



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103079962 A

(43) 申请公布日 2013. 05. 01

(21) 申请号 201180043134. 6

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2011. 09. 06

B65D 5/04 (2006. 01)

H02P 29/02 (2006. 01)

(30) 优先权数据

2010-200281 2010. 09. 07 JP

(85) PCT申请进入国家阶段日

2013. 03. 07

(86) PCT申请的申请数据

PCT/IB2011/002055 2011. 09. 06

(87) PCT申请的公布数据

W02012/032393 EN 2012. 03. 15

(71) 申请人 株式会社捷太格特

地址 日本大阪府大阪市

(72) 发明人 铃木浩

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限

公司 11227

代理人 王萍 李春晖

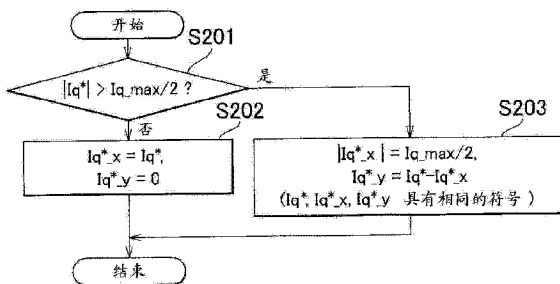
权利要求书1页 说明书13页 附图10页

(54) 发明名称

电动转向系统

(57) 摘要

在电动转向系统中,控制信号输出部向与独立双系统电机线圈连接的驱动器电路输出独立双系统控制信号。当在一个系统中检测到发生通电故障时,控制信号输出部向针对另一系统的控制信号的输出提供高优先级。当发生通电故障的相仅为一个相并且基础命令(Iq*)的值超过优先命令(Iq*_x)的上限(Iq_max/2)时,控制信号输出部向发生通电故障的系统中的驱动器电路输出控制信号,以便基于与超过上限的超出量对应的补充命令(Iq*_y)提供将与发生通电故障的相不同的两个相用作通电相的电力。



1. 一种电动转向系统,包括:转向力辅助装置(10),其基于由独立设置的双系统电机线圈(21A、21B)生成的磁动势向转向系统提供辅助力;以及控制器(11),其通过对所述电机线圈(21A、21B)的电力供应来控制所述转向力辅助装置(10)的操作,其中所述控制器(11)包括:命令部(30),其生成关于用于生成与所述辅助力对应的电机转矩的所述电力供应的基础命令;控制信号输出部(31),其基于所述基础命令输出独立的双系统控制信号;以及独立的双系统驱动器电路(26A、26B),其基于所述控制信号向所连接的所述电机线圈(21A、21B)输出三相驱动电力,特征在于所述电动转向系统包括:

检测部(38),其针对每相检测与所述电机线圈(21A、21B)连接的系统的每个电力供应路径中的通电故障的发生,其中

当在一个系统中检测到通电故障的发生时,所述控制信号输出部(31)向针对另一系统的所述控制信号的输出提供高优先级,以及

当发生通电故障的相仅为一个相并且所述基础命令的值超过针对向所述控制信号的输出提供高优先级的正常系统设定的上限时,所述控制信号输出部(31)向发生通电故障的系统中的所述驱动器电路(26A、26B)输出所述控制信号,以便提供与超过所述上限的超出量对应的并且将与发生通电故障的相不同的两个相用作通电相的电力。

2. 根据权利要求1所述的电动转向系统,其特征在於:

所述控制信号输出部(31)向所述发生通电故障的系统的通电相输出所述控制信号,以便通过将所述发生通电故障的相对应的指定旋转角度设定为渐近线,使按正割曲线图案或余割曲线图案变化的相电流流动。

3. 根据权利要求2所述的电动转向系统,其特征在於:

所述控制信号输出部(31)限制所述相电流以便避免过大电流流动的发生,并且当通过相电流极限来限制所述发生通电故障的系统中的电力供应时,在向所述控制信号的输出提供高优先级的正常系统中,输出所述控制信号以便提供超出所述上限的电力,以便补偿在所述发生通电故障的系统中的电力供应的限制。

4. 根据权利要求1至3中任一项所述的电动转向系统,其特征在於:

所述上限被设定为所述电力供应的基础命令的最大值的1/2。

5. 根据权利要求1至4中任一项所述的电动转向系统,其特征在於:

所述控制信号输出部(31)根据车辆速度增加或减少在所述发生通电故障的系统当中将与所述发生通电故障的相不同的两个相用作通电相的电力供应。

6. 根据权利要求5所述的电动转向系统,其特征在於:

所述控制信号输出部(31)在车辆速度增加时减少在所述发生通电故障的系统当中将与所述发生通电故障的相不同的两个相用作通电相的电力供应。

7. 根据权利要求1至4中任一项所述的电动转向系统,其特征在於:

所述控制信号输出部(31)在车辆速度等于或大于指定值时,将针对所述发生通电故障的系统的所述控制信号的输出控制为零。

8. 根据权利要求1至7中任一项所述的电动转向系统,其特征在於:

所述转向力辅助装置(10)利用电机(12)作为驱动源,所述电机(12)具有由所述电机线圈(21A、21B)共用的定子(22)和转子(24)。

电动转向系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种电动转向系统。

背景技术

[0002] 通常,电动转向系统(EPS)具有在电机的任何相(U、V和W相中的任何相)中由于电力供应线路的中断、驱动器电路的接触故障等而发生通电故障时检测电机异常的发生的功能。通电故障的示例包括连接在驱动器电路和每相中的电机线圈之间的电力线路中的中断,以及构成驱动器电路的每个开关元件的开路故障(永久开路故障)。传统上,当检测到该故障时,通常采用立即停止电机并且提供自动防故障装置的配置。

[0003] 然而,作为驱动源的电机的停止导致驾驶员所需的转向努力的某种增加。因此,近年来,即使在发生如上文所述的通电故障之后,仍要求连续动力辅助控制。

[0004] 例如,国际公开第W02005/91488号的小册子公开了当在仅一相中发生通电故障时,通过使用发生通电故障的相以外的两个相作为通电相来使电机继续运行的配置。以上配置还能够通过将发生通电故障的相对应的指定旋转角度设定为渐近线并且使按正割曲线(基于 $\sec \theta = 1/\cos \theta$ 的曲线)图案或余割曲线(基于 $\operatorname{cosec} \theta = 1/\sin \theta$ 的曲线)图案变化的相电流流动到每个通电相来生成均匀的电机转矩。在例如日本专利申请公开第2008-211909(JP-A-2008-211909)和2008-211910(JP-A-2008-211910)号中公开了执行使相电流按正割曲线图案或余割曲线图案流动的两相驱动控制的方法的细节。

[0005] 此外,日本专利申请公开第2004-10024号公开了包括独立设置的双系统电机线圈以及能够独立使每个电机线圈系统通电的多个驱动器电路的配置。在将以上配置应用于EPS时,即使在一个系统中发生通电故障,仍可以通过针对其他系统的电力供应来实现连续的动力辅助控制。

[0006] 然而,当发生通电故障的相以外的两个相被简单地用作通电相时,会出现相当大的转矩波纹(例如,参见JP-A-2008-211909的图9和10)。尽管可以通过按正割曲线图案或余割曲线图案的两相通电来生成均匀的电机转矩,但是能够实际流动的相电流具有极限,并且由于电流极限的执行引起的在渐近线附近出现的电机转矩的下降是不可避免的。即使电机线圈和驱动器电路以及电力供应线路被配置成双系统,只要该配置利用这两个系统的电机转矩,由于一个系统的断电停止引起的动力下降就不可避免。如上文所述,任何传统技术都牵涉在发生通电故障之后的连续控制中的转向感觉的下降,并且在这一点上,存在改进的余地。

发明内容

[0007] 考虑到上文所述的现有技术的问题进行了本发明,并且本发明提供了一种能够改进在发生通电故障之后的连续控制中的转向感觉的电动转向系统。

[0008] 根据本发明的一个方面,本发明提供了一种电动转向系统,其包括:转向力辅助装置,其基于由独立设置的双系统电机线圈生成的磁动势向转向系统提供辅助力;以及控制

器,其通过对电机线圈的电力供应来控制转向力辅助装置的操作,其中控制器包括:命令部,其生成关于用于生成与辅助力对应的电机转矩的电力供应的基础命令;控制信号输出部,其基于基础命令输出独立的双系统控制信号;以及独立的双系统驱动器电路,其基于控制信号向所连接的电机线圈输出三相驱动电力,特征在于电动转向系统包括:检测部,其针对每相检测与电机线圈连接的系统的每个电力供应路径中的通电故障的发生,其中当在一个系统中检测到通电故障的发生时,控制信号输出部向针对另一系统的控制信号的输出提供高优先级,以及当发生通电故障的相仅为一个相并且基础命令的值超过针对向控制信号的输出提供高优先级的正常系统设定的上限时,控制信号输出部向发生通电故障的系统中的驱动器电路输出控制信号,以便提供与超过上限的超出量对应的并且将与发生通电故障的相不同的两个相用作通电相的电力。

[0009] 根据如上文所述的电动转向系统的配置,可以防止在发生通电故障之后连续控制中的动力下降。当基础命令等于或小于针对向控制信号的输出提供高优先级的正常系统设定的上限时,不执行在发生通电故障的另一系统中将与发生通电故障的相不同的两个相用作通电相的电力供应,即不执行两相驱动控制。因此,在低辅助区域中可以维持与发生通电故障之前的转矩特性相似的转矩特性。在高辅助区域中,由于基于两相驱动控制的执行的辅助力的比例降低,因此可以减少通过两相驱动控制的执行而出现的转矩波纹的影响。因此,可以有效地改进在发生通电故障之后的连续控制中的转向感觉。

[0010] 在电动转向系统中,优选的是,控制信号输出部向发生通电故障的系统的通电相输出控制信号,以便通过将发生通电故障的相对应的指定旋转角度设定为渐近线,使按正弦曲线图案或余弦曲线图案变化的相电流流动。

[0011] 根据如上文所述的电动转向系统的配置,即使在发生通电故障之后的两相驱动控制中,d/q 坐标系统中的 q 轴电流值理论上如正常条件下的三相驱动控制那样,仍变为与 q 轴电流命令值对应的恒定值。因此,可以有效地防止通过两相驱动控制的执行而出现的转矩波纹。

[0012] 在电动转向系统中,优选的是,控制信号输出部限制相电流以便避免过大电流流动的发生,并且当通过相电流极限来限制发生通电故障的系统中的电力供应时,在向控制信号的输出提供高优先级的正常系统中,输出控制信号以便提供超出上限的电力,以便补偿在发生通电故障的系统中的电力供应的限制。这里,上限可以被设定为电力供应的基础命令的最大值的 1/2。

[0013] 根据如上文所述的电动转向系统的配置,当在发生通电故障的系统中执行两相驱动控制时,可以利用正常系统的转矩消除通过相电流的限制而出现的转矩波纹。因此,可以更有效地改进在发生通电故障之后的连续控制中的转向感觉。

[0014] 在电动转向系统中,优选的是,控制信号输出部根据车辆速度增加或减少在发生通电故障的系统中将与发生通电故障的相不同的两个相用作通电相的电力供应。在该情况下,控制信号输出部可以在车辆速度增加时减少在发生通电故障的系统中将与发生通电故障的相不同的两个相用作通电相的电力供应。此外,优选的是,控制信号输出部在车辆速度等于或大于指定值时,将针对发生通电故障的系统的控制信号的输出控制为零。

