

变量式交流同步机电液耦合器电磁动力与液压动力特征分析

国兆荣

(中国交通信息科技集团有限公司 北京 100088)

摘要: 新能源汽车的开发利用是现阶段汽车市场发展的整体趋势。而对于新能源汽车来说,动力系统和传动装置的质量是影响到新能源汽车运行应用质量的关键性因素。应用不同的技术原理进行新型传动装置的研究和开发,是为新能源汽车动力支持提供服务的重要条件。本文立足于变量式交流同步机电液耦合器这一传动系统进行分析,明确液压动力产生过程中的电磁系统以及关联效率影响因素。通过分析计算,对汽车常见工况下的动力支持效果进行了分析,以期能为变量式交流同步机电液耦合器这种传动力装置,在新能源汽车领域的普及应用提供参考。

关键词: 机电动力耦合器; 传动装置; 仿真分析; 电池能耗

0 引言

新能源汽车的发展应用过程中,虽然有非常广阔的前景和政策性支持,但纯电动汽车在能量供应以及动力系统设置方面的技术问题仍然是新能源汽车普及应用所需要克服的关键问题。在纯电动汽车充电的过程中,系统内部会发生针对性的一系列反应。而应用传动装置进行辅助,能够实现机械设备、电力资源、液态物质的有效耦合,能量转化过程将更进一步地实现统一和规划,提高传动效率和效果,实现对能源的充分利用。

1 机电液耦合器的结构与工作模式分析

1.1 基本结构分析

机电液耦合器的结构体系中包括了基础的机械能组件、液压能组件和电能组件。在传动作用发挥的过程中,又需要借助传动轴结构、缸体结构、转子结构,为整体的系统运行提供重要的支持^[1]。在整个系统中能量转化的过程包括了机械能转化、液压能转化和电能转化三方面能量的相互转化,是机电液耦合器发挥作用的基本原理。变量式交流同步机电液耦合器的结构示意图见图1。

在实践应用中,机电液耦合器主要作为电动装置发挥传动作用,在装车应用后能够为相应动力的电动车提供动力支持。此种耦合器与电动车进行融合应用后,使得传统的商用车内部结构的简洁性更强,整体结构的紧凑性也更高。另外,液压动力高效回收再利用的模式,也能够提升电动车的续航里程。与此同时,液压动力的辅助作用也能够促使电动力的峰值功率有所下降,这有利于降低汽车的负荷变化,从而进一步减少电流冲击现象的发生,有效避免电流冲击对电池结构和功能本身的损坏。

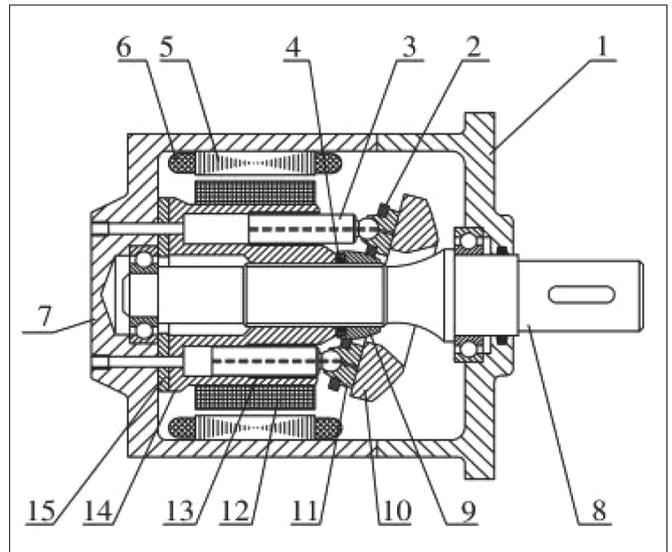


图1 机电液耦合器基本结构示意图

1.2 工作模式分析

1.2.1 电液混合工作模式

此种工作模式通常会在需求功率较大的工况背景下进行应用。例如,在车辆的初步启动环节,或在行进中需要加速的环节、遇到坡道时,这种工作模式就会被有效启动。这种工作模式启动后,耦合器能够将高压蓄能器中的原始液压能量转化为机械能,提升车辆驱动力的整体供应强度。另外,动力性也会在动力基础供应提升的背景下大幅提高。当汽车的行驶速度达到一定水平后,电动力成为驱动车辆行驶的主要动力。而若遇到加速的情况,可应用此种工作模式提高车辆的动力性能,快速达到高效而稳定的车速状态。当遇到坡道时,电动力和机械驱动力会同步发生作用提高爬坡的基础动力,动力

