



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114779830 A

(43) 申请公布日 2022. 07. 22

(21) 申请号 202210521996.5

(22) 申请日 2022.05.13

(71) 申请人 无锡科若斯科技有限公司  
地址 214174 江苏省无锡市惠山区惠山大道88号明都大厦1-2205

(72) 发明人 周东国 汪滨波

(74) 专利代理机构 北京汇泽知识产权代理有限公司 11228  
专利代理师 徐俊伟

(51) Int. Cl.

- G05D 1/12 (2006.01)
- B64C 39/02 (2006.01)
- G01C 21/20 (2006.01)
- H02G 1/02 (2006.01)
- H02J 7/00 (2006.01)

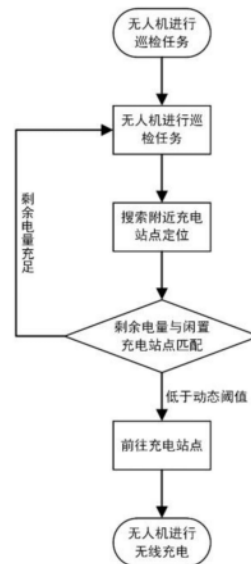
权利要求书3页 说明书8页 附图3页

## (54) 发明名称

一种基于动态阈值的巡检无人机电量监测管理方法及系统

## (57) 摘要

本发明属于无人机电量监测技术领域,具体提供了一种基于动态阈值的巡检无人机电量监测管理方法及系统,其中方法包括在进行巡检任务时,无人机将其电量信息、地点信息、检测数据信息实时地发送给管理后台;所述管理后台根据电量信息并采用动态阈值算法实时监测无人机的剩余电量,将剩余电量与最近且闲置的输电塔无线充电平台匹配,并规划飞行路径;当剩余电量低于动态阈值时,控制无人机根据规划好的飞行路径前往最近且闲置的输电塔无线充电平台,然后进行自动充电。该方案可以高效的监测管理巡检无人机实时电量情况,同时该系统可以扩张应用于高压输电线路检测的无人机巡视范围,提高巡检无人机工作时间和工作巡航范围。



1. 一种基于动态阈值的巡检无人机电量监测管理方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1,在进行巡检任务时,无人机将其电量信息、地点信息、检测数据信息实时地发送给管理后台;

S2,所述管理后台根据电量信息并采用动态阈值算法实时监测无人机的剩余电量,将剩余电量与最近且闲置的输电塔无线充电平台匹配,并规划飞行路径;

S3,当剩余电量低于动态阈值时,控制无人机根据规划好的飞行路径前往最近且闲置的输电塔无线充电平台,然后进行自动充电。

2. 根据权利要求1所述的基于动态阈值的巡检无人机电量监测管理方法,其特征在于,所述S1之前还包括:无人机在接收到巡检任务并发送接收应答后,由初始地点起飞按照规划的路径进行巡检。

3. 根据权利要求1所述的基于动态阈值的巡检无人机电量监测管理方法,其特征在于,所述S3具体包括:无人机飞至输电塔无线充电平台后,通过2.4G自组局域网降落至充电桩,并使用电磁铁固定无人机,充电桩基于共振磁耦合无线传能对无人机进行自动充电;充电完成后电磁铁释放无人机起航继续巡检。

4. 根据权利要求1所述的基于动态阈值的巡检无人机电量监测管理方法,其特征在于,所述无人机以及输电塔无线充电平台同时通过无线通信模块与管理后台进行数据通信,通信方式为4G、NB-IoT或LoRa。

5. 根据权利要求1所述的基于动态阈值的巡检无人机电量监测管理方法,其特征在于,所述S2具体包括:

无人机以一定的时间间隔搜索巡检路径中的输电塔无线充电平台,并接收来管理后台转发来的对应输电塔无线充电平台的地址信息,然后计算出无人机与各个输电塔无线充电平台的距离数据;

将该距离数据将与海拔、风速、电机功率、剩余电量作为输入,经过MISO算法的结论后输出飞行路径规划。

6. 根据权利要求1所述的基于动态阈值的巡检无人机电量监测管理方法,其特征在于,所述S2具体包括:

列出如下矩阵多目标决策矩阵 $P=[p_{ij}]_{m \times n}$ :

$$P = \begin{matrix} & \begin{matrix} c_1 & c_2 & \cdots & c_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \cdots & p_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{m1} & p_{m2} & \cdots & p_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (1)$$

