

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200680047439.3

[51] Int. Cl.

- H02M 7/48 (2006.01)
- B60L 9/18 (2006.01)
- B60W 10/08 (2006.01)
- B60W 20/00 (2006.01)
- H02K 9/19 (2006.01)
- H02P 6/12 (2006.01)

[43] 公开日 2008年12月24日

[11] 公开号 CN 101331673A

[51] Int. Cl. (续)

H02P 21/00 (2006.01)

H02P 27/04 (2006.01)

[22] 申请日 2006.12.13

[21] 申请号 200680047439.3

[30] 优先权

[32] 2005.12.14 [33] JP [31] 360638/2005

[86] 国际申请 PCT/JP2006/325322 2006.12.13

[87] 国际公布 WO2007/069779 日 2007.6.21

[85] 进入国家阶段日期 2008.6.16

[71] 申请人 丰田自动车株式会社

地址 日本爱知县

[72] 发明人 吉田忠史

[74] 专利代理机构 北京东方亿思知识产权代理有限公司

代理人 柳春雷

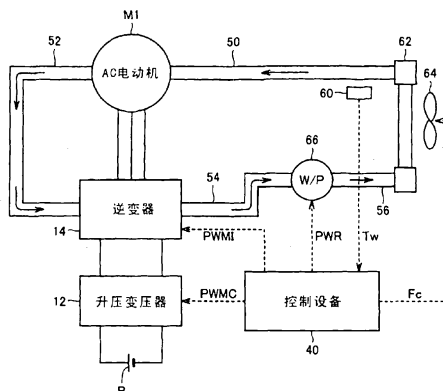
权利要求书 1 页 说明书 13 页 附图 5 页

[54] 发明名称

电动机驱动设备和设置有该电动机驱动设备的车辆

[57] 摘要

控制设备(40)将 AC 电动机(M1)的转矩指令值转变为电流指令值,并使用其中进行 PI 反馈控制以使实际电流值与电流指令值一致的电流控制。此外,控制设备(40)基于转变后的电流指令值来设定流经冷却剂通路(50-56)的冷却水的目标流率,产生用于驱动水泵(66)来使冷却水以这样设定的目标流率循环的信号,并将该信号提供给水泵(66)。根据控制设备(40)的信号(PWR)控制水泵(66)的转速,使得冷却水以与目标流率匹配的流率循环经过冷却剂通路(55-56)。



1. 一种电动机驱动设备，包括：

驱动电路（14），其通过开关元件的开关操作进行电源（B）与电动机（M1）之间的电力转换；

控制设备（40），其对所述开关元件进行开关控制，使得所述电动机（M1）的驱动电流与由所述电动机（M1）的要求输出所产生的电流指令一致；

冷却设备，其利用冷却剂冷却所述驱动电路（14）；和

冷却设备控制设备（430），其基于所述电流指令控制供应到所述驱动电路（14）的所述冷却剂的量。

2. 根据权利要求1所述的电动机驱动设备，其中

所述冷却设备控制设备（430）保存表示基于由所述电流指令估计的所述开关元件的发热量来设定的所述冷却剂的供应量和所述电流指令之间关系的对照图，并参考所述对照图来确定与所述电流指令相对应的所述冷却剂的供应量。

3. 一种车辆，包括：

车轮；

驱动所述车轮的电动机（M1）；和

用于驱动所述电动机（M1）的根据权利要求1或2所述的电动机驱动设备。

## 电动机驱动设备和设置有该电动机驱动设备的车辆

### 技术领域

本发明涉及电动机驱动设备和设置有该电动机驱动设备的车辆，更具体而言，涉及能实现对驱动并控制电动机的驱动电路的热保护和低功耗两者的电动机驱动设备和设置有该电动机驱动设备的车辆。

### 背景技术

通常，在诸如电动车辆（EV）和混合动力车辆（HV）之类的车辆通过由逆变器将从高压电池供应的 DC 电力转换为三相 AC 电力并由三相 AC 电力来驱动三相 AC 电动机来从电能获得驱动动力。相反，在车辆的减速运行期间，通过三相 AC 电动机的再生发电获得的再生电能被存储在电池中，使得在不浪费能量的情况下进行驱动。

在以上混合动力车辆和电动车辆中，由于开关元件的开关操作使逆变器发热，因此逆变器可能被热损坏。为了保护逆变器免受过热，对于逆变器采用冷却设备（见，例如日本专利公开 No. 2003-018861，2004-324613 和 11-294164）。

已经研究了各种用于逆变器的冷却控制设备。在一个示例中，温度传感器布置在逆变器的冷却器附近，根据由温度传感器检测的冷却器的温度来算术获得开关元件的损耗（热值）。根据冷却器的温度和开关元件的损耗来算术地获得开关元件连接到衬底处的连接部分的温度，并基于连接部分的温度来控制使冷却水经过冷却器的水泵的打开和关闭以及用于使冷却水冷却的散热器风扇的开/关。

作为另一个示例，日本专利公开 No. 2003-018861 已经揭示了一种逆变器冷却控制设备，其包括：冷却装置，其包括分别使包括在多个逆变器中的开关元件冷却；温度估计装置，其估计每个逆变器的开关元件的连接部分的温度；以及驱动装置，其基于所估计的连接部分温度来控制冷却装

置的冷却剂的冷却温度。

更具体而言，温度估计装置通过对由温度传感器检测的逆变器的温度、多个逆变器的冷却剂和热阻建立热模型，来算术获得每个逆变器的开关元件的连接部分温度。驱动装置基于算术获得的连接部分温度来驱动并控制水泵和散热器风扇，以控制冷却剂的温度，并从而通过控制冷却剂温度来控制冷却能力或功率。此结构能够以一定精度算术获得连接部分温度。因此，与不能以一定精度算术获得多个逆变器的连接部分温度的传统的逆变器冷却控制设备相比，可以减小驱动装置的工作频率，并可以抑制功耗。

但是，在上述传统的逆变器冷却控制设备中，能够以高精度进行逆变器中开关元件的连接部分温度的估计，但是需要复杂的算术处理。这导致由驱动装置进行的冷却器的冷却能力的控制不能遵循连接部分温度的实际升高。

例如，当响应于要求电动机输出的迅速变化，经过逆变器的电动机驱动电流迅速增大时，连接部分温度的升高率较高，由此需要迅速地增大冷却器的冷却能力。但是，仅在温度估计装置执行了估计之后才控制冷却器。因此，难以抑制连接部分温度的升高，并可以引起逆变器的热损坏。

