[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
B60L 7/10 (2006.01)
B60L 11/18 (2006.01)

[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710126303.8

[43] 公开日 2008 年 1 月 9 日

[11] 公开号 CN 101100170A

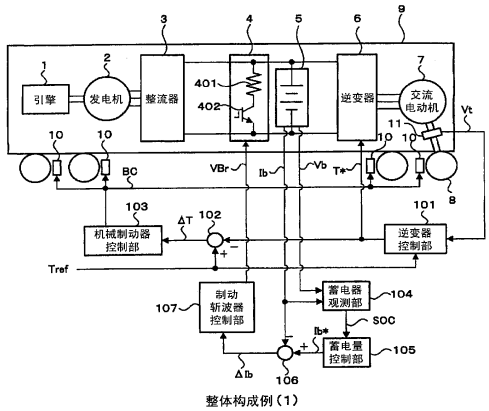
[22] 申请日 2007.6.29
[21] 申请号 200710126303.8
[30] 优先权
[32] 2006. 7. 3 [33] JP [31] 2006 - 183620
[71] 申请人 株式会社日立制作所
地址 日本东京都
共同申请人 日立水户工程技术股份有限公司
[72] 发明人 石田诚司 佐藤裕 宫内努
丰田瑛一 岛田基巳 长洲正浩
[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司
代理人 李贵亮
权利要求书 3 页 说明书 10 页 附图 9 页

[54] 发明名称

车辆控制装置、车辆控制方法以及车辆

[57] 摘要

一种车辆控制装置，构成为包括：对车辆进行驱动的交流电动机(7)、将直流变换为可变电压可变频率的交流并对该交流电动机进行驱动的逆变器(6)、由与逆变器的直流侧连接的电阻器(401)和开关元件(402)的串联电路构成的制动斩波器(4)、以及与逆变器的直流侧连接的蓄电器(5)，由此可蓄存再生能量并有效利用。另外，在超过蓄电量的上限的情况下，可由制动斩波器(4)消耗再生能量，因此无需使用机械制动(10)，可实现节省维修成本。由此，实现利用了再生能量的高效运转，并实现省维修低成本的车辆控制装置以及车辆。



整体构成例(1)

1. 一种车辆控制装置，其搭载于由交流电动机驱动的车辆，该车辆控制装置包括：

发动机；

交流发电机，其由发动机驱动；

电力变换器，其将所述交流发电机发出的交流电力变换为直流；

逆变器，其将所述直流变换为可变电压可变频率的交流，驱动所述交流电动机；

制动斩波器，其由电阻器和开关元件的串联电路构成，与所述逆变器的直流侧连接；和

蓄电器，其在所述逆变器的直流侧与所述制动斩波器并联连接。

2. 根据权利要求 1 所述的车辆控制装置，其特征在于，

包括制动斩波器控制部，其基于所述蓄电器的状态，对制动斩波器进行控制。

3. 根据权利要求 1 所述的车辆控制装置，其特征在于，

包括：

蓄电器观测部，其监视所述蓄电器的蓄电状态；

蓄电量控制部，其根据所述蓄电器观测部所监视的蓄电状态，算出可充电电流；和

制动斩波器控制部，其按照使所述蓄电器的电流与所述可充电电流一致的方式对所述制动斩波器进行控制。

4. 根据权利要求 1 所述的车辆控制装置，其特征在于，

包括：

蓄电器观测部，其监视所述蓄电器的蓄电状态；

蓄电量控制部，其根据所述蓄电器观测部所监视的蓄电状态，算出可充电功率；

逆变器功率运算部，其对所述逆变器的再生功率进行运算；和

制动斩波器控制部，其根据所述可充电功率和所述再生功率，对所述

制动斩波器进行控制。

5. 根据权利要求 2 所述的车辆控制装置，其特征在于，

包括转换器，其对所述交流发电机发出的交流电力和所述逆变器侧的直流电力进行相互变换，

还包括转换器控制部，其基于所述蓄电器的蓄电状态，进行所述转换器的控制。

6. 一种车辆，其由交流电动机驱动，该车辆包括：

发动机；

交流发电机，其由发动机驱动；

电力变换器，其将所述交流发电机发出的交流电力变换为直流；

逆变器，其将所述直流变换为可变电压可变频率的交流，驱动所述交流电动机；

交流电动机，其被供给所述逆变器的输出，对车辆进行驱动；

制动斩波器，其由电阻器和开关元件的串联电路构成，与所述逆变器的直流侧连接；和

蓄电器，其在所述逆变器的直流侧与所述制动斩波器并联连接。

7. 根据权利要求 6 所述的车辆，其特征在于，

包括制动斩波器控制部，其基于所述蓄电器的状态，对制动斩波器进行控制。

8. 一种车辆控制方法，将由发动机驱动的交流发电机所发出的交流电力变换为直流，由逆变器将变换后的直流变换为可变电压可变频率的交流，将变换后的交流电力供给到车辆驱动用交流电动机，

在所述逆变器的直流侧并联连接：由电阻器和开关元件的串联电路构成的制动斩波器、以及蓄电器，

监视所述蓄电器的蓄电状态，根据该蓄电状态算出蓄电器的可充电电流，

按照使所述蓄电器的电流与所述可充电电流一致的方式，对所述制动斩波器进行控制。

9. 根据权利要求 8 所述的车辆控制方法，其特征在于，

算出所述逆变器的再生功率，按照使从再生功率中减去可充电功率后

的功率偏差，与制动斩波器中的消耗功率一致的方式进行控制。

10. 根据权利要求 8 所述的车辆控制方法，其特征在于，

监视所述蓄电器的蓄电状态，在所述蓄电器的蓄电量超过了上限的情况下，按照使电力从所述转换器的直流侧向交流侧流动的方式进行控制，并且控制为在制动斩波器中消耗功率。

车辆控制装置、车辆控制方法以及车辆

技术领域

本发明涉及适于制动车辆的车辆控制装置、具备该车辆控制装置的车辆、以及车辆控制方法。

背景技术

由引擎、发电机、整流器、逆变器、电动机构成的发电机内置型车辆在减速时，存在利用了制动装置的制动方法、利用将电动机作为发电机使用的电制动（再生制动）的方法。在采用电制动的情况下，通过设置蓄电器等能量蓄积装置来蓄积发出的电力（再生电力），从而可削减能量的损耗。由此，能有效利用制动时获得的再生能量。

在专利文献 1 中公开了如下车辆：将通过再生制动对车辆进行制动时产生的再生能量蓄存到电池等蓄电器中，并通过有效利用该再生能量使列车高效运转。

专利文献 1：特开 2003-134604 号公报

但是，在所述专利文献 1 的方法中，当蓄电器的蓄电量超过了上限时，无法处理再生能量，因此需要缩小再生制动力，通过机械制动进行制动。由于机械制动器是利用了摩擦力的制动单元，因此制动闸瓦（brake shoe）等会磨损。所以，在高频度使用时，存在更换周期缩短，维护成本增大的问题。对此，当为蓄存再生能量而搭载足够容量的蓄电器时，产生蓄电器的成本或重量增加等问题。

发明内容

本发明的目的在于，实现利用了再生能量的高效运转，并实现省维修低成本的车辆控制装置以及车辆。

本发明的车辆控制装置构成为包括：对车辆进行驱动的交流电动机、

将直流变换为可变电压可变频率的交流并对该交流电动机进行驱动的逆变器、由与逆变器的直流侧连接的电阻器和开关元件的串联电路构成的制动斩波器、以及与逆变器的直流侧连接的蓄电器。另外，本发明的车辆搭载有上述车辆控制装置。

