



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104583057 B

(45)授权公告日 2017.04.26

(21)申请号 201480002214.0

(22)申请日 2014.02.04

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 104583057 A

(43)申请公布日 2015.04.29

(30)优先权数据  
2013-078517 2013.04.04 JP  
2013-084511 2013.04.15 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日  
2015.02.26

(86)PCT国际申请的申请数据  
PCT/JP2014/052495 2014.02.04

(87)PCT国际申请的公布数据  
W02014/162769 JA 2014.10.09

(73)专利权人 日本精工株式会社

地址 日本东京都

(72)发明人 椿贵弘 北爪徹也 吉田圭太

(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 李辉 朱丽娟

(51)Int. Cl.  
B62D 6/00(2006.01)  
B62D 5/04(2006.01)  
B62D 101/00(2006.01)  
B62D 113/00(2006.01)  
B62D 119/00(2006.01)

审查员 黄琴

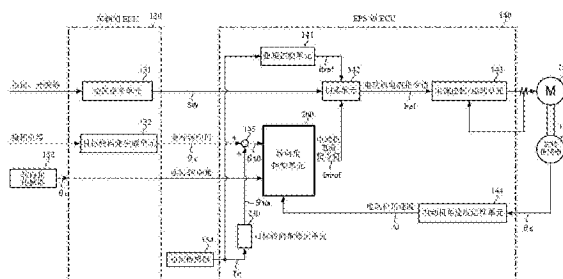
权利要求书2页 说明书11页 附图12页

## (54)发明名称

电动助力转向装置

## (57)摘要

本发明提供一种电动助力转向装置。该电动助力转向装置在驾驶员在自动转向控制中转动了转向盘的情况下,当自动控制的转向方向与转向盘的转动方向不同时,能够平滑地切换转向。所述电动助力转向装置具备目标转向角修正单元、修正输出单元、转向角控制单元及切换单元。该目标转向角修正单元针对转向扭矩输出目标转向角修正值;该修正输出单元用目标转向角修正值修正目标转向角并输出;该转向角控制单元基于来自修正输出单元的修正目标转向角、实际转向角及电动机角速度计算出第二电动机电流指令值;该切换单元输入第一电动机电流指令值和第二电动机电流指令值并切换。根据自动转向控制和手动转向控制的切换指令切换单元被切换,在自动转向控制时基于第二电动机电流指令值驱动控制电动机。



1. 一种电动助力转向装置,其基于转向扭矩和车速计算第一电动机电流指令值,基于所述第一电动机电流指令值驱动电动机对转向系统进行辅助控制,并具有切换自动转向控制和手动转向控制的功能,其特征在于:

具备目标转向角修正单元、修正输出单元、转向角控制单元及切换单元,

所述目标转向角修正单元针对所述转向扭矩输出目标转向角修正值;

所述修正输出单元用所述目标转向角修正值修正目标转向角并输出;

所述转向角控制单元基于来自所述修正输出单元的修正目标转向角、实际转向角及所述电动机的电动机角速度计算出第二电动机电流指令值;

所述切换单元输入所述第一电动机电流指令值和所述第二电动机电流指令值并切换,

所述转向角控制单元具备比率限制器、第一比例增益单元、积分增益单元、第二比例增益单元及减法单元,

所述比率限制器对所述目标转向角进行平滑化处理;

所述第一比例增益单元将所述比率限制器的输出与所述实际转向角之间的角度偏差与比例增益相乘;

所述积分增益单元对来自所述第一比例增益单元的电动机速度指令值与所述电动机角速度之间的速度偏差进行积分,并将被积分后的所述速度偏差与积分增益相乘;

所述第二比例增益单元将所述速度偏差与比例增益相乘;

所述减法单元求出所述积分增益单元的输出与所述第二比例增益单元的输出之间的偏差,并输出所述第二电动机电流指令值,

根据所述自动转向控制和所述手动转向控制的切换指令所述切换单元被切换,在所述自动转向控制时基于所述第二电动机电流指令值驱动控制所述电动机,

所述目标转向角修正单元在所述转向扭矩小的领域具有死区,并输出所述目标转向角修正值以便使其在与所述转向扭矩的增加方向相同的方向增加,

所述修正输出单元是加法单元。

2. 根据权利要求1所述的电动助力转向装置,其特征在于:

所述比率限制器的后段设有低通滤波器。

3. 根据权利要求1所述的电动助力转向装置,其特征在于:

所述目标转向角修正单元具备相位补偿单元,并输出相位超前补偿后的所述目标转向角修正值,

或,所述目标转向角修正单元的后段设有相位补偿单元,相位超前补偿后的所述目标转向角修正值被从所述相位补偿单元输出。

4. 根据权利要求2所述的电动助力转向装置,其特征在于:

所述目标转向角修正单元具备相位补偿单元,并输出相位超前补偿后的所述目标转向角修正值,

或,所述目标转向角修正单元的后段设有相位补偿单元,相位超前补偿后的所述目标转向角修正值被从所述相位补偿单元输出。

5. 一种电动助力转向装置,其基于电动机电流指令值驱动电动机对转向系统进行辅助控制,并具有进行自动转向控制和手动转向控制的功能,其特征在于:

具备扭矩控制单元、转向角控制单元、增益调整单元及输出单元,

所述扭矩控制单元基于转向扭矩和车速计算出所述手动转向控制的第一电流指令值；

所述转向角控制单元在所述自动转向控制时计算出第二电流指令值以便使实际转向角靠近基于车辆的移动目标位置设定的目标转向角；

所述增益调整单元在所述自动转向控制时生成转向角控制渐变增益和辅助控制渐变增益；

所述输出单元将所述第一电流指令值与所述辅助控制渐变增益相乘，将所述第二电流指令值与所述转向角控制渐变增益相乘，将各所述相乘的结果相加后得到的加法结果作为所述电动机电流指令值，所述转向角控制单元具备位置控制单元、乘法单元、限制器及速度控制单元，

