

[51] Int. Cl.

H02P 6/08 (2006.01)

H02P 6/16 (2006.01)

H02P 27/00 (2006.01)



专利号 ZL 200610105436.2

[45] 授权公告日 2010 年 3 月 3 日

[11] 授权公告号 CN 100593282C

[22] 申请日 2006.7.5

[21] 申请号 200610105436.2

[30] 优先权

[32] 2005. 7. 15 [33] JP [31] 2005 – 207199

[73] 专利权人 株式会社日立制作所

地址 日本东京都

[72] 发明人 安岛俊幸 宫崎英树 岩路善尚

野内隆夫 中津欣也

[56] 参考文献

CN1492573A 2004.4.28

CN1479965A 2004.3.3

US2004/0189243 A1 2004.9.30

审查员 葛加伍

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公
司

代理人 刘 建

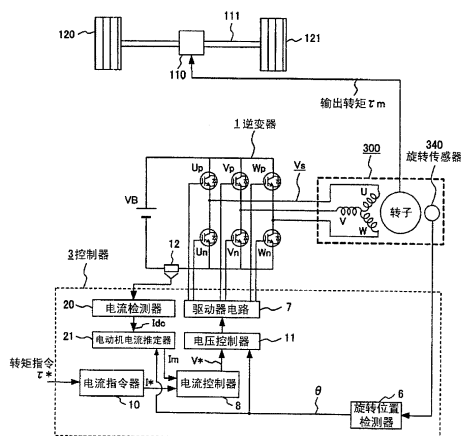
权利要求书 3 页 说明书 14 页 附图 9 页

[54] 发明名称

交流电动机驱动装置及其控制方法

[57] 摘要

本发明提供一种廉价并节省空间的交流电动机驱动装置。又，本发明提供一种与 PWM 脉冲类型无关地从零速度到高速旋转，能够高精度地控制转矩的交流电动机控制装置、电动调节器或车辆。交流电动机驱动装置备有向交流电动机馈电的逆变器、检测流过电动机或逆变器的电流的电流传感器、检测电动机转子的旋转的旋转传感器、和驱动逆变器的控制器。这里，用电流传感器检测出的电流检测值和转子旋转位置推定 3 相的电动机电流值，用该电动机电流推定值控制逆变器。



1. 一种交流电动机驱动装置，包括：交流电动机、向该交流电动机供电的逆变器、检测流过所述电动机或所述逆变器的电流的电流传感器、检测所述电动机的转子旋转的旋转传感器、和驱动控制所述逆变器的控制器，还包括：

旋转位置传感器，其从所述旋转传感器的输出信号检测转子的旋转位置；

电动机电流推定器，其根据由所述电流传感器检测出的电流检测值和所述转子的旋转位置推定流过所述电动机的 3 相的电动机电流值；和

逆变器控制机构，其用推定的 3 相的电动机电流值控制所述逆变器，

所述交流电动机驱动装置中，除了所述电流传感器外还包括：至少 1 个第 2 电流传感器，其检测逆变器的直流线或所述电动机的特定相的电流；电流传感器异常检测机构，其检测所述电流传感器的异常；和第 2 电动机电流推定机构，当检测出该异常时，其根据所述第 2 电流传感器的电流检测值和所述转子的旋转位置推定流过所述电动机的 3 相的电动机电流值。

2. 根据权利要求 1 所述的交流电动机驱动装置，其特征在于，

包括异常状态显示器，当检测出所述异常时，其显示该电流传感器的异常。

3. 一种交流电动机驱动装置，包括：交流电动机、向该交流电动机供电的逆变器、检测流过所述电动机或所述逆变器的电流的至少 2 个电流传感器、检测所述电动机的转子旋转的旋转传感器、和驱动控制所述逆变器的控制器，还包括：

旋转位置传感器，其从所述旋转传感器的输出信号检测转子的旋转位置；

电动机电流推定器，其根据由所述电流传感器检测出的电流检测值和所述转子的旋转位置推定流过所述电动机的 3 相的电动机电流值；

逆变器控制机构，其用推定的 3 相的电动机电流值控制所述逆变器；和，

电流传感器异常判定机构，其用来自多个所述电流传感器的电流检测值，判定这些电流传感器的正常/异常，

所述电动机电流推定器，包括：第1电动机电流推定机构，当判定多个所述电流传感器正常时，其用来自多个正常的电流传感器的电流检测值和所述转子的旋转位置推定3相的电动机电流值；和，

第2电动机电流推定机构，当判定某个电流传感器异常时，其用判定为正常的电流传感器的电流检测值和所述转子的旋转位置推定3相的电动机电流。

4. 根据权利要求3所述的交流电动机驱动装置，其特征在于，

包括异常状态显示器，当所述异常判定时，其显示被判定为异常的电流传感器的异常。

5. 一种车辆，包括权利要求1或3所述的交流电动机驱动装置，

所述电动机是驱动车辆的电动机，所述交流电动机驱动装置，接受来自车辆控制装置的转矩指令作为所述控制器的输入指令，从零速度到高速度行驶为止控制所述电动机。

6. 一种车辆，包括：

电动刹车，其将交流电动机的旋转力变换成活塞的按压力，并将刹车片按压在刹车盘上；和

权利要求1或3所述的交流电动机驱动装置，其根据制动力指令值将驱动电压供给到所述交流电动机。

7. 一种交流电动机驱动装置的控制方法，所述交流电动机驱动装置包括：交流电动机、向该交流电动机馈电的逆变器、检测流过所述电动机或所述逆变器的电流的电流传感器、检测所述电动机内的转子旋转的旋转传感器、和驱动控制所述逆变器的控制器，

所述控制方法包括以下步骤：

从所述旋转传感器的输出信号检测转子的旋转位置的步骤；

根据由所述电流传感器检测出的电流检测值和所述转子的旋转位置推定流过所述电动机的3相的电动机电流值的步骤；和

用所推定的3相的电动机电流值控制所述逆变器的步骤，

所述交流电动机驱动装置中，除了所述电流传感器外，在逆变器的直

流线或所述电动机的特定相中还包括至少 1 个第 2 电流传感器，

并且所述控制方法还包括：检测所述电流传感器的异常的步骤；和当检测出该异常时，从所述第 2 电流传感器的电流检测值和所述转子的旋转位置推定流过所述电动机的 3 相的电动机电流值的步骤。

8. 根据权利要求 7 所述的交流电动机驱动装置的控制方法，其特征在于，还包括：

当检测出所述异常时，显示该电流传感器的异常的步骤。

9. 一种交流电动机驱动装置的控制方法，所述交流电动机驱动装置包括：交流电动机、向该交流电动机馈电的逆变器、检测流过所述电动机或所述逆变器的电流的至少 2 个电流传感器、检测所述电动机内的转子旋转的旋转传感器、和驱动控制所述逆变器的控制器，

所述控制方法包括以下步骤：

从所述旋转传感器的输出信号检测转子的旋转位置的步骤；

根据由所述电流传感器检测出的电流检测值和所述转子的旋转位置推定流过所述电动机的 3 相的电动机电流值的步骤；

用所推定的 3 相的电动机电流值控制所述逆变器的步骤；用来自多个所述电流传感器的电流检测值，判定这些电流传感器的正常/异常的步骤；

当判定多个所述电流传感器正常时，用来自多个正常的电流传感器的电流检测值和所述转子的旋转位置推定 3 相的电动机电流值的步骤；和

当判定某个电流传感器异常时，用判定为正常的电流传感器的电流检测值和所述转子的旋转位置推定 3 相的电动机电流的步骤。

交流电动机驱动装置及其控制方法

技术领域

本发明是交流电动机驱动装置，特别是涉及适合于从零速度到高速旋转地进行加速减速的用途的交流电动机驱动装置的改良。

背景技术

至今，作为交流电动机的驱动装置，正在广泛地使用检测电动机电流高精度地控制电动机转矩的方式。但是，从低成本化等出发，希望削减检测电动机电流的传感器的数量，作为它的方法我们已经知道几个众所周知的例子。

专利文献1揭示了在PWM逆变器的直流线中备有电流传感器、从逆变器的开关类型和检测出的直流电流值推定从逆变器输出的3相的相电流的情形。

又，专利文献2揭示了备有设置在PWM逆变器的直流线中的电流传感器和检测交流电动机的转子相位的位置检测器，在检测出的直流电流值的到旋转坐标系的坐标变换中使用转子相位的情形。

进一步，专利文献3揭示了在交流电动机的特定相中备有电流传感器，从检测出的电流值的脉动检测交流电动机的转子相位进行电动机驱动的情形。

因为在适用于车辆等的驱动用交流电动机的转子位置检测器中，需要从电动机停止时起高精度地进行转矩控制，所以用电流传感器检测各相的电动机电流。另一方面，为了提高使交流电动机高速旋转时的效率和提高逆变器电源的电压利用率，采用在过调制PWM的半周期中加上1个脉冲的矩形波电压的、所谓的1脉冲模式是众所周知的。

