



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106953131 B

(45)授权公告日 2019.05.31

(21)申请号 201710004078.4

(22)申请日 2017.01.04

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106953131 A

(43)申请公布日 2017.07.14

(30)优先权数据

2016-001010 2016.01.06 JP

(73)专利权人 丰田自动车株式会社

地址 日本爱知县

(72)发明人 桥本展信

(74)专利代理机构 北京市中咨律师事务所

11247

代理人 贺月娇 杨晓光

(51)Int.Cl.

H01M 10/48(2006.01)

H01M 10/42(2006.01)

H02J 7/00(2006.01)

B60L 53/53(2019.01)

(56)对比文件

CN 1842719 A, 2006.10.04,

CN 101252212 A, 2008.08.27,

CN 1531770 B, 2011.02.02,

WO 2011059025 A1, 2011.05.19,

CN 101855774 A, 2010.10.06,

CN 101252212 A, 2008.08.27,

审查员 谭剑权

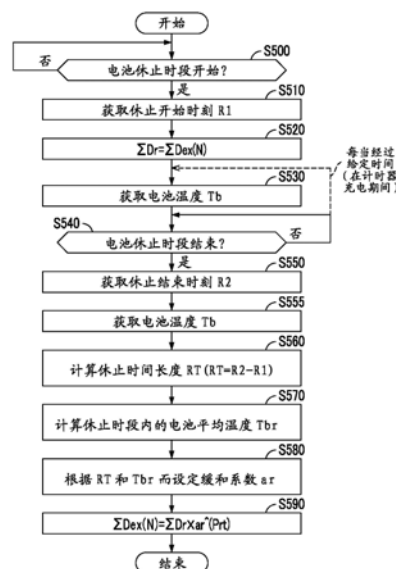
权利要求书5页 说明书20页 附图11页

(54)发明名称

用于电动车辆的电池系统

(57)摘要

本发明涉及一种用于电动车辆的电池系统。一种非水电解质二次电池是防止高速劣化的用于电动车辆的电池系统。对作为高速劣化的劣化指标值的累积评价进行校正处理,所述校正处理反映在电池休止时段内充电/放电休止期间的所述高速劣化的恢复行为。当所述电池休止时段结束时,根据缓和系数执行所述校正处理,所述缓和系数指示每当经过给定时间时的离子浓度的偏斜的缓和程度。可变地设定所述缓和系数,以使得与当所述电池休止时段的时间长度长时相比,当所述时间长度短时,所述给定时间的所述离子浓度的偏斜的缓和程度变得较大。



1. 一种用于电动车辆的电池系统,所述电动车辆安装有被配置为产生所述电动车辆的制动力和所述电动车辆的驱动力中的任一者的电动机,所述电池系统的特征在于包括:

二次电池,其包括非水电解质,所述二次电池被配置为通过将电力发送到所述电动机以及从所述电动机接收电力而产生所述电动车辆的制动力和所述电动车辆的驱动力中的任一者;

充电器,其被配置为通过在所述电动车辆外部的电源而对所述二次电池充电;

电子控制单元,其被配置为:

(i) 控制所述二次电池的充电和放电,

(ii) 基于在所述二次电池的使用时段内所述二次电池的电流历史而计算劣化指标值,所述劣化指标值是用于根据由所述二次电池的充电和放电所致的所述非水电解质中的离子浓度的偏斜而评价使所述二次电池的输入和输出性能降低的劣化成分的值,

(iii) 当所述劣化指标值超过预定限制阈值时,限制所述二次电池的放电电力和充电电力中的任一者,

(iv) 根据在休止时段结束时的休止缓和系数,校正在所述休止时段结束时的所述劣化指标值,在所述休止时段期间,所述二次电池的充电和放电被休止,所述休止缓和系数是指示在所述休止时段内每当经过给定时间时的所述离子浓度的偏斜的缓和程度的系数,

(v) 至少基于所述休止时段的时间长度,可变地设定所述休止缓和系数,以及

(vi) 设定所述休止缓和系数,以使得当所述时间长度短时,所述给定时间的所述离子浓度的偏斜的缓和程度变得大于当所述时间长度长时的所述离子浓度的偏斜的缓和程度。

2. 根据权利要求1所述的电池系统,

其特征在于所述电子控制单元被配置为:

(i) 基于所述时间长度和在所述休止时段内的所述二次电池的温度,可变地设定所述休止缓和系数,以及

(ii) 设定所述休止缓和系数,以使得当所述温度高时,所述给定时间的所述离子浓度的偏斜的缓和程度变得大于当所述温度低时的所述离子浓度的偏斜的缓和程度。

3. 根据权利要求2所述的电池系统,

其特征在于所述电子控制单元被配置为:

设定所述休止缓和系数,以使得随着所述时间长度变长,差变小,所述差是由所述二次电池的温度差导致的所述休止缓和系数的设定值之间的差的值。

4. 根据权利要求2所述的电池系统,

其特征在于所述电子控制单元被配置为:

(i) 当指定在所述休止时段内所述充电器对所述二次电池的充电开始时刻的充电计划表被预先制定时,获取所述休止时段开始时的所述温度,以及

(ii) 进一步多次获取所述温度,直到根据所述充电计划表的所述充电开始时刻,以确定用于设定所述休止缓和系数的所述二次电池的温度。

5. 根据权利要求3所述的电池系统,

其特征在于所述电子控制单元被配置为:

(i) 当指定在所述休止时段内所述充电器对所述二次电池的充电开始时刻的充电计划表被预先制定时,获取所述休止时段开始时的所述温度,以及

(ii) 进一步多次获取所述温度,直到根据所述充电计划表的所述充电开始时刻,以确定用于设定所述休止缓和系数的所述二次电池的温度。

6. 根据权利要求1至5中任一项所述的电池系统,

其特征在于所述电子控制单元被配置为:

(i) 基于在所述使用时段内所述二次电池的电流历史,计算所述劣化成分的评价值,

(ii) 当所述离子浓度的分布偏向于放电侧时,计算具有第一极性的值的值作为所述评价值,

(iii) 当所述离子浓度的分布偏向于充电侧时,计算具有与所述第一极性相反的第二极性的值作为所述评价值,

(iv) 分别计算第一累积评价值和第二累积评价值作为所述劣化指标值,所述第一累积评价值是通过累积超过预先设定的第一阈值和第二阈值中的任一者的所述评价值而获得的放电侧的值,所述第二累积评价值是通过累积超过预先设定的第三阈值和第四阈值中的任一者的所述评价值而获得的充电侧的值,所述第一阈值被设定为具有所述第一极性的值,所述第二阈值被设定为0和具有所述第二极性的值中的任一者,所述第三阈值被设定为具有所述第二极性的值,所述第四阈值被设定为0和具有所述第一极性的值中的任一者,

(v) 将所述休止缓和系数设定为包括用于校正所述第一累积评价值的第一休止缓和系数和用于校正所述第二累积评价值的第二休止缓和系数的系数,

(vi) 通过将所述第一累积评价值的过去值与所述评价值的当前值进行相加而计算所述第一累积评价值,所述第一累积评价值的所述过去值的绝对值随着在所述使用时段内的时间经过根据独立于所述第一休止缓和系数设定的第一缓和系数而减小,并且,所述当前值与在当当前评价值具有所述第一极性并且所述当前评价值的绝对值大于所述第一阈值时的所述当前评价值的部分和全部中的任一者对应,

(vii) 通过将所述第二累积评价值的过去值与所述评价值的当前值进行相加而计算所述第二累积评价值,所述第二累积评价值的所述过去值的绝对值随着在所述使用时段内的时间经过根据独立于所述第二休止缓和系数设定的第二缓和系数而减小,并且,所述当前值与在当当前评价值具有所述第二极性并且所述当前评价值的所述绝对值大于所述第三阈值时的所述当前评价值的部分和全部中的任一者对应,

(viii) 将包括具有所述第一极性的放电限制阈值和具有所述第二极性的充电限制阈值的值设定为所述限制阈值,

(ix) 在所述第一累积评价值具有所述第一极性的情况下,当所述第一累积评价值的所述绝对值大于所述放电限制阈值时,限制所述二次电池的放电电力,以及

(x) 在所述第二累积评价值具有所述第二极性的情况下,当所述第二累积评价值的所述绝对值大于所述充电限制阈值时,限制所述二次电池的充电电力。

7. 根据权利要求1至5中任一项所述的电池系统,

其特征在于所述电子控制单元被配置为:

(i) 基于在所述使用时段内所述二次电池的电流历史,计算所述劣化成分的评价值,

(ii) 当所述离子浓度的分布偏向于放电侧时,计算具有第一极性的值的值作为所述评价值,

(iii) 当所述离子浓度的分布偏向于充电侧时,计算具有与所述第一极性相反的第二

极性的值作为所述评价值，

(iv) 分别计算第一累积评价值和第二累积评价值作为所述劣化指标值，所述第一累积评价值是通过累积超过预先设定的第一阈值和第二阈值中的任一者的所述评价值而获得的放电侧的值，所述第二累积评价值是通过累积超过预先设定的第三阈值和第四阈值中的任一者的所述评价值而获得的充电侧的值，所述第一阈值被设定为具有所述第一极性的值，所述第二阈值被设定为0和具有所述第二极性的值中的任一者，所述第三阈值被设定为具有所述第二极性的值，所述第四阈值被设定为0或具有所述第一极性的值，

(v) 将所述休止缓和系数设定为包括用于校正所述第一累积评价值的第一休止缓和系数和用于校正所述第二累积评价值的第二休止缓和系数的系数，

(vi) 通过将所述第一累积评价值的过去值与所述评价值的当前值进行相加而计算所述第一累积评价值，所述第一累积评价值的所述过去值的绝对值随着在所述使用时段内的时间经过根据独立于所述第一休止缓和系数设定的第一缓和系数而减小，并且，所述当前值与在当前评价值具有所述第一极性并且所述当前评价值的绝对值大于所述第一阈值时的所述当前评价值的部分和全部中的任一者对应，

(vii) 通过将所述第二累积评价值的过去值与所述评价值的当前值进行相加而计算所述第二累积评价值，所述第二累积评价值的所述过去值的绝对值随着在所述使用时段内的时间经过根据独立于所述第二休止缓和系数设定的第二缓和系数而减小，并且，所述当前值与在当前评价值具有所述第一极性并且所述当前评价值的所述绝对值大于所述第四阈值时的所述当前评价值的部分和全部中的任一者对应，

(viii) 将包括具有所述第一极性的放电限制阈值和具有所述第二极性的充电限制阈值的值设定为所述限制阈值，

(ix) 在所述第一累积评价值具有所述第一极性的情况下，当所述第一累积评价值的所述绝对值大于所述放电限制阈值时，限制所述二次电池的放电电力，以及

(x) 在所述第二累积评价值具有所述第二极性的情况下，当所述第二累积评价值的所述绝对值大于所述充电限制阈值时，限制所述二次电池的充电电力。

8. 根据权利要求1至5中任一项所述的电池系统，

其特征在于所述电子控制单元被配置为：

(i) 基于在所述使用时段内所述二次电池的所述电流历史，计算所述劣化成分的评价值，

(ii) 当所述离子浓度的分布偏向于放电侧时，计算具有第一极性的值的值作为所述评价值，

(iii) 当所述离子浓度的分布偏向于充电侧时，计算具有与所述第一极性相反的第二极性的值作为所述评价值，

(iv) 分别计算第一累积评价值和第二累积评价值作为所述劣化指标值，所述第一累积评价值是通过累积超过预先设定的第一阈值和第二阈值中的任一者的所述评价值而获得的放电侧的值，所述第二累积评价值是通过累积超过预先设定的第三阈值和第四阈值中的任一者的所述评价值而获得的充电侧的值，所述第一阈值被设定为具有所述第一极性的值，所述第二阈值被设定为0和具有所述第二极性的值中的任一者，所述第三阈值被设定为具有所述第二极性的值，所述第四阈值被设定为0和具有所述第一极性的值中的任一者，

(v) 将所述休止缓和系数设定为包括用于校正所述第一累积评价值的第一休止缓和系数和用于校正所述第二累积评价值的第二休止缓和系数的系数,

(vi) 通过将所述第一累积评价值的过去值与所述评价值的当前值进行相加而计算所述第一累积评价值,所述第一累积评价值的所述过去值的绝对值随着在所述使用时段内的时间经过根据独立于所述第一休止缓和系数设定的第一缓和系数而减小,并且,所述当前值与在当前评价值具有所述第二极性并且所述当前评价值的绝对值大于所述第二阈值时的所述当前评价值的部分和全部中的任一者对应,

(vii) 通过将所述第二累积评价值的过去值与所述评价值的当前值进行相加而计算所述第二累积评价值,所述第二累积评价值的所述过去值的绝对值随着在所述使用时段内的时间经过根据独立于所述第二休止缓和系数设定的第二缓和系数而减小,并且,所述当前值与在当前评价值具有所述第二极性并且所述当前评价值的所述绝对值大于所述第三阈值时的所述当前评价值的部分和全部中的任一者对应,

(viii) 将包括具有所述第一极性的放电限制阈值和具有所述第二极性的充电限制阈值的值设定为所述限制阈值,

(ix) 在所述第一累积评价值具有所述第一极性的情况下,当所述第一累积评价值的所述绝对值大于所述放电限制阈值时,限制所述二次电池的放电电力,以及

(x) 在所述第二累积评价值具有所述第二极性的情况下,当所述第二累积评价值的所述绝对值大于所述充电限制阈值时,限制所述二次电池的充电电力。

9. 根据权利要求1所述的电池系统,

其特征在于所述电子控制单元被配置为:

(i) 基于在所述使用时段内所述二次电池的电流历史,计算所述劣化成分的评价值,

(ii) 当所述离子浓度的分布偏向于放电侧时,计算具有第一极性的值的值作为所述评价值,

(iii) 当所述离子浓度的分布偏向于充电侧时,计算具有与所述第一极性相反的第二极性的值作为所述评价值,

(iv) 分别计算第一累积评价值和第二累积评价值作为所述劣化指标值,所述第一累积评价值是通过累积超过预先设定的第一阈值和第二阈值中的任一者的所述评价值而获得的放电侧的值,所述第二累积评价值是通过累积超过预先设定的第三阈值和第四阈值中的任一者的所述评价值而获得的充电侧的值,所述第一阈值被设定为具有所述第一极性的值,所述第二阈值被设定为0和具有所述第二极性的值中的任一者,所述第三阈值被设定为具有所述第二极性的值,所述第四阈值被设定为0和具有所述第一极性的值中的任一者,

(v) 将所述休止缓和系数设定为包括用于校正所述第一累积评价值的第一休止缓和系数和用于校正所述第二累积评价值的第二休止缓和系数的系数,

(vi) 通过将所述第一累积评价值的过去值与所述评价值的当前值进行相加而计算所述第一累积评价值,所述第一累积评价值的所述过去值的绝对值随着在所述使用时段内的时间经过根据独立于所述第一休止缓和系数设定的第一缓和系数而减小,并且,所述当前值与在当前评价值具有所述第二极性并且所述当前评价值的绝对值大于所述第二阈值时的所述当前评价值的部分和全部中的任一者对应,

(vii) 通过将所述第二累积评价值的过去值与所述评价值的当前值进行相加而计算所

述第二累积评价值,所述第二累积评价值的所述过去值的绝对值随着在所述使用时段内的时间经过根据独立于所述第二休止缓和系数设定的第二缓和系数而减小,并且,所述当前值与在当前评价值具有所述第一极性并且所述当前评价值的绝对值大于所述第四阈值时的所述当前评价值的部分和全部中的任一者对应,

(viii) 将包括具有所述第一极性的放电限制阈值和具有所述第二极性的充电限制阈值的值设定为所述限制阈值,

(ix) 在所述第一累积评价值具有所述第一极性的情况下,当所述第一累积评价值的所述绝对值大于所述放电限制阈值时,限制所述二次电池的放电电力,以及

(x) 在所述第二累积评价值具有所述第二极性的情况下,当所述第二累积评价值的所述绝对值大于所述充电限制阈值时,限制所述二次电池的充电电力。

用于电动车辆的电池系统

技术领域

[0001] 本发明涉及用于电动车辆的电池系统,特别地,涉及用于车辆驱动电源的包括非水二次电池的电池系统。

背景技术

[0002] 以锂离子二次电池为代表的具有非水电解质的非水二次电池被用于诸如混合动力汽车、电动汽车或燃料电池汽车的电动车辆的车辆驱动电源(车载电源)。作为导致非水二次电池的电阻增大的一个因素,已知这样的现象:其中,高速充电或放电被连续进行,从而由于电解质中的盐浓度(离子浓度)的不均匀(偏斜(deviation))导致电阻增大,即所谓的高速劣化。

