



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102859866 A

(43) 申请公布日 2013. 01. 02

(21) 申请号 201080066300. X

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2010. 04. 21

H02P 27/02(2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日
2012. 10. 19

(86) PCT申请的申请数据
PCT/JP2010/057044 2010. 04. 21

(87) PCT申请的公布数据
W02011/132269 JA 2011. 10. 27

(71) 申请人 丰田自动车株式会社
地址 日本爱知县

(72) 发明人 冈村贤树 高松直义

(74) 专利代理机构 北京市中咨律师事务所
11247

代理人 段承恩 徐健

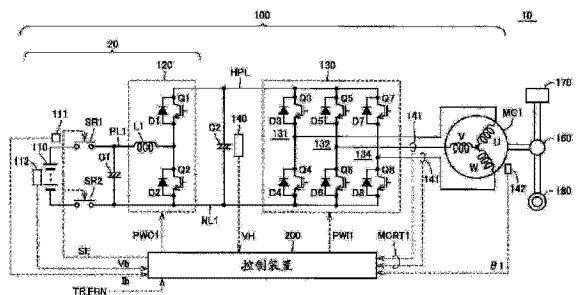
权利要求书 3 页 说明书 20 页 附图 24 页

(54) 发明名称

用于马达驱动系统的控制装置及搭载有该控制装置的车辆

(57) 摘要

一种用于马达驱动系统(100)的控制装置(200),该马达驱动系统包括在转子中具有磁体的交流电动机(MG1)、转换器(120)和变换器(130),该控制装置基于交流电动机(MG1)的转矩指令值生成对转换器(120)的升压指令值。控制装置(200)基于升压指令值和交流电动机(MG1)的驱动状态判定是否应执行弱磁控制,该弱磁控制是使从变换器(130)向交流电动机(MG1)供给的减弱磁体的力的方向的电流增加的控制。并且,控制装置(200)在应执行弱磁控制的情况下且转矩指令值的绝对值比阈值小时,使所生成的升压指令值进一步增加。如此,能够降低弱磁场电流量,因此能够提高马达驱动系统(100)的效率。



1. 一种用于马达驱动系统的控制装置,所述马达驱动系统用于驱动在转子具有磁体的交流电动机(MG1, MG2),

所述马达驱动系统包括:

构成为能够充电的直流电源(110);

第1转换器(120),用于对从所述直流电源(110)供给的电源电压进行升压;和

变换器(130, 135),用于将来自所述第1转换器(120)的直流电力变换为交流电力并驱动所述交流电动机(MG1, MG2),

所述控制装置(200),基于所述交流电动机(MG1, MG2)的转矩指令值,生成对所述第1转换器(120)的升压指令值,基于所述升压指令值和所述交流电动机(MG1, MG2)的驱动状态,判定是否应执行弱磁控制,在应执行所述弱磁控制的情况下且所述转矩指令值的绝对值比阈值小时,使所生成的所述升压指令值进一步增加,所述弱磁控制是使从所述变换器(130, 135)向所述交流电动机(MG1, MG2)供给的减弱所述磁体的力的方向的电流增加的控制。

2. 如权利要求1所述的用于马达驱动系统的控制装置,

在应执行所述弱磁控制的情况下且所述转矩指令值的绝对值比所述阈值小时,基于考虑由控制引起的所述第1转换器(120)的输出电压变动来限制所述升压指令值的第1电压变动成分,使所生成的所述升压指令值进一步增加。

3. 如权利要求1所述的用于马达驱动系统的控制装置,

在应执行所述弱磁控制的情况下且所述转矩指令值的绝对值比所述阈值小时,基于考虑所述第1转换器(120)所包含的开关元件(Q1, Q2)进行开关动作时的电压变动和所述变换器(130, 135)所包含的开关元件(Q3~Q8)进行开关动作时的电压变动中的较小一方来限制所述升压指令值的第2电压变动成分,使所生成的所述升压指令值进一步增加。

4. 如权利要求3所述的用于马达驱动系统的控制装置,

所述第2电压变动成分,对所述第1转换器(120)而言根据在所述第1转换器(120)中流动的电流而确定,对所述变换器(130, 135)而言根据在所述交流电动机(MG1, MG2)中流动的电流而确定。

5. 如权利要求4所述的用于马达驱动系统的控制装置,

在所述第1转换器(120)中流动的电流,基于在所述交流电动机(MG1, MG2)中流动的电流而算出。

6. 如权利要求1至5中任一项所述的用于马达驱动系统的控制装置,

在应执行所述弱磁控制的情况下且所述转矩指令值大致为零时,使所述第1转换器(120)和所述变换器(130, 135)的开关动作停止,并使所生成的所述升压指令值进一步增加至所述第1转换器(120)和所述变换器(130, 135)所包含的开关元件(Q1~Q8)的耐压。

7. 如权利要求6所述的用于马达驱动系统的控制装置,

所述第1转换器(120)所包含的开关元件(Q1, Q2)的耐压,比所述变换器(130, 135)所包含的开关元件(Q3~Q8)的耐压大。

8. 如权利要求6所述的用于马达驱动系统的控制装置,

所述马达驱动系统还包括:

电容器(C3),用于吸收在所述第1转换器(120)和所述变换器(130, 135)之间的电源

节点所产生的电力 ;和

第 2 转换器(125),连接在所述电源节点和所述电容器(C3)之间,

所述控制装置(200),在解除使所述变换器(130,135)和所述第 1 转换器(120)停止的状态的情况下,将所述升压指令值限制到从所述第 1 转换器(120)所包含的开关元件(Q1、Q2)的耐压减去与所述第 1 电压变动成分和所述第 2 电压变动成分的至少一方对应的电压所得到的电压,并控制所述第 2 转换器(125),以使所述电源节点的电压比受到限制的所述升压指令值小。

9. 一种车辆,具有:

在转子具有磁体的交流电动机(MG1, MG2);

构成为能够充电的直流电源(110);

驱动装置,使用来自所述直流电源(110)的电力驱动所述交流电动机(MG1, MG2);和

控制装置(200),用于控制所述驱动装置,

所述驱动装置包括:

变换器(130,135),用于驱动所述交流电动机(MG1, MG2);和

转换器(120),连接在所述直流电源(110)和所述变换器(130,135)之间,构成为在所述直流电源(110)和所述变换器(130,135)之间进行电压变换,

所述控制装置(200),基于所述交流电动机(MG1, MG2)的转矩指令值,生成对所述转换器(120)的升压指令值,基于所述升压指令值和所述交流电动机(MG1, MG2)的驱动状态,判定是否应执行弱磁控制,在应执行所述弱磁控制的情况下且所述转矩指令值的绝对值比阈值小时,使所生成的所述升压指令值进一步增加,所述弱磁控制是使从所述变换器(130,135)向所述交流电动机(MG1, MG2)供给的减弱所述磁体的力的方向的电流增加的控制。

10. 如权利要求 9 所述的车辆,

所述交流电动机包括:

第 1 交流电动机(MG1),主要用于产生所述直流电源(110)的充电电力;和

第 2 交流电动机(MG2),主要用于产生用于使所述车辆(10B)行驶的驱动力,

所述变换器包括:

第 1 变换器(130),用于驱动所述第 1 交流电动机(MG1);

第 2 变换器(135),相对于所述转换器(120)而与所述第 1 变换器(130)并联连接,用于驱动所述第 2 交流电动机(MG2),

所述车辆(10B)还具有:

发动机(170),连接于所述第 1 交流电动机(MG1)以及所述第 2 交流电动机(MG2),构成为与所述第 1 交流电动机(MG1)以及所述第 2 交流电动机(MG2)协调地受所述控制装置(200)控制,产生所述车辆(10B)的驱动力;和

锁止机构(150),构成为能够在预先确定的条件的情况下机械性固定所述第 1 交流电动机(MG1)的旋转,

所述控制装置(200),在通过所述锁止机构(150)使所述第 1 交流电动机(MG1)的旋转固定的情况下,基于所述第 2 交流电动机(MG2)的驱动状态,使所生成的所述升压指令值进一步增加。

11. 如权利要求 10 所述的车辆,

所述控制装置(200),在通过所述锁止机构(150)使所述第1交流电动机(MG1)的旋转固定的情况下,通过所述发动机(170)产生的驱动力来驱动所述车辆(10B),并使所述第1变换器(130)、所述第2变换器(135)以及所述转换器(120)的开关动作停止。

12. 如权利要求9所述的车辆,

所述控制装置(200)具有使对所述车辆(10,10A,10B)提供的驱动力大致为零的空转模式,在设定成所述空转模式的情况下,使所述变换器(130,135)以及所述转换器(120)的开关动作停止。

用于马达驱动系统的控制装置及搭载有该控制装置的车辆

技术领域

[0001] 本发明涉及用于马达驱动系统的控制装置及搭载有该控制装置的车辆,更具体地说,涉及在能够执行弱磁控制的马达驱动系统中降低损耗的马达驱动控制。

背景技术

[0002] 近年来,作为环保型车辆,搭载蓄电装置(例如二次电池、电容器等)并利用根据存储于蓄电装置的电力所产生的驱动力来行驶的车辆受到注目。这样的车辆包括例如电动汽车、混合动力汽车、燃料电池车等。

[0003] 在这些车辆中,为了从存储于蓄电装置的电力生成驱动力,通常具有马达。作为该马达,有时采用在转子内埋入永磁体的永磁体型同步电动机(PM 马达)。在这样的 PM 马达中,为了使用于驱动马达的电流尽量小,有时将从磁体产生的磁力设定得比较强。然而,在这样的情况下,在马达高速旋转时,有可能使通过磁体产生的马达的感应电压(反电动势)比驱动马达的变换器的输入电压大。

[0004] 对于这样的问题,通常已知通过使减弱磁体磁力的方向的磁场电流增加来降低马达的感应电压的所谓弱磁控制。通过使用该弱磁控制,能够在防止难以控制的同时继续驱动马达直到高转速。

[0005] 日本特开 2008-259270 号公报(专利文献 1)公开了如下技术:在电动车辆中,在气压变低的情况等状况中,从部件保护的出发点,在变换器输入电压的目标值发生了变化的情况下,使用于切换进行变换器的栅极切断或进行零转矩控制(弱磁控制)的阈值与电压目标值连动地变化。根据日本特开 2008-259270 号公报(专利文献 1),通过将电动机产生的反电动势作为再生电力流动,能够防止产生不期望的再生制动。

[0006] 现有技术文献

[0007] 专利文献 1:日本特开 2008-259270 号公报

[0008] 专利文献 2:日本特开 2009-065758 号公报

[0009] 专利文献 3:日本特开平 10-066383 号公报

[0010] 专利文献 4:日本特开平 07-107772 号公报

发明内容

[0011] 发明要解决的问题

[0012] 通过进行这样的弱磁控制,能够不会难以控制地驱动马达至高转速。另一方面,由于为了进行弱磁控制而需要使马达电流增加,所以反而增加了由电流增加导致的损耗。因此,在高速区域可能发生不能改善燃料经济性(效率)的情况。

[0013] 本发明是为了解决这样的问题而提出的,其目的在于,在高速区域进行弱磁控制的马达驱动系统中,通过降低弱磁电流量来提高效率。

[0014] 用于解决问题的技术方案

[0015] 本发明的控制装置是一种用于马达驱动系统的控制装置,所述马达驱动系统用于

驱动在转子具有磁体的交流电动机。马达驱动系统包括：构成为能够充电的直流电源；第1转换器，用于对从直流电源供给的电源电压进行升压；和变换器，用于将来自第1转换器的直流电力变换为交流电力并驱动交流电动机。控制装置基于交流电动机的转矩指令值，生成对第1转换器的升压指令值。另外，控制装置基于升压指令值和交流电动机的驱动状态，判定是否应执行弱磁控制，所述弱磁控制是使从变换器向交流电动机供给的减弱磁体的力的方向的电流增加的控制。并且，控制装置在应执行弱磁控制的情况下且转矩指令值的绝对值比阈值小时，使所生成的升压指令值进一步增加。

[0016] 优选，控制装置，在应执行弱磁控制的情况下且转矩指令值的绝对值比阈值小时，基于考虑由控制引起的第1转换器的输出电压变动来限制升压指令值的第1电压变动成分，使所生成的升压指令值进一步增加。

[0017] 优选，控制装置，在应执行弱磁控制的情况下且转矩指令值的绝对值比阈值小时，基于考虑第1转换器所包含的开关元件进行开关动作时的电压变动和变换器所包含的开关元件进行开关动作时的电压变动中的较小一方来限制升压指令值的第2电压变动成分，使所生成的升压指令值进一步增加。

[0018] 优选，第2电压变动成分，对第1转换器而言根据在第1转换器中流动的电流而确定，对变换器而言根据在交流电动机中流动的电流而确定。

[0019] 优选，在第1转换器中流动的电流，基于在交流电动机中流动的电流而算出。

[0020] 优选，控制装置，在应执行弱磁控制的情况下且转矩指令值大致为零时，使第1转换器和变换器的开关动作停止，并使所生成的升压指令值进一步增加至第1转换器和变换器所包含的开关元件的耐压。

[0021] 优选，第1转换器所包含的开关元件的耐压，比变换器所包含的开关元件的耐压大。

[0022] 优选，马达驱动系统还包括：电容器，用于吸收在第1转换器和变换器之间的电源节点所产生的电力；和第2转换器，连接在电源节点和电容器之间。控制装置，在解除使变换器和第1转换器停止的状态的情况下，将升压指令值限制到从第1转换器所包含的开关元件的耐压减去与第1电压变动成分和第2电压变动成分的至少一方对应的电压所得到的电压，并控制第2转换器，以使电源节点的电压比受到限制的升压指令值小。

[0023] 本发明的车辆具有：在转子具有磁体的交流电动机；构成为能够充电的直流电源；驱动装置，使用来自直流电源的电力驱动交流电动机；和控制装置，用于控制驱动装置。驱动装置包括：变换器，用于驱动交流电动机；和转换器，连接在直流电源和变换器之间，构成为在直流电源和变换器之间进行电压变换。控制装置基于交流电动机的转矩指令值，生成对转换器的升压指令值。另外，控制装置基于升压指令值和交流电动机的驱动状态，判定是否应执行弱磁控制，所述弱磁控制是使从变换器向交流电动机供给的减弱磁体的力的方向的电流增加的控制。并且，控制装置在应执行弱磁控制的情况下且转矩指令值的绝对值比阈值小时，使所生成的升压指令值进一步增加。

[0024] 优选，交流电动机包括：第1交流电动机，主要用于产生直流电源的充电电力；和第2交流电动机，主要用于产生用于使车辆行驶的驱动力。变换器包括：第1变换器，用于驱动第1交流电动机；第2变换器，相对于转换器而与第1变换器并联连接，用于驱动第2交流电动机。另外，车辆还具有发动机和锁止机构。发动机连接于第1交流电动机以及第

2 交流电动机,构成为与第 1 交流电动机以及第 2 交流电动机协调地受控制装置控制,产生车辆的驱动力。锁止机构构成为能够在预先确定的条件的情况下机械性固定第 1 交流电动机的旋转。并且,控制装置在通过锁止机构使第 1 交流电动机的旋转固定的情况下,基于第 2 交流电动机的驱动状态,使所生成的升压指令值进一步增加。

[0025] 优选,控制装置,在通过锁止机构使第 1 交流电动机的旋转固定的情况下,通过发动机产生的驱动力来驱动车辆,并使第 1 变换器、第 2 变换器以及转换器的开关动作停止。

[0026] 优选,控制装置具有使对车辆提供的驱动力大致为零的空转模式,在设定成空转模式的情况下,使变换器以及转换器的开关动作停止。

[0027] 发明的效果

[0028] 根据本发明,在高速区域进行弱磁控制的马达驱动系统中,能够通过降低弱磁电流流量来提高效率。

附图说明

[0029] 图 1 是搭载有适用了本实施方式的交流电动机的控制装置的马达驱动系统的车辆的整体结构图。

[0030] 图 2 是概略说明本实施方式的马达驱动系统中的交流电动机的控制模式的图。

[0031] 图 3 是表示交流电动机的动作状态与控制模式的对应关系的图。

[0032] 图 4 是表示交流电动机的转速与转矩指令值的关系的图。

[0033] 图 5 是表示交流电动机的转速、交流电动机所产生的感应电压和马达电流的关系的图。

[0034] 图 6 是用于说明在转换器和变换器的设计时,确定系统电压的最大值的概略的方法的图。

[0035] 图 7 是用于说明实施方式 1 中的使系统电压的最大值缓和的方法的图。

[0036] 图 8 是表示实施方式 1 中的交流电动机的转速与转矩指令值的关系的图。

[0037] 图 9 是表示适用了实施方式 1 的马达驱动控制的情况下的交流电动机的转速、交流电动机所产生的感应电压和马达电流的关系的图。

[0038] 图 10 是表示适用了实施方式 1 的情况下的系统电压、转矩指令值和转速的关系的一例的时序图。

[0039] 图 11 是用于说明实施方式 1 中由控制装置所执行的马达驱动控制的功能框图。

[0040] 图 12 是用于说明实施方式 1 中由控制装置所执行的马达驱动控制处理的详细内容的流程图。

[0041] 图 13 是用于说明实施方式 2 中的使系统电压的最大值缓和的方法的图。

[0042] 图 14 是表示变换器中的马达电流和通过此时的开关动作所产生的开关浪涌电压的关系的一例的图。

[0043] 图 15 是表示转换器中的在电抗器中流动的电抗器电流和通过此时的开关动作所产生的开关浪涌电流的关系的一例的图。

[0044] 图 16 是用于说明实施方式 2 中由控制装置所执行的马达驱动控制处理的详细内容的流程图。

[0045] 图 17 是用于说明实施方式 3 的概要的图。

- [0046] 图 18 是表示实施方式 3 中的转矩指令值和转速的关系的图。
- [0047] 图 19 是表示实施方式 3 中的交流电动机的转速、交流电动机所产生的感应电压和马达电流的关系的图。
- [0048] 图 20 是表示适用了实施方式 3 的情况下的系统电压、转矩指令值和转速的关系的一例的时序图。
- [0049] 图 21 是用于说明实施方式 3 中由控制装置所执行的马达驱动控制处理的详细内容的流程图。
- [0050] 图 22 是表示实施方式 4 中的转换器和变换器的耐压的比较的图。
- [0051] 图 23 是搭载有适用了实施方式 5 的交流电动机的控制装置的马达驱动系统的车辆的整体结构图。
- [0052] 图 24 是表示适用了实施方式 5 的情况下的系统电压、转矩指令值和转速的关系的一例的时序图。
- [0053] 图 25 是用于说明实施方式 5 中由控制装置所执行的马达驱动控制的功能框图。
- [0054] 图 26 是用于说明实施方式 5 中由控制装置所执行的马达驱动控制处理的详细内容的流程图。
- [0055] 图 27 是搭载有适用了实施方式 6 的交流电动机的控制装置的马达驱动系统的车辆的整体结构图。
- [0056] 图 28 是用于说明实施方式 6 中的马达驱动控制的概要内容的列线图。
- [0057] 图 29 是用于说明实施方式 6 中由控制装置所执行的马达驱动控制处理的详细内容的流程图。
- [0058] 图 30 是用于说明实施方式 7 中由控制装置所执行的马达驱动控制处理的详细内容的流程图。
- [0059] 图 31 是用于说明实施方式 7 的变形例中由控制装置所执行的马达驱动控制处理的详细内容的流程图。

