



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110824361 A

(43)申请公布日 2020.02.21

(21)申请号 201911143340.9

G01R 27/02(2006.01)

(22)申请日 2019.11.20

(71)申请人 中国船舶重工集团海装风电股份有限公司

地址 401122 重庆市渝北区北部新区经开园金渝大道30号

(72)发明人 王世均 陶建权 吕彬 蔡梅园 张凯 隆萍

(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 田媛媛

(51)Int.Cl.

G01R 31/34(2006.01)

G01R 31/00(2006.01)

G01R 27/26(2006.01)

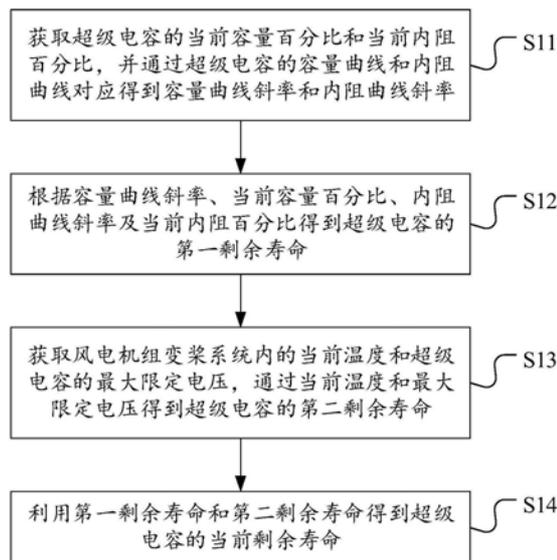
权利要求书2页 说明书9页 附图2页

(54)发明名称

风电机组超级电容剩余寿命计算方法、装置、设备及介质

(57)摘要

本申请公开了一种风电机组超级电容剩余寿命计算方法、装置、设备及计算机可读存储介质,方法包括:根据容量曲线斜率、当前容量百分比、内阻曲线斜率及当前内阻百分比得到超级电容的第一剩余寿命;获取风电机组变桨系统内的当前温度和超级电容的最大限定电压,通过当前温度和最大限定电压得到超级电容的第二剩余寿命;利用第一剩余寿命和第二剩余寿命得到超级电容的当前剩余寿命。本申请公开的上述技术方案,通过反映超级电容本质的容量和内阻及对超级电容的容量和内阻产生影响的温度和电压来实现对超级电容当前剩余寿命的计算,以便于根据计算出的当前剩余寿命实现对超级电容的预维护,从而便于提高超级电容和风电机组运行的可靠性。



1. 一种风电机组超级电容剩余寿命计算方法,其特征在于,包括:

获取超级电容的当前容量百分比和当前内阻百分比,并通过所述超级电容的容量曲线和内阻曲线对应得到容量曲线斜率和内阻曲线斜率;

根据所述容量曲线斜率、所述当前容量百分比、所述内阻曲线斜率及所述当前内阻百分比得到所述超级电容的第一剩余寿命;

获取风电机组变桨系统内的当前温度和所述超级电容的最大限定电压,通过所述当前温度和所述最大限定电压得到所述超级电容的第二剩余寿命;

利用所述第一剩余寿命和所述第二剩余寿命得到所述超级电容的当前剩余寿命。

2. 根据权利要求1所述的风电机组超级电容剩余寿命计算方法,其特征在于,根据所述容量曲线斜率、所述当前容量百分比、所述内阻曲线斜率及所述当前内阻百分比得到所述超级电容的第一剩余寿命,包括:

利用 $t_{\text{容量}} = (\eta_1 - \eta_{0\text{容量}}) / k_1$ 得到 $t_{\text{容量}}$,利用 $t_{\text{内阻}} = (\eta_{0\text{内阻}} - \eta_2) / k_2$ 得到 $t_{\text{内阻}}$,并利用 $t_1 = (t_{\text{容量}} + t_{\text{内阻}}) / 2$ 得到 t_1 ;

其中, $t_{\text{容量}}$ 为容量对应的剩余寿命, η_1 为所述当前容量百分比, $\eta_{0\text{容量}}$ 为容量阈值, k_1 为所述容量曲线斜率, $t_{\text{内阻}}$ 为内阻对应的剩余寿命, $\eta_{0\text{内阻}}$ 为内阻阈值, η_2 为所述当前内阻百分比, k_2 为所述内阻曲线斜率, t_1 为所述超级电容的第一剩余寿命。

3. 根据权利要求1所述的风电机组超级电容剩余寿命计算方法,其特征在于,通过所述当前温度和所述最大限定电压得到所述超级电容的第二剩余寿命,包括:

利用 $t_2 = t_{\text{参考}} - t_{\text{参考}} \times A^{(T-T_0)/\Delta T} \times B^{(V-V_0)/\Delta V}$ 得到 t_2 ;

其中, t_2 为所述超级电容的第二剩余寿命, T 为所述当前温度, T_0 为参考温度, V 为所述最大限定电压, V_0 为参考电压, $t_{\text{参考}}$ 为所述超级电容在温度在 T_0 和 V_0 下的寿命, ΔT 为温度跳变, ΔV 为电压跳变, A 为温度在跳变 ΔT 下的衰减因子, B 为电压在跳变 ΔV 下的衰减因子。

4. 根据权利要求1所述的风电机组超级电容剩余寿命计算方法,其特征在于,获取风电机组变桨系统内的当前温度和所述超级电容的最大限定电压,通过所述当前温度和所述最大限定电压得到所述超级电容的第二剩余寿命,包括:

每隔预设时间间隔获取一次对应采样点的温度和电压;

