



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105751847 B

(45)授权公告日 2018.02.27

(21)申请号 201610171400.8

(22)申请日 2016.03.24

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105751847 A

(43)申请公布日 2016.07.13

(73)专利权人 江苏大学
地址 212013 江苏省镇江市京口区学府路
301号

(72)发明人 陈龙 汪佳佳 谢健 丁仁凯
汪若尘 江浩斌

(51)Int.Cl.
B60G 17/0195(2006.01)
B60G 17/018(2006.01)
B60G 13/14(2006.01)

审查员 孙朗

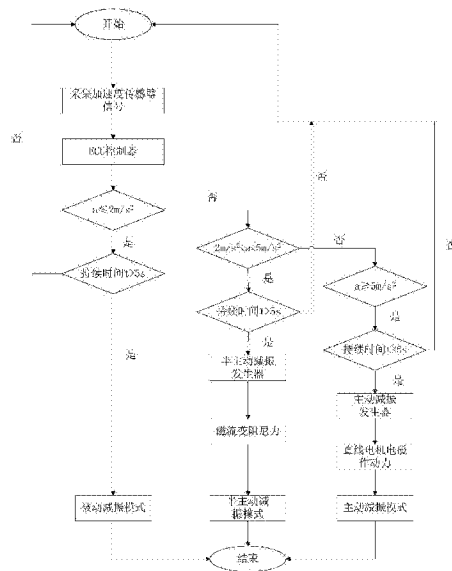
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

一种车辆多模式减振器的控制方法

(57)摘要

本发明公开了一种车辆多模式减振器的控制方法,属于汽车节能减排领域,ECU控制器通过簧上质量加速度传感器和簧下质量加速度传感器采集的车辆信号来判断行车路况,进而通过控制直线电机三相绕组线圈电路与磁流变减振器中的励磁线圈电路的输入电流,使悬架处于主动、半主动及被动减振模式,使汽车在面对不同路况时可以随时控制悬架以达到较优的乘坐舒适性。同时可在悬架处于被动和半主动模式下利用直线电机回收部分悬架振动能量,实现悬架隔振与馈能的有机结合,达到节能减排的目的。



1. 一种车辆多模式减振器的控制方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1) 由簧上质量加速度传感器(19)测得的车身加速度输入ECU控制器,判断出车身加速度 a 和持续时间 t 是否达到预定阈值;

步骤2) 若车身加速度 $a \leq 2\text{m/s}^2$,且持续时间 $t > 5\text{s}$ 时;

ECU控制器均不向半主动减振发生器和主动减振发生器输入命令,此时,外部电源均不向磁流变液中励磁线圈电路(21)以及直线电机三相绕组线圈电路(25)输入电流,悬架处于被动减振模式;直线电机(4)作为发电机回收悬架振动能量:由三相绕组电压传感器(24)测得的直线电机(4)输出电压 U_1 及充电电容端电压 U_c ,并将两者的差值传送给PI控制器,通过分析对比,输出占空比来控制开关管S的导通时间,以对直线电机4输出端电压进行升压,完成能量回收过程;

步骤3) 若车身加速度 $2\text{m/s}^2 < a < 5\text{m/s}^2$,且持续时间 $t > 5\text{s}$ 时;

ECU控制器只向半主动减振发生器输入命令,此时,半主动减振发生器控制外部电源向磁流变液中励磁线圈电路(21)输入电流,同时,ECU控制器对簧上质量加速度传感器(19)和簧下质量加速度传感器(26)采集的信号进行分析处理,将理想的励磁线圈电流 I_{des} 和磁流变液中实际电流信号 I_{real} 均传送给半主动减振发生器进行跟踪控制,以输出阻尼力 F_{out} ,使悬架处于半主动减振模式,在悬架半主动控制的同时,直线电机以发电机模式回收悬架振动能量:由三相绕组电压传感器(24)测得的直线电机(4)输出电压 U_1 及充电电容端电压 U_c ,并将两者的差值传送给PI控制器,通过分析对比,输出占空比来控制开关管S的导通时间,以对直线电机输出端电压进行升压,完成能量回收过程;

步骤4) 若车身加速度 $a \geq 5\text{m/s}^2$,且持续时间 $t > 5\text{s}$ 时;

