变器和整流器。整流器就是AC (Alternating current) /DC (Direct current) 转换器，可以将交流电转换为直流电。逆变器是DC/AC转换器，可以将直流电转换为交流电。在本次设计中主要涉及六个主要的转换器。分别是三个220VAC转换成320VDC整流器，一个33.75VDC转换成320VDC直流转换器，一个320VDC转换成24VDC直流转换器，一个320VDC转换成220VAC逆变器。因为220VAC/320VDC与320VDC/220VAC逆变器较为常见，由于DC/DC升压与降压的参数考虑相似，因此在转换器设计上，本文考虑不常见电压的DC/DC转换器来说明。转换器在工作时，选择CCM模式条件，其特征是电感电流连续。

[0072] 一个33.75VDC转换320VDC直流转换器使用目的在于使得光伏发电系统与蓄电池在电压上得到很好的连接。用到了BOOST转换器。

[0073] 其占空比调节值为：

$$[0074] \quad D = 1 - \frac{33.75}{320} = 0.895 \quad (4-2)$$

[0075] 电感取值范围为：

$$[0076] \quad L_{min} = \frac{U_{in}D}{2I_{out}f} = 33.75 * \frac{0.895}{2 * 50.4 * 200} = 1.49\mu H \quad (4-3)$$

[0077] 电容取值范围为：



$$[0078] \quad C_{max} = \frac{I_{out}D}{\Delta U_{out}f} = 50.4 * \frac{0.895}{320 * 0.005 * 200} = 140.9\mu F \quad (4-4)$$

[0079] 式中:D——为占空比调节值;

[0080] L<sub>min</sub>——为电感低值(H);

[0081] C<sub>max</sub>——为电容高值(F);

[0082] I<sub>out</sub>——为输出电流(A);

[0083] ΔU<sub>out</sub>——为纹波电压(V);

[0084] U<sub>in</sub>——为转换器输入电压(V);

[0085] f——为开关管的频率(Hz),此处取200。

[0086] 考虑到系统中有许多个控制模块,如太阳能发电模块,风能发电模块,柴油发电模块等等,同时能源管理系统也需要根据各模块的参数特征与反馈的信息来进一步调整参数,按策略进行优化。因此系统通信网络的便捷与高效十分重要,这能提升整个系统的效率,使得按照控制策略实施的控制能达到最优的结果。能源管理系统采用CAN总线将具有以下几个优势。

[0087] (1) CAN总线通讯速率快、响应速率快。由于报文的编码简单,占用总线的时间短,处理的速度快。游艇上的能源管理系统运作模式切换需要高速率。

[0088] (2) 数据选择性接受。通过报文的标识符来辨别报文是否有用以及是否接受或屏蔽。可以减少占用空间,提升效率。

[0089] (3) 总线的生产与使用成本低。CAN总线技术不断发展,针对总线相关的部件生产成本得以降低。

[0090] 本次设计中,以CAN总线为系统通信网络的桥梁,绘制原理图如图2所示。

[0091] 能源管理系统通信网络主要有以下一些部件或模块:上位机、能源管理控制器、Anybus、CAN总线、各发电系统的控制器、各直流交流转换器、直流母线与交流母线排、推进部分和其他用电设备。上位机是监控机(PC机),主要负责实时显示各单元的参数与设备状态、监控各节点接受与发送数据情况、发送控制命令或调参命令。能源管理控制器是通信数据的中转站并将上位机传出的数据格式与Anybus能读取的DP格式进行转换。Anybus是一个通讯协议转换的模块。它提供了一个数据的储存区,将总线上的数据读入储存区,并按需转换成DP格式发送出去。整个CAN总线能够采集到的数据有各发电系统的电流、电压参数,各控制器的输入输出电压情况,各转换器的电压情况,蓄电池电压、电流、SOC值等情况,推进系统输入输出电压电流情况,其他用电设备电压电流情况以及其他需要了解的参数。

[0092] 能源管理系统通过CAN总线采集到的电压、电流、功率、SOC等参数,按照设定策略来调整与反馈,可将结果由各节点反馈给各控制器及其他部件,继而实现智能网联游艇能源管理。

[0093] 将能源管理系统结构设计和通讯设计结合在一起,以游艇结构为底做出能源管理系统总体设计图如图3所示。

[0094] 由于游艇上含有太阳能发电系统、风能发电系统、岸电发电系统、柴油发电系统、蓄电池储放电系统、推进系统等等系统,涉及到多种新能源与电能的转换,这使得整个能源管理系统复杂性增加。能源管理系统控制策略基本要求是,在一些约束性的条件下利用

