



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107134604 A
(43)申请公布日 2017.09.05

(21)申请号 201710196493.4

(22)申请日 2017.03.29

(71)申请人 南京航空航天大学
地址 210016 江苏省南京市秦淮区御道街
29号

(72)发明人 李玉芳 郭阳东 邵东晓 赵万忠
张文浩 陈明诺

(74)专利代理机构 江苏圣典律师事务所 32237
代理人 贺翔

(51)Int. Cl.
H01M 10/613(2014.01)
H01M 10/625(2014.01)
H01M 10/633(2014.01)

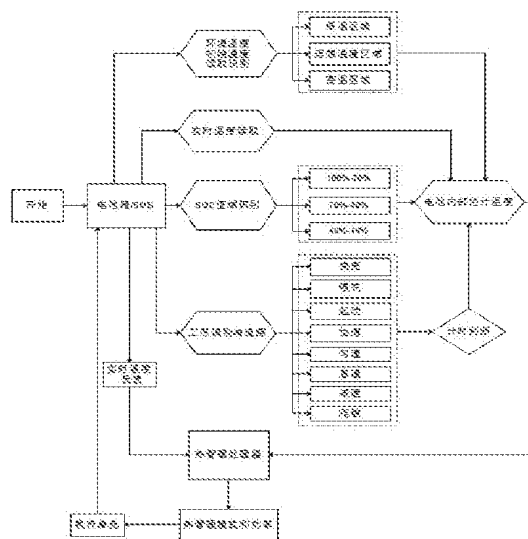
权利要求书1页 说明书4页 附图5页

(54)发明名称

一种基于工况特性的动力电池热管理方法

(57)摘要

本发明提供了一种基于工况特性的动力电池热管理方法,基于电池包温度传感器测量值对电池单体内部温度进行估计,并以此估计值作为动力电池包热管理逻辑控制参数。以温度测量值、SOC估计值、环境温度和动力电池实时输出工况特性等作为估算模型输入,基于动力电池温升模型预测动力电池的内部温度,提前开启散热指令及散热风扇功率选择,能更合理地解决当前动力电池散热策略控制单一、迟滞等问题。



1. 一种基于工况特性的动力电池热管理方法,其特征在于包括以下步骤:

1) 测量电池外部温度 T_{surf} 和环境温度 T_{amb} ;

2) 设 q 为电池生热速率, C_p 为电池等效热容,建立动力电池的等效电热阻模型微分方程

$$\text{为 } \frac{dT_{surf}}{dt} = \frac{T_{amb} - T_{surf}}{C_p(R_{in} + R_{out})} + \frac{qR_{out}}{C_p(R_{in} + R_{out})};$$

3) 利用电池管理系统获得SOC值域,根据当前动力电池的工作电流判断汽车当前的典型工况类型,根据SOC值域和工况类型得到典型工况下热稳态时刻的生热速率 q_{∞} ,得到电池表面与环境之间的等效热阻 $R_{out} = \frac{T_{surf,\infty} - T_{amb}}{q_{\infty}}$,从而得到电池内部与表面的等效热阻

$$R_{in} = R_{out} \frac{T_{in} - T_{surf}}{T_{surf} - T_{amb}};$$

4) 根据电池内部温度的预测模型方程 $T_{in} = T_{surf} (1 + \frac{R_{in}}{R_{out}}) - T_{amb} \frac{R_{in}}{R_{out}}$ 得到电池内部温度 T_{in} ;

5) 根据步骤1)至步骤4)搭建电池内部温度估计模型,该模型的输入量为动力电池的工作电流、SOC值域、电池外部温度和环境温度,输出量为电池的内部温度;

6) 循环步骤1)至步骤5),热管理处理器根据步骤5)输出的电池的内部温度对动力电池进行温度管理。

2. 根据权利要求1所述的基于工况特性的动力电池热管理方法,其特征在于:步骤6)中,利用电池箱内多点传感器测量温度获得电池当前的实时温度,热管理处理器接收步骤6)获得的实时温度的反馈,对温度管理指令进行闭环修正。

