

(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 203225641 U

(45) 授权公告日 2013. 10. 02

(21) 申请号 201320262991. 1

(22) 申请日 2013. 05. 14

(73) 专利权人 上海中科深江电动车辆有限公司
地址 201821 上海市嘉定区叶城路 1631 号

(72) 发明人 陈新文 袁一脚 顾凌云 何祥延

(74) 专利代理机构 上海智信专利代理有限公司
31002

代理人 王洁 郑暄

(51) Int. Cl.

H02K 16/00(2006. 01)

H02K 7/116(2006. 01)

H02K 7/10(2006. 01)

H02P 21/00(2006. 01)

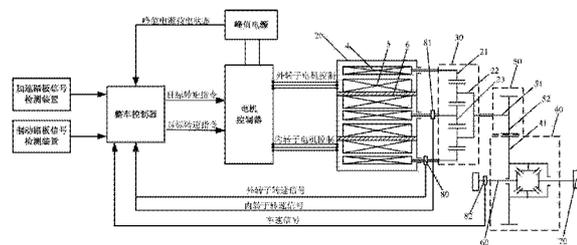
权利要求书2页 说明书11页 附图5页

(54) 实用新型名称

电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速电驱动控制系统

(57) 摘要

本实用新型涉及一种电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速电驱动控制系统,包括加速踏板及制动踏板信号检测装置、整车控制器、电机控制器、外转子及内转子转速信号检测装置、车速信号检测装置和电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速系统,无级变速系统包括电动汽车用双转子电机和行星齿轮,电动汽车用双转子电机包括电机壳体、内转子、外转子、内定子、外定子和定子间隔支承件,内外转子与行星齿轮的齿圈、行星架和太阳轮中的任二部件连接,第三部件作为输出轴,外转子和外定子构成外转子电机,内转子和内定子构成内转子电机,电机控制器分别电路连接外转子电机和内转子电机,本实用新型设计巧妙,结构简洁,合理可靠,适于大规模推广应用。



1. 一种电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速电驱动控制系统,包括加速踏板信号检测装置、制动踏板信号检测装置、整车控制器、电机控制器、外转子转速信号检测装置、内转子转速信号检测装置、车速信号检测装置、电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速系统,所述整车控制器分别信号连接所述加速踏板信号检测装置、所述制动踏板信号检测装置、所述电机控制器、所述外转子转速信号检测装置、所述内转子转速信号检测装置和所述车速信号检测装置,所述电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速系统包括电动汽车用双转子电机和行星齿轮,其特征在于,所述电动汽车用双转子电机包括电机壳体、内转子、外转子、内定子、外定子和定子间隔支承件,所述内转子、所述外转子、所述内定子、所述外定子和所述定子间隔支承件均位于所述电机壳体内,所述外定子和所述内定子位于所述外转子和所述内转子之间且所述内定子位于所述外定子中,所述定子间隔支承件位于所述外定子和所述内定子之间并分别固接所述外定子和所述内定子,所述定子间隔支承件的后端固接所述电机壳体的后端,所述外转子的后端可转动支承在所述的定子间隔支承件的后端上,所述外转子的前端可转动支承在所述定子间隔支承件的前端和所述电机壳体的前端之间,所述内转子位于所述内定子中并分别可转动支承所述的定子间隔支承件的后端和所述的定子间隔支承件的前端,且所述内转子穿设所述的电机壳体的前端,所述外转子与所述行星齿轮的齿圈、行星架和太阳轮中的任一部件连接,所述内转子与所述齿圈、所述行星架和所述太阳轮中的另一部件连接,所述齿圈、所述行星架和所述太阳轮中的第三部件作为输出轴,所述外转子和所述外定子构成外转子电机,所述内转子和所述内定子构成内转子电机,所述电机控制器分别电路连接所述外转子电机和所述内转子电机,所述外转子转速信号检测装置与所述外转子相连接,所述内转子转速信号检测装置与所述内转子相连接,所述车速信号检测装置与所述输出轴相连接。

2. 根据权利要求 1 所述的电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速电驱动控制系统,其特征在于,所述外转子与所述齿圈连接,所述内转子与所述太阳轮连接,所述行星架作为所述输出轴;或者所述外转子与所述齿圈连接,所述内转子与所述行星架连接,所述太阳轮作为所述输出轴;或者所述外转子与所述行星架连接,所述内转子与所述太阳轮连接,所述齿圈作为所述输出轴。

3. 根据权利要求 1 所述的电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速电驱动控制系统,其特征在于,所述电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速系统还包括差速器,所述输出轴与所述差速器的差速器外壳连接,所述车速信号检测装置与所述差速器相连接。

4. 根据权利要求 3 所述的电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速电驱动控制系统,其特征在于,所述电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速系统还包括减速器,所述输出轴通过所述减速器与所述差速器的差速器外壳连接。

5. 根据权利要求 3 所述的电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速电驱动控制系统,其特征在于,所述电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速系统还包括半轴,所示半轴与所述差速器连接,所述车速信号检测装置与所述半轴相连接。

6. 根据权利要求 1 所述的电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速电驱动控制系统,其特征在于,所述电动汽车用双转子电机还包括定子后法兰,所述的定子间隔支承件的后端通过所述定子后法兰固接所述的电机壳体的后端,所述的外转子的后端可转动支承在所述定子后法兰上,所述内转子可转动支承所述定子后法兰。

7. 根据权利要求 6 所述的电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速电驱动控制系统, 其特征在于, 所述电动汽车用双转子电机还包括第一轴承和第二轴承, 所述的外转子的后端通过所述第一轴承可转动支承在所述定子后法兰上, 所述内转子通过所述第二轴承可转动支承所述定子后法兰。

8. 根据权利要求 1 所述的电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速电驱动控制系统, 其特征在于, 所述电动汽车用双转子电机还包括定子前法兰, 所述定子前法兰安设在所述的定子间隔支承件的前端上, 所述的外转子的前端可转动支承在所述定子前法兰上, 所述内转子可转动支承所述定子前法兰。

9. 根据权利要求 8 所述的电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速电驱动控制系统, 其特征在于, 所述电动汽车用双转子电机还包括第三轴承, 所述内转子通过所述第三轴承可转动支承所述定子前法兰。

10. 根据权利要求 1 所述的电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速电驱动控制系统, 其特征在于, 所述电动汽车用双转子电机还包括外转子后法兰, 所述的外转子的后端通过所述外转子后法兰可转动支承在所述的定子间隔支承件的后端上。

11. 根据权利要求 1 所述的电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速电驱动控制系统, 其特征在于, 所述电动汽车用双转子电机还包括外转子前法兰, 所述的外转子的前端通过所述外转子前法兰可转动支承在所述的定子间隔支承件的前端和所述的电机壳体的前端之间。

12. 根据权利要求 11 所述的电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速电驱动控制系统, 其特征在于, 所述电动汽车用双转子电机还包括第四轴承和第五轴承, 所述外转子前法兰分别通过所述第四轴承和所述第五轴承可转动支承在所述的定子间隔支承件的前端和所述的电机壳体的前端之间。

13. 根据权利要求 1 所述的电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速电驱动控制系统, 其特征在于, 所述定子间隔支承件中设置有冷却介质通道。

电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速电驱动控制系统

技术领域

[0001] 本实用新型涉及纯电动车辆驱动系统技术领域,特别涉及电动汽车驱动电机技术领域,具体是指一种电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速电驱动控制系统。

背景技术

[0002] 中国专利申请《电动汽车用双转子电机及相关行星齿轮无级变速系统和控制方法》(以下统称“专利申请 1”)(CN201010283847.7),充分发挥电机调速范围宽的优点,利用行星齿轮机构的拓扑结构和耦合特性,提出了一种结构简单、设计巧妙,具有无级变速、高传动效率的电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速动力总成技术方案。该方案包括一种电动汽车用双转子电机以及一种双转子电机行星齿轮无级变速系统控制方法。

