



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107249947 B

(45)授权公告日 2019.11.12

(21)申请号 201680010245.X

(22)申请日 2016.02.16

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107249947 A

(43)申请公布日 2017.10.13

(30)优先权数据

2015-029435 2015.02.18 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2017.08.14

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2016/000145 2016.02.16

(87)PCT国际申请的公布数据

W02016/132206 EN 2016.08.25

(73)专利权人 丰田自动车株式会社

地址 日本爱知县

(72)发明人 今村达也 田端淳 金田俊树

(74)专利代理机构 北京金信知识产权代理有限公司 11225

代理人 黄威 夏云龙

(51)Int.Cl.

B60W 10/02(2006.01)

B60W 10/06(2006.01)

B60W 10/08(2006.01)

B60W 20/40(2016.01)

B60W 20/20(2016.01)

(56)对比文件

EP 1728666 A1, 2006.12.06,

EP 2810839 A1, 2014.12.10,

EP 1728666 A1, 2006.12.06,

US 8731760 B2, 2014.05.20,

JP 2015-16781 A, 2015.01.29,

CN 104093617 A, 2014.10.08,

审查员 王赛飞

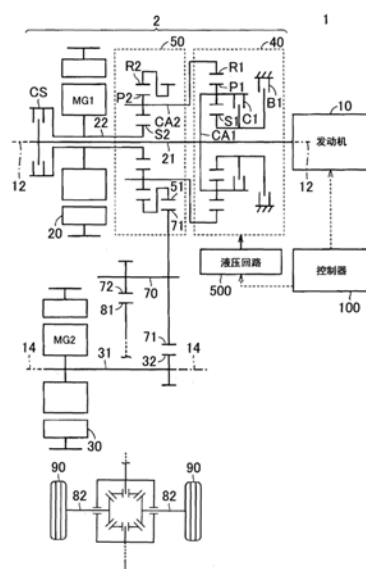
权利要求书2页 说明书18页 附图20页

(54)发明名称

混合动力车辆

(57)摘要

一种混合动力车辆(1)包括变速单元(40)和离合器(CS)。变速单元(40)构造成能够切换到空档状态。混合动力车辆(1)能够通过第一路径和另一第二路径中的任一个传递发动机(10)的动力,动力通过第一路径从发动机(10)经由变速单元(40)和差动单元(50)传递至第一MG(20),动力通过第二路径从发动机(10)传递。离合器(CS)设置在第二路径中。离合器(CS)在传递动力的接合状态和中断动力的传递的释放状态之间切换。控制器(100)将变速单元(40)设定成空档状态,并且将离合器(CS)设定成接合状态,然后通过利用第一MG(20)增加发动机(10)的转速来起动发动机(10)。



1. 一种混合动力车辆,其特征在于包括:

内燃机;

第一旋转电机;

第二旋转电机,其被配置成输出动力至驱动轮;

动力传递单元,其包括输入元件和输出元件,所述输入元件被构造成从所述内燃机接收动力,所述输出元件被构造成将输入至所述输入元件的动力输出,并且所述动力传递单元被构造成在非空档状态与空档状态之间切换,在所述非空档状态,动力在所述输入元件与所述输出元件之间传递,在所述空档状态,在所述输入元件与所述输出元件之间不传递动力;

差动单元,其包括第一旋转元件、第二旋转元件和第三旋转元件,所述第一旋转元件连接至所述第一旋转电机,所述第二旋转元件连接至所述第二旋转电机和所述驱动轮,所述第三旋转元件连接至所述输出元件,并且所述差动单元被构造成使得:当确定了所述第一旋转元件、所述第二旋转元件和所述第三旋转元件中的任意两个的转速时,所述第一旋转元件、所述第二旋转元件和所述第三旋转元件中的其余一个的转速被确定;

离合器,其被构造成在接合状态与释放状态之间切换,在所述接合状态,动力从所述内燃机传递至所述第一旋转电机,在所述释放状态,中断从所述内燃机到所述第一旋转电机的动力的传递,来自所述内燃机的动力通过第一路径或第二路径中的至少一个被传递至所述第一旋转电机,所述第一路径是动力从所述内燃机经由所述动力传递单元和所述差动单元传递至所述第一旋转电机所通过的路径,并且所述第二路径是动力从所述内燃机传递至所述第一旋转电机所通过的路径,所述第二路径不同于所述第一路径并且不包括所述差动单元,并且所述离合器被设置在所述第二路径中;以及

控制器,其被配置成控制所述内燃机、所述第一旋转电机、所述动力传递单元和所述离合器,所述控制器被配置成:(i) 将所述动力传递单元设定为所述空档状态,(ii) 将所述离合器设定为所述接合状态,以及(iii) 然后通过使用所述第一旋转电机增加所述内燃机的转速来起动所述内燃机,

其中,所述控制器被配置成响应于所述车辆的状态而使用用于所述内燃机的第一起动方法和用于所述内燃机的第二起动方法中的任一种,所述第一起动方法在所述动力传递单元设定为所述非空档状态时执行,并且所述第二起动方法在所述动力传递单元设定为空档状态,所述离合器设定为所述接合状态且然后所述内燃机的所述转速利用所述第一旋转电机而增加时执行。

2. 根据权利要求1所述的混合动力车辆,其特征在于

所述控制器被配置成引起所述车辆以多种运行模式中的选择的一种而行驶,所述多种运行模式包括串并联模式和串联模式,所述串并联模式是所述动力传递单元设定为所述非空档状态并且所述离合器设定为所述释放状态的模式,所述串联模式是所述动力传递单元设定为所述空档状态并且所述离合器设定为所述接合状态的模式,并且所述控制器被配置成在所述内燃机起动之后所述运行模式设定为所述串并联模式时使用所述第一起动方法,并且在所述内燃机起动之后所述运行模式设定为所述串联模式时使用所述第二起动方法。

3. 根据权利要求1所述的混合动力车辆,其特征在于

所述控制器被配置成基于运行模式中的通过用户的切换操作所选择的一种模式来改

变所述车辆的运行特性,所述运行模式包括第一模式和第二模式,所述第一模式为具有比所述第二模式高的车辆加速响应的运行模式,并且所述控制器被配置成当所述用户选择所述第一模式时使用所述第一起动方法,并且当所述用户选择所述第二模式时使用所述第二起动方法。

4. 根据权利要求1所述的混合动力车辆,其特征在于

所述控制器被配置成引起所述车辆以多种运行模式中的选择的一种而行驶,所述多种运行模式包括第一模式和第二模式,所述第一模式为执行控制以使得所述第一旋转电机的转速为零的模式,所述第二模式为所述第一旋转电机的所述转速响应于车速而改变的模式,并且所述控制器被配置成当选择了所述第一模式并且所述第三旋转元件的转速高于预定值时使用所述第二起动方法,当选择了所述第一模式并且所述第三旋转元件的所述转速低于或等于所述预定值时使用所述第一起动方法,并且当选择了所述第二模式时使用所述第一起动方法。

5. 根据权利要求1至4中的任一项所述的混合动力车辆,其特征在于

所述动力传递单元被构造成能够改变所述输入元件的转速与所述输出元件的转速的比值。

6. 根据权利要求1至4中的任一项所述的混合动力车辆,其特征在于

所述动力传递单元被构造成能够限制所述输出元件的旋转。

7. 根据权利要求5所述的混合动力车辆,其特征在于

所述动力传递单元被构造成能够限制所述输出元件的旋转。

混合动力车辆

技术领域

[0001] 本发明涉及一种混合动力车辆,并且更具体地,涉及一种包括第一旋转电机和第二旋转电机以及变速单元的混合动力车辆。

背景技术

[0002] 已知一种混合动力车辆,其不仅包括发动机、两个旋转电机和动力分配机构,还包括位于发动机与动力分配机构之间的变速机构。

[0003] 国际申请公开第2013/114594号中描述的一种混合动力车辆采用串并联混合动力系统。在具有串并联混合动力系统的车辆中,发动机的动力被传递至第一旋转电机(第一电动发电机)并且用来发电,同时发动机的部分动力还经由动力分配机构传递至驱动轮。

[0004] 还已知一种具有如下构造(串联混合动力系统)的混合动力车辆:通过该构造,该混合动力车辆通过使用发动机的动力发电并且以由产生的电力驱动电动机的串联模式行驶。在这种串联混合动力系统中,发动机的动力未被传递至驱动轮。

[0005] 国际申请公开第2013/114594号中描述的这种混合动力车辆不能以串联模式行驶,因为在发动机的动力被传递至第一电动发电机时,发动机的动力还经由动力分配机构传递至驱动轮。

[0006] 在该串并联混合动力系统中,会担心由于在低车速时发动机的转矩波动等而在发动机与驱动轮之间的驱动系统中设置的齿轮机构中发生齿接触噪声,所以需要选择发动机的工作点来使得齿接触噪声不会发生,并且发动机可工作在燃料消耗并非最佳的工作点处。因此,在燃料消耗方面存在改善的空间。

[0007] 另一方面,在串联混合动力系统中,发动机与设置在驱动系统中的齿轮机构完全地隔离,因此并不需要如此多地考虑这种齿接触噪声。然而,由于发动机的全部转矩一度转换成电力且随后该电力借助电动机转换回驱动轮的转矩,因此在发动机的运行效率高的速度范围中,该串联混合动力系统在燃料消耗方面逊于串并联混合动力系统。

[0008] 以这种方式,存在串联混合动力系统优于串并联混合动力系统的点,并且还可能存在串并联混合动力系统优于串联混合动力系统的点,因此期望构造成允许响应于车辆的状况来选择串联模式和串并联模式下的一种。

[0009] 当实现这种既能够执行串联模式又能够执行串并联模式的混合动力车辆时,如果像国际申请公开第2013/114594号中描述的车辆中所执行的那样,发动机由第一电动发电机起动且同时动力传递单元(变速单元)被置于来自发动机的输出能够传递到动力传递单元的下游侧的非空档状态,则发动机起动重启可能传递到联接至车轮的输出轴,并且由驾驶员体验到的冲击可能增大。

发明内容

[0010] 本发明提供一种混合动力车辆,其既能够以串联模式行驶又能够以串并联模式行驶,并且其旨在既实现发动机起动冲击的减小又实现车辆的响应。

[0011] 本发明的一个方案提供了一种混合动力车辆。所述混合动力车辆包括内燃机、第一旋转电机、第二旋转电机、动力传递单元、差动单元、离合器和控制器。第二旋转电机被构造成输出动力至驱动轮。所述动力传递单元包括输入元件和输出元件。所述输入元件被构造成从所述内燃机接收动力。所述输出元件被构造成将输入至所述输入元件的动力输出。所述动力传递单元被构造成在非空档状态与空档状态之间切换,在所述非空档状态,动力在所述输入元件与所述输出元件之间传递,在所述空档状态,在所述输入元件和所述输出元件之间不传递动力。所述差动单元包括第一旋转元件、第二旋转元件和第三旋转元件。所述第一旋转元件连接至所述第一旋转电机。所述第二旋转元件连接至所述第二旋转电机和所述驱动轮。所述第三旋转元件连接至所述输出元件。所述差动单元被构造成使得:当确定了所述第一旋转元件、所述第二旋转元件和所述第三旋转元件中的任意两个的转速时,所述第一旋转元件、所述第二旋转元件和所述第三旋转元件中的其余一个的转速被确定。所述离合器被构造成在接合状态与释放状态之间切换,在所述接合状态,动力从所述内燃机传递至所述第一旋转电机,在所述释放状态,中断了从所述内燃机到所述第一旋转电机的动力的传递。来自所述内燃机的动力通过第一路径或第二路径中的至少一个被传递至所述第一旋转电机。所述第一路径是动力从所述内燃机经由所述动力传递单元和所述差动单元传递至所述第一旋转电机所通过的路径。所述第二路径是动力从所述内燃机经由与所述第一路径不同的路径传递至所述第一旋转电机所通过的路径。所述离合器被设置在所述第二路径中。所述控制器被配置成控制所述内燃机、所述第一旋转电机、所述动力传递单元以及所述离合器。所述控制器被配置成:(i) 将所述动力传递单元设定为所述空档状态,(ii) 将所述离合器设定为所述接合状态,以及(iii) 然后通过使用所述第一旋转电机增加所述内燃机的转速来起所述内燃机。

[0012] 利用如此配置的混合动力车辆,通过像由所述控制器执行的控制的情况下那样起所述内燃机,内燃机起动时的冲击由被置于空档状态的动力传递单元所切断,并且不会传递到驱动轮。因此,可以减小内燃机起动时由用户体验到的冲击。

[0013] 在所述混合动力车辆中,所述控制器可以被配置成响应于所述车辆的状态而使用用于所述内燃机的第一起动方法和用于所述内燃机的第二起动方法中的任一种。所述第一起动方法可以在所述动力传递单元设定为所述非空档状态时执行。所述第二起动方法可以在所述动力传递单元设定为空档状态,所述离合器设定为所述接合状态且然后所述内燃机的所述转速利用所述第一旋转电机而增加时执行。

[0014] 在所述混合动力车辆中,所述控制器可以被配置成引起所述车辆以多种运行模式中的选择的一种而行驶。所述多种运行模式可包括串并联模式和串联模式。所述串并联模式可以是所述动力传递单元设定为所述非空档状态并且所述离合器设定为所述释放状态的模式。所述串联模式可以是所述动力传递单元设定为所述空档状态并且所述离合器设定为所述接合状态的模式。所述控制器可以被配置成在所述内燃机起动之后所述运行模式设定为所述串并联模式时使用所述第一起动方法,并且在所述内燃机起动之后所述运行模式设定为所述串联模式时使用所述第二起动方法。

[0015] 在所述混合动力车辆中,所述控制器可以被配置成基于运行模式中的通过用户的切换操作所选择的一种模式来改变所述车辆的运行特性。所述运行模式可包括第一模式和第二模式。所述第一模式可为具有比所述第二模式高的车辆加速响应的运行模式。所述控

制器可以被配置成当所述用户选择所述第一模式时使用所述第一起动方法,并且当所述用户选择所述第二模式时使用所述第二起动方法。

[0016] 用户可重视增加车辆的响应而不是减小内燃机起动时的冲击。利用由混合动力车辆的控制器执行的控制,实现了适合用户对内燃机的起动的喜好的车辆。

[0017] 在所述混合动力车辆中,所述控制器可被配置成引起所述车辆以多种运行模式中的选择的一种而行驶。所述多种运行模式可包括第一模式和第二模式。所述第一模式可为执行控制以使得所述第一旋转电机的转速为零的模式。所述第二模式可为所述第一旋转电机的所述转速响应于车速而改变的模式。所述控制器可被配置成当所述第三旋转元件的转速高于预定值时使用所述第二起动方法,并且当所述第三旋转元件的所述转速低于或等于所述预定值时使用所述第一起动方法。

[0018] 缩短起动时间的起动方法可取决于在内燃机起动之前的车辆的运行模式而改变。因此,如在混合动力车辆中的控制的情况下,通过选择与内燃机起动之前的运行模式相称的用于内燃机的起动方法,可以缩短内燃机的起动时间。

[0019] 通过作为本发明的实施例的范例的所述混合动力车辆的上述配置,可以既实现发动机起动冲击的减小又实现车辆的响应。

附图说明

[0020] 将在下文参照附图描述本发明的示例性实施例的特征、优点以及技术和工业意义,在附图中,相同附图标记表示相同的元件,并且其中:

[0021] 图1是示出包括根据本发明的实施例的驱动系统的混合动力车辆的整体构造的视图;

[0022] 图2是示意性地示出图1中的车辆的部件的动力传递路径的框图;

[0023] 图3是示出用于图1中的车辆的控制器的构造的框图;

[0024] 图4是示意性地示出安装在图1所示的混合动力车辆上的液压回路的构造的视图;

[0025] 图5是示出混合动力车辆中的每种驱动模式以及在每种驱动模式下变速单元的离合器和制动器的受控状态的图表;

[0026] 图6是作为图5所示的驱动模式下的一种的单电动机EV模式下的列线图;

[0027] 图7是作为图5所示的驱动模式下的一种的双电动机EV模式下的列线图;

[0028] 图8是作为图5所示的驱动模式下的一种的串并联HV模式下的列线图;

[0029] 图9是作为图5所示的驱动模式下的一种的串联HV模式下的列线图;

[0030] 图10是示出在根据实施例的替代实施例的每种驱动模式下变速单元的离合器和制动器的受控状态的图表;

[0031] 图11是用于图示在根据图10所示的替代实施例的驱动模式之中的E4行和E5行的操作的列线图;

[0032] 图12是用于图示在根据图10所示的替代实施例的驱动模式之中的H6行至H8行的操作的列线图;

[0033] 图13是示出由根据本实施例的控制器执行的发动机起动控制的第一范例的细节的流程图;

[0034] 图14是示出在流程图的步骤S20中使用的模式确定图的范例的视图;

- [0035] 图15是示出混合动力车辆的发动机起动的范例的操作波形图；
- [0036] 图16是示出由控制器执行的发动机起动控制的第二范例的细节的流程图；
- [0037] 图17是图示出混合动力车辆的发动机起动前状态和发动机起动状态之间的对应关系的表格；
- [0038] 图18是用于图示出图17中的K1行中示出的单电动机EV模式中的发动机起动的列线图；
- [0039] 图19是用于图示出图17中的K2行中示出的单电动机EV模式中的发动机起动的列线图；以及
- [0040] 图20是用于图示出图17中的K3行中示出的双电动机EV模式中的发动机起动的列线图。