ECU控制器只向主动减振发生器输入命令,此时,主动减振发生器控制外部电源向直线电机三相绕组线圈电路(25)输入电流,同时,ECU控制器对簧上质量加速度传感器(19)和簧下质量加速度传感器(26)采集的信号进行分析处理,输出理想的绕组线圈电流 I_{des} ,将理想的绕组线圈电流 I_{des} 和直线电机(4)中的实际电流信号 I_{real} 均传送给主动减振发生器进行跟踪控制,以输出作动力 F_{out} 来抵御车身振动,此时,悬架处于主动减振模式,直线电机工作于电动机模式耗散能量。

2. 根据权利要求1所述的一种车辆多模式减振器的控制方法,其特征在于,所述步骤4)中输出理想的绕组线圈电流 I_{des} 是先通过ECU控制器输出理想作动力 F_{des} ,再由公式 $F_{des} = K_e \cdot I_{des}$ 得到理想的绕组线圈电流 I_{des} ,其中 K_e 为直线电机的推力系数。

3. 根据权利要求1所述的一种车辆多模式减振器的控制方法,其特征在于,所述车辆多模式减振器包括悬架系统和控制系统;

所述悬架系统包括悬架的簧上质量(30)和簧下质量(28),所述簧上质量(30)和簧下质量(28)的一端分别固定设有簧上质量加速度传感器(19)和簧下质量加速度传感器(26),所述簧上质量加速度传感器(19)和簧下质量加速度传感器(26)通过信号线连接ECU控制器,所述簧上质量(30)和簧下质量(28)之间并联有悬架弹簧(29)和悬架减振器(20);所述悬架减振器(20)包括直线电机(4)和磁流变减振器(15);

所述控制系统包括半主动减振发生器、整流器、主动减振发生器、ECU控制器;

所述ECU控制器一路依次连接有半主动减振发生器、磁流变减振器(15),所述磁流变减振器(15)与半主动减振发生器之间设有励磁线圈电流传感器(22);

所述ECU控制器另一路依次连接有主动减振发生器、整流器、直线电机(4),所述整流器与主动减振发生器之间设有三相绕组电压传感器(24)、三相绕组电流传感器(23)。

4.根据权利要求3所述的一种车辆多模式减振器的控制方法,其特征在于,所述主动减振发生器用于跟踪控制直线电机三相绕组线圈中的电流情况;所述半主动减振发生器用于跟踪控制磁流变液中励磁线圈的电流情况。

一种车辆多模式减振器的控制方法

技术领域

[0001] 本发明属于汽车节能减排领域,具体涉及一种车辆多模式减振器的控制方法。

背景技术

[0002] 减振器是汽车悬架上的一个至关重要的零部件,它性能的好坏直接影响汽车的乘坐舒适性。目前,在被动悬架上通常采用传统的液压减振器,而其阻尼不可调,故不能根据路况等调节相应的阻尼,达不到很好的减振效果。同时,汽车在路面行驶时,由于路面不平导致车身上下振荡,汽车一部分的能量在悬架振动的过程中以热能形式消耗掉,如果将此能量回收,将从很大程度上降低燃油消耗,使汽车具有较好的燃油经济性,因此,对振动能量的回收具有十分重大的意义。

[0003] 磁流变液是一种粘度和屈服应力均可随外加磁场变化的智能材料,具有快速、可控等特性,将其运用到减振器上,可连续可控地调节减振器机械设备的输出,具有很好的应用前景。

[0004] 直线电机是旋转电机在结构方面的一种变形,其结构简单、效率高、电枢与定子无径向力等优点已在各种领域应用发展。

[0005] 中国专利CN201410176613.0公开了一种馈能悬架系统与控制方法,通过对理想电磁阻尼力 F_{ref} 和馈能回路不含直流变换器情况下的电磁阻尼力 F_N 的对比,来判断馈能电路中直流变换器的升压、降压模式,达到有效回收能量的目的。但其只探讨了悬架馈能时对馈能电路的控制方法,未考虑到车辆动态性能的变化,控制较为单一。

发明内容

[0006] 为克服以上技术缺陷,本发明将直线电机集成到磁流变减振器的组合式结构基础上,提出一种车辆多模式减振器的控制方法,解决了车辆动态性能变化未予考虑的问题,且控制方法为多种模式。

[0007] 一种车辆多模式减振器的控制方法,包括步骤:

[0008] 步骤1)由簧上质量加速度传感器测得的车身加速度输入ECU控制器,判断出车身加速度 a 和持续时间 t 是否达到预定阈值;

[0009] 步骤2)若车身加速度 $a \leq 2m/s^2$,且持续时间 $t > 5s$ 时;