其中 $c_j$ 的权重为 $\omega_j$ , $\sum_{j=1}^n \omega_j = 1$ , $m$ 为被评价的对象数量, $n$ 为每个对象的目标数量, $i=1,2,3,\dots,m$ ;  $j=1,2,3,\dots,n$ ) 其中 $p_{ij}=(p_{ij}^-, p_{ij}^+)$ ;其效益型指标表示为:

$$\mu_{ij} = \frac{p_{ij}}{\max_{1 \leq j \leq n} \{p_{ij}\}} \quad (2)$$

利用熵权法确定第*i*个目标的目标熵值 $E_i$ :

$$E_i = - \sum_{j=1}^n \frac{\mu_{ij}}{\mu_i} \ln \frac{\mu_{ij}}{\mu_i} \quad (3)$$

$$\mu_{ij} = \sum_{j=1}^n \mu_{ij}, i = 1, 2, \dots, m \quad (4)$$

其中, $m$ 为目标总数;将目标熵值取补后归一化处理得到目标*i*的客观权重:

$$w'_i = \frac{1-e_i}{\sum_{i=1}^m (1-e_i)} \quad (5)$$

其中 $e_i = \frac{E_i}{\ln m}$ ,各目标的客观权重 $w' = (w'_1, w'_2, \dots, w'_m)$ ;

将熵权法的客观权重向量、专家确定的主观向量 $w'' = (w''_1, w''_2, \dots, w''_m)$ 定义目标的权重向量区间:

$$w = \begin{cases} [w'_i, w_i''], w'_i < w_i'' \\ [w'_i, w_i'], w'_i = w_i''; i = 1, 2, \dots, m \\ [w_i'', w_i'], w'_i > w_i'' \end{cases} \quad (6)$$

记 $w = ([w_{11}, w_{12}], [w_{21}, w_{22}], \dots, [w_{m1}, w_{m2}])$ ;

对于方案 $x_j \in X$ ,在 $m$ 个目标上满足要求的程度用Vague值 $V(x_j)$ 表示,其中:

$$t(x_j) = [t_1(x_j), t_2(x_j)] \quad (7)$$

$$f(x_j) = [f_1(x_j), f_2(x_j)] \quad (8)$$

$$\begin{cases} t_1(x_j) = \sum_{i \in J_{1j}} w_{i1} \\ t_2(x_j) = \sum_{i \in J_{2j}} w_{i2} \end{cases} \quad (9)$$

$$\begin{cases} f_1(x_j) = \sum_{i \in J_{2j}} w_{i1} \\ f_2(x_j) = \sum_{i \in J_{1j}} w_{i2} \end{cases} \quad (10)$$

$$\begin{cases} J_{1j} = \{i | f_i \in F_j\} \\ J_{2j} = \{i | f_i \in A_j\} \end{cases} \quad (11)$$

且 $i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, m$ ;函数 $V(x_j)$ 是一个区间Vague值, $V(x_j)$ 表示为:

$$V(x_j) = ([t_1(x_j), t_2(x_j)], [1-f_2(x_j), 1-f_1(x_j)]) \quad (12)$$

定义评价函数 $s(x_j)$ 为:

$$s(x_j) = \frac{[t_1(x_j) + t_2(x_j)]}{2} + \frac{[1-f_2(x_j) + 1-f_1(x_j)]}{2} - 1 \quad (13)$$

$s(x_j) \in [-1, 1]$ ,有上述定义可知 $s(x_j)$ 值越大,方案越满足充电要求,进而可以选出最优输电塔无线充电平台。

7.一种基于动态阈值的巡检无人机电量监测管理系统,其特征在于,所述系统用于实现如权利要求1-6任一项所述的基于动态阈值的巡检无人机电量监测管理方法,包括:

无人机,用于在进行巡检任务时,无人机将其电量信息、地点信息、检测数据信息实时地发送给管理后台;

管理后台,用于根据电量信息并采用动态阈值算法实时监测无人机的剩余电量,将剩

余电量与最近且闲置的输电塔无线充电平台匹配,并规划飞行路径;当剩余电量低于动态阈值时,控制无人机根据规划好的飞行路径前往最近且闲置的输电塔无线充电平台;  
输电塔无线充电平台,用于对无人机进行自动充电。

## 一种基于动态阈值的巡检无人机电量监测管理方法及系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及无人机电量监测技术领域,更具体地,涉及一种基于动态阈值的巡检无人机电量监测管理方法及系统。

### 背景技术

[0002] 野外巡检中无人机以锂电池为动力来源,其具有低成本、低故障率、低噪音等优点,但其续航能力也是限制其在长时间、长距离作业实际应用的原因。野外巡检力度大的情况下需要无人机具有强大的续航能力,但是无人机的机载能力和成本限制了机载电池的容量。由于锂电池的重量较大,增加容量并不能显著提高飞行时间,反而会使工作效率降低,因此该类型无人机的续航问题仅能通过更改充电方式来解决。这些因素对野外频繁使用无人机巡检的检测能力提出了极大地挑战。

[0003] 现有技术中,大多数通过更换无人机蓄电池的方法来增加无人机的续航能力,都需要将无人机返航到基地或充电桩进行充电,或通过人工拆卸下无人机蓄电池后,利用特制的充电器再为无人机的蓄电池充电,此方法需耗费人工和时间,操作过程繁琐,不具备智能化的特性,无法实现无人机自动快速充电;且极其耗时,影响无人机的工作效率。

