



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111703307 A

(43)申请公布日 2020.09.25

(21)申请号 202010693129.0

H02J 7/34(2006.01)

(22)申请日 2020.07.17

H02P 27/06(2006.01)

H02M 7/66(2006.01)

(71)申请人 浙江工业大学

地址 310014 浙江省杭州市下城区朝晖六区

(72)发明人 陈晨 冯帅明 孔明民 夏起

(74)专利代理机构 杭州浙科专利事务所(普通合伙) 33213

代理人 周红芳 朱盈盈

(51) Int. Cl.

B60L 7/10(2006.01)

B60L 50/60(2019.01)

B60L 50/40(2019.01)

B60K 11/04(2006.01)

B60L 58/26(2019.01)

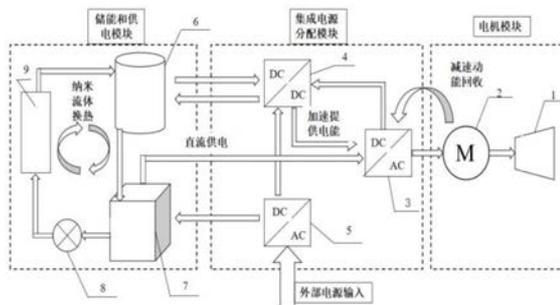
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种基于EDLC模块化电动车高功率储能与热管理系统

(57)摘要

本发明公开了一种基于EDLC模块化电动车高功率储能与热管理系统,包括电机模块、集成电源分配模块、储能供电模块及外部电源,所述电机模块包括驱动轮及电机,所述电机用于电能与动能之间的相互转化;所述集成电源分配模块包括第一逆变器、功率转换器及第二逆变器,用于充电功率转换及交流直流相互转化;所述储能供电模块包括超级电容器、锂电池、泵及散热器,用于电能的储放转化及换热。本发明的有益效果是:应用超级电容器替换普通电容器具有充放电功率大且能量密度也不低的优点,在制动汽车时能够回收更多的能量,加速时也能够均衡高效地实现电能转换,提高了系统能量利用效率。



1. 一种基于EDLC模块化电动车高功率储能与热管理系统,其特征在于,包括电机模块、集成电源分配模块、储能供电模块及外部电源,所述电机模块包括驱动轮(1)及电机(2),用于电能与动能之间的相互转化;所述集成电源分配模块包括第一逆变器(3)、功率转换器(4)及第二逆变器(5),用于充电功率转换及交流直流相互转化;所述储能供电模块包括超级电容器(6)、锂电池(7)、泵(8)及散热器(9),用于电能的储放转化及换热。

2. 根据权利要求1所述的一种基于EDLC模块化电动车高功率储能与热管理系统,其特征在于,所述电机(2)在车辆制动时通过电路向第一逆变器(3)输送电能,进而通过功率转换器(4)输送到超级电容器(6)进行储能。

3. 根据权利要求1所述的一种基于EDLC模块化电动车高功率储能与热管理系统,其特征在于,所述外部电源输入至第二逆变器(5);第二逆变器(5)与锂电池(7)相连,并通过锂电池(7)直接储能,同时所述第二逆变器(5)与功率转换器(4)相连,并通过功率转换器(4)进行升降压将电能储存在超级电容器(6)中。

4. 根据权利要求1所述的一种基于EDLC模块化电动车高功率储能与热管理系统,其特征在于,所述锂电池(7)充满电进行放电,放电电能一部分输送给泵(8)做功,通过管路输送纳米流体,在散热器(9)两侧进行换热,释放热量;另一部分输送到第一逆变器(3)转换为交流电,随后通过电机(2)带动驱动轮(1)转动。

5. 根据权利要求4所述的一种基于EDLC模块化电动车高功率储能与热管理系统,其特征在于,所述超级电容器(6)、锂电池(7)、泵(8)及散热器(9)共同构成纳米流体高效换热系统,所述纳米流体高效换热系统吸收超级电容器(6)及锂电池(7)电能转化过程中释放的热能。

6. 根据权利要求1所述的一种基于EDLC模块化电动车高功率储能与热管理系统,其特征在于,所述超级电容器(6)在加速阶段进行放电,将电能传输到功率转换器(4)进行升降压,升降压之后将电能输送到第一逆变器(3)进行转换,转换后带动电机(2)转动,从而带动驱动轮(1)转动。

## 一种基于EDLC模块化电动车高功率储能与热管理系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及新能源汽车储能和热管理技术领域,涉及一种基于EDLC模块化电动车高功率储能与热管理系统。