预先设定好的规则与框架对系统中多个单元进行分配,使得整个系统运行在高效率、节省能源损失的范围内。制定合理的策略,能够使得各单元都在一个稳定、高效地范围内工作,保证了整个系统的性能。

[0095] 针对能源管理系统的控制策略包括开关型控制策略、功率跟随型控制策略、基于模糊算法的控制策略、基于神经网络算法的智能控制策略等。但普遍来说第一种与第二种策略适用范围广,简单高效,应用普遍。下文针对两种控制策略进行介绍。

[0096] (1) 开关型控制策略是以蓄电池SOC参数为控制对象的策略。其目的是节能与减少能耗,并且保证蓄电池在一定安全的范围内进行充放电。蓄电池组依据功率情况进行调节,来实现游艇各个工况的需求。其基本策略是当蓄电池SOC值低于设定的SOC安全下限时,关闭蓄电池设备,由其他发电设备向它充电,并向游艇供电。此时游艇系统功率包含蓄电池不足功率,全部由其他设备提供。当SOC值大于设定的安全上限时,仅由蓄电池系统为游艇供电。当SOC值介于设定的SOC安全上限与下限时,由上一刻供电设备状态决定下一刻哪个设备继续供电。

[0097] (2) 功率跟随型控制策略是一种基于最佳SOC值的策略。其目的是使得蓄电池SOC值围绕设定的最佳SOC值上下浮动并尽可能趋于它,并且其他发电设备跟随游艇需求功率以及蓄电池SOC距离最佳SOC值状态进行调整与匹配。当蓄电池SOC在安全范围内且高于最佳SOC值时,使得其他发电设备与蓄电池一同为游艇供电。蓄电池供电功率使得蓄电池SOC值降到最佳SOC值。当SOC在安全范围内且小于最佳SOC值时,其他发电设备向系统供电并且为蓄电池充电,使得SOC升至最佳SOC值。其他发电设备在运行时需要优先考虑蓄电池SOC距离最佳SOC值的状态。

[0098] 以上两种方法各有有利点与不足之处。开关型控制策略简单,并且能够使得其他发电设备如柴油发电机工作点固定,根据蓄电池的SOC值是否在安全范围作调整。但其弊端在蓄电池始终处于深循环中,易造成损耗,减少寿命,并且也难以实现系统的最优能源分配。功率跟随型控制策略的优点在于跟随最佳SOC值,使得蓄电池电量增减幅度减小,寿命延长,并且能够及时通过蓄电池为游艇供电。但缺点在于其他用电设备工作功率范围较大,不够稳定。

[0099] 本次能源管理系统控制策略有以下几个目标:

[0100] (1) 蓄电池SOC值作为逻辑核心被优先判断,使得蓄电池的荷电状态(剩余容量)维持在安全工作范围内。尽可能减少对蓄电池的损耗。

[0101] (2) 保证游艇能源管理系统各个模式能够及时切换,以及响应。并使得整个系统运行在效率高、能源损失少的范围内。

[0102] 整个能源管理系统中最为重要的参数是SOC门限值。在该功率跟随型控制策略中,预先设定了SOC门限值,当SOC值超过或低于这一数值,便会触发下一个判断逻辑。 $SOC_{max}$ 为安全上限值、 $SOC_{min}$ 为安全下限值,对应数值为 $SOC_{max}=0.4$ , $SOC_{min}=0.8$ 。在这个策略中的核心SOC\*为蓄电池最佳荷电状态,对应数值为 $SOC^*=0.6$ 。依据各工作模式对应的功率情况制定策略。该执行策略图4所示。其中一些参数的定义如下:

[0103] (1)  $P_x$ 为游艇所有系统需求功率

[0104] (2)  $P_{shore}$ 为岸边提供功率

[0105] (3)  $P_{in}$ 为蓄电池充电功率

[0106] (4)  $P_p$ 为推进器功率

[0107] (5) SOC为蓄电池荷电状态

[0108] (6)  $SOC^*$ 为蓄电池最佳荷电状态

[0109] (7)  $SOC_{max}$ 为蓄电池荷电状态安全上限

[0110] (8)  $SOC_{min}$ 为蓄电池荷电状态安全下限

[0111] (9)  $P_{out}$ 为蓄电池输出功率

[0112] (10)  $P_{sun}$ 为太阳能系统输出功率

[0113] (11)  $P_{wind}$ 为风能系统输出功率

[0114] (12)  $P_{outc}$ 为发电机输出功率

[0115] (13)  $P_{ch}$ 为柴油发动机输出功率

[0116] 如图4所示,将整个能源管理系统控制策略描述如下。

[0117] 首先系统根据CAN总线上各节点传递的电压、电流、温度等信息,判定游艇各系统能否正常启动。如果不能则显示错误位置并处理故障。

[0118] 判定游艇所有系统需求功率是否为零。当需求功率为零时,进入岸电充电模式,岸上发出的交流电经过AC/DC为蓄电池充电,此时岸电功率为蓄电池充电功率。

[0119] 判定游艇所有系统需求功率是否大于零,此处暂不考虑需求功率为负的情况。

[0120] 判定推进器功率是否为零,即是否需要使用推进器。如果不需要使用,则此时系统为蓄电池供电模式。判定蓄电池SOC值是否大于最佳蓄电池SOC值。如果大于,游艇系统所有需求功率为蓄电池输出功率。若小于,则功率分配情况是游艇所有需求功率为蓄电池输出功率,同时太阳能系统与风能系统通过DC/DC转换器和AC/DC转换器给蓄电池进行充电。

[0121] 在推进器功率不为零的基础上判定蓄电池SOC值是否大于蓄电池荷电状态上限值,如果大于则进入混合供电模式,此时以消耗蓄电池容量至 $SOC^*$ 为主,柴油发电机暂时待机,全部由蓄电池发电为主。同时太阳能系统与风能系统通过DC/DC转换器和AC/DC转换器给蓄电池进行充电。在这一阶段蓄电池SOC不断降低,直至SOC小于SOC上限可参与下一个判断。

[0122] 判定SOC是否大于安全下限,如果小于则继续判断SOC是否等于零。如果等于零则意味着蓄电池处于完全没电的状态,或者出现故障,此时进入柴油应急发动模式,柴油机输出功率即是推进器功率。如果不等于零则意味着蓄电池剩余电量不足。此时,柴油发电机不仅给系统供电,还要将蓄电池充至 $SOC^*$ 处。具体蓄电池输入功率由最佳SOC值与现在SOC差值所决定。

[0123] 判定蓄电池SOC值是否大于最佳SOC值,若大于则采取混合供电模式,此时需要蓄电池放一部分电以达到 $SOC^*$ ,发电机配合蓄电池进行发电,游艇系统所需功率为柴油发电机输出功率与蓄电池输出功率之和。同时太阳能系统与风能系统给蓄电池供电。如果SOC低于 $SOC^*$ ,则以柴油发电为主,游艇系统所需功率为柴油发电机输出功率与蓄电池输出功率之和。太阳能系统和风能系统给蓄电池充电至 $SOC^*$ 。

[0124] 根据上文所制定的控制策略,进行各个模式下能源管理匹配。

[0125] 蓄电池供电模式

[0126] 触发蓄电池供电模式的条件是游艇需求功率大于零,并且推进功率等于零。此时假定游艇上其他负载设备用电量情况为常用设备功率4.5kW,用电约五小时,非常用设备

功率16.27kW,用电一小时。可计算得到其他负载用电情况为每小时6.46kW。当SOC 低于SOC\*即0.6时,太阳能与风能系统启动,并给蓄电池供电。其充电量为每小时1.1kW。

[0127] 针对锂电池SOC的检测,有一些较常用的方法比如开路电压法是通过长时间静置锂电池后测量开路电压并且开路电压与SOC满足一定关系式;神经网络法是用神经网络对锂电池建立模型并进行样本训练与学习;安时积分法是利用充放电电流对时间的积分得到任意时刻电量;卡尔曼法是利用信号处理方法与信号的空间状态预测锂电池 SOC的当前值与下一时刻值等等。方法众多,但均有难度,并且大多依赖实验来获得数据。由于本次设计未进行试验,因此通过查阅大量研究锂电池充放电特性的论文,比较得出锂电池工作电压 $U_L$ 与SOC的关系。

$$U_L = U_{OCV} + U_{\Omega} + U_P$$

$$[0128] \quad = 283 + 6.41 * \ln(SOC) - 5.05 \ln(1 - SOC) - 0.795 * \frac{1}{SOC} + 31.3 * SOC + 0.25 * 50.4 \quad (5-1)$$

