



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102569938 A

(43) 申请公布日 2012.07.11

(21) 申请号 201210037915.0

(22) 申请日 2012.02.17

(71) 申请人 中国检验检疫科学研究院
地址 100123 北京市朝阳区高碑店北路甲3号

(72) 发明人 王宏伟 肖海清 邓爽 刘军
于红梅 付艳玲 王超 施亚申
谢海俊

(74) 专利代理机构 北京世誉鑫诚专利代理事务
所(普通合伙) 11368
代理人 郭官厚

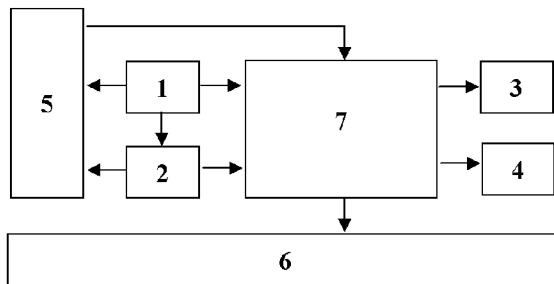
(51) Int. Cl.
H01M 10/50(2006.01)

权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 1 页

(54) 发明名称
动力电池热管理装置

(57) 摘要

本发明涉及一种动力电池热管理装置,包括:采集模块,评估模块,散热模块,加热模块,预测模块,显示模块以及控制模块,其能够对温度场进行预测,从而使系统获得了前瞻性的温度场预测数据,同时还采取了多级别的加热措施和多级别的冷却措施,从而确保了电池高效率、长寿命的运行。



1. 一种动力电池热管理装置,包括:采集模块,评估模块,散热模块,加热模块,预测模块,显示模块以及控制模块,其特征在于,

采集模块,用于采集和计算电池单元的温度和温升速率;其中,所述电池单元的温度和温升速率包括每个单体电池、由多个所述单体电池所组成的每个电池模块和由多个所述电池模块所组成的电池组的温度,各个所述单体电池、各个所述电池模块以及所述电池组的温升速率,以及由采集得到的温度值计算得出的各个电池单体中的最高温度和最高温升速率、各个电池模块的平均温度和所述电池组的平均温度;

评估模块,用于将所采集和计算得到的温度、温升速率以及平均温度值与预先设定的相应各个散热阈值进行比较,并判断各个单体电池中的最高温度和最高的温升速率、各个电池模块的平均温度和平均温升速率、所述电池组的平均温度和平均温升速率中的任意一个是否超过其各自相应的各个散热阈值,所述各个散热按阈值高低依次包括关断阈值、二级散热阈值和一级散热阈值;

散热模块,用于根据控制模块的控制信号执行对应级别的散热措施;

加热模块,用于根据控制模块的控制信号执行对应级别的加热措施;

预测模块,用于根据采集模块和评估模块所获得的信息以及电池的材料类型、工作状态、荷电状态来计算电池的生热率和比热容,进而获得预测的电池单元的温度场分布;

显示模块,显示的信息至少包括所述预测模块预测的所述电池单元的温度场分布以及当前电池单元的告警状态;

控制模块,用于在散热工作模式下根据所述评估模块得到的比较结果,以及所述预测模块预测到的温度场分布与对应的所述各个散热按阈值的比较结果来提供相应的散热控制信号,所述散热控制信号包括散热、关断、告警三种控制信号中的一种或多种;以及用于在加热工作模式下根据所述预测模块预测到的温度场分布中的温度值与预设定的加热中止温度 T_s 之间的差值所处的不同数值范围来提供相对应的加热控制信号,其中所述加热控制信号包括多个加热级别的加热控制信号。

