



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 00133703.3

[45] 授权公告日 2004 年 4 月 21 日

[11] 授权公告号 CN 1146515C

[22] 申请日 2000.10.30 [21] 申请号 00133703.3

[30] 优先权

[32] 1999.10.29 [33] JP [31] 307930/1999

[71] 专利权人 丰田自动车株式会社

地址 日本爱知县

[72] 发明人 河西荣治 藤田修司

[56] 参考文献

US4562896 01/07/1986 B62D 5/06

US4660671 04/28/1987 B62D 5/04

CN1133580A 10/16/1996 B62D 5/04

审查员 杨国鑫

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

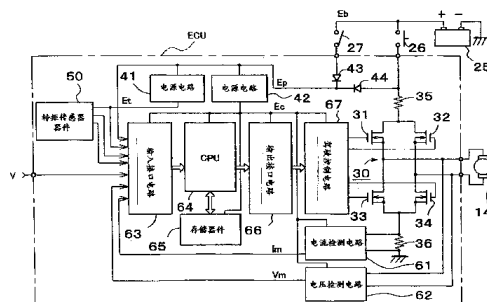
代理人 王勇 王忠忠

权利要求书 3 页 说明书 21 页 附图 11 页

[54] 发明名称 车辆电动转向设备

[57] 摘要

一种电动转向设备，以由转矩传感器(50)检测到的转向转矩和由车辆速度传感器检测到的车辆速度为基础，通过程序过程来控制电动马达(14)，并向驾驶盘的转动施加适当的辅助力。通过程序过程来检测转矩传感器(50)和电源电路(41)中异常情况的发生。转矩传感器(50)在接收到来自电源电路(41)的电源电压时被激活，并检测转向转矩。如果自电源电路(41)输出的电源电压下降，则禁止检测转矩传感器(50)中的异常情况。如果电池(25)提供给电源电路(41)的电源电压下降，则禁止检测电源电路(41)中的异常情况。



1. 一种车辆电动转向设备，包括一个依据驾驶盘的转动向转向转矩施加辅助力的电动马达（14），一个用来检测转向转矩的转矩传感器（50），一个用于依据检测到的转向转矩来控制电动马达（14）旋转的
5 马达控制设备（20），一个供电的电池（25），以及一个由电池（25）提供电压、并用于向转矩传感器提供恒定电压以激活转矩传感器（50）的电源电路（41），该车辆电动转向装置的特征在于包括：

一个用于检测电源电路（41）中异常情况的异常情况检测装置（64，S106）；和

10 一个用于在提供给电源电路（41）的电压等于或小于预定电压时，禁止异常情况检测装置（64，S106）检测电源电路（41）中异常情况的异常情况检测禁止装置（64，S104）。

2. 权利要求1所述的车辆电动转向设备，其特征在于：

15 在满足下列条件之一时，异常情况检测装置（64，S106）判定电源电路（41）异常：

电源电路（41）的输出电压等于或小于一个第一个值；

电源电路（41）的输出电压等于或大于一个第二个值，且第二个值大于第一个值。

3. 一种车辆电动转向设备，包括一个依据驾驶盘的转动向转向转矩施加辅助力的电动马达（14），一个用来检测转向转矩的转矩传感器（50），一个用于依据检测到的转向转矩来控制电动马达（14）旋转的
20 马达控制装置（20），该车辆电动转向设备的特征在于包括：

一个用于检测转矩传感器（50）中异常情况的异常情况检测装置（64，S108）；和

25 一个用于向转矩传感器（50）提供电压以激活转矩传感器（50）的电源装置（25，41）；

一个用于在提供给转矩传感器（50）的电压等于或小于一个预定电压时，禁止异常情况检测装置检测转矩传感器（50）中异常情况（S106）的异常情况检测禁止设备（64，S104）。

30 4. 权利要求3所述的车辆电动转向设备，其特征在于：

转矩传感器（50）输出表示转向转矩的第一检测信号和表示转向转

矩的第二检测信号；和

在满足下列条件之一时，所述异常情况检测装置（64，S108）检测转矩传感器（50）中的异常情况：

转矩传感器（50）输出的电压信号等于或小于一个第一个值；

5 转矩传感器（50）输出的电压信号等于或大于一个第二个值，且第二个值大于第一个值；

第一和第二检测信号之差的绝对值等于或大于一个预定值。

5. 权利要求3所述的车辆电动转向设备，其特征在于：

电源装置包括一个用来向转矩传感器提供电压的电池（25）。

10 6. 权利要求3所述的车辆电动转向设备，其特征在于：

所述电源装置包括：

一个向转矩传感器（50）提供恒定电压的电源电路（41）；和

一个向电源电路（41）提供电压的电池（25）。

7. 一种车辆电动转向设备，包括一个向驾驶盘的转动施加辅助力的电动马达（14），一个用来检测转向转矩并输出一个表示转向转矩的检测信号的转矩传感器（50），和一个用于依据由检测信号表示的转向转矩来控制电动马达（14）旋转的马达控制装置（20），其特征在于还包括：

20 一个用于检测来自转矩传感器（50）的检测信号中的异常情况、并用于在检测信号中异常情况的检测持续了一个预定的时间段或更长时间时，判断转矩传感器（50）异常的异常情况判断装置（64，S108）；和

25 一个转向转矩保持装置（64，S110），该装置在检测到来自转矩传感器（50）的检测信号中有异常情况时，保持由至少在异常情况判断装置（64，S108）做出异常情况的判定之前转矩传感器（50）的正常工作期间的检测信号表示的转向转矩，并用于依据保持的转向转矩，而不是由检测信号表示的转向转矩，来控制马达控制装置（20）以便控制电动马达（14）的转动；

8. 权利要求7所述的车辆电动转向设备，其特征在于：

30 在满足下列条件之一时，检测检测信号中的异常情况：

检测信号等于或小于一个第一个值；

检测信号等于或大于一个第二个值，且第二个值大于第一个值。

9. 一种车辆电动转向设备，包括一个依据驾驶盘的转动向转向转矩施加辅助力的电动马达（14），一个用来检测转向转矩的转矩传感器（50），一个用于依据检测到的转向转矩来控制电动马达（14）旋转的
5 马达控制装置（20），以及一个由电池（25）供电、并向转矩传感器（50）提供恒定电压以激活转矩传感器（50）的电源电路（41），其特征在于包括：

一个用于检测由电源电路（41）提供给转矩传感器（50）的电压中的异常情况、并用于在电压中异常情况的检测持续了一个预定的时间段
10 或更长时间时，判定电源电路（41）异常的异常情况判断装置（64，S106）；和

一个转向转矩保持装置（64，S110），该装置在检测到由电源电路（41）提供给转矩传感器（50）的电压中有异常情况时，保持由至少在异常情况判断装置（64，S106）做出异常情况的判定之前、电源电路（41）
15 的正常工作期间由转矩传感器检测到的转向角和转矩，并用于依据保存的转向转矩，而不是检测到的转向转矩，来控制电动马达（14）的转动。

10. 权利要求9所述的车辆电动转向设备，其特征在于：

在满足下列条件之一时，检测提供给转矩传感器（50）的电压中的
异常情况：

20 该电压等于或小于一个第一个值；

该电压等于或大于一个第二个值，且第二个值大于第一个值。

车辆电动转向设备

5 本发明涉及到一种通过电动马达的旋转来帮助驾驶盘的转向操作的车辆电动转向设备。

日本实用新型专利 No. 2524450 公布了一种装备有用于检测转向转矩的转矩传感器设备的车辆电动转向设备，它可以根据转矩传感器设备测量的转向转矩控制电动马达的旋转，并通过电动马达的旋转来帮助驾驶盘的转向操作。在该电动转向设备中，转矩传感器设备具有两个传感器，即主传感器和次传感器。该转矩传感器设备使用来自主传感器的输出作为检测到的转向转矩来控制电动马达。当主传感器和次传感器的输出之间存在大的差异时，便会测定在转矩传感器设备中存在异常情况。此后停止对电动马达的控制。

15 不过，在上述电动转向设备中，如果电池通过电动马达的旋转或其他方法向转矩传感器设备提供的电源电压下降，转矩传感器设备和它的毗邻电路都会受到电源电压下降的影响。这是有问题的，在此情况下会对是否发生了异常情况做不必要的判断，也会对转矩传感器设备中的异常情况做出误判。更进一步，如果测得主传感器和次传感器的输出之间存在大的差异，立即会判断出在转矩传感器设备中有异常情况。由此，既使在由于噪声或紧急情况而使该差异暂时变大的情况下，也会判断出异常情况的发生。在这种方法中，有时会对异常情况的发生做出误判。

本发明通过提供一种电动转向设备和用于控制能够恰当检测转矩传感器设备中异常情况的同样装置的方法解决了上述问题。

25 依据本发明的第一个示范性实施例的车辆电动转向设备具有一个由电池提供电压并向转矩传感器提供恒定电压以激活该转矩传感器的电源电路，一个用于检测电源电路中的异常情况的异常情况检测装置，以及一个用于在提供给电源电路的电压等于或小于预定电压时禁止异常情况检测装置检测电源电路中的异常情况的异常情况检测禁止装置。

30 在依据本发明的第一个示范性实施例的电动转向设备中，如果由

5 电池提供给电源电路的电压下降，异常情况检测禁止装置禁止异常情况检测装置检测电源电路中的异常情况。因此，既使在由电池提供给电源电路的电压下降到妨碍电源电路的正常工作的程度的情况下，也不可能错误地检测到电源电路中有异常情况。另外，也可防止对电源电路中异常情况的不必要的检测，因此，恰当地检测电源电路中异常情况的发生便成为可能。

10 依据本发明的另一个示范性实施例的车辆电动转向设备具有一个用于检测转矩传感器中的异常情况的异常情况检测装置以及一个用于禁止异常情况检测装置检测转矩传感器中的异常情况的异常情况检测禁止装置。

15 在依据本发明的这个示范性实施例的车辆电动转向设备中，如果提供给转矩传感器的电压下降，异常情况检测禁止装置禁止异常情况检测器检测转矩传感器中的异常情况。因此，既使在提供给转矩传感器的电压下降到妨碍转矩传感器正常工作的程度的情况下，也不会错误地检测到转矩传感器中有异常情况。另外，也可防止对转矩传感器中异常情况的不必要的检测，因此，恰当地检测转矩传感器中异常情况的发生便成为可能。

20 更进一步，依据本发明的又一个示范性实施例的车辆电动转向设备具有一个用于检测来自转矩传感器的检测信号中的异常情况、并在检测信号中的异常情况延续了预定时间段或更长时间的情况下判定转矩传感器异常的异常情况判断装置，一个转向转矩保持装置，该装置用于在转矩传感器正常工作期间、至少到在来自转矩传感器的检测信号中检测到异常情况的情况下由异常情况判断装置做出异常情况的判定之前，保持由检测信号表示的转向转矩，而且该装置控制马达控制装置以便根据被保持的转向转矩，而不是由检测信号表示的转向转矩来控制电动马达的旋转。

30 在本发明的上述示范性实施例中，异常情况判断装置检测来自转矩传感器的检测信号中的异常情况，并在检测的异常情况持续预定的时间段或更长时间的情况下判断转矩传感器为异常。因此，如果转矩传感器中的异常情况是由噪声或紧急情况引起的，异常情况判断装置不会断定转矩传感器中发生了异常情况。更进一步，当异常情况判断

装置判定异常情况的发生持续了预定的时间段，由于转向转矩保持装置的操作，便会使用在转矩传感器正常工作期间检测到的转向转矩来控制电动马达。因此，电动马达的控制与转矩传感器中异常情况发生的判定可以并行执行。所以，不会无谓地妨碍电动马达的控制，而且也能恰当地判定转矩传感器中异常情况的发生。