能量提升汽车对复杂路况的适应能力。

1.2.2 纯电动工作模式

纯电动工作模式运行过程中，液压动力作为辅助动力发挥作用。此种工作模式的启动需适应一些特殊工况。例如，匀速行驶的状态下，适宜应用纯电动工作模式。这时，高压蓄能器的压力相对较低，电动车的动力能够支持现阶段的运行应用需求。另外，电磁系统可在这一阶段，将一部分的电直接转化为液压能储存到高压蓄能器中，蓄电充足后，电磁系统所具备的动力就能够支持汽车行驶的驱动要求。

2 机电液耦合器中的电磁动力参数计算

2.1 额定功率与峰值功率计算

在单独应用电力做驱动力时，车辆行驶的最高车速，可用来作为计算电磁动力系统额定功率的参数，在这种状态下，可暂时不考虑加速阻力和坡度阻力的数值。将额定功率下的最高车速设置为 80km/h，可得到功率计算公式如下：

$$P_c = \frac{1}{\eta_T} \left(\frac{Gfu_{\max m}}{3600} + \frac{GDAu_{\max m}^3}{76140} \right) + P_{acc}$$

在峰值功率计算时需要满足以下两个条件：一是汽车满载时以不低于 20km/h 的速度爬坡；二是将爬坡里程达到 20%时，所显示的功率定为峰值功率。这时，需要对空气阻力和加速度阻力指标进行忽略^[2]。另外，还需要结合电动车运行中机电偶和电动汽车极限爬坡的情况进行考虑，确保爬坡过程有液压助力的作用。关于峰值功率的计算公式具体如下：

$$P_{\max} = \frac{1}{\eta_T} \left(\frac{Gf \cos \theta u}{3600} + \frac{G \sin \theta u}{76140} \right) + P_{acc}$$

2.2 液压动力参数的匹配

液压动力参数的匹配是指，在应用液压动力进行车辆驱动的状态下，保持路况平坦良好，计算相应的功率消耗状态，具体计算公式如下：

$$P_{\max a} = \frac{1}{\eta_h} \left(\frac{Gfu_{\max a}}{3600} + \frac{G_D Au_{\max a}^3}{76140} + \frac{\delta m_o u_{\max a}}{3600} \frac{du}{dt} \right)$$

$$P_{acc} = \frac{\delta m_o u_a}{3600} \frac{du}{dt}$$

式中： $u_{\max a}$ —单驱动模式最高车速；

P_{acc} —车载附件所消耗的总功率。

除此之外，液压动力参数还包括了最大转矩数值。具体的计算公式如下：

$$T = 9549 \times \frac{a \times P_{\max a}}{n_{\max a}}$$

式中： a —转矩适应性系数，取 $a = 1.2$ ；

$n_{\max a}$ —最大功率，取 $n_{\max a} = 1800\text{r/min}$ ；

$P_{\max a} = 21.99$ (kW)。

将上述参数代入公式，得 $T = 140\text{Nm}$ 。

3 机电液耦合器电磁动力特性仿真分析

3.1 构建仿真模型

本次研究中，借助的仿真模型构建软件为 Maxwell 仿真软件。模型建立的过程中，定转子铁芯材料选择 dw315-50 型号，永磁体材料则选择 N40SH 材料。通过模型的构建，可对电磁系统内的运行工况进行分析^[3]。实践应用的过程中，需结合不同工况背景，观察电磁系统的运行状态。具体的观察指标包括损耗指标、转矩指标、输入功率指标、效率指标等。在仿真设计时，最高线的电压值为 230V。连接方式选用星型连接，最高电流值为 150A。为了最大化地减少电流和电能损耗，在转矩电流里控制环节，采用最大的控制力度。电磁动力系统内部截面图见图 2。

