



(10) 授权公告号 CN 118336887 B

(45) 授权公告日 2024. 08. 30

(21) 申请号 202410774239.8

(22) 申请日 2024.06.17

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 118336887 A

(43) 申请公布日 2024.07.12

(73) 专利权人 国网浙江省电力有限公司杭州市  
钱塘区供电公司

地址 310000 浙江省杭州市大江东产业集  
聚区义蓬街道义府大街808号1幢1-6  
楼

专利权人 浙江大有实业有限公司钱塘分公  
司  
国网浙江省电力有限公司杭州供  
电公司  
杭州市电力设计院有限公司  
杭州市电力设计院有限公司钱塘  
分公司

(72) 发明人 夏晓春 张益军 吴一览 金建华  
陈东 张俊 郁丹琦 史宇超

吴兆顺 汤叶锋 王强强 朱敏敏  
王樱霓 周华锋 俞永杰 诸俊杰  
蔡海峰 陈星佚 肖睿

(74) 专利代理机构 广州三环专利商标代理有限  
公司 44202

专利代理师 李妙芬

(51) Int. Cl.

H02J 9/00 (2006.01)

G06Q 10/04 (2023.01)

G06Q 50/06 (2024.01)

G06N 3/006 (2023.01)

H02J 7/35 (2006.01)

H02M 1/00 (2007.01)

H02J 7/00 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 116024747 A, 2023.04.28

CN 118157173 A, 2024.06.07

审查员 曾素颖

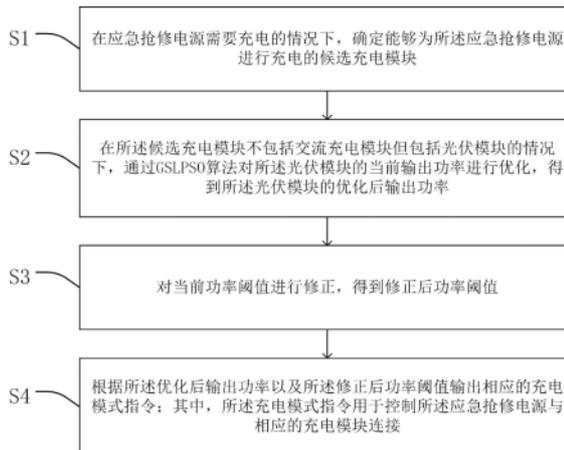
权利要求书2页 说明书11页 附图5页

#### (54) 发明名称

一种应急抢修电源的补电方法及系统

#### (57) 摘要

本发明涉及智能充电控制技术领域,公开了一种应急抢修电源的补电方法及系统,本方法包括:在应急抢修电源需要充电的情况下,确定能够为所述应急抢修电源进行充电的候选充电模块;在所述候选充电模块不包括交流充电模块但包括光伏模块的情况下,通过GSLPSO算法对所述光伏模块的当前输出功率进行优化,得到所述光伏模块的优化后输出功率;对当前功率阈值进行修正,得到修正后功率阈值;根据所述优化后输出功率以及所述修正后功率阈值输出相应的充电模式指令。本发明与相关技术相比提升了应急抢修电源的补电效率。



1. 一种应急抢修电源的补电方法,其特征在于,包括:

在应急抢修电源需要充电的情况下,确定能够为所述应急抢修电源进行充电的候选充电模块;

在所述候选充电模块不包括交流充电模块但包括光伏模块的情况下,通过GSLPSO算法对所述光伏模块的当前输出功率进行优化,得到所述光伏模块的优化后输出功率;其中,所述GSLPSO算法是对GSA算法的全局搜索能力和LPSO算法提供的随机性进行结合而得到的混合引力搜索领导粒子群优化算法,所述光伏模块对应有功率阈值,所述功率阈值用于与所述光伏模块的输出功率进行比较以输出充电模式指令;

对所述光伏模块的当前功率阈值进行修正,得到修正后功率阈值;其中,所述对所述光伏模块的当前功率阈值进行修正,得到修正后功率阈值,包括:根据所述应急抢修电源的实际充电功率和所述优化后输出功率间的功率误差对所述当前功率阈值进行多次迭代修正,直至功率误差小于误差阈值,得到修正后功率阈值;其中,通过以下方式确定所述功率误差:根据所述优化后输出功率与所述当前功率阈值的大小关系输出相应的充电模式指令;将所述应急抢修电源与所述充电模式指令对应的候选充电模块连接,得到所述应急抢修电源的实际充电功率;对所述实际充电功率和所述优化后输出功率求差得到所述功率误差;

根据所述优化后输出功率以及所述修正后功率阈值输出相应的充电模式指令;其中,所述充电模式指令用于控制所述应急抢修电源与相应的充电模块连接;所述候选充电模块还包括电量高于电量阈值的汽车电源模块;所述根据所述优化后输出功率以及所述修正后功率阈值输出相应的充电模式指令,包括:当所述优化后输出功率小于所述修正后功率阈值时,输出第二充电模式指令;其中,所述第二充电模式指令用于控制所述应急抢修电源与所述汽车电源模块连接。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述通过GSLPSO算法对所述光伏模块的当前输出功率进行优化,得到所述光伏模块的优化后输出功率,具体包括:

初始化GSLPSO算法中的参数,对粒子的位置进行随机分配,其中粒子的位置表征光伏模块的占空比;

对粒子种群进行适应度评估,所述适应度为光伏模块的输出功率,当此时粒子种群的适应度更优时,对最优适应度进行更新;

对粒子种群的最优个体进行变异;

根据引力常数计算各粒子的质量和引力,并根据速度更新系数对各粒子的位置和速度进行更新;

更新速度更新系数和引力常数,并返回重新进行迭代计算,直至迭代次数到达最大迭代次数,输出此时光伏模块的输出功率作为所述优化后输出功率。

3. 如权利要求2所述的方法,其特征在于,所述对粒子种群的最优个体进行变异,具体包括:

对所述最优个体进行突变,并对突变后最优个体计算引力大小,当突变后最优个体的引力大于当前最优个体的引力时,对所述最优个体进行更新;

当突变次数未达到预设突变次数时,返回进行下一类型的突变,否则结束变异。

4. 如权利要求3所述的方法,其特征在于,所述突变包括高斯突变、柯西突变、精英突变和缩放突变。

5. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:

在所述候选充电模块包括交流充电模块时,控制所述应急抢修电源与所述交流充电模块连接。

6. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述根据所述光伏模块的优化后输出功率以及所述修正后功率阈值输出相应的充电模式指令,还包括:

当所述优化后输出功率大于所述修正后功率阈值时,输出第一充电模式指令;其中,所述第一充电模式指令用于控制所述应急抢修电源与所述光伏模块连接。

7. 如权利要求6所述的方法,其特征在于,当所述功率阈值小于所述汽车电源模块的输出功率时,停止修正。

8. 一种应急抢修电源的补电系统,其特征在于,包括:

候选模块确定模块,用于在应急抢修电源需要充电的情况下,确定能够为所述应急抢修电源进行充电的候选充电模块;

光伏功率优化模块,用于在所述候选充电模块不包括交流充电模块但包括光伏模块的情况下,通过GSLPSO算法对所述光伏模块的当前输出功率进行优化,得到所述光伏模块的优化后输出功率;其中,所述GSLPSO算法是对GSA算法的全局搜索能力和LPSO算法提供的随机性进行结合而得到的混合引力搜索领导粒子群优化算法,所述光伏模块对应有功率阈值,所述功率阈值用于与所述光伏模块的输出功率进行比较以输出充电模式指令;

