

混合动力电动汽车部件系统的集成化设计

邵奎柱

(精进电动科技股份有限公司, 北京 100015)

摘要:介绍混合动力汽车冷却系统和辅助系统的集成化设计部分方案。该方案能节约有关部件的布置空间、降低整车成本,有利于实现产品的平台化。

关键词:混合动力电动汽车; 部件系统; 集成化设计

中图分类号:U462.1

文献标志码:A

文章编号:1006-3331(2022)06-0026-04

Integrated Design of Components System for Hybrid Electric Vehicles

SHAO Kuizhu

(Jing-Jin Electric Technologies Co., Ltd., Beijing 100015, China)

Abstract:This paper introduces the partial schemes of integrated design for cooling system and accessory system of hybrid electric vehicles, which can save the layout space of relative components, reduce the vehicle cost and be in favor of realizing the platform of products.

Key words:hybrid electric vehicle; component system; integrated design

由于混合动力电动汽车的发动机、电机、动力电池同时存在,传统上需要三套相对独立的冷却系统,每套冷却系统又都需要有散热水箱、冷却风扇、冷却液加注装置。这种相对独立的冷却系统使其布置复杂,使用保养不便,整车热管理也难以实现智能控制。另外,混合动力汽车为实现纯电动模式,需对车辆的辅助系统进行电动化改造,即需增设气泵、空调压缩机、转向泵等的驱动电机、电机控制器及配电装置^[1-4],进一步增加了布置难度,且其软件的维护和升级成本较高。为解决上述问题,本文结合所申报专利,系统介绍混合动力汽车的散热水箱及辅助系统的集成化设计方案。

1 三套冷却系统及辅助系统现状

1.1 三套冷却系统现状

由于各部件工作特性不同,混合动力汽车的这三套冷却系统在工作过程中对冷却水的温度要求也不同,冷却液入水口温度的要求差异较大:为获得更高的效率,发动机入水口水温一般要求高于 90 ℃ 低于

100 ℃;电机控制器及电机的入口水温需要控制在 60~70 ℃;动力电池为获得较好的放电特性,其冷却系统入口水温一般要高于 5 ℃ 低于 30 ℃,同时在环境温度较低(-10 ℃)时需要进行辅助加热。从工作特性上看,这三套冷却系统是相互独立的,故而形成三套独立的散热水箱和冷却液加注系统。

目前,散热水箱是按照各个部件在整车上单独工作时的最大散热需求或者部件的最大工作能力所对应的最大散热需求来进行设计选型。因此发动机的散热水箱要满足发动机单独驱动车辆时所需最大功率对应的散热需求;驱动电机及其控制器的散热水箱要满足驱动电机单独驱动车辆时所需最大功率对应的散热量需求;动力电池的散热水箱需要满足电池最大放电时所需散热需求,同时还要匹配满足要求的外部加热系统。从而导致三套冷却系统的水箱都较大,需要较大的布置空间,整车的成本相应增加。

1.2 辅助系统的现状

混合动力汽车辅助系统的电动化改造现状如图 1 所示,整车在传统燃油车的基础上需要对打气泵、

收稿日期:2022-08-31。

第一作者:邵奎柱(1978—),男,硕士;高级工程师;主要从事混合动力系统的研发工作。E-mail:SKZ-LH@126.com。

转向泵、空调压缩机进行电动化改造,并增加相应的电机控制装置(DC/AC),此外还需考虑整车相对应的配电、高低压线束等。辅助系统的驱动电机和电机控制器之间,以及控制器和配电装置、整车控制器VCU之间均需要高低压线束连接;驱动电机需要独立空间固定,因此整车的布置非常复杂。此外,辅助系统电机需要DC/AC逆变控制,导致整车电磁环境变差;软件升级及功能安全开发迭代投入较大。