这样，通过具备蓄电器，从而可将制动时产生的再生能量蓄存到蓄电器中。另外，在蓄电器的蓄电量超过了上限的情况下，可由制动斩波器消耗再生能量，因此无需使用机械制动器。

（发明效果）

根据本发明，将制动时产生的再生能量蓄存到蓄电器中，在加速时或停车中等功率不足的情况下进行消耗，从而可有效利用，可实现高效运转。另外，即使在蓄电器的蓄电量超过了上限的情况下，也可由制动斩波器消耗再生能量，因此无需使用机械制动器。所以，可防止制动闸瓦的磨损，可实现节省维护成本。进而，由于无需使蓄电器的容量过大，因此可实现低成本且轻量的车辆控制装置以及车辆。

附图说明

图 1 是表示本发明第一实施方式的整体构成例的框图；

图 2 是表示本发明第一实施方式的第二转矩指令的特性例的特性图；

图 3 是表示本发明第一实施方式的蓄电量控制部的特性例的特性图；

图 4 是表示本发明第一实施方式的动作例的说明图；

图 5 是表示本发明第一实施方式的蓄电器电流和蓄电器电流指令的动作例的说明图；

图 6 是表示本发明第一实施方式的蓄电量控制部的其他特性例的特性图；

图 7 是表示本发明第二实施方式的整体构成例的框图；

图 8 是表示本发明第二实施方式的动作例的说明图；

图 9 是表示本发明第三实施方式的整体构成例的框图；

图 10 是表示本发明第三实施方式的蓄电量控制部的特性例的特性图；

图 11 是表示本发明第三实施方式的动作例的说明图；

图 12 是表示本发明第四实施方式的整体构成例的框图。

图中：1－引擎；2－发电机；3－整流器；3a－转换器；4－制动斩波器（brake chopper）；5－蓄电器；6－逆变器；7－交流电动机；8－车轮；9－车辆；10－机械制动器；11－速度检测器；101－逆变器控制部；102－减法部；103－机械制动器控制部；104－蓄电器观测部；105、105a－蓄电量控制部；106、106a、106b－减法器；107、107a－制动斩波器控制部；201－转换器控制部；301－电流检测器；302－逆变器功率运算部；303－电流检测器；304－转换器功率运算部；401－电阻器；402－开关元件。

具体实施方式

下面，参照附图，对本发明的实施方式进行说明。

（实施例 1）

首先，参照图 1～图 6，对本发明的第一实施方式进行说明。图 1 是本发明第一实施方式的整体构成例。本例构成为包括引擎 1、与引擎 1 连接的发电机 2、将发出的电力变换成直流的整流器 3，在整流器 3 的直流侧并联连接制动斩波器 4、蓄电器 5、以及逆变器 6。制动斩波器 4 由电阻器 401 和开关元件 402 的串联电路构成。另外，蓄电器 5 采用锂离子电池等能充放电的电池。在逆变器 6 上连接交流电动机 7，通过驱动交流电动机 7 来驱动车轮 8，从而使车辆 9 行驶。车轮 8 上具备机械制动器 10，在交流电动机 7 上设置速度检测器 11。另外，设置控制逆变器 6 的逆变器控制部 101、控制机械制动器 10 的机械制动器控制部 103、控制蓄电器 5 的蓄电量的蓄电量控制部 105、控制制动斩波器 4 的制动斩波器控制部 107，进行各装置的控制。

在本例中，车辆加速时通过引擎 1 驱动发电机 2，将发出的电力用整流器 3 变换成直流。由整流器 3 变换后的直流电力传递到逆变器 6，在逆变器 6 中将直流变换为交流来驱动交流电动机 7，由此驱动车轮 8，使车辆 9 行驶。另外，在制动时，通过使交流电动机 7 作为发电机动作来施加制动，将由交流电动机 7 发出的电力作为逆变器 6 的输入，在逆变器 6 中变换为直流电力，蓄存到蓄电器 5 中。

下面，对各控制部的处理进行说明。首先，对逆变器控制部 101 的处

理进行说明。逆变器控制部 101 输入由速度检测器 11 检测出的交流电动机 7 的速度 Vt、第一转矩指令 Tref，输出第二转矩指令 T*。第一转矩指令 Tref 是根据驾驶座的切口信号（notch signal）和速度而从上位控制器输出的指令。

图 2 中表示第二转矩指令 T*的上限值的特性。逆变器控制部 101 利用交流电动机 7 的速度 Vt 和图 2 所示的特性，求取第二转矩指令 T*的上限值，根据求出的第二转矩指令的上限值，限制第一转矩指令 Tref，将其值作为第二转矩指令 T*输出。逆变器 6 按照使从逆变器控制部 101 输出的第二转矩指令 T*与交流电动机 7 的输出转矩一致的方式，将直流变换为可变频率可变电压的交流，来驱动交流电动机 7。

接着，对机械制动器控制部 103 的处理进行说明。机械制动器控制部 103 构成为将减法器 102 的输出作为输入。减法器 102 输入从上位控制器输出的第一转矩指令 Tref、从逆变器控制部 101 输出的第二转矩指令 T*，通过从第一转矩指令 Tref 中减去第二转矩指令 T*，来求取转矩偏差 ΔT。机械制动器控制部 103 按照使从减法器 102 输出的转矩偏差 ΔT 与机械制动器 10 的制动力一致的方式进行控制。

然后，对蓄电量控制部 105 以及制动斩波器控制部 107 的处理进行说明。首先，蓄电器观测部 104 输入蓄电器 5 的蓄电器电压 Vb 和蓄电器电流 Ib，推断蓄电量 SOC。蓄电量控制部 105 输入从蓄电器观测部 104 输出的蓄电量 SOC，并基于蓄电量 SOC 输出蓄电器电流指令 Ib*。图 3 中表示蓄电量 SOC 与从蓄电量控制部 105 输出的蓄电器电流指令 Ib*的关系。若蓄电量 SOC 在蓄电量上限以下，则蓄电器电流指令 Ib*为蓄电器的额定电流，当超过蓄电量上限时蓄电器电流指令 Ib*为 0。从蓄电量控制部 105 输出的蓄电器电流指令 Ib*被输入到减法器 106。减法器 106 输入蓄电器电流指令 Ib*和蓄电器电流 Ib，从蓄电器电流指令 Ib*中减去蓄电器电流 Ib，输出蓄电器电流偏差 ΔIb。制动斩波器控制部 107 输入从减法器 106 输出的蓄电器电流偏差 ΔIb，基于（1）式对导通比 VBr 进行运算。

$$VBr = -(Kp + Ki/s)\Delta Ib \quad \cdots\cdots(1)$$

其中，Kp、Ki 是控制增益，s 是微分运算符。

制动斩波器 4 输入从制动斩波器控制部 107 输出的导通比 VBr，基于

导通比 VBr 进行开关元件 402 的开关控制，由电阻器 401 消耗电力。这样，通过使蓄电量控制部 105 和制动斩波器控制部 107 联动地进行控制，在制动斩波器 4 中可消耗再生电力的剩余部分，使得不会超过蓄电器 5 的蓄电量上限。

接着，对本例的动作进行说明。图 4 中表示本发明第一实施方式的制动时的动作的一例。图 4 中，横轴是时间，纵轴从上开始依次是车辆 9 的速度、第一转矩指令 Tref、第二转矩指令 T*、机械制动的制动力、再生制动的功率、机械制动的功率、蓄电器电流 Ib 和蓄电器电流指令 Ib*、制动斩波器的导通比 VBr、以及蓄电量 SOC。