### 发明内容

[0004] 本发明针对现有技术中存在的巡检无人机供电续航不足以及有效管监测管理电量的技术问题。

[0005] 本发明提供了一种基于动态阈值的巡检无人机电量监测管理方法,包括以下步骤:

[0006] S1,在进行巡检任务时,无人机将其电量信息、地点信息、检测数据信息实时地发送给管理后台;

[0007] S2,所述管理后台根据电量信息并采用动态阈值算法实时监测无人机的剩余电量,将剩余电量与最近且闲置的输电塔无线充电平台匹配,并规划飞行路径;

[0008] S3,当剩余电量低于动态阈值时,控制无人机根据规划好的飞行路径前往最近且闲置的输电塔无线充电平台,然后进行自动充电。

[0009] 本发明还提供了一种基于动态阈值的巡检无人机电量监测管理系统,所述系统用于实现基于动态阈值的巡检无人机电量监测管理方法,包括:

[0010] 无人机,用于在进行巡检任务时,无人机将其电量信息、地点信息、检测数据信息实时地发送给管理后台;

[0011] 管理后台,用于根据电量信息并采用动态阈值算法实时监测无人机的剩余电量,将剩余电量与最近且闲置的输电塔无线充电平台匹配,并规划飞行路径;当剩余电量低于动态阈值时,控制无人机根据规划好的飞行路径前往最近且闲置的输电塔无线充电平台;

[0012] 输电塔无线充电平台,用于对无人机进行自动充电。

[0013] 有益效果:本发明提供了一种基于动态阈值的巡检无人机电量监测管理方法及系

统,其中方法包括在进行巡检任务时,无人机将其电量信息、地点信息、检测数据信息实时地发送给管理后台;所述管理后台根据电量信息并采用动态阈值算法实时监测无人机的剩余电量,将剩余电量与最近且闲置的输电塔无线充电平台匹配,并规划飞行路径;当剩余电量低于动态阈值时,控制无人机根据规划好的飞行路径前往最近且闲置的输电塔无线充电平台,然后进行自动充电。该方案可以高效的监测管理巡检无人机实时电量情况,同时该系统可以扩张应用于高压输电线路检测的无人机巡视范围,提高巡检无人机工作时间和工作巡航范围。

### 附图说明

[0014] 图1为本发明提供的一种基于动态阈值的巡检无人机电量监测管理方法的流程图;

[0015] 图2为本发明提供的基于动态阈值的巡检无人机电量监测管理总框图;

[0016] 图3为本发明提供的输电塔无线充电停机平台总框图;

[0017] 图4为本发明提供的输电塔无线充电平台通信方式图。

### 具体实施方式

[0018] 下面结合附图和实施例,对本发明的具体实施方式作进一步详细描述。以下实施例用于说明本发明,但不用来限制本发明的范围。

[0019] 图1为本发明提供的一种基于动态阈值的巡检无人机电量监测管理方法,包括以下步骤:

[0020] S1,在进行巡检任务时,无人机将其电量信息、地点信息、检测数据信息实时地发送给管理后台;

[0021] S2,所述管理后台根据电量信息并采用动态阈值算法实时监测无人机的剩余电量,将剩余电量与最近且闲置的输电塔无线充电平台匹配,并规划飞行路径;

[0022] S3,当剩余电量低于动态阈值时,控制无人机根据规划好的飞行路径前往最近且闲置的输电塔无线充电平台,然后进行自动充电。

[0023] 该方案既可以有效的监测管理巡检无人机实时电量情况,有效及时的进行自主充电,也可以用以扩张应用于高压输电线路检测的无人机巡视范围。该系统通过对无人机剩余电量的实时监控,调整无人机的巡视、检测战略,以优化能耗,并在剩余电能不足以支撑回收前,将无人机召回至最近的高压塔无线充电停机坪平台进行自主无线充电;在充电结束后,无人机可根据远程指令,进行回收或者下一步巡视任务;增强了无人机在工业领域的实际应用。

[0024] 在长距离的高压输电线路巡检任务当中,电能的获取具有极大的便利性。通过无线取电的方式,从高压输电线路中获得电能来源,经过电源转换为无人机进行中转充电,这种方案具有极大的可行性与实用性。无人机在巡检的线路中,若剩余电量不足以支持完成任务或者召回,则会依据定位前往最近的充电站点,进行电量补充。通过共振磁耦合无线传能的方式,无人机的充电步骤无需接入充电接口,而仅需精准的降落在充电站点的发射端线圈上方即可进行供电。

[0025] 在一个具体的实施场景中:

[0026] 步骤一,无人机在接收到巡检任务并发送接收应答后,由初始地点起飞按照规划的路径进行巡检。

[0027] 步骤二,在进行巡检任务中,无人机将其电量信息、地点信息、检测数据信息实时地发送给管理后台,管理后台则依据其定位匹配最近的输电塔无线充电平台。

[0028] 步骤三,无人机充电规划流程,通过对剩余电量、实时距离的预测、处理、计算,以设定无人机自主充电行为以及路径。在无人机的自主寻停充电过程中,无人机的电量自反应又主要分为电源监控以及路径规划两个部分。

[0029] 以现成的MATRICE 210 V2无人机为例,其本身具有电量检测的功能,以实现剩余电量达到一定的阈值下由控制系统接管的自主返航;这个阈值在普通情况下可能是30%,近距离的航拍任务在剩余电量为10%的情况下也能顺利完成返航,但在野外长距离的作业环境中,这个阈值将依据具体的检测任务以及附近处于空闲状态的充电平台来决定。在考虑到无人机召回的情况下,MATRICE 210 V2的巡检范围可达方圆18公里;若在巡检任务的中途设置充电站点,MATRICE 210 V2的巡检范围则可以进一步的扩大,以胜任长时间自主巡航、检测、停靠充电、继续任务的功能。

[0030] MATRICE 210 V2进行二次作业的范围与中途使用的充电站点地址息息相关,在可作业的范围,闲置充电站点距离始发地越远,无人机的作业范围越广;但当闲置充电站点与初始地点的距离增加,也会同时会使无人机的坠机风险增加。因此选择合适的作业始发点、设置合理的充电站点是实现无人机自主巡检、充电、作业中,较为关键的步骤。

[0031] 考虑到以上的种种情况,不可能对无人机设定固定的阈值,而必须通过实时电量的监测、工作地点的确认来进行推理,以在动态的范围内,保证充足而可行的剩余电量情况下,抵达最近的闲置充电站点,完成无线充电行为,完成中断的巡检任务。这就需要搭建一个无人机及其输电塔无线充电平台,来完成分配无人机与充电站点间的关系、确认双方状态、规划最佳充电路径等功能。

[0032] 附图1所示是无人机自主寻停的流程图。无人机由始发地点出发进行巡检任务,无人机或管理后台以一定的时间间隔(1min)搜索巡检路径中的充电站点,并接收来管理后台转发来的输电塔无线充电平台的地址信息(包括经纬度以及海拔)。

[0033] 除开以上的充电站点范围搜索,无人机的后台程序同时也会以一定的时间间隔(20s)对当前临时保存的充电站点信息进行处理,计算出无人机与各个输电塔无线充电平台的距离数据,以对若干个可行的闲置充电站点进行锁定(该锁定于1min的重搜索后进行再评估与锁定);将该距离数据将与海拔、风速、电机功率、剩余电量等多种参数,经过MISO算法的结论后得出无人机当前以及未来一段时间内的充电路径规划即飞行路径规划。

[0034] 得出若干充电路径后,无人机将以该路径规划所需的时间、距离、消耗电量对无人机的自主充电阈值进行设定与检测;若剩余电量小于某一最小阈值,则立即悬挂巡检任务,依照该最小阈值的充电路径规划前往充电;若剩余电量在未来一段时间内足以支撑无人机继续巡检工作,则循环该自主充电检测程序。

[0035] 步骤四,基于动态阈值的无人机剩余电量监测算法,无人机以及输电塔无线充电平台使用导航卫星进行定位,并通过管理后台实时交换地址信息,以进行动充电行为的态规划。

[0036] 步骤五,无人机通过GPS以及双目视觉相机实现在输电塔的停机平台的精准降落,

使无线充电效率达到最高。无人机以及输电塔无线充电平台同时通过无线通信模块与后台系统进行数据通信,其方式可以是4G、NB-IoT、LoRa等,应依据现场的通信环境来决定。

[0037] 步骤六,完成充电后,无人机返航或继续巡检任务。

[0038] 优选的方案,步骤S2中:所述管理后台根据电量信息并采用动态阈值算法实时监测无人机的剩余电量,将剩余电量与最近且闲置的输电塔无线充电平台匹配,并规划飞行路径,具体包括:

[0039] 繁忙度 $b_i$ 是第 $i$ 个输电塔无线充电平台被空间中无人机预约的次数的体现,其可通过一个函数进行表现, $0 \leq b_i \leq 1$ ,被预约次数越高则 $b_i$ 数值越小;

[0040] 当前距离 $s_i$ 是无人机当前位置与第 $i$ 个输电塔无线充电平台间的直线距离;

[0041] 目标地点距离 $d_i$ 是无人机的当前目标地点与输电塔无线充电平台间的直线距离;

[0042] 海拔差是无人机当前位置与输电塔无线充电平台间的海拔差值,以上直线距离仅为空间中 $(x, y)$ 水平坐标距离;