3. 根据权利要求1或2所述的基于工况特性的动力电池热管理方法,其特征在于:步骤3)所述的典型工况类型包括慢充、快充、启动、加速、减速、怠速和爬坡。

一种基于工况特性的动力电池热管理方法

技术领域

[0001] 本发明涉及电动汽车动力电池的BMS系统领域,具体是一种基于工况特性的动力电池热管理方法。

背景技术

[0002] 动力电池组的热管理不但能为其提供合理的工作温度范围,保证其良好的工作特性外,温升特性还能用于动力电池的故障辅助判断。目前,公知的动力电池散热策略都是基于电池包温度的开环或闭环控制,当电池包内温度高于预定温度时,开始启动热管理系统的散热装置,并根据温度的高低控制散热功率的大小,最后再根据温度信息的反馈,实现温度的闭环控制。但是通过在电池包内布置有限传感器的电池温度测量,由于传感器布置位置 and 不同环境温度对传热特性的影响,不但各传感器测量值存在较大差异,造成测量值无法准确表征单体内部的温度,同时,仅以温度一个状态量作为控制逻辑门限,会导致系统散热控制的滞后。

发明内容

[0003] 本发明为了解决现有技术的问题,提供了一种基于工况特性的动力电池热管理方法,

[0004] 本发明的技术方案为:主要以三类参数为输入和依据:温度值、SOC值、工况特性。温度值包括环境温度、动力电池包的初始温度(即电池包外部温度,在汽车冷启动时初始温度等于环境温度,在热启动时高于环境温度。)和实时温度以及内部估计温度,其中内部估计温度是该热管理策略的核心参数;环境温度在电动汽车冷启动时等于动力电池的初始温度,但在热启动下初始温度要高于环境温度;环境温度和初始温度用于热管理系统模式的初始化,并作为电池内部温度估计算法的输入量;电池实时温度为电池箱内温度传感器多点测量温度,采样时间和精度要求很高,需要实时反馈到热管理系统,一方面用于估算电池内部温度,一方面用于闭环优化管理。SOC值是动力电池的荷电状态,因为SOC值与动力电池的内阻关系密切,SOC值将主要用于动力电池产热功率的估计和修正,并且作为电池内部温度估计算法的主要输入量;工况类型主要指电动汽车典型的工况类型,包括静态的快充、慢充工况,起动、加速、匀速、爬坡、怠速、减速工况,该参数不仅要求能够瞬时识别,还要求对该工况参数进行稳态追踪计时,以计算动力电池的生热功率及生热量,修正温度传感器温度采集上的滞后和延误。基于工况特性的散热管理策略中集成了各种环境温度、各种SOC值域及各种工况特性下动力电池的生热功率和温升规律,当热管理系统自主识别到三类参数后,经过处理器内部的运行计算,选择理想的散热功率,并发出散热指令,通过实时温度和工况检测,实现闭环优化管理控制。

[0005] 本发明包括以下步骤:

[0006] 1) 测量电池外部温度 T_{surf} 和环境温度 T_{amb} ;

[0007] 2) 设 q 为电池生热速率, C_p 为电池等效热容,建立动力电池的等效电热阻模型微分

方程为 $\frac{dT_{surf}}{dt} = \frac{T_{amb} - T_{surf}}{C_p(R_{in} + R_{out})} + \frac{qR_{out}}{C_p(R_{in} + R_{out})}$;

[0008] 3) 利用电池管理系统获得SOC值域, 根据当前动力电池的工作电流判断汽车当前的典型工况类型, 根据SOC值域和工况类型得到典型工况下热稳态时刻的生热速率 q_{∞} , 得到电池表面与环境之间的等效热阻 $R_{out} = \frac{T_{surf, \infty} - T_{amb}}{q_{\infty}}$, 从而得到电池内部与表面的等效热阻

$$R_{in} = R_{out} \frac{T_{in} - T_{surf}}{T_{surf} - T_{amb}};$$

[0009] 4) 根据电池内部温度的预测模型方程 $T_{in} = T_{surf} (1 + \frac{R_{in}}{R_{out}}) - T_{amb} \frac{R_{in}}{R_{out}}$ 得到电池内部温度 T_{in} ;

[0010] 5) 根据步骤1) 至步骤4) 搭建电池内部温度估计模型, 该模型的输入量为动力电池的工作电流、SOC值域、电池外部温度和环境温度, 输出量为电池的内部温度;