具体实施方式

[0041] 此后,将参照附图描述本发明的实施例。相同附图标记在下面的实施例中指代相同或对应的部分,并且将不再重复其描述。

[0042] 图1是示出包括根据本发明的实施例的驱动系统的混合动力车辆的整体构造的视图。

[0043] 如图1所示,混合动力车辆1(下文也称作车辆1)包括发动机10、驱动系统2、驱动轮90和控制器100。该驱动系统2包括作为第一旋转电机的第一电动发电机(下文称作第一MG)20、作为第二旋转电机的第二电动发电机(下文称作第二MG)30、变速单元40、差动单元50、离合器CS、输入轴21、作为驱动系统2的输出轴的副轴70、差动齿轮组80和液压回路500。

[0044] 混合动力车辆1是发动机前置前轮驱动(FF)混合动力车辆,其通过使用发动机10、第一MG 20和第二MG 30中的至少一者的动力来行驶。混合动力车辆1可以是插电式混合动力车辆,在这种插电式混合动力车辆中,车载电池(未示出)是可由外部电源再充电的。

[0045] 发动机10例如是内燃机,诸如汽油机和柴油机。第一MG 20和第二MG 30中的每个例如是永磁体同步电动机,其包括嵌入有永磁体的转子。该驱动系统2是双轴驱动系统,在该双轴驱动系统中,第一MG 20沿着第一轴线12与发动机10的曲轴同轴设置并且第二MG 30沿着与第一轴线12不同的第二轴线14设置。第一轴线12和第二轴线14彼此平行。

[0046] 变速单元40、差动单元50和离合器CS进一步沿着第一轴线12设置。变速单元40、差动单元50、第一MG 20和离合器CS以所述次序从靠近发动机10的那侧起布置。

[0047] 第一MG 20设置成使得能够从发动机10接收动力。更具体地,驱动系统2的输入轴21连接至发动机10的曲轴。该输入轴21沿着第一轴线12在远离发动机10的方向上延伸。输入轴21在其从发动机10延伸的远侧端连接至离合器CS。第一MG 20的旋转轴22以圆柱形状沿着第一轴线12延伸。输入轴21在输入轴21连接至离合器CS之前的部分处经过旋转轴22的内部。输入轴21经由离合器CS连接至第一MG 20的旋转轴22。

[0048] 离合器CS设置在从发动机10至第一MG 20的动力传递路径中。离合器CS是能够将输入轴21联接至第一MG 20的旋转轴22的液压摩擦接合元件。当离合器CS置于接合状态时,输入轴21和旋转轴22彼此联接,并且允许动力从发动机10传递至第一MG 20。当离合器CS置于释放状态时,释放了输入轴21与旋转轴22的联接,并且中断了从发动机10经由离合器CS向第一MG 20的动力的传递。

[0049] 变速单元40将来自发动机10的动力变速,然后输出动力到差动单元50。变速单元40包括单小齿轮型行星齿轮机构、离合器C1和制动器B1。该单小齿轮型行星齿轮机构包括太阳轮S1、小齿轮P1、齿圈R1和行星架CA1。

[0050] 太阳轮S1设置成使得太阳轮S1的旋转中心与第一轴线12一致。齿圈R1在太阳轮S1的径向外侧与太阳轮S1同轴地设置。小齿轮P1布置在太阳轮S1与齿圈R1之间,并且与太阳轮S1和齿圈R1啮合。小齿轮P1由行星架CA1可旋转地支撑。行星架CA1连接至输入轴21,并且与输入轴21一体地旋转。每个小齿轮P1设置成使得能够绕第一轴线12公转并且能够绕小齿轮P1的中心轴线自转。

[0051] 如图6至图9、图11以及图12(在后面进行描述)所示,太阳轮S1的转速、行星架CA1的转速(即,发动机10的转速)和齿圈R1的转速处于由每个列线图(即,当任意两个转速确定时其余的一个转速也被确定的关系)。

[0052] 在本实施例中,行星架CA1设置为输入元件,动力从发动机10输入至该输入元件,并且齿圈R1设置为将输入至行星架CA1的动力输出的输出元件。通过使用包括太阳轮S1、小齿轮P1、齿圈R1和行星架CA1的该行星齿轮机构,输入至行星架CA1的动力被变速并且从齿圈R1输出。

[0053] 离合器C1是能够将太阳轮S1联接至行星架CA1的液压摩擦接合元件。当离合器C1置于接合状态时,太阳轮S1和行星架CA1彼此联接,并且彼此一体地旋转。当离合器C1置于释放状态时,太阳轮S1和行星架CA1的一体旋转被取消。

[0054] 制动器B1是能够限制(锁定)太阳轮S1的旋转的液压摩擦接合元件。当制动器B1置于接合状态时,太阳轮S1被固定至驱动系统的壳体,并且太阳轮S1的旋转受到限制。当制动器B1置于释放状态(分离状态)时,太阳轮S1从驱动系统的壳体分离,并且允许太阳轮S1的旋转。

[0055] 变速单元40的速比(作为输入元件的行星架CA1的转速与作为输出元件的齿圈R1的转速的比,具体地,行星架CA1的转速/齿圈R1的转速)响应于离合器C1和制动器B1的接合/释放状态的组合而改变。当离合器C1接合并且制动器B1释放时,建立了速比为1.0(直接联接状态)的低档位Lo。当离合器C1释放并且制动器B1接合时,建立了速比小于1.0(例如0.7,所谓的过驱动状态)的高档位Hi。当离合器C1接合并且制动器B1接合时,太阳轮S1的旋转和行星架CA1的旋转受到限制,因此齿圈R1的旋转也受到限制。

[0056] 变速单元40被构造成能够在非空档状态与空档状态之间切换。在非空档状态,动力被传递。在空档状态,动力未被传递。在本实施例中,上述的直接联接状态和过驱动状态对应于非空档状态。另一方面,当离合器C1和制动器B1都被释放时,允许行星架CA1绕第一轴线12惯性滑动。从而,获得了空档状态,在该空档状态,从发动机10传递至行星架CA1的动力未从行星架CA1传递至齿圈R1。

[0057] 差动单元50包括单小齿轮型行星齿轮机构和副驱动齿轮51。该单小齿轮型行星齿轮机构包括太阳轮S2、小齿轮P2、齿圈R2和行星架CA2。

[0058] 太阳轮S2设置成使得太阳轮S2的旋转中心与第一轴线12一致。齿圈R2在太阳轮S2的径向外侧与太阳轮S2同轴地设置。小齿轮P2布置在太阳轮S2与齿圈R2之间,并且与太阳轮S2和齿圈R2啮合。小齿轮P2由行星架CA2可旋转地支撑。行星架CA2连接至变速单元40的齿圈R1,并且与齿圈R1一体地旋转。每个小齿轮P2设置成使得能够绕第一轴线12公转并且

能够绕小齿轮P2的中心轴线自转。

[0059] 第一MG 20的旋转轴22连接至太阳轮S2。第一MG 20的旋转轴22与太阳轮S2一体地旋转。副驱动齿轮51连接至齿圈R2。副驱动齿轮51是差动单元50的输出齿轮。该输出齿轮与齿圈S2一体地旋转。

[0060] 如图6至图9、图11以及图12所示,太阳轮S2的转速(即,第一MG 20的转速)、行星架CA2的转速和齿圈R2的转速处于由每个列线图中的直线所连接的点表示的关系(即,当任意两个转速确定时其余的一个转速也被确定的关系)。因此,当行星架CA2的转速为预定值时,可以通过调整第一MG 20的转速来无级地改变齿圈R2的转速。

[0061] 副轴70平行于第一轴线12和第二轴线14延伸。副轴70布置为平行于第一MG 20的旋转轴22和第二MG 30的旋转轴31。从动齿轮71和驱动齿轮72设置在副轴70上。从动齿轮71与差动单元50的副驱动齿轮51啮合。即,发动机10的动力和第一MG 20的动力经由差动单元50的副驱动齿轮51传递至副轴70。

[0062] 变速单元40和差动单元50在从发动机10至副轴70的动力传递路径中彼此串联地连接。因此,来自发动机10的动力在变速单元40和差动单元50中变速,然后被传递至副轴70。

[0063] 从动齿轮71与连接至第二MG 30的旋转轴31的减速齿轮32啮合。即,第二MG 30的动力经由减速齿轮32传递至副轴70。

[0064] 驱动齿轮72与差动齿轮组80的差动齿圈81啮合。差动齿轮组80经由对应的左右驱动轴82连接至左右驱动轮90。即,副轴70的旋转经由差动齿轮组80传递至左右驱动轴82。

[0065] 通过设置有离合器CS的上述构造,混合动力车辆1被允许在使用串并联系统的模式(下文称作串并联模式)下运行,并且还被允许在使用串联系统的模式(下文称作串联模式)下运行。就这点而言,将参照图2所示的示意图描述在每种模式下如何从发动机传递动力。

[0066] 图2是示意性地示出图1中的车辆的部件的动力传递路径的框图。如图2所示,混合动力车辆1包括发动机10、第一MG 20、第二MG 30、变速单元40、差动单元50、电池60以及离合器CS。

[0067] 第二MG 30设置成使得能够输出动力至驱动轮90。变速单元40包括输入元件和输出元件。发动机10的动力被输入至该输入元件。该输出元件将输入至该输入元件的动力输出。变速单元40被构造成能够在非空档状态与空档状态之间切换。在非空档状态,动力在输入元件与输出元件之间传递。在空档状态,在输入元件和输出元件之间没有传递动力。

[0068] 电池60在第一MG 20和第二MG 30中的一个的发动期间供给电力至相应的第一MG 20或第二MG 30,并且在第一MG 20和第二MG 30中的一个的再生期间储存由相应的第一MG 20或第二MG 30产生的电力。

[0069] 差动单元50包括第一旋转元件、第二旋转元件和第三旋转元件。第一旋转元件连接至第一MG 20。第二旋转元件连接至第二MG 30和驱动轮90。第三旋转元件连接至变速单元40的输出元件。差动单元50如在行星齿轮机构等的情况下被构造,使得当第一至第三旋转元件中的任意两个的转速确定时,第一至第三旋转元件中的其余一个的转速被确定。

[0070] 混合动力车辆1被构造成能够使用两个路径K1、K2中的至少任一个传递有动力的路径来从发动机10传递动力至第一MG 20。路径K1是动力从发动机10经由变速单元40和差

动单元50传递至第一MG 20所经过的路径。路径K2不同于路径K1,并且是动力从发动机10传递至第一MG 20所经过的路径。离合器CS设置在路径K2中,并且能够在接合状态与释放状态之间切换。在接合状态,动力从发动机10传递至第一MG 20。在释放状态,中断了从发动机10到第一MG 20的动力传递。

[0071] 在发动机运行的HV模式下,离合器C1和制动器B1中的任一个置于接合状态,而离合器C1和制动器B1中的另一个置于释放状态。从而,当变速单元40被控制为非空档状态时,动力从发动机10经过路径K1传递至第一MG 20。这时,当离合器CS置于释放状态以在此时中断路径K2时,车辆能够以串并联模式运行。

[0072] 另一方面,在发动机运行的HV模式下,当通过利用离合器CS将发动机10直接联接至第一MG 20来经过路径K2传递动力并且通过控制变速单元40以使得变速单元40通过将离合器C1和制动器B1两者置于释放状态而被置于空档状态来中断路径K1时,车辆能够以串联模式运行。这时,在变速单元50中,连接至变速单元40的旋转元件能够自由地旋转,因此另外两个旋转元件彼此不影响且能够旋转。因此,可以独立地进行通过利用发动机10的旋转来使第一MG 20旋转而发电的操作和通过利用所产生的电力或电池60中所充的电力驱动第二MG 30来使驱动轮旋转的操作。

[0073] 变速单元40不总要求能够改变速比。只要可以中断路径K1中在发动机10与差动单元50之间的动力传递,仅离合器也是适用的。

[0074] 图3是示出图1所示的车辆的控制器100的构造的框图。如图3所示,控制器100包括HV ECU 150、MG ECU 160和发动机ECU 170。HV ECU 150、MG ECU 160和发动机ECU 170中的每个是包括计算机的电子控制单元。ECU的数量不限于三个。可以作为整体提供集成的单个ECU,或者可以提供两个或四个以上分开的ECU。

[0075] MG ECU 160控制第一MG 20和第二MG 30。MG ECU 160例如通过调整供给至第一MG 20的电流值来控制第一MG 20的输出转矩,并且通过调整供给至第二MG 30的电流值来控制第二MG 30的输出转矩。

[0076] 发动机ECU 170控制发动机10。发动机ECU 170例如控制发动机10的电子节气门的开度,通过输出点火信号控制发动机的点火,或者控制向发动机10的燃料喷射。该发动机ECU 170通过对电子节气门的开度控制、喷射控制、点火控制等来控制发动机10的输出转矩。

[0077] HV ECU 150综合地控制整个车辆。车速传感器、加速器操作量传感器、MG1转速传感器、MG2转速传感器、输出轴转速传感器、电池传感器等连接至该HV ECU 150。通过这些传感器,该HV ECU 150获取车速、加速器操作量、第一MG 20的转速、第二MG 30的转速、动力传递系统的输出轴的转速、电池状态SOC等。

[0078] 该HV ECU 150基于所获取的信息计算用于车辆的要求驱动力、要求动力、要求转矩等。该HV ECU 150基于计算出的要求值来确定第一MG 20的输出转矩(下文还称作MG1转矩)、第二MG 30的输出转矩(下文还称作MG2转矩)和发动机10的输出转矩(下文还称作发动机转矩)。该HV ECU 150向MG ECU 160输出MG1转矩的命令值和MG2转矩的命令值。该HVECU 150向发动机ECU 170输出发动机转矩的命令值。

[0079] 该HV ECU 150基于驱动模式(稍后进行描述)等控制离合器C1、CS以及制动器B1。该HV ECU 150向图1所示的液压回路500输出供给至离合器C1的液压的命令值(PbC1)、供给

至离合器CS的液压的命令值(PbCS)和供给至制动器B1的液压的命令值(PbB1)。该HV ECU 150向图1所示的液压回路500输出控制信号NM和控制信号S/C。

[0080] 图1所示的液压回路500响应于命令值PbC1、命令值PbB1控制分别供给至离合器C1和制动器B1的液压,响应于控制信号NM控制电动油泵,并且响应于控制信号S/C对是否允许或禁止离合器C1、制动器B1和离合器CS的同时接合进行控制。

[0081] 接下来,将描述液压回路的构造。图4是示意性地示出安装在混合动力车辆1上的液压回路500的构造的视图。液压回路500包括机械油泵(下文还称作MOP) 501;电动油泵(下文还称作EOP) 502;压力调节阀510、520;线性电磁阀SL1、SL2、SL3;同时供给防止阀530、540、550;电磁切换阀560;止回阀570;以及油路LM、LE、L1、L2、L3、L4。

[0082] MOP 501由差动单元50的行星架CA2的旋转所驱动以产生液压。因此,当行星架CA2例如通过驱动发动机10而旋转时,该MOP 501也被驱动;反之,当行星架CA2停止时,该MOP 501也停止。该MOP 501向油路LM输出产生的液压。

[0083] 油路LM中的液压通过压力调节阀510而调节(减小)到预定压力。下文中,通过压力调节阀510调节的油路LM中的液压也被称作管路压力PL。管路压力LP被供给至线性电磁阀SL1、SL2、SL3中的每个电磁阀。

[0084] 线性电磁阀SL1通过响应于来自控制器100的液压命令值PbC1调节管路压力PL来产生用于接合离合器C1的液压(下文称作C1压力)。该C1压力经由油路L1供给至离合器C1。

[0085] 线性电磁阀SL2通过响应于来自控制器100的液压命令值PbB1调节管路压力PL来产生用于接合制动器B1的液压(下文称作B1压力)。该B1压力经由油路L2供给至制动器B1。

[0086] 线性电磁阀SL3通过响应于来自控制器100的液压命令值PbCS调节管路压力PL来产生用于接合离合器CS的液压(下文称作CS压力)。该CS压力经由油路L3供给至离合器CS。

[0087] 同时供给防止阀530设置在油路L1中,并且被构造成防止离合器C1与制动器B1和离合器CS中的至少一个同时接合。具体地,油路L2、L3连接至该同时供给防止阀530。该同时供给防止阀530通过使用经过油路L2、L3的B1压力和CS压力作为信号压力来操作。

[0088] 当作为B1压力和CS压力的两个信号压力未被输入至同时供给防止阀530时(即,当制动器B1和离合器CS两者被释放时),该同时供给防止阀530处于C1压力被供给至离合器C1的正常状态。图4图示了该同时供给防止阀530处于正常状态的情况。

[0089] 另一方面,当作为B1压力和CS压力的信号压力中的至少一个输入至同时供给防止阀530时(即,当制动器B1和离合器CS中的至少一个接合时),即便当离合器C1接合时,该同时供给防止阀530也切换到排出状态,在该排出状态下,到离合器C1的C1压力的供给被切断并且离合器C1中的液压被释放到外部。从而,离合器C1被释放,所以防止了离合器C1与制动器B1和离合器CS中的至少一个被同时接合。