功率阈值修正模块,用于对所述光伏模块的当前功率阈值进行修正,得到修正后功率阈值;其中,所述对所述光伏模块的当前功率阈值进行修正,得到修正后功率阈值,包括:根据所述应急抢修电源的实际充电功率和所述优化后输出功率间的功率误差对所述当前功率阈值进行多次迭代修正,直至功率误差小于误差阈值,得到修正后功率阈值;其中,通过以下方式确定所述功率误差:根据所述优化后输出功率与所述当前功率阈值的大小关系输出相应的充电模式指令;将所述应急抢修电源与所述充电模式指令对应的候选充电模块连接,得到所述应急抢修电源的实际充电功率;对所述实际充电功率和所述优化后输出功率求差得到所述功率误差;

充电指令输出模块,用于根据所述优化后输出功率以及所述修正后功率阈值输出相应的充电模式指令;其中,所述充电模式指令用于控制所述应急抢修电源与相应的充电模块连接;所述候选充电模块还包括电量高于电量阈值的汽车电源模块;所述根据所述优化后输出功率以及所述修正后功率阈值输出相应的充电模式指令,包括:当所述优化后输出功率小于所述修正后功率阈值时,输出第二充电模式指令;所述第二充电模式指令用于控制所述应急抢修电源与所述汽车电源模块连接。

## 一种应急抢修电源的补电方法及系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及智能充电控制技术领域,尤其涉及一种应急抢修电源的补电方法及系统。

### 背景技术

[0002] 在电力系统中,应急抢修电源扮演着关键的角色,它们在面对电网故障、自然灾害或其他紧急情况时,能够快速响应抢修任务并迅速提供电力支持,从而帮助电网快速恢复运行,保障公共安全。相关技术中,常见的应急抢修电源类型包括传统的柴油发电机组和燃气发电机组,上述两种类型存在着诸如环境污染、燃料储备成本高以及运行不便等问题。作为改进方案,相关技术中还包括利用光伏模块作为应急抢修电源,其对环境的影响更小,更加环保和节能,并且比传统的柴油发电机组成本更低。

[0003] 然而采用光伏模块为应急抢修电源进行补电的效率有待提升。

### 发明内容

[0004] 本发明提供了一种应急抢修电源的补电方法及系统,以提升相关技术中应急抢修电源的补电效率。

[0005] 为了解决上述技术问题,本发明实施例提供了一种应急抢修电源的补电方法,包括:

[0006] 在应急抢修电源需要充电的情况下,确定能够为所述应急抢修电源进行充电的候选充电模块;

[0007] 在所述候选充电模块不包括交流充电模块但包括光伏模块的情况下,通过GSLPSO算法对所述光伏模块的当前输出功率进行优化,得到所述光伏模块的优化后输出功率;

[0008] 对当前功率阈值进行修正,得到修正后功率阈值;

[0009] 根据所述优化后输出功率以及所述修正后功率阈值输出相应的充电模式指令;其中,所述充电模式指令用于控制所述应急抢修电源与相应的充电模块连接。

[0010] 本发明通过比较光伏模块输出功率与功率阈值的大小从而输出充电模式指令,且计算过程中不断对功率阈值进行修正,提升了充电模式指令的准确性,使应急抢修电源的补电效率维持在较高水平,满足了应急抢修电源应对紧急情况的要求。

[0011] 作为优选方案,所述通过GSLPSO算法对所述光伏模块的当前输出功率进行优化,得到所述光伏模块的优化后输出功率,具体包括:

[0012] 初始化GSLPSO算法中的参数,对粒子的位置进行随机分配,其中粒子的位置表征光伏模块的占空比;

[0013] 对粒子种群进行适应度评估,所述适应度为光伏模块的输出功率,当此时粒子种群的适应度更优时,对最优适应度进行更新;

[0014] 对粒子种群的最优个体进行变异;

[0015] 根据引力常数计算各粒子的质量和引力,并根据速度更新系数对各粒子的位置和

速度进行更新；

[0016] 更新速度更新系数和引力常数,并返回重新进行迭代计算,直至迭代次数到达最大迭代次数,输出此时光伏模块的输出功率作为所述优化后输出功率。

[0017] 本发明通过GSLPSO算法对光伏模块的最大输出功率进行跟踪,通过调整光伏模块的工作点,保证光伏模块的输出功率处于最高水平。与常规算法相比,GSLPSO算法缩短了最大输出功率跟踪的收敛时间,提高了光伏模块对环境因素变化的响应速度,同时能够降低搜索过程中陷入局部最优的几率,提升了光伏模块的功率输出水平。

[0018] 作为优选方案,所述对粒子种群的最优个体进行变异,具体包括:

[0019] 对所述最优个体进行突变,并对突变后最优个体计算引力大小,当突变后最优个体的引力大于当前最优个体的引力时,对所述最优个体进行更新;

[0020] 当突变次数未达到预设突变次数时,返回进行下一类型的突变,否则结束变异。

[0021] 作为优选方案,所述突变包括高斯突变、柯西突变、精英突变和缩放突变。

[0022] 本发明通过对粒子种群中最优个体进行多次变异,扩大了最大输出功率的搜索范围,与常见算法相比降低了搜索过程中陷入局部最优的几率。

[0023] 作为优选方案,所述对当前功率阈值进行修正,得到修正后功率阈值,具体包括:

[0024] 根据所述应急抢修电源的实际充电功率和所述优化后输出功率间的功率误差对所述当前功率阈值进行多次迭代修正,直至功率误差小于误差阈值,得到修正后功率阈值。

[0025] 本发明根据实际充电功率和优化后输出功率间的功率误差,通过迭代学习对功率阈值进行修正,从而降低功率误差,提升充电模式指令的准确性,使应急抢修电源始终以功率较高的充电模式进行补电,解决了相关技术中应急抢修电源补电效率低下,导致无法满足紧急情况下所需的响应速度的问题。

[0026] 作为优选方案,通过以下方式确定所述功率误差:

[0027] 根据所述优化后输出功率与所述当前功率阈值的大小关系输出相应的充电模式指令;

[0028] 将所述应急抢修电源与所述充电模式指令对应的候选充电模块连接,得到所述应急抢修电源的实际充电功率;

[0029] 对所述实际充电功率和所述优化后输出功率求差得到所述功率误差。

[0030] 本发明通过迭代学习降低功率误差,使应急抢修电源的实际充电功率接近通过GSLPSO算法得到的最大输出功率,提高应急抢修电源的补电效率。

[0031] 作为优选方案,所述方法还包括:

[0032] 在所述候选充电模块包括交流充电模块时,控制所述应急抢修电源与所述交流充电模块连接。

[0033] 在本发明中,交流充电模块与其他充电模块相比输出功率更高且更稳定,对环境的影响也较小,因此当候选充电模块包括交流充电模块时可直接选用该模块与应急抢修电源连接以进行补电。

[0034] 作为优选方案,所述候选充电模块还包括电量高于电量阈值的汽车电源模块;所述根据所述光伏模块的优化后输出功率以及所述修正后功率阈值输出相应的充电模式指令,包括:

[0035] 当所述优化后输出功率大于所述修正后功率阈值时,输出第一充电模式指令;其

中,所述第一充电模式指令用于控制所述应急抢修电源与所述光伏模块连接;

[0036] 当所述优化后输出功率小于所述修正后功率阈值时,输出第二充电模式指令;其中,所述第二充电模式指令用于控制所述应急抢修电源与所述汽车电源模块连接。

[0037] 本发明中候选充电模块还包括电量高于电量阈值的汽车电源模块,当光伏模块的输出功率无法满足功率阈值时,可通过汽车电源模块为应急抢修电源进行补电,克服了应急抢修电源的补电过程受到时间和环境限制的问题,提高了环境条件不满足光伏模块的工作条件时应急抢修电源的补电效率。