[0015] 在对辅助的要求高的低车辆速度区域中,即使在考虑通过两相驱动控制的执行而出现的转矩波纹(即使生成转矩波纹)之后,通过使用发生通电故障的系统中的转矩来防止

动力减少,常常可以实现较好的转向感觉。另一方面,转矩波纹的存在产生了细微转向角度调整的困难。结果,如果优选用于低车辆速度区域的两相驱动控制被直接应用于高车辆速度区域,则在转向角度的改变对车辆属性有大影响的高车辆速度区域中,转向感觉可能下降。

[0016] 根据如上文所述的电动转向系统的配置,在通过两相驱动控制的执行而出现的转矩波纹的影响变得明显的高车辆速度区域中,通过减少针对发生通电故障的系统的电力供应或者通过停止该电力供应以便不执行两相驱动控制,可以便利细微转向角度调整。结果,可以在宽的车辆速度区域中改进转向感觉。

[0017] 在电动转向系统中,优选的是,转向力辅助装置利用电机作为驱动源,电机具有由电机线圈共用的定子和转子。根据如上文所述的电动转向系统的配置,可以在不增加装置尺寸的情况下改进在发生通电故障之后的连续控制中的转向感觉。

[0018] 根据本发明,可以提供能够改进在发生通电故障之后的连续控制中的转向感觉的电动转向系统。

附图说明

[0019] 下文将参照附图在本发明的示例实施例的详细描述中对本发明的特征、优点以及技术和工业意义进行描述,在附图中相同的附图标记表示相同的元件,并且在附图中:

[0020] 图 1 是根据本发明的第一实施例的电动转向系统(EPS)的示意性配置图;

[0021] 图 2 是图 1 中所示的电机的示意性配置图;

[0022] 图 3 是图 1 中所示的 EPS 的控制框图;

[0023] 图 4 是与图 3 相似的 EPS 的控制框图;

[0024] 图 5 是示出根据第一实施例的电动转向系统中的输出优先级确定的操作过程的流程图;

[0025] 图 6 是示出关于根据第一实施例的电动转向系统中的基础命令的分流输出的操作过程的流程图;

[0026] 图 7 是图示根据第一实施例的电动转向系统中的电流控制部的示意性配置的控制框图;

[0027] 图 8 是示出根据第一实施例的电动转向系统中的两相驱动控制期间(U 相通电故障期间)的相电流的演进的线图;

[0028] 图 9 是示出根据第一实施例的电动转向系统中的两相驱动控制期间(U 相通电故障期间)的 q 轴电流的演进的线图;

[0029] 图 10 是示出根据第一实施例的在发生通电故障之后的连续控制的方面的线图;

[0030] 图 11 是图示根据本发明的第二实施例的主要部件(命令仲裁部)的示意性配置的控制框图;

[0031] 图 12 是示出根据第二实施例的在发生通电故障之后的连续控制的方面的线图;

[0032] 图 13 是示出根据第二实施例的校正命令操作的操作过程的流程图;

[0033] 图 14 是图示根据第二实施例的主要部件(命令仲裁部)的示意性配置的控制框图;以及

[0034] 图 15 是示出根据本发明的第三实施例的电动转向系统中的响应车辆速度的车辆

速度增益操作的方面的线图。

具体实施方式

[0035] 在下文中,将参照附图描述实施本发明的第一实施例。如图 1 中所示,本实施例的电动转向系统(EPS) 1 包括方向盘 2、转向轴 3、齿条和齿轮系统 4 以及齿条轴 5,使得方向盘 2 固定到的转向轴 3 通过齿条和齿轮系统 4 与齿条轴 5 连接。与转向操作相关联的转向轴 3 的旋转通过齿条和齿轮系统 4 被转换成齿条轴 5 的往复运动。本实施例的转向轴 3 包括柱轴 3a、中间轴 3b 和齿轮轴 3c,使得这些轴以该顺序连接。与转向轴 3 的旋转相关联的齿条轴 5 的往复运动通过连接到齿条轴 5 的末端的连杆 6 被传送到转向关节(未示出),并且因此,车轮 7 的转向角度,即车辆的行驶方向改变。

[0036] EPS1 包括作为转向力辅助装置的 EPS 致动器 10,其向转向系统提供用于支持转向操作的辅助力;以及作为控制器的 ECU11,其控制 EPS 致动器 10 的致动。

[0037] 根据本实施例的 EPS 致动器 10 被构造成所谓柱型 EPS 致动器,使得作为驱动源的电机 12 通过减速齿轮机构 13 连接到柱轴 3a 并且驱动柱轴 3a。EPS 致动器 10 还被构造成减小并传送电机 12 的旋转速度以传送到柱轴 3a,从而向转向系统提供作为辅助力的电机转矩。

[0038] 同时,ECU11 与转矩传感器 14 和车辆速度传感器 15 连接。ECU11 基于通过来自传感器的输出信号检测到的转向转矩 τ 和车辆速度 V 计算提供给转向系统的辅助力(目标辅助力)。ECU11 控制 EPS 致动器 10 的致动,即通过针对作为驱动源的电机 12 的电力供应提供给转向系统的辅助力(动力辅助控制),以便生成 EPS 致动器 10 上的目标辅助力。

[0039] 接下来,将描述根据本实施例的 EPS 的电气配置。如图 2 中所示,本实施例的电机 12 被构造成使得独立双系统电机线圈 21A 和 21B 绕相同的定子 22 缠绕。具体地,第一系统电机线圈 21A (21ua、21va 和 21wa)和第二系统电机线圈 21B (21ub、21vb 和 21wb)分别绕相应的相(U、V 和 W)的定子 22 的齿 33 (23u、23v 和 23w)缠绕。被支承用于旋转的转子 24 设置在齿 23 (23u、23v 和 23w)的径向内侧。

[0040] 就是说,本实施例的电机 12 具有由双系统电机线圈 21A 和 21B 共用的定子 22 和转子 24。转子 24 通过绕齿 23 (23u、23v 和 23w)缠绕的电机线圈 21A 和 21B 生成的磁动势而旋转。本实施例的 ECU11 被配置成通过独立地向电机线圈 21A 和 21B 提供驱动电力来控制电机转矩。

[0041] 如图 3 中所示,本实施例的 ECU11 包括被独立设置成与电机线圈 21A 和 21B 连接的两个驱动器电路 26A 和 26B,以及独立地向驱动器电路 26A 和 26B 输出控制信号 Smc_a 和 Smc_b 的微控制器 27。

[0042] 更具体地,驱动器电路 26A 通过电力线路 28A (28ua、28va 和 28wa)连接到第一系统电机线圈 21A,并且驱动器电路 26B 通过电力线路 28B (28ub、28vb 和 28wb)连接到第二系统电机线圈 21B。从微控制器 27 输出的控制信号 Smc_a 被输入到驱动器电路 26A 中,并且另一控制信号 Smc_b 被输入到驱动器电路 26B 中。这里,本实施例为驱动器电路 26A 和 26B 采用公知的 PWM 逆变器(脉宽调制器),其具有作为基本单元的一对串联连接的开关元件并且并联连接与各个相对应的三个臂。从微控制器 27 输出的控制信号限定每个相臂的 ON (接通) 占空周期。本实施例的 ECU11 被配置成基于控制信号 Smc_a 和 Smc_b 独立地将

驱动器电路 26A 和 26B 输出的驱动电力供应给相应的电机线圈 21A 和 21B。

[0043] 具体地,如图 4 中所示,本实施例的微控制器 27 包括生成关于针对电机 12 的电力供应的基础命令 I_{q*} 的辅助控制部 30 以及基于基础命令 I_{q*} 输出双系统控制信号 Smc_a 和 Smc_b 的控制信号输出部 31,以便生成与目标辅助力对应的电机转矩。

[0044] 在本实施例中,作为命令部的辅助控制部 30 基于由转矩传感器 14 检测的转向转矩 τ 和由车辆速度传感器 15 检测的车辆速度 V 计算与目标辅助力对应的电流命令值。具体地,辅助控制部 30 计算电流命令值,使得当转向转矩 τ 较大或者车辆速度 V 较低时生成较大的辅助力。辅助控制部 30 被配置成基于作为关于针对电机 12 的电力供应的基础命令 I_{q*} 的转向转矩 τ 和车辆速度 V ,向控制信号输出部 31 输出电流命令值。

[0045] 同时,配置控制信号输出部的控制信号输出部 31 接收分别流入各个系统中的各个电机线圈 21A 和 21B 的相电流值 I_{u_a} 、 I_{v_a} 、 I_{w_a} 和 I_{u_b} 、 I_{v_b} 、 I_{w_b} 以及电机 12 的旋转角度 θ 。在本实施例中,由分别设置在各个系统中的各个电力线路 28A 和 28B 上的电流传感器 32A ($32ua$ 、 $32va$ 和 $32wa$)和 32B ($32ub$ 、 $32vb$ 和 $32wb$)独立检测相电流值 I_{u_a} 、 I_{v_a} 、 I_{w_a} 和 I_{u_b} 、 I_{v_b} 、 I_{w_b} ,由共用的旋转角度传感器 33 检测电机 12 的旋转角度 θ 。本实施例的控制信号输出部 31 被配置成基于状态量和由辅助控制部 30 输出的基础命令 I_{q*} 来执行电流反馈控制,从而结合驱动器电路 26A 和 26B 输出控制信号 Smc_a 和 Smc_b 。

[0046] 更具体地,本实施例的控制信号输出部 31 包括关于第一系统(该系统包括驱动器电路 26A、电机线圈 21A 和电力线路 28A)的电流控制部 35A 和 PWM 转换部 36A,以及关于第二系统(该系统包括驱动器电路 26B、电机线圈 21B 和电力线路 28B)的电流控制部 35B 和 PWM 转换部 36B。控制信号输出部 31 还包括命令仲裁部 37,其将从辅助控制部 30 输入的基础命令 I_{q*} 分成用于输出的第一控制命令 I_{q*_a} 和第二控制命令 I_{q*_b} 。电流控制部 35 (35A 和 35B) 被配置成分别基于输入的第一控制命令 I_{q*_a} 和第二控制命令 I_{q*_b} 独立地执行电流反馈控制。

[0047] 具体地,电流控制部 35 (35A 和 35B)根据电机 12 的旋转角度 θ 将相应系统的相电流值 I_{u_a} 、 I_{v_a} 、 I_{w_a} 和 I_{u_b} 、 I_{v_b} 、 I_{w_b} 转换成 d/q 坐标系统的 d 轴电流值和 q 轴电流值(d/q 转换)。第一控制命令 I_{q*_a} 和第二控制命令 I_{q*_b} 作为 q 轴电流命令值被输入(d 轴电流命令值是“0”)。电流控制部 35 (35A 和 35B)将通过 d/q 坐标系统中的电流反馈控制的执行获得的 d 轴电压命令值和 q 轴电压命令值映射到三个相的交变电流坐标上(d/q 逆转换),并且分别计算相应系统的相电压命令值 V_{u*_a} 、 V_{v*_a} 、 V_{w*_a} 和 V_{u*_b} 、 V_{v*_b} 、 V_{w*_b} 。