更进一步，依据本发明的又一个示范性实施例的车辆电动转向设备具有一个由电池提供电压并向转矩传感器提供恒定电压以激活该转矩传感器的电源电路，一个用于检测来自转矩传感器的检测信号中的异常情况、并在检测信号中的异常情况延续了预定时间段或更长时间的情况下判定转矩传感器异常的异常情况判断装置，以及一个转向转矩保持装置，该装置用于在转矩传感器正常工作期间、至少到在来自转矩传感器的检测信号中检测到异常情况的情况下由异常情况判断装置做出异常情况的判定之前，保持由检测信号表示的转向转矩，而且该装置控制马达控制装置以便根据被保持的转向转矩，而不是由检测信号表示的转向转矩来控制电动马达的旋转。

在本发明的上述示范性实施例中，异常情况判断装置检测电源电路提供给转矩传感器的电压的异常情况，并在检测到的异常情况延续了预定时间段或更长时间的情况下判定电源电路不正常。而且，如果电源电路中的异常情况是由噪声或紧急情况引起的，异常情况判断装置不会得出电源电路中有异常情况的结论。更进一步，当异常情况判断装置判定异常情况的发生持续了预定的时间段，由于转向转矩保持装置的操作，便会使用在转矩传感器正常工作期间检测到的转向转矩来控制电动马达。因此，电动马达的控制与转矩传感器中异常情况发生的判定可以并行执行。所以，不会无谓地妨碍电动马达的控制，而且也能恰当地判定电源电路中异常情况的发生。

本发明的各个方面不仅仅局限于上述的车辆电动转向设备。本发明的更进一步的方面是，举例来说，一种用于控制车辆电动转向设备的方法。

附图简要说明

参看附图，从以下对各个实施例的说明中可以清楚地了解本发明的上述及进一步的目的、特征和优点。附图为：

图 1 是依据本发明的一个示范性实施例的车辆电动转向设备的概
括示意图；

图 2 是图 1 所示的电控制设备的普通方框图；

图 3 是图 2 所示的转矩传感器的电路图；

5 图 4A 和 4B 是表示加在如图 3 所示的转矩传感器单元 SU 上的正
弦信号的波形图；

图 4C 是表示采样脉冲的时序图；

图 5 是显示如图 2 所示的 CPU 执行的程序的流程图；

10 图 6 是显示如图 5 所示的“电源电压下降检测程序”的细节的流
程图；

图 7 是显示如图 5 所示的“转矩传感器电源电压异常情况检测程
序”的细节的流程图；

图 8 是显示如图 5 所示的“转矩传感器异常情况检测程序”的细
节的流程图；

15 图 9 是显示如图 5 所示的“控制转矩保持程序”的细节的流程图；

图 10 是显示如图 5 所示的“辅助控制程序”的细节的流程图；

图 11 是转向转矩和基础辅助值之间的关系图；和

20 图 12 是显示如图 8 所示的“转矩传感器异常情况检测程序”的
变化例的一部分的流程图。

较佳实施例的详细描述

以下参看附图描述本发明的各种示范性实施例。图 1 概略地显示
了依据本发明的一个示范性实施例的车辆电动转向设备。

25 该电动转向设备具有一个电动马达 14，它安装在转向轴 13 上，
转向轴 13 通过齿条齿轮传动装置 12 将驾驶盘 11 的转动传递给左和
右前轮 FW1 和 FW2。电动马达 14 可以是，举例来说，DC 马达。根据
DC 马达的旋转速度，电动马达 14 将一个辅助力施加到驾驶盘 11 的转
动上。电动马达 14 的旋转通过减速装置 15 传送给转向轴 13。

30 电控制器件 20 与电动马达 14 电连接。车辆速度传感器 21 和传
感器单元 SU 与电控制器件 20 相连接。车辆速度传感器 21 检测车辆
速度 V，并将表示车辆速度 V 的检测信号提供给电控制器件 20。传感
器单元 SU 安装在转向轴 13 上，并构成下述的转矩传感器设备 50 的

一部分。

如图 2 所示，电控制器件 20 具有一个用于控制电动马达 14 旋转的电子控制单元 ECU。电池 25 通过继电器开关 26 和点火开关 27 向 ECU 提供电池电压 E_b 。通常接通的继电器开关 26 在检测到由用于检测电动转向设备故障的故障检测部分（图中没有显示出来）控制的故障时被断开。点火开关 27 在启动引擎时接通。

ECU 具有驱动电路 30 和电源电路 41, 42。为电动马达 14 配备了一个驱动电路的驱动电路 30 构造为一个具有由诸如 FET 的开关元件 31 到 34 组成的四个臂的桥式电路。桥式电路一对相对对角位置中的一个通过分路电阻 35 与继电器开关 26 相连接，而另一个通过分路电阻 36 接地。更进一步，电动马达 14 的两端分别与桥式电路的另外的对角位置相连接。

基于来自点火开关 27 和继电器开关 26 的电池电压 E_b 的 ECU 的电源电压 E_p 通过阴极共线连接的二极管 43, 44 提供给电源电路 41 和 42。电源电路 41 输出一个电源电压 E_t ，它采用一个预定的恒定电压（例如 8V）作为降低电源电压 E_p 的结果。电压 E_t 被提供给转矩传感器设备 50。电源电路 42 也输出一个电源电压 E_c ，它采用一个预定的恒定电压（例如 5V）作为降低电源电压 E_p 的结果。电压 E_c 被提供给电流检测电路 61，电压检测电路 62，输入接口电路 63，CPU64，存储器件 35，输出接口电路 66 以及驱动控制电路 67。

如图 3 所示，转矩传感器设备 50 具有输出电源电压 E_x , E_y 的电源电路 51a, 51b，它们都采用一个预定的恒定电压（例如 6V）作为降低电源电压 E_t 的结果。电源电压 E_x 被提供给振荡电路 52，电流放大器电路 53a，反相电流放大器电路 53b，采样脉冲发生电路 54，差分放大器电路 55b，采样保持电路 56b，以及输出电路 57b。电源电压 E_y 被提供给差分放大器电路 55a，采样保持电路 56a 以及输出电路 57a。

如图 4 所示，相对于参考电压，振荡电路 52 输出一个按预定频率和预定振幅振荡的正弦信号。电流放大器电路 53a 通过电流放大输出该正弦信号。反相电流放大器电路 53b 将该正弦信号反相，并通过电流放大输出（参看图 4B）。以来自振荡电路 52 的正弦信号为基础，

采样脉冲发生电路 54 输出矩形脉冲串信号，它基本上与如图 4C 所示的正弦信号的峰值位置同步，并作为采样脉冲提供给采样保持电路 56a, 56b。

如图 3 所示，具有相等电感的线圈 L1, L2 串联构成传感器单元 SU。线圈 L1 一端与反相电流放大器电路 53a 的输出相连接，线圈 L2 的一端与电流放大器 53b 的输出端相连接。线圈 L1, L2 分别安装在构成转向轴 13 的一部分的弹性振荡部件（如扭力杆）的末端。线圈 L1, L2 的设计使得它们的电感根据加在驾驶盘 11 和转向轴 13 上的转向转矩（转向反作用力）沿相反的方向变化。这意味着，从线圈 L1, L2 的连接点取出振幅根据转向转矩和其方向变化的正弦信号。串联的线圈 L1, L2 一端与由电阻 r1, r2 和 r3 构成的串联电路并联，另一端与由电阻 r4, r5 和 r6 构成的串联电路并联。电阻 r3 和 r6 每一个都由电位计构成。参考电压分别取自电阻 r3 和 r6。

差分放大器电路 55a 接收取自线圈 L1, L2 的连接点的信号和取自电阻 r3 的参考电压，输出一个表示二者之间差异的差分信号。差分放大器电路 55b 接收取自线圈 L1, L2 的连接点的信号和取自电阻 r6 的参考电压，输出一个表示二者之间差异的差分信号。采样保持电路 56a, 56b 分别与差分放大器电路 55a, 55b 的输出相连接。

采样保持电路 56a, 56b 每一个都包括一个分别接收来自差分放大器电路 55a, 55b 之一的电压信号的单方向半导体开关元件，一个与开关元件的输出端相连接以积累电荷的电容器，以及一个用于放去积累在具有大的时间常数的电容器上的电荷的电阻器。采样保持电路 56a, 56b 采样并保持来自差分放大器电路 55a, 55b 的、与来自采样脉冲发生电路 54 并加在开关元件的栅极控制端的采样脉冲同步的电压信号。采样保持电路 56a, 56b 也起基于电容器和电阻器的低通滤波器的作用。

输出电路 57a 与线圈 L1, L2, 电阻 r1, r2 和 r3, 差分放大器电路 55a 以及采样保持电路 56a 一起，构成了用于检测转向转矩的主传感器电路。输出电路 57a 放大来自采样保持电路 56a 的电压信号，并输出表示转向转矩的主转矩电压信号 MTSV。输出电路 57b 与线圈 L1, L2, 电阻 r14, r5 和 r6, 差分放大器电路 55 以及采样保持电路 56b

一起，构成了用于检测转向转矩的次传感器电路。输出电路 57b 放大来自采样保持电路 56b 的电压信号，并输出表示转向转矩的次转矩电压信号 STSV。主转矩电压信号 MTSV 和次转矩电压信号 STSV 相对于位于下限值 E_s (例如 1.0V) 和上限值 (例如 4.0V) 之间的参考电压 E_{sr} (例如 2.5V) 变化。

再次参看图 2，电流检测电路 61 与分路电阻 36 的两端相连接，并输出表示基于电阻 36 两端的电压流经电动马达 14 的驱动电流 I_m 的检测信号。电压检测电路 62 与电动马达 14 的两端相连接，并输出表示电动马达 14 两端间的电压 V_m 的检测信号。输出接口电路 63 接收提供电源电路 41 用于转矩传感器设备 50 的电源电压 E_p ，自电源电路 41 输出的电源电压 E_t ，来自转矩传感器设备 50 的主转矩电压信号 MTSV，来自转矩传感器设备 50 的次转矩电压信号 STSV，来自车辆速度传感器 21、表示车辆速度 V 的检测信号，来自电流检测电路 61 的、表示驱动电流 I_m 的检测信号，以及表示来自电压检测电路 62 的终端之间电压 V_m 的检测信号。输出接口电路 63 也可以包括一个 A/D 转换器，以便将输入的模拟检测信号转换为数字信号，并将它们提供给 CPU64。

CPU64 在预先确定的时间段重复执行图 5 到图 10 流程图所示的程序，并控制电动马达 14 以提供针对各种异常情况的防范措施。存储器件 65 由一个 ROM 和一个 RAM (包括一个永久性存储区) 构成，并存储上述程序及执行这些程序所需变量。输出接口电路 66 向驱动控制电路 67 输出对应于电流命令值 I^* 的控制信号。通过上述程序计算电流命令值 I^* ，以便向电动马达 14 提供合适的电流。驱动控制电路 67 根据控制信号，执行驱动电路 30 中开关元件 31 到 34 的通-断控制。

下面描述这种结构的实施例的运行。接通点火开关 27，便可将电源电压 E_p 提供给各自电路。然后，这些电路便被激活。CPU64 开始在预先确定的时间段重复执行图 5 所示的程序。此时，继电器开关 26 也已接通。继电器开关 26 将来自电池 25 的电源电压 E_b 提供给驱动电路 30 和其他电路。