所述位置控制单元基于所述目标转向角与所述实际转向角之间的第一偏差计算第一电动机速度指令值；

所述乘法单元将来自所述位置控制单元的所述第一电动机速度指令值与所述转向角控制渐变增益相乘；

所述限制器用上下限值来限制来自所述乘法单元的第二电动机速度指令值；

所述速度控制单元基于来自所述限制器的第三电动机速度指令值和电动机角速度计算所述第二电流指令值。

6. 根据权利要求5所述的电动助力转向装置，其特征在于：所述限制器具有多个限制值，根据针对阈值的所述转向角控制渐变增益的大小来变更所述限制值。

7. 根据权利要求6所述的电动助力转向装置，其特征在于：通过渐变来进行所述限制值的变更。

8. 根据权利要求5所述的电动助力转向装置，其特征在于：所述转向角控制渐变增益与所述辅助控制渐变增益之间具有相关关系。

9. 根据权利要求6所述的电动助力转向装置，其特征在于：所述转向角控制渐变增益与所述辅助控制渐变增益之间具有相关关系。

10. 根据权利要求7所述的电动助力转向装置，其特征在于：所述转向角控制渐变增益与所述辅助控制渐变增益之间具有相关关系。

## 电动助力转向装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种电动助力转向装置,其具有自动转向控制(停车辅助模式)功能和手动转向控制功能,将电动机产生的辅助扭矩赋予车辆的转向系统。本发明尤其涉及一种电动助力转向装置。该电动助力转向装置通过在驾驶员在自动转向控制中转动了转向盘的情况下,当自动控制的转向方向与转向盘的转动方向不同时,优先切换驾驶员的转向,来进一步改善安全性,同时,通过针对自动转向控制时的电动机速度指令值给与渐变增益并设置可以变更限制值的限制器,来改善转向性能。

### 背景技术

[0002] 利用电动机的旋转力对车辆的转向机构施加转向辅助力(辅助扭矩)的电动助力转向装置,将电动机的驱动力经减速机由齿轮或皮带等传送机构,向转向轴或齿条轴施加转向辅助力。为了准确产生转向辅助力的扭矩,现有的电动助力转向装置(EPS)进行电动机电流的反馈控制。反馈控制调整电动机外加电压,以便使转向辅助指令值(电流指令值)与电动机电流检测值的差变小,电动机外加电压的调整通常用调整PWM(脉冲宽度调制)控制的占空比指令值来进行。

[0003] 如图1所示,对电动助力转向装置的一般结构进行说明。转向盘1的柱轴(转向轴)2经过减速齿轮3、万向节4a和4b、齿臂机构5、转向横拉杆6a和6b,再通过轮毂单元7a和7b,与转向车轮8L和8R连接。另外,在柱轴2上设有检测转向盘1的转向扭矩的扭矩传感器10,对转向盘1的转向力进行辅助的电动机20通过减速齿轮3与柱轴2连接。电池13对控制电动助力转向装置的控制单元(ECU)100进行供电,同时,经过点火开关11,点火信号被输入到控制单元100。控制单元100基于由扭矩传感器10检测出的转向扭矩 $T_h$ 和由车速传感器12检测出的车速 $V_{e1}$ ,进行辅助(转向辅助)指令的转向辅助指令值的运算,通过对转向辅助指令值实施补偿等得到的电流控制值 $E$ ,控制供给电动机20的电流。此外,车速 $V_{e1}$ 也能够从CAN(Controller Area Network,控制器局域网)等处获得。

[0004] 在这样的电动助力转向装置中,控制单元100具有如日本特开2002-369565号公报所公开的结构。

[0005] 如图2所示,产生转向装置的辅助转向力的电动机20由电动机驱动单元21驱动,电动机驱动单元21由用两点虚线表示的控制单元100控制,来自扭矩传感器10的转向扭矩 $T_h$ 和来自车速检测系统的车速 $V_{e1}$ 被输入到控制单元100。在电动机20中,电动机端子间电压 $V_m$ 和电动机电流值 $i$ 被测定然后被输出。

[0006] 控制单元100具备用虚线表示的扭矩系统控制单元110和用一点虚线表示的电动机系统控制单元120,其中,扭矩系统控制单元110利用转向扭矩 $T_h$ 进行控制;电动机系统控制单元120进行与电动机20的驱动相关的控制。扭矩系统控制单元110由辅助量运算单元111、微分控制单元112、横摆率收敛性控制单元113、鲁棒稳定化补偿单元114及自对准扭矩(SAT)估计反馈单元115来构成,还具备加法单元116A和116B、减法单元116C。另外,电动机系统控制单元120由补偿单元121、干扰估计单元122、电动机角速度运算单元123、电动机角

加速度运算单元124及电动机特性补偿单元125来构成,还具备加法单元126A和126B。

[0007] 转向扭矩 $T_h$ 被输入到辅助量运算单元111、微分控制单元112、横摆率收敛性控制单元113及SAT估计反馈单元115中,辅助量运算单元111、微分控制单元112、横摆率收敛性控制单元113及SAT估计反馈单元115都将车速 $V_{el}$ 作为参数输入。辅助量运算单元111基于转向扭矩 $T_h$ 计算辅助扭矩量。横摆率收敛性控制单元113输入转向扭矩 $T_h$ 和电动机角速度 $\omega$ ,为了改善车辆横摆的收敛性,对转向盘的摆动动作进行制动。另外,微分控制单元112提高转向的中立点附近的控制的响应度,并实现平滑、流畅的转向。SAT估计反馈单元115输入转向扭矩 $T_h$ 、辅助量运算单元111的输出与微分控制单元112的输出在加法单元116A相加后得到的信号、电动机角速度运算单元123运算出的电动机角速度 $\omega$ 及来自电动机角加速度运算单元124的角加速度 $\alpha$ ,估计SAT,利用反馈滤波器对估计出的SAT进行信号处理,然后将合适的路面信息作为反力赋予给转向盘。