2. 根据权利要求1所述的动力电池热管理装置,其特征在于,所述散热模块提供的散热措施包括风冷、液冷两种散热措施中的至少一种。

3. 根据权利要求2 权利要求所述的动力电池热管理装置,其特征在于,所述散热措施通过控制风冷和 / 或液冷散热的流量来进行一级和 / 或二级散热。

4. 根据权利要求1-3 中任一项所述的动力电池热管理装置,其特征在于,所述加热级别包括两级以上,较高级别的加热级别的加热功率高于较低级别的加热功率。

5. 根据权利要求1-3 中任一项所述的动力电池热管理装置,其特征在于,所述关断阈值为A级控制级别,只要任何一个判断参数超过关断阈值,不管其它参数是否正常,或 / 是否处于一级散热状态,或 / 是否处于二级散热状态,都采取关断回路措施;所述二级散热阈值为B级控制级别,只要任何一个判断参数超过二级散热阈值,不管其它参数是否正常,或 / 是否处于一级散热状态,都采取二级散热措施;所述一级散热阈值为C级控制级别,判断参数超过一级散热阈值,则采取一级散热措施。

6. 根据权利要求1所述的动力电池热管理装置,其特征在于,所述加热模块具体采用加热板和 / 或加热膜和 / 或加热丝对电池单元进行加热。

动力电池热管理装置

技术领域

[0001] 本发明涉及电池的热管理技术领域,具体涉及一种锂离子动力电池的热管理装置。

技术背景

[0002] 由于全球性的石油资源持续紧缺与大气环境的不断恶化,新能源的开发和利用受到了世界各国的普遍重视,而作为消费全世界总能源 10% 的汽车行业,电动汽车的研究与发展,被认为是目前解决能源危机 and 环境保护的最现实、最有效的途径,而电动汽车发展的核心技术就是动力电池。

[0003] 而温度过冷或过热都会影响动力电池的性能,一方面若热量来不及散失在动力电池内部的积累可能会导致燃烧或爆炸;另一方面,大范围应用在电动汽车上的锂离子电池在 -10°C 时容量及工作电压会明显降低, -20°C 时性能会明显恶化,在 -40°C 时放电容量只有室温容量的 30% 左右,个别锂离子蓄电池甚至在 -40°C 时启动不了。

[0004] 目前,现行的电池热管理装置实现对电池组的加热或是制冷都只是以温度或温升速率为判断依据,当电池组温度或温升速率高于某一对应值时,开始对电池组进行冷却直至冷却到中止冷却设定温度值;当电池组温度或温升速率低于某一对应值,开始对电池组进行加热直至加热到中止冷却设定温度值。而在电池的预测研究方面,多为预测电池的寿命或是电池的容量、荷电状态、剩余电量等,没有对电池热稳定性方面的变化趋势进行相应的预测,使得现有电池热管理系统存在一定的安全隐患,无法及时或是前瞻性的采取更合适程度的加热或冷却措施。

[0005] 并且,已有的动力电池热管理系统的加热模块往往采用统一的加热速率、加热到同一温度,这种设置容易造成要么升温速度过慢导致较长时间才能使电池达到最佳性能,要么升温速度过快以致超过理想的工作温度一定数值而影响电池的寿命。

[0006] 因此,需要提出一种新的动力电池热管理系统,以解决上述问题。

发明内容

[0007] 本发明提出一种动力电池热管理系统,其能够对温度场进行预测,从而使系统获得前瞻性的温度场数据,进一步还采取了多级别的加热措施和多级别的冷却措施,从而确保了电池高效率、长寿命的运行。

[0008] 一种动力电池热管理装置,包括:采集模块,评估模块,散热模块,加热模块,预测模块,显示模块以及控制模块,其特征在于,

[0009] 采集模块,用于采集和计算电池单元的温度和温升速率;其中,所述电池单元的温度和温升速率包括每个单体电池、由多个所述单体电池所组成的每个电池模块和由多个所述电池模块所组成的电池组的温度,各个所述单体电池、各个所述电池模块以及所述电池组的温升速率,以及由采集得到的温度值计算得出的各个电池单体中的最高温度和最高温升速率、各个电池模块的平均温度和所述电池组的平均温度;