图 5 所示的程序从步骤 100 开始。在步骤 102 中执行用于检测电

源电压 E_p 下降的“电源电压下降检测程序”。在步骤 104 中确定是否将电压异常情况标志 ETF 和传感器异常情况标志 TSF 都恢复为“0”。如果标志 ETF, TSF 都恢复为“0”，则步骤 104 的结果是正确的。在这种情况下，分别在步骤 106, 108 中执行“转矩传感器电源电压异常情况检测程序”和“转矩传感器异常情况检测程序”。然后程序进行到步骤 110。如果标志 ETF, TSF 中的一个设置为“1”，则步骤 104 的结果是负的。然后程序进行到步骤 110。电压异常情况标志 ETF 在电源电路 41 中发生异常的情况下设置为“1”，而在无异常情况发生时设置为“0”。电压异常情况标志 ETF 在初始状态下被设置为“0”，“转矩传感器电源电压异常情况检测程序”会改变其值。传感器异常情况标志 TSF 在转矩传感器设备 50 中发生异常的情况下设置为“1”，而在没有发生异常的情况下设置为“0”。传感器异常情况标志 TSF 在初始状态下被设置为“0”，“转矩传感器异常情况检测程序”会改变其值。

15 如果电源电压 E_p 下降，若电源电压 E_t 有异常情况，或者来自转矩传感器设备 50 的主转矩电压信号 MTSV 中有异常情况，则会在步骤 110 中执行用于维持在正常工作时期检测到的转向转矩、并使用它作为控制转矩 TRQ 的“控制转矩保持程序”，从而使用在正常工作时期检测到的转向转矩来控制电动马达 14。在执行了步骤 110 之后，在步骤 20 112 中便会根据检测到的转向转矩来控制电动马达 14 的旋转，以帮助驾驶盘 11 的转动。然后，在步骤 114 中终止程序的运行。

下面更详细地描述这种工作。描述将针对电动转向设备处于正常运行状态下的情况，在此情况下电源电压 E_p 还没有下降，而且在电源电压 E_t 或转矩传感器设备 50 中也不会发生异常情况。

25 如上所述，在自步骤 100 开始执行程序后，在步骤 102 中执行“电源电压下降检测程序”。如图 6 详尽所示，在步骤 200 中开始执行“电源电压下降检测程序”，并在步骤 202 中确定是否将电压下降标志 EDF 设置为“0”。如果电源电压 E_p 下降了，则电压下降标志 EDF 设置为“1”，如果电源电压 E_p 恢复了，则电压下降标志 EDF 设置为“0”。因此，在此情况下，当电压下降标志 EDF 设置为“0”时，步骤 30 202 中的结果是正的。在步骤 204 中确定电源电压 E_p 是否等于或小于预

定电压 E_{p1} 。在电源电压 E_p 大约等于电池电压 E_b ，即 12 到 13V 的情况下，预定电压 E_{p1} 设置为，举例来说，9V。

因此，步骤 204 的结果是负的，在步骤 206 中用于判断电源电压 E_p 下降的计数值 EPCT 恢复为“0”。然后在步骤 230 中终止该程序的运行。

在执行了图 5 所示的步骤 102 后，由于在初始状态下电压异常情况标志 EFT 和异常情况标志 TSF 都设置为“0”，所以 SETP104 中的结果是负的。然后在步骤 110 中开始执行“控制转矩保持程序”。在图 9 中的步骤 500 中开始执行“控制转矩保持程序”。并在步骤 502 中确定是否将电压异常情况标志 ETF 和传感器异常情况标志 TSF 都设置为“0”。也在此情况下，由于如上所述，标志 ETF，TSF 都设置为“0”，因此步骤 502 中的结果是正的。然后执行步骤 504 到 510 中的判断过程。

在步骤 504 中确定电源电压 E_p 是否大于表示电压下降的预定电压 E_{p1} 。在步骤 506 中确定将要提供给转矩传感器设备 50 的电源电压 E_t 是否介于下限值 E_{t1} （如 7V）和上限值 E_{t2} （如 9V）之间。这些下限值和上限值代表了电源电压 E_t 的正常和异常状态之间的界限。在步骤 508 中确定主转矩电压信号 MTSV 是否采用一个介于预定的下限值 TSV1（如 1V）和预定的上限值 TSV2（如 4V）之间的值。这些下限值和上限值代表了电压信号 MTSV 的正常和异常状态之间的界限。在步骤 510 中确定主转矩电压信号 MTSV 和次转矩电压信号 STSV 之差的绝对值 $|MTSV-STSV|$ 是否小于预定的小的正值 ΔTSV 。如上所述，电动转向设备处于正常工作状态，电源电压 E_p ， E_t ，主转矩电压信号 MTSV，和差值的绝对值 $|MTSV-STSV|$ 分别满足以下关系： $E_p > E_{p1}$ ， $E_{t1} < E_t < E_{t2}$ ， $TSV1 < MTSV < TSV2$ ，以及 $|MTSV-STSV| < \Delta TSV$ 。因此，步骤 504 到步骤 510 之间的所有步骤都是正的，而且程序运行到步骤 512，514。

在步骤 512 中，存储在存储器件 65 中的正常转矩值被对应于刚输入的主转矩电压信号 MTSV 的转矩值取代。在步骤 514 中，存储在存储器件 65 中的控制转矩值 TRQ 设置为对应于刚输入的主转矩电压信号 MTSV 的转矩值。然后，在步骤 518 中中断“控制转矩保持程序”

的运行。

在图 5 的上述过程之后，在步骤 112 中运行“辅助控制程序”。
 “辅助控制程序”的运行开始于图 10 中的步骤 600。在步骤 602 中确定是否将电压异常情况标志 ETF 和传感器异常情况标志 TSF 都设置为
 5 “0”。然后在步骤 604 中确定是否将电压下降标志 EDF 设置为“0”。在此情况下，如上所述，由于所有这些标志 ETF，STF 和 EDF 都设置为“0”，因此步骤 602，604 中的结果都是正的。然后程序运行到步骤 606。

在步骤 606 中，以电流检测电路 61 检测到的电动马达 14 的驱动
 10 电流 I_m 和电压检测电路 62 检测到的电动马达 14 端子之间的电压 V_m 为基础，根据下面的公式 (1) 来计算电动马达 14 的旋转角速度 ω 。

$$\omega = (V_m - R_m \times I_m) / K \dots (1)$$

上述公式 (1) 是用于计算 DC 马达旋转角速度的近似公式，而且
 15 没有考虑电感（电感足够小，因此常常略去不计）。K, R_m 是根据马达型号确定的常数，因为电动马达 14 和驾驶盘 11 一起旋转，因此旋转角速度等于驾驶盘 11 的转向速度。以下旋转角速度也用作转向速度。

下一步，在步骤 608 中计算电动马达 14 的电流命令值 I^* ，以在
 20 电动马达 14 中产生对应于驾驶盘 11 的转向状态的辅助力。该电流命令值 I^* 是通过在基础辅助值上添加补偿值来计算的。这些补偿值包括惯性补偿值，轴回位补偿值，和阻尼补偿值。

基础辅助值是用于向驾驶盘 11 的转动施加一个辅助力的基础控
 25 制值。参看为将转向转矩转换为基础辅助值而提供的每个车辆速度区的转换表，以控制转矩值 TRQ（由主转矩电压信号 MTSV 表示的转向转矩）和车辆速度 V 为基础可计算基础辅助值。

如图 11 所示，基础辅助值随转向转矩的增加而增加，随车辆速度 V 的下降而下降。

惯性补偿值用于补偿由于驾驶盘 11 转动带给电动马达 14 的惯性
 30 力（特别在驾驶盘 11 转动的初始阶段）。基于控制转矩值 TRQ 和车辆速度 V 之间的差值，该惯性补偿值是作为一个随该差值增加而增加、随车辆速度 V 的增加而下降的值来计算的。轴回位补偿值的补偿

使驾驶盘 11 在回转时平滑地返回它的中性位置。基于转向速度和车辆速度 V ，轴回位补偿值是作为一个随转向速度 ω 增加而增加、随车辆速度 V 的增加而下降的值来计算的。阻尼补偿值用于补偿驾驶盘 11 转动的阻力。基于转向速度 ω 和车辆速度 V ，阻尼补偿值是作为一个作用方向与转向速度 ω 相反、其绝对值随转向速度 ω 的绝对值 $|\omega|$ 增加而增加、且其绝对值也随车辆速度 V 增加而增加的值来计算的。

在步骤 608 的上述过程之后，计算在步骤 612 中计算的命令电流值 I^* 和驱动电流 I_m 之间的差。对应于该差值的控制信号通过输出接口电路 66 输出到驱动控制电路 67 中。驱动控制电路 67 控制驱动电路 30 中的开关元件 31 到 34，以便使电动马达 14 的驱动电流 I_m 等于命令电流值 I^* 。因此，电动马达 14 的旋转通过减速机构 15 传送到转向轴 13，并以对应于命令电流值 I^* 的辅助力旋转转向轴 13。所以，驾驶盘 11 的转动是由对应于转向转矩的辅助力辅助的。更进一步，在此情况下，由于也考虑了车辆速度 V ，惯性补偿，轴回位补偿和阻尼补偿，因此驾驶员可以感受到良好的转向感觉。

在下面描述的情形中，电源电压 E_p 还未下降，电源电压 E_t 也没有出现异常情况，但转矩传感器设备 50 中有异常情况。在此情形下，在“转矩传感器异常情况检测程序”（图 5 中的步骤 108）中判断异常情况的发生。在该程序中，步骤 402 中的结果是正的。换言之，确定电源电压 E_t 大于下限值 E_{t1} 。然后执行由步骤 404 到 438 构成的转矩传感器设备 50 的异常情况判断过程。

在此异常情况判断过程中，通过步骤 404 到 414 中的处理，在主转矩电压信号 $MTSV$ 等于或小于下限值 $TSV1$ 的条件下，确定转矩传感器设备 50 中发生了异常情况。另外，通过步骤 416 到 426 中的处理，在主转矩电压信号 $MTSV$ 等于或大于上限值 $TSV2$ 的条件下，确定转矩传感器设备 50 中发生了异常情况。更进一步，通过步骤 428 到 438 中的处理，在主转矩电压信号 $MTSV$ 和次转矩电压信号 $STSV$ 之差的绝对值 $|MTSV-STSV|$ 等于或大于预定值 ΔTSV 的条件下，确定转矩传感器设备 50 中发生异常情况。

首先描述主转矩电压信号 $MTSV$ 等于或小于下限值 $TSV1$ 的情形。在此情形中，步骤 404 中的结果是正的在步骤 408 中，将预定值 $\alpha 1$

添加到计数值 TSDCT 上。在步骤 410 中确定计数值 TSDCT 是否等于或大于对应于预定时间段（如 30ms）的预定值 γ_1 。预定值 γ_1 ， α_1 都是正的，而且预定值 γ_1 大于预定值 α_1 。

5 如果由于主转矩电压信号 MTSV 的下降和计数值 TSDCT 还没有达到 γ_1 致使逝去的时间不够长，则步骤 410 中的结果是负的。然后程序运行到步骤 416。如果主转矩电压信号 MTSV 在预定时间段或更长时间内持续等于或小于下限值 TSV1，而且计数值 TSDCT 已达到了预定值 γ_1 ，则步骤 410 中的结果是正的。然后在步骤 412 中将传感器异常情况标志 TSF 设置为“1”。在步骤 414 中，转矩传感器设备 50 中异常情况的发生以及发生的时间被写入存储器件 65 中的非易失性存储区。然后点亮警示灯（图中没有显示），以提醒驾驶员发生了异常情况。