[0008] 另外,辅助量运算单元111的输出与微分控制单元112的输出在加法单元116A相加后得到的信号,与横摆率收敛性控制单元113的输出在加法单元116B相加后得到的信号,作为辅助量 $AQ$ 被输入到鲁棒稳定化补偿单元114。鲁棒稳定化补偿单元114例如为日本特开平8-290778号公报所公开的补偿单元,其将被包含在扭矩检测值中的,由惯性要素和弹性要素构成的共振系统的共振频率中的峰值除去,并对阻碍控制系统的响应度和稳定性的共振频率的相位偏移进行补偿。通过减法单元116C从鲁棒稳定化补偿单元114的输出中减去SAT估计反馈单元115的输出,可得到辅助量 $I_a$ ,该辅助量 $I_a$ 能够将路面信息作为反力传递给转向盘。

[0009] 而且,电动机角速度运算单元123基于电动机端子间电压 $V_m$ 和电动机电流 $i$ 计算电动机角速度 $\omega$ ,电动机角速度 $\omega$ 被输入到电动机角加速度运算单元124、横摆率收敛性控制单元113及SAT估计反馈单元115中。电动机角加速度运算单元124基于被输入进来的电动机角速度 $\omega$ 计算电动机角加速度 $\alpha$ ,计算出的电动机角加速度 $\alpha$ 被输入到电动机特性补偿单元125中。从鲁棒稳定化补偿单元114的输出中减去SAT估计反馈单元115的输出得到的辅助量 $I_a$ 与电动机特性补偿单元125的输出 $I_c$ 在加法单元126A相加后得到的加法信号作为电流指令值 $I_r$ 被输入到由微分补偿单元等构成的补偿单元121中。经补偿单元121补偿后的电流指令值 $I_{ra}$ 与干扰估计单元122的输出在加法单元126B相加后得到的信号被输入到电动机驱动单元21和干扰估计单元122中。干扰估计单元122如日本特开平8-310417号公报所公开的装置,其基于作为电动机输出的控制目标并经补偿单元121补偿后的电流指令值 $I_{ra}$ 与干扰估计单元122的输出相加后得到的信号和电动机电流 $i$ ,能够既维持控制系统的输出基准中所希望的电动机控制特性,又不失去控制系统的稳定性。

[0010] 在这样的电动助力转向装置中,近年出现了具有停车辅助功能(parking assist),切换自动转向控制和手动转向控制的车辆。在这样的装备了停车辅助功能的车辆中,基于来自摄相机(图像)、距离传感器等的的数据设定目标转向角,进行使实际转向角追随目标转向角的自动转向控制。

[0011] 在具有现有周知的自动转向控制(停车辅助模式)功能和手动转向控制功能的电动助力转向装置中,通过基于预先存储好的车辆的移动距离和转舵角(转舵角)的关系控制传动器(电动机),来自动进行倒车停车和纵队停车。

[0012] 还有,现有的转向控制装置计算电动机电流指令值以便使实际转向角和根据车辆

而设定的目标转向角一致,实现自动转向控制。例如在日本专利第4057955号公报(专利文献1)所公开的自动转向控制装置中,当从转向角控制被切换到扭矩辅助控制时,通过根据辅助扭矩量来变更渐变过渡时间(フェード移行時間),来减少控制切换时的不协调的感觉。另外,在日本专利第4110040号公报(专利文献2)所公开的自动转向控制装置中,在转向扭矩大的时候,修正目标转向角(目标舵角)以便能够到达目标位置。

[0013] 现有技术文献

[0014] 专利文献

[0015] 专利文献1:日本专利第4057955号公报

[0016] 专利文献2:日本专利第4110040号公报

[0017] 专利文献3:日本专利第3912279号公报

## 发明内容

[0018] 发明要解决的技术问题

[0019] 在进行使实际转向角追随目标转向角的自动转向的电动助力转向装置的自动转向控制中,在判定驾驶员转动了转向盘的情况下,中止自动控制,顺畅切换到手动转向控制的辅助控制为宜。

[0020] 尽管自动转向控制进行控制以便使实际转向角和目标转向角变得一致,在驾驶员通过操纵转向机构来施加转向扭矩的情况下,实际转向角会离开目标转向角。因此,自动转向控制输出和转向扭矩反方向的电动机电流指令值以便使实际转向角和目标转向角变得一致,并对抗转向扭矩。

[0021] 另一方面,因为辅助控制输出以便辅助转向扭矩,所以辅助控制输出和转向扭矩同方向的电动机电流指令值。因此,当从在转向扭矩被施加的情况下的自动转向控制被切换到手动转向控制时,由于各个输出成为反方向,在驾驶员施加了转向扭矩后,而且,在自动转向控制执行和转向扭矩反方向的暂时辅助后,通过渐变处理(フェード处理),自动转向控制被逐渐地切换到手动转向控制。也就是说,和转向扭矩同方向的辅助被执行。对驾驶员来说,这会成为从自动转向控制切换到手动转向控制时的一种被卡住的感觉(引っ掛かった感觉),即,会成为一种不协调的感觉。

[0022] 在电动助力转向装置(EPS)实现自动转向的情况下,一般使用这样的结构,即,分别保有自动转向控制的转向角控制和手动转向控制的辅助控制(扭矩控制),并切换它们的输出。在响应度和干扰抑制性上具有良好性能的位置速度控制被用于转向角控制,位置控制用P控制来构成,速度控制用PI控制等来构成。在输出的切换时,如果用开关等突然切换的话,电流指令值会突然发生变动,由于转向盘举动变得不自然,所以会给驾驶员带来一种不协调的感觉。因此,使用这样的手法,即,通过将转向角控制指令值和辅助控制指令值分别与渐变增益相乘来逐渐地切换,来抑制电流指令值的急剧变动。

[0023] 但是,在这种手法中,因为在切换中,转向角控制指令值被渐变增益限制后被作为电流指令值输出,所以与转向角控制指令值相比,在电流指令值中会被减掉被限制的量。由于这个限制,针对电动机速度指令值,电动机的实际速度会变慢,在电动机速度指令值和实际速度之间发生偏差,速度控制内的I控制的积分值会积累起来,造成更大的转向角控制指令值被从速度控制输出。因此,在渐变增益逐渐地变大的状态,由于基于渐变增益的限制被