### 背景技术

[0002] 作为电动汽车的动力来源,电池的性能决定了车辆的动力性,电池的寿命决定了电池的性能,而电池的温升又会影响其寿命。电池容量(在一定条件下,电池能释放出的电量)有限,因此纯电动汽车的续航里程受到制约。能量回收系统的研究是其的核心技术之一。能量回收系统是指汽车减速或制动时将其中的一部分动能转化为电能,并加以存贮后再利用到驱动汽车行驶中。

[0003] 目前动力电池的热管理问题得到了专家和学者的广泛关注,针对这一问题提出一些解决方案,通常采用的为空冷散热通风方式,一般有串行和并行两种,日本丰田公司的混合动力电动汽车Prius、RAV-6以及本田公司的Insight电池包都采用了空冷的方式。空冷方案有着结构简单、重量相对较小、成本较低的优点,缺点在于空气与电池壁面之间换热系数低,冷却速度慢,电池单体间温度分布均匀性差,且在极端工况下,例如夏季高温,无法及时有效地将电池热量散发。这对动力电池的安全运行是非常不利的。也有学者提出了非接触式液冷系统,可以显著降低电池组的温度,但液冷系统在持续运行中消耗电池组的能量,会导致电池组储能的降低,缩短电动汽车的行驶续航里程。

[0004] 国外有关研究表明,在较频繁制动与起动的城市工况运行条件下有效地回收制动能量可使电动汽车的行驶距离延长40%-60%。合理将制动能量回收,可以在一定程度上缓解电动汽车续航里程短的不足。目前有两种常见的制动能量回收系统,一种能量回收系统通过以机械制动为主,电机制动予以辅助,当刹车踏板被踩下时,机械制动立即生效,这样可以有效保证制动性能;另一种能量回收系统包括纯电动汽车离合制动机构、整车控制器、电机、电池和刹车灯。当驾驶员踩下离合踏板和刹车踏板时,传感器将制动动作转化为电信号,传给整车控制器,由整车控制器完成制动意图和制动强度的判断,并发出指令给电机,控制电机的转速,以及刹车灯的开关,该系统将传感器技术和汽车制动系统结合,实现了对纯电动汽车动力传动系统合理地控制,与能量回收控制系统相结合,可有效地改善整车动力性和经济性。

[0005] 上述两种制动能量回收方案,前者在机械制动生效过程必然伴随着动能转换为热能损耗掉,这部分能量无法回收回到动力电池里,造成能量的浪费;后者始终采用整车控制器计算扭矩指令给电机控制器,没有考虑制动系统的介入,能量回收率较低。

### 发明内容

[0006] 本发明是针对新能源汽车的动力电池散热及制动能量回收的问题,提出了一种基于EDLC模块化电动车高功率储能与热管理系统,不仅能够节能减排,减少燃油消耗和尾气排放量,还能减少系统能量损失,大大提高纯电动汽车续航里程和车辆安全性能。对于应对

复杂的城市行车环境和节能环保具有重要的理论指导意义和实际价值。

[0007] 本发明的技术方案如下：

[0008] 一种基于EDLC模块化电动车高功率储能与热管理系统，其特征在于，包括电机模块、集成电源分配模块、储能供电模块及外部电源，所述电机模块包括驱动轮及电机，所述电机用于电能与动能之间的相互转化；所述集成电源分配模块包括第一逆变器、功率转换器及第二逆变器，用于充电功率转换及交流直流相互转化；所述储能供电模块包括超级电容器、锂电池、泵及散热器，用于电能的储放转化及换热。

[0009] 所述的一种基于EDLC模块化电动车高功率储能与热管理系统，其特征在于，所述电机在车辆制动时通过电路向第一逆变器输送电能，进而通过功率转换器输送到超级电容器进行储能。

[0010] 所述的一种基于EDLC模块化电动车高功率储能与热管理系统，其特征在于，所述外部电源输入至第二逆变器；第二逆变器与锂电池相连，并通过锂电池直接储能，同时所述第二逆变器与功率转换器相连，并通过功率转换器进行升降压将电能储存在超级电容器中。

[0011] 所述的一种基于EDLC模块化电动车高功率储能与热管理系统，其特征在于，所述锂电池充满电进行放电，放电电能一部分输送给泵做功，通过管路输送纳米流体，在散热器两侧进行换热，释放热量；另一部分输送到第一逆变器转换为交流电，随后通过电机带动驱动轮转动。