[0010] ECU控制器均不向半主动减振发生器和主动减振发生器输入命令,此时,外部电源均不向磁流变液中励磁线圈电路以及直线电机三相绕组线圈电路输入电流,悬架处于被动减振模式;直线电机作为发电机回收悬架振动能量:由三相绕组电压传感器测得的直线电机输出电压 U_1 及充电电容端电压 U_c ,并将两者的差值传送给PI控制器,通过分析对比,输出合适的占空比来控制开关管S的导通时间,以对直线电机输出端电压进行升压,完成能量回收过程。

[0011] 步骤3)若车身加速度 $2m/s^2 < a < 5m/s^2$,且持续时间 $t > 5s$ 时;

[0012] ECU控制器只向半主动减振发生器输入命令,此时,半主动减振发生器控制外部电

源向磁流变液中励磁线圈电路输入电流,同时,ECU控制器对簧上质量加速度传感器和簧下质量加速度传感器采集的信号进行分析处理,将理想的励磁线圈电流 I_{des} 和磁流变液中实际电流信号 I_{real} 均传送给半主动减振发生器进行跟踪控制,以输出大小合适的阻尼力 F_{out} ,使悬架处于半主动减振模式,在悬架半主动控制的同时,直线电机以发电机模式回收悬架振动能量:由三相绕组电压传感器测得的直线电机输出电压 U_1 及充电电容端电压 U_c ,并将两者的差值传送给PI控制器,通过分析对比,输出合适的占空比来控制开关管S的导通时间,以对直线电机输出端电压进行升压,完成能量回收过程。

[0013] 步骤4)若车身加速度 $a \geq 5m/s^2$,且持续时间 $t > 5s$ 时;

[0014] ECU控制器只向主动减振发生器输入命令,此时,主动减振发生器控制外部电源向直线电机三相绕组线圈电路输入电流,同时,ECU控制器对簧上质量加速度传感器和簧下质量加速度传感器采集的信号进行分析处理,输出理想的绕组线圈电流 I_{des} ,将理想的绕组线圈电流 I_{des} 和直线电机中的实际电流信号 I_{real} 均传送给主动减振发生器进行跟踪控制,以输出大小合适的作动力 F_{out} 来抵御车身振动,此时,悬架处于主动减振模式,直线电机工作于电动机模式耗散能量。

[0015] 进一步,所述步骤4)中输出理想的绕组线圈电流 I_{des} 是先通过ECU控制器输出理想作动力 F_{des} ,再由公式 $F_{des} = K_e \cdot I_{des}$ 得到理想的绕组线圈电流 I_{des} ,其中 K_e 为直线电机的推力系数。

[0016] 进一步,所述车辆多模式减振器包括悬架系统和控制系统;

[0017] 所述悬架系统包括悬架的簧上质量和簧下质量,所述簧上质量和簧下质量的一端分别固定设有簧上质量加速度传感器和簧下质量加速度传感器,所述簧上质量加速度传感器和簧下质量加速度传感器通过信号线连接ECU控制器,所述簧上质量和簧下质量之间并联有悬架弹簧和悬架减振器;所述悬架减振器包括直线电机和磁流变减振器;

[0018] 所述控制系统包括半主动减振发生器、整流器、主动减振发生器、ECU控制器;

[0019] 所述ECU控制器一路依次连接有半主动减振发生器、磁流变减振器,所述磁流变减振器(15)与半主动减振发生器之间设有励磁线圈电流传感器;

[0020] 所述ECU控制器另一路依次连接有主动减振发生器、整流器、直线电机,所述整流器与主动减振发生器之间设有三相绕组电压传感器、三相绕组电流传感器。

[0021] 进一步,所述主动减振发生器用于跟踪控制直线电机三相绕组线圈中的电流情况;所述半主动减振发生器用于跟踪控制磁流变液中励磁线圈的电流情况。

[0022] 本发明的有益效果为:本发明通过控制直线电机三相绕组线圈电路及磁流变减振器中励磁线圈电路的电流输入,使车辆在面对不同路况时可控制悬架处于主动、半主动及被动减振三种工作模式,进而获得较优的乘坐舒适性。同时,由于直线电机的结构特性,当其处于发电机模式时,由三相绕组电压传感器测得的直线电机输出电压 U_1 及充电电容端电压 U_c ,并将两者的差值传送给PI控制器,通过分析对比,输出合适的占空比来控制开关S的导通时间,以对直线电机输出端电压进行升压,回收部分悬架振动能量,达到节能的目的。