首先，车辆 9 在行驶中，蓄电量 SOC 是比蓄电量上限低的值。在时刻 T1，第一转矩指令 Tref 上升，开始车辆 9 的制动。若第一转矩指令 Tref 上升，则第二转矩指令 T*也上升，因再生制动而车辆 9 的动能减少的部分成为再生制动功率，经由逆变器 6 流入蓄电器 5，因此蓄电器电流 Ib 增加，蓄电量 SOC 增加。

在时刻 T2，若第一转矩指令 Tref 超过第二转矩指令 T*的上限值，则第二转矩指令 T*被上限值限制。此时，由于转矩偏差 ΔT 增加，因此产生机械制动的制动力。这是由于基于再生制动的制动被第二转矩指令 T*的上限值限制，因此再生制动中制动力不足，为了对其进行补充，使机械制动器动作。在时刻 T3，第一转矩指令 Tref 变为一定，然后，随着速度的减少，第二转矩指令 T*增加。由此，机械制动的制动力减少，在时刻 T4，机械制动的制动力变为 0。

在时刻 T5，蓄电量 SOC 达到蓄电量上限时，根据蓄电量控制部 105 的特性，蓄电器电流指令 Ib*变为 0。另一方面，由于蓄电器电流 Ib 不会立刻减少，因此蓄电器电流偏差 ΔIb 成为负值，根据上述（1）式算出的导通比 VBr 增加。在制动斩波器 4 中，基于导通比 VBr 而流动电流，由电阻器 401 消耗再生制动功率。伴随于此，蓄电器电流 Ib 减少为 0。图 5 中表示将蓄电器电流 Ib 和蓄电器电流指令 Ib*的时刻 T5 附近的状态放大后的曲线。这样，在蓄电器电流指令 Ib*变为 0 之后，通过在制动斩波器 4 侧流动电流而蓄电器电流 Ib 减少。

但是，在现有的没有制动斩波器的构成中，为了抑制向蓄电器 5 充电，

需要减少第二转矩指令 T*，抑制再生制动功率。由此，产生补充再生制动的控制力不足用的机械制动的制动力，从而机械制动的消耗会增加。

这样，在本例中，即使蓄电器 5 的蓄电量 SOC 达到了蓄电量上限，也能在不利用机械制动的情况下进行制动，从而可抑制机械制动的消耗。另外，若导通比 VBr 增加，则蓄电器电流 Ib 减少，被控制为与蓄电器电流指令 Ib*一致。因此，蓄电量 SOC 也不会超过蓄电量上限。

然后，若随着速度的降低而再生制动功率减少，则导通比 VBr 减少，制动斩波器 4 的电流也减少，使得蓄电器电流 Ib 与蓄电器电流指令 Ib*一致。因此，蓄电器中蓄存的电力不会被制动斩波器 4 消耗。在时刻 T6，若车辆 9 停止，则由于第一转矩指令 Tref 变为 0，再生制动功率也变为 0，所以导通比 VBr 也变为 0。

另外，蓄电量控制部 105 的特性也可以是如下特性：按照图 6 所示的那样蓄电器电流指令 Ib*在蓄电量上限处变为 0 的方式，使蓄电器电流指令 Ib*相对于蓄电量 SOC 缓慢减少。在该情况下，由于从蓄电量 SOC 比蓄电量上限小的状态，蓄电器电流指令 Ib*减少，蓄电器电流 Ib 也减少，因此蓄电量 SOC 不易超过蓄电量上限。

如上所述，根据本发明第一实施方式，通过将再生制动所产生的再生能量蓄存到蓄电器 5 中，可有效利用再生能量。另外，即使在产生超过蓄电器 5 的蓄电量上限的再生能量时，也能通过低成本的制动斩波器来处理再生电力，因此无需使用机械制动器，可减轻维护成本。

（实施例 2）

下面，参照图 7、图 8，对本发明第二实施方式进行说明。图 7 中表示第二实施方式的整体构成例。另外，对于在第一实施方式中说明过的与图 1 相同的构成标注相同标记，并省略详细说明。在图 7 中，转换器 3a 与发电机 2 连接，设置控制转换器 3a 的转换器控制部 201。在转换器 3a 的直流侧，构成为并联连接制动斩波器 4、蓄电器 5、以及逆变器 6。

在制动状态下，若蓄电量 SOC 超过蓄电量上限，则转换器控制部 201 按照使电力从直流侧向交流侧流动的方式操作转换器输出指令 P*，控制转换器 3a。转换器 3a 根据转换器控制部 201 的输出即转换器输出指令 P*，

在双方向对发电机2侧的可变电压可变频率的交流与逆变器6侧的直流进行变换。即，在制动状态下，若蓄电量SOC超过蓄电量上限，则发电机2按照将电能变换为机械能的方式进行控制，成为通过引擎制动来制动的状态。此时，在交流电动机7中产生的再生能量经由逆变器6、转换器3a、以及发电机2，由引擎1消耗。

下面，对本发明第二实施方式的动作进行说明。图8中表示本发明第二实施方式的动作的一例。另外，对于在第一实施方式中说明过的与图4所示的动作的一例同样的部分省略说明。图4中从上开始第6条曲线是机械制动功率，但在图8中表示转换器输出指令P*。到时刻T5为止，转换器输出指令P*为0，其他部分的动作也与图4所示的动作相同。

在时刻T5，蓄电量SOC达到蓄电量上限时，则蓄电器电流指令Ib*变为0，并且转换器输出指令P*增加。另外，制动斩波器导通比VBr也根据蓄电器电流指令Ib*与蓄电器电流Ib的差即蓄电器电流偏差ΔIb而增加。但是，在本例中，再生制动功率的一部分经由转换器3a、发电机2而被引擎1消耗，因此，与第一实施方式相比，蓄电器电流Ib减少，制动斩波器导通比VBr也成为比第一实施方式小的值。

由此，与第一实施方式相比，由制动斩波器4消耗的能量减小，因此可减小制动斩波器4的容量。另外，与第一实施方式同样，通过将再生制动所产生的再生能量蓄存到蓄电器5中可有效利用再生电力，即使在产生超过蓄电器5的蓄电量上限的再生能量时也能通过低成本的制动斩波器来处理再生电力，无需使用机械制动器从而可减轻维护成本。

（实施例3）

下面，参照图9、图10、图11，对本发明第三实施方式进行说明。图9中表示第三实施方式的整体构成例。另外，对于在第一实施方式中说明过的与图1相同的构成标注相同标记，并省略详细说明。在本例中，设置对逆变器6的直流侧电流即逆变器直流电流进行检测的电流检测器301、逆变器功率运算部302。逆变器功率运算部302根据由电流检测器301检测出的逆变器直流电流与蓄电器电压Vb之积，计算逆变器功率Pi。其中，在从交流侧向直流侧变换电力时，逆变器功率Pi的符号为正。

蓄电量控制部 105a 基于从蓄电器观测部 104 输出的蓄电量 SOC，输出可充电功率 Pb*。在图 1 中说明过的第一实施方式中，蓄电量控制部 105 的输出是蓄电器电流指令 Ib*，但在本例的蓄电量控制部 105a 中，输出可充电功率 Pb*。在图 10 中表示可充电功率 Pb*相对于蓄电量 SOC 的特性。当蓄电量 SOC 在蓄电量上限以下时，可充电功率 Pb*为蓄电器的额定最大充电功率，当超过蓄电量上限时可充电功率 Pb*为 0。减法器 106a 输入从逆变器功率运算部 302 输出的逆变器功率 Pi、从蓄电量控制部 105a 输出的可充电功率 Pb*，从逆变器功率 Pi 中减去可充电功率 Pb*，输出功率偏差 ΔP。制动斩波器控制部 107a 从减法器 106a 输入功率偏差 ΔP，按照使功率偏差 ΔP 与制动斩波器 4 的消耗功率一致的方式计算导通比 VBr，控制制动斩波器 4。

