



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111071237 A

(43)申请公布日 2020.04.28

(21)申请号 201911386242.8

B60W 20/10(2016.01)

(22)申请日 2019.12.29

B60W 30/188(2012.01)

(71)申请人 吉泰车辆技术(苏州)有限公司

B60W 20/13(2016.01)

地址 215028 江苏省苏州市工业园区东长
路88号2.5产业园G1栋1001室

B60W 30/19(2012.01)

(72)发明人 司文 梁志海 惠无垠

(74)专利代理机构 南京艾普利德知识产权代理
事务所(特殊普通合伙)
32297

代理人 陆明耀

(51)Int.Cl.

B60W 10/02(2006.01)

B60W 10/06(2006.01)

B60W 10/08(2006.01)

B60W 10/11(2012.01)

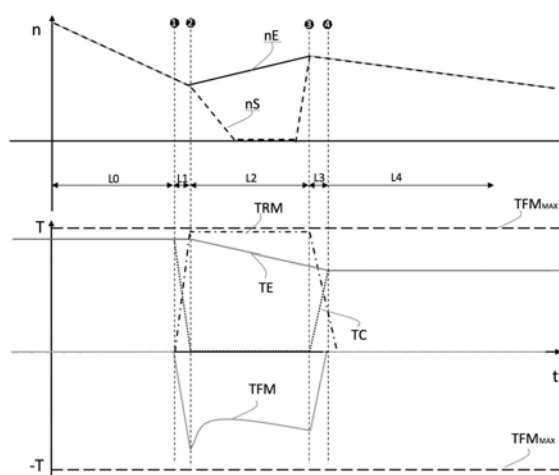
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54)发明名称

混动系统无缝降挡控制方法

(57)摘要

本发明揭示了一种混动系统无缝降挡控制方法,包括根据离合器的工作过程分阶段步骤,以及控制前端电机和发动机扭矩继而调整发动机转速进而来匹配其目标转速的步骤。本发明解决或者弱化换挡过程中的动力中断,弱化了驾乘者对于动力中断的感受;通过扭矩控制调整发动机的转速,解决换挡开始或者结束时的冲击感;换挡过程中,后端电机使用的能量部分或全部由前端电机发电提供,减少或者消除该工况下电池的放电需求,降低了对电池的依赖度,导致因电池产生的效率损失也将减少;通过扭矩控制调整发动机的转速,使得离合器闭锁时,发动机转速与输入轴转速之间的速差变小,则可以大大提降离合器的使用寿命,或可采用成本更低的离合器。



1. 混动系统无缝降挡控制方法,其特征在于:包括如下步骤:

S1、根据离合器的工作过程将降挡过程分成五个时间段,分别为离合器高档闭锁阶段L0、离合器传递扭矩消失阶段L1、离合器完全打开且不传递动力阶段L2、离合器传递扭矩恢复阶段L3、离合器低挡闭锁阶段L4;

S2、在阶段L1、L2、L3中,控制前端电机根据降挡后的发动机低挡位目标转速和实际转速的差距输出一个实时变化的并与发动机扭矩相反方向的反向扭矩,在控制发动机扭矩到阶段L3结束时下降至低挡位目标扭矩的同时,该反向扭矩与发动机扭矩的差值提高发动机转速直至在阶段L3起始时刻达到低挡位目标转速,所述前端电机的极限扭矩的绝对值大于发动机的高挡位扭矩。

2. 根据权利要求1所述的混动系统无缝降挡控制方法,其特征在于:在所述阶段L1中,控制所述前端电机提供所述反向扭矩,该反向扭矩的绝对值具有线性增加的过程,直至阶段L1结束时,所述反向扭矩的绝对值等于所述发动机扭矩的绝对值。

