



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106921329 A

(43)申请公布日 2017. 07. 04

(21)申请号 201610916247.7

H02P 25/024(2016.01)

(22)申请日 2016.10.20

H02P 27/08(2006.01)

(30)优先权数据

B62D 5/04(2006.01)

2015-208003 2015.10.22 JP

(71)申请人 株式会社捷太格特

地址 日本大阪府

(72)发明人 山野尚纪 板本英则 小寺隆志

山下佳裕 安乐厚二

(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司

公司 11227

代理人 李洋 苏琳琳

(51)Int.Cl.

H02P 21/24(2016.01)

H02P 21/22(2016.01)

H02P 21/14(2016.01)

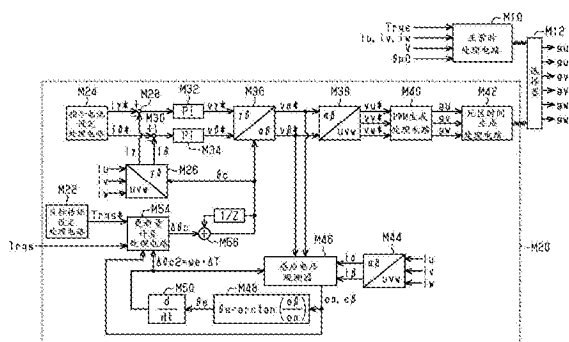
权利要求书2页 说明书14页 附图7页

(54)发明名称

转向操纵控制装置

(57)摘要

本发明提供一种转向操纵控制装置,其即使在对推定变化量施加保护处理的情况下,也能够抑制产生无意中对同步电动机进行再生控制的情况。更新量计算处理电路(M54)为了将转向操纵转矩($Trqs$)反馈控制为目标转矩($Trqs^*$),而通过更新量($\Delta \theta c$)操作控制角(θc)。此时,更新量计算处理电路(M54)以推定变化量($\Delta \theta c2$)为基准,对更新量($\Delta \theta c$)实施保护处理。但是,在指令电流是零的情况下,将保护处理后的值设为更新量($\Delta \theta c$)。在指令电流是零且将更新量($\Delta \theta c$)固定为保护值的情况下,将同步电动机与电池的电气路径断路。



1. 一种转向操纵控制装置,该转向操纵控制装置将转向操纵装置作为控制对象,该转向操纵装置具备:生成辅助转矩的同步电动机、将直流电压源的电压转换为交流电压来施加给所述同步电动机的电力转换电路、以及将所述直流电压源与所述电力转换电路之间和所述电力转换电路与所述同步电动机之间的至少一方的电气路径断路的断路器,其中,

所述转向操纵控制装置包括:

电流控制处理电路,为了将流过所述同步电动机的电流控制为指令值,而对所述电力转换电路施加给所述同步电动机的电压进行操作;

推定处理电路,基于流过所述同步电动机的电流和由所述电力转换电路施加给所述同步电动机的各端子的电压来推定感应电压,并基于该被推定的感应电压来计算每规定时间的所述同步电动机的旋转量即推定变化量;

推定变化量保护处理电路,对所述推定变化量实施保护处理;

控制角操作处理电路,基于被所述推定变化量保护处理电路实施了保护处理的所述推定变化量来操作控制角,所述控制角为在所述电流控制处理电路对所述电流进行控制之时作为所述同步电动机的旋转角度而使用的角度;以及

断路处理电路,以所述指令值是规定值以下,并且所述推定变化量被固定为基于所述推定变化量保护处理电路的保护值为条件,操作所述断路器来将所述电气路径断路。

2. 根据权利要求1所述的转向操纵控制装置,还包括:

转矩获取处理电路,获取被输入至转向机构的转矩即转向操纵转矩;以及

目标转矩设定处理电路,设定所述转向操纵转矩的目标值即目标转矩,其中,

所述控制角操作处理电路以所述电流的指令值超过所述规定值为条件,将所述控制角的更新量的上限值设定为对所述推定变化量加上第一规定值所得的值,并且将所述更新量的下限值设定为对所述推定变化量加上第二规定值所得的值,为了将所述转矩获取处理电路获取到的转向操纵转矩反馈控制为所述目标转矩设定处理电路设定的目标转矩,将所述控制角作为确定所述电流的相位的参数来操作,

另一方面,在所述电流的指令值是所述规定值以下的情况下,根据被所述推定变化量保护处理电路实施了保护处理的所述推定变化量来设定所述更新量。

3. 根据权利要求2所述的转向操纵控制装置,其中,

所述反馈控制在所述转向操纵转矩比所述目标转矩大的情况下,将所述控制角的更新量设为作为所述同步电动机的旋转方向的正向的值,

所述控制角操作处理电路在所述电流的指令值超过所述规定值并且所述转向操纵转矩比所述目标转矩大的情况下,通过将所述第一规定值设为规定量与幅度规定量的和并且将所述第二规定值设为所述规定量,从而通过对所述推定变化量加上所述规定量所得的值设为所述下限值使所述下限值成为比所述推定变化量大的旋转量,通过对该下限值加上所述幅度规定量所得的值设为所述上限值使所述上限值成为比所述下限值大的旋转量,

在所述电流的指令值超过所述规定值并且所述转向操纵转矩比所述目标转矩小的情况下,通过将所述第二规定值设为所述规定量与所述幅度规定量的和的负1倍的值并且将所述第一规定值设为所述规定量的负1倍的值,使从所述推定变化量减去所述规定量所得的值成为所述上限值,使从该上限值减去幅度规定量所得的值成为所述下限值。

4. 根据权利要求2或3所述的转向操纵控制装置,其中,

所述电流控制处理电路具备电流反馈处理电路,该电流反馈处理电路在根据所述控制角的变化而旋转的旋转坐标系中,设定对所述同步电动机施加的电压的指令值即指令电压,作为用于将流过所述同步电动机的电流反馈控制为所述电流的指令值的操作量,

所述电流反馈处理电路基于将流过所述同步电动机的电流与所述电流的指令值的差作为输入的积分要素,来设定所述指令电压。

5. 根据权利要求2或3所述的转向操纵控制装置,还包括:

判定处理电路,判定是否产生了将所述电流的指令值设为所述规定值以下的请求;以及

变更处理电路,在判定为产生了设为所述规定值以下的请求的情况下,在将所述电流的指令值设为所述规定值以下之前将所述控制角逐渐向转矩减少侧变更。

6. 根据权利要求4所述的转向操纵控制装置,还包括:

判定处理电路,判定是否产生了将所述电流的指令值设为所述规定值以下的请求;以及

变更处理电路,在判定为产生了设为所述规定值以下的请求的情况下,在将所述电流的指令值设为所述规定值以下之前将所述控制角逐渐向转矩减少侧变更。

7. 根据权利要求1~3中任一项所述的转向操纵控制装置,还包括:

温度获取处理电路,获取所述同步电动机的温度;以及

限制处理电路,在所述温度获取处理电路获取到的温度为规定温度以上的情况下,将所述电流的指令值限制在所述规定值以下。

8. 根据权利要求4所述的转向操纵控制装置,还包括:

温度获取处理电路,获取所述同步电动机的温度;以及

限制处理电路,在所述温度获取处理电路获取到的温度为规定温度以上的情况下,将所述电流的指令值限制在所述规定值以下。

9. 根据权利要求5所述的转向操纵控制装置,还包括:

温度获取处理电路,获取所述同步电动机的温度;以及

限制处理电路,在所述温度获取处理电路获取到的温度为规定温度以上的情况下,将所述电流的指令值限制在所述规定值以下。

转向操纵控制装置

[0001] 本申请主张于2015年10月22日提出的日本专利申请2015-208003号的优先权,并在此引用其全部内容。

技术领域

[0002] 本发明涉及以根据转向机构的转向操纵来辅助转向操纵的转向操纵装置为操作对象的转向操纵控制装置。

背景技术

[0003] 在日本专利第5440845号中记载有为了将由转矩传感器检测出的转向操纵转矩反馈控制为目标转矩,对成为用于使同步电动机生成辅助转矩的电流反馈控制器的输入的控制角进行操作的控制装置。该控制装置作为同步电动机无传感器控制,进行转矩反馈控制,将通过控制角 θ_c 而旋转的坐标系的坐标轴设为 γ 轴以及 δ 轴,将 γ 轴的指令电流值设为比零大的值,另一方面将 δ 轴的指令电流值设为零。由此,q轴电流根据 γ 轴和d轴的偏移量而流动,通过q轴电流生成同步电动机的转矩。在这里,由于能够通过控制角来操作 γ 轴和d轴的偏移量,所以通过利用转矩反馈控制来操作控制角,能够操作 γ 轴和d轴的偏移量,进而能够控制同步电动机的转矩。

[0004] 在上述装置中,进一步基于同步电动机的感应电压来计算每规定时间的同步电动机的旋转量即推定变化量,并基于推定变化量对用于上述转矩反馈控制的操作量即控制角的更新量实施保护处理。此时,也记载有在规定的条件下对推定变化量进行修正(第[0057]段)。

[0005] 作为上述推定变化量的修正处理,发明者考虑了追加保护处理。另一方面,在上述装置中,由于推定变化量仅被利用在转矩反馈控制的操作量的保护处理中,所以在转矩反馈控制发挥作用的情况下,即使推定变化量没有与准确的旋转速度对应,只要没有从真的旋转速度过度偏离,控制就不会失败。但是,假设在由于流过同步电动机的电流的指令值较小而转矩反馈控制未充分发挥作用的情况下,优选根据上述推定变化量来更新控制角。但是,在该情况下,若继续对推定变化量进行保护处理,则同步电动机的转矩的控制性降低,进而存在同步电动机无意中被再生控制的可能性。

发明内容

[0006] 本发明的目的之一在于提供一种即使在对基于感应电压计算的同步电动机的旋转量即推定变化量实施保护处理的情况下,也能够抑制产生同步电动机无意中被再生控制的情况的转向操纵控制装置。

[0007] 本发明的一实施方式是将具备以下部件的转向操纵装置作为操作对象:生成辅助转矩的同步电动机、将直流电压源的电压转换为交流电压并施加给上述同步电动机的电力转换电路、以及将上述直流电压源与上述电力转换电路之间和上述电力转换电路与上述同步电动机之间的至少一方的电气路径断路的断路器,

[0008] 上述转向操纵控制装置具备：

[0009] 电流控制处理电路，其为了将流过上述同步电动机的电流控制为指令值，对由上述电力转换电路施加给上述同步电动机的电压进行操作；推定处理电路，其基于流过上述同步电动机的电流和由上述电力转换电路施加给上述同步电动机的各端子的电压来推定感应电压，并基于该推定的感应电压来计算每规定时间的上述同步电动机的旋转量即推定变化量；推定变化量保护处理电路，其对上述推定变化量实施保护处理；控制角操作处理电路，其基于被上述推定变化量保护处理电路实施了保护处理的上述推定变化量来操作控制角，上述控制角为在上述电流控制处理电路对上述电流进行控制之时作为上述同步电动机的旋转角度而使用的角度；以及断路处理电路，其以上述指令值是规定值以下，并且上述推定变化量被固定为上述推定变化量保护处理电路的保护值为条件，操作上述切断器来切断上述电气路径。