但是，存在着为了交流电动机驱动装置的低成本化和节省空间化，要削减电流传感器的使用数量等的课题。在专利文献1中，因为从直流线的

电流检测值和逆变器的开关类型推定电动机电流，所以在 PWM 的载波周期内需要至少 2 次的高速的电流检测。但是当电动机低速旋转时 PWM 的脉冲宽度窄，在载波周期内进行 2 次电流检测是困难的。又，存在着当电动机高速旋转时，在所述 1 脉冲模式中难以进行电流检测，结果电动机驱动变得困难那样的课题。

又，在专利文献 2 中，尽管通过进行直流电流值的到旋转坐标系的变换，能够实现高速响应，但是我们认为电流检测的基本考虑方面与专利文献 1 大致相同，当交流电动机低速旋转时和高速旋转时，要实现高精度的转矩控制是困难的。

进一步，在专利文献 3 中，不从特定的电动机相电流推定 3 相的电动机电流，控制转矩是困难的。

但是，存在着为了交流电动机驱动装置的低成本化和节省空间化，要削减电流传感器的使用数量等的课题。在专利文献 1 中，因为从直流线的电流检测值和逆变器的开关类型推定电动机电流，所以在 PWM 的载波周期内需要至少 2 次的高速的电流检测。但是当电动机低速旋转时 PWM 的脉冲宽度窄，在载波周期内进行 2 次电流检测是困难的。又，存在着当电动机高速旋转时，在所述 1 脉冲模式中难以进行电流检测，结果电动机驱动变得困难那样的课题。

又，在专利文献 2 中，尽管通过进行直流电流值的到旋转坐标系的变换，能够实现高速响应，但是我们认为电流检测的基本考虑方面与专利文献 1 大致相同，当交流电动机低速旋转时和高速旋转时，要实现高精度的转矩控制是困难的。

进一步，在专利文献 3 中，不从特定的电动机相电流推定 3 相的电动机电流，控制转矩是困难的。

[专利文献 1] 日本特开平 6-153526 号专利公报（全部）

[专利文献 2] 日本特开 2004-297966 号专利公报（全部）

[专利文献 3] 日本特开 2004-274841 号专利公报（全部）

发明内容

本发明的目的是提供通过少量的电流传感器，达到廉价并节省空间的

交流电动机驱动装置。

本发明的其它目的是提供通过少量的电流传感器，达到廉价并节省空间的交流电动机驱动装置。

本发明的另一个目的是提供一种即便在与 PWM 脉冲类型无关地从零速度到高速旋转急剧加速减速的交流电动机中，也能够实现高精度的转矩控制的交流电动机控制装置、车辆及其控制方法。

本发明的特征是在另一方面，在备有交流电动机、向该交流电动机馈电的逆变器、检测流过所述电动机或逆变器的电流的电流传感器、检测所述电动机的转子旋转的旋转传感器、和驱动控制所述逆变器的控制器的交流电动机驱动装置中，从旋转传感器的输出信号检测转子的旋转位置，从由电流传感器检测出的电流检测值和转子的旋转位置推定流过交流电动机的 3 相的电动机电流值，用推定的 3 相的电动机电流值控制逆变器。

在本发明希望的实施样态中，将电流传感器配置在检测流过逆变器的直流线的直流电流的位置或检测在交流电动机的特定相中流过的相电流的位置上。

在本发明希望的其它实施样态中，除了所述电流传感器外，还在逆变器的直流线或交流电动机的特定相中备有至少 1 个第 2 电流传感器，当在某个电流传感器中发生异常时，用健全的电流传感器继续进行电动机驱动。

在本发明希望的其它实施样态中，在车辆驱动用交流电动机的驱动装置中，备有接收来自车辆控制装置的转矩指令作为控制器的输入指令，从零速度到高速行驶为止控制所述电动机的交流电动机驱动装置。

具体来说，本发明提供一种交流电动机驱动装置，包括：交流电动机、向该交流电动机馈电的逆变器、检测流过所述电动机或所述逆变器的电流的电流传感器、检测所述电动机的转子旋转的旋转传感器、和驱动控制所述逆变器的控制器，还包括：旋转位置传感器，其从所述旋转传感器的输出信号检测转子的旋转位置；电动机电流推定器，其根据由所述电流传感器检测出的电流检测值和所述转子的旋转位置推定流过所述电动机的 3 相的电动机电流值；和逆变器控制机构，其用推定的 3 相的电动机电流值控制所述逆变器，所述交流电动机驱动装置中，除了所述电流传感器外还包括：至少 1 个第 2 电流传感器，其检测逆变器的直流线或所述电动机的特定相的电流；电流传感器异常检测机构，其检测所述电流传感器的异常；和第 2 电动机电流推定机构，当检测出该异常时，其根据所述第 2 电流传

传感器的电流检测值和所述转子的旋转位置推定流过所述电动机的3相的电动机电流值。

另外，本发明提供一种车辆，包括上述的交流电动机驱动装置，所述电动机是驱动车辆的电动机，所述交流电动机驱动装置，接受来自车辆控制装置的转矩指令作为所述控制器的输入指令，从零速度到高速度行驶为止控制所述电动机。

另外，本发明提供一种车辆，包括：电动刹车，其将交流电动机的旋转力变换成活塞的按压力，并将刹车片按压在刹车盘上；和上述的交流电动机驱动装置，其根据制动力指令值将驱动电压供给到所述交流电动机。

本发明的另一方面，提供一种交流电动机驱动装置的控制方法，所述交流电动机驱动装置包括：交流电动机、向该交流电动机馈电的逆变器、检测流过所述电动机或所述逆变器的电流的电流传感器、检测所述电动机内的转子旋转的旋转传感器、和驱动控制所述逆变器的控制器，所述控制方法包括以下步骤：从所述旋转传感器的输出信号检测转子的旋转位置的步骤；根据由所述电流传感器检测出的电流检测值和所述转子的旋转位置推定流过所述电动机的3相的电动机电流值的步骤；和用所推定的3相的电动机电流值控制所述逆变器的步骤，所述交流电动机驱动装置中，除了所述电流传感器外，在逆变器的直流线或所述电动机的特定相中还包括至少1个第2电流传感器，并且所述控制方法还包括：检测所述电流传感器的异常的步骤；和当检测出该异常时，从所述第2电流传感器的电流检测值和所述转子的旋转位置推定流过所述电动机的3相的电动机电流值的步骤。

如果根据本发明希望的实施样态，则能够提供通过少量的电流传感器，与PWM脉冲类型无关地，能够从零速度到高速旋转推定电动机电流，节省空间并且低成本的交流电动机驱动装置。

在下面所述的实施方式中，根据本发明的其它目的和特征将变得很清楚。

附图说明

图1是根据本发明的一个实施方式的交流电动机驱动装置的控制方框

图。

图2是根据本发明的一个实施方式的车辆用驱动电动机的构造图。

图3是根据本发明的一个实施方式的驱动电流波形及其电流路径的说明图。

图4是根据本发明的一个实施方式的1脉冲模式中的各单元电压/电流波形图。

图5是根据本发明的其它实施方式的交流电动机驱动装置的控制方框图。

图6是在根据本发明的另一个实施方式的直流线上配置多个电流传感器的交流电动机驱动装置的方框图。

图7是在根据本发明的另一个实施方式的AC线上配置多个电流传感器的交流电动机驱动装置的方框图。

图8是根据本发明的另一个实施方式的电流传感器异常判定的处理流程图。

图9是作为本发明的另一个应用例的搭载交流电动机驱动装置的电动刹车装置的系统概略图。

图中：1—逆变器，300—交流电动机，340—旋转传感器，20、30、40、50—电流检测器，21、31、41、51—电动机电流推定器，8—电流控制器，6—旋转位置检测器，11—电压控制器，12、12B、32、32B—电流传感器，42、52—电流传感器（异常）判定器，43—状态显示器，VB—电池，500—电动刹车装置。

具体实施方式

下面，我们参照附图说明本发明的实施方式。首先，用图1~图4，说明将根据本发明的一个实施方式的交流电动机驱动装置应用于车辆用驱动电动机的情形。

图1是根据本发明的一个实施方式的交流电动机驱动装置的控制方框图。

电池VB是逆变器1的直流电压源。逆变器1由3相各相的6个开关元件（Up、Vp、Wp、Un、Vn、Wn）构成，与交流电动机300的电动机

线圈 (U、V、W) 连接。通过逆变器 1 将直流电压变换成可变电电压、可变频率的 3 相交流电压, 加在交流电动机 300 上。在从电池 VB 到逆变器 1 的直流线上存在着检测直流电流的电流传感器 12。作为该电流传感器 12, 可以用分流电阻或霍尔 CT 等。