具体实施方式

[0060] 下面,参照附图详细说明本发明的实施方式。此外,对图中相同或相当部分标注同一附图标记并不重复对其说明。

[0061] [电动机控制的整体结构]

[0062] 图 1 是搭载有适用了本实施方式的交流电动机的控制装置的马达驱动系统 100 的车辆 10 的整体结构图。

[0063] 参照图 1,车辆 10 具有马达驱动系统 100、动力传递传动装置(动力传递齿轮)160、发动机 170 和驱动轮 180。另外,马达驱动系统 100 包括直流电压产生部 20、电容器 C2、变换器(inverter) 130、交流电动机 MG1 和控制装置 200。

[0064] 此外,在本实施方式中,虽然车辆 10 以如图 1 那样具有交流电动机 MG1 和发动机 170 的混合动力车辆为例来说明,但是车辆 10 只要是使用电能通过电动机来产生驱动力的车辆就不限于该结构,即,车辆 10 除了混合动力汽车以外,还包括电动汽车和燃料电池车等。

[0065] 交流电动机 MG1 在车辆 10 中是用于产生用来驱动驱动轮 180 的转矩的驱动用

电动机。或者,该交流电动机 MG1 可以构成为具有由发动机 170 驱动的发电机的功能,也可以构成为同时具有电动机和发电机的功能。进而,交流电动机 MG1 对发动机 170 作为电动机进行动作,例如,也可以作为能够使发动机起动这样的构件安装在混合动力汽车上。即,在本实施方式中,“交流电动机”包括交流驱动的电动机、发电机和电动发电机(motor generator)。

[0066] 交流电动机 MG1 的输出转矩经由由减速器、动力分配机构构成的动力传递传动装置 160 传递到驱动轮 180 来使车辆 10 行驶。交流电动机 MG1 在车辆 10 进行再生制动动作时,能够通过驱动轮 180 的旋转力进行发电。并且,该发电电力通过变换器 130 变换为直流电源 110 的充电电力。

[0067] 另外,交流电动机 MG1 经由动力传递传动装置 160 连接于发动机 170。并且,通过控制装置 200 使发动机 170 和交流电动机 MG1 协调动作,产生所需的车辆驱动力。在该情况下,也能够使用由发动机的旋转产生的发电电力对直流电源 110 充电。此外,在图 1 中,虽然示出了交流电动机和变换器各是 1 个的结构,但是也能够做成具有多个交流电动机与变换器的对的结构。

[0068] 直流电压产生部 20 包括直流电源 110、系统继电器 SR1、SR2、电容器 C1 和转换器 120。

[0069] 直流电源 110 代表性地构成为包括具有镍氢电池或锂离子电池等二次电池或电双层电容器等的蓄电装置。直流电源 110 输出的直流电压 V_b 和输入输出的直流电流 I_b 分别通过电压传感器 112 和电流传感器 111 检测。这些检测值被传递至控制装置 200。

[0070] 系统继电器 SR1 连接于直流电源 110 的正极端子和电力线 PL1 之间。系统继电器 SR2 连接于直流电源 110 的负极端子和接地线 NL1 之间。系统继电器 SR1、SR2 通过来自控制装置 200 的信号 SE 被控制接通断开,在直流电源 110 和转换器 120 之间的电力的供给和切断之间进行切换。

[0071] 转换器 120 包括电抗器 L1、开关元件 Q1、Q2 和二极管 D1、D2。开关元件 Q1 和 Q2 在电力线 HPL 和接地线 NL1 之间串联连接。开关元件 Q1 和 Q2 的导通截止受来自控制装置 200 的开关控制信号 PWC1 控制。

[0072] 在本实施方式中,作为开关元件,能够使用 IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor :绝缘栅双极型晶体管)、电力用 MOS (Metal Oxide Semiconductor :金属氧化物半导体) 晶体管或者电力用双极晶体管等。相对开关元件 Q1、Q2 配置有反并联二极管 D1、D2。电抗器 L1 连接在开关元件 Q1 与 Q2 的连接节点和电力线 PL1 之间。另外,电容器 C2 连接在电力线 HPL 和接地线 NL1 之间。

[0073] 变换器 130 构成为包括在电力线 HPL 和接地线 NL1 之间并联设置的 U 相上下支路 (arm, 臂) 131、V 相上下支路 132 和 W 相上下支路 133。各相上下支路由在电力线 HPL 和接地线 NL1 之间串联连接的开关元件构成。例如, U 相上下支路 131 包含开关元件 Q3、Q4, V 相上下支路 132 包含开关元件 Q5、Q6, W 相上下支路 133 包含开关元件 Q7、Q8。另外,相对开关元件 Q3~Q8 分别连接有反并联二极管 D3~D8。开关元件 Q3~Q8 的导通截止受来自控制装置 200 的开关控制信号 PW11 控制。

[0074] 代表性地,交流电动机 MG1 是 3 相永磁体型同步电动机,U、V、W 相的 3 个线圈的一端共同连接于中性点。进而,各相线圈的另一端与各相上下支路 131~132 的开关元件的中

间点连接。

[0075] 转换器 120 基本上被控制为在各开关周期内开关元件 Q1 和 Q2 互补且交互导通截止。转换器 120 在进行升压动作时将从直流电源 110 供给的直流电压 V_b 升压为直流电压 V_H (以下,也将与向变换器 130 输入的电压相当的该直流电压称为“系统电压”)。该升压动作通过将开关元件 Q2 导通期间积蓄于电抗器 L1 的电磁能经由开关元件 Q1 和反并联二极管 D1 向电力线 HPL 供给来进行。

[0076] 另外,转换器 120 在进行降压动作时,将直流电压 V_H 降压为直流电压 V_b 。该降压动作是通过将开关元件 Q1 导通期间积蓄于电抗器 L1 的电磁能经由开关元件 Q2 和反并联二极管 D2 向接地线 NL1 供给来进行。这些升压动作和降压动作中的电压变换比(V_H 与 V_b 之比)受上述开关周期中的开关元件 Q1、Q2 的导通期间比(占空比)控制。此外,若分别将开关元件 Q1 和 Q2 固定为导通和截止,则 $V_H=V_b$ (电压变换比=1.0)。

[0077] 电容器 C2 使来自转换器 120 的直流电压平滑化,并将该平滑化后的直流电压向变换器 130 供给。电压传感器 140 检测电容器 C2 两端的电压、即检测系统电压 V_H ,并将该检测值向控制装置 200 输出。

[0078] 变换器 130 在交流电动机 MG1 的转矩指令值为正($TR > 0$)的情况下,若从电容器 C2 被供给直流电压,则通过对来自控制装置 200 的开关控制信号 PWI1 进行了响应的开关元件 Q3~Q8 的开关动作来驱动交流电动机 MG1,以将直流电压变换为交流电压来输出正转矩。另外,变换器 130 在交流电动机 MG1 的转矩指令值为零的情况下($TR=0$),通过对开关控制信号 PWI1 进行了响应的开关动作来驱动交流电动机 MG1,以将直流电压变换为交流电压并使转矩变为零。由此,交流电动机 MG1 被驱动,以产生由转矩指令值 TR 指定的零转矩或正转矩。

[0079] 进而,在搭载有马达驱动系统 100 的车辆进行再生制动时,交流电动机 MG1 的转矩指令值 TR 被设定为负($TR < 0$)。在该情况下,变换器 130 通过响应了开关控制信号 PWI1 的开关动作,将交流电动机 MG1 发电产生的交流电压变换为直流电压,并将该变换后的直流电压(系统电压)经由电容器 C2 向转换器 120 供给。此外,这里所说的再生制动包括在伴随驾驶车辆的驾驶员操作脚踏式制动器的情况下的再生发电的制动、或虽然不操作脚踏式制动器,但在行驶中通过释放加速踏板使得一边进行再生发电一边使车辆减速(或加速的中止)。

[0080] 电流传感器 141 检测在交流电动机 MG1 中流动的马达电流 MCRT1,并将该检测到的马达电流向控制装置 200 输出。此外,由于 U 相、V 相、W 相这三相电流的瞬时值之和为零,所以如图 1 所示电流传感器 141 被配置为检测 2 相的马达电流(例如,V 相电流和 W 相电流)即足以。

[0081] 旋转角传感器(resolver) 142 检测交流电动机 MG1 的旋转角 θ_1 ,并将该检测到的旋转角 θ_1 向控制装置 200 输出。在控制装置 200 中,能够基于旋转角 θ_1 计算出交流电动机 MG1 的转速 MRN1 和角速度 ω_1 (rad/s)。此外,由于可通过控制装置 200 根据马达电压和 / 或电流直接计算旋转角 θ_1 ,也可以省略配置旋转角传感器 142,。

[0082] 控制装置 200 由电子控制单元构成,通过用未图示的 CPU 执行预先存储的程序来实现的软件处理和 / 或通过专用的电子电路来实现的硬件处理,控制马达驱动系统 100 的动作。

[0083] 作为代表性的功能,控制装置 200 基于所输入的转矩指令值 TR、通过电压传感器 112 检测到的直流电压 Vb、通过电流传感器 111 检测到的直流电流 Ib、通过电压传感器 140 检测到的系统电压 VH 和来自电流传感器 141 的马达电流 MCRT1、来自旋转角传感器 142 的旋转角 $\theta 1$ 等,控制转换器 120 和变换器 130 的动作,以使交流电动机 MG1 输出按照转矩指令值 TR 得到的转矩。即,生成如以上所述用于控制转换器 120 和变换器 130 的开关控制信号 PWC1、PWI1,并向转换器 120 和变换器 130 输出。

[0084] 在转换器 120 进行升压动作时,控制装置 200 对系统电压 VH 进行反馈控制,生成开关控制信号 PWC1,以使系统电压 VH 与升压指令值一致。

[0085] 另外,控制装置 200 在车辆为再生制动模式时,生成开关控制信号 PWI1 并向变换器 130 输出,以使交流电动机 MG1 发电产生的交流电压变换为直流电压。由此,变换器 130 将交流电动机 MG1 发电产生的交流电压变换为直流电压并向转换器 120 供给。

[0086] 进而,控制装置 200 在车辆为再生制动模式时,生成开关控制信号 PWC1 并向转换器 120 输出,以使从变换器 130 供给的直流电压降压。由此,交流电动机 MG1 发电产生的交流电压被变换为直流电压进而被降压并向直流电源 110 供给。

[0087] [控制模式的说明]

[0088] 进一步详细说明通过控制装置 200 对交流电动机 MG1 的控制。

[0089] 图 2 是概略说明本实施方式的马达驱动系统中的交流电动机 MG1 的控制模式的图。

[0090] 如图 2 所示,在本实施方式的马达驱动系统 100 中,关于交流电动机 MG1 的控制、即变换器 130 中的电力变换,在正弦波 PWM 控制、过调制 PWM 控制和矩形波控制这 3 个控制模式之间切换使用。

[0091] 正弦波 PWM 控制作为一般的 PWM 控制来使用,按照正弦波状的电压指令与载波(代表性的为三角波)的电压比较来控制各相上下支路元件的导通截止。其结果,针对与上支路元件的导通期间对应的高电平期间和与下支路元件的导通期间对应的低电平期间的集合来控制占空比,以使一定期间内该基本波成分为正弦波。如周知那样,在将正弦波状的电压指令的振幅限制在载波振幅以下的范围的正弦波 PWM 控制中,仅能够将向交流电动机 MG1 的施加电压(以下,也简称为“马达施加电压”)的基本波成分提高至变换器的直流链电压的约 0.61 倍左右。以下,在本说明书中,将马达施加电压(线间电压)的基本波成分(有效值)对变换器 130 的直流链电压(即系统电压 VH)之比称为“调制率”。

[0092] 在正弦波 PWM 控制中,由于正弦波的电压指令的振幅在载波振幅以下的范围,所以施加于交流电动机 MG1 的线间电压为正弦波。

[0093] 另一方面,在矩形波控制中,在上述一定期间内,在交流电动机上施加高电平期间与低电平期间之比为 1:1 的矩形波 1 脉冲量。由此,将调制率提高至 0.78。

[0094] 过调制 PWM 控制在电压指令(正弦波成分)的振幅比载波振幅大的范围内进行与上述正弦波 PWM 控制同样的 PWM 控制。尤其能够通过使电压指令从本来的正弦波波形歪斜(振幅校正)来提高基本波成分,从而能够将调制率提高到从正弦波 PWM 控制模式下的最高调制率到 0.78 的范围。在过调制 PWM 控制中,由于电压指令(正弦波成分)的振幅比载波振幅大,所以施加于交流电动机 MG1 的线间电压不是正弦波而是歪斜后的电压。

[0095] 在交流电动机 MG1 中,由于转速或输出转矩增加时感应电压变高,所以所需的驱

动电压(马达所需电压)变高。通过转换器 120 升压后的升压电压、即系统电压 V_H 需要设定地比该马达所需电压高。另一方面,通过转换器 120 升压后的升压电压、即系统电压 V_H 存在临界值(V_H 最大电压)。

[0096] 因此,根据交流电动机 MG1 的动作状态,选择性地适用通过马达电流的反馈来控制马达施加电压(交流)的振幅和相位的正弦波 PWM 控制、过调制 PWM 控制的 PWM 控制模式、和矩形波控制模式中的任一个。

[0097] 在矩形波控制中,由于马达施加电压的振幅固定,所以能够控制的参数仅为马达施加电压的相位。在矩形波控制中,基于目标的转矩指令值与转矩实际值的偏差,有时执行直接控制矩形波电压脉冲的相位的转矩反馈控制,有时与 PWM 控制同样地通过马达电流的反馈来控制马达施加电压的相位。此外,在矩形波控制中,通过控制马达施加电压的相位,作为结果,对减弱转子的永磁体的磁力这样的磁场成分的电流进行控制。即,矩形波控制的区域相当于后述的弱磁控制区域。

[0098] 图 3 中示出了交流电动机 MG1 的动作状态与上述的控制模式的对应关系。

[0099] 参照图 3,概略地说,在低转速域 A1 中为减小转矩变动而使用正弦波 PWM 控制、在中旋转域 A2 适用过调制 PWM 控制、在高转速域 A3 中适用矩形波控制。尤其,通过适用过调制 PWM 控制和矩形波控制,实现交流电动机 MG1 的输出的提高。这样,基本上在能够实现的调制率的范围内,确定使用图 2 所示的控制模式中的哪一个。

[0100] [实施方式 1]

[0101] 在这样的马达驱动系统中,为了如上述那样使交流电动机 MG1 高转速或高输出,需要提高系统电压 V_H 。然而,该系统电压 V_H 也不能够设定地任意高,基本上受转换器和/或变换器等设备的耐压(withstandvoltage,耐电压)所限制。

[0102] 图 4 与图 3 同样是表示交流电动机 MG1 的转速 $MRN1$ 与转矩指令值 TR 的关系的图。在图 4 中,曲线 W2 示出了系统电压 V_H 成为最大值的临界值。

[0103] 即,曲线 W2 的低转速侧或低输出侧是系统电压 V_H 可变的区域,在该区域中,通过上述的 PWM 控制(正弦波 PWM 控制和过调制 PWM 控制),能够通过控制马达施加电压的大小来得到所希望的转速和输出转矩。然而,在曲线 W2 的高转速侧或高输出侧,由于系统电压 V_H 已经到达最大值,所以无法控制系统电压 V_H 的大小。因此,如上所述在该区域中,控制施加于马达的矩形波电压脉冲的相位。换言之,在对向马达供给的电流进行了 d 轴和 q 轴这 2 相矢量变换的情况下,进行弱磁控制以使相当于所谓磁场电流成分的 d 轴电流增加来减弱磁体的强度。如此,在将系统电压 V_H 固定为最大值的状态下,能够继续运转至高转速。此外,在图 4 中,仅示出了转矩指令值 TR 为正的情况,即牵引(力行)的情况,但转矩指令值 TR 为负的再生的情况下也是同样的。

[0104] 图 5 是表示交流电动机 MG1 的转速 $MRN1$ 、交流电动机 MG1 所产生的感应电压(逆起电压)以及马达电流 $MCRT1$ 的关系的一例的图。

[0105] 交流电动机 MG1 所产生的感应电压,在将磁场设为恒定的情况下,如图 5 中的曲线 W5 所示,与转速 $MRN1$ 成比例增加。并且,在将由转换器和变换器等电气设备确定的系统电压 V_H 的最大值设为 V_{dc} 的情况下,若成为比达到该最大值 V_{dc} 与交流电动机 MG1 的感应电压平衡的点 P1 的转速 $N1$ 高的转速,则感应电压会大于最大系统电压 V_{dc} 。这样,通过施加超过了电气设备的耐压的电压,有可能导致设备的破损和劣化等。

[0106] 因此,如图 5 中的曲线 W7 所示,通过在马达电流 MCRT1 中使减弱磁体的强度的电流(磁场电流)增加,进行控制以使交流电动机 MG1 所产生的感应电压降低,使感应电压不超过最大系统电压 Vdc。

[0107] 通过进行这样的弱磁控制,在使感应电压不超过最大系统电压 Vdc 的同时,能够使交流电动机 MG1 运转至高转速,但是另一方面,如图 5 中的 W7 所示向交流电动机 MG1 供给的电流增加。因此,由该增加后的电流导致的损耗增加,尤其在高速运转区域可能引起无法提高效率的情况。

[0108] 另外,即使在弱磁控制的区域中,例如,图 1 所示的车辆 10 在高速道路高速行驶中松开加速踏板惯性行驶这样的转矩指令值小的运转状态的情况下,由于作为马达电流的转矩成分的 q 轴电流减小,所以与此对应因控制导致的电压变动可能减小。因此,有时能够使考虑该电压变动所确定的最大系统电压 Vdc 缓和。

[0109] 因此,在本实施方式 1 中,在进行弱磁控制的马达驱动系统中,在转矩指令值小的情况下,通过使执行弱磁控制的区域尽可能向高速侧移动,从而进行能够继续 PWM 控制直到高速侧为止的马达驱动控制。由此,能够在高转速区域降低用于弱磁控制的电流,能够提高马达驱动系统的效率。

[0110] 使用图 6 至图 9 来说明本实施方式 1 中的马达驱动控制的概要内容。

[0111] 图 6 是用于说明在转换器 120 和变换器 130 的设计时确定系统电压 VH 的最大值 Vdc 的概略的方法的图。

[0112] 参照图 6,一般来说,系统电压 VH 的最大值 Vdc 通过这些电气设备所包含的开关元件的静态耐压确定。即,在将开关元件单个的耐压 Vmax 设为图 6 中的 V3 的情况下,从开关元件单个的耐压 Vmax 减去因通常的控制变动可能产生的电压变动成分 $\Delta V1$ 、因开关元件进行开关动作时产生的浪涌电流所产生的电压变动成分 $\Delta V2$ 、以及因电流传感器和电压传感器的检测误差产生的电压变动成分 $\Delta V3$ 所得到的电压 V0,被确定为系统电压 VH 的最大值 Vdc。