[0011] 6) 利用电池箱内多点传感器测量温度获得电池当前的实时温度;

[0012] 7) 循环步骤1) 至步骤6), 热管理处理器根据步骤5) 输出的电池的内部温度对动力电池进行温度管理, 并接收步骤6) 获得的实时温度的反馈, 对温度管理指令进行闭环修正。

[0013] 本发明有益效果在于: 实时监测电池温度参数、SOC参数以及工况参数, 准确估计动力电池内部温度, 预判动力电池的温升规律, 提前做出散热管理指令, 并利用实时温度实现闭环反馈管理, 修正了散热管理的滞后性、延误性, 保障动力电池一直工作在理想温度范围内。

附图说明

[0014] 图1是本发明的开环流程原理框架图。

[0015] 图2是实现电池内部温度估计的流程图。

[0016] 图3是基于工况特性的热管理策略逻辑图。

[0017] 图4是动力电池的等效电热阻模型。

[0018] 图5是电池内部温度估计模型。

[0019] 图6是电池内部估算温度曲线。

具体实施方式

[0020] 下面结合附图和具体实施方式对本发明做进一步说明。

[0021] 在图1中, 电池内部估计温度是基于工况特性散热策略的核心参考参数, 内部温度估计模型需要考虑工况参数、SOC值域以及环境温度、初始温度、实时温度, 在开环控制中, 热管理处理器只需要根据电池内部温度实时管理电池包温度。

[0022] 在图2中, 电池内部温度估计算法集中了五个输入量, 分别是SOC估计值、工况输入量、电池箱内多点测量温度值、环境温度、初始温度。其中SOC估计值来自电池管理系统BMS, 工况输入主要是动力电池输出功率或工作电流, 电池箱内多点测量温度值则需要经过预处理得出平均温度或最高温度。

[0023] 在图2中, SOC值域在估算模型中用于预测电池内阻以及作为计算动力电池生热量

的主要参数,工况输入量用于计算动力电池的实时生热量,电池箱内多点测量温度值作为电池内部温度估计基准和实时修正标准,环境温度和初始温度用于初始化内部温度估计模型。

[0024] 在图3中,整个热管理策略的运行逻辑始于电池箱/BMS模块,环境温度、初始温度、实时温度、SOC值、工况参数输入量均来自该模块。环境温度、初始温度输入后经过判断分析,识别出高低温及理想温度区域,初始化内部温度估计模型;实时温度输入后将作为内部温度估计算法的基准,并实时修正;SOC值域输入后将识别出电池不同内阻的区域,作为内部温度估计模型的主要参数;工况识别及追踪主要对动力电池的工作模式进行识别,并对其功率进行积分操作,计算动力电池的生热量。

[0025] 在图3中,热管理处理器参考电池内部温度对动力电池进行温度管理,并接收实时温度的反馈,对温度管理指令进行闭环修正。

[0026] 电池的生热来源于内部的电化学反应,但是电化学反应复杂,影响因素众多,复杂的数值模拟运算可以有效的仿真出电池内部真实温度,但在实际工程应用中,热管理处理器的运行内存难以支撑太复杂的数值模拟,所以数值模拟的内部真实温度不能工程应用化,但是数值模拟的内部温度可以为温度估计模型提供模型参数数据及估计效果验证,而温度估计模型只需要简单、直接的影响因子,为了准确估计电池内部温度,可以建立动力电池的等效电热阻模型,如图4所示, q 为电池生热速率, C_p 为电池等效热容, R_{in} 为电池内部与表面的等效热阻, R_{out} 为电池表面与环境之间的等效热阻, T_{in} 为电池内部温度, T_{surf} 为电池外部温度, T_{amb} 为环境温度。