对逆变器 1 的各开关元件进行接通/断开 (ON/OFF) 控制的栅极信号由控制器 3 生成。控制器 3 输入来自车辆控制装置 (图中未画出) 的转矩指令 τ^* 、直流电流检测值 I_{dc} 、来自转子旋转传感器 340 的信号, 控制加在交流电动机 300 的电动机线圈 U、V、W 上的交流电压。另一方面, 经过转子的输出轴将电动机 300 的输出转矩 τ_m 传送到齿轮箱 110, 经过齿轮箱 110 内的齿轮传送到驱动轴 111。传送到驱动轴 111 的输出, 驱动车辆的驱动轮 120、121 使车辆 (图中未画出) 行驶/停止。

控制器 3 由电流检测器 20、电动机电流推定器 21、电流指令器 10、旋转位置检测器 6、电流控制器 8、电压控制器 11 和驱动器电路 7 构成。电流检测器 20 对来自电流传感器 12 的信号进行信号处理, A/D 变换, 得到直流电流值 I_{dc} 。电动机电流推定器 21 从直流电流值 I_{dc} 和转子的磁极位置 (转子相位) θ 计算 3 相的电动机电流推定值 I_m (I_u 、 I_v 、 I_w)。电流指令器 10 将转矩指令 τ^* 变换成电流指令值 I^* 。在电流控制器 8 中, 以使电动机电流推定值 I_m 和电流指令值 I^* 一致的方式, 通过比例积分控制等输出电压指令 V^* 。电压控制器 11 生成使逆变器 1 的输出电压成为电压指令 V^* 那样的 PWM 脉冲, 经过驱动器电路 7 输出到逆变器 1。

这里, 矢量控制时的电流指令值 I^* 是旋转坐标系的 d 轴电流指令值 I_d^* 、q 轴电流指令值 I_q^* 这样 2 个值, 当进行变换时也使用从转子相位 θ 求得的转子旋转速度 ω (图中未画出)。同样, 电动机电流推定值 I_m 也成为 d 轴和 q 轴的 2 个值。又, 在电压控制器 11 中, 用转子相位 θ 将旋转坐标系的 dq 轴的电压值 3 相变换到 U、V、W。

图 2 是根据本发明的一个实施方式的车辆驱动用交流电动机的构造图。图 2 (1) 表示电动机 300 的电动机轴方向的剖面图, 图 2 (2) 表示电动机的直径方向的 A-A' 剖面图。本实施例所示的电动机是永久磁铁磁场的永久磁铁同步电动机, 特别是, 将永久磁铁埋入到转子铁心中的埋入磁铁型的永久磁铁同步电动机。又, 是在定子 310 的定子铁心 311 的内侧通

过间隙配置转子 320 的内转形的电动机,是在定子铁心的单一丁字钢(tees) 311T 上卷绕线圈 312 的集中卷绕电动机。转子 320 由转子铁心 321、永久磁铁 322 和电动机轴 360 构成。转子 320 和转子旋转传感器 340 通过电动机轴 360 连接起来。由轴承 350 旋转支持电动机轴 360。转子旋转传感器 340 是解析器等的绝对位置传感器是令人满意的,但是即使用霍尔元件也没有问题。又,用螺丝等将转子旋转传感器 340 的定子侧固定在电动机罩子上(图中未画出)。用压入或键沟等将定子 310 固定在电动机罩子上。定子 310 的线圈 312,顺次地配置 U、V、W 的 3 相线圈 312U、312V、312W。转子 320 的永久磁铁 322 在间隙面方向顺次交互地配置着持有 N 极极性的永久磁铁 322N 和持有 S 极极性的永久磁铁 322S。这里永久磁铁 322 的材料,从保持力和成本方面来说 Nd-Fe-B 等的稀土类磁铁是合适的,但是即便是其它的稀土类磁铁或铁氧体磁铁只要可以改变电动机输出特性就没有问题。

在本实施例中用 16 极 24 槽沟的 2 对 3,即极数=2,槽沟数=3 的整数倍的电动机系列进行图示,但是即便是 4 对 3 或 8 对 9、10 对 12 等的系列也没有问题。又,在本实施例中我们说明了埋入磁铁型的集中卷绕同步电动机,但是即便是表面磁铁型也没有问题,即便是分布卷绕电动机也没有问题。进一步,即便是感应电动机等的其它交流电动机也同样可以适用。

下面,我们详细说明成为一个实施方式的主要部分的电动机电流推定器 21。

图 3 是根据本发明的一个实施方式的交流电动机驱动装置的驱动电流波形及其电流路径的说明图。在图 3 (1) 中,表示力率=1 ($\phi=0$) 中的各相的电动机相电流 I_u 、 I_v 、 I_w 和流过直流线的直流电流 I_p ,在图 3 (2) 中表示在它的定时 T 的电流路径。这里,为了方便起见将由 PWM 产生的脉冲状电流表示为连续波形。又,在电动机等效电路中,令线圈电阻为 R,电感为 L,各相的反电压为 E_u 、 E_v 、 E_w 。公式 (1) ~ (3) 表示 V 相的所加电压 V_v 和在 V 相中流动的电动机相电流 I_v ,令所加电压峰值为 V,相电流峰值为 I, V 相的电压相位为 θ_v ,电压 V_v 和电流 I_v 的相位差为 ϕ 。

$$V_v = V \cdot \sin \theta_v \quad (1)$$

$$I_v = I \cdot \sin (\theta_v + \phi) \quad (2)$$

$$\theta_v = \theta - 120 \quad (3)$$

在用转子相位 θ 从直流电流值 I_{dc} 推定电动机相电流的方法中可以考虑几种方法。在本实施例中我们说明 3 种方法。

直流电流值 I_{dc} 是通过在载波周期内至少 1 次取样检测出的直流电流 I_p 的瞬时值，是流过由电池 VB、逆变器和电动机线圈构成的电流路径的电流值。因为流过只有逆变器和电动机线圈的电流路径的电流是环流电流所以不能够作为直流电源 I_p 检测出来。这时，通过使逆变器内的某个开关元件接通，在可以检测的定时对直流电流 I_p 进行取样，能够从所加电压类型特定与直流电流相等的电动机的相电流。即，在图 3 的定时 T，直流电流 $I_p = V$ 相的相电流 I_v 。

这时， $I_{dc} = I_v = -(I_v + I_w)$

第 1 方法是将从所加电压和转子相位检测出的直流电流值分配给各相的电动机电流的方式。当令各相的所加电压为 V_u 、 V_v 、 V_w ，用电动机的旋转速度 ω 表示时，得到公式 (4) ~ (6)。

$$V_u = (R + \omega L) \times I_u + E_u \quad (4)$$

$$V_v = (R + \omega L) \times I_v + E_v \quad (5)$$

$$V_w = (R + \omega L) \times I_w + E_w \quad (6)$$

从上述公式的关系，公式 (7) 成立。

$$I_v = -\{ (V_u - E_u) + (V_w - E_w) \} / (R + \omega L) \quad (7)$$

当能够用转子位置 θ 的函数 $E \cdot f(\theta)$ 表示各相的反电压 E_u 、 E_v 、 E_w ，并且能够用正弦波近似波形形状函数 $f(\theta)$ 时，能够用公式 (8) ~ (10) 表示各相的反电压 E_u 、 E_v 、 E_w 。

$$E_u = E \sin(\theta) \quad (8)$$

$$E_v = E \sin(\theta - 120) \quad (9)$$

$$E_w = E \sin(\theta + 120) \quad (10)$$

如果取电流 I_u 和 I_w 之比，则得到公式 (11)，能够应用转子相位 θ 决定各相的反电压 E_u 、 E_w 。

$$I_u : I_w = (V_u - E_u) : (V_w - E_w) \quad (11)$$

能够用电压指令 V^* 代替各相的所加电压 V_u 、 V_w ，可以将检测出的直流电流值 I_{dc} ($=I_v$) 分配给 I_u 和 I_w 。即，通过用所加电压和反电压能够