3. 根据权利要求2所述的混动系统无缝降挡控制方法,其特征在于:在所述阶段L2中,控制所述前端电机的反向扭矩的绝对值快速减小并再缓慢增加。

4. 根据权利要求3所述的混动系统无缝降挡控制方法,其特征在于:在所述阶段L2及L3的结合时间段中,控制所述发动机扭矩从高档位扭矩下降至低挡位目标扭矩,该扭矩变化过程为线性变化过程。

5. 根据权利要求3或4所述的混动系统无缝降挡控制方法,其特征在于:在所述阶段L2中,所述“控制所述前端电机的反向扭矩的绝对值快速减小并再缓慢增加”,具体步骤为,

计算换挡前的发动机实际转速,其等于车轮轮速与高档位前端总速比的乘积,

计算换挡后的发动机低挡位目标转速,其等于车轮轮速与低挡位前端总速比的乘积,

计算换挡过程中的发动机的目标角加速度,其等于换挡后的发动机低挡位目标转速和换挡前的发动机实际转速之差的绝对值除以目标调速时间之商;

计算差额扭矩C,所述差额扭矩C大于等于发动机扭矩和前端电机的负极限扭矩的代数和,并确保所述差额扭矩C的绝对值除以前端的惯量始终大于换挡过程中的发动机的目标角加速度,并且需大于混合动力变速器系统设计的安全值;

确保前端电机的极限扭矩的绝对值大于车轮端的需求扭矩除以高档位前端总速比之商与差额扭矩C的绝对值之间的和,则前端电机反向扭矩的绝对值等于发动机的目标扭矩的负值与差额扭矩C的差的绝对值,所述发动机的目标扭矩为高档位扭矩至降挡后发动机的低挡位目标扭矩之间的扭矩变化线中的各个时间点的扭矩值。

6. 根据权利要求1所述的混动系统无缝降挡控制方法,其特征在于:在所述阶段L3中,控制所述前端电机提供所述反向扭矩,该反向扭矩的绝对值具有线性减小的过程。

7. 根据权利要求1至6任一所述的混动系统无缝降挡控制方法,其特征在于:在所述阶段L1、L2、L3中,控制后端电机输出正向扭矩。

8. 根据权利要求7所述的混动系统无缝降挡控制方法,其特征在于:在所述阶段L1中该正向扭矩的绝对值具有线性增加的过程;在所述阶段L2中该正向扭矩具有稳定输出的过程;在所述阶段L3中该正向扭矩的绝对值具有线性减小的过程。

9. 根据权利要求8所述的混动系统无缝降挡控制方法,其特征在于:在所述阶段L2中,“该正向扭矩具有稳定输出的过程”具体包括,

计算阶段L2中驾驶端损失的动力值,该动力值等于车轮端的需求扭矩减去前端净扭矩与前端总速比的乘积之差;

计算所述正向扭矩的绝对值,等于所述驾驶端损失的动力值除以后端总速比之商;

根据该正向扭矩的绝对值持续输出。

10.混动系统无缝降挡控制方法,其特征在于:包括如下步骤:

S1、根据离合器的工作过程将降挡过程分成五个时间段,分别为离合器高档闭锁阶段L0、离合器传递扭矩消失阶段L1、离合器完全打开且不传递动力阶段L2、离合器传递扭矩恢复阶段L3、离合器低挡闭锁阶段L4;

S2、在阶段L0中,发动机以高档位扭矩输出,此时前端电机无扭矩输出;

S3、在阶段L1中,发动机持续以高档位扭矩输出;控制前端电机根据降挡后的发动机低挡位目标转速和实际转速的差距输出一个与发动机扭矩相反方向的反向扭矩,该反向扭矩的绝对值具有线性增加的过程,直至阶段L1结束时,所述反向扭矩的绝对值等于所述发动机扭矩的绝对值;控制后端电机输出正向扭矩,该正向扭矩的绝对值具有线性增加的过程;