[0003] 可以说,该专利所提出的方案,不管在双转子电机结构设计上,还是双转子电机行星齿轮无级变速系统的控制方法上,都是构思新颖而巧妙的,它从原理上实现了电动汽车驱动电机始终运行在最佳经济性转速下,使电动汽车具有更高的传动效率,且能够无级变速。但是,这个方案仍然存在一定缺陷和局限,特别是电驱动控制方面还有很多有待改进和突破。

[0004] 在双转子电机结构设计方面,输出轴套设在电机内部,这一设计将使电机结构过于复杂、体积变大,并且增加了动力总成在整车上的布置难度,特别是当动力总成带有主减速器的情况。所以,需要提出一种设计更加简单、合理、可靠的双转子电机及其动力总成的结构和布置方案。

[0005] 在双转子电机行星齿轮无级变速系统控制方法方面,由于受到电机转速—转矩特性(在零转速至额定转速范围内,电动机产生恒定转矩;当转速超过额定转速后,转矩随转速呈双曲线下降)以及行星齿轮机构耦合特性的限制,该种控制方式将使动力系统的可输出功率低于电机实际可输出的最大功率。这样,不仅造成电机设计功率的浪费,车辆动力性不足,并且可能由于内外转子输出功率的不匹配,导致车辆产生抖动等现象。另外,到目前为止,还没有一种成熟的电机控制算法,能够对单独的一台电机,实现真正意义上的转速和转矩双闭环控制,使得电机同时满足车辆控制器给出的转矩和转速双重指令。为此,有必要基于上述双转子电机行星齿轮无级变速系统,根据双转子电机的转速—转矩特性和行星齿轮机构的耦合特性,提出一种更加简单、可行、具体和优化的双转子电机控制方法和电驱动控制系统和策略,使车辆动力性和经济性均能满足驾驶员要求。

[0006] 综上所述,期望以专利申请 1 的研究成果为起点,提出一种更加简单、合理、可靠的电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速电驱动控制系统,以及一套与之对应的电动汽车用双转子电机无级变速电驱动控制策略,具体包括目标转矩控制算法、最佳动力性转速控制算法、双转子电机控制方法,整车和电驱动控制策略等。

实用新型内容

[0007] 本实用新型的目的是克服了上述现有技术中的缺点,提供一种电动汽车用双转子

电机行星齿轮无级变速电驱动控制系统,该电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速电驱动控制系统设计巧妙,结构简洁,合理可靠,适于大规模推广应用。

[0008] 为了实现上述目的,本实用新型的电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速电驱动控制系统,包括加速踏板信号检测装置、制动踏板信号检测装置、整车控制器、电机控制器、外转子转速信号检测装置、内转子转速信号检测装置、车速信号检测装置、电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速系统,所述整车控制器分别信号连接所述加速踏板信号检测装置、所述制动踏板信号检测装置、所述电机控制器、所述外转子转速信号检测装置、所述内转子转速信号检测装置和所述车速信号检测装置,所述电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速系统包括电动汽车用双转子电机和行星齿轮,其特点是,所述电动汽车用双转子电机包括电机壳体、内转子、外转子、内定子、外定子和定子间隔支承件,所述内转子、所述外转子、所述内定子、所述外定子和所述定子间隔支承件均位于所述电机壳体内,所述外定子和所述内定子位于所述外转子和所述内转子之间且所述内定子位于所述外定子中,所述定子间隔支承件位于所述外定子和所述内定子之间并分别固接所述外定子和所述内定子,所述定子间隔支承件的后端固接所述电机壳体的后端,所述外转子的后端可转动支承在所述的定子间隔支承件的后端上,所述外转子的前端可转动支承在所述定子间隔支承件的前端和所述电机壳体的前端之间,所述内转子位于所述内定子中并分别可转动支承所述的定子间隔支承件的后端和所述的定子间隔支承件的前端,且所述内转子穿设所述的电机壳体的前端,所述外转子与所述行星齿轮的齿圈、行星架和太阳轮中的任一部件连接,所述内转子与所述齿圈、所述行星架和所述太阳轮中的另一部件连接,所述齿圈、所述行星架和所述太阳轮中的第三部件作为输出轴,所述外转子和所述外定子构成外转子电机,所述内转子和所述内定子构成内转子电机,所述电机控制器分别电路连接所述外转子电机和所述内转子电机,所述外转子转速信号检测装置与所述外转子相连接,所述内转子转速信号检测装置与所述内转子相连接,所述车速信号检测装置与所述输出轴相连接。

[0009] 较佳地,所述外转子与所述齿圈连接,所述内转子与所述太阳轮连接,所述行星架作为所述输出轴;或者所述外转子与所述齿圈连接,所述内转子与所述行星架连接,所述太阳轮作为所述输出轴;或者所述外转子与所述行星架连接,所述内转子与所述太阳轮连接,所述齿圈作为所述输出轴。

[0010] 较佳地,所述电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速系统还包括差速器,所述输出轴与所述差速器的差速器外壳连接,所述车速信号检测装置与所述差速器相连接。

[0011] 更佳地,所述电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速系统还包括减速器,所述输出轴通过所述减速器与所述差速器的差速器外壳连接。

[0012] 更佳地,所述电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速系统还包括半轴,所示半轴与所述差速器连接,所述车速信号检测装置与所述半轴相连接。

[0013] 较佳地,所述电动汽车用双转子电机还包括定子后法兰,所述的定子间隔支承件的后端通过所述定子后法兰固接所述的电机壳体的后端,所述的外转子的后端可转动支承在所述定子后法兰上,所述内转子可转动支承所述定子后法兰。

[0014] 更佳地,所述电动汽车用双转子电机还包括第一轴承和第二轴承,所述的外转子的后端通过所述第一轴承可转动支承在所述定子后法兰上,所述内转子通过所述第二轴承可转动支承所述定子后法兰。

[0015] 较佳地,所述电动汽车用双转子电机还包括定子前法兰,所述定子前法兰安设在所述的定子间隔支承件的前端上,所述的外转子的前端可转动支承在所述定子前法兰上,所述内转子可转动支承所述定子前法兰。

[0016] 更佳地,所述电动汽车用双转子电机还包括第三轴承,所述内转子通过所述第三轴承可转动支承所述定子前法兰。

[0017] 较佳地,所述电动汽车用双转子电机还包括外转子后法兰,所述的外转子的后端通过所述外转子后法兰可转动支承在所述的定子间隔支承件的后端上。

[0018] 较佳地,所述电动汽车用双转子电机还包括外转子前法兰,所述的外转子的前端通过所述外转子前法兰可转动支承在所述的定子间隔支承件的前端和所述的电机壳体的前端之间。

[0019] 更佳地,所述电动汽车用双转子电机还包括第四轴承和第五轴承,所述外转子前法兰分别通过所述第四轴承和所述第五轴承可转动支承在所述的定子间隔支承件的前端和所述的电机壳体的前端之间。

[0020] 较佳地,所述定子间隔支承件中设置有冷却介质通道。

[0021] 本实用新型的有益效果具体在于:本实用新型的电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速电驱动控制系统包括加速踏板信号检测装置、制动踏板信号检测装置、整车控制器、电机控制器、外转子转速信号检测装置、内转子转速信号检测装置、车速信号检测装置、电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速系统,所述整车控制器分别信号连接所述加速踏板信号检测装置、所述制动踏板信号检测装置、所述电机控制器、所述外转子转速信号检测装置、所述内转子转速信号检测装置和所述车速信号检测装置,所述电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速系统包括电动汽车用双转子电机和行星齿轮,所述电动汽车用双转子电机包括电机壳体、内转子、外转子、内定子、外定子和定子间隔支承件,所述内转子、所述外转子、所述内定子、所述外定子和所述定子间隔支承件均位于所述电机壳体内,所述外定子和所述内定子位于所述外转子和所述内转子之间且所述内定子位于所述外定子中,所述定子间隔支承件位于所述外定子和所述内定子之间并分别固接所述外定子和所述内定子,所述定子间隔支承件的后端固接所述电机壳体的后端,所述外转子的后端可转动支承在所述的定子间隔支承件的后端上,所述外转子的前端可转动支承在所述定子间隔支承件的前端和所述电机壳体的前端之间,所述内转子位于所述内定子中并分别可转动支承所述的定子间隔支承件的后端和所述的定子间隔支承件的前端,且所述内转子穿设所述的电机壳体的前端,所述外转子与所述行星齿轮的齿圈、行星架和太阳轮中的任一部件连接,所述内转子与所述齿圈、所述行星架和所述太阳轮中的另一部件连接,所述齿圈、所述行星架和所述太阳轮中的第三部件作为输出轴,所述外转子和所述外定子构成外转子电机,所述内转子和所述内定子构成内转子电机,所述电机控制器分别电路连接所述外转子电机和所述内转子电机,所述外转子转速信号检测装置与所述外转子相连接,所述内转子转速信号检测装置与所述内转子相连接,所述车速信号检测装置与所述输出轴相连接,设计巧妙,结构简洁,合理可靠,适于大规模推广应用。

