

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H02P 27/06 (2006.01)

H02P 6/06 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200610072451.1

[45] 授权公告日 2008年8月20日

[11] 授权公告号 CN 100413209C

[22] 申请日 2006.4.13

[21] 申请号 200610072451.1

[30] 优先权

[32] 2005.4.13 [33] JP [31] 2005-115932

[73] 专利权人 日产自动车株式会社

地址 日本神奈川县

[72] 发明人 杉田秀彦

[56] 参考文献

CN1486874A 2004.4.7

CN1486880A 2004.4.7

US6434469B1 2002.8.13

JP2003-336700A 2003.11.28

JP2004-208477A 2004.7.22

审查员 高时芳

[74] 专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理有限公司

代理人 何立波 张天舒

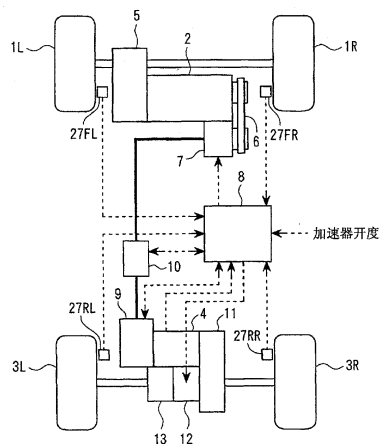
权利要求书 2 页 说明书 15 页 附图 14 页

[54] 发明名称

车辆用驱动控制装置

[57] 摘要

本发明提供一种利用发电机和交流电动机的组合，能够进行稳定的电动机扭矩控制的车辆用驱动控制装置。根据电动机扭矩指令值(T_t)，对发电机(7)应输出的电力(P_g)进行运算，以使实际发电电流值(I_{dc})达到用于输出电力(P_g)的发电电流指令值(I_{dc}^*)的方式控制发电机(7)的励磁电流(I_{fg})。另外，根据与基于当前的发电机(7)的发电状态计算出的可输出电力(P_{ab1})，和电动机(4)所需要的需要电力(P_{g^*})中的较小的电力相当的扭矩指令值(T_{rqm})，变更变换器(9)的负载进行电动机控制。



1. 一种车辆用驱动控制装置，其具有驱动主驱动轮的热力机、由该热力机进行驱动的发电机、以及通过变换器被供给该发电机的电力并驱动次驱动轮的交流电动机，其特征在于，具有：

电动机需要电力运算单元，其根据前述次驱动轮的要求驱动力，对前述交流电动机所需要的电动机需要电力进行运算；

发电机控制单元，其根据前述电动机需要电力，控制前述发电机；

可输出电力运算单元，其根据前述发电机的状态，对该发电机可输出的电力进行运算；

扭矩指令值运算单元，其比较前述电动机需要电力和前述可输出电力，根据前述电动机需要电力和前述可输出电力中较小的电力，对前述交流电动机的扭矩指令值进行运算；以及

电动机控制单元，其根据前述扭矩指令值，控制前述交流电动机。

2. 一种车辆用驱动控制装置，其具有驱动主驱动轮的热力机、由该热力机进行驱动的发电机、以及通过变换器被供给该发电机的电力并驱动次驱动轮的交流电动机，其特征在于，具有：

第一扭矩指令值运算单元，其根据前述次驱动轮的要求驱动力，对前述交流电动机的第一扭矩指令值进行运算；

电动机需要电力运算单元，其根据前述第一扭矩指令值，对前述交流电动机所需要的电动机需要电力进行运算；

发电机控制单元，其根据前述电动机需要电力控制前述发电机；

可输出电力运算单元，其根据前述发电机的状态，对该发电机可以输出的电力进行运算；

第二扭矩指令值运算单元，其根据前述可以输出的电力，对前述交流电动机的第二扭矩指令值进行运算；以及

电动机控制单元，其比较前述第一扭矩指令值和前述第二扭矩

指令值,根据前述第一扭矩指令值和前述第二扭矩指令值中较小的扭矩指令值,控制前述交流电动机。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的车辆用驱动控制装置,其特征在于,前述可输出电力运算单元,根据推定或检测出的前述发电机的励磁电流以及推定或检测出的前述发电机的转速,对前述发电机的可输出电力进行运算。

4. 如权利要求 3 所述的车辆用驱动控制装置,其特征在于,前述可输出电力运算单元具有区域检测单元,根据该区域检测单元的检测结果对前述可输出电力进行运算,该区域检测单元根据以前述发电机的旋转速度及励磁电流作为参数的各个发电机输出特性曲线上可以输出最大电力的工作点,设定前述发电机输出特性曲线上的工作点的输出电力随着输出电流的增加而增加的规定区域,同时检测由前述发电机的输出电压及输出电流确定的工作点是否存在于前述规定区域内。

5. 如权利要求 4 所述的车辆用驱动控制装置,其特征在于,在利用前述区域检测单元检测出由前述发电机的输出电压及输出电流确定的工作点处于前述规定区域内时,前述可输出电力运算单元将当前的发电状态下前述发电机可输出的最大电力作为前述可输出电力进行运算。

6. 如权利要求 4 所述的车辆用驱动控制装置,其特征在于,在利用前述区域检测单元检测出由前述发电机的输出电压及输出电流确定的工作点处于前述规定区域外时,前述可输出电力运算单元将前述发电机当前的输出电力作为前述可输出电力进行运算。

车辆用驱动控制装置

技术领域

本发明涉及利用热力机（例如作为内燃机的发动机）驱动主驱动轴，同时利用交流电动机驱动次驱动轴的车辆的驱动力控制装置。

背景技术

作为现有的车辆用驱动控制装置，已知以下技术，即，利用由发电机的电力驱动的直流电动机驱动次驱动轴，通过控制该直流电动机的励磁电流来控制驱动扭矩（例如，参考专利文献1）。

专利文献1：特开2001-239852号公报

发明内容

但是，在上述现有的车辆用驱动控制装置中，因为使用直流电动机控制电动机扭矩，所以为了增加扭矩，必须增加直流电动机的电枢电流，但因为直流电动机的电刷寿命有限，所以电枢电流的增加有限，存在应用于质量重的车辆中困难，或者不能提高4WD性能这些未解决的问题。

因此，本发明的目的在于，提供一种可以控制取代直流电动机而具有交流电动机的车辆的驱动力的驱动控制装置。

为了实现上述目的，本发明涉及的车辆的驱动力控制装置，包含热力机、发电机、交流电动机、变换器、以及控制器而构成。热力机在驱动主驱动轮的同时驱动发电机。交流电动机通过被供给由发电机发电的电力，驱动次驱动轮。变换器设置在发电机和交流电动机之间。控制器对交流电动机所需要的电动机需要电力进行运算，并根据该运算得到的电动机需要电力，控制发电机。此外，控制器根据发电机的发电状态，对发电机可以输出的可输出电力进行运算。此外，控制器对电动机需要电力和可输出电力进行比较，基于较小的电力，通

过控制变换器来控制交流电动机。

发明的效果

根据本发明，因为根据基于当前的发电机状态运算出的可输出电力和交流电动机所需要的需要电力中较小的电力，通过控制变换器来控制交流电动机，所以具有以下效果，即，能够得到来自于发电机的供给电力和对变换器的输入电力之间的平衡，能够防止由于供给电力不足造成的电压骤降，可以进行稳定的驱动力控制。

附图说明

图 1 是表示本发明的实施方式的简要结构图。

图 2 是表示发电机的构造的图。

图 3 是表示图 1 的 4WD 控制器的详细结构的框图。

图 4 是表示图 3 的发电机控制部的详细结构的框图。

图 5 是每个转速的发电机特性对应图。

图 6 是每个转速的励磁电流特性对应图。

图 7 是表示图 3 的目标电动机扭矩确定部的详细结构的框图。

图 8 是工作点区域图对应图。

图 9 是可输出电力计算对应图。

图 10 是说明由变换器侧的负载变化的工作点变化的图。

图 11 是表示图 3 的电动机控制部的详细结构的框图。

图 12 是说明本实施方式的动作的图。

图 13 是表示图 1 的发动机、变换器、电动机的结构的简要结构图。

图 14 是表示另一实施方式中的目标电动机扭矩确定部的详细结构的框图。

具体实施方式

下面，根据附图说明本发明的实施方式。

图 1 是将本发明应用于四轮驱动车辆的情况下的简要结构图。

如该图 1 所示,本实施方式的车辆,左右前轮 1L、1R 是由作为内燃机的发动机 2 驱动的主驱动轮,左右后轮 3L、3R 是可以由电动机 4 驱动的次驱动轮。

在前述发动机 2 的吸气管路中,安装例如主节流阀和副节流阀。主节流阀根据加速踏板的踏入量等调整控制节流阀开度。副节流阀以步进电动机等作为致动器,根据对应于其步数的旋转角调整控制开度。因此,能够通过将副节流阀的节流阀开度调整为小于或等于主节流阀的开度等,与驾驶者的加速踏板的操作独立地,使发动机的输出扭矩减少。即,副节流阀的开度调整成为抑制由发动机 2 的前轮 1L、1R 的加速滑行的驱动力控制。