缓和,随着渐变增益变大,转向角控制指令值变成过剩值,针对电动机速度指令值,转向盘响应过剩,会给驾驶员带来一种不协调的感觉。

[0024] 作为与增益相乘的技术,例如有日本专利第3912279号公报(专利文献3)所公开的转向控制装置。在专利文献3的装置中,公开了这样的手法,即,通过控制以便在转向角控制开始时逐渐地增加转向角速度,来减少带给驾驶员的起因于开始时的转向盘的急剧变动的不协调的感觉。

[0025] 但是,在专利文献3的手法中,因为当渐变开始后一直继续增加直至达到上限值,所以存在I控制的积分值会积累过剩的问题。

[0026] 本发明是鉴于上述情况而完成的,本发明的第一目的在于提供一种高性能电动助力转向装置,其当驾驶员在自动转向控制中转动了转向盘时,既能够平滑地切换转向又不会给驾驶员带来一种不协调的感觉。本发明的第二目的在于提供一种高性能电动助力转向装置。该高性能电动助力转向装置在具有自动转向控制(停车辅助模式)和手动转向控制的车辆中,使既能够抑制基于自动转向控制的转向开始时的伴随着急剧变化的转向举动和车辆举动又不会给驾驶员和同乘者带来惊惧和不舒服的感觉的自动控制成为可能。

[0027] 解决技术问题的手段

[0028] 本发明涉及一种电动助力转向装置,其基于转向扭矩和车速计算第一电动机电流指令值,基于所述第一电动机电流指令值驱动电动机对转向系统进行辅助控制,并具有切换自动转向控制和手动转向控制的功能,本发明的上述目的可以通过下述这样实现,即:具备目标转向角修正单元、修正输出单元、转向角控制单元及切换单元,所述目标转向角修正单元针对所述转向扭矩输出目标转向角修正值;所述修正输出单元用所述目标转向角修正值修正目标转向角并输出;所述转向角控制单元基于来自所述修正输出单元的修正目标转向角、实际转向角及所述电动机的电动机角速度计算出第二电动机电流指令值;所述切换单元输入所述第一电动机电流指令值和所述第二电动机电流指令值并切换,根据所述自动转向控制和所述手动转向控制的切换指令所述切换单元被切换,在所述自动转向控制时基于所述第二电动机电流指令值驱动控制所述电动机。

[0029] 另外,本发明涉及一种电动助力转向装置,其基于电动机电流指令值驱动电动机对转向系统进行辅助控制,并具有进行自动转向控制和手动转向控制的功能,本发明的上述目的可以通过下述这样实现,即:具备扭矩控制单元、转向角控制单元、增益调整单元及输出单元,所述扭矩控制单元基于转向扭矩和车速计算出所述手动转向控制的第一电流指令值;所述转向角控制单元在所述自动转向控制时计算出第二电流指令值以便使实际转向角靠近基于车辆的移动目标位置设定的目标转向角;所述增益调整单元在所述自动转向控制时生成转向角控制渐变增益和辅助控制渐变增益;所述输出单元将所述第一电流指令值与所述辅助控制渐变增益相乘,将所述第二电流指令值与所述转向角控制渐变增益相乘,将所述各乘法结果相加后得到的加法结果作为所述电动机电流指令值。

[0030] 发明的效果

[0031] 根据本发明的电动助力转向装置(第一实施例),尽管在停车辅助、自动行驶等自动转向控制时进行转向盘的转向角控制,在驾驶员施加了转向扭矩的情况下,实施转向角控制以便修正目标转向角以便使其方向和被施加的转向扭矩的方向变成同一方向,并使实际转向角和修正后的目标转向角变得一致。因此,在互相用一定的比率把针对修正后的目

标转向角的转向角控制的输出和基于转向扭矩的辅助控制的输出加起来进行控制的情况下,因为可以使自动转向控制的输出的方向和手动转向控制的输出的方向变得一致,彼此的控制输出变得难以互相干涉,所以能够减少带给驾驶员的在切换时发生的不协调的感觉。也有助于改善驾驶员的安全性。

[0032] 还有,在本发明中,由于对急剧的目标转向角进行平滑化处理后进行控制,所以即使在自动驾驶中也不会给驾驶员带来不安感。

[0033] 根据本发明的电动助力转向装置(第二实施例),通过将在转向角控制单元内计算出的电动机速度指令值与渐变增益相乘来进行渐变,并用限制器来限制其输出的上下限值,同时,根据渐变增益来变更限制器的限制值。因此,在手动转向控制(辅助控制)和自动转向控制(转向角控制)的切换时,转向角控制指令值被限制,可以防止速度控制内的I控制的积分值积累过剩。据此,既可以抑制不想要的转向盘举动,又可以减少带给驾驶员的不协调的感觉。

### 附图说明

[0034] 图1是表示电动助力转向装置的概要的结构图。

[0035] 图2是表示电动助力转向装置的控制系统的结构例的结构框图。

[0036] 图3是表示本发明的结构例(第一实施例)的结构框图。

[0037] 图4是表示目标转向角修正单元的结构例的结构框图。

[0038] 图5是表示转向角控制单元的结构例的结构框图。

[0039] 图6是表示比率限制器的结构例的结构框图。

[0040] 图7是表示变化量设定单元的结构例的结构框图。

[0041] 图8是表示本发明的动作例的流程图。

[0042] 图9是表示转向角控制单元的动作例的流程图。

[0043] 图10是表示目标转向角修正单元的另一个结构,或,在目标转向角修正单元的后段设有相位补偿单元的结构例的结构框图。

[0044] 图11是表示本发明的结构例(第二实施例)的结构框图。

[0045] 图12是表示转向角控制单元的结构例的结构框图。

[0046] 图13是表示限制器的特性的特性图。

[0047] 图14是表示本发明的动作例的流程图。

[0048] 图15是表示在转向角控制单元进行的渐变处理的动作例的流程图。

[0049] 图16是表示渐变处理的一个例子的时序图。

[0050] 图17是表示渐变处理的另一个例子的时序图。

### 具体实施方式

[0051] 尽管在停车辅助、自动行驶等自动转向控制时进行转向盘的转向角控制,在驾驶员通过转向盘操作施加了转向扭矩的情况下,实施转向角控制以便修正目标转向角以便使其方向和被施加的转向扭矩的方向变成同一方向,并使实际转向角和修正后的目标转向角变得一致。因此,在互相用一定的比率把针对修正后的目标转向角的转向角控制的输出和基于转向扭矩的辅助控制的输出加起来进行控制的情况下,可以使自动转向控制的输出方