S3、在阶段L2中,控制所述发动机扭矩从高档位扭矩向低挡位目标扭矩下降,该扭矩变化过程为线性变化过程,所述前端电机的极限扭矩的绝对值大于发动机的高挡位扭矩;控制所述前端电机的反向扭矩的绝对值快速减小并再缓慢增加,该反向扭矩与发动机扭矩共同作用控制发动机转速直至在阶段L3起始时刻达到低挡位目标转速,在此过程中所述反向扭矩的绝对值始终小于所述发动机扭矩的绝对值;控制所述后端电机持续稳定输出所述正向扭矩,所述后端电机的电力全部或部分来至所述前端电机的发电提供;

S4、在阶段L3中,发动机扭矩继续下降,至降挡后的低挡位目标输出扭矩;控制所述前端电机提供所述反向扭矩,该反向扭矩的绝对值具有线性减小的过程,到阶段L3结束时所述反向扭矩等于零;控制所述后端电机的正向扭矩的绝对值线性减小,到阶段L3结束时所述反向扭矩等于零;

S5、在阶段L4中,发动机以低挡位目标输出扭矩持续输出,此时前端电机和后端电机均无扭矩输出。

混动系统无缝降挡控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及汽车技术领域,具体而言,尤其涉及一种混动系统中降挡过程的扭矩及车速控制方法。

背景技术

[0002] 目前,我国新能源汽车中混合动力汽车发展最为迅速。混合动力汽车是一种使用多种能量来源的车辆,通常是使用液体燃料的常规发动机和使用电能的电机同时或单独驱动车辆。

[0003] 新能源汽车的混合动力总成中,可能会出现多个电机。在离合器前端与发动机直接连接并共享转速的称为前端电机,常见的通俗称为P0、P1电机。在离合器后端且与变速器/减速机系统有固连关系的称为后端电机,常见的通俗称为P2、P2.5、P3电机。

[0004] 混合动力变速器如果存在多个发动机挡位,则在发动机直接驱动的过程中仍然需要面对发动机换挡和换挡过程中的动力性能问题。由于目前的发动机电控普遍不接受目标转速控制,在换挡过程中,变速器会根据下一个挡位所需要的转速对发动机进行扭矩限制,通过降低发动机扭矩来调速。由于发动机扭矩调整幅度过大(尤其在离合器传递扭矩恢复阶段),换挡过程中的常见问题有:动力响应慢,换挡时间长;换挡过程中出现动力中断,换挡开始和结束的时候出现整车加速度冲击,等等。而且由于换挡过程中,通过扭矩限制闭环控制发动机转速,这样无法合理地应对驾驶员突发的驾驶意图变化,安全性也有待提高。

发明内容

[0005] 本发明的目的是克服现有技术存在的不足,提供一种混动系统无缝降挡控制方法,尤其是混动系统中降挡过程的扭矩及车速控制方法。

[0006] 本发明的目的通过以下技术方案来实现:

[0007] 一种混动系统无缝降挡控制方法,包括如下步骤:

[0008] S1、根据离合器的工作过程将降挡过程分成五个时间段,分别为离合器高档闭锁阶段L0、离合器传递扭矩消失阶段L1、离合器完全打开且不传递动力阶段L2、离合器传递扭矩恢复阶段L3、离合器低挡闭锁阶段L4;

[0009] S2、在阶段L1、L2、L3中,控制前端电机根据降挡后的发动机低挡位目标转速和实际转速的差距输出一个实时变化的并与发动机扭矩相反方向的反向扭矩,在控制发动机扭矩到阶段L3结束时下降至低挡位目标扭矩的同时,该反向扭矩与发动机扭矩的差值提高发动机转速直至在阶段L3起始时刻达到低挡位目标转速,所述前端电机的极限扭矩的绝对值大于发动机的高挡位扭矩。

[0010] 优选的,在所述阶段L1中,控制所述前端电机提供所述反向扭矩,该反向扭矩的绝对值具有线性增加的过程,直至阶段L1结束时,所述反向扭矩的绝对值等于所述发动机扭矩的绝对值。