上述发动机 2 的输出扭矩 T_e ,通过传动装置及差动齿轮 5 向左右前轮 1L、1R 传递。另外,因为发动机 2 的输出扭矩 T_e 的一部分通过环状带 6 传递到发电机 7,所以发电机 7 以在发动机 2 的转速 N_e 上乘以传动比的转速 N_g 旋转。

上述发电机 7 对应于由 4WD 控制器 8 所调整的发电机励磁电流 I_{fg} ,对于发动机 2 来说成为负载,进行对应于其负载扭矩的发电。该发电机 7 的发电电力的大小由转速 N_g 和发电机励磁电流 I_{fg} 的大小决定。并且,发电机 7 的转速 N_g 可由发动机 2 的转速 N_e 根据传动比进行运算。

图 2 是表示发电机 7 的励磁电流驱动电路的结构图。如图 2 (a) 所示,该电路的构成方式为,使用选择车辆的 14V 蓄电池 7a 这种恒压电源和发电机本身的输出电压作为励磁电流电源的结构,将励磁电流电源的正极侧与励磁线圈 7b 连接,对晶体管 7c 进行开闭。在这种情况下,在发电机输出低于蓄电池电压 V_b 的状态下,成为他励区域,蓄电池电压 V_b 成为励磁线圈 7b 的电源,如果发电机输出增加而输出电压 V_g 大于或等于蓄电池电压 V_b ,则成为自励区域,发电机的输出电压 V_g 被选择,作为励磁线圈 7b 的电源。即,因为能够利用发电机的电源电压增大励磁电流值,所以能够实现发电机输出大幅度增加。

此外,励磁电流驱动电路如图 2 (b) 所示,也可以仅使用车辆

的 14V 蓄电池 7a (仅他励区域) 作为励磁电流电源。

发电机 7 发电的电力可以通过接线盒 10 及变换器 9 向电动机 4 供给。前述电动机 4 的驱动轴可以通过减速器 11 及离合器 12 与后轮 3L、3R 连接。此外, 本实施方式的电动机 4 为交流电动机。另外, 图中的标号 13 表示差动齿轮。

在接线盒 10 内设有连接/切断变换器 9 和发电机 7 的继电器。于是, 在该继电器连接的状态下, 从发电机 7 通过未图示的整流器供给的直流电力在变换器 9 内变换为三相交流来驱动电动机 4。此外, 如图 13 所示, 检测变换器 9 的输出电流即三相交流电流的三相交流电流传感器 14 设置在变换器 9 和电动机 4 之间。该三相交流电流传感器 14 的检测信号向 4WD 控制器输出。

另外, 在接线盒 10 内, 如图 13 所示, 设有检测发电电压的发电机电压传感器 10a 和检测变换器 9 的输入电流即发电电流的发电机电流传感器 10b, 这些检测信号输出到 4WD 控制器 8 中。另外, 在发电电流传感器 10b 和变换器 9 之间设置电容器 15。在电动机 4 的驱动轴上连结解析器 4a, 对应于来自设置在 4WD 控制器 8 中未图示的解析器 IC 的信号, 解析器 4a 向解析器 IC 回复包含电动机转速信息和磁极位置信息的信号。解析器 IC 根据返回的信号, 向设置于后述的电动机控制部 8F 中的电动机转速检测部 310 输出脉冲信号。电动机转速检测部 310 根据脉冲信号, 对电动机转速 N_m 进行运算, 向各部分输出。此外, 电动机 4 具有电动机励磁线圈 4b。

另外, 前述离合器 12 例如为湿式多片离合器, 按照 4WD 控制器 8 的指令进行接合或断开。并且, 在本实施方式中, 作为接合单元的离合器为湿式多片离合器, 但也可以是例如磁粉离合器或泵式离合器。

另外, 在各个车轮 1L、1R、3L、3R 上设有车轮速度传感器 27FL、27FR、27RL、27RR。各个车轮速度传感器 27FL、27FR、27RL、27RR 将与相应的车轮 1L、1R、3L、3R 的转动速度相对应的脉冲信号作为车轮速度检测值输出到 4WD 的控制器 8 中。

前述 4WD 控制器 8 具有例如微型计算机等计算处理装置而构

成,输入由前述各个车轮速度传感器 27FL~27FR 检测出的车轮速度信号、接线盒 10 内的电压传感器 10a 及电流传感器 10b 的输出信号、与电动机 4 相联结的解析器 4a 的输出信号、以及与加速器踏板（未图示）的踏入量相当的加速器开度等。

如图 3 所示,前述 4WD 的控制器 8 具有目标电动机扭矩运算部 8A、作为电动机需要电力运算单元的发电机供给电力运算部 8B、发电电流指令运算部 8C、作为发电机控制单元的发电机控制部 8D、目标电动机扭矩确定部 8E、作为电动机控制单元的电动机控制部 8F、TCS 控制部 8G、离合器控制部 8H。

目标电动机扭矩运算部 8A 根据次驱动轮即后轮 3L、3R 的要求驱动力、例如根据 4 轮的车轮速度信号计算出的前后轮的车轮速度差,以及加速踏板开度信号,计算电动机扭矩指令值 T_t 。

发电机供给电力运算部 8B 根据扭矩指令值 T_t 、电动机转速 N_m ,按照下式对发电机供给电力 P_g 进行运算。

$$P_g = T_t \times N_m / \eta_m \cdots \cdots (1)$$

在这里, η_m 为变换器效率。即,发电机供给电力 P_g 是比电动机所需要的电力 P_m 多了变换器效率 η_m 的值,该电动机所需要的电力 P_m 是由扭矩指令值 T_t 和电动机转速 N_m 的积所求得的 ($= T_t \times N_m$)。此外,电动机转速 N_m 在后述的电动机控制部 8 中基于磁极位置信号 θ 进行计算。

发电电流指令运算部 8C 根据由前述发电机供给电力运算部 8B 计算出的发电机供给电力 P_g 、以及后述的由电动机控制部 8F 计算出的发电电压指令值 V_{dc}^* ,按照下式对发电电流指令值 I_{dc}^* 进行运算。

$$I_{dc}^* = P_g / V_{dc}^* \cdots \cdots (2)$$

图 4 是表示进行发电机 7 的发电控制的发电机控制部 8D 的详细结构的框图。

该发电机控制部 8D 由 P 控制部 101、I 控制部 102、FF 控制部 103、控制量加算部 104、以及励磁控制部 105 构成,确定励磁电压 PWM 占空比 C_1 ,对发电机 7 的发电机励磁电流 I_{fg} 进行 PWM 控制。

在 P 控制部 101 中,根据由前述 (2) 式计算出的发电电流指令

值 I_{dc}^* 和实际发电电流值 I_{dc} 之间的偏差进行 P 控制。首先，在发电电流指令值 I_{dc}^* 和实际发电电流值 I_{dc} 之间的偏差上乘以规定的增益。然后，为了使增益相对于发电机的转速变动的灵敏度恒定，在该值上乘以发电机转速 N_g 的倒数，将其作为 P 控制中的控制量 V_p 输出到后述的控制量加算部 104 中。

在 I 控制部 102 中，根据由前述 (2) 式计算出的发电电流指令值 I_{dc}^* 和实际发电电流值 I_{dc} 之间的偏差进行 I 控制。即，对发电电流指令值 I_{dc}^* 和实际发电电流值 I_{dc} 之间的偏差进行积分。在这里，积分值具有上限值及下限值。然后，与上述 P 控制同样地，在该积分值上乘以发电机转速 N_g 的倒数，将其作为 I 控制中的控制量 V_i 输出到后述的控制量加算部 104 中。