附图说明

[0022] 图 1 是本实用新型的一具体实施例的结构示意图。

- [0023] 图 2 是图 1 所示的电动汽车用双转子电机的剖视示意图。
- [0024] 图 3 是图 1 所示的具体实施例的控制策略流程图。
- [0025] 图 4 是整车控制器的控制结构示意图。
- [0026] 图 5 是内转子电机控制器和外转子电机控制器的控制结构示意图。

具体实施方式

[0027] 为了能够更清楚地理解本实用新型的技术内容,特举以下实施例详细说明。

[0028] 请参见图 1 至图 2 所示,本实用新型的电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速电驱动控制系统包括加速踏板信号检测装置、制动踏板信号检测装置、整车控制器、电机控制器、外转子转速信号检测装置 80、内转子转速信号检测装置 81、车速信号检测装置 82、电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速系统,所述整车控制器分别信号连接所述加速踏板信号检测装置、所述制动踏板信号检测装置、所述电机控制器、所述外转子转速信号检测装置 80、所述内转子转速信号检测装置 81 和所述车速信号检测装置 82,所述电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速系统包括电动汽车用双转子电机 20 和行星齿轮 30,所述电动汽车用双转子电机 20 包括电机壳体 18、内转子 10、外转子 4、内定子 14、外定子 5 和定子间隔支承件 6,所述内转子 10、所述外转子 4、所述内定子 14、所述外定子 5 和所述定子间隔支承件 6 均位于所述电机壳体 18 内,所述外定子 5 和所述内定子 14 位于所述外转子 4 和所述内转子 10 之间且所述内定子 14 位于所述外定子 5 中,所述定子间隔支承件 6 位于所述外定子 5 和所述内定子 14 之间并分别固接所述外定子 5 和所述内定子 14,所述定子间隔支承件 6 的后端固接所述电机壳体 18 的后端 2,所述外转子 4 的后端可转动支承在所述的定子间隔支承件 6 的后端上,所述外转子 4 的前端可转动支承在所述定子间隔支承件 6 的前端和所述电机壳体 18 的前端 13 之间,所述内转子 10 位于所述内定子 14 中并分别可转动支承所述的定子间隔支承件 6 的后端和所述的定子间隔支承件 6 的前端,且所述内转子 10 穿设所述的电机壳体 18 的前端 13,所述外转子 4 与所述行星齿轮 30 的齿圈 21、行星架 22 和太阳轮 23 中的任一部件连接,所述内转子 10 与所述齿圈 21、所述行星架 22 和所述太阳轮 23 中的另一部件连接,所述齿圈 21、所述行星架 22 和所述太阳轮 23 中的第三部件作为输出轴,所述外转子 4 和所述外定子 5 构成外转子电机,所述内转子 10 和所述内定子 14 构成内转子电机,所述电机控制器分别电路连接所述外转子电机和所述内转子电机,所述外转子转速信号检测装置 80 与所述外转子 4 相连接用于检测所述外转子 4 的转速,所述内转子转速信号检测装置 81 与所述内转子 10 相连接用于检测所述内转子 10 的转速,所述车速信号检测装置 82 与所述输出轴相连接用于检测所述输出轴的转速。

[0029] 也就是说,所述外转子 4 和所述内转子 10 可以和所述齿圈 21、所述行星架 22、所述太阳轮 23 这三个部件的任何两个连接,剩余那个作为输出轴,请参见图 1 所示,在本实用新型的具体实施例中,所述外转子 4 与所述齿圈 21 通过花键刚性连接,所述内转子 10 与所述太阳轮 23 通过花键刚性连接,所述行星架 22 作为输出轴。也可以,所述外转子 4 与所述行星架 22 连接,所述内转子 10 与所述太阳轮 23 连接,所述齿圈 21 作为输出轴。也可以,所述外转子 4 与所述齿圈 21 连接,所述内转子 10 与所述行星架 22 连接,所述太阳轮 23 作为输出轴。也可以,所述外转子 4 与所述太阳轮 23 连接,所述内转子 10 与所述行星架 22 连接,所述齿圈 21 作为输出轴。也可以,所述外转子 4 与所述行星架 22 连接,所述内转子

10 与所述齿圈 21 连接,所述太阳轮 23 作为输出轴。也可以,所述外转子 4 与所述太阳轮 23 连接,所述内转子 10 与所述齿圈 21 连接,所述行星架 22 作为输出轴。

[0030] 请参见图 1 所示,在本实用新型的具体实施例中,所述电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速系统还包括差速器 40,所述输出轴与所述差速器 40 的差速器外壳 41 连接,所述车速信号检测装置 82 与所述差速器 40 相连接用于检测所述差速器 40 的转速。即行星架 22 与所述差速器 40 的差速器外壳 41 相连接,将转矩输入到差速器 40。

[0031] 更佳地,所述电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速系统还包括减速器 50,所述输出轴通过所述减速器 50 与所述差速器 40 的差速器外壳 41 连接。请参见图 1 所示,在本实用新型的具体实施例中,所述行星架 22 与减速器主轴 51 连接。将转矩输入到减速器 50,减速器齿轮 52 将转矩传递至差速器外壳 41。

[0032] 请参见图 1 所示,在本实用新型的具体实施例中,所述电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速系统还包括半轴 60,所示半轴 60 与所述差速器 40 连接,所述车速信号检测装置 82 与所述半轴 60 相连接用于检测所述半轴 60 的转速。转矩再经与差速器 40 连接的半轴 60 传递到两侧的车轮 70。

[0033] 所述定子间隔支承件 6 的后端固接所述电机壳体 18 的后端 2 可以采用任何合适的结构,请参见图 2 所示,在本实用新型的具体实施例中,所述电动汽车用双转子电机还包括定子后法兰 16,所述的定子间隔支承件 6 的后端通过所述定子后法兰 16 固接所述的电机壳体 18 的后端 2,所述的外转子 4 的后端可转动支承在所述定子后法兰 16 上,所述内转子 10 可转动支承所述定子后法兰 16。

[0034] 所述的定子间隔支承件 6 的后端通过所述定子后法兰 16 固接所述的电机壳体 18 的后端 2 可以采用任何合适的结构,请参见图 2 所示,在本实用新型的具体实施例中,所述电动汽车用双转子电机还包括螺钉 1,所述定子后法兰 16 通过所述螺钉 1 固接所述的电机壳体 18 的后端 2。

[0035] 所述的外转子 4 的后端可转动支承在所述定子后法兰 16 上,所述内转子 10 可转动支承所述定子后法兰 16,可以采用任何合适的结构,请参见图 2 所示,在本实用新型的具体实施例中,所述电动汽车用双转子电机还包括第一轴承 3 和第二轴承 15,所述的外转子 4 的后端通过所述第一轴承 3 可转动支承在所述定子后法兰 16 上,所述内转子 10 通过所述第二轴承 15 可转动支承所述定子后法兰 16。