[0003] 国际公开No.2013/046263描述了通过累积由于基于当电池被充电/放电时的电流值历史计算出的电解质中的离子浓度偏斜而导致的劣化的评价价值(D(N))的阈值的超过量,并且随时间经过而校正离子浓度的偏斜的缓和,来确定累积评价价值($\Sigma \text{Dex}(\text{N})$)作为劣化指标值。然后,当劣化指标值超过阈值(正)时,进行控制以降低二次电池的放电电力上限。

[0004] 日本专利申请公开No.2014-3826(JP 2014-3826 A)描述了使用基于与W0 2013/046263中相同的评价价值的共同累积评价价值作为劣化指标值,如果该累积评价价值变得大于正阈值,则判定过放电并且限制放电电力,而如果该累积评价价值小于负阈值,则判定过充电并且限制充电电力。

[0005] W0 2013/046263和JP 2014-3826 A描述了在计算由于离子浓度偏斜而导致的劣化的评价价值(D(N))时,进行这样的计算:该计算反映在每个周期时间(Δt)随着离子扩散而导致的离子浓度的偏斜的减小。

[0006] 此外,W0 2013/046263描述了如果二次电池的充电/放电被休止(deactivate),则由于在休止之后重新开始的充电/放电而导致的电阻增加率的增大(即,高速劣化)受到抑制。由于此原因,W0 2013/046263描述了在每个周期时间执行将用作劣化指标值的累积评价价值乘以校正系数 a ($0 < a < 1$)的计算,从而考虑到高速劣化的缓和而校正累积评价价值(劣化指标值)。

[0007] 然而,在W0 2013/046263和JP 2014-3826 A中描述的技术中,在计算离子浓度偏斜的评价价值(D(N))和累积评价价值($\Sigma \text{Dex}(\text{N})$)时的每个周期时间(Δt),通过比较累积评价价值(劣化指标值)与阈值,判定是否需要限制放电电力或充电电力。因此,W0 2013/046263和JP 2014-3826 A主要涉及在二次电池(充电/放电)的使用期间(例如在车辆行驶期间)的充电/放电管理。

[0008] 近年来,能够通过车辆外部的电源(在下文中,简称为“外部电源”)对车载蓄电池装置充电的电动车辆被投入实际应用。在所谓的插电式混合动力汽车或电动汽车中,在运转停止期间,使用系统电源或专用充电桩,进行通过外部电源对车载二次电池的充电(在下文中,简称为“外部充电”)。

[0009] 在这种可外部充电的电动车辆中,从运转停止到下次运转开始的二次电池的使用

模式根据外部充电的有无而改变。具体地说,二次电池的充电/放电休止时段的长度根据外部充电的有无而改变。此外,即使在充电计划表被制定为使得通过所谓的计时器充电根据下一运转开始时刻而完成外部充电的情况下,也预测从运转停止到外部充电开始的二次电池的充电/放电休止时段的长度会根据情况而改变。

发明内容

[0010] 考虑到上述问题,在可外部充电的电动车辆中,为了适当地防止非水电解质二次电池的高速劣化,重要的是在反映二次电池的充电和放电休止时段内的高速劣化的缓和(即,离子浓度的偏斜的恢复)行为的同时计算用于充电和放电管理的劣化指标值。

[0011] 为了解决上述问题,完成了本发明,本发明提供一种用于电动车辆的电池系统,所述电池系统被配置为通过在电动车辆外部的电源对车载蓄电装置充电,其包括以下优点:在反映充电和放电休止时段内的离子浓度的偏斜的恢复行为的同时,适当地防止由于非水电解质二次电池的电解质中的离子浓度的偏斜而导致的高速劣化。

[0012] 根据本发明的一方面,提供一种用于电动车辆的电池系统,所述电动车辆中安装有被配置为产生所述电动车辆的制动力和驱动力中的任一者的电动机。所述电池系统包括二次电池、充电器和电子控制单元。所述二次电池包括非水电解质。所述二次电池被配置为通过将电力发送到所述电动机以及从所述电动机接收电力而产生所述电动车辆的制动力和所述电动车辆的驱动力中的任一者。所述充电器被配置为通过在所述电动车辆外部的电源而对所述二次电池充电。所述电子控制单元被配置为:(i)控制所述二次电池的充电和放电,(ii)基于在所述二次电池的使用时段内所述二次电池的电流历史而计算劣化指标值,所述劣化指标值是用于根据由所述二次电池的充电和放电所致的所述非水电解质中的离子浓度的偏斜而评价使所述二次电池的输入和输出性能降低的劣化成分的值,(iii)如果所述劣化指标值超过预定限制阈值,则限制所述二次电池的放电电力和充电电力中的任一者,(iv)根据在休止时段结束时的休止缓和系数,校正在所述休止时段结束时的所述劣化指标值,在所述休止时段期间,所述二次电池的充电和放电被休止,所述休止缓和系数是指示在所述休止时段内每当经过给定时间时的所述离子浓度的偏斜的缓和程度的系数,(v)至少基于所述休止时段的时间长度,可变地设定所述休止缓和系数,以及(vi)设定所述休止缓和系数,以使得当所述时间长度短时,所述给定时间的所述离子浓度的偏斜的缓和程度变得大于当所述时间长度长时的所述离子浓度的偏斜的缓和程度。

[0013] 根据上述用于电动车辆的电池系统,根据反映在二次电池的充电和放电休止时段内的高速劣化的恢复行为的校正,通过与在使用时段内的限制阈值的比较,可以适当地计算用于判定是否需要充电或放电限制的劣化评价价值。特别地,休止缓和系数被可变地设定,以使得当休止时段的时间长度短时,每当经过给定时间时的离子浓度的偏斜的缓和程度变大,从而可以通过校正处理,在劣化评价价值中适当地反映以下现象:其中,紧接在休止时段的开始之后,高速劣化的恢复率变得相对大。结果,因为在继休止时段结束之后,可以在二次电池的新使用时段内适当地设定劣化评价价值的初始值,所以可以避免充电和放电限制的过度限制以及充电和放电限制的开始的延迟,并且适当地防止高速劣化的发展。

[0014] 在所述电池系统中,所述电子控制单元可以被配置为:(i)基于所述时间长度和在所述休止时段内的所述二次电池的温度,可变地设定所述休止缓和系数,以及(ii)设定所

述休止缓和系数,以使得当所述温度高时,所述给定时间的所述离子浓度的偏斜的缓和程度变得大于当所述温度低时的所述离子浓度的偏斜的缓和程度。此外,所述电子控制单元可以被配置为设定休止缓和系数,以使得随着所述时间长度变长,差变小,所述差是由所述二次电池的温度差导致的所述休止缓和系数的设定值之间的差的值。

[0015] 根据上述电池系统的配置,可以反映依赖于电池温度的离子扩散速度的差异,以在劣化评价中反映在电池休止时段内的高速劣化的恢复行为。此外,如果经过足够长的时间,则可以在以下现象中反映劣化评价:在该现象中,无论电池温度如何,高速劣化的恢复量都收敛于恒定值。

[0016] 此外,在所述电池系统中,所述电子控制单元可以被配置为:(i)当指定在所述休止时段内所述充电器对所述二次电池的充电开始时刻的充电计划表被预先制定时,获取所述休止时段开始时的所述温度,以及(ii)进一步多次获取所述温度,直到根据所述充电计划表的所述充电开始时刻,以确定用于设定所述休止缓和系数的所述二次电池的温度。

[0017] 根据上述电池系统的配置,当应用其中休止时段的时间长度可被提前预测的计时器充电时,可以提高在休止时段内的电池温度的计算准确度,并且更适当地设定休止缓和系数。

[0018] 在所述电池系统中,所述电子控制单元可以被配置为:(i)基于在所述使用时段内所述二次电池的电流历史,计算所述劣化成分的评价值,(ii)当所述离子浓度的分布偏向于放电侧时,计算具有第一极性的值的值作为所述评价值,(iii)当所述离子浓度的分布偏向于充电侧时,计算具有与所述第一极性相反的第二极性的值作为所述评价值,(iv)分别计算第一累积评价值和第二累积评价值作为所述劣化指标值,所述第一累积评价值是通过累积超过预先设定的第一阈值和第二阈值中的任一者的所述评价值而获得的放电侧的值,所述第二累积评价值是通过累积超过预先设定的第三阈值和第四阈值中的任一者的所述评价值而获得的充电侧的值,所述第一阈值被设定为具有所述第一极性的值,所述第二阈值被设定为0和具有所述第二极性的值中的任一者,所述第三阈值被设定为具有所述第二极性的值,所述第四阈值被设定为0和具有所述第一极性的值中的任一者,(v)将所述休止缓和系数设定为包括用于校正所述第一累积评价值的第一休止缓和系数和用于校正所述第二累积评价值的第二休止缓和系数的系数,(vi)通过将所述第一累积评价值的过去值与所述评价值的当前值进行相加而计算所述第一累积评价值,所述第一累积评价值的所述过去值的绝对值随着在所述使用时段内的时间经过根据独立于所述第一休止缓和系数设定的第一缓和系数而减小,并且,所述当前值与在当前评价值具有所述第一极性并且所述当前评价值的绝对值大于所述第一阈值的任一者时或者在所述当前评价值具有所述第二极性并且所述当前评价值的所述绝对值大于所述第二阈值时的所述当前评价值的部分和全部中的任一者对应,(vii)通过将所述第二累积评价值的过去值与所述评价值的当前值进行相加而计算所述第二累积评价值,所述第二累积评价值的所述过去值的绝对值随着在所述使用时段内的时间经过根据独立于所述第二休止缓和系数设定的第二缓和系数而减小,并且,所述当前值与在当前评价值具有所述第二极性并且所述当前评价值的所述绝对值大于所述第三阈值的任一者时或者在所述当前评价值具有所述第一极性并且所述当前评价值的所述绝对值大于所述第四阈值时的所述当前评价值的部分和全部中的任一者对应,(viii)将包括具有所述第一极性的放电限制阈值和具有所述第二极性的充电限制阈值的

值设定作为所述限制阈值, (ix) 在所述第一累积评价值具有所述第一极性的情况下, 当所述第一累积评价值的所述绝对值大于所述放电限制阈值时, 限制所述二次电池的放电电力, 以及 (x) 在所述第二累积评价值具有所述第二极性的情况下, 当所述第二累积评价值的所述绝对值大于所述充电限制阈值时, 限制所述二次电池的充电电力。

[0019] 根据上述电池系统的配置, 当基于电解质中的离子浓度的偏斜的共同评价值而设定单独阈值且同时根据第一和第二缓和系数使绝对值随着时间的经过而减小时, 可以分别在放电侧累积第一累积评价值以用于放电限制管理以及在充电侧累积第二累积评价值以用于充电限制管理。对于第一和第二累积评价值, 独立于在使用时段内的第一和第二缓和系数而设定第一和第二休止缓和系数, 从而可以进行反映在二次电池的充电和放电休止时段内的高速劣化的恢复行为的校正。结果, 即使在被安装在包括用于外部充电的配置的电动车辆中并且包括被长时间连续充电的模式而被使用的非水电解质二次电池的电解质中的离子浓度的偏斜的恢复行为得到反映, 因此也可以在车辆行驶和外部充电期间在进一步处理充电和放电二者的同时适当地防止高速劣化。

[0020] 根据本发明的用于电动车辆的电池系统, 在被配置为通过在电动车辆外部的电源对车载蓄电装置充电的用于电动车辆的电池系统中, 可以适当地防止由于非水电解质二次电池的电解质中的离子浓度的偏斜导致的高速劣化, 同时反映出在充电和放电休止时段内的离子浓度的偏斜的恢复行为。

附图说明

[0021] 下面将参考附图描述本发明的示例性实施例的特征、优点以及技术和工业意义, 其中相同标号表示相同部件, 并且其中:

[0022] 图1是根据本发明第一实施例的用于电动车辆的电池系统的示意性配置图;

[0023] 图2是示出图1所示的电池单体的配置实例的截面图;

[0024] 图3是图1所示的电动车辆的状态转变图;

[0025] 图4是示例出根据第一实施例的电池系统中用于抑制高速劣化的电池使用期间的控制处理的流程图;

[0026] 图5是示例出图4中的累积评价值的计算处理的细节的流程图;

[0027] 图6是示例出根据第一实施例的电池系统中电池休止时段内的累积评价值的校正处理的流程图;

[0028] 图7是概念性地示出由高速劣化所致的电池休止时段内的电阻增加率的变化行为的图;

[0029] 图8是示例出电池系统中电池休止时段内的缓和系数的可变设定的概念图;

[0030] 图9是示例出根据本发明第二实施例的电池系统中用于抑制高速劣化的电池使用期间的控制处理的流程图;

[0031] 图10是示例出图9中的放电侧和充电侧的累积评价值的计算处理的细节的流程图;

[0032] 图11是示例出根据第二实施例的用于电动车辆的电池系统的电池休止时段内的累积评价值的校正处理的流程图;

[0033] 图12是示出根据第二实施例的用于电动车辆的电池系统中累积评价值的转变实

例的波形图；

[0034] 图13是示例出根据第二实施例的在使用安装在可外部充电的电动车辆中的非水二次电池的共同累积评价值而管理充电/放电的情况下的分析结果实例的概念图；

[0035] 图14是示例出根据第二实施例的用于电动车辆的电池系统中放电侧的累积评价值的计算中使用的阈值的设定方法的概念图；以及

[0036] 图15是示例出根据第二实施例的用于电动车辆的电池系统中充电侧的累积评价值的计算中使用的阈值的设定方法的概念图。

具体实施方式

[0037] 在下文中，将参考附图详细地描述本发明的实施例。在以下描述中，附图中的相同或相当的部分由相同参考标号表示，并且原则上将不重复对其的描述。

[0038] 图1是根据本发明第一实施例的用于电动车辆的电池系统的示意性配置图。

[0039] 参考图1，电动车辆100通过作为车辆驱动电源的车载二次电池而行驶。例如，电动车辆100由混合动力汽车或电动汽车构成。混合动力汽车是这样的车辆：除了电池之外，其还包括燃料电池、引擎等作为驱动动力源以使车辆行驶。电动汽车是仅包括电池作为车辆的驱动动力源的车辆。

[0040] 电动车辆100包括二次电池10、升压变换器22、逆变器23、电动发电机25、变速齿轮26、驱动轮27、充电器28和控制器30。

[0041] 二次电池10由电池组构成，该电池组具有相互串联电连接的多个电池单体11。每个电池单体11由以锂离子二次电池为代表的具有非水电解质的非水二次电池构成。多个电池单体11的一部分可以相互并联连接。

[0042] 电池单体11的正极由能够吸藏和放出离子（例如，锂离子）的材料形成。作为用于正极的材料，例如可以使用锂钴酸或锰酸锂。电池单体11的负极由能够吸藏和放出离子（例如，锂离子）的材料形成。作为用于负极的材料，例如可以使用碳。当对电池单体11充电时，正极向电解质中放出离子，并且负极吸藏电解质中的离子。当对电池单体11放电时，正极吸藏电解质中的离子，并且负极向电解质中放出离子。电池单体11被容纳在具有方形管形状（长方体形状）的电池壳中。

[0043] 图2是示出电池单体的配置实例的截面图。参考图2，电池单体11具有这样的结构：其中，在电池壳110的内部容纳由通过被电解质（非水电解质）中浸渍的隔板150而层叠的正极和负极的所谓的卷绕体构成的电极体120。通过盖体114封闭电池壳110的开口112。

[0044] 盖体114具有用于外部连接的正极端子138和负极端子148。其上端侧从盖体114的表面向外部伸出的正极端子138和负极端子148具有被连接到位于电池壳110内部的内部正极端子137和内部负极端子147的下端部。

[0045] 电极体120例如由通过狭长片状隔板150交替层叠正极片130和负极片140而构成。正极片130被构成为在狭长正极集电体132的表面上具有正极活性材料134。负极片140被构成为在狭长负极集电体142的表面上具有负极活性材料144。

[0046] 例如，通过从侧面对以管形状围绕在轴（未示出）周围的卷绕电极体施压，使由层叠体构成的电极体120成形为扁平形状。电极体120被布置在电池壳110的内部，以使得在图的左右边示出的开口端120a、120a面对电池壳110的侧壁116。