[0090] 类似地,同时供给防止阀540响应于作为信号压力的C1压力和CS压力进行操作来防止制动器B1与离合器C1和离合器CS中的至少一个被同时接合。具体地,当作为C1压力和CS压力的两个信号压力未被输入至同时供给防止阀540时,该同时供给防止阀540处于正常状态,在该正常状态下,B1压力被供给至制动器B1。另一方面,当作为C1压力和CS压力的信号压力中的至少一个被输入至同时供给防止阀540时,该同时供给防止阀540切换到排出状态,在该排出状态下,向制动器B1的B1压力的供给被切断并且制动器B1中的液压被释放到外部。图4图示了以下情况:C1压力作为信号压力被输入至同时供给防止阀540并且该同时

供给防止阀540处于排出状态。

[0091] 类似地,该同时供给防止阀550通过使用C1压力和B1压力作为信号压力进行操作以防止离合器CS与离合器C1和制动器B1中的至少一个被同时接合。具体地,当作为C1压力和B1压力的两个信号压力未被输入至同时供给防止阀550时,该同时供给防止阀550处于正常状态,在该正常状态下,CS压力被供给至离合器CS。另一方面,当作为C1压力和B1压力的信号压力中的至少一个被输入至同时供给防止阀550时,该同时供给防止阀550切换到排出状态,在该排出状态下,向离合器CS的CS压力的供给被切断并且离合器CS中的液压被释放到外部。图4图示了如下情况:C1压力被输入至同时供给防止阀550并且该同时供给防止阀550处于排出状态。

[0092] EOP 502被设置在内部的电动机(下文还称作内部电动机)502A驱动以产生液压。该内部电动机502A由来自控制器100的控制信号NM控制。因此,EOP 502能够不管行星架CA2是否旋转而操作。该EOP 502将所产生的液压输出到油路LE。

[0093] 油路LE中的液压由压力调节阀520调节(减小)至预定压力。该油路LE经由止回阀520连接至油路LM。当油路LE中的液压比油路LM中的液压高预定压力以上时,止回阀570打开,并且油路LE中的液压经由止回阀570供给至油路LM。从而,同样在MOP 501的停止期间,可以通过驱动EOP 502来将液压供给至油路LM。

[0094] 电磁切换阀560响应于来自控制器100的控制信号S/C切换到开启状态和关闭状态中的任一种状态。在开启状态下,该电磁切换阀560将油路LE与油路L4连通。在关闭状态下,该电磁切换阀560将油路LE从油路L4中断,并且将油路L4中的液压释放到外部。图4图示了电磁切换阀560处于关闭状态的情况。

[0095] 油路L4连接至同时供给防止阀530、540。当电磁切换阀560处于开启状态时,油路LE中的液压经由油路L4作为信号压力被输入至同时供给防止阀530、540。当来自油路L4的信号压力被输入至同时供给防止阀530时,不管是否从油路L2输入信号压力(B1压力),同时供给防止阀530被强制地固定到正常状态。类似地,当信号压力从油路L4输入至同时供给防止阀540时,不管是否从油路L1输入信号压力(C1压力),同时供给防止阀540被强制地固定到正常状态。因此,通过驱动EOP 502并且将电磁切换阀560切换到开启状态,同时供给防止阀530、540被同时固定到正常状态。从而,离合器C1和制动器B1被允许同时接合,并且实现了双电动机模式(稍后进行描述)。

[0096] 此后,将参照操作接合图表和列线图描述混合动力车辆1的控制模式的细节。

[0097] 图5是示出每种驱动模式以及在每种驱动模式下变速单元40的离合器C1和制动器B1的受控状态的图表。

[0098] 控制器100引起混合动力车辆1以电动机驱动模式(下文称作EV模式)或混合动力模式(下文称作HV模式)行驶。该EV模式是如下的控制模式:发动机10停止并且通过使用第一MG 20和第二MG 30中的至少一个的动力来引起混合动力车辆1行驶。该HV模式是如下的控制模式:通过使用发动机10的动力和第二MG 30的动力来引起混合动力车辆1行驶。EV模式和HV模式下的每个被进一步划分成一些控制模式。

[0099] 在图5中,C1、B1、CS、MG1以及MG2分别表示离合器C1、制动器B1、离合器CS、第一MG 20以及第二MG 30。C1栏、B1栏和CS栏中的每栏的圆圈标记(O)指示接合状态,叉标记(x)指示释放状态,且三角标记(△)指示离合器C1和制动器B1中的任意一个在发动机制动期间被

接合。MG1栏和MG2栏中的每栏中的符号G指示MG1或MG2主要作为发电机运转。MG1栏和MG2栏中的每栏中的符号M指示MG1或MG2主要作为电动机运转。

[0100] 在EV模式下,控制器100响应于用户的要求转矩等选择性地在单电动机模式与双电动机模式之间切换。在单电动机模式下,通过仅使用第二MG 30的动力来引起混合动力车辆1行驶。在双电动机模式下,通过使用第一MG 20和第二MG 30两者的动力来引起混合动力车辆1行驶。

[0101] 当驱动系统2的负荷低时,使用单电动机模式。当驱动系统2的负荷变高时,驱动模式改变为双电动机模式。

[0102] 如图5的E1行所示,当混合动力车辆1在单电动机EV模式下被驱动(前进或倒退移动)时,控制器100通过释放离合器C1并释放制动器B1而将变速单元40置于空档状态(无动力传递的状态)。这时,控制器100引起第一MG 20主要作为用于将太阳轮S2的转速固定到零的固定装置来运行,并引起第二MG 30主要作为电动机运行(参见图6(稍后进行描述))。为了引起第一MG 20作为固定装置来运行,可以通过反馈第一MG 20的转速来控制第一MG 20的电流以使得该转速变为零。当第一MG 20的转速保持为零时,即使在转矩为零时,也可以在不增加电流的情况下利用齿槽转矩。当变速单元40置于空档状态时,发动机10在制动期间不共转,因此损失减小了该量,并且可以恢复大的再生电力。

[0103] 如图5中的E2行所示,当混合动力车辆1在单电动机EV模式下制动并且要求发动机制动时,控制器100接合离合器C1和制动器B1中的任一个。例如,当在仅利用再生制动而制动力不足时,发动机制动与再生制动一起使用。例如,当电池60的SOC接近满充电状态时,再生电力不能充电,因此可以想到建立发动机制动状态。

[0104] 通过接合离合器C1和制动器B1中的任一个,建立了所谓的发动机制动状态。在发动机制动状态下,驱动轮90的旋转被传递至发动机10,然后发动机10旋转。这时,控制器100引起第一MG 20主要作为电动机运行,并且引起第二MG 30主要作为发电机运行。

[0105] 另一方面,如图5中的E3行所示,当混合动力车辆1在双电动机EV模式下被驱动(前进或倒退移动)时,控制器100通过接合离合器C1并接合制动器B1来限制(锁定)变速单元40的齿圈R1的旋转。从而,差动单元50的联接至变速单元40的齿圈R1的行星架CA2的旋转也受到限制(锁定),因此差动单元50的行星架CA2保持在停止状态(发动机转速 $N_e=0$)。控制器100引起第一MG 20和第二MG 30主要作为电动机运行(参见图7(稍后进行描述))。

[0106] 在EV模式(单电动机模式或双电动机模式)中,发动机10停止,因此MOP 501也停止。因此,在EV模式下,离合器C1或制动器B1通过使用由EOP 502产生的液压进行接合。

[0107] 在HV模式下,控制器100引起第一MG 20主要作为发电机运行,并且引起第二MG 30主要作为电动机运行。

[0108] 在HV模式下,控制器100将控制模式设定为串并联模式和串联模式下的任一种模式。

[0109] 在串并联模式下,为了驱动驱动轮90而使用发动机10的一部分动力,并且将发动机10的其余部分的动力用作在第一MG 20中发电的动力。第二MG 30通过使用由第一MG 20产生的电力来驱动驱动轮90。在串并联模式下,控制器100响应于车速来改变变速单元40的速比。

[0110] 当引起混合动力车辆1在中速或低速范围内前进移动时,控制器100如图5中的H2

行所示通过接合离合器C1并释放制动器B1来建立低档位Lo(参见图8(稍后进行描述)中的实线)。另一方面,当引起混合动力车辆1在高速范围内前进移动时,控制器100如图5中的H1行所示通过释放离合器C1并且接合制动器B1来建立高档位Hi(参见图8(稍后进行描述)中的虚线)。不论是在建立了高档位还是在建立了低档位时,变速单元40和差动单元50整体上作为无级变速器来运行。

[0111] 当混合动力车辆1倒退时,控制器100如图5中的H3行所示接合离合器C1并释放制动器B1。当存在电池的SOC的余量时,控制器100使第二MG 30独自在反方向上旋转;反之,当不存在电池的SOC的余量时,控制器100通过操作发动机10利用第一MG 20来发电,并使第二MG 30在反方向上旋转。

[0112] 在串联模式下,发动机10的全部动力被作用于利用第一MG 20发电的动力。第二MG 30通过使用由第一MG 20产生的电力来驱动驱动轮90。在串联模式下,当混合动力车辆1前进移动或者当混合动力车辆1倒退时,控制器100如图5中的H4行和H5行所示释放离合器C1和制动器B1两者并且接合离合器CS(参见图9(稍后进行描述))。

[0113] 在HV模式下,发动机10正在运行,因此MOP 501也正在运行。因此,在HV模式下,离合器C1、离合器CS或制动器B1主要通过使用由MOP 501产生的液压来接合。

[0114] 此后,将参照列线图描述图5所示的每种运行模式下的旋转元件的状态。

[0115] 图6是单电动机EV模式下的列线图。图7是双电动机EV模式下的列线图。图8是串并联模式下的列线图。图9是串联模式下的列线图。

[0116] 在图6至图9中,S1、CA1和R1分别表示变速单元40的太阳轮S1、行星架CA1和齿圈R1,S2、CA2和R2分别表示差动单元50的太阳轮S2、行星架CA2和齿圈R2。

[0117] 将参照图6描述单电动机EV模式下的受控状态(图5中的E1行)。在单电动机EV模式下,控制器100释放变速单元40的离合器C1和制动器B1以及离合器CS,使发动机10停止,并且引起第二MG 30主要作为电动机运行。因此,在单电动机EV模式下,混合动力车辆1通过使用第二MG 30的转矩(下文称作MG2转矩 T_{m2})来行驶。

[0118] 这时,控制器100对第一MG 20的转矩(下文称作MG1转矩 T_{m1})执行反馈控制,使得太阳轮S2的转速变为零。因此,太阳轮S2不旋转。然而,因为变速单元40的离合器C1和制动器B1被释放,差动单元50的行星架CA2的旋转不受到限制。因此,差动单元50的齿圈R2和行星架CA2以及变速单元40的齿圈R1在与第二MG 30相同的方向上与第二MG 30的旋转联动地旋转(惯性滑动)。

[0119] 另一方面,因为发动机10停止,变速单元40的行星架CA1保持在停止状态。变速单元40的太阳轮S1在与齿圈R1的旋转方向相反的方向上与齿圈R1的旋转联动地旋转(惯性滑动)。

[0120] 为了在单电动机EV模式下使车辆减速,允许除使用第二MG 30的再生制动之外触发发动机制动。在这种情况下(图5中的E2行),通过接合离合器C1和制动器B1中的任一个,发动机10也在行星架CA2从驱动轮90侧被驱动时旋转,因此触发发动机制动。

[0121] 接下来,将参照图7描述双电动机EV模式下的受控状态(图5中的E3行)。在双电动机EV模式下,控制器100接合离合器C1和制动器B1,释放离合器CS,并且使发动机10停止。因此,限制了变速单元40的太阳轮S1、行星架CA1和齿圈R1中的每个的旋转,使得转速变为零。

[0122] 因为限制了变速单元40的齿圈R1的旋转,差动单元50的行星架CA2的旋转也受到

限制(锁定)。在这种状态下,控制器100引起第一MG 20和第二MG 30主要作为电动机运行。具体地,通过将MG2转矩 T_{m2} 设定为正转矩而使第二MG 30在正向上旋转,并且通过将MG1转矩 T_{m1} 设定为负转矩而使第一MG 20在负向上旋转。

[0123] 当通过接合离合器C1限制行星架CA2的旋转时,MG1转矩 T_{m1} 通过使用行星架CA2作为支撑点而传递至齿圈R2。传递至齿圈R2的MG1转矩 T_{m1} (下文称作MG1传递转矩 T_{m1c})作用在正向上,并且传递至副轴70。因此,在双电动机EV模式下,混合动力车辆1通过使用MG1传递转矩 T_{m1c} 和MG2转矩 T_{m2} 来行驶。控制器100调整MG1转矩 T_{m1} 和MG2转矩 T_{m2} 之间的分配比,使得MG1传递转矩 T_{m1c} 和MG2转矩 T_{m2} 的和满足用户的要求转矩。

[0124] 将参照图8描述串并联HV模式下的受控状态(图5中的H1行至H3行)。图8图示了车辆正以低档位Lo前进行驶的情况(参见图5中的H2行,以及图8中的S1、CA1和R1的列线图所示的共用实线)以及车辆正以高档位Hi前进行驶的情况(参见图5中的H1行,以及图8中的S1、CA1和R1的列线图所示的共用虚线)。为了方便描述,假定无论当车辆正以低档位Lo前进行驶时还是当车辆正以高档位Hi前进行驶时,齿圈R1的转速都是相同的。

[0125] 当在串并联HV模式下建立了低档位Lo时,控制器100接合离合器C1,并释放制动器B1和离合器CS。因此,旋转元件(太阳轮S1、行星架CA1和齿圈R1)彼此一体地旋转。从而,变速单元40的齿圈R1也与行星架CA1以相同的转速旋转,并且发动机10的旋转以相同的转速从齿圈R1传递至差动单元50的行星架CA2。也就是说,发动机10的输入至变速单元40的行星架CA1的转矩(下文称作发动机转矩 T_e)从变速单元40的齿圈R1被传递至差动单元50的行星架CA2。当建立了低档位Lo时,从齿圈R1传递的转矩(下文称作变速单元输出转矩 T_{r1})等于发动机转矩 T_e ($T_e = T_{r1}$)。

[0126] 发动机10的传递至差动单元50的行星架CA2的旋转通过使用太阳轮S2的转速(第一MG 20的转速)而无级地变速,并且传递至差动单元50的齿圈R2。这时,控制器100基本引起第一MG 20作为发电机运行以在负向上施加MG1转矩 T_{m1} 。从而,MG1转矩 T_{m1} 用作将输入至行星架CA2的发动机转矩 T_e 传递至齿圈R2的反作用力。

[0127] 传递至齿圈R2的发动机转矩 T_e (下文称作发动机传递转矩 T_{ec})从副驱动齿轮51被传递至副轴70,并且充当混合动力车辆1的驱动力。

[0128] 在串并联HV模式下,控制器100引起第二MG 30主要作为电动机运行。第二MG转矩 T_{m2} 从减速齿轮32被传递至副轴70,并且充当混合动力车辆1的驱动力。即,在串并联HV模式下,混合动力车辆1通过使用发动机传递转矩 T_{ec} 和第二MG转矩 T_{m2} 来行驶。

[0129] 另一方面,当在串并联HV模式下建立了高档位Hi时,控制器100接合制动器B1,释放离合器C1和离合器CS。由于制动器B1被接合,太阳轮S1的旋转受到限制。从而,发动机10的输入至变速单元40的行星架CA1的旋转在速度上增大,并且从变速单元40的齿圈R1传递至差动单元50的行星架CA2。因此,当建立了高档位Hi时,变速单元输出转矩 T_{r1} 小于发动机转矩 T_e ($T_e > T_{r1}$)。

[0130] 将参照图9描述串联HV模式下的受控状态(图5中的H4行)。在串联HV模式下,控制器100释放离合器C1和制动器B1,并接合离合器CS。因此,当离合器CS接合时,差动单元50的太阳轮S2与变速单元40的行星架CA1以相同的转速旋转,并且发动机10的旋转以相同的转速从离合器CS被传递至第一MG 20。从而,允许通过使用发动机10作为动力源利用第一MG 20来发电。

[0131] 另一方面,由于离合器C1和制动器B1都被释放,因此变速单元40的太阳轮S1和齿圈R1中的每个的旋转以及差动单元50的行星架CA2的旋转不受限制。即,因为变速单元40处于空档状态且差动单元50的行星架CA2的旋转不受限制,第一MG 20的动力和发动机10的动力没有被传递至副轴70。因此,第二MG 30的MG2转矩 T_{m2} 被传递至副轴70。因此,在串联HV模式下,尽管通过使用发动机10作为动力源利用第一MG 20发电,但混合动力车辆1通过利用所产生的电力的部分或全部而使用MG2转矩 T_{m2} 来行驶。

[0132] 因为允许达成串联模式,故而可以不必担心由于发动机转矩波动发生齿轮机构的齿接触噪声来选择发动机的工作点,当车辆以低车速行驶或者当车辆处于背景噪声低的车辆状态时,在串并联模式下需要关注这种齿接触噪声。从而,增强了既能实现车辆的安静度又能改善燃料消耗的车辆状态。