向和手动转向控制的输出方向变得一致,彼此的控制输出变得难以互相干涉。据此,能够减少带给驾驶员的在切换转向模式时发生的不协调的感觉。

[0052] 下面,参照各图来详细说明本发明的实施方式。

[0053] 图3表示本发明的结构例(第一实施例)。如图3所示,用于检测电动机旋转角 $\theta_s$ 的旋转传感器(如分解器等)151被连接到电动机150,经过车辆侧ECU130和EPS(电动助力转向装置)侧ECU140驱动控制电动机150。

[0054] 车辆侧ECU130具备切换指令单元131和目标转向角生成单元132,其中,切换指令单元131基于表示驾驶员的意思的按钮、开关等输出自动转向控制或手动转向控制的切换指令SW;目标转向角生成单元132基于来自摄相机(图像)、距离传感器等的信号生成目标转向角 $\theta_t$ 。另外,由被设置在柱轴(转向轴)上的转向角传感器152检测出的实际转向角 $\theta_r$ 经过车辆侧ECU130被输入到EPS侧ECU140内的转向角控制单元200中。由转向角传感器152检测出的实际转向角 $\theta_r$ 也可是基于柱轴(也包括中间轴、齿轮轴)、齿轮齿条(ラックアンドピニオン)的齿条的位移、车轮速度等的转向角估计值。

[0055] 切换指令单元131基于识别进入自动转向控制的信号,例如基于被设置在仪表板或转向盘周围的表示驾驶员的意思的按钮或开关,或基于被设置在变速杆上的基于停车模式等的车辆状态信号,输出切换指令SW。然后,切换指令SW被输入到EPS侧ECU140内的切换单元142中。另外,目标转向角生成单元132基于来自摄相机(图像)、距离传感器等的数据用公知的方法生成目标转向角 $\theta_t$ ,被生成了的目标转向角 $\theta_t$ 被输入到EPS侧ECU140内的转向角控制单元200中。

[0056] EPS侧ECU140具备扭矩控制单元141、目标转向角修正单元230、修正输出单元145、转向角控制单元200、切换单元142、电流控制/驱动单元143及电动机角速度运算单元144,其中,扭矩控制单元141输出基于转向扭矩 $T_h$ 和车速 $V_{el}$ 像前述那样计算出的电动机电流指令值 $I_{tref}$ ;目标转向角修正单元230输入转向扭矩 $T_h$ ,具有进行目标转向角修正的死区;修正输出单元145用来自目标转向角修正单元230的目标转向角修正值 $\theta_{ha}$ 来修正目标转向角 $\theta_t$ 并输出;转向角控制单元200基于来自修正输出单元145的被修正的目标转向角 $\theta_{t0}$ 、实际转向角 $\theta_r$ 及电动机角速度 $\omega$ 计算用于转向角自动控制的电动机电流指令值 $I_{mref}$ 并输出;切换单元142根据切换指令SW来切换电动机电流指令值 $I_{tref}$ 和电动机电流指令值 $I_{mref}$ ;电流控制/驱动单元143基于来自切换单元142的电动机电流指令值( $I_{tref}$ 或 $I_{mref}$ )驱动控制电动机150;电动机角速度运算单元144基于来自旋转传感器151的电动机旋转角 $\theta_s$ 计算电动机角速度 $\omega$ 。切换单元142根据来自车辆侧ECU130内的切换指令单元131的切换指令SW来切换基于扭矩控制单元141的扭矩控制模式(手动转向控制)和基于转向角控制单元200的自动转向控制,在手动转向控制模式时,输出电动机电流指令值 $I_{tref}$ ,在自动转向控制时,输出电动机电流指令值 $I_{mref}$ 。另外,电流控制/驱动单元143由PI电流控制单元、PWM控制单元、逆变器等构成。

[0057] 尽管目标转向角修正单元230在异常发生时等进行急剧的转向时,特别在转向扭矩大的时候,输出目标转向角修正值 $\theta_{ha}$ ,如图4所示,目标转向角修正单元230具有死区( $-Th1 \sim +Th1$ ),输出与大于或等于 $\pm Th1$ 的转向扭矩 $T_h$ 对应的目标转向角修正值 $\theta_{ha}$ 。目标转向角修正值 $\theta_{ha}$ 被输入到加法单元145,通过在加法单元145与目标转向角 $\theta_t$ 相加以便修正目标转向角 $\theta_t$ ,被修正的目标转向角 $\theta_{t0}$ 被输入到转向角控制单元200。

[0058] 另外,图4的特性并不一定是直线,也可以是平滑的曲线,或者,也可以使用图(マップ)。

[0059] 转向角控制单元200具有图5所示的结构。如图5所示,修正目标转向角 $\theta_{t0}$ 被输入到用于在来自加法单元145的修正目标转向角 $\theta_{t0}$ 急剧变化的情况下对其进行平滑化处理(也就是说,使其在所规定的时间变化率的范围内平滑地变化)的比率限制器211中,通过了用于除去高频干扰的LPF212的目标转向角 $\theta_{ta}$ 被加法输入到减法单元213A。实际转向角 $\theta_r$ 被减法输入到减法单元213A,实际转向角 $\theta_r$ 与平滑化处理后的目标转向角 $\theta_{ta}$ 之间的角度偏差在比例增益(Kpp)单元214与增益Kpp相乘后,作为电动机速度指令值 $\omega_e$ 被加法输入到减法单元213B。来自电动机角速度运算单元144的电动机角速度 $\omega$ 被减法输入到减法单元213B,由减法单元213B运算出的速度偏差Df经过积分单元216A后在积分增益(Kvi)单元216B与增益Kvi相乘后,被加法输入到减法单元213C,同时,速度偏差Df在比例增益(Kvp)单元216C与增益Kvp相乘后,被减法输入到减法单元213C。作为减法单元213C的减法结果的电动机电流指令值Ib经过限制上下限值的限制器217后被作为电动机电流指令值Imref输出。