为了确保冷却器的控制响应，可以采用如下方式：与连接部分温度相独立，在将冷却能力固定在热负载达到最大程度时所需要的值的情况下控制冷却器。

但是，该方式不必要地提高了冷却器的功耗，并因此可以影响配备有逆变器冷却控制设备的车辆的燃料效率。

为了克服以上问题进行了本发明，本发明的目的是提供一种电动机驱动设备，能够实现对驱动和控制电动机的驱动电路的热保护，并实现冷却设备的低功耗。

## 发明内容

根据本发明，电动机驱动设备包括：驱动电路，其通过开关元件的开关操作进行电源与电动机之间的电力转换；控制设备，其对所述开关元件

进行开关控制，使得所述电动机的驱动电流与由所述电动机的要求输出所产生的电流指令一致；冷却设备，其利用冷却剂冷却所述驱动电路；和冷却设备控制设备，其基于所述电流指令控制供应到所述驱动电路的所述冷却剂的量。

上述电动机驱动设备能够以良好响应将冷却剂供应到温度将会升高的驱动电路。因此，可以可靠地保护驱动电路避免过热。此外，电动机驱动设备可以针对根据要求电动机输出而改变的驱动电路的温度升高幅度来适当地设定冷却剂的供应量。由此，与其中由于较差的响应而使得冷却剂的供应量必须总是设定为冷却设备的最大允许供应量的传统电动机驱动设备相比，改善了冷却设备的电力消耗。这改善了配备有该电动机驱动设备的车辆的燃料消耗。

优选地，所述冷却设备控制设备保存表示基于由所述电流指令估计的所述开关元件的发热量来设定的所述冷却剂的供应量和所述电流指令之间关系的对照图，并参考所述对照图来确定与所述电流指令相对应的所述冷却剂的供应量。

以上电动机驱动设备可以在不进行复杂算术处理的情况下设定冷却剂的供应量，并因此能够以良好的响应供应冷却剂。此外，冷却剂的供应量可根据驱动电路的温度升高幅度而变化，由此可以实现驱动电路的热保护和电力消耗的降低两者。

根据本发明，一种车辆，包括：车轮；驱动所述车轮的电动机；和用于驱动所述电动机的前述电动机驱动设备之一。

根据以上车辆，冷却设备的电力消耗较低，由此可以改善燃料消耗。

本发明可以实现对驱动和控制电动机的驱动电路的热保护以及冷却设备的电力消耗的降低两者。因此，在配备有根据本发明的电动机驱动设备的车辆中可以改善燃料消耗。

## 附图说明

图 1 是根据本发明实施例的电动机控制设备的示意性框图。

图 2 是示出逆变器的冷却系统的结构的框图。

图 3 是图 2 的控制设备的功能框图。

图 4 示出了目标流率  $Q^*$  与电流指令  $I_d^*$  和  $I_q^*$  之间的关系。

图 5 是用于解释根据本发明实施例的水泵驱动控制的时序图。

图 6 是解释根据本发明实施例的水泵驱动控制的流程图。

### 具体实施方式

现在将参照附图描述本发明的实施例。在以下附图中，相同或相应部分具有相同标号。

图 1 是示出根据本发明实施例的电动机驱动设备的示意性框图。

参照图 1，电动机驱动设备 100 包括电池 B、电压传感器 10 和 13、电流传感器 24、电容器 C2、升压变压器 12、逆变器 14、分解器 30 以及控制设备 40。

AC 电动机 M1 是用于产生驱动混合动力车辆或电动车辆的驱动轮的转矩的驱动电动机。AC 电动机 M1 具有作为由发动机驱动的发电机的功能，并还可以作为对于发动机的电动机工作，例如，用于起动发动机。

升压变压器 12 包括电抗器 L1、NPN 晶体管 Q1 和 Q2、以及二极管 D1 和 D2。

电抗器 L1 的一端连接到电池 B 的供电线，另一端连接到 NPN 晶体管 Q1 和 Q2 之间的节点，并具体连接到 NPN 晶体管 Q1 的发射极与 NPN 晶体管 Q2 的集电极之间的节点。

NPN 晶体管 Q1 和 Q2 串联连接在供电线和地线之间。NPN 晶体管 Q1 的集电极连接到供电线，NPN 晶体管 Q2 的发射极连接到地线。二极管 D1 和 D2 每个都布置在相应的 NPN 晶体管 Q1 和 Q2 的发射极和集电极之间，并使电流从发射极流向连接到其的集电极。

逆变器 14 由 U、V 和 W 相臂 15、16 和 17 形成，这些相臂并联布置在供电线与地线之间。

U 相臂 15 由串联连接的 NPN 晶体管 Q3 和 Q4 形成。V 相臂 16 由串联连接的 NPN 晶体管 Q5 和 Q6 形成。W 相臂 17 由串联连接的 NPN 晶体管 Q7 和 Q8 形成。二极管 D3-D8 分别布置在 NPN 晶体管 Q3-Q8 的集电极

和发射极之间，并且每个都使电流从射极流向相应晶体管的集电极。

这些相臂的中间点分别连接到电动机 M1 的各相线圈的相端部。于是，AC 电动机 M1 是三相永磁体电动机，并且 U、V 和 W 相的各个线圈的一侧上的端部共同地连接到中点。U 相线圈的另一个端部连接到 NPN 晶体管 Q3 和 Q4 之间的节点，V 相线圈的另一个端部连接到 NPN 晶体管 Q5 和 Q6 之间的节点，W 相线圈的另一个端部连接到 NPN 晶体管 Q7 和 Q8 之间的节点。

包括在升压变压器 12 和逆变器 14 中的开关元件不限于 NPN 晶体管 Q1-Q8，而可以由其他类型的功率元件形成，例如 IGBT（绝缘栅双极晶体管）或 MOSFET。

电动机驱动设备 100 可以构造成电池 B 和逆变器 14 直接连接在一起，而不将升压变压器 12 置于其两者之间。

电池 B 可以由例如镍氢和锂离子的二次电池或者燃料电池形成。可以使用诸如电双层电容器之类的大电容的电容器。电压传感器 10 检测由电池 B 提供的 DC 电压  $V_b$ ，并将所检测的 DC 电压  $V_b$  提供给控制设备 40。

升压变压器 12 对由电池 B 提供的 DC 电压升压并将其提供给电容器 C2。更具体而言，当升压变压器 12 接收到来自控制设备 40 的信号 PWM C 时，其相应于信号 PWM C 使 NPN 晶体管 Q2 保持 on 状态的期间使所述 DC 电压升压，并将升压后的 DC 电压供应到电容器 C2。