[0113] 如上所述,在转矩指令值非常小的情况下,由于因控制变动可能产生的电压变动成分小,所以有时可以不考虑图 6 说明的 $\Delta V1$ 。因此,在本实施方式 1 中,在只要是通常就成为弱磁控制的区域中,在转矩指令值比预定的基准值小的情况下,如图 7 那样通过将系统电压 VH 的最大值缓和至 Vdc1 (=V1) 来增加升压指令值并判断是否执行弱磁控制。

[0114] 图 8 是表示在实施方式 1 的情况下的、与图 4 同样的交流电动机 MG1 的转速 MRN1 与转矩指令值 TR 的关系的图。在图 8 中,本实施方式 1 的作为对象的区域是用虚线围起来的区域 RG1 所示的高转速且低转矩指令的区域。在本实施方式中,在符合该区域 RG1 的情况下,通过缓和系统电压 VH 的最大值来使升压指令值增加。由此,系统电压 VH 最大的曲线从虚线 W12 向高转速一侧的实线 W13 移动。其结果,从与通常相比转速高的转速开始进行弱磁控制。

[0115] 图 9 是适用了本实施方式 1 的马达驱动控制的情况下的与图 5 对应的交流电动机 MG1 的转速 MRN1、交流电动机 MG1 所产生的感应电压和马达电流 MCRT1 的关系的一例的图。

[0116] 参照图 9,在以图 8 的区域 RG1 所示这样的高转速且低转矩指令的运转状态下,如图 7 那样,系统电压 VH 的最大值被设定为 Vdc1 (=V1)。由此,继续 PWM 控制直到马达的感应电压成为图 9 中的点 P2 为止,从马达的感应电压到达点 P2 的时刻起开始进行弱磁控制。

由此, 马达电流 MCRT1 从虚线的曲线 W17 变为实线的曲线 W18。其结果, 降低了因弱磁控制所增加的电流, 能够降低高转速侧的损耗。

[0117] 图 10 是表示适用了本实施方式 1 的情况下的系统电压 VH、转矩指令值 TR 以及转速 MRN1 的关系的一例的时序图。在图 10 中, 横轴表示时间, 纵轴表示系统电压 VH、转矩指令值 TR 以及转速 MRN1。

[0118] 参照图 10, 到时刻 t1 为止, 转速 MRN1 和转矩指令值 TR 有增加的倾向, 与此同时, 系统电压 VH 也增加。并且, 进行控制以使得: 在时刻为 t1 的时刻系统电压 VH 到达最大值 Vdc, 系统电压 VH 不超过最大值 Vdc。

[0119] 然后, 转矩指令值 TR 逐渐下降, 在成为转矩指令值 TR 为 $|TR| \leq TR_{th}$ 的预定范围的时刻 t2, 系统电压 VH 的最大值被缓和为 $V_{dc} + \alpha$ 。与此相应, 升压指令值增加, 如上所述弱磁控制在更高转速侧开始。之后, 从时刻 t2 到时刻 t3 之间, 由于转矩指令值 TR 在预定范围内, 所以系统电压 VH 的最大值缓和的状态被维持。

[0120] 在时刻 t3 后, 由于转矩指令值 TR 比预定范围的下限值 $-TR_{th}$ 小, 所以解除系统电压 VH 的最大值的缓和状态, 最大值再次返回至 Vdc。

[0121] 图 11 是用于说明在本实施方式 1 中由图 1 的控制装置 200 所执行的马达驱动控制的功能框图。图 11 和后述的图 25 所说明的功能框图所记载的各功能框是通过控制装置 200 的硬件的或软件的处理来实现的。

[0122] 参照图 1 和图 11, 控制装置 200 包括 VH 电压指令生成部 210、指令修正部 220、转换器控制部 230、弱磁控制判定部 240、变换器控制部 250 和加法部 260。

[0123] VH 电压指令生成部 210 接收转矩指令值 TR 和交流电动机 MG1 的转速 MRN1。并且, VH 电压指令生成部 210 基于这些信息, 通过参照在 VH 电压指令生成部 210 内预先存储的映射 (map) 等, 通过计算来生成系统电压 VH 的电压指令值 VR*。VH 电压指令生成部 210 将通过计算求出的电压指令值 VR* 向指令修正部 220 和加法部 260 输出。

[0124] 指令修正部 220 接收转矩指令值 TR 以及交流电动机 MG1 的转速 MRN1、和来自 VH 电压指令生成部 210 的电压指令值 VR*。另外, 指令修正部 220 接收交流电动机 MG1 的马达电流 MCRT1。指令修正部 220 基于这些信息, 判定是否为例如图 8 中的区域 RG1 那样的高转速且低转矩区域, 电压指令值 VR* 是否为系统电压 VH 的最大值 Vdc。并且, 指令修正部 220 在判定为上述条件成立的情况下, 如图 7 和图 9 说明的那样, 缓和系统电压 VH 的最大值 Vdc, 设定用于增加电压指令值的修正量 ΔVR 。指令修正部 220 将已设定的修正量 ΔVR 向加法部 260 输出。此外, 在不需要修正的情况下, 将修正量 ΔVR 设定为零。

[0125] 加法部 260 接收来自 VH 电压指令生成部 210 的电压指令值 VR* 和来自指令修正部 220 的修正量 ΔVR 。然后, 加法部 260 将它们相加, 并将修正后的电压指令值 $VR (=VR* + \Delta VR)$ 向转换器控制部 230 和弱磁控制判定部 240 输出。

[0126] 转换器控制部 230 接收来自加法部 260 的修正后的电压指令值 VR 和电压传感器 140 所检测出的系统电压 VH。然后, 转换器控制部 230 进行反馈控制以使系统电压 VH 成为修正后的电压指令值 VR, 生成控制信号 PWC1 并将其向转换器 120 输出。

[0127] 弱磁控制判定部 240 接收转矩指令值 TR、交流电动机 MG1 的转速 MRN1 和来自加法部 260 的修正后的电压指令值 VR。弱磁控制判定部 240 如图 8 和图 9 所示那样, 缓和系统电压 VH 的最大值 Vdc 并在电压指令值增加了的状态 (即, 弱磁控制区域移动到高转速侧的

状态)下判断是否根据转矩指令值 TR 和转速 MRN1 来判定是否进行弱磁控制。然后,弱磁控制判定部 240 设定表示判定的结果的控制信号 FWK,并将其向变换器控制部 250 输出。控制信号 FWK 例如在进行弱磁控制的情况下被设定为有效,在不进行弱磁控制的情况下被设定为无效。

[0128] 变换器控制部 250 接收转矩指令值 TR、交流电动机 MG1 的转速 MRN1、来自弱磁控制判定部 240 的控制信号 FWK 和马达电流 MCRT1。变换器控制部 250 基于这些信息,生成用于驱动变换器 130 的控制信号 PWI1,并将其向变换器 130 输出。此时,在控制信号 FWK 被设定为有效的情况下,变换器控制部 250 生成使减弱交流电动机 MG1 内的磁体的强度的方向的电流增加这样的控制信号 PWI1。

[0129] 图 12 是用于说明实施方式 1 中由控制装置 200 所执行的马达驱动控制处理的详细内容的流程图。图 12 和后述的图 16、图 21、图 26、图 29 所示的流程图中的各步骤是通过从主程序调出预先存储于控制装置 200 的程序并以预定周期执行来实现的。或者,一部分步骤也能够构建专用的硬件(电子电路)来实现处理。此外,在图 12 的流程图中,针对图 11 的功能框图中的 VH 电压指令生成部 210、指令修正部 220 和加法部 260 所执行的处理来进行说明。

[0130] 参照图 1 和图 12,控制装置 200 在步骤(以下,将步骤省略为 S。)100 中,基于转矩指令值 TR 和交流电动机 MG1 的转速 MRN1,通过计算来生成变换器 120 的升压电压指令值 VR^* 。

[0131] 然后,控制装置 200 在 S110 中判定电压指令值 VR^* 是否成为系统电压 VH 的最大值 Vdc。

[0132] 在电压指令值 VR^* 为系统电压 VH 的最大值 Vdc 的情况下(在 S110 中是),处理接着前进至 S120,控制装置 200 例如使用图 4 所示的映射,根据转矩指令值 TR 和转速 MRN1 来判定是否处于系统电压 VH 的最大值为 Vdc 的情况下的弱磁控制区域。此外,针对弱磁区域的判定,如图 2 所说明的那样,也可以基于调制率判定是否切换至矩形波控制模式。

[0133] 在判定为处于弱磁控制区域的情况下(在 S120 中是),处理前进至 S130,控制装置 200 判定转矩指令值 TR 的绝对值是否比阈值 TRth 小。

[0134] 在转矩指令值 TR 的绝对值比阈值 TRth 小的情况下(在 S130 中是),控制装置 200 判断为能够缓和系统电压 VH 的最大值 Vdc。然后,控制装置 200 在 S140 中,将缓和后的最大值($Vdc + \alpha$)设定为在变换器 120 的修正后的电压指令值 VR。此外,上述的 α 与图 11 的修正值 ΔVR 对应。

[0135] 之后,处理返回至主程序,基于修正后的电压指令值 VR,控制变换器 120,并判定能否实施弱磁控制来控制变换器 130。

[0136] 在电压指令值 VR^* 不是系统电压 VH 的最大值 Vdc 的情况下(在 S110 中否),在判定不处于弱磁控制区域的情况下(在 S120 中否)或在转矩指令值 TR 的绝对值在阈值 TRth 以上的情况下(在 S130 中否),都不需要修正电压指令值 VR^* ,因此处理返回至主程序。然后,基于修正前的电压指令值 VR^* 判断可否实施弱磁控制,并控制变换器 120 和变换器 130。

[0137] 通过按照以上的处理进行控制,在低转矩指令的情况下,在使马达继续运转直到高转速的同时,通过降低用于弱磁控制的电流,能够不会难以控制地提高马达驱动系统的效率。

[0138] [实施方式 2]

[0139] 在实施方式 1 中,针对以下方法进行了说明:在低转矩指令的情况下,针对系统电压 V_H 的最大值 V_{dc} ,通过缓和因控制变动导致的电压变动量来使升压指令值增加,使弱磁控制区域向高速侧移动,改善效率。

[0140] 在实施方式 2 中,针对以下方法进行说明:进而,通过考虑在变换器和转换器中流动的电流的大小,针对因变换器和转换器进行开关动作时产生的开关浪涌导致的电压变动量,使升压指令值增加,从而进一步改善效率。

[0141] 图 13 与图 6 和图 7 同样是表示变换器和转换器所包含的开关元件的耐压的图。在实施方式 2 中,除了作为因实施方式 1 的控制变动导致的电压变动量的 ΔV_1 ,还考虑因开关浪涌导致的电压变动量 ΔV_2 ,对系统电压 V_H 的最大值 V_{dc} 进行缓和,使升压指令值最大增加至电压 V_2 。

[0142] 图 14 是表示变换器 130 中的马达电流 $MCRT1$ 和通过此时的开关动作产生的开关浪涌电压 β 的关系的一例的图。从图 14 可知,开关浪涌电压 β 大致随着马达电流 $MCRT1$ 增加而变大。

[0143] 另外,图 15 是表示转换器 120 中的在电抗器 $L1$ 中流动的电抗器电流 IL 和通过此时的开关动作产生的开关浪涌电压 γ 的关系的一例的图。在转换器 120 中,也与变换器 130 的情况同样,随着电抗器电流 IL 增加,开关浪涌电压 γ 变大。

[0144] 将表示该图 14 和图 15 这样的关系的映射预先通过实验等求出,并基于这些映射来推定与马达运转中的电流相应的开关浪涌电压。然后,针对与所推定的变换器 130 和转换器 120 的开关浪涌电压中的较小的一个对应的电压变动量,缓和系统电压 V_H 的最大值 V_{dc} 。

[0145] 此外,在推定转换器 120 的开关浪涌电压的情况下,针对如图 15 所示的转换器 120 的电抗器电流 IL ,也可以将作为交流电流的马达电流 $MCRT1$ 换算为直流电流之后的值用作电抗器电流 IL 来进行推定。或者,虽然在图 1 中未示出,但是也可以在电抗器 $L1$ 和系统继电器 $SR1$ 之间设置电流传感器,使用通过电流传感器检测出的实际的电抗器电流 IL 。

[0146] 图 16 是用于说明在实施方式 2 中由控制装置 200 所执行的马达驱动控制处理的详细内容的流程图。在图 16 中,实施方式 1 中的图 12 所示的流程图的步骤 $S140$ 被替换为 $S145$ 。在图 16 中,不反复说明与图 12 重复的步骤。

[0147] 参照图 1 和图 16,在转换器 120 的升压电压指令值 VR^* 为系统电压 V_H 的最大值 V_{dc} (在 $S110$ 中是)、处于弱磁控制区域(在 $S120$ 中是)、且转矩指令值 TR 的绝对值比阈值 TR_{th} 小(在 $S130$ 中是)的情况下,处理前进至 $S145$ 。控制装置 200 基于马达电流 $MCRT1$ 和电抗器电流 IL ,根据图 14 和图 15 的映射通过计算求出推定为分别在变换器 130 和转换器 120 产生的开关浪涌电压 β 和 γ 。然后,控制装置 200 将缓和后的系统电压 V_H 的最大值 ($V_{dc} + \alpha + \text{Min}(\beta, \gamma)$) 设定为在转换器 120 修正后的电压指令值 VR 。然后,处理返回至主程序,基于修正后的电压指令值 VR 控制转换器 120,并判定能够实施弱磁控制来控制变换器 130。

[0148] 此外,在 $S145$ 中,虽然设为因实施方式 1 所说明的控制变动导致的电压变动的修正量 α 也增加,但也可以仅增加因上述的开关浪涌导致的电压变动。

[0149] 通过按照以上那样的处理进行控制,在低转矩指令的情况下,在使马达继续运转

直到高转速的同时,通过使用于弱磁控制的电流降低,能够不会难以控制地提高马达驱动系统的效率。

[0150] [实施方式 3]

[0151] 在实施方式 1 和实施方式 2 中,对以下方法进行了说明:在低转矩指令的情况下,针对因控制变动和开关浪涌导致的电压变动量对系统电压 V_H 的最大值 V_{dc} 进行缓和,增加升压指令值。

[0152] 在实施方式 3 中,针对以下方法进行说明:尤其在转矩指令值大致为零的状态下,利用在交流电动机中流动的电流变得非常少这一点,使开关动作停止而不进行系统电压 V_H 的限制。

[0153] 图 17 是用于说明实施方式 3 的概要内容的图,与实施方式 1 和实施方式 2 中的图 7 和图 13 同样,示出了变换器和转换器所包含的开关元件的耐压的图。

[0154] 参照图 17,在实施方式 1、实施方式 2 中,虽然缓和了因控制变动导致的电压变动 ΔV_1 和因开关浪涌导致的电压变动 ΔV_2 ,但是由于无论在哪种情况下都继续进行基于电压传感器和电流传感器的检测值的开关控制,所以难以针对因传感器误差导致的电压变动 ΔV_3 进行缓和。然而,若使开关动作停止,则无需考虑传感器误差,因此能够将系统电压 V_H 的最大值 V_{dc} 缓和至开关元件的额定的耐压 (V_{max})。在此,开关元件的额定的耐压一般被设计为:在开关元件非驱动的情况下,能够承受交流电动机为最大转速时的感应电压。因此,将系统电压 V_H 的最大值 V_{dc} 缓和至开关元件的额定的耐压,换言之相当于允许在交流电动机中自然产生的感应电压。

[0155] 本实施方式 3 作为对象的范围,在表示图 18 的转矩指令值 TR 和转速 MRN_1 的关系的图中,相当于不缓和系统电压 V_H 的最大值 V_{dc} 的情况下的弱磁控制区域中的转矩指令值 TR 为零或非常接近零的区域,即图 18 的区域 RG_2 。

[0156] 图 19 是表示实施方式 3 中的交流电动机 MG_1 的转速 MRN_1 、交流电动机 MG_1 所产生的感应电压和马达电流 $MCRT_1$ 的关系的图。如图 19 所示,在实施方式 3 中,在交流电动机 MG_1 所产生的感应电压产生系统电压 V_H 的最大值 V_{dc} 的时刻(图 17 中的点 P_1),停止转换器 120 和变换器 130 的开关动作。其结果,由于不进行系统电压 V_H 的控制,所以成为系统电压 V_H 的最大值 V_{dc} 被缓和至开关元件的额定的耐压的状态。

[0157] 由此,虽然交流电动机 MG_1 的感应电压保持自然上升,但是由于不进行开关动作所以马达电流 $MCRT_1$ 不流动。

[0158] 图 20 是表示适用了实施方式 3 的情况下的系统电压 V_H 、转矩指令值 TR 和转速 MRN_1 的关系的一例的时序图。

[0159] 参照图 20,从时刻 0 起开始马达的运转。到时刻 t_{11} 为止转速 MRN_1 和转矩指令值 TR 逐渐上升,与此对应,系统电压 V_H 也上升至最大值 V_{dc} 。

[0160] 在时刻 t_{11} ,若转矩指令值 TR 达到预定范围内,则与实施方式 1 和实施方式 2 同样,考虑因控制变动和 / 或开关浪涌导致的电压变动对系统电压 V_H 的最大值 V_{dc} 进行缓和。

[0161] 然后,在时刻 t_{12} 转矩指令值 TR 大致变为零的时刻,停止转换器 120 和变换器 130 的开关动作。由此,系统电压 V_H 为不受控制的状态,因此,系统电压 V_H 上升至交流电动机 MG_1 自然产生的感应电压。

[0162] 之后,在时刻 t_{13} ,当转矩指令值 TR 不再为零时,转换器 120 和变换器 130 的开关动作再次开始,系统电压 V_H 的最大值被限制为考虑因控制变动和 / 或开关浪涌导致的电压变动进行了缓和后的电压。

[0163] 然后,在转矩指令值变为预定范围外的时刻 t_{14} ,系统电压 V_H 的最大值被设定为 V_{dc} 。

[0164] 图 21 是用于说明实施方式 3 中由控制装置 200 所执行的马达驱动控制处理的详细内容的流程图。在图 21 中,实施方式 1 中的图 12 所示的流程图的步骤 S130 被替换为 S135, S140 被替换为 S150。在图 21 中,不反复说明与图 12 重复的步骤。

[0165] 参照图 1 和图 21,转换器 120 的升压电压指令值 VR^* 为系统电压 V_H 的最大值 V_{dc} (在 S110 中是)、且为弱磁控制区域的情况下(在 S120 中是),处理前进至 S135。控制装置 200 在 S135 中判定转矩指令值 TR 是否大致为零。

[0166] 在转矩指令值 TR 大致为零的情况下(在 S135 中是),处理前进至 S150,控制装置 200 停止转换器 120 和变换器 130 的开关动作(开关停止模式)。

[0167] 在转矩指令值 TR 不是大致为零的情况下(在 S135 中否),处理返回至主程序。

[0168] 此外,也可以如图 20 的例子那样,组合实施方式 1 和 / 或实施方式 2 来适用本实施方式 3 的控制。

[0169] 通过按照以上的处理来进行控制,在弱磁控制区域中,在转矩指令值大致为零时,使转换器和变换器停止,从而切断在交流电动机流动的马达电流。由此,能够提高马达驱动系统的效率。