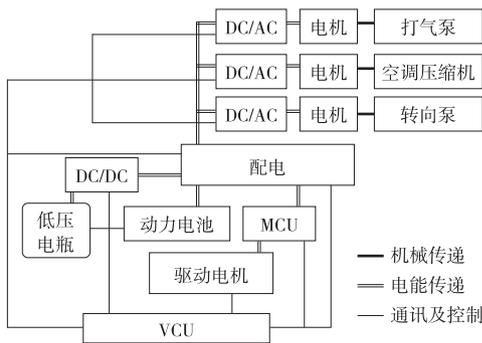


图 1 混合动力汽车辅助系统构成现状

2 集成式散热水箱设计

2.1 散热水箱选型设计

为节约安装空间,提升使用效率,在水箱选型设计时,分两个层面对散热水箱进行降格设计。

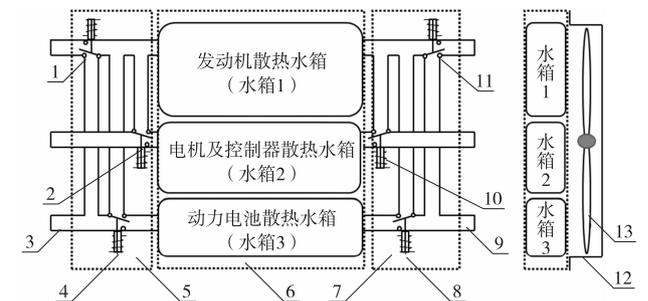
1) 三套散热系统单独工作时,结合混合动力车型工作特点,从考虑单一动力转变为考虑综合动力,在满足最大散热需求的前提下降低单体水箱的规格。混合动力汽车的发动机主要负责功率平衡,主要在车辆巡航等稳定工况下工作;电机主要负责扭矩平衡,主要在起步加速、高速超车等瞬态工况下工作。因此发动机水箱的选型仅需考虑最高车速巡航的功率需求,不需再考虑高速超车、爬坡助力等工况的15%~25%功率储备。同理,电机水箱的选型仅考虑瞬态加速、超车/爬坡助力的功率需求,不需再考虑高速巡航的持续功率需求,水箱规格可以降低25%~35%。动力电池水箱独立工作时,因混动汽车的电池充放电频繁,故电池水箱规格没有单独降低的空间。

2) 三套散热系统进行综合热管理工作时,本文考虑下文2.3节中的集成热管理技术,可根据车辆工况和环境温度,实时调控冷却水路组合,因此单体水箱规格可进一步下降,发动机水箱合计降低25%~

35%,电机水箱合计降低35%~45%。由于采用综合热管理方式,所以本文推荐选取较小规格的动力电池水箱,可在电池冷却水路中引入热交换器(空调制冷剂与冷却水),当电池有高散热需求时,启用热交换器装置,由空调制冷剂降低电池冷却液的温度,以达到快速降低电池温度的目的。因此,其规格可比常规电池水箱选型降低约50%,三套散热系统进行综合热管理后,对结构布置空间的要求有所降低,从而降低了三套冷却水箱单体的规格选型,进一步节省了布置空间。

2.2 散热水箱集成安装

将三个已缩小单体规格的散热水箱在高度方向上实行集中分层布置,通过模组封装将三个独立水箱本体固定在一起,共用一组护风罩和电子风扇,从而进一步节约布置空间,如图2所示^[5]。结合温度特性,由上至下分别为发动机水箱、电机及电机控制器、动力电池散热水箱,三个水箱共用一组散热风扇装置。



1-1号电磁阀(入);2-2号电磁阀(入);3-入口;
4-3号电磁阀(入);5-入水侧端部封装;6-模组封装;
7-出水侧端部封装;8-3号电磁阀(出);9-出口;
10-2号电磁阀(出);11-1号电磁阀(出);12-护风罩;13-电子风扇