[0036] 所述外转子 4 的前端可转动支承在所述定子间隔支承件 6 的前端上,所述内转子 10 可转动支承所述的定子间隔支承件 6 的前端,可以采用任何合适的结构,请参见图 2 所示,在本实用新型的具体实施例中,所述电动汽车用双转子电机还包括定子前法兰 12,所述定子前法兰 12 安设在所述的定子间隔支承件 6 的前端上,所述的外转子 4 的前端可转动支承在所述定子前法兰 12 上,所述内转子 10 可转动支承所述定子前法兰 12。

[0037] 所述内转子 10 可转动支承所述定子前法兰 12 可以采用任何合适的结构,请参见图 2 所示,在本实用新型的具体实施例中,所述电动汽车用双转子电机还包括第三轴承 7,所述内转子 10 通过所述第三轴承 7 可转动支承所述定子前法兰 12。

[0038] 所述外转子 4 的后端可转动支承在所述的定子间隔支承件 6 的后端上可以采用任何合适的结构,请参见图 2 所示,在本实用新型的具体实施例中,所述电动汽车用双转子电机还包括外转子后法兰 17,所述的外转子 4 的后端通过所述外转子后法兰 17 可转动支承在

所述的定子间隔支承件 6 的后端上。

[0039] 所述外转子 4 的前端可转动支承在所述定子间隔支承件 6 的前端和所述电机壳体 18 的前端 13 之间可以采用任何合适的结构,请参见图 2 所示,在本实用新型的具体实施例中,所述电动汽车用双转子电机还包括外转子前法兰 9,所述的外转子 4 的前端通过所述外转子前法兰 9 可转动支承在所述的定子间隔支承件 6 的前端和所述的电机壳体 18 的前端 13 之间。

[0040] 所述的外转子 4 的前端通过所述外转子前法兰 9 可转动支承在所述的定子间隔支承件 6 的前端和所述的电机壳体 18 的前端 13 之间可以采用任何合适的结构,请参见图 2 所示,在本实用新型的具体实施例中,所述电动汽车用双转子电机还包括第四轴承 11 和第五轴承 8,所述外转子前法兰 9 分别通过所述第四轴承 11 和所述第五轴承 8 可转动支承在所述的定子间隔支承件 6 的前端和所述的电机壳体 18 的前端 13 之间。

[0041] 为了使得结构更加紧凑,请参见图 2 所示,在本实用新型的具体实施例中,所述定子间隔支承件 6 中设置有冷却介质通道 19。

[0042] 所述内转子 10 穿设所述的电机壳体 18 的前端 13 可以采用任何合适的结构,请参见图 2 所示,在本实用新型的具体实施例中,所述外转子前法兰 9 穿设所述的电机壳体 18 的前端 13,所述内转子 10 穿设所述外转子前法兰 9。

[0043] 本实用新型的定子间隔支承件 6 可以采用不导磁材料,并开有平行水道作为冷却介质通道 19,从而将内定子 14 和外定子 5 从磁路上分隔,消除磁的耦合,便于内转子 10、外转子 4 独立控制;通过第二轴承 15 及第三轴承 7 将内转子 10 支承在定子间隔支承件 6 的前后两端,实现内转子 10 的自由转动和轴向定位,以便内转子 10 承受高转速;外转子 4 以其前后两端部作为支承位置,通过第一轴承 3、第四轴承 11 及第五轴承 8 支承在间隔支承件 6 的后端上、以及间隔支承件 6 的前端和电机壳体 18 的前端 13 之间,实现外转子 4 的自由转动和轴向定位,以便外转子 4 承受高转矩。在本实用新型的具体实施实例中,轴承均可采用深沟球轴承。

[0044] 外转子前法兰 9 上开有渐开线外花键,内转子 10 上开有平键槽,用于输出外转子电机及内转子电机的转矩、转速,这样通过不同的连接方式可以得到不同的双转子电机行星齿轮无级变速系统结构。

[0045] 上述电动汽车用双转子电机 20 的内转子 10、外转子 4 的目标转矩控制算法为,根据加速踏板开度、行星齿轮 30 的耦合特性、齿圈 21 与太阳轮 23 的齿数比,内转子 10、外转子 4 转速—转矩特性、以及内转子 10、外转子 4 的当时转速,来确定所述内转子 10 和所述外转子 4 的目标转矩,保证所述内转子 10、所述外转子 4 的输出转矩同时满足所述行星齿轮 30 的转矩耦合特性和电机转速—转矩特性,并且对于车辆的不同驱动模式均适用,其具体计算方法如下:

$$[0046] \quad T_{ref_m1} = \frac{\alpha}{f_1(i_g)} \min \left[\left[f_1(i_g) T_{1max}(\omega_1), f_2(i_g) T_{2max}(\omega_2) \right] \right] \quad \dots \dots (1)$$

$$[0047] \quad T_{ref_m2} = \frac{\alpha}{f_2(i_g)} \min \left[\left[f_1(i_g) T_{1max}(\omega_1), f_2(i_g) T_{2max}(\omega_2) \right] \right] \quad \dots \dots (2)$$

[0048] 其中, α 为加速 / 制动踏板开度(牵引时为正,制动时为负); T_{ref_m1} 是所述内转子 10 的目标转矩; T_{ref_m2} 是所述外转子 4 的目标转矩; T_{1max} 、 T_{2max} 分别为内转子 10、外转子 4 当

时转速下可输出的最大转矩； ω_1 、 ω_2 为内转子 10、外转子 4 的当时转速； i_g 为行星齿轮 30 齿圈 21 与太阳轮 23 的齿数比； $f_1(i_g)$ 、 $f_2(i_g)$ 分别为行星齿轮机构 30 上，输出轴与内转子 10、外转子 4 直接相连的部件间，满足转矩耦合特性的转矩比值。

[0049] 上述电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速系统的最佳动力性转速控制算法为，根据输出轴当前转速，实时计算出所述内转子 10 和所述外转子 4 的最佳动力性转速，保证输出轴在当前车速下可输出转矩最大，并且满足行星齿轮 30 的耦合特性、所述内转子 10、外转子 4 的转速—转矩特性，其具体计算方法如下：

[0050] 当所述输出轴的转速 $|\omega_3| \leq \omega_{b1}$ 时，所述内转子 10、外转子 4 工作在其恒转矩区内。此时，由以下公式计得内转子、外转子的最佳经济性转速 ω_{ref_m1} 和 ω_{ref_m2} ：

$$[0051] \quad \max[\eta_{sys}] = \max \left[\frac{|T_{ref_m1}\omega_1| + |T_{ref_m2}\omega_2|}{|T_{ref_m1}\omega_1/\eta_{mc1}| + |T_{ref_m2}\omega_2/\eta_{mc2}|} \right]; \quad \dots\dots (3)$$

$$[0052] \quad \omega_{ref} = f_3(\omega_1, \omega_2, i_g); \quad \dots\dots (4)$$

[0053] 其中， η_{sys} 是系统总效率， η_{mc1} 是内转子电机分系统控制器、内侧三相绕组及内转子综合的系统效率； η_{mc2} 是外转子电机分系统控制器、外侧三相绕组及外转子综合的系统效率； i_g 是齿圈与太阳轮的转速比； T_{ref_m1} 、 T_{ref_m2} 分别为内转子和外转子须提供的目标转矩； ω_{ref} 是行星齿轮机构输出轴目标转速； f_3 为行星齿轮机构上输出轴与输入轴间的转速耦合关系式；由以上公式求得的 ω_1 和 ω_2 ，即为所述内转子和外转子此时的最佳工作转速 ω_{ref_m1} 和 ω_{ref_m2} 。因为一般情况下，为了减小电机体积，提高电机功率利用率，会将内转子电机、外转子电机的峰值转矩比值设计成，满足行星齿轮 30 的转矩耦合特性的比值，所以上述的最佳经济性转速 ω_{ref_m1} 和 ω_{ref_m2} ，便可保证输出轴可输出转矩最大，并且系统效率最高。