15 在暂时等于或小于下限值 TSV1 后，主转矩电压信号 MTSV 可以被恢复，而且变得大于下限值 TSV1。在此情形下，步骤 404 中的结果是负的。然后从计数值 TSDCT 中减去预定正值 β_1 ，而且程序运行到步骤 416。预定值 γ_1 ， α_1 和 β_1 满足下述关系： $\gamma_1 > \alpha_1 > \beta_1 > 0$ 。在步骤 406 中，如果计数值 TSDCT 由于预定值 β_1 的减去而变为负值，则将计数值 TSDCT 调整到“0”，以便防止它变为负值。

20 按照这种方法，由于在主转矩电压信号 MTSV 变得等于或小于下限值 TSV1 时，断开连接常会引发异常情况，因此主转矩电压信号 MTSV 的恢复过程中从计数值 TSDCT 中减去预定值 β_1 。在许多断开连接便会引发这种异常情况的情形下，主转矩电压信号 MTSV 可交替地等于或小于下限值 TSV1 和恢复为正常值。因此，既使在这样的状态下也可减去预定值 β_1 以判断转矩传感器设备 50 中异常情况的发生。

25 如果主转矩电压信号 MTSV 由于暂时现象，如噪声或突然的电压下降，而变得等于或小于下限值 TSV1，则计数值 TSDCT 由于步骤 406 中的上述减去过程而下降。因此，转矩传感器设备 50 不会被判定为异常。相应地，这样的异常情况判断过程也使恰当地判断在转矩传感器设备 50 中由于诸如断开连接等故障而引起的异常情况的发生成为可能。

30 下面描述主转矩电压信号 MTSV 等于或大于上限值 TSV2 的情形。

在该情形中，步骤 416 中的结果是正的。在步骤 420 中，预定值 α_2 被添加到计数值 STUCT 上。与上述情形相同，如果主转矩电压信号 MTSV 在预定时间段（如 30ms）或更长时间内持续等于或大于上限值 TSV2，而且计数值 TSUCT 已达到了预定值 γ_2 ，则通过步骤 422 到步骤 5 426 中的处理中，将传感器异常情况标志 TSF 设置为“1”。然后，记录转矩传感器设备 50 中异常情况的发生，并发出警示。更进一步，如果在暂时地等于或大于上限值 TSV2 后主转矩电压信号 MTSV 已恢复，并变得小于上限值 TSV2，则从计数值 TSUCT 中减去预定值 β_2 。预定值 γ_2 ， β_2 和 α_2 满足下述关系： $\gamma_2 > \alpha_2 > \beta_2 > 0$ 。而且，计数值 TSUCT 10 保持等于或大于“0”。因此，如同在步骤 404 到 414 中的处理一样，有可能恰当地判断在转矩传感器设备 50 中由于诸如断开连接等故障而引起的异常情况的发生。

下面描述主转矩电压信号 MTSV 和次转矩电压信号 STSV 之差的绝对值 $|MTSV-STSV|$ 等于或大于预定值 ΔTSV 的情形。在该情形中，步骤 15 428 中的结果是正的。在步骤 432 中，预定值 α_3 被添加到计数值 BTSCT 中。与上述情形相同，如果该差值的绝对值 $|MTSV-STSV|$ 在预定时间段（如 30ms）或更长时间内持续等于或大于预定值 ΔTSV ，而且计数值 BTSCT 达到了对应于预定时间段的预定值 γ_3 ，则在步骤 434 到步骤 438 的过程中，传感器异常情况标志 TSF 被设置为“1”。然后，记录 20 转矩传感器设备 50 中异常情况的发生，并发出警示。预定值 γ_3 ， α_3 满足下述关系： $\gamma_3 > \alpha_3 > 0$ 。

更进一步，在出现了主转矩电压信号 MTSV 和次转矩电压信号 STSV 之差的绝对值 $|MTSV-STSV|$ 增加的异常情况的情形下，不可能恢复和降低该差值的绝对值 $|MTSV-STSV|$ 。因此，如果暂时地发生了上述 25 异常情况，并且该差值的绝对值 $|MTSV-STSV|$ 已恢复并变得小于预定值 ΔTSV ，则步骤 428 中的结果是负的。然后在步骤 430 中，计数值 BTSCT 重新设置为“0”。

在这样一个转矩传感器设备 50 中异常情况的发生的判断过程中，主转矩电压信号 MTSV 或者等于或小于下限值 TSV1，或者等于或 30 大于上限值 TSV2，或者主转矩电压信号 MTSV 和次转矩电压信号 STSV 之差的绝对值 $|MTSV-STSV|$ 等于或大于预定值 ΔTSV 。相应地，如图 9

所示的“控制转矩保持程序”（图5中的步骤110）步骤508或步骤510中的结果是负的。在步骤516中，控制转矩值TRQ设置为一个已通过步骤512的处理被更新的正常转矩值，即将之设置为在电压信号MTSV发生异常情况之前检测到的、由主转矩电压信号MTSV表示的转向转矩。

在通过图10所示的“辅助控制程序”（图5中的步骤112）步骤608中的过程计算命令电流值 I^* 时，可使用如此设置的控制转矩值TRQ。在控制电动马达14的旋转时，可使用在电压信号MTSV发生异常情况之前检测到的、由主转矩电压信号MTSV表示的转向转矩。

在主转矩电压信号MTSV的异常状态持续一段时间后，如果判定在转矩传感器设备50中发生了异常情况，且传感器异常情况标志TSF被设置为“1”，则图9所示的“控制转矩保持程序”（图5中的步骤110）步骤502中的结果是负的。然后，终止运行该程序。更进一步，图10所示的“辅助控制程序”（图5中的步骤112）步骤602中的结果也是负的。然后通过步骤610中的过程将命令电流值 I^* 设置为“0”。因此，即使在步骤612中电动马达14的驱动控制期间，电动马达14的驱动电流 I_m 也控制为“0”。因此对驾驶盘11的转动的辅助控制也停止。在此情形下，步骤104中的结果也是负的。所以，终止在步骤106中的“转矩传感器电源电压异常情况检测程序”的运行，并终止在步骤108中的“转矩传感器异常情况检测程序”的运行。

按照这种方法，只在主转矩电压信号MTSV的异常持续了预定的时间段或更长时间的情况下，才会判定转矩传感器设备50中发生了异常情况。因此，如果在转矩传感器设备50中由于噪声或紧急情况而发生了暂时的异常情况，则不会得出转矩传感器设备50中发生了异常情况的结论。所以可以恰当地判断异常情况的发生。在此情形下，在检测主转矩电压信号MTSV中异常情况的发生之前，通过“控制转矩保持程序”的步骤508到512的处理连续更新正常转向转矩值。根据主转矩电压信号MTSV中异常情况的检测结果，通过步骤508，510和516中的处理保持正常转向转矩值，并用作控制转矩值TRQ。因此，电动马达14的控制可以与转矩传感器设备中异常情况发生的判定并行执行。所以不会不必要地妨碍电动马达14的控制，而

且会恰当地判断在转矩传感器设备 50 中异常情况的发生。

下面将描述的情形是电源电压 E_p 尚未下降，而且转矩传感器设备 50 的电源电路 41 中发生了异常情况。在该情形中，在如图 7 所示的“转矩传感器电源电压异常情况检测程序”（图 5 中的步骤 106）
5 中判断上述异常情况的发生。在该程序中，步骤 302 中的结果是正的。换言之，确定电源电压 E_p 大于预定电压 E_{p1} 。然后执行由步骤 304 到 326 组成的、电源电路 41 中异常情况发生的判断过程。

在此异常情况判断过程中，在电源电压 E_t 等于或小于下限值 E_{t1} 的条件下，通过步骤 304 到 314 中的处理确定电源电路 41 中有异常情况发生。而且，在电源电压 E_t 等于或大于上限值 E_{t2} 的条件下，
10 通过步骤 316 到 326 中的处理确定电源电路 41 中有异常情况发生。

首先描述电源电压 E_t 等于或小于下限值 E_{t1} 的情形。在此情形中，步骤 304 中的结果是正的。然后在步骤 308 中，“1”被加到计数值 $ETDCT$ 上。然后在步骤 310 中确定计数值 $ETDCT$ 是否等于或大于
15 对应于预定时间段（如 30ms）的预定值 $ETDCT1$ 。如果自电源电压 E_t 下降且计数值 $ETDCT$ 没有达到预定值 $ETDCT1$ 后逝去的时间不长，则步骤 310 中的结果是负的。然后程序运行到步骤 316。

如果电源电压 E_t 在预定时间段或更长时间内持续等于或小于下限值 $ETDCT1$ ，而且计数值 $ETDCT$ 已达到了预定的 $ETDCT1$ ，则步骤 310
20 中的结果是正的。在步骤 312 中，电压异常情况标志 ETF 被设置为“1”。然后，在步骤 314 中，在存储器件 65 的非易失性存储区中写入电源电路 41 中异常电压的发生以及发生的时间。然后点亮警示灯（未示出）以提醒驾驶员发生了异常情况。

更进一步，在暂时变得等于或小于下限值 E_{t1} 后，电源电压 E_t
25 可恢复并变得大于下限值 E_{t1} 。在此情形中，步骤 304 中的结果是负的。在步骤 306 中，计数值 $TDCT$ 重新设置为“0”。然后程序进行到步骤 316。由于步骤 316 中的过程也在电源电压 E_t 下降前执行，因此在电源电压 E_t 下降前计数值 $ETDCT$ 保持等于“0”。

下面描述电源电压 E_t 等于或大于上限值 E_{t2} 的情形。在此情形
30 下，步骤 316 中的结果是正的。在步骤 320 中，“1”被加到计数值 $ETUCT$ 上。如上所述，如果电源电压 E_t 在预定时间段（如 30ms）或

更长时间内持续等于或大于上限值 E_{t2} ，且计数值 $ETUCT$ 已达到了预定值 $ETUCT2$ ，则通过步骤 322 到 326 中的处理将电压异常情况标志 ETF 设置为“1”。然后，记录在电源电路 41 中异常情况的发生，并发出警示。另外在此情形中，如果在暂时变得等于或小于上限值 E_{t2} 后，电源电压 E_t 可恢复并变得小于上限值 E_{t2} ，或者如果电源电压 E_t 持续小于上限值 E_{t2} ，则通过步骤 318 中的过程将计数值 $ETUCT$ 重新设置为“0”。

在此电源电路 41 中异常情况发生的判断过程中，电源电压 E_t 或者等于或小于下限值 E_{t1} ，或者等于或大于上限值 E_{t2} 。相应地，如图 9 所示的“控制转矩保持程序”（图 5 中的步骤 110）步骤 506 中的结果是负的。与在上述情形一样，在步骤 516 中，控制转矩值 TRQ 设置为一个已通过步骤 512 中的上述过程更新并保存的正常转矩值。然后通过如图 10 所示的“辅助控制程序”（图 5 中的步骤 112）的步骤 608 中的过程，使用如此设置的控制转矩值 TRQ 来计算命令电流值 I^* 。因此，使用在主转矩电压信号 $MTSV$ 发生异常情况之前检测到、由主转矩电压信号 $MTSV$ 表示的转向转矩来控制电动马达 14 的旋转。

在主转矩电压信号 $MTSV$ 的异常状态持续一段时间之后，如果判定在电源电路 41 中有异常情况发生，且电压异常情况标志 ETF 被设置为“1”，则如图 9 所示的“控制转矩保持程序”（图 5 中的步骤 110）步骤 502 中的结果是负的。然后，终止运行该程序。更进一步，图 10 所示的“辅助控制程序”（图 5 中的步骤 112）步骤 602 中的结果也是负的。然后通过步骤 610 中的处理将命令电流值 I^* 设置为“0”。因此，既使在步骤 612 中电动马达 14 的驱动控制期间，电动马达 14 的驱动电流 I_m 也控制为“0”。因此驾驶盘 11 转动的辅助控制也停止了。在此情况下，图 5 步骤 104 中的结果也是负的。所以，步骤 106 中的“转矩传感器电源电压异常情况检测程序”和步骤 108 中的“转矩传感器异常情况检测程序”的运行被终止。