当升压变压器 12 从控制设备 40 接收到信号 PWM C 时，其使从逆变器 14 通过电容器 C2 供应的 DC 电压减小，并将其供应到电池 B。

电容器 C2 平滑来自升压变压器 12 供应的 DC 电压，并将平滑后的 DC 电压供应到逆变器 14。

当来自电容器 C2 的 DC 电压供应逆变器 14 时，逆变器 14 基于来自控制设备 40 的信号 PWM I 将该 DC 电压转变为 AC 电压，并驱动 AC 电动机 M1。由此，AC 电动机 M1 被驱动以产生由转矩指令值  $T_R$  表示的要求转矩。

在配备有电动机驱动设备 100 的混合动力车辆或电动车辆的再生制动期间，逆变器 14 基于来自控制设备 40 的信号 PWM I 将由 AC 电动机 M1

产生的 AC 电压转变为 DC 电压，并将转变后的 DC 电压经由电容器 C2 供应到升压变压器 12。

以上再生制动包括当混合动力车辆或电动车辆的驾驶员操作脚踏制动器时与再生发电一起进行的制动，并且还包括在驱动期间通过松开加速器踏板而与再生发电一起进行的减速（或加速的停止）。

电流传感器 24 检测流经 AC 电动机 M1 的电动机电流  $I_v$  和  $I_w$ ，并将所检测的电动机电流  $I_v$  和  $I_w$  提供给控制设备 40。出于以下原因，图 1 仅示出了两个电流传感器 24。当 AC 电动机 M1 是三相电动机时，需要检测流经两相的电动机电流  $I_v$  和  $I_w$ ，流经其余一相的电动机电流  $I_u$  可以基于所检测的电动机电流  $I_v$  和  $I_w$  来算术获得。因此，可以采用三个电流传感器 24 以各自检测分别流经三相的电动机电流  $I_u$ 、 $I_v$  和  $I_w$ 。

分解器 30 安装到 AC 电动机 M1 的转轴，并检测 AC 电动机 M1 的转子的转角  $\theta$  以将其提供给控制设备 40。

控制设备 40 从外部的 ECU（电子控制单元）接收转矩指令值 TR 和电动机转速 MRN，从电压传感器 13 接收输出电压  $V_m$ ，并从电压传感器 10 接收 DC 电压  $V_b$ ，从电流传感器 24 接收电动机电流  $I_v$  和  $I_w$ ，并从分解器 30 接收转角  $\theta$ 。基于输出电压  $V_m$ 、转矩指令值 TR、电动机电流  $I_v$  和  $I_w$ 、以及转角  $\theta$ ，控制设备 40 提供用于当逆变器 14 驱动 AC 电动机 M1 时以后述方式进行对逆变器 14 的 NPN 晶体管 Q3-Q8 的开关控制的信号 PWMI，并将这样产生的信号 PWMI 提供给逆变器 14。

此外，基于 DC 电压  $V_b$ 、输出电压  $V_m$ 、转矩指令值 TR 和电动机转速 MRN，当逆变器 14 驱动 AC 电动机 M1 时控制设备 40 产生用于以后述方式进行对升压变压器 12 的 NPN 晶体管 Q1 和 Q2 的开关控制的信号 PWMC，并将信号 PWMC 提供给升压变压器 12。

此外，在配备有电动机驱动设备 100 的混合动力车辆或电动车辆的再生制动期间，控制设备 40 基于输出电压  $V_m$ 、转矩指令值 TR 以及电动机电流  $I_v$  和  $I_w$  来产生用于将由 AC 电动机 M1 产生的 AC 电压转变为 DC 电压的信号 PWMI，并将这样产生的信号 PWMI 提供给逆变器 14。在此情况下，通过信号 PWMI 进行逆变器 14 的 NPN 晶体管 Q3-Q8 的开关控制。由



此，逆变器 14 将由 AC 电动机 M1 产生的 AC 电压转变为 DC 电压，并将其供应给升压变压器 12。

此外，基于 DC 电压  $V_b$ 、输出电压  $V_m$ 、转矩指令值  $TR$  和电动机转速  $MRN$ ，控制设备 40 产生用于在再生制动期间将从逆变器 14 供应的 DC 电压降低的信号  $PWMC$ ，并将这样产生的信号  $PWMC$  供应给升压变压器 12。由此，由 AC 电动机 M1 产生的 AC 电压被转变为 DC 电压，被降低并供应给电池 B。

在具有以上结构的电动机驱动设备 100 中，逆变器 14 需要冷却以抑制由于开关元件的热损耗引起的温度升高。因此，电动机驱动设备 100 还包括如图 2 所示的逆变器 14 的冷却系统。

图 2 是示出逆变器 14 的冷却系统的结构的框图。

参照图 2，冷却系统包括逆变器 14、AC 电动机 M1、冷却剂通路 50-56、温度传感器 60、散热器 62 和水泵 66。

冷却剂通路 50 形成在散热器 62 的第一端口与 AC 电动机 M1 之间，冷却剂通路 52 形成在 AC 电动机 M1 与逆变器 14 之间，冷却剂通路 54 形成在逆变器 14 与水泵 66 之间，冷却剂通路 56 形成在水泵 66 与散热器 62 的第二端口之间。于是，冷却剂通路 50-56 将 AC 电动机 M1、逆变器 14 和水泵 66 串联在一起。

水泵 66 是用于使诸如防冻流体之类的冷却水循环的泵，并使冷却水沿着由图中箭头所示的方向循环。散热器 62 从冷却剂通路 56 接收循环通过 AC 电动机 M1 和逆变器 14 的冷却水，并利用散热器风扇 64 使所接收的冷却水冷却。温度传感器 60 布置在冷却剂通路 50 上，检测冷却水的温度（其后也可以称作“冷却水温度”） $T_w$ ，并将所检测的冷却水温度  $T_w$  提供给控制设备 40。

在以上描述中，当从散热器 62 的下游观察时，AC 电动机 M1、逆变器 14 和水泵 66 以此顺序布置。但是，它们的布置顺序不限于上述情况。

如图 1 所示，控制设备 40 产生用于驱动和控制逆变器 14 和升压变压器 12 的信号  $PWMI$  和  $PWMC$ ，并将它们分别提供给逆变器 14 和升压变压器 12。