[0038] 作为优选方案,当所述功率阈值小于所述汽车电源模块的输出功率时,停止修正。

[0039] 当功率阈值小于汽车电源模块的输出功率时,若仍根据功率阈值输出充电模式指令,会出现应急抢修电源的实际充电功率小于候选充电模块所能输出的最大功率,导致应急抢修电源的补电效率降低。通过停止修正保证应急抢修电源的实际充电功率处于较高水平。

[0040] 本发明实施例还提供了一种应急抢修电源的补电系统,包括:

[0041] 候选模块确定模块,用于在应急抢修电源需要充电的情况下,确定能够为所述应急抢修电源进行充电的候选充电模块;

[0042] 光伏功率优化模块,用于在所述候选充电模块不包括交流充电模块但包括光伏模块的情况下,通过GSLPSO算法对所述光伏模块的当前输出功率进行优化,得到所述光伏模块的优化后输出功率;

[0043] 功率阈值修正模块,用于对当前功率阈值进行修正,得到修正后功率阈值;

[0044] 充电指令输出模块,用于根据所述优化后输出功率以及所述修正后功率阈值输出相应的充电模式指令;其中,所述充电模式指令用于控制所述应急抢修电源与相应的充电模块连接。

[0045] 相比于相关技术,本发明实施例具有如下有益效果:

[0046] 1、本发明通过比较光伏模块输出功率与功率阈值的大小从而输出充电模式指令,且计算过程中不断对功率阈值进行修正,提升了充电模式指令的准确性,使应急抢修电源的补电效率维持在较高水平,满足了应急抢修电源应对紧急情况的要求;

[0047] 2、本发明通过GSLPSO算法对光伏模块的最大输出功率进行跟踪,通过调整光伏模块的工作点,保证光伏模块的输出功率处于最高水平;本发明采用的GSLPSO算法缩短了最大输出功率跟踪的收敛时间,提高了光伏模块对环境因素变化的响应速度,同时能够降低搜索过程中陷入局部最优的几率,提升了光伏模块的功率输出水平;

[0048] 3、本发明的候选充电模块中不包含相关技术中传统的柴油发电机组和燃气发电机组,采用太阳光能和汽车电源的电能为补电能量来源,减少了碳排放量,降低了补电过程对环境的影响,同时降低了用于产生能量的成本。

## 附图说明

[0049] 图1:为本发明实施例提供的一种应急抢修电源的补电方法的步骤示意图;

[0050] 图2:为本发明实施例中充电模式选择的一种流程示意图;

[0051] 图3:为本发明实施例中优化光伏模块输出功率的一种流程示意图;

[0052] 图4:为本发明实施例中优化后输出功率的曲线图;

- [0053] 图5:为本发明实施例中应急抢修电源实际充电电压的曲线图;
- [0054] 图6:为本发明实施例中应急抢修电源实际充电电流的曲线图;
- [0055] 图7:为本发明实施例提供的一种应急抢修电源的补电系统的模块示意图;
- [0056] 其中,说明书附图的附图标记如下:1、候选模块确定模块,2、光伏功率优化模块,3、功率阈值修正模块,4、充电指令输出模块。

## 具体实施方式

[0057] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0058] 相关技术中,由于光伏模块存在受环境因素影响较大的问题,在夜晚或者天气条件较差的时间段其输出功率会降低,影响在应急抢修电源补电过程中的补电效率,甚至无法有效地为应急抢修电源补电,影响应急抢修电源的响应速度。

[0059] 实施例一

[0060] 本发明通过比较光伏模块输出功率与功率阈值的大小从而输出充电模式指令,且计算过程中不断对功率阈值进行修正,提升了充电模式指令的准确性,降低了应急抢修电源的补电效率长时间过低的几率,使其维持在较高水平,满足了应急抢修电源应对紧急情况的要求。

[0061] 本发明还通过GSLPS0算法对光伏模块的最大输出功率进行跟踪,与常规算法相比GSLPS0算法缩短了最大输出功率跟踪的收敛时间,提高了光伏模块对环境因素变化的响应速度,同时能够降低搜索过程中陷入局部最优的几率,提升了光伏模块的功率输出水平。

[0062] 请参照图1所示,图1为本发明实施例提供的一种应急抢修电源的补电方法的步骤示意图,本方法中对于本实施例中的应急抢修电源,首先根据其当前电量的高低判断其是否需要补电,当应急抢修电源的电量高于应急电量要求时,应急抢修电源正常工作,不需要补电;当应急抢修电源的电量低于应急电量要求时,需要对应急抢修电源进行补电,此时根据各充电模块的状态确定候选充电模块。

[0063] 步骤S1:在应急抢修电源需要充电的情况下,确定能够为所述应急抢修电源进行充电的候选充电模块。

[0064] 本实施例中可作为候选充电模块的充电模块包括交流充电模块、光伏模块和汽车电源模块。其中交流充电模块包括交流插座,交流插座能够为应急抢修电源提供功率可靠且稳定的电量供应。光伏模块包括光伏板组成的光伏阵列、直流变换器和用于控制光伏模块工作的微控制器,通过微控制器输出占空比合适的PWM波可控制光伏板的工作点,使光伏模块的输出功率达到最大。汽车电源模块包括若干电动汽车,应急抢修电源可在需要补电的情况下通过汽车充电器利用电动汽车中的电量对自身进行充电。在其他实施例中,也可根据实际应用条件选择其他的充电模块,其范围包括且不限于:包括风能发电机组的风电模块和包括水力发电机组的水电模块等。

[0065] 候选充电模块的确定方式具体为:对于交流充电模块,若应急抢修电源的周围一定范围内存在交流充电模块且能够与交流充电模块连接,则候选充电模块包括交流充电模

块。对于光伏模块,若应急抢修电源的周围一定范围内存在光伏模块且能够与光伏模块连接,则候选充电模块包括光伏模块。对于汽车电源模块,若应急抢修电源周围一定范围内的充电站内存在正在充电的若干电动汽车,且电动汽车的电量高于电量阈值,则候选充电模块包括汽车电源模块。

[0066] 本步骤中通过确定候选充电模块的类型,提高了候选充电模块的可靠性,确保了应急抢修电源在不同时间和环境条件下均可进行补电,解决了相关技术中补电过程受到环境因素限制,导致应急抢修电源无法储存足够电量以应对紧急情况。

[0067] 请参照图2所示,图2为本发明实施例中充电模式选择的一种流程示意图,在补电过程中,根据步骤S1中确定的候选充电模块的具体类型选择不同的充电模块与应急抢修电源连接,通过多种充电模式并存降低了单一充电模式的不确定性,提高了应急抢修电源的可靠性。

[0068] 当候选充电模块中包括交流充电模块时,控制所述应急抢修电源与交流充电模块连接并进行补电。交流充电模块与其他候选充电模块相比,其输出功率更高且更稳定,同时交流充电模块对环境的影响也较小,因此当候选充电模块包括交流充电模块时可直接选用该模块与应急抢修电源连接以进行补电。

[0069] 步骤S2:在所述候选充电模块不包括交流充电模块但包括光伏模块的情况下,通过GSLPSO算法对所述光伏模块的当前输出功率进行优化,得到所述光伏模块的优化后输出功率。

[0070] 当候选充电模块中不包括交流充电模块但包括光伏模块时,本方法通过GSLPSO算法对光伏模块的当前输出功率进行优化。GSLPSO算法为混合引力搜索领导粒子群优化算法,结合了GSA算法和LPSO算法,既具备GSA算法的全局搜索能力,同时也具备LPSO算法提供的随机性,降低了粒子由于过早收敛从而陷入局部最优的几率。