[0048] PWM 转换部 36 (36A 和 36B) 被分别配置成基于从相应的电流控制部 35 (35A 和 35B) 输入的相电压命令值 V_{u*_a} 、 V_{v*_a} 、 V_{w*_a} 和 V_{u*_b} 、 V_{v*_b} 、 V_{w*_b} ,输出关于相应系统的驱动器电路 26A 和 26B 的控制信号 Smc_a 和 Smc_b 。

[0049] 接下来,将描述本实施例中的发生通电故障之后的连续控制。如图 4 中所示,本实施例的微控制器 27 设置有异常检测部 38,其能够检测与电机线圈 21A 和 21B 连接的系统的电力供应路径上的通电故障的发生。

[0050] 具体地,本实施例的异常检测部 38 接收流入系统的电机线圈 21A 和 21B 的相电流值 I_{u_a} 、 I_{v_a} 、 I_{w_a} 和 I_{u_b} 、 I_{v_b} 、 I_{w_b} 、指示由控制信号 Smc_a 和 Smc_b 限定的相的 ON 占空的占空信号 $Sduty_a$ 和 $Sduty_b$ 、以及电机 12 的旋转角速度 ω 。作为检测部的异常检测

部 38 被配置成基于状态量针对每相检测系统中的通电故障的发生。

[0051] 就是说,尽管占空信号 $Sduty_a$ 和 $Sduty_b$ 指示状态处于关于任何相的通电状态,但是当相电流值是指示断电状态的值得时,异常检测部 38 能够确定在相中发生通电故障。本实施例的异常检测部 38 还被配置成基于电机的旋转角速度 ω 添加速度条件,以排除反电动势电压的影响变得明显的高速旋转时段,从而能够准确地检测通电故障的发生。

[0052] 在本实施例中,异常检测部 38 的异常检测结果作为异常检测信号 Str 被输入到控制信号输出部 31 中。本实施例的控制信号输出部 31 被配置成当在与电机线圈 21A 和 21B 连接的双系统中的一个中检测到通电故障的发生时,向针对另一系统中的驱动器电路的控制信号的输出提供第一优先级。

[0053] 具体地,如图 5 的流程图中所示,当输入的异常检测信号 Str 指示检测到通电故障时(步骤 101:是),本实施例的控制信号输出部 31 确定在与电机线圈 21A 连接的第一系统中是否发生通电故障(步骤 102)。当在第一系统中发生通电故障时(步骤 102:是),控制信号输出部 31 向针对与电机线圈 21B 连接的第二系统中的驱动器电路 26B 的控制信号 Smc_b 的输出提供较高的优先级(步骤 103)。

[0054] 当在第二系统中发生通电故障时(步骤 102:否),控制信号输出部 31 还向针对第一系统中的驱动器电路 26A 的控制信号 Smc_a 的输出提供较高的优先级(步骤 104)。此外,本实施例具有如下配置,使得在步骤 101 中,当控制信号输出部 31 确定异常检测信号 Str 没有指示发生通电故障时(步骤 101:否),在步骤 104 中针对第一系统中的驱动器电路 26A 的控制信号 Smc_a 的输出具有较高的优先级。

[0055] 更具体地,在本实施例的控制信号输出部 31 中,命令仲裁部 37 基于从辅助控制部 30 输入的基础命令 Iq^* 计算优先命令 Iq^*_x 和补充命令 Iq^*_y 。命令仲裁部 37 将优先命令 Iq^*_x 和补充命令 Iq^*_y 分成关于第一系统中的驱动器电路 26A 的控制信号 Smc_a 的、作为基础的第一控制命令 Iq^*_a ,以及关于第二系统中的驱动器电路 26B 的控制信号 Smc_b 的、作为基础的第二控制命令 Iq^*_b 。

[0056] 具体地,如图 6 的流程图中所示,本实施例的命令仲裁部 37 首先确定输入的基础命令 Iq^* 的值(绝对值)是否超过与最大目标辅助力对应的命令最大值 Iq_max 的一半(“1/2”) (步骤 201)。当基础命令 Iq^* 是命令最大值 Iq_max 的“1/2”时($Iq^* \leq Iq_max/2$; 步骤 201:否),基础命令 Iq^* 的值被设定为优先命令 Iq^*_x 的值,并且将补充命令 Iq^*_y 计算为零(“0”) ($Iq^*_x=Iq^*, Iq^*_y=0$; 步骤 202)。

[0057] 另一方面,在步骤 201 中,当基础命令 Iq^* 的值(绝对值)超过命令最大值 Iq_max 的“1/2”时(步骤 201:是),在步骤 202 中命令仲裁部 37 计算绝对值等于命令最大值 Iq_max 的“1/2”并且具有与基础命令 Iq^* 相同的符号的优先命令 Iq^*_x 。为了设定与基础命令 Iq^* 相同的符号,可以使用例如输出输入值的符号的所谓的正负号函数。作为补充命令 Iq^*_y ,命令仲裁部 37 计算基础命令 Iq^* 和优先命令 Iq^*_x 之间的差,其是超过已被设定为优先命令 Iq^*_x 的上限($Iq_max/2$)的超出量($|Iq^*_x|=Iq_max/2, Iq^*_y=Iq^*-Iq^*_x$, 步骤 203)。

[0058] 如上文所述,在本实施例中,计算具有比补充命令 Iq^*_y 大的绝对值的优先命令 Iq^*_x 。控制信号 Smc_a 和 Smc_b 之一的输出优先级基于对优先命令 Iq^*_x 和补充命令 Iq^*_y 的这种划分,该划分是在将从辅助控制部 30 输入的基础命令 Iq^* 分成用于输出的第一控

制命令 $Iq*_a$ 和第二控制命令 $Iq*_b$ 时执行的。

[0059] 就是说,在本实施例中,如同基础命令 $Iq*$ 的分流输出,在命令仲裁部 37 中执行图 5 的流程图中所示的控制信号 Smc_a 和 Smc_b 的输出优先级确定。换言之,当向第一系统提供较高优先级时,命令仲裁部 37 输出优先命令 $Iq*_x$ 作为第一控制命令 $Iq*_a$,并且输出补充命令 $Iq*_y$ 作为第二控制命令 $Iq*_b$ (参见图 5:步骤 104, $Iq*_a=Iq*_x$, $Iq*_b=Iq*_y$)。当向第二系统提供较高优先级时,命令仲裁部 37 被配置成输出优先命令 $Iq*_x$ 作为第二控制命令 $Iq*_b$,并且输出补充命令 $Iq*_y$ 作为第一控制命令 $Iq*_a$ (参见图 5:步骤 103, $Iq*_b=Iq*_x$, $Iq*_a=Iq*_y$)。

[0060] 本实施例的控制信号输出部 41 基于异常检测信号 Str 确定系统中的通电故障的发生或未发生以及发生通电故障的相的数目。当发生通电故障的相仅为一个相时,控制信号输出部 31 向发生通电故障的系统中的驱动器电路输出控制信号以便供应将发生通电故障的相以外的两个相用作通电相的电力。

[0061] 具体地,如图 7 中所示,设置在本实施例的控制信号输出部 31 中的电流控制部 35 (参见图 4) 设置有三相驱动控制部 41,其计算相电压命令值 $Vu*_n$ 、 $Vv*_n$ 和 $Vw*_n$ 以便在所连接的系统中没有检测到通电故障的发生的正常条件下提供如上文所述的三相驱动力。

[0062] 在该情况下,符号“ $_n$ ”指示与第一系统对应的“ $_a$ ”或与第二系统对应的“ $_b$ ”。因此,在图 7 中,例如,当电流控制部 35 是与第一系统连接的电流控制部 35A 时,输入到电流控制部 35 的相电流值 Iu_n 、 Iv_n 和 Iw_n 分别指示“ Iu_a 、 Iv_a 和 Iw_a ”。

[0063] 除了三相驱动控制部 41 之外,本实施例的电流控制部 35 还包括两相驱动控制部 42,其在所连接的系统中检测到通电故障的发生并且发生通电故障的相仅为一个相时,计算相电压命令值 $Vu**_n$ 、 $Vv**_n$ 和 $Vw**_n$ 以便供应将发生通电故障的相以外的两个相用作通电相的电力。

[0064] 具体地,如图 8 中所示,本实施例的两相驱动控制部 42 通过将发生通电故障的相对应的指定旋转角度 θA 和 θB 设定为渐近线,计算用于使按正割曲线图案或余割曲线图案变化的相电流流到通电相的相电压命令值 $Vu**_n$ 、 $Vv**_n$ 和 $Vw**_n$,以便供应将发生通电故障的相以外的两个相用作通电相的电力(两相驱动控制)。

[0065] “正割曲线”和“余割曲线”是分别基于“ $\cos \theta$ 的倒数(正割: $\sec \theta$)”和“ $\sin \theta$ 的倒数(余割: $\operatorname{cosec} \theta$)”的曲线。图 8 是示出在 U 相中发生通电故障的情况的示例。在该情况下与发生通电故障的相对应的指定旋转角度 θA 和 θB 分别是 90° 和 270° 。

[0066] 就是说,如图 9 中所示,通过如上文所述的按正割曲线图案或余割曲线图案变化的相电流的流动,即使在发生通电故障之后的两相驱动控制中,如同正常条件下的三相驱动控制,d/q 坐标系统中的 q 轴电流值(图 9 中的 Iq_n ,实线的波形)理论上仍变为与 q 轴电流命令值(图 9 中的控制命令 $Iq*_n$,交替的一长一短的虚线的波形)对应的恒定值。

[0067] 然而,本实施例的两相驱动控制部 42 将相电流值(图 8 中所示的示例中的 Iv_n 和 Iw_n)限制为极限值($|I_lim|$)或更小以便避免通电相中的电流的过度流动的发生。因此,在变为渐近线的指定旋转角度 θA 和 θB 附近形成的电流极限范围($\theta 1-\theta 2$ 和 $\theta 3-\theta 4$)内,限制电力供应,即 q 轴电流($Iq*_n$)减少。

[0068] 然而,除了电流极限范围之外,计算相电压命令值 $Vu**_n$ 、 $Vv**_n$ 和 $Vw**_n$,使得

生成具有与输入的控制命令 $Iq*_n$ 对应的恒定值 (Iq_n) 的 q 轴电流。因此,可以防止通过两相驱动控制的执行而出现转矩波纹。

[0069] 对于通过将发生通电故障的相对应的指定旋转角度设定为渐近线,使按正割曲线图案或余割曲线图案变化的相电流流动而进行的两相驱动控制的细节,请参考 JP-A-2008-211909 和 JP-A-2008-211910 中的公开内容。

[0070] 如图 7 中所示,在本实施例的控制信号输出部 31 中,在三相驱动控制部 41 中计算的相电压命令值 $Vu*_n$ 、 $Vv*_n$ 和 $Vw*_n$ 以及在两相驱动控制部 42 中计算的 $Vu**_n$ 、 $Vv**_n$ 和 $Vw**_n$ 通过异常检测信号 Str 被输入到切换控制部 43 中。

[0071] 就是说,在本实施例的控制信号输出部 31 中,当输入的异常检测信号 Str 指示“没有检测到所连接的系统中的通电故障的发生”时,切换控制部 43 将从三相驱动控制部 41 输入的相电压命令值 $Vu*_n$ 、 $Vv*_n$ 和 $Vw*_n$ 输出到所连接的 PWM 转换部 36 (正常控制)。