[0027] 通过微分方程(1)求解电池表面温度,当电池表面温度到达稳定状态时,可得到边界方程(2),式中下标 ∞ 表示热稳态时刻。根据电池的数值模拟仿真结果,可以得到典型工况下热稳态时刻的生热速率 q_∞ ,从而得出外部等效热阻 R_{out} 。

$$[0028] \quad \frac{dT_{surf}}{dt} = \frac{T_{amb} - T_{surf}}{C_p(R_{in} + R_{out})} + \frac{qR_{out}}{C_p(R_{in} + R_{out})} \quad (1)$$

$$[0029] \quad R_{out} = \frac{T_{surf,\infty} - T_{amb}}{q_\infty} \quad (2)$$

[0030] 由能量守恒可知,流经内部热阻和外部热阻的生热量是相同的,那么内部热阻和外部热阻的比值就可通过电池内部温度、外部温度、环境温度的表达式(3)给出

$$[0031] \quad \frac{R_{in}}{R_{out}} = \frac{T_{in} - T_{surf}}{T_{surf} - T_{amb}} \quad (3)$$

[0032] 根据式(3)最后推出动力电池内部温度的预测模型方程(4)为

$$[0033] \quad T_{in} = T_{surf} \left(1 + \frac{R_{in}}{R_{out}}\right) - T_{amb} \frac{R_{in}}{R_{out}} \quad (4)$$

[0034] 由于SOC值域不同,电池的内阻有所变化,并且不同工况下,动力电池的工作倍率也不同,导致动力电池的生热速率不一样,所以预测模型的热阻参数也会有所差异,表1列出了某一SOC值域下六类工况下的预测模型参数的计算值。

[0035] 表1典型工况下估计模型参数值列表

[0036]

热阻参数	车辆工况					
	匀速	急加速	急减速	UDDS 工况	爬坡	故障工况
$R_{out}(KW^{-1})$	9.08	7.68	7.89	9.12	7.68	6.88
$R_{in}(KW^{-1})$	3.223	6.31	6.28	3.228	6.001	6.791

[0037]

R_{in}/R_{out}	0.355	0.822	0.796	0.354	0.782	0.987
------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

[0038] 在MATLAB/SIMULINK平台上搭建电池内部温度估计模型,如图5所示,该模型的输入量分别是工作电流、SOC值域、温度传感器测量的电池表面温度、环境温度,输出量是电池的内部温度。在SOC某一值域下,工作电流与动力电池的输出功率成正比,根据动力电池的输出功率判断车辆的运行工况,从而得到对应的模型参数值,当识别到参数值,结合电池表面温度和环境温度,估计出电池内部温度。

[0039] 由于电池内部温度在实际电池热管理系统中,不能直接获取,只能参考传感器采集的电池表面温度,该温度作为热管理系统的关键参数,直接影响温度管理的实际效果。理论上表面温度越接近内部温度,越具有参考价值,但是即使高精度高速率的采集系统,也无法测得电池内部的实际温度。

[0040] 为了验证内部温度估计模型的有效性,本发明利用内部温度估计模型,在SOC某一值域下,对动力电池急加速工况下的内部温度进行了估计,并和数值模拟的电池内外仿真温度进行了对比,如图6所示。由于锰酸锂动力电池的理想工作温度范围一般在298.15K(25℃)左右,所以将仿真的环境温度设为298.15K(25℃)。

[0041] 根据电池表面温度、环境温度,基于工况参数模型,对电池内部温度进行估计,通过图3中曲线可以看出,内部估算温度始终处于电池内部实际温度和电池表面温度之间,内部估计温度始终跟随着内部实际仿真温度,在电池表面温度和环境温度差异很小的电池工作初期阶段,电池内部估算误差较大,因为此时受环境温度影响较大,而环境温度与电池内部温度差异很小,所以此时的估计误差较大,但此时的内部实际温度也处于理想的温度范围内,该估计误差对电池的温度管理影响较小。当电池工作一段时间,电池内部实际仿真温度与电池表面温差超过1℃后,此时电池内部温度的估计误差开始缩小,内部估算温度紧紧跟随内部实际仿真温度,而这时动力电池的散热管理也需要适时开启,基本可以实现电池温度的精确管理。

[0042] 本发明具体应用途径很多,以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以作出若干改进,这些改进也应视为本发明的保护范围。