[0170] [实施方式 4]

[0171] 在实施方式 3 中,已针对在转矩指令值大致为零的情况下使变换器和转换器的开关动作停止的方法进行了说明。在该方法中,如上所述在开关动作停止的期间,系统电压 V_H 上升至交流电动机自然产生的感应电压。然后,当转矩指令值大致为零的条件解除时,再次开始开关动作,但是此时,若在已上升至感应电压的系统电压 V_H 下降至预定的最大值以下之前(例如,图 20 的区域 K1)再次开始开关动作,则因传感器误差和 / 或控制变动等,有可能使系统电压 V_H 超过开关元件的额定的耐压。

[0172] 因此,在实施方式 4 中,设计为使控制系统电压 V_H 的转换器 120 所包含的开关元件 Q1、Q2 的额定的耐压比变换器 130 所包含的开关元件 Q3~Q8 的额定的耐压大。

[0173] 图 22 是用于说明实施方式 4 的概要内容的图,表示转换器 120 和变换器 130 的耐压的比较。

[0174] 参照图 22,在实施方式 4 中,在设计转换器 120 所包含的开关元件 Q1、Q2 的耐压的情况下,考虑在系统电压 V_H 未下降至预定的最大值以下的状态下开始了开关动作的情况下可能产生的相当于开关浪涌的电压变动来设定额定的耐压 V_{3C} 。

[0175] 如此,在从实施方式 3 中的开关停止模式恢复时,能够不超过开关元件的耐压地迅速再开始开关动作。

[0176] 此外,在以上所述中,虽然说明了将转换器所包含的开关元件的额定的耐压设计得比变换器大的情况,但是相反地,也能够将变换器所包含的开关元件的耐压设计得比转换器大,从而在开关动作再开时通过变换器使交流电动机的感应电压迅速下降。

[0177] 但是,从图 1 可知,变换器所包含的开关元件的数量(3 对)比转换器所包含的开关

元件的数量(1对)多。因此,增大开关元件数量少的转换器一侧的开关元件的耐压更加降低成本,因此优选。

[0178] [实施方式5]

[0179] 在实施方式4中,已经说明了考虑再次开始开关动作时的系统电压的变动将开关元件的额定的耐压设计得较大的方法。

[0180] 但是,如图23所示,在马达驱动系统中,存在具有相对变换器130而与转换器120并联连接的包含电容器C3的缓冲电路121的系统。该缓冲电路121是用于在例如由于急剧减速产生了过大的再生电力的情况下通过暂时存储一部分电力而避免在短时间内向直流电源110供给过大的电力的电路。

[0181] 在实施方式5中,针对以下方法进行说明:在具有这样的缓冲电路的结构马达驱动系统中适用实施方式3的情况下,在转矩指令值大致为零的条件解除时,通过驱动该缓冲电路使已上升至感应电压的系统电压快速下降至预定的最大值以下。

[0182] 如此,能够不增大转换器所包含的开关元件的耐压地在实施方式3中快速再开始开关动作。

[0183] 图23是搭载有适用了实施方式5的交流电动机的控制装置的马达驱动系统100A的车辆10A的整体结构图。在图23中,如上所述,在图1的马达驱动系统100中追加了缓冲电路121。在图23中,不反复说明与图1重复的元件。

[0184] 参照图23,缓冲电路121包括开关元件Q11、Q12、二极管D11、D12、电抗器L2、电容器C3和电压传感器143。

[0185] 串联连接的开关元件Q11、Q12与电容器C3并联连接。二极管D11、D12分别与开关元件Q11、Q12反并联连接。电抗器L2一端连接于开关元件Q11、Q12的连接节点、另一端连接于电力线HPL和电容器C2的连接节点。另外,开关元件Q12的集电极连接于接地线NL1和电容器C2的连接节点。

[0186] 电压传感器143检测施加于电容器C3的电压,并将该检测值VC向控制装置200输出。

[0187] 通过开关元件Q11、Q12、二极管D11、D12和电抗器L2构成转换器125。转换器125通过来自控制装置200的控制信号PWC2来控制开关元件Q11、Q12的导通截止,使电力线HPL和接地线NL1之间的系统电压VH升压来对电容器C3充电。或者,转换器125受控制信号PWC2控制,使电容器C3所存储的电力降压,并向电力线HPL和接地线NL1供给。

[0188] 此外,由于转换器125以在系统电压VH高的情况下进行动作为前提,所以开关元件Q11、Q12的耐压一般设计得比转换器120和变换器130所包含的开关元件的耐压大。

[0189] 接着,使用图24,对实施方式5中的控制的概要内容进行说明。

[0190] 图24是表示适用了实施方式5的情况下的系统电压VH、转矩指令值TR和转速MRN1的关系的一例的时序图。

[0191] 到时刻t22为止,由于与实施方式3的图20中的时刻t12为止的说明同样,所以不反复对其说明。

[0192] 在时刻t22,根据转矩指令值TR大致为零这一情况,转换器120和变换器130的开关动作停止。由此,系统电压VH上升至交流电动机MG1的感应电压。

[0193] 在时刻t23,解除了转矩指令值TR大致为零的状态,但是在实施方式5中,继续开

关动作停止的状态。然后,此时,通过控制装置 200 来驱动缓冲电路 121,图 24 中的区域 K11 所示的电力存储在缓冲电路 121 的电容器 C3 中。

[0194] 之后,在系统电压 V_H 变为缓和后的预定的最大值以下的时刻 t_{24} ,使缓冲电路 121 停止,并使转换器 120 和变换器 130 的开关动作再次开始。

[0195] 此外,存储于电容器 C3 的电力在系统电压 V_H 变得比 V_{dc} 小之后的适当的时候,通过转换器 125 被降压,并向电力线 HPL 和接地线 NL1 供给。

[0196] 图 25 是用于说明实施方式 5 中由图 23 的控制装置 200 所执行的马达驱动控制的功能框图。图 25 在实施方式 1 所说明的图 11 的功能框图中追加了 VC 电压指令生成部 270。

[0197] 参照图 23 和图 25,指令修正部 220 与图 11 的说明同样,基于转矩指令值 TR 、转速 $MRN1$ 、电压指令值 VR^* 和马达电流 $MCRT1$ 来计算修正值 ΔVR 。进而,指令修正部 220 在转矩指令值 TR 大致为零的情况下,生成用于使转换器 120 和变换器 130 的开关动作停止的停止模式标记 STP ,并向转换器控制部 230、变换器控制部 250 和 VC 电压指令生成部 270 输出。具体地说,在停止开关动作的情况下(开关停止模式时),将停止模式标记 STP 设定为有效,在不停止开关动作的情况下将停止模式标记 STP 设定为无效。

[0198] 转换器控制部 230 和变换器控制部 250 在来自指令修正部 220 的停止模式标记 STP 被设定为有效的情况下,使它们分别所包含的开关元件的开关动作停止。

[0199] VC 电压指令生成部 270 接收来自电压传感器 140 的检测电压 V_H 、来自指令修正部 220 的停止模式标记 STP 和转矩指令值 TR 。VC 电压指令生成部 270 在停止模式标记 STP 有效的情况下识别为转矩指令值 TR 大致为零的状态被解除时,生成用于向电容器 C3 供给的升压电压指令 VC^* 并向转换器控制部 230 输出。

[0200] 转换器控制部 230 接收来自 VC 电压指令生成部 270 的电压指令 VC^* 。然后,转换器控制部 230 生成控制信号 $PWC2$ 以使电容器 C3 的电压 VC 成为电压指令 VC^* ,并向转换器 125 输出。

[0201] 此外,指令修正部 220 根据系统电压 V_H 与预定的最大值之差的绝对值在阈值以下,使停止模式标记 STP 无效,并解除开关停止模式。

[0202] 图 26 是用于说明实施方式 5 中由控制装置 200 所执行的马达驱动控制处理的详细内容的流程图。在图 26 中,在实施方式 3 中的图 21 所示的流程图中追加了步骤 S155、S160、S170、S180。在图 26 中,不反复说明与图 12 和图 21 重复的步骤。

[0203] 参照图 23 和图 26,控制装置 200 在转换器 120 的升压电压指令值 VR^* 不是系统电压 V_H 的最大值 V_{dc} 的情况下(在 S110 中否),在不为弱磁控制区域的情况下(在 S120 中否)或在转矩指令值 TR 不是大致为零的情况下(在 S135 中否),处理接着前进至 S155。然后,控制装置 200 判定是否是转换器 120 和变换器 130 的开关动作停止的开关停止模式。

[0204] 在不是开关停止模式的情况下(在 S155 中否),处理返回至主程序。

[0205] 另一方面,在是开关停止模式的情况下(在 S155 中是),处理前进至 S160,控制装置 200 通过驱动缓冲电路 121 的转换器 125 来使系统电压 V_H 逐渐下降。

[0206] 接下来控制装置 200 在 S170 中,判定是否电压指令值 VR^* 为最大值 V_{dc} 且系统电压 V_H 与最大值 V_{dc} 之差的绝对值比阈值 δ 小。

[0207] 在电压指令值 VR^* 为最大值 V_{dc} 且系统电压 V_H 与最大值 V_{dc} 之差的绝对值比阈

值 δ 小的情况下(在 S170 中是),处理前进至 S180,控制装置 200 解除开关停止模式并再次开始转换器 120 和变换器 130 的开关动作。

[0208] 在电压指令值 V_R^* 为最大值 V_{dc} 且系统电压 V_H 与最大值 V_{dc} 之差的绝对值比阈值 δ 小的条件不成立的情况下(在 S170 中否),处理返回至主程序,等待通过缓冲电路 121 使系统电压 V_H 下降。

[0209] 通过按照以上的处理来进行控制,在具有如图 23 那样的缓冲电路的马达驱动系统中,能够不增大转换器所包含的开关元件的耐压地在从实施方式 3 中的开关停止模式恢复时迅速地再开始开关动作。

[0210] [实施方式 6]

[0211] 在上述的实施方式 1~实施方式 5 中,如图 1 所示,以交流电动机和变换器各设置 1 个的情况为例进行了说明。在实施方式 6 中,针对在具有发动机、2 个交流电动机以及变换器的混合动力车辆中适用与上述的实施方式 1~实施方式 5 同样的控制的情况的一例进行说明。

[0212] 图 27 是搭载有适用了实施方式 6 的交流电动机的控制装置的马达驱动系统的车辆 10B 的整体结构图。

[0213] 参照图 27,在车辆 10B 中,除了图 1 所示的车辆 10 的结构之外,还追加了变换器 135、交流电动机 MG2、电流传感器 145、旋转角传感器 146 和锁止机构 165。此外,在图 27 中,由除去动力传递传动装置 160、发动机 170 和驱动轮 180 后得到的部分构成了马达驱动系统。在图 27 中,不反复说明与图 1 重复的元件。

[0214] 变换器 135 相对转换器 120 而与变换器 130 并联连接于电力线 HPL 和接地线 NL1。关于变换器 135 的内部结构虽然没有图示,但是与变换器 130 同样,构成为包括 3 对开关元件。

[0215] 变换器 135 连接于交流电动机 MG2,按照来自控制装置 200 的控制信号 PW12 来驱动交流电动机 MG2。

[0216] 交流电动机 MG2 经由动力传递传动装置 160 连接于交流电动机 MG1 和发动机 170。另外,交流电动机 MG2 也连接于驱动轮 180。并且,交流电动机 MG1、MG2 和发动机 170 受控制装置 200 协调控制。

[0217] 此外,在车辆 10B 中,交流电动机 MG2 专门用来产生使车辆行驶的驱动力。另外,交流电动机 MG1 被发动机 170 驱动,专门用来产生直流电源 110 的充电电力。

[0218] 电流传感器 145 检测在交流电动机 MG2 中流动的马达电流 $MCRT2$,并将该检测到的马达电流向控制装置 200 输出。旋转角传感器 146 检测交流电动机 MG2 的旋转角 $\theta 2$,并将该检测到的旋转角 $\theta 2$ 向控制装置 200 输出。在控制装置 200 中,能够基于旋转角 $\theta 2$ 计算出交流电动机 MG2 的转速 $MRN2$ 和角速度 $\omega 2$ (rad/s)。此外,针对旋转角传感器 146,由于在控制装置 200 根据马达电压和电流可直接计算旋转角 $\theta 2$,所以也可以省略配置。

[0219] 锁止机构 165 是用于机械地固定交流电动机 MG1 的旋转的装置。锁止机构 165 构成为例如包括离合器和 / 或制动器等。锁止机构 165 在用于不使交流电动机 MG1 旋转所确定的条件的情况下,受来自控制装置 200 的控制信号 LCK 控制来固定交流电动机 MG1 的旋转。

[0220] 图 28 是用于说明图 27 所示的车辆 10B 中的马达驱动控制的概要内容的列线图。

[0221] 参照图 27 和图 28, 车辆 10B 在某个行驶状态时的列线图为图 28 中的实线 W21 所示。并且, 设为处于交流电动机 MG2 的转速 MRN2 比预定的转速的阈值(在图 28 中 N_x)大的高速行驶区域。

[0222] 在此, 例如在高速道路行驶时等情况下, 有时使用发动机 170 来驱动交流电动机 MG1, 并通过使用所产生的发电电力来直接驱动交流电动机 MG2 使车辆行驶。在这样的情况下, 根据行驶状态, 有时仅通过发动机 170 产生的驱动力或主要利用通过发动机 170 产生的驱动力来行驶, 作为整体效率要更好。在这样的情况下, 有时采用机械固定交流电动机 MG1 来降低电力消耗的方法。

[0223] 这样, 在使交流电动机 MG1 停止的情况下, 首先, 控制装置 200 在维持交流电动机 MG2 的转速 MRN2 的同时, 使交流电动机 MG1 的转速 MRN1 下降至零(图 28 中的虚线 W22)。接着, 控制装置 200 通过锁止机构 165 机械固定交流电动机 MG1 的旋转。之后, 控制装置 200 进行实施方式 1~ 实施方式 5 所说明的控制。如此, 在交流电动机 MG2 处于高转速且低转矩指令的情况下, 能够缓和系统电压 VH 的最大值并提高效率。

[0224] 尤其, 在仅使用通过发动机 170 产生的驱动力来行驶的情况下, 如上述的实施方式 3 那样, 通过停止交流电动机 MG1、MG2 这两者的开关动作, 能够进一步降低交流电动机的电力消耗。

[0225] 此外, 在未机械锁止交流电动机 MG1 就使交流电动机 MG2 的转矩下降的情况下, 为使交流电动机 MG1 产生转矩以接受发动机 170 的反作用力, 需要使变换器 135 进行开关动作, 因此, 可能产生不能够缓和系统电压 VH 的最大值的情况。

[0226] 图 29 是用于说明实施方式 6 中由控制装置 200 所执行的马达驱动控制处理的详细内容的流程图。在图 29 中, 在实施方式 1 中的图 12 所示的流程图中追加了步骤 S50。在图 29 中, 不反复说明与图 12 重复的步骤。

[0227] 参照图 29, 控制装置 200 在 S50 中, 判定是否锁止机构 165 进行动作而固定了交流电动机 MG1 的旋转。

[0228] 在锁止机构 165 进行动作的情况下(在 S50 中是), 处理前进至 S100。然后, 控制装置 200 对交流电动机 MG2 进行以后的处理, 在条件成立的情况下, 通过缓和系统电压 VH 的最大值 V_{dc} 来增加变换器 120 的升压指令值。

[0229] 在锁止机构 165 不进行动作的情况下(在 S50 中否), 处理返回至主程序。

[0230] 在图 29 中, 在交流电动机 MG1 被机械锁止的情况下, 虽然针对适用实施方式 1 的情况进行了说明, 但是也能够将图 29 的虚线部分的步骤设为实施方式 2~ 实施方式 5 中任意一个或者它们的组合。

[0231] [实施方式 7]

[0232] 在图 1 的车辆 10 中适用了实施方式 3 的情况下, 若设为使变换器 130 的开关动作停止的开关停止模式, 则不会通过交流电动机 MG1 产生再生制动力。这样一来, 由于不会产生与仅将发动机作为驱动源的车辆所产生的发动机制动相当的减速力, 所以驾驶员会感到空转感。

[0233] 另一方面, 存在如下“空转行驶”的想法: 通过松开加速踏板, 并释放离合器或将减速器设定在空档位置, 不向驱动轮传递驱动力和减速力而利用惯性行驶。在该空转行驶中, 例如存在如下情况: 当行驶在平坦或平缓的下坡的高速道路等时, 由于在降低从发动机产

生的驱动力的同时能够一边抑制由不需要的减速力导致的能量的损耗一边继续行驶,所以能够提高燃料经济性。

[0234] 因此,适用了实施方式 3 所示的开关停止模式的情况,与这样的空转行驶想要的状况非常一致。

[0235] 因此,在实施方式 7 中,对在指示空转行驶的情况下执行开关停止模式的结构进行说明。

[0236] 图 30 是用于说明实施方式 7 中由控制装置 200 所执行的马达驱动控制处理的详细内容的流程图。在图 30 中,在实施方式 3 的图 21 所示的流程图中追加了步骤 S70。在图 30 中,不反复说明与图 12 和图 21 重复的步骤。

[0237] 参照图 30,控制装置 200 在 S70 中判定空转指令 FRN 是否有效。空转指令 FRN 例如通过驾驶员操作设置于车内的控制台或把手部分的“空转模式开关”而在控制装置 200 中被识别。

[0238] 在空转指令 FRN 有效的情况下(在 S70 中是),处理前进至 S100。然后,控制装置 200 在以后的步骤 S110、S120、S135 的处理中当条件成立的情况下,在 S150 中停止转换器 120 和变换器 130 的开关动作。

[0239] 另一方面,在空转指令 FRN 无效的情况下(在 S70 中否),处理返回至主程序。

[0240] (变形例)

[0241] 另外,针对上述的空转行驶,在实施方式 1 中,也可以在缓和系统电压 VH 的最大值的条件成立的情况下,在设定了空转模式时,适用开关停止模式。

[0242] 图 31 是用于说明实施方式 7 的变形例中由控制装置 200 所执行的马达驱动控制处理的详细内容的流程图。图 31 在实施方式 1 的图 12 所示的流程图中追加了步骤 S131 和 S141。在图 31 中,不反复说明与图 12 重复的步骤。

[0243] 参照图 31,在 S130 中,在判定为交流电动机 MG1 的转矩指令值 TR 的绝对值比阈值 TRth 小的情况下(在 S130 中是),处理接着前进至 S131。

[0244] 控制装置 200 在 S131 中判定空转指令 FRN 是否有效。

[0245] 在空转指令 FRN 无效的情况下(在 S131 中否),控制装置 200 在 S140 中缓和系统电压 VH 的最大值 Vdc,并修正转换器 120 的电压指令值。

[0246] 另一方面,在空转指令 FRN 有效的情况下(在 S131 中是),控制装置 200 在 S141 中停止转换器 120 和变换器 130 的开关动作。

[0247] 通过按照这样的处理来进行控制,在预定条件成立的情况下,能够在未设定空转模式时通过缓和系统电压 VH 的最大值来使弱磁控制的开始向高速侧移动,在设定了空转模式时设为开关停止模式。由此,能够提高马达驱动系统的效率。