在 FF 控制部 103 中，如图 5 所示，参照预先存储的每个转速的发电机特性对应图，根据发电电压指令值 V_{dc}^* 和发电电流指令值 I_{dc}^* ，利用前馈求出发电机励磁电压 PWM 占空比 D_1 。在该图 5 中，曲线 a1~a4 是在发电机 7 的自励区域中使励磁电压 PWM 占空比 D_1 固定，使发电机 7 的负载慢慢变化情况下的工作点的轨迹，曲线 a1~a4 表示占空比 D_1 是不同的。

然后，根据该 PWM 占空比 D_1 和发电电压指令值 V_{dc}^* ，按照下式计算 FF 控制中的控制量 V_{ff} ，输出到控制量加算部 104 中。

$$V_{ff} = D_1 \times V_{dc}^* \dots\dots (3)$$

此外，在本实施方式中，对根据 PWM 占空比 D_1 和发电电压指令值 V_{dc}^* 计算控制量 V_{ff} 的情况进行了说明，但并不限于此，也可以根据发电机 7 的励磁电流 I_f 和励磁线圈电阻 R_f 计算控制量 V_{ff} 。

在该情况下，首先，由电动机转速 N_m 和扭矩指令值 T_t ，参照预先存储的对应图，计算发电机 7 所需的需要发电电压 V_0 及需要发电电流 I_0 ，根据这些值，如图 6 所示，参照预先存储的每个转速的发电机 7 的励磁电流特性对应图，计算需要励磁电流 I_{f0} 。然后，根据这样计算出的需要励磁电流 I_{f0} ，通过 $V_{ff} = I_{f0} \times R_f$ 计算控制量 V_{ff} 即可。

在控制量加算部 104 中，将控制量 V_p 和控制量 V_i 和控制量 V_{ff}

相加，将其作为作用于励磁线圈的电压 V_f ，输出到励磁控制部 105 中。

在励磁控制部 105 中，判断实际发电电压值 V_{dc} 是否小于或等于作为发电机 7 的励磁电流电源的蓄电池电压 V_b ，在 $V_{dc} \leq V_b$ 时根据下述 (4) 式计算励磁电压 PWM 的占空比 $C1$ 。

$$C1 = V_f / V_b \cdots \cdots (4)$$

另一方面，在 $V_{dc} > V_b$ 时，根据下述 (5) 式计算励磁电压 PWM 占空比 $C1$ 。

$$C1 = V_f / V_{dc} \cdots \cdots (5)$$

然后，对应于这样计算出的占空比 $C1$ ，控制发电机 7 的发电机励磁电流 I_{fg} 。

即，在该发电机控制部 8D 中，利用前馈指定实现由扭矩指令值 T_t 确定的发电机供给电力 P_g 的发电机工作点，同时，通过利用 PI 补偿反馈发电电流指令值 I_{dc}^* 和实际发电电流值 I_{dc} 之间的偏差，使实际发电电流值 I_{dc} 达到发电电流指令值 I_{dc}^* 。由此，能够以向变换器 9 供给对应于电动机 4 要求的电力的方式，控制发电机 7 的发电机励磁电流 I_{fg} 。

此外，在这里作为反馈控制中使用的控制方法，使用了 PI 补偿，但并不限于此，只要是使系统稳定的控制方法即可。

发电机的控制响应性低，而由变换器进行的电动机控制的响应性高，在组合这种发电机和变换器的情况下，在现有装置中存在下述问题，即，因为例如在扭矩指令激增的过程中，发电机输出的增加慢，以在变换器输入不充分的状态下输出扭矩指令的方式运行电动机控制，所以发电机在低电压、大电流的电效率差的工作点被使用。

因此，在本实施方式中，在后述的目标电动机扭矩确定部 8E 中，计算电动机 4 所需要的电动机需要电力 P_{g^*} 和与发电机 7 的发电状态相对应的可输出电力 P_{abl} ，根据这些电力中较小的电力，用后述的电动机控制部 8F 进行电动机 4 的控制。由此，可以取得从发电机的供给电力和对变换器的输入电力之间的平衡。

图 7 是表示确定用于进行电动机控制的扭矩指令值 Tr_{qm} 的目标

电动机扭矩确定部 8E 的详细结构的框图。

目标电动机扭矩确定部 8E 由作为区域检测单元的工作点区域检测部 201、励磁电流推定部 202、作为可输出电力运算单元的可输出电力运算部 203、作为电动机需要电力运算单元的需要电力运算部 204、目标电力运算部 205、以及扭矩指令值运算部 206 构成，计算向后述的电动机控制部 8F 输出的扭矩指令值 $Trqm$ 。由目标电力运算部 205 和扭矩指令值运算部 206 构成扭矩指令运算单元。

在工作点区域检测部 201 中，根据发电机 7 的实际发电电压值 V_{dc} 及实际发电电流值 I_{dc} ，检测发电机 7 的工作点所在的区域。具体地说，参照图 8 所示的工作点区域对应图进行检测。该工作点区域对应图的横轴取发电电流、纵轴取发电电压，利用实线所示的最大输出电力线 P_{max} ，分为区域 A 和区域 B。

在这里，虚线所表示的曲线 S 是以发电机转动速度 ω_g 和发电机励磁电流 I_{fg} 为参数的发电机输出特性曲线（发电机的可输出特性曲线），在提供发电机 7 的某个转动速度和某个励磁电流时，发电机 7 产生该可输出特性曲线 S 上的电压、电流。

另外，双点划线所示的双曲线状的曲线 P 是等电力曲线，在该曲线上发电机 7 的输出电力恒定。即，在可输出特性曲线 S 上的输出电力，根据工作点而不同，在可输出特性曲线 S 和等电力曲线 P 相交的工作点 $S1P_{max}$ ， $S2P_{max}$ ， $S3P_{max}$ 处的输出电力，为包含该工作点的可输出电力特性曲线 S 上的最大输出电力。

前述最大电力输出电力曲线 P_{max} 是通过连结各个可输出特性曲线上的工作点中发电机 7 的输出电力最大的点得到的曲线。而且，由该最大输出电力线 P_{max} 分为 2 个区域，将可输出特性曲线 S 上的工作点的输出电力随着发电电流的增加而增加的区域作为区域 A，将随着发电电流的增加而减少的区域作为区域 B。

然后，将该工作点区域的检测结果向后述的可输出电力运算部 203 输出。

在励磁电流推定部 202 中，首先，在 $V_{dc} \leq V_b$ 时，根据下述（6）式计算向励磁线圈施加的电压 V_f ，在 $V_{dc} > V_b$ 时，根据下述（7）式

计算。

$$V_f = C_1 \times V_b \dots\dots (6)$$

$$V_f = C_1 \times V_{dc} \dots\dots (7)$$

然后，根据这样计算出的电压 V_f ，根据下式，推定发电机 7 的发电机励磁电流 I_{fg} ，向可输出电力运算部 203 输出。

$$I_{fg} = 1 / (1 + \tau_f \cdot s) \times V_f / R_f \dots\dots (8)$$

在可输出电力运算部 203 中，输入由前述工作点区域检测部 201 检测出的工作点区域、由前述励磁电流推定部 202 推定出的发电机励磁电流 I_{fg} 、以及发电机 7 的转速 N_g ，对应于工作点区域，计算在发电机 7 当前的发电状态下可以输出的电力、即可输出电力 P_{abl} 。

在发电机 7 的工作点处于区域 A 内的情况下，参照图 9 所示的可输出电力计算对应图，将发电机 7 在当前的发电状态下可以输出的最大电力作为可输出电力 P_{abl} 进行计算。

该可输出电力计算对应图是将发电机 7 的转速 N_g 、发电机励磁电流 I_{fg} 以及可输出电力 P_{abl} 相关联的 2 维对应图，纵轴取发电机励磁电流 I_{fg} ，横轴取转速 N_g ，在图中各个网格交叉点处，具有由转速 N_g 和发电机励磁电流 I_{fg} 确定的可输出电力 P_{abl} 。

另外，在发电机 7 的工作点处于区域 B 内的情况下，计算当前工作点处的输出电力 $P (= V_{dc} \times I_{dc})$ 作为可输出电力 P_{abl} 。

在需要电力运算部 204 中，输入扭矩指令值 T_t 和电动机转速 N_m ，根据下式计算需要电力 P_g^* 。

$$P_g^* = T_t \times N / \eta_m \dots\dots (9)$$

这样计算出的需要电力 P_g^* ，是为了使电动机 4 产生扭矩指令值 T_t 所需要的电力。

在目标电力运算部 205 中，输入由可输出电力运算部 203 计算出的可输出电力 P_{abl} 和由需要电力运算部 204 计算出的需要电力 P_g^* ，计算用于确定变换器 9 的工作点的电力、即电动机 4 的目标电力 P_m 。具体地说，选择可输出电力 P_{abl} 和需要电力 P_g^* 中较小的一个，将其结果作为目标电力 P_m 向扭矩指令运算部 206 输出。