[0043] 平均速度 $V_{mean}$ 是除风速、风向影响下无人机的平均飞行速度;由于风速与风向皆会影响前往输电塔无线充电平台的难易度,因此由内部的飞控模块获取的风力信息也将用于补正优先级的选择。

[0044] 对于以上的多种参数,假设被评价的对象有 $m$ 个,每个对象的目标有 $n$ 个,每个方案的目标值构成矩阵可以列出如下矩阵多目标决策矩阵 $P = [p_{ij}]_{m \times n}$ , ( $i = 1, 2, 3 \dots m$ ;  $j = 1, 2, 3 \dots n$ ) 其中 $p_{ij} = (p_{ij}^-, p_{ij}^+)$ :

$$[0045] \quad P = \begin{matrix} & & c_1 & c_2 & \cdots & c_n \\ \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \cdots & p_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{m1} & p_{m2} & \cdots & p_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (1)$$

[0046] 其中 $c_j$ 的权重为 $\omega_j$ ,  $\sum_{j=1}^n \omega_j = 1$ , 属性评价值 $X$ 矩阵 $X = (x_1, x_2, x_3 \dots x_k)^T$ 。

[0047] 其效益型指标可表示为

$$[0048] \quad \mu_{ij} = \frac{p_{ij}}{\max_{1 \leq j \leq n} \{p_{ij}\}} \quad (2)$$

[0049] 该值越大则说明该输电塔无线充电平台具有较高的优选性,在距离、路线等方面上占据优势。

[0050] 利用熵权法确定第 $i$ 个目标的目标熵值 $E_i$ :

$$[0051] \quad E_i = - \sum_{j=1}^n \frac{\mu_{ij}}{\mu_i} \ln \frac{\mu_{ij}}{\mu_i} \quad (3)$$

$$[0052] \quad \mu_{ij} = \sum_{j=1}^n \mu_{ij}, i = 1, 2, \dots, m \quad (4)$$

[0053] 其中, $m$ 为目标总数。

[0054] 目标熵值越小,表明目标值的变异程度越大,提供的信息量越大,则其权重也应越大,反之则其权重也应越小。将目标熵值取补后归一化处理得到目标 $i$ 的客观权重:



$$[0055] \quad w'_i = \frac{1-e_i}{\sum_{i=1}^m (1-e_i)} \quad (5)$$

[0056] 其中  $e_i = \frac{E_i}{\ln m}$ , 各目标的客观权重  $w' = (w'_1, w'_2, \dots, w'_m)$ 。

[0057] 将熵权法的客观权重向量、专家确定的主观向量  $w'' = (w''_1, w''_2, \dots, w''_m)$  定义目标的权重向量区间:

$$[0058] \quad w = \begin{cases} [w'_i, w''_i], w'_i < w''_i \\ [w'_i, w'_i], w'_i = w''_i; i = 1, 2, \dots, m \\ [w''_i, w'_i], w'_i > w''_i \end{cases} \quad (6)$$

[0059] 记  $w = ([w_{11}, w_{12}], [w_{21}, w_{22}], \dots, [w_{m1}, w_{m2}])$ 。

[0060] 设  $f(x) = (f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x))^T$  表示  $m$  个目标的向量。令  $\lambda^U$  是决策者能够接受的满意度下界, 若  $\mu_{i,j} > \lambda^U$ , 则称第  $j$  个方案支持第  $i$  个目标; 令  $\lambda^L$  决策者能够接受的不满意度下界, 若  $\mu_{i,j} < \lambda^L$ , 则称第  $j$  个方案反对第  $i$  个目标; 若  $\lambda^L \leq \mu_{i,j} \leq \lambda^U$  为第  $j$  个方案的重力目标集;  $i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, m$ 。

[0061]  $F_j = \{f_i \in f \mid \mu_{i,j} > \lambda^U\}$  为第  $j$  个方案的支持目标集  $i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, m$ ;

[0062]  $A_j = \{f_i \in f \mid \mu_{i,j} < \lambda^L\}$  为第  $j$  个方案的反对目标集  $i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, m$ ;

[0063]  $N_j = \{f_i \in f \mid \lambda^L \leq \mu_{i,j} \leq \lambda^U\}$  为第  $j$  个方案的中立目标集  $i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, m$ 。

[0064] 一般的, 支持目标集中包含的目标越多越好。

[0065] 对于方案  $x_j \in X$ , 在  $m$  个目标上满足要求的程度用 Vague 值  $V(x_j)$  表示, 其中:

$$[0066] \quad t(x_j) = [t_1(x_j), t_2(x_j)] \quad (7)$$

$$[0067] \quad f(x_j) = [f_1(x_j), f_2(x_j)] \quad (8)$$

$$[0068] \quad \begin{cases} t_1(x_j) = \sum_{i \in J_{1j}} w_{i1} \\ t_2(x_j) = \sum_{i \in J_{1j}} w_{i2} \end{cases} \quad (9)$$

$$[0069] \quad \begin{cases} f_1(x_j) = \sum_{i \in J_{2j}} w_{i1} \\ f_2(x_j) = \sum_{i \in J_{2j}} w_{i2} \end{cases} \quad (10)$$

$$[0070] \quad \begin{cases} J_{1j} = \{i \mid f_i \in F_j\} \\ J_{2j} = \{i \mid f_i \in A_j\} \end{cases} \quad (11)$$