[0072] 另一方面,当异常检测信号 Str 指示“检测到所连接的系统中的通电故障的发生并且发生通电故障的相仅为一个相”时,切换控制部 43 将在两相驱动控制部 42 中计算的 $Vu**_n$ 、 $Vv**_n$ 和 $Vw**_n$ 输出到所连接的 PWM 转换部 36 (临时控制)。因此,本实施例具有如下配置,使得在当发生通电故障时发生通电故障的相仅为一个相的情况下,在发生通电故障的系统中也供应将发生通电故障的相以外的两个相用作通电相的电力。

[0073] 当异常检测信号 Str 指示“发生通电故障的相未被定位”时,本实施例的切换控制部 43 不输出在三相驱动控制部 41 中计算的相电压命令值 $Vu*_n$ 、 $Vv*_n$ 和 $Vw*_n$ 或者在两相驱动控制部 42 中计算的 $Vu**_n$ 、 $Vv**_n$ 和 $Vw**_n$ 。顺便提及,当“发生通电故障的相未被定位”时,通电故障常发生在所有两个或三个相中。因此,本实施例采用如下配置:在发生通电故障的系统中停止电力供应并且立即提供自动防故障装置。

[0074] 接下来,将描述如上文所述的本实施例的 EPS 的动作。如上文所述,在本实施例的 EPS1 中,EPS 致动器 10 利用作为驱动源的电机 12,电机 12 基于在独立双系统电机线圈 21A 和 21B 中生成的磁动势生成电机转矩(参见图 2)。

[0075] 在 ECU11 侧的微控制器 27 中,向与电机线圈 21A 和 21B 连接的驱动器电路 26A 和 26B 输出独立双系统控制信号 Smc_a 和 Smc_b 的控制信号输出部 31 基于由辅助控制部 30 输出的基础命令 $Iq*$ 计算优先命令 $Iq*_x$ 和补充命令 $Iq*_y$ 。控制信号输出部 31 将优先命令 $Iq*_x$ 和补充命令 $Iq*_y$ 分成用于生成输出到第一系统中的驱动器电路 26A 的控制信号 Smc_a 的第一控制命令 $Iq*_a$ 以及用于生成输出到第二系统中的驱动器电路 26B 的控制信号 Smc_b 的第二控制命令 $Iq*_b$ (参见图 4 和 5)。

[0076] 因此,如图 10 中所示,EPS 致动器 10 生成的辅助力等于基于根据优先命令 $Iq*_x$ 流入向控制信号输出提供高优先级的系统中的优先电流 Iq_x 的电机转矩与基于根据补充命令 $Iq*_y$ 流入另一系统中的电机线圈中的补充电流 Iq_y 的电机转矩的和。如果正常地向电机线圈 21A 和 21B 供应电力,则生成的辅助力理论上等于由基础命令 $Iq*$ 指示的目标辅助力。

[0077] 然而,在当检测到发生通电故障时停止针对发生通电故障的系统的电力供应的配置中,在发生通电故障之后的连续控制中能够施加到转向系统的辅助力下降到与命令最大值 Iq_max 的“1/2”对应的值,命令最大值 Iq_max 的“1/2”被设定为优先电流 Iq_x 的上限,即最大目标辅助力的一半(图 10 中的通过交替的一长两短的虚线示出的波形 L)。与动

力下降相关联的针对驾驶员的负担的增加可能导致转向感觉的下降。

[0078] 然而,即使在如以上配置中的那样检测到发生通电故障之后,当发生通电故障的相仅为一个相时,借助于执行针对发生通电故障的系统中的驱动器电路的控制信号输出,以便供应将发生通电故障的相以外的两个相用作通电相的电力,可以防止如上文所述的连续控制中的动力下降。借助于执行控制信号输出以便使按正割曲线图案或余割曲线图案变化的相电流流到通电相,可以防止通过两相驱动控制的执行而出现的转矩波纹。

[0079] 此外,当与目标辅助力对应的基础命令 I_{q*} 是被设定为优先电流 I_{q_x} 的上限的命令最大值 I_{q_max} 的“1/2”或更小时,不计算补充命令 I_{q*_y} ($I_{q*_y}=0$)。就是说,在发生通电故障的系统中不执行两相驱动控制。因此,在低辅助区域中维持与发生通电故障之前的转矩特性相似的转矩特性。在高辅助区域中,由于基于两相驱动控制的执行的辅助力的比例下降,因此可以减少转矩波纹的影响。

[0080] 通过图 10 中的交替的一长一短的虚线示出的波形 M 是当在包括作为驱动源的具有单系统电机线圈的普通电机的通常配置中执行与本实施例相似的两相驱动控制时的输出波形(参考示例)。

[0081] 根据本实施例,可以获得如下效果。(1)控制信号输出部 31 向与独立双系统电机线圈 21A 和 21B 连接的驱动器电路 26A 和 26B 输出独立双系统控制信号 S_{mc_a} 和 S_{mc_b} 。控制信号输出部 31 还基于关于电力供应的基础命令 I_{q*} 计算优先命令 I_{q*_x} 和补充命令 I_{q*_b} ,用于当在一个系统中检测到发生通电故障时,划分针对另一系统的优先命令 I_{q*_x} ,并且因此,向针对另一系统的控制信号输出提供高优先级。当发生通电故障的相仅为一个相并且基础命令 I_{q*} 的值(绝对值)超过优先命令 I_{q*_x} 的上限($I_{q_max}/2$)时,控制信号输出部 31 基于与超过上限的超出量对应的补充命令 I_{q*_y} ,向发生通电故障的系统输出控制信号以便供应将发生通电故障的相以外的两个相用作通电相的电力。

[0082] 根据以上配置,可以防止在发生通电故障之后的连续控制中的动力下降。由于当基础命令 I_{q*} 是优先电流 I_{q_x} 的上限($I_{q_max}/2$)或更小时不计算补充命令 I_{q*_y} ($I_{q*_y}=0$),因此在发生通电故障的系统中不执行两相驱动控制。因此,在低辅助区域中可以维持与发生通电故障之前的转矩特性相似的转矩特性。在高辅助区域中,由于基于两相驱动控制的执行的辅助力的比例降低,因此可以减少通过两相驱动控制的执行而出现的转矩波纹的影响。因此,可以有效地改进在发生通电故障之后的连续控制中的转向感觉。

[0083] (2)控制信号输出部 31 执行针对发生通电故障的系统的控制信号输出,以便通过将发生通电故障的相对应的指定旋转角度 θ_A 和 θ_B 设定为渐近线,使按正割曲线图案或余割曲线图案变化的相电流流到供应将两个相用作通电相的电力的发生通电故障的系统中的通电相(两相驱动控制)。

[0084] 根据以上配置,即使在发生通电故障之后的两相驱动控制中,d/q 坐标系统中的 q 轴电流值理论上如正常条件下的三相驱动控制那样,仍变为与 q 轴电流命令值对应的恒定值。因此,可以有效地防止通过两相驱动控制的执行而出现的转矩波纹。

[0085] (3)EPS 致动器 10 利用作为驱动源的电机 12,其具有由双系统电机线圈 21A 和 21B 共用的定子 22 和转子 24。因此,可以在不增加装置尺寸的情况下改进在发生通电故障之后的连续控制中的转向感觉。

[0086] 在下文中,将参照附图描述实施本发明的第二实施例。为了便于描述,与第一实施

例相同的配置被提供了相同的附图标记和符号,并且不再重复描述。

[0087] 如图 11 中所示,本实施例与第一实施例的不同之处在于设置在控制信号输出部 51 (31) 中的命令仲裁部 52 (37) 的配置(参见图 4)。

[0088] 具体地,本实施例的命令仲裁部 52 包括优先级输出部 53,其确定关于第一系统中的驱动器电路 26A 的控制信号 S_{mc_a} 的输出和关于第二系统中的驱动器电路 26B 的控制信号 S_{mc_b} 的输出之间的优先级;以及分流控制部 54,其将输入的基础命令 I_{q^*} 分成优先命令 $I_{q^*_x}$ 和补充命令 $I_{q^*_y}$ 。

[0089] 由本实施例的优先级输出部 53 执行的输出优先级确定以及由分流控制部 54 执行的分流输出的操作过程分别与由第一实施例中的命令仲裁部 37 执行的输出优先级确定的操作过程(参见图 5)和分流输出的操作过程(参见图 6)相同。

[0090] 本实施例的命令仲裁部 52 还包括计算校正命令 $I_{q^*_z}$ 的校正命令操作部 55。优先级输出部 53 接收在使得校正命令 $I_{q^*_z}$ 被添加到优先命令 $I_{q^*_x}$ 的校正之后的优先级命令 $I_{q^*_x'}$ 。优先级输出部 53 被配置成基于输出优先级确定的结果,将校正之后的优先级命令 $I_{q^*_x'}$ 和补充命令 $I_{q^*_y}$ 分成用于输出的第一控制命令 $I_{q^*_a}$ 和第二控制命令 $I_{q^*_b}$ 。

[0091] 更具体地,如图 12 中所示,在两相驱动期间,本实施例的校正命令操作部 55 计算对通过发生通电故障的系统的通电相中的电流极限的执行而出现的电力供应的限制,即电流极限范围($\theta_1-\theta_2$ 和 $\theta_3-\theta_4$) 内的补充电流(I_{q_y}) 的下降进行补偿的校正命令 $I_{q^*_z}$ 。

[0092] 在图 12 中,交替的一长一短的虚线的波形示出了补充命令 $I_{q^*_y}$,并且在电流极限范围内具有波谷的交替的一长两短的虚线的波形示出了补充电流 I_{q_y} 。通过在电流极限范围内具有波峰的实线的波形示出了校正命令 $I_{q^*_z}$ 。

[0093] 具体地,如图 13 的流程图中所示,本实施例的校正命令操作部 55 首先确定在发生通电故障之后的两相驱动控制是否正在进行(步骤 301)。当确定两相驱动控制正在进行时(步骤 301:是),校正命令操作部 55 获取由分流控制部 54 输出的补充命令 $I_{q^*_y}$ (步骤 302)。校正命令操作部 55 接下来基于补充命令 $I_{q^*_y}$ 计算通过两相驱动控制的执行而生成的补充电流 I_{q_y} 的估值($I_{q_y_a}$)(补充电流估计操作,步骤 303)。本实施例的校正命令操作部 55 计算作为校正命令 $I_{q^*_z}$ 的值,即从补充命令 $I_{q^*_y}$ 中减去补充电流估值 $I_{q_y_a}$ ($I_{q^*_z}=I_{q^*_y}-I_{q_y_a}$,步骤 304)。

[0094] 基于异常检测信号 Str 执行步骤 301 中的两相驱动控制的执行确定。通过基于补充命令 $I_{q^*_y}$ 计算各相的电流命令值,并且在执行电流极限的假设下,通过在电流极限之后执行相电流命令值的 d/q 转换,来执行步骤 303 中的补充电流估值 $I_{q_y_a}$ 的操作。当在步骤 301 中确定两相驱动控制未在进行时(步骤 301:否),将校正命令 $I_{q^*_z}$ 计算为零(“0”) ($I_{q^*_z}=0$,步骤 305)。