[0133] 如图5所示的控制模式下所描述的,当在HV模式下借助离合器CS将发动机10和第一MG 20彼此直接联接并且通过将离合器C1和制动器B1两者都置于释放状态而将变速单元40控制到空档状态时,该车辆能够在串联模式下运行。

[0134] 此后,将描述以下事实:可以通过使用离合器CS而引起车辆在又一运行模式下运行。

[0135] 图10是示出了根据本实施例的替代实施例的每种驱动模式下变速单元40的离合器C1和制动器B1的受控状态的图表。

[0136] 在图10中,E4行和E5行被加到图5中的EV模式,并且H6行至H9行被加到图5中的HV模式。图10中的标记与图5中的标记表示相似的含义。

[0137] 最初,将描述被加到EV模式的E4行和E5行。这些另外的模式以及E3行是双电动机模式,并且与E3行的不同在于:即便在发动机转速 N_e 不为零时,这些另外的模式仍然是可运行的(图10中的 N_e 自由)。

[0138] 图11是用于图示图10中的E4行和E5行的操作的列线图。将参照图11描述双电动机EV模式下的受控状态。图11图示了车辆正以低档位Lo前进行驶的情况(参见图11所示的共用实线)和车辆正以高档位Hi行驶的情况(参见图11所示的共用虚线)。为了方便描述,假定无论车辆正以低档位Lo前进行驶时还是车辆正以高档位Hi前进行驶时的齿圈R1的转速是相同的。

[0139] 当在双电动机EV模式下建立了低档位Lo时(图10中的E5行),控制器100接合离合器C1和离合器CS,并释放制动器B1。因此,变速单元40的旋转元件(太阳轮S1、行星架CA1和齿圈R1)彼此一体地旋转。当离合器CS接合时,变速单元40的行星架CA1和差动单元50的太阳轮S2彼此一体地旋转。从而,变速单元40和差动单元50的所有旋转元件以相同的转速一体地旋转。因此,当通过第一MG 20与第二MG 30一同在正旋转方向上产生MG1转矩 T_{m1} 时,可以通过使用这两个电动机来引起混合动力车辆1行驶。因为发动机10不是自主地在EV模式下被驱动,所以发动机10处于通过第一MG 20和第二MG 30两者的转矩驱动发动机10的从动状态。因此,期望可以操作每个阀的开启/关闭时机,使得发动机的旋转期间的阻力减小。

[0140] 传递至齿圈R2的MG1传递转矩 T_{m1c} 从副驱动齿轮51被传递至副轴70,并且充当混合动力车辆1的驱动力。同时,MG2转矩 T_{m2} 从减速齿轮32被传递至副轴70,并且充当混合动力车辆1的驱动力。也就是说,当在双电动机EV模式下建立了低档位Lo时,混合动力车辆1通过使用MG2转矩 T_{m2} 和传递至齿圈R2的MG1转矩 T_{m1} 来行驶。

[0141] 另一方面,当在双电动机EV模式下建立了高档位Hi时(图10中的E4行),控制器100接合制动器B1和离合器CS,并释放离合器C1。因为制动器B1被接合,所以太阳轮S1的旋转受到限制。

[0142] 当离合器CS被接合时,变速单元40的行星架CA1和差动单元50的太阳轮S2彼此一体地旋转。因此,太阳轮S2的转速等于发动机10的转速。

[0143] 图12是用于图示图10中的H6行至H9行的操作的列线图。将参照图12描述在双电动机HV模式(并联模式:有级)下的受控状态。图12图示了车辆正以低档位Lo前进行驶的情况(参见图12所示的共用实线)和车辆正以高档位Hi行驶的情况(参见图12所示的共用虚线)。

[0144] 如通过图11与图12之间的比较显而易见,在双电动机HV模式(并联模式:有级)下,发动机10被自主地驱动,因此如图12所示发动机转矩 T_e 被施加至行星架CA1。因此,发动机转矩 T_e 也被加到齿圈R2。图12所示的列线图的其余点与图11中的那些相同,因此将不再重复进行描述。

[0145] 在双电动机HV模式(并联模式:有级)下,发动机转矩 T_e 、MG1转矩 T_{m1} 和MG2转矩 T_{m2} 都被允许用于驱动轮的前进旋转转矩,因此当驱动轮需要大的转矩时特别有效。

[0146] 在单电动机HV模式(并联模式:有级)下的受控状态对应于图12中 $T_{m1}=0$ 的情况。在HV模式(并联模式:有级)下,混合动力车辆1能够在 $T_{m1}=0$ 和 $T_{m2}=0$ 的状态下通过仅使用发动机转矩来行驶。

[0147] 接下来,将描述从EV模式向HV模式转换时的发动机起动控制。如上所述,混合动力车辆1能够在以HV模式行驶的同时选择串并联HV模式和串联HV模式中的任一种。

[0148] 在串联HV模式中,因为变速单元40处于空档状态,发动机10与驱动轮分离。从而,在起动发动机时,发动机的起动冲击难以到达车身。然而,如果驱动模式总是在发动机起动时经由串联HV模式切换到串并联HV模式,则在车辆的响应方面是不利的,导致驾驶员体验到缓慢感。

[0149] 在本实施例中,在起动发动机10时,起动发动机10时的控制考虑到车辆状况和驾驶员的喜好来切换。下文中,将参照流程图等描述发动机起动控制。

[0150] 图13是示出由控制器100执行的发动机起动控制的第一范例的细节的流程图。如图13中所示,当开始流程图的进程时,首先在步骤S10中确定是否已经发出了发动机起动请求。

[0151] 例如,当电池60的SOC变得小于下限阈值或者当驾驶员通过增加加速器踏板的压下量来请求加速时,发出发动机起动请求。当未发出发动机起动请求且EV模式继续(在S10中为否)时,该进程进行到步骤S80,并且退出该流程图的控制。

[0152] 当在S10中确定已经发出了发动机起动请求(在S10中为是)时,该进程进行到步骤S20。在步骤S20中,确定在发动机起动后哪种模式为运行模式。在该确定中使用模式确定图。

[0153] 图14是示出在步骤S20中使用的模式确定图的范例的图。图14重叠地示出了由虚线表示其边界线的图和由实线表示其边界线的图。其边界线由虚线表示的图是当未限制电池60的输入/输出功率时一般使用的图。另一方面,其边界线由实线表示的图是当根据一些条件(诸如SOC和温度)限制电池60的输入/输出功率时使用的图。

[0154] 首先,将描述在其边界线由虚线表示的图中车辆载荷为正的区。在车速接近零

且车辆载荷小的区域中,使用单电动机EV模式。驱动模式不是双电动机模式而是单电动机模式的原因是为了可以在突然压下加速器踏板时立即起动发动机。当车速高或车辆载荷大时,使用串并联HV模式(Lo档)。当在串并联HV模式下车辆载荷进一步增加并且转矩变得不足时,所有的发动机转矩在并联模式(Lo档位)下输出到驱动轮,并且执行使用MG1转矩或MG2转矩的电动机辅助。这种模式可以在动力升降档时使用。

[0155] 随后,将描述在由虚线表示其边界线的图中车辆载荷为负的区域。在车速接近零且车辆载荷小的区域中,使用单电动机HV模式。当车速增加时,使用串联HV模式。单电动机EV模式的区域在当车辆载荷为负时比在当车辆载荷为正时宽的原因是因为发动机以串联模式起动,并因此,不需要提供针对用于减小发动机起动时的冲击的反作用转矩的余量。

[0156] 接下来,将描述在由实线表示其边界线的图中车辆载荷为正的區域。当车辆载荷为正并且车速低时,执行串联HV模式。该串联HV模式是有效地防止由于第二MG 30和差动齿轮组之间的拍击(rattling)导致的噪声(所谓的卡哒声)的运行模式。

[0157] 在车速增加的情况下,运行模式从串联模式切换到不使用电动机辅助的并联模式(Hi档),然后切换到串并联HV模式(Hi档)。因为并联模式(Hi档)具有固定的齿数比,发动机10倾向于偏离最小化燃料消耗的工作点,因此工作区域具有相对窄的带状。

[0158] 当车辆载荷增加时,运行模式从串联模式切换到串并联模式(Lo)。该串并联模式(Lo)是驱动力被给予较高优先级的区域中的有效运行模式。

[0159] 接下来,将描述在由实线表示其边界线的图中车辆载荷为负的区域。当车辆载荷为负时,使用串联模式而不管车速如何。在串联模式中,发动机转速在相同的车速下是任意可控制的,因此可以产生与驾驶员的请求相称的发动机制动转矩。因为第一MG 20抵抗发动机制动转矩旋转,所以第一MG 20执行电动机驱动(motoring)操作。因此,由第二MG 30中的再生制动产生的再生电力被允许由第一MG 20消耗,因此,即使当电池60不能接收再生电能时,也可以使用第二MG 30执行再生制动。另外,因为第一MG 20的转速等于发动机转速,串联模式相较于其他模式不受由于第一MG 20的转速上限导致的对发动机转速的约束的影响,因此可以增加发动机制动转矩的绝对值。

[0160] 返回参照图13,当在步骤20中运行模式不是串联模式(在S20中为否)时,进程进行至步骤S30;反之,当运行模式是串联模式(在S20中为是)时,进程进行至步骤S60。

[0161] 步骤S30中,确定车辆是否停止。当车辆停止时,驾驶员容易经历震动,因此期望的是发动机应当在发动机与驱动轮分离的状态下起动。因此,当在步骤S30中确定车辆停止(在S30中为是)时,进程进行至步骤S60。另一方面,当在步骤S30中确定车辆未停止(在S30中为否)时,进程进行至步骤S40。

[0162] 在步骤S40中,确定由用户利用模式切换器180选择的模式是否为舒适模式或经济模式。当选择了这些模式中的任一种时,有可能用户相较于增强车辆的响应更希望减少发动机起动的冲击。当在步骤S40中确定选择了舒适模式或经济模式(在S40中为是)时,进程进行至步骤S60;反之,当确定未选择这些模式中的一种(在S40中为否)时,进程进行至步骤S50。

[0163] 当在步骤S40中由用户利用模式切换器180选择的模式是运动模式或动力模式时,该进程可进行至步骤S50;否则,该进程可进行至步骤S60。

[0164] 在步骤S50中,离合器C1接合,并且执行用于起动发动机的第一起动方法。此时,取

代离合器C1,制动器B1可接合。在该第一起动方法中,加速响应高;然而,发动机起动冲击容易传递至驱动轮。

[0165] 另一方面,当该进程进行至步骤S60时,执行得以减小发动机起动冲击的第二起动方法。首先,在步骤S60中,传递单元40被设定为空档状态。随后,在步骤S70中,离合器CS接合,并且发动机10利用第一MG 20而被起动。在串联模式中,传递单元40被置于空档状态,因此图2中所示的路径K1被中断。因此,在发动机10起动时的冲击难以传递到驱动轮90,故减小了由用户体验的发动机起动冲击。

[0166] 图15是示出混合动力车辆的发动机起动的范例的操作波形图。如图15中所示,在时间t0的初始状态,混合动力车辆以单电动机EV模式行驶。正转矩和正转速从第二MG 30输出。第一MG 20的转矩和转速为零。发动机转矩和发动机转速为零,因此发动机10不运行。

[0167] 在单电动机EV模式下,发动机转速为零,因此混合动力车辆能够以离合器C1和制动器B1各自接合或释放的任意状态行驶。然而,为了尽可能多地减少能量损失,C1压力和B1压力都被设定为零,并且离合器C1和制动器B1都被释放。

[0168] 在时间t2,SOC逐渐减小,并因此,SOC到达下限值,并且完成用于对电池60充电的发动机10的起动的确定(在步骤S20中为是)。因此,在时间t2处,CS压力开始增加。此时,如图6中所示离合器CS的旋转元件(CA1和S2)的转速都为零,并且差动旋转为零,因此,即使在接合上没有花费时间,冲击也小。在时间t2处,发动机起动时间通过急剧地提升液压到一定程度而缩短。

[0169] 在时间t3处,因为CS压力已经充分地上升,使第一MG 20产生MG1转矩,并且第一MG 20的转速从零增加,从而开始了发动机10的起动。在时间t4处,发动机在发动机转速已经达到约600rpm的时机被点火,并且发动机转矩从时间t4到时间t5增加。

[0170] 在时间t6,响应于发动机10能够稳定地产生转矩的事实,第一MG 20的MG1转矩被设定为负值。这意味着在时间t6处,第一MG 20开始通过使用发动机转矩来发电。在这时由第一MG 20发电的量被设定为以致大于第二MG 30所消耗的电力。因此,电池60的SOC从时间t6升高至时间t7。

[0171] 图16是示出由控制器100执行的发动机起动控制的第二范例的细节的流程图。图16中所示的流程图与图13中所示的流程的不同在于图13中所示的流程图中的步骤S20的进程由步骤S20A替代。图16的其他步骤与图13中的步骤相同,因此将不再重复描述。

[0172] 在步骤S20中,基于发动机起动后哪种模式为运行模式来选择发动机起动方法。作为替代,在步骤S20A中,在发动机起动之前的EV模式中,确定差动单元50的行星架CA2的转速(此后,被称作N(CA2))高于接近零的预定值Nth。当在步骤S20A中N(CA2)高于Nth(在S20A中为是)时,该进程进行至步骤S60;反之,当N(CA2)不高于Nth(在S20A中为否)时,该进程进行至步骤S30。

[0173] 可以在步骤S20中确定第一MG 20的转速(此后,被称作Ng)是否接近零,该进程可在步骤S20A中当Ng几乎等于零(在步骤S20A中为是)时进行至步骤S60,并且该进程可在当Ng并非几乎等于零(在步骤S20A中为否)时进行至步骤S30。

[0174] 以这种方式选择起动方法的原因是为了缩短起动发动机所需要的时间。这将通过示出在发动机起动之前的状态中根据两种发动机起动方法来起动发动机的情况下的步骤上的差异来描述。

[0175] 图17是用于图示出发动机起动前状态和发动机起动状态之间的对应关系的表格。在K1行中所示的情况下,发动机起动前状态(在EV模式下)为单电动机模式,N(CA2)几乎等于零且 N_g 小于0。在K2行中所示的情况下,发动机起动前状态(在EV模式下)为单电动机模式并且N(CA2)不等于零,而 N_g 几乎等于零。在K3行中所示的情况下,发动机起动前状态(在EV模式下)为双电动机模式,并且 N_g 小于零。

[0176] 在K1行中,发动机10在串并联模式下以根据用于起动发动机10的第一起动方法的两个步骤起动,而在串联模式下根据用于起动发动机10的第二起动方法需要三个步骤。因此,在K1行的情况下,采用第一起动方法。

[0177] 在K2行中,在串并联模式下根据用于起动发动机10的第一起动方法需要三个步骤来起动发动机10;然而,在串联模式下根据用于起动发动机10的第二起动方法需要两个步骤来起动发动机10。因此,在K2行中的情况下采用第二起动方法。

[0178] 在K3行中,在串并联模式下根据用于起动发动机10的第一起动方法需要两个步骤来起动发动机10;然而,在串联模式下根据用于起动发动机10的第二起动方法需要四个步骤。因此,在K3行中的情况下采用第一起动方法。

[0179] 发动机起动方法在K1行至K3行之中改变的原因在于更期望在串联模式下因为变速单元40被置于空档状态而传递至驱动轮的发动机起动冲击小;然而,需要考虑离合器C2必需要被接合以便切换到串联模式。在离合器CS的旋转元件之间的差动旋转大时离合器CS被接合时,在接合时的冲击增大,因此在这种情况下需要控制第一MG 20的转速以使得 N_g 等于零的额外步骤。

[0180] 即,因为在K1行和K2行中 N_g 小于零,需要将 N_g 设定为零的步骤以便接合离合器CS。相反,因为在K2行中 N_g 几乎等于零,这种步骤并非是必要的。

[0181] 此后,将描述使用在K1行至K3行中采用的发动机起动方法的发动机起动前后的列线图的变化。

[0182] 图18是用于图示出单电动机EV模式(图17中的K1线)下发动机起动的列线图。如图18中所示,在发动机起动之前的单电动机EV模式(图17中的K1线)下, N_g 如由共用线L11所表示的小于零并且S1和CA1的转速为零,因此即使离合器C1接合,冲击也小。因此,作为第一步骤,离合器C1首先接合,并且共用线L11的状态随后通过引起第一MG 20产生MG1转矩 T_{m1} 而改变成共用线L12的状态。从而,发动机10的转速(即,CA1的转速)增加。

[0183] 图19是用于图示出单电动机EV模式下(图17中的K2线)发动机起动的列线图。如图19中所示,在发动机起动之前的单电动机EV模式(图17中的K2线)下, N_g 如由共用线L21表示的几乎等于零,因此即使离合器CS接合,冲击也小。因此,作为第一步骤,离合器CS首先接合,共用线L21的状态随后通过引起第一MG 20产生MG1转矩 T_{m1} 而改变成共用线L22的状态。因此,发动机10的转速(即,CA1的转速)增加。