[0248] 此外,上述的变形例针对实施方式 2 也同样能够适用。

[0249] 应该认为本次公开的实施方式在所有方面都是例示而并不是限制性内容。本发明的范围并不是通过上述的实施方式的说明来表示,而是通过权力要求来表示,与权利要求等同的意思以及权利要求范围内的所有变更都包含在本发明中。

[0250] 附图标记的说明

[0251] 10、10A、10B 车辆,20 直流电压产生部,100、100A 马达驱动系统,110 直流电源,111、141、145 电流传感器,112、140、143 电压传感器,120、125 转换器,121 缓冲电路,130、

135 变换器, 131U 相上下支路, 132V 相上下支路, 133W 相上下支路, 142、146 旋转角传感器, 160 动力传递传动装置, 165 锁止机构, 170 发动机, 180 驱动轮, 200 控制装置, 210VH 电压指令生成部, 220 指令修正部, 230 转换器控制部, 240 弱磁控制判定部, 250 变换器控制部, 260 加法部, 270VC 电压指令生成部, C1~C3 电容器, D1~D8、D11、D12 二极管, HPL、PL1 电力线, L1、L2 电抗器, MG1、MG2 交流电动机, NL1 接地线, Q1 ~ Q8、Q11、Q12 开关元件, SR1、SR2 系统继电器。

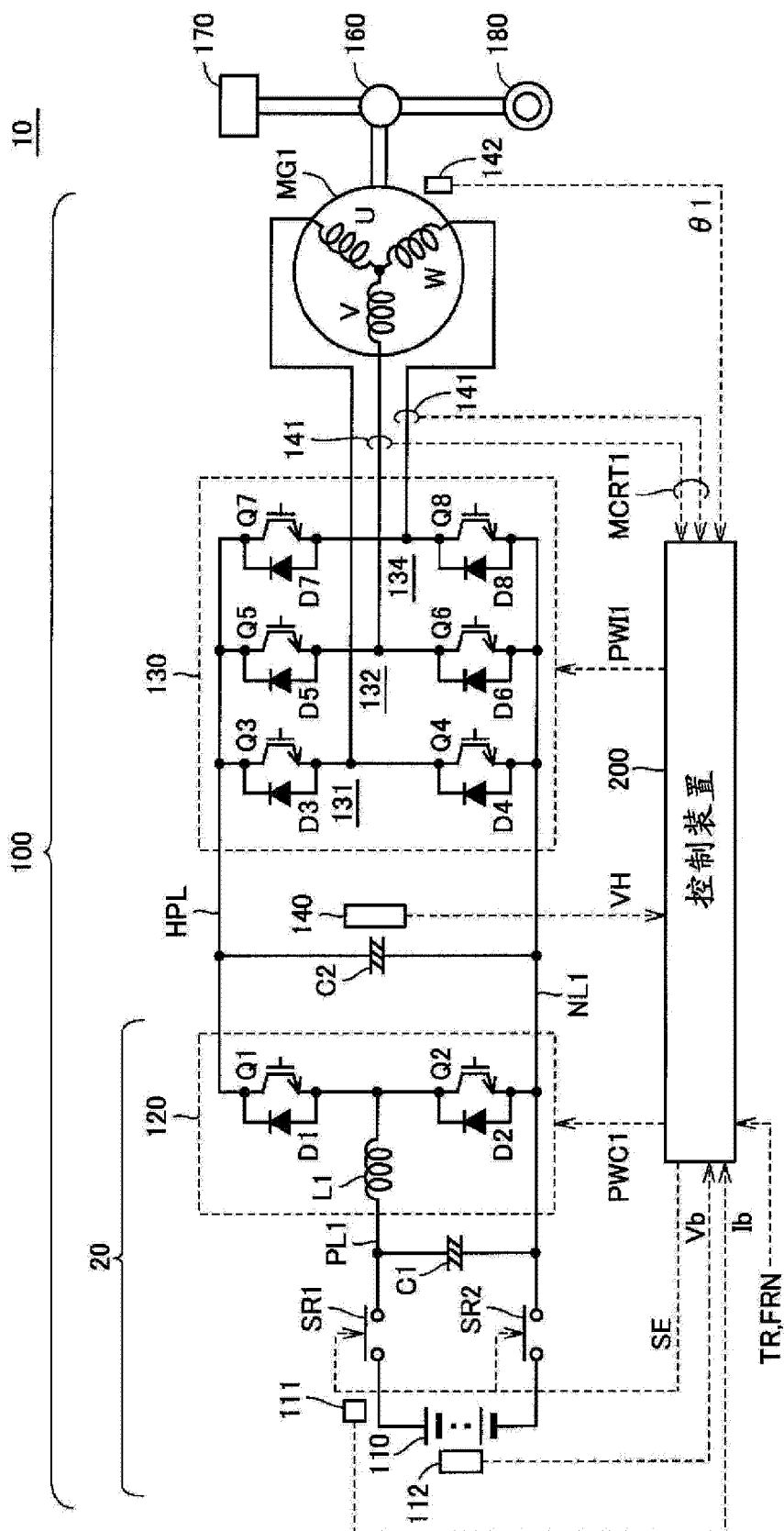


图 1

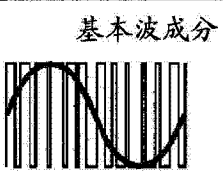
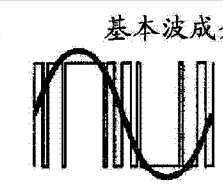
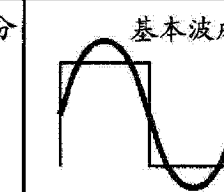
	PWM 控制模式		矩形波控制模式
控制方式	正弦波 PWM	过调制 PWM	矩形波 (1 脉冲)
变换器的 输出电压波形	基本波成分 	基本波成分 	基本波成分 
调制率	0~约0.61	正弦波 PWM 中的 最高值~0.78	0.78
特征	转矩变动小	中速域的 输出提高	高速域的 输出提高