推定电动机电流 I_m 。

进一步，能够根据 ωL 的条件用公式(12)~(14)近似所加电压 V_u 、 V_v 、 V_w ，并能够用公式(15)进行表示。即，能够用转子相位 θ 求得 I_u 和 I_w 。

$$V_u = V \sin(\theta) \quad (12)$$

$$V_v = V \sin(\theta - 120) \quad (13)$$

$$V_w = V \sin(\theta + 120) \quad (14)$$

$$I_u : I_w = \sin(\theta) : \sin(\theta + 120) \quad (15)$$

上面我们述说了直流电流 $I_p = V$ 相的相电流 I_v 的情形，但是即便在检测出 I_u 、 I_w 的情形中也能够同样地求得。

下面，第2方法是将检测出的直流电流值 I_{dc} 和对直流电流值 I_{dc} 施加平均化处理的电流值作为有效分电流 I_r ，用转子相位 θ 求得无效分电流 I_i 的方式。

$$I_v = I_r \cdot \sin\theta_v + I_i \cdot \cos\theta_v \quad (16)$$

$$I_r = I \cdot \cos\phi \quad (17)$$

$$I_i = I \cdot \sin\phi \quad (18)$$

$$\phi = \tan^{-1}(I_i/I_r) \quad (19)$$

公式(16)~(19)是对公式(1)~(3)进行变形后得到的，从有效电流 I_r 和无效电流 I_i 求得力率角 ϕ 。这里，因为有效电流 I_r 是检测出的直流电流值 I_{dc} 的平均值，所以可以用直流电流值 I_{dc} 通过数字处理计算移动平均等的积分(滤波器)。直流电流值 I_{dc} =电动机的相电流 I_v 。因为转子相位 θ 是检测值，所以可以求得无效电流 I_i 。即，能够计算力率角 ϕ 和相电流的峰值 I ，可以推定各相的电动机电流 I_m 。

此外，通过数字滤波器处理求得有效电流 I_r ，但是即便在电流检测器20中同时检测通过模拟的滤波器电路的平均电流值也没有问题。当对信号进行模拟处理时，能够减少CPU负载。

最后，第3方法是检测检测出的直流电流值 I_{dc} 和直流电流值 I_{dc} 的电流峰值 I 的方式。

也可以检测检测出的直流电流值 I_{dc} 的峰值 I 作为数字值，但是根据取样的定时不一定能够捕捉到峰值。因此，最好，与直流电流值 I_{dc} 不同在

电流检测器 20 中用模拟的峰值保持电路或取样保持电路检测相电流的峰值 I 。即，如果在公式 (1) ~ (3) 中应用转子相位 θ 求得力率角 ϕ ，则可以推定各相的电动机电流 I_m 。

图 4 是根据本发明的一个实施方式的 1 脉冲模式中的各单元电压/电流波形图，图 4 (1) 是所加电压，图 4 (2) 是反电压，图 4 (3) 是电动机电流波形。下面，我们着眼于 V 相进行说明。

在车辆驱动用交流电动机的驱动方式中，为了提高高速旋转时的电压利用率和减少开关损失，广泛采用 1 脉冲模式，即在半周期内在电动机上加上 1 个脉冲的矩形波电压的方式。尽管电动机电流波形从正弦波成为畸变波形，但是因为高速旋转，所以该畸变率比较小，因为转矩脉动也是高频所以在实用上没有大的问题。

在图中，因为是 1 个脉冲的矩形波，所以在电学角 180° (π [rad]) 的区间内不包含经过 PWM 调制的电压脉冲。因此，不能够应用通过专利文献 1 中揭示的 PWM 开关类型和在 PWM 载波周期内至少 2 次电流取样的组合推定电动机电流的方法。

具体地说，尽管在电学角 1 个周期内 (2π [rad]) 存在着 6 个开关类型，但是在与 PWM 载波 1 个周期相当的时间内 PWM 开关类型是固定的。令 PWM 载波周期数为 10kHz (PWM 载波周期为 $100\mu\text{S}$)，用 6000 (r/min) 驱动图 2 的 16 极的交流电动机时的电学角频率为 800Hz (电学角 1 个周期为 $1250\mu\text{S}$)。所以，在 PWM 载波中约 2 个周期期间开关类型不变。这时，尽管可以在 PWM 载波周期内进行 2 次电流取样，但是在专利文献 1 中揭示的方法中直流电流值只能够检测特定相的电动机电流，要推定 3 相各相的电动机电流值是困难的。

在本实施例的电流检测方法中，因为在 PWM 载波周期内进行 1 次电流取样，用电动机相位 θ 根据检测出的直流电流值推定电动机电流，所以即便在 1 个脉冲模式中也能够推定电动机电流。

进一步，当低速旋转驱动电动机时 (图中未画出)，用经过 PWM 调制的所加电压驱动电动机，但是因为低速旋转电动机的反电压小，结果生成 PWM 脉冲宽度窄，流过直流线的电流脉冲的宽度窄的状态。在这种情形中，因为用需要在 PWM 载波周期内进行 2 次电流取样的已有技术难以

捕捉到电流，所以需要施加使 PWM 载波周期为低频等的处理。因此，除了产生可听范围的噪声，使用户产生不谐调感外，也产生使软件处理变得复杂了那样的问题。

在本实施例的电流检测方法中，因为在 PWM 载波周期内进行 1 次电流取样，用电动机相位 θ 根据检测出的直流电流值推定电动机电流，所以可以进行稳定的电流检测。

如上所述，在本实施例的电动机驱动装置中，因为用直流线的电流传感器 12 和电动机相位 θ 推定电动机电流，所以可以与 PWM 脉冲宽度无关地从零速度到高速旋时检测电流。所以，能够提供在高响应中维持转矩控制精度不变，低成本的交流电动机驱动装置。

下面，我们用图 5 说明根据本发明的其它实施方式的交流电动机驱动装置。图 5 在备有检测电动机的特定相的相电流的电流检测器和电动机电流推定器方面与图 1 不同，其它的相同标号的工作是相同的。

用电流检测器 30 对检测电动机的特定相的相电流的电流传感器 32 的输出信号进行信号处理使其具有在 A/D 逆变器中可以检测出的电平，用 A/D 逆变器（图中未画出）变换成数字值。输出变换后的数字信号作为电流检测值 I_n ，由电动机电流推定器 31 用转子相位 θ 形成 3 相各相的电动机电流推定值 I_m 进行输出。

在电动机电流推定器 31 中，检测电流检测值 I_n 的电流峰值 I ，用公式 (1) ~ (3) 求得功率角 ϕ 。用电流峰值 I 、功率角 ϕ 、转子相位 θ 推定 3 相各相的电动机电流值 I_m 。即便不计算设置电流传感器的特定相的电动机电流值也没有问题，但是在除去噪声等实现稳定化的情形中也可以再次用计算得到的结果。

这里，通过数字处理求得电流峰值 I 。但是，最好，在电流检测器 30 中，用模拟的峰值保持电路或取样保持电路检测相电流的峰值 I ，当电动机的高速旋转时也能够检测出更正确的电流峰值 I 。

下面，我们用图 6~图 8 说明备有根据本发明的另一个实施方式的多个电流传感器的交流电动机驱动装置。

图 6 是在根据本发明的另一个实施方式的直流线上配置多个电流传感器的交流电动机驱动装置的控制方框图。图 6，除了在与电池的正极侧连

接的直流线上追加电流传感器这点不同以外,其它构成都与图1相同。在与电池的正极侧连接的直流线上追加电流传感器12B,备有电流检测器50、电动机电流推定器51、电流传感器(异常)判定器52、和通报电流传感器异常状态的状态显示器43。

配置在与电池的负极侧和正极侧连接的直流线上的至少2个的电流传感器12、12B,实现电流传感器的冗长化,并且也可以进行电动机配线(电动机线圈)的接地检测。进一步,构筑从电流传感器12、12B的电流检测值(I_{da} 、 I_{db})和从转子相位 θ 求得的基准电流值进行电流传感器的正常/异常判定的电流传感器(异常)判定器52这点与图1不同。

当电流传感器(异常)判定器52判断为异常时,将异常标志输出到状态显示器43,并且将电流传感器异常信息输出到电动机电流推定器51。在电动机电流推定器51中,不使用判定为异常的传感器的检测值而用判定为正常的传感器的检测值输出电动机电流推定值 I_m 。

当判断2个电流传感器信息为正常时,电动机电流推定值 I_m 应用2个电流传感器的平均值。

本实施方式的电动机驱动装置提供当车辆搭载时不可欠缺的异常判定功能和当异常时也尽可能地不失败停止而可以紧急地行驶的电动机驱动装置。

图7是在根据本发明的另一个实施方式的AC线上配置多个电流传感器的交流电动机驱动装置的控制方框图。图7,将电流传感器32配置在逆变器的AC线(电动机配线)上与图5相同。进一步,在余下的2相中追加至少1个电流传感器32B,备有电流检测器40、电动机电流推定器41、电流传感器(异常)判定器42这点与图5和图6不同,其它的相同标号的工作是相同的。

在逆变器的AC线(电动机配线)上配置至少2个电流传感器32、32B,实现电流传感器的冗长化,并且可以进行特定条件下的电动机配线(电动机线圈)的接地检测。进一步,构成从电流传感器32、32B的电流检测值(I_u 、 I_v)和从转子相位 θ 求得的基准电流值进行电流传感器的正常/异常判定的电流传感器(异常)判定器42这点与图5不同。