[0071] 请参照图3所示,图3为本发明实施例中优化光伏模块输出功率的一种流程示意图,包括以下步骤:

[0072] 步骤S2.1:初始化GSLPSO算法中的参数,对粒子的位置进行随机分配。

[0073] 在通过GSLPSO算法对光伏模块的当前输出功率进行优化的过程中,首先初始化GSLPSO算法中的参数,包括粒子种群的位置、质量和速度,并使用rand函数随机分配每个粒子的位置,本实施例中粒子的位置表征光伏模块的占空比,不同占空比表示光伏模块的不同工作点,通过随机分配粒子的位置能够模拟实际工作时存在的各种场景,实现最优占空比的全局搜索。

[0074] 步骤S2.2:对粒子种群进行适应度评估。

[0075] 本实施例中适应度函数为光伏模块的输出功率,其受到占空比的影响,在不同占空比的情况下工作的光伏模块的输出功率不同。对于初始粒子种群,将粒子种群中最优的适应度作为最优适应度。

[0076] 步骤S2.3:对粒子种群的最优个体进行变异。

[0077] 适应度评估结束后,对当前粒子种群中的最优个体,即质量最大的个体进行变异,本实施例中对最优个体依次进行多次突变,在每次突变结束后对突变后的最优个体计算其引力大小。最优个体的引力大小表征了当前迭代次数中最优解的搜索程度,若突变后的最优个体的引力大于当前最优个体的引力,则将当前最优个体更新为突变后的最优个体,否

则不进行更新。

[0078] 当突变次数未达到预设突变次数时,返回进行下一类型的突变,本实施例中的突变类型包括高斯突变、柯西突变、精英突变和缩放突变,其中变异的第一阶段为高斯突变,其形式如下式:

$$[0079] \quad G_{best1} = G_{best} + (X_{max} - X_{min}) * G(\mu, h)$$

[0080] 其中,  $G_{best1}$  为第一阶段突变后的最优个体,  $G_{best}$  为当前最优个体,  $X_{max}$  和  $X_{min}$  分别为控制变量的上下边界,本实施例中控制变量为粒子的位置,  $G(\mu, h)$  为服从均值为  $\mu$ , 标准差为  $h$  的高斯分布的随机值。对第一阶段突变后的最优个体  $G_{best1}$  计算引力大小, 当  $G_{best1}$  的引力大于  $G_{best}$  的引力时, 将  $G_{best}$  更新为  $G_{best1}$ 。

[0081] 变异的第二阶段为柯西突变,其形式如下式:

$$[0082] \quad G_{best2} = G_{best} + (X_{max} - X_{min}) * C(\mu, s)$$

[0083] 其中,  $G_{best2}$  为第二阶段突变后的最优个体,  $C(\mu, s)$  为服从柯西分布的随机值,  $s$  为比例因子,其形式如下式:

$$[0084] \quad s(t+1) = s(t) - \frac{1}{T}$$

[0085] 其中,  $t$  为当前迭代次数,  $T$  为最大迭代次数。对第二阶段突变后的最优个体  $G_{best2}$  计算引力大小, 当  $G_{best2}$  的引力大于  $G_{best}$  的引力时, 将  $G_{best}$  更新为  $G_{best2}$ 。

[0086] 变异的第三阶段为精英突变,其形式如下式:

$$[0087] \quad G_{best3} = (X_{max} + X_{min}) - G_{best}$$

[0088] 其中,  $G_{best3}$  为第三阶段突变后的最优个体。对第三阶段突变后的最优个体  $G_{best3}$  计算引力大小, 当  $G_{best3}$  的引力大于  $G_{best}$  的引力时, 将  $G_{best}$  更新为  $G_{best3}$ 。

[0089] 变异的第四阶段为缩放突变,其形式如下式:

$$[0090] \quad G_{best4} = G_{best} + F(X'_i - X'_k)$$

[0091] 其中,  $G_{best4}$  为第四阶段突变后的最优个体,  $F$  为缩放因子,  $X'_i$  和  $X'_k$  分别表示第  $t$  次迭代时的两个随机粒子。对第四阶段突变后的最优个体  $G_{best4}$  计算引力大小, 当  $G_{best4}$  的引力大于  $G_{best}$  的引力时, 将  $G_{best}$  更新为  $G_{best4}$ 。当突变次数达到预设突变次数时, 结束变异并输出此时的最优个体。

[0092] 本方法中通过对粒子种群中的最优个体进行多阶段的变异, 扩大了GSLPSO算法的搜索范围, 与常规算法相比降低了搜索过程中陷入局部最优的几率, 能够更准确地确定全局最优解, 从而使光伏模块能够以最大输出功率工作。

[0093] 步骤S2.4: 根据引力常数计算各粒子的质量和引力, 并根据速度更新系数对各粒

子的位置和速度进行更新。

[0094] 变异结束后,对包含通过变异得到的最优个体的粒子种群中每个粒子的质量和引力进行计算,其中粒子的质量如下式:

$$[0095] \quad M_i(t) = \frac{m_i(t)}{\sum m_j(t)}$$

[0096] 其中,  $M_i(t)$  为第  $t$  次迭代时第  $i$  个粒子的质量,  $m_i(t)$  的形式如下式:

$$[0097] \quad m_i(t) = \frac{fit_i(t) - worst(t)}{best(t) - worst(t)}$$

[0098] 其中,  $fit_i(t)$  为第  $t$  次迭代时第  $i$  个粒子适应度,  $best(t)$  和  $worst(t)$  分别为第  $t$  次迭代时粒子种群中的最优适应度和最差适应度。

[0099] 确定粒子的质量后,根据质量可计算粒子的引力大小,其形式如下式:

$$[0100] \quad F_{ij}(t) = G(t) \frac{M_i(t)M_j(t)}{r^2}$$

[0101] 其中,  $F_{ij}(t)$  为第  $t$  次迭代时第  $i$  个粒子和第  $j$  个粒子间的引力大小,  $M_i(t)$  和  $M_j(t)$  分别表示第  $t$  次迭代时第  $i$  个粒子和第  $j$  个粒子的质量,  $r$  为第  $t$  次迭代时第  $i$  个粒子和第  $j$  个粒子间的距离,  $G(t)$  为第  $t$  次迭代时的引力常数,其形式如下式:

$$[0102] \quad G(t) = G_0 * e^{a(\frac{T-t}{T})}$$

[0103] 其中,  $G_0$  为初始引力常数,  $a$  为引力常数变化系数。

[0104] 得到引力大小后可通过引力大小计算此时粒子的加速度,并通过加速度对粒子的位置和速度进行更新,其中粒子的位置和速度如下式:

$$[0105] \quad X_i(t+1) = w * X_i(t) + v_i(t+1)$$

$$[0106] \quad v_i(t+1) = w * v_i(t) + rand * c_1 * a_i(t) + rand * c_2 * (G_{best} - X_i(t))$$