下面，对本发明第三实施方式的动作进行说明。图 11 中表示本发明第三实施方式的动作的一例。另外，对于在第一实施方式中说明过的与图 4 所示的动作的一例相同的动作省略说明。图 4 中从上开始第 7 条曲线是蓄电器电流 Ib 和蓄电器电流指令 Ib*，但在图 11 中表示可充电功率 Pb*和逆变器功率 Pi。另外，逆变器功率 Pi 是从再生制动功率中除去逆变器 6 中的损耗后的量，但由于逆变器 6 的损耗比再生制动功率小，因此与再生制动功率近似一致。

在图 11 中，到时刻 T5 为止的动作与图 4 相同。在时刻 T5，若蓄电量 SOC 达到蓄电量上限，则可充电功率 Pb*变为 0，因此功率偏差 ΔP 成为正的值。结果，制动斩波器 4 的导通比 VBr 增加，制动斩波器 4 的消耗功率被控制为与功率偏差 ΔP 一致。结果，逆变器功率 Pi 与功率偏差 ΔP 之差，与可充电功率 Pb*一致，且从逆变器功率 Pi 中除去制动斩波器 4 的消耗功率后的量被充电到蓄电器 5 中，因此可充电到蓄电器 5 中的功率与可充电功率 Pb*一致，为 0。由此，蓄电器 5 不会被充电，蓄电量 SOC 保持一定。

即，根据本发明第三实施方式，与第一实施方式同样，通过将再生制动所产生的再生电力蓄存到蓄电器 5 中，可有效利用再生能量，另外，即使在产生超过蓄电器 5 的蓄电量上限的再生能量时，也能通过低成本的制动斩波器来处理再生电力，因此无需使用机械制动器，可减轻维护成本。

另外，蓄电量控制部 105a 的特性也可以是如下特性：按照在蓄电量上限处变为 0 的方式，相对于蓄电量 SOC 缓慢减少。在该情况下，由于从蓄电量 SOC 比蓄电量上限小的状态，可充电功率 Pb*减少，制动斩波器 4 中的消耗功率也减少，因此蓄电量 SOC 不易超过蓄电量上限。进而，在逆变器功率运算部 302 中，根据逆变器 6 的直流侧的电流、电压求取逆变器功率 Pi，但也可对逆变器 6 的交流侧的电流、电压乘上逆变器 6 的效率来进行运算。该情况下，可挪用在交流电动机 7 的控制中使用的检测器。

（实施例 4）

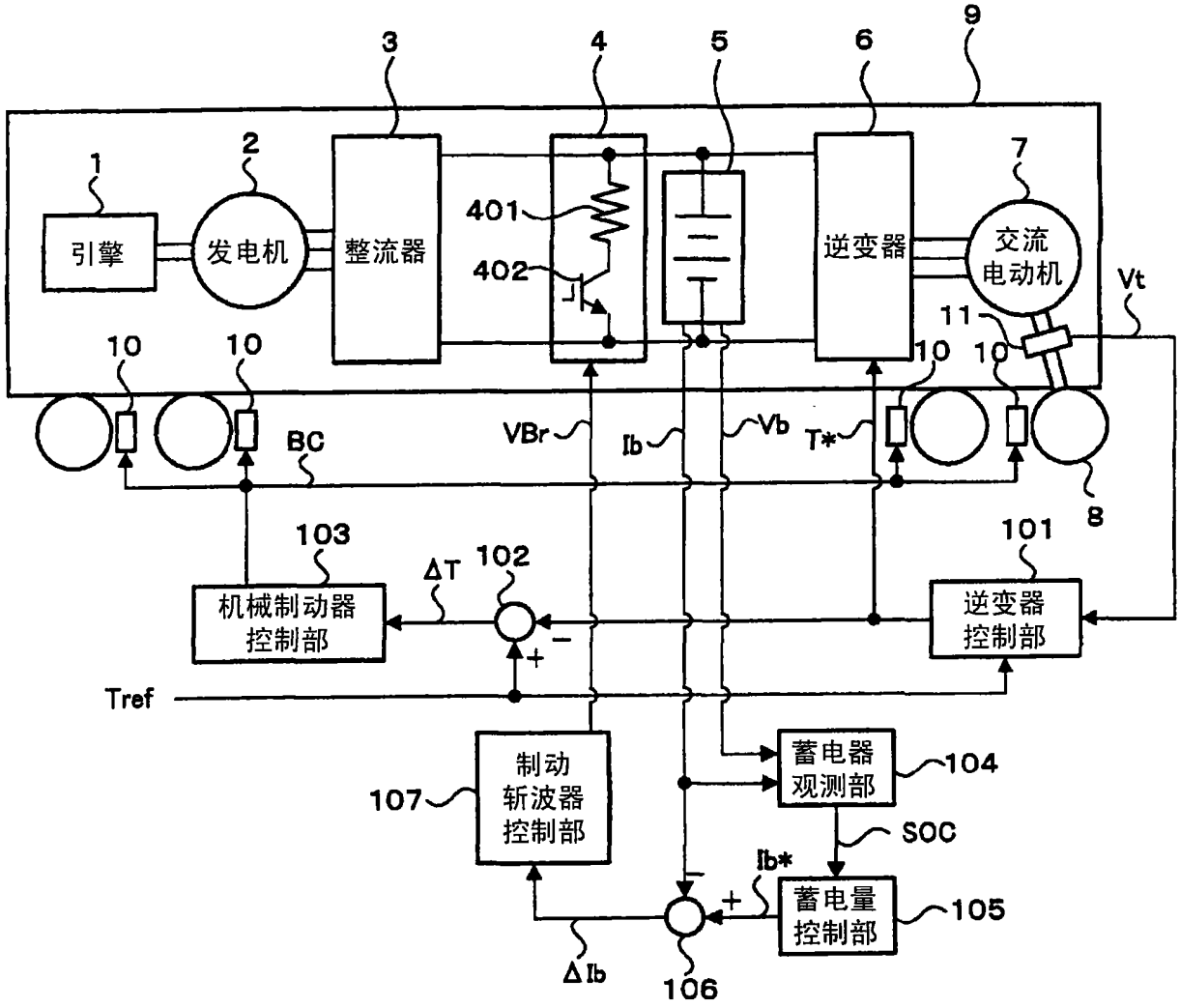
下面，参照图 12，对本发明第四实施方式进行说明。图 12 中表示第四实施方式的整体构成例，对于在第三实施方式中说明过的与图 9 相同的构成标注相同标记，并省略详细说明。在本例中，转换器 3a 与发电机 2 连接，设置对转换器 3a 的直流侧的电流即转换器直流电流进行检测的电流检测器 303、转换器功率运算部 304、控制转换器 3a 的转换器控制部 201。转换器 3a 和转换器控制部 201 与第二实施方式中说明过的结构相同。转换器功率运算部 304 根据转换器直流电流与蓄电器电压 Vb 之积，计算转换器功率 Pc。其中，在从转换器 3a 的直流侧向交流侧变换电力时，转换器功率 Pc 的符号为正。

减法器 106b 输入从逆变器功率运算部 302 输出的逆变器功率 Pi、从蓄电量控制部 105a 输出的可充电功率 Pb*、从转换器功率运算部 304 输出的转换器功率 Pc，从逆变器功率 Pi 中减去可充电功率 Pb*和转换器功率 Pc，输出功率偏差 ΔP。制动斩波器控制部 107a 从减法器 106b 输入功率偏差 ΔP，按照使功率偏差 ΔP 与制动斩波器 4 的消耗功率一致的方式计算导通比 VBr，控制制动斩波器 4。