按照这种方式，只有在电源电压 E_t 在预定时间段或更长时间内持续异常时，才会判断电源电路 41 中异常情况的发生。因此，如果由于噪声或紧急情况，电源电路 41 中暂时发生异常情况，则不会得出电源电路 41 中有异常情况发生的结论。所以可以恰当地判断异常

情况的发生。在此情况下，在电源电压 E_t 中异常情况的检测之前，通过“控制转矩保持程序”中步骤 506 到 512 中的过程连续更新正常转向转矩值。根据电压 E_t 异常情况的检测结果，通过步骤 506，516 中的处理保持该正常转向转矩值，并用作控制转矩值 TRQ。因此，电动马达 14 的控制可与转矩传感器设备 50 中异常情况发生的判断并行进行。所以，不会不必要地妨碍电动马达 14 的控制，而且也会恰当地判断转矩传感器设备 50 中异常情况的发生。

更进一步，如上所述，如果由电源电路 41 提供给转矩传感器设备 50 的电源电压 E_t 已变得等于或小于下限值 E_{t1} ，则如图 8 所示的“转矩传感器异常情况检测程序”（图 5 中的步骤 108）步骤 402 中的结果是负的。然后在步骤 440 中终止该程序的运行，而且不用执行由步骤 404 到 438 构成的、转矩传感器设备 50 中异常情况发生的判断过程。换言之，如果电源电压 E_t 已变得等于或小于下限值 E_{t1} ，则禁止判断转矩传感器设备 50 中异常情况的发生。这意味着，如果在电源电路 41 中发生了异常情况，而且提供给转矩传感器设备 50 的电源电压 E_t 已变得等于或小于下限值 E_{t1} ，则来自转矩传感器设备 50 的主转矩电压信号 MTSV 很可能也会变得不正常。更进一步，电源电路 41 中异常情况的发生是由如图 7 所示的“转矩传感器电源电压异常情况程序”检测的。因此，不会误判转矩传感器设备 50 中异常情况的发生。另外也避免了对转矩传感器设备 50 中异常情况的不必要检测，从而使恰当地检测转矩传感器设备 50 中异常情况的发生成为可能。

下面描述的情形是通过电动马达 14 或其他类似设备的工作提供给电源电路 41，42 的电源电压 E_p 从正常电压下降，并变得等于或小于预定电压 E_{p1} ，该电压值可使各个电路，特别是电源电路 41 和转矩传感器设备 50 的工作不稳定。在此情形中，如图 6 所示的“电源电压下降检测程序”（图 5 中的步骤 102）步骤 204 中的结果是正的。在步骤 208 中，“1”被加到计数值 EPCT 上。在步骤 210 中确定计数值 EPCT 是否等于或大于对应于预定时间段（如 20ms）的预定值 EPCT1。如果自电源电压 E_p 下降且计数值 EPCT 还未达到预定值 EPCT1 后还没有逝去足够的时间，则步骤 210 中的结果是负的。然后在步骤

230 中终止该程序的运行。

如果电源电压 E_p 在预定时间段或更长时间内持续等于或小于预定电压 E_{p1} ，而且计数值 EPCT 已达到预定值 EPCT1，则步骤 210 中的结果是正的。然后将电源电压下降标志 EDF 设置为“1”。在步骤 214
5 中，计数值 EPCT 重新设置为“0”。在步骤 216 中，电源电压 E_p 的下降以及电压下降的时间都写入存储器件 65 的非易失性存储区中。

在这样一个电源电压 E_p 下降的判断过程中，如果电源电压 E_p 变得小于预定电压 E_{p1} ，则如图 7 所示的“转矩传感器电源电压异常情况检测程序”（图 5 中的步骤 106）步骤 302 中的结果是负的。然后
10 该程序运行到步骤 316 及后续步骤。因此不会执行由步骤 304 到 314 构成的、转矩传感器设备 50 的电源电压 E_t 的异常下降发生的检测过程。所以，提供给电源电路 41 用于转矩传感器设备 50 的电源电压 E_p 下降。如果不保证转矩传感器设备 50 的电源电路 41 的恰当工作，就不可能发生被错误地检测的电源电路 41 中的异常情况。而且，也可
15 避免对电源电路 41 中异常情况的不必要检测，从而使恰当地检测电源电路 41 中异常情况的发生成为可能。

更进一步，如果电源电压 E_p 变得小于预定电压 E_{p1} ，则如图 9 所示的“控制转矩保持程序”（图 5 中的步骤 110）步骤 504 中的结果也是负的。如上所述，在步骤 516 中，控制转矩值 TRQ 设置为已通过步骤 512 中的过程更新和保存的正常转矩值。通过如图 10 所示的
20 “辅助控制程序”（图 5 中的步骤 112）的步骤 608 中的过程，使用如此设置的控制转矩值 TRQ 来计算命令电流值 I^* 。因此，使用在电压信号 MTSV 发生异常情况之前检测到、由主转矩电压信号 MTSV 表示的转向转矩来控制电动马达 14 的旋转。

更进一步，如上所述，如果电源电压下降标志 EDF 设置为“1”，则如图 10 所示的“辅助控制程序”（图 5 中的步骤 112）的步骤 604 中的结果是负的。然后，通过步骤 610 中的过程将命令电流值 I^* 设置为“0”。因此，停止控制电动马达 14 的旋转，而且马达 14 也不会
25 对驾驶盘 11 的转动施加任何辅助力。所以电动马达 14 不会消耗电力。这使防止其他系统因电力不足而受到不利影响成为可能。

30 在如图 6 所示的“电源电压下降检测程序”中，在电源电压下降

标志 EDF 已被设置为“1”之后，步骤 202 中的结果是负的。然后该程序运行到步骤 218 及随后的步骤。在步骤 218 中确定电源电压 E_p 是否等于或大于预定电压 E_{p2} 。预定电压 E_{p2} 大于预定电压 E_{p1} ，且设置为，举例来说，12V。如果电源电压 E_p 尚未恢复，并持续小于预定电压 E_{p2} ，则步骤 218 中的结果是负的。然后在步骤 220 中将计数值 EPCT 重新设置为“0”，而且在步骤 230 中终止该程序的运行。

更进一步，如果电源电压 E_p 已恢复，并变得等于或大于预定电压 E_{p2} ，则步骤 218 中的结果是正的。在步骤 222 中，将“1”加到计数值 EPCT 中。然后，如果电源电压 E_p 在预定时间段（如 20ms）或更长时间内持续等于或大于预定电压 E_{p2} ，而且计数值 EPCT 已达到对应于预定值的预定值 EPCT2，则步骤 224 中的结果是正的。然后在步骤 226 中将电源电压下降标志 EDF 重新设置为“0”，在步骤 228 中将计数值 EPCT 重新设置为“0”。

在这样一个电源电压 E_p 恢复判断过程中，如果电压 E_p 变得等于或大于预定电压 E_{p1} ，如图 7 所示的“转矩传感器电源电压异常情况检测程序”（图 5 中的步骤 106）步骤 302 中的结果也是正的。再次执行对电源电路 41 中与提供给转矩传感器设备 50 的电源电压 E_t 的下降相关的异常情况发生的判断过程。该过程由步骤 304 到 314 构成。更进一步，如图 9 所示的“控制转矩保持程序”（图 5 中的步骤 20 110）中步骤 504 的结果也是正的。然后执行步骤 506 及后续步骤中的过程。而且，如果电源电压下降标志 EDF 恢复为“0”，则如图 10 所示的“辅助控制程序”（图 5 中的步骤 112）步骤 604 中的结果也是正的。然后，依据在步骤 606 到 612 中检测到的转向转矩的辅助控制也被恢复。

25 如上所述，在如图 8 所示的“转矩传感器异常情况检测程序”中，只有从电源电路 41 提供给转矩传感器设备 50 的电源电压 E_t 大于下限值 E_{t1} 时，才会执行由步骤 404 到 438 构成的、转矩传感器设备 50 中异常情况发生的判断过程。不过，提供给转矩传感器设备 50 的电源电压 E_t 主要因提供给电源电路 41 的电源电压 E_p 的下降而下降。
30 更进一步，通过执行如图 7 所示的“转矩传感器电源电压异常情况检测程序”来判断电源电路 41 中异常情况的发生。因此，如图 12 所示，

在如图 8 所示的“转矩传感器异常情况检测程序”的步骤 402 中的判断过程可由步骤 402a 中用于确定电源电压 E_p 是否大于预定电压 E_{p1} 的判断过程取代。这意味着，如果电源电压 E_p 大于预定电压 E_{p1} ，则步骤 402a 中的结果是正的。然后执行由步骤 408 到 438 构成的、转矩传感器设备 50 中异常情况发生的判断过程。如果电源电压 E_p 等于或小于预定电压 E_{p1} ，则步骤 402a 中的结果是负的。然后在步骤 440 中终止执行该程序，而且不用执行转矩传感器设备 50 中异常情况发生的判断过程。

这也使在电源电压 E_p 等于或小于预定电压 E_{p1} 以及不能保证转矩传感器设备 50 恰当工作的情况下消除对转矩传感器设备 50 中异常情况发生的误判成为可能。另外也避免了对转矩传感器设备 50 中异常情况的不必要检测，从而使恰当地检测转矩传感器设备 50 中异常情况的发生成为可能。步骤 402 中的判断过程和步骤 402a 中的判断过程可同时执行。

更进一步，如上所述，二极管 43, 44 阴极端的电压可用作提供给电源电路 41, 42 的电源电压 E_p 。不过，也可以采用二极管 43, 44 阳极端的电压或电池 25 的电压 E_b 。

更进一步，在如图 9 所示的“控制转矩保持程序”中，如果电源电压 E_p , E_t ，主转矩电压信号 $MTSV$ 和上述差值的绝对值 $|MTSV-STSV|$ 在步骤 504 到 510 中的过程中分别满足下述关系： $E_p > E_{p1}$ ， $E_{t1} < E_t < E_{t2}$ ， $TSV1 < MTSV < TSV2$ 和 $|MTSV-STSV| < \Delta TSV$ ，则由已在步骤 512 中输入的主转矩电压信号 $MTSV$ 表示的转向转矩常常被更新并设置为一个正常转矩值。不过，在步骤 512 的过程中，只有在由已连续输入的主转矩电压信号 $MTSV$ 表示的转向转矩的变化在预定的时间段或更长时间内保持小时，由刚输入的主转矩电压信号 $MTSV$ 表示的转向转矩值，或者由在当前时间之前的数倍的时间输入的主转矩电压信号 $MTSV$ 表示的多个转向转矩值的平均值可以更新并设置为一个正常转矩值。这使防止正常转矩值被错误地更新成为可能，例如，在电源电压 E_p ，电源电压 E_t ，主转矩电压信号 $MTSV$ 和上述差值的绝对值 $|MTSV-STSV|$ 的取值恰巧瞬时满足上述关系时，尽管在上述各值中的一个会暂时地变得等于一个异常值之后电源电路 41，转矩传感器设备

50 或其他类似的装置中存在异常状态。

更进一步，在电源电压 E_p ，电源电压 E_t ，主转矩电压信号 MTSV 和上述差值的绝对值 $|MTSV-STSV|$ 第一次不满足上述关系时，已在当前时间之前的一个时间段的时间输入的主转矩电压信号 MTSV 表示的
5 多个转向转矩值的平均值可被更新并设置为一个正常转矩值。