[0095] 就是说,在两相驱动期间,当通过发生通电故障的系统的通电相中的电流极限的执行来限制电力供应时,本实施例的控制信号输出部 51 将优先命令 $I_{q^*_z}$ 校正为超过为向控制信号输出提供高优先级的正常系统设定的优先电流 I_{q_x} 的上限(参见图 10, $I_{q_{max}}/2$) 的值。控制信号输出部 51 被配置为针对向控制信号输出提供高优先级的正常系统输出基于校正之后的优先命令 $I_{q^*_x'}$ 的控制信号,并且因此对通过发生通电故障的系统中

的电流极限的执行而出现的电力供应的限制进行补偿。

[0096] 如上文所述,根据本实施例,当在发生通电故障的系统中执行两相驱动控制时,可以利用正常系统的转矩消除通过相电流的限制而出现的转矩波纹。因此,可以更有效地改进在发生通电故障之后的连续控制中的转向感觉。

[0097] 在下文中,将参照附图描述实施本发明的第三实施例。为了便于描述,与第一实施例和第二实施例相同的配置被提供了相同的附图标记和符号,并且不再重复描述。

[0098] 如图 14 中所示,本实施例与第一实施例和第二实施例的不同之处也在于设置在控制信号输出部 61 (31、51) 中的命令仲裁部 62 (37、52) 的配置(参见图 4 和图 11)。

[0099] 具体地,如图 14 中所示,本实施例的命令仲裁部 62 设置有优先级输出部 53 和分流控制部 54,以及计算车辆速度增益 K_v 的车辆速度增益操作部 63。优先级输出部 53 接收由分流控制部 54 输出的优先命令 I_{q*}_x 以及已通过乘以车辆速度增益操作部 63 输出的车辆速度增益 K_v 进行校正的补充命令 I_{q*}_y' 。

[0100] 更具体地,当在发生通电故障的系统中执行两相驱动控制时,本实施例的车辆速度增益操作部 63 根据在发生通电故障之后的车辆速度 V 来改变输出的车辆速度增益 K_v 。

[0101] 具体地,如图 15 中所示,当车辆速度 V 等于或小于指定速度 V_0 时,车辆速度增益操作部 63 输出“1”,并且当车辆速度 V 等于或大于指定速度 V_1 时,车辆速度增益操作部 63 输出“0”。在车辆速度 V_0 和车辆速度 V_1 之间的区域中,车辆速度增益 K_v 被设定为随着车辆速度变快而变小。在未发生通电故障的正常条件下,车辆速度增益操作部 63 被配置成与车辆速度无关地输出“1”作为车辆速度增益 K_v (图 15 中的通过交替的一长一短的虚线示出的波形 N)。

[0102] 就是说,在对辅助的要求高的低车辆速度区域中,在多数情况下,即使在考虑通过两相驱动控制的执行而出现的转矩波纹之后,通过使用发生通电故障的系统中的转矩来防止动力减少,仍能够实现较好的转向感觉。另一方面,转矩波纹的存在产生了细微转向角度调整的困难。结果,在转向角度的改变对车辆属性有大影响的高车辆速度区域中,转向感觉可能下降。

[0103] 考虑到上文,本实施例的命令仲裁部 62 在等于或大于指定速度 V_1 的高车辆速度区域中将补充命令 I_{q*}_y 的值校正为“0”,在高车辆速度区域中通过这种两相驱动控制的执行而出现的转矩波纹的影响变得明显。即使在高车辆速度区域中,通过停止针对发生通电故障的系统的控制信号的输出,即通过停止两相驱动控制的执行,并且通过便利细微转向角度调整,仍能够实现有利的转向感觉。

[0104] 如上文描述的本实施例,根据车辆速度 V ,通过在发生通电故障的系统中改变两相驱动控制,即通过增加或减少将发生通电故障的相以外的两个相用作通电相的电力供应,可以在宽的车辆速度区域中改进转向感觉。

[0105] 上述实施例可以进行如下修改。尽管上述实施例在所谓的柱型 EPS1 中实施本发明,但是本发明可以应用于所谓的齿轮型或齿条辅助型 EPS。

[0106] 在上述实施例中, EPS 致动器 10 利用作为驱动源的电机 12,其具有由双系统电机线圈 21A 和 21B 共用的定子 22 和转子 24。然而,本发明不限于此并且可以被实施成如下配置,使得每个电机线圈具有分离的定子或分离的转子。此外,可以使用将两个电机用作驱动源的配置。

[0107] 每个系统中的电机线圈可以具有使得各相彼此移位的配置。在上述实施例中，ECU11 具有独立地与电机线圈 21A 和 21B 连接的两个驱动器电路 26A 和 26B。然而，对于使得每个系统具有备用驱动器电路的配置，系统中的驱动器电路的数目没有特别限制。

[0108] 在上述实施例中，作为两相驱动控制的一个方面，使通过与发生通电故障的相对应的指定旋转角度 θA 和 θB 设定为渐近线而按正割曲线图案或余割曲线图案变化的相电流流动。然而，本发明不限于此，并且两相驱动控制的该方面可以被修改为使得执行每个通电相的相位移位 180° 的两相正弦通电（简单两相驱动）。就是说，通过使用发生通电故障的系统中的转矩来防止动力减少，可以改进转向感觉。特别地，在对辅助的要求高的低车辆速度区域中，可以实现显著的效果。然而，如果考虑通过两相驱动控制的执行而出现的转矩波纹，优选的是具有如实施例中所述的通电波形。

[0109] 在上述实施例中，优先电流 I_{q_x} 的上限被设定为与最大目标辅助力对应的命令最大值 I_{q_max} 的“1/2”；然而，上限不限于此，并且可以根据电机线圈的规格被设定为任何值。

[0110] 在上述实施例中，即使在未发生通电故障的正常条件下，基础命令 I_{q^*} 和优先命令 $I_{q^*_x}$ 之间的差，即超过被设定为优先命令 $I_{q^*_x}$ 的上限的超出量被视为补充命令 $I_{q^*_y}$ ： $(I_{q^*_y}=I_{q^*}-I_{q^*_x})$ 。通过将优先命令 $I_{q^*_x}$ 分成用于生成输出到第一系统中的驱动器电路 26A 的用于输出的控制信号 Smc_a 的第一控制命令 $I_{q^*_a}$ ，向与第一系统对应的控制信号 Smc_a 的输出提供高优先级。然而，本发明不限于此，并且在正常条件下的系统划分没有特别限制。例如，本发明可以采用在生成各系统的控制信号 Smc_a 和 Smc_b 时使用的配置。

[0111] 在上述第二实施例中，基于补充命令 $I_{q^*_y}$ 计算通过两相驱动控制的执行而生成的补充电流 I_{q_y} 的估值 ($I_{q_y_a}$)，并且将从补充命令 $I_{q^*_y}$ 中减去补充电流估值 $I_{q_y_a}$ 的值计算为校正命令 $I_{q^*_z}$ ： $(I_{q^*_z}=I_{q^*_y}-I_{q_y_a})$ 。然而，校正命令 $I_{q^*_z}$ 的操作方法不限于此，并且可以使用补充电流 I_{q_y} 的检测值（相电流值的 d/q 转换之后的 q 轴电流值）替代补充电流估值 $I_{q_y_a}$ 。

[0112] 在上述第三实施例中，在等于或大于指定速度 $V1$ 的高车辆速度区域中停止针对发生通电故障的系统的控制信号的输出，在高车辆速度区域中通过两相驱动控制的执行而出现的转矩波纹的影响变得明显。然而，本发明不限于此并且可以具有如下配置，其中在车辆速度 V 增加时，通过发生通电故障的系统中的两相驱动控制的执行来减少电力供应。尽管本发明具有该配置，但是在高车辆速度区域中仍能够减少转矩波纹并且能够便利细微转向，同时保证了低车辆速度区域中所需的辅助力。当实施本发明时，例如，如图 15 中所示的速度 $V0$ 和速度 $V1$ 之间的区域（中间区域）可以被设定为宽的。

[0113] 再者，第二实施例的配置和第三实施例的配置可以组合。因此，可以更有效地改进转向感觉。接下来，将描述根据以上实施例理解的技术思想。

[0114] 电机控制器包括：命令部，其生成关于电力供应的基础命令；命令信号输出部，其基于基础命令输出独立双系统控制信号；以及独立双系统驱动器电路，其基于输入的控制信号向所连接的电机线圈输出三相驱动电力，并且特征在于：设置有检测部，其能够针对每相检测与电机线圈连接的系统的电力供应路径中的通电故障的发生；当在一个系统中检测到通电故障的发生时，控制信号输出部向针对另一系统的控制信号的输出提供高优先级；以及，当发生通电故障的相仅为一个相并且基础命令的值超过针对向控制信号的输出提供

高优先级的正常系统设定的上限时,控制信号输出部向发生通电故障的系统中的驱动器电路输出控制信号,以便提供与超过上限的超出量对应的并且将与发生通电故障的相不同的两个相用作通电相的电力。