附图说明

[0023] 图1为本发明所述一种车辆多模式减振器的控制方法中多模式减振器系统图;

[0024] 图中:19-簧上质量加速度传感器,20-悬架减振器,21-励磁线圈所在电路,22-励

磁线圈电流传感器,23-三相绕组电流传感器,24-三相绕组电压传感器,25-三相绕组线圈电路,26-簧下质量加速度传感器,27-等效轮胎刚度弹簧,28-簧下质量,29-悬架弹簧,30-簧上质量;.....采集信号,→控制信号。

[0025] 图2为本发明所述一种车辆多模式减振器的控制方法中悬架减振器的结构图;

[0026] 图中:1-上吊耳,2-动子活塞杆,3-永磁体,4-直线电机,5-三相饼式电枢绕组,6-顶盖,7-电磁活塞,8-励磁线圈,9-垫片,10-缸筒,11-螺母,12-充气阀,13-下吊耳,14-阻尼通道,15-磁流变减振器,16-缓冲块,17-导向座,18-定子外壳。

[0027] 图3为本发明所述一种车辆多模式减振器的控制方法的实施例控制方案图。

[0028] 图4为本发明所述一种车辆多模式减振器的控制方法中直线电机馈能电路图。

[0029] 图中: U_m -感应电动势, R_{coil} -直线电机等效内阻, L_m -直线电机等效电感, U_1 -直线电机输出电压, L_d -升压电路上的电感, S -开关管, U_c -电容端电压。

[0030] 图5为本发明所述一种车辆多模式减振器的控制方法中悬架半主动控制策略图。

[0031] 图6为本发明所述一种车辆多模式减振器的控制方法中悬架主动控制策略图。

具体实施方式

[0032] 以下结合附图及具体实施例对本发明做进一步说明,但本发明的保护范围并不限于此。

[0033] 本发明解决现有技术问题的工作原理是:利用直线电机既可工作于发电机模式,又可工作于电动机模式的原理,以及磁流变液阻尼可变的特性,将直线电机集成到磁流变减振器上,通过控制直线电机以及励磁线圈的电流输入,使车辆在面对不同路况时可控制悬架处于不同工作模式,进而获得较优的乘坐舒适性。同时,由于直线电机的结构特性,当其处于发电机模式时,又可回收部分振动能量,达到节能的目的。

[0034] 如图1所示,所述一种车辆多模式减振器的控制方法中多模式减振器系统图,包括悬架系统和控制系统;

[0035] 悬架系统包括悬架的簧上质量30和簧下质量28,簧上质量30和簧下质量28的一端分别固定设有簧上质量加速度传感器19和簧下质量加速度传感器26,簧上质量加速度传感器19和簧下质量加速度传感器26通过信号线连接ECU控制器,簧上质量30和簧下质量28之间并联有悬架弹簧29和悬架减振器20;悬架减振器20包括直线电机4和磁流变减振器15;等效轮胎刚度弹簧27与路面接触。

[0036] 所述控制系统包括半主动减振发生器、整流器、主动减振发生器、ECU控制器;

[0037] 所述ECU控制器一路依次连接有半主动减振发生器、磁流变减振器15,所述磁流变减振器15与半主动减振发生器之间设有励磁线圈电流传感器22;半主动减振发生器用于跟踪控制磁流变液中励磁线圈的电流情况。

[0038] 所述ECU控制器另一路依次连接有主动减振发生器、整流器、直线电机4,所述整流器与主动减振发生器之间设有三相绕组电压传感器24、三相绕组电流传感器23;主动减振发生器用于跟踪控制直线电机三相绕组线圈中的电流情况。

[0039] 如图2所示,为本发明所述一种车辆多模式减振器的控制方法中悬架减振器20,包括筒式永磁直线电机4和磁流变减振器15;

[0040] 直线电机4包括动子活塞杆2、三相饼式电枢绕组5和定子外壳18;动子活塞杆2上

覆有永磁体3,三相饼式电枢绕组5绕在定子外壳18内部的铁芯上,并按其轴向依次排列;

[0041] 磁流变减振器15包括顶盖6、电磁活塞7、缸筒10、缓冲块16、导向座17;