[0010] 在上述结构中，在推定变化量被固定为保护值的状态的情况下，认为相对于同步电动机的实际的旋转角度的控制角的偏移量随时间变化。在该情况下，电流控制处理电路不能够以在将流过同步电动机的电流控制为指令值后将适当的电压施加给同步电动机的方式操作电力转换电路。因此，在同步电动机的旋转轴通过外部的力而旋转的情况下，同步电动机有可能作为发电机发挥作用。因此，在上述结构中，通过断路处理电路，以指令值是规定值以下，并且推定变化量被固定为推定变化量保护处理电路的保护值为条件，操作切断器切断电气路径。由此，能够妨碍同步电动机成为发电机而对直流电压源充电。因此，即使在对基于感应电压计算的同步电动机的旋转量即推定变化量实施保护处理的情况下，也能够抑制产生同步电动机无意中被再生控制的情况。

[0011] 本发明的其他实施方式在上述实施方式的转向操纵控制装置中，具备：转矩获取处理电路，其获取被输入至转向的转矩即转向操纵转矩；以及目标转矩设定处理电路，其设定上述转向操纵转矩的目标值即目标转矩，上述控制角操作处理电路以上述电流的指令值超过上述规定值为条件，将上述控制角的更新量的上限值设定为在上述推定变化量上加上第一规定值所得的值，并且将上述更新量的下限值设定为在上述推定变化量上加上第二规定值所得的值，为了将上述转矩获取处理电路获取到的转向操纵转矩反馈控制为由上述目标转矩设定处理电路设定的目标转矩，将上述控制角作为确定上述电流的相位的参数来对其进行操作，另一方面，在上述电流的指令值是上述规定值以下的情况下，根据被上述推定变化量保护处理电路实施了保护处理的上述推定变化量来设定上述更新量。

[0012] 在上述结构的情况下，以电流的指令值超过规定值为条件，将推定变化量利用于对用于转矩反馈控制的操作量即控制角的更新量的上限值以及下限值进行设定。因此，在该情况下，即使在假设将推定变化量固定为保护值的情况下，也可以通过转矩反馈控制，将控制角在将转向操纵转矩设为目标值时操作为适当的值。因此，难以产生同步电动机无意中被再生控制的情况。

[0013] 与此相对，由于在电流的指令值是规定值以下的情况下，转矩反馈控制未充分发挥作用，所以通过根据推定变化量来设定更新量，将推定变化量作为每规定时间的同步电动机的实际的旋转量来利用。在该情况下，认为在推定变化量偏离每规定时间的同步电动机的实际的旋转量的情况下，相对于同步电动机的实际的旋转角度的控制角的偏移量随时间变化。而且，在该情况下，存在同步电动机无意中被再生控制的可能性。因此，切断上述电

气路径的条件包含指令值是规定值以下的意思的条件的意义特别大。

[0014] 本发明的另一其他实施方式,在上述实施方式的转向操纵控制装置中,上述反馈控制在上述转向操纵转矩比上述目标转矩大的情况下,将上述控制角的更新量设为作为上述同步电动机的旋转方向的正向的值,上述控制角操作处理电路在上述电流的指令值超过上述规定值并且在上述转向操纵转矩比上述目标转矩大的情况下,通过将上述第一规定值设为规定量以及幅度规定量的和并且将上述第二规定值设为上述规定量,通过将在上述推定变化量上加上上述规定量所得的值设为上述下限值使上述下限值成为比上述推定变化量大的旋转量,通过将在该下限值上加上上述幅度规定量所得的值设为上述上限值使上述上限值成为比上述下限值大的旋转量,在上述电流的指令值超过上述规定值并且上述转向操纵转矩比上述目标转矩小的情况下,通过将上述第二规定值设为上述规定量以及上述幅度规定量的和的负1倍的值并且将上述第一规定值设为上述规定量的负1倍的值,使上述上限值成为从上述推定变化量减去上述规定量所得的值,使上述下限值成为从该上限值减去幅度规定量所得的值。

[0015] 在上述结构的情况下,在由于转向操纵转矩比目标转矩大而需要增加辅助转矩的情况下,通过保护处理本身,将指令值的相位向靠超前侧操作,在需要减少辅助转矩的情况下,通过保护处理本身,将指令值的相位向靠延迟侧操作。因此,作为用于转矩反馈控制的操作量而适当的更新量的设定被保护处理妨碍的可能性降低。因此,认为通过将推定变化量固定为保护值,即使在推定变化量偏离每规定时间的同步电动机的实际的旋转量的情况下,也能够除去推定变化量的保护值的设定是过度地不适当的设定的情况,而通过转矩反馈控制将转向操纵转矩控制为目标转矩。换言之,不会产生同步电动机的再生控制。因此,切断上述电气路径的条件中包含指令值是规定值以下的意思的条件的意义特别大。

[0016] 本发明的另一其他实施方式,在上述实施方式的转向操纵控制装置中,上述电流控制处理电路具备电流反馈处理电路,该电流反馈处理电路在根据上述控制角的变化而旋转的旋转坐标系中,作为用于将流入上述同步电动机的电流反馈控制为上述电流的指令值的操作量,设定对上述同步电动机施加的电压的指令值即指令电压,上述电流反馈处理电路基于以流过上述同步电动机的电流与上述电流的指令值的差为输入的积分要素,来设定上述指令电压。

[0017] 在上述结构中,电流反馈处理电路基于积分要素来设定指令电压。因此,即使控制角相对于实际的旋转角度有误差,若该误差是一定,则通过积分要素的输出值收敛,也能够设定将流过同步电动机的电流设为指令值时所需要的指令电压。

[0018] 本发明的另一其他实施方式,在上述实施方式的转向操纵控制装置中,具备:判定处理电路:其判定是否产生了将上述电流的指令值设为上述规定值以下的请求;以及变更处理电路,在判定为产生了设为上述规定值以下的请求的情况下,在将上述电流的指令值设为上述规定值以下之前,将控制角逐渐向转矩减少侧变更。

[0019] 在上述结构中,在产生了将指令值设为规定值以下的请求的情况下,在使指令值递减的情况下,很难使同步电动机的转矩递减。这是因为,由于在指令值较小的情况下,很难作为转矩反馈控制的操作量适当地设定控制角的更新量,所以很难将使指令值递减的期间的控制角操作为适当的值。因此,在上述结构中,在将指令值设为规定值以下之前,将控制角逐渐向转矩减少侧变更。因此,能够抑制同步电动机的转矩急剧减少的情况。

[0020] 本发明的另一其他实施方式,在上述实施方式的转向操纵控制装置中,具备:温度获取处理电路,其获取上述同步电动机的温度;以及限制处理电路,其在上述温度获取处理电路获取到的温度为规定温度以上的情况下,将上述电流的指令值限制在上述规定值以下。

[0021] 在上述结构中,在同步电动机的温度成为规定温度以上的情况下,将电流的指令值限制在规定值以下。因此,在该情况下,根据推定变化量来设定控制角的更新量特别有效。

附图说明

[0022] 通过以下参照附图对本发明的优选实施方式进行的详细描述,本发明前述的和其它的特点和优点得以进一步明确。其中,相似的附图标记用于表示相似的要素。

[0023] 图1是具备第一实施方式的转向操纵控制装置的转向操纵系统的结构图。

[0024] 图2是表示在本实施方式中由CPU实现的处理的一部分的框图。

[0025] 图3是表示本实施方式的更新量计算处理电路的处理的顺序的流程图。

[0026] 图4是表示本实施方式的更新量计算处理电路的处理的顺序的流程图。

[0027] 图5是表示本实施方式的过热判定处理的顺序的流程图。

[0028] 图6是表示本实施方式的过热保护处理的顺序的流程图。

[0029] 图7是表示本实施方式的断路处理的顺序的流程图。

[0030] 图8是具备第二实施方式的转向操纵控制装置的转向操纵系统的结构图。

具体实施方式

[0031] 以下,参照附图对本发明的转向操纵控制装置的第一实施方式进行说明。如图1所示,在本实施方式的转向操纵装置中,方向盘10被固定于转向轴12,根据转向轴12的旋转,齿条轴20沿轴向往复运动。此外,转向轴12通过从方向盘10侧开始依次连结柱轴14、中间轴16、以及小齿轮轴18而构成。

[0032] 小齿轮轴18以能够向转舵致动器PSA的齿条轴20传递动力的方式配置。详细而言,齿条轴20与小齿轮轴18以具有规定的交叉角的方式配置,形成于齿条轴20的第一齿条齿20a和形成于小齿轮轴18的小齿轮齿18a啮合从而构成第一齿条和小齿轮机构22。另外,在齿条轴20的两端连结有拉杆24,拉杆24的前端与组装有转舵轮26的未图示的转向节连结。因此,伴随着方向盘10的操作的转向轴12的旋转被第一齿条和小齿轮机构22转换为齿条轴20的轴向位移,该轴向位移经由拉杆24传递至转向节,从而对转舵轮26的转舵角,即车辆的行进方向进行变更。

[0033] 上述齿条轴20以与小齿轮轴28具有规定的交叉角的方式配置,形成于齿条轴20的第二齿条齿20b与形成于小齿轮轴28的小齿轮齿28a啮合从而构成第二齿条和小齿轮机构30。小齿轮轴28经由蜗杆蜗轮等减速机构32,与同步电动机34的旋转轴34a连接。同步电动机34是3相的表面磁铁同步电动机(SPMSM)。

[0034] 同步电动机34经由继电器RL以及逆变器INV与直流电压源(电池40)连接。逆变器INV是对电池40的正极以及负极的每一极与同步电动机34的3个端子的每个端子之间进行开闭的电路。

[0035] 此外,在图1中,对构成逆变器INV的MOS场效应晶体管(开关元件)的符号中的分别与同步电动机34的3个端子连接的符号分别施加u、v、w,另外,对上侧臂施加p,对下侧臂施加n。此外,以下,将u、v、w汇总记作 Υ ,将p、n汇总记作 $\#$ 。即,逆变器INV具备对电池40的正极与同步电动机34的端子之间进行开闭的开关元件 $S\Upsilon p$ 、与对电池40的负极与同步电动机34的端子之间进行开闭的开关元件 $S\Upsilon n$ 的串联连接体而构成。而且,开关元件 $S\Upsilon \#$ 与二极管 $D\Upsilon \#$ 反并联连接。