[0012] 所述的一种基于EDLC模块化电动车高功率储能与热管理系统，其特征在于，所述超级电容器、锂电池、泵及散热器共同构成纳米流体高效换热系统，所述纳米流体高效换热系统吸收超级电容器及锂电池电能转化过程中释放的热能。

[0013] 所述的一种基于EDLC模块化电动车高功率储能与热管理系统，其特征在于，所述超级电容器在加速阶段进行放电，将电能传输到功率转换器进行升降压，升降压之后将电能输送到第一逆变器进行转换，转换后带动电机转动，从而带动驱动轮转动。

[0014] 本发明的有益效果是：

[0015] 1) 一种基于EDLC模块化电动车高功率储能与热管理系统，应用超级电容器替换普通电容器具有充放电功率大(即充放电速度快)且能量密度也不低(充电量比电池低，比普通电容器要高)的优点，在制动汽车时能够回收更多的能量，加速时也能够均衡高效地实现电能转换，提高了系统能量利用效率；

[0016] 2) 本发明所述的一种基于EDLC模块化电动车高功率储能与热管理系统，由于结合超级电容器(EDLC)的储能供电模块快速充放电容易引起温升，导致自燃风险。利用 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 纳米流体用作换热管中的冷却工质，进一步提高换热系数，在相同时间内，可实现快速冷却，减少电池储能元件的热损耗，提高储能元件使用寿命，降低温升引发的风险。

## 附图说明

[0017] 图1为本发明的系统原理图；

[0018] 图2为本发明的结构示意图；

[0019] 图3为本发明的纳米流体换热系统示意图；

[0020] 图4为本发明的能量管理系统算法流程图；

[0021] 图中:1-驱动轮、2-电机(M)、3-第一逆变器(DC-AC)、4-功率转换器(DC-DC)、5-第二逆变器(DC-AC)、6-超级电容器(EDLC)、7-锂电池、8-泵、9-散热器。

### 具体实施方式

[0022] 下面结合附图及具体实施例对本发明作进一步的详细说明。

[0023] 如图1-4所示,一种基于EDLC模块化电动车高功率储能与热管理系统,包括电机模块、集成电源分配模块及储能供电模块,包括驱动轮1、电机2、第一逆变器3、功率转换器4、第二逆变器5、超级电容器6、锂电池7、泵8及散热器9。

[0024] 电机模块包括驱动轮1及电机2,电机2与汽车驱动轴传动连接。

[0025] 集成电源分配模块包括第一逆变器3、功率转换器4及第二逆变器5;第一逆变器3将电机2回收的电能为交流电转变为直流电,并将直流电输送至功率转换器4;同时也可以将锂电池7放电时的直流电转化为交流电,驱动电机2的转动;功率转换器4作为功率转换装置,是一个降压/升压转换器,可以在升压和降压配置下工作,从而使电能高效的存储到蓄能装置中;同时也可以将超级电容器6释放的能量经过功率转换后驱动电机2的转动;第二逆变器5将外部电源输入的电能为交流变直流转换,将直流电输送给锂电池7及功率转换器5;

[0026] 储能和供电模块包括超级电容器6型号为Maxwell BM0D0165P048全新增强型48V直流供电模块;锂电池7型号为21700锂电池,单个规格为3.7V,3200mAh,产生能量为11.84e-3kWh、泵8及换热器9;超级电容器6在汽车制动时,将逆变器升降压过后的电能储存起来;当汽车加速时,超级电容器6放电,把储存的电能输送给功率转换器4;锂电池7从第二逆变器5获得电能,放电带动泵的转动将纳米流体输送至散热器9中,纳米流体与散热器8管路两侧的超级电容器6、锂电池7进行换热降温;

[0027] 在加速阶段时,电机可以驱动车辆;当电动汽车制动时,由于车身及其负载的惯性,驱动轮1带动驱动轴旋转,电机2与汽车驱动轴传动连接,驱动轴将转矩输向电机2,并拖动电机转动,电机转子成为一个旋转磁场,定子线圈做切割磁力线运动,从而产生感应电动势,感应电流流经第一逆变器3,逆变器将回收的交流电转换为直流电;电能随之流经功率转换器4,功率转换器作为功率转换装置,是一个降压/升压转换器,可以在升压和降压配置下工作,使之满足电容充电电压要求,从而使电能高效的存储到超级电容器6中;电机2作为发电机使用,处于发电状态;