[0047] 通过诸如超声波焊接或电阻焊接的适当方法,分别将内部正极端子137和内部负极端子147接合到正极集电体132的正极活性材料非形成部136和负极集电体142的负极活性材料非形成部146。由此,电极体120的正极片130和负极片140被电连接到内部正极端子137和内部负极端子147。

[0048] 隔板150介于正极片130与负极片140之间,并且被布置为与设置在正极片130上的正极活性材料134以及设置在负极片140上的负极活性材料144接触。通过将电解质(非水电解质)浸渍到在隔板150中形成的空孔内,在正极与负极之间形成传导路径(导电路径)。

[0049] 隔板150的宽度大于正极活性材料134和负极活性材料144的层叠部的宽度并且小于电极体120的宽度。隔板150被设置为夹在正极活性材料134与负极活性材料144的层叠部之间,从而防止由正极集电体132与负极集电体142之间的接触而导致的内部短路。

[0050] 在具有扁平卷绕电极体的二次电池中,在充电期间和放电期间施加到卷绕电极体的压力局部地不同(例如,施加到卷绕电极体的侧面中央部的压力不同于施加到侧面端部的压力),由此可能发生电解质中的离子浓度的偏斜。由于此原因,与其中正极片和负极片被简单层叠的单体结构等相比,趋向于可能发生在WO 2013/046263或JP 2014-3826 A中描述的高速劣化。

[0051] 再次参考图1,二次电池10通过系统主继电器21a、21b而被连接到升压变换器22,并且升压变换器22升高二次电池10的输出电压。升压变换器22被连接到逆变器23,并且逆变器23将来自升压变换器22的DC电力变换为AC电力。

[0052] 电动发电机(三相AC电动机)25从逆变器23接收AC电力,并且产生动能以使车辆行驶。由电动发电机25产生的动能被传送到车轮。当使车辆减速时或者当使车辆停止时,电动发电机25将在车辆制动时产生的动能变换为电能。逆变器23将由电动发电机25产生的AC电力变换为DC电力。升压变换器22降低逆变器23的输出电压,并且然后向二次电池10供给该降低的电压。由此,再生电力可以被储存在二次电池10中。这样,电动发电机25被配置为根据将电力发送到二次电池10以及从二次电池10接收电力(即,二次电池10的充电/放电)而产生车辆的驱动力或制动力。

[0053] 升压变换器22可以被省略。此外,当使用DC电动机作为电动发电机25时,逆变器23可以被省略。

[0054] 在电动车辆100由其中除了电动发电机25的输出之外还安装有引擎(未示出)作为动力源的混合动力车辆构成的情况下,引擎的输出可以被用于驱动力以使车辆行驶。或者,可以安装有通过引擎输出而产生电力的电动发电机(未示出),并且可以通过引擎输出产生二次电池10的充电电力。

[0055] 在二次电池10中,设置电流传感器15、温度传感器16和电压传感器17。电流传感器15检测在二次电池10中流动的电流,并且将检测结果输出到控制器30。在以下描述中,对于电流传感器15所检测到的电流值 I ,放电电流被表示为正值,并且充电电流被表示为负值。温度传感器16检测二次电池10的温度,并且将检测结果输出到控制器30。可以适当地设定温度传感器16的数量。当使用多个温度传感器16时,可以使用多个温度传感器16所检测到的温度的平均值作为二次电池10的温度,或者可以使用特定温度传感器16所检测到的温度作为二次电池10的温度。在以下描述中,通过温度传感器16的输出所检测到二次电池10的温度被称为电池温度 T_b 。

[0056] 电压传感器17检测二次电池10的电压V,并且将检测结果输出到控制器30。在该实例中,尽管检测二次电池10的电压,但本发明并不限于此。例如,可以检测构成二次电池10的每个电池单体11的电压。此外,可以将构成二次电池10的多个电池单体11分成多个块,并且可以检测每个块的电压。每个块包括至少两个电池单体11。

[0057] 控制器30例如由电子控制单元(ECU)构成,并且控制系统主继电器21a、21b、升压变换器22和逆变器23的操作。控制器30具有存储各种信息的存储器31。存储器31还存储用于操作控制器30的程序。在该实例中,尽管将存储器31嵌入控制器30中,但存储器31可以被设置在控制器30的外部。此外,控制器30还具有检测当前日期和时间或者测量经过时间的计时单元32。

[0058] 如果车辆的点火开关从关断切换到接通,则控制器30将系统主继电器21a、21b从关断切换到接通或者操作升压变换器22和逆变器23。此外,如果点火开关从接通切换到关断,则控制器30将系统主继电器21a、21b从接通切换到关断或者停止升压变换器22或逆变器23的操作。

[0059] 充电器28向二次电池10提供来自外部电源40的电力。充电器28通过充电继电器29a、29b而被连接到二次电池10。当充电继电器29a、29b接通时,可以向二次电池10提供来自外部电源的电力。

[0060] 外部电源40是被设置在车辆外部的电源,并且作为外部电源40,例如可以应用商用AC电源。外部电源40和充电器28例如可以通过充电电缆45连接。即,当安装充电电缆45时,外部电源40和充电器28被相互电连接,从而使二次电池10进入可外部充电状态。

[0061] 或者,电动车辆100可以被配置为以使得电力以非接触方式在外部电源40与充电器28之间传送。例如,通过外部电源侧的电力发送线圈(未示出)和车辆侧的电力接收线圈(未示出)传送电力,从而可以通过外部电源40对二次电池10充电。

[0062] 这样,在从外部电源40提供AC电力的情况下,充电器28被配置为具有将来自外部电源40的供给电力(AC电力)变换为二次电池10的充电电力(DC电力)的功能。或者,在外部电源40直接提供二次电池10的充电电力的情况下,充电器28可以仅向二次电池10提供来自外部电源40的DC电力。如上所述,在该实施例中,尽管电动车辆100被配置为使得二次电池10可外部充电,但不特别限制外部充电的模式。

[0063] 图3是图1所示的电动车辆100的状态转变图。参考图3,在电动车辆100中,由于在运转停止状态下系统主继电器21a、21b和充电继电器29a、29b都被关断,所以二次电池10未被充电或放电。即,电动车辆100处于运转停止状态的时段与二次电池10的“休止时段”对应。在以下描述中,二次电池10的休止时段被简称为“电池休止时段”。

[0064] 如果点火开关从运转停止状态被接通(IG接通),则系统主继电器21a、21b接通,从而电动车辆100转变为使用二次电池10的电力的车辆运转状态,即,可行驶状态。

[0065] 在车辆运转状态下,根据二次电池10的充电/放电而控制电动发电机25的输出,以使得根据驾驶者对加速踏板或制动踏板的操作而产生车辆的驱动力或制动力。即,在车辆运转状态(IG接通状态)下,根据电动车辆100的行驶情况而对二次电池10充电或放电。

[0066] 在车辆运转状态(IG接通状态)下,如果点火开关被关断(IG关断),则系统主继电器21a、21b被关断,从而电动车辆100转变为运转停止状态。

[0067] 在运转停止状态下,如果充电继电器29a、29b被接通并且开始通过外部电源40对

二次电池10进行外部充电,则电动车辆100转变为外部充电状态。例如,在可以通过充电电缆45等进行从外部电源40向电动车辆100电力供给的状态下,通过用户的充电开始操作或者根据时间计划表到达充电开始时刻作为触发器,开始外部充电。

[0068] 在根据时间计划表的外部充电(在下文中,称为“计时器充电”)中,预先制定充电计划表,以使得通过使用用户输入、过去成绩(achievement)学习等的手动设定,使充电在充电结束时刻自动结束。然后,即使通过安装充电电缆45等而使二次电池10进入可外部充电状态,也会在直到充电开始时刻到来为止的时段内,通过关断充电继电器29a、29b而使二次电池10的外部充电的开始处于待命状态。

[0069] 在外部充电状态下,如果二次电池10的充电状态(SOC)达到阈值(例如,完全充电状态),则外部充电结束并且充电继电器29a、29b被关断,从而电动车辆100返回到运转停止状态。或者,即使在通过用户的操作而结束外部充电的情况下,也会通过关断充电继电器29a、29b,电动车辆100从外部充电状态转变为运转停止状态。

[0070] 这样,在车辆运转状态和外部充电状态下,由于系统主继电器21a、21b或充电继电器29a、29b被接通,所以使二次电池10进入可充电或可放电状态。即,电动车辆100处于车辆运转状态或外部充电状态所在的时段与二次电池10的“使用时段”对应。在以下描述中,二次电池10的使用时段被简称为“电池使用时段”。

[0071] 在可外部充电的电动车辆100中,应理解,在通过IG关断而使车辆进入运转停止状态之后直到通过下一个IG接通而开始车辆运转为止的二次电池10的使用模式根据外部充电的有无而改变。即,电池休止时段的时间长度根据外部充电的有无而改变。或者,在通过计时器充电而进行外部充电的情况下,从IG关断到外部充电开始的二次电池10的休止时段的长度随着IG关断时的SOC等的状况而改变。

[0072] 因此,在可外部充电的电动车辆中,为了抑制非水电解质二次电池的高速劣化,仅有在W0 2013/046263和JP 2014-3826 A中描述的二次电池10的使用时段内的劣化指标值的管理并不足够,重要的是在电池休止时段结束时的劣化指标值(即,在使用重新开始时的劣化指标值的初始值)中反映在电池休止时段内的离子浓度的偏斜的恢复行为。

[0073] 具体地,如果在电池休止时段内的离子浓度的偏斜的恢复量(缓和量)被评价为过小,则在电池使用时段内,有这样的担心:充电/放电限制被过度施加,并且二次电池10的输出被超出必要地限制。如果在电池休止时段内的离子浓度的偏斜的缓和量被评价为过大,则在使用时段内,有这样的担心:充电/放电限制的开始被延迟,并且由于二次电池10的高速劣化发展而导致内部电阻增大。

[0074] 由于此原因,在根据本发明第一实施例的电池系统中,如下所述,在电池使用时段和电池休止时段内的高速劣化被管理和控制(高速劣化的管理)。图4是示例出根据第一实施例的用于在电池系统中抑制高速劣化的控制处理的流程图。在电池使用时段内,控制器30重复地执行图4所示的控制处理。

[0075] 参考图4,在步骤S100中,控制器30读取电流传感器15、温度传感器16和电压传感器17的输出值。由此,检测出二次电池10的电流、电压和温度。

[0076] 在步骤S110中,控制器30基于在步骤S100中获得的电流值,计算(推定)二次电池10的SOC。SOC由二次电池10的当前充电容量与满充电容量的比率(百分比)定义。SOC的计算方法可以选择性地采用已知方法,例如使用电流值累积(库仑计数)的方法或者使用开路电

压 (OCV) 的推定的方法。

[0077] 随后,在步骤S120中,控制器30计算用于评价高速劣化的评价值D(N)。如在W0 2013/046263和JP 2014-3826 A中所示,评价值D(N)是用于评价随着由充电/放电导致的非水电解质中的离子浓度的偏斜而使二次电池10的输入/输出性能降低的劣化成分的定量值。如在W0 2013/046263和JP 2014-3826 A中,可以通过下面描述的表达式(1)计算评价值D(N)。

[0078] $D(N) = D(N-1) - D(-) + D(+)$... (1)

[0079] 在表达式(1)中,相对于当前(第N个)控制周期(N:等于或大于2的自然数)中的评价值D(N),前一个周期中的评价值被表示为D(N-1)。在初始状态下,即,在离子浓度没有偏斜的状态下,D(N)=0。在以下描述中,与从第(N-1)个周期到第N个周期的经过时间对应的周期时间被表示为 Δt 。

[0080] 因为在对二次电池10充电或放电期间的电池使用时段内执行图4的控制处理,所以周期时间 Δt 变成 10^{-1} 至 10^0 (秒)数量级的值。

[0081] 在表达式(1)中,由下面描述的表达式(2)和(3)指示D(-)和D(+)

[0082] $D(-) = A \times \Delta t \times D(N-1)$... (2)

[0083] $D(+)=B/C \times I \times \Delta t$... (3)

[0084] 在表达式(2)中,A指示遗忘系数,且离子扩散速度越高,遗忘系数A越大。因此,如在W0 2013/046263和JP 2014-3826 A中所示,可以基于二次电池10的SOC和温度而设定遗忘系数A。A被设定在 $0 < A \times \Delta t < 1$ 的范围内。

[0085] 在表达式(3)中,B指示电流系数,且C指示限制值。可以基于二次电池10的温度和SOC而设定电流系数B和限制值C,如在W0 2013/046263和JP 2014-3826 A中所述。对于电流值I,可以使用在步骤S100的处理中所检测到的值。

[0086] 从表达式(3)将理解,在满足 $I > 0$ 的放电期间,当 $|I|$ 大时或者当周期时间 Δt 长时,评价值D(N)向正方向改变。相反,在满足 $I < 0$ 的充电期间,当 $|I|$ 大时或者当周期时间 Δt 长时,评价值D(N)向负方向改变。这样,“+D(+)”项指示根据放电或电流,离子浓度的偏斜增大。

[0087] D(-)指示根据周期时间 Δt 的离子扩散,离子浓度的偏斜的减小(恢复)量。即,D(-)的极性与D(N-1)的极性相同,并且“-D(-)”是使D(N)朝向0改变的项。在表达式(2)中,当 $(A \times \Delta t)$ 接近1时,即,当系数A大时或者当周期时间 Δt 长时,评价值D(N)改变以便迅速变得接近0。

[0088] 因此,对于评价值D(N), $D(N) > 0$ 指示离子浓度向放电方向偏斜,并且 $D(N) < 0$ 指示离子浓度向充电方向偏斜。

[0089] 确认性地这样描述:如果由持续周期时间的充电或放电电流所致的离子浓度的偏斜的增大量以及由离子扩散所致的偏斜的减小(恢复)量被定量地计算,则评价值D(N)的计算并不限于上述方法。

[0090] 此外,在步骤S200中,控制器30基于在步骤S120中确定的评价值D(N)而计算累积评价值 $\Sigma Dex(N)$ 。

[0091] 图5是示出图4的步骤S200中的控制处理,即,累积评价值的计算处理的细节的流程图。

[0092] 参考图5,在步骤S210中,如在W0 2013/046263中,控制器30设定用于反映随着时间推移的高速劣化的缓和的校正系数a。该缓和系数a被设定在 $0 < a < 1.0$ 的范围内。

[0093] 控制器30执行用于累积评价值 $\Sigma Dex1(N)$ 的累积处理的步骤S220。步骤S220具有步骤S222至S224。

[0094] 在步骤S222中,控制器30将评价值D(N)与阈值Dtr+、Dtr-比较。阈值Dtr+被设定为正值($Dtr+ > 0$),并且阈值Dtr-被设定为负值($Dtr- < 0$)。

[0095] 当 $Dtr- < D(N) < Dtr+$ 时,即,当评价值D(N)超过阈值Dtr+、Dtr-时(当S222的判定结果为“是”时),控制器30将处理前进到步骤S223,并且根据下面描述的表达式(4)计算当前控制周期中的累积评价值 $\Sigma Dex(N)$ 。

[0096] $\Sigma Dex(N) = a \times \Sigma Dex(N-1) \cdots (4)$

[0097] 在步骤S223中,评价值D(N)不被累积,并且根据缓和系数a,在累积评价值中反映高速劣化的缓和。即,更新累积评价值 $\Sigma Dex(N)$,以使得在维持极性的同时,绝对值减小。

[0098] 相反,当 $D(N) < Dtr-$ 或 $D(N) > Dtr+$ 时,即,当在 $D(N) > 0$ 的情况下 $|D(N)| > |Dtr+|$ 时或者当在 $D(N) < 0$ 的情况下 $|D(N)| > |Dtr-|$ 时(当S222的判定结果为“否”时),因为评价值D(N)超过阈值Dtr+或Dtr-,所以控制器30将处理前进到步骤S224。

[0099] 在步骤S224中,根据下面描述的表达式(5)而计算当前控制周期中的累积评价值 $\Sigma Dex(N)$ 。

[0100] $\Sigma Dex(N) = D(N) + a \times \Sigma Dex(N-1) \cdots (5)$

[0101] 在表达式(5)中,超过阈值Dtr+或Dtr-的评价值D(N)被加到表达式(4)。在表达式(5)中,对于评价值D(N),可以加上部分值,例如仅相对于阈值Dtr+或Dtr-的超过量($D(N) - Dtr+$ 或 $D(N) - Dtr-$)的值。