[0036] 转向操纵控制装置(控制装置50)具备中央处理装置(CPU52)以及存储器54。控制装置50通过将同步电动机34的转矩设为控制量,对逆变器INV进行操作,来执行辅助方向盘10的操作的辅助控制。此时,控制装置50参照各种传感器的检测值。作为这些传感器,例如,有检测同步电动机34的旋转轴34a的旋转角度 θ_{p0} 的旋转角度传感器58、检测对转向轴12施加的转矩(转向操纵转矩 $Trqs$)的转矩传感器60、检测车辆的行驶速度(车速V)的车速传感器62、检测同步电动机34的温度 T_m 的温度传感器64等。并且,控制装置50获取分别与开关元件 S_{un} 、 S_{vn} 、 S_{wn} 的源极侧连接的分流电阻56的电压降作为电流 i_u 、 i_v 、 i_w ,并将它们利用于辅助控制。

[0037] 图2中示有控制装置50所执行的处理的一部分。图2按照每个被实现的处理的种类记载有通过CPU52执行存储于存储器54的程序来实现的几个处理。

[0038] 正常时处理电路M10将由旋转角度传感器58检测出的旋转轴34a的旋转角度 θ_{p0} 、作为分流电阻56的电压降检测的同步电动机34的各相的电流 i_Υ 、由车速传感器62检测的车速V、由转矩传感器60检测的转向操纵转矩 $Trqs$ 作为输入,生成用于控制同步电动机34的辅助转矩的开关元件 $S\Upsilon \#$ 的操作信号 $g\Upsilon \#$ 。

[0039] 无传感器处理电路M20在旋转角度传感器58产生异常的情况下,不使用旋转角度传感器58的旋转角度 θ_{p0} ,来控制同步电动机34的辅助转矩。

[0040] 选择器M12根据旋转角度传感器58的异常的有无,选择性地将正常时处理电路M10的操作信号 $g\Upsilon \#$ 和无传感器处理电路M20的操作信号 $g\Upsilon \#$ 的任意一个输出至逆变器INV。但是,实际上,在旋转角度传感器58产生异常之前,传感器处理电路M20不预先执行计算操作信号 $g\Upsilon \#$ 的处理,另外,在旋转角度传感器58产生了异常后,正常时处理电路M10不执行计算操作信号 $g\Upsilon \#$ 的处理。此外,作为旋转角度传感器58的异常的有无的判定处理,例如,也可以不管转向操纵转矩 $Trqs$ 的绝对值是否是规定值以上,只要旋转角度传感器58的输出值被固定的状态持续规定时间以上的情况下就判定为异常。

[0041] 以下,对无传感器处理电路M20进行详细叙述。目标转矩设定处理电路M22设定目标转矩 $Trqs^*$ 。指令电流设定处理电路M24设定旋转坐标系即 $\gamma\delta$ 坐标系的 γ 轴的指令电流 i_{γ^*} 和 δ 轴的指令电流 i_{δ^*} 。特别是,在本实施方式中,将 γ 轴的指令电流 i_{γ^*} 设为正的值,并且将 δ 轴的指令电流 i_{δ^*} 设为零。

[0042] $\gamma\delta$ 转换处理电路M26将3相固定坐标系的电流 i_u 、 i_v 、 i_w 转换为旋转坐标系即 $\gamma\delta$ 坐标系中的 γ 轴的电流 i_γ 和 δ 轴的电流 i_δ 。在这里, $\gamma\delta$ 转换处理电路M26在坐标转换中利用的旋转角度是后述的控制角 θ_c 。

[0043] 偏差计算处理电路M28从 γ 轴的指令电流 i_{γ^*} 减去电流 i_γ 并输出,偏差计算处理电路M30从 δ 轴的指令电流 i_{δ^*} 减去电流 i_δ 并输出。电流反馈处理电路M32获取偏差计算处理电路M28的输出,作为用于将 γ 轴的电流 i_γ 反馈控制为指令电流 i_{γ^*} 的操作量,输出 γ 轴

上的指令电压 v_{γ^*} 。电流反馈处理电路M34获取偏差计算处理电路M30的输出,作为用于将 δ 轴的电流 i_{δ} 反馈控制为指令电流 i_{δ^*} 的操作量,输出 δ 轴上的指令电压 v_{δ^*} 。电流反馈处理电路M32、M34也可以将针对输入的比例要素的输出值以及积分要素的输出值的和作为操作量输出。

[0044] $\alpha\beta$ 转换处理电路M36将 $\gamma\delta$ 轴上的指令电压 v_{γ^*} 、 v_{δ^*} 转换为 $\alpha\beta$ 轴上的指令电压 v_{α^*} 、 v_{β^*} 并输出。在这里, α 轴是电流流过与连接于开关元件 $S_{u\#}$ 的同步电动机34的端子相连接的定子线圈时的磁通的方向, β 轴是相对于 α 轴逆时针旋转了 90° 的方向。此外, $\alpha\beta$ 转换处理电路M36在坐标转换中利用的规定的旋转角度是后述的控制角 θ_c 。

[0045] uvw 转换处理电路M38将 $\alpha\beta$ 轴上的指令电压 v_{α^*} 、 v_{β^*} 转换为3相固定坐标系的指令电压 v_{u^*} 、 v_{v^*} 、 v_{w^*} 。PWM处理电路M40基于3相的指令电压 v_{u^*} 、 v_{v^*} 、 v_{w^*} ,生成3相的PWM信号 g_u 、 g_v 、 g_w 。PWM信号 g_{γ} 根据逻辑H期间,除去死区时间来规定上侧臂的开关元件 $S_{\gamma p}$ 的开启操作期间。死区时间生成处理电路M42基于PWM信号 g_{γ} ,生成开关元件 $S_{\gamma \#}$ 的操作信号 $g_{\gamma \#}$,并输出至逆变器INV。对操作信号 $g_{\gamma \#}$,以在上侧臂的开关元件 $S_{\gamma p}$ 与下侧臂的开关元件 $S_{\gamma n}$ 中的从第一开关元件关闭操作切换到开启操作之前,关闭操作第二开关元件的方式施加死区时间。

[0046] $\alpha\beta$ 转换处理电路M44将电流 i_u 、 i_v 、 i_w 转换为 $\alpha\beta$ 坐标系的电流 i_{α} 、 i_{β} 。感应电压观测器M46基于 $\alpha\beta$ 转换处理电路M44输出的电流 i_{α} 、 i_{β} 、指令电压 v_{α^*} 、 v_{β^*} 、后述的推定变化量 $\Delta\theta_{c2}$,来推定 $\alpha\beta$ 轴上的感应电压 e_{α} 、 e_{β} 。角度计算处理电路M48作为以推定出的感应电压 e_{α} 、 e_{β} 的比 e_{β}/e_{α} 为输入的反正切函数的输出值,计算推定角度 θ_e 。速度计算处理电路M50将推定角度 θ_e 作为输入,来计算推定变化量 $\Delta\theta_{c2}$ 。在这里,推定变化量 $\Delta\theta_{c2}$ 表示每规定时间 ΔT 的推定角度 θ_e 的变化量。若使用推定角度 θ_e 的变化速度 ω_e ,则推定变化量 $\Delta\theta_{c2}$ 成为 $\omega_e \cdot \Delta T$ 。

[0047] 更新量计算处理电路M54计算用于更新控制角 θ_c 的更新量 $\Delta\theta_c$ 并输出。更新处理电路M56在前一次的控制周期中的控制角 θ_c 上加上本次的更新量 $\Delta\theta_c$,来更新控制角 θ_c 。此外,上述规定时间 ΔT 与控制周期一致。

[0048] 在本实施方式中,假定在旋转坐标系中,将流过同步电动机34的电流控制在 d 轴的正侧与 q 轴的正侧之间的区域。换言之,假定将电流的相位控制在 $0 \sim -90^\circ$ 的区域内。在这里,将 d 轴的正方向设为磁极的方向,将 q 轴的正方向设为相对于 d 轴向同步电动机34旋转的方向错开了 90° 电气角的方向。另外,将上述电流的相位定义为电流矢量的方向(在这里是 γ 轴的正向)与 q 轴所成的角度,并且在从 q 轴向旋转方向行进的情况下定义为正。另外,以下只要没有特别通知,就将同步电动机34的旋转方向设为正,将旋转方向的转矩设为正的转矩。在该情况下,在控制角 θ_c 的更新量 $\Delta\theta_c$ 等于每规定时间 ΔT 的同步电动机34的实际的旋转量的情况下,电流的相位为一定值。与此相对,在更新量 $\Delta\theta_c$ 比每规定时间 ΔT 的同步电动机34的实际的旋转量大的情况下,电流的相位向使电流矢量超前侧变化。另外,在更新量 $\Delta\theta_c$ 比每规定时间 ΔT 的同步电动机34的实际的旋转量小的情况下,电流的相位向使电流矢量延迟侧变化。因此,在本实施方式中,为了操作电流的相位,将控制角 θ_c 作为确定电流的相位的参数来对其进行操作。

[0049] 图3中示有更新量计算处理电路M54的处理。此外,该处理按照上述控制周期被反复执行。在图3所示的一系列的处理中,更新量计算处理电路M54首先判定推定变化量 $\Delta\theta_{c2}$

是否不足推定用下限值 $\Delta \theta_L$ (S10)。而且,更新量计算处理电路M54在判定为不足推定用下限值 $\Delta \theta_L$ 的情况下 (S10:是),对推定变化量 $\Delta \theta_{c2}$ 实施保护处理,并将保护处理后的推定变化量 $\Delta \theta_{c2}$ 即推定变化量 $\Delta \theta_{c1}$ 设为推定用下限值 $\Delta \theta_L$ (S12)。在这里,将推定用下限值 $\Delta \theta_L$ 设定为能够假定为推定变化量 $\Delta \theta_{c2}$ 的可取的值的下限值。另一方面,更新量计算处理电路M54在判定为比推定用下限值 $\Delta \theta_L$ 大的情况下 (S10:否),判定推定变化量 $\Delta \theta_{c2}$ 是否比推定用上限值 $\Delta \theta_H$ 大 (S14)。在这里,将推定用上限值 $\Delta \theta_H$ 设定为能够假定为推定变化量 $\Delta \theta_{c2}$ 的可取的值的上限值。而且,更新量计算处理电路M54在判定为比推定用上限值 $\Delta \theta_H$ 大的情况下 (S14:是),对推定变化量 $\Delta \theta_{c2}$ 实施保护处理,并将保护处理后的推定变化量 $\Delta \theta_{c2}$ 即推定变化量 $\Delta \theta_{c1}$ 设为推定用上限值 $\Delta \theta_H$ (S16)。与此相对,更新量计算处理电路M54在判定为是推定用上限值 $\Delta \theta_H$ 以下的情况下 (S14:否),将推定变化量 $\Delta \theta_{c1}$ 设为推定变化量 $\Delta \theta_{c2}$ (S18)。