[0107] 其中,  $X_i(t+1)$  和  $X_i(t)$  为第  $t+1$  次和第  $t$  次迭代时第  $i$  个粒子的位置,  $v_i(t+1)$  和  $v_i(t)$  为第  $t+1$  次和第  $t$  次迭代时第  $i$  个粒子的速度,  $w$  为粒子更新系数,  $a_i(t)$  为第  $t$  次迭代时第  $i$  个粒子的加速度,  $c_1$  和  $c_2$  均为速度更新系数,其形式如下式:

$$[0108] \quad c_1 = c_3 * (T - t) + c_4$$

$$[0109] \quad c_2 = c_5 * (T - t) + c_6$$

[0110] 其中,  $c_3$ 、 $c_4$ 、 $c_5$  和  $c_6$  为常数,可根据实际情况进行设定。

[0111] 步骤S2.5:更新速度更新系数和引力常数,并返回重新进行迭代计算,直至迭代次

数到达最大迭代次数,输出此时光伏模块的输出功率作为所述优化后输出功率。

[0112] 此时若迭代次数未达到最大迭代次数,则根据迭代次数对速度更新系数和引力常数进行更新,并进行下一次迭代计算,即返回步骤S2.2。此时在评估适应度的过程中若迭代后的适应度由于当前的最优适应度,则将迭代后的适应度更新为最优适应度。若迭代次数达到最大迭代次数,则根据当前粒子种群中最优个体的位置输出最佳占空比,并根据最佳占空比对光伏模块进行控制,使光伏模块的输出最大化,得到光伏模块的优化后输出功率。

[0113] 本方法提供的GSLPSO算法与常规算法相比,通过GSA算法以及粒子速度和位置的更新有效缩短了最大输出功率跟踪的收敛时间,提高了光伏模块对环境因素变化的响应速度,同时通过LPSO算法能够降低搜索过程中陷入局部最优的几率,提升了光伏模块的功率输出水平。

[0114] 步骤S3:对当前功率阈值进行修正,得到修正后功率阈值。

[0115] 根据应急抢修电源的实际充电功率与优化后输出功率进行比较从而得到功率误差,根据功率误差对功率阈值进行迭代修正,直至功率误差小于误差阈值,得到修正后功率阈值。

[0116] 本步骤中功率误差的计算方法为:将优化后输出功率输入控制器中,控制器包括迭代学习控制器、充电模式切换系统和存储器,其中充电模式切换系统将优化后输出功率与当前功率阈值进行比较,根据优化后输出功率与当前功率阈值的大小关系输出相应的充电模式指令。本实施例中充电模式指令用于控制所述应急抢修电源与相应的充电模块连接,将应急抢修电源与输出的充电模式指令对应的候选充电模块连接并向应急抢修电源补电,得到应急抢修电源此时的实际充电功率。对实际充电功率和优化后输出功率求差得到功率误差。

[0117] 当功率误差小于误差阈值时,此时输出的充电模式指令准确且符合要求,不需要对当前功率阈值进行修正;当功率误差大于误差阈值时,此时输出的充电模式指令存在错误,需要对当前功率阈值进行修正。

[0118] 修正过程中,首先将功率误差和当前功率阈值输入存储器,并输入迭代学习控制器。在迭代学习控制器中根据设定的比例增益和学习率对当前功率阈值进行修正,其中修正形式如下式:

$$[0119] \quad D_k(t) = (\alpha + K)e_k(t) - \alpha e_{k-1}(t) + D_{k-1}(t)$$

[0120] 其中,  $D_k(t)$  和  $D_{k-1}(t)$  分别为第  $k$  次和第  $k-1$  次迭代次数时的修正后功率阈值,  $\alpha$  为学习率,  $K$  为比例增益,  $e_k(t)$  和  $e_{k-1}(t)$  分别为第  $k$  次和第  $k-1$  次迭代次数时的功率误差。

[0121] 本方法通过多次迭代学习,不断降低应急抢修电源实际充电功率与候选充电模块的最大输出功率间的误差,从而降低充电模式选择的错误率,有效提升控制效果,解决了相关技术中由于充电模式单一导致应急抢修电源的补电效率受到限制的问题。

[0122] 步骤S4:根据所述优化后输出功率以及所述修正后功率阈值输出相应的充电模式指令;其中,所述充电模式指令用于控制所述应急抢修电源与相应的充电模块连接。

[0123] 将修正后功率阈值输入充电模式切换系统,根据修正后功率阈值与输入的优化后

输出功率进行比较,并输出相应的充电模式指令。充电模式指令用于控制应急抢修电源与相应的充电模块连接,从而开始进行补电。

[0124] 相比于相关技术,本发明实施例具有如下有益效果:

[0125] 1、本发明通过比较光伏模块输出功率与功率阈值的大小从而输出充电模式指令,且计算过程中不断对功率阈值进行修正,提升了充电模式指令的准确性,使应急抢修电源的补电效率维持在较高水平,满足了应急抢修电源应对紧急情况的要求;

[0126] 2、本发明通过GSLPS0算法对光伏模块的最大输出功率进行跟踪,通过调整光伏模块的占空比,保证光伏模块的输出功率处于最高水平,缩短了最大输出功率跟踪的收敛时间,提高了光伏模块对环境因素变化的相应速度,同时能够降低搜索过程中陷入局部最优的几率,提升了光伏模块的功率输出水平;

[0127] 3、本发明的候选充电模块中不包含相关技术中传统的柴油发电机组和燃气发电机组,采用太阳光能和汽车电源的电能为补电能量来源,减少了碳排放量,降低了补电过程对环境的影响,同时降低了用于产生能量的成本。

[0128] 实施例二

[0129] 本实施例的方法与实施例一中描述相同,而本实施例中候选充电模块包括光伏模块和汽车电源模块,其中汽车电源模块的电量高于电量阈值。

[0130] 本实施例在步骤S4中,充电模式切换系统将优化后输出功率与修正后功率阈值比较。当优化后输出功率大于修正后功率阈值时,输出第一充电模式指令,第一充电模式指令用于控制应急抢修电源与光伏模块连接,通过光伏模块为应急抢修电源补电。当优化后输出功率小于修正后功率阈值时,输出第二充电模式指令,第二充电模式指令用于控制应急抢修电源与汽车电源模块连接,通过汽车电源模块为应急抢修电源补电。本实施例中通过输出不同的充电模式指令,从而实现根据环境条件灵活切换充电模式,保证应急抢修电源的正常补电效率。

[0131] 本实施例中在当前功率阈值的修正过程中,当功率阈值小于汽车电源模块的输出功率时,停止修正。此时若仍根据功率阈值输出充电模式指令,导致应急抢修电源选择优化后输出功率不符合要求的光伏模块进行补电,会出现应急抢修电源的实际充电功率小于候选充电模块所能输出的最大功率,限制了应急抢修电源的补电效率。本实施例通过将功率阈值维持在汽车电源模块的输出功率之上,使得在补电过程中当光伏模式的优化后输出功率仍较低而不能满足要求时,将应急抢修电源与汽车电源模块连接并进行补电,确保应急抢修电源能够在各种时间和环境条件下正常补电,提高了应急抢修电源的可靠性。

[0132] 实施例三

[0133] 本实施例中根据实施例二给出的方法进行了仿真实验,本实施例中的光伏模块采用仿真光伏板,其所处的环境温度设为25摄氏度,环境中的光照辐射设定为一个阶跃信号,在0至1秒时光照辐射度为 $1000\text{W}/\text{m}^2$ ,在1至2秒时光照辐射度为 $400\text{W}/\text{m}^2$ 。

[0134] 请参照图4所示,图4为本发明实施例中优化后输出功率的曲线图,可以看出,在接收光照辐射的最初时段,光伏模块的优化后输出功率产生了一定波动,而波动时长小于0.1秒,对实际补电过程不会产生影响。在最初时段过后,优化后输出功率收敛至光照辐射度 $1000\text{W}/\text{m}^2$ 时的最大功率,且后续优化后输出功率的波形平滑且稳定。到达1秒时,由于光照辐射度降为 $400\text{W}/\text{m}^2$ ,优化后输出功率迅速下降,且在很短的时间内收敛至光照辐射度