图 2 集成式散热水箱

2.3 集成式散热水箱的热管理设计

在集成式散热水箱的入水侧、出水侧的端部封装区设置了电磁阀和相应的连接管路,以实现集成式散热水箱的智能热管理控制。热管理模块集成的设计,既可简化整车外部水路,又可进一步节约布置空间。电磁阀平时保持常闭状态(即导通状态),各水箱独立工作,电磁阀由整车控制器控制。整车控制器结合整车工况及外部环境温度,控制电磁阀的开启/关闭,通过和专用连接管路的组合,对三个水箱进行组合控

制,将电机、电池的冷却水箱和发动机的冷却水箱并联使用,增大散热功率,迅速降低发动机冷却水温度;同时可利用发动机冷却系统热量对动力电池进行预热,解决低温环境下电池使用问题。

1) 电机与电池散热水箱参与发动机冷却。当车辆在发动机直驱工况时,电机处于空转或者零扭矩^[6-7]状态,电机和电池系统的发热量都很低,可开启电机及其控制器水箱上的2号电磁阀,与发动机水箱并联导通,发动机水箱散热面积相应扩大,可有效降低发动机冷却水的水温。还可开启电池水箱上的3号电磁阀,使得上中下三路水箱并联导通,均可参与发动机散热。当发动机水温稳定处于理想值区间时,各水箱可恢复独立工作。

2) 电池散热水箱单独参与发动机冷却。车辆在低温环境下,可开启发动机水箱上的1号电磁阀,使电池水箱直接和发动机水箱连接。电池水箱容积远小于发动机水箱,因此可利用发动机的导热升温电池回路的冷却水,实现冷却发动机的同时加热电池系统,从而可在低温环境下完成电池的加热激活。

3) 发动机水箱参与电机冷却。在纯电驱动工况时,发动机水箱处于闲置状态^[8-9],可将3号电磁阀(图2中序号4和8)调整至发动机水箱进水管路上,连接管路由发动机水箱到电池水箱改为由发动机水箱到电机及其控制器水箱,从而可实现将发动机水箱与电机及其控制器水箱并联导通,电机及其控制器水箱散热面积大幅提升,可满足车辆长时间在纯电工况高负荷运行;同时发动机水箱维持一定的基础水温,在发动机启动工作时可快速进入理想的90℃水温,降低发动机损耗。

通过以上集成式散热水箱及组合控制,三套水箱总散热功率(面积)下降33%~41%,同时也解决了低温电池加热、纯电行驶预热发动机水温等整车智能热管理的相关问题。

3 辅助系统集成化设计

为了解决辅助系统分散布局的问题,考虑在驱动电机输出侧增加动力耦合装置,电机在驱动车辆的同时通过机械传动为辅助装置提供驱动力。

3.1 辅助系统集成化布置

取消辅助装置原有的(驱动)电机,辅助装置通过耦合箱由驱动电机集中驱动。图3为一款采用多元输出装置的驱动系统构成,取消了几个辅助装置的(驱动)电机和电机控制器及其固定装置和高压线束,整个装置得到简化。

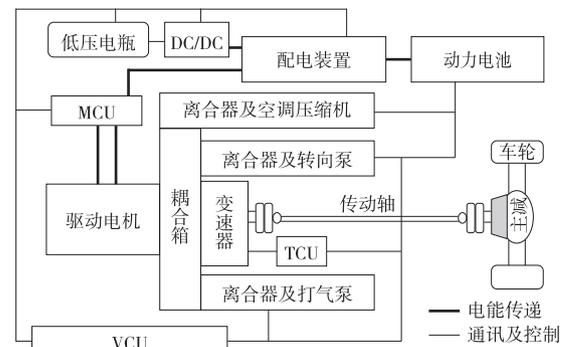
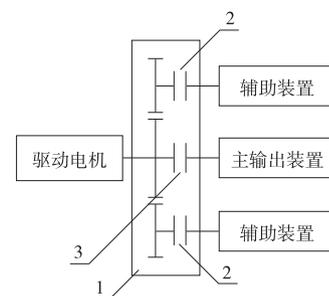