[0050] 此外,更新量计算处理电路M54在步骤S12、S16、S18的处理完成的情况下,暂时结束图3所示的一系列的处理。图4中示有更新量计算处理电路M54所执行的其它的处理。该处理按照上述控制周期被反复执行。

[0051] 在图4所示的一系列的处理中,更新量计算处理电路M54首先获取转向操纵转矩 Tr_{qs} (S20)。接下来,更新量计算处理电路M54判定感应电压 e_α 、 e_β 的矢量范数是否是规定值 E_{th} 以上 (S22)。在这里,矢量范数是将同步电动机34的感应电压的振幅的大小定量化的参数。在这里,规定值 E_{th} 被设定为在感应电压观测器M46的旋转角度、旋转速度的推定精度成为规定以上的精度时的感应电压矢量的范数的下限值。更新量计算处理电路M54在判定为是规定值 E_{th} 以上的情况下 (S22:是),判定指令电流 i_γ^* 是否不是零 (S24)。而且,更新量计算处理电路M54在判定为不是零的情况下 (S24:是),将从转向操纵转矩 Tr_{qs} 减去了目标转矩 Tr_{qs}^* 所得的值作为输入值,来计算更新量 $\Delta \theta_{c3}$ (S26)。详细而言,将从转向操纵转矩 Tr_{qs} 减去了目标转矩 Tr_{qs}^* 所得的值作为输入值,使用增益 K_i 来更新积分要素的输出值 I ,并且使用增益 K_p 来更新比例要素的输出值 P ,并将积分要素的输出值 I 与比例要素的输出值 P 的和设为更新量 $\Delta \theta_{c3}$ 。

[0052] 在这里,本实施方式将增益 K_p 、 K_i 设为正值,在使同步电动机34的辅助转矩增大时,使控制角 θ_c 增大。这与如上所述,假定了在旋转坐标系中,将流过同步电动机34的电流控制在d轴的正侧与q轴的正侧之间的区域对应。在将电流控制在上述区域内的情况下,越使电流矢量超前,电流矢量的q轴的正方向的分量越大。在转向操纵转矩 Tr_{qs} 比目标转矩 Tr_{qs}^* 大的情况下,在将转向操纵转矩 Tr_{qs} 控制为目标转矩 Tr_{qs}^* 后同步电动机34的辅助转矩不足。因此,在从转向操纵转矩 Tr_{qs} 减去目标转矩 Tr_{qs}^* 所得的值是正的情况下,将更新量 $\Delta \theta_c$ 设为正。

[0053] 接下来,更新量计算处理电路M54判定从转向操纵转矩 Tr_{qs} 减去目标转矩 Tr_{qs}^* 所得的值是否是正 (S28)。而且,更新量计算处理电路M54在判定为是正的情况下 (S28:是),将更新量计算处理电路M54的输出值即更新量 $\Delta \theta_c$ 的下限值 ΔMin 设为在推定变化量 $\Delta \theta_{c1}$ 上加上规定量 Δa (>0) 所得的值,并将更新量 $\Delta \theta_c$ 的上限值 ΔMax 设为在下限值 ΔMin 上加上幅度规定量 Δb (>0) 所得的值 (S30)。该处理是用于作为用于将转向操纵转矩 Tr_{qs} 控制为目标转矩 Tr_{qs}^* 的操作量,而规定更新量 $\Delta \theta_c$ 的适当的范围的处理。

[0054] 即,在步骤S28中判定为肯定的情况下,辅助转矩不足。另一方面,如上所述,越使

流过同步电动机34的电流的相位超前,同步电动机34的辅助转矩越增大。因此,为了使流过同步电动机34的电流的相位超前,需要控制角 θ_c 的更新量 $\Delta\theta_c$ 比每规定时间 ΔT 的同步电动机34的实际的旋转量大。而且,由于认为实际的旋转量与推定变化量 $\Delta\theta_{c1}$ 相当,所以将下限值 ΔMin 、上限值 ΔMax 设为比推定变化量 $\Delta\theta_{c1}$ 大的旋转量。

[0055] 另一方面,更新量计算处理电路M54在判定为从转向操纵转矩 $Trqs$ 减去目标转矩 $Trqs^*$ 所得的值不是正的情况下(S28:否),判定从转向操纵转矩 $Trqs$ 减去目标转矩 $Trqs^*$ 所得的值是否是负(S32)。而且,更新量计算处理电路M54在判定为是负的情况下(S32:是),将更新量计算处理电路M54的输出值即更新量 $\Delta\theta_c$ 的上限值 ΔMax 设为从推定变化量 $\Delta\theta_{c1}$ 进去规定量 Δa 所得的值,将更新量 $\Delta\theta_c$ 的下限值 ΔMin 设为从上限值 ΔMax 减去幅度规定量 Δb 所得的值(S34)。该处理是用于在同步电动机34的辅助转矩过度时,作为用于将转向操纵转矩 $Trqs$ 控制为目标转矩 $Trqs^*$ 的操作量,规定更新量 $\Delta\theta_c$ 的适当的范围的处理。

[0056] 与此相对,更新量计算处理电路M54在判定为从转向操纵转矩 $Trqs$ 进去目标转矩 $Trqs^*$ 所得的值不是负的情况下(S32:否),将上限值 ΔMax 和下限值 ΔMin 双方设为推定变化量 $\Delta\theta_{c1}$ (S36)。

[0057] 接下来,更新量计算处理电路M54判定更新量 $\Delta\theta_{c3}$ 是否超过上限值 ΔMax (S38)。而且,更新量计算处理电路M54在判定为超过上限值 ΔMax 的情况下(S38:是),作为保护处理执行将更新量计算处理电路M54所输出的更新量 $\Delta\theta_c$ 设为上限值 ΔMax 的处理,并且作为积分要素的饱和措施将积分要素的输出值 I 减去 $\Delta\theta_c - \Delta Max$ 的量来进行修正(S40)。

[0058] 另一方面,更新量计算处理电路M54在判定为未超过上限值 ΔMax 的情况下(S38:否),判定更新量 $\Delta\theta_{c3}$ 是否不足下限值 ΔMin (S42)。而且,更新量计算处理电路M54在判定为不足下限值 ΔMin 的情况下(S42:是),作为保护处理执行将更新量计算处理电路M54所输出的更新量 $\Delta\theta_c$ 设为下限值 ΔMin 的处理,并且作为积分要素的饱和措施将积分要素的输出值 I 减去 $\Delta\theta_{c1} - \Delta Min$ 的量来进行修正(S44)。

[0059] 另外,更新量计算处理电路M54在判定为不是不足下限值 ΔMin 的情况下(S42:否),将更新量计算处理电路M54输出的更新量 $\Delta\theta_c$ 设为在步骤S26中计算出的更新量 $\Delta\theta_{c3}$ (S46)。另外,更新量计算处理电路M54在判定为指令电流 i_γ^* 是零的情况下(S24:否),将更新量 $\Delta\theta_c$ 设为推定变化量 $\Delta\theta_{c1}$ (S48)。

[0060] 另一方面,更新量计算处理电路M54在判定为不足规定值 E_{th} 的情况下(S22:否),换言之在判定为推定的旋转速度低于规定速度的情况下,将从转向操纵转矩 $Trqs$ 减去目标转矩 $Trqs^*$ 所得的值作为输入值,来计算更新量 $\Delta\theta_c$ (S49)。详细而言,将从转向操纵转矩 $Trqs$ 减去目标转矩 $Trqs^*$ 所得的值作为输入值,使用增益 K_{i0} 来更新积分要素的输出值 I ,并且使用增益 K_p 来更新比例要素的输出值 P ,并将积分要素的输出值 I 与比例要素的输出值 P 的和设为更新量 $\Delta\theta_c$ 。此外,在本实施方式中,使增益 K_{i0} 与增益 K_i 不同。

[0061] 此外,更新量计算处理电路M54在步骤S40、S44、S46、S48、S49的处理完成的情况下,暂时结束图4所示的一系列的处理。顺便说一下,实际上,在方向盘10的右旋操作时和左旋操作时,同步电动机34的旋转轴34a的旋转方向相反。然而,在图4所示的处理中,示出不管同步电动机34的旋转方向是哪一方向,都将同步电动机34的旋转轴34a的旋转方向设为正的逻辑。但是,在向图2的更新处理电路M56输出更新量 $\Delta\theta_c$ 时,实施符号的变更等适当的处理,即使同步电动机34的旋转方向是任一方向,例如在步骤S30中,都将下限值 ΔMin 设定

为高于同步电动机34的实际的旋转量(推定变化量 $\Delta\theta_{c2}$)的旋转量。

[0062] 上述步骤S24中判定为否定的状况,即,将指令电流 i_{γ}^* 设为零的状况,例如,因同步电动机34的过热保护的请求而产生。接下来对此进行说明。

[0063] 图5示有过热判定处理的顺序。该处理被CPU52例如以规定周期反复执行。在图5所示的一系列的处理中,CPU52首先获取由温度传感器64检测的温度 T_m (S50)。接下来,CPU52判定过热标志F是否是1(S52)。过热标志F在执行同步电动机34的过热保护处理的情况下为1,在未执行的情况下为零。而且,CPU52在判定为过热标志F不是1的情况下(S52:否),判定温度 T_m 是否是规定温度 T_{thH} 以上(S54)。在这里,将规定温度 T_{thH} 设定为请求同步电动机34的过热保护处理的温度的下限值。而且,CPU52在判定为是规定温度 T_{thH} 以上的情况下(S54:是),将过热标志F设为1(S56)。

[0064] 与此相对,CPU52在判定为过热标志F是1的情况下(S52:是),判定温度 T_m 是否是比规定温度 T_{thH} 低的恢复温度 T_{thL} 以下(S58)。而且,CPU52在判定为是恢复温度 T_{thL} 以下的情况下(S58:是),将过热标志F设为零(S60)。

[0065] 此外,CPU52在完成步骤S56、S60的处理的情况下、在步骤S54、S58中判定为否定的情况下,暂时结束图5所示的一系列的处理。图6中示有过热保护处理的顺序。该处理被CPU52例如以规定周期反复执行。

[0066] 在图6所示的一系列的处理中,CPU52首先判定过热标志F是1与指令电流 i_{γ}^* 不是零的逻辑与是否为真(S70)。该处理用于判定是否处于不管是否产生过热保护处理的请求,都处于尚未将指令电流 i_{γ}^* 设为零的状态。而且,CPU52在判定为逻辑与是真的情况下(S70:是),将本次的更新量 $\Delta\theta_c(n)$ 设为从前一次的更新量 $\Delta\theta_c(n-1)$ 减去规定量 $\Delta\Delta$ 所得的值(S72)。在执行该处理的情况下,将通过图4的处理求出的更新量 $\Delta\theta_c$ 设为无效。即、执行步骤S72的处理的是更新量计算处理电路M54,更新量计算处理电路M54将通过步骤S72计算出的值输出至更新处理电路M56。接着,CPU52判定本次的更新量 $\Delta\theta_c(n)$ 是否是零以下(S74)。该处理用于判定是否成为了将指令电流 i_{γ}^* 设为零的时机。