即，在当前的发电机 7 的工作点处于区域 A 内时，选择当前的

发电状态下可输出的最大电力和电动机 4 所必需的需要电力 P_g^* 中较小的一个，在当前的发电机 7 的工作点处于区域 B 内时，选择当前的输出电力和电动机 4 所必需的需要电力 P_g^* 中较小的一个。

在扭矩指令值运算部 206 中，根据前述目标电力 P_m ，按照下式计算用于进行电动机控制的扭矩指令值 $Trqm$ ，向电动机控制部 8F 输出。

$$Trqm = P_m \times I_m / N_m \dots\dots (10)$$

例如，如图 10 所示，使工作点处于可输出特性曲线 S 上的点 a（区域 A）。此时，如果为了将当前的工作点 a 向能够输出可输出特性曲线 S 上的最大电力的工作点 b 移动，指令与该最大电力相当的扭矩、即指令与电力定值线 P 相当的扭矩，则由于在变换器侧负载减少而增大发电电流，提高输出电力，所以其结果是工作点从 a 向 b 的方向移动。

另一方面，在当前的工作点处于可输出特性曲线 S 上的点 c（区域 B 内）的情况下，如果指令与电力定值线 P 相当的扭矩以使得该工作点 c 向工作点 b 移动，则因为在变换器侧与当前的工作点处于点 a 时同样地增大发电电流，所以其结果是工作点不向可输出最大电力的工作点 b 移动，而向图中右下方移动，成为过电流、低电压。

因此，在本实施方式中，通过选择可输出电力 P_{ab1} 和需要电力 P_g^* 中较小的一个，在当前的工作点处于区域 A 内且发电机 7 的输出电力未达到需要电力 P_g^* 的情况下，输出在当前状态下可输出的最大电力而防止由于电力不足造成的电压骤降，同时使得在当前的发电状态下效率高的工作点产生扭矩。另外，在当前的工作点处于区域 B 内且发电机 7 的输出电力未达到需要电力 P_g^* 的情况下，以在当前状态下不输出可输出的最大电力而保持当前的输出电力的方式进行控制，可靠地防止电压的骤降。

在图 7 中，由工作点区域检测部 201 和可输出电力运算部 203 构成可输出电力运算单元。

图 11 是表示利用变换器 9 控制电动机 4 的电动机控制部 8F 的详细结构的框图。

电动机控制部 8F 由 2 相/3 相变换部 301、 I_d 、 I_q 指令值运算部 302、电流 FB 控制部 303、 V_d 、 V_q 指令值运算部 304、 V_{dc}^* 指令运算部 305、2 相/3 相变换部 306、PWM 控制部 307、励磁电流指令值运算部 308、以及励磁磁通量运算部 309 构成，以输入由目标电动机扭矩确定部 8E 计算出的扭矩指令值 Tr_{qm} ，使实际电动机扭矩 T 成为扭矩指令值 Tr_{qm} 的方式，对变换器 9 的 3 相功率元件进行开闭控制。

在 2 相/3 相变换部 301 中，将由电流传感器 14 检测到的 3 相交流电流值即 U 相电流值 I_u 、V 相电流值 I_v 、W 相电流值 I_w ，变换为 2 相的直流电流值即 d 轴电流值 I 和 q 轴电流值的 I_q ，向电流 FB 控制部 302 输出。

在 I_d 、 I_q 指令值运算部 302 中，根据扭矩指令值 Tr_{qm} 和电动机转速 N_m ，对用于输出与该扭矩指令值 Tr_{qm} 一致的扭矩的 d 轴电流和 q 轴电流的指令值 I_d^* 、 I_q^* 进行运算，向电流 FB 控制部 303 和 V_d 、 V_q 指令值运算部 304 输出。

在电流 FB 控制部 303 中，对从 2 相/3 相变换部 301 输入的电流值 I_d 、 I_q 和从 I_d 、 I_q 指令值运算部 302 输入的电流指令值 I_d^* 、 I_q^* 之间的偏差实施 PI 控制，反馈给 V_d 、 V_q 指令值运算部 304。

在 V_d 、 V_q 指令值运算部 304 中，根据从 I_d 、 I_q 指令值运算部 302 输入的电流指令值 I_d^* 、 I_q^* 、从电流 FB 控制部 303 输入的反馈值、电动机转速 N_m 、以及从后述的励磁磁通量运算部 309 输入的电动机参数（感应系数、励磁磁通量），对用于使 d 轴电流值 I_d 成为 d 轴电流指令值 I_d^* 的 d 轴电压指令值 V_d^* 、和用于使 q 轴电流值 I_q 成为 q 轴电流指令值 I_q^* 的 q 轴电压指令值 V_q^* 进行运算。

在 V_{dc}^* 指令值运算部 305 中，根据由 V_d 、 V_q 指令值运算部 304 计算出的电压指令值 V_d^* 、 V_q^* ，对发电电压指令值 V_{dc}^* 进行运算，向前述图 4 的发电机控制部 8D 输出。

在 2 相/3 相变换部 306 中，将 dq 轴电压指令值 V_d^* 、 V_q^* 变换为作为 3 相正弦波指令值的 3 相坐标系的 U 相电压指令值 V_u^* 、V 相电压指令值 V_v^* 、W 相电压指令值 V_w^* ，向振幅校正部 307 输出。

在 PWM 控制部 307 中, 比较由 2 相/3 相变换部 306 输出的 3 相正弦波指令值和三角波, 对 PWM 指令进行运算, 生成向变换器 9 输出的开关信号。变换器 9 生成对应于该开关信号的 PWM 波电压, 向电动机 4 施加, 由此驱动电动机 4。

另外, 在励磁电流值运算部 308 中, 根据电动机转速 N_m , 对励磁电流指令值 I_f^* 进行运算, 向励磁磁通量运算部 309 输出, 在该励磁磁通量运算部 309 中对励磁磁通量进行运算, 向前述的 V_d 、 V_q 指令值运算部 304 输出。

另外, 图 3 的 TCS 控制部 8G, 根据来自未图示的发动机扭矩控制器(EGM)的发动机的输出扭矩 T_{et} 、左右前轮的旋转速度 V_{FR} 、 V_{FL} 和车速 V , 用公知的方法向 ECM 反复送入发动机产生驱动扭矩要求信号 T_e , 进行前轮牵引控制。

离合器控制部 8H 控制上述离合器 12 的状态, 在判断为 4 轮驱动状态的期间控制离合器 12 为连接状态。

下面, 对本实施方式的动作进行说明。

现在, 根据车轮速度和加速踏板开度, 电动机扭矩指令值 T_t 快速增加。在该情况下, 如图 12 的发电机 7 的特性图所示, 在发电机供给电力运算部 8B 中, 根据扭矩指令值 T_t 和电动机转速 N_m , 对发电机供给电力 P_g 进行运算。与发电机供给电力 P_g 相当的电力定值线由曲线 P_B 表示。然后, 在发电机控制部 8D 中, 对由发电机供给电力 p_g 计算出的发电电流指令值 I_{dc}^* 和实际发电电流值 I_{dc} 的之间偏差实施 PI 控制, 以使实际发电电流值 I_{dc} 达到发电电流指令值 I_{dc}^* 的方式控制发电机 7 的发电机励磁电流 I_{fg} 。此时, 如图 12 的发电机 7 的特性图所示, 可输出特性曲线从当前的可输出特性曲线 S_A 逐渐向目标可输出电力特性曲线 S_B 移动。

在目标电动机扭矩确定部 8E 中, 按照需要电力 P_g^* 和当前的发电机 7 的发电状态, 计算用于进行电动机控制的扭矩指令值 T_{rqm} 。现在, 如果发电机 7 的工作点处于可输出特性曲线 S_A 上的点 α_0 , 则因为工作点区域是区域 A, 所以将由可输出电动机运算部 203 根据图 9 所示的可输出电力计算对应图计算出的可输出电力 P_{ab1} 、和由需要