[0071] 且  $i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, m$ 。

[0072] 函数  $V(x_j)$  是一个区间 Vague 值,  $V(x_j)$  表示为:

$$[0073] \quad V(x_j) = ([t_1(x_j), t_2(x_j)], [1-f_2(x_j), 1-f_1(x_j)]) \quad (12)$$

[0074] 定义评价函数  $s(x_j)$  为:

$$[0075] \quad s(x_j) = \frac{[t_1(x_j) + t_2(x_j)]}{2} + \frac{[1-f_2(x_j) + 1-f_1(x_j)]}{2} - 1 \quad (13)$$

[0076]  $s(x_j) \in [-1, 1]$ , 有上述定义可知  $s(x_j)$  值越大, 方案越满足充电要求, 进而可以选出最优输电塔无线充电平台。

[0077]  $t_d$ 是降落所需的电能余量,以无人机正确执行降落步骤所消耗的平均时间(考虑光照、训练次数等因素)为准;

[0078] 载重 $W$ 、环境温度 $T$ 等主要影响因素以 $u(W, T)$ 表示,以衡量在各种因素影响的情况下电池容量的耐用性;

[0079] 为了好与优先级中的输电塔无线充电平台距当前位置的距离 $s_i$ 进行比对,以避免由此有下式:

$$d_q = f \times v_{\text{mean}} \times [C_r \times u(W, T) - t_d] \quad (14)$$

[0081] 可以得出在临界情况下的无人机剩余里程数,并作为一个动态的参量进行比对; $f$ 作为补偿系数对在旷野中飞行所消耗在避障、攀升、下降等消耗的电能进行整定,以防理论与实际运行的差异,为之后的精准降落、数据通信留有保护余量。无人机的剩余行驶里程将与优先级作为比对,以进行充电规划,通常是直接以欧几里得距离的形式进行前往。

[0082] 与电动汽车的充电路径规划不同,无人机的路径规划,尤其是应用于巡检作业中,影响道路选择的因素较少,可将始发地与目的地之间的距离近似看作为直线距离而无需考虑路况。但是在为不同充电站点标记优先级的时候,还需甄别反应相关的特征参数。

[0083] 如图2至图4所示,本发明实施例还提供了一种基于动态阈值的巡检无人机电量监测管理系统,所述系统用于实现基于动态阈值的巡检无人机电量监测管理方法,包括:

[0084] 无人机,用于在进行巡检任务时,无人机将其电量信息、地点信息、检测数据信息实时地发送给管理后台;无人机应对的不仅仅是简单的通过定位系统寻找附近的输电塔无线充电平台,更重要的是其规划路径所需要的信息以及如何获取这些信息,无人机机载无线通信模块实现节点间的数据传输。

[0085] 管理后台,用于根据电量信息并采用动态阈值算法实时监测无人机的剩余电量,将剩余电量与最近且闲置的输电塔无线充电平台匹配,并规划飞行路径;当剩余电量低于动态阈值时,控制无人机根据规划好的飞行路径前往最近且闲置的输电塔无线充电平台;管理后台位于电网公司,负责调度无人机进行巡检任务、处理检测数据、给出相应诊断结论,同时也需监控无人机的电量健康度,以防止在巡检任务中因供电不足造成的损毁以及进一步造成的财产损失。同时考虑到现有的自组网方式无法时间公里级的通信,因此节点间的调度则应交给设立于相应电网公司的后台管理系统。

[0086] 其中,针对本申请的基于动态阈值的巡检无人机电量监测管理方法及系统,各单元的功能原理和结构组成如下:

[0087] 输电塔无线充电平台,用于对无人机进行自动充电。该流程完全脱离人工操作,全自主进行;供电方式使用基于共振磁耦合无线传能,避免在输电塔上导线的连接,但这也对无人机的降落精度提出了一定的要求,以获求最大的充电效率。杆塔无线充电停机平台安装于输电塔的顶端,经磁耦合架空避雷线取能系统获取电能,在经过整流、滤波、放大等调理后,部分电能用于通过发射端向无人机充电,部分用于供应该平台的正常运行。

[0088] 其中,无人机搭载辅助的硬件装置以及无线充电接收端装置。所述的辅助硬件装置主要包括如双目视觉摄像头、无线充电接收端(及充电管理模块)、多种巡检传感器等。在一个具体的实施场景中,所述的无人机无人机型号可以为大疆创新科技有限公司研制的MATRICE 210 V2。所述的无线充电接收端装置外挂于无人机上,用于飞机停在输电塔上进行无线充电。