[0067] 而且,CPU52在判定为本次的更新量 $\Delta\theta_c(n)$ 是零以下的情况下(S74:是),将指令电流 i_{γ}^* 设为零(S78)。与此相对,CPU52在判定为本次的更新量 $\Delta\theta_c(n)$ 比零大的情况下(S74:否),对变量n进行更新(S76)。由此,将本次的更新量 $\Delta\theta_c(n)$ 设为前一次的更新量 $\Delta\theta_c(n-1)$ 。

[0068] 另外,CPU52在判定为逻辑与为假的情况下(S70:否),判定过热标志F是否是零(S80)。该处理用于判定过热保护处理的解除条件是否成立。而且,CPU52在判定为过热标志F是零的情况下(S80:是),使指令电流 i_{γ}^* 恢复到比零大的值(S82)。

[0069] 此外,CPU52在步骤S76、S78、S82的处理完成的情况下、在步骤S80中判定为否定的情况下,暂时结束该一系列的处理。这样,若将指令电流 i_{γ}^* 设为零,则通过图4所示的处理,更新量计算处理电路M54停止转矩反馈控制。而且,在该情况下,控制角 θ_c 将推定变化量 $\Delta\theta_{c1}$ 更新为更新量 $\Delta\theta_c$ 。由此,根据同步电动机34的旋转速度,来对控制角 θ_c 进行更新。因此,能够将流过同步电动机34的电流控制为零。即、同步电动机34的dq轴上的电压方程式为以下的式(c1)、(c2)。

$$[0070] \quad v_d = R \cdot i_d - \omega \cdot L \cdot i_q \quad (c1)$$

$$[0071] \quad v_q = \omega \cdot L \cdot i_d + R \cdot i_q + \Phi \cdot \omega \quad (c2)$$

[0072] 此外,在上述,使用了电阻 R 、电感 L 、反电动势常量 Φ 以及电气角速度 ω 。在这里,在将电流 i_d 、 i_q 控制为零的情况下,将 dq 轴上的电压(v_d , v_q)控制为 $(0, \Phi \cdot \omega)$ 。因此,例如在 γ 轴与 d 轴一致的情况下,由于电流反馈处理电路M32、M34的积分要素的输出值收敛,而指令电压 v_{γ}^* 、 v_{δ}^* 收敛于 $(0, \Phi \cdot \omega)$,流过同步电动机34的电流被稳定地控制为零。另一方面,在 γ 轴偏离 d 轴的情况下,指令电压 v_{γ}^* 、 v_{δ}^* 收敛为使矢量 $(0, \Phi \cdot \omega)$ 旋转了偏移量的值,流过同步电动机34的电流被稳定地控制为零。

[0073] 因此,在控制角 θ_c 与同步电动机34的电气角一致,或偏离电气角的偏移量是一定的情况下,能够将流过同步电动机34的电流控制为零。与此相对,在相对于实际的电气角的控制角 θ_c 的偏移量不是一定的情况下,存在控制失败,而指令电压 v_{γ}^* 、 v_{δ}^* 在将流过同步电动机34的电流设为零时不会成为适当的值的可能性。而且,在该情况下,存在同步电动机34在无意中被再生控制的可能性。与此相对,即使将开关元件 $S_{\gamma\#}$ 的全部设为关闭状态,也不会消除存在同步电动机34被再生控制的可能性的情况。这是因为从同步电动机34经由二极管 $D_{\gamma p}$ 、电池40以及二极管 $D_{\gamma n}$ 流入同步电动机34的电流的电气路径成为闭环。因此,在本实施方式中,执行继电器RL的断路处理。

[0074] 图7示有断路处理的顺序。该处理被CPU52,例如以规定周期反复执行。在图7所示的一系列的处理中,CPU52首先判定指令电流 i_{γ}^* 是规定值 I_{th} 以下,并且推定变化量 $\Delta\theta_{c1}$ 成为推定用下限值 $\Delta\theta_L$ 或者推定用上限值 $\Delta\theta_H$ 的状态是否持续了一定时间(S90)。该处理用于判定在根据推定变化量 $\Delta\theta_{c1}$ 对控制角 θ_c 进行更新时,推定变化量 $\Delta\theta_{c1}$ 是否未高精度地表现同步电动机34的电气角的每规定时间 ΔT 的旋转量。即、在推定变化量 $\Delta\theta_{c1}$ 成为推定用下限值 $\Delta\theta_L$ 或者推定用上限值 $\Delta\theta_H$ 的情况下,基于感应电压推定出的推定变化量 $\Delta\theta_{c2}$ 与推定变化量 $\Delta\theta_{c1}$ 持续不一致。因此,在该情况下,存在相对于同步电动机34的电气角的控制角 θ_c 的偏移量稳定地变动的可能性。

[0075] CPU52在判定为持续一定时间的情况下(S90:是),为了打开操作继电器RL,向继电器RL输出操作信号MS(S92)。此外,CPU52在步骤S92的处理完成的情况下、在步骤S90中判定为否定的情况下,暂时结束该一系列的处理。

[0076] 在这里,对本实施方式的作用进行说明。在通过过热保护处理将指令电流 i_{γ}^* 设为零时,将推定变化量 $\Delta\theta_{c1}$ 固定为保护值(推定用下限值 $\Delta\theta_L$ 或者推定用上限值 $\Delta\theta_H$)情况下,打开操作继电器RL。因此,在通过方向盘10的操作使旋转轴34a旋转的情况下,从同步电动机34经由逆变器INV对电池40充电的电气路径被断路。

[0077] 此外,可能产生推定变化量 $\Delta\theta_{c1}$ 被固定为保护值的状况,例如,存储于存储器54的推定用下限值 $\Delta\theta_L$ 、推定用上限值 $\Delta\theta_H$ 的值成为不适当的值的情况。即、产生例如与同步电动机34的控制正常时可取的的实际的下限值相比,推定用下限值 $\Delta\theta_L$ 稍大,或与实际的上限值相比,推定用上限值 $\Delta\theta_H$ 稍小的情况。因此,控制装置50在步骤S90中判定为肯定的情况下,优选将该意思通知到外部。顺便说一下,在推定用上限值 $\Delta\theta_H$ 、推定用下限值 $\Delta\theta_L$ 从正常时可取的值过度地偏离的情况下,甚至连转矩反馈控制也不成立。在本实施方式中,假定了不是存储了这样的过度地异常的值的情况,而是存储了处于很难一看就识别出是正常还是异常的级别的值的情况的应对。

[0078] 根据以上说明的本实施方式,能够得到以下记载的效果。

[0079] (1) 以指令电流 i_{γ}^* 是规定值 I_{th} 以下,并且推定变化量 $\Delta\theta_{c1}$ 被固定为保护值(推

定用上限值 θ_H 、推定用下限值 θ_L)为条件,打开操作了继电器RL。由此,能够妨碍同步电动机34成为发电机而对电池40充电。因此,即使在对基于感应电压计算的同步电动机34的旋转量即推定变化量 $\Delta\theta_{c2}$ 实施保护处理的情况下,也能够抑制产生同步电动机34无意中被再生控制的情况。

[0080] (2)以指令电流 i_{γ}^* 不是零为条件,作为转矩反馈控制的操作量对控制角 θ_c 的更新量 $\Delta\theta_c$ 进行操作,并且将推定变化量 $\Delta\theta_{c1}$ 利用于该保护处理。在进行转矩反馈控制的情况下,即使在假设推定变化量 $\Delta\theta_{c1}$ 被固定为保护值的情况下,也能够通过转矩反馈控制,将控制角 θ_c 在将转向操纵转矩 Tr_{qs} 设为目标转矩 Tr_{qs}^* 时操作为适当的值。因此,难以产生同步电动机34无意中被再生控制的情况。与此相对,由于在指令电流 i_{γ}^* 是零的情况下,转矩反馈控制未充分发挥作用,所以通过根据推定变化量 $\Delta\theta_{c1}$ 来设定更新量 $\Delta\theta_c$,将推定变化量 $\Delta\theta_{c1}$ 作为每规定时间 ΔT 的同步电动机34的实际的旋转量来利用。在该情况下,在推定变化量 $\Delta\theta_{c1}$ 从每规定时间 ΔT 的同步电动机34的实际的旋转量偏离的情况下,认为相对于同步电动机34的实际的旋转角度的控制角 θ_c 的偏移量与时间一起变化。因此,设置以打开操作继电器RL为条件,指令电流 i_{γ}^* 成为规定值 I_{th} 以下的条件的意义特别大。

[0081] (3)在辅助转矩不足的情况下,将下限值 ΔMin 设为比推定变化量 $\Delta\theta_{c1}$ 大的旋转量,在辅助转矩过度的情况下,将上限值 ΔMax 设为比推定变化量 $\Delta\theta_{c1}$ 小的旋转量。在该情况下,在需要使辅助转矩增加的情况下,通过保护处理本身,将指令电流 i_{γ}^* 的相位向靠超前侧操作,在需要减少辅助转矩的情况下,通过保护处理本身,将指令电流 i_{γ}^* 的相位向靠延迟侧操作。因此,作为用于转矩反馈控制的操作量,通过保护处理将适当的更新量 $\Delta\theta_{c3}$ 设为不适当的值的可能性降低。

[0082] 因此,认为通过将推定变化量 $\Delta\theta_{c1}$ 固定为保护值,即使在推定变化量 $\Delta\theta_{c1}$ 与同步电动机的实际的旋转量偏离的情况下,也能够除去推定变化量 $\Delta\theta_{c1}$ 的保护值的设定过度不适当的情况,而通过转矩反馈控制将转向操纵转矩 Tr_{qs} 控制为目标转矩 Tr_{qs}^* 。因此,包含以打开操作继电器RL为条件,指令电流 i_{γ}^* 成为规定值 I_{th} 以下的条件的意义特别大。

[0083] (4)电流反馈处理电路M32、M34具备积分要素。在该情况下,即使控制角 θ_c 相对于实际的旋转角度具有误差,若该误差是一定的,则也能够通过积分要素的输出值收敛,而设定在将流过同步电动机34的电流设为指令电流 i_{γ}^* 、 i_{δ}^* 时所需要的指令电压 v_{γ}^* 、 v_{δ}^* 。