本技术领域内的技术人员会认识到，电子控制器件可通过使用具有一个用于完全系统级控制的主或中央处理器部分的单特定用途集成电路（如 ASIC）来实现和分别在中央处理器部分的控制下执行各种不同的特定计算，函数和其他过程。控制器也可以是多个分离的专用
10 或可编程集成电路或其他电子电路或器件（举例来说，硬连线的电子或逻辑电路，例如分立元件电路，诸如 PLD, PLA, PAL 等可编程逻辑器件）。控制器可以通过使用恰当编程的通用计算机来实现，举例来说，一个微处理器，微处理器或其他微处理器器件（CPU 或 MPU），
15 或单独或与一个或多个外围（例如集成电路）数据和信号处理器件相结合。一般地，其中能够实现如图 5-10 和 12 以及这里描述的流程图的有限状态机的任何器件或器件的组合都可用作控制器。也可使用具有最大数据/信号处理能力和速度的分布处理装置。

以上结合各种示范性实施例描述了本发明，但应该理解本发明不仅仅局限于这里公布的实施例，也应可理解到本发明不仅仅限于这里
20 公布的实施例或结构。相反，本发明目的在于覆盖各种修改和等同装置。另外，尽管这里以各种组合和构造的形式显示了本发明的各个元件，这只是示范性的，其他组合和构造，包括多一些、少一些或仅仅单个元件，也在本发明的精神和范围之内。

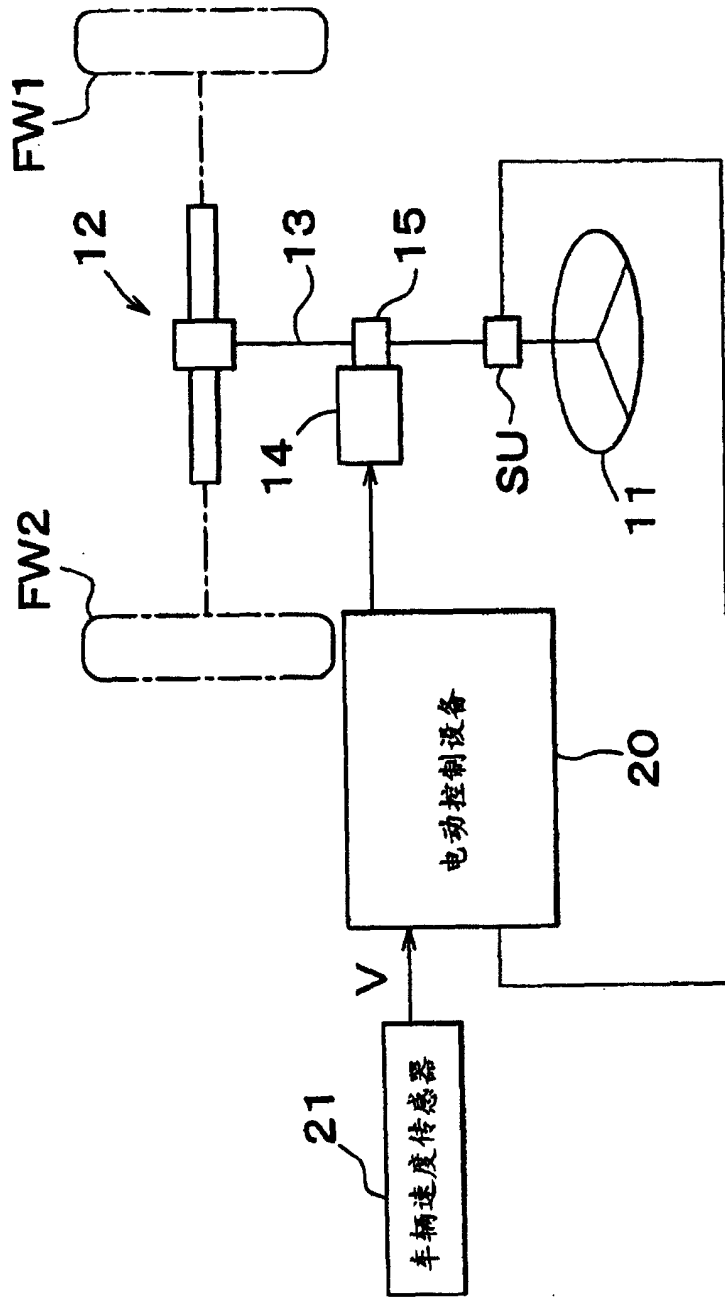


图 1

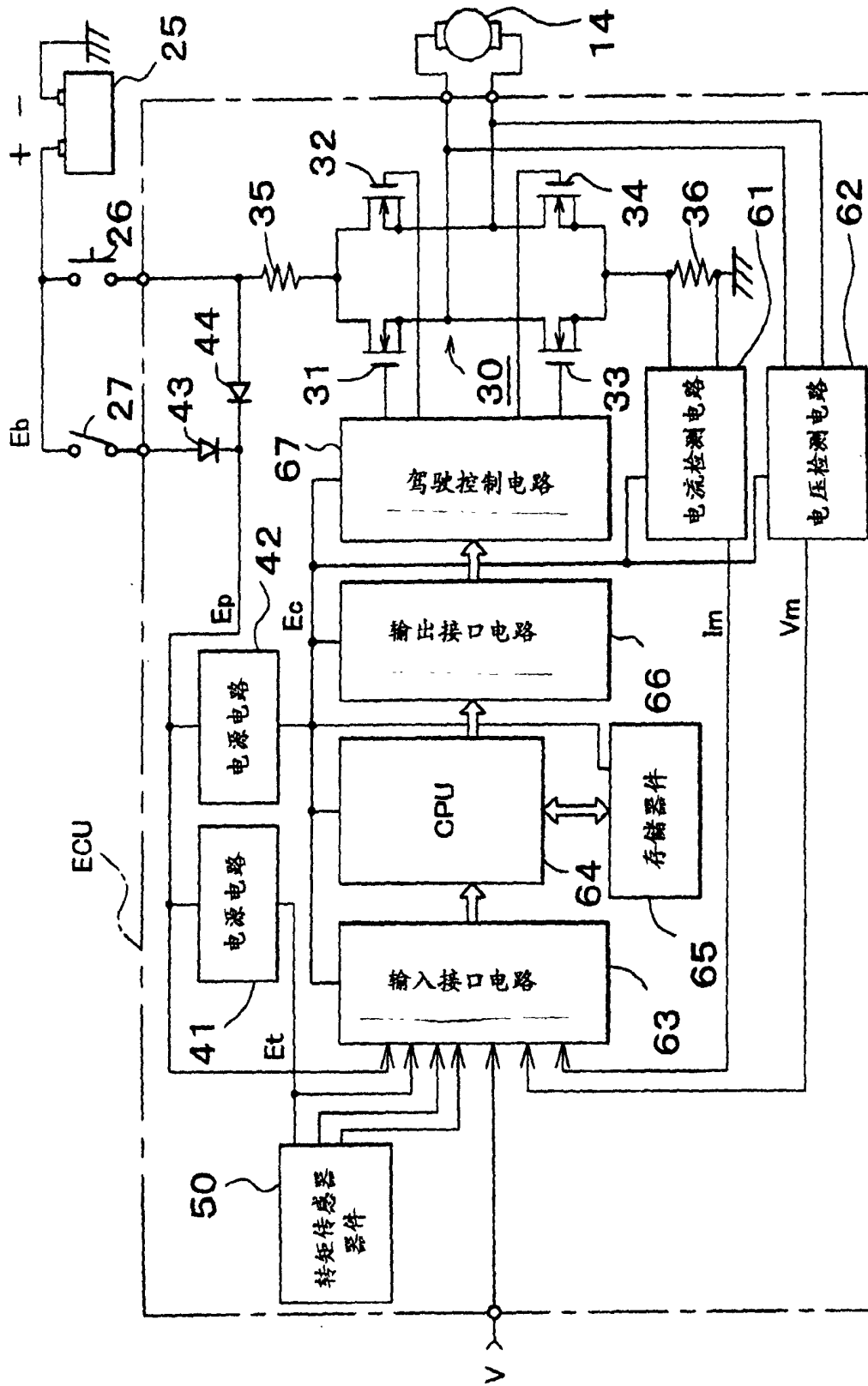


图 2

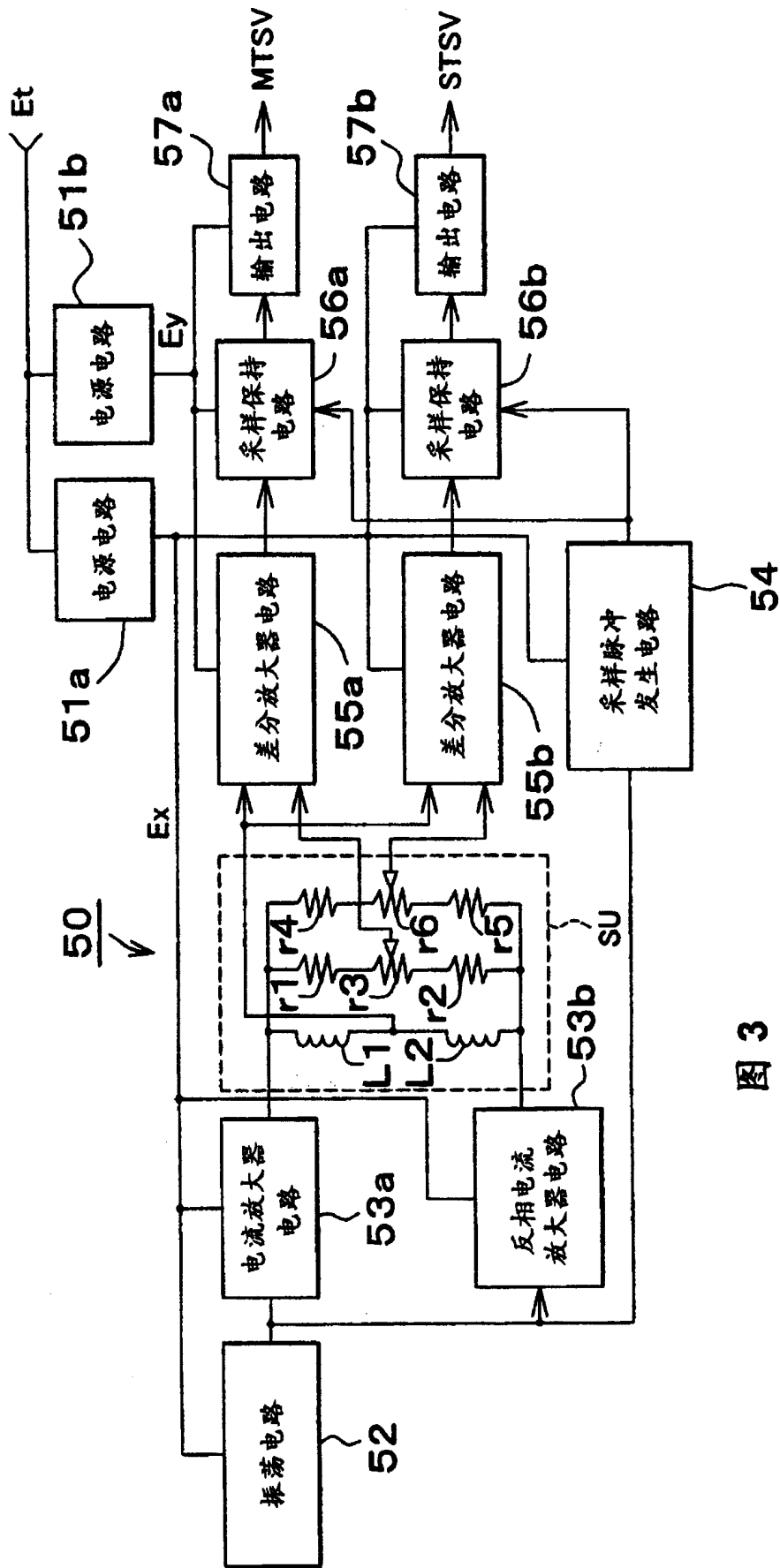
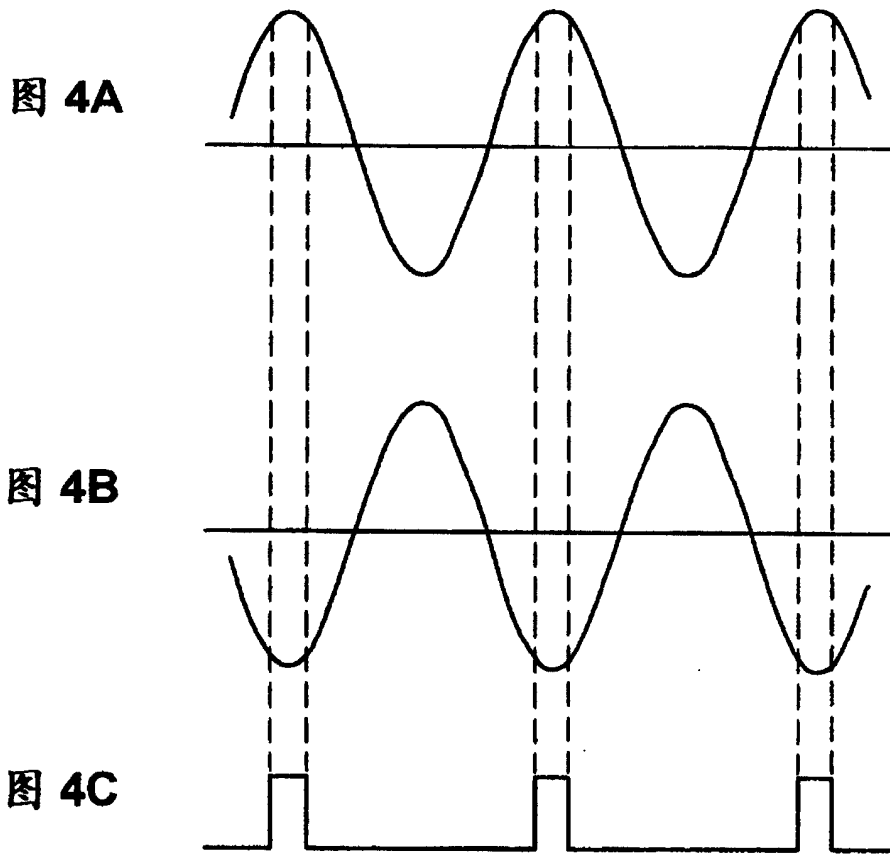