利用 $t_{2i} = t_{\text{参考}} \times A^{(T_i-T_0)/\Delta T} \times B^{(V-V_0)/\Delta V}$ 得到 t_{2i} ;其中, t_{2i} 为所述超级电容在各采样点的使用寿命, T_i 为各采样点的温度, T_0 为参考温度, V 为所述超级电容的最大限定电压, V_0 为参考电压, $t_{\text{参考}}$ 为所述超级电容在温度在 T_0 和 V_0 下的寿命, ΔT 为温度跳变, ΔV 为电压跳变, A 为温度在跳变 ΔT 下的衰减因子, B 为电压在跳变 ΔV 下的衰减因子, $i=1,2,\dots,n$;

利用 $t_2 = t_{\text{参考}} - t_{21} - \dots - t_{2n}$ 得到 t_2 ;其中, t_2 为所述超级电容的第二剩余寿命。

5. 根据权利要求1所述的风电机组超级电容剩余寿命计算方法,其特征在于,在通过超级电容的容量曲线和内阻曲线对应得到容量曲线斜率和内阻曲线斜率之前,还包括:

对所述超级电容的容量和内阻进行实时检测,以对应得到容量检测结果和内阻检测结果;

根据所述容量检测结果得到容量曲线,并根据所述内阻检测结果得到内阻曲线。

6. 根据权利要求5所述的风电机组超级电容剩余寿命计算方法,其特征在于,根据所述容量检测结果得到容量曲线,并根据所述内阻检测结果得到内阻曲线,包括:

根据所述容量检测结果通过最小二乘法得到所述容量曲线,并根据所述内阻检测结果通过最小二乘法得到所述内阻曲线。

7. 根据权利要求1至6任一项所述的风电机组超级电容剩余寿命计算方法,其特征在于,利用所述第一剩余寿命和所述第二剩余寿命得到所述超级电容的当前剩余寿命,包括:

利用 $t = \lambda_1 * t_1 + \lambda_2 * t_2$ 得到 t ;其中, t 为所述超级电容的当前剩余寿命, t_1 为所述超级电容的第一剩余寿命, λ_1 为 t_1 的权重, t_2 为所述超级电容的第二剩余寿命, λ_2 为 t_2 的权重, $\lambda_1 + \lambda_2 = 1$ 。

8. 一种风电机组超级电容剩余寿命计算装置,其特征在于,包括:

获取模块,用于获取超级电容的当前容量百分比和当前内阻百分比,并通过所述超级电容的容量曲线和内阻曲线对应得到容量曲线斜率和内阻曲线斜率;

得到第一剩余寿命模块,用于根据所述容量曲线斜率、所述当前容量百分比、所述内阻曲线斜率及所述当前内阻百分比得到所述超级电容的第一剩余寿命;

得到第二剩余寿命模块,用于获取风电机组变桨系统内的当前温度和所述超级电容的最大限定电压,通过所述当前温度和所述最大限定电压得到所述超级电容的第二剩余寿命;

得到当前剩余寿命模块,用于利用所述第一剩余寿命和所述第二剩余寿命得到所述超级电容的当前剩余寿命。

9. 一种风电机组超级电容剩余寿命计算设备,其特征在于,包括:

存储器,用于存储计算机程序;

处理器,用于执行所述计算机程序时实现如权利要求1至7任一项所述的风电机组超级电容剩余寿命计算方法的步骤。

10. 一种计算机可读存储介质,其特征在于,所述计算机可读存储介质上存储有计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时实现如权利要求1至7任一项所述的风电机组超级电容剩余寿命计算方法的步骤。

风电机组超级电容剩余寿命计算方法、装置、设备及介质

技术领域

[0001] 本申请涉及风电机组技术领域,更具体地说,涉及一种风电机组超级电容剩余寿命计算方法、装置、设备及计算机可读存储介质。

背景技术

[0002] 变桨系统作为风电机组最后一道安全系统,其运行能量通常由市电和后备电源系统提供,当市电断电时,则由后备电源进行供电,以保证变桨系统能够正常顺桨,从而保证风电机组的安全性。目前,超级电容因具有充电速度快、功率密度高等特点而被广泛应用在风电机组中,以作为变桨系统的后备电源使用。

[0003] 目前,在将超级电容作为变桨系统的后备电源使用时,通常只对后备电源电压和温度进行检测,或是对超级电容的健康状态进行检测,很少对超级电容的剩余寿命进行预测的方案,一旦超级电容的寿命殆尽,则没有办法为变桨系统提供能量,此时,风电机组则会一直处于非正常顺桨的状态,其运行速度会变得很高,最终会造成风电机组出现损坏或倒塌,从而引发安全性问题。

[0004] 综上所述,如何对超级电容的剩余寿命进行计算,是目前本领域技术人员亟待解决的技术问题。

发明内容

[0005] 有鉴于此,本申请的目的是提供一种风电机组超级电容剩余寿命计算方法、装置、设备及计算机可读存储介质,用于对超级电容的剩余寿命进行计算。

[0006] 为了实现上述目的,本申请提供如下技术方案:

[0007] 一种风电机组超级电容剩余寿命计算方法,包括:

[0008] 获取超级电容的当前容量百分比和当前内阻百分比,并通过所述超级电容的容量曲线和内阻曲线对应得到容量曲线斜率和内阻曲线斜率;

[0009] 根据所述容量曲线斜率、所述当前容量百分比、所述内阻曲线斜率及所述当前内阻百分比得到所述超级电容的第一剩余寿命;

[0010] 获取风电机组变桨系统内的当前温度和所述超级电容的最大限定电压,通过所述当前温度和所述最大限定电压得到所述超级电容的第二剩余寿命;

[0011] 利用所述第一剩余寿命和所述第二剩余寿命得到所述超级电容的当前剩余寿命。

[0012] 优选的,根据所述容量曲线斜率、所述当前容量百分比、所述内阻曲线斜率及所述当前内阻百分比得到所述超级电容的第一剩余寿命,包括:

[0013] 利用 $t_{\text{容量}} = (\eta_1 - \eta_{0\text{容量}}) / k_1$ 得到 $t_{\text{容量}}$,利用 $t_{\text{内阻}} = (\eta_{0\text{内阻}} - \eta_2) / k_2$ 得到 $t_{\text{内阻}}$,并利用 $t_1 = (t_{\text{容量}} + t_{\text{内阻}}) / 2$ 得到 t_1 ;

[0014] 其中, $t_{\text{容量}}$ 为容量对应的剩余寿命, η_1 为所述当前容量百分比, $\eta_{0\text{容量}}$ 为容量阈值, k_1 为所述容量曲线斜率, $t_{\text{内阻}}$ 为内阻对应的剩余寿命, $\eta_{0\text{内阻}}$ 为内阻阈值, η_2 为所述当前内阻百分比, k_2 为所述内阻曲线斜率, t_1 为所述超级电容的第一剩余寿命。

[0015] 优选的,通过所述当前温度和所述最大限定电压得到所述超级电容的第二剩余寿命,包括:

[0016] 利用 $t_2 = t_{\text{参考}} - t_{\text{参考}} \times A^{(T-T_0)/\Delta T} \times B^{(V-V_0)/\Delta V}$ 得到 t_2 ;

[0017] 其中, t_2 为所述超级电容的第二剩余寿命, T 为所述当前温度, T_0 为参考温度, V 为所述最大限定电压, V_0 为参考电压, $t_{\text{参考}}$ 为所述超级电容在温度在 T_0 和 V_0 下的寿命, ΔT 为温度跳变, ΔV 为电压跳变, A 为温度在跳变 ΔT 下的衰减因子, B 为电压在跳变 ΔV 下的衰减因子。

[0018] 优选的,获取风电机组变桨系统内的当前温度和所述超级电容的最大限定电压,通过所述当前温度和所述最大限定电压得到所述超级电容的第二剩余寿命,包括:

[0019] 每隔预设时间间隔获取一次对应采样点的温度和电压;

[0020] 利用 $t_{2i} = t_{\text{参考}} \times A^{(T_i-T_0)/\Delta T} \times B^{(V-V_0)/\Delta V}$ 得到 t_{2i} ; 其中, t_{2i} 为所述超级电容在各采样点的使用寿命, T_i 为各采样点的温度, T_0 为参考温度, V 为所述超级电容的最大限定电压, V_0 为参考电压, $t_{\text{参考}}$ 为所述超级电容在温度在 T_0 和 V_0 下的寿命, ΔT 为温度跳变, ΔV 为电压跳变, A 为温度在跳变 ΔT 下的衰减因子, B 为电压在跳变 ΔV 下的衰减因子, $i=1, 2, \dots, n$;

[0021] 利用 $t_2 = t_{\text{参考}} - t_{21} - \dots - t_{2n}$ 得到 t_2 ; 其中, t_2 为所述超级电容的第二剩余寿命。

[0022] 优选的,在通过超级电容的容量曲线和内阻曲线对应得到容量曲线斜率和内阻曲线斜率之前,还包括:

[0023] 对所述超级电容的容量和内阻进行实时检测,以对应得到容量检测结果和内阻检测结果;

[0024] 根据所述容量检测结果得到容量曲线,并根据所述内阻检测结果得到内阻曲线。

[0025] 优选的,根据所述容量检测结果得到容量曲线,并根据所述内阻检测结果得到内阻曲线,包括:

[0026] 根据所述容量检测结果通过最小二乘法得到所述容量曲线,并根据所述内阻检测结果通过最小二乘法得到所述内阻曲线。

[0027] 优选的,利用所述第一剩余寿命和所述第二剩余寿命得到所述超级电容的当前剩余寿命,包括:

[0028] 利用 $t = \lambda_1 * t_1 + \lambda_2 * t_2$ 得到 t ; 其中, t 为所述超级电容的当前剩余寿命, t_1 为所述超级电容的第一剩余寿命, λ_1 为 t_1 的权重, t_2 为所述超级电容的第二剩余寿命, λ_2 为 t_2 的权重, $\lambda_1 + \lambda_2 = 1$ 。

[0029] 一种风电机组超级电容剩余寿命计算装置,包括:

[0030] 获取模块,用于获取超级电容的当前容量百分比和当前内阻百分比,并通过所述超级电容的容量曲线和内阻曲线对应得到容量曲线斜率和内阻曲线斜率;

[0031] 得到第一剩余寿命模块,用于根据所述容量曲线斜率、所述当前容量百分比、所述内阻曲线斜率及所述当前内阻百分比得到所述超级电容的第一剩余寿命;

[0032] 得到第二剩余寿命模块,用于获取风电机组变桨系统内的当前温度和所述超级电容的最大限定电压,通过所述当前温度和所述最大限定电压得到所述超级电容的第二剩余寿命;

[0033] 得到当前剩余寿命模块,用于利用所述第一剩余寿命和所述第二剩余寿命得到所述超级电容的当前剩余寿命。

[0034] 一种风电机组超级电容剩余寿命计算设备,包括:

[0035] 存储器,用于存储计算机程序;

[0036] 处理器,用于执行所述计算机程序时实现如上述任一项所述的风电机组超级电容剩余寿命计算方法的步骤。

[0037] 一种计算机可读存储介质,所述计算机可读存储介质上存储有计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时实现如上述任一项所述的风电机组超级电容剩余寿命计算方法的步骤。

[0038] 本申请提供了一种风电机组超级电容剩余寿命计算方法、装置、设备及计算机可读存储介质,其中,该方法包括:获取超级电容的当前容量百分比和当前内阻百分比,并通过超级电容的容量曲线和内阻曲线对应得到容量曲线斜率和内阻曲线斜率;根据容量曲线斜率、当前容量百分比、内阻曲线斜率及当前内阻百分比得到超级电容的第一剩余寿命;获取风电机组变桨系统内的当前温度和超级电容的最大限定电压,通过当前温度和最大限定电压得到超级电容的第二剩余寿命;利用第一剩余寿命和第二剩余寿命得到超级电容的当前剩余寿命。