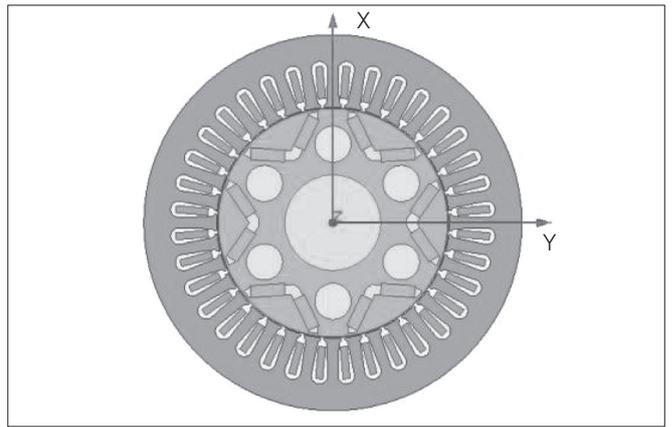


图 2 电磁动力系统内部截面图

3.2 立足于仿真模型的数据计算结果观察

构建起仿真模型后，方可进一步通过基础数值的设置和计算结果的对比分析，对电磁动力系统的运行状态进行观察。通过分析可知，电磁系统运行过程中的电磁损耗，在实践运行中是不可避免的能量损耗。影响运行成本的因素也集中在运行效率方面。除此之外，耦合器在实践应用中，绕组结构和电子铁芯结构也会出现一定程度的损耗。需要进一步针对系统内的损耗状态进行仿真分析，计算出电磁损耗的具体数据信息，并结合计算结果进行进一步分析。通过分析研究可知，在损耗发生的过程中，铜损耗和电枢电流的平方呈现正比关系。同时，铜损耗会随着转矩的增大而有所增大^[4]。

3.3 机电液耦合器液压动力特性分析

针对机电耦合器进行液压动力特性分析时，需分别从液压能系统输出时的动力特性、液压系统输出机械能时的动力特性两方面进行分析。通过构建相应的方程计算出具体数据，其中输出液压能时的动力特性方程如下：

$$P_0 = P_i \eta = pVn$$

输出机械能时的动力特性方程如下：

$$\eta^* = \eta_v^* \eta_m^* = \left(1 - \frac{\Delta q}{q} \right) \frac{T_m}{T_m + \Delta T}$$

通过上文的分析可知,在机电液耦合动力支持模式下,电动车的动力特性需要应用基础的参数和针对性的数据在仿真系统中进行计算。为了最大化地基于数据信息,做好对电动汽车的控制,需要结合系统数据计算的结果,对不同的运行模式进行合理的切换。同时,还应当从能量回收的角度出发,尽可能通过控制策略的制定,为节约电动车的能源应用起到促进作用。

4 机电液动力耦合电动车的控制策略分析

4.1 搭建有效的控制模块信号

在仿真系统中,具备专项的通信模块。因此,模块的应用能够自动完成信号的传输和接收反馈过程。在整车控制背景下,实际的模块控制策略具有多样性的特征。对于本文所探讨的机电液动力耦合电动车来说,对功率进行有效控制是核心的控制要求。在这一模块功能发挥的过程中,通信模块对应的函数公式能够直接实现对通信模块信息的接收和转化。并且通过同步生成控制策略实现对信号的处理,处理完毕后,将信号用可输入和输出的方式进行显示。

4.2 搭建有效的模式切换控制结构

通过对上文的分析可知,在电动车运行的过程中,有不同类型的工作模式,可适应不同的实践工况。因此,需要在实践的控制策略制定过程中,针对性地找到不同模块切换的科学方法,以确保在机电液动力耦合电动车的运行过程中,结合不同的应用需求启动相应的功能模块对车辆进行阶段性的有效控制。若能够针对性地选取适当的运行模式和控制模式,则对于提升机电液耦合电动车的应用优势具有非常重要的促进作用。这样能够提高整个系统的运行效率,优化整体的传动工作执行效果,使得整个汽车在不同的运行状态下通过有效的控制,取得稳定有序的运行状态。在实践应用中,系统需结合不同的工况状态进行基础性的判定,并且进一步输出对应的控制信号,促使各个动力组件和蓄能器能够实现协同配合的状态。最终提升车辆动力特性,满足车辆动力需求。同时,达到最大化地减少能耗的效果^[5]。这是以电力资源为动力的电动车能源节约的有效路径。在整体的模块切换实际应用中,主要需要借助专门的状态机设备,实现不同运行模式的切换。安全切换后,相应的运行状态就能得以维持。