图 2

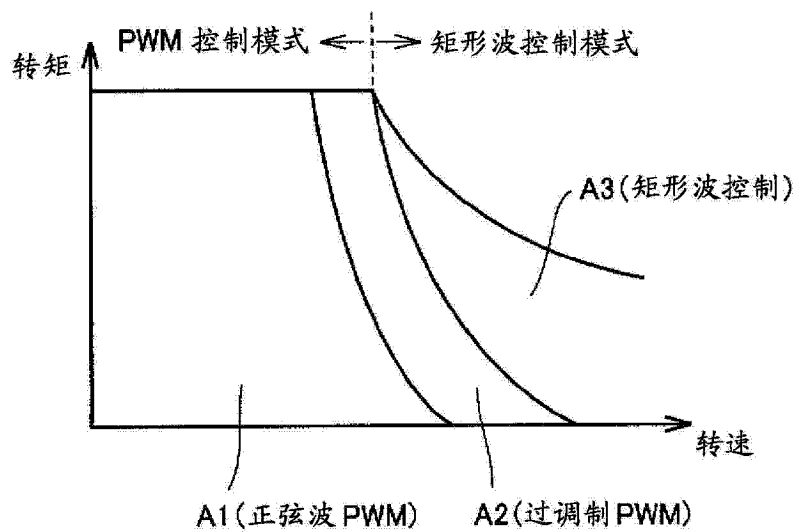


图 3

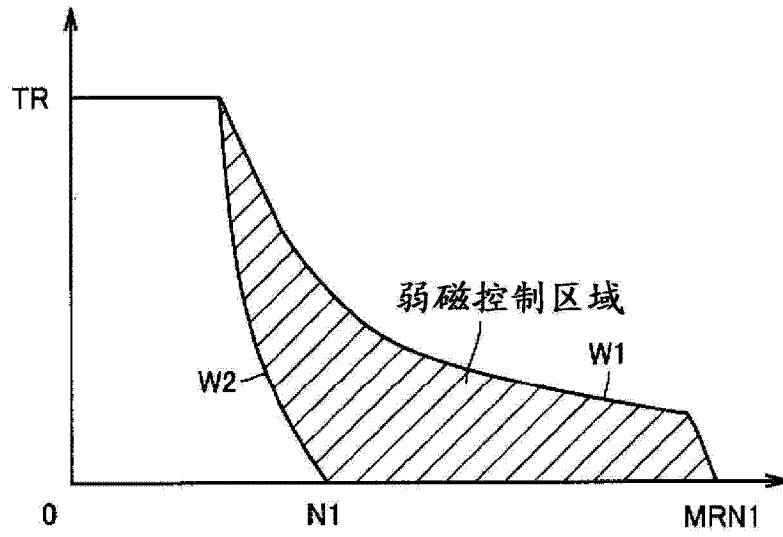


图 4

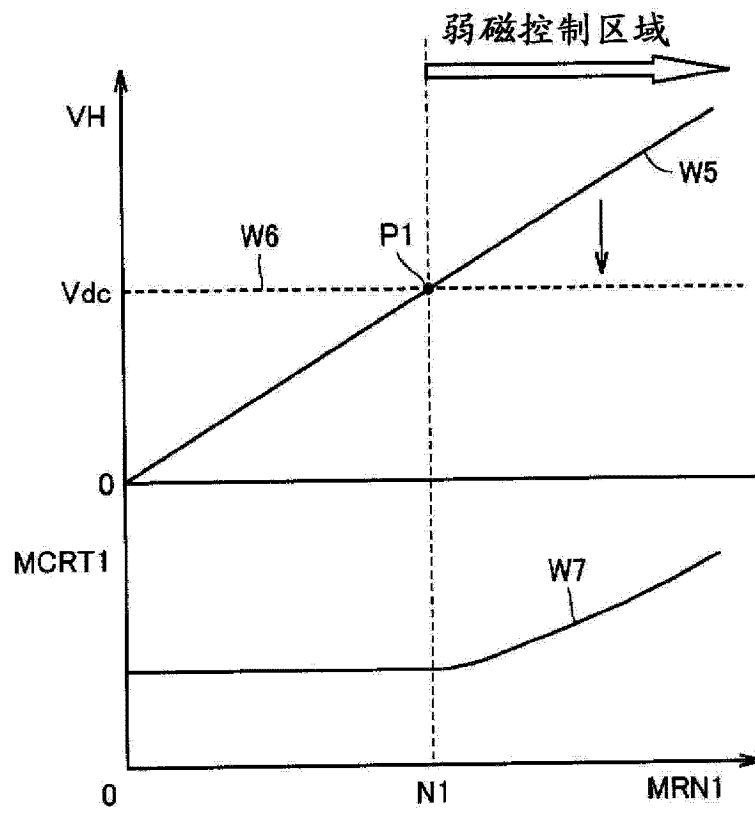


图 5

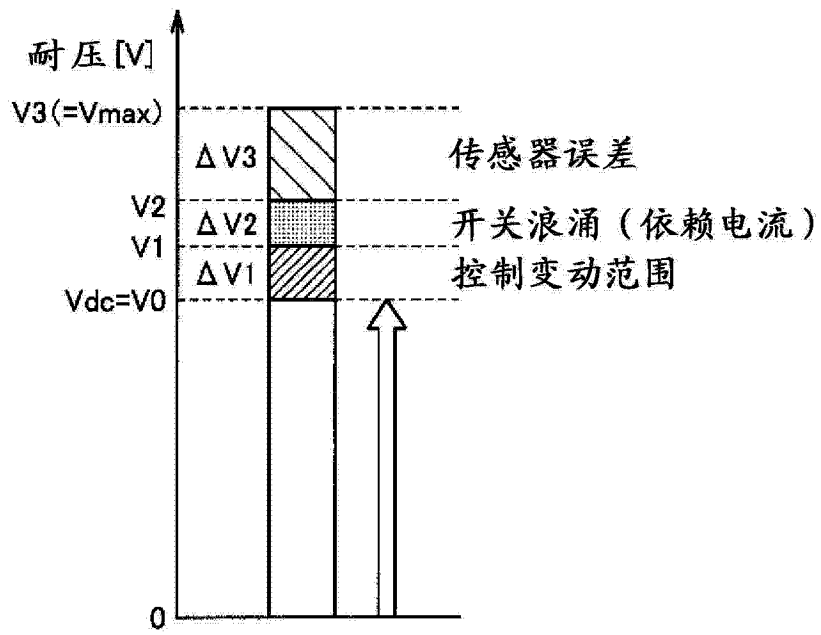


图 6

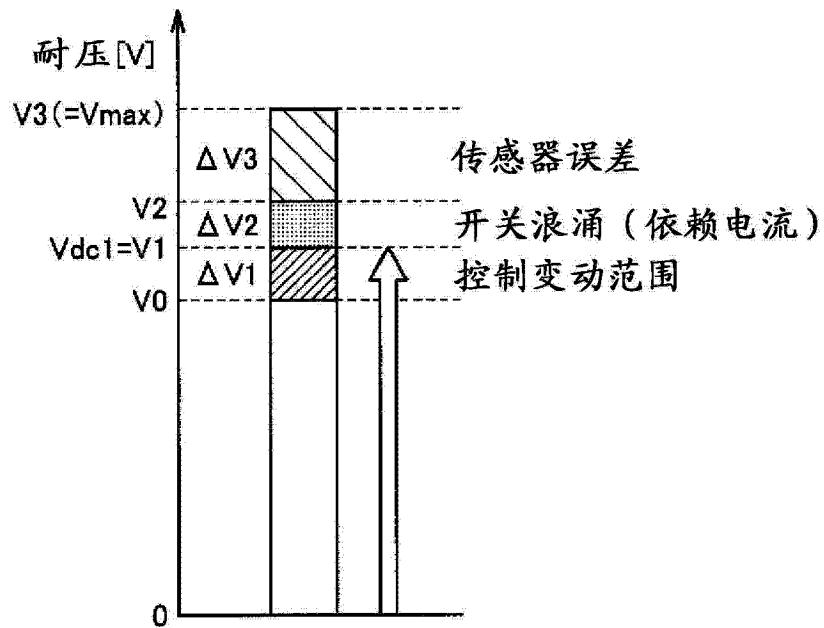


图 7

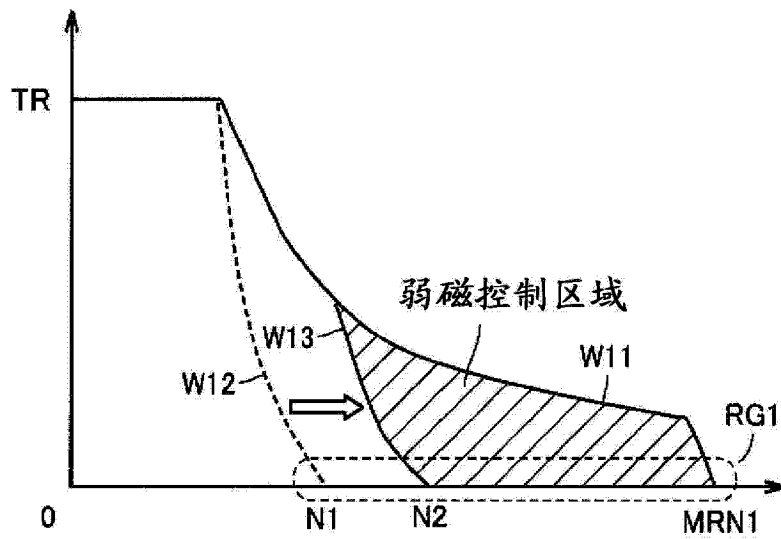


图 8

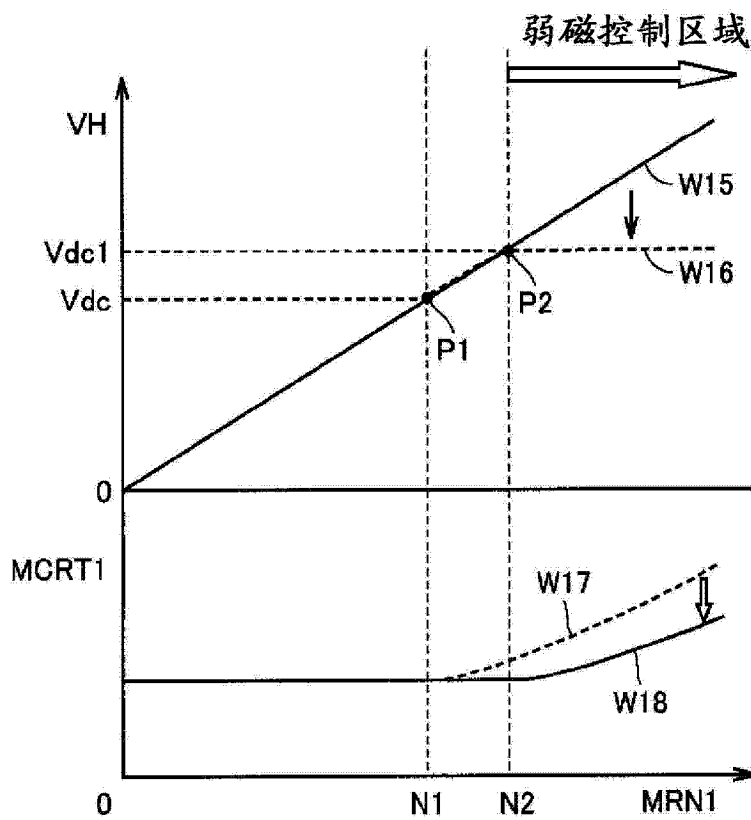


图 9

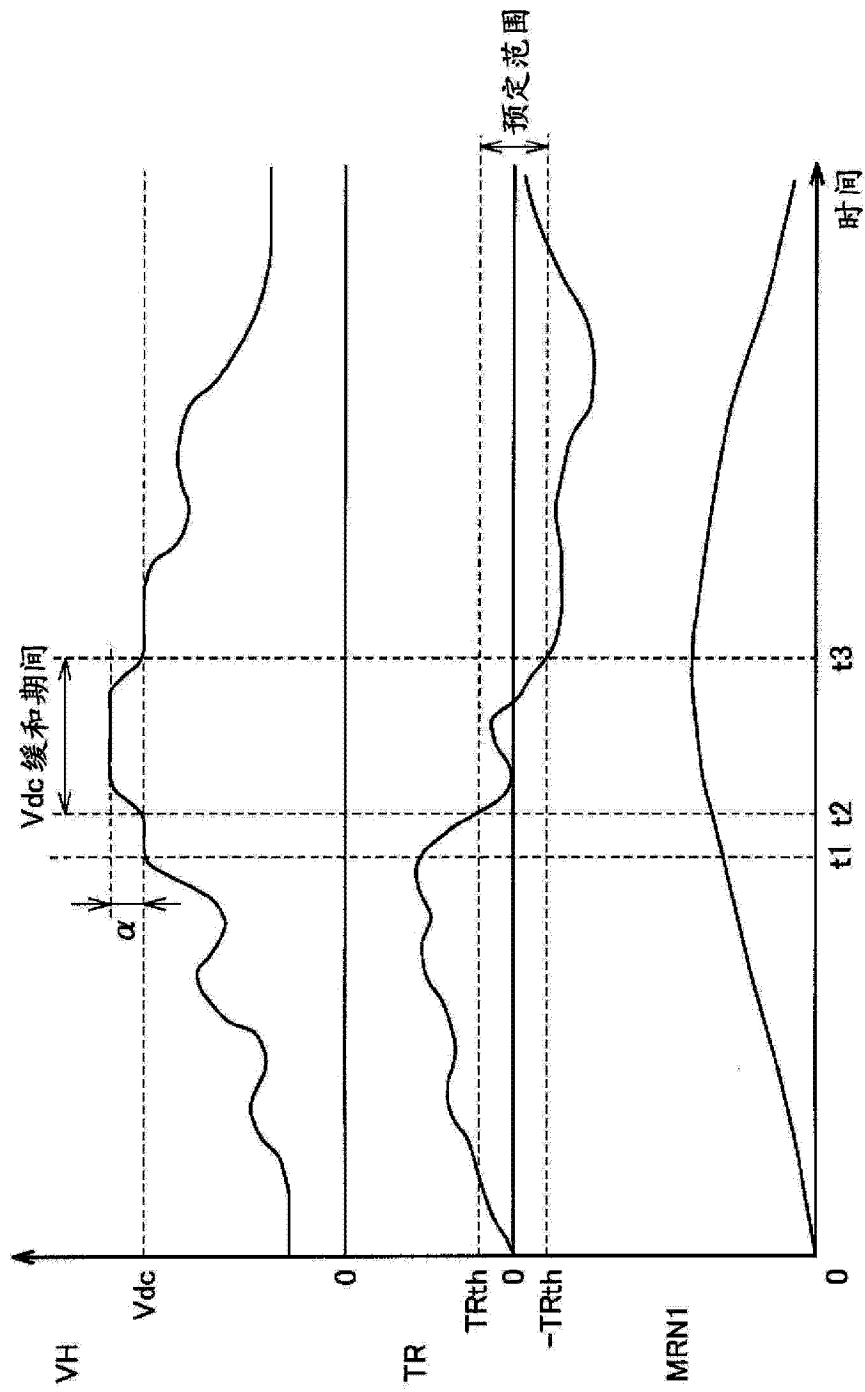


图 10

200

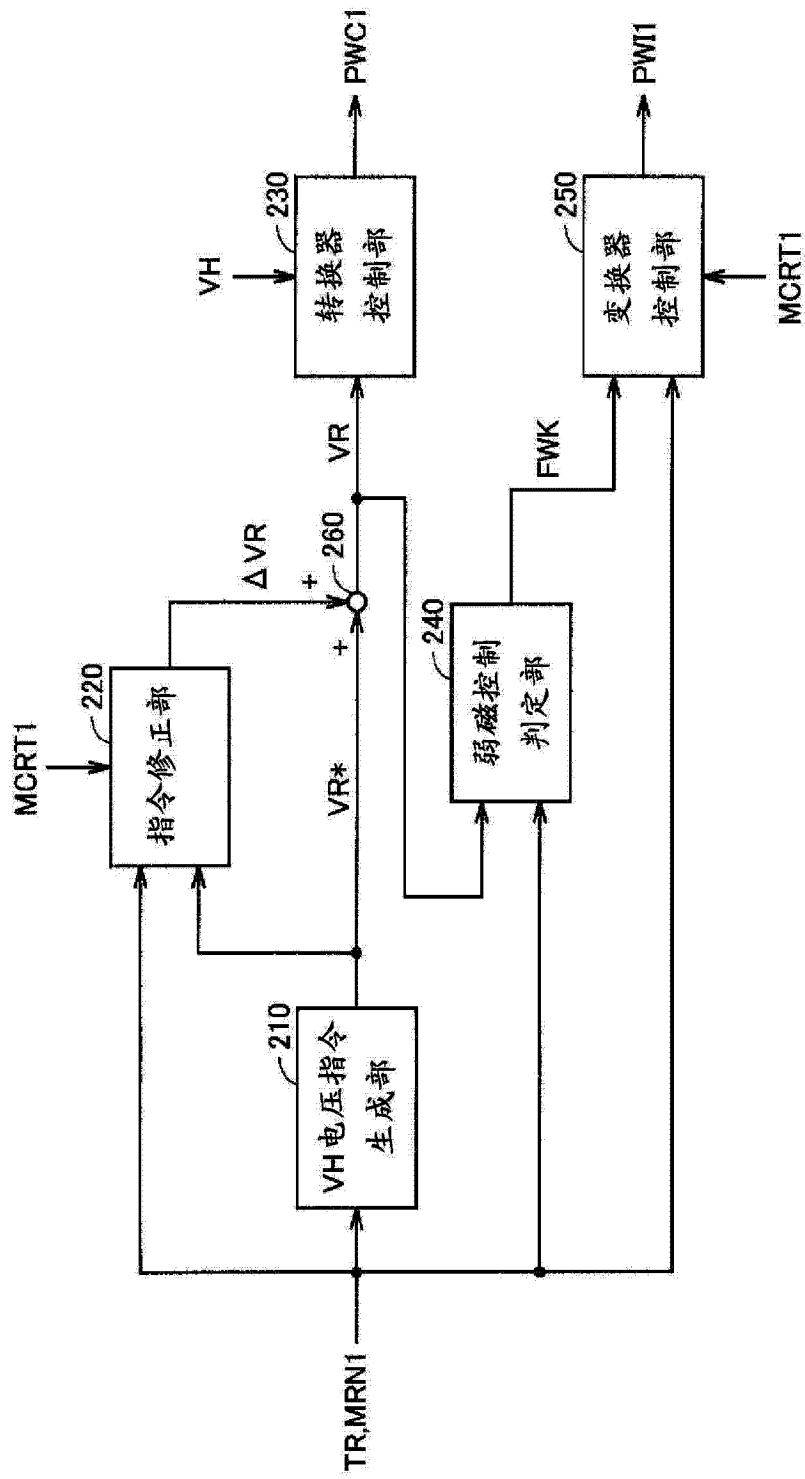


图 11

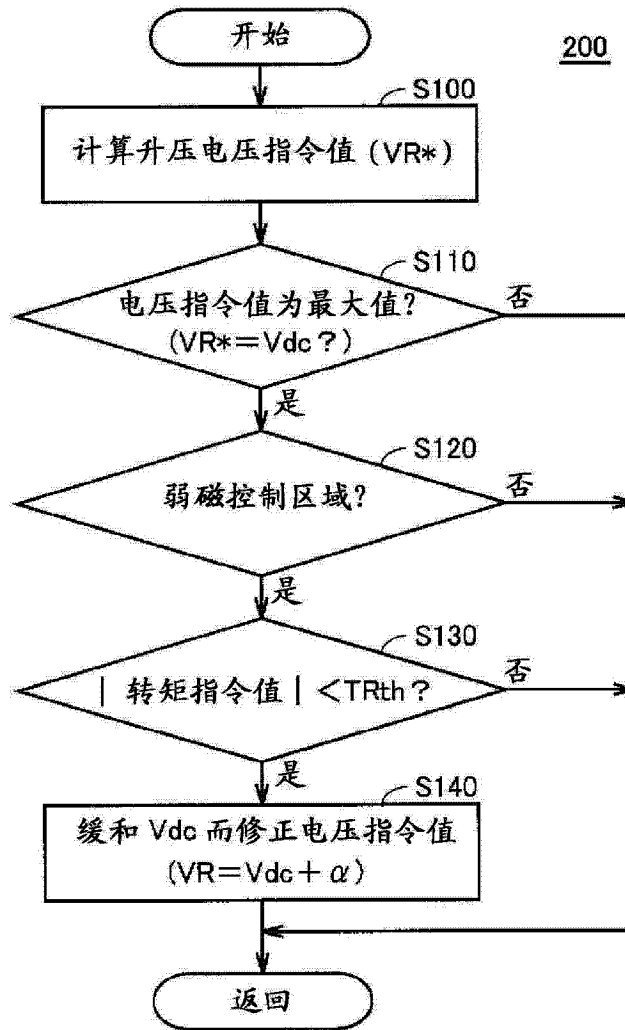