[0184] 图20是用于图示出双电动机EV模式下(图17中的K3线)发动机起动的列线图。如图20中所示,在发动机起动之前的双电动机EV模式(图17中的K3线)下,离合器C1和制动器B1接合。此时,因为 N_g 如由共用线L31表示的小于零,如果离合器CS接合,冲击大。另一方面,因为S1、CA1和R1的转速为零,即使制动器B1释放,冲击也小。因此,作为第一步骤,制动器B1首先被释放,共用线L31的状态随后通过引起第一MG 20产生MG1转矩 T_{m1} 来改变成共用线L32的状态。从而,发动机10的转速(即,CA1的转速)增加。

[0185] 如上所述,通过响应于发动机起动之前的状态选择用于起动发动机的串联模式和串并联模式中的任一种,可以减少发动机起动的步骤的数量,因此可以缩短发动机起动时间。

[0186] 上述实施例在所有方面都是说明性的而不是限制性的。本发明的范围由所附权利要求而不是上面的描述限定。本发明的范围旨在涵盖所附权利要求及其等同形式的范围内的所有变型。

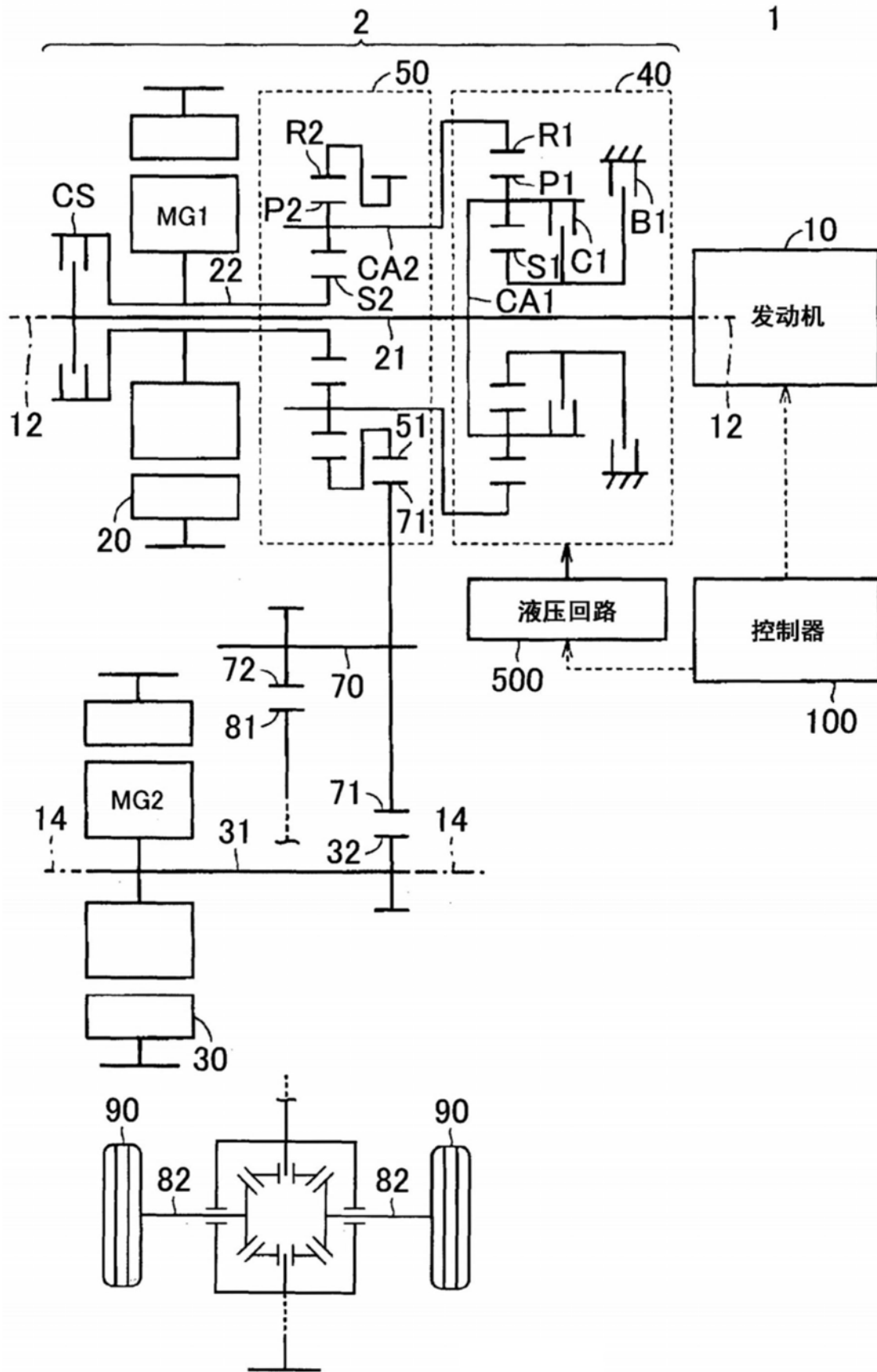


图1

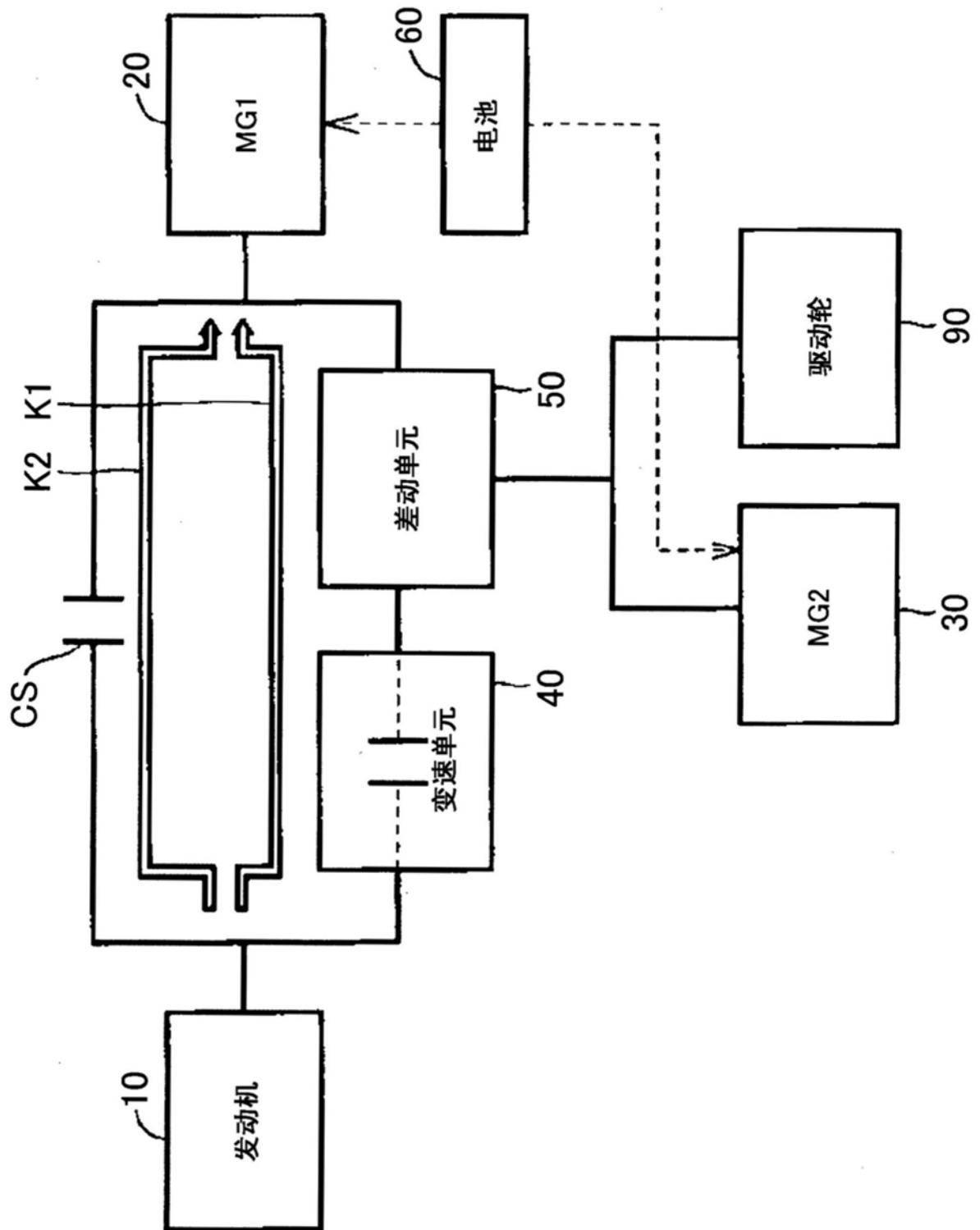


图2

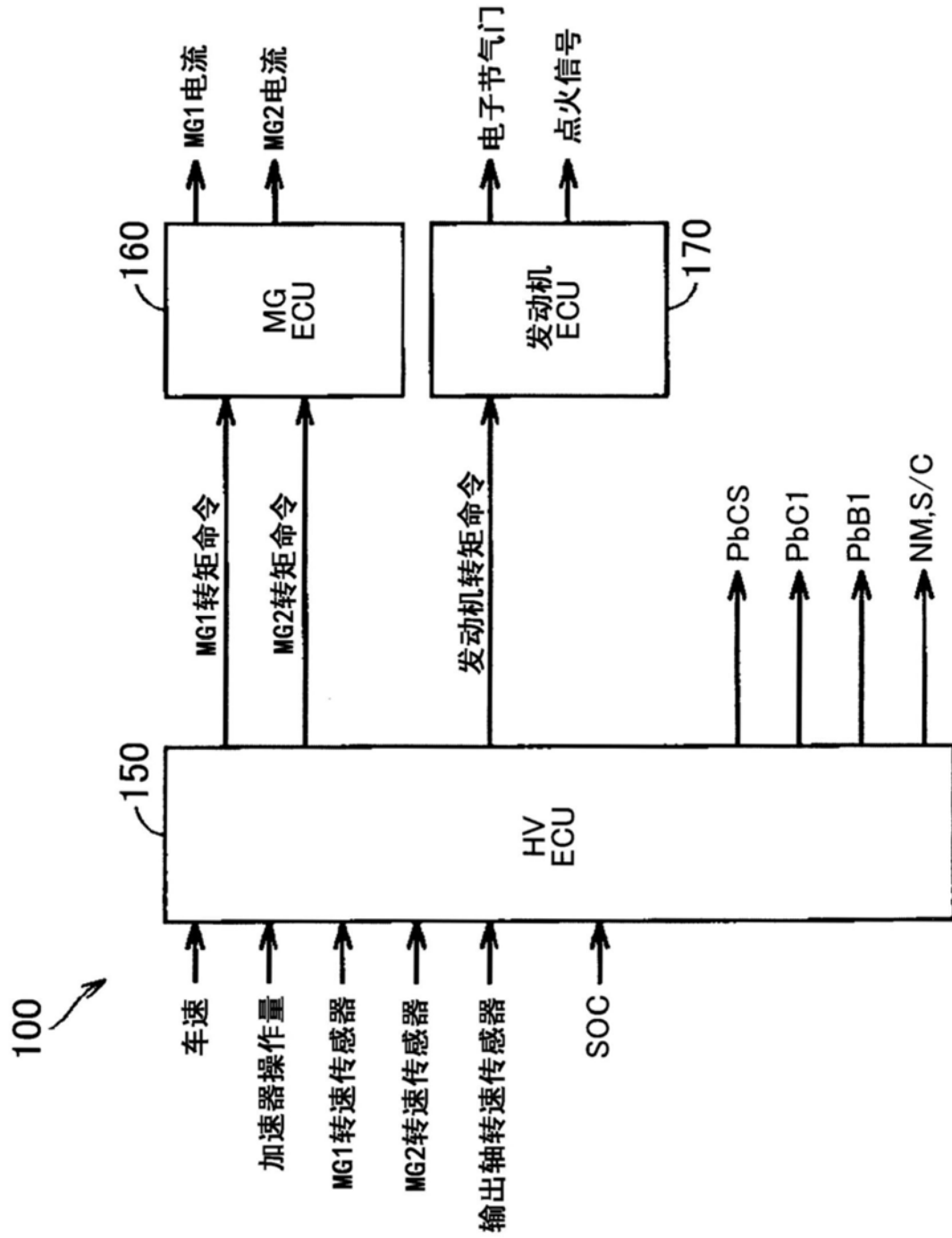


图3

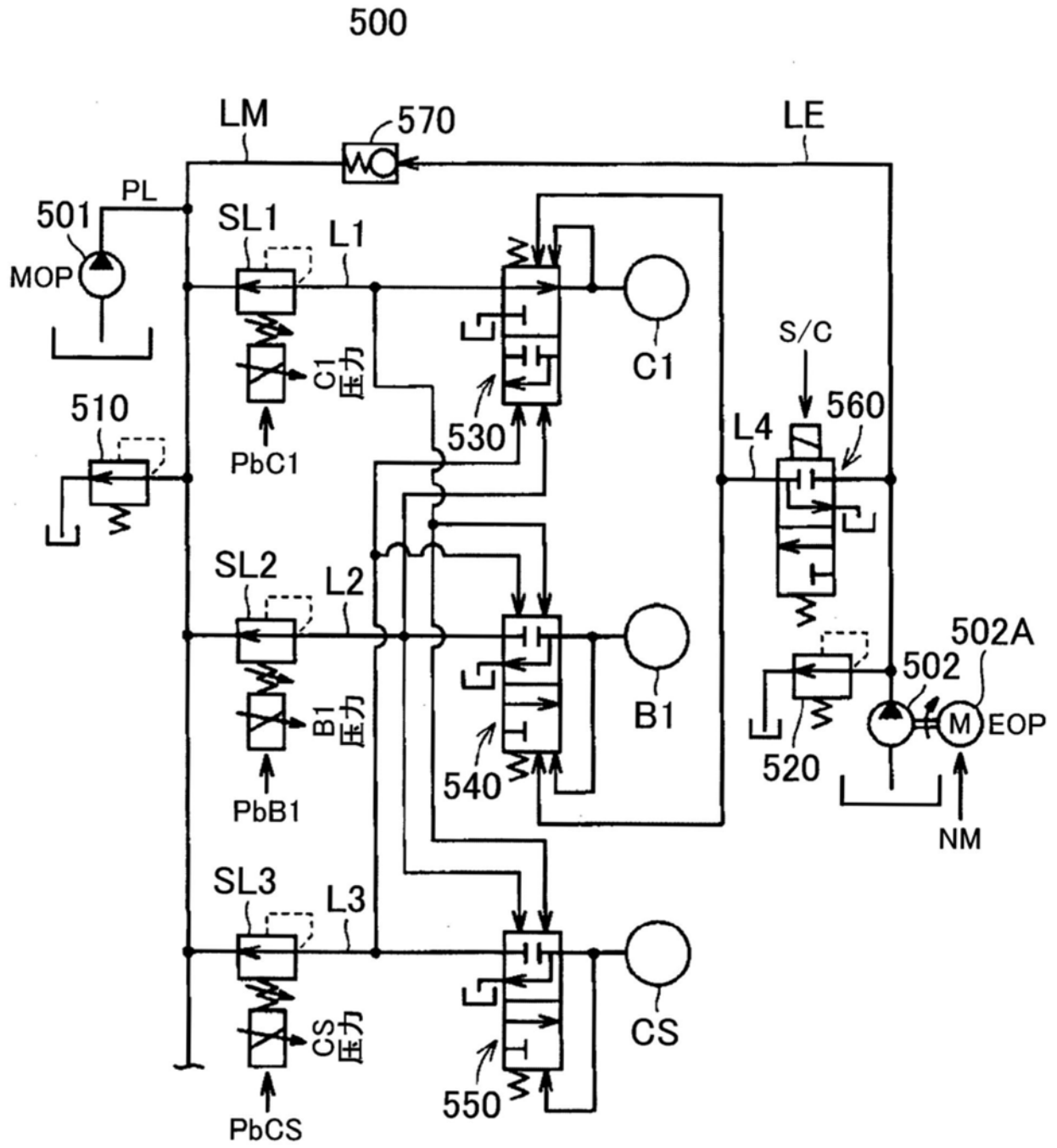


图4

行驶状态						C1	B1	CS	MG1	MG2
E1	EV模式	前进/倒退	单电动机	驱动期间	Ne=0	×	×	×		M
E2				发动机制动期间		△	△	×	M	G
E3			双电动机			○	○	×	M	M
H1	串并联模式 HV模式	前进	高档位			×	○	×	G	M
H2			低档位			○	×	×	G	M
H3		倒退	低档位			○	×	×	G	M
H4		前进				×	×	○	G	M
H5		倒退				×	×	○	G	M