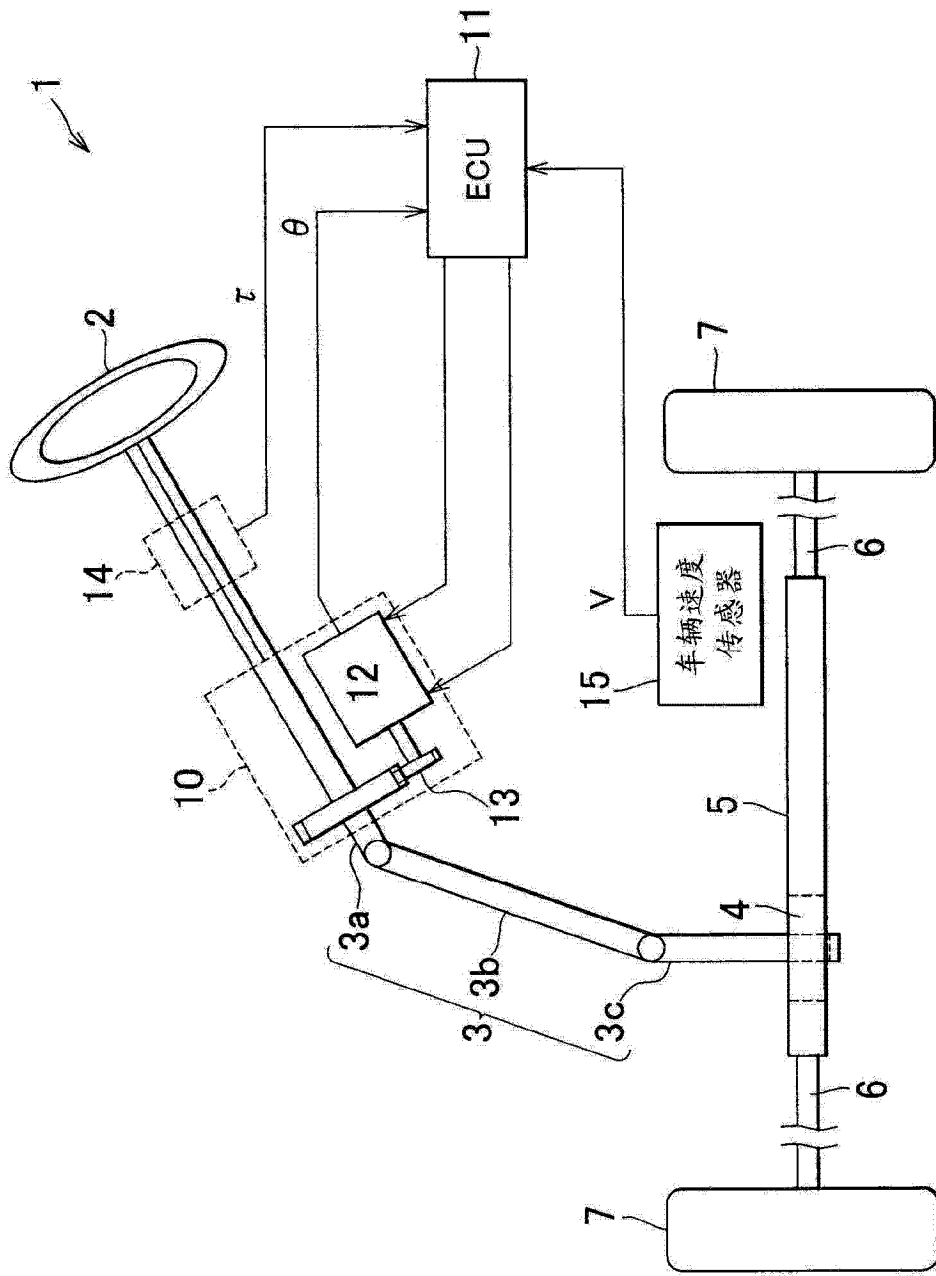


图 1

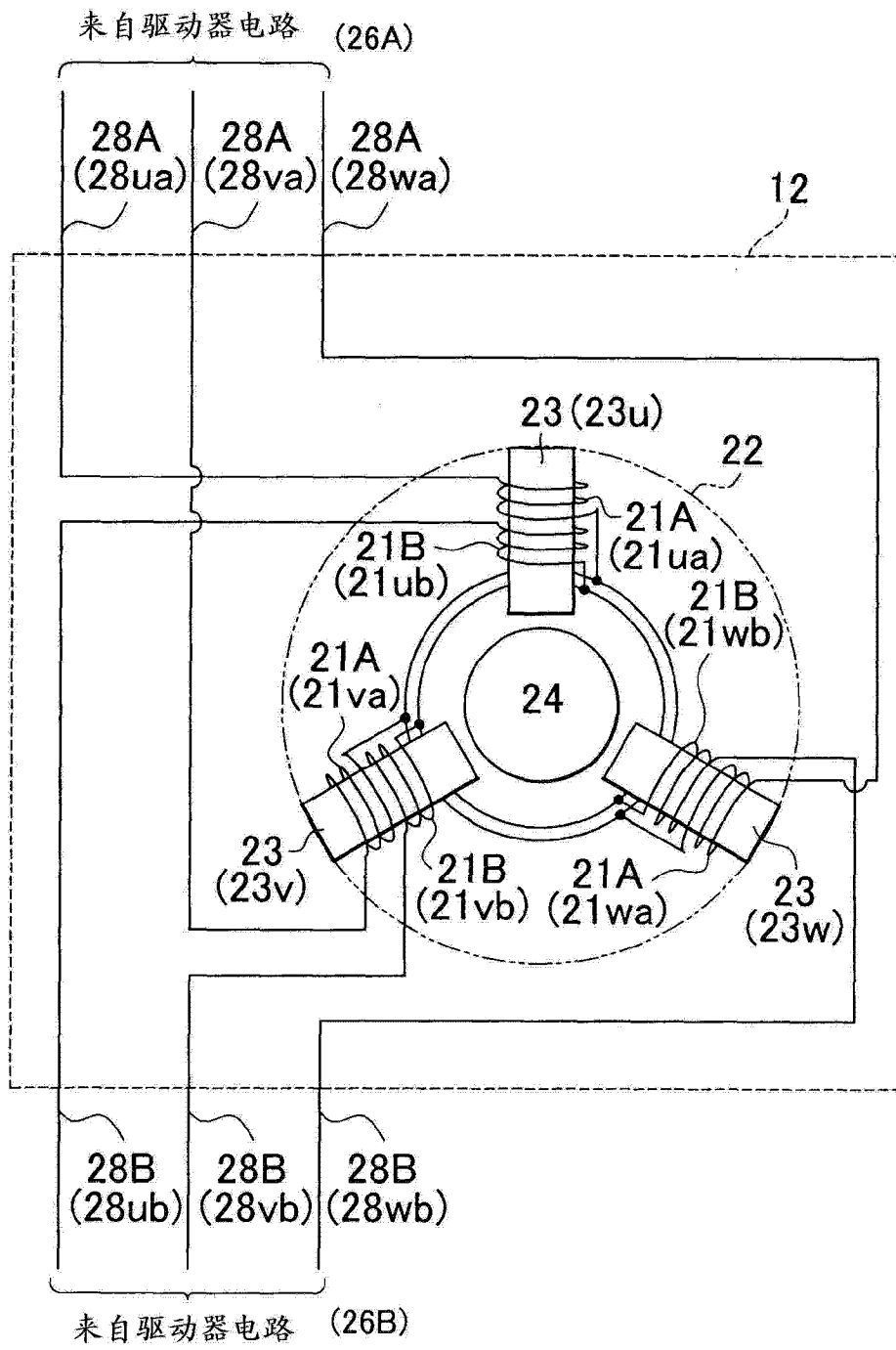


图 2

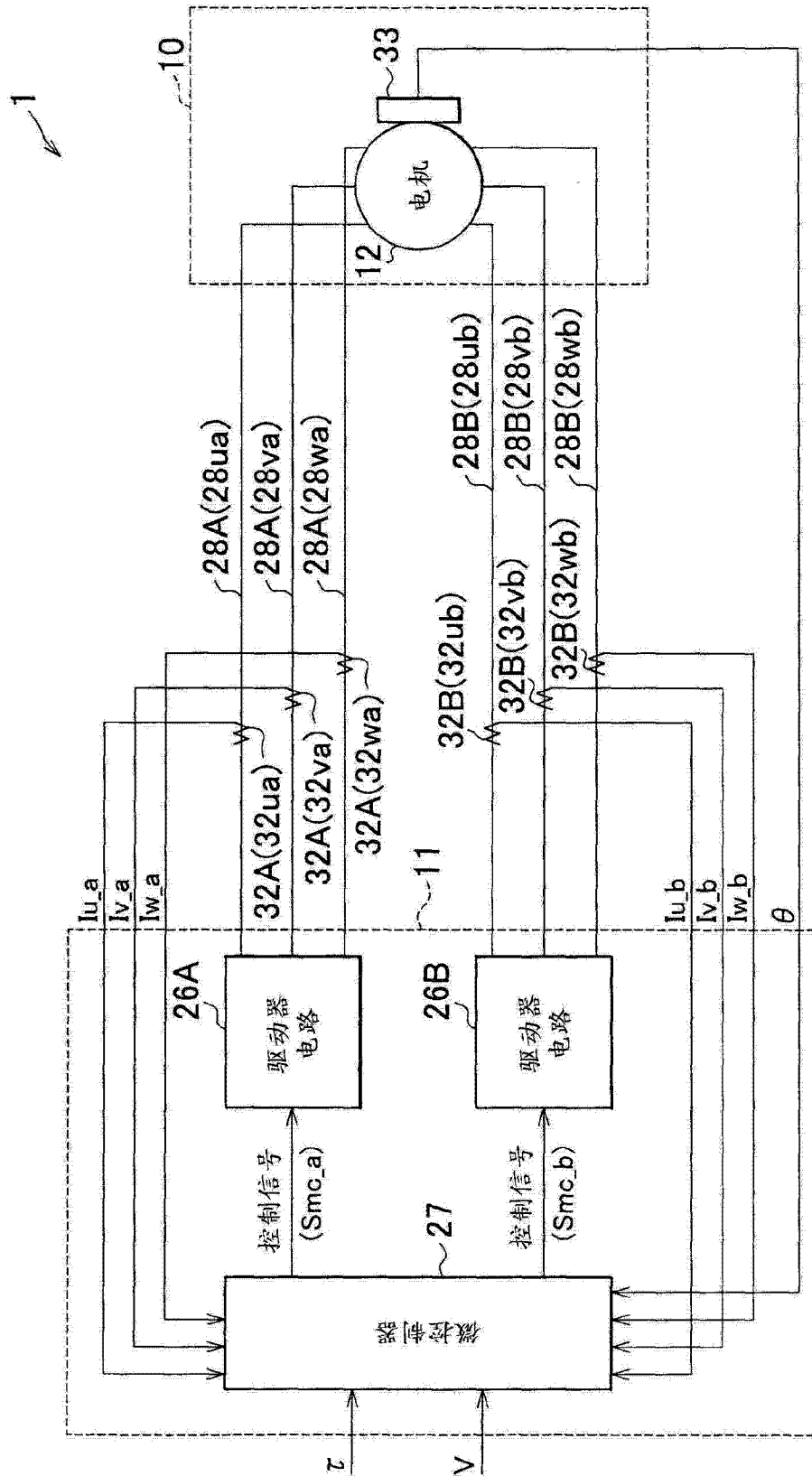


图 3

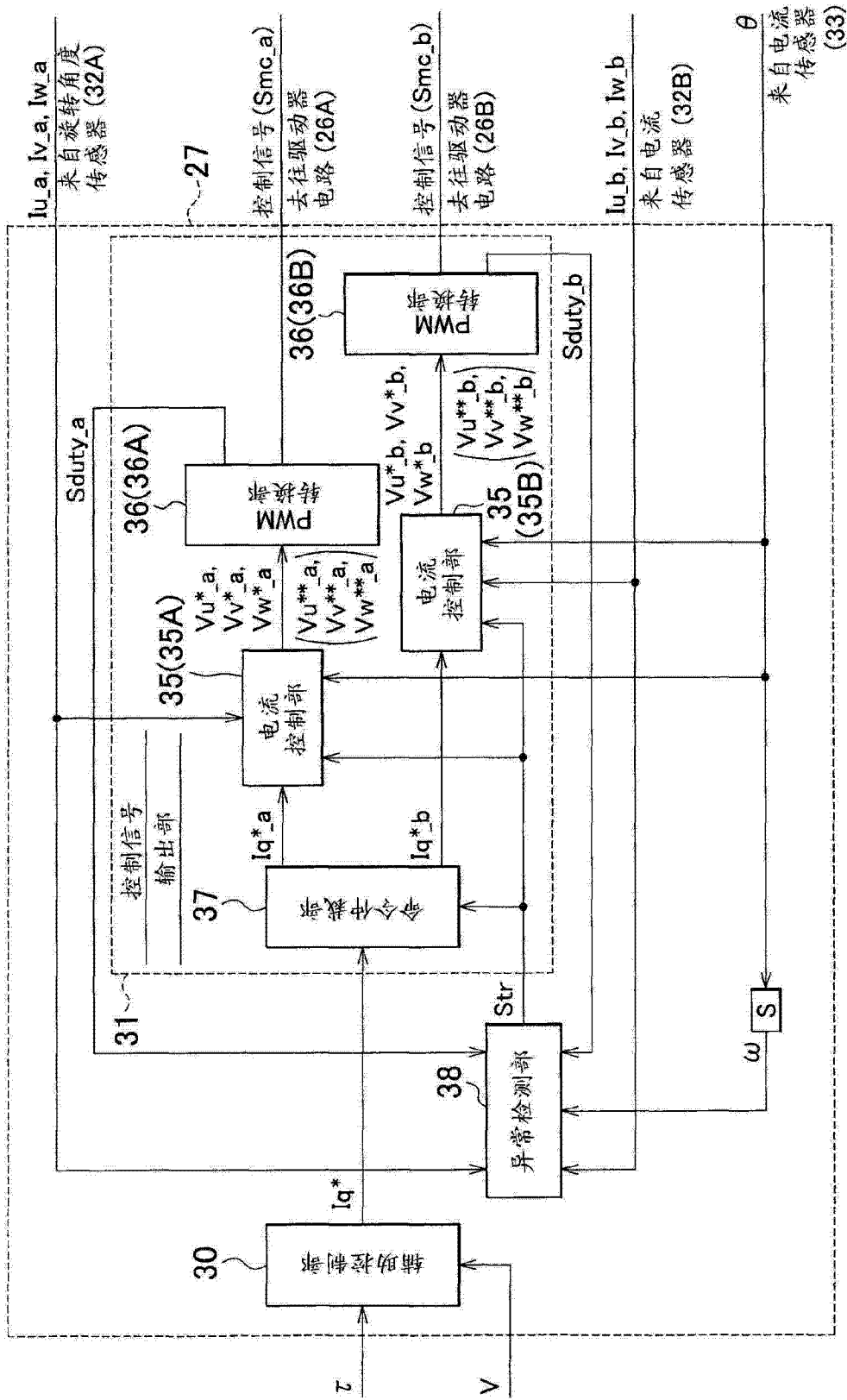


图 4

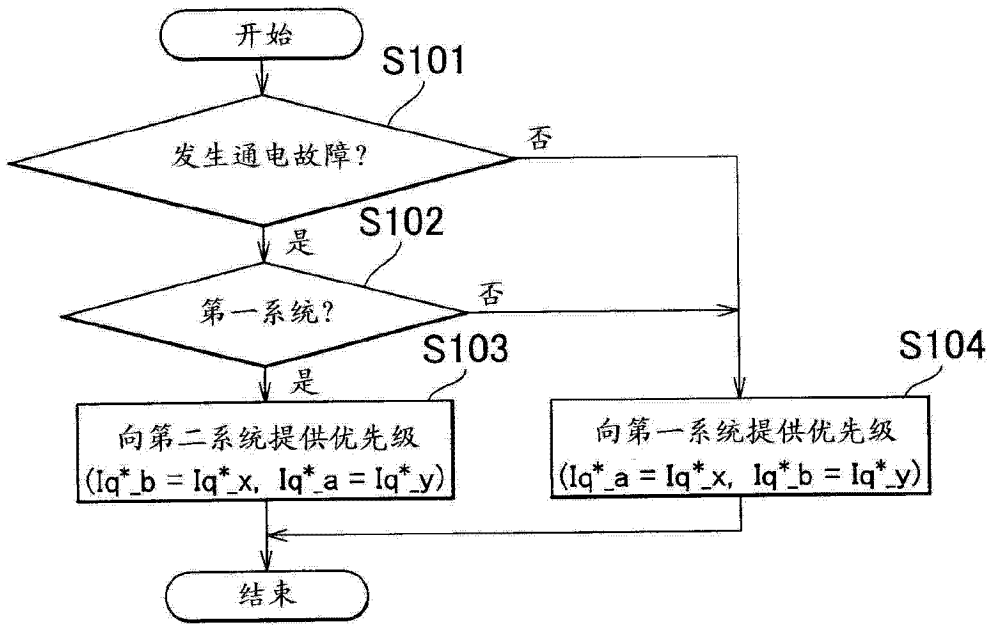


图 5