本例与第三实施方式的不同之处在于，逆变器功率 Pi 的一部分经由转换器 3a 以及发电机 2 而由引擎 1 消耗。因此，可充电到蓄电器 5 中的功率成为从逆变器功率 Pi 中除去转换器功率 Pc 和制动斩波器 4 的消耗功率后的量。因此，当充电量 SOC 超过充电量上限时，通过将制动斩波器 4 的消耗功率控制在从逆变器功率 Pi 中减去可充电功率 Pb*和转换器功率 Pc 后的量，从而可充电到蓄电器 5 中的功率与可充电功率 Pb*一致，为 0。

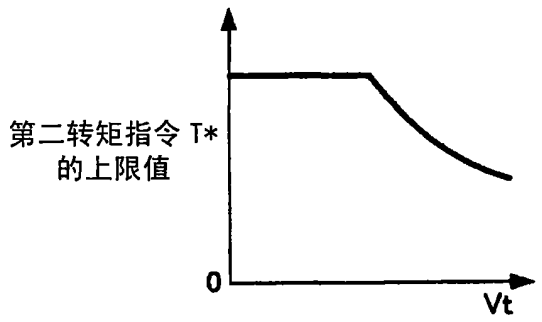
由此，与第三实施方式同样，蓄电量 SOC 保持一定。另外，与第二实施方式同样，可降低制动斩波器 4 的容量。

这样，根据本发明，在蓄电器中蓄存再生能量，通过对其有效利用可实现高效运转。进而，即使在蓄电器的蓄电量超过了上限时，也能通过制动斩波器消耗再生能量，因此无需使用机械制动器，可节省机械制动的维护成本。



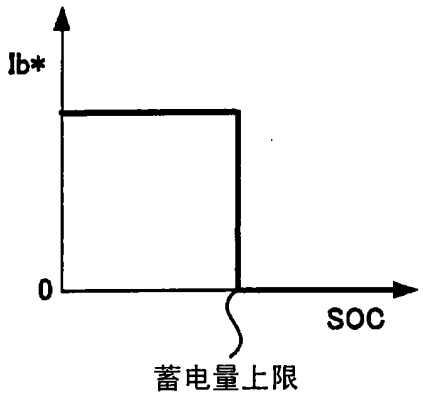
整体构成例(1)

图 1



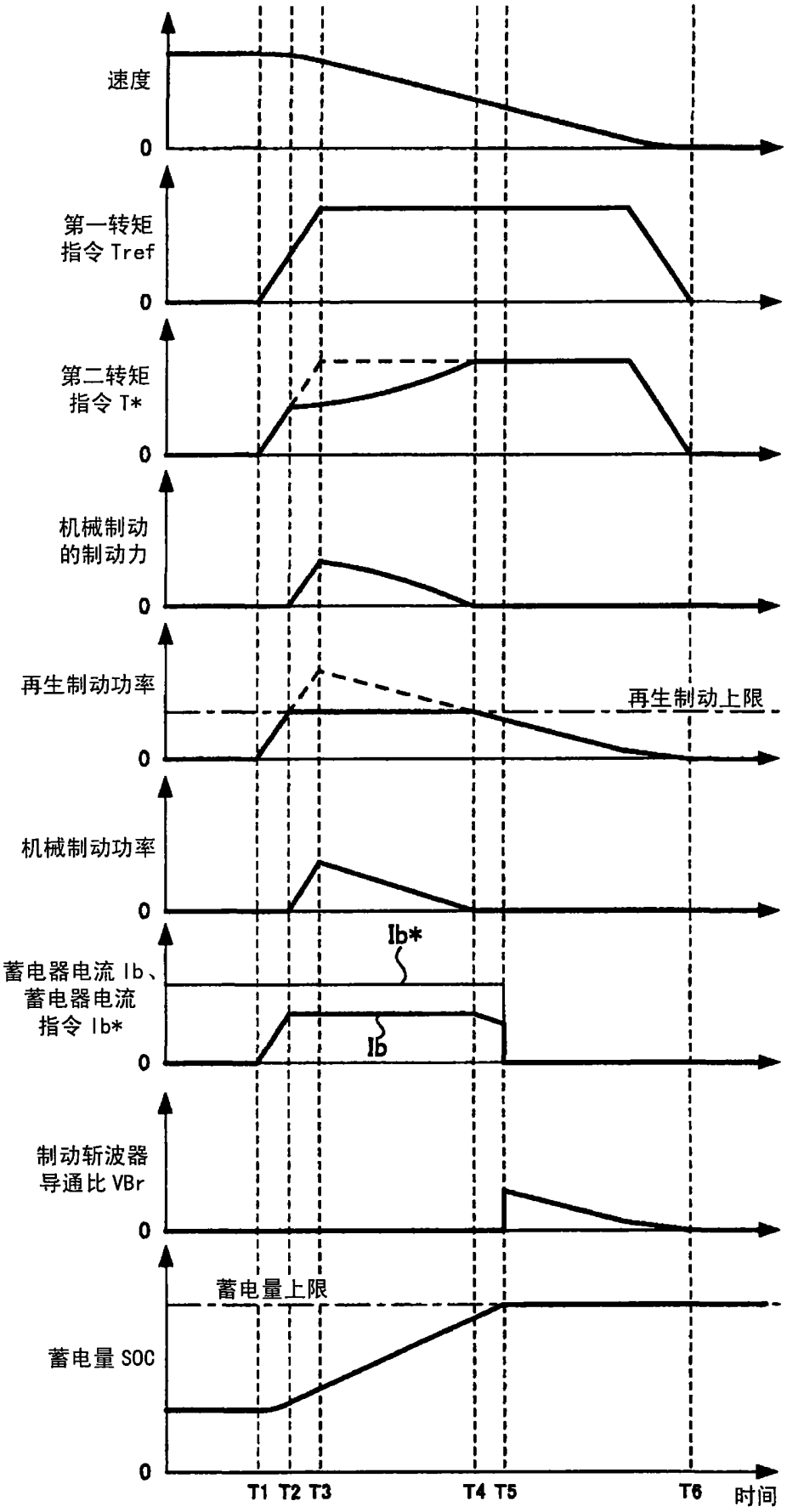
第二转矩指令的特性例

图 2



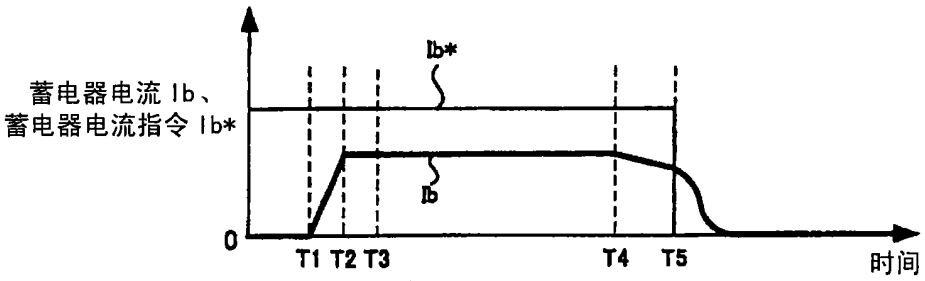
蓄电量控制部的特性例

图 3


速度
0
第一转矩
指令 Tref
0
第二转矩
指令 T*
0
机械制动
的制动力
0
再生制动功率
再生制动上限
0
机械制动功率
0
Ib*
蓄电器电流 Ib、
蓄电器电流
指令 Ib*
Ib
0
制动斩波器
导通比 VBr
0
蓄电量上限
蓄电量 SOC
0
T1 T2 T3
T4 T5
T6
时间