[0102] 这样,通过将过去的 $\Sigma Dex(N-1)$ (其绝对值通过缓和系数a而减小)的绝对值的值与在当前评价值D(N)超过阈值Dtr+、Dtr-时的D(N)的部分或全部对应的值相加,计算 $\Sigma Dex(N)$ 。即,与在W0 2013/046263中同样地,通过缓和系数a反映高速劣化随着时间的缓和,从而可以防止因为累积评价值 $\Sigma Dex(N)$ 相对于实际的离子浓度的偏斜过大而使放电限制变得过度。

[0103] 再次参考图4,在步骤S200中,执行图5所示的控制处理,由此计算累积评价值 $\Sigma Dex(N)$ 。在步骤S400中,控制器30使用累积评价值 $\Sigma Dex(N)$,设定二次电池10的放电电力上限值Wout和充电电力上限值Win。步骤S400具有用于放电限制的步骤S410至S430以及用于充电限制的步骤S440至S460。

[0104] 来自二次电池10的输入/输出电力Pb($Pb = V \times I$) 在放电期间由 $Pb > 0$ 指示,并且在充电期间由 $Pb < 0$ 指示。放电电力上限值Wout被设定在 $Wout \geq 0$ 的范围内,并且当 $Wout = 0$ 时,禁止从二次电池10放电。充电电力上限值Win被设定在 $Win \leq 0$ 的范围内,并且当 $Win = 0$ 时,禁止向二次电池10充电。也就是,电动发电机25的输出被限制在其中维持 $Win \leq Pb \leq Wout$ 的范围内。

[0105] 在步骤S410中,控制器30将累积评价值 $\Sigma Dex(N)$ 与预先确定的放电限制阈值K1($K1 > 0$)比较。然后,当 $\Sigma Dex(N) \leq K1$ 时,即,当累积评价值 $\Sigma Dex(N)$ 未达到放电限制阈值K1时(当S410的判定结果为“否”时),控制器30将处理前进到步骤S430,并且设定放电电力上限值 $Wout = W0$ ($W0 > 0$)。W0是默认值,并且例如与二次电池10的额定输出电力对应。可以根据

二次电池10的温度或SOC,可变地设定W0。

[0106] 相反,当 $\Sigma \text{Dex}1(N) > K1$ 时,即,当在 $\Sigma \text{Dex}(N)$ 为正值的情况下 $|\Sigma \text{Dex}(N)| > |K1|$ 时(当S410的判定结果为“是”时),因为累积评价值 $\Sigma \text{Dex}(N)$ 超过放电限制阈值K1,所以控制器30将处理前进到步骤S420。

[0107] 在步骤S420中,设定放电电力上限值 $W_{out} = W1$ ($W1 < W0$)。放电电力上限值 W_{out} 被设定为小于在步骤S430中的放电电力上限值,由此限制从二次电池10放电。

[0108] 同样,在步骤S440中,控制器30将累积评价值 $\Sigma \text{Dex}(N)$ 与预先确定的充电限制阈值K2 ($K2 < 0$)比较。然后,当 $\Sigma \text{Dex}(N) \geq K2$ 时,即,当累积评价值 $\Sigma \text{Dex}(N)$ 未达到充电限制阈值K2时(当S440的判定结果为“否”时),控制器30将处理前进到步骤S460,并且设定充电电力上限值 $W_{in} = W2$ ($W2 < 0$)。W2是默认值,并且例如与二次电池10的额定充电电力对应。可以根据二次电池10的温度或SOC,可变地设定W2。

[0109] 相反,当 $\Sigma \text{Dex}(N) < K2$ 时,即,当在 $\Sigma \text{Dex}(N)$ 为负值的情况下 $|\Sigma \text{Dex}(N)| > |K2|$ 时(当S440的判定结果为“是”时),因为累积评价值 $\Sigma \text{Dex}(N)$ 超过放电限制阈值K2,所以控制器30将处理前进到步骤S450。

[0110] 在步骤S450中,设定放电电力上限值 $W_{in} = W3$ ($W3 > W2$)。放电电力上限值 W_{in} 被设定为大于在步骤S430中的放电电力上限值(即,绝对值较小),限制向二次电池10充电。

[0111] 这样,放电限制阈值K1和充电限制阈值K2与“限制阈值”对应。这样,在第一实施例中,使用与放电限制阈值K1和充电限制阈值K2比较的累积评价值 $\Sigma \text{Dex}(N)$ 作为“劣化指标值”,以评价由于高速劣化而使二次电池10的输入/输出性能降低的劣化成分。

[0112] 接下来,图6是示出根据第一实施例的用于电动车辆的电池系统中电池休止时段内的累积评价值(劣化指标值)的计算处理的细节的流程图。由控制器30执行图6所示的控制处理。

[0113] 参考图6,在步骤S500中,控制器30判定电池休止时段是否开始。在图3所示的状态转变图中,当车辆通过IG关断而从车辆运转状态转变为运转停止状态时,以及当在外部充电状态下充电结束而且车辆返回到运转停止状态时,检测到电池休止时段的开始,并且步骤S500的判定结果为“是”。在其它时间,步骤S500的判定结果为“否”,并且步骤S510之后的处理不被起动。

[0114] 这样,控制器30在电池休止时段的开始时间起动步骤S510之后的处理,由此执行电池休止时段内的累积评价值(劣化指标值)的校正处理。

[0115] 如果电池休止时段开始(当S500的判定结果为“是”时),则在步骤S510中,控制器30通过计时单元32的计时功能而获取休止开始时刻R1。此外,在步骤S520中,控制器30存储在当前时间的累积评价值 $\Sigma \text{Dex}(N)$ 作为电池休止时段中的累积评价值的初始值 ΣDr 。

[0116] 此外,在步骤S530中,控制器30获取电池休止时段的开始时的电池温度Tb。

[0117] 在步骤S540中,控制器30判定电池休止时段是否结束。在图3所示的状态转变图中,当车辆通过IG接通而从运转停止状态转变为车辆运转状态时,以及当外部充电开始而且车辆从运转停止状态转变为外部充电状态时,检测到电池休止时段的结束,并且步骤S500的判定结果为“是”。在其它时间,步骤S540的判定结果为“否”,并且步骤S550之后的处理不被执行。

[0118] 在电池休止时段中,如上所述,至少在电池休止时段的开始时执行步骤S530。此

外,当步骤S540的判定结果为“否”时,可以随着时间的经过反复执行步骤S530的处理,从而在电池休止时段中多次获取电池温度 T_b 。

[0119] 特别地,对于当指示计时器充电时的外部充电的待机时间,可以预测电池休止时段的结束时机(timing)。因此,可以在电池休止时段的开始时预先制定步骤S530的执行时机,即,多次获取电池温度 T_b 的时机。

[0120] 如果电池休止时段结束(当S540的判定结果为“是”时),则在步骤S550中,控制器30通过计时单元32的计时功能而获取休止结束时刻 R_2 。此外,在步骤S555中,控制器30获取电池休止时段的结束时的电池温度 T_b 。

[0121] 控制器30将处理前进到步骤S560,并且根据休止结束时刻 R_2 与休止开始时刻 R_1 之间的差,计算电池休止时段的时间长度 RT (在下文中,简称为“休止时间长度 RT ”)。

[0122] 此外,在步骤S570中,控制器30计算电池休止时段中的电池平均温度 T_{br} 。可以至少使用在电池休止时段的开始时(S530)和结束时(S555)获取的电池温度 T_b ,计算电池平均温度 T_{br} 。或者,在诸如在计时器充电待机期间的电池休止时段中多次获取电池温度 T_b 的情况下,进一步使用电池温度 T_b ,由此可以提高电池平均温度 T_{br} 的计算准确度,即,缓和系数 a_r 的设定准确性。

[0123] 此外,在步骤S580中,控制器30设定电池休止时段中的缓和系数 a_r 。在此,独立于用于计算电池使用时段中的累积评价值 $\Sigma Dex(N)$ 的缓和系数 a (表达式(5))地设定缓和系数 a_r 。然后,至少根据休止时间长度 RT ,优选地根据休止时间长度 RT 和电池平均温度 T_{br} ,可变地设定缓和系数 a_r 。

[0124] 图7是在概念上示出由于高速劣化而导致的电池休止时段内的电阻增加率的变化行为的图。图7的纵轴上的电阻增加率是关于二次电池10的内部电阻值而由通过将当前电阻值除以当未发生离子浓度的偏斜(高速劣化)时的电阻值而获得的值的比率定义的。即,在图7中,示出其中电阻增加率 >1 的区域。

[0125] 参考图7,对于由于二次电池10的电池休止时段内的高速劣化而导致的电阻增加率,特性线500指示二次电池10的常温时的转变,并且特性线510指示二次电池10的低温时的转变。图7以曲线示出与通过发明人对实际实验结果的分析而获得的电池休止时段内的电阻增加率的减小行为(即,高速劣化的恢复行为)有关的知识。

[0126] 从图7将理解,在电池休止时段内,由于高速劣化而导致的二次电池10的电阻增加率随着时间经过而逐渐降低。然而,获得以下知识:在电池休止时段的开始之后电阻增加率立即迅速降低,并且随着时间的经过,该降低变得平缓(gradual)。

[0127] 此外,电阻增加率的降低行为还依赖于电池温度 T_b 。具体地说,与常温相比,在低温时电阻增加率的降低为平缓的。如果经过足够长的时间,则无论电池温度 T_b 如何,电阻增加率的降低量(从电池休止时段的开始起)都相同。这些现象被推定为指示以下特性:其中,在电池休止时段中,离子扩散速度随着经过时间和电池温度而改变。

[0128] 如果在W0 2013/046263中描述的累积评价值 $\Sigma Dex(N)$ 仅扩展到电池休止时段,则根据指数函数 a^x (在以下描述中,表示为“ a^x ”)而推定电阻增加率的变化(降低),该指数函数 a^x 以经过时间 x 作为变量,并且以具有恒定值的缓和系数 a ($0 < a < 1.0$)作为底。然而,如果缓和系数为恒定值,则担心不能充分地反映以下特性:其中,电阻增加率的降低程度随着时间的经过而改变。

[0129] 在图7中,当通过缓和系数(底)具有恒定值的指数函数计算电阻增加率的转变时的特性线520和525进一步由虚线表示。特性线520指示当缓和系数 a 被确定为与时刻 T_x 时的电阻增加率一致时的电阻增加率的转变,该时刻 T_x 与当电池休止时段长时对应。特性线525指示当缓和系数 a 被确定为与时刻 T_y 时的电阻增加率一致时的电阻增加率的转变,该时刻 T_y 与当电池休止时段短时对应。

[0130] 从实际特性线500、510与通过指数函数计算出的特性线520、525的比较将理解,在缓和系数(底)恒定的推定中,难以在与当电池休止时段的时间长度短时以及当电池休止时段的时间长度长时对应的累积评价值 $\Sigma Dex(N)$ 中适当地反映高速劣化的恢复行为。

[0131] 因此,在根据第一实施例的用于电动车辆的电池系统中,如图8所示,为了适当地反映电池休止时段内的离子扩散速度的特性(图7),独立于电池使用时段内的缓和系数 a ,至少基于休止时间长度 RT 而可变地设定电池休止时段内的缓和系数(ar)。

[0132] 参考图8,与在休止时间长度 RT 长的情况下相比,在休止时间长度 RT 短的情况下,电池休止时段内的缓和系数 ar ($0 < ar < 1.0$) 被设定为较小值。缓和系数 ar 可以被设定为随着休止时间长度 RT 的增大而连续或以阶梯方式增大。

[0133] 此外,针对电池平均温度 T_{br} ,与在电池平均温度 T_{br} 低的情况下相比,在电池平均温度 T_{br} 较高的情况下,缓和系数 ar 被设定为较小值。即,对于相同的休止时间长短 RT ,缓和系数 ar 可以被设定为随着电池平均温度 T_{br} 降低而连续或以阶梯方式增大。

[0134] 当休止时间长度 RT 较长时,针对电池温度差的缓和系数 ar 的差被设定为较小。然后,如果休止时间长度 RT 变得足够长,则无论电池平均温度 T_{br} 如何,都优选地设定缓和系数 ar 以使其变成恒定值。这反映出在图7中,如果休止时间变得足够长,则电阻增加率在常温时(特性线500)与在低温时(特性线510)之间基本上具有相同值。

[0135] 例如,预先创建根据图8所示的特性的图,从而在步骤S580中设定缓和系数 ar 。

[0136] 再次参考图6,在步骤S590中,控制器30使用初始值 ΣDr (其是在步骤S520中在电池休止时段开始时的累积评价值 $\Sigma Dex(N)$)、缓和系数 ar (S580)和基于休止时间长度 RT 的参数 Prt ,根据下面描述的表达式(6)的指数函数,执行累积评价值 $\Sigma Dex(N)$ 的校正处理。

[0137] $\Sigma Dex(N) = \Sigma Dr \times ar^{Prt} \cdots (6)$

[0138] 在表达式(6)中, Prt 是指示休止时段长度的参数,其由 $Prt = RT / \Delta t$ 指示。在计算 Prt 时,除了共同使用在图4中描述的周期时间 Δt 之外,可以独立于周期时间 Δt 而设定 ΔT (例如, ΔT 为约一小时),并且可以确定 $Prt = RT / \Delta T$ 。可以根据图7的特性,考虑到 Δt 或 ΔT 而将缓和系数 ar 预先设定为与电阻增加率的随着时间经过的降低率一致。这样,缓和系数 ar 指示在电池休止时段内每当经过给定时间时的电阻增加率的降低率(即,离子浓度的偏斜的缓和程度),并且与“休止缓和系数”对应。

[0139] 可以通过表达式(6)校正累积评价值 $\Sigma Dex(N)$,从而在图7所示的电池休止时段内通过以 Prt 作为变量的指数函数,在初始值 ΣDr 和底 ar ($0 < ar < 1.0$) 中反映电阻增加率的降低(即,高速劣化的恢复)。从表达式(6)将理解,当缓和系数 ar ($0 < ar < 1.0$) 被设定为较小值时,高速劣化的恢复率,即,离子浓度的偏斜的缓和程度变得较大。

[0140] 使用在步骤S590中计算出的校正处理之后的累积评价值 $\Sigma Dex(N)$ 作为电池休止时段结束时开始的新电池使用时段内的累积评价值 $\Sigma Dex(N)$ 的初始值。然后,在该电池使用时段内,为了抑制电池使用时段(车辆运转状态或外部充电状态)内的高速劣化,根据图4

和5所示的处理,连续执行基于累积评价值 $\Sigma Dex(N)$ 的充电/放电管理。

[0141] 这样,根据按照第一实施例的用于电动车辆的电池系统,可以根据反映电池休止时段内的高速劣化的恢复行为的校正处理,适当地计算累积评价值 $\Sigma Dex(N)$ 作为“劣化评价值”。因此,在电池使用时段内,可以避免充电/放电限制的过度限制以及充电/放电限制的开始的延迟,并且可以适当地防止高速劣化的发展。

[0142] 特别地,可变地设定缓和系数 a_r ,以使得当电池休止时段的时间长度短时缓和系数 a_r 变小,由此可以通过校正处理,在劣化评价值(累积评价值 $\Sigma Dex(N)$)中适当地反映以下现象(图7):其中,在电池休止时段的开始之后,电阻增加率的降低率立即变得相对大。

[0143] 缓和系数 a_r 被可变地设定为进一步反映电池休止时段内的电池温度,由此可以在累积评价值 $\Sigma Dex(N)$ 中反映依赖于电池温度的离子扩散速度的差,从而反映电池休止时段内的高速劣化的恢复行为。此外,如果经过足够长的时间,则可以在以下现象中反映劣化评价值:在该现象中,无论电池温度 T_b 如何,高速劣化的恢复量都收敛于恒定值。

[0144] 接下来,将描述本发明的第二实施例。如图3所示,在可外部充电的电动车辆中,电池使用时段包括其中二次电池10的充电/放电模式不同的车辆运转状态和外部充电状态二者。具体地说,在车辆运转状态下,根据电动发电机25的驱动力和制动力,间歇地发生二次电池10的放电和充电。在外部充电状态下,以比较大的电流连续对二次电池10充电。