图 12

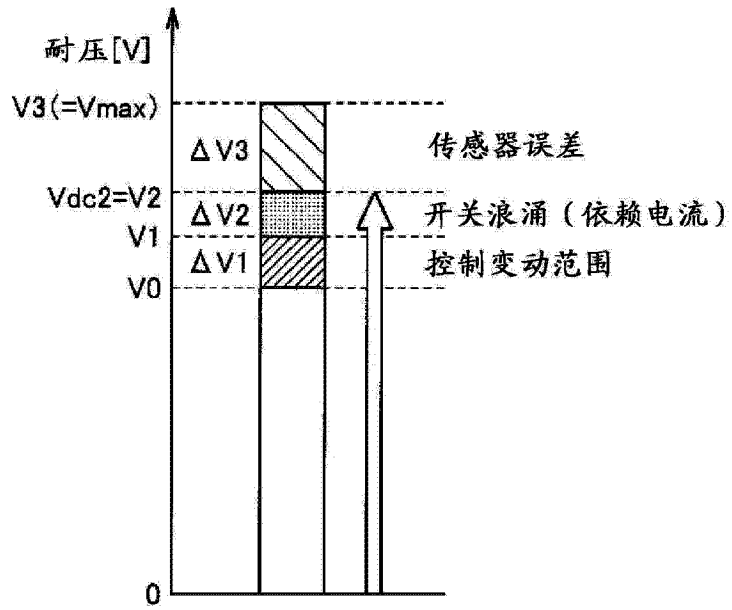


图 13

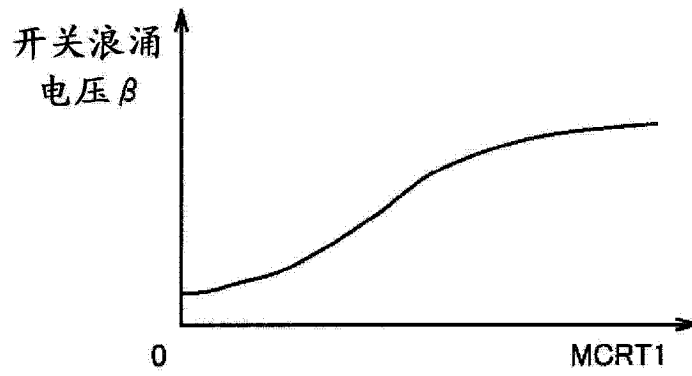


图 14

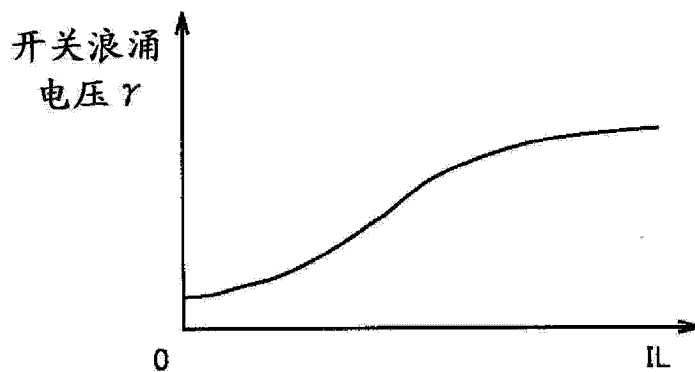


图 15

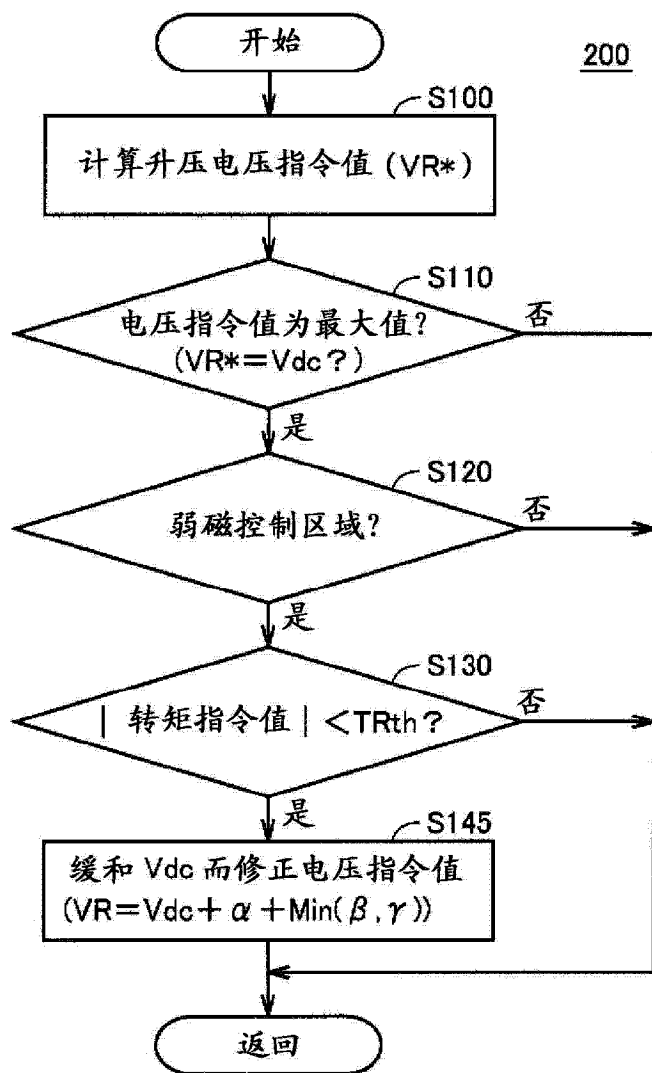


图 16

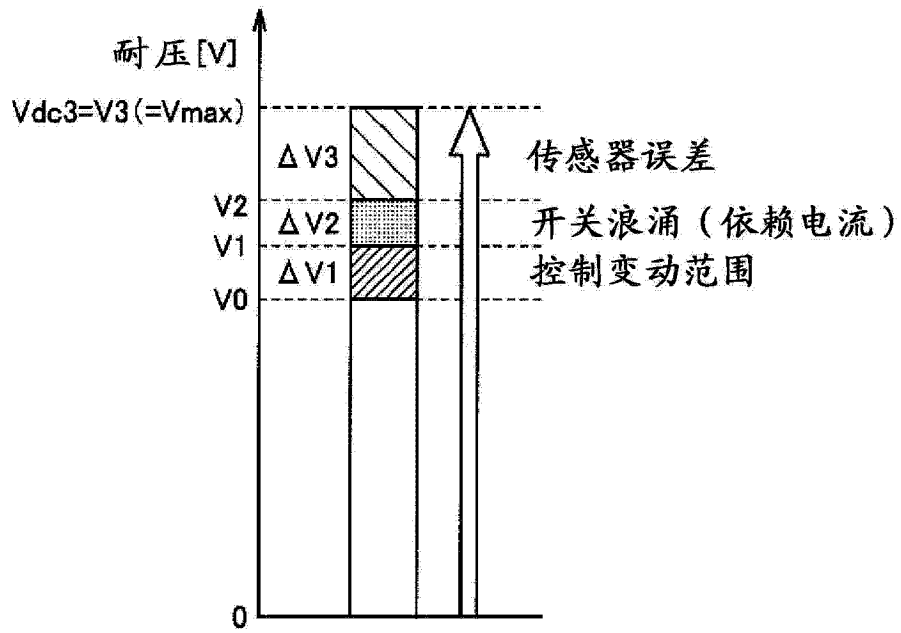


图 17

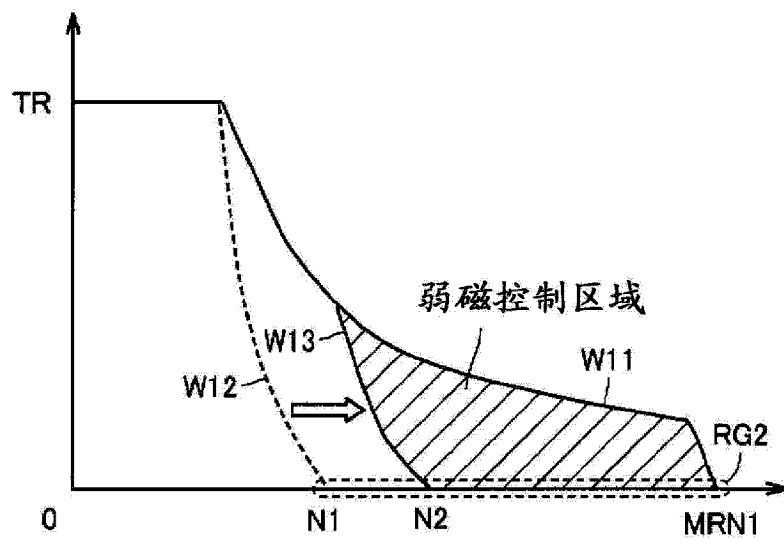


图 18

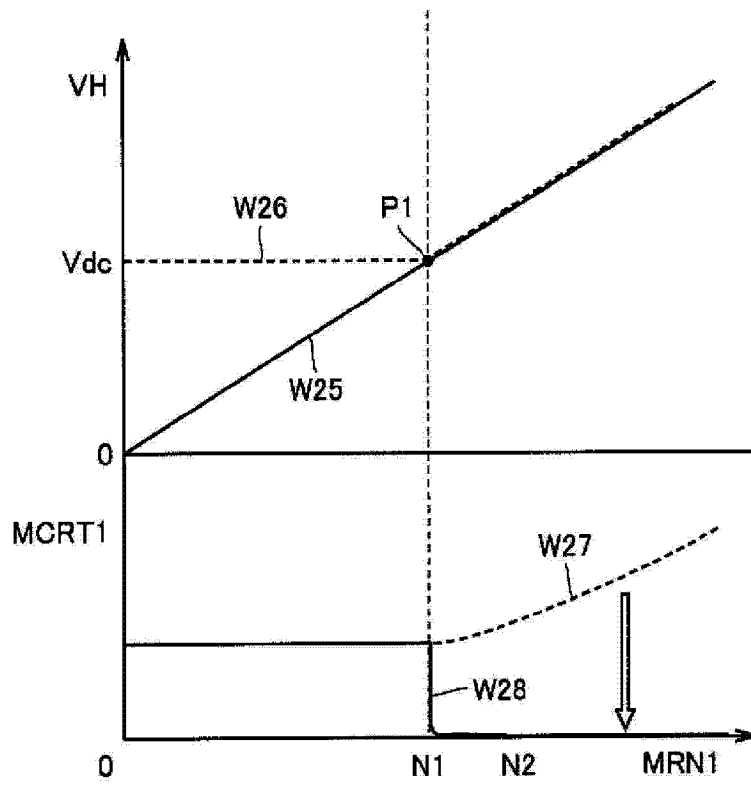


图 19

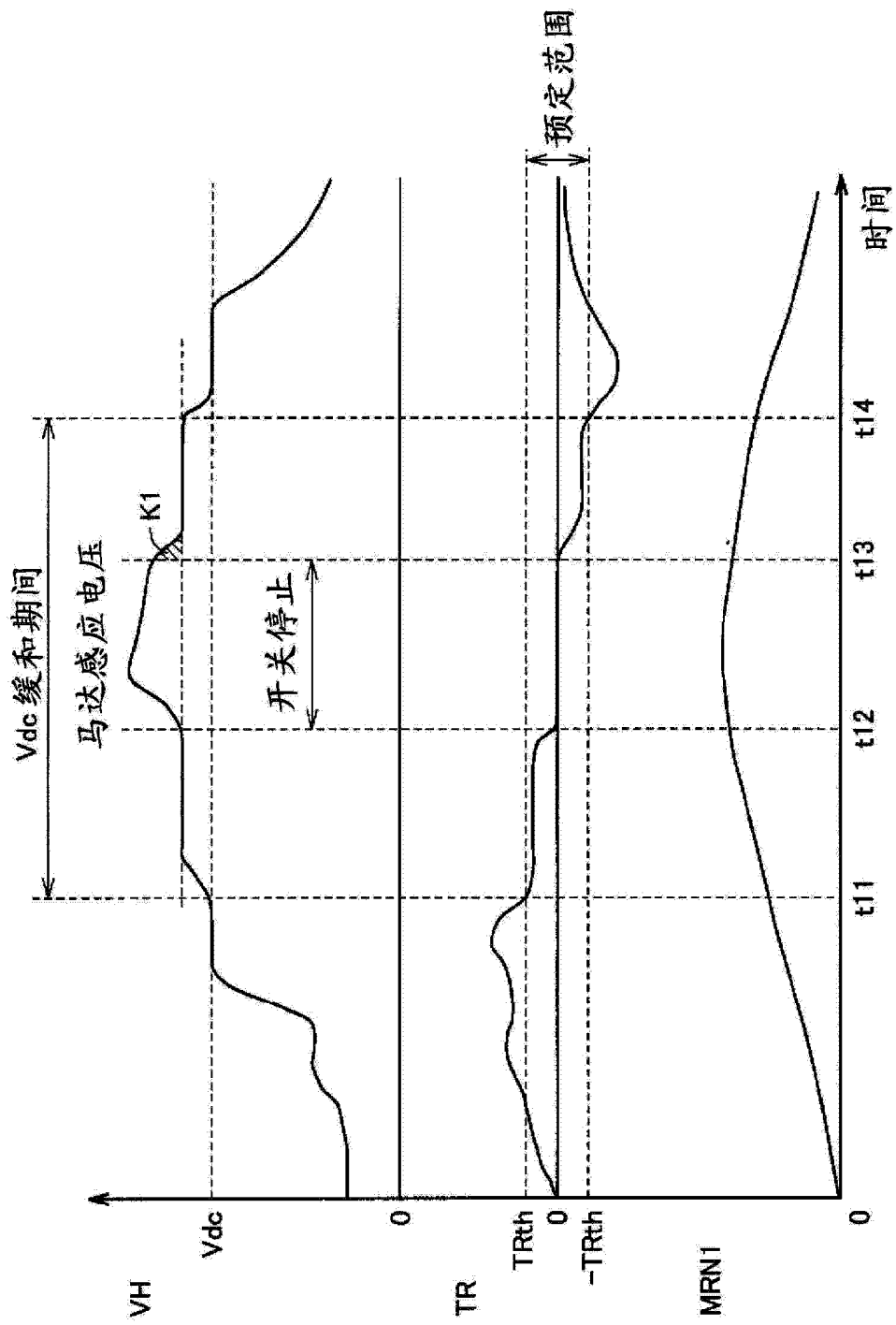


图 20

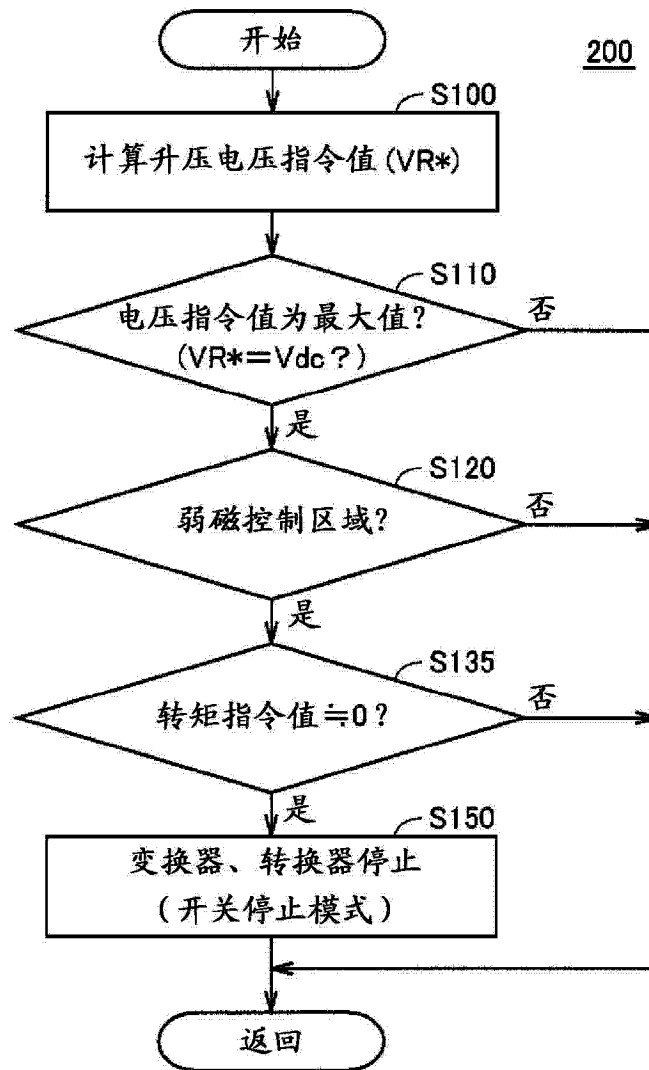


图 21