当电流传感器(异常)判定器判断为异常时,将异常标志输出到状态

显示器 43，并且将电流传感器异常信息输出到电动机电流推定器 41。在电动机电流推定器 41 中，不使用判定为异常的传感器的检测值而用判定为正常的电流传感器的检测值推定电动机电流推定值 I_m 。

当判断 2 个电流传感器信息为正常时，能够从 $I_u + I_v + I_w = 0$ 的关系求得电动机电流推定值 I_m 。

本实施方式的电动机驱动装置能够提供当车辆搭载时不可欠缺的异常判定功能和当异常时也尽可能地不失败停止而可以紧急地行驶的电动机驱动装置。

又，我们用图 6 说明了在直流线上配置 2 个电流传感器，用图 7 说明了在 AC 线（电动机配线）上配置 2 个电流传感器的例子，但是也可以将至少 2 个电流传感器分配配置在直流线和 AC 线上（图中未画出）。这时，除了可以从 1 个正常的电流传感器的电流检测值继续驱动电动机外，也能够得到可以容易地检测逆变器的臂短路等的效果。

图 8 是根据本发明的另一个实施方式的电流传感器异常判定的处理流程图。在步骤 F1，检测各电流传感器的检测值，在步骤 F2，用电动机相位 θ 计算对各电流检测值的电流峰值 I 。在步骤 F3，如果计算得到的电流峰值 I 在预定的误差范围内分别相等则判断为正常，如果不同则判断为异常。当判断为异常时，在步骤 F4，用各个电流检测值和电动机相位 θ 计算电压。即便计算所加电压也没有问题。在步骤 F5，比较计算得到的电压和成为基准值的基准电压，如果在预定的允许误差范围内则判断为正常，如果不是这样则作为电流传感器错误，在步骤 F6 设定特定判断为异常的电流传感器的标志和异常标志。在步骤 F7，在检测电流值上考虑并加上校正系数，如果在允许范围内则判断为正常。当超过允许范围不为零时，判定为接地，在步骤 F8 设定异常标志。当判断为异常时，在步骤 F9 输出异常标志。

通过这些步骤，本实施方式的电动机驱动装置能够提供当车辆搭载时不可欠缺的异常判定功能和当异常时也尽可能地不失败停止而可以紧急地行驶的交流电动机驱动装置。

下面，我们用图 9 说明作为本发明的另一个应用例的搭载交流电动机驱动装置的电动刹车装置。

电动刹车装置 500 是通过推力变换机 530 将由电动机驱动装置 510 驱动的交流 (AC) 电动机 520 的旋转力变换成活塞的按压力, 将刹车片 550 按压在刹车盘 540 上的装置。将电动机驱动装置 510 一体地安装在 AC 电动机 520 中。刹车踏板 560 的踏下量, 由冲程传感器 570 测量, 传送到刹车控制装置 580。刹车控制装置 580, 根据刹车踏板 560 的踏下量控制电动机驱动装置 510, 驱动 AC 电动机 520, 调整电动 (盘) 刹车 500 产生的刹车力。电池 590 向各电动机驱动装置 510 和刹车控制装置 580 供给电源。

下面, 我们说明电动刹车系统的工作。驾驶员踏刹车踏板 560, 由冲程传感器 570 读取驾驶员要求的制动力, 将驾驶员要求的制动力传送到刹车控制装置 580。刹车控制装置 580, 从驾驶员要求的制动力, 计算各刹车装置的制动力指令值, 传送到各刹车装置的电动机驱动装置 510。电动机驱动装置 510, 按照制动力指令值, 将适当的驱动电压供给电动机 520。驱动电压, 例如, 是经过脉冲宽度调制的 3 相交流电压。通过将驱动电压加在 AC 电动机 520 上, 使电动机 520 旋转, 通过推力变换机 530 将电动机旋转力变换成盘刹车的按压力 (图中未画出), 将刹车片 550 按压在刹车盘 540 上。作为推力变换机 530, 能够应用齿轮机构和油压机构等。

如果根据以上的实施方式, 则能够用少量的电流传感器, 提供节省空间, 低成本的电动调节器。又, 即便对于要求急剧加速减速的电动调节器, 如果采用 1 脉冲模式, 则因为可以进行高响应的电动机驱动, 所以也能够提供更节省空间, 更低成本的电动调节器。

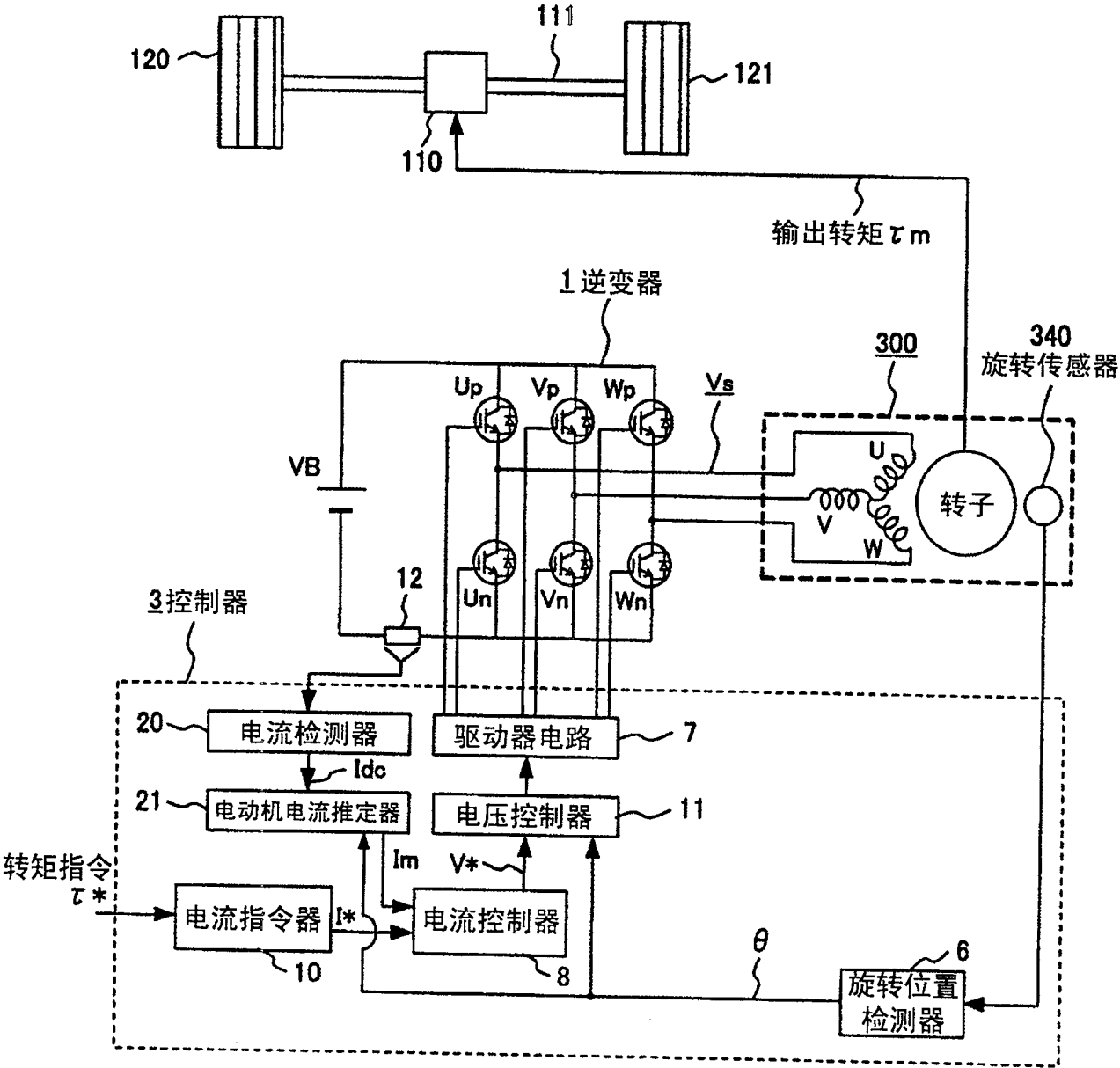
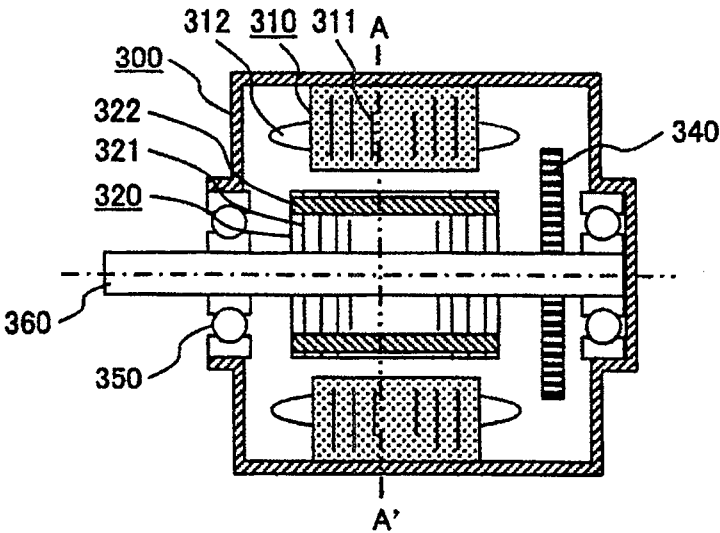