此外，控制设备 40 产生用于以后述方式驱动和控制水泵 66 的信号 PWR，并将这样产生的信号 PWR 提供给水泵 66。

控制设备 40 基于冷却水温度  $T_w$  产生用于驱动和控制散热器风扇 64 的信号 FC，并将这样产生的信号 FC 提供给散热器风扇 64。更具体而言，控制设备 40 响应于由温度传感器 60 检测的冷却水温度  $T_w$  超过预先设定温度的情况来产生用于驱动散热器风扇 64 的信号 FC，并将信号 FC 提供给散热器风扇 64。由此，散热器风扇 64 工作以将外部空气吹向散热器风扇 64 来通过空气使冷却水冷却。

现在将对根据具有以上结构的本发明实施例的逆变器 14 的冷却系统中水泵 66 的驱动控制给出说明。

图 3 是图 2 中控制设备 40 的功能框图。

参照图 3，控制设备 40 包括逆变器控制电路、变压器控制电路（未示出）、以及驱动和控制水泵的驱动控制器 430。

逆变器控制电路由电流指令转变单元 410、减法器 412 和 414、PI 控制器 416 和 418、两相到三相转变单元 420、PWM 产生单元 422 和三相到二相转变单元 424 形成。

三相到二相转变单元 424 分别从两个电流传感器 24 接收电动机电流  $I_v$  和  $I_w$ 。三相到二相转变单元 424 基于电动机电流  $I_v$  和  $I_w$  来算术获得电动机电流  $I_u$  ( $=-I_v-I_w$ )。

此外，三相到二相转变单元 424 使用从分解器 30 提供的转角  $\theta$  来进行对电动机电流  $I_u$ 、 $I_v$  和  $I_w$  的三相到两相转变。于是，三相到二相转变单元 424 使用转角  $\theta$  将流经 AC 电动机 M1 的三相线圈的各相的电动机电流  $I_u$ 、 $I_v$  和  $I_w$  转变为 d 和 q 轴上流动的电流值  $I_d$  和  $I_q$ 。三相到二相转变单元 424 将算术获得的电流值  $I_d$  提供给减法器 412，并将算术获得的电流值  $I_q$  提供给减法器 414。

电流指令转变单元 410 从外部 ECU 接收转矩指令值 TR 和电动机转速 MRN，并从电压传感器 13 接收电压  $V_m$ 。基于转矩指令值 TR、电动机转速 MRN 和电压  $V_m$ ，电流指令转变单元 410 产生用于输出由转矩指令值 TR 表示的要求转矩的电流指令  $I_d^*$  和  $I_q^*$ ，并将这样产生的电流指令  $I_d^*$  和

$I_q^*$ 分别提供给减法器 412 和 414。

在此操作中，电流指令转变单元 410 还将这样产生的电流指令  $I_d^*$ 和  $I_q^*$ 提供给水泵 66 的驱动控制器 430。

减法器 412 从电流指令转变单元 410 接收电流指令  $I_d^*$ ，并从三相到二相转变单元 424 接收电流值  $I_d$ 。减法器 412 算术获得电流指令  $I_d^*$ 与电流值  $I_d$  之间的偏差 ( $=I_d^* - I_d$ )，并将获得的偏差提供给 PI 控制器 416。减法器 414 从电流指令转变单元 410 接收电流指令  $I_q^*$ ，并从两相到三相转变单元 432 接收电流值  $I_q$ 。减法器 414 算术获得电流值  $I_q^*$ 和电流值  $I_q$  之间的偏差 ( $=I_q^* - I_q$ )，并将获得的偏差提供给 PI 控制器 418。

PI 控制器 416 和 418 分别针对偏差 ( $I_d^* - I_d$ ) 和 ( $I_q^* - I_q$ ) 使用 PI 增益算术获得电压操控变量  $V_d$  和  $V_q$ ，并将这样获得的电压操控变量  $V_d$  和  $V_q$  提供给两相到三相转变单元 420。

两相到三相转变单元 420 使用从分解器 30 提供的转角  $\theta$  对从 PI 控制器 416 和 418 提供的电压操控变量  $V_d$  和  $V_q$  分别进行两相到三相转变。于是，两相到三相转变单元 420 使用转角  $\theta$ ，将分别施加到 d 和 q 轴的电压操控变量  $V_d$  和  $V_q$  转变为分别施加到三相 AC 电动机 M1 的三相线圈的电压操控变量  $V_u$ 、 $V_v$  和  $V_w$ 。两相到三相转变单元 420 将电压操控变量  $V_u$ 、 $V_v$  和  $V_w$  提供给 PWM 产生单元 422。

PWM 产生单元 422 基于电压操控变量  $V_u$ 、 $V_v$  和  $V_w$  以及从电压传感器 13 提供的电压  $V_m$  产生信号 PWMI，并将这样产生的信号 PWMI 提供给逆变器 14。

如上所述，逆变器控制电路将 AC 电动机 M1 的要求转矩（与转矩指令值 TR 相对应）转变为 AC 电动机 M1 的 d 和 q 轴分量的电流指令  $I_d^*$ 和  $I_q^*$ ，并通过 PI 控制对它们进行反馈控制，使得实际电流值  $I_d$  和  $I_q$  可以分别与电流指令  $I_d^*$ 和  $I_q^*$ 匹配。于是，逆变器控制电路实施所谓的电流控制。

驱动和控制水泵 66 的驱动控制器 430 基于用于此电流控制的电流指令  $I_d^*$ 和  $I_q^*$ 来设定流经冷却剂通路 50-56 的冷却水的目标流率  $Q^*$ 。假定基于目标流率  $Q^*$ 与已经获得的电流指令  $I_d^*$ 和  $I_q^*$ 之间的关系来设定目标

流率  $Q^*$ 。

图 4 示出了目标流率  $Q^*$  与电流指令  $I_d^*$  和  $I_q^*$  之间的关系。

参照图 4，将目标流率  $Q^*$  设定为随着电流指令  $I_d^*$  和  $I_q^*$  增大。相对于特定电流指令  $I_d^*$  和  $I_q^*$  的目标流率  $Q^*$  可以被设定，例如可以进行处理以估计当分别被控制为与电流指令  $I_d^*$  和  $I_q^*$  相匹配的电动机电流  $I_d$  和  $I_q$  流经逆变器 14 中的多个开关元件时，每单位时间由逆变器 14 产生的热量，并且通过使与目标流率  $Q^*$  相对应的冷却水循环而可以释放的每单位时间热量可以超过以上估计的由逆变器 14 产生的热量。