[0039] 本申请公开的上述技术方案,利用超级电容的当前容量百分比、容量曲线的容量曲线斜率、当前内阻百分比及内阻曲线的内阻曲线斜率得到超级电容的第一剩余寿命,并利用风电机组变桨系统内的当前温度和超级电容的最大限定电压得到超级电容的第二剩余寿命,利用所得到的第一剩余寿命和第二剩余寿命实现对超级电容的当前剩余寿命的计算,即通过反映超级电容本质的容量和内阻及对超级电容的容量和内阻产生影响的温度和电压来实现对超级电容当前剩余寿命的计算,以便于根据计算出的当前剩余寿命实现对超级电容的预维护,从而便于提高超级电容和风电机组运行的可靠性。

附图说明

[0040] 为了更清楚地说明本申请实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本申请的实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据提供的附图获得其他的附图。

[0041] 图1为本申请实施例提供的一种风电机组超级电容剩余寿命计算方法的流程图;

[0042] 图2为本申请实施例提供的一种风电机组超级电容剩余寿命计算装置的结构示意图;

[0043] 图3为本申请实施例提供的一种风电机组超级电容剩余寿命计算设备的结构示意图。

具体实施方式

[0044] 下面将结合本申请实施例中的附图,对本申请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申请一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本申请保护的范围。

[0045] 参见图1,其示出了本申请实施例提供的一种风电机组超级电容剩余寿命计算方

法的流程图,可以包括:

[0046] S11:获取超级电容的当前容量百分比和当前内阻百分比,并通过超级电容的容量曲线和内阻曲线对应得到容量曲线斜率和内阻曲线斜率。

[0047] 考虑到超级电容的容量和内阻对超级电容的寿命有着最为直接的影响,因此,则可以通过超级电容的容量和内阻实现对超级电容剩余寿命的预估和计算。具体地,在超级电容作为变桨系统后备电源使用的过程中,获取超级电容在当前时刻的电压和电流等参数,并通过对电压和电流等参数的处理获取到超级电容的当前容量百分比和当前内阻百分比。

[0048] 同时,通过超级电容的容量曲线得到容量曲线斜率,并通过超级电容的内阻曲线得到内阻曲线斜率。

[0049] S12:根据容量曲线斜率、当前容量百分比、内阻曲线斜率及当前内阻百分比得到超级电容的第一剩余寿命。

[0050] 在获取到超级电容的当前容量百分比、当前内阻百分比和容量曲线斜率及内阻曲线斜率之后,可以根据容量曲线斜率、当前容量百分比、内阻曲线斜率及当前内阻百分比得到由反映超级电容本质特征的容量和内阻的影响而对应的超级电容的第一剩余寿命。

[0051] S13:获取风电机组变桨系统内的当前温度和超级电容的最大限定电压,通过当前温度和最大限定电压得到超级电容的第二剩余寿命。

[0052] 因超级电容的使用环境会对超级电容的容量和内阻产生一定的影响,从而会间接地对超级电容的剩余寿命造成影响,因此,为了提高超级电容剩余寿命计算的准确性,则可以获取因使用环境影响而对应的超级电容的第二剩余寿命。具体地,获取风电机组变桨系统内的当前温度,并获取超级电容的最大限定电压,通过当前温度和最大限定电压得到超级电容的第二剩余寿命。

[0053] 其中,最大限定电压为超级电容在实际使用过程中所能达到的最大电压。通常情况下,超级电容中每个单体的额定电压为2.7V,一般会降电压使用2.4V或2.5V,其中,这里所提及的2.4V或2.5V即为超级电容的单体所能达到的最大电压,而超级电容所能达到的最大限定电压则可以根据每个单体所能达到的最大电压以及单体的串并联关系决定,例如:当由三个单体构成超级电容时,此时,超级电容的最大限定电压即为 $(2.4V或2.5V)*3$ 。

[0054] S14:利用第一剩余寿命和第二剩余寿命得到超级电容的当前剩余寿命。

[0055] 根据得到的第一剩余寿命和第二剩余寿命得到超级电容的当前剩余寿命,以不仅实现对超级电容当前剩余寿命的计算,而且提高对超级电容当前剩余寿命计算的准确性。

[0056] 通过对超级电容剩余寿命的计算实现对超级电容剩余寿命状态的检测,从而便于根据计算出的超级电容的当前剩余寿命对超级电容实现预维护,以尽量避免超级电容出现寿命殆尽的情况,即通过对超级电容当前剩余寿命的计算来实现对超级电容的预维护以使得超级电容能够持续为变桨系统提供能量,从而提高超级电容及风电机组运行的可靠性。

[0057] 本申请公开的上述技术方案,利用超级电容的当前容量百分比、容量曲线的容量曲线斜率、当前内阻百分比及内阻曲线的内阻曲线斜率得到超级电容的第一剩余寿命,并利用风电机组变桨系统内的当前温度和超级电容的最大限定电压得到超级电容的第二剩余寿命,利用所得到的第一剩余寿命和第二剩余寿命实现对超级电容的当前剩余寿命的计算,即通过反映超级电容本质的容量和内阻及对超级电容的容量和内阻产生影响的温度和

电压来实现对超级电容当前剩余寿命的计算,以便于根据计算出的当前剩余寿命实现对超级电容的预维护,从而便于提高超级电容和风电机组运行的可靠性。

[0058] 本申请实施例提供的一种风电机组超级电容剩余寿命计算方法,根据容量曲线斜率、当前容量百分比、内阻曲线斜率及当前内阻百分比得到超级电容的第一剩余寿命,可以包括:

[0059] 利用 $t_{\text{容量}} = (\eta_1 - \eta_{0\text{容量}}) / k_1$ 得到 $t_{\text{容量}}$, 利用 $t_{\text{内阻}} = (\eta_{0\text{内阻}} - \eta_2) / k_2$ 得到 $t_{\text{内阻}}$, 并利用 $t_1 = (t_{\text{容量}} + t_{\text{内阻}}) / 2$ 得到 t_1 ;

[0060] 其中, $t_{\text{容量}}$ 为容量对应的剩余寿命, η_1 为当前容量百分比, $\eta_{0\text{容量}}$ 为容量阈值, k_1 为容量曲线斜率, $t_{\text{内阻}}$ 为内阻对应的剩余寿命, $\eta_{0\text{内阻}}$ 为内阻阈值, η_2 为当前内阻百分比, k_2 为内阻曲线斜率, t_1 为超级电容的第一剩余寿命。

[0061] 在根据容量曲线斜率、当前容量百分比、内阻曲线斜率及当前内阻百分比得到超级电容的第一剩余寿命时,具体可以根据容量曲线斜率 k_1 、当前容量百分比 η_1 及所设定的容量阈值 $\eta_{0\text{容量}}$ 利用 $t_{\text{容量}} = (\eta_1 - \eta_{0\text{容量}}) / k_1$ 得到容量对应的剩余寿命 $t_{\text{容量}}$, 并可以根据内阻曲线斜率 k_2 、当前内阻百分比 η_2 及所设定的内阻阈值 $\eta_{0\text{内阻}}$ 利用 $t_{\text{内阻}} = (\eta_{0\text{内阻}} - \eta_2) / k_2$ 得到内阻对应的剩余寿命 $t_{\text{内阻}}$, 然后, 利用 $t_1 = (t_{\text{容量}} + t_{\text{内阻}}) / 2$ 得到超级电容的第一剩余寿命 t_1 。

[0062] 其中, 容量阈值 $\eta_{0\text{容量}}$ 和内阻阈值 $\eta_{0\text{内阻}}$ 为预先根据超级电容所能承受的极限容量和极限内阻进行设定的, 具体地, $\eta_{0\text{容量}}$ 可以等于 70%, $\eta_{0\text{内阻}}$ 可以等于 200%, 当然, 也可以根据超级电容的实际情况而对这两个阈值进行修改, 本申请对此不做任何限定。

[0063] 本申请实施例提供的一种风电机组超级电容剩余寿命计算方法, 通过当前温度和最大限定电压得到超级电容的第二剩余寿命, 可以包括:

[0064] 利用 $t_2 = t_{\text{参考}} - t_{\text{参考}} \times A^{(T-T_0)/\Delta T} \times B^{(V-V_0)/\Delta V}$ 得到 t_2 ;

[0065] 其中, t_2 为超级电容的第二剩余寿命, T 为当前温度, T_0 为参考温度, V 为最大限定电压, V_0 为参考电压, $t_{\text{参考}}$ 为超级电容在温度在 T_0 和 V_0 下的寿命, ΔT 为温度跳变, ΔV 为电压跳变, A 为温度在跳变 ΔT 下的衰减因子, B 为电压在跳变 ΔV 下的衰减因子。

[0066] 在通过当前温度和最大限定电压得到超级电容的第二剩余寿命时, 可以根据经验公式 $t = t_{\text{参考}} \times A^{(T-T_0)/\Delta T} \times B^{(V-V_0)/\Delta V}$ 计算得到超级电容已使用的寿命 t , 然后, 根据 $t_2 = t_{\text{参考}} - t_{\text{参考}} \times A^{(T-T_0)/\Delta T} \times B^{(V-V_0)/\Delta V}$ 计算得到由温度和电压影响而对应的超级电容的第二剩余寿命 t_2 。

[0067] 其中, T 为获取到的风电机组变桨系统内的当前温度, V 为获取到的超级电容的最大限定电压, T_0 为参考温度, V_0 为参考电压, $t_{\text{参考}}$ 为超级电容在温度在 T_0 和 V_0 下的寿命, 即 $t_{\text{参考}}$ 为在温度 T_0 和电压 V_0 的工作环境下测得的超级电容的寿命, 这里可以定义温度区间为 25°C-65°C (25°C 以下视为不变), 电压区间为 2.1V-2.7V (实际的超级电容单体使用电压不会超过该范围), 温度 T_0 和电压 V_0 可以在上述两个对应的区间中任意取值, 通常选取 25°C 作为 T_0 , 选取额定电压 2.7V 作为 V_0 , 这样 $t_{\text{参考}}$ 近似等于超级电容的标称值, 从而便于对不同温度和电压的超级电容的寿命与标称值做比较; ΔT 为温度跳变, ΔV 为电压跳变, A 和 B 分别为温度和电压在跳变 ΔT 和 ΔV 的衰减因子, 通过对温度和电压对超级电容寿命影响的机理分析得出当温度和电压分别以 ΔT 和 ΔV 跳变时, 寿命的衰减率近似看作是一致的, 如果把 ΔT 下的衰减

率定义为A, ΔV 下的衰减率定义为B,那么A和B即为常数,具体地,对于超级电容而言,温度以 $\Delta T=10^{\circ}\text{C}$ 跳变时,相应的寿命减半,即 $A=1/2$,电压以 $\Delta V=0.1\text{V}$ 变时,相应的寿命减半,即 $B=1/2$,即在上述公式中 $A=1/2$ 、 $\Delta T=10^{\circ}\text{C}$ 、 $B=1/2$ 、 $\Delta V=0.1\text{V}$ 。