[0129] 表5-1锂电池电压与SOC关系表

	SOC	U/V	SOC	U/V
	0.95	339.29	0.45	305.81
	0.9	333.83	0.4	302.84
	0.85	329.80	0.35	299.72
	0.8	326.34	0.3	296.42
[0130]	0.75	323.17	0.25	292.81
	0.7	320.16	0.2	288.69
	0.65	317.26	0.15	283.65
	0.6	314.40	0.1	276.55
	0.55	311.56	0.05	262.32
	0.5	308.71		

[0131] 上表仅列出以0.05为单位划分的SOC值。为了直观的看出电压变化趋势,图5为以0.01为单位划分SOC值。

[0132] 根据上式可以得到锂电池工作电压,前述锂电池充电电流为50.4A,根据 $P=UI$ 可以得到锂电池功率与SOC的关系。

[0133] 蓄电池SOC、容量、负载功率、运行时间、电压满足以下公式。

$$[0134] \quad Q = \frac{Pt^2}{SOC} \quad (5-2)$$

$$[0135] \quad C = 1000 \frac{Q}{U} \quad (5-3)$$

[0136] 上式中:

[0137] Q——为蓄电池组能量,单位kWh;

[0138] P——为游艇系统每小时的负载,单位kW/h;

[0139] t——为蓄电池可使用时间,单位h;

[0140] C——为蓄电池组容量,单位Ah;

[0141] U——为蓄电池组工作电压,单位V;

[0142] 根据上表5-1可知SOC等于0.6时,对应工作电压为314.40V。此时蓄电池提供电给游艇各设备,负载每小时功率为6.46kW,发电系统每小时发1.1kW的电给蓄电池,直到蓄电

池没电即SOC=0。由于SOC不断降低,对应工作电压也降低,因此根据上述公式计算得到续航力为最低续航力。

[0143] 在第一阶段SOC慢慢降低并且未到0.6时,C为504Ah,负载为6.46kW/h。据上式5-2、5-3可知:

$$[0144] \quad t = \sqrt{U * C * \frac{SOC}{1000P}} = \sqrt{326.34 * 504 * \frac{0.6}{6.46 * 1000}} = 3.91h \quad (5-4)$$

[0145] 在第二阶段SOC继续降低并低于0.6时,C为504Ah,负载为5.36kW/h。据上式5-2、5-3可知:

$$[0146] \quad t = \sqrt{U * C * \frac{SOC}{1000P}} = \sqrt{302.84 * 504 * \frac{0.4}{5.3542 * 1000}} = 3.37h \quad (5-5)$$

[0147] 综上,在蓄电池供电模式中,该系统续航力为7.28小时。

[0148] 混合供电模式

[0149] 触发混合供电模式的条件是游艇需求功率与推进功率大于零。并且跟随SOC的值进行输入输出功率的调整。当SOC>0.8时,负载耗电为每小时106.46kW,并接受太阳能与风能发电每小时1.1kW,净输出为每小时105.36kW。

[0150] 根据上表5-1可知SOC为0.8的情况下,对应工作电压U为326.34V。由于SOC不断降低,对应工作电压也降低,因此根据上述公式计算得到续航力为最低续航力。C为504Ah,负载为105.36kW/h。据上式5-2、5-3可知:

$$[0151] \quad t = \sqrt{U * C * \frac{SOC}{1000P}} = \sqrt{326.34 * 504 * \frac{0.8}{105.36 * 1000}} = 1.12h \quad (5-6)$$

[0152] 当SOC值继续下降,直到最佳SOC即0.6的时候,对应工作电压为314.40V。这一阶段柴油发电和蓄电池均为系统供电。考虑到功率跟随型策略以追求SOC平衡到最佳SOC处为原则,尽量使得蓄电池多耗电,柴油机适当少发电。满足柴油机每小时供电20kW,负载耗电为每小时106.46kW,并接受太阳能与风能发电每小时1.1kW,净输出为每小时85.36kW。因此t为1.06小时。

[0153] 当SOC值下降到SOC安全下限即0.4的时候,对应工作电压为302.84V。这一阶段柴油发电和蓄电池均为系统供电,且柴油机也向蓄电池供电,使得SOC达到SOC\*。满足柴油机每小时供电30kW,负载耗电为每小时106.46kW,并接受太阳能与风能发电每小时1.1kW,净输出为每小时75.36kW。因此t为1.13小时。