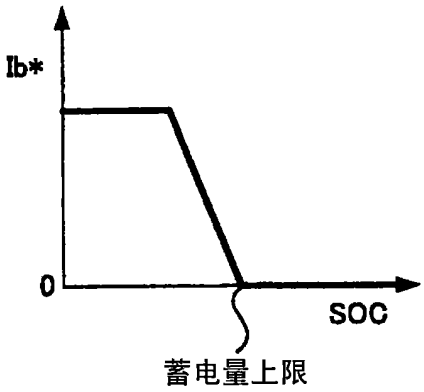
动作例（1）

图 4



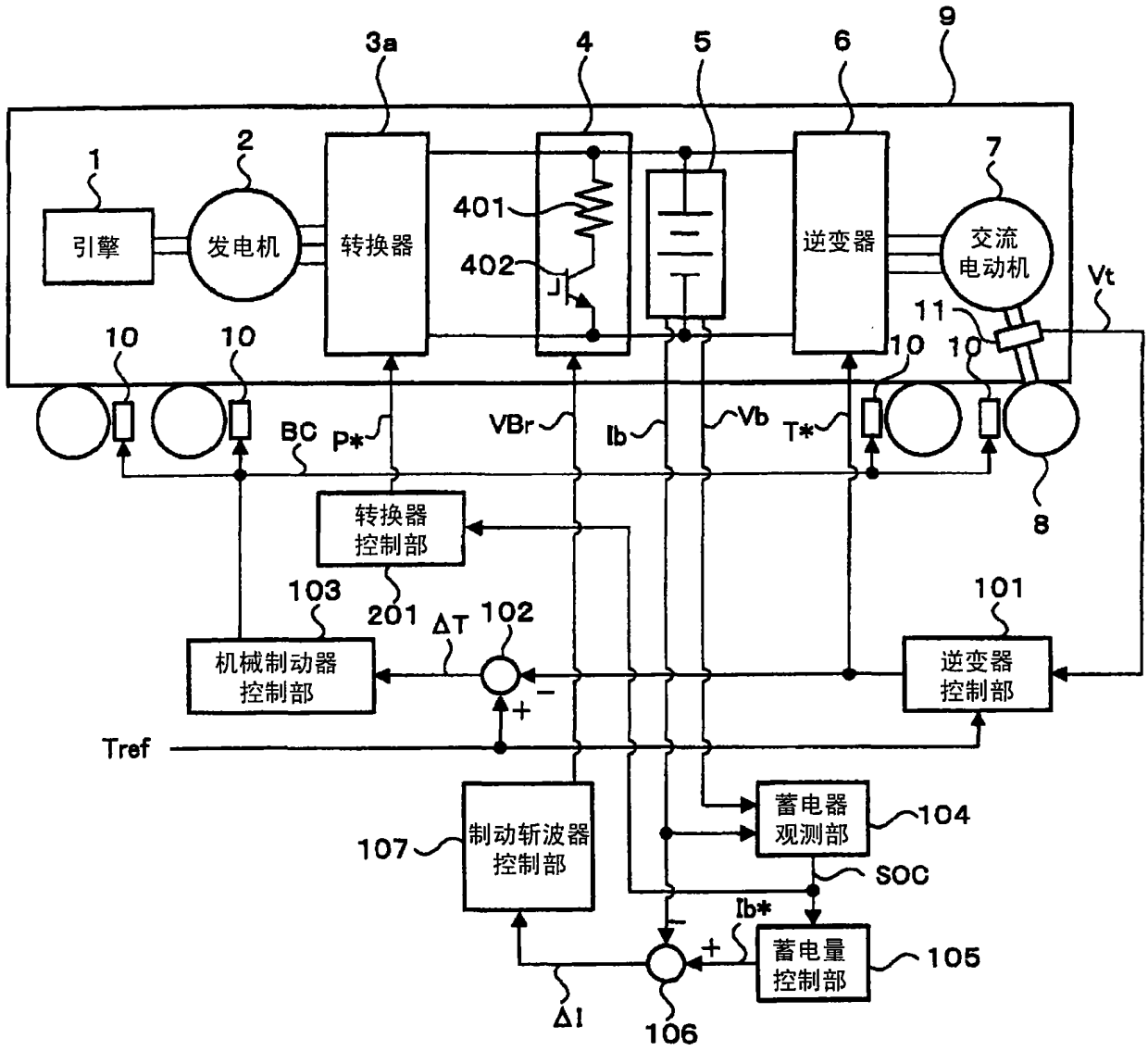
蓄电器电流与蓄电器电流指令

图 5



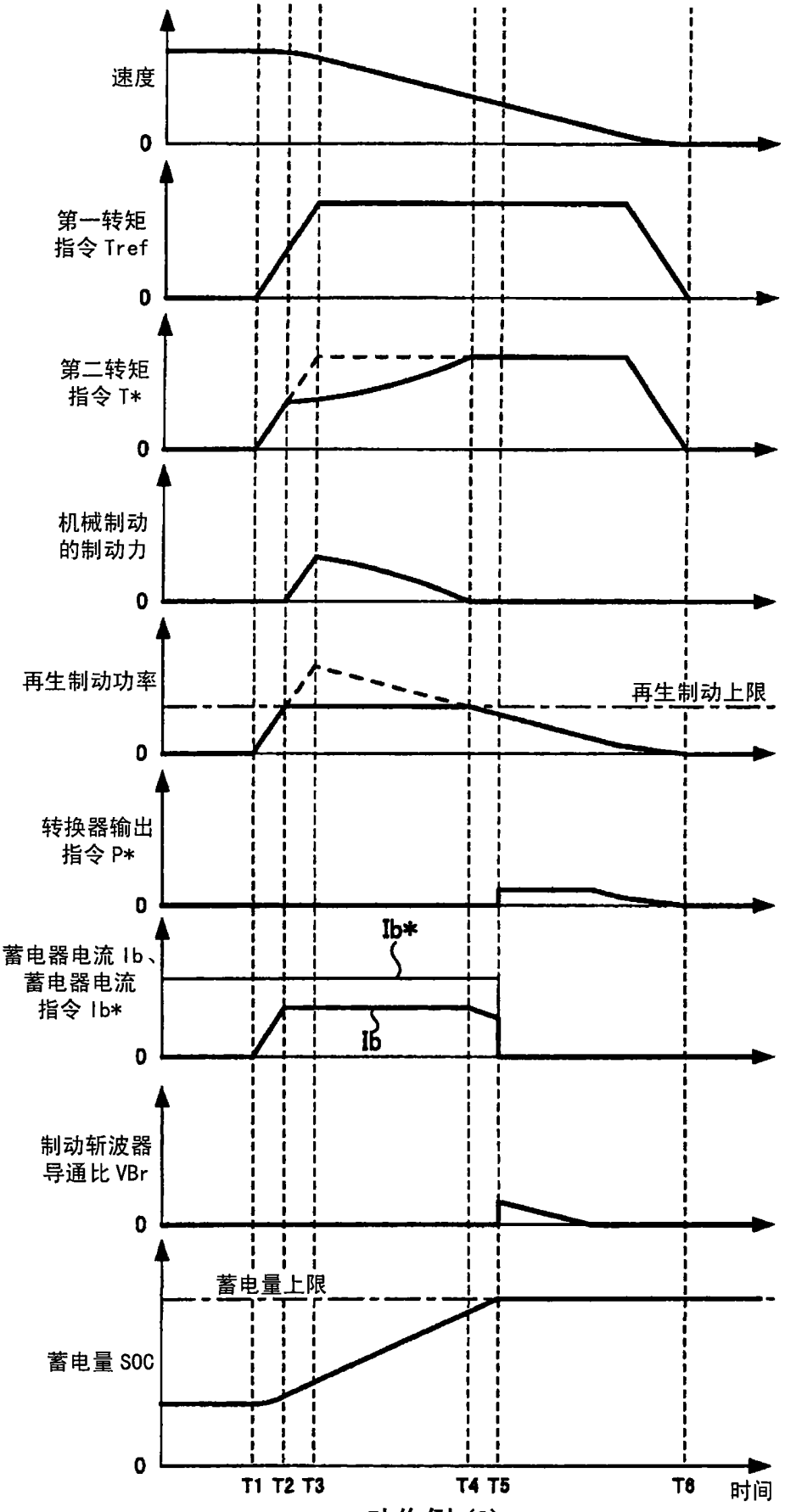
蓄电量控制部的特性例

图 6


3a
4
5
6
9
1
2
引擎
发电机
转换器
401
402
逆变器
7
交流
电动机
Vt
11
10
10
10
10
BC
P*
VBr
Ib
Vb
T*
8
转换器
控制部
103
201
ΔT
102
101
机械制动器
控制部
逆变器
控制部
Tref
蓄电器