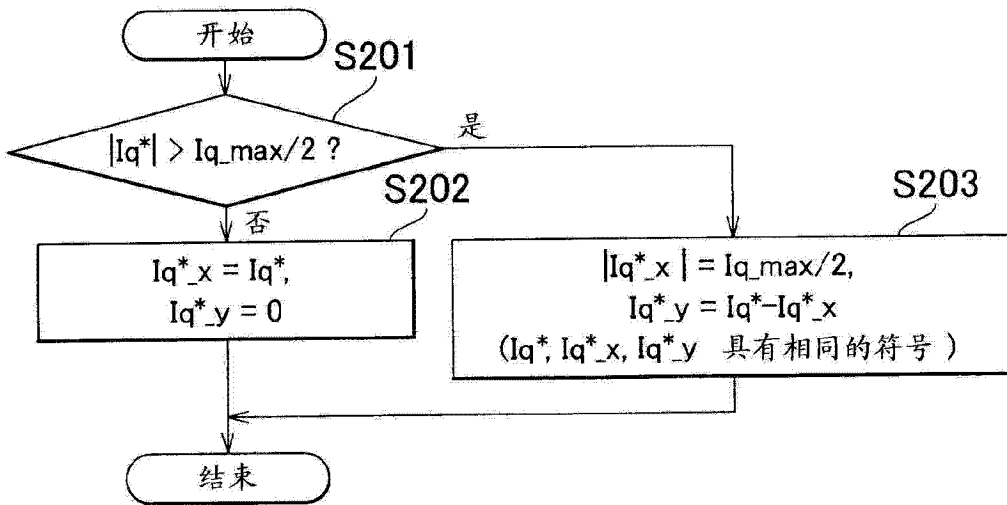


图 6

31 ↘

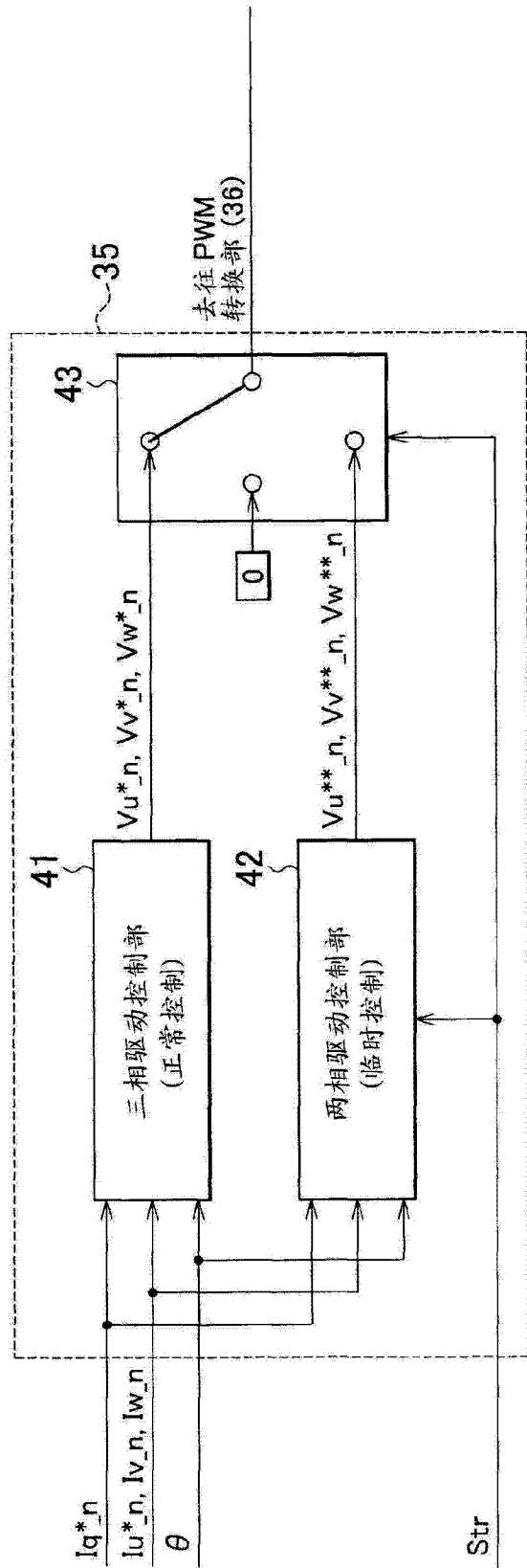


图 7

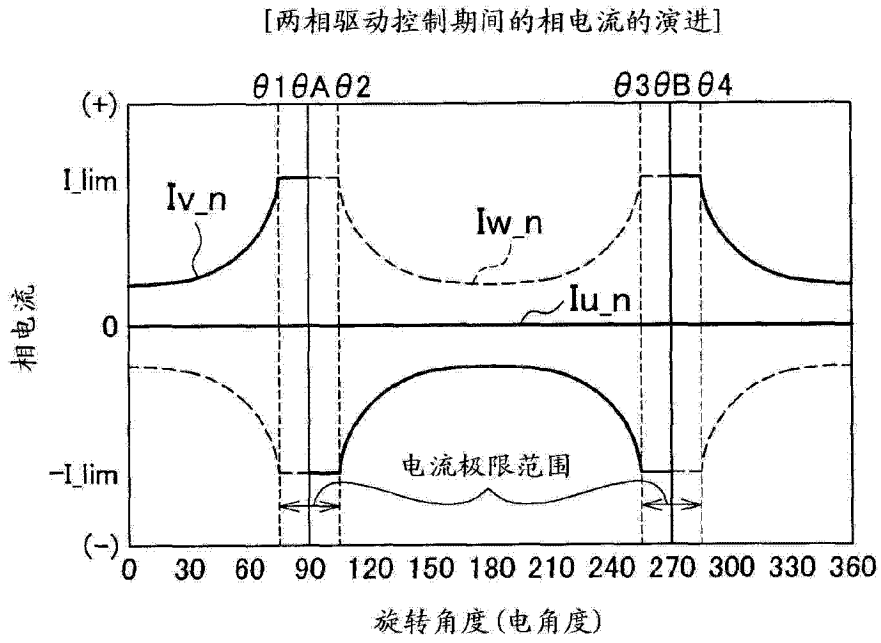


图 8

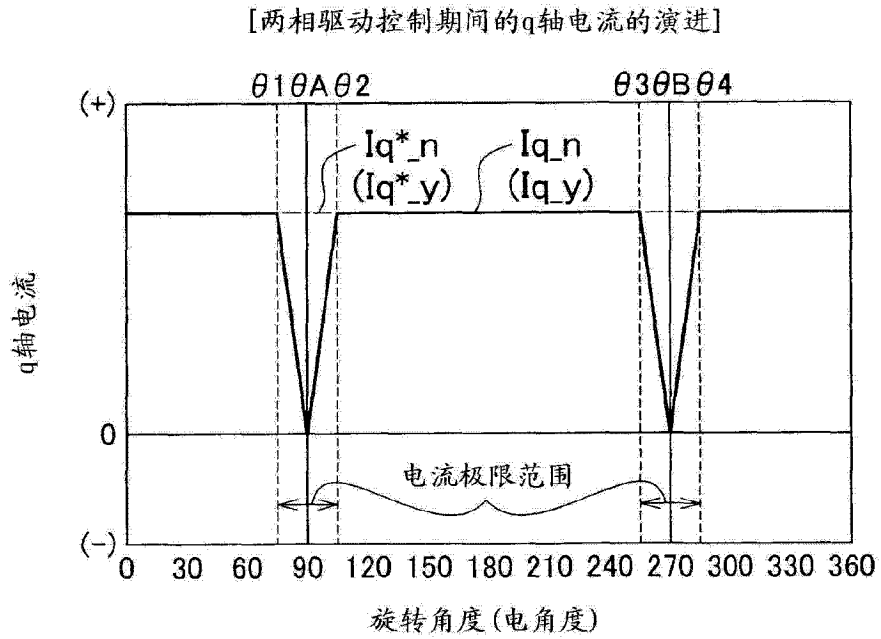


图 9

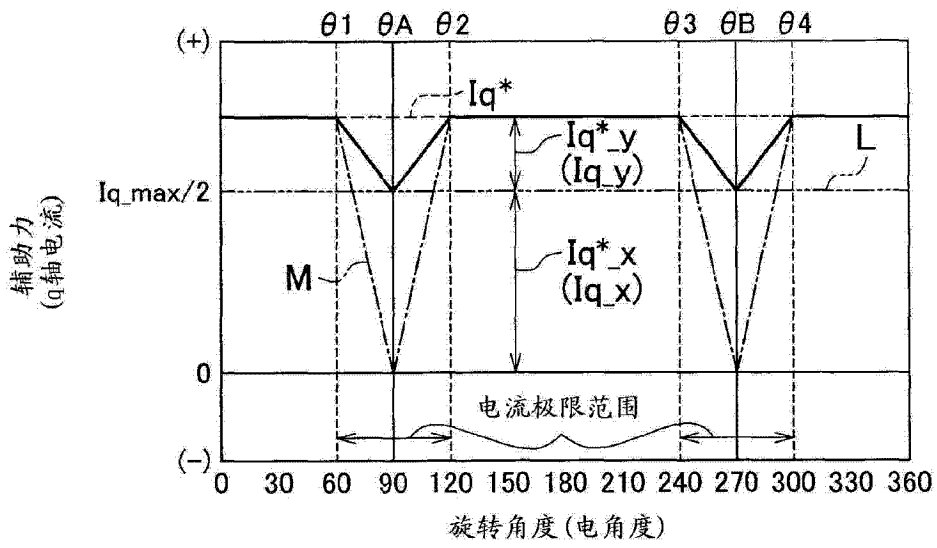


图 10