[0054] 当所述输出轴转速 $\omega_{b1} < |\omega_3| \leq \omega_{b2}$ 时，所述内转子 10、外转子 4 工作在其恒功率区内。此时，为了使输出轴输出转矩最大，应使内转子 10、外转子 4 分别输出其峰值功率，同时输出转矩和转速满足行星齿轮 30 的耦合特性。这样，由式(5)~(6)所求得的内转子 10、外转子 4 的转速 ω_1 和 ω_2 ，便是该车速下的电机最佳动力性转速 ω_{ref_m1} 和 ω_{ref_m2} 。

$$[0055] \quad \frac{P_{2max}}{\omega_2} = f_4(i_g) \frac{P_{1max}}{\omega_1} \quad \dots\dots (5)$$

$$[0056] \quad \omega_{ref} = f_3(\omega_1, \omega_2, i_g) \quad \dots\dots (6)$$

[0057] 其中， P_{1max} 、 P_{2max} 为内转子电机、外转子电机的峰值功率； ω_{ref} 为输出轴目标转速，即为输出轴当前转速； f_3 为行星齿轮机构上输出轴与输入轴间的转速耦合关系式； f_4 为行星齿轮机构上两输入轴间的转矩耦合关系式； ω_{b1} 为内转子、外转子均为对应额定转速时，输出轴转速； ω_{b2} 为外转子转速达到最大，内转子、外转子的输出功率为峰值功率，输出转矩满足转矩耦合特性时，输出轴的转速；其它说明同上。

[0058] 当所述输出轴转速 $\omega_{b2} < |\omega_3| \leq \omega_{b3}$ 时，所述内转子 10、外转子 4 已不能同时输出其峰值功率。此时，为了使输出轴可输出转矩最大，应使外转子 4 的转速保持在其最高转速上，同时使内转子 10 输出其峰值功率。这样，便可求得所述内转子 10、外转子 4 的最佳动力性转速，如式(7)~(8)所示：

$$[0059] \quad \omega_{ref} = f_3(\omega_1, \omega_{2max}, i_g) \quad \dots\dots (7)$$

[0060] $\omega_2 = \omega_{2\max} \dots\dots (8)$

[0061] 其中, $\omega_{2\max}$ 为外转子 4 的最高转速; f_3 为行星齿轮机构上输出轴与输入轴间的转速耦合关系式; ω_{b3} 为内转子 10、外转子 4 均达到对应峰值转速时, 输出轴转速; 其它释义同上。

[0062] 对于内转子 10 与太阳轮 23 连接, 外转子 4 与齿圈 21 相连接, 行星架 22 作为输出轴的结构类型, 内转子 10、外转子 4 的目标转矩控制算法如式(11)~(12)所示:

[0063]

$$T_{ref_m1} = \frac{\alpha}{1+i_g} \min \left[(1+i_g)T_{1\max}(w_1), \frac{(1+i_g)}{i_g}T_{2\max}(w_2) \right] \dots\dots (11)$$

[0064]

$$T_{ref_m2} = \frac{\alpha i_g}{1+i_g} \min \left[(1+i_g)T_{1\max}(w_1), \frac{(1+i_g)}{i_g}T_{2\max}(w_2) \right] \dots\dots (12)$$

[0065] 对于内转子 10 与太阳轮 23 连接, 外转子 4 与行星架 22 相连接, 齿圈 21 作为输出轴的结构类型, 内转子 10、外转子 4 的目标转矩控制算法如式(13)~(14)所示:

$$T_{ref_m1} = \frac{\alpha}{i_g} \min \left[i_g T_{1\max}(w_1), \frac{i_g}{(1+i_g)} T_{2\max}(w_2) \right] \dots\dots (13)$$

[0067]

$$T_{ref_m2} = \frac{\alpha(1+i_g)}{i_g} \min \left[i_g T_{1\max}(w_1), \frac{i_g}{(1+i_g)} T_{2\max}(w_2) \right] \dots\dots (14)$$

[0068] 对于内转子 10 与齿圈 21 连接, 外转子 4 与行星架 22 相连接, 太阳轮 23 作为输出轴的结构类型, 内转子 10、外转子 4 的目标转矩控制算法如式(15)~(16)所示:

[0069]

$$T_{ref_m1} = \alpha i_g \min \left[\frac{1}{i_g} T_{1\max}(w_1), \frac{1}{(1+i_g)} T_{2\max}(w_2) \right] \dots\dots (15)$$

[0070]

$$T_{ref_m1} = \alpha(1+i_g) \min \left[\frac{1}{i_g} T_{1\max}(w_1), \frac{1}{(1+i_g)} T_{2\max}(w_2) \right] \dots\dots (16)$$

[0071] 对于内转子 10 与太阳轮 23 连接, 外转子 4 与齿圈 21 相连接, 行星架 22 作为输出轴的结构类型, 内转子 10、外转子 4 的最佳动力性转速控制算法如式(17)~(18)所示:

[0072]

$$W_{ref_m1} = \begin{cases} \text{由式 (1)~ (2) 计得, 且 } |w_1| \leq w_{1n}, |w_2| \leq w_{2n} & \text{当 } |\omega_3| \leq \omega_{b1} \\ \frac{(1+i_g)\omega_3}{1+P_{2max}/P_{1max}} & \text{当 } |\omega_3| \leq \omega_{b2} \\ (1+i_g)\omega_3 - i_g\omega_{2max} & \text{当 } |\omega_3| \leq \omega_{b3} \end{cases} \dots\dots (17)$$

[0073]

$$W_{ref_m2} = \begin{cases} \text{由式 (1)~ (2) 计得, 且 } |\omega_1| \leq \omega_{1n}, |\omega_2| \leq \omega_{2n} & \text{当 } |\omega_3| \leq \omega_{b1} \\ \frac{(1+i_g)\omega_3}{i_g(1+P_{1max}/P_{2max})} & \text{当 } |\omega_3| \leq \omega_{b2} \\ \omega_{2max} & \text{当 } |\omega_3| \leq \omega_{b3} \end{cases} \dots\dots (18)$$

[0074] 其中,

$$\omega_{b1} = \frac{1}{1+i_g}w_{1n} + \frac{i_g}{1+i_g}\omega_{2n}, \quad \omega_{b2} = \frac{i_g w_{2max}(1+P_{1max}/P_{2max})}{(1+i_g)}, \quad \omega_{b3} = \frac{1}{1+i_g}w_{1max} + \frac{i_g}{1+i_g}\omega_{2max}$$

[0075] 对于内转子 10 与太阳轮 23 连接, 外转子 4 与行星架 22 相连接, 齿圈 21 作为输出轴的结构类型, 内转子 10、外转子 4 的最佳动力性转速控制算法如式 (19) ~ (20) 所示:

[0076]

$$W_{ref_m1} = \begin{cases} \text{由式 (1)~ (2) 计得, 且 } |\omega_1| \leq \omega_{1n}, |\omega_2| \leq \omega_{2n} & \text{当 } |\omega_3| \leq \omega_{b1} \\ \frac{\omega_3 i_g}{(1+i_g)(1-P_{1max}/P_{2max})} & \text{当 } |\omega_3| \leq \omega_{b2} \\ (1+i_g)\omega_{2max} - i_g\omega_3 & \text{当 } |\omega_3| \leq \omega_{b3} \end{cases} \dots\dots (19)$$

$$W_{ref_m2} = \begin{cases} \text{由式 (1)~ (2) 计得, 且 } |\omega_1| \leq \omega_{1n}, |\omega_2| \leq \omega_{2n} & \text{当 } |\omega_3| \leq \omega_{b1} \\ \frac{i_g\omega_3}{P_{2max}/P_{1max} - 1} & \text{当 } |\omega_3| \leq \omega_{b2} \\ \omega_{2max} & \text{当 } |\omega_3| \leq \omega_{b3} \end{cases} \dots\dots (20)$$

[0077] 其中,

$$\omega_{b1} = \frac{(1+i_g)\omega_{2n} - w_{1n}}{i_g}, \quad \omega_{b2} = \frac{w_{2max}(1+i_g)(1-P_{1max}/P_{2max})}{i_g}, \quad \omega_{b3} = \frac{(1+i_g)\omega_{2max} - w_{1max}}{i_g}$$