观测部
104
107
制动斩波器
控制部
SOC
Ib*
蓄电量
控制部
105
ΔI
106

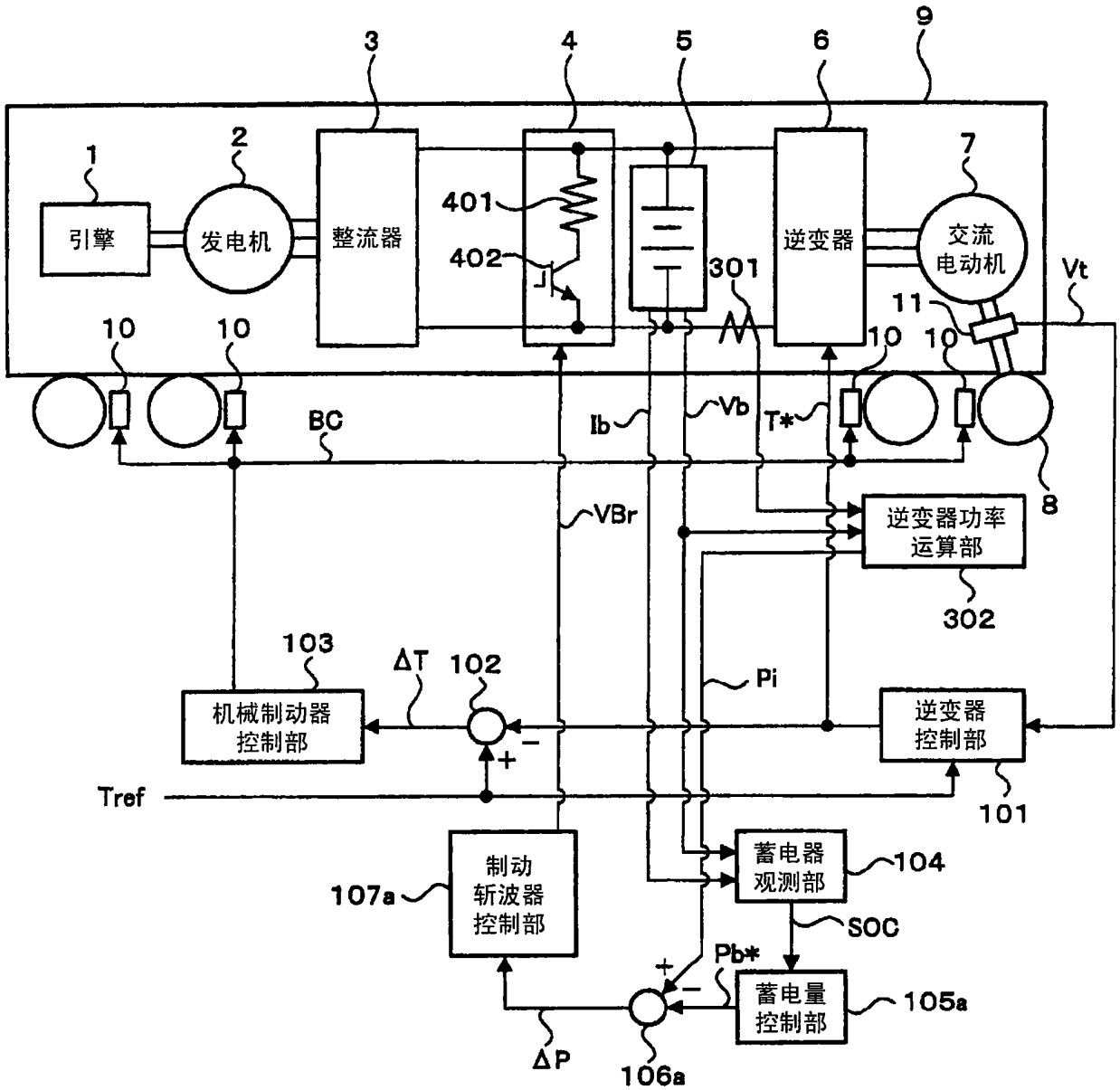
整体构成例（2）

图 7


速度
0
第一转矩
指令 Tref
0
第二转矩
指令 T*
0
机械制动
的制动力
0
再生制动功率
再生制动上限
0
转换器输出
指令 P*
0
蓄电器电流 Ib、
蓄电器电流
指令 Ib*
Ib*
Ib
0
制动斩波器
导通比 VBr
0
蓄电量上限
蓄电量 SOC
0
T1 T2 T3
T4 T5
T8
时间

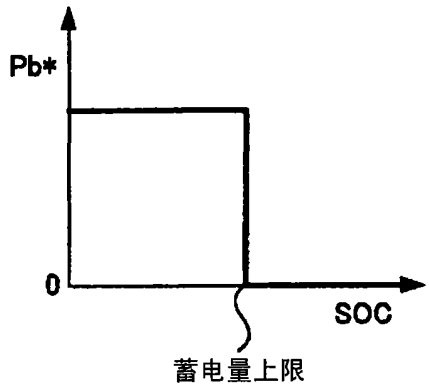
动作例 (2)