[0010] 评估模块,用于将所采集和计算得到的温度、温升速率以及平均温度值与预先设定的相应各个散热阈值进行比较,并判断各个单体电池中的最高温度和最高的温升速率、各个电池模块的平均温度和平均温升速率、所述电池组的平均温度和平均温升速率中的任意一个是否超过其各自相应的各个散热阈值,所述各个散热按阈值高低依次包括关断阈值、二级散热阈值和一级散热阈值;

[0011] 散热模块,用于根据控制模块的控制信号执行对应级别的散热措施;

[0012] 加热模块,用于根据控制模块的控制信号执行对应级别的加热措施;

[0013] 其特征在于,还包括,

[0014] 预测模块,用于根据采集模块和评估模块所获得的信息以及电池的材料类型、工作状态、荷电状态来计算电池的生热率和比热容,进而获得预测的电池单元的温度场分布;

[0015] 显示模块,显示的信息至少包括所述预测模块预测的所述电池单元的温度场分布以及当前电池单元的告警状态;

[0016] 控制模块,用于在散热工作模式下根据所述评估模块得到的比较结果,以及所述预测模块预测到的温度场分布与对应的所述各个散热按阈值的比较结果来提供相应的散热控制信号,所述散热控制信号包括散热、关断、告警三种控制信号中的一种或多种;以及用于在加热工作模式下根据所述预测模块预测到的温度场分布中的温度值与预设定的加热中止温度 T_s 之间的差值所处的不同数值范围来提供相对应的加热控制信号,其中所述加热控制信号包括多个加热级别的加热控制信号。

[0017] 其中,所述散热模块提供的散热措施包括风冷、液冷两种散热措施中的至少一种。

[0018] 其中,所述散热措施通过控制风冷和/或液冷散热的流量来进行一级和/或二级散热。

[0019] 其中,所述加热级别包括两级以上,较高级别的加热级别的加热功率高于较低级别的加热功率。

[0020] 其中,所述关断阈值为 A 级控制级别,只要任何一个判断参数超过关断阈值,不管其它参数是否正常,或/是否处于一级散热状态,或/是否处于二级散热状态,都采取关断回路措施;所述二级散热阈值为 B 级控制级别,只要任何一个判断参数超过二级散热阈值,不管其它参数是否正常,或/是否处于一级散热状态,都采取二级散热措施;所述一级散热阈值为 C 级控制级别,判断参数超过一级散热阈值,则采取一级散热措施。

[0021] 其中,所述加热模块具体采用加热板和/或加热膜和/或加热丝对电池单元进行加热。

[0022] 本发明的优点在于,充分考虑加热和散热措施的延迟性,通过对温度场进行预测,从而使热管理系统获得具有前瞻性的温度场预期数据,并采用了多级别的加热措施和多级别的冷却措施,确保了电池高效率、长寿命的运行。

附图说明

[0023] 附图 1 为本发明低温锂离子电池差别式加热装置图;

具体实施方式

[0024] 下面结合本发明的附图对本发明中的技术方案进行清楚、完整的描述。

[0025] 图 1 所示为本发明的动力电池热管理系统框图,其中,

[0026] 在附图 1 中,动力电池差别式加热装系统包括:采集模块 1,评估模块 2,散热模块 3,加热模块 4,预测模块 5,显示模块 6 以及控制模块 7。

[0027] 其中的采集模块 1,用于采集和计算电池单元的温度和温升速率;其中,所述电池单元的温度和温升速率包括每个单体电池、由多个所述单体电池所组成的每个电池模块和由多个所述电池模块所组成的电池组的温度,各个所述单体电池、各个所述电池模块以及所述电池组的温升速率,以及由采集得到的温度值计算得出的各个电池单体中的最高温度和最高温升速率、各个电池模块的平均温度和所述电池组的平均温度;当然,上述“电池单元”可以是锂离子蓄电池,既包括是单个锂离子电池单体的情况,也包括由多个锂离子电池单体组成的锂离子电池组的情况。

