



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105292112 A

(43) 申请公布日 2016. 02. 03

(21) 申请号 201510724858. 7

(22) 申请日 2015. 10. 29

(71) 申请人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区清华园 1 号

(72) 发明人 罗禹贡 谢来卿 张书玮 秦兆博

陈龙 张东好 刘成祺 杨刚

胡束芒 冯桂璇 李珊

(74) 专利代理机构 北京尚德技研知识产权代理

事务所(普通合伙) 11378

代理人 严勇刚

(51) Int. Cl.

B60W 20/00(2016. 01)

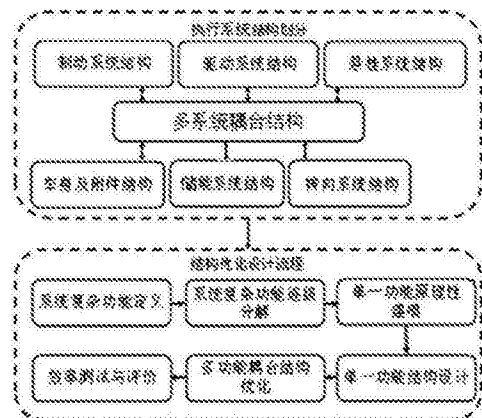
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种混合动力车辆的结构优化设计方法

(57) 摘要

本发明涉及一种混合动力车辆的结构优化设计方法,是针对执行系统进行,包括:将整车执行系统的复杂功能进行定义;对复杂功能下的执行系统逐级分解,并向执行器件转化落实;针对单一功能执行器件进行原理性建模;对各执行器件进行结构耦合优化,合并同类结构的过程。本发明采用自上而下设计和自下而上修正的技术路线,能够优化车辆结构总布置,降低整车各个系统的结构与功能的冗余,提高部件结构的利用率,在满足车辆预期设计指标的前提下,有效降低车辆生产制造的成本。



1. 一种混合动力车辆的结构优化设计方法,其特征在于,包括如下步骤:

首先,将整车执行系统的复杂功能进行定义;

其次,对复杂功能下的执行系统逐级分解,并向执行器件转化落实;

再次,针对单一功能执行器件进行原理性建模;

最后,对各执行器件进行结构耦合优化,合并同类结构。

2. 根据权利要求1所述的混合动力车辆的结构优化设计方法,其特征在于,还包括在对各执行器件进行结构耦合优化,合并同类结构之后,进行系统测试与评价、循环修正的步骤,包括:

首先在仿真模型中得到最优的系统参数,并进行功能的仿真实验;

然后在台架上调试各种功能能否实现,并确定齿轮排的传动比等关键参数;

再次进行实车测试试验,验证该齿轮排形式在实车上的运行效果;

最后根据验证效果,循环修正执行器的结构。

3. 根据权利要求1或2所述的混合动力车辆的结构优化设计方法,其特征在于,将整车执行系统进行复杂功能定义的方法是:将整车执行系统划分为驱动、制动、助力转向和制动能量回收功能模块,然后依据这些功能模块分为驱动系统、制动系统、储能系统、转向系统、悬挂系统、车身及附件。

4. 根据权利要求1或2或3所述的混合动力车辆的结构优化设计方法,其特征在于,对复杂功能下的执行系统逐级分解,并向执行器件转化落实的方法是:

采用行星齿轮排、电机、发动机提供纵向驱动力矩、制动力矩、助力转向力矩,和制动能量回收,其中,

①利用发动机、电机和行星齿轮排的耦合提供纵向驱动力矩;

②利用电机提供制动力矩的同时,进行制动能量回收;

③利用行星齿轮排及电机,实现左、右侧车轮独立驱动,同时提供助力转向力矩;

④利用发动机、电机、液压制动器的耦合共同提供制动力矩。

5. 根据权利要求1或4所述的混合动力车辆的结构优化设计方法,其特征在于,对单一功能执行器件进行原理性建模的方法是:

根据车辆行驶过程中的目标最高速度、最大加速度、加速时间、最大制动减速度、电池容量、转弯半径信息,根据车辆动力学方程对发动机、电机、电源等进行参数初次匹配;

然后以所要实现的功能作为筛选条件,根据行星齿轮排结构的动力学方程,对多行星齿轮排机构进行选型、建模;

最终根据动态规划算法进行结构参数最优化。

6. 根据权利要求4或5所述的混合动力车辆的结构优化设计方法,其特征在于,对各个执行器件进行结构优化,合并同类结构的最终选择是,采取“三个电机+一个发动机+三个行星齿轮排+一个液压制动器”的结构。