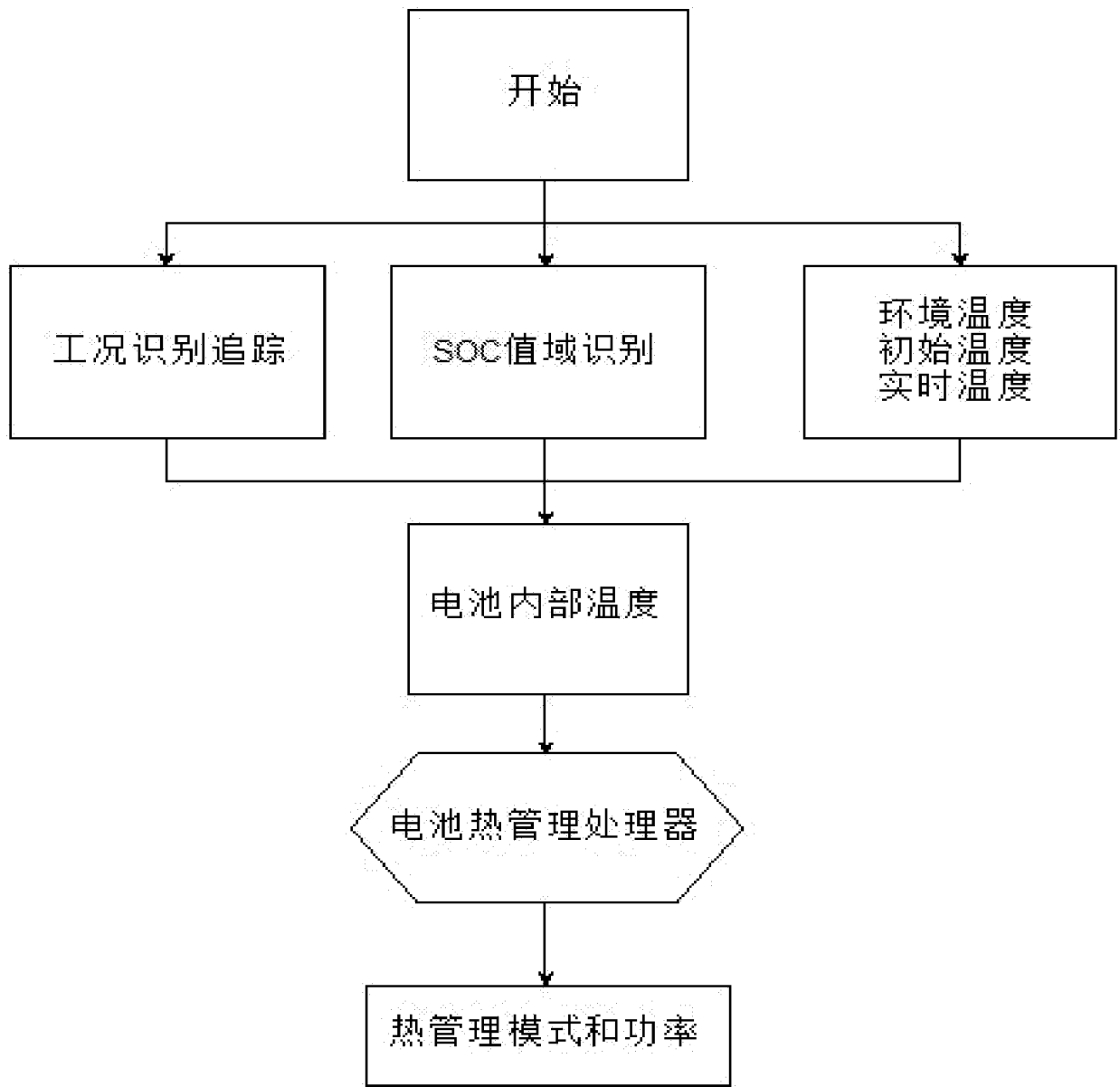


图1

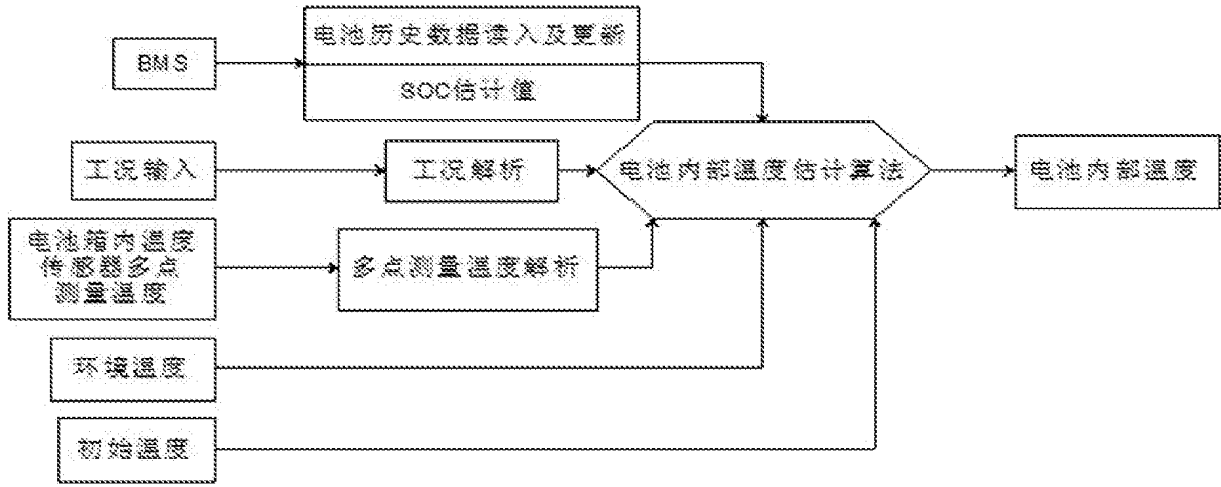