0:接合 △:在使用发动机制动的同时组合中的任一一个被接合 x:释放
G:主要作为发电机 M:主要作为电动机;然而,在再生期间作为发电机

图5

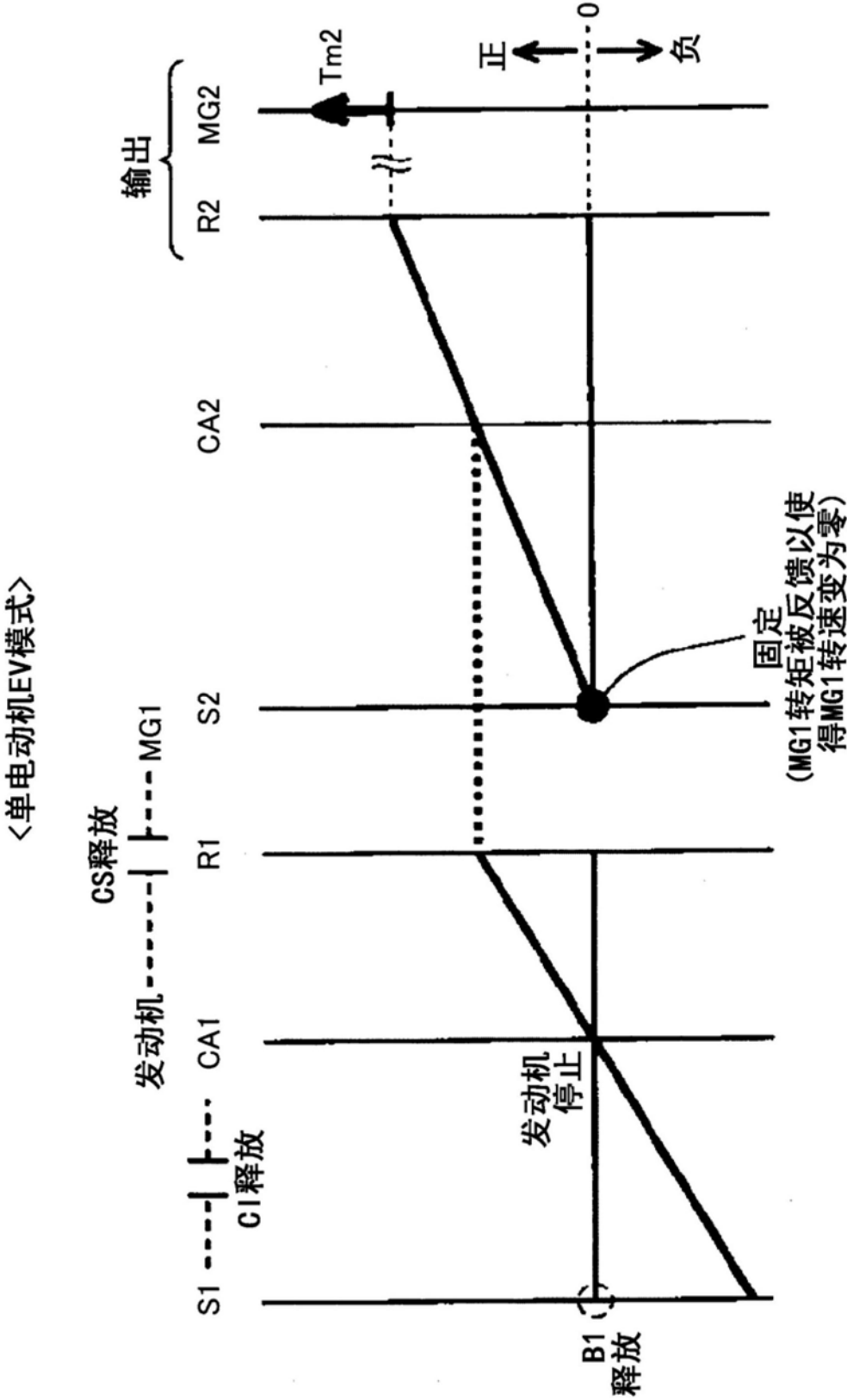


图6

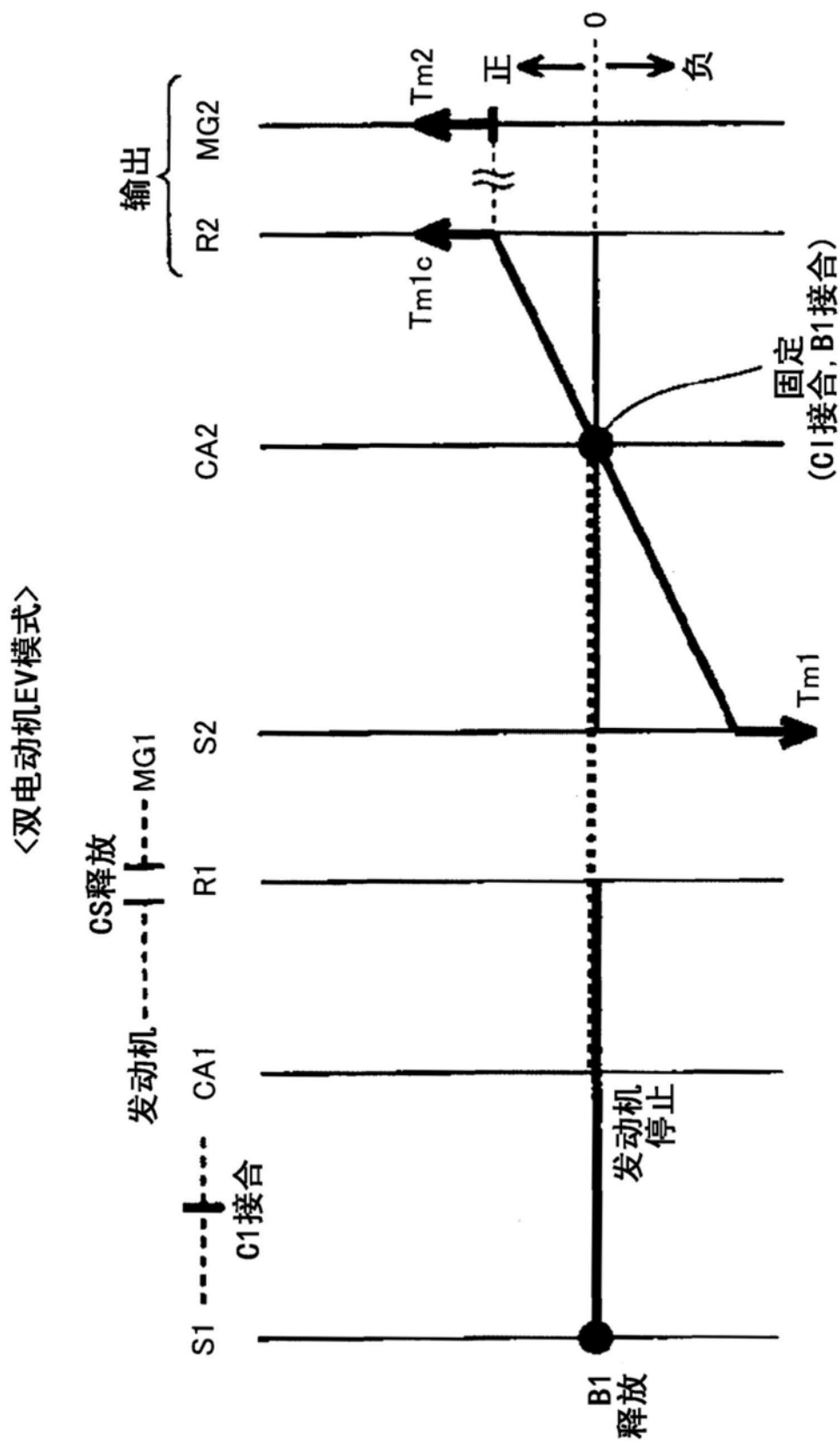


图7

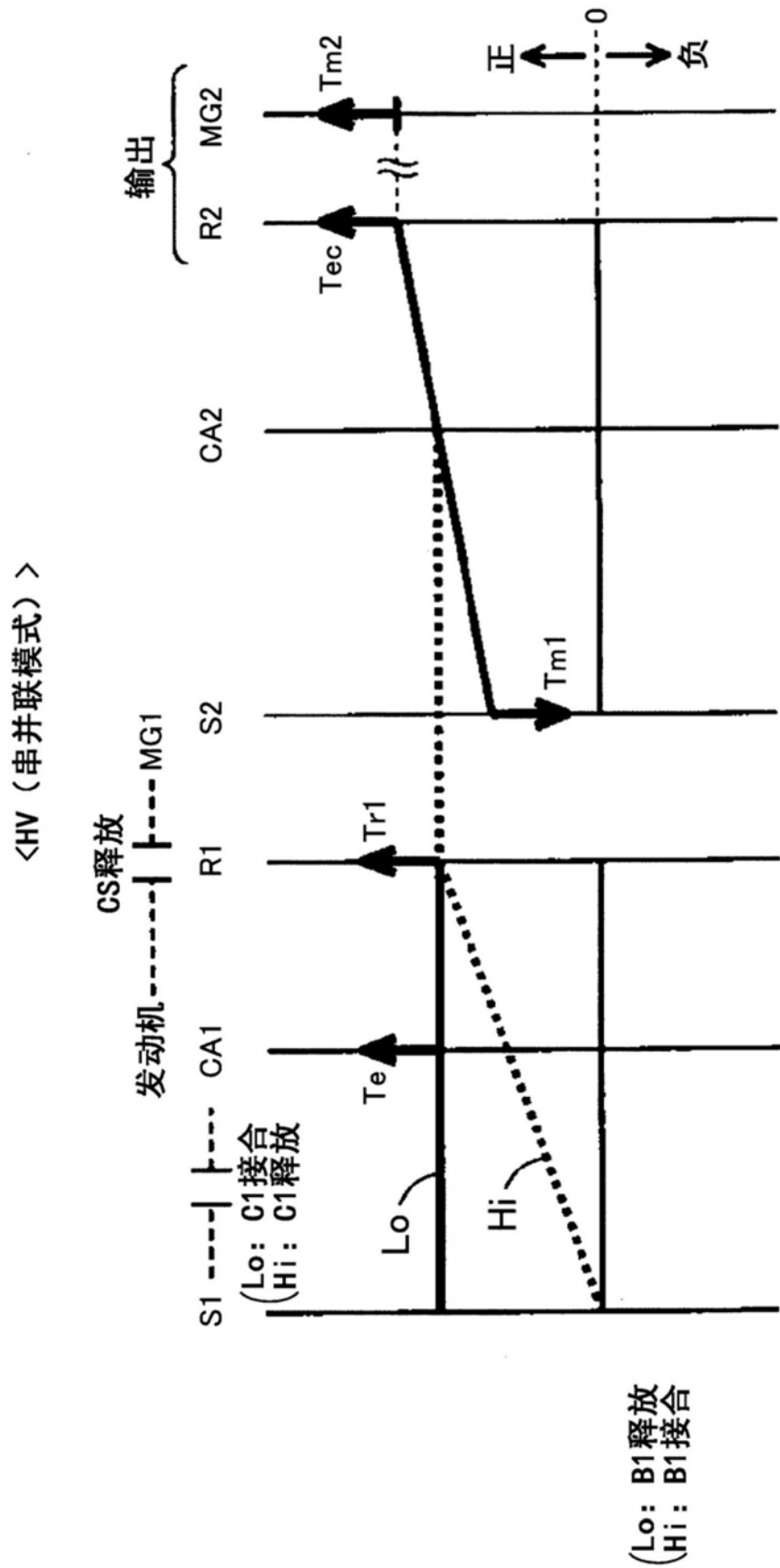


图8

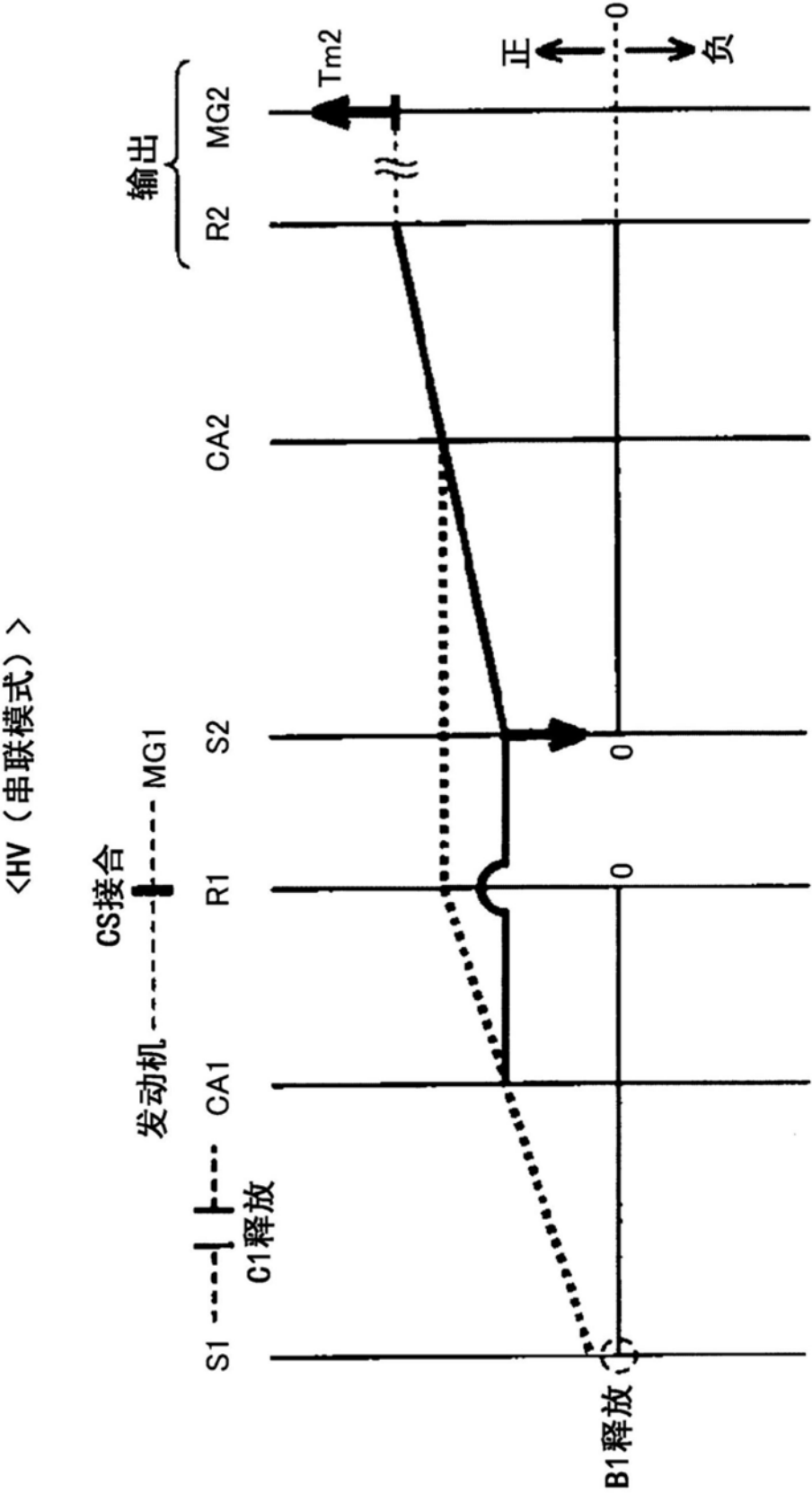


图9

行驶状态										C1	B1	CS	MG1	MG2
EV模式	前进/倒退	单电动机	驱动期间	发动机制动期间	Ne=0	Ne自由	高档位	低档位	Ne=0	x	x	x		M
										△	△	x	M	G
	O	O	x	M	M									
	x	O	x	M	M									
	O	x	O	M	M									
	x	O	x	G	M									
	O	x	x	G	M									
	x	O	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机
x	O	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机
x	O	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级
x	O	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级
x	O	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机
x	O	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机
x	O	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级
x	O	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级
x	O	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机
x	O	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机
x	O	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级
x	O	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级
x	O	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机
x	O	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机
x	O	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级
x	O	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级
x	O	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机
x	O	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机
x	O	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级
x	O	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级
x	O	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机
x	O	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机
x	O	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级
x	O	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级
x	O	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机
x	O	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机
x	O	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级
x	O	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级
x	O	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机
x	O	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机
x	O	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级
x	O	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级
x	O	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机
x	O	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机
x	O	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级
x	O	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级
x	O	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机
x	O	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机
x	O	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级
x	O	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级
x	O	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机
x	O	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机
x	O	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级
x	O	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级
x	O	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机
x	O	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机
x	O	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级
x	O	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级
x	O	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机
x	O	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机
x	O	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级
x	O	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级
x	O	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机
x	O	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机
x	O	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级
x	O	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级
x	O	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机
x	O	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机
x	O	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级
x	O	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级
x	O	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机
x	O	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机
x	O	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级
x	O	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级
x	O	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机
x	O	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机
x	O	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级
x	O	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级
x	O	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机
x	O	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机
x	O	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级
x	O	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级
x	O	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机	单电动机
x	O	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机	双电动机
x	O	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级	有级
x	O	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级	无级
x	O	单电动机	单电动机											