[0089] 如图3所示,输电塔无线充电平台包括微控制器、通信模块组、无人机固定模块、重力传感器、共振磁耦合无线传能系统等。输电塔无线充电平台的微控制器需承担以下任务:1、监测磁耦合架空避雷线取能系统的各项参数,使其稳定运行;2、在无线充电过程中,进行充电电流、电压的监测,并控制各类功率器件,使充电过程良好进行;3、实时发送当前输电塔无线充电平台的状态信息、定位数据,以供管理系统、无人机进行充电路径规划;4、通过2.4G自组局域网实现降落过程的通信,以完成精准、稳定地降落,注意使用电磁铁固定、释放无人机等。

[0090] 如图4所示,输电塔无线充电平台的通信模块组主要由无线远程通信模块、组网模块与GPS定位模块组成。其中所述无线远程通信模块主要负责与远程的管理服务器进行数据通信,将输电塔无线充电平台的状态(如闲置/繁忙)、能耗统计、平台运行状态监测、站点定位等数据上传,同时接收来自服务器转发的无人机数据,并执行相关指令;所述的无线远程通信模块主要的方式可以是GPRS、4G、3G、LoRa、NB-IoT等,需依据输电塔无线充电平台的安装环境进行选择,以获取最佳的通信效果,避免实时通信的延迟造成的损失,如附图所示。所述的2.4G组网模块可与MATRICE 210 V2的本身工作频率对应,通过自主建立局域网的方式,获得短距离内低延时、高稳定的数据通信,防止第一信道(即经由服务器转发通信)阻塞造成的降落障碍。所述的GPS定位模块则将应用于无人机的充电路径规划:管理系统将实时收集相应片区输电塔无线充电平台的工作状态以及位置信息,在通过无人机的电量阈值判断后,最近的闲置输电塔无线充电平台的位置信息将被转发至无人机以供定位前往。

[0091] 输电塔无线充电平台的无人机固定模块是为了应对在输电塔顶部的风力干扰,避免降落的偏移造成充电效率降低或坠落,无线充电停机平台使用了多块电磁铁对停置的无人机进行固定。所述的电磁铁通过继电器与微控制器连接,以在指定信号下进行吸引、释放。

[0092] 输电塔无线充电平台的重力传感器采用轮辐式重力传感器HZC-01安装于停机坪底端,通过信号转换器与微控制器的相应接口连接;所述的重力传感器用于获取无人机停落的固定模块判决,还可对无人机的载重进行感知,完成无人机的载重作业功能。

[0093] 输电塔无线充电平台的共振磁耦合无线传能系统电能来源于输电线无线取能系统,并通过电源模块转化为各个直流稳压值;微控制器则需参与直流斩波电路开关器件的控制,微控制器也将通过AD采样芯片对发射端的电塔、电流进行采样,以进行控制。

[0094] 本发明具有如下有益效果:

[0095] (1) 可以高效的监测管理巡检无人机实时电量情况,解决巡检无人机供电续航不足以及有效管监测管理电量的问题。

[0096] (2) 该系统可以扩张应用于高压输电线路检测的无人机巡视范围,提高巡检无人机工作时间和工作巡航范围。

[0097] 需要说明的是,在上述实施例中,对各个实施例的描述都各有侧重,某个实施例中并没有详细描述的部分,可以参见其它实施例的相关描述。

[0098] 本领域内的技术人员应明白,本发明的实施例可提供为方法、系统、或计算机程序产品。因此,本发明可采用完全硬件实施例、完全软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且,本发明可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质(包括但不限于磁盘存储器、CD-ROM、光学存储器等)上实施的计算机程序产

品的形式。

[0099] 本发明是参照根据本发明实施例的方法、设备(系统)、和计算机程序产品的流程图和/或方框图来描述。应理解可由计算机程序指令实现流程图和/或方框图中的每一流程和/或方框、以及流程图和/或方框图中的流程和/或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式计算机或者其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器,使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

[0100] 这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中,使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制品,该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

[0101] 这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上,使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理,从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

[0102] 尽管已描述了本发明的优选实施例,但本领域内的技术人员一旦得知了基本创造概念,则可对这些实施例作出另外的变更和修改。所以,所附权利要求意欲解释为包括优选实施例以及落入本发明范围的所有变更和修改。

[0103] 显然,本领域的技术人员可以对本发明进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样,倘若本发明的这些修改和变型属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内,则本发明也意图包括这些改动和变型在内。