[0154] 总结得到在混合供电模式中,该系统续航力可达3.31小时。

[0155] 柴油发电模式

[0156] 柴油发电模式的触发条件是游艇需求功率大于零,并且推进功率大于零,蓄电池SOC值小于设定的安全下限。此时游艇所有需求功率为推进功率与其他设备功率之和。游艇航行速度也适当降低,处于经济航速8节。游艇上用电量情况是推进设备100kW,使用约三小时,非推进设备用电情况每小时6.46kW,总和为每小时使用106.46kW。此时蓄电池剩余容量为201.6Ah,也需由发电机补充电量。柴油发电机组功率为30kW。预计可使用0.28小时。此模式为过度状态,当后续SOC降到0就进入柴油应急发动模式来满足推进功率的要

求。

[0157] 岸电模式

[0158] 岸电模式下,岸基电源为系统蓄电池充电。假设蓄电池SOC处在低值,蓄电池总容量为504Ah,岸电充电电压与电流根据码头有所区别,一般,岸电提供插座,有50Hz,220V或380V。本次设计用220VAC,充电电流为80A~200A,由此可知岸电模式下充电时间为2.52小时至6.3小时左右。快充会影响蓄电池的寿命,尽量选择适中的充电电流为蓄电池充电。

[0159] 柴油应急发动模式

[0160] 当游艇所需功率不为零,推进功率不为零,SOC为零或故障情况下,进入柴油应急发动模式。柴油机作为主机驱动螺旋桨推进。柴油发动机输出功率为30kW。在经济航速运行下,主机需求功率21kW,附带一些游艇设备功率为6.46kW每小时。由于柴油机输出功率与主机和游艇设备需求功率差值大于零,所以使用柴油应急发电模式没有时间限制与续航力要求,以安全返航为目的。

[0161] 以上对本发明的具体实施例进行了描述。需要理解的是,本发明并不局限于上述特定实施方式,本领域技术人员可以在权利要求的范围内做出各种变化或修改,这并不影响本发明的实质内容。在不冲突的情况下,本申请的实施例和实施例中的特征可以任意相互组合。