0: 接合 △: 在使用发动机制动的同时组合中的任一被接合 X: 释放
G: 主要作为发电机
M: 主要作为电动机; 然而, 在再生期间作为发电机

图10

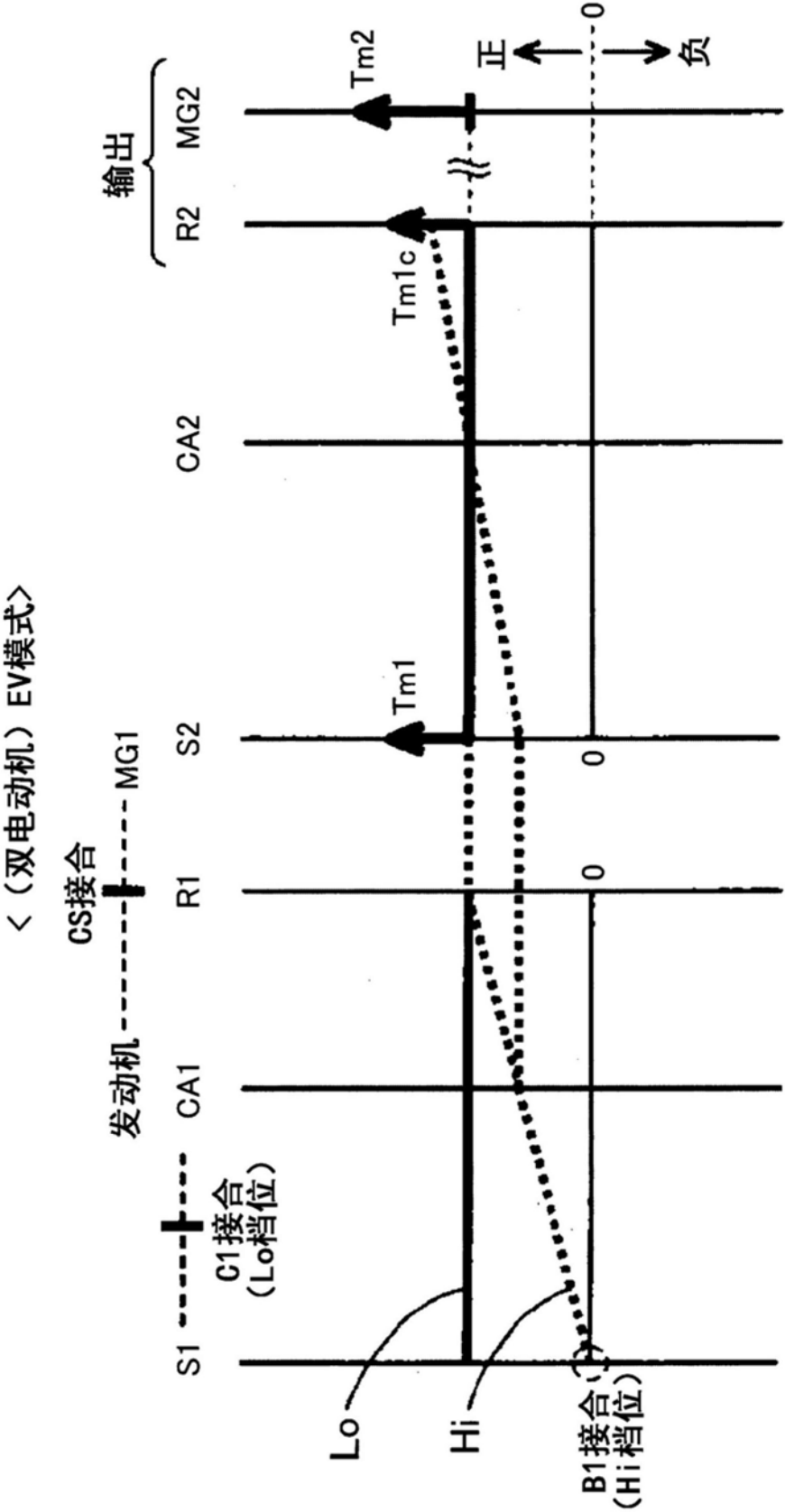


图11

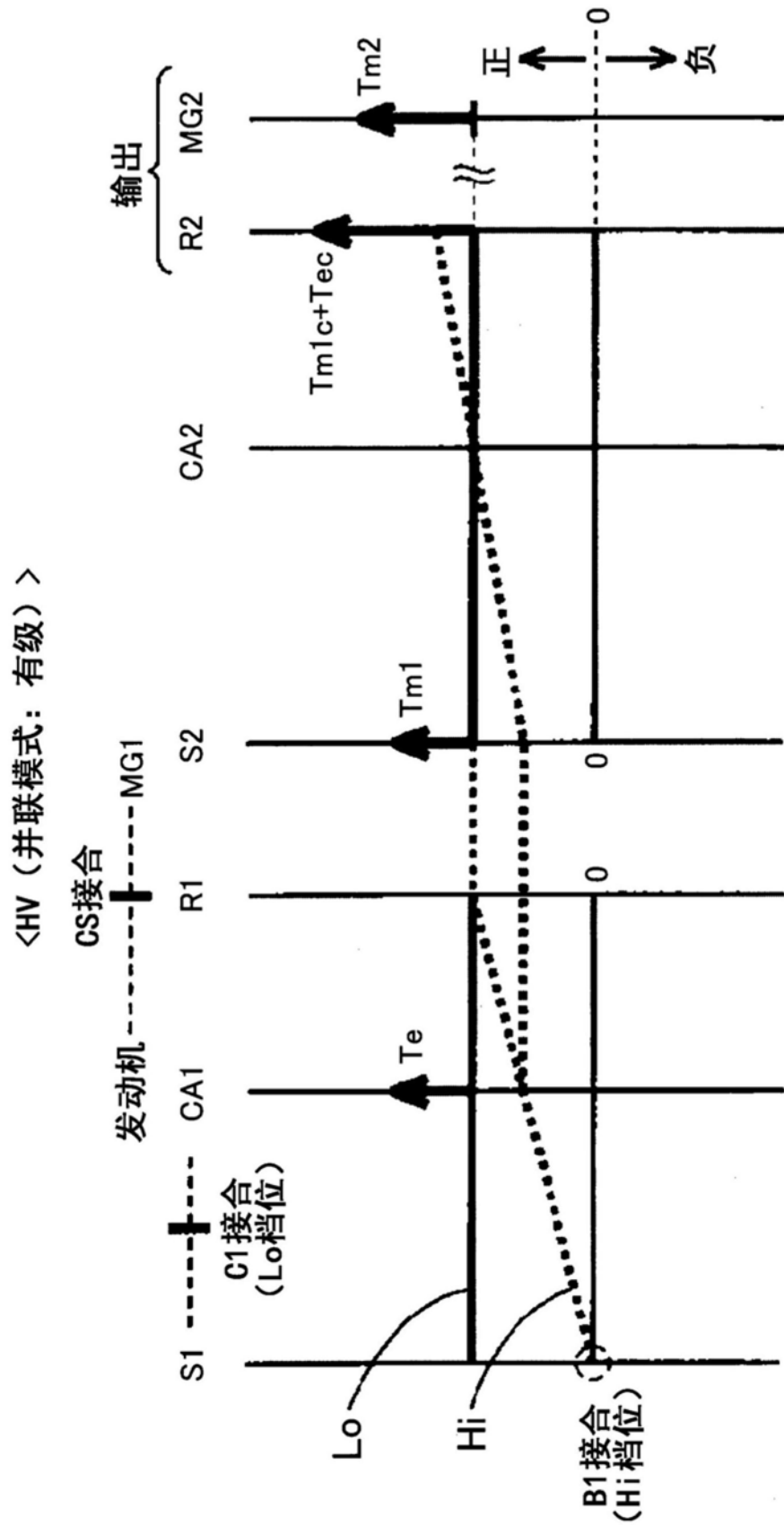


图12

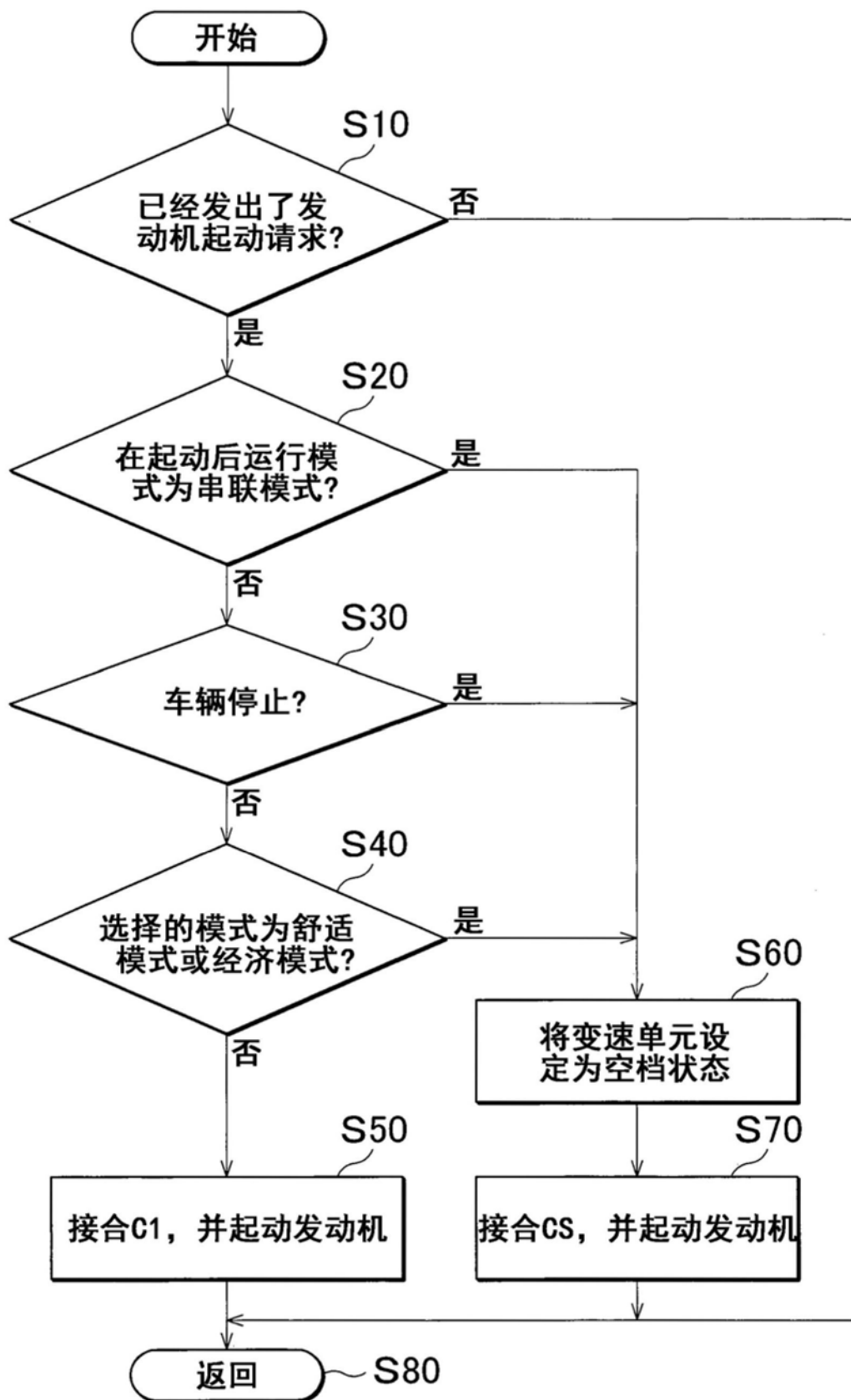


图13

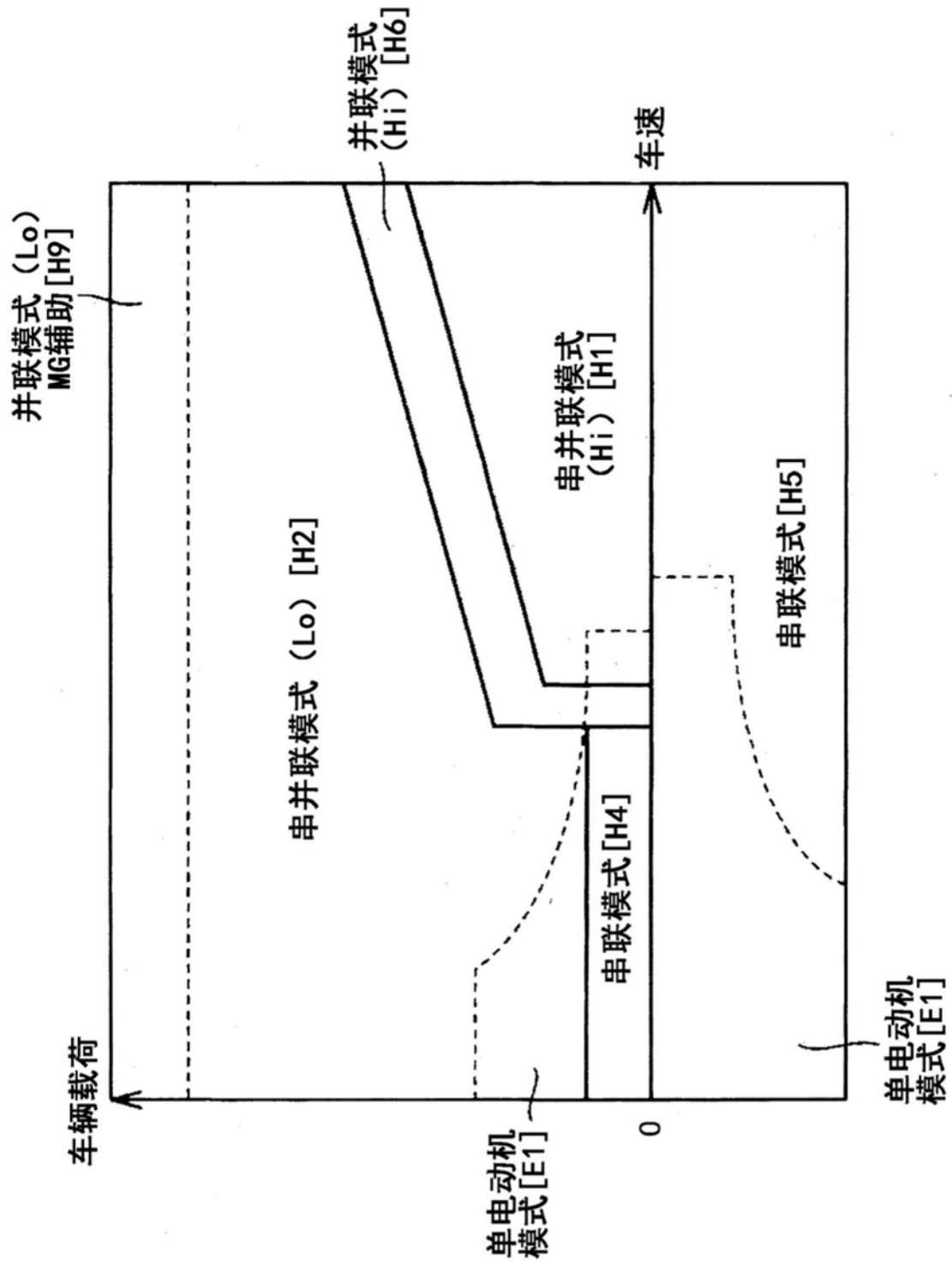


图14

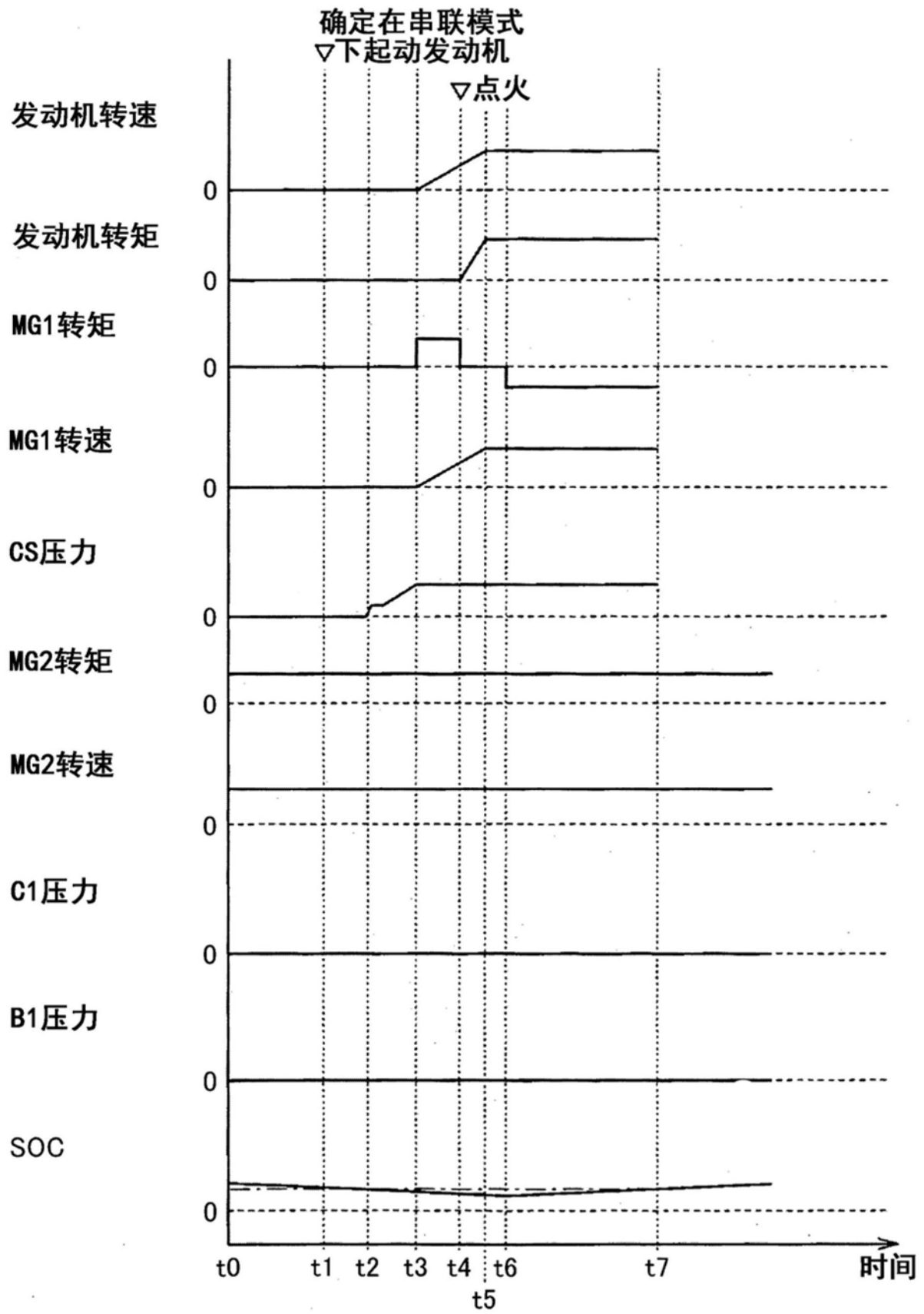


图15

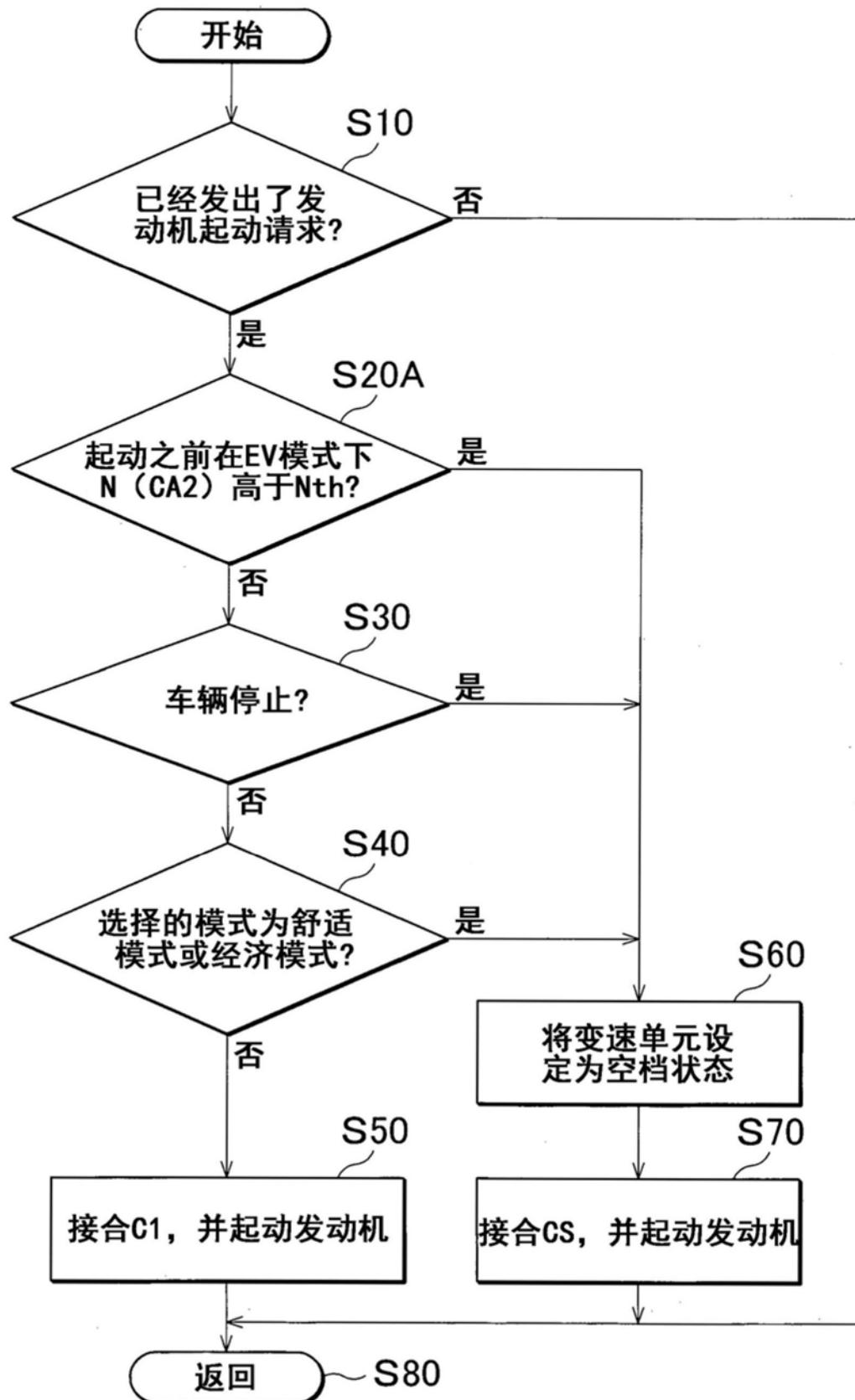


图16

发动机起 动前状态 (EV)		发动机起动方法	
		A: 串并联模式	B: 串联模式