[0068] 本申请实施例提供的一种风电机组超级电容剩余寿命计算方法,获取风电机组变桨系统内的当前温度和超级电容的最大限定电压,通过当前温度和最大限定电压得到超级电容的第二剩余寿命,可以包括:

[0069] 每隔预设时间间隔获取一次对应采样点的温度和电压;

[0070] 利用 $t_{2i} = t_{\text{参考}} \times A^{(T_i - T_0)/\Delta T} \times B^{(V - V_0)/\Delta V}$ 得到 t_{2i} ;其中, t_{2i} 为超级电容在各采样点的使用寿命, T_i 为各采样点的温度, T_0 为参考温度, V 为超级电容的最大限定电压, V_0 为参考电压, $t_{\text{参考}}$ 为超级电容在温度在 T_0 和 V_0 下的寿命, ΔT 为温度跳变, ΔV 为电压跳变, A 为温度在跳变 ΔT 下的衰减因子, B 为电压在跳变 ΔV 下的衰减因子, $i=1, 2, \dots, n$;

[0071] 利用 $t_2 = t_{\text{参考}} - t_{21} - \dots - t_{2n}$ 得到 t_2 ;其中, t_2 为超级电容的第二剩余寿命。

[0072] 在计算超级电容的第二剩余寿命时,可以每隔预设时间间隔(如10min)获取一次对应采样点的温度和电压,然后,利用经验公式 $t_{2i} = t_{\text{参考}} \times A^{(T_i - T_0)/\Delta T} \times B^{(V - V_0)/\Delta V}$ 得到超级电容在各采样点的使用寿命 t_{2i} ,其中, T_i 为各采样点的温度, V 为超级电容的最大限定电压, $i=1, 2, \dots, n$,当 $i=n$ 时即对应当前时刻,然后,利用 $t_2 = t_{\text{参考}} - t_{21} - \dots - t_{2n}$ 得到超级电容的第二剩余寿命 t_2 。

[0073] 通过每隔预设时间间隔采集温度和电压来计算超级电容在各采样点处的使用寿命,然后,通过各采样点的使用寿命计算超级电容的第二剩余寿命可以提高计算的准确性,从而便于提高超级电容当前剩余寿命计算的准确性。

[0074] 本申请实施例提供的一种风电机组超级电容剩余寿命计算方法,在通过超级电容的容量曲线和内阻曲线对应得到容量曲线斜率和内阻曲线斜率之前,还可以包括:

[0075] 对超级电容的容量和内阻进行实时检测,以对应得到容量检测结果和内阻检测结果;

[0076] 根据容量检测结果得到容量曲线,并根据内阻检测结果得到内阻曲线。

[0077] 在得到超级电容的容量曲线斜率和内阻曲线斜率之前,可以对超级电容的容量和内阻进行实时检测,以对应得到容量检测结果和内阻检测结果,并根据容量检测结果得到容量曲线,且通过内阻检测结果得到内阻曲线,以便于根据容量曲线和内阻曲线对应得到容量曲线斜率和内阻曲线斜率。

[0078] 通过对超级电容容量和内阻的实时检测可以提高容量曲线和内阻曲线获取的准确性,从而提高容量曲线斜率和内阻曲线斜率获取的准确性。

[0079] 本申请实施例提供的一种风电机组超级电容剩余寿命计算方法,根据容量检测结果得到容量曲线,并根据内阻检测结果得到内阻曲线,可以包括:

[0080] 根据容量检测结果通过最小二乘法得到容量曲线,并根据内阻检测结果通过最小二乘法得到内阻曲线。

[0081] 可以根据容量检测结果通过最小二乘法得到容量曲线,并根据内阻检测结果通过最小二乘法得到内阻曲线。

[0082] 利用最小二乘法得到容量曲线和内阻曲线的过程具有简单、方便等特点,当然,也

可以通过其他方式利用检测结果对应得到容量曲线和内阻曲线,本申请对此不做任何限定。

[0083] 本申请实施例提供的一种风电机组超级电容剩余寿命计算方法,利用第一剩余寿命和第二剩余寿命得到超级电容的当前剩余寿命,可以包括:

[0084] 利用 $t = \lambda_1 * t_1 + \lambda_2 * t_2$ 得到 t ;其中, t 为超级电容的当前剩余寿命, t_1 为超级电容的第一剩余寿命, λ_1 为 t_1 的权重, t_2 为超级电容的第二剩余寿命, λ_2 为 t_2 的权重, $\lambda_1 + \lambda_2 = 1$ 。

[0085] 在利用第一剩余寿命可以第二剩余寿命得到超级电容的当前剩余寿命时,具体可以利用 $t = \lambda_1 * t_1 + \lambda_2 * t_2$ 得到超级电容的当前剩余寿命 t ,其中, t_1 为超级电容的第一剩余寿命, λ_1 为 t_1 的权重, t_2 为超级电容的第二剩余寿命, λ_2 为 t_2 的权重, $\lambda_1 + \lambda_2 = 1$ 。

[0086] 在实际应用时,可以根据超级电容的运行情况及经验对 λ_1 和 λ_2 的具体大小进行调整,以提高超级电容当前剩余寿命计算的准确性。

[0087] 本申请实施例还提供了一种风电机组超级电容剩余寿命计算装置,参见图2,其示出了本申请实施例提供的一种风电机组超级电容剩余寿命计算装置的结构示意图,可以包括:

[0088] 获取模块21,用于获取超级电容的当前容量百分比和当前内阻百分比,并通过超级电容的容量曲线和内阻曲线对应得到容量曲线斜率和内阻曲线斜率;

[0089] 得到第一剩余寿命模块22,用于根据容量曲线斜率、当前容量百分比、内阻曲线斜率及当前内阻百分比得到超级电容的第一剩余寿命;