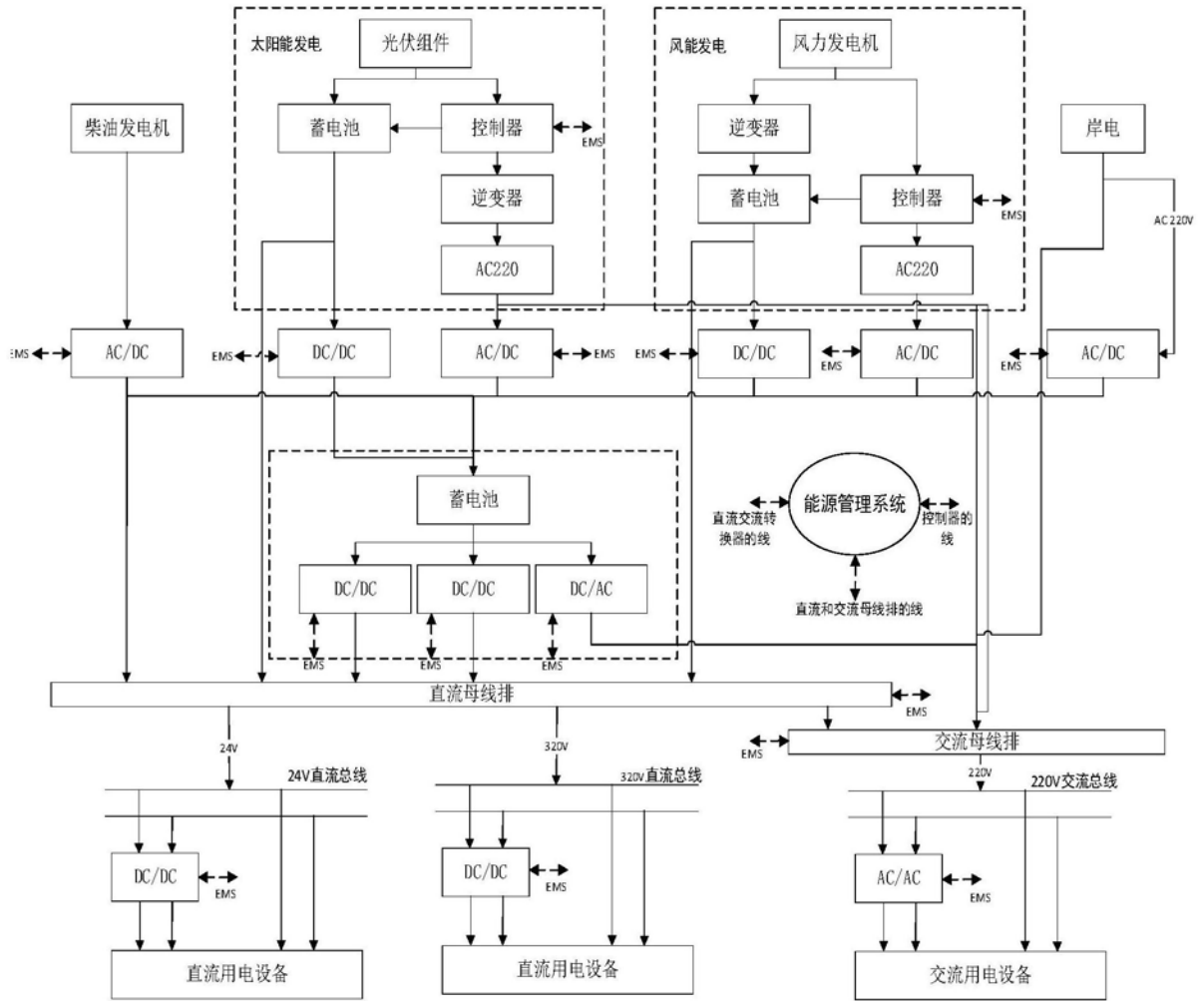


图1

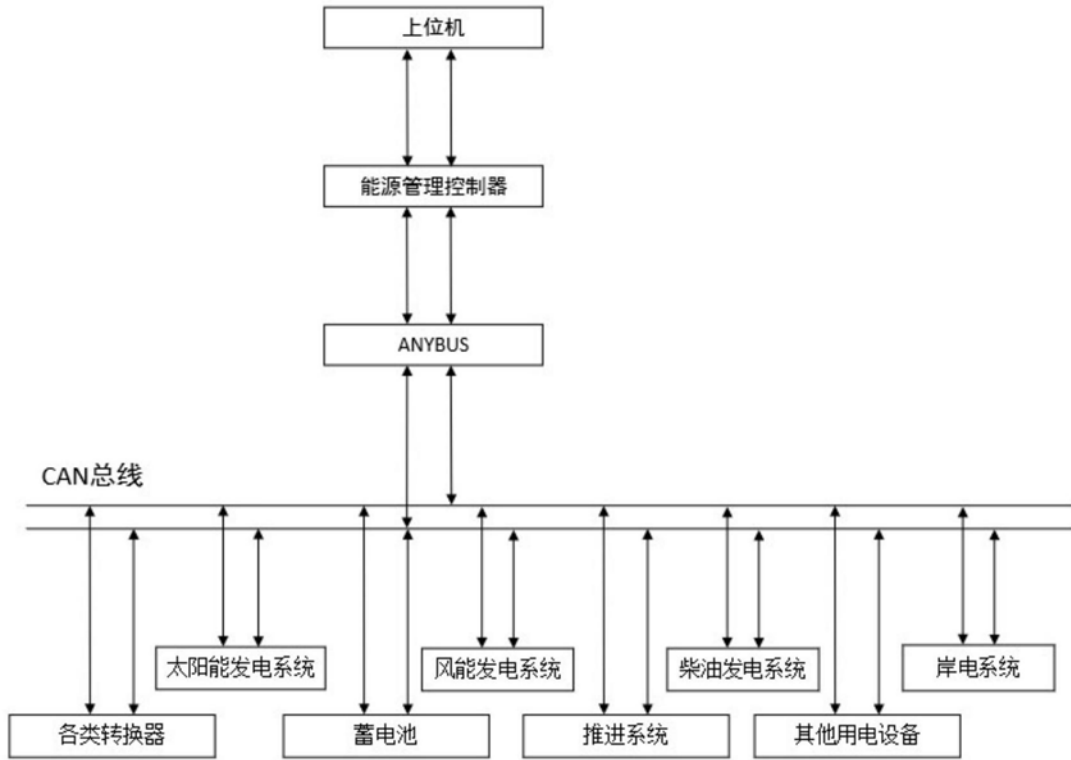