[0060] 比率限制器211在修正目标转向角 $\theta_{t0}$ 急剧变化的情况下对其进行平滑化处理并输出平滑化处理后的修正目标转向角,例如具有图6所示的结构。如图6所示,修正目标转向角 $\theta_{t0}$ 被加法输入到减法单元211-1,变化量设定单元211-2根据作为修正目标转向角 $\theta_{t0}$ 与过去值的减法结果的转向角 $\theta_{t1}$ 来设定变化量 $\theta_{t2}$ 。变化量设定单元211-2设定来自保持单元( $Z^{-1}$ )211-4的过去值与输入( $\theta_{t0}$ )的差分 $\theta_{t1}$ ,变化量 $\theta_{t2}$ 与过去值在加法单元211-3相加得到的加法结果被作为新的目标转向角 $\theta_{t3}$ 输出。变化量设定单元211-2使变化量不超过被设定好的上限和下限,其特性是在每个运算周期T求出与输入(修正目标转向角) $\theta_{t0}$ 的差分,在与输入(修正目标转向角) $\theta_{t0}$ 的差分在变化量设定单元211-2的上限和下限的范围外的情况下,通过反复进行差分和过去值的相加,使输出 $\theta_{t3}$ 如图7所示的阶梯状变化,最后使输出 $\theta_{t3}$ 和修正目标转向角 $\theta_{t0}$ 变得一致。另外,在与输入(修正目标转向角) $\theta_{t0}$ 的差分在变化量设定单元211-2的上限和下限的范围内的情况下,由于变化量 $\theta_{t2}$ (=差分 $\theta_{t1}$ )被输出并与过去值相加,所以结果输出 $\theta_{t3}$ 和输入(修正目标转向角) $\theta_{t0}$ 一致。根据这些结果,即使在修正目标转向角 $\theta_{t0}$ 急剧变化的情况下,也可以使急剧变化的修正目标转向角 $\theta_{t0}$ 流畅地变化,防止急剧的电流变化(=急剧的转向),达到减少驾驶员对自动驾驶的不安感的功能。

[0061] 在这样的构成中,参照图8的流程图来说明本发明的全体的动作例。

[0062] 当转向系统的动作开始时,实施基于扭矩控制单元141的扭矩控制(步骤S1),电流控制/驱动单元143基于电动机电流指令值Itref来驱动电动机150(步骤S2)。重复上述动作直至切换指令SW被从切换指令单元131输出(步骤S3)。

[0063] 当变成自动转向控制,切换指令SW被从切换指令单元131输出时,目标转向角 $\theta_t$ 被从目标转向角生成单元132输入到加法单元145(步骤S4),实际转向角 $\theta_r$ 被从转向角传感器152输入到转向角控制单元200(步骤S5),转向扭矩Th被从扭矩传感器154输入到目标转向角修正单元230(步骤S6),作为修正输出单元的加法单元145对目标转向角 $\theta_t$ 进行基于转向扭矩Th的修正(步骤S7),在加法单元145得到的修正目标转向角 $\theta_{t0}$ 被输入到转向角控制单元200(步骤S8)。另外,电动机角速度 $\omega$ 被从电动机角速度运算单元144输入到转向角控制单元200(步骤S9),转向角控制单元200生成电动机电流指令值Imref(步骤S100)。还有,目标转向角 $\theta_t$ 、实际转向角 $\theta_r$ 、转向扭矩Th及电动机角速度 $\omega$ 的输入的顺序可以适当地变更。

[0064] 然后,基于来自切换指令单元131的切换指令SW,切换单元142被切换(步骤S10),

电流控制/驱动单元143基于来自转向角控制单元200的电动机电流指令值 $I_{mref}$ 来驱动电动机150(步骤S11),返回上述步骤S3。重复进行基于电动机电流指令值 $I_{mref}$ 的驱动控制直至来自切换指令单元131的切换指令SW被变更。

[0065] 接着,参照图9的流程图来说明转向角控制单元200的动作例。

[0066] 来自加法单元145的修正目标转向角 $\theta_{t0}$ 被输入到比率限制器211(步骤S110),在比率限制器211被执行如前所述的比率限制动作(步骤S111),然后,在LPF212被进行LPF处理(步骤S112),经过这些处理后得到的目标转向角 $\theta_{ta}$ 被加法输入到减法单元213A。另外,来自转向角传感器152的实际转向角 $\theta_r$ 被减法输入到减法单元213A(步骤S113),减法单元213A进行“ $\theta_{ta}-\theta_r$ ”的减法(步骤S114),作为减法单元213A的减法结果的角度偏差 $\theta_b$ 在比例增益单元214与增益 $K_{pp}$ 相乘后被加法输入到减法单元213B(步骤S115)。电动机角速度 $\omega$ 被减法输入到减法单元213B(步骤S116),减法单元213B求出角度偏差 $\theta_b$ 与增益 $K_{pp}$ 相乘后得到的角速度 $\omega_e$ 与电动机角速度 $\omega$ 之间的速度偏差 $D_f$ (步骤S117)。

[0067] 在减法单元213B得到的速度偏差 $D_f$ 在积分单元216A被积分并在积分增益单元216B与增益 $K_{vi}$ 相乘后,被加法输入到减法单元213C(步骤S120),同时,速度偏差 $D_f$ 在比例增益单元216C与比例增益 $K_{vp}$ 相乘后,被减法输入到减法单元213C(步骤S121),减法单元213C进行减法运算并输出电动机电流指令值 $I_b$ (步骤S122)。电动机电流指令值 $I_b$ 由限制器217被限制了上下限值后(步骤S123),被作为电动机电流指令值 $I_{fref}$ 输出(步骤S124)。