[0090] 得到第二剩余寿命模块23,用于获取风电机组变桨系统内的当前温度和超级电容的最大限定电压,通过当前温度和最大限定电压得到超级电容的第二剩余寿命;

[0091] 得到当前剩余寿命模块24,用于利用第一剩余寿命和第二剩余寿命得到超级电容的当前剩余寿命。

[0092] 本申请实施例提供的一种风电机组超级电容剩余寿命计算装置,得到第一剩余寿命模块22可以包括:

[0093] 第一计算单元,用于利用 $t_{容量} = (\eta_1 - \eta_{0容量}) / k_1$ 得到 $t_{容量}$,利用 $t_{内阻} = (\eta_{0内阻} - \eta_2) / k_2$ 得到 $t_{内阻}$,并利用 $t_1 = (t_{容量} + t_{内阻}) / 2$ 得到 t_1 ;

[0094] 其中, $t_{容量}$ 为容量对应的剩余寿命, η_1 为当前容量百分比, $\eta_{0容量}$ 为容量阈值, k_1 为容量曲线斜率, $t_{内阻}$ 为内阻对应的剩余寿命, $\eta_{0内阻}$ 为内阻阈值, η_2 为当前内阻百分比, k_2 为内阻曲线斜率, t_1 为超级电容的第一剩余寿命。

[0095] 本申请实施例提供的一种风电机组超级电容剩余寿命计算装置,得到第二剩余寿命模块23可以包括:

[0096] 第二计算单元,用于利用 $t_2 = t_{参考} - t_{参考} \times A^{(T-T_0)/\Delta T} \times B^{(V-V_0)/\Delta V}$ 得到 t_2 ;

[0097] 其中, t_2 为超级电容的第二剩余寿命, T 为当前温度, T_0 为参考温度, V 为最大限定电压, V_0 为参考电压, $t_{参考}$ 为超级电容在温度在 T_0 和 V_0 下的寿命, ΔT 为温度跳变, ΔV 为电压跳变, A 为温度在跳变 ΔT 下的衰减因子, B 为电压在跳变 ΔV 下的衰减因子。

[0098] 本申请实施例提供的一种风电机组超级电容剩余寿命计算装置,得到第二剩余寿命模块23可以包括:

[0099] 获取单元,用于每隔预设时间间隔获取一次对应采样点的温度和电压;

[0100] 第三计算单元,用于利用 $t_{2i} = t_{\text{参考}} \times A^{(T_i - T_0)/\Delta T} \times B^{(V - V_0)/\Delta V}$ 得到 t_{2i} ;其中, t_{2i} 为超级电容在各采样点的使用寿命, T_i 为各采样点的温度, T_0 为参考温度, V 为所述超级电容的最大限定电压, V_0 为参考电压, $t_{\text{参考}}$ 为超级电容在温度在 T_0 和 V_0 下的寿命, ΔT 为温度跳变, ΔV 为电压跳变, A 为温度在跳变 ΔT 下的衰减因子, B 为电压在跳变 ΔV 下的衰减因子, $i=1,2,\dots,n$;

[0101] 第四计算单元,用于利用 $t_2 = t_{\text{参考}} - t_{21} - \dots - t_{2n}$ 得到 t_2 ;其中, t_2 为超级电容的第二剩余寿命。

[0102] 本申请实施例提供的一种风电机组超级电容剩余寿命计算装置,还可以包括:

[0103] 检测模块,用于对超级电容的容量和内阻进行实时检测,以对应得到容量检测结果和内阻检测结果;

[0104] 获取曲线模块,用于根据容量检测结果得到容量曲线,并根据内阻检测结果得到内阻曲线。

[0105] 本申请实施例提供的一种风电机组超级电容剩余寿命计算装置,获取曲线模块21可以包括:

[0106] 获取曲线单元,用于根据容量检测结果通过最小二乘法得到容量曲线,并根据内阻检测结果通过最小二乘法得到内阻曲线。

[0107] 本申请实施例提供的一种风电机组超级电容剩余寿命计算装置,得到当前剩余寿命模块24可以包括:

[0108] 第五计算单元,用于利用 $t = \lambda_1 * t_1 + \lambda_2 * t_2$ 得到 t ;其中, t 为超级电容的当前剩余寿命, t_1 为超级电容的第一剩余寿命, λ_1 为 t_1 的权重, t_2 为超级电容的第二剩余寿命, λ_2 为 t_2 的权重, $\lambda_1 + \lambda_2 = 1$ 。

[0109] 本申请实施例还提供了一种风电机组超级电容剩余寿命计算设备,参见图3,其示出了本申请实施例提供的一种风电机组超级电容剩余寿命计算设备的结构示意图,可以包括:

[0110] 存储器31,用于存储计算机程序;

[0111] 处理器32,用于执行存储器31存储的计算机程序时可实现如下步骤:

[0112] 获取超级电容的当前容量百分比和当前内阻百分比,并通过超级电容的容量曲线和内阻曲线对应得到容量曲线斜率和内阻曲线斜率;根据容量曲线斜率、当前容量百分比、内阻曲线斜率及当前内阻百分比得到超级电容的第一剩余寿命;获取风电机组变桨系统内的当前温度和超级电容的最大限定电压,通过当前温度和最大限定电压得到超级电容的第二剩余寿命;利用第一剩余寿命和第二剩余寿命得到超级电容的当前剩余寿命。

[0113] 本申请实施例还提供了一种计算机可读存储介质,计算机可读存储介质上存储有计算机程序,计算机程序被处理器执行时可实现如下步骤:

[0114] 获取超级电容的当前容量百分比和当前内阻百分比,并通过超级电容的容量曲线和内阻曲线对应得到容量曲线斜率和内阻曲线斜率;根据容量曲线斜率、当前容量百分比、内阻曲线斜率及当前内阻百分比得到超级电容的第一剩余寿命;获取风电机组变桨系统内的当前温度和超级电容的最大限定电压,通过当前温度和最大限定电压得到超级电容的第二剩余寿命;利用第一剩余寿命和第二剩余寿命得到超级电容的当前剩余寿命。