[0078] 对于内转子 10 与齿圈 21 连接, 外转子 4 与行星架 22 相连接, 太阳轮 23 作为输出轴的结构类型, 内转子 10、外转子 4 的最佳动力性转速控制算法如式 (21) ~ (22) 所示:

[0079]

$$W_{ref_m1} = \begin{cases} \text{由式 (1)~ (2) 计得, 且 } |\omega_1| \leq \omega_{1n}, |\omega_2| \leq \omega_{2n} & \text{当 } |\omega_3| \leq \omega_{b1} \\ \frac{\omega_3 P_{1max}}{i_g P_{2max} (1 - P_{1max} / P_{2max})} & \text{当 } |\omega_3| \leq \omega_{b2} \\ \frac{\omega_{2max} (1 + i_g) - \omega_3}{i_g} & \text{当 } |\omega_3| \leq \omega_{b3} \end{cases} \dots\dots (21)$$

$$W_{ref_m2} = \begin{cases} \text{由式 (1)~ (2) 计得, 且 } |w_1| \leq w_{1n}, |w_2| \leq w_{2n} & \text{当 } |\omega_3| \leq \omega_{b1} \\ \frac{\omega_3}{(1 + i_g)(1 - P_{1max} / P_{2max})} & \text{当 } |\omega_3| \leq \omega_{b2} \\ \omega_{2max} & \text{当 } |\omega_3| \leq \omega_{b3} \end{cases} \dots\dots (22)$$

[0080] 其中, $\omega_{b1} = (1 + i_g) \omega_{2n} - \omega_{1n}$, $\omega_{b2} = (1 + i_g) (1 - P_{1max} / P_{2max}) \omega_{2max}$, $\omega_{b3} = (1 + i_g) \omega_{2max} - \omega_{1max}$ 。

[0081] 上述电动汽车用双转子电机 20 的控制方法为, 电动汽车用双转子电机 20 的其中一转子采用转矩模式控制, 另一转子采用转速模式控制。这样, 通过电动汽车用双转子电机 20 的主动控制与行星齿轮 30 的耦合作用, 保证电动汽车用双转子电机 20 在输出整车目标转矩的同时, 电动汽车用双转子电机 20 运行在最佳工作转速下(最佳经济性转速或最佳动力性转速)。

[0082] 较佳地, 所述内转子 10 采用转矩模式控制, 外转子 4 采用转速模式控制;

[0083] 较佳地, 所述内转子 10 采用转速模式控制, 外转子 4 采用转矩模式控制。

[0084] 上述电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速系统的整车控制方法为, 整车控制器首先根据加速 / 制动踏板开度, 选择电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速系统运行模式, 然后向电机控制器给出内转子目标转矩和外转子目标转速指令(或者是外转子目标转矩和内转子目标转速指令), 通过内转子 10、外转子 4 的协调控制, 使电动汽车用双转子电机 20 始终工作在最佳工况下, 保证整个电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速系统高效率, 同时兼顾驾驶员的动力性需求。电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速系统控制策略流程图如图 3 所示, 驾驶员给出的转矩指令, 它们不是处于牵引模式, 就是处于制动模式。当加速踏板开度大于某一阈值时, 车辆运行于最佳动力性模式; 当加速踏板开度小于该阈值时, 车辆运行于最佳经济性模式; 当制动踏板开度大于某一阈值时, 车辆采用混合制动模式, 其中电机产生最大的制动功率, 而机械制动系统产生剩余的制动功率; 当制动踏板开度小于该阈值时, 车辆采用再生制动模式。目标转矩和目标转速指令按照式(1)~(8)的算法产生。

[0085] 上述电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速系统的电驱动控制方法为, 整车控制器根据驾驶员给出的加速或制动踏板信号、所采用的电动汽车用双转子电机 20 的控制方法, 以及其它必要的车辆反馈信息(如电源的荷电状态和车速), 利用前述整车控制方法和算法, 确定电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速系统运行模式(或最佳动力性模式, 或最佳经济性模式, 或混合制动模式, 或再生制动模式), 进而根据相应驱动模式的控制算

法,确定所述内转子 10 的目标转矩 T_{ref_m1} 和外转子 4 的目标转速 ω_{ref_m2} 。整车控制器控制结构简图如图 4 所示。然后,电机控制器根据所接收的目标转矩和目标转速指令,,分别控制电机内、外转子输出相应的转矩和转速。其中,内转子电机控制器、外转子电机控制器分别为典型的内装式和面装式永磁电机矢量控制算法,其控制结构简图如图 5 所示。最后,电动汽车用双转子电机 20 所输出的转矩和转速经行星齿轮 30 耦合,通过减速器 50 和差速器 40 等传动装置传递至车轮 70。

[0086] 本实用新型具有以下优点:

[0087] 1. 本实用新型所提供的电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速电驱动控制系统的结构和布置方案,减小了双转子电机 20 的体积、简化了动力总成即电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速系统的结构,降低了制造成本,使所述动力总成的布置更加合理可靠,适于大规模推广应用。

[0088] 2. 本实用新型所提供的双转子电机 20 的内转子 10、外转子 4 的目标转矩计算方法,可实时根据内转子 10、外转子 4 的转速进行计算,使电机输出转矩同时满足行星齿轮 30 的转矩耦合特性和内转子 10、外转子 4 的转速—转矩特性,并且对于车辆的不同驱动模式均适用,实现了行星齿轮 30 的良好匹配,避免了电机输出功率浪费和由于内转子 10、外转子 4 输出转矩的不匹配而产生的整车抖动现象,提高了驾乘舒适度,适于大规模推广应用。

[0089] 3. 本实用新型所提供的双转子电机行星齿轮无级变速系统的最佳动力性模式控制方法,提高了电机设计功率的利用率,提升了车辆的动力性、加速和爬坡性能,适于大规模推广应用。

[0090] 4. 本实用新型所提供的双转子电机 20 的控制方法,使所述动力系统输出功率可同时满足整车的转矩和转速需求这一控制目标,从理论可能层面提升到实际可达到层面。同时,这一控制方法,大大简化了控制系统结构,减小了控制难度,降低了成本,适于大规模推广应用。

[0091] 5. 本实用新型所提供的电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速系统电驱动控制策略,可根据加速踏板或制动踏板开度,由整车控制器给出的需求转矩指令和需求转速指令,通过内转子 10、外转子 4 的协调控制,使电机始终工作在最佳工况下,保证整个动力系统高效率,同时兼顾驾驶员的动力性需求。

[0092] 综上,本实用新型的电动汽车用双转子电机行星齿轮无级变速电驱动控制系统设计巧妙,结构简洁,合理可靠,适于大规模推广应用。

[0093] 在此说明书中,本实用新型已参照其特定的实施例作了描述。但是,很显然仍可以作出各种修改和变换而不背离本实用新型的精神和范围。因此,说明书和附图应被认为是说明性的而非限制性的。