[0084] (5)在产生了通过过热标志F成为1而将指令电流 i_{γ}^* 设为零的请求的情况下,在将指令电流 i_{γ}^* 设为零之前,将控制角 θ_c 向转矩减少侧逐渐变更。由此,在产生了将指令电流 i_{γ}^* 设为零的请求的情况下,能够缓和同步电动机34的转矩的减少速度。顺便说一下,在代替逐渐变更控制角 θ_c 而使指令电流 i_{γ}^* 向零递减的情况下,若指令电流 i_{γ}^* 变小,则作为转矩反馈控制的操作量适当地设定控制角 θ_c 的更新量 $\Delta\theta_c$ 很困难,所以使同步电动机34的转矩递减很困难。

[0085] 以下,对于第二实施方式,参照附图以与第一实施方式的不同点为中心来进行说明。

[0086] 图8示有本实施方式的转向操纵控制装置以及转向操纵装置。此外,在图8中,为了方便,对与图1所示的部件对应的部件标注相同的符号。如图8所示,在本实施方式中,具备对逆变器INV和电池40之间进行开闭的继电器RL。而且,在本实施方式中,CPU52作为图7的步骤S92的处理,打开操作继电器RL。

[0087] 并且,也可以以如下的方式对上述实施方式的各事项的至少一个进行变更。此外,本发明的发明内容部分所记载的转矩获取处理电路与根据存储于存储器54的程序来执行步骤S20的处理的CPU52对应。另外,断路处理电路与根据存储于存储器54的程序来执行图7的处理的CPU52对应。

[0088] 对于电流控制处理电路而言,在上述实施方式中,由指令电流设定处理电路M24、 γ δ 转换处理电路M26、偏差计算处理电路M28、M30、电流反馈处理电路M32、M34、 $\alpha\beta$ 转换处理电路M36、uvw转换处理电路M38、PWM处理电路M40、以及死区时间生成处理电路M42构成了电流控制处理电路,但并不限于此。例如,可以仅由积分要素构成电流反馈处理电路M32、M34,另外,也可以由比例要素、积分要素以及微分要素构成。

[0089] 对于推定变化量保护处理电路(图3)而言,在上述实施方式中,由执行图3所示的处理的更新量计算处理电路M54,构成了推定变化量保护处理电路,但并不限于此。例如,也可以执行将在前一次的推定变化量 $\Delta\theta_{c2}(n-1)$ 上加上了规定量 ΔX 所得的值 $\Delta\theta_{c2}(n-1) + \Delta X$ 设为上限值,并将从前一次的推定变化量 $\Delta\theta_{c2}(n-1)$ 减去规定量 ΔX 所得的值 $\Delta\theta_{c2}(n-1) - \Delta X$ 设为下限值的保护处理。而且,例如也可以执行图3所示的固定值即推定用上限值 $\Delta\theta_H$ 以及推定用下限值 $\Delta\theta_L$ 的保护处理、和将 $\Delta\theta_{c2}(n-1) + \Delta X$ 设为上限值,并将 $\Delta\theta_{c2}(n-1) - \Delta X$ 设为下限值的保护处理双方。

[0090] 对于推定处理电路而言,在上述实施方式中,由 $\alpha\beta$ 转换处理电路M44、感应电压观测器M46、角度计算处理电路M48、以及速度计算处理电路M50构成了推定处理电路,但并不限于此。例如,也可以基于根据推定变化量 $\Delta\theta_{c2}$ 旋转的旋转坐标系中的电流、和该坐标系中的指令电压,来推定感应电压。

[0091] 对于流过同步电动机34的电流的相位而言,在上述实施方式中,假定流过同步电动机34的电流在旋转坐标系中,收敛于被d轴的正侧和q轴的正侧夹持的区域内,但并不限于此。例如,也可以以收敛在被q轴的正侧和d轴的负侧夹持的区域内的方式进行控制。在该情况下,由于d轴电流为负,所以进行削弱磁场控制,所以在高旋转中容易生成同步电动机34的转矩。

[0092] 对于控制角操作处理电路而言,在上述实施方式中,由通过执行图4的步骤S22~S49的处理的更新量计算处理电路M54构成了控制角操作处理电路,但并不限于此。例如,也可以仅由以目标转矩 Tr_{qs}^* 与转向操纵转矩 Tr_{qs} 的差为输入的比例要素来计算更新量 $\Delta\theta_{c3}$,而且,例如也可以由积分要素来计算,而且,例如也可以使用比例要素、积分要素、以及微分要素来计算。

[0093] 例如,也可以代替步骤S28的处理,在目标转矩 Tr_{qs}^* 成为转向操纵转矩 Tr_{qs} 以上的情况下,执行步骤S30的处理,并且删除步骤S36的处理。

[0094] 并且,也可以使用预先决定的值X,将对推定变化量 $\Delta\theta_{c2}$ 加上作为第一规定值的值X所得的值设为上限值 ΔMax ,并将对推定变化量 $\Delta\theta_{c2}$ 加上作为第二规定值的 $-X$ 所得值设为下限值 ΔMin 。

[0095] 在对上述的、有关流过同步电动机34的电流的相位的栏所记载的相位进行假定的情况下,也可以以如下方式进行。即、CPU52也可以在图3的步骤S28中判定为肯定的情况下,执行步骤S34的处理,在步骤S32中判定为肯定的情况下,执行步骤S30的处理。另外,也可以使用预先决定的值X,将对推定变化量 $\Delta\theta_{c2}$ 加上作为第一规定值的值X所得的值设为上限

值 ΔMax , 并将对推定变化量 $\Delta \theta_{c2}$ 加上作为第二规定值的 $-X$ 所得的值设为下限值 ΔMin 。

[0096] 在指令电流 i_{γ}^* 不是零的情况下, 并不限于将推定变化量 $\Delta \theta_{c1}$ 利用于保护处理。例如, 也可以对推定变化量 $\Delta \theta_{c1}$ 加上转矩反馈控制的操作量 ($\Delta \theta_{c3}$)。在该情况下, 在指令电流 i_{γ}^* 是规定值以下的情况下, 也可以停止将转矩反馈控制的操作量加到推定变化量 $\Delta \theta_{c1}$ 的处理。

[0097] 停止转矩反馈控制的条件并不限于指令电流 i_{γ}^* 是零的意思的条件等是规定值 I_{th} 以下的意思的条件。例如, 也可以为过热标志 F 是 1 的意思的条件。

[0098] 可是, 转矩反馈控制本身不是必须的。即、若基于推定变化量 $\Delta \theta_{c1}$ 来对控制角 θ_c 进行更新, 则推定变化量 $\Delta \theta_{c1}$ 持续从同步电动机 34 的实际的旋转量偏离, 由此不能够适当地控制同步电动机 34, 而存在进行再生控制的可能性, 所以图 7 的处理很有效。

[0099] 对于判定处理电路而言, 在上述实施方式中, 由根据存储于存储器 54 的程序来执行步骤 S70 的处理的 CPU52 构成判定处理电路, 但并不限于此。例如, 也可以在转矩传感器 60 产生异常的情况下, 操纵控制装置将指令电流 i_{γ}^* 设定为规定值以下, 并在转矩传感器 60 产生了异常时, 判定处理电路判定为产生了将指令电流 i_{γ}^* 设为规定值以下的请求。此外, 转矩传感器 60 产生异常的情况, 例如也可以在车辆的行驶状态下, 基于转矩传感器 60 的检测值被固定为零来检测。

[0100] 对于变更处理电路而言, 在上述实施方式中, 由根据存储于存储器 54 的程序来执行步骤 S72~S76 的处理的 CPU52 构成变更处理电路, 但并不限于此。例如, 也可以使更新量 $\Delta \theta_c$ 逐步变化为零。即使在该情况下, 若假定上述实施方式的电流的相位, 则控制角 θ_c 逐渐向转矩减少侧变更。

[0101] 此外, 在对有关流过同步电动机 34 的电流的相位的栏所记载的相位进行假定的情况下, 也可以为遍及规定期间, 通过比推定变化量 $\Delta \theta_{c2}$ 大的值, 将控制角 θ_c 逐渐向超前侧修正的处理。

[0102] 对于温度获取处理电路而言, 在上述实施方式中, 由根据存储于存储器 54 的程序来执行步骤 S50 的处理的 CPU52 构成温度获取处理电路, 但并不限于此。例如, 也可以在将同步电动机 34 收纳在与控制装置 50 相同的壳体内部的情况下, 将检测控制装置 50 的温度的传感器设置于壳体内部的情况下, 获取该传感器的检测值。

[0103] 对于限制处理电路而言, 在上述实施方式中, 由根据存储于存储器 54 的程序来执行步骤 S78 的处理的 CPU52 构成限制处理电路, 但并不限于此。例如, 代替将指令电流 i_{γ}^* 设为零, 也可以设为比零稍大的规定值。

[0104] 在该情况下, 将图 7 的规定值 I_{th} 设为规定值以上的值。

[0105] 对于将同步电动机的电流设为规定值以下的处理, 并不限于以同步电动机 34 的温度 T_m 成为规定温度 T_{th} 以上为条件, 将指令电流 i_{γ}^* 设为规定值以下 (零)。例如, 也可以以电池 40 的充电率降低为条件, 将指令电流 i_{γ}^* 设为规定值以下。即使在该情况下, 由于在使指令电流 i_{γ}^* 成为规定值以下时, 想要将同步电动机 34 的转矩设为零, 所以在避免再生控制方面, 图 7 的处理有效。

[0106] 对于切断器 (RL) 而言, 在上述第一实施方式中, 设置了对同步电动机 34 的 3 个端子的每一个端子与逆变器 INV 的电气路径进行开闭的继电器 RL, 但也可以是对 3 个端子中的 2 个端子与逆变器 INV 的电气路径进行开闭的继电器。但是, 该情况下的继电器需要将关闭状

态下双向的电流全部切断。与此相对,上述第一实施方式的继电器RL例如也可以像MOS场效应晶体管那样,通过寄生二极管允许双向中的一个方向的电流的流动。另外,在上述第二实施方式中,将继电器RL与电池40的正极侧连接了,但并不局限于此,例如也可以与负极侧连接。另外,也可以具备图1所示的继电器RL与图8所示的继电器RL双方。

[0107] 对于目标转矩设定处理电路(M22)而言,在上述实施方式中,将目标转矩 $Trqs^*$ 设为固定值,但并不限于此。例如也可以根据车速V可变设定。具体而言,例如,在车速V较高的情况下与较低的情况下相比,增大目标转矩 $Trqs^*$ 即可。

[0108] 对于转向操纵控制装置而言,并不限于具备CPU52和存储器54,而仅执行软件处理。例如,在上述实施方式中,虽然进行了软件处理,但也可以将至少一部通过专用的硬件(ASIC)来处理。即、例如,对于上述推定处理电路的处理而言,也可以为硬件处理,而CPU52从硬件获取推定变化量 $\Delta \theta_{c2}$ 。