[0028] 当外部电源接入时,电流经过第二逆变器5,第二逆变器5将输入交流电变为直流电,经过第二逆变器5的一部分电能对锂电池7进行充电,另一部分电流流经功率转换器4进行升降压过程处理,将电流输入到储能装置超级电容器6中。

[0029] 当新能源汽车加速时,储能装置超级电容器6回收的能量进行放电,电能通过功率转换器4进行升降压过程处理,将回收的电能输入到第一逆变器3,进行直流电转换为交流电的过程;交流电输向电机2中,通电导线在磁场中受力运动的方向跟电流方向和磁力线(磁场方向)方向有关,磁场对电流受力的作用,使电机转动;电机2与汽车驱动轴传动连接,带动驱动轴转动,从而带动驱动轮1转动,驱动车辆行驶;此时电机2作为电动机使用,处于放电状态;

[0030] 当新能源汽车行进过程中,储存在锂电池7中的电能进行放电,一部分电流输送到

泵8中,电能转换为机械能带动泵的转动将纳米流体输送到散热器中,对锂电池及超级电容器6进行换热冷却;另一部分锂电池中的直流电输送给第一逆变器,逆变器将提供的直流电转换为交流电,转换为的交流电输送给电机2,通电导线在磁场中受力运动的方向跟电流方向和磁力线(磁场方向)方向有关,磁场对电流受力的作用,使电机转动,电机2与汽车驱动轴传动连接,带动驱动轴转动,从而带动驱动轮1转动,此时电机2作为电动机使用,处于放电状态;

[0031] 超级电容器6、锂电池7、泵8及散热器9组成纳米流体高效换热系统,散热器9采用管翅式散热器由进水口、出水口、主片及散热器芯构成。纳米流体冷却液在散热器芯内流动,带动的泵来使纳米流体在各部位强制循环,超级电容器6和锂电池7分布在散热器管路的两侧,循环冷却液带走超级电容器和锂电池的热量。

[0032] 进一步地,设定纳米流体为5%质量分数的水基 $Al_2O_3$ 流体,进口温度 $T_{in} = 303.15K$ ,出口温度为 $T_{out}$ ,外界环境温度为 $T_0 = 298.15K$ ,锂电池组与纳米流体间换热系数为 $h_{bn}$ ,超级电容器与纳米流体间换热系数为 $h_{sn}$ ;

[0033] 设计基于Matlab Simulink开发环境,设计电源分配算法流程图,如图4所示,利用多目标遗传算法对纯电动汽车的车辆配置和控制策略进行数值优化,使得纯电动汽车热管理方案得到最优解。

[0034] 为了评估超级电容器容量和电池容量大小,便于实际系统中选型,假定超级电容器的电压 $V_{sc}$ ,电荷量为 $Q_{sc}$ ,电池电压 $V_{bat}$ ,电荷量为 $Q_{bat}$ ,其超级电容器放电有效压差为 $V_{sc} - V_{bat}$ ;

[0035] 电池电压计算表达式为:  $V_{bat} = V_0 - \frac{k}{soc} + Ae^{BQ(soc-1)}$ ; 超级电容器电压计算表达式:

$$V_{sc}(t) = V_i e^{\left(\frac{t}{RC}\right)};$$

[0036] 电池能量计算表达式:

$$E_{bat} = V_0 Q(1 - soc) - kQ\left(1 + \frac{1}{soc}\right) + AQ(1 - soc)e^{BQ(soc-1)};$$

[0038] 超级电容器能量计算表达式:  $E_{sc}(t) = \frac{1}{2}C(V_i^2 - V_f^2)$ ; 由公式能量 $E =$ 电荷量 $Q \times$ 电

压 $V$ 得到,电池电荷量 $Q_{bat} = \frac{E_{bat}}{V_{bat}}$ ; 超级电容器电荷量 $Q_{sc} = \frac{E_{sc}}{V_{sc}}$ ;

[0039] 其中, $V_0$ 是空载电压, $k$ 是极化电压常数, $Q$ 是电池容量, $A$ 是指数电压, $B$ 是电池的指数容量, $soc$ 表示电池的荷电状态,即电池剩余电量与电池总电量之比,负载电流值为 $i$ , $V_i$ 为初始电压值, $V_f$ 为终止电压值, $RC$ 为时间常数, $t$ 为充放电过程时间。

[0040] 对于计算出的电荷量进行比较,合理进行电能配置和能量回收,保证纯电动汽车能量管理方案最优。

[0041] 当电池和超级电容器存储电荷量小于额定值时,可以通过外部供给电源充电;进一步地,当车辆加速行驶具有加速度 $a_1$ 时,电池电量瞬时变化率  $\frac{dQ_{bat}}{dt} < \frac{dW}{dt}$  (车辆瞬时输