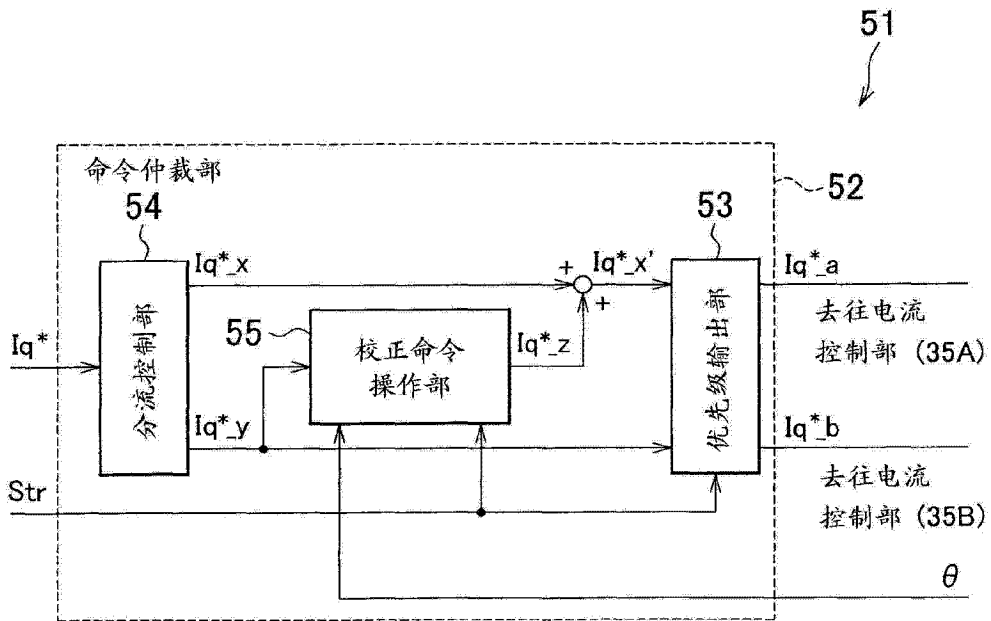


图 11

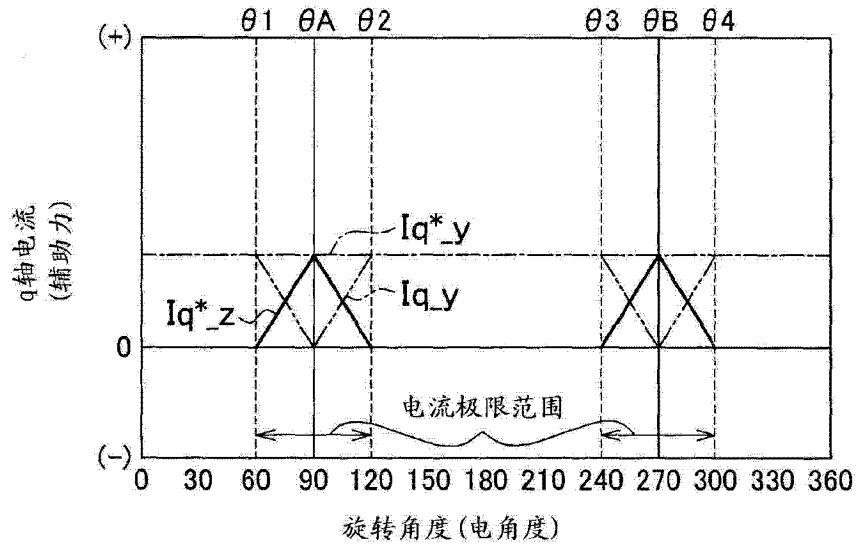


图 12

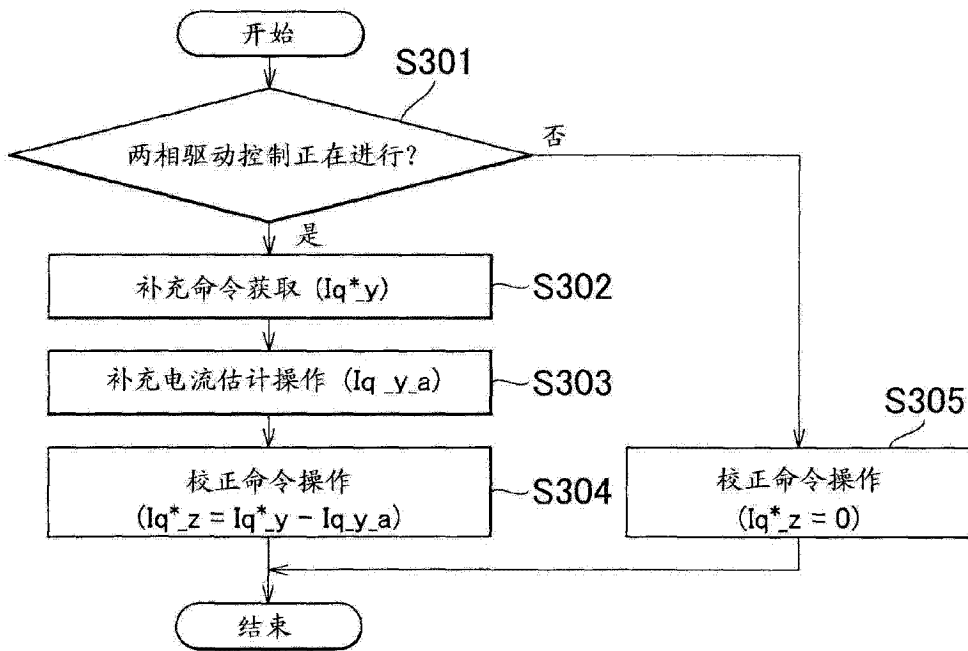


图 13

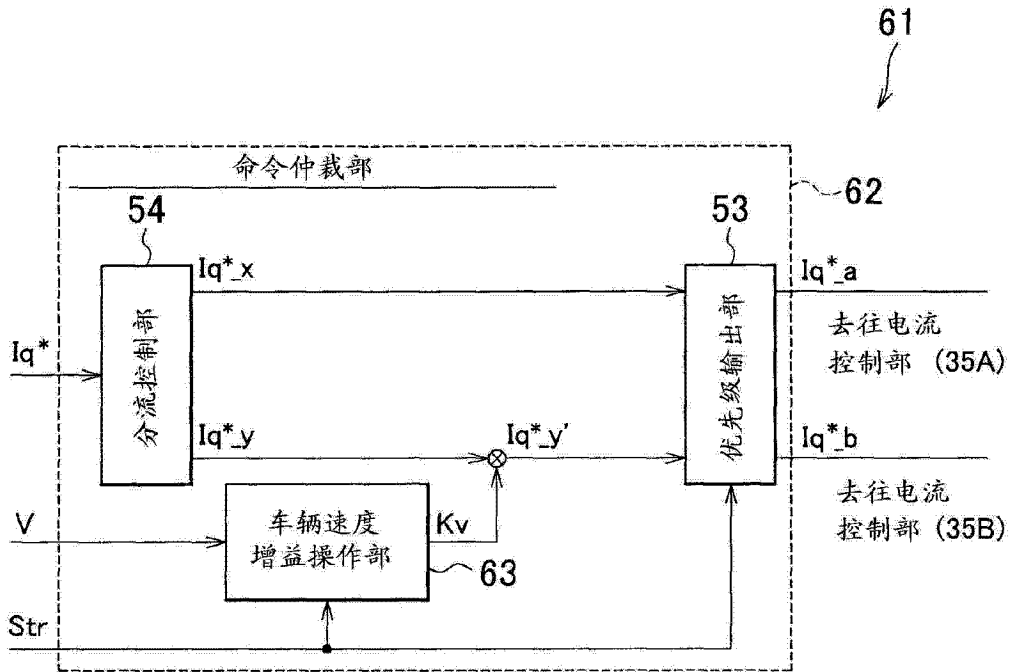


图 14

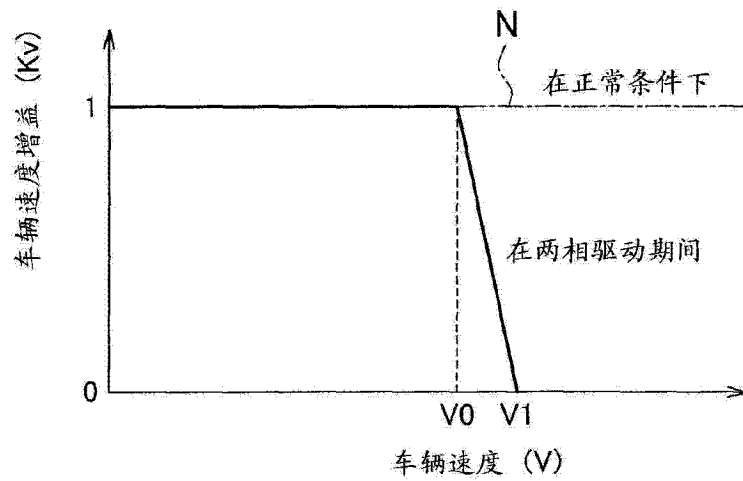


图 15