[0145] 因此,如在JP 2014-3826 A中,如果使用单一累积评价值(劣化指标值)进行关于过度放电和过度充电二者的判定,则有这样的担心:不可能适当地实现用于防止高速劣化的充电/放电限制。例如,如果在车辆运转期间,与高速劣化的防止对应地调整用于确定累积评价值 $\Sigma Dex(N)$ 的阈值 D_{tr+} 和 D_{tr-} 或缓和系数 a ,则有这样的担心:即使在外部充电状态下,也不可能实现对正被使用的二次电池的适当充电/放电限制。

[0146] 因此,在第二实施例中,将描述这样的实例:在该实例中,分别计算用于过度放电管理的累积评价值 $\Sigma Dex1(N)$ 和用于过度充电管理的累积评价值 $\Sigma Dex2(N)$ 作为高速劣化的“劣化评价值”。在以下描述中,用于管理过度放电的累积评价值($\Sigma Dex1(N)$)被简称为“放电侧的累积评价值”,并且用于管理过度充电的累积评价值($\Sigma Dex2(N)$)被简称为“充电侧的累积评价值”。

[0147] 图9是示例出根据第二实施例的电池系统中用于抑制高速劣化的电池使用时段内的控制处理的流程图。

[0148] 将图9与图4比较,在第二实施例中,执行步骤S200#和S400#来代替图4的步骤S200和S400。图9的其它步骤的处理与图4的处理相同,因此将不会重复对其的详细描述。

[0149] 在步骤S200#中,控制器30基于在步骤S120中确定的评价值 $D(N)$,分别计算放电侧的累积评价值 $\Sigma Dex1(N)$ 和充电侧的累积评价值 $\Sigma Dex2(N)$ 。

[0150] 图10是示出图9的步骤S200#的控制处理,即,放电侧和充电侧的累积评价值的计算处理的细节的流程图。

[0151] 将图10与图5比较,在第二实施例中,执行步骤S210#来代替图5的步骤S210。此外,执行步骤S220a和S220b来代替图5的S220。

[0152] 在步骤S210#中,控制器30分别设定用于放电侧的累积评价值 $\Sigma Dex1(N)$ 的计算表达式中的缓和系数 a_1 和用于充电侧的累积评价值 $\Sigma Dex2(N)$ 的计算表达式中的缓和系数 a_2 。类似于第一实施例中的校正系数 a ,缓和系数 a_1 、 a_2 被设定在 $0 < a_1 < 1.0$ 和 $0 < a_2 < 1.0$ 的范

围内,以便计算每当经过周期时间 Δt 时的高速劣化的缓和程度。缓和系数 a_1 与“第一缓和系数”对应,并且缓和系数 a_2 与“第二缓和系数”对应。

[0153] 步骤S220a包括用于计算放电侧的累积评价价值 $\Sigma \text{Dex1}(N)$ 的步骤S222a至S224a。

[0154] 在步骤S222a中,控制器30将评价价值 $D(N)$ 与用于计算放电侧的累积评价价值的阈值 Dtr1+ 、 Dtr1- 比较。阈值 Dtr1+ 被设定为正值 ($\text{Dtr1+} > 0$), 并且阈值 Dtr1- 被设定为负值或0 ($\text{Dtr1-} \leq 0$)。即,阈值 Dtr1+ 与“第一阈值”对应,并且阈值 Dtr1- 与“第二阈值”对应。

[0155] 当 $\text{Dtr1-} < D(N) < \text{Dtr1+}$ 时,即,当评价价值 $D(N)$ 未超过阈值 Dtr1+ 、 Dtr1- 时(当S222a的判定结果为“是”时),控制器30将处理前进到步骤S223b,并且根据下面描述的表达式(7) 计算当前控制周期中的累积评价价值 $\Sigma \text{Dex1}(N)$ 。

[0156] $\Sigma \text{Dex1}(N) = a_1 \times \Sigma \text{Dex1}(N-1) \cdots (7)$

[0157] 在步骤S223a中,评价价值 $D(N)$ 不被累积,并且根据缓和系数 a_1 ,在累积评价价值中反映高速劣化的缓和。即,当维持极性时,将累积评价价值 $\Sigma \text{Dex1}(N)$ 更新为使其绝对值减小。

[0158] 相反,当 $D(N) < \text{Dtr1-}$ 或 $D(N) > \text{Dtr1+}$ 时,即,当在 $D(N) > 0$ 的情况下 $|D(N)| > |\text{Dtr1+}|$ 时或者当在 $D(N) < 0$ 的情况下 $|D(N)| > |\text{Dtr1-}|$ 时(当S222a的判定结果为“否”时),因为评价价值 $D(N)$ 超过阈值 Dtr1+ 、 Dtr1- ,所以控制器30将处理前进到步骤S224a。

[0159] 在步骤S224a中,根据下面描述的表达式(8) 计算当前控制周期中的累积评价价值 $\Sigma \text{Dex1}(N)$ 。

[0160] $\Sigma \text{Dex1}(N) = D(N) + a_1 \times \Sigma \text{Dex1}(N-1) \cdots (8)$

[0161] 在表达式(8)中,超过阈值 Dtr1+ 或 Dtr1- 的评价价值 $D(N)$ 被加到表达式(7)。在表达式(8)中,对于评价价值 $D(N)$,可以加上部分值,例如仅相对于阈值 Dtr1+ 或 Dtr1- 的超过量 ($D(N) - \text{Dtr1+}$ 或 $D(N) - \text{Dtr1-}$) 的值。

[0162] 同样,步骤S220b包括用于计算充电侧的累积评价价值 $\Sigma \text{Dex2}(N)$ 的步骤S222b至S224b。

[0163] 在步骤S222b中,控制器30将评价价值 $D(N)$ 与用于计算充电侧的累积评价价值的阈值 Dtr2+ 、 Dtr2- 比较。阈值 Dtr2- 被设定为负值 ($\text{Dtr2-} < 0$), 并且阈值 Dtr2+ 被设定为正值或0 ($\text{Dtr2+} \geq 0$)。即,阈值 Dtr2- 与“第三阈值”对应,并且阈值 Dtr2+ 与“第四阈值”对应。

[0164] 当 $\text{Dtr2-} < D(N) < \text{Dtr2+}$ 时,即,当评价价值 $D(N)$ 未超过阈值 Dtr2+ 、 Dtr2- 时(当S222b的判定结果为“是”时),控制器30将处理前进到步骤S223a,并且根据下面描述的表达式(9) 计算当前控制周期中的累积评价价值 $\Sigma \text{Dex2}(N)$ 。

[0165] $\Sigma \text{Dex2}(N) = a_2 \times \Sigma \text{Dex2}(N-1) \cdots (9)$

[0166] 在步骤S224b中,评价价值 $D(N)$ 不被累积,并且根据缓和系数 a_2 ,在累积评价价值中反映高速劣化的缓和。即,当维持极性时,将累积评价价值 $\Sigma \text{Dex2}(N)$ 更新为使得其绝对值减小。

[0167] 相反,当 $D(N) < \text{Dtr2-}$ 或 $D(N) > \text{Dtr2+}$ 时,即当在 $D(N) > 0$ 的情况下 $|D(N)| > |\text{Dtr2+}|$ 时或者当在 $D(N) < 0$ 的情况下 $|D(N)| > |\text{Dtr2-}|$ 时(当S222b的判定结果为“否”时),因为评价价值 $D(N)$ 超过阈值 Dtr2+ 、 Dtr2- ,所以控制器30将处理前进到步骤S224b。

[0168] 在步骤S224b中,根据下面描述的表达式(10) 计算当前控制周期中的累积评价价值 $\Sigma \text{Dex2}(N)$ 。

[0169] $\Sigma \text{Dex2}(N) = D(N) + a_2 \times \Sigma \text{Dex2}(N-1) \cdots (10)$

[0170] 在表达式(10)中,将超过阈值 Dtr2+ 或 Dtr2- 的评价价值 $D(N)$ 加到表达式(9)。在表达

式(10)中,对于评价值 $D(N)$,可以加上部分值,例如仅相对于阈值 $Dtr2+$ 或 $Dtr2-$ 的超过量($D(N)-Dtr2+$ 或 $D(N)-Dtr2-$)的值。

[0171] 这样,放电侧的累积评价值 $\Sigma Dex1(N)$ 和充电侧的累积评价值 $\Sigma Dex2(N)$ 与当分别在充电侧和放电侧计算第一实施例中的累积评价值 $\Sigma Dex(N)$ 时的那些累积评价值对应。即,用于指定将评价值 $D(N)$ 累积为累积评价值的开启/关闭的阈值分别在放电侧($Dtr1-$ 、 $Dtr1+$)和充电侧($Dtr2-$ 、 $Dtr2+$)。此外,可以分别在放电侧(a1)和充电侧(a2)设定反映随着时间的高速劣化的缓和的缓和系数。

[0172] 再次参考图9,在步骤S400#中,使用累积评价值 $\Sigma Dex1(N)$ 、 $\Sigma Dex2(N)$ 设定二次电池10的放电电力上限值 $Wout$ 和充电电力上限值 Win 。步骤S400#具有用于放电限制的步骤S410#、S420和S430以及用于充电限制的S440#、S450和S460。

[0173] 在步骤S410#中,控制器30将放电侧的累积评价值 $\Sigma Dex1(N)$ 与跟图4的步骤S410中相同的放电限制阈值 $K1(K1>0)$ 比较。然后,当 $\Sigma Dex1(N) \leq K1$ 时,即,当累积评价值 $\Sigma Dex1(N)$ 未达到放电限制阈值 $K1$ 时(当S410#的判定结果为“否”时),控制器30前进到步骤S430,这与图4中相同。当 $\Sigma Dex1(N) > K1$ 时,即,当在 $\Sigma Dex1(N)$ 为正值的情况下 $|\Sigma Dex1(N)| > |K1|$ 时(当S410#的判定结果为“是”时),因为累积评价值 $\Sigma Dex1(N)$ 超过放电限制阈值 $K1$,所以控制器30将处理前进到步骤S420,这与图4中相同。如上所述,在步骤S420中,放电电力上限值 $Wout$ 被设定为小于在步骤S430中的放电电力上限值,由此限制从二次电池10的放电。

[0174] 同样,在步骤S440#中,控制器30将充电侧的累积评价值 $\Sigma Dex2(N)$ 与跟图4的步骤S410中相同的充电限制阈值 $K2(K2<0)$ 比较。然后,当 $\Sigma Dex2(N) \geq K2$ 时,即,当累积评价值 $\Sigma Dex2(N)$ 未达到充电限制阈值 $K2$ 时(当S440#的判定结果为“否”时),控制器30将处理前进到步骤S460,这与图4中相同。当 $\Sigma Dex2(N) < K2$ 时,即,当在 $\Sigma Dex2(N)$ 为负值的情况下 $|\Sigma Dex2(N)| > |K2|$ 时(当S440#的判定结果为“是”时),因为累积评价值 $\Sigma Dex2(N)$ 超过充电限制阈值 $K2$,所以控制器30将处理前进到步骤S450,这与图4中相同。如上所述,在步骤S450中,放电电力上限值 Win 被设定为大于在步骤S430中的放电电力上限值(即,其绝对值较小),由此限制向二次电池10的充电。

[0175] 这样,在根据第二实施例的用于电动车辆的电池系统中,根据放电侧的累积评价值 $\Sigma Dex1(N)$ 管理对放电限制的需要,并且根据充电侧的累积评价值 $\Sigma Dex2(N)$ 管理对充电限制的需要。因此,分别通过累积评价值 $\Sigma Dex1(N)$ 、 $\Sigma Dex2(N)$,进行用于反映电池休止时段内的高速劣化的恢复行为的校正处理。

[0176] 图11是示例出根据第二实施例的用于电动车辆的电池系统中的电池休止时段内的累积评价值的校正处理的流程图。

[0177] 将图11与图6比较,在第二实施例中,执行步骤S520#、S580#和S590#来代替图6的控制处理中的步骤S520、S580和S590。图11的其它步骤的处理与图6中的处理相同,因此将不重复对其的详细描述。

[0178] 控制器30获取电池休止时段的开始时的休止开始时刻 $R1(S510)$,并且在步骤S520#中,分别存储放电侧的累积评价值 $\Sigma Dex1(N)$ 和充电侧的累积评价值 $\Sigma Dex2(N)$,作为电池休止时段内的累积评价值的初始值 $\Sigma Dr1$ 、 $\Sigma Dr2$ 。

[0179] 然后,在电池休止时段的结束时(当S540的判定结果为“是”时),如在第一实施例中,计算休止时间长度 $RT(S560)$ 和电池休止时段内的电池平均温度 $Tbr(S570)$ 。

[0180] 在步骤S580#中,控制器30设定电池休止时段内的缓和系数ar1、ar2。缓和系数ar1用于放电侧的累积评价值 $\Sigma \text{Dex1 (N)}$ 的校正处理,并且缓和系数ar2用于充电侧的累积评价值 $\Sigma \text{Dex2 (N)}$ 的校正处理。类似于第一实施例的缓和系数ar,分别根据休止时间长度RT,或者根据休止时间长度RT和电池平均温度Tbr,可变地设定缓和系数ar1、ar2。

[0181] 例如,针对每个缓和系数ar1、ar2,预先创建根据图8所示的特性的图,由此可以在步骤S580#中设定缓和系数ar1、ar2。缓和系数ar1与“第一休止缓和系数”对应,并且缓和系数ar2与“第二休止缓和系数”对应。这样,分别设定缓和系数a1、ar1,并且分别设定缓和系数a2、ar2。

[0182] 在步骤S590#中,控制器30使用在步骤S580#中确定的缓和系数ar1、ar2,根据表达式(11)和(12)而执行累积评价值 $\Sigma \text{Dex1 (N)}$ 、 $\Sigma \text{Dex2 (N)}$ 的校正处理。

[0183] $\Sigma \text{Dex1 (N)} = \Sigma \text{Dr1} \times \text{ar1}^{\text{Prt}} \cdots (11)$

[0184] $\Sigma \text{Dex2 (N)} = \Sigma \text{Dr2} \times \text{ar2}^{\text{Prt}} \cdots (12)$

[0185] 表达式(11)和(12)与当分别以累积评价值 $\Sigma \text{Dex1 (N)}$ 、 $\Sigma \text{Dex2 (N)}$ 创建第一实施例的表达式(6)时的那些对应。

[0186] 由此,为了反映电池休止时段内的电阻增加率的降低(即,高速劣化的恢复),可以分别以放电侧的累积评价值 $\Sigma \text{Dex1 (N)}$ 和充电侧的累积评价值 $\Sigma \text{Dex2 (N)}$ 执行校正处理。

[0187] 使用在步骤S590#中计算出的校正处理之后的累积评价值 $\Sigma \text{Dex1 (N)}$ 、 $\Sigma \text{Dex2 (N)}$ 作为电池休止时段结束时开始的新电池使用时段内的累积评价值 $\Sigma \text{Dex1 (N)}$ 、 $\Sigma \text{Dex2 (N)}$ 的初始值。然后,在该电池使用时段内,根据图9和10所示的处理,连续执行基于累积评价值 $\Sigma \text{Dex1 (N)}$ 的放电管理和基于累积评价值 $\Sigma \text{Dex2 (N)}$ 的充电管理。

[0188] 图12是示出根据第二实施例的用于电动车辆的电池系统中累积评价值的转变实例的波形图。在图12中,示出电池使用时段内的波形图。

[0189] 参考图12,根据二次电池10的当前充电和放电的历史,基于由电流传感器15检测到的电流值I,按顺序在每个周期时间 Δt 计算评价值D(N)。评价值D(N)的初始值为0,并且在该状态下,不存在离子浓度的偏斜。

[0190] 与此相对照,如在表达式(1)至(3)中所示,如果对二次电池10放电,则离子浓度偏向于放电侧,由此向正方向(正侧)驱动评价值D(N)。相反,如果对二次电池10充电,则向负方向(负侧)驱动评价值D(N)。

[0191] 然后,根据分别的阈值Dtr1+、Dtr1- (放电侧)和Dtr2+、Dtr2- (充电侧),独立于共同评价值D(N)而计算放电侧的累积评价值 $\Sigma \text{Dex1 (N)}$ 和充电侧的累积评价值 $\Sigma \text{Dex2 (N)}$ 。

[0192] 在 $D(N) > Dtr2+$ 或 $D(N) < Dtr2-$ 的时段内,通过在此时加上D(N),朝向放电侧或充电侧驱动充电侧的累积评价值 $\Sigma \text{Dex2 (N)}$ 。在 $Dtr2- \leq D(N) \leq Dtr2+$ 的时段内,累积评价值 $\Sigma \text{Dex2 (N)}$ 的绝对值根据缓和系数a2而减小。