[0109] 对于电力转换电路(INV)而言,并不限于上述逆变器INV。例如,也可以是三电平逆变器。即使在这样的情况下,即使使开关元件成为关闭状态,若形成经由与它们反并列连接的二极管对电池40进行充电的电气路径,则对打开操作继电器RL有效。

[0110] 对于同步电动机而言,并不局限于SPMSM,也可以是嵌入磁铁同步电动机。转向操纵装置作为转向致动器,并不限于具备齿条-小齿轮型的转舵致动器。例如,也可以具备齿条交叉型、齿条平行型、齿条同轴型的转向致动器等。

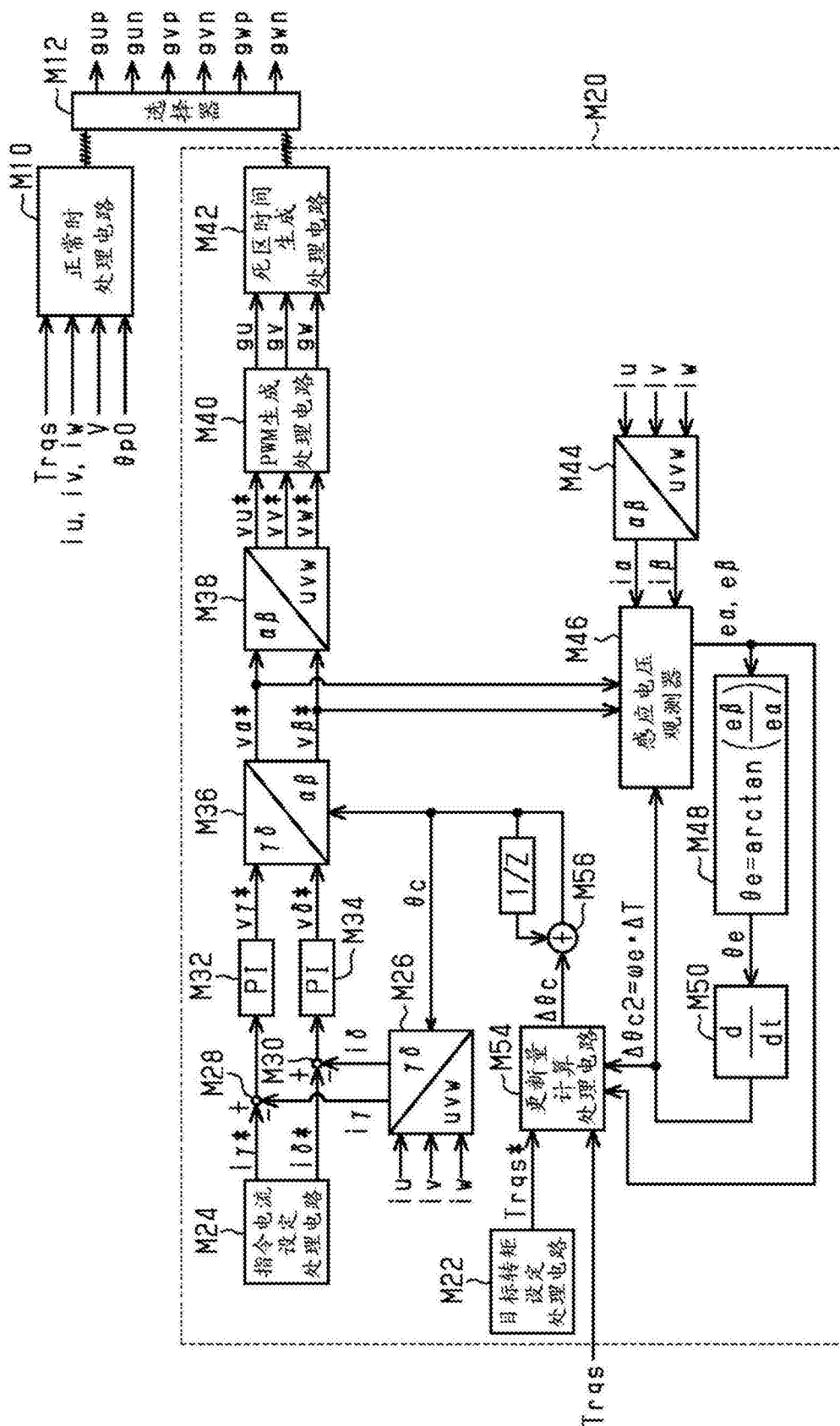


图2