[0028] 评估模块 2,用于将所采集和计算得到的温度、温升速率以及平均温度值与预先设定的相应各个散热阈值进行比较,并判断各个单体电池中的最高温度和最高的温升速率、各个电池模块的平均温度和平均温升速率、所述电池组的平均温度和平均温升速率中的任意一个是否超过其各自相应的各个散热阈值,所述各个散热按阈值高低依次包括关断阈值、二级散热阈值和一级散热阈值;在某些情形下,本领域技术人员根据需要也可以选择这样的评估模块,其不计算平均温度值,而只采集和计算温度和温升速率并与对应各个散热阈值进行比较。

[0029] 散热模块 3,用于根据控制模块的控制信号执行对应的散热级别措施;

[0030] 加热模块 4,用于根据控制模块的控制信号执行对应的加热级别措施;

[0031] 预测模块 5,用于根据采集模块和评估模块所获得的信息以及电池的材料类型、工作状态、荷电状态来计算电池的生热率和比热容,进而获得预测的电池单元的温度场分布;

[0032] 预测模块 5 在散热工作模式下具体作用过程可以为:

[0033] 1) 实时监控电池组的平均温度和平均温升速率,如判断参数超过散热阈值,即热管理系统已启动一级散热措施、或二级散热措施,则预测模块开始记录电池组的平均温度和平均温升速率,并根据记录的数据应用模糊神经网络预测一定时间后电池组的平均温度和平均温升速率;2) 根据预测的温度,以及电池的类型、电池的工作状态(充电/放电)、电池的荷电状态,应用 Bernardi 生热率模型估计电池的生热率,并通过对电池组成成分材料的热容加权平均估算出电池的比热容;3) 应用有限元软件建立电池的热效应模型,并根据预测的电池生热率以及比热容估计出电池的温度场,即实时温度场经过所述一段时间后的预测温度场数值;4) 实时对单体电池的最高温度、最高的温升速率、电池模块的平均温度、平均温升速率、电池组的平均温度和平均温升速率与相应的一级散热阈值、二级散热阈值或关断阈值之间的大小关系,以及预测温度场内的温度值与相应所述各个散热阈值之间的大小关系进行判断,如任一判断参数小于相应的阈值时,通过控制模块 7 执行相应的散热级别措施。

[0034] 预测模块 5 在加热工作模式下具体作用过程与以上散热作用过程类似,一种优选的设置可以为:

[0035] 设定一个加热中止温度 T_s ,将所获得的预测电池组的温度场、电池组的实时温度

场与预先设定的加热中止温度这三个温度来进行比较;具体设置可以是:若预测温度 T_F 高于加热中止温度 T_S , 即 $T_F - T_S \geq 0$, 则中止加热;若 $T_S - T_F$ 小于一定数值 T_{SS} (即距离加热中止温度 T_S 较近), 则预测模块 5 通知控制模块 7 采用较低的加热级别;若 $T_S - T_F$ 不小于所述一定数值 T_{SS} (即距离加热中止温度 T_S 较远), 则预测模块 5 通知控制模块 7 采用较高的加热级别。所述较高加热级别指采用高的加热功率, 所述较低加热级别指采用低的加热功率。当然, 本领域技术人员还可以根据需要通过设定 $T_S - T_F$ 的值在多于 2 个取值范围内取值来设定多于 2 个的对应加热级别。

[0036] 显示模块 6, 显示的信息至少包括所述预测模块预测的所述电池单元的温度场分布以及当前电池单元的告警状态;还可以包括实时温度场信息。

[0037] 控制模块 7, 用于在散热工作模式下根据所述评估模块得到的比较结果, 以及所述预测模块预测到的温度场分布与对应的所述各个散热按阈值的比较结果来提供相应的散热控制信号, 所述散热控制信号包括散热、关断、告警三种控制信号中的一种或多种;以及用于在加热工作模式下根据所述预测模块预测到的温度场分布中的温度值与预设定的加热中止温度 T_S 之间的差值所处的不同数值范围来提供相对应的加热控制信号, 其中所述加热控制信号包括多个加热级别的加热控制信号。