图 8



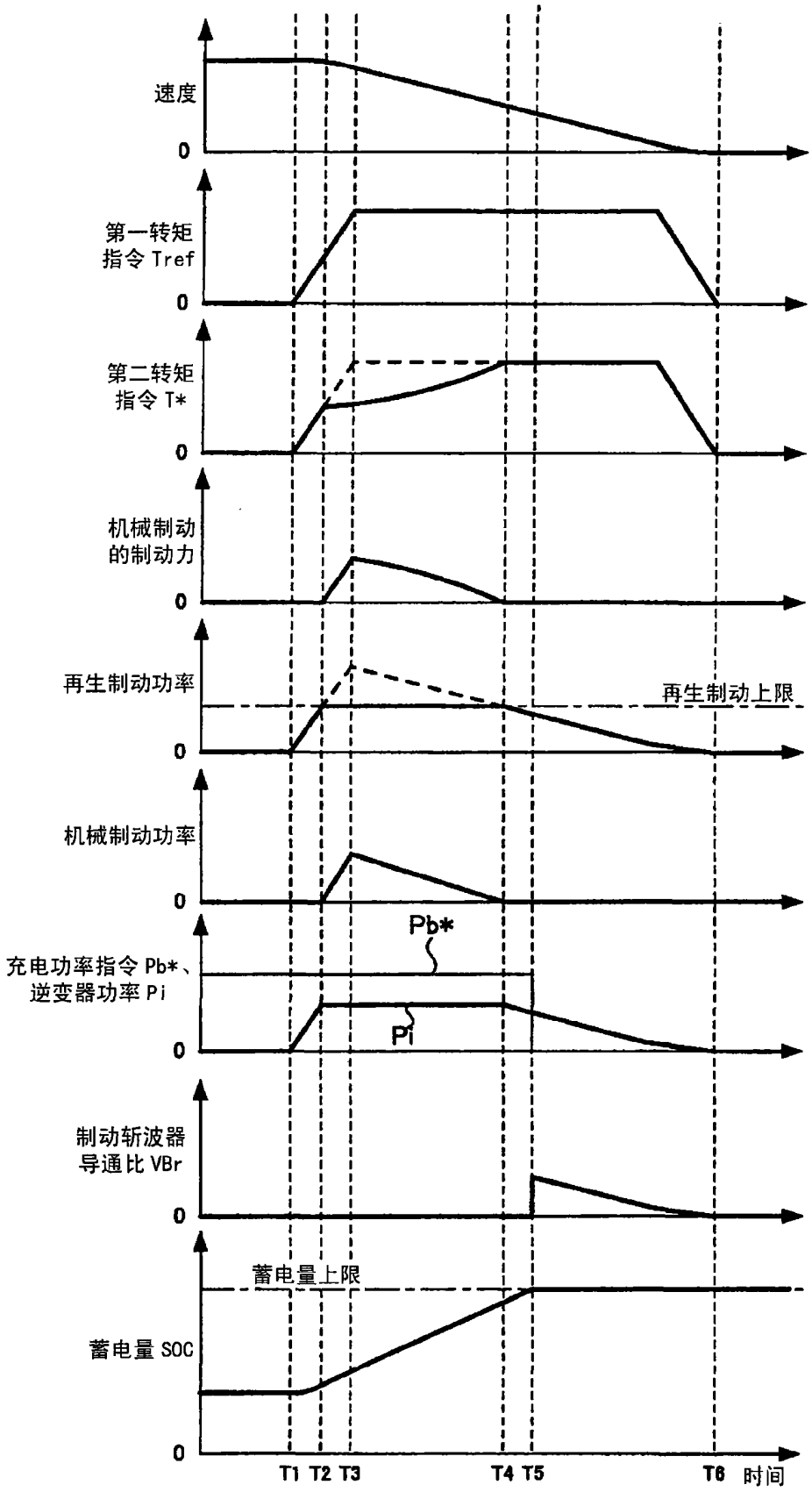
整体构成例 (3)

图 9



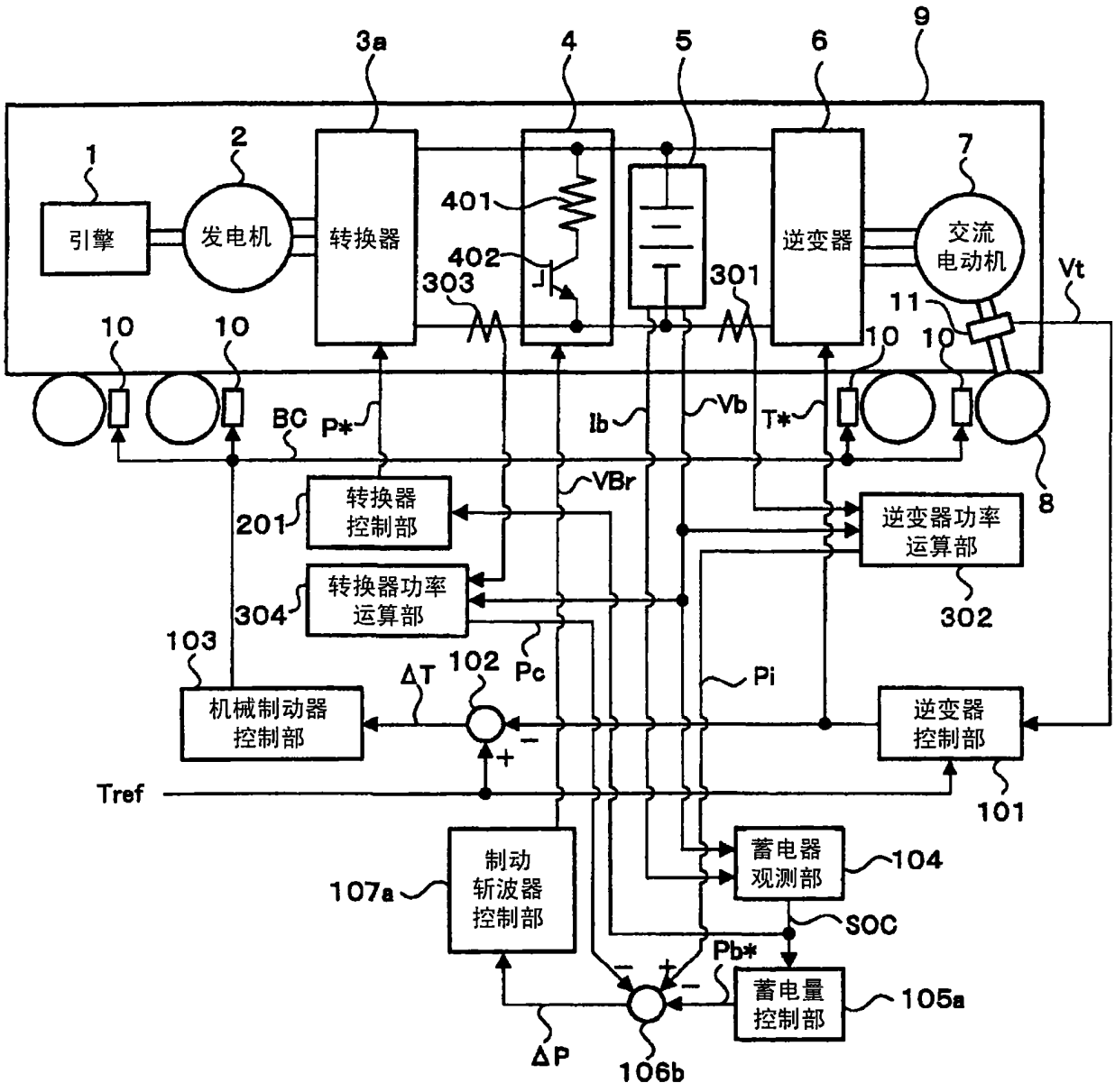
蓄电量控制部的特性例

图 10


速度
0
第一转矩
指令 Tref
0
第二转矩
指令 T*
0
机械制动
的制动力
0
再生制动功率
再生制动上限
0
机械制动功率
0
Pb*
充电功率指令 Pb*、
逆变器功率 Pi
Pi
0
制动斩波器
导通比 VBr
0
蓄电量上限
蓄电量 SOC
0
T1 T2 T3
T4 T5
T6
时间

动作例 (3)

图 11


3a
4
5
6
9
1
2
引擎
发电机
转换器
401
402
303
301
逆变器
7
交流
电动机
Vt
11
10
10
10
10
BC
P*
Ib
Vb
T*
8
VBr
201
转换器
控制部
逆变器功率
运算部
302
304
转换器功率
运算部
103
ΔT
102
Pc
Pi
机械制动器
控制部
逆变器
控制部
101
Tref
制动
斩波器
控制部
107a
蓄电器
观测部
104
SOC
Pb*
蓄电量
控制部
105a
ΔP
106b

整体构成例(4)

图 12