[0193] 因此,在图12中,在直到 $Dtr2- \leq D(N) \leq Dtr2+$ 的时刻ta为止的时段内,累积评价值 $\Sigma \text{Dex2 (N)}$ 被维持为0。然后,在 $D(N) > Dtr2+$ 的时刻ta至时刻tb的时段内,累积评价值 $\Sigma \text{Dex2 (N)}$ 改变以使得其绝对值向正方向增大。在 $Dtr2- \leq D(N) \leq Dtr2+$ 的时刻tb至时刻tc的时段内,累积评价值 $\Sigma \text{Dex2 (N)}$ 改变以使得其绝对值减小并且逐渐变得接近0。

[0194] 然后,在 $D(N) < Dtr2-$ 的时刻tc之后,累积评价值 $\Sigma \text{Dex2 (N)}$ 改变以使得其绝对值向负方向增大。然后,在时刻td,如果 $\Sigma \text{Dex2 (N)}$ 达到充电限制阈值K2,则在时刻td之后,限制

二次电池10的充电电力上限值Win(图9的S450)。结果,在车辆行驶期间,根据该充电电力上限值Win而限制电动发电机25的再生制动所产生的电力。在外部充电期间,根据该充电电力上限值Win而限制来自充电器28的输出电力。

[0195] 由此,如图12的虚线所指示的,评价值D(N)和累积评价值 $\Sigma \text{Dex}2(\text{N})$ 改变以变得接近0,由此可以避免离子浓度向充电侧的偏斜增大。

[0196] 在计算放电侧的累积评价值 $\Sigma \text{Dex}1(\text{N})$ 时,放电侧的阈值Dtr1+、Dtr1-例如被设定为相对于充电侧的阈值Dtr2+、Dtr2-而向负侧移动。结果,对于共同评价值D(N),放电侧的累积评价值 $\Sigma \text{Dex}1(\text{N})$ 具有不同于充电侧的累积评价值 $\Sigma \text{Dex}2(\text{N})$ 的值。

[0197] 具体地说,在评价值D(N)>Dtr1+的时刻t0至t1和时刻t2至t3的时段内,累积评价值 $\Sigma \text{Dex}1(\text{N})$ 改变以使得其绝对值向正方向增大。在直到时刻t0为止的时段内,累积评价值 $\Sigma \text{Dex}1(\text{N})$ 被维持为0。在时刻t1至t2的时段内和在时刻t3之后,累积评价值 $\Sigma \text{Dex}1(\text{N})$ 改变以使得其绝对值减小并且逐渐变得接近0。在图12的实例中,因为累积评价值 $\Sigma \text{Dex}1(\text{N}) < K1$,所以未开始放电电力上限值Wout的限制。

[0198] 这样,在第二实施例中,分别在充电侧和放电侧计算出累积评价值 $\Sigma \text{Dex}1(\text{N})$ 、 $\Sigma \text{Dex}2(\text{N})$,并且将它们与放电限制阈值K1和充电限制阈值K2比较,由此可以执行充电电力限制和放电电力限制。

[0199] 在图12中,为了简化符号,尽管累积评价值 $\Sigma \text{Dex}1(\text{N})$ 、 $\Sigma \text{Dex}2(\text{N})$ 的初始值被设定为0(即,其中离子浓度的偏斜被消除的状态),但这与当持续足够长的时间而确保电池休止时段时的行为对应。如在该实施例中,使用缓和系数a1、a2进行用于反映电池休止时段内的高速劣化的恢复行为的校正处理,由此即使电池休止时段比较短并且根据情况而改变,也可以基于累积评价值 $\Sigma \text{Dex}1(\text{N})$ 、 $\Sigma \text{Dex}2(\text{N})$,适当地在车辆运转状态下执行充电/放电限制。

[0200] 因为根据二次电池的组成或结构,阈值Dtr1+、Dtr1-(放电侧)和Dtr2+、Dtr2-(充电侧)以及缓和系数a1、a2具有不同的适当值,所以优选地基于实际实验的结果等而将阈值和缓和系数调整为与所应用的二次电池10的特性一致。确认性地这样描述:根据二次电池的特性,可能发生其中阈值Dtr1+、Dtr2+之间的级别(level)关系和/或阈值Dtr1-、Dtr2-之间的级别关系不同于图12的实例中的那些级别关系的情况。

[0201] 如上所述,根据二次电池的特性,缓和系数a1、a2可以具有相同值。同样,阈值Dtr1+、Dtr2+和阈值Dtr1-、Dtr2-中的仅一方可以具有相同值。

[0202] 接下来,将参考图13至15描述充电侧和放电侧的累积评价值与实际电池行为之间的对应关系。

[0203] 图13示出在安装在可外部充电的电动车辆中的非水二次电池中,当通过如在JP 2014-3826 A中的共同累积评价值 $\Sigma \text{Dex}(\text{N})$ 管理过充电和过放电二者时的分析结果的实例。

[0204] 参考图13,图13的横轴指示根据JP 2014-3826 A的累积评价值 $\Sigma \text{Dex}(\text{N})$ 的计算结果,并且纵轴指示从二次电池的分析结果获得的电阻增加率。

[0205] 在图13中,绘制出与累积评价值 $\Sigma \text{Dex}(\text{N})$ 的最终值对应的累积评价值 ΣDex 和实际电阻增加率的组合。此外,对于每个绘制点,还通过符号(○、□)指示关于二次电池的离子浓度的实际偏斜是过放电侧还是过充电侧的分析结果。具体地说,过放电的绘制点由

“□”指示,并且趋向于过充电的绘制点由“○”表示。

[0206] 从图13将理解,在以共同累积评价值 ΣDex 管理过充电和过放电的方法中,可以理解,存在这样的绘制点301、绘制点302:在绘制点301处累积评价值 ΣDex 为负值,但离子浓度实际上偏向于过放电侧;相反地,在绘制点302处累积评价值 ΣDex 为正值,但离子浓度实际上偏向于过充电侧。

[0207] 在JP 2014-3826 A中,在计算累积评价值 $\Sigma Dex(N)$ 时,当评价值 $D(N)$ 超过阈值 $Dtr+$ 、 $Dtr-$ 时,执行累积处理。因此,通过调整阈值 $Dtr+$ 、 $Dtr-$,可以使所有绘制点移动到过放电侧(图13中的右侧)或过充电侧(图13中的左侧)。然而,在该方法中,不能分别在过放电侧和过充电侧正确地评价绘制点301、302。这样,对于包括通过外部充电而被长时间连续充电的模式所使用的非水二次电池,发明人获得以下知识:难以使用如在JP2014-3826A中的共同累积评价值而管理过充电和过放电二者。

[0208] 图14示出在计算放电侧的累积评价值 $\Sigma Dex1$ 时的阈值设定方法的实例。图14的横轴指示与累积评价值 $\Sigma Dex1(N)$ 的最终值对应的累积评价值 $\Sigma Dex1$,并且图14的纵轴与图13中一样地指示二次电池的实际电阻增加率。

[0209] 参考图14,在计算放电侧的累积评价值 $\Sigma Dex1(N)$ 时,可以调整阈值 $Dtr1+$ 、 $Dtr1-$ 以使得图13中的绘制点301被包括在 $\Sigma Dex1>0$ 的区域(绘制点301#)内。如果以这样的方式进行调整,则与图6相比,可以使过放电情况下的累积评价值 $\Sigma Dex1$ 移动到右侧(正侧),但放电限制阈值 $K1$ 被适当地设定,从而可以避免由于过度放电限制而导致的二次电池10的使用效率降低。此外,因为单独计算用于管理过充电的累积评价值 $\Sigma Dex2$,所以不会过度地放松对过充电侧的管理。

[0210] 图15示出在计算充电侧的累积评价值 $\Sigma Dex2$ 时的阈值设定方法的实例。图15的横轴指示与累积评价值 $\Sigma Dex2(N)$ 的最终值对应的累积评价值 $\Sigma Dex2$,并且图15的纵轴与图13中一样地指示二次电池的实际电阻增加率。

[0211] 参考图15,对于充电侧的累积评价值 $\Sigma Dex2(N)$,调整阈值 $Dtr2+$ 、 $Dtr2-$ 以使得图13中的绘制点302被包括在 $\Sigma Dex2<0$ 的区域(绘制点302#)内。如果以这种方式进行调整,则与图13相比,可以将过充电情况下的累积评价值 $\Sigma Dex2$ 移动到左侧(负侧),但充电限制阈值 $K2$ 被适当地设定,从而可以避免二次电池10的过度充电限制。此外,因为单独计算用于管理过放电的累积评价值 $\Sigma Dex1$,所以不会过度放松对过放电侧的管理。

[0212] 这样,在根据第二实施例的用于电动车辆的电池系统中,在电池使用时段内,使用当设定单独的阈值 $Dtr1+$ 、 $Dtr1-$ (放电侧)和 $Dtr2+$ 、 $Dtr2-$ (充电侧)时分别累积的放电侧的累积评价值 $\Sigma Dex1(N)$ 和充电侧的累积评价值 $\Sigma Dex2(N)$,分别执行放电限制和充电限制。此外,在电池休止时段内,独立于缓和系数 $a1$ 、 $a2$ 而设定缓和系数 $ar1$ 、 $ar2$,从而可以针对累积评价值 $\Sigma Dex1(N)$ 和累积评价值 $\Sigma Dex2(N)$,适当地执行反映高速劣化的恢复行为的校正处理。根据二次电池10的特性,缓和系数 $a1$ 、 $a2$ 可以具有相同值。

[0213] 这样,根据第二实施例的用于电动车辆的电池系统,对于应用外部充电的非水二次电池,由于在充电/放电休止时段内的离子浓度的偏斜的恢复行为得到反映,因此可以在进一步处理车辆行驶期间的充电/放电和外部充电的同时适当地防止高速劣化。

[0214] 在第一和第二实施例中,图1所示的电动车辆100或100#的配置仅是个例子,本发明可以适用于具有与图1和9的示例不同的驱动系统的电动车辆。即,本发明可以通用于其

中使用具有非水电解质的非水二次电池作为车辆驱动电源的电动车辆。

[0215] 在该实施例中,尽管描述了以下实例,但本发明的应用并不限于此:在该实例中,使用与W0 2013/046263和JP 2014-3826 A中相同的累积评价值 $\Sigma Dex(N)$ 或者分别为放电和充电计算的累积评价值 $\Sigma Dex1(N)$ 、 $\Sigma Dex2(N)$ 作为“劣化指标值”,以评价由于高速劣化而使二次电池10的输入/输出性能降低的劣化成分。即,在该实施例中描述的电池休止时段内的校正处理(图6和11)可以适用于在电池使用时段内通过任意方法计算出的“劣化评价值”,从而计算在电池休止时段的结束时(即,在新的电池使用时段的开始时)的劣化评价值。

[0216] 应该考虑到,在此公开的实施例在所有方面仅是示例性的而非限制性的。本发明的范围由所附权利要求限定而非由上面描述限定,并且旨在包括权利要求及其等同物的范围内的所有变化或修改。