图2

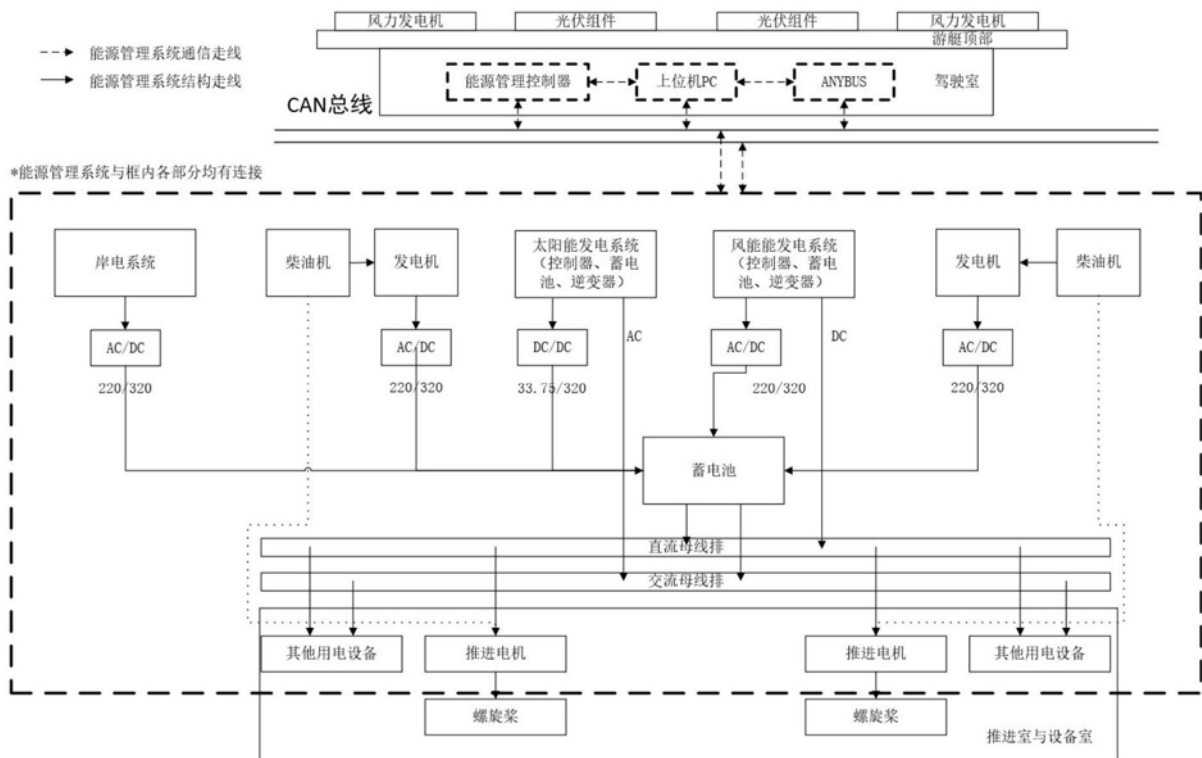


图3