图2

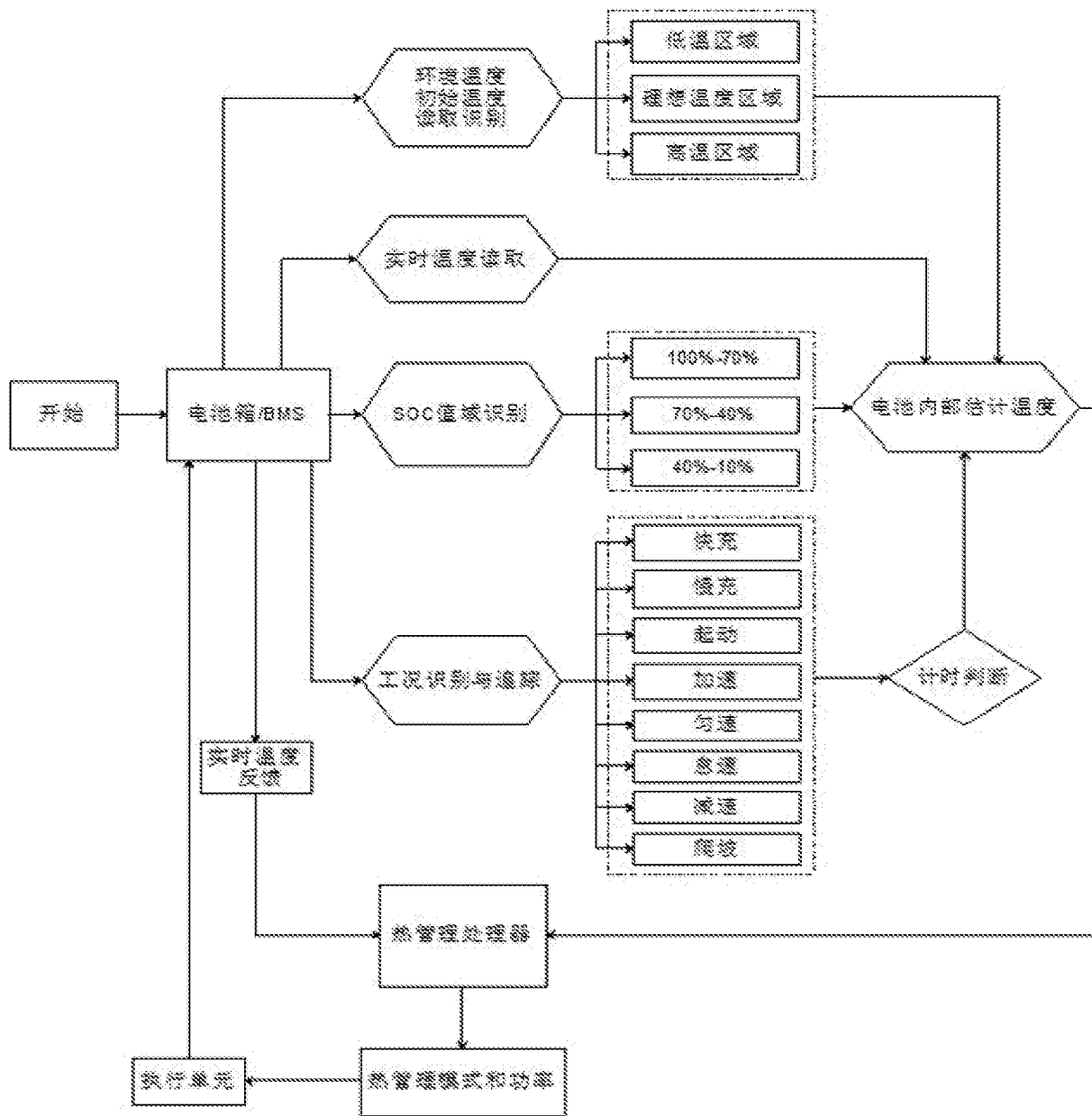


图3