[0042] 动子活塞2是磁流变减振器活塞杆,与磁流变减振器15同轴,动子活塞杆2下端与电磁活塞7通过螺母22连接;动子活塞杆2上端与上吊耳1固结在一起,下吊耳13焊接在悬架减振器20的底端;电磁活塞7与缸筒10之间形成环形阻尼通道,励磁线圈8固嵌在电磁活塞7的中间部位;导向座17在缸筒10上端,用以对动子活塞杆2限位;顶盖6用以将缸筒10的上口密封隔断。

[0043] 动子活塞杆2采用单出杆结构,动子活塞杆2的出线孔内用环氧树脂胶注满密封,励磁线圈8的导线通过动子活塞杆2的出线孔延伸到减振器外部。缓冲块16用弹性橡胶材料制成。

[0044] 车辆在行驶过程中,由于路面不平或其他复杂的路况时会引起悬架系统的振动,此时,由簧上质量加速度传感器19测得的车身加速度输入ECU控制器,判断出车身加速度 a 和持续时间 t 是否达到预定阈值,决定悬架的工作模式,如图3所示:

[0045] 若车身加速度 $a \leq 2\text{m/s}^2$,且持续时间 $t > 5\text{s}$ 时,表明行车路况较好,车辆有较好地乘坐舒适性时。ECU控制器均不向半主动减振发生器和主动减振发生器输入命令,此时,外部电源均不向磁流变液中励磁线圈电路21以及直线电机三相绕组线圈电路25输入电流,磁流变减振器相当于传统阻尼不可调的油液减振器,悬架处于被动减振模式。由于车身与轮胎间的相对运动使得直线电机4的动子活塞杆2相对于定子上的三相绕组上下移动,根据法拉第电磁感应定律,线圈中会产生感应电流,将此部分电能存储到电容即达到了馈能的目的,直线电机处于发电机模式;但是,直线电机在馈能过程中会存在“死区现象”,即当悬架的振动速度较低时,直线电机产生的感应电动势相对较小,如果直接连接到储能装置,会发生充不进电的现象,所以,为有效回收悬架振动能量,提出如图4所示的直线电机馈能电路。考虑到三相绕组线圈中感应电流的方向不断变化,这里采用四个二极管构成整流桥,使感应电流的流动方向保持一致,从而向电容充电。需要指出的是,只有充电电压大于电容端电压时才能完成能量回收。由三相绕组电压传感器24测得的直线电机4输出电压 U_1 及充电电容端电压 U_c ,并将两者的差值作为PI控制器的输入(图4),通过调节开关管S的导通时间来控制占空比,达到对直线电机4输出端电压进行升压的目的,其中 U_c 和 U_1 由三相绕组电压传感器24测得。

[0046] 若车身加速度 $2\text{m/s}^2 < a < 5\text{m/s}^2$,且持续时间 $t > 5\text{s}$ 时,表明路况较差,车辆乘坐舒适性略有下降。ECU控制器只向半主动减振发生器输入命令,此时,半主动减振发生器控制外部电源向磁流变液中励磁线圈电路21输入电流,电流的输入导致励磁线圈周围磁场发生变化,以改变磁流变液的流变特性,达到改变减振器阻尼的目的,悬架处于半主动减振模式。为有效实施对悬架的半主动控制,提出如图5所示的悬架半主动控制策略图,外环为车辆动力学控制,根据车辆的系统状态变量(由传感器测得)获得理想的励磁线圈输入电流 I_{des} ,内环为电流跟踪控制,以此控制励磁线圈中的实际电流 I_{real} 能跟随理想的励磁线圈输入电流 I_{des} ,使车辆保持良好的动力学性能。悬架的半主动控制过程为:ECU控制器对簧上质量加速度传感器19和簧下质量加速度传感器26采集的信号进行分析处理,将理想的励磁线圈输入电流 I_{des} 和励磁线圈中的实际电流 I_{real} 均传送给半主动减振发生器进行跟踪控制(图5),以输出大小合适的阻尼力 F_{out} ,使车辆处于半主动减振模式,在悬架半主动控制的同时,直线

电机通过馈能电路回收悬架振动能量。由三相绕组电压传感器24测得的直线电机4输出电压 U_1 及充电电容端电压 U_c ,并将两者的差值传送给PI控制器(图4),通过分析对比,输出合适的占空比来控制开关管S的导通时间,以对直线电机输出端电压进行升压,完成能量回收过程。