驱动控制器 430 将图 4 中目标流率  $Q^*$  与电流指令  $I_d^*$  和  $I_q^*$  之间的关系作为目标流率设定对照图存储在存储区域（未示出）中。当驱动控制器 430 接收电流指令  $I_d^*$  和  $I_q^*$  时，其从目标流率设定对照图提取与它们相对应的目标流率  $Q^*$ ，并将其设定为目标流率  $Q^*$ 。驱动控制器 430 产生用于驱动水泵 66 以使冷却水以这样设定的目标流率  $Q^*$  循环的信号 PWR，并将其提供给水泵 66。水泵 66 以根据驱动控制器 430 的信号 PWR 控制的转速工作，并使冷却水以与目标流率  $Q^*$  相等的流率通过冷却剂通路 50-56。

如上所述，根据本发明实施例的逆变器 14 的冷却系统的特征在于基于用于逆变器 14 的电流控制的电流指令  $I_d^*$  和  $I_q^*$  来进行水泵 66 的驱动控制。该特征能带来以下好处。

图 5 是用于解释根据本发明实施例的水泵的驱动控制的时序图。更具体而言，图 5 示出了信号 PWR、电流指令  $I_d^*$  和  $I_q^*$ 、冷却水温度  $T_w$ 、经过冷却剂通路循环的冷却水的流率  $Q$  以及逆变器 14 中的 NPN 晶体管 Q3-Q8 的元件温度随时间发生的变化。

为了与本发明实施例进行比较，图 5 还由虚线示出了在基于由温度传感器提供的冷却水温度  $T_w$  的检测值来驱动和控制水泵 66 的情况下随时间发生的各种值的变化。

参照图 5，首先假定在时间  $t_1$ ，电流指令  $I_d^*$  和  $I_q^*$  响应于要求电动机输出的迅速变化而迅速增大。

在时间  $t_1$  以及时间  $t_1$  之后，控制设备 40 中的逆变器控制电路以前述方式基于迅速增大的电流指令  $I_d^*$  和  $I_q^*$  来控制电动机电流  $I_d$  和  $I_q$ 。此

外，与该电流控制并行，驱动控制器 430 基于从电流指令转变单元 410 提供的电流指令  $I_d^*$  和  $I_q^*$ ，从图 4 中的目标流率设定对照图提取相对应的目标流率  $Q^*$ 。驱动控制器 430 产生用于以所提取的目标流率  $Q^*$ （与图 5 中的实线 LN1 相对应）循环的信号 PWR，并将所产生的信号 PWR 提供给水泵 66。

当在时间  $t_1$ ，水泵 66 从驱动控制器 430 接收信号 PWR 时，其响应于信号 PWR 提高转速。由此，在时间  $t_1$  以及时间  $t_1$  之后，如图中的实线 LN3 所示，循环经过冷却剂通路 50-58 的冷却水的流率  $Q$  逐渐增大。

在逆变器 14 中，基于在时间  $t_1$  以及时间  $t_1$  之后迅速增大的电流指令  $I_d^*$  和  $I_q^*$  来进行电流控制，并由此电动机电流  $I_d$  和  $I_q$  分别向着目标值（即，电流指令  $I_d^*$  和  $I_q^*$ ）逐渐增大。随着电动机电流的增大，逆变器 14 的 NPN 晶体管 Q3-Q8 的热损失也增大。因此，如图中的实线 LN6 所示，在时间  $t_1$  以及时间  $t_1$  之后，各个 NPN 晶体管 Q3-Q8 的元件温度  $T_i$  逐渐升高。

在逆变器 14 的 NPN 晶体管 Q3-Q8 中，元件温度  $T_i$  具有能够确保避免热损坏的上限温度  $T_{i\_max}$ 。当元件温度  $T_i$  超过上限温度  $T_{i\_max}$  时，损坏 NPN 晶体管 Q3-Q8 的可能性增大。

但是，根据本发明的实施例，如图中的实线 LN6 和 LN3 可见，循环经过冷却剂通路 50-56 的冷却水的流率随着元件温度  $T_i$  的升高而增大。于是，在逆变器 14 中，释放到冷却剂通路 50-56 的热量随着所产生的热量增多而增多，由此抑制了温度的迅速升高。因此，元件温度  $T_i$  可以保持在上限温度  $T_{i\_max}$  或上限温度  $T_{i\_max}$  以下。

如上所述进行基于电流指令  $I_d^*$  和  $I_q^*$  对水泵 66 的驱动控制，并如下进行基于冷却水温度  $T_w$  的驱动控制。

具体而言，当在时间  $t_1$ ，电动机电流  $I_d$  和  $I_q$  响应于电流指令  $I_d^*$  和  $I_q^*$  的迅速增大而增大时，NPN 晶体管 Q3-Q8 的热损耗增大，并且如虚线 LN5 所示，每个元件温度  $T_i$  迅速升高。

因为逆变器 14 中产生的热量随着元件温度  $T_i$  的升高而增大，所以在时间  $t_1$  以及时间  $t_1$  之后，由温度传感器 60 检测的冷却水温度  $T_w$  逐渐升

高。

在以上工作期间，控制设备判断冷却水温度  $T_w$  的检测值是否超过预定阈值  $T_{w\_std}$ 。当在时间  $t_2$  判定冷却水温度  $T_w$  已经超过预定阈值  $T_{w\_std}$  时，如图中的虚线 LN2 所示，控制设备产生用于驱动和控制水泵 66 以将冷却水温度  $T_w$  保持在阈值  $T_{w\_std}$  或阈值  $T_{w\_std}$  以下的信号 PWR。

当水泵 66 响应于信号 PWR 而升高其转速时，如图中的虚线 LN4 所示，在时间  $t_2$  以及时间  $t_2$  之后，循环经过冷却剂通路 50-56 的冷却水流率  $Q$  逐渐增大。

但是，在从元件温度  $T_i$  实际开始升高的时间  $t_1$  延迟的时间  $t_2$ ，冷却水的流率  $Q$  开始增大。因此，如图 5 中的虚线 LN5 所示，在元件温度  $T_i$  迅速升高的情况下，冷却性能不能遵循元件温度  $T_i$  的升高，因此存在元件温度  $T_i$  超过上限值  $T_{i\_max}$  的可能性。于是，基于冷却水温度  $T_w$  对水泵 66 的驱动控制在针对逆变器 14 的温度升高的冷却能力的控制响应方面较差，由此不能可靠防止逆变器 14 的过热。