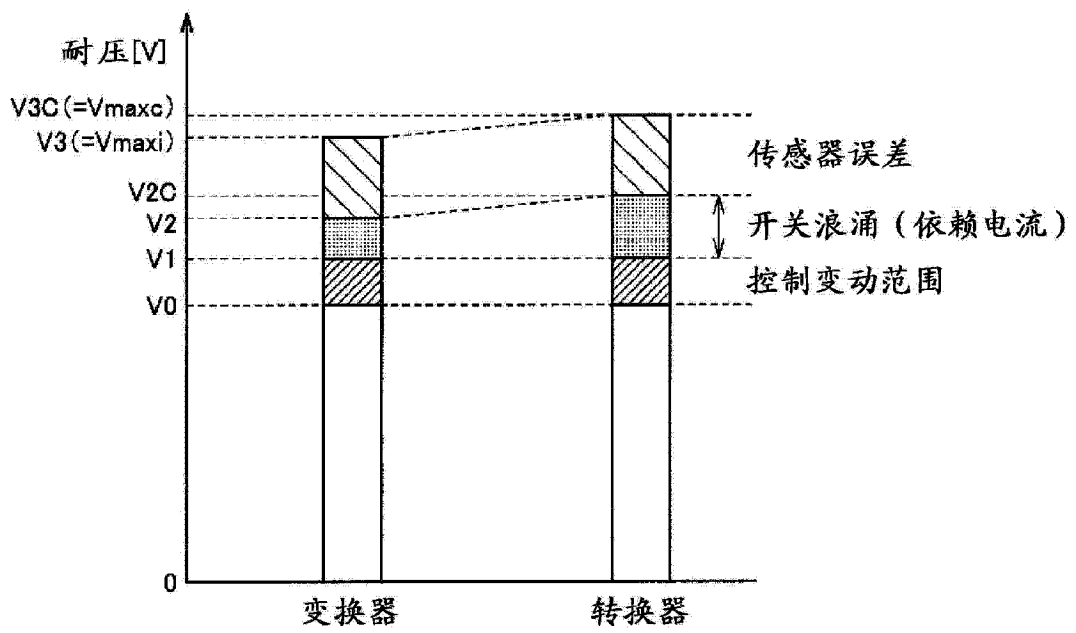


图 22

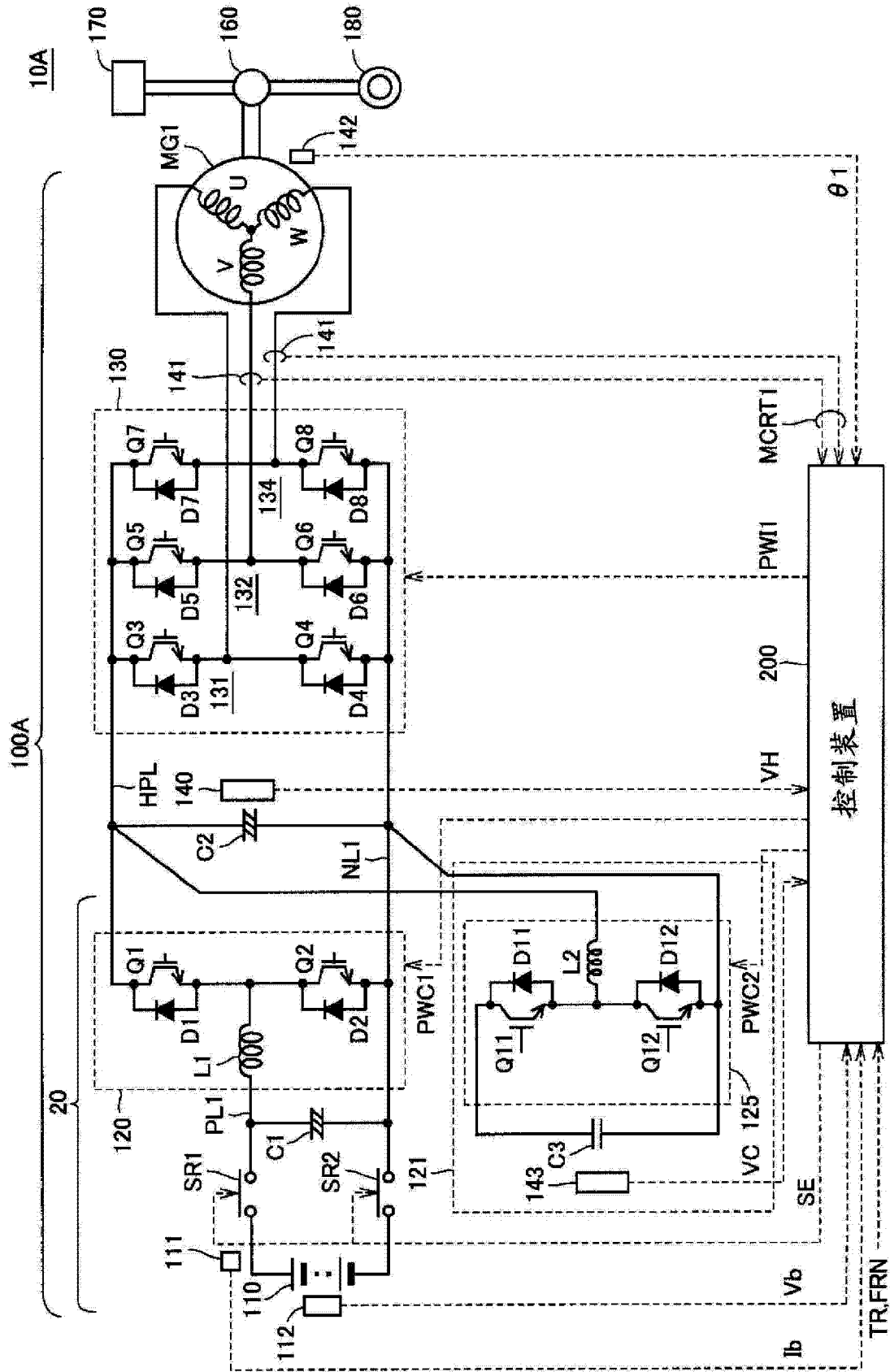


图 23

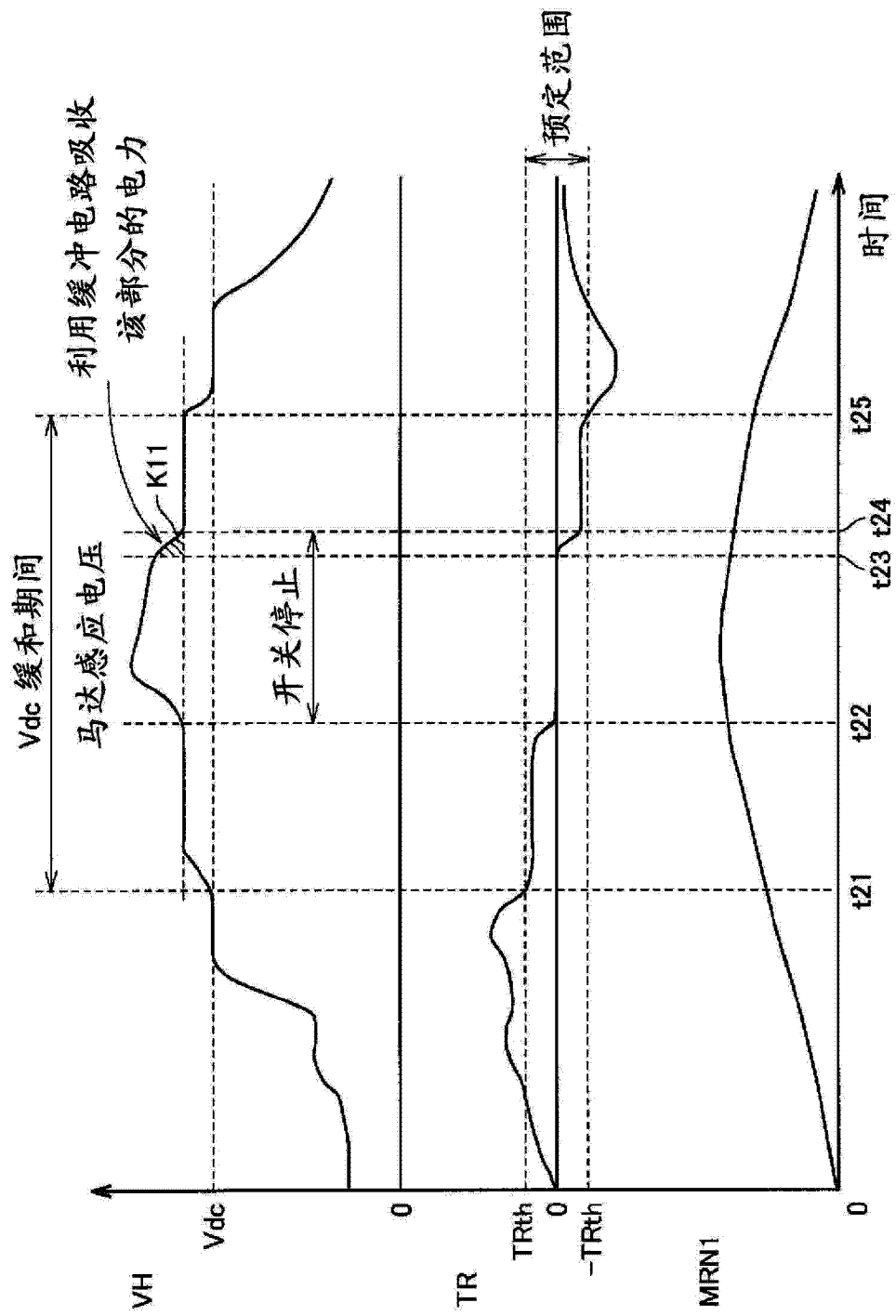


图 24

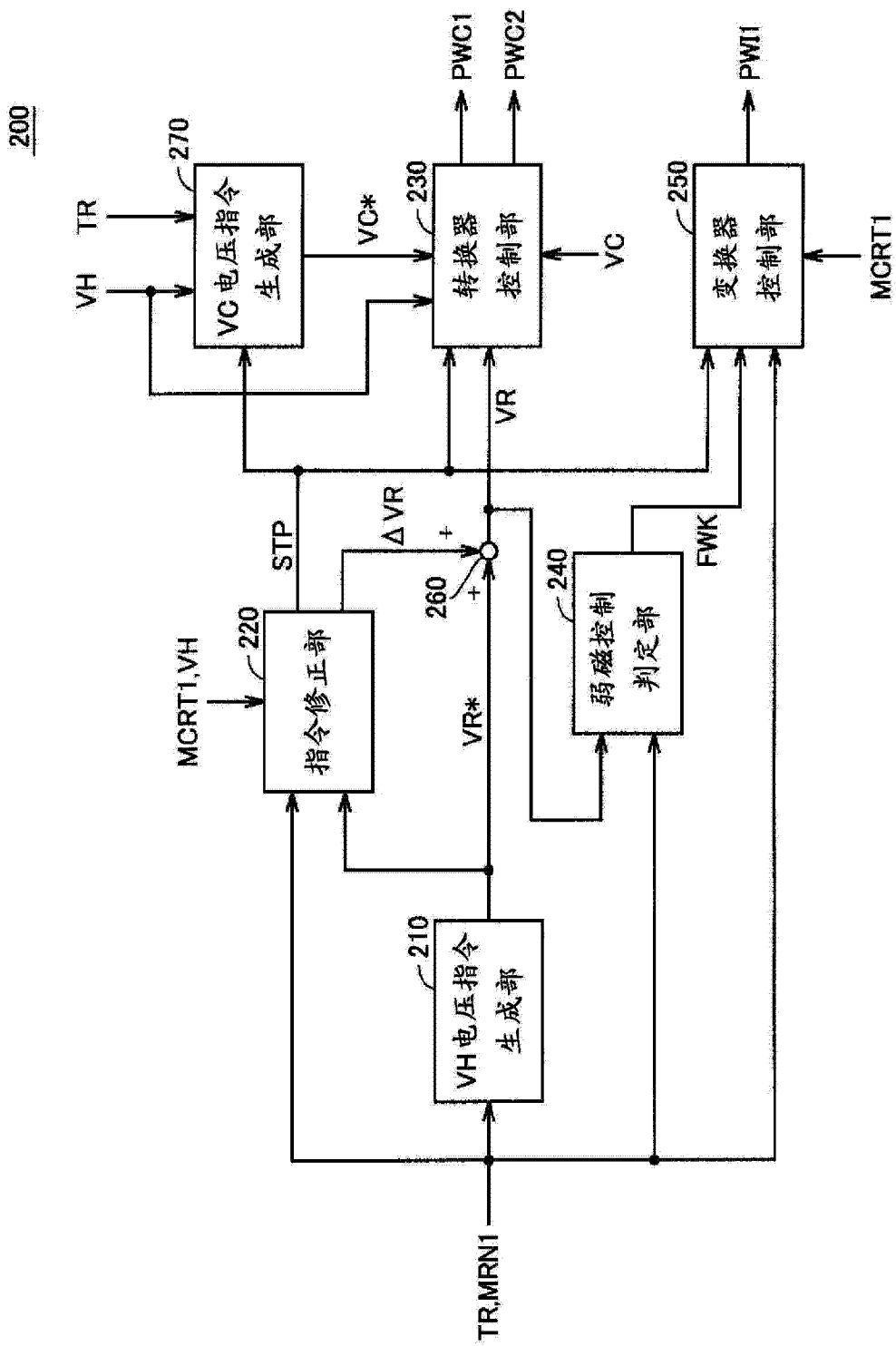


图 25

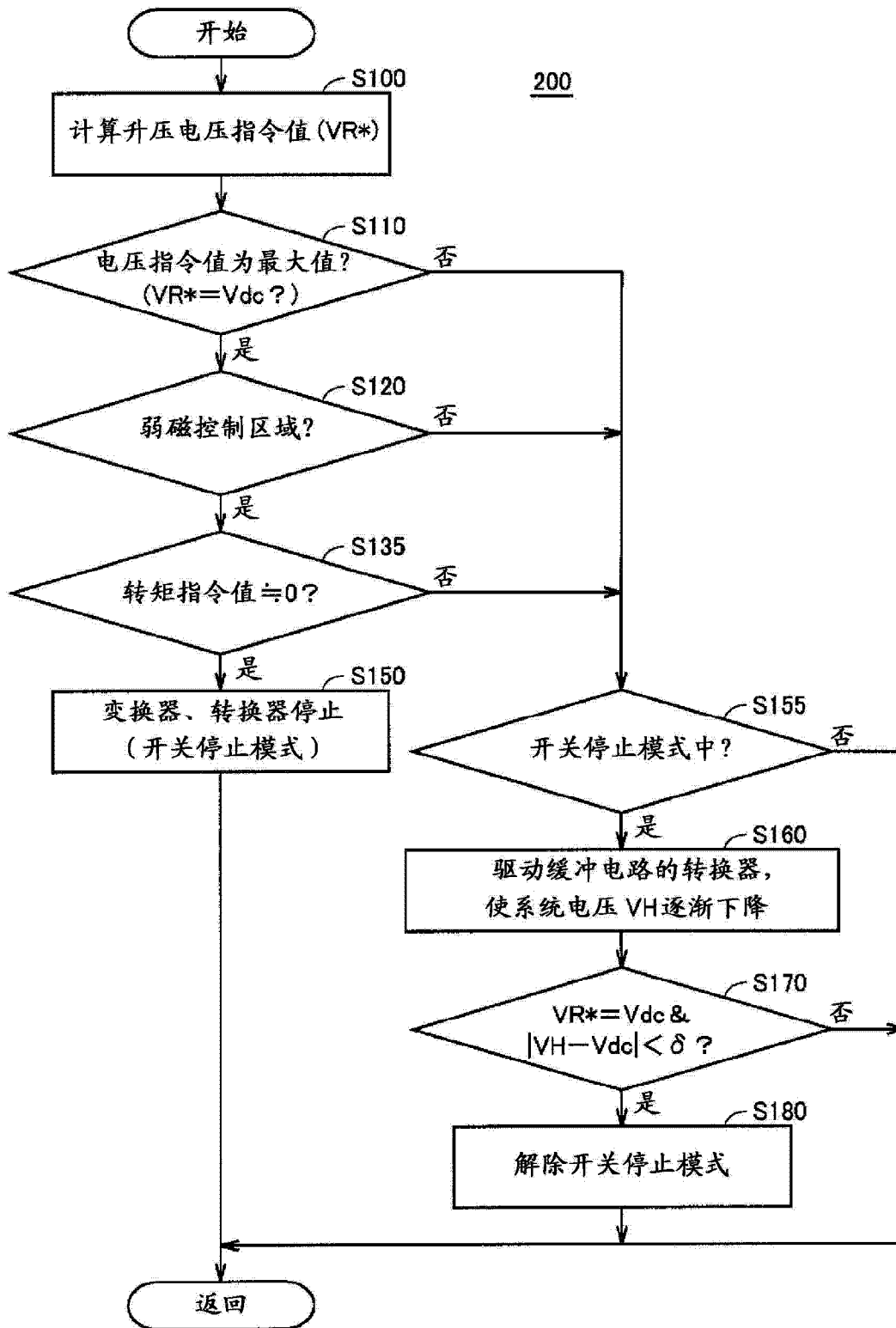


图 26

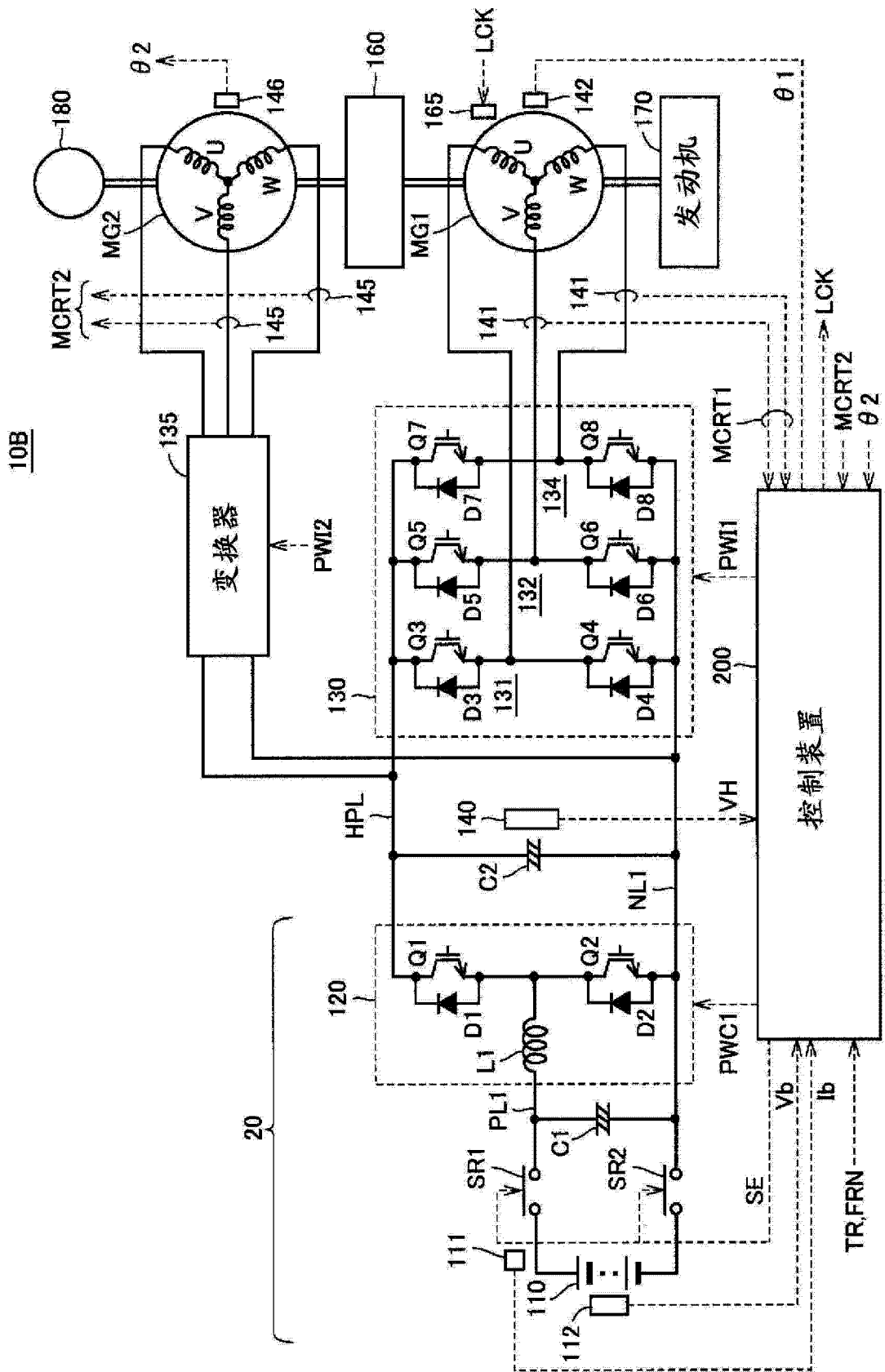


图 27

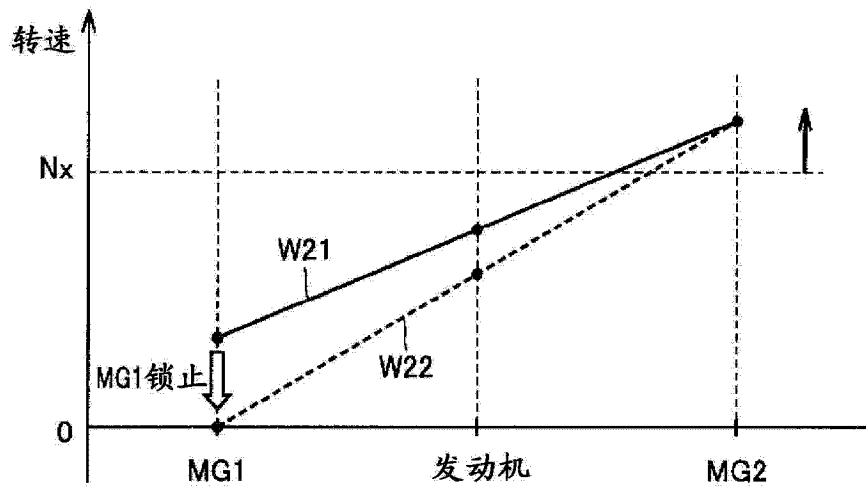


图 28

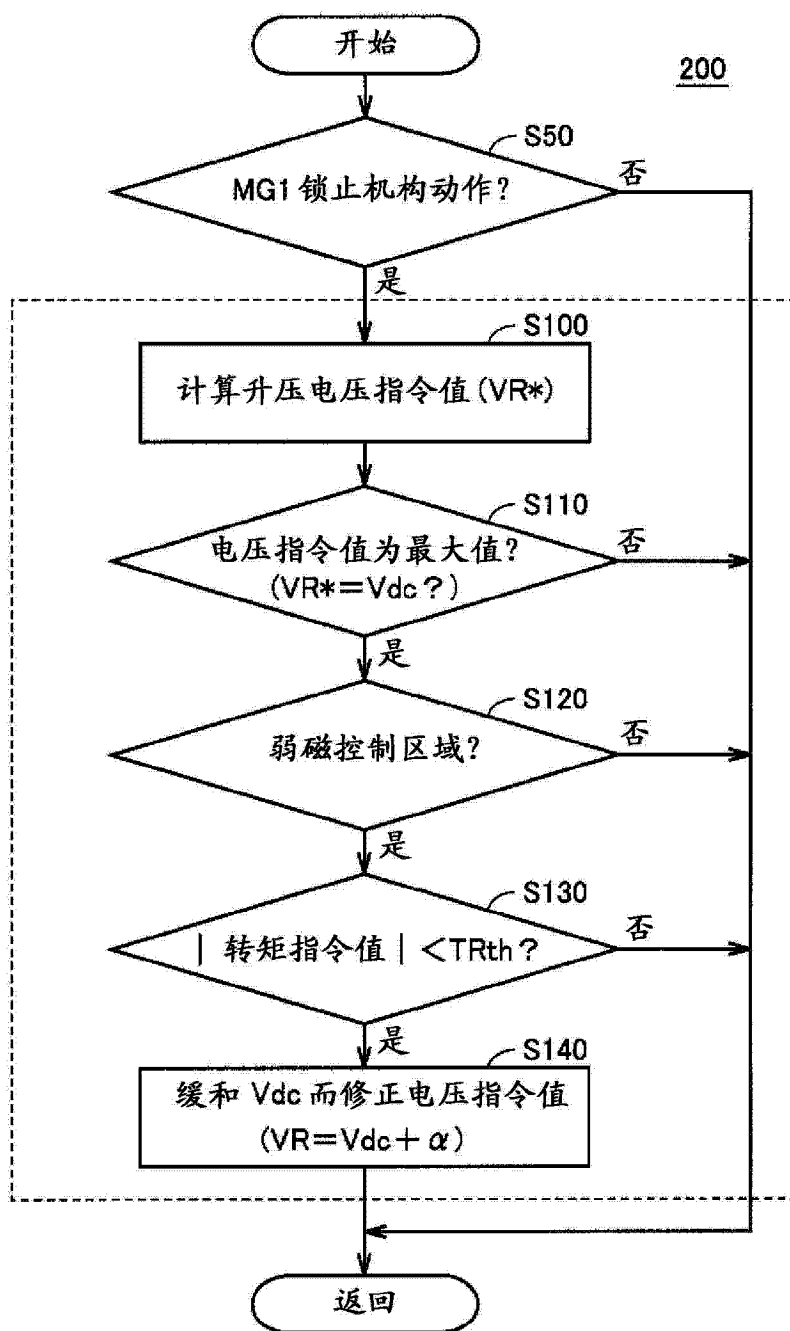


图 29

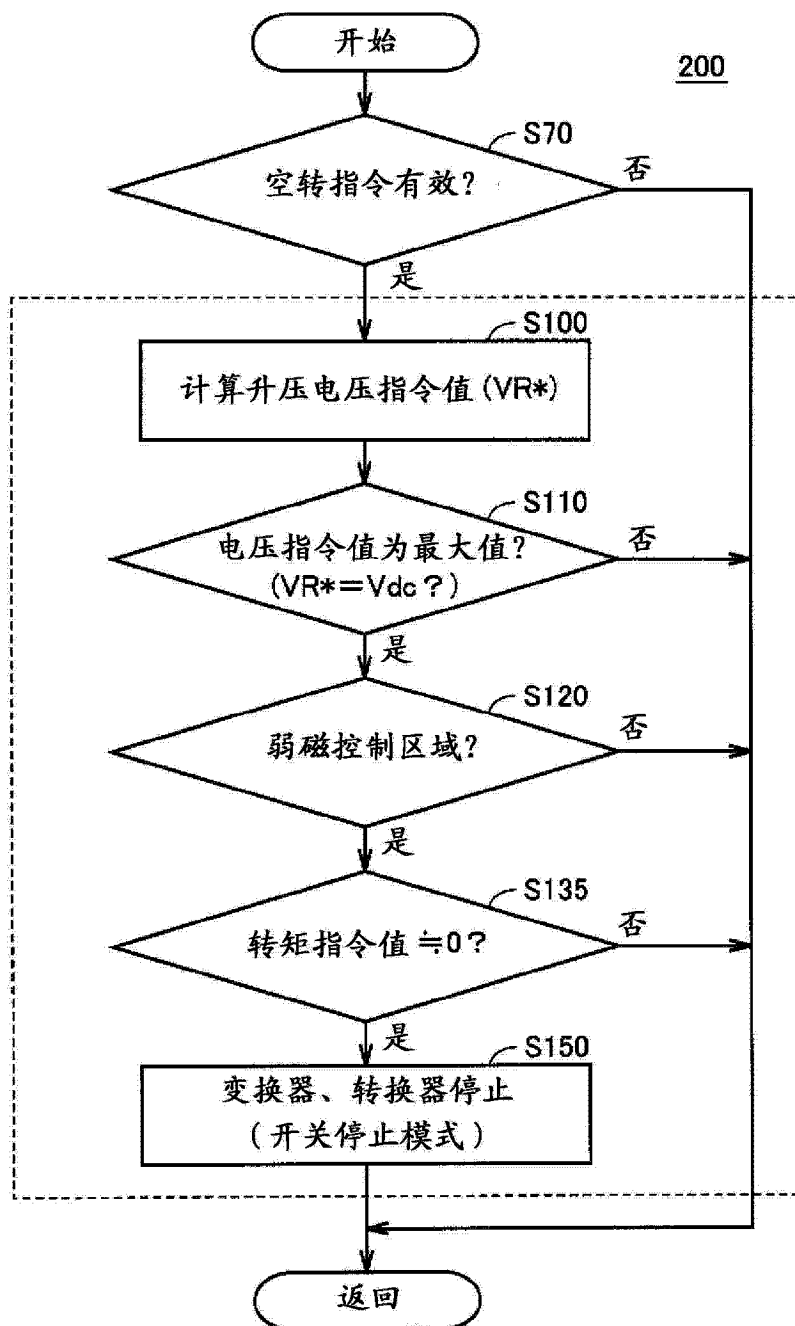


图 30

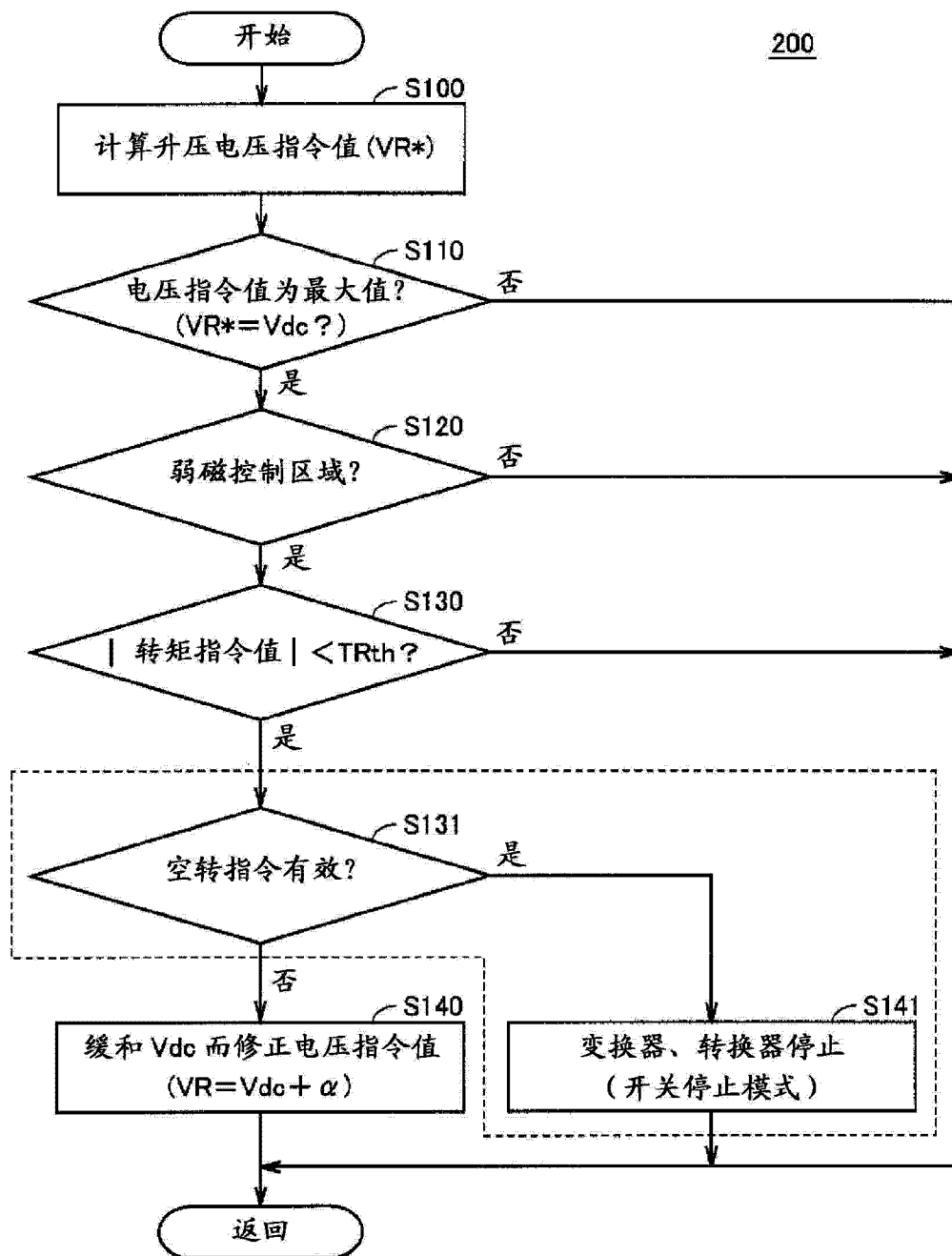


图 31