[0011] 优选的,在所述阶段L2中,控制所述前端电机的反向扭矩的绝对值快速减小并再

缓慢增加。

[0012] 优选的,在所述阶段L2及L3的结合时间段中,控制所述发动机扭矩从高挡位扭矩下降至低挡位目标扭矩,该扭矩变化过程为线性变化过程。

[0013] 优选的,在所述阶段L2中,所述“控制所述前端电机的反向扭矩的绝对值快速减小并再缓慢增加”,具体步骤为:

[0014] 计算换挡前的发动机实际转速,其等于车轮轮速与高挡位前端总速比的乘积,

[0015] 计算换挡后的发动机低挡位目标转速,其等于车轮轮速与低挡位前端总速比的乘积,

[0016] 计算换挡过程中的发动机的目标角加速度,其等于换挡后的发动机低挡位目标转速和换挡前的发动机实际转速之差的绝对值除以目标调速时间之商;

[0017] 计算差额扭矩C,所述差额扭矩C大于等于发动机扭矩和前端电机的负极限扭矩的代数和,并确保所述差额扭矩C的绝对值除以前端的惯量始终大于换挡过程中的发动机的目标角加速度,并且需大于混合动力变速器系统设计的安全值;

[0018] 确保前端电机的极限扭矩的绝对值大于车轮端的需求扭矩除以高挡位前端总速比之商与差额扭矩C的绝对值之间的和,则前端电机反向扭矩的绝对值等于发动机的目标扭矩的负值与差额扭矩C的差的绝对值,所述发动机的目标扭矩为高挡位扭矩至降挡后发动机的低挡位目标扭矩之间的扭矩变化线中的各个时间点的扭矩值。

[0019] 优选的,在所述阶段L3中,控制所述前端电机提供所述反向扭矩,该反向扭矩的绝对值具有线性减小的过程。

[0020] 优选的,在所述阶段L1、L2、L3中,控制后端电机输出正向扭矩。

[0021] 优选的,在所述阶段L1中该正向扭矩的绝对值具有线性增加的过程;在所述阶段L2中该正向扭矩具有稳定输出的过程;在所述阶段L3中该正向扭矩的绝对值具有线性减小的过程。

[0022] 优选的,在所述阶段L2中,“该正向扭矩具有稳定输出的过程”具体包括,

[0023] 计算阶段L2中驾驶端损失的动力值,该动力值等于车轮端的需求扭矩减去前端净扭矩与前端总速比的乘积之差;

[0024] 计算所述正向扭矩的绝对值,等于所述驾驶端损失的动力值除以后端总速比之商;

[0025] 根据该正向扭矩的绝对值持续输出。

[0026] 本发明的混动系统无缝降挡控制方法,具体包括如下步骤:

[0027] S1、根据离合器的工作过程将降挡过程分成五个时间段,分别为离合器高挡闭锁阶段L0、离合器传递扭矩消失阶段L1、离合器完全打开且不传递动力阶段L2、离合器传递扭矩恢复阶段L3、离合器低挡闭锁阶段L4;

[0028] S2、在阶段L0中,发动机以高挡位扭矩输出,此时前端电机无扭矩输出;

[0029] S3、在阶段L1中,发动机持续以高挡位扭矩输出;控制前端电机根据降挡后的发动机低挡位目标转速和实际转速的差距输出一个与发动机扭矩相反方向的反向扭矩,该反向扭矩的绝对值具有线性增加的过程,直至阶段L1结束时,所述反向扭矩的绝对值等于所述发动机扭矩的绝对值;控制后端电机输出正向扭矩,该正向扭矩的绝对值具有线性增加的过程;