图 3



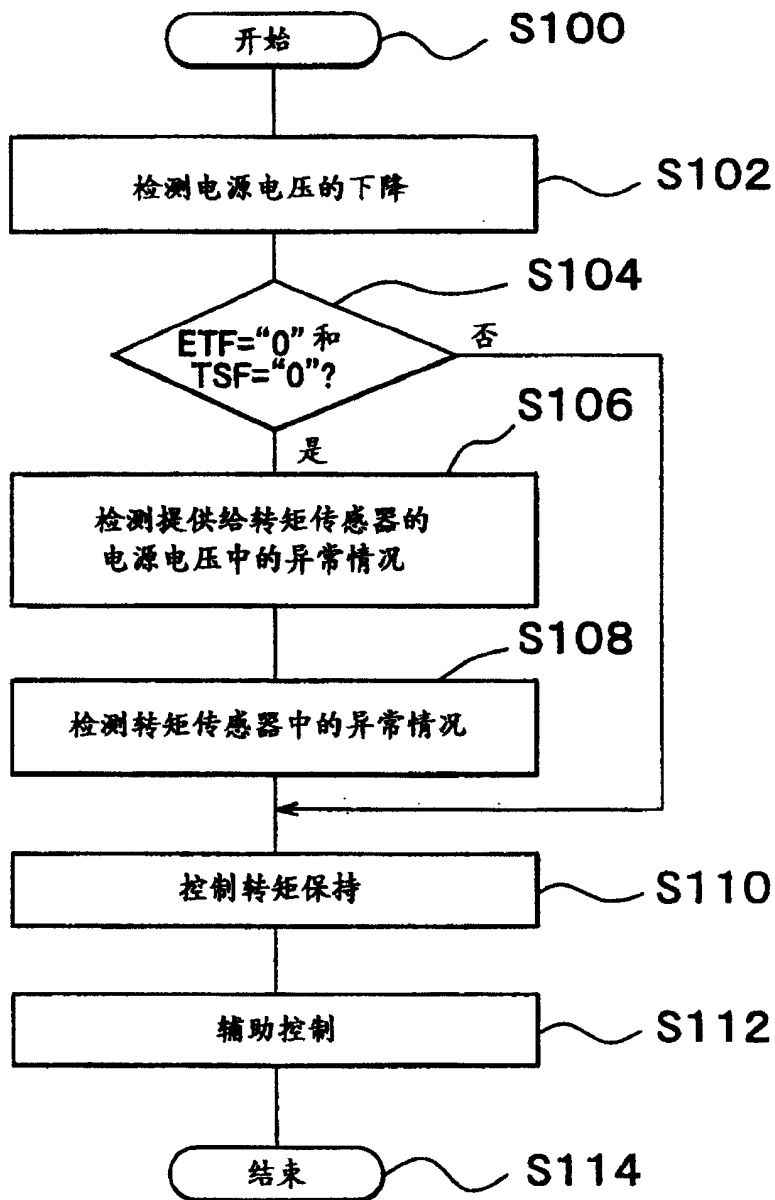


图 5

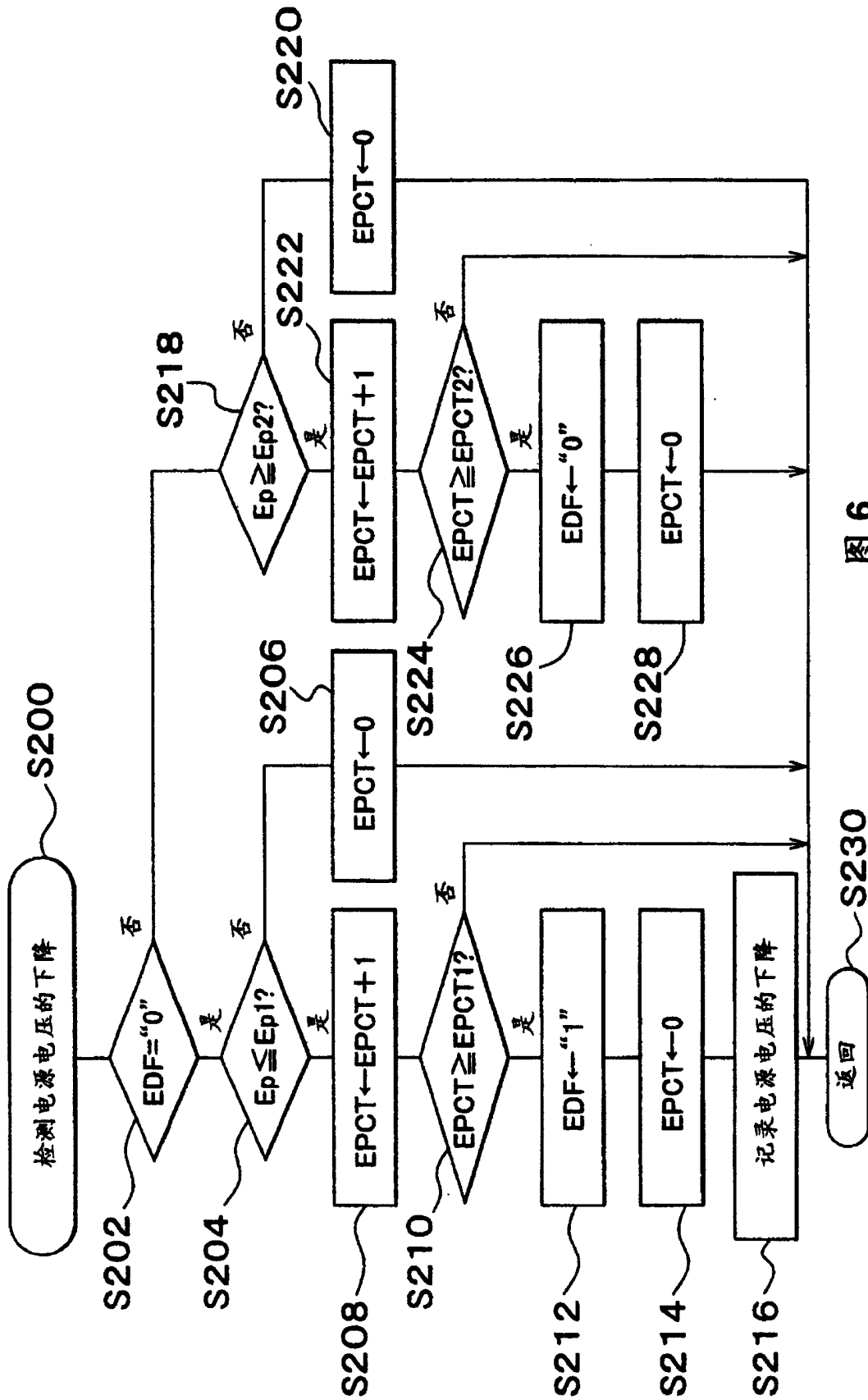


图 6

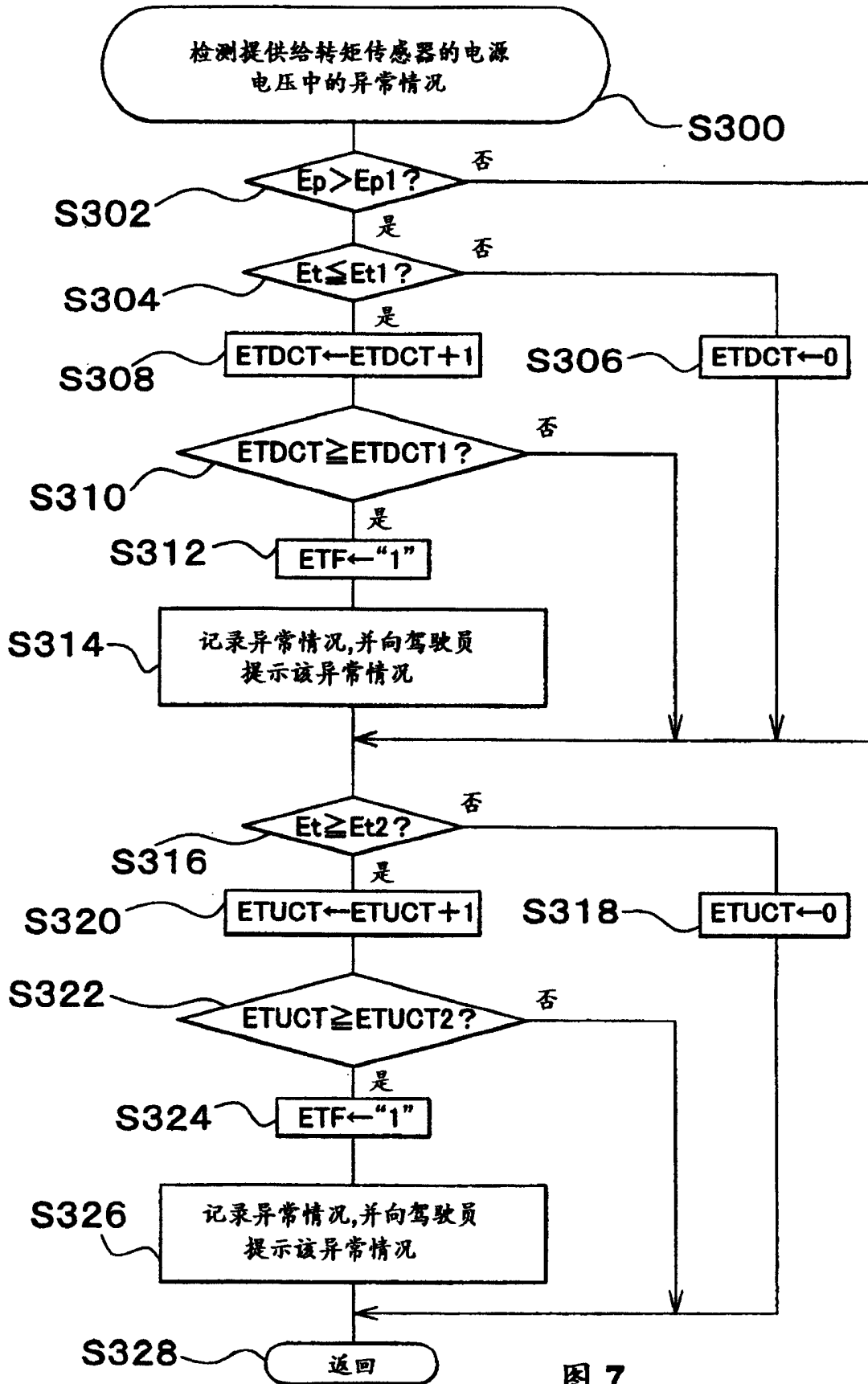


图 7