[0068] 在从自动转向控制切换到手动转向控制时,自动转向控制想要修改基于手动转向控制的转向角差。这会作为一种被卡住的感觉出现在转向盘上。为了减轻这种被卡住的感觉,对目标转向角修正值 $\theta_{ta}$ 进行相位补偿(相位超前补偿)。图10表示这种结构例。如图10所示,目标转向角修正单元230的后段设有相位补偿单元230A。即,相位补偿单元230A对来自目标转向角修正单元230的目标转向角修正值 $\theta_{ha}'$ 进行相位超前补偿,并输出相位超前补偿后的目标转向角修正值 $\theta_{ha}$ 。另外,也可以在目标转向角修正单元230内设置用于进行相位超前补偿的相位补偿单元,从目标转向角修正单元230来输出相位补偿后的目标转向角修正值 $\theta_{ha}$ 。

[0069] 还有,除了相位补偿以外,还可以把LPF、微分、积分、比例项等补偿加在目标转向角修正值上。

[0070] 为了使既能够抑制基于自动转向控制的转向开始时的伴随着急剧变化的转向举动和车辆举动又不会给驾驶员和同乘者带来惊惧和不舒服的感觉的自动控制成为可能,在本发明中,将转向角控制单元内的电动机速度指令值与转向角控制渐变增益相乘,并针对与渐变增益相乘后的电动机速度指令值,设置用于限制上下限值的限制器。该限制器可根据转向角控制渐变增益来变更其限制值,通过在转向角控制渐变增益小于阈值时使限制值变小,在转向角控制渐变增益大于或等于阈值时使限制值变大,以便可根据转向角控制渐变增益来限制电动机速度指令值。由于限制器的限制值的变更也是通过渐变来进行的,所以也不会给驾驶员带来不舒服的感觉。

[0071] 图11表示本发明的结构例(第二实施例),与第一实施例的图3对应。如图11所示,从第一实施例中删除了扭矩传感器154、目标转向角修正单元230、自切换单元142及加法单元145。作为被删除的部分的代替,转向角控制单元200A的结构有变化,并新增加了增益调整单元148、乘法单元145、乘法单元146及加法单元147。

[0072] EPS侧ECU140具备如前所述的扭矩控制单元141、转向角控制单元200A、增益调整单元148、加法单元147、如前所述的电流控制/驱动单元143及如前所述的电动机角速度运算单元144,其中,转向角控制单元200A基于目标转向角 $\theta_t$ 、实际转向角 $\theta_r$ 及电动机角速度 $\omega$ 计算用于自动转向控制的电流指令值 $I_{mref1}$ 并输出;增益调整单元148在自动转向控制基于控制切换指令SW变成“ON”时,输出用于在乘法单元145对用于辅助控制的电流指令值 $I_{tref1}$ 进行渐变的辅助控制渐变增益GC1和用于在乘法单元146对来自转向角控制单元200A的电流指令值 $I_{mref1}$ 进行渐变的转向角控制渐变增益GC2;加法单元147对来自乘法单元145的渐变后的电流指令值 $I_{tref2}$ 和来自乘法单元146的渐变后的电流指令值 $I_{mref2}$ 进行相加,输出电动机电流指令值 $I_{ref}$ 。

[0073] 辅助控制渐变增益GC1与转向角控制渐变增益GC2之间具有相关关系,当转向角控制渐变增益GC2沿着增加方向变化时,辅助控制渐变增益GC1变成沿着减少方向变化。另外,乘法单元145、乘法单元146及加法单元147构成输出单元。

[0074] 转向角控制单元200A具有图12所示的结构。如图12所示,位置控制单元240内的减法单元242求出目标转向角 $\theta_t$ 与实际转向角 $\theta_r$ 之间的偏差角 $\theta_e$ ,偏差角 $\theta_e$ 在增益单元241与增益 $K_{pp}$ 相乘后,作为电动机速度指令值 $\omega_m$ 被输入到乘法单元251,乘法单元251用来自增益调整单元148的转向角控制渐变增益GC2对电动机速度指令值 $\omega_m$ 进行渐变。渐变后的电动机速度指令值 $\omega_{ma}$ 被输入到图13所示的具有正的限制值1、负的限制值1、正的限制值2及负的限制值2的限制器252,在限制器252被限制了上下限值后的电动机速度指令值 $\omega_{mb}$ 被加法输入到速度控制单元260内的减法单元261。来自电动机角速度运算单元144的电动机角速度 $\omega$ 被减法输入到减法单元261,减法单元261运算出的速度偏差 $Df$ 在积分单元262与增益 $K_v$ 相乘并被积分后,作为电流指令值 $I_{r1}$ 被加法输入到减法单元264。另外,电动机角速度 $\omega$ 被输入到速度控制单元260内的增益单元263,在增益单元263电动机角速度 $\omega$ 与增益 $K_{vp}$ 相乘后得到的电流指令值 $I_{r2}$ 被减法输入到减法单元264。减法单元264的电流指令值 $I_{r1}$ 及电流指令值 $I_{r2}$ 的减法结果作为电流指令值 $I_{mref1}$ 被从速度控制单元260输出,并被输入到乘法单元146。转向角控制渐变增益GC2被输入到乘法单元146,渐变后的电流指令值 $I_{mref2}$ 被输入到加法单元147。

[0075] 在这样的构成中,参照图14的流程图来说明本发明的全体的动作例。

[0076] 当转向系统的动作(自动转向控制“OFF”)开始时,实施基于扭矩控制单元141的扭矩控制(步骤S20),电流控制/驱动单元143基于电流指令值 $I_{tref1}$ (= $I_{tref2}$ )来驱动电动机150(步骤S21)。重复上述动作直至控制切换指令SW被从控制切换单元131输出,自动转向控制变成“ON”(步骤S22)。