一种混合动力车辆的结构优化设计方法

技术领域

[0001] 本发明涉及混合动力车辆的结构优化设计技术,特别指出一种针对该车型的结构优化设计方法。

背景技术

[0002] 随着现代社会发展,汽车保有量增长的同时,城市环境污染加剧、交通事故频发、石油资源日益匮乏等问题突出,混合动力车辆成为解决以上社会问题的重要途径之一。由于混合动力车辆集成了发动机、电动机以及复杂的“机械-电子-液压”耦合系统,造成车辆系统结构复杂,各系统功能与结构之间存在大量耦合与重叠,给车辆设计和生产带来了困难,因此采取一种合理的结构优化模式,对系统部件构型进行结构优化设计,将简化混合动力车辆的结构,便于实现其安全、节能、环保与舒适的综合性能指标。

发明内容

[0003] 因此,针对现有的社会环境和能源发展问题,以及车辆的结构优化问题,本发明的目的是提出一种混合动力车辆的结构优化设计方法,以实现对其复杂系统的结构简化和优化。

[0004] 为实现上述目的,本发明采取以下技术方案:一种混合动力车辆的结构优化设计方法,其特征在于,包括:

[0005] 首先,将整车执行系统的复杂功能进行定义;

[0006] 其次,对复杂功能下的执行系统逐级分解,并向执行器件转化落实;

[0007] 再次,针对单一功能执行器件进行原理性建模;

[0008] 最后,对各执行器件进行结构耦合优化,合并同类结构。

[0009] 进一步地:在对各执行器件进行结构耦合优化,合并同类结构之后,进行系统测试与评价、循环修正的步骤:

[0010] 首先在仿真模型中得到最优的系统参数,并进行功能的仿真验证;

[0011] 然后在台架上调试各种功能能否实现,并确定齿轮排的传动比等关键参数;

[0012] 再次进行实车测试试验,验证该齿轮排形式在实车上的运行效果;

[0013] 最后根据验证效果,循环修正执行器的结构。

[0014] 进一步地:将整车执行系统进行复杂功能定义的过程是,将车辆执行系统划分为驱动、制动、助力转向和制动能量回收功能模块,然后依据这些功能模块分为驱动系统、制动系统、储能系统、转向系统、悬挂系统、车身及附件。

[0015] 进一步地:对复杂功能下的执行系统逐级分解,并向执行器件转化落实的方法是:

[0016] 采用行星齿轮排、电机、发动机提供纵向驱动力矩、制动力矩、助力转向力矩,和制动能量回收,其中,

[0017] ①利用发动机、电机和行星齿轮排耦合提供驱动力矩;

[0018] ②利用电机提供制动力矩的同时,进行制动能量回收;

[0019] ③利用行星齿轮排及电机,实现左、右侧车轮独立驱动的同时,提供助力转向;

[0020] ④利用发动机、电机、液压制动器的耦合共同提供制动力矩。

[0021] 进一步地:对单一功能执行器件进行原理性建模的方法是:

[0022] 根据车辆行驶过程中的目标最高速度、最大加速度、加速时间、最大制动减速度、电池容量、转弯半径等信息,根据车辆动力学方程对发动机、电机、电源等进行参数初次匹配;然后以所实现的功能作为筛选条件,根据行星齿轮排结构的动力学方程,对多行星齿轮排机构进行选型、建模;最终根据动态规划算法进行结构参数最优化。

[0023] 进一步地:对各个执行器件进行结构优化,合并同类结构的最终选择是,采取“三个电机+一个发动机+三个行星齿轮排+一个液压制动器”的结构。

[0024] 本发明所实现的有益效果是:本发明采用自上而下设计和自下而上修正的技术路线,首先,将混合动力车辆执行系统按功能进行划分;其次,对执行系统进行结构分解,如有驱动/制动/转向等;再次,对各分执行器件功能进行原理建模和多功能一体化设计,对多个部件功能相互耦合的情况进行结构优化,合并同类结构;最后,进行系统测试评价和循环修正。通过结构优化设计方法,能够简化车辆结构总布置,降低整车各个系统的结构与功能的冗余,提高部件结构的利用率,在满足车辆预期设计指标的同时,有效降低车辆生产制造的成本。

附图说明

[0025] 附图仅用于示出具体实施例的目的,而并不认为是对本发明的限制,在整个附图中,相同的参考符号表示相同的部件。

[0026] 图1是多耦合执行系统的结构划分和优化设计流程图。

具体实施方式

[0027] 下面结合附图和实施例对本发明进行详细的描述,但本领域的技术人员应该知道,以下实施例并不是对本发明技术方案作的唯一限定,凡是在本发明技术方案精神实质下所做的任何等同变换或改动,均应视为属于本发明的保护范围。