电力运算部 204 计算出的需要电力 P_g^* 中较小的值，作为电动机 4 的目标电力 P_m 进行计算。与可输出电力 P_{ab1} 相当的电力定值线由曲线 P_A 表示，与需要电力 P_g^* 相当的电力定值线由曲线 P_B 表示。因为 $P_{ab1} < P_g^*$ ，所以可输出电力 P_{ab1} 被选为目标电力 P_m ，与该目标电力 P_m 相当的扭矩作为扭矩指令值 $Trqm$ 被输出。

然后，在电动机控制部 8F 中，为了进行变换器 9 的 3 相电力元件的开闭控制，根据该扭矩指令值 $Trqm$ 和电动机转速 N_m ，对 3 相正弦波指令进行运算，根据该 3 相正弦波指令对 PWM 指令进行运算，并向变换器 9 输出。

由此，发电机 7 在能够输出可输出特性曲线 S_A 上可输出的最大电力即可输出电力 P_{ab1} 的工作点 β 被驱动，电动机 4 产生与可输出电力 P_{ab1} 相当的扭矩。

但是，如前所述，因为发电机的控制响应性低，所以发电机的可输出特性曲线不会立刻成为目标可输出特性曲线 S_B ，如果要在可输出特性曲线为 S_A 的输出不足状态下产生扭矩指令值 T_t ，则工作点从 α_0 向图中右下方的效率差的工作点移动。但是，因为在需要电力 P_g^* 比发电机 7 的可输出电力 P_{ab1} 大的情况下，如本实施方式，根据按照发电机 7 的发电状态计算出的扭矩指令值 $Trqm$ 进行电动机控制，所以能够使变换器消耗电力与发电机当前可输出的电力相当，能够防止由于电力不足造成的电压骤降。

另外，如果当前的发电机 7 的工作点处于可输出特性曲线 S_A 上的点 α_1 ，则工作点区域为区域 B，计算在当前的工作点的输出电力 P 和需要电力 P_g^* 中的较小的值作为电动机 4 的目标电力 P_m 。与输出电力相当的电力定值线可用曲线 p_A' 表示。因为 $P < P_g^*$ ，所以选定输出电力作为目标电力 P_m ，根据与该目标电力 P_m 相当的扭矩指令值 $Trqm$ 进行电动机控制。由此，发电机 7 在可输出电力特性曲线 S_A 上的当前工作点 α_1 被驱动，产生与输出电力 P 相当的扭矩。

如前所述，在工作点位于区域 B 的情况下，如果在当前可输出特性曲线 S_A 上可以输出最大的电力的工作点 β 工作，则要在变换器侧通过降低负荷使得发电电流增大，其结果是落到效率差的工作点

上。但是，如本实施方式，因为在发电机 7 的工作点处于区域 B 时，选择当前工作点上的输出电力 P 和需要电力 P_g^* 中较小的一个，所以在输出电力未达到需要电力的情况下，保持当前时刻的发电量，能够防止工作点向效率低的方向移动。

由此，在本实施方式中，因为根据发电机当前的发电状态，确定用于进行电动机控制的扭矩指令值，根据该扭矩指令值进行电动机控制，所以能够使得变换器消耗电力与发电机输出相当，能够防止由于电力不足造成的发电电压的骤降。

另外，因为根据发电机当前的发电状态，计算发电机可以输出的可输出电力，根据与该可输出电力和电动机所需要的需要电力中较小的值相当的扭矩指令值进行电动机控制，所以在发电电力未达到需要电力的情况下，以产生与可输出电力相当的扭矩的方式进行控制，能够可靠防止由于电力不足造成的发电电压的骤降。

而且，因为按照当前的发电机工作点区域计算可输出电力，所以在工作点处于随着发电电流的增加而发电电力也增加的区域内的情况下，通过计算在当前发电状态下可输出的最大电力作为可输出电力，能够使发电机高效地工作，同时，在工作点处于随着发电电流的增加而发电电力减少的区域内的情况下，通过计算当前的输出电力作为可输出电力，能够避免为了产生可输出的最大电力而电压反而降低，在效率差的工作点工作的问题。

另外，因为推定发电机的励磁电流，由所推定的励磁电流值计算发电机可输出的最大电力，所以能够可靠地使变换器的消耗电力与发电机的输出相当。

此外，在上述实施方式中，也可以在可输出电力运算部 203 中，对根据图 9 所示的可输出电力计算对应图计算出的可输出电力 P_{ab1} 设定余量。该余量是为了容许发电机 7 的产品的波动而设置的安全率，在可输出电力 P_{ab1} 上乘以校正系数 K （例如 0.9 左右）即可。另外，也可以预先考虑安全率制作可输出电力对应图。由此，即使在由于发电机的产品状态而无法输出的原本可输出电力的状态下，也能够避免输出超过实际可输出电力的电力而发电电压降低的情况。

此外,在上述实施方式中,对在励磁电流推定部 202 中根据前述(8)式推定发电机励磁电流 I_{fg} 的情况进行了说明,但并不限于此,也可以利用电流传感器直接检测流过发电机 7 的励磁线圈中的电流。

另外,在上述实施方式中,也可以在目标电动机扭矩确定部 8E 中根据发电机 7 当前的输出电力,直接计算扭矩指令值 Tr_{qm} 。在该情况下,可以根据由发电机电压传感器 10a 检测出的发电电压 V_{dc} 和由发电机电流传感器 10b 检测出的发电电流 I_{dc} ,计算当前的输出电力 $P = V_{dc} \times I_{dc}$,根据该输出电力 P 计算扭矩指令值 $Tr_{qm} = P \times \frac{1}{\omega}$ 。由此,因为变换器消耗电力与当前的发电机输出相当,保持在当前的工作点的工作,所以能够可靠防止电压的骤降。

在这里,图 14 表示另一实施方式。另一实施方式的目标电动机扭矩确定部 8E 如图 14 所示,取代电力目标运算部 205 和扭矩指令值运算部 206,具有第 1 扭矩指令值运算部 401、第 2 扭矩指令值运算部 402 和扭矩指令值确定部 403。第 1 扭矩指令值运算部 401 根据由需要电力运算部 204 运算出的电动机需要电力 P_{g^*} ,计算第 1 扭矩指令值 $T1$,向扭矩指令值确定部 403 输出。第 2 扭矩指令值运算部 402 根据由可输出电力运算部 203 运算出的可输出电力 P_{ab1} ,计算第 2 扭矩指令值 $T2$,向扭矩指令值确定部 403 输出。在扭矩指令值确定部中,选择第 1 扭矩指令值 $T1$ 和第 2 扭矩指令值 $T2$ 中较小的一个,向电动机控制部 8F 输出作为其结果的扭矩指令值 Tr_{qm} 。由此,可以根据较小的扭矩指令值,控制变换器 9 从而进行电动机 4 的控制。