[0047] 若车身加速度 $a \geq 5\text{m/s}^2$,且持续时间 $t > 3\text{s}$ 时,表明路况很差,车辆乘坐舒适性明显下降。ECU控制器只向主动减振发生器输入命令,此时,主动减振发生器控制外部电源向直线电机三相绕组线圈电路25输入电流,直线电机4产生作动力,悬架处于主动减振模式。为有效实施对悬架的主动控制,提出如图6所示的悬架主动控制策略图,直线电机4用于电动机进行主动控制时,主要是为了满足车辆动力学性能要求,此时由动力源驱动电机产生作动力,由公式

$$[0048] \quad F_{\text{des}} = K_e \cdot I_{\text{des}} \quad (1)$$

[0049] 其中, F_{des} 为直线电机理想作动力, K_e 为直线电机的推力系数, I_{des} 为直线电机三相绕组线圈的理想电流;

[0050] 可知,电机提供的作动力与线圈通电电流成正比,因此,主动控制的本质是电流跟踪控制。外环为车辆动力学控制,根据系统状态变量(可由传感器测得)获得理想控制力,从而得到理想控制电流 I_{des} ;内环为电流跟踪控制,以此控制直线电机理想作动力 F_{out} 能够跟随理想控制力,使车辆保持良好的动力学性能。悬架的主动控制过程为:ECU控制器对簧上质量加速度传感器19和簧下质量加速度传感器26采集的信号进行分析处理,输出理想作动力 F_{des} ,根据公式(1)输出三相绕组线圈的理想电流 I_{des} ,将三相绕组线圈的理想电流 I_{des} 和直线电机三相绕组线圈中实际电流 I_{real} 均传送给主动减振发生器进行跟踪控制,以输出大小合适的理想作动力 F_{out} 来抵御车身振动,此时,悬架处于主动减振模式,直线电机工作于电动机模式耗散能量。

[0051] 以上对本发明所提供的一种车辆多模式减振器的控制方法进行了详细介绍,本文应用了具体个例对本发明的原理和实施方式进行了阐述,所要说明的是,以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明。凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