[0030] S3、在阶段L2中，控制所述发动机扭矩从高挡位扭矩向低挡位目标扭矩下降，该扭矩变化过程为线性变化过程，所述前端电机的极限扭矩的绝对值大于发动机的高挡位扭矩；控制所述前端电机的反向扭矩的绝对值快速减小并再缓慢增加，该反向扭矩与发动机扭矩共同作用控制发动机转速直至在阶段L3起始时刻达到低挡位目标转速，在此过程中所述反向扭矩的绝对值始终小于所述发动机扭矩的绝对值；控制所述后端电机持续稳定输出所述正向扭矩，所述后端电机的电力全部或部分来至所述前端电机的发电提供；

[0031] S4、在阶段L3中，发动机扭矩继续下降，至降挡后的低挡位目标输出扭矩；控制所述前端电机提供所述反向扭矩，该反向扭矩的绝对值具有线性减小的过程，到阶段L3结束时所述反向扭矩等于零；控制所述后端电机的正向扭矩的绝对值线性减小，到阶段L3结束时所述反向扭矩等于零；

[0032] S5、在阶段L4中，发动机以低挡位目标输出扭矩持续输出，此时前端电机和后端电机均无扭矩输出。

[0033] 本发明的有益效果主要体现在：

[0034] 1、解决或者弱化换挡过程中的动力中断，弱化了驾乘者对于动力中断的感受，使得换挡过程等待时间过长不再是一个驾驶性问题；

[0035] 2、通过前端电机扭矩变化控制调整发动机的转速，解决换挡开始或者结束时的冲击感；

[0036] 3、换挡过程中，后端电机使用的能量部分或全部由前端电机发电提供，减少或者消除该工况下电池的放电需求，降低了对电池的依赖度，导致因电池产生的效率损失也将减少；

[0037] 4、通过前端电机扭矩变化控制调整发动机的转速，使得离合器闭锁时，发动机转速与输入轴转速之间的速差变小，则可以大大提降离合器的使用寿命，或可采用成本更低（无需传感器反馈、精度较低）的离合器；

[0038] 5、合理有效地应对驾驶员突发的驾驶意图变化，安全性大大提高。

附图说明

[0039] 下面结合附图对本发明技术方案作进一步说明：

[0040] 图1：本发明优选实施例的控制示意图。

具体实施方式

[0041] 以下将结合附图所示的具体实施方式对本发明进行详细描述。但这些实施方式并不限于本发明，本领域的普通技术人员根据这些实施方式所做出的结构、方法、或功能上的变换均包含在本发明的保护范围内。

[0042] 本发明揭示了一种混动系统无缝降挡控制方法，具体包括根据离合器的工作过程分阶段步骤，以及控制前端电机和发动机扭矩继而调整发动机转速的步骤。在换挡开始时，本发明方法的控制目的是将前端输出总扭矩降为0，同时将后端输出扭矩下降到：前端换挡前扭矩*低挡位速比/后端总速比。因此本发明将前端电机调节进入扭矩控制模式，输入与发动机反向的扭矩。

[0043] 如图1所示，根据离合器的工作过程，本发明将降挡过程分成五个时间段，分别为

离合器高档闭锁阶段L0(图中时间点1之前)、离合器传递扭矩消失阶段L1(图中时间点1和时间2之间)、离合器完全打开且不传递动力阶段L2(图中时间点2和时间3之间)、离合器传递扭矩恢复阶段L3(图中时间点3和时间4之间)、离合器低挡闭锁阶段L4(图中时间点4之后)。

[0044] 所述阶段L0中,由于离合器处于闭锁阶段,因此其扭矩TC与发动机扭矩TE相同,以高档位扭矩输出;所述阶段L1中,离合器处于传递扭矩消失阶段,其扭矩减小(本优选实施例中为线性减小);所述阶段L2中,离合器处于完全打开且不传递动力阶段,其扭矩为零;所述阶段L3中,离合器处于扭矩恢复阶段,其扭矩增加(本优选实施例中为线性增加);所述阶段L4中,离合器处于闭锁阶段,与发动机具有同样的扭矩,以低挡位扭矩输出。