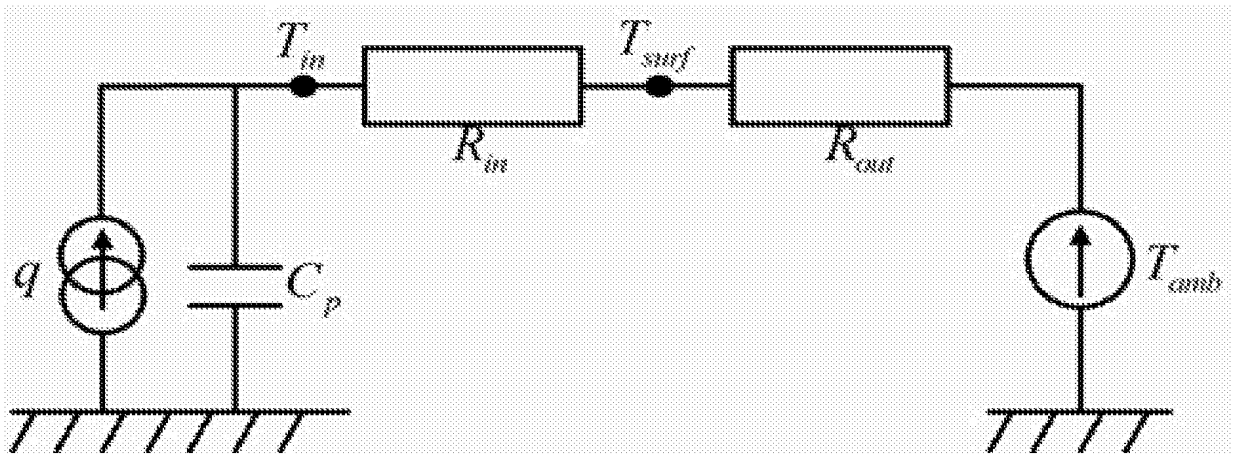


图4

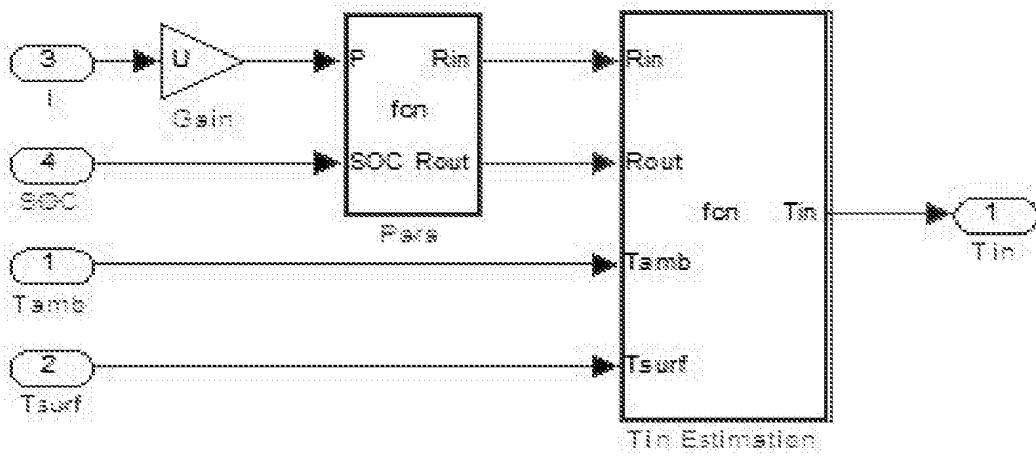