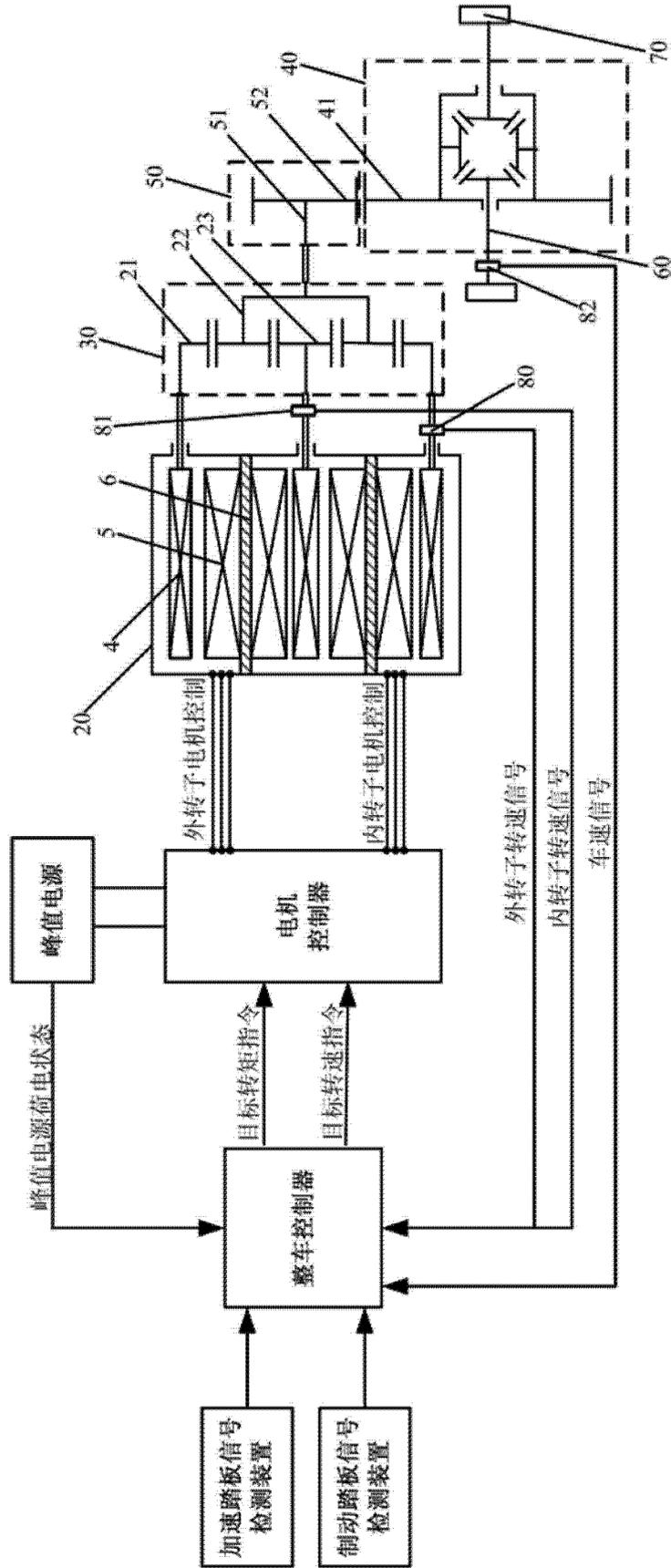


图 1

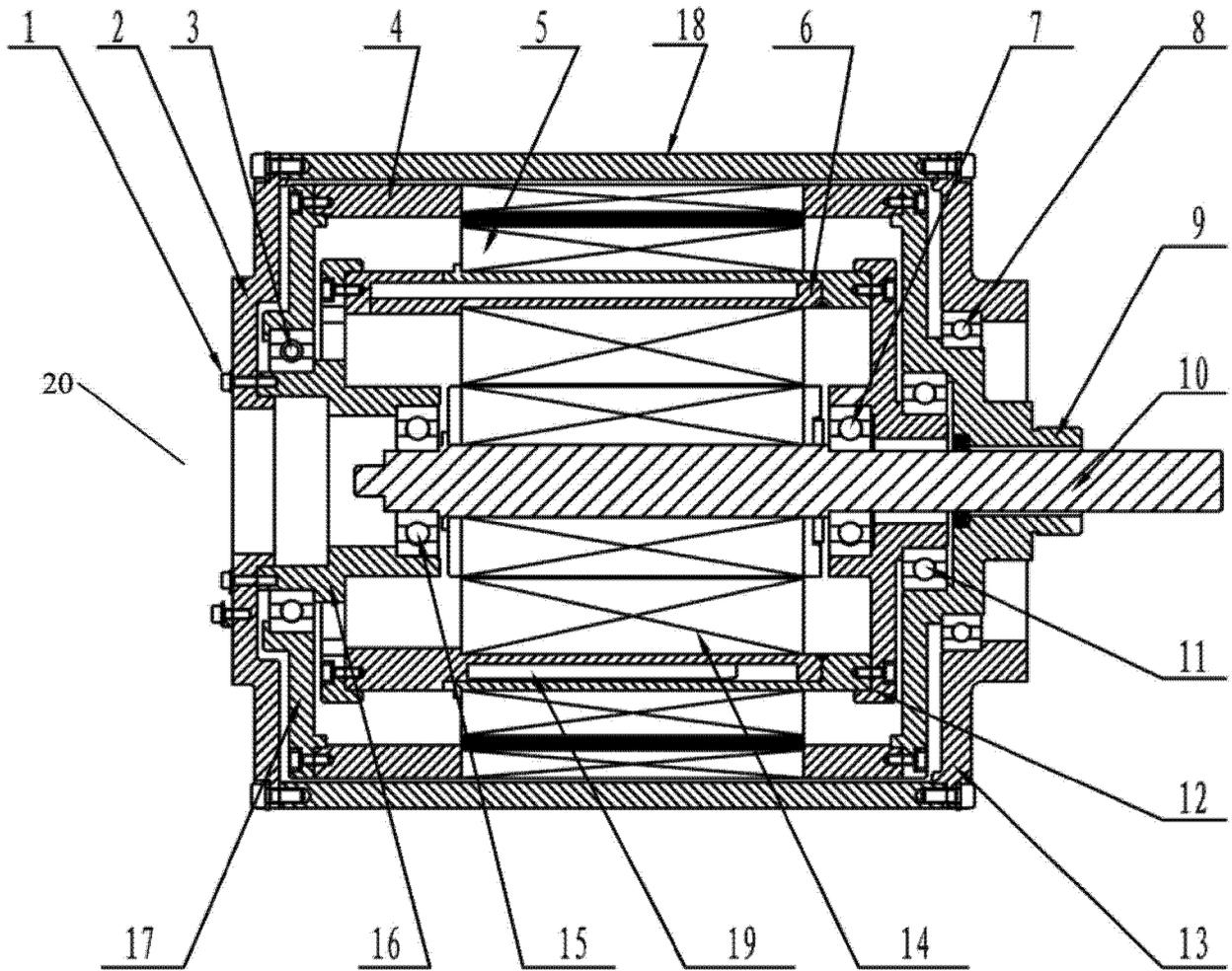


图 2

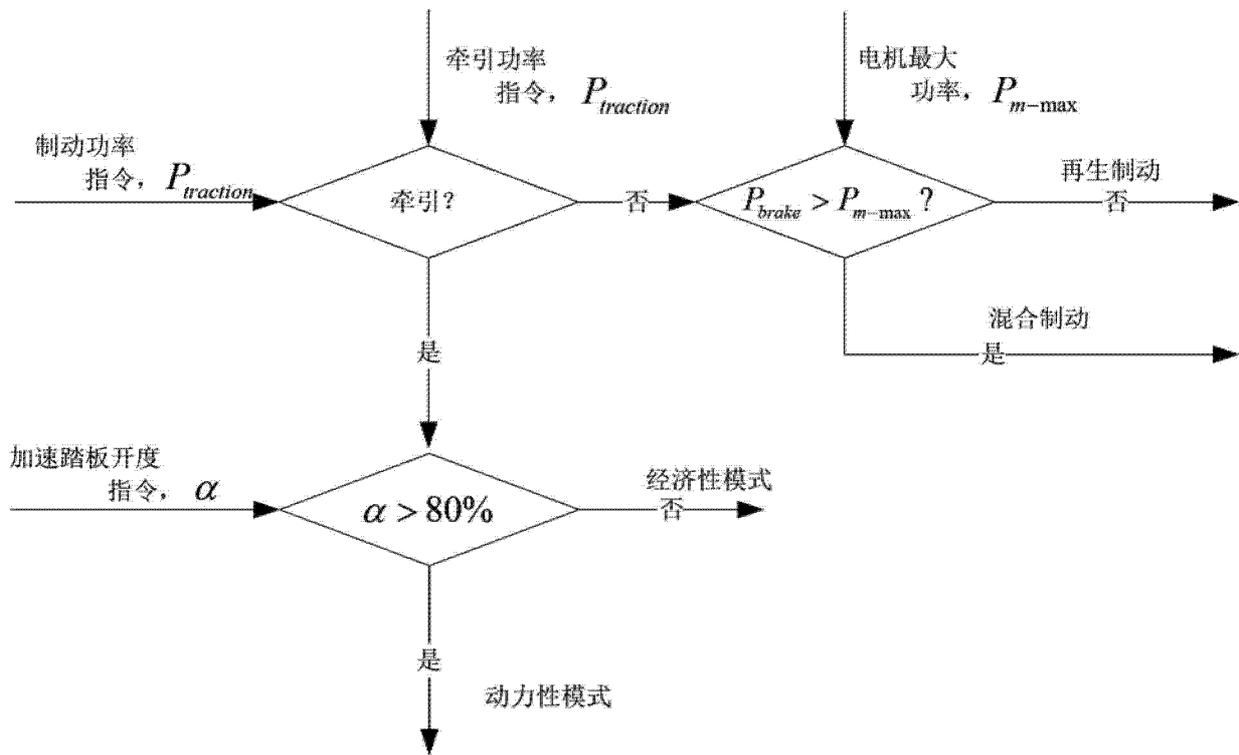