4.3 制动能量回收控制策略分析

当控制工作的对象转换为整车控制后,主要发挥作用的功能模块集中在模式判定模块和转矩分配模块中。模式判定模块接收到行驶状态的相应信号,在此基础上,对信号进行判断,初步确认行驶模式的具体状态。并且进一步通过判定和分析,确保满足切换条件时完成切换过程。具体的模式主要分为驻车模式、EV模式等。在具体的制动能量回收控制策略执行时,需结合不同的模式对车辆运行的实际状态进行控制和检验。在此基础上,选择适当的计算模式和操作分析模式。立足于数据的支持和模式切换过程中的合理模式选择,为取得更好的制

动能回收控制效果提供帮助。

4.4 整车控制策略分析

整车控制是电动汽车控制工作中最为核心的工作,是协同不同模式和工况进行综合性控制的重要环节。在整车控制策略提出时,需结合上文所述的仿真分析和数据计算方法,为基础数据和不同工况状态下的汽车运行状态进行针对性的了解,还要结合实际做好曲线的绘制,为整车控制策略的提出提供参考。整车控制策略的制定,也需要通过对电动汽车的模型仿真达到预期的分析和控制策略的制定达到预期的实践效果。同时,不同的路况也会影响到整车控制策略制定的方式。在进行仿真分析时,需首先针对车速指标进行对比,在不同的工况背景下,检验和观察车速的状态^[6]。目标车速和实际车速要达到相对来说更为平衡的状态。若仿真测试结果显示,仿真车速的工况曲线与实际车速的工况曲线有效重合,则意味着车辆跟随的状态良好。若两者之间出现较大的实践性差异,则意味着制动策略在实践中未能取得良好的效果。

5 结语

综合本文的分析可知,机电液耦合器支持下的电动汽车在运行的过程中,需要结合不同阶段的运行状态和工况模式对运行状态的实际情况进行数据分析和仿真观察。这样以便结合不同工况背景下的运行状态进行明确,并了解电动车的能量消耗和动力支持模式,以便结合电动车在实践行驶过程中的不同阶段,明确机电液耦合器在运行状态调整时的作用发挥效果,更大程度地挖掘此种耦合器的应用优势和功能特点,取得更好的电动汽车动力支持效果。

参考文献:

- [1] 邝家凯. 基于非线性前馈控制器的电液驱动离合器系统控制[J]. 中国工程机械学报, 2022, 20(03): 199-204.
- [2] 顾震, 娄军强, 杨依领, 等. 局部粘贴压电宏纤维致动器的水下弹性结构机-电-液耦合振动特性[J]. 振动工程学报, 2022, 35(02): 387-396.
- [3] 耿国庆, 李浩, 江浩斌, 等. 商用车电液耦合转向系统主动回正控制研究[J]. 汽车工程, 2021, 43(06): 899-908.
- [4] 袁泉, 汤奕. 基于路-电耦合网络的电动汽车需求响应技术[J]. 中国电机工程学报, 2021, 41(05): 1627-1636.
- [5] 许颜贺, 赵坤杰, 吕聪, 等. 基于水-机-电耦合模型的机组励磁优化控制[J]. 华中科技大学学报(自然科学版), 2021, 49(12): 28-33.
- [6] 王洋洋, 鲍久圣, 葛世荣, 等. 刮板输送机永磁直驱系统机-电耦合模型仿真与试验[J]. 煤炭学报, 2020, 45(06): 2127-2139.

作者简介: 国兆荣(1978.06-), 男, 汉族, 河北邯郸人, 本科, 工程师, 研究方向: 电气工程及其自动化。