图5

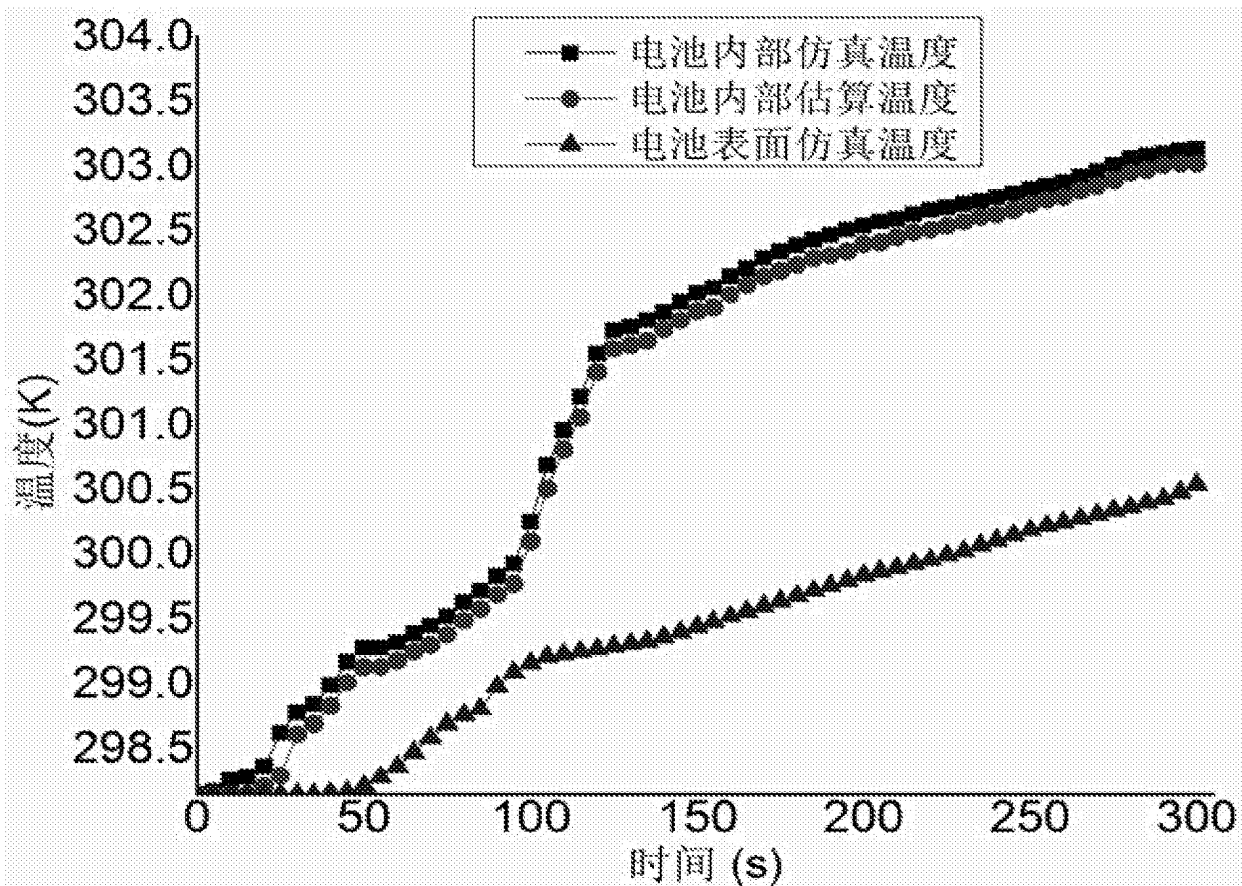


图6