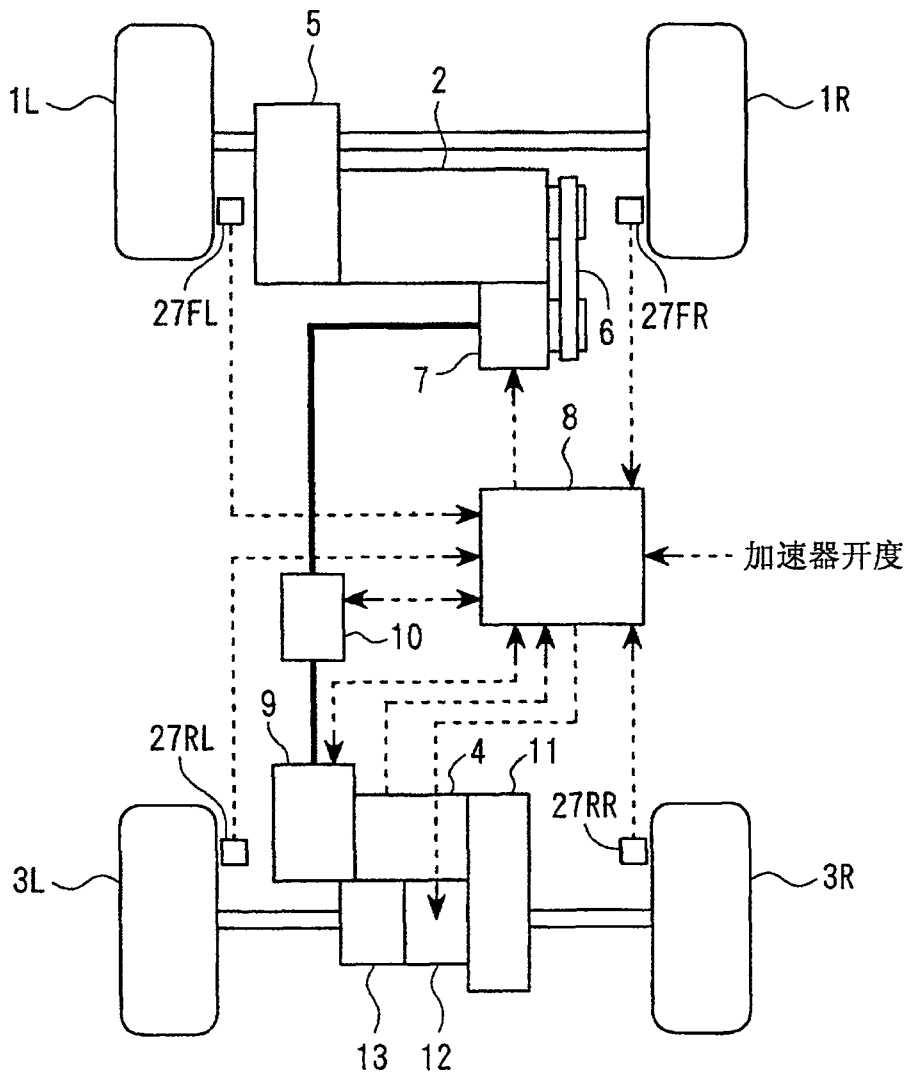


图 1

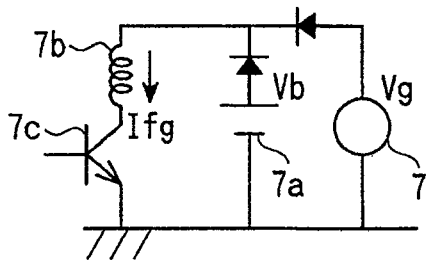


图 2 (a)

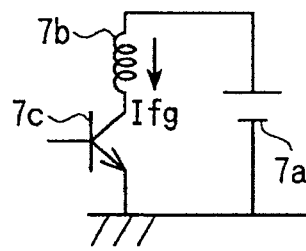


图 2 (b)