[0045] 在阶段L0中,发动机以高档位扭矩输出,此时前端电机无扭矩输出。

[0046] 扭矩变化需在挡位啮合时进行,转速变化需在挡位非啮合时进行。因此扭矩和转速变化需分开调节,因此现有技术存在换挡中断。换挡中,如果离合器脱开,如需要调节前端转速,那么发动机扭矩和前端电机扭矩的代数和决定了发动机转速变化的快慢,发动机扭矩和前端电机扭矩的代数和的正负决定了发动机转速变化的方向。

[0047] 从高档位变化至低挡位的时候,为保证调速过程顺利按时完成,需保证发动机扭矩和前端电机扭矩的最大能力的代数和的绝对值除以前端的惯量,大于 $|(\text{车轮轮速} * \text{低挡位前端总速比} - \text{车轮轮速} * \text{高档位前端总速比})| / \text{目标调速时间}$ 。同时发动机扭矩和前端电机扭矩的最大能力的代数和的正负,与 $(\text{车轮轮速} * \text{低挡位前端总速比} - \text{车轮轮速} * \text{高档位前端总速比})$ 的正负一致。该代数和在下文中称为差额扭矩C。如果电机极限扭矩的绝对值大于发动机扭矩+扭矩C,则直接使用前端电机反向扭矩在前端抵消发动机扭矩。

[0048] 所述前端总速比为发动机和前端电机到车轮端的全部速比值;后端总速比为后端电机到车轮端的全部速比值。因为速比都是分段的,所以前端指的是发动机和前端电机,而不是某一段速比。

[0049] 基于此,本发明在阶段L1中,发动机持续以高档位扭矩输出;控制前端电机根据降挡后的发动机低挡位目标转速和实际转速的差距输出一个与发动机扭矩相反方向的反向扭矩,该反向扭矩的绝对值具有线性增加的过程,直至阶段L1结束时,所述反向扭矩的绝对值等于所述发动机扭矩的绝对值。

[0050] 控制后端电机输出正向扭矩,该正向扭矩的绝对值具有线性增加的过程,在前端扭矩逐渐消失的过程中,车轮需求扭矩与 $(\text{前端净剩扭矩} * \text{低挡位前端总速比})$ 的差值通过同步使用后端电机增扭的方式来补偿。

[0051] 如果后端电机的扭矩能力极限大于车轮需求扭矩与 $(\text{前端净剩扭矩} * \text{低挡位前端总速比})$ 的差值,则后端电机的扭矩目标为: $(\text{车轮需求扭矩} - \text{前端净剩扭矩} * \text{低挡位前端总速比}) / \text{后端总速比}$ 。

[0052] 如果后端电机的扭矩能力极限不大于车轮需求扭矩与 $(\text{前端净剩扭矩} * \text{低挡位前端总速比})$ 的差值,则后端电机的扭矩目标为后端电机的扭矩极限能力。

[0053] 在阶段L2中,控制所述发动机扭矩TE从高档位扭矩向低挡位目标扭矩下降,该扭矩变化过程为线性变化过程,所述前端电机的极限扭矩 $T_{FM_{MAX}}$ 的绝对值大于发动机的高挡位扭矩;控制所述前端电机的反向扭矩TFM的绝对值快速减小并再缓慢增加,该反向扭矩与发动机扭矩共同作用控制发动机转速 n_E 直至阶段L3起始时刻达到低挡位目标转速,在此

过程中所述反向扭矩的绝对值始终小于所述发动机扭矩的绝对值。

[0054] 在所述阶段L2中,所述“控制所述前端电机的反向扭矩TFM的绝对值快速减小并再缓慢增加”,具体步骤为:

[0055] 计算换挡前的发动机实际转速,其等于车轮轮速与高挡位前端总速比的乘积,

[0056] 计算换挡后的发动机低挡位目标转速,其等于车轮轮速与低挡位前端总速比的乘积,

[0057] 计算换挡过程中的发动机的目标角加速度,其等于换挡后的发动机低挡位目标转速和换挡前的发动机实际转速之差的绝对值除以目标调速时间之商;