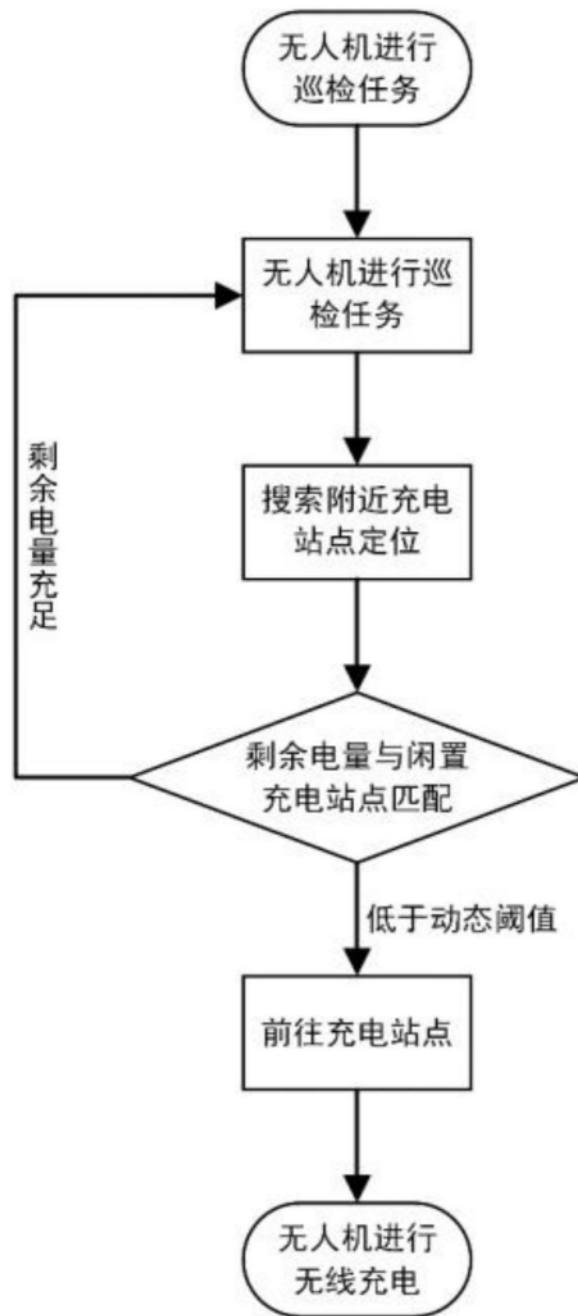


图1

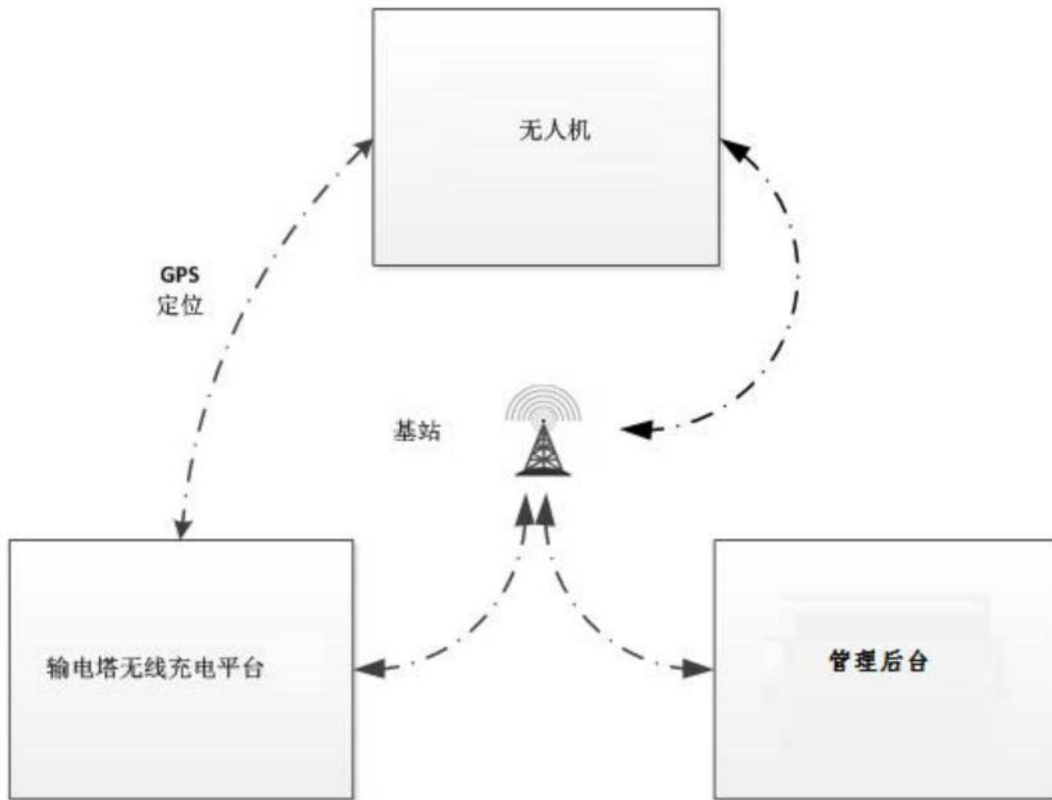


图2



图3



图4