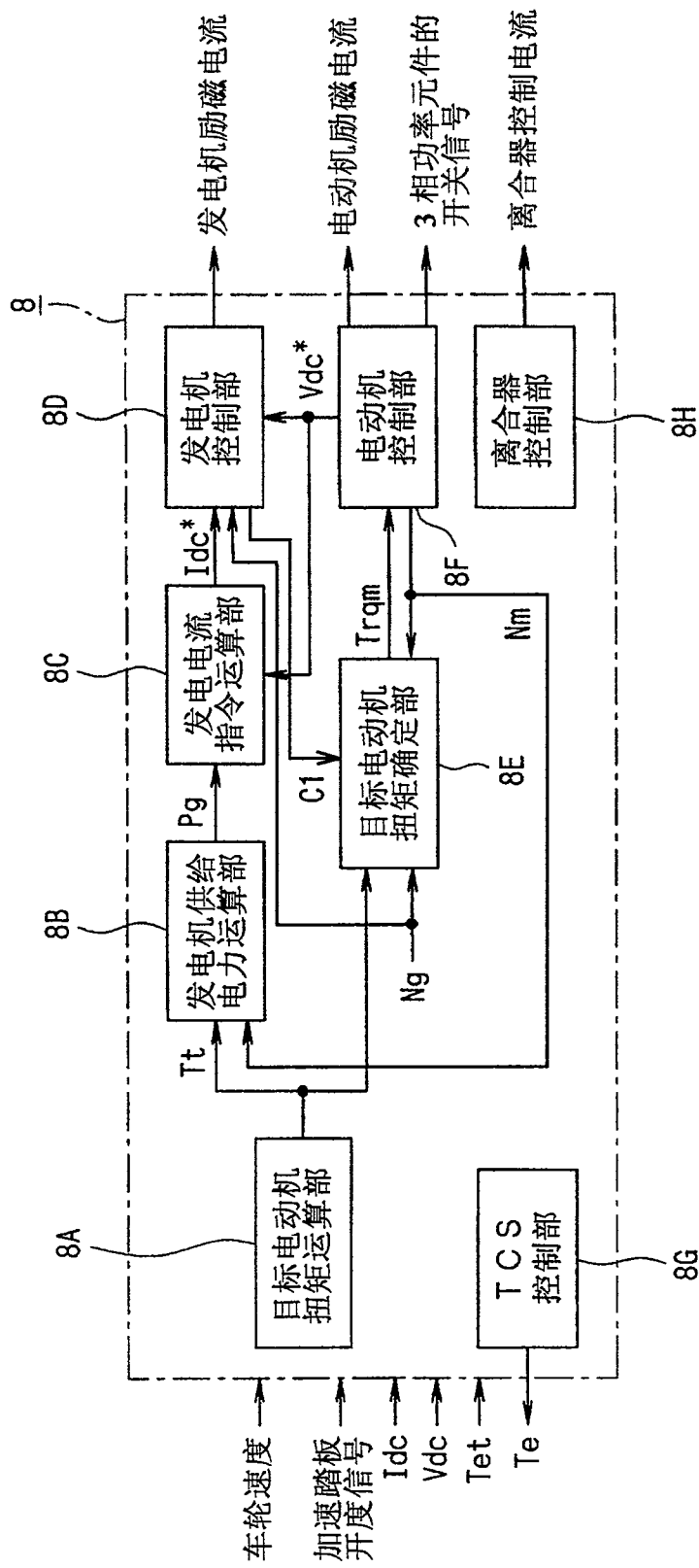


图 3

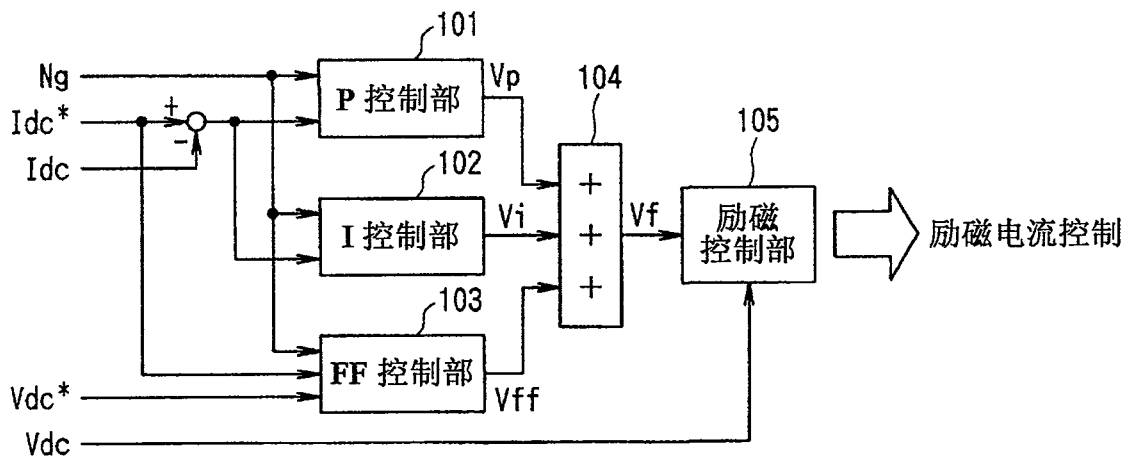


图 4

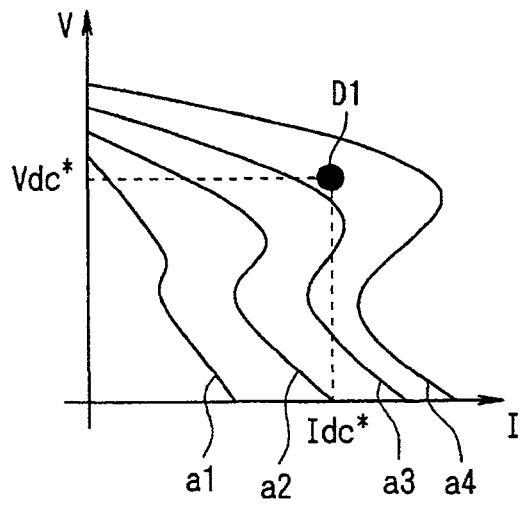


图 5

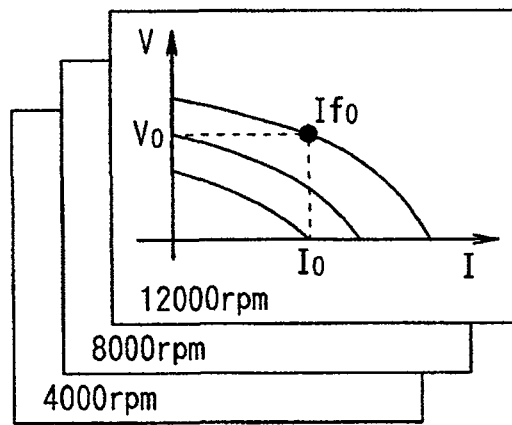


图 6

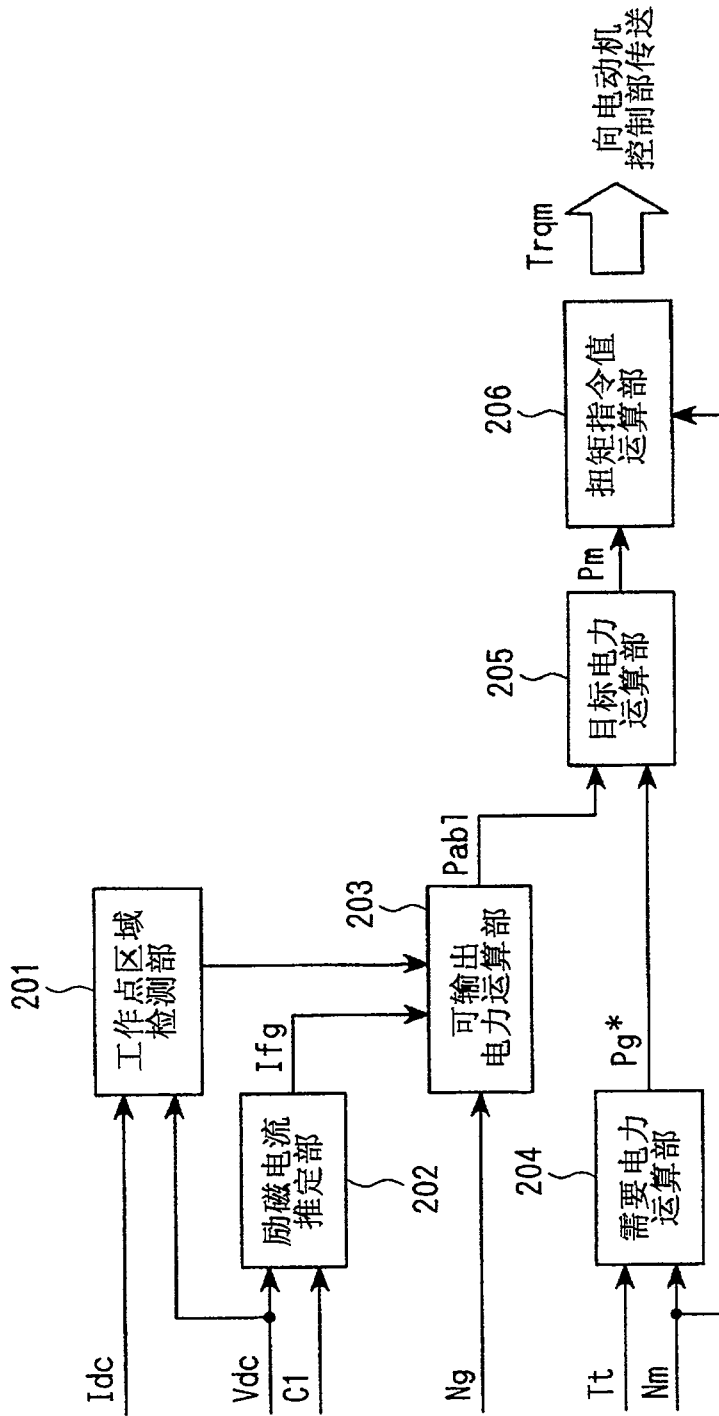


图 7

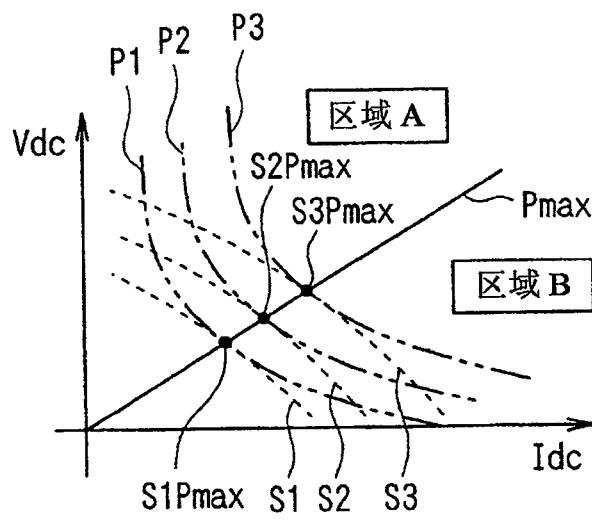


图 8