[0038] 对于具体的散热级别而言, 具体可以有, 一级散热: 采用组装在系统内部的风机, 通过并行通风的方式利用空气对电池进行冷却 (或通风), 以达到电池组散热目的;二级散热: 在模块间布置管线, 或围绕模块布置夹套, 采用水、乙二醇或制冷剂作为传热介质, 以达到电池组散热目的;关断: 控制模块接收到关断信号后, 触发启动开关、继电器等关断电池回路, 以达到降低电池潜在燃烧、爆炸危险的目的。

[0039] 关断、二级散热、一级散热可以措施可以并行, 例如仅超过一级散热阈值时, 只执行一级散热措施, 超过二级散热阈值而未超过关断阈值时, 同时执行二级散热和一级散热措施;超过关断阈值时, 三种散热措施都执行。

[0040] 对于具体的散热级别而言, 具体可以有, 两级以上的加热级别, 其中, 较高级别的加热级别的加热功率高于较低级别的加热功率。

[0041] 实施例 1: 对非正常工况下由 11Ah 的单体电池组成的动力电池模块采取的热管理方法。所给出的实施例仅仅是为了说明本发明的技术方案, 而不是为了限制本发明的保护内容。

[0042] 电池组含有 20 个电池模块, 每个电池模块由 6 个单体电池串联而成, 其中单体电池的标称电压为 3.7V, 标称容量为 11Ah, 单体电池组成: 正极活性材料为 LiMn_2O_4 , 负极活性材料为石墨, 电解液的主要成分为 LiPF_6 、EC (碳酸乙烯酯) 和 DMC (碳酸二甲酯), 以及 celgard 2325 隔膜等。

[0043] 在防爆箱 (型号 H-FZ-500) 中对电池模块进行撞击试验, 使电池模块升温, 用数据采集器 (型号 FLUKE2620) 采集各个单体电池的温度。

[0044] 在某次撞击试验过程中, 各单体电池的最高温度和最高温升速率数据, 以及电池模块的平均温度和平均温升速率, 如表 1 所示。

[0045] 表 1 温度和温升速率数据

[0046]		最高温度 (°C)	最高温升速率 (°C/s)	平均温度 (°C)	平均温升速率 (°C/s)
	单体电池	36.54	0.325	—————	—————
	电池模块	—————	—————	29.72	0.11

[0047] 该电池设置的一级散热阈值、二级散热阈值和关断阈值如表 2 所示。

[0048] 表 2 设置的阈值

[0049]

	单体电池		电池模块		电池组	
	最高温度 (°C)	最高温升速率 (°C/s)	平均温度 (°C)	平均温升速率 (°C/s)	平均温度 (°C)	平均温升速率 (°C/s)
一级散热阈值	30	0.6	29.5	0.5	29	0.4
二级散热阈值	35	0.65	33	0.55	32	0.45
关断阈值	45	2	40	1.8	35	1.4

[0050] 经过本发明提出的电池热管理中的控制模块,可以得到单体电池的最高温度超过二级散热阈值,单体电池的最高的温升速率小于一级散热阈值,电池模块的平均温度超过一级散热阈值,电池模块的平均温升速率小于一级散热阈值,所以电池热管理系统对电池采取二级散热,例如,二级散热为对电池进行液体散热,一级散热措施为对电池进行空气散热。

[0051] 经过本发明提出的电池热管理中的预测模块,可以得到经过 156s 后,单体电池的最高温度 (34.62°C) 低于其相应的二级散热阈值 (35°C) 但仍高于其相应的一级散热阈值 (30°C),通过控制模块反馈给电池管理中心,关闭液体散热措施,开启一级散热措施,即对电池进行空气散热。经过 456s 后,单体电池的最高温度 (29.83°C) 低于其相应的一级散热阈值 (30°C),通过控制模块反馈给电池管理中心,关闭一级散热措施,回复电池组的正常工作状态。