与上述观点相关，因为本发明的实施例基于电流指令  $I_d^*$  和  $I_q^*$  控制冷却能力，所以可以提高对于逆变器 14 的温度升高的控制响应，因此可靠保护逆变器 14。此外，与已经描述的传统冷却控制设备相比，本实施例不需要使用热模型估计连接部分温度的复杂算术处理，因此可以构造具有高控制响应的简单冷却系统。

为了确保冷却系统的控制响应，已经研究了如下方式：无论元件温度是高还是低，都在将目标流率  $Q^*$  固定在当热负载达到最大时需要的冷却水流率的情况下进行水泵 66 的驱动控制。根据此方式，因为总是以最大电力驱动水泵 66，所以可以抑制元件温度的迅速升高。因此，可以可靠地防止逆变器 14 的过热。

但是，以上方式浪费地增大了水泵 66 的电力消耗。这增大了配备有这种冷却系统的车辆的燃料消耗。

相反，本发明的实施例确保了针对逆变器 14 的温度升高的冷却能力的控制响应，由此可以针对随着 AC 电动机 M1 改变的逆变器 14 的温度升

高的大小来设定目标流率  $Q^*$ 。因此，可以提高水泵 66 的驱动效率，并可以降低电力消耗。因此，可以改善车辆的燃料消耗。

图 6 是用于解释根据本发明实施例的水泵 66 的驱动控制的流程图。

参照图 6，当驱动控制器 430 接收来自逆变器控制电路中电流指令转变单元 410 的电流指令  $I_d^*$  和  $I_q^*$ （步骤 S01）时，其从预先存储在存储区域中的目标流率设定对照图（见图 4）提取与给定的电流指令  $I_d^*$  和  $I_q^*$  相对应的目标流率  $Q^*$ （步骤 S02）。

驱动控制器 430 产生用于驱动水泵 66 以使冷却水以这样设定的目标流率  $Q^*$  循环的信号 PWR，并将其提供给水泵 66（步骤 S03）。水泵 66 以根据来自驱动控制器 430 的信号 PWR 控制的转速工作，并使冷却水以与目标流率  $Q^*$  相等的流率经过冷却剂通路 50-56 循环。

本发明的实施例被构造为基于电流指令  $I_d^*$  和  $I_q^*$  来进行水泵 66 的驱动控制，但是其可以被构造为除了对水泵 66 之外还进行散热器风扇 64 的驱动控制。

如上所述，本发明的实施例能够以对预期温度升高的逆变器的良好响应来提高冷却能力，使得能够可靠地保护逆变器避免过热。

此外，实施例可以针对逆变器温度升高大小（其随着要求电动机输出而改变）设定合适的冷却能力。由此，与其中由于较差的响应而将冷却设备总是设定为最大能力的传统冷却系统相比，可以改善电力消耗。因此，可以改善配备有根据本发明的电动机驱动设备的车辆的燃料消耗。