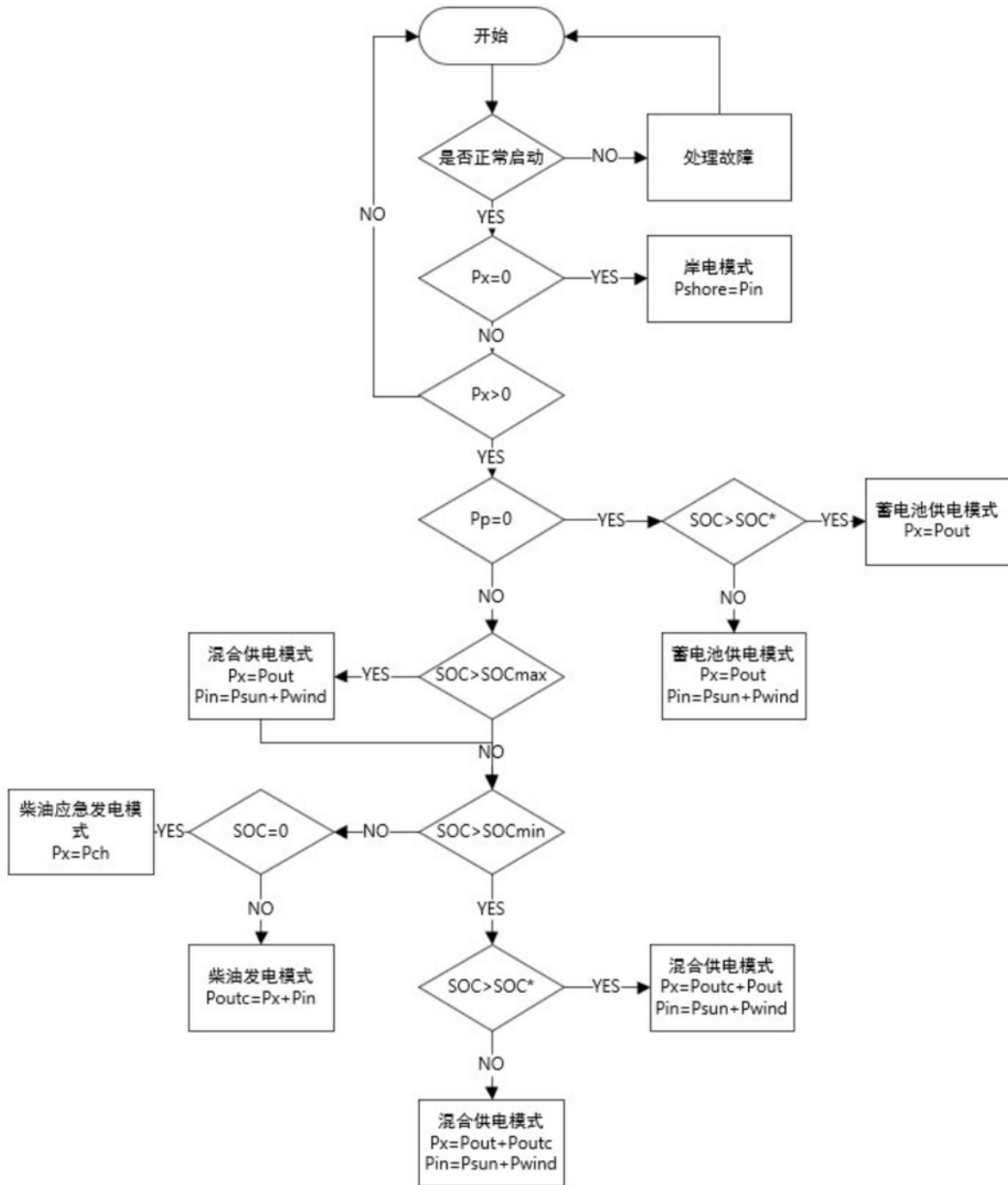


图4

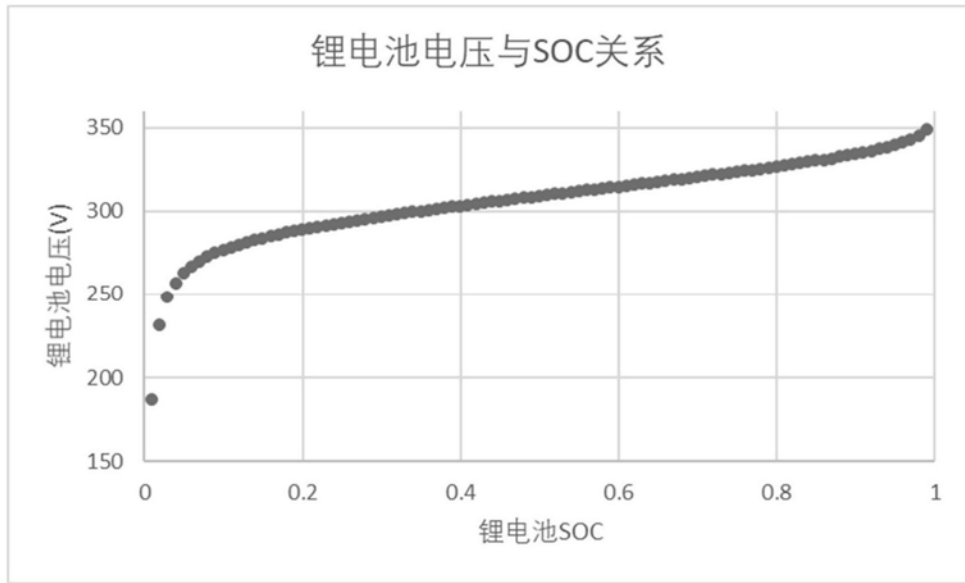


图5