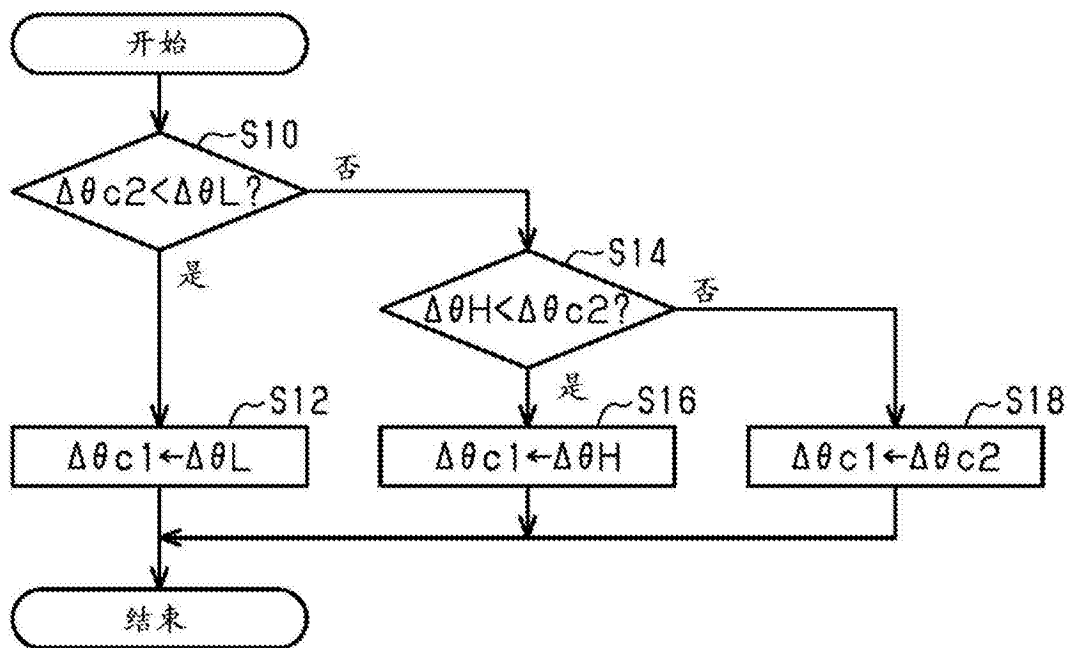


图3

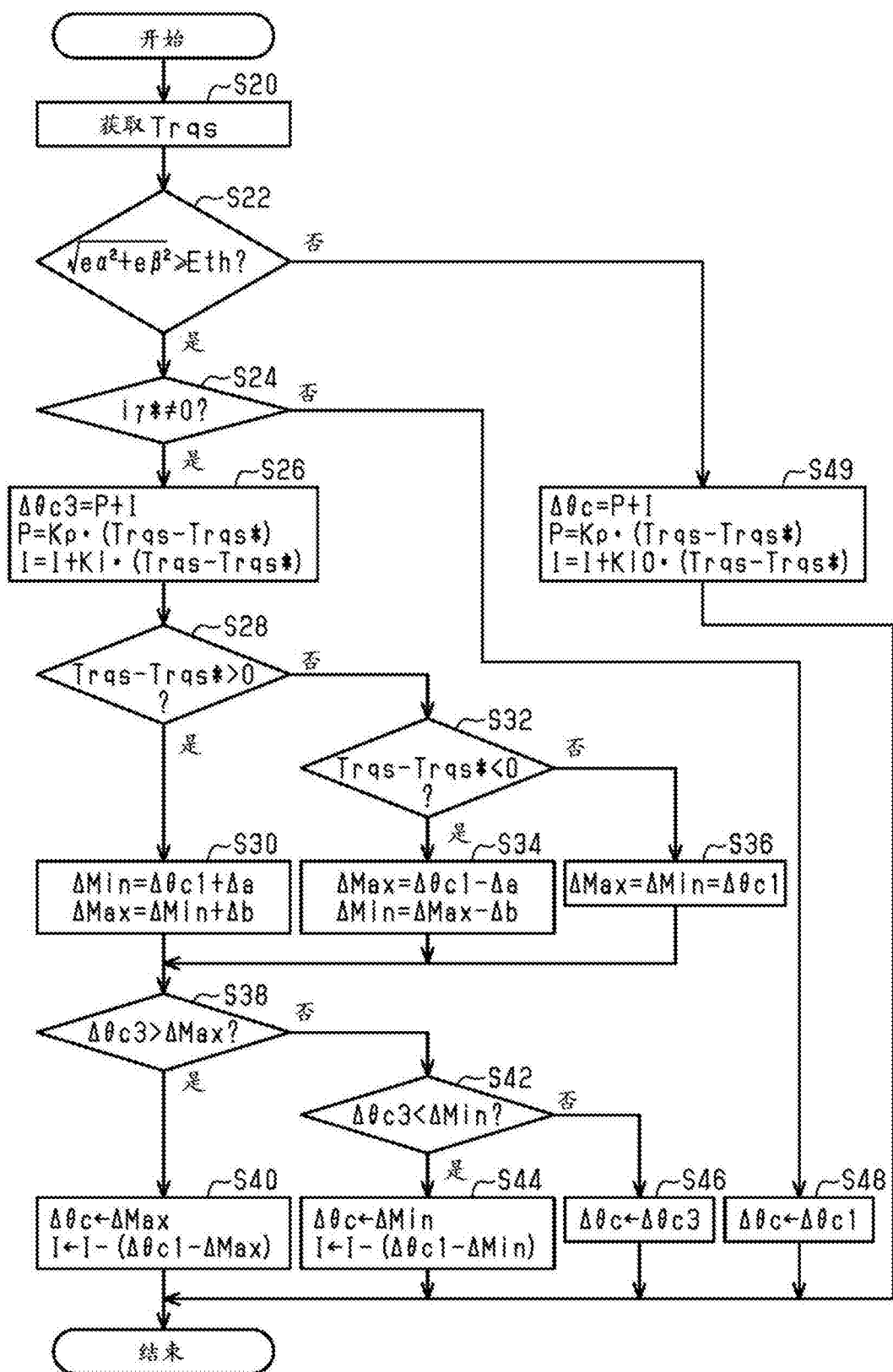


图4

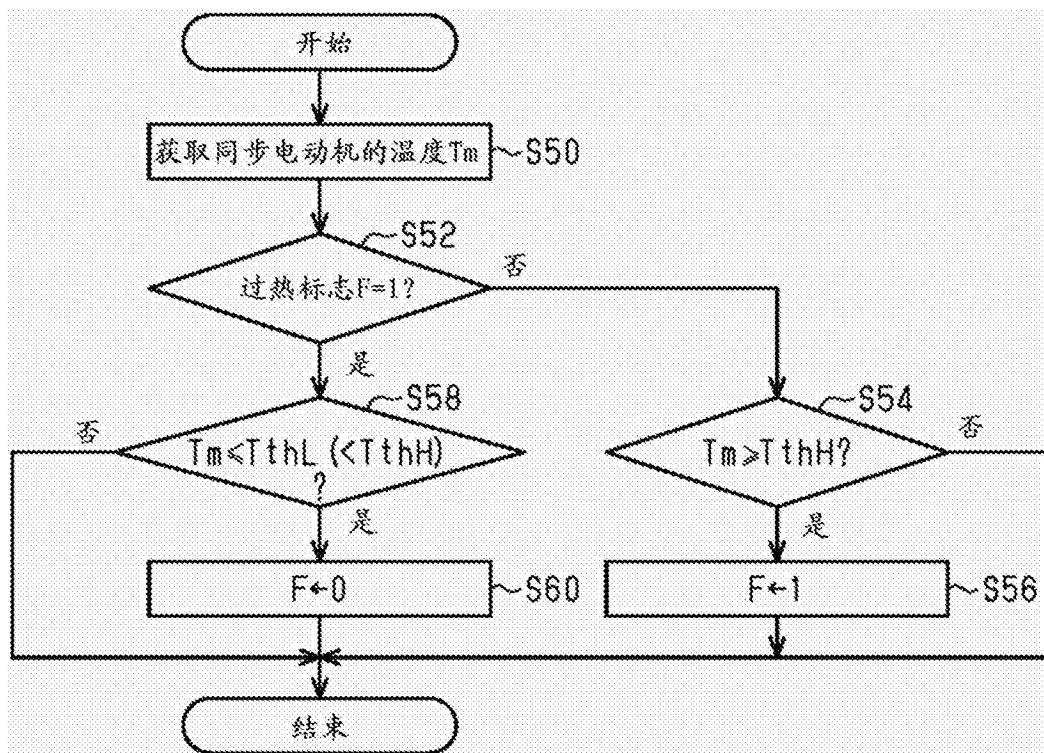


图5

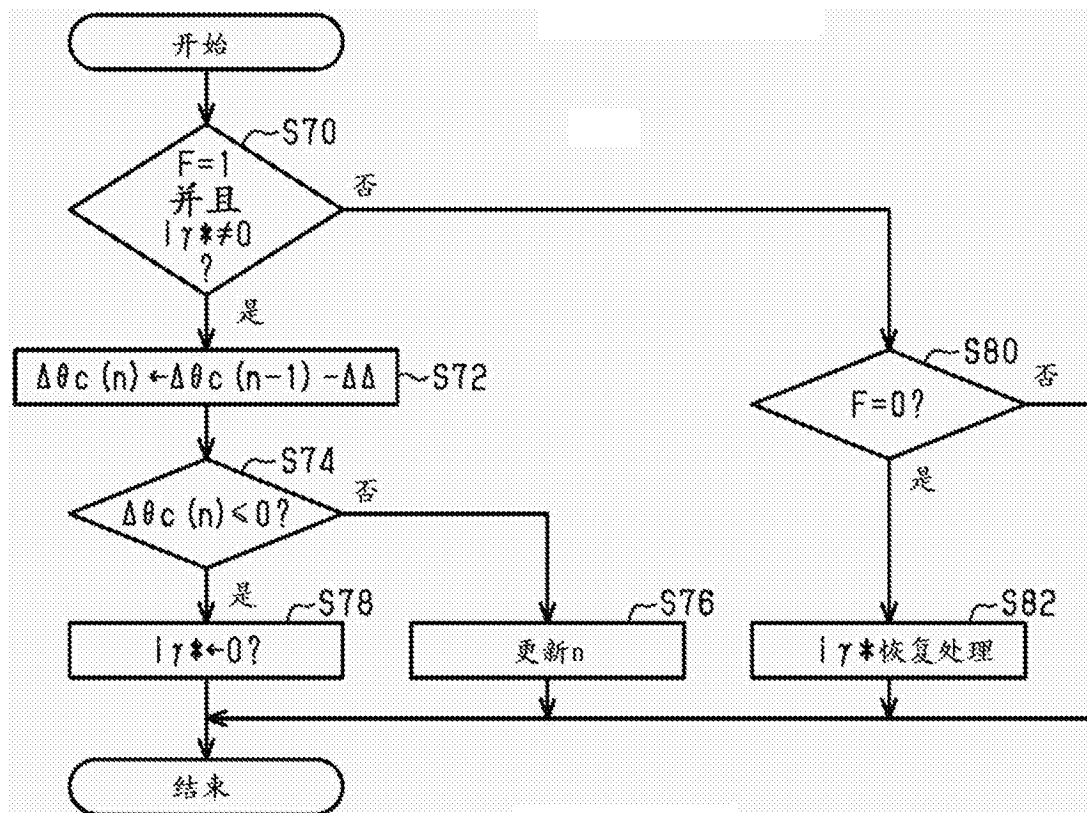


图6

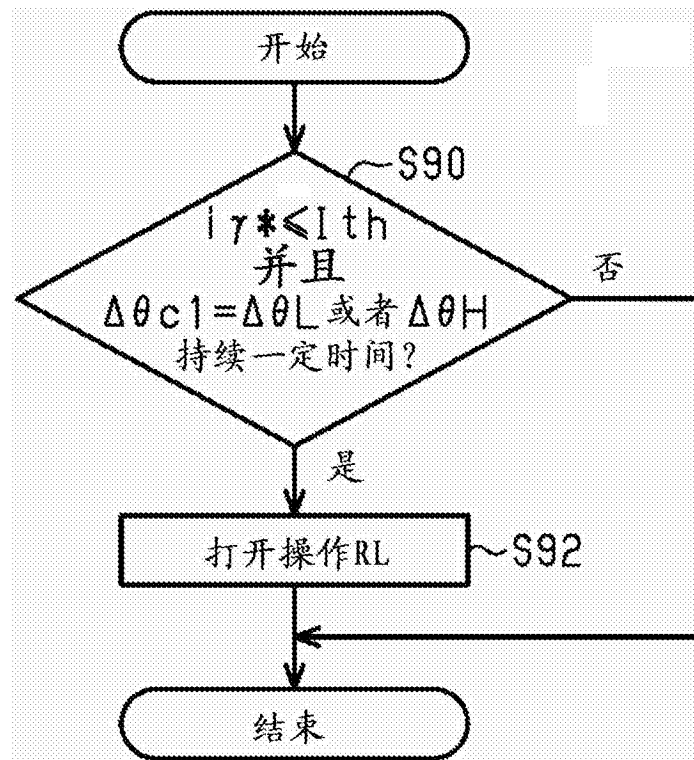


图7

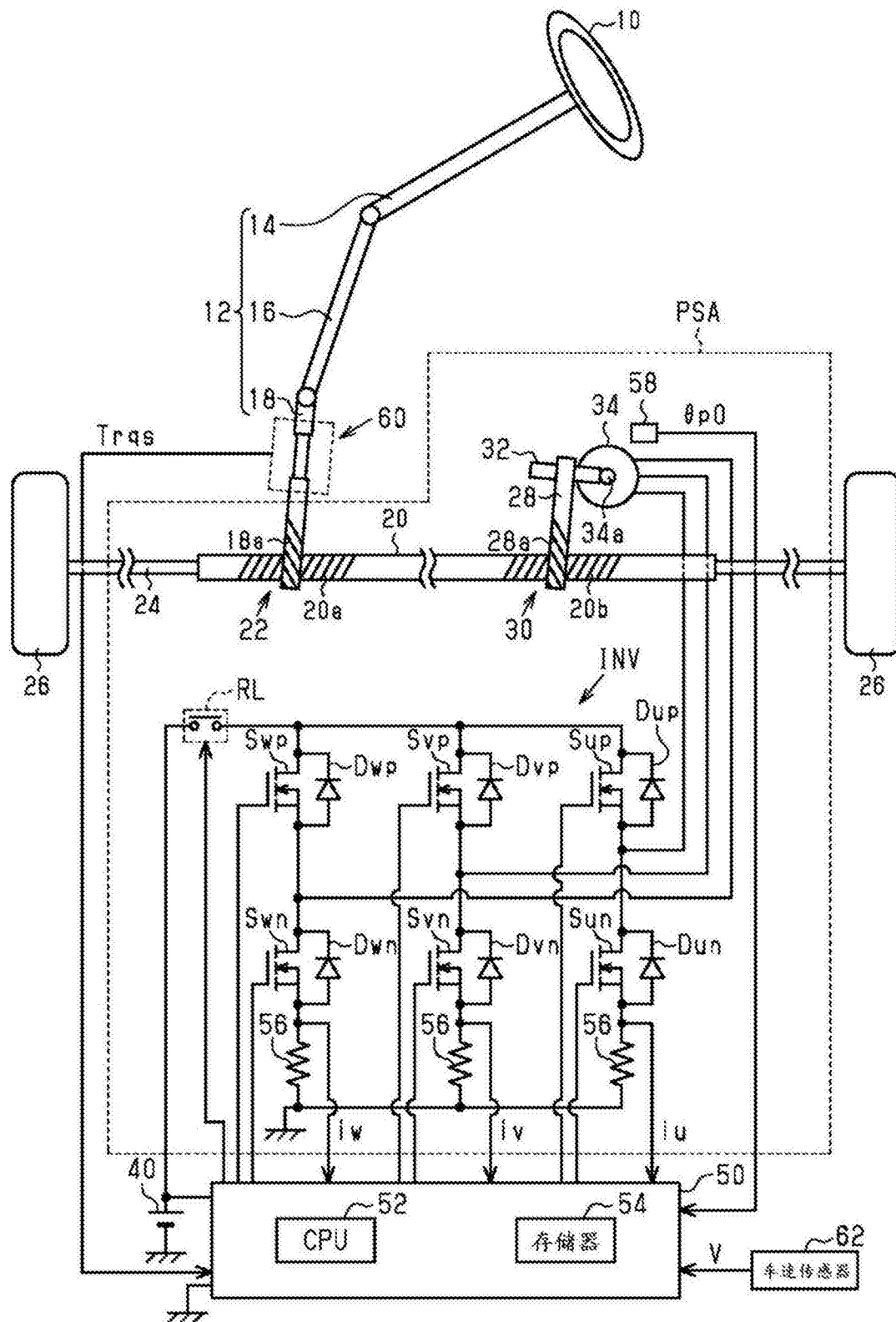


图8