K1	单电 动 模 式	C1、B1、CS被 释放 $N(CA2) \approx 0$ $Ng < 0$	1) $Ng \rightarrow 0$ RPM 2) 接合CS 3) 利用MG1旋 转发动机
		1) 接合C1或B1 2) 利用MG1旋 转发动机	
K2		1) $N(CA2) \rightarrow 0$ RPM 2) 接合C1或B1 3) 利用MG1旋 转发动机	1) 接合CS 2) 利用MG1旋 转发动机
K3	双电 动 模 式	C1、B1被接合 CS被释放 $Ng < 0$	1) 释放C1或B1 2) $Ng \rightarrow 0$ RPM 3) 接合CS 4) 利用MG1旋 转发动机

图17

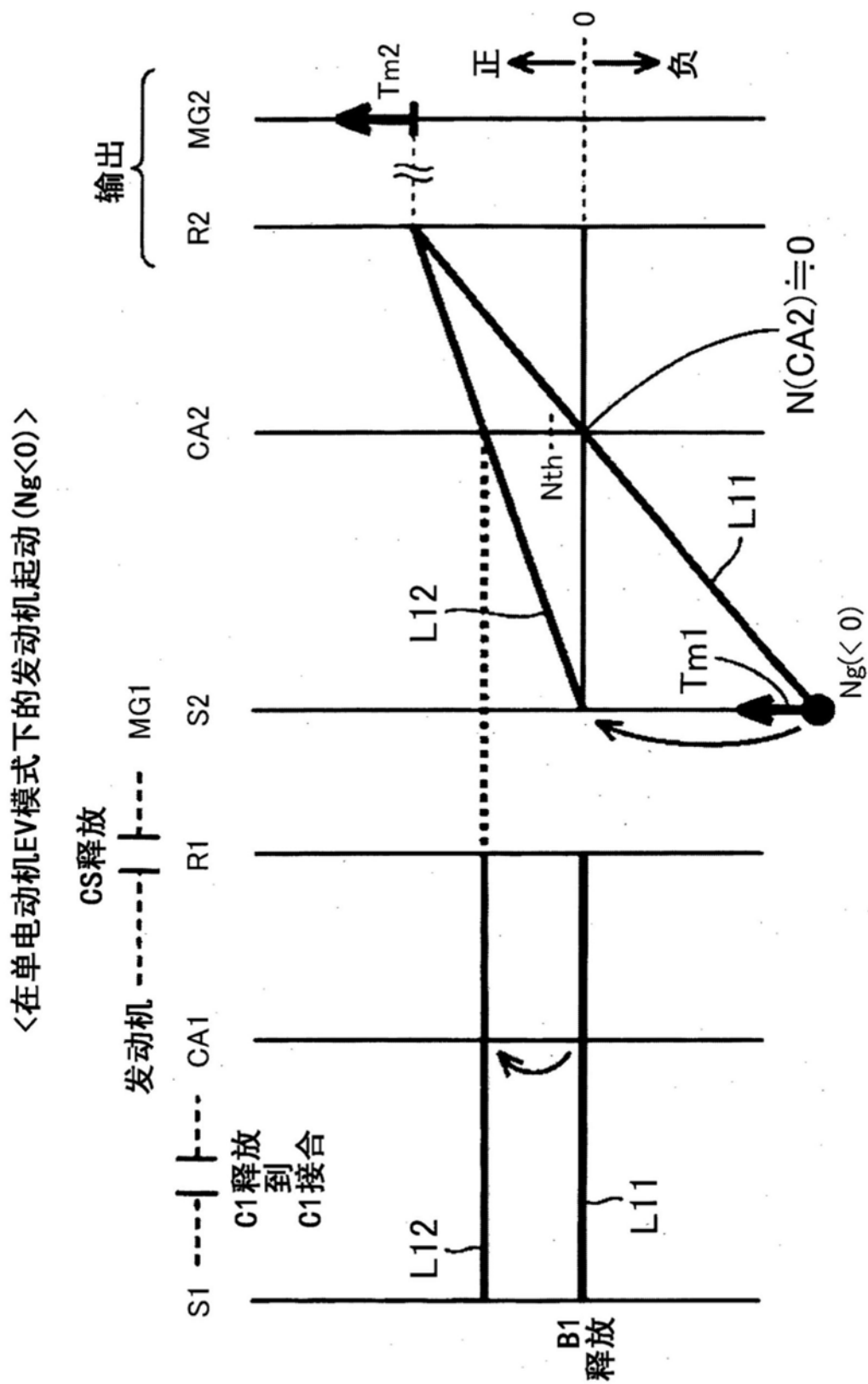


图18

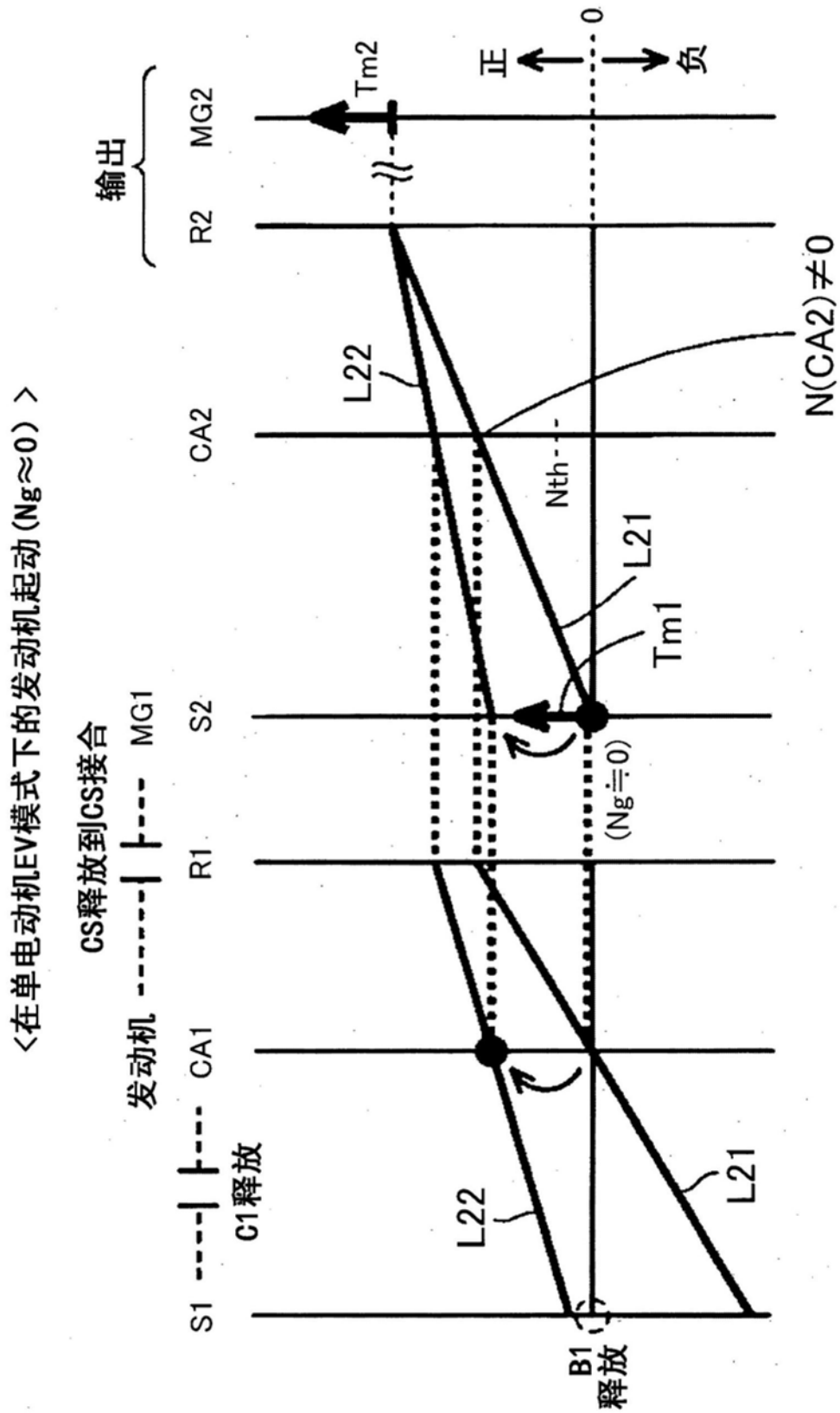


图19

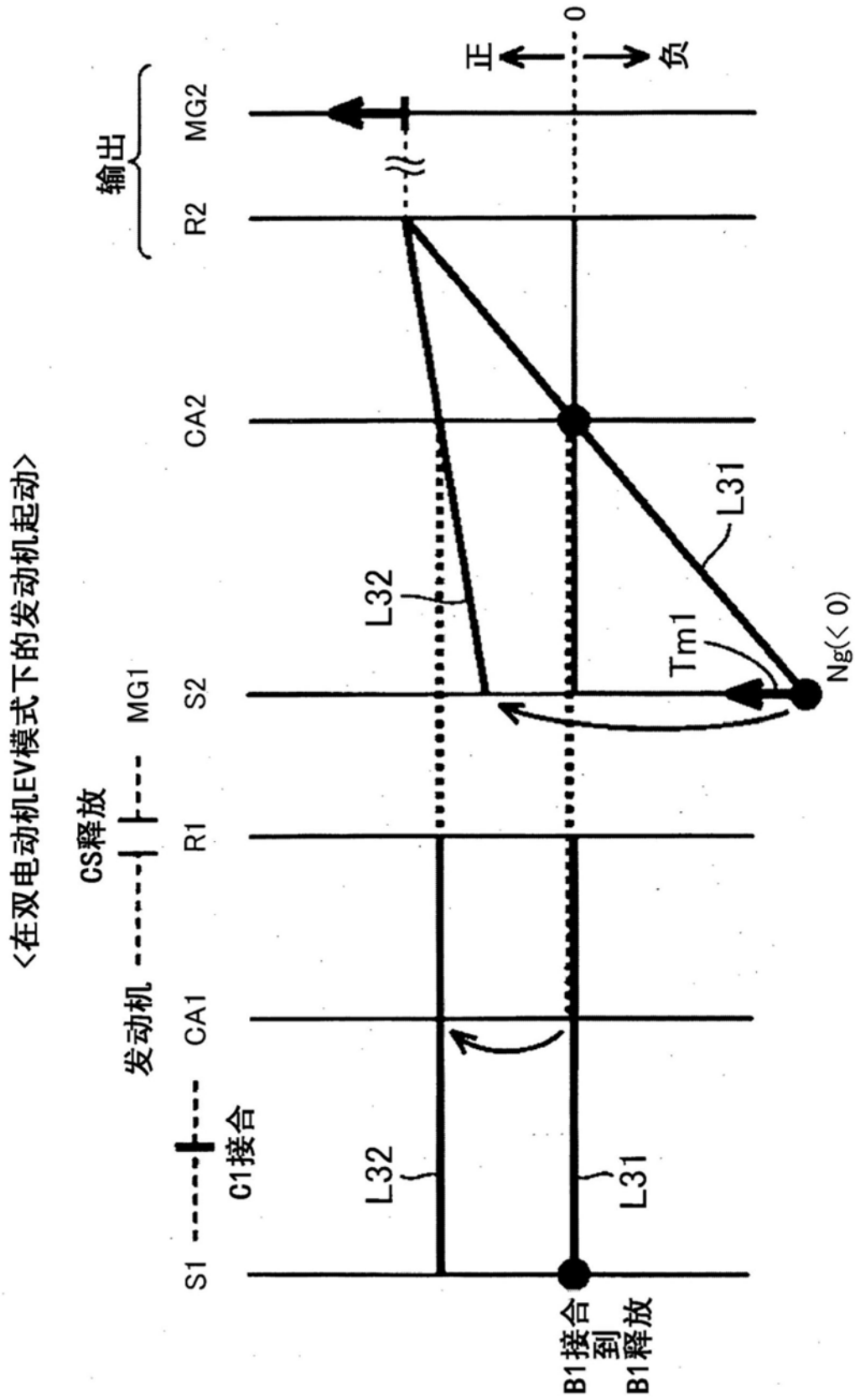


图20