图 1

(1)轴方向剖面图



(2) A-A'剖面图

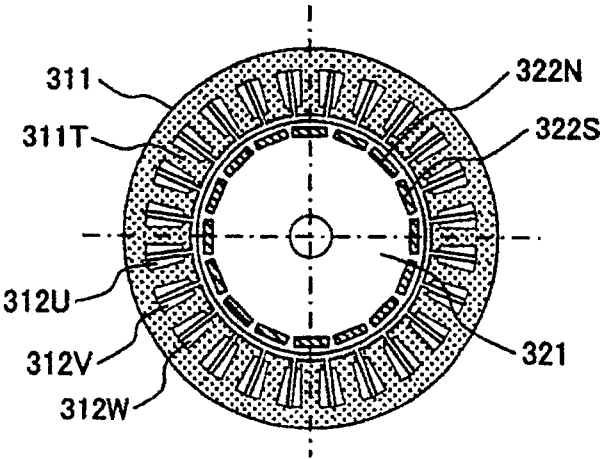
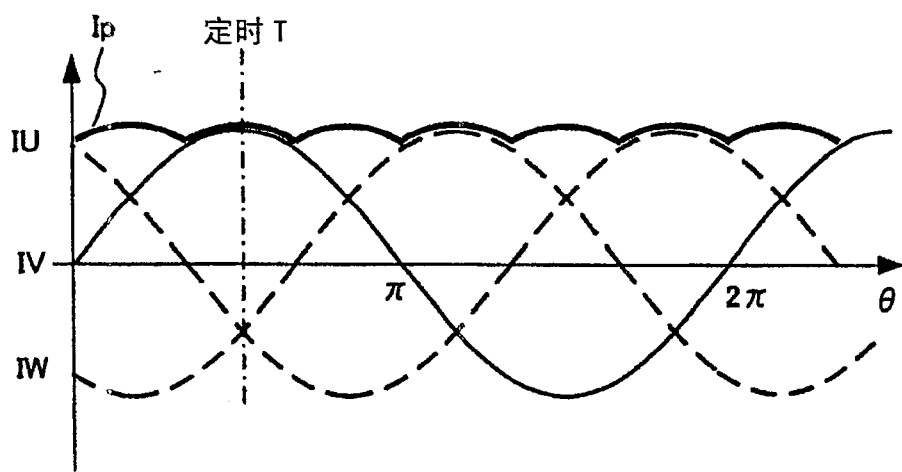