虽然已经详细描述和解释了本发明，但是可以清楚理解的是，其仅是解释和示例，而不是限制，本发明的范围由各项所附权利要求界定。

#### 工业应用性

本发明可以应用于安装在车辆上的电动机控制设备。

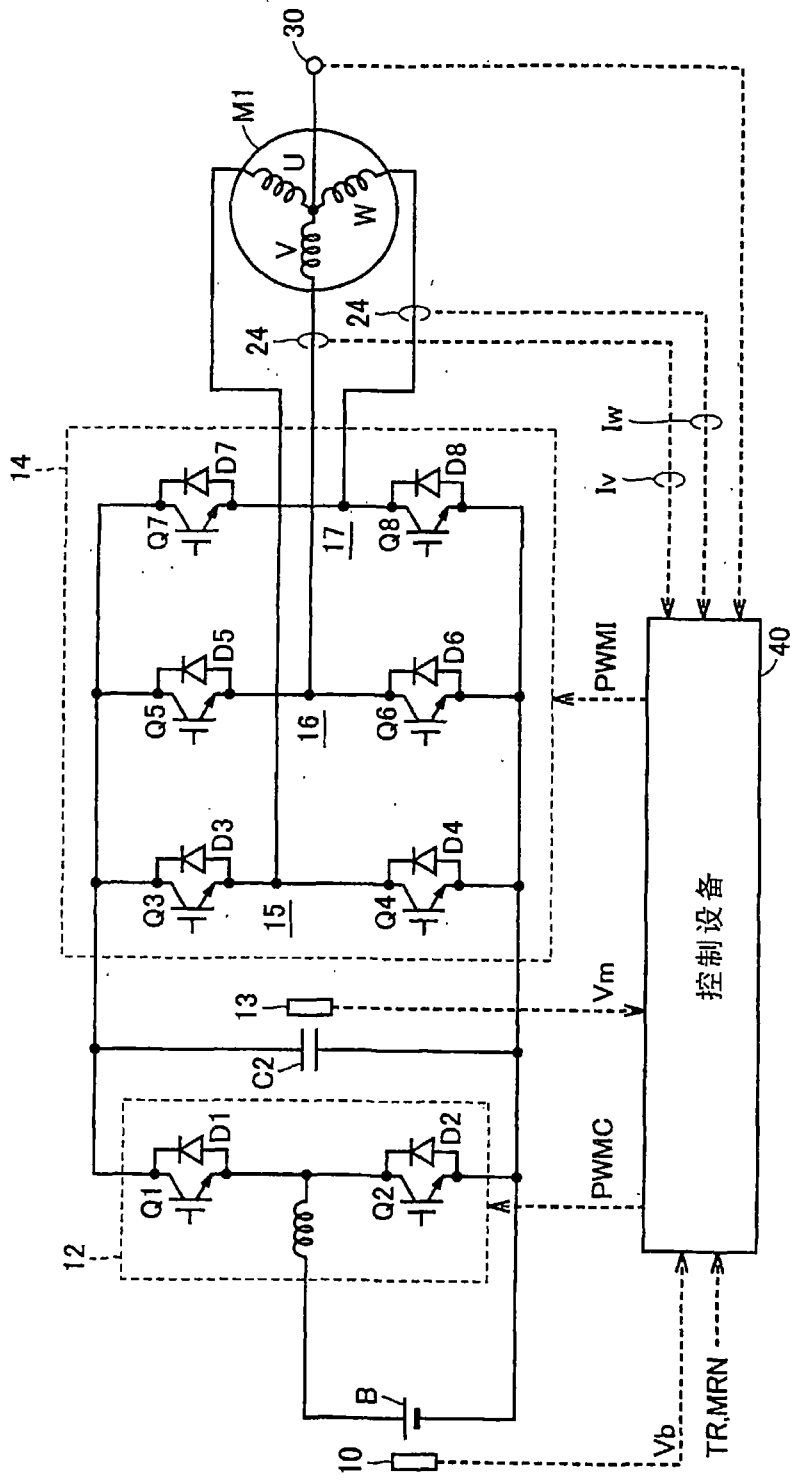


图1



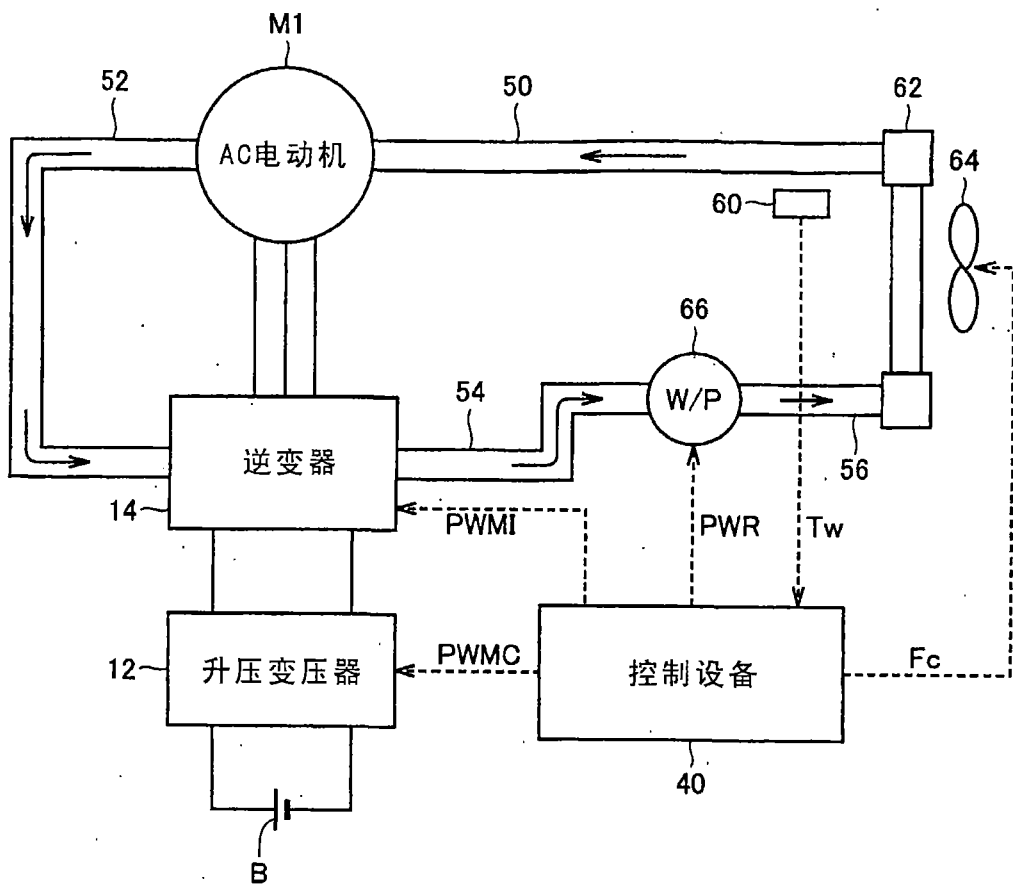