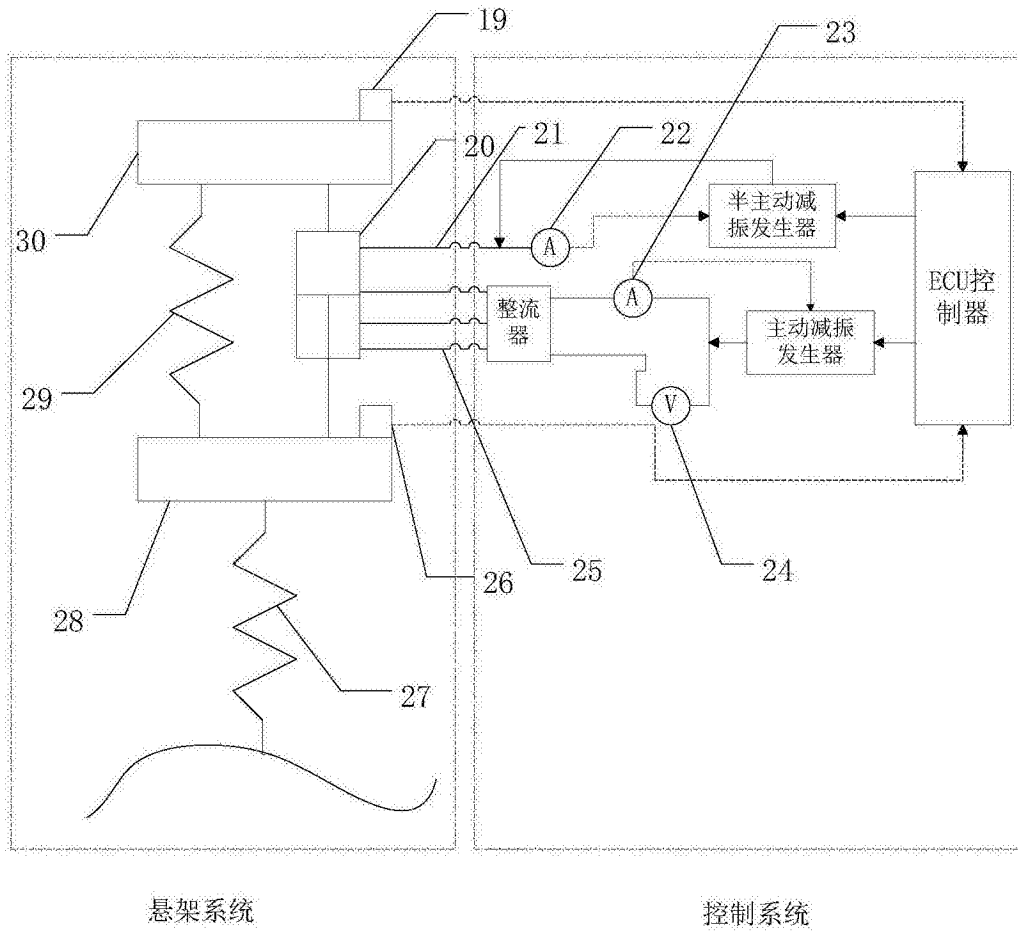


图1

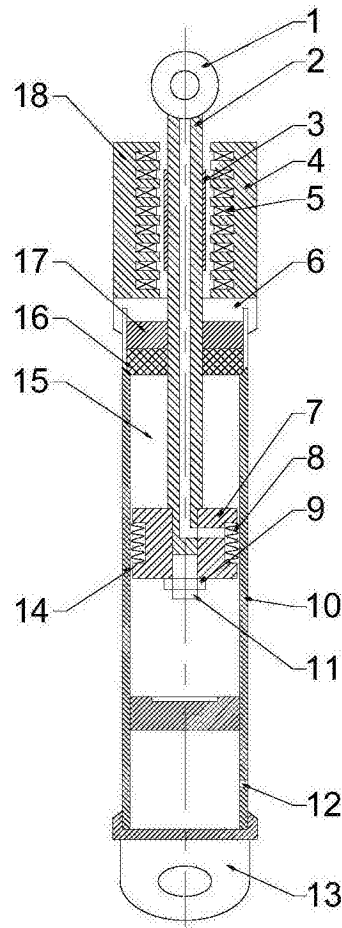


图2

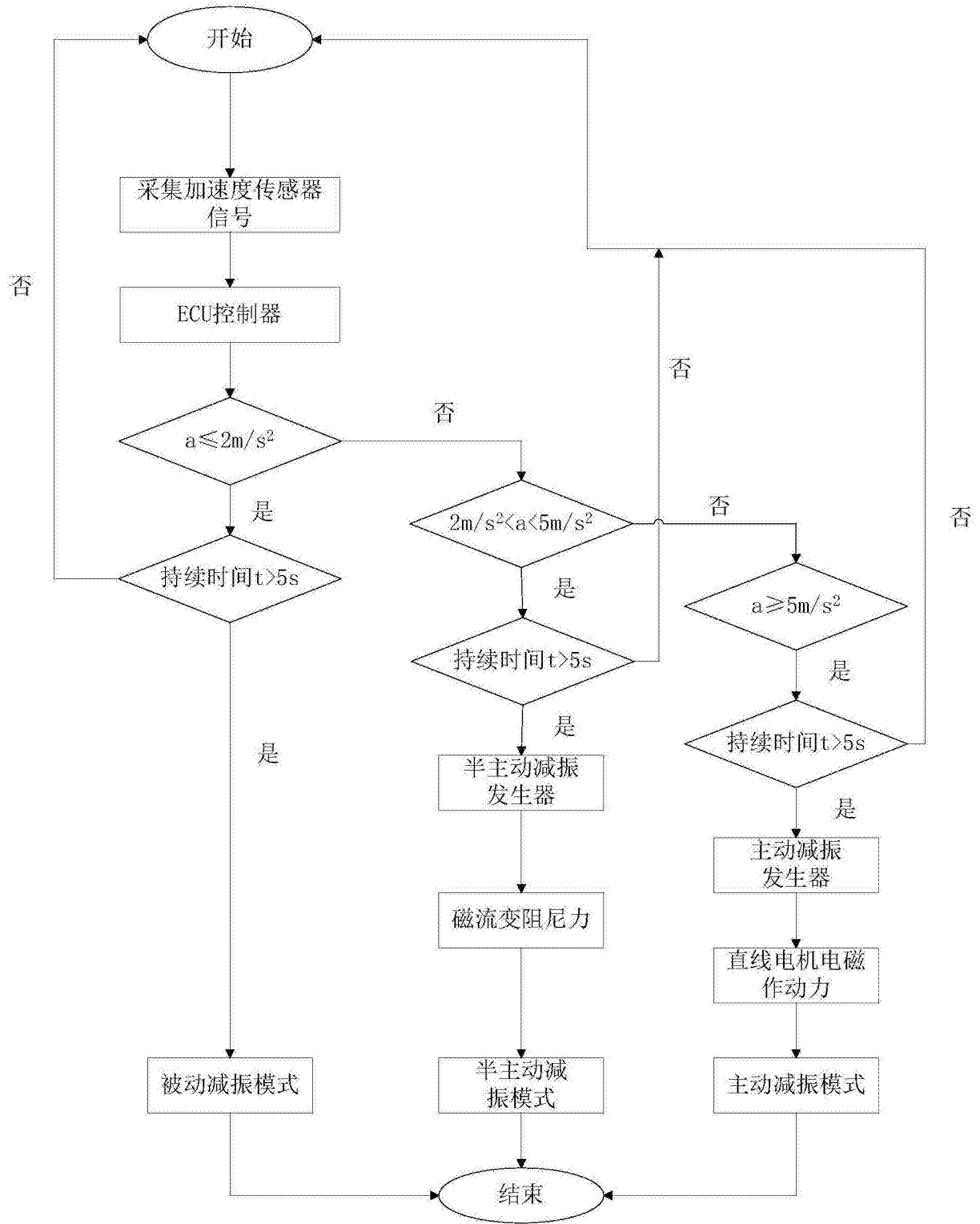


图3