400W/m<sup>2</sup>时的最大功率,且在1至2秒内波形平滑且稳定。

[0135] 由图4可以看出,本实施例提供的GSLPS0算法能够快速应对环境中光照辐射度的变化,且收敛速度快,工作性能良好。

[0136] 请参照图5和图6所示,图5为本发明实施例中应急抢修电源实际充电电压的曲线图,图6为本发明实施例中应急抢修电源实际充电电流的曲线图,由图5和图6可以看出,在0至1秒内,由于光照辐射较强,光伏模块的优化后输出功率较高,此时连接的充电模块为光伏模块。在1至2秒内,由于光照辐射度下降,根据如图4所示优化后输出功率降低,此时通过充电模式切换系统比较得出优化后输出功率低于修正后功率阈值,且修正过程中由于修正后功率阈值低于汽车电源模块的输出功率,停止了对功率阈值的修正。因此在1至2秒内已控制应急抢修电源与汽车电源模块连接并补电。

[0137] 由图5和图6可以看出,本实施例提供的应急抢修电源的补电方法采用迭代学习方法,通过修正功率阈值以输出准确的充电模式指令从而实现充电模式的切换,且对环境因素变化的响应速度快,解决了相关技术中补电效率受到环境限制,导致应急抢修电源无法正常补电的问题。

[0138] 实施例四

[0139] 请参照图7所示,图7为本发明实施例提供的一种应急抢修电源的补电系统的模块示意图,本发明还提供了一种应急抢修电源的补电系统,包括候选模块确定模块1、光伏功率优化模块2、功率阈值修正模块3和充电指令输出模块4。

[0140] 其中,候选模块确定模块1用于在应急抢修电源需要充电的情况下,确定能够为所述应急抢修电源进行充电的候选充电模块。光伏功率优化模块2用于在所述候选充电模块不包括交流充电模块但包括光伏模块的情况下,通过GSLPS0算法对所述光伏模块的当前输出功率进行优化,得到所述光伏模块的优化后输出功率。功率阈值修正模块3用于对当前功率阈值进行修正,得到修正后功率阈值。充电指令输出模块4用于根据所述优化后输出功率以及所述修正后功率阈值输出相应的充电模式指令;其中,所述充电模式指令用于控制所述应急抢修电源与相应的充电模块连接。本实施例提供的系统可用于执行如实施例一至三中任意一种实施例所提供的一种应急抢修电源的补电方法。

[0141] 相比于相关技术,本发明实施例具有如下有益效果:

[0142] 1、本发明通过比较光伏模块输出功率与功率阈值的大小从而输出充电模式指令,且计算过程中不断对功率阈值进行修正,提升了充电模式指令的准确性,使应急抢修电源的补电效率维持在较高水平,满足了应急抢修电源应对紧急情况的要求;

[0143] 2、本发明通过GSLPS0算法对光伏模块的最大输出功率进行跟踪,通过调整光伏模块的工作点,保证光伏模块的输出功率处于最高水平;本发明采用的GSLPS0算法缩短了最大输出功率跟踪的收敛时间,提高了光伏模块对环境因素变化的响应速度,同时能够降低搜索过程中陷入局部最优的几率,提升了光伏模块的功率输出水平;

[0144] 3、本发明的候选充电模块中不包含相关技术中传统的柴油发电机组和燃气发电机组,采用太阳光能和汽车电源的电能为补电能量来源,减少了碳排放量,降低了补电过程对环境的影响,同时降低了用于产生能量的成本。

[0145] 以上所述的具体实施例,对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步的详细说明,应当理解,以上所述仅为本发明的具体实施例而已,并不用于限定本发明的保护