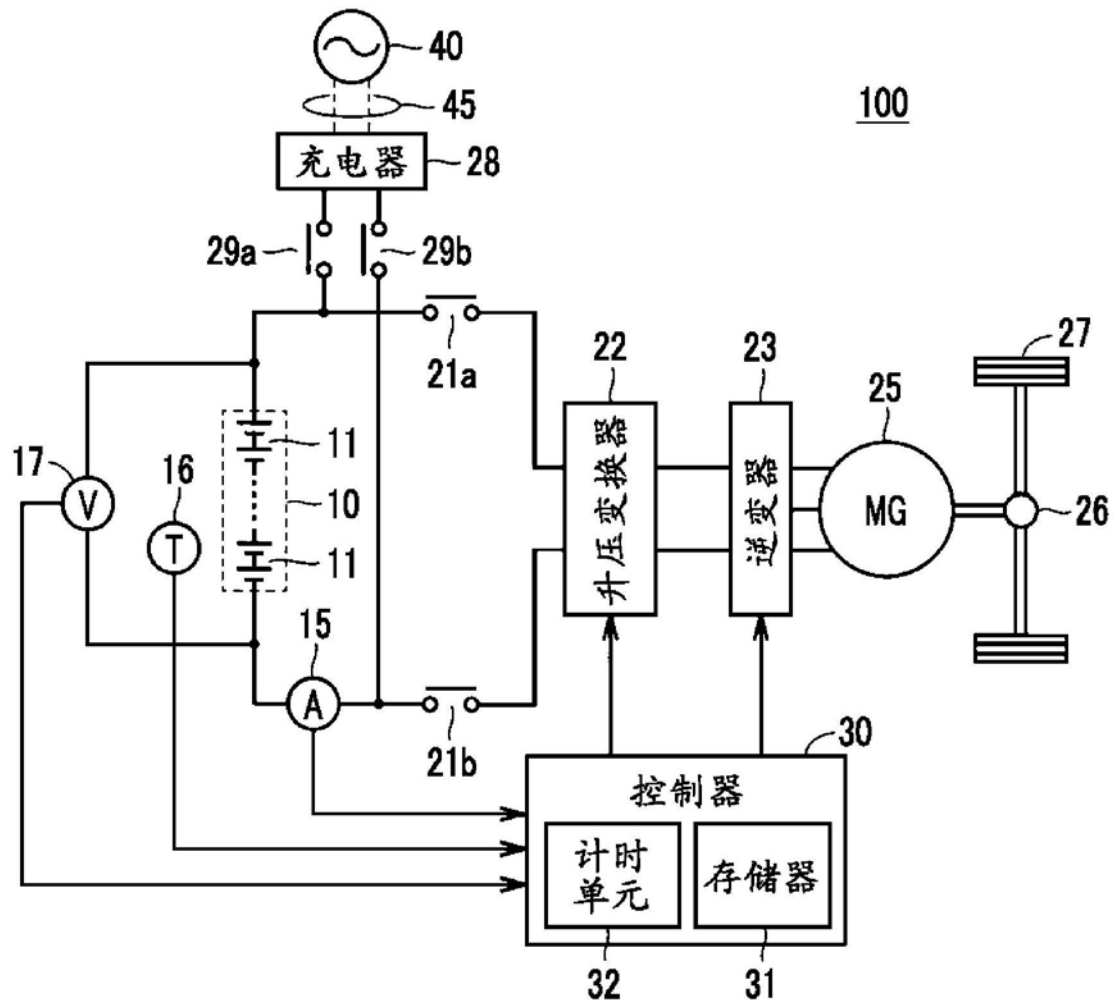


图1

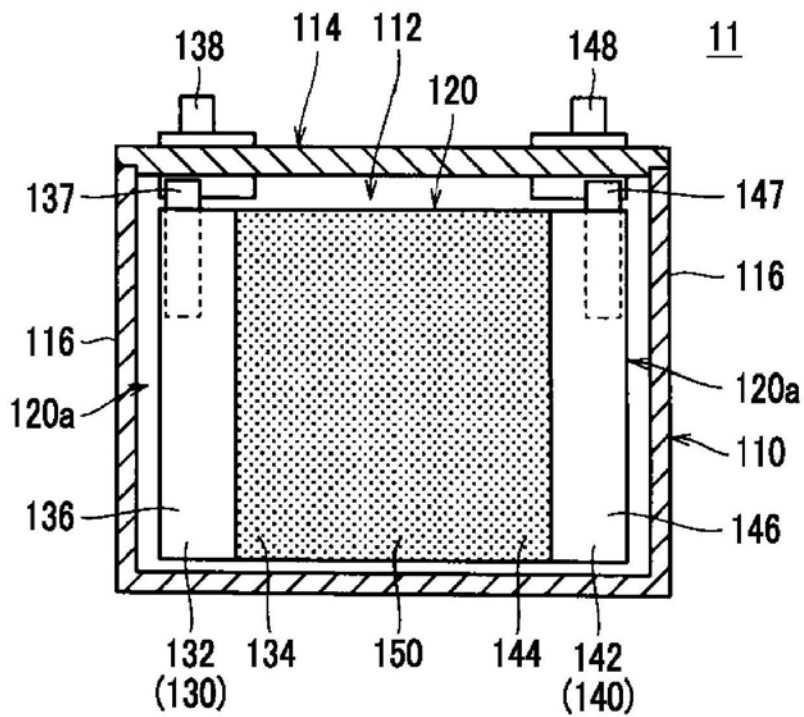


图2

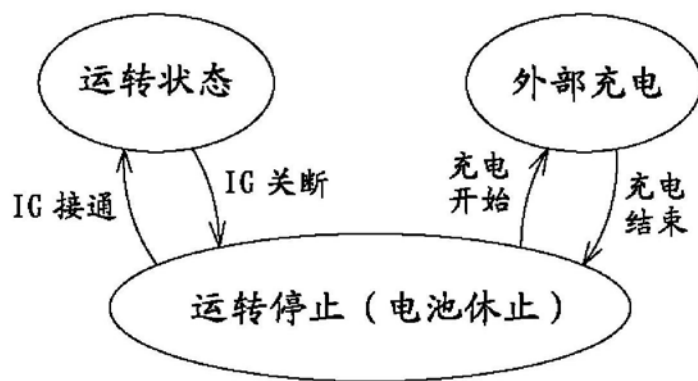


图3

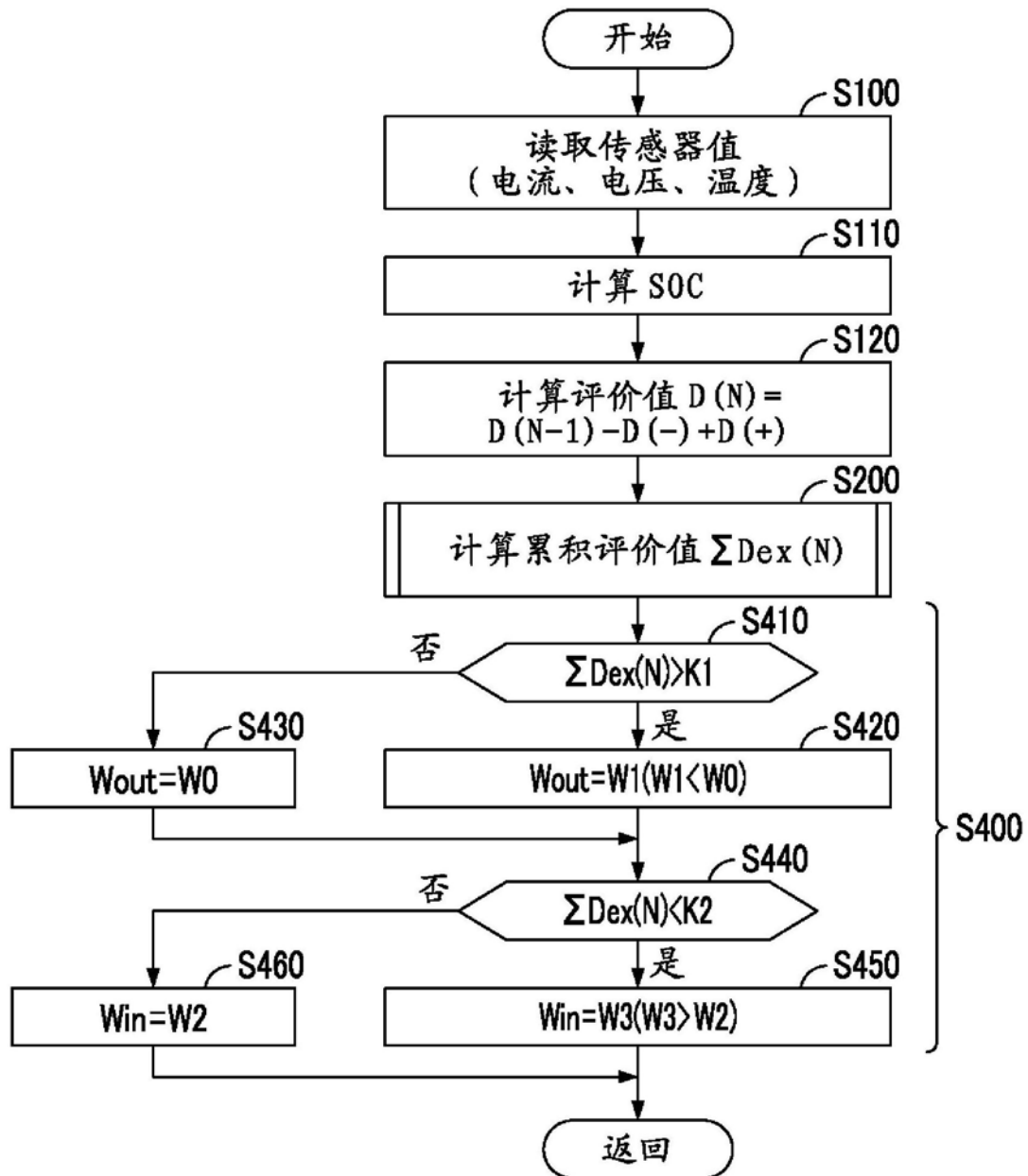


图4

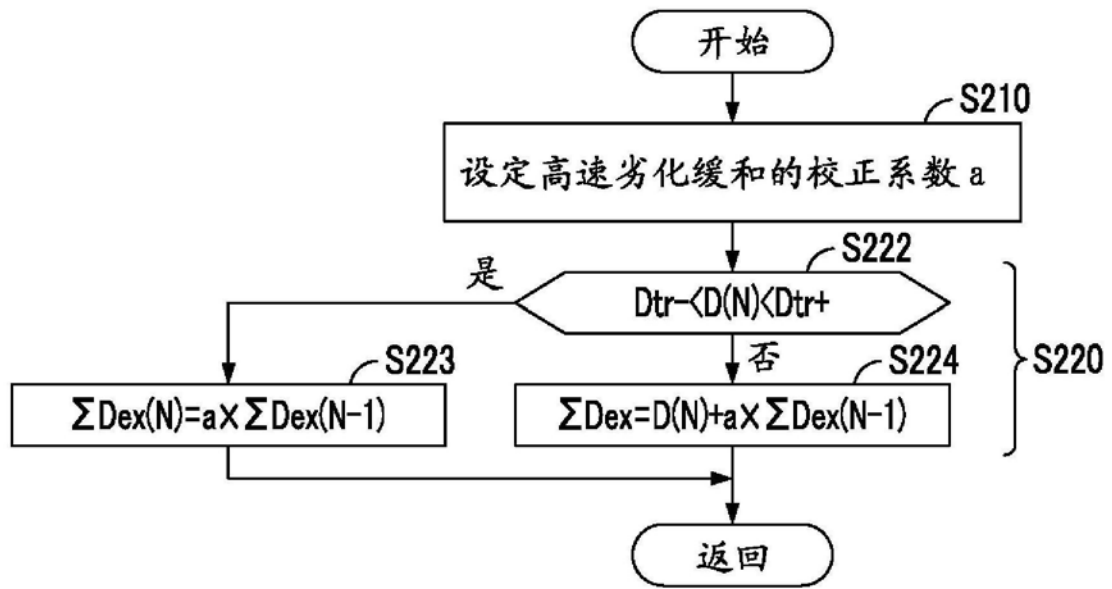


图5

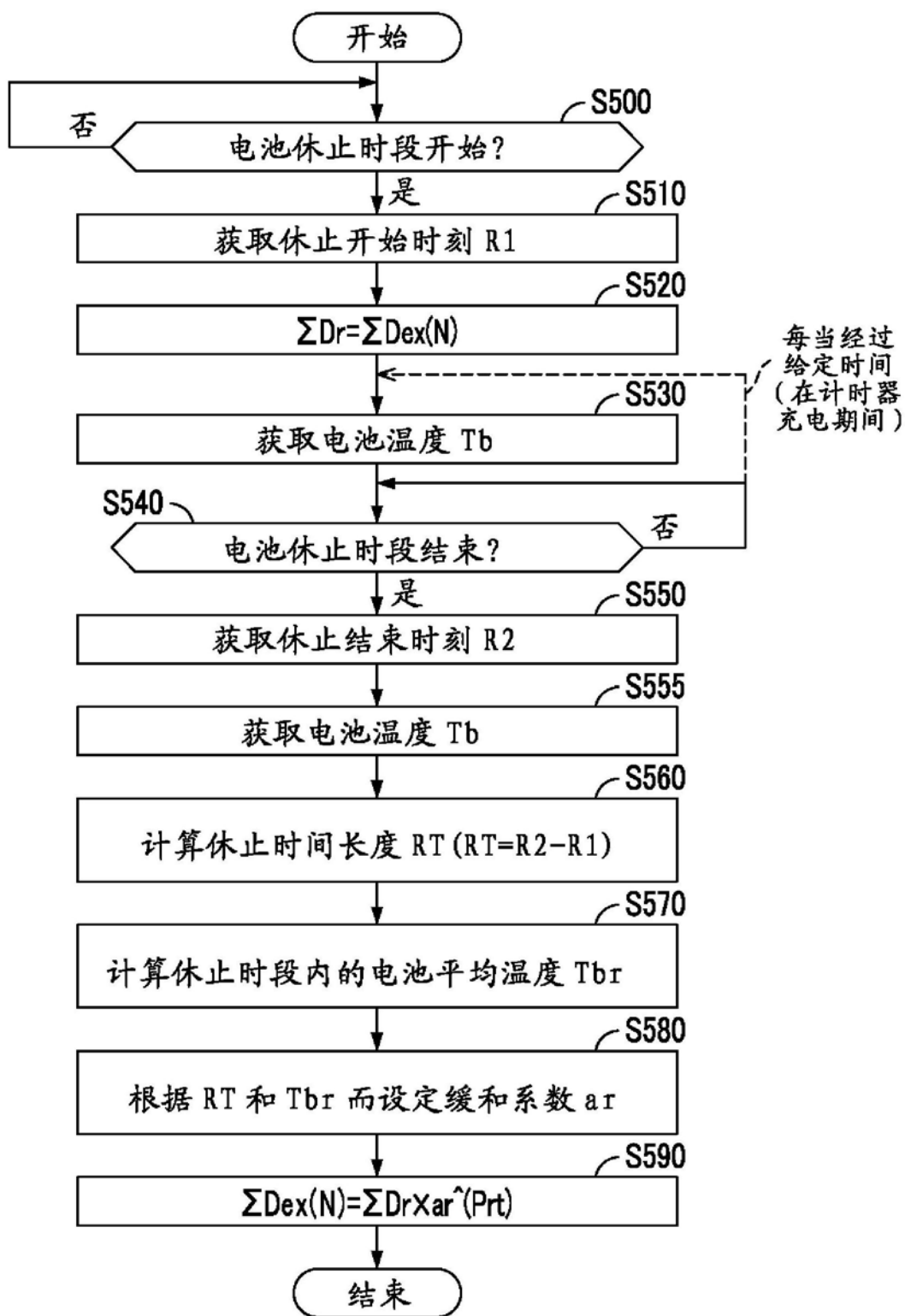


图6

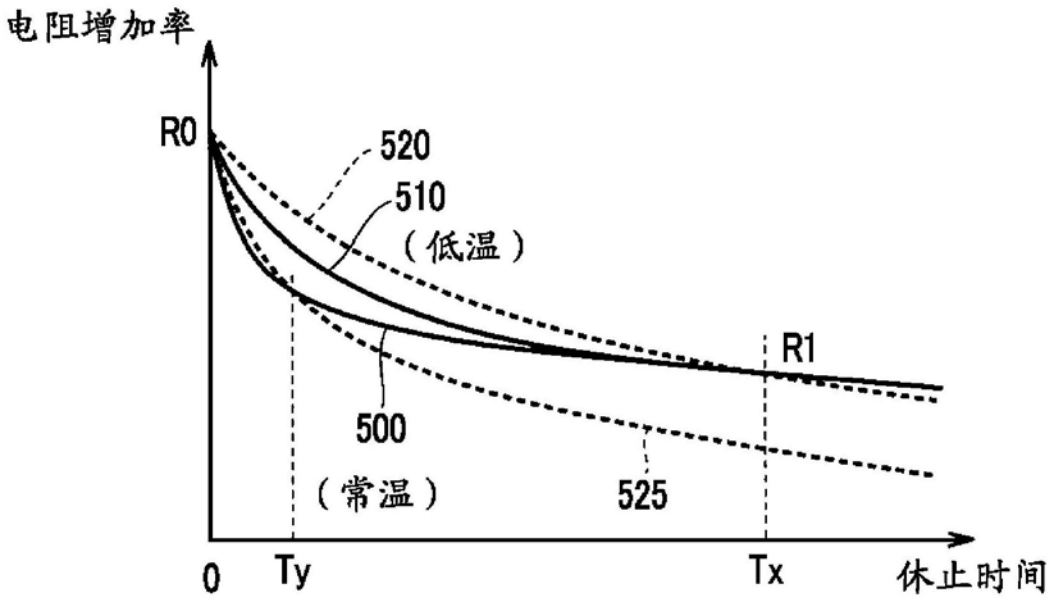


图7

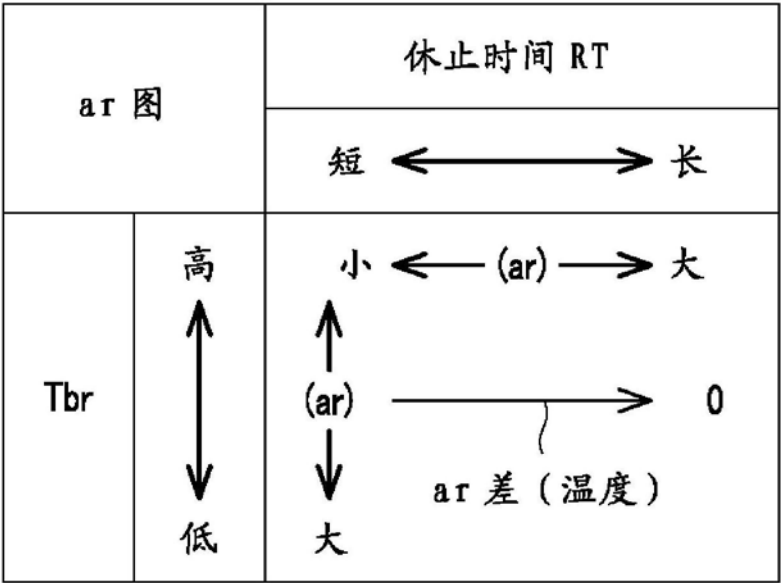