出功),此时超级电容器存储的电量提供加速所需动能,满足: $\frac{dQ_{bat}}{dt} + \frac{dQ_{sc}}{dt} \geq \frac{dW}{dt}$ , 循环总

能量 $dE = dW - dQ_{bat} - dQ_{sc} < 0$ ,需要源源不断地提供电能;进一步地,当车辆减速时,有

$\frac{dW}{dt} \geq \frac{dQ_{bat}}{dt} + \frac{dQ_{sc}}{dt}$ , 减速过程中回收的制动能量可以通过超级电容器回收,此时循环总能

量 $dE = dW - dQ_{bat} - dQ_{sc} > 0$ ;

[0042] 在实际应用中,找到车辆行驶过程中动态加速度变化范围,对应给出合理电能供应方案较为关键;对于实时给出加速度大小匹配所需电能供应大小,合理进行电能分配和能量回收,保证纯电动汽车能量管理系统的方案最优。

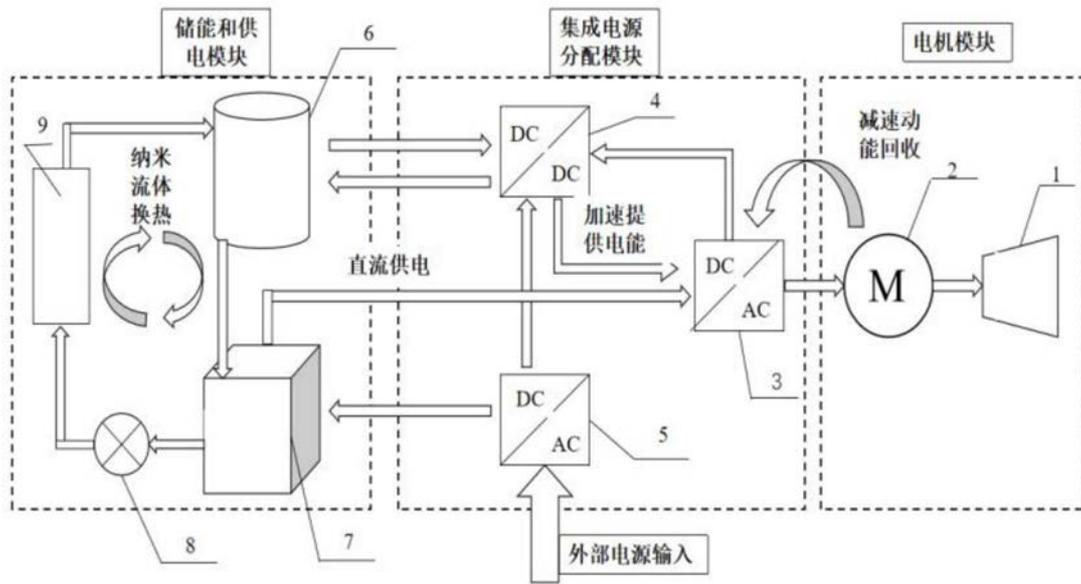


图1

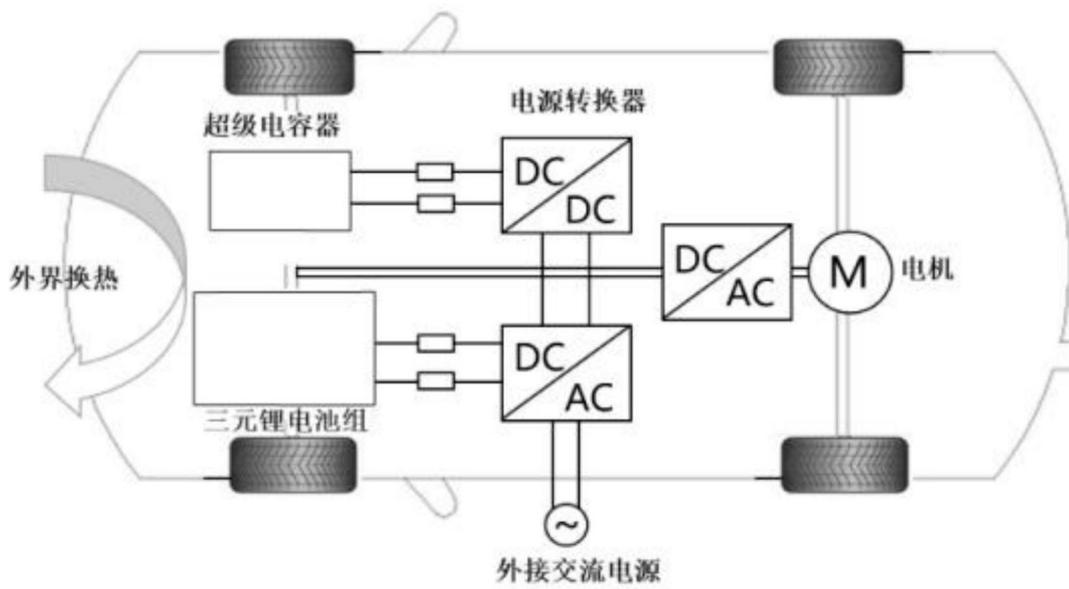


图2

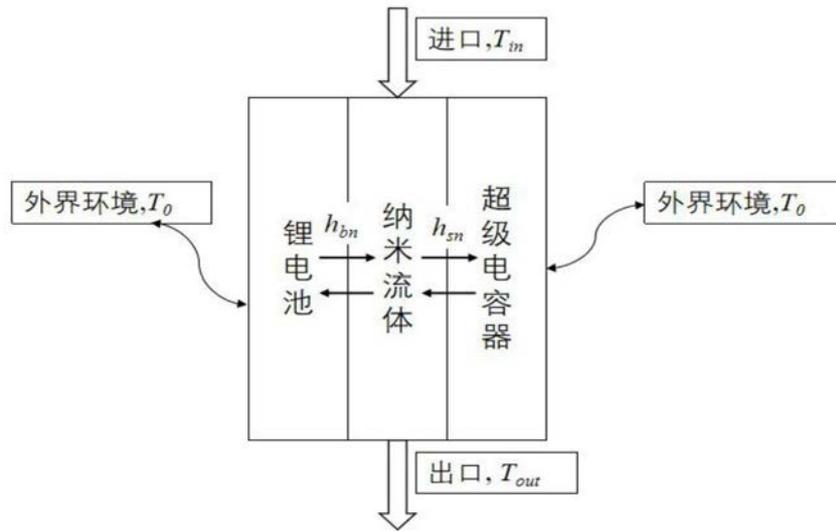


图3

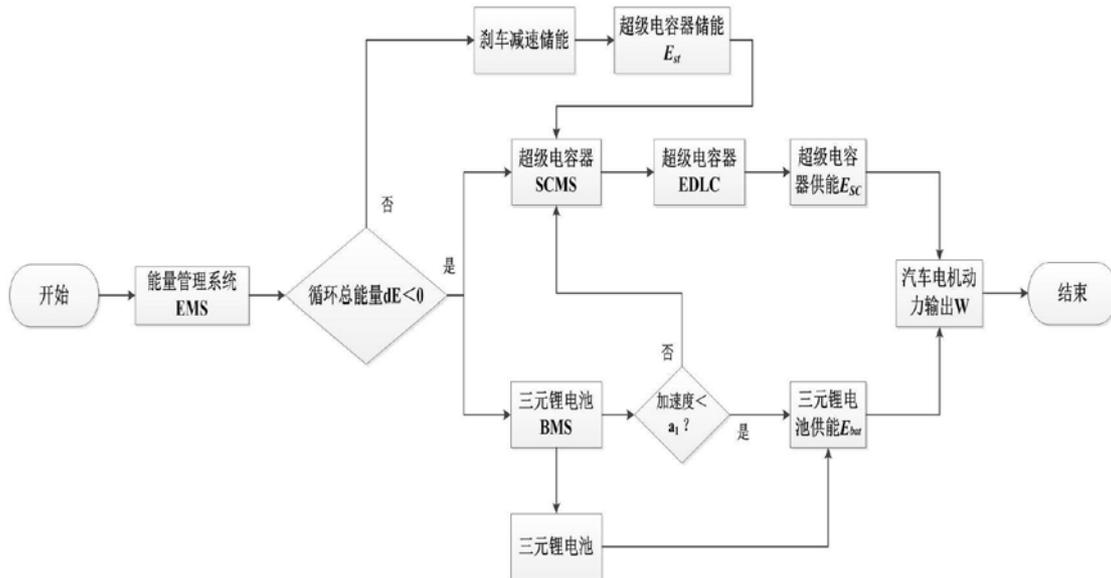


图4