[0058] 计算差额扭矩C,所述差额扭矩C大于等于发动机扭矩和前端电机的负极限扭矩的代数和,并确保所述差额扭矩C的绝对值除以前端的惯量始终大于换挡过程中的发动机的目标角加速度,并且需大于混合动力变速器系统设计的安全值;

[0059] 确保前端电机的极限扭矩的绝对值大于车轮端的需求扭矩除以高挡位前端总速比之商与差额扭矩C的绝对值之间的和,则前端电机反向扭矩的绝对值等于发动机的目标扭矩的负值与差额扭矩C的差的绝对值,所述发动机的目标扭矩为高挡位扭矩至降挡后发动机的低挡位目标扭矩之间的扭矩变化线中的各个时间点的扭矩值。

[0060] 本发明中的安全值为混合动力变速器系统设计时定的一个标准值,由测试和标定来决定,该安全值的目的在于用于匹配驾驶人员的临时出现的驾驶意图。

[0061] 本发明控制所述后端电机持续稳定输出所述正向扭矩TRM,所述后端电机的电力全部或部分来至所述前端电机的发电提供。该变化过程中由于前端电机是反向扭矩,则前端电机此时处于负扭矩发电工况,此时前端电机的负扭矩完全由发电制动产生,前端电机可以作为负载将发动机维持在高效工况的同时,将发动机的动能直接转化为电能,此时后端电机需要的电能可以部分或者全部由前端电机发出的电能代偿,减少或者消除该工况下电池的放电需求。由于电池的使用被减少甚至消除,在该工况下,系统因电池产生的效率损失也将减少。后端电机持续稳定输出所述正向扭矩TRM,补偿换挡动力中断,并且可以让后端电机不需要完全从电池里取电,这时候电池的参与度就下降了。因为电池每次都充放电都是会损失能量的,电池用的少,那么这一部分因为电池造成的损失也减小了。

[0062] 此时,对后端电机施加扭矩控制:

[0063] 如果后端电机的扭矩能力极限大于车轮需求扭矩/后端总速比,则后端电机的扭矩目标为,车轮需求扭矩/后端总速比。

[0064] 如果后端电机的扭矩能力极限不大于车轮需求扭矩/后端总速比,则后端电机的扭矩目标为后端电机的扭矩极限能力。

[0065] 该阶段中,由于离合器处于完成打开的状态,因此输入轴转速 n_S 在同步器工作的时候,会产生先降低后增加的状态。

[0066] 在阶段L3中,发动机扭矩继续下降至降挡后的低挡位目标扭矩并持续输出;控制所述前端电机提供所述反向扭矩,该反向扭矩的绝对值具有线性减小的过程,到阶段L3结束时所述反向扭矩等于零。如发动机扭矩此时不等于车轮需求扭矩/低挡位扭矩总速比,则将发动机扭矩恢复至车轮需求扭矩/低挡位扭矩总速比。

[0067] 控制所述后端电机的正向扭矩的绝对值线性减小,在扭矩恢复的过程中,后端电机扭矩逐步下降并解除,后端电机扭矩 = (车轮需求扭矩 - 前端净胜扭矩 * 低挡位前端总速

比)/后端总速比。

[0068] 在阶段L4中,发动机以低挡位目标扭矩输出,此时前端电机和后端电机均无扭矩输出。

[0069] 本发明提供了良好的驾乘体验,差额扭矩的存在也能及时应对驾驶员突发的驾驶意图变化,大大提高车辆安全性,值得大力推广。

[0070] 应当理解,虽然本说明书按照实施方式加以描述,但并非每个实施方式仅包含一个独立的技术方案,说明书的这种叙述方式仅仅是为清楚起见,本领域技术人员应当将说明书作为一个整体,各实施方式中的技术方案也可以经适当组合,形成本领域技术人员可以理解的其他实施方式。