[0028] 本发明所述结构优化设计,是指通过结构共用优化的方式,提高部件结构的利用率,优化车辆结构总布置。为实现混合动力车辆结构优化的目的,考虑到混合动力车辆的系统结构与控制功能组成特点,该结构优化设计主要针对执行系统的结构优化设计,下面详细描述。

[0029] 对于混合动力车辆而言,其控制功能复杂多样,执行系统由发动机、电动机及“机械-电子-液压”等多机构进行耦合。我们把复杂的多耦合机构进行划分,可分为驱动系统、制动系统、储能系统、转向系统、悬挂系统和车身及附件等。传统设计思路下,各系统执行部件在设计过程中,均基于车辆行驶功能而独立设计,这使得各系统在叠加的过程中出现冗余。因此需要对其执行系统进行结构优化分析与设计,即对其所集成的驱动系统、制动系统、储能系统、转向系统、悬挂系统和车身及附件等“机械-电子-液压”结构,进行优化设计,实现优化执行系统结构的目的。

[0030] 因此关于执行系统的结构优化设计流程可概括为:

- [0031] (1) 整车执行系统的复杂功能定义；
- [0032] (2) 对复杂功能执行系统的逐级分解以及向执行器件的转化落实；
- [0033] (3) 针对单一功能执行器件的原理性建模；
- [0034] (4) 多功能执行系统的结构耦合优化设计；
- [0035] (5) 系统测试与评价；
- [0036] (6) 循环修正的步骤。

[0037] 具体分解描述如下：

- [0038] (1) 关于整车系统的复杂功能定义

[0039] 根据混合动力车辆功能需求进行分析,为实现其驾驶功能,将车辆划分为纵向驱动、助力转向和制动能量回收等功能模式,然后依据这些功能对驱动系统、制动系统、储能系统、转向系统、悬挂系统和车身及附件等结构进行优化。

- [0040] (2) 对复杂功能定义下各系统的逐级分解

[0041] 根据以上各功能任务的定义,对系统内各执行器进行分析。车辆在实现纵向自动驾驶的过程中,需要利用发动机和电机耦合提供驱动力矩,并可利用电机进行制动能量回收,节约行驶过程中的能耗;利用传动部件与多个电机的合理布置,可以实现左、右侧车轮独立控制的功能,即可达到左右侧车轮驱动力差异化,以实现助力转向功能;利用发动机-电机-液压制动系统的制动力矩耦合,既保证制动减速度满足驾驶员需求,同时保证制动力矩响应平稳快速。

[0042] 为简化结构,本发明在执行器中采用了由一个发动机+三个电机+三个行星齿轮排的结构形式,输入为控制信号,输出为扭矩,将输出的扭矩分配到左、右两侧车轮,实现纵向驱动、制动能量回收和助力转向功能。

[0043] 因此,复杂功能的实现落实到执行器件上可分解为：

- [0044] 1) 利用发动机和电机耦合提供驱动力矩

[0045] 根据驱动需求功率以及车辆的状态,分配发动机以及电机的力矩,以期发动机与电机都工作在较好的效率区间。例如当驱动功率较小时,可平均分配到电机来提供,若驱动功率较大可采用发动机提供或发动机与电机同时提供需求功率。需要根据行驶条件及车辆状态,制定相应的控制策略,并实现最优控制。

- [0046] 2) 利用电机提供制动力矩的同时,进行制动能量回收

[0047] 检测到制动信号后,执行器(三个电机+一个发动机+三个行星齿轮排)通过协调控制以使得分配到左、右侧车轮上的制动力矩相同,从而维持车辆的行驶稳定性。同时根据SOC(电池的充电状态)的大小以及制动强度的大小,决定电机制动能量回收的力矩大小。

- [0048] 3) 利用行星齿轮排和电机,实现左、右侧车轮独立驱动的同时,提供助力转向

[0049] 利用行星齿轮排与多个电机的合理布置,可以实现左、右侧车轮独立驱动功能,即可达到左、右侧车轮驱动力差异化。不同于轮边或者轮毂驱动的方式,为实现左、右侧的驱动力独立可控,需要至少有两个输出自由度。通过行星齿轮排结构,耦合发动机与三个电机以及两个输出轴,即可实现。在直线行驶的过程中,只需要通过配置发动机与三个电机的转速转矩关系,就可以使得两个输出达到相同的输出转速与转矩。在需要转弯行驶时,根据方向盘转角的不同,重新计算并分配两侧的驱动力矩大小,然后通过控制发动机与电机的力矩来实现;同时,在转向过程中,由于机械耦合的关系,可以实现机械功率的回流,使得能