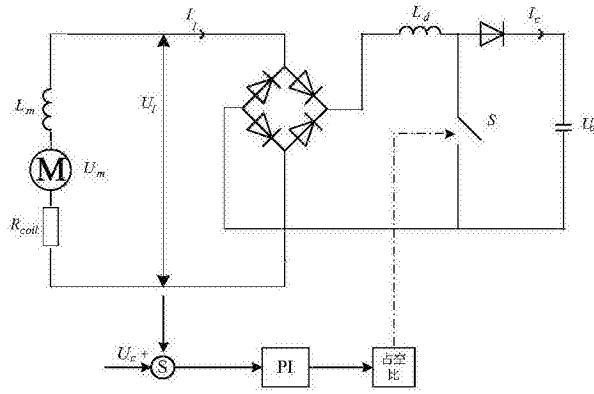


图4

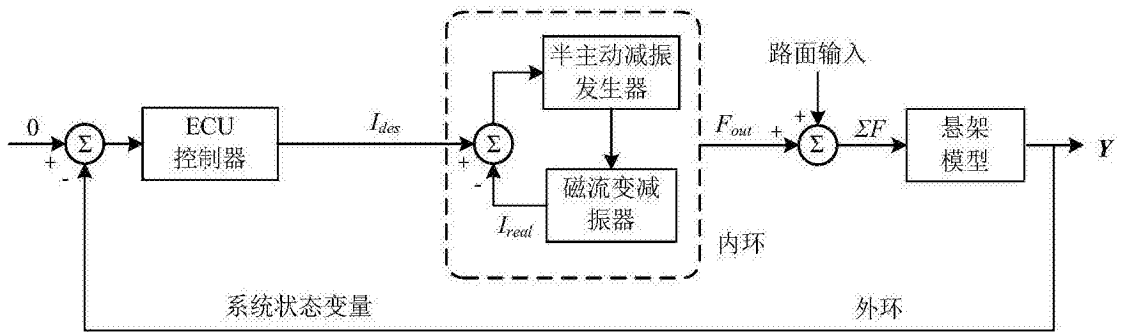


图5

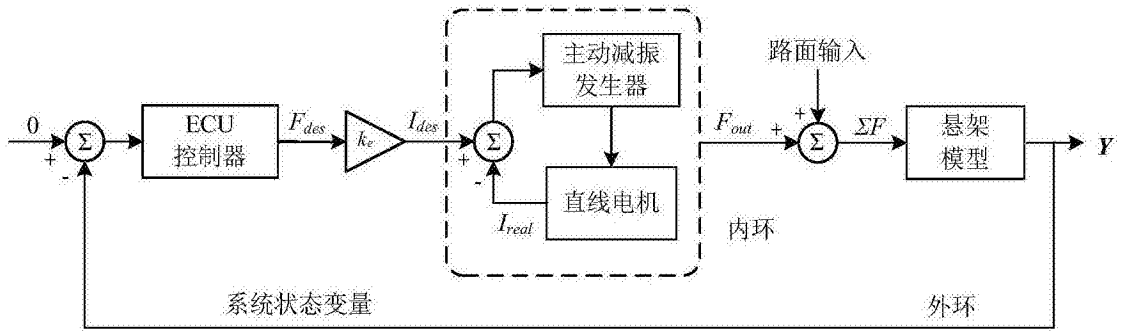


图6