[0052] 利用预测到的温度场分布结果与各个散热阈值进行比较并进而采取散热措施的过程同上。针对预测的温度场分布以及实测的各个温度值,分别与对应的所述各个散热阈值的大小关系进行判断,并执行其中较高级别的散热措施。例如,当预测的温度场分布中的温度值高于关断散热阈值,而实测的各项温度值低于关断阈值而均高于二级散热阈值时,则该热管理装置采取较高级别的散热措施,即采取关断措施。

[0053] 实施例 2:实验电池组包括 20 个模块,每个模块由 6 个单体电池串联,其中单体电池样品参数为:1) 额定电压 3.7V,额定容量 11Ah;2) 电池的组成:正极活性材料为 LiMn_2O_4 ,负极活性材料为石墨,电解液的主要成分为 LiPF_6 、EC(碳酸乙烯酯)和 DMC(碳酸二甲酯),以及 celgard 2325 隔膜等。

[0054] 试验仪器:调温调湿箱,型号 SPHH-101;FLUKE 2620 数据采集器,型号 WT 210 DIGITAL POWERMETER);MACCOR 综合电池测试仪,型号 3400 30V 5A。

[0055] 试验过程：实时监测电池的温度和温升速率值，根据 Bernardi 生热率模型估计电池的生热率，并通过对电池组成成分材料的热容加权平均估算出电池的比热容，应用有限元软件建立电池的热效应模型，并根据预测的电池生热率以及比热容估计出电池的温度场，预测的温度场值为 10 秒后的温度场预期值。设定 $T_s = 16^\circ\text{C}$ ，所述一定数值 $T_{ss} = 3^\circ\text{C}$ ，

[0056] 当预测温度 T_f 不低于加热中止温度 T_s 时，即， $T_f \geq T_s$ 时控制模块执行中止加热操作；当 $T_s - T_f = T_{ss}$ 小于 3°C 时，执行加热功率为 $0.6P$ 的加热措施； $T_s - T_f = T_{ss} \geq 3^\circ\text{C}$ 时，执行加热功率为 P 的加热措施。

[0057] 一般，在加热工作模式下，由于预测温度均高于实测温度，所以，一般只比较预测温度 T_f 与设定温度 T_s 来获得具体的加热措施。

[0058] 实施例中提及了利用 Bernardi 生热率模型估计电池的生热率，显然还可以采用本领域已知的其它的生热率模型；还提及了利用有限元软件建立电池的热效应模型，显然还可以采用本领域已知的其它的热效应模型；同时，所获得的预期的温度场值与实时温度场的时间差也可以根据需要进行调整。

[0059] 综上，虽然上面已详细描述了本发明的实施方式，但在不偏离本发明的精神或实质特征的情况下，本发明还可以用其它的形式来体现。因此，以上的描述仅仅是为了说明，而不是为了限制。本发明的保护范围应由所附权利要求而不是说明书中的以上描述来限定。所有在权利要求含义内的等价变换均应落入本发明的保护范围之内。

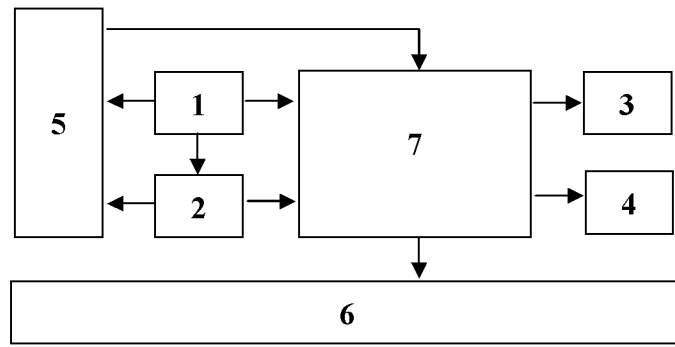


图 1