图 2

(1)电动机相电流和直流电流



(2)在定时 T 的电流路径

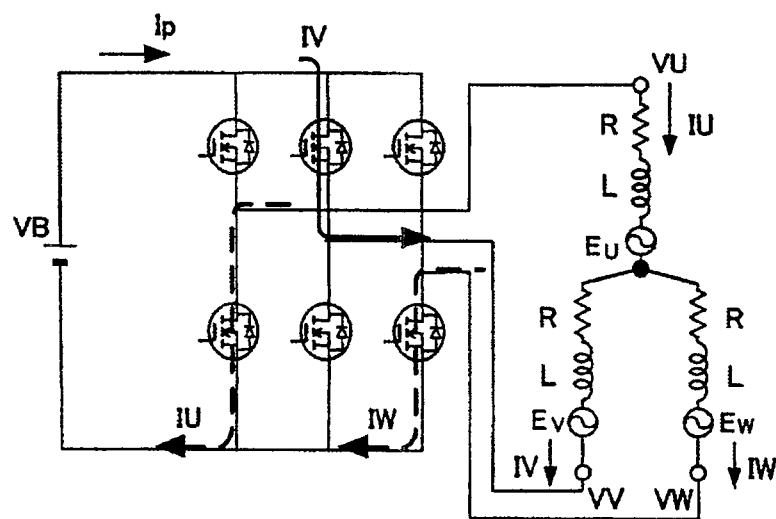


图 3

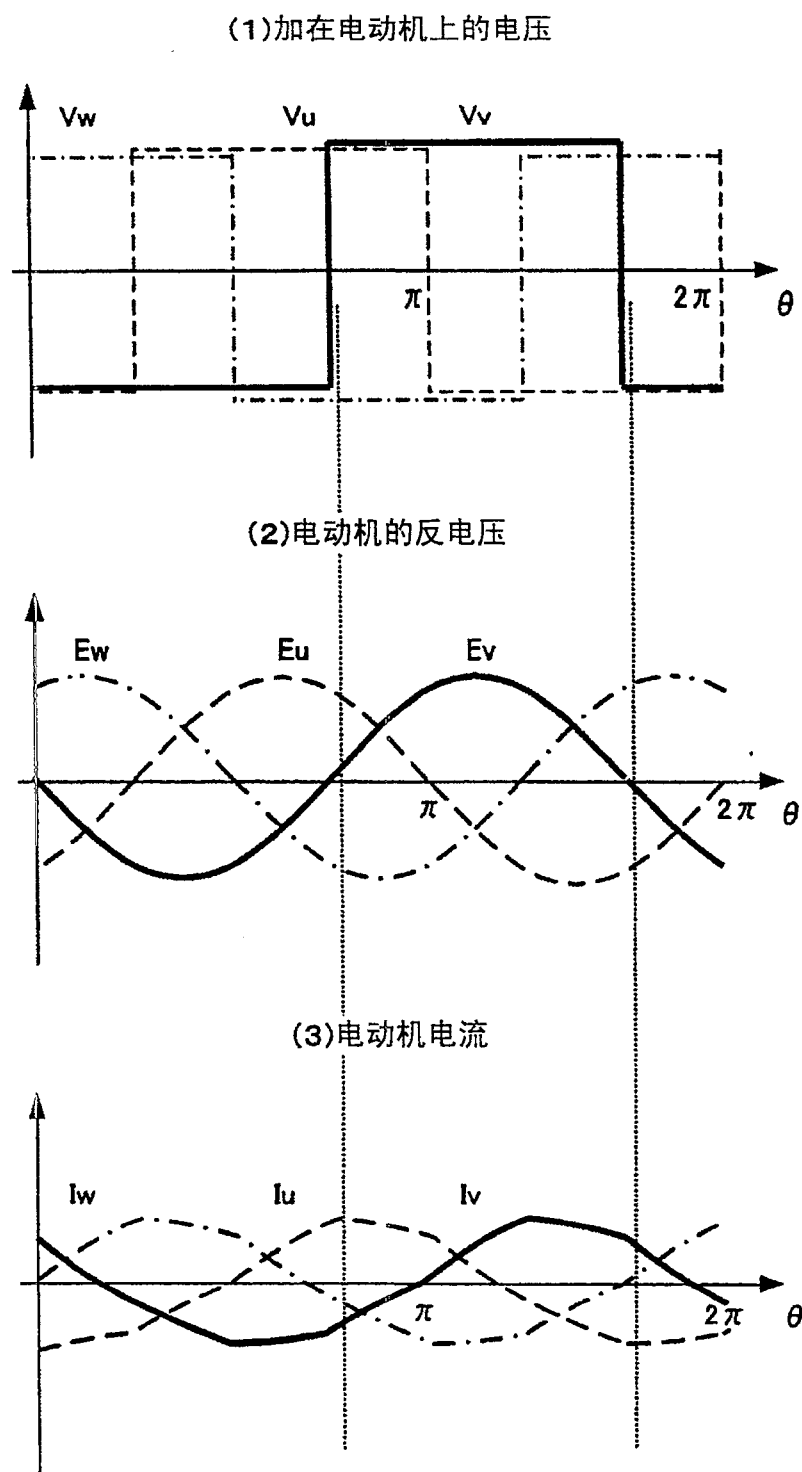


图 4

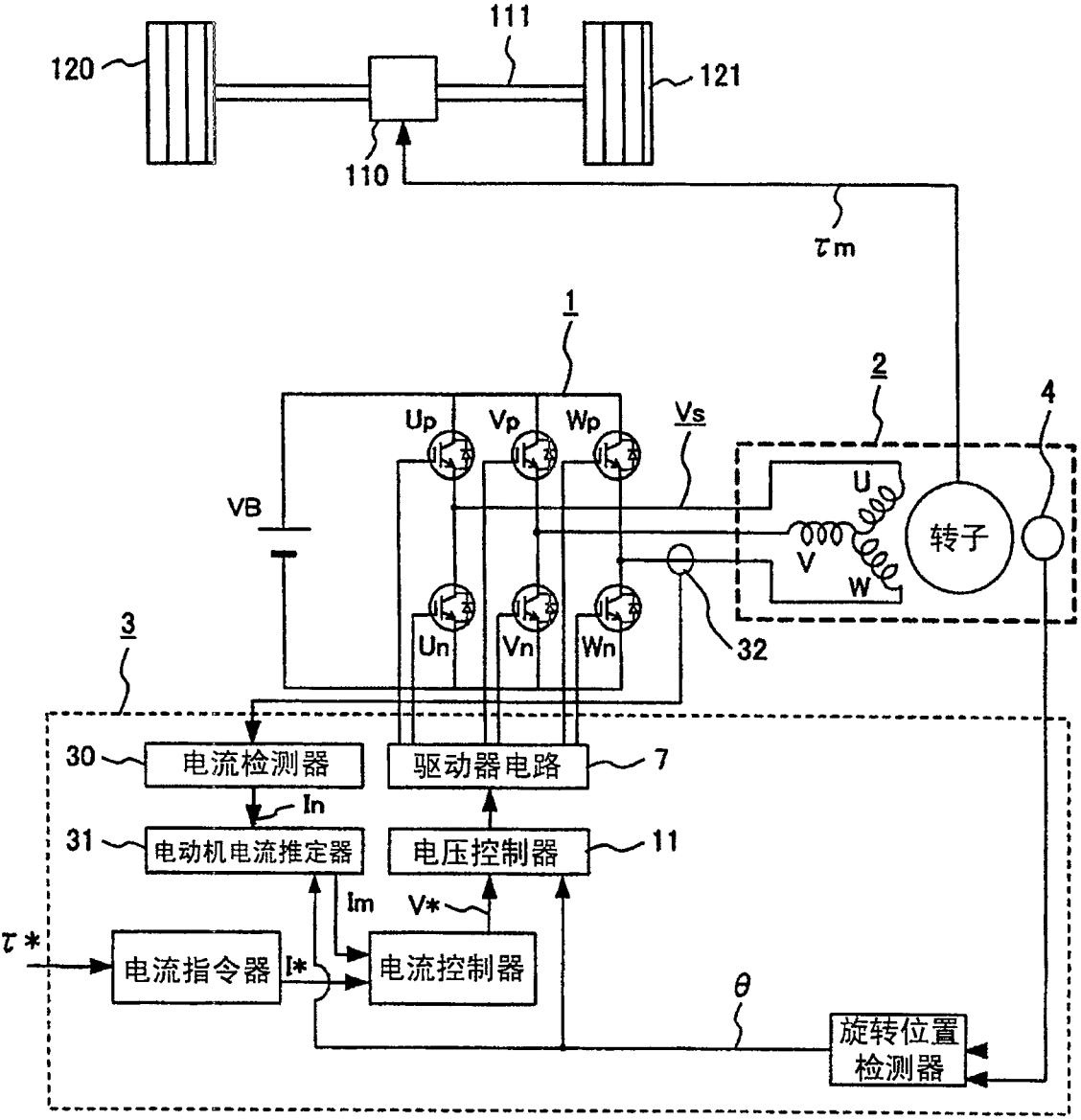


图 5