范围。特别指出,对于本领域技术人员来说,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

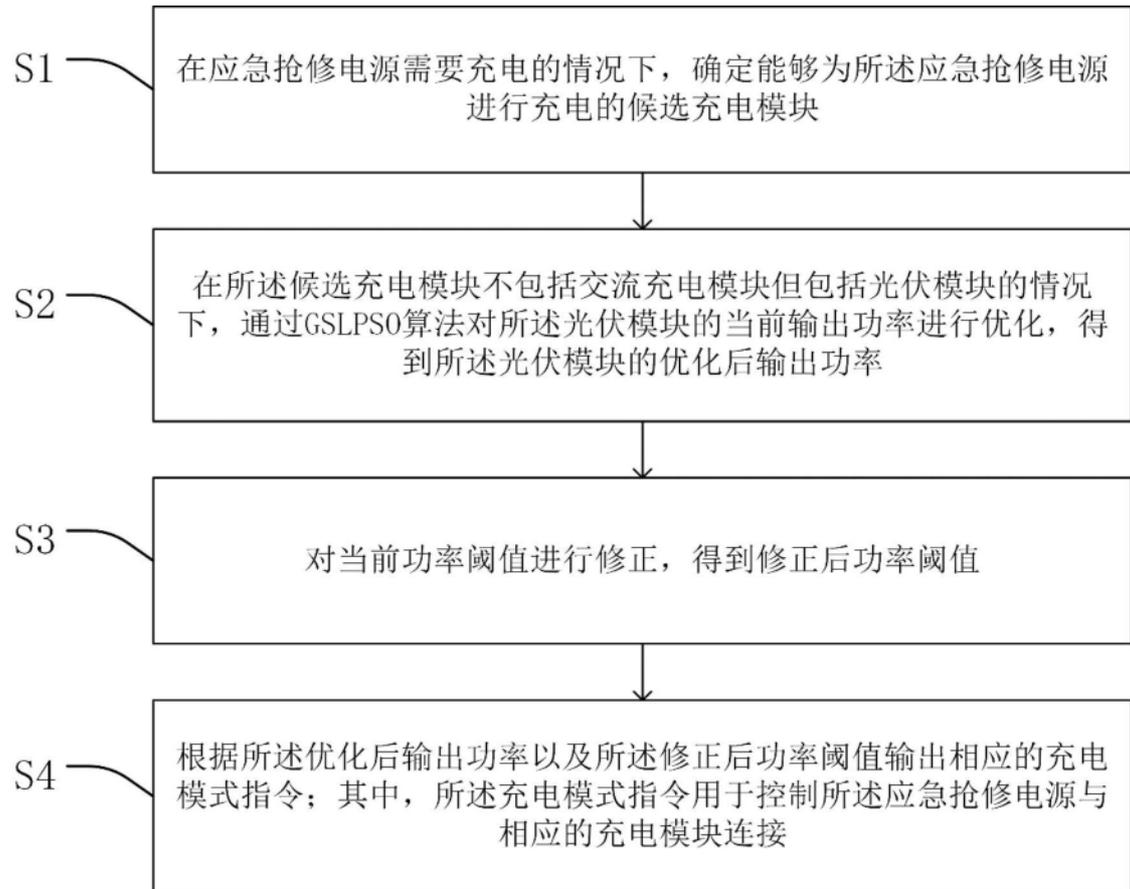


图1

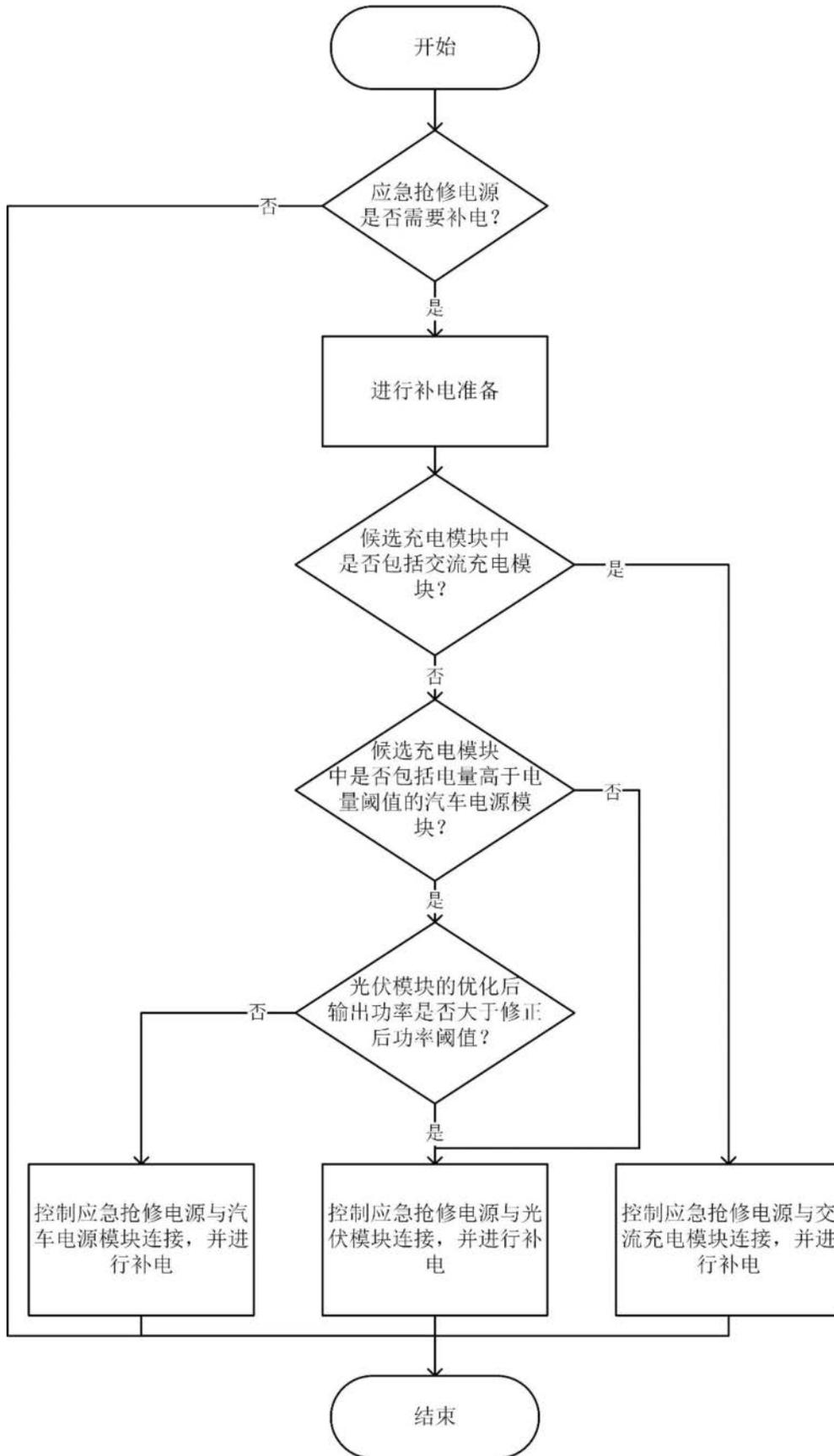


图2

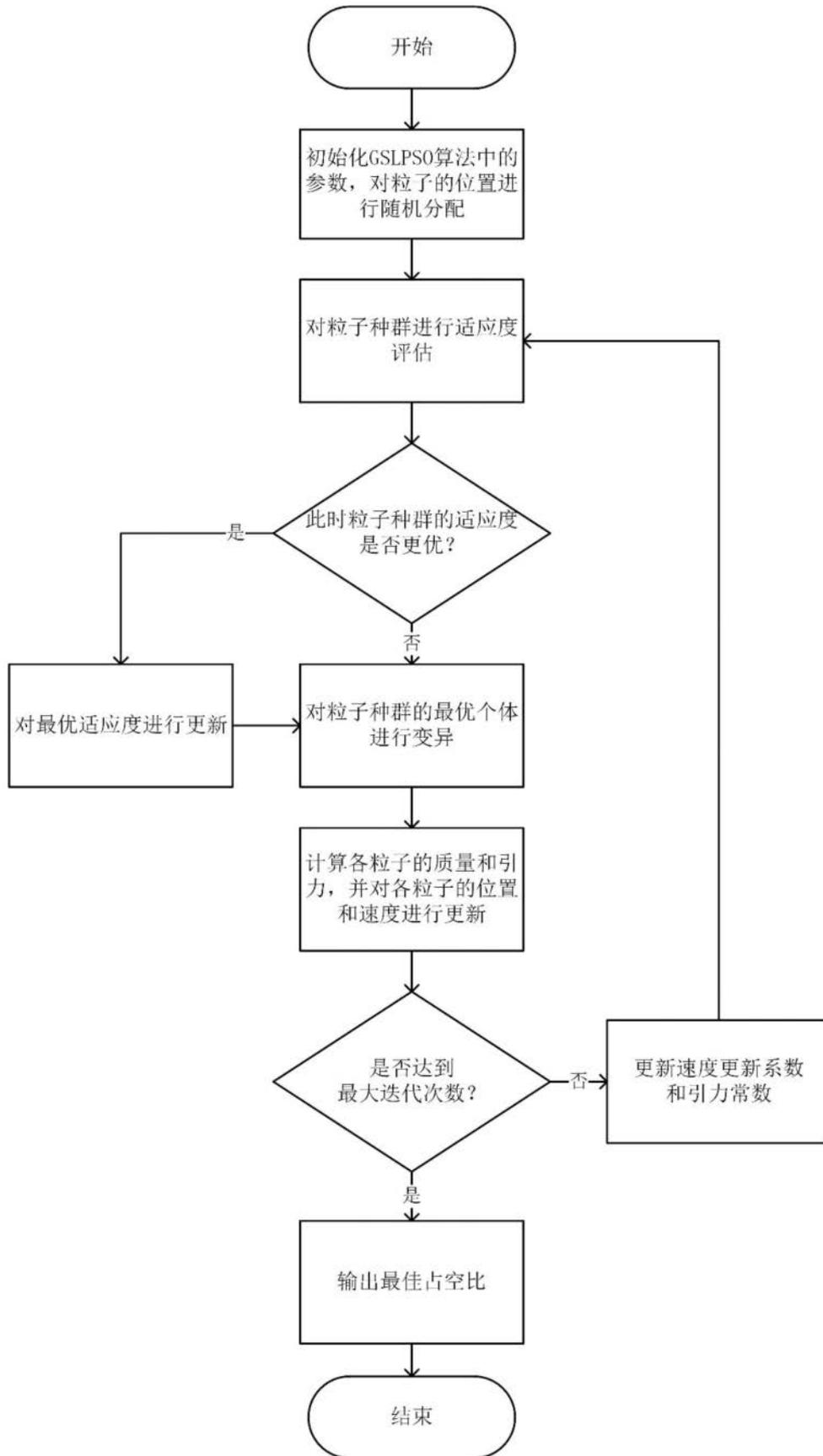