图 3

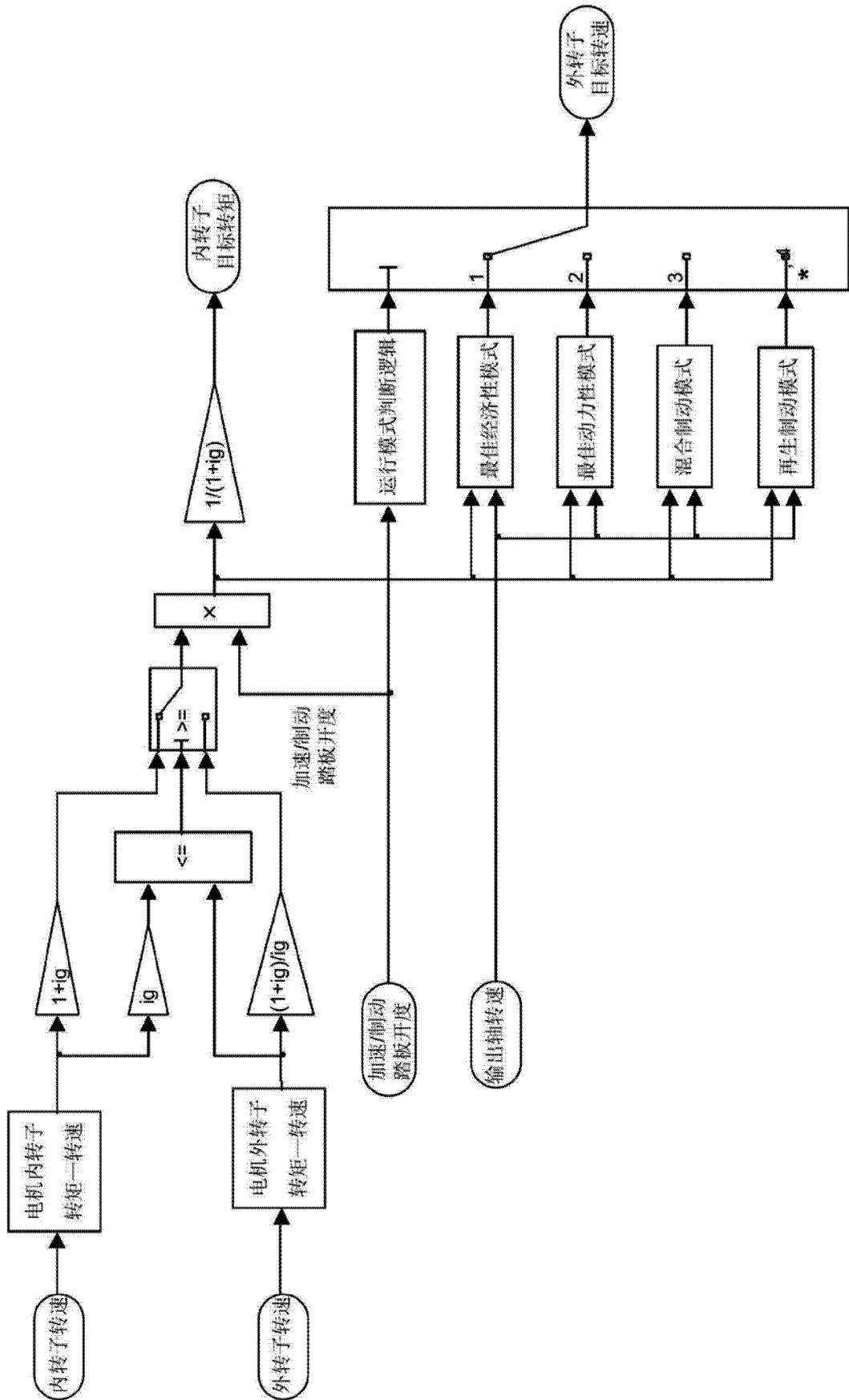


图 4

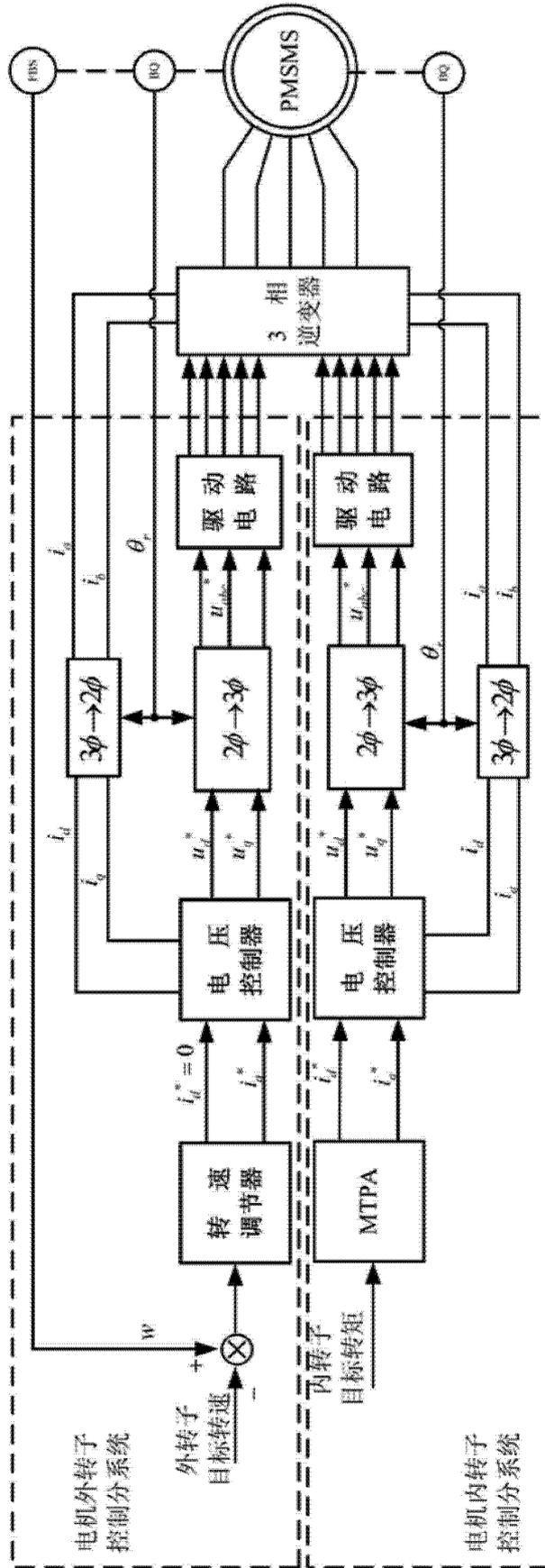


图 5