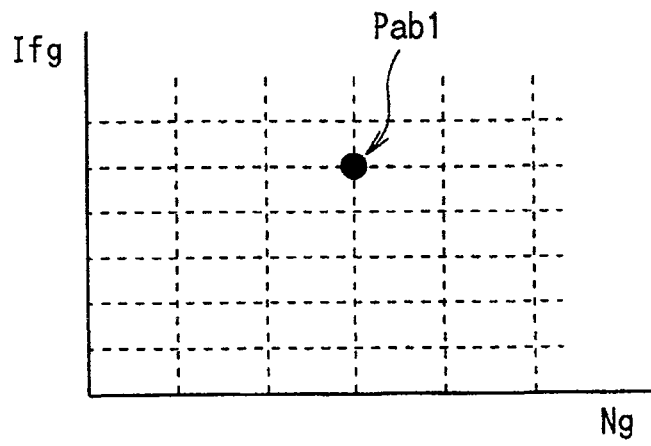


图 9

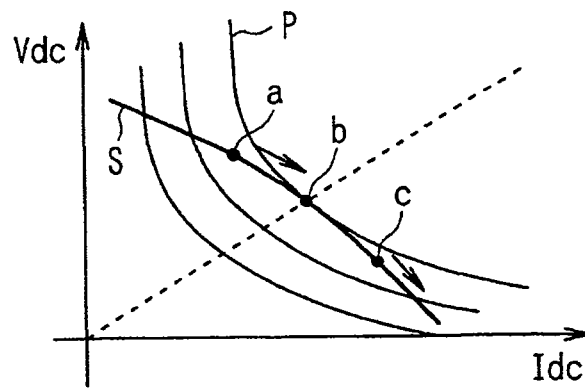


图 10

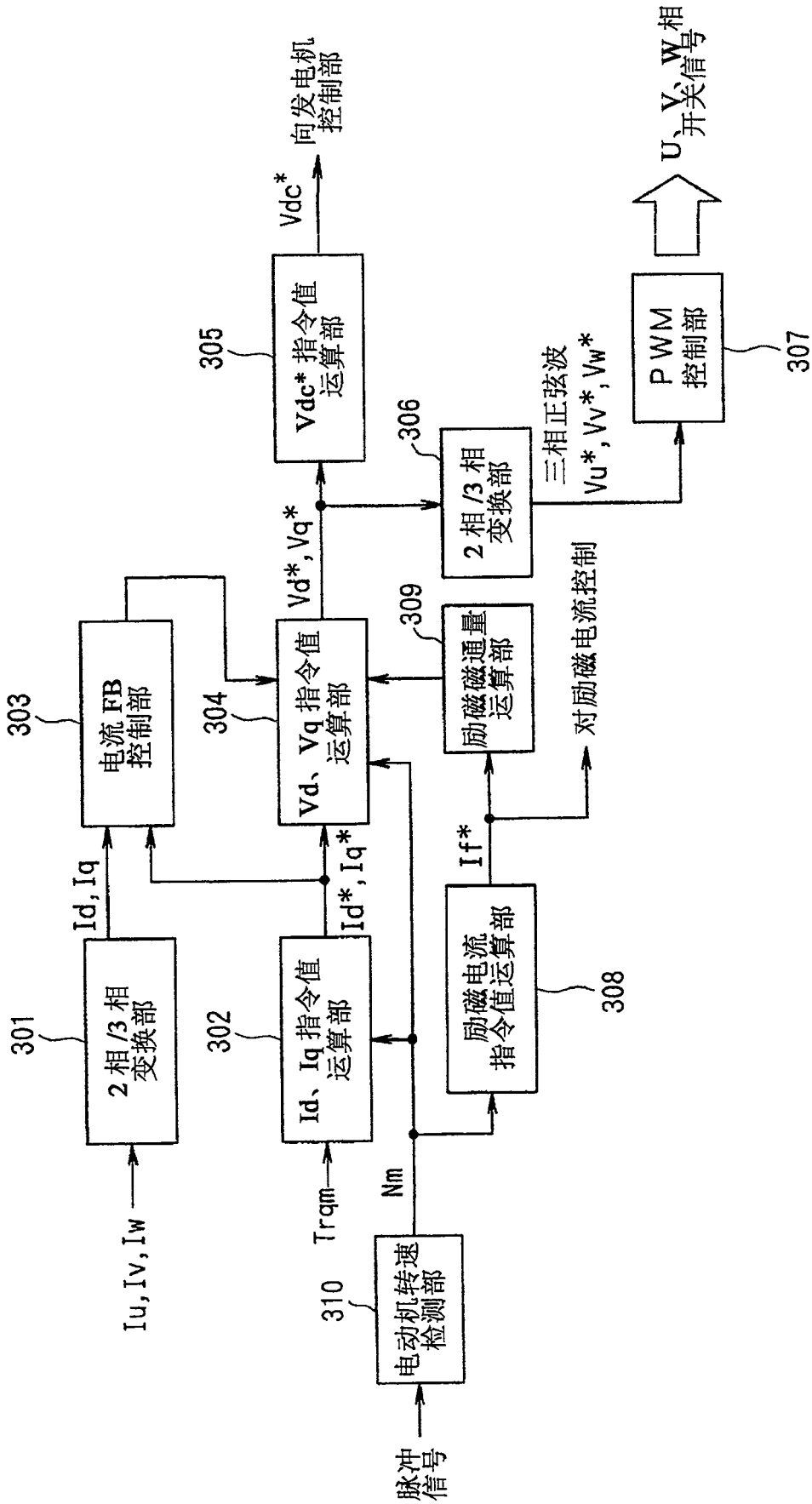


图 11

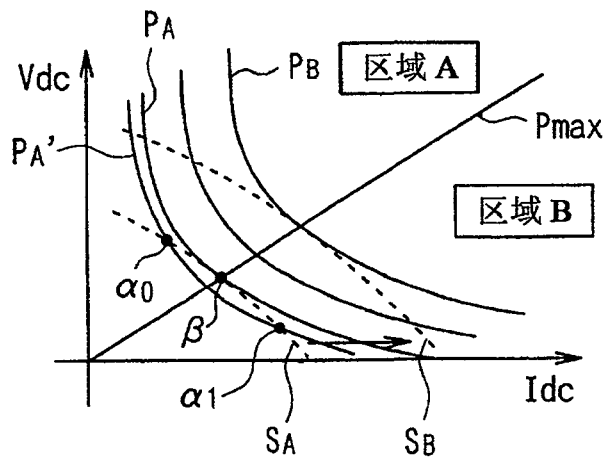


图 12

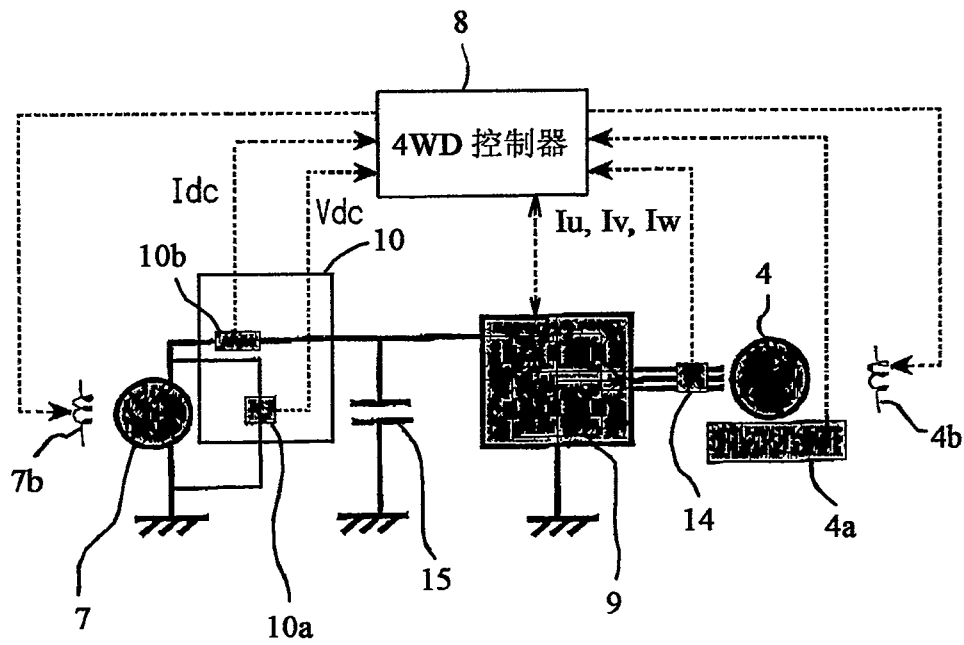


图 13

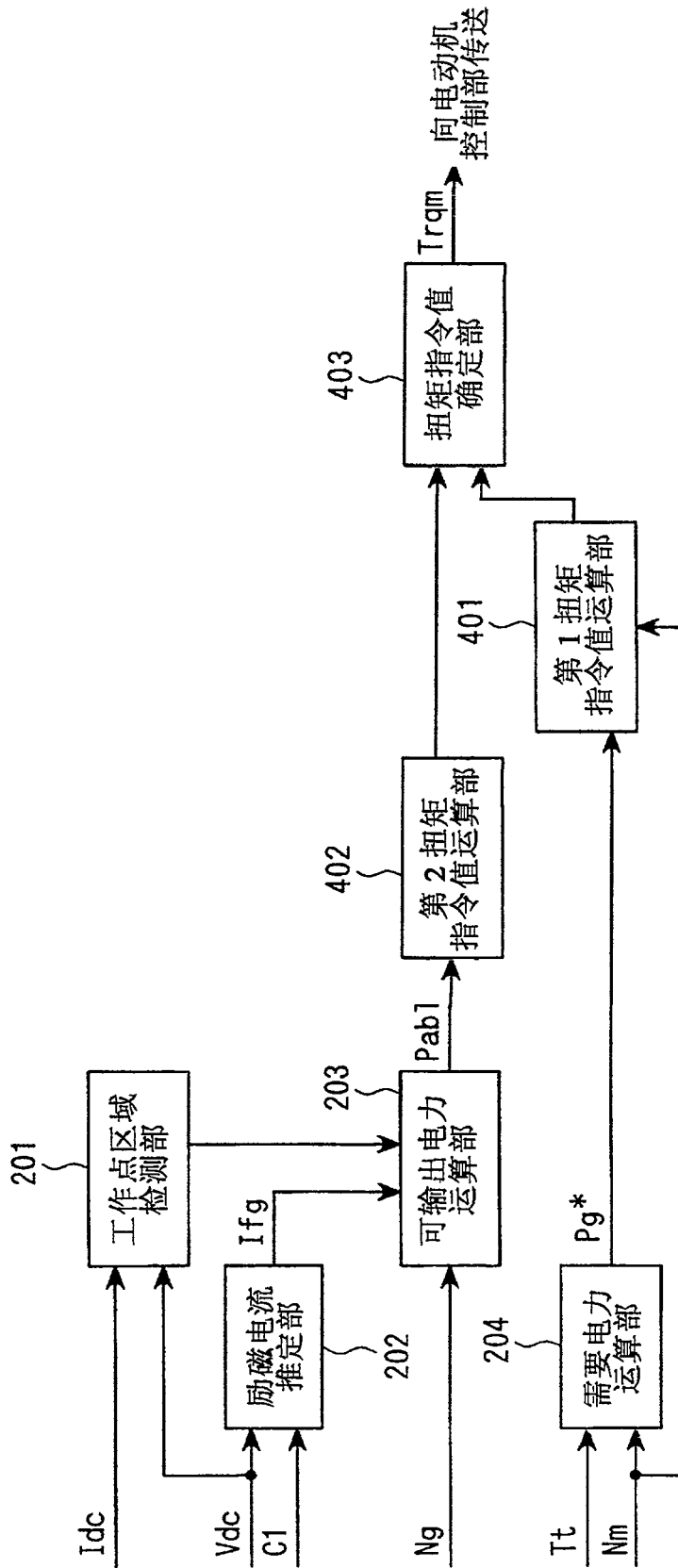


图 14