图3 混合动力汽车驱动系统集成化设计架构

通过集成化布置,辅助系统由电驱动改为集中机械传动,系统零部件数量大幅减少,节约布置空间,并且零部件成本大幅降低,系统的可靠性得到提升。

3.2 多元输出装置的构成

辅助系统集成化布置中的多元输出装置由驱动电机、耦合箱、辅助装置与主输出装置构成,耦合箱中除了必要的传动部件外,还需要考虑设置离合器来控制辅助装置的通断/启停。图4为一款典型的多元输出装置^[10],其中耦合箱设置在驱动电机(输入侧)和主输出装置与辅助装置之间(输出侧),其中主输出装置可为减速器、变速器或者输出法兰,辅助输出装置可根据需要设置为打气泵、空调压缩机、转向泵等,传动部件可为齿轮传动、链条传动以及皮带传动等机械传动。



1-耦合箱; 2-辅助装置离合器; 3-主驱离合器

图4 多元输出装置

多元输出装置通过机械传动实现多个独立输出单元,并通过离合器的通断控制来实现对辅助系装置的启停控制;同时增设了主驱离合器,整车怠速时可开通此离合器,辅助装置可继续工作。

3.3 辅助系统集成化设计成果

辅助系统的集成化设计,将分布式的辅助电机驱动布局改为集中的机械驱动,由低压离合器的通断控制代替了原系统多个电机的逆变器控制,有效降低了ISO 26262、ASILL-D软件开发难度,进一步提升了整车的EMC及功能安全等级。

此外,集成化设计后,由于一辆车只有一个驱动电机,电机控制的软件平台架构可协同规划开发,软件开发周期及投入均大幅降低。多元输出装置的引入,增加了整车驱动电机低速区的负荷,驱动电机效率得到一定提升^[11-12],整车电耗得到改善。

4 结束语

通过散热水箱的集成化设计,可实现三套散热水箱总规格的最小化,并实现整车智能热管理;通过辅助系统集成化设计,将辅助系统的电机逆变控制改为离合器的通断控制。此外,混合动力汽车辅助系统集成化设计,不仅节约了整车布置空间、降低了整车成本,而且更易于实现产品软硬件的平台化。通过集成化设计,有效降低了混合动力电动汽车的成本。

参考文献:

[1] CHRIS MI, MASRUR ABUL M, DAVID WENZHONG. 混合

动力电动汽车原理及应用前景[M]. 赵志龙, 蒋娇龙, 译. 北京:机械工业出版社, 2014:65-78.

- [2] 张海波. 我国新能源汽车产业技术路线图研究[D]. 武汉:武汉理工大学, 2012.
- [3] HALDERMAN D. JAMES, MARTIN TONY. 混合动力与替代燃料汽车[M]. 夏志强, 陈黎明, 译. 北京:机械工业出版社, 2014:102-150.
- [4] 过学迅, 张杰山, 胡朝峰. 日美混合动力汽车发展的比较研究[J]. 上海汽车, 2006(3):7-10.
- [5] 精进电动科技股份有限公司. 一种混合动力汽车的集成式散热水箱和混合动力汽车:202121275162. 8[P]. 2022-02-01.
- [6] 张玉盼. 插电式混合动力汽车控制策略研究[D]. 大连:大连理工大学, 2015.
- [7] 余志生. 汽车理论[M]. 北京:机械工业出版社, 1985:57-64.
- [8] FRANK ALFONSO ANDREW. Plug-in Hybrid Vehicles for a Sustainable Future[J]. American Scientist, 2007, 95(2):158-165.
- [9] 刘松灵. 插电式全混混合动力轿车控制策略研究与整车性能仿真分析[D]. 上海:上海交通大学, 2009.
- [10] 精进电动科技股份有限公司. 一种新能源汽车的动力系统和新能源汽车:202010863269. 8[P]. 2020-10-30.
- [11] 崔胜民. 新能源汽车技术解析[M]. 北京:化学工业出版社, 2016:163-165.
- [12] 汤蕴璆. 电机学:第5版[M]. 北京:机械工业出版社, 2014:52-63.