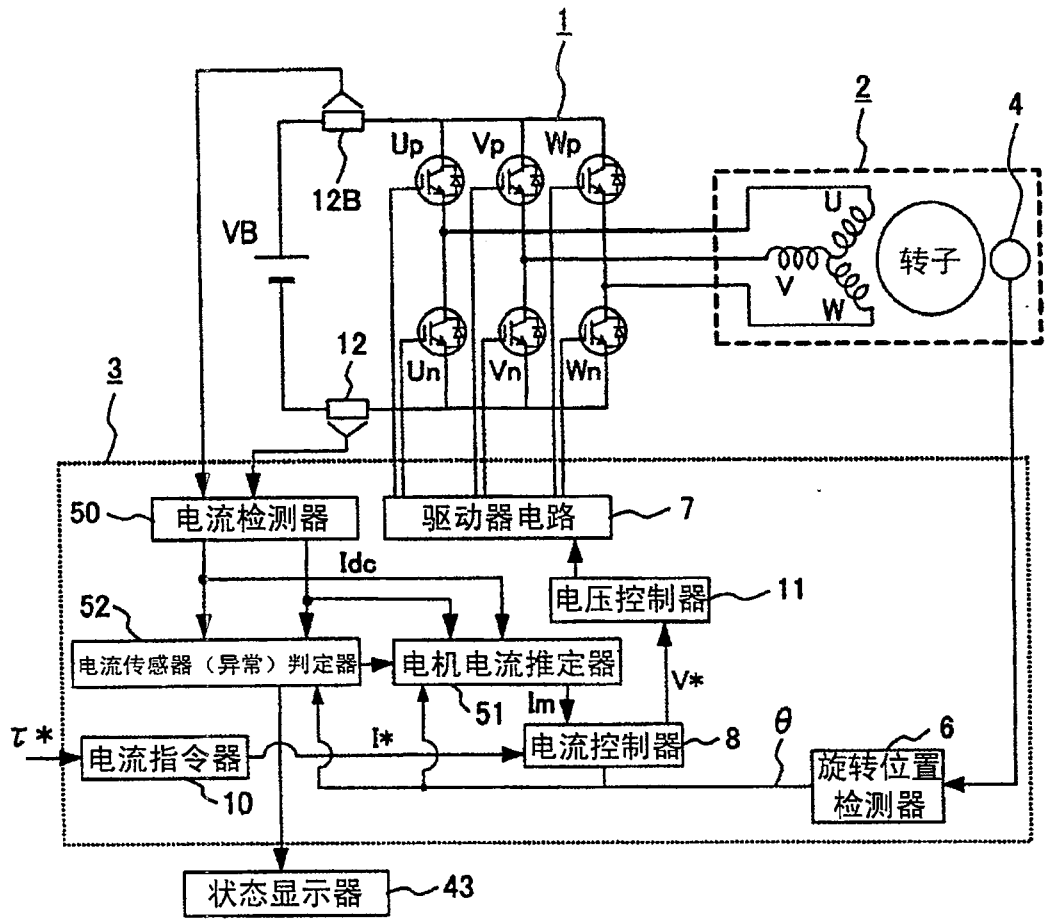


图 6

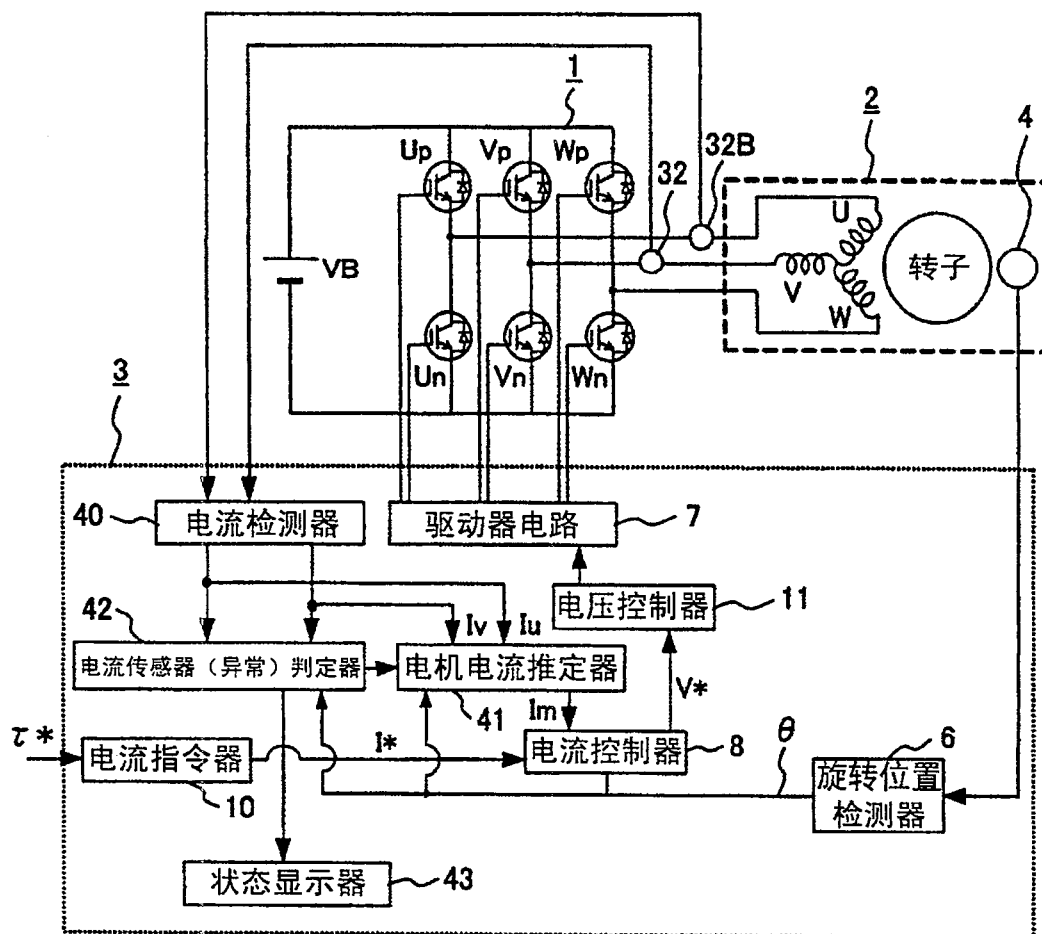


图 7

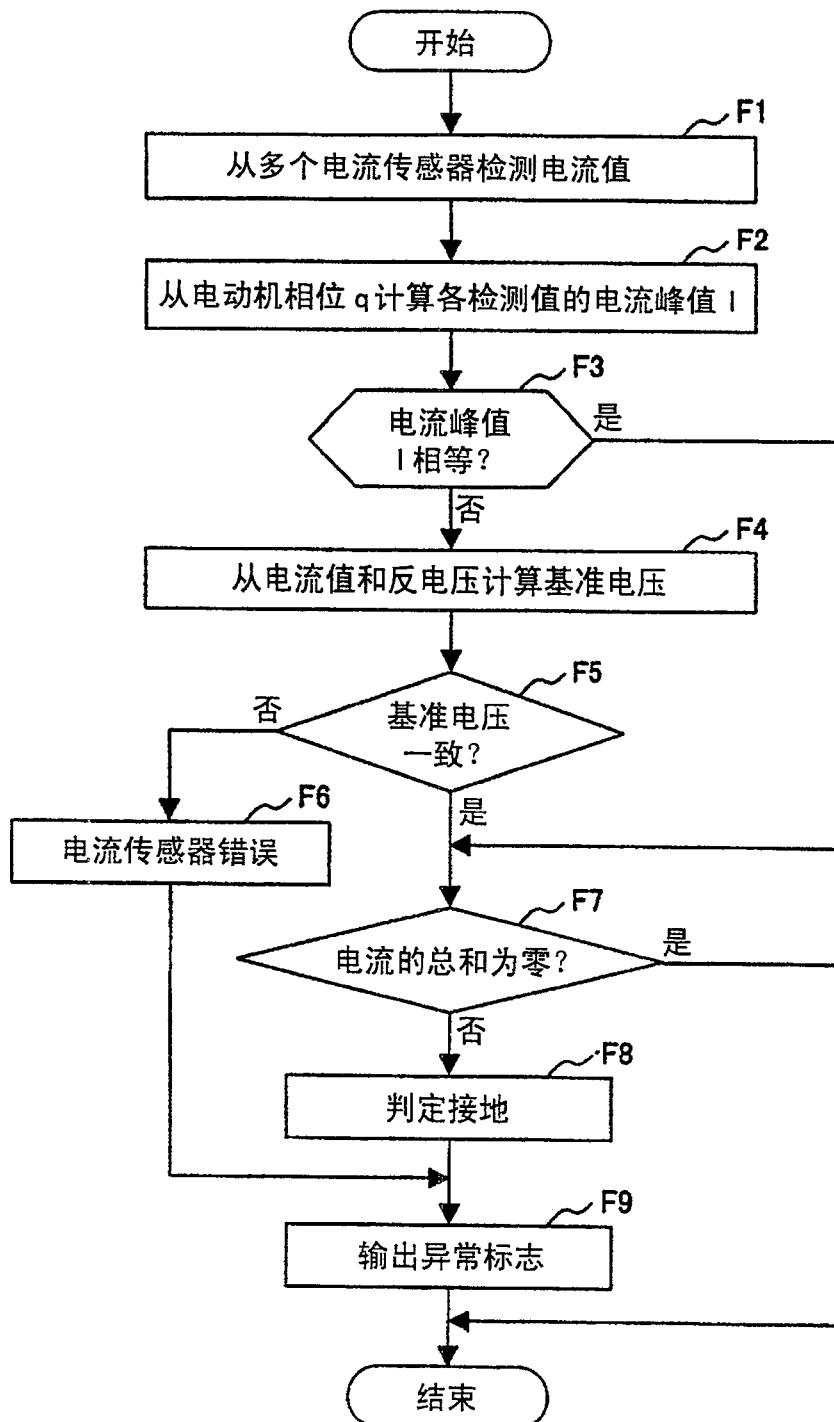


图 8

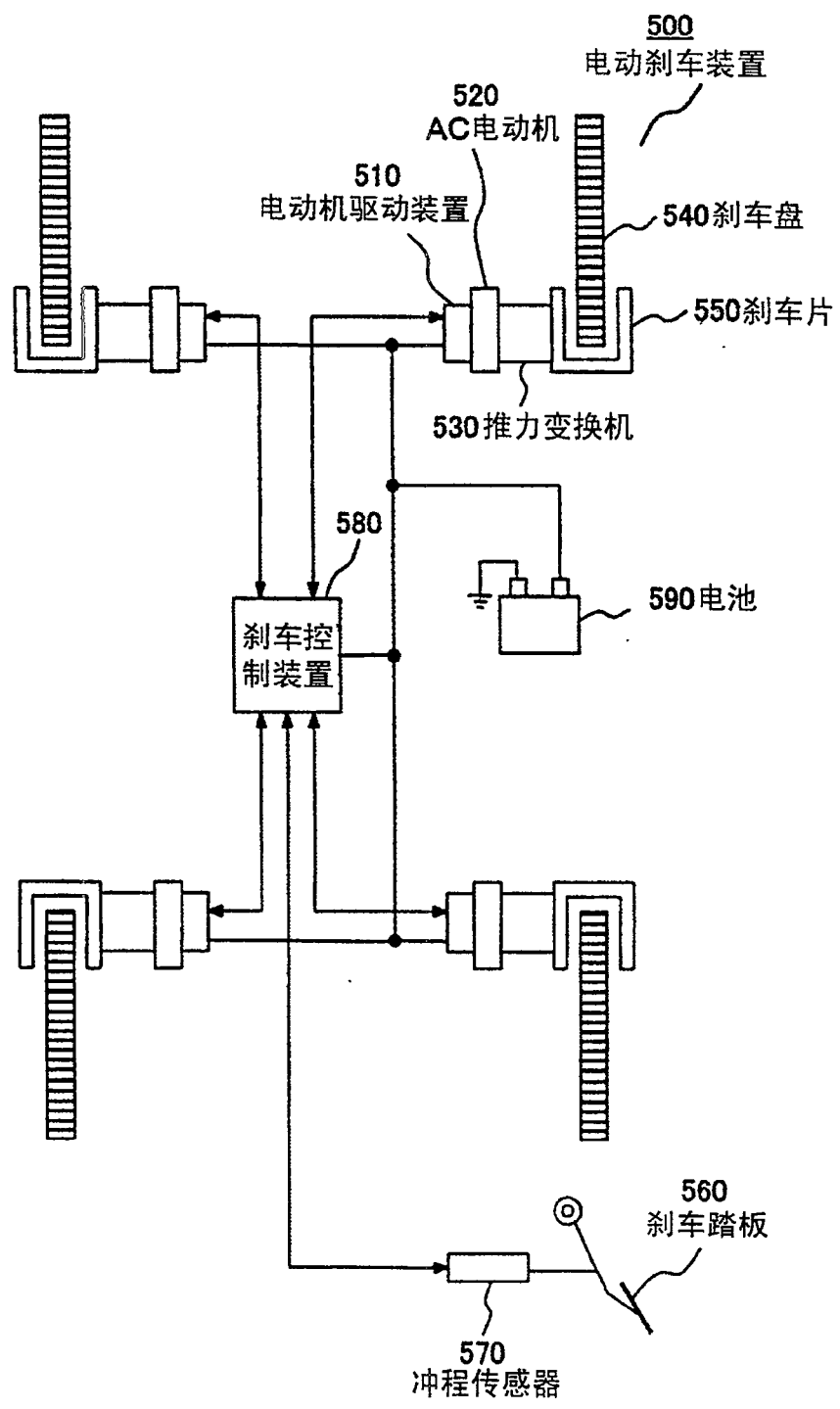


图 9