图3

优化后输出功率/W

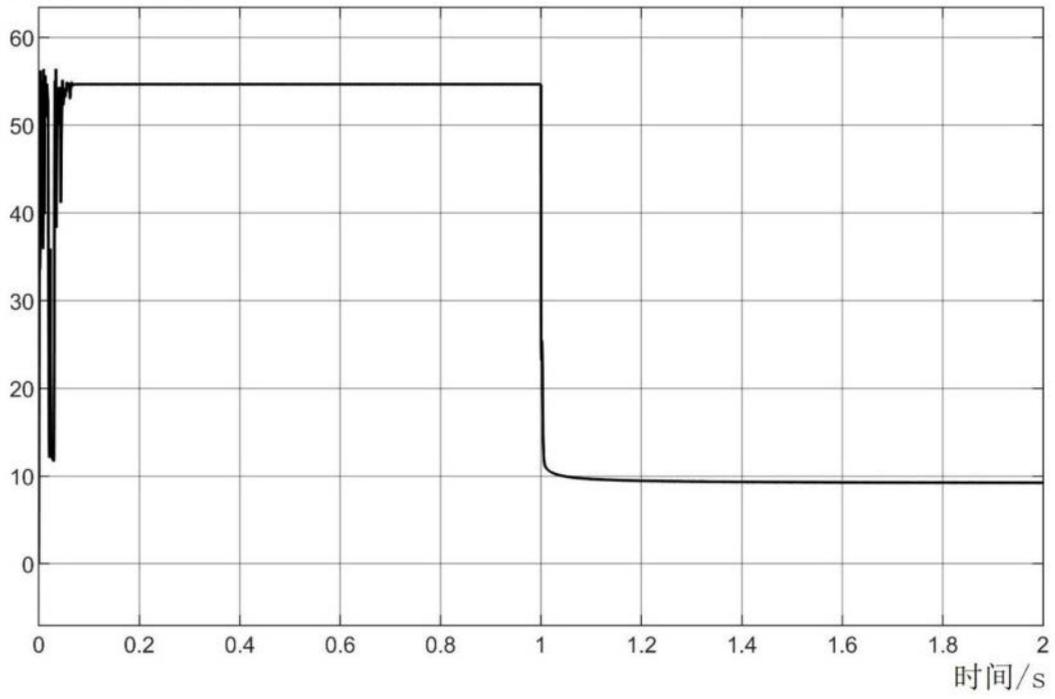


图4

实际充电电压/V

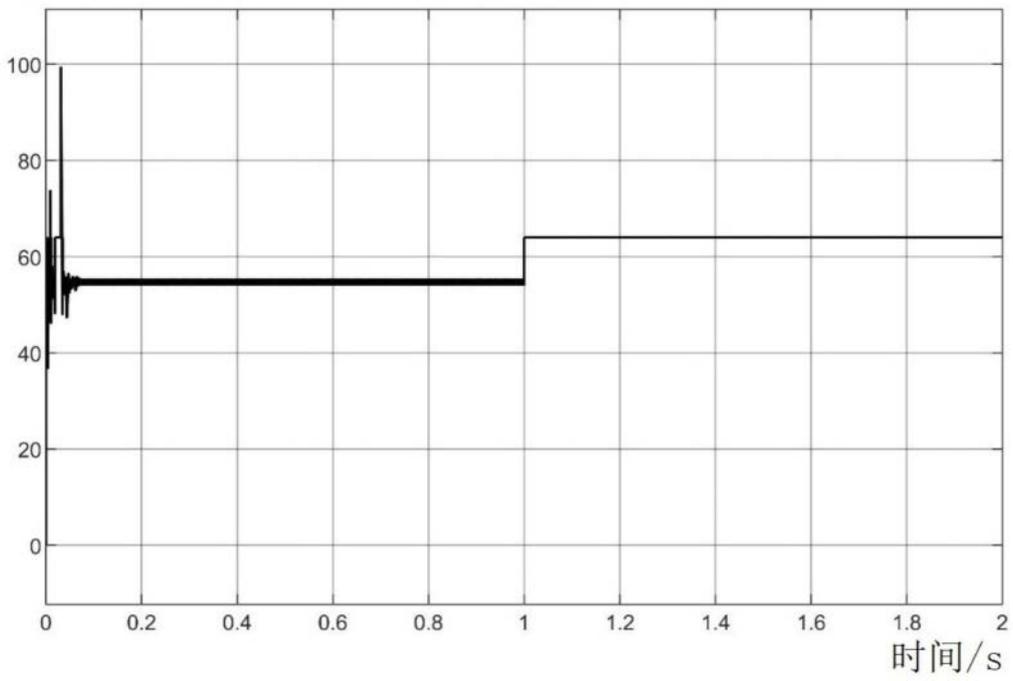


图5

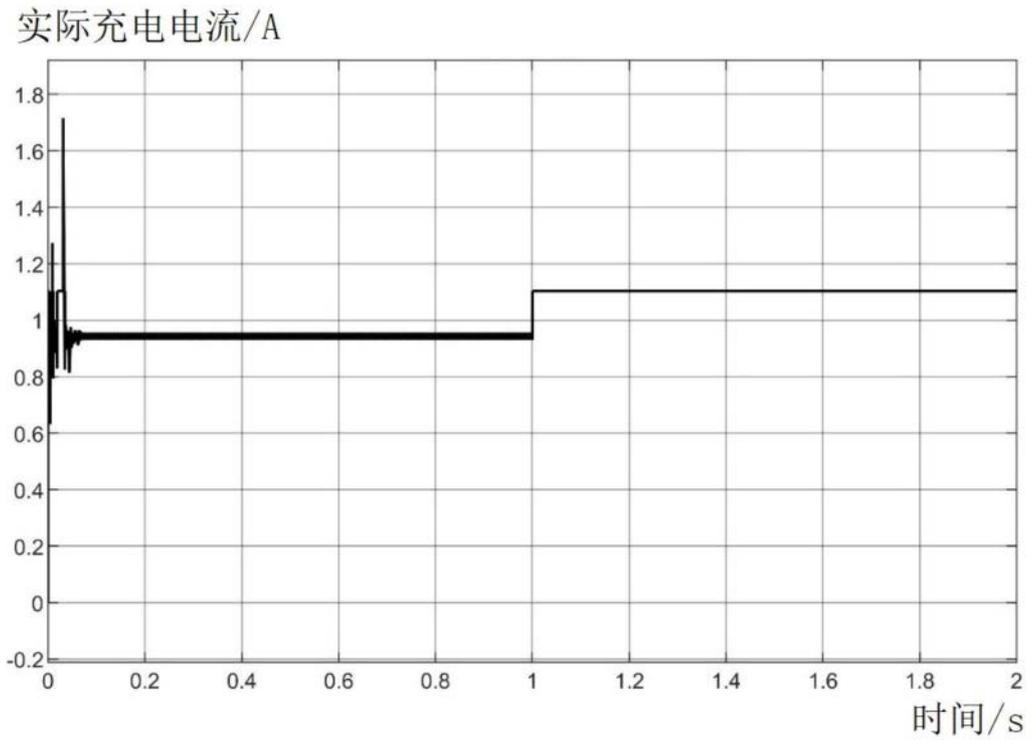


图6

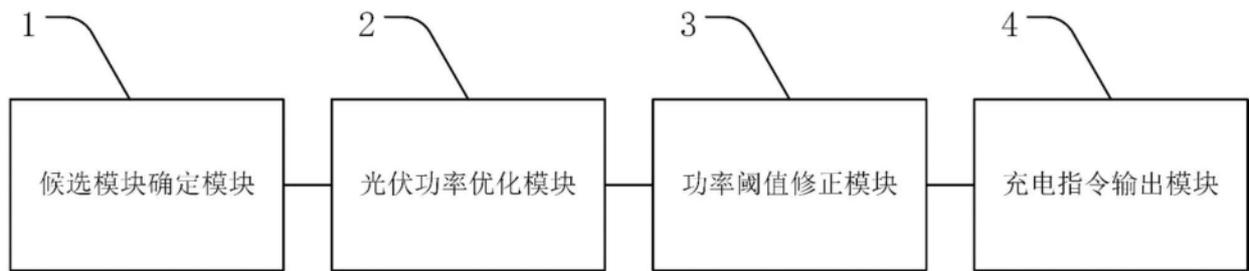


图7