图8

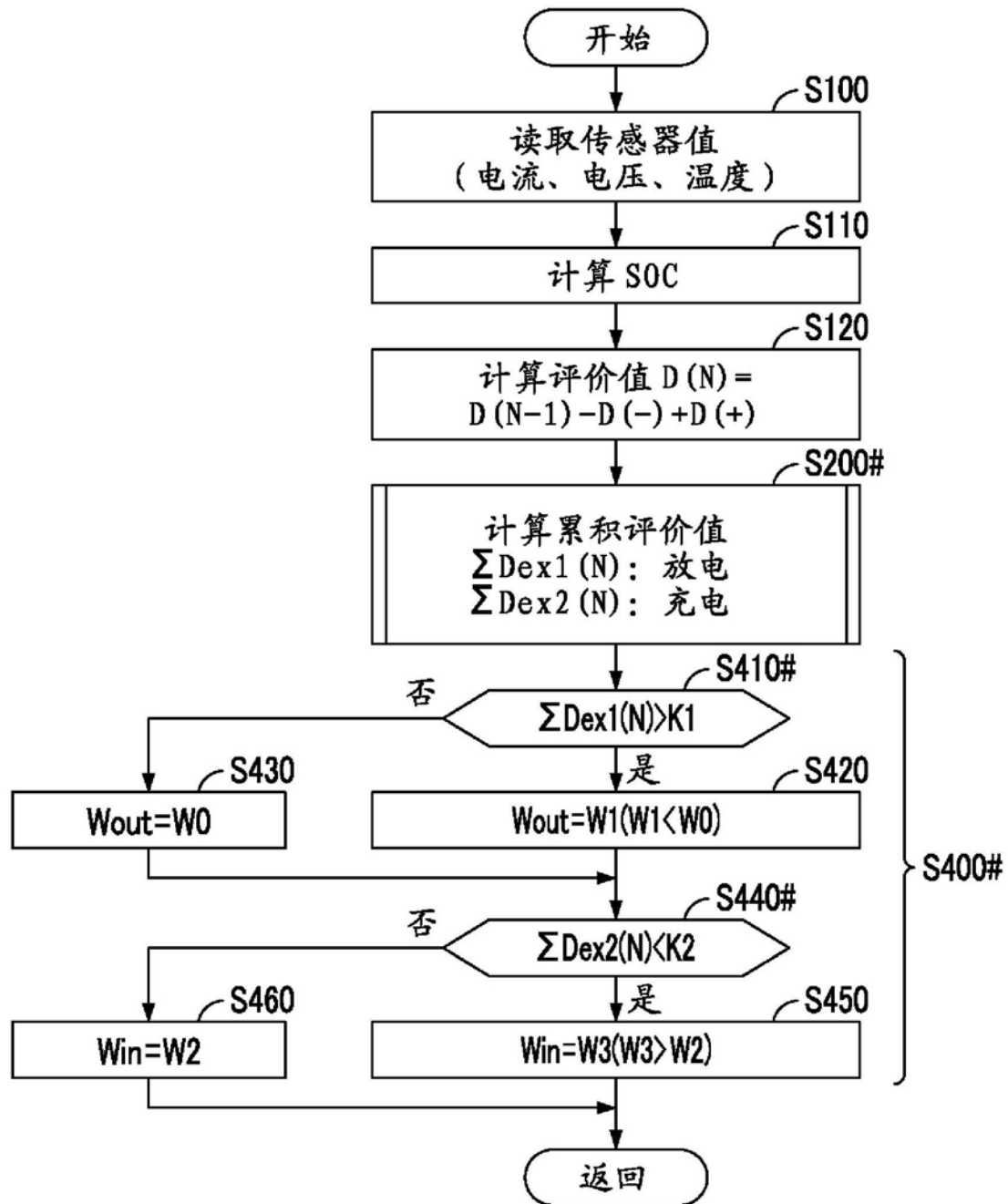


图9

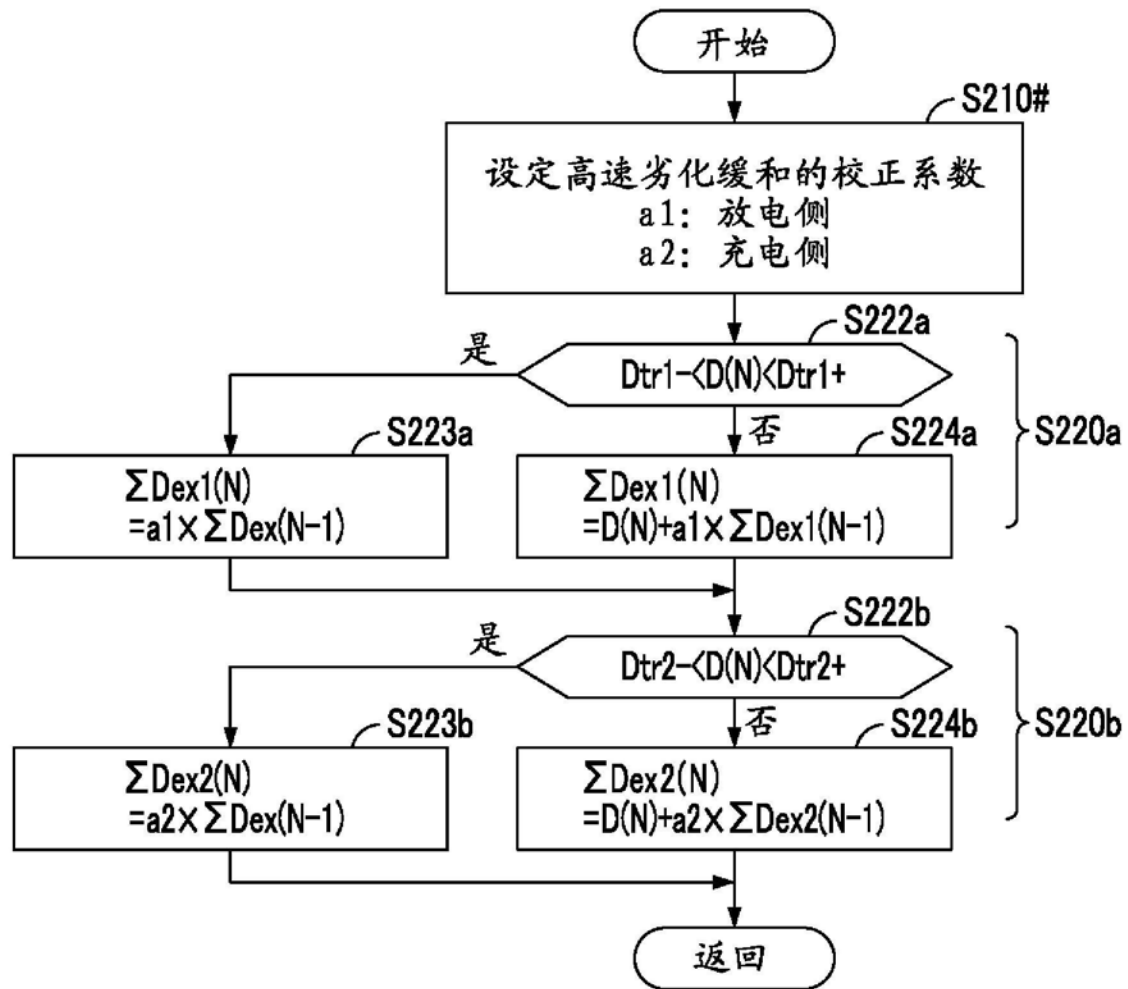


图10

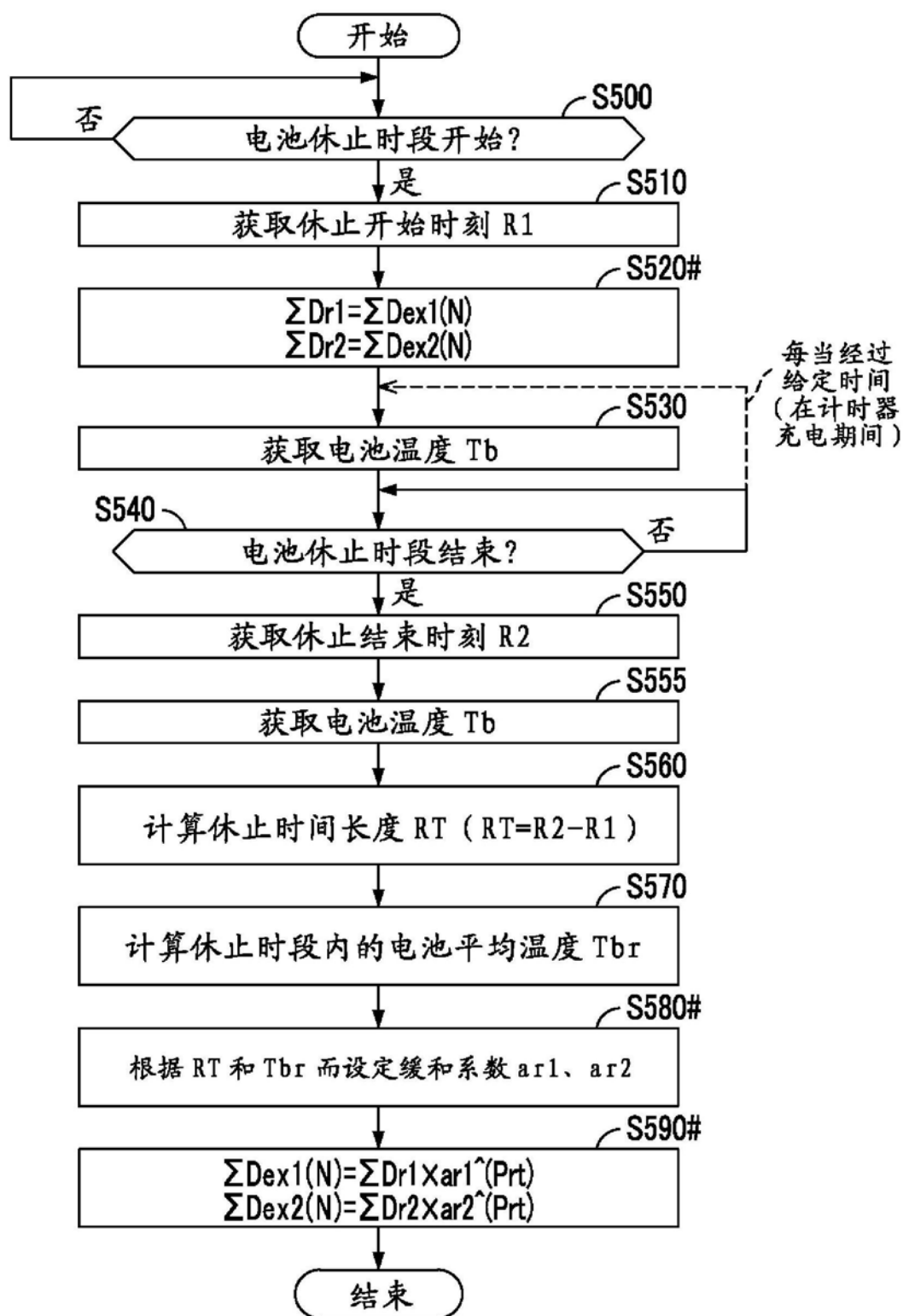


图11

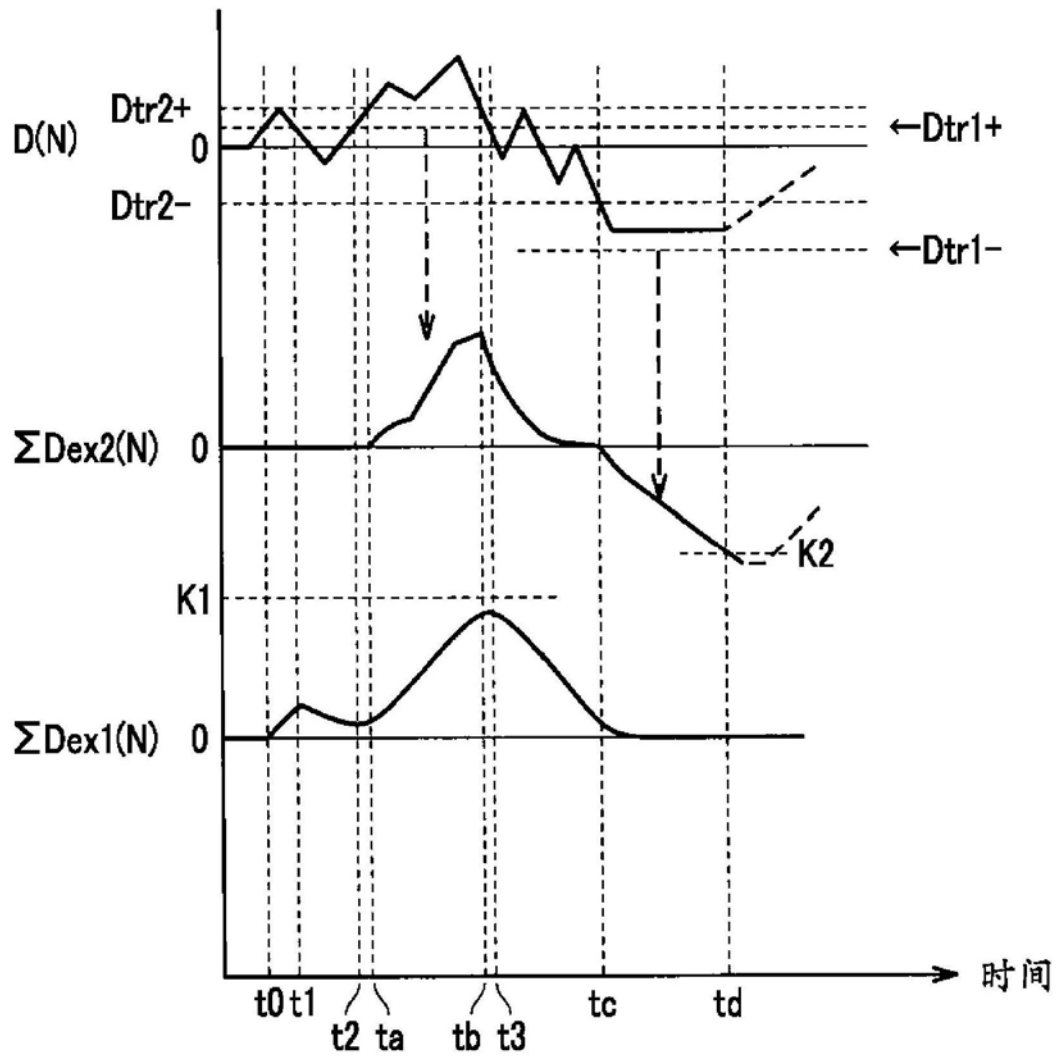


图12

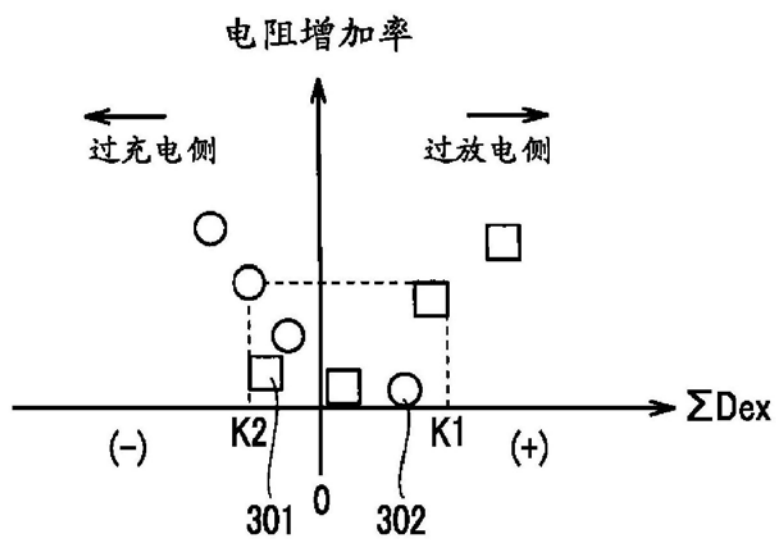


图13

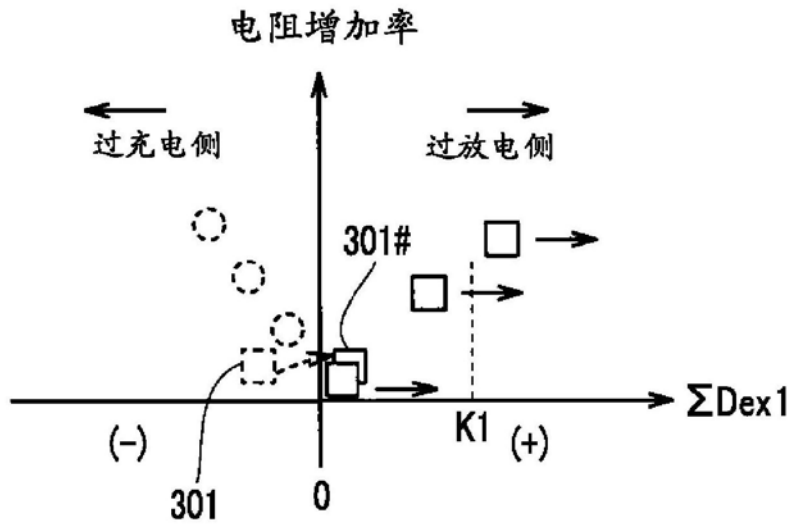


图14

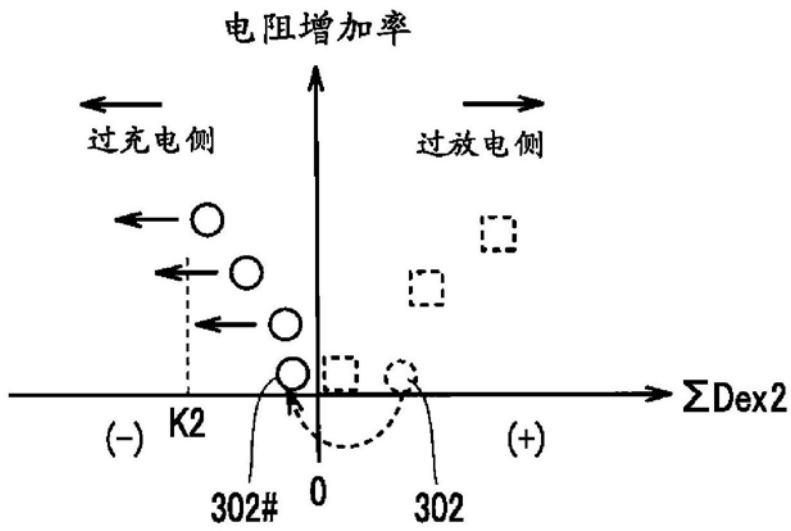


图15