图2

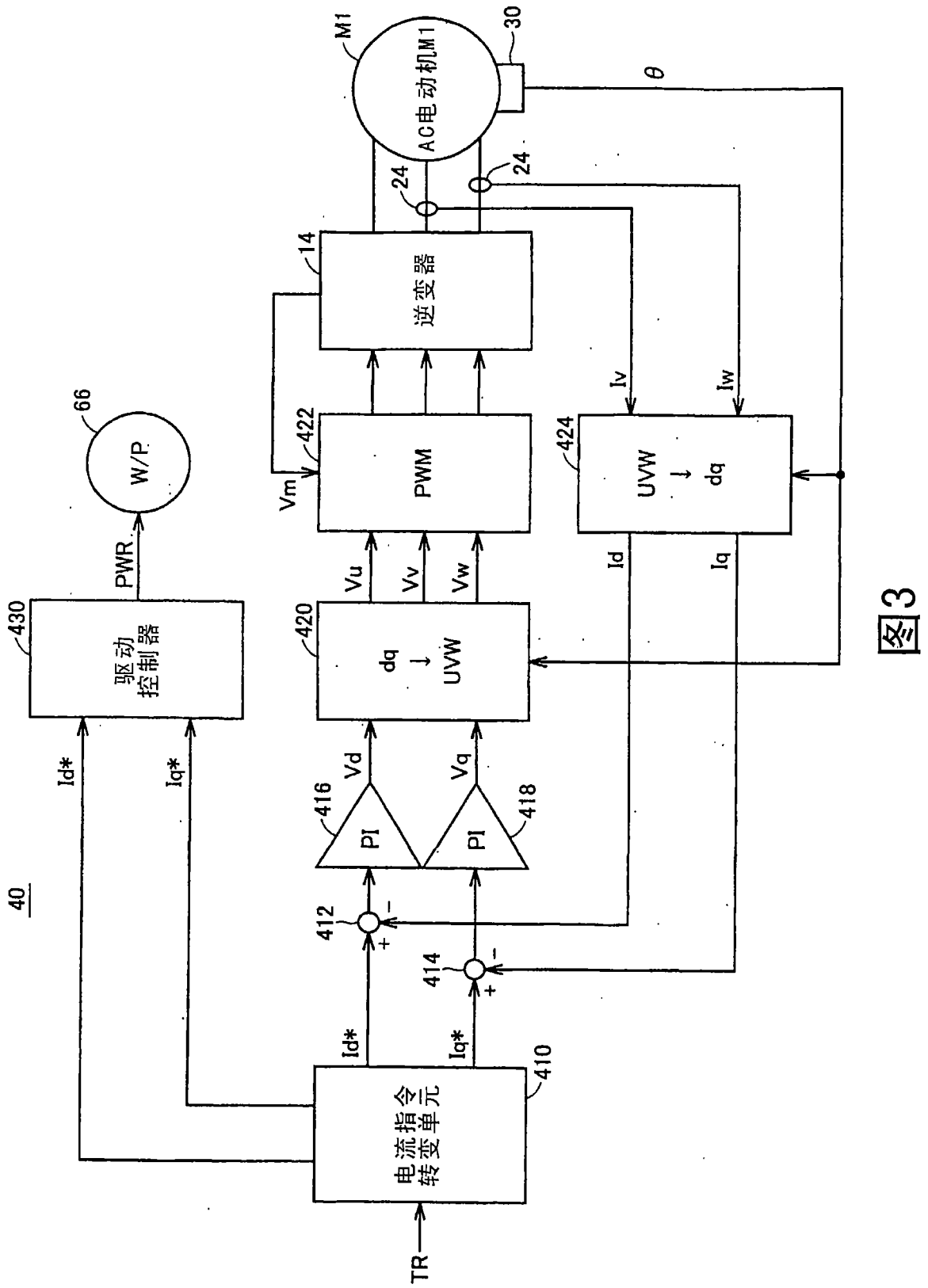


图3

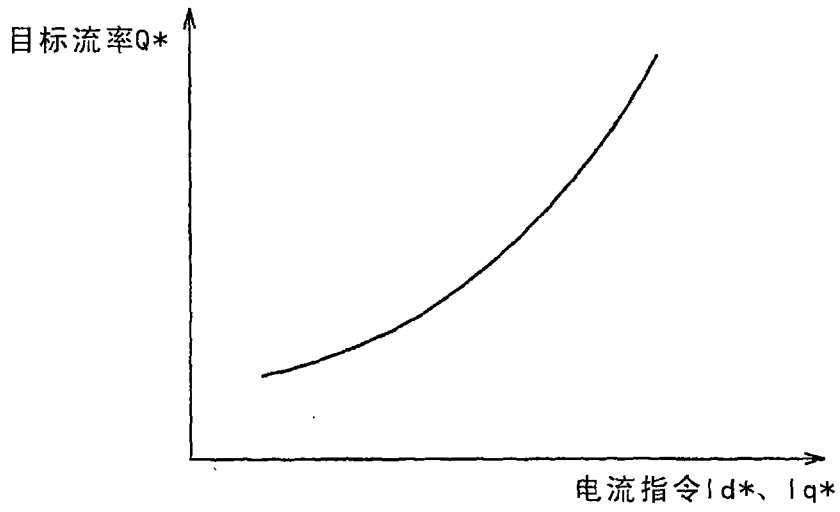


图4

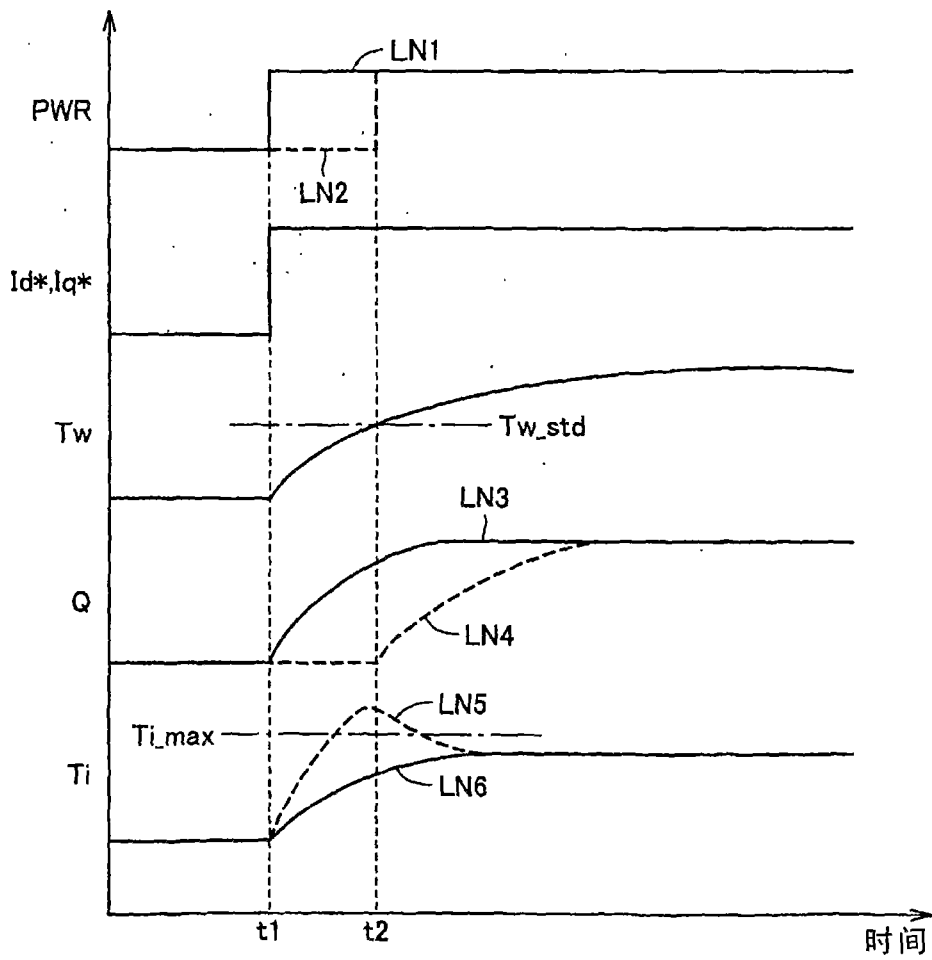


图5

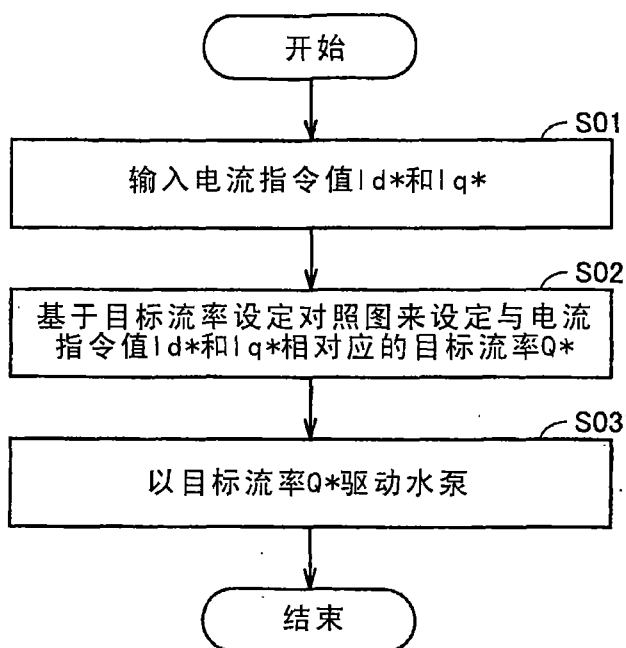


图6