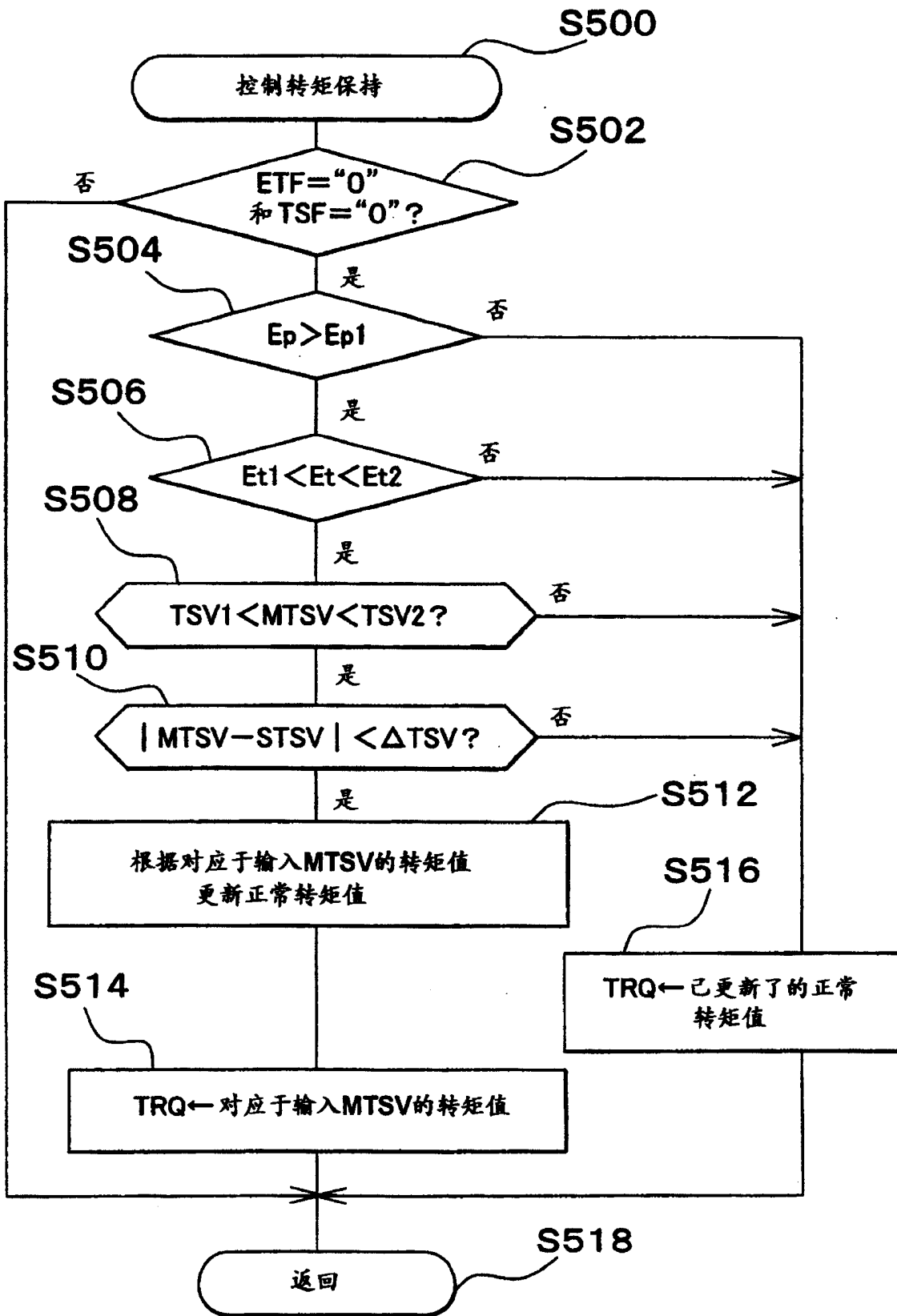


图 9

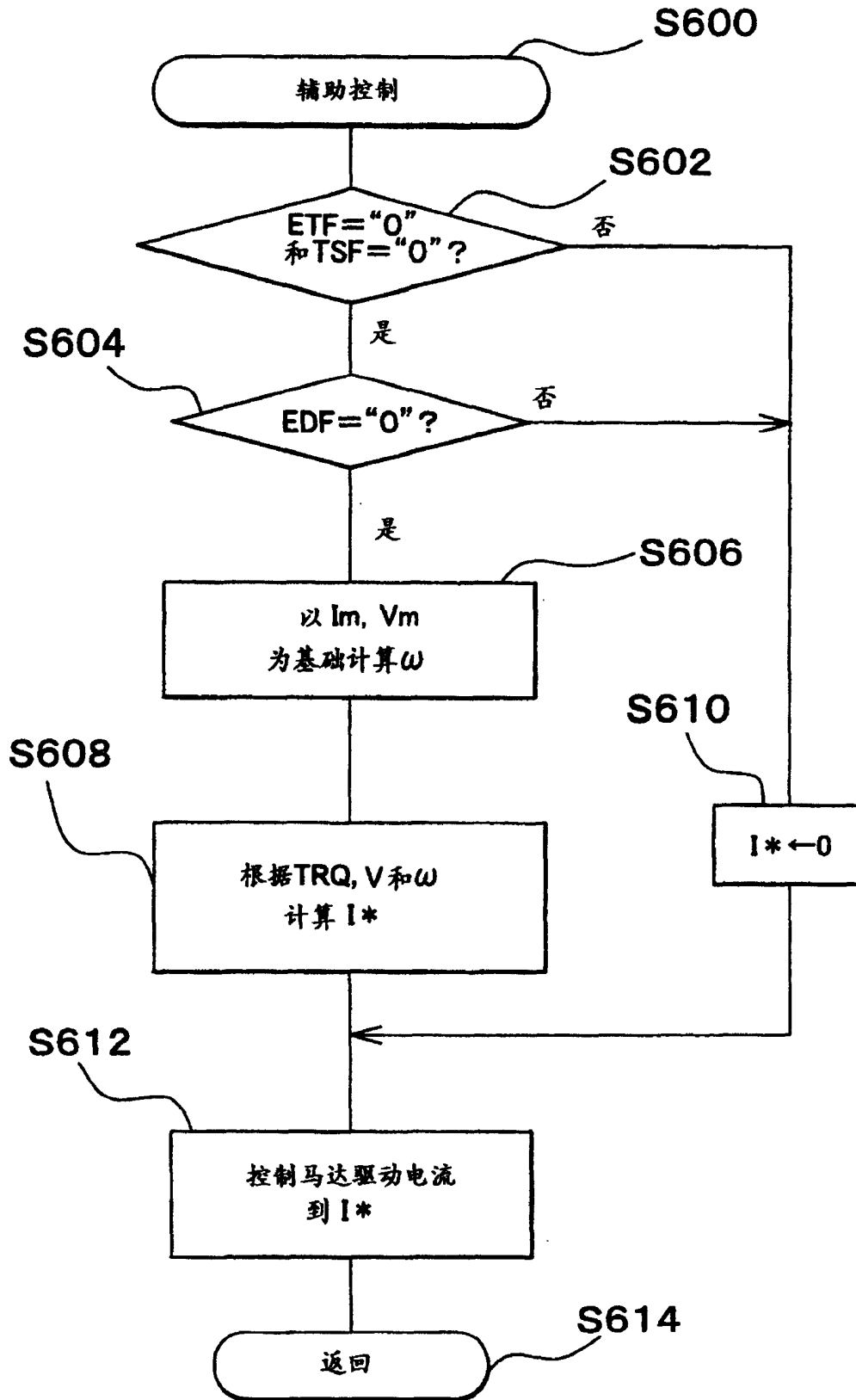


图 10

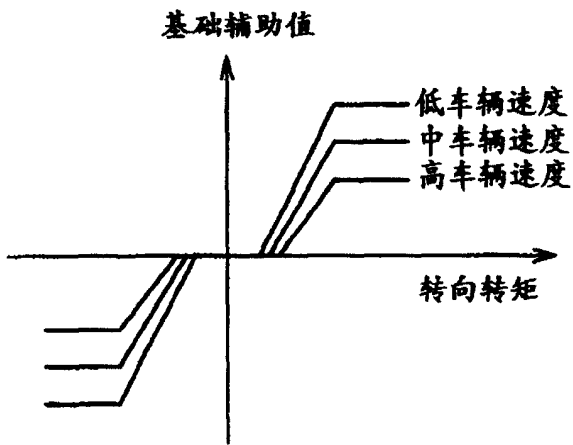


图 11

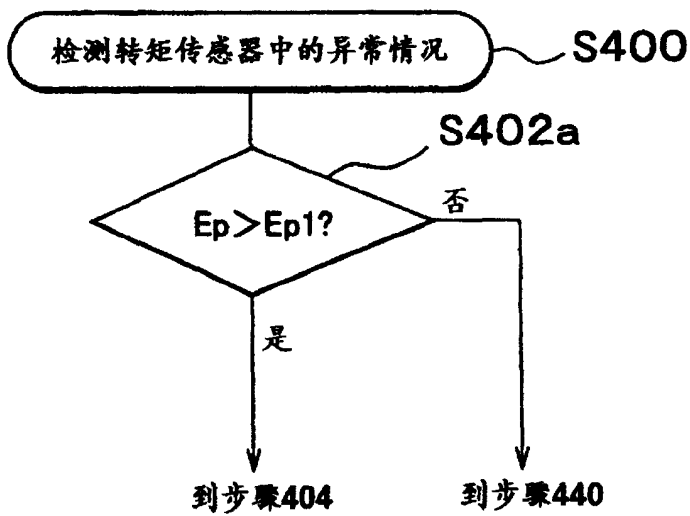


图 12