[0071] 上文所列出的一系列的详细说明仅仅是针对本发明的可行性实施方式的具体说明,它们并非用以限制本发明的保护范围,凡未脱离本发明技艺精神所作的等效实施方式或变更均应包含在本发明的保护范围之内。

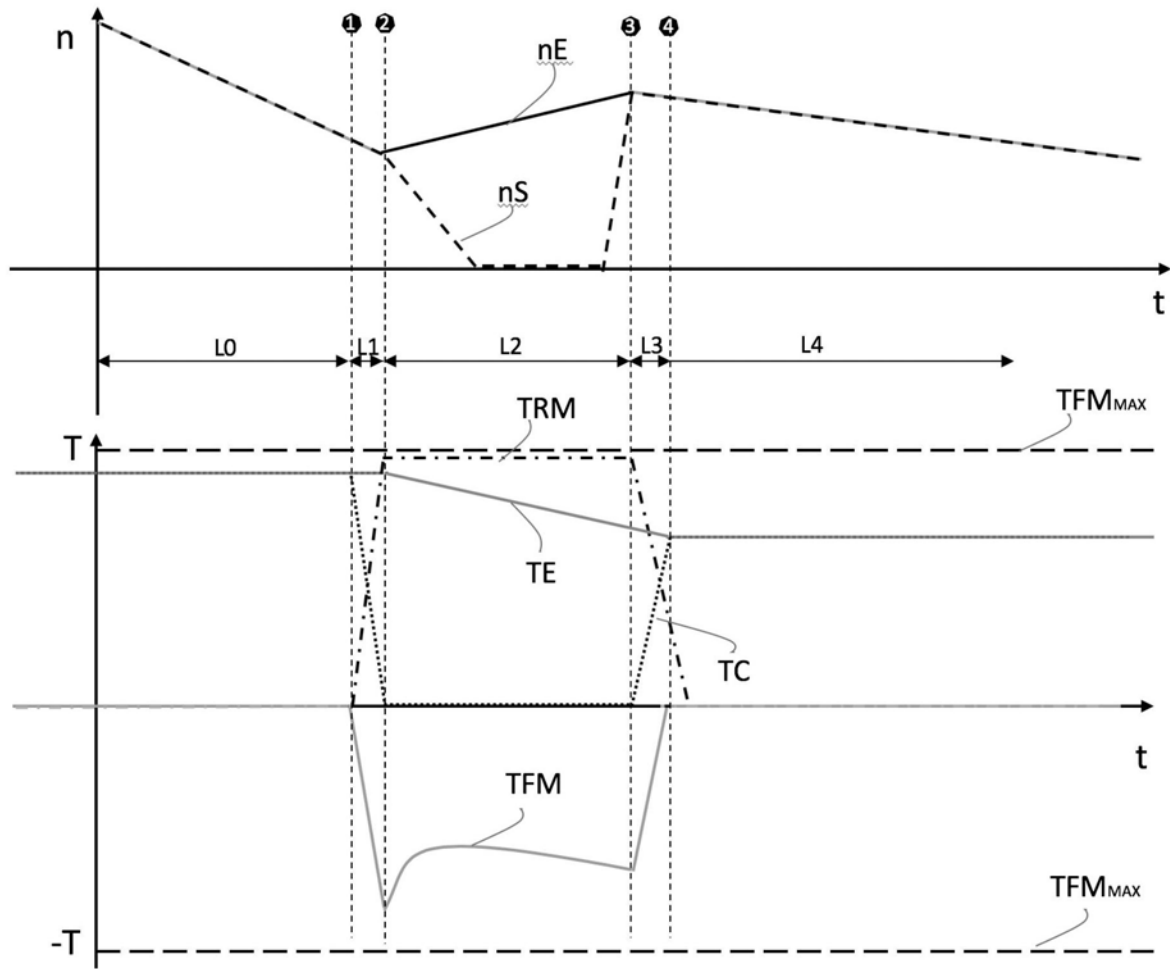


图1