量由高功率侧流动到低功率侧。

[0050] 4) 利用发动机、电机、液压制动系统的耦合共同提供制动力矩

[0051] 根据制动踏板信号解析驾驶员的制动力需求,先通过协调分配液压制动与电机制动的方法,判断是否可以满足相应需求,若由于 SOC 较高无法继续给电机提供负转矩进行制动能量回收,则通过协调控制发动机和液压制动的状态,来达到制动需求。

[0052] (3) 针对单一功能执行部件进行原理性建模

[0053] 根据以上复杂任务分析结果,对单一功能执行部件进行建模与结构设计。根据车辆自动行驶过程中的目标最高速度、最大加速度、加速时间、最大制动减速度、电池容量、转弯半径等信息,对发动机、电机、电源等进行参数初次匹配,然后以所实现的功能作为筛选条件对多行星齿轮排机构进行选型、建模。

[0054] (4) 综合多功能系统的结构耦合优化设计

[0055] 在本实施例中,行星齿轮排是实现执行部件结构共用的重要组成部件之一。为实现左右车轮独立控制,实现合理的转向助力功能,确定采用三个行星齿轮排机构。根据车辆的行驶条件和动力性指标,计算纵向驱动的最大需求功率;根据需求功率分别选择发动机、电机的额定功率;根据行星齿轮排结构的动力学方程,进行自动建模和方案筛选;采用动态规划算法,对得到的可行结构进行优化求解和进一步筛选,不满足约束要求的布置结构进行删减,最终得到最优结构及其对应的参数。其中,行星齿轮排结构的动力学方程和动态规划算法,都是本领域公知的技术。

[0056] (5) 系统测试与评价

[0057] 为了验证所得结构的优化性,可根据以上分析结果,对系统执行效果进行测试与评价分析。首先在仿真模型中得到最优的系统参数,并进行功能的仿真验证;然后在台架上调试各种功能能否实现,并确定齿轮排的传动比等关键参数;最后进行实车测试试验,验证该齿轮排形式在实车上的运行效果。

[0058] (6) 循环修正

[0059] 进一步,根据实验与仿真分析结果,对单一功能原理性建模和多功能系统的结构耦合优化设计过程进行循环修正,优化该执行器结构设计。

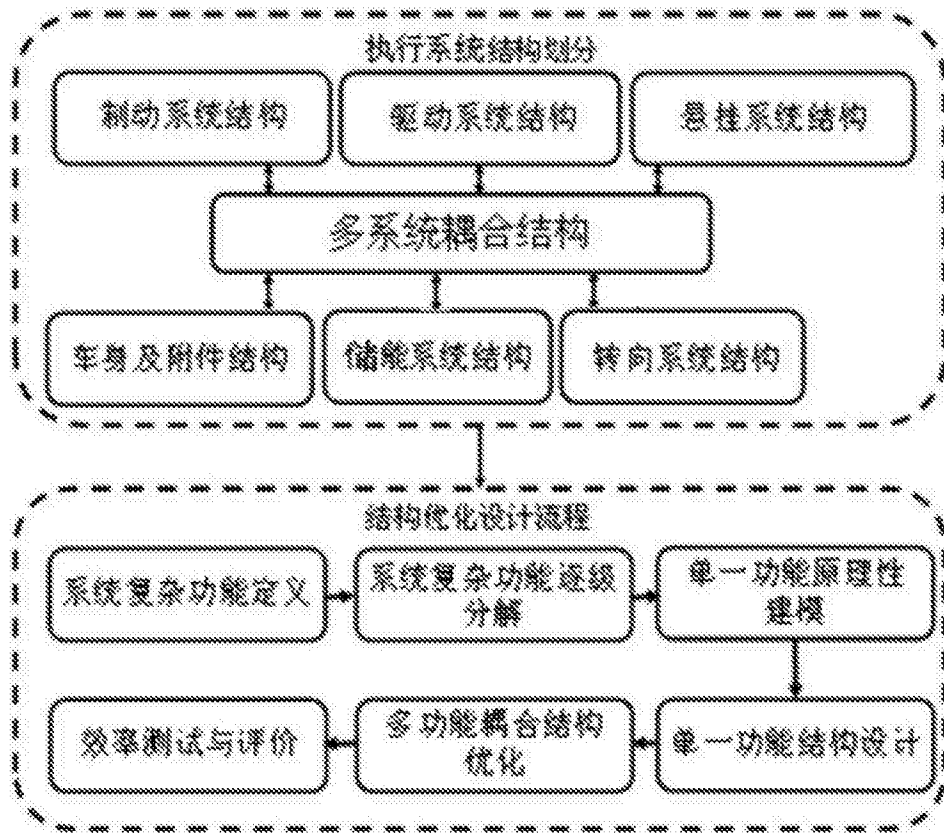


图 1