[0115] 该计算机可读存储介质可以包括:U盘、移动硬盘、只读存储器(Read-Only Memory,ROM)、随机存取存储器(Random Access Memory,RAM)、磁碟或者光盘等各种可以存

储程序代码的介质。

[0116] 本申请实施例提供一种风电机组超级电容剩余寿命计算装置、设备及计算机可读存储介质中相关部分的说明可以参见本申请实施例提供的一种风电机组超级电容剩余寿命计算方法中对应部分的详细说明,在此不再赘述。

[0117] 需要说明的是,在本文中,诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。另外,本申请实施例提供的上述技术方案中与现有技术中对应技术方案实现原理一致的部分并未详细说明,以免过多赘述。

[0118] 对所公开的实施例的上述说明,使本领域技术人员能够实现或使用本申请。对这些实施例的多种修改对本领域技术人员来说将是显而易见的,本文中所定义的一般原理可以在不脱离本申请的精神或范围的情况下,在其它实施例中实现。因此,本申请将不会被限制于本文所示的这些实施例,而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

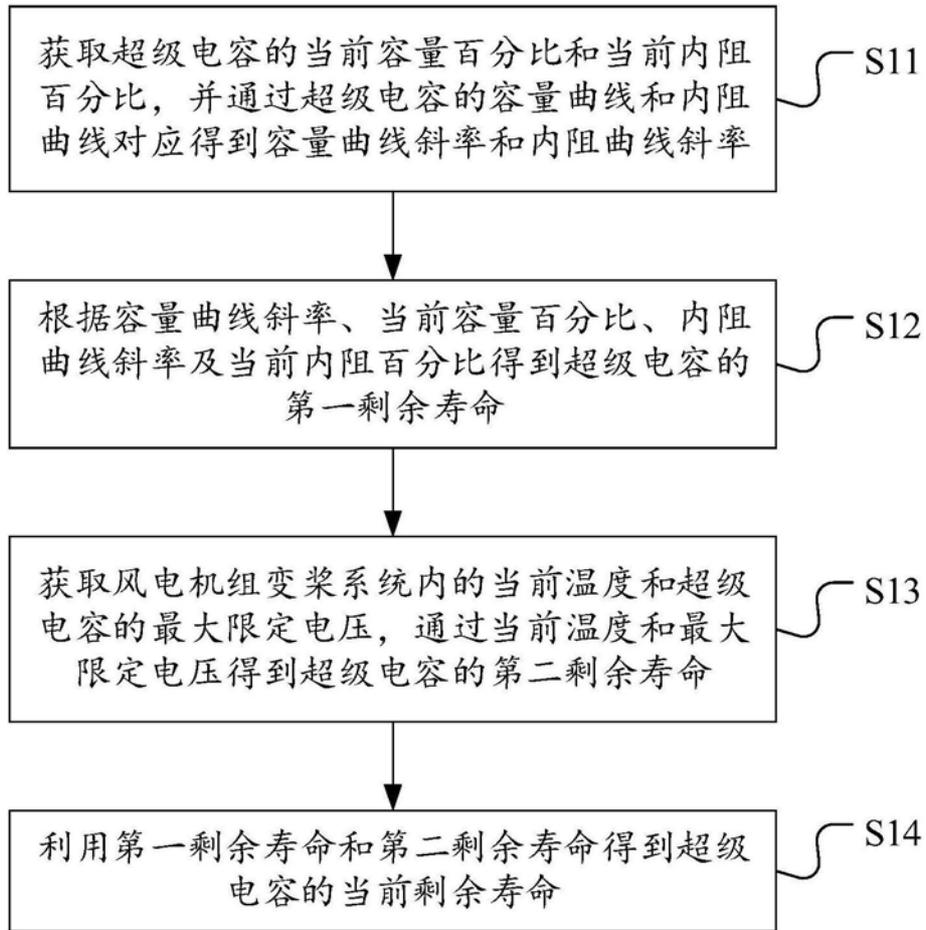


图1

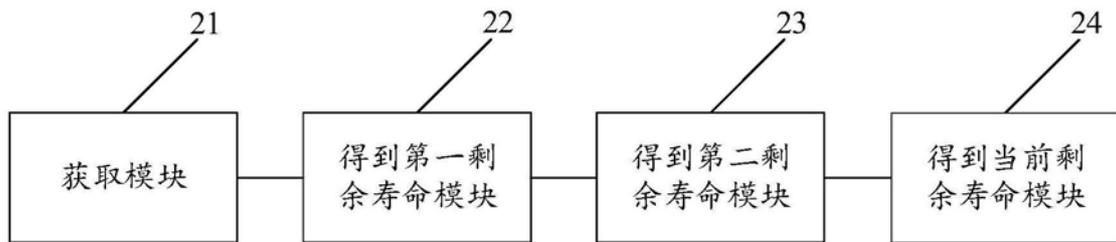


图2

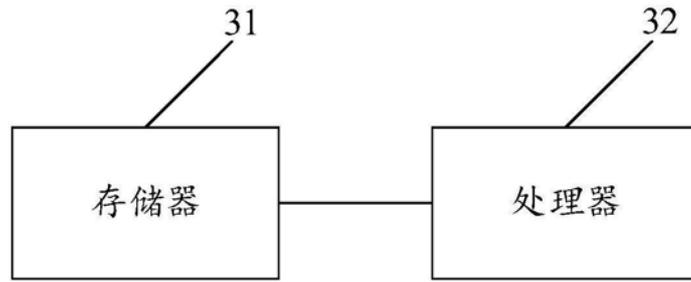


图3