[0077] 当控制切换指令SW被输出,自动转向控制变成“ON”,控制切换指令SW被从切换指令单元131输出时,目标转向角 $\theta_t$ 被从目标转向角生成单元132输入到转向角控制单元200A(步骤S23),实际转向角 $\theta_r$ 被从转向角传感器152输入到转向角控制单元200A(步骤S24),电动机角速度 $\omega$ 被从电动机角速度运算单元144输入到转向角控制单元200A(步骤S25),增益调整单元148设定辅助控制渐变增益GC1和转向角控制渐变增益GC2(步骤S26)。还有,目标转向角 $\theta_t$ 、实际转向角 $\theta_r$ 及电动机角速度 $\omega$ 的输入的顺序可以适当地变更。

[0078] 然后,转向角控制单元200A计算电流指令值 $I_{mref1}$ 并输出计算出的电流指令值 $I_{mref1}$ ,扭矩控制单元141计算电流指令值 $I_{tref1}$ 并输出计算出的电流指令值 $I_{tref1}$ (步骤

S27),用被设定好的转向角控制渐变增益GC2和辅助控制渐变增益GC1进行渐变(步骤S200)。即,电流指令值 $I_{tref1}$ 在乘法单元145与辅助控制渐变增益GC1相乘后被作为电流指令值 $I_{tref2}$ 输出,电流指令值 $I_{mref1}$ 在乘法单元146与转向角控制渐变增益GC2相乘后被作为电流指令值 $I_{mref2}$ 输出。通过像这样经过渐变处理后的电流指令值 $I_{mref2}$ 和电流指令值 $I_{tref2}$ 在加法单元147相加来生成电动机电流指令值 $I_{ref}$ (步骤S30),电流控制/驱动单元143基于电动机电流指令值 $I_{ref}$ 来驱动电动机150(步骤S31),返回上述步骤S22。

[0079] 另外,在速度控制单元260中,减法单元261求出电动机速度指令值 $\omega_{mb}$ 与电动机角速度 $\omega$ 之间的速度偏差 $Df(=\omega_{mb}-\omega)$ ,求出的速度偏差 $Df$ 被输入到积分单元262,通过速度偏差 $Df$ 在积分单元262被积分并与增益 $K_{vi}$ 相乘来计算电流指令值 $I_{r1}$ ,计算出的电流指令值 $I_{r1}$ 被加法输入到减法单元264。电动机角速度 $\omega$ 被输入到增益单元263,在增益单元263电动机角速度 $\omega$ 与增益 $K_{vp}$ 相乘后得到的电流指令值 $I_{r2}$ 被减法输入到减法单元264。减法单元264求出电流指令值 $I_{r1}$ 与电流指令值 $I_{r2}$ 之间的偏差 $(=I_{r1}-I_{r2})$ ,求出的偏差作为电流指令值 $I_{mref1}$ 被从速度控制单元260输出。

[0080] 接着,参照图15的流程图来说明转向角控制单元200A的渐变处理例。

[0081] 当自动转向控制基于控制切换指令SW变成“ON”时,首先,通过转向角控制渐变增益GC2逐渐增加转向角控制的电动机速度指令值 $\omega_m$ (步骤S201),在限制器252用限制值1来限制电动机速度指令值 $\omega_{mb}$ (步骤S202)。重复上述动作直至转向角控制渐变增益GC2变成大于或等于阈值1(步骤S203),当转向角控制渐变增益GC2变成大于或等于阈值1时,逐渐将限制器252的限制值1变更到限制值2( $>$ 限制值1)(步骤S204),然后,用限制值2来限制电动机速度指令值 $\omega_{mb}$ (步骤S205)。

[0082] 图16是用经过时间来表示电动机速度指令值 $\omega_{mb}$ 、转向角控制渐变增益GC2、辅助控制渐变增益GC1、限制器252的限制值及自动转向ON/OFF的关系例的时序图。

[0083] 在时刻 $t_1$ 变成自动转向控制,像图16(B)那样增加的转向角控制渐变增益GC2被从增益调整单元148输出,同时,像图16(C)那样减少的辅助控制渐变增益GC1被从增益调整单元148输出。用限制值1来进行限制处理直至转向角控制渐变增益GC2达到阈值1(在这个例子中是100%)。因此,如图16(A)所示,电动机速度指令值 $\omega_{mb}$ 成为被用限制值1限制了的值。然后,当转向角控制渐变增益GC2达到阈值1的100%时(时刻 $t_2$ ),使限制器252的限制值从限制值1逐渐增加并使其在时刻 $t_3$ 增加到限制值2,以后就用限制值2来进行限制处理。随着图16(D)所示的限制器252的限制值的增加、变更,作为限制器252的输出的电动机速度指令值 $\omega_{mb}$ 在时刻 $t_2$ 以后像图16(A)一样变动。

[0084] 然后,在时刻 $t_4$ 自动转向变成“OFF”时,像图16(B)那样减少的转向角控制渐变增益GC2被从增益调整单元148输出,同时,像图16(C)那样增加的辅助控制渐变增益GC1被从增益调整单元148输出。以后就用限制值1来进行限制处理。

[0085] 在图16的例子中尽管用100%来说明转向角控制渐变增益GC2的阈值1,在图17的例子中把阈值1设为 $x\%$ 。当自动转向控制在时刻 $t_{10}$ 变成“ON”,转向角控制渐变增益GC2在时刻 $t_{11}$ 达到阈值1( $x\%$ (例如50%))时,从时刻 $t_{11}$ 起使限制器252的限制值从限制值1逐渐增加并使其在时刻 $t_{13}$ 增加到限制值2。根据这个例子,既可以防止积分项积累过剩又可以改善快速响应性(即応性)。

[0086] 还有,尽管在上面线性地进行了渐变增益和限制值的渐变,也可以非线性地进行

渐变增益和限制值的渐变。另外,尽管在上面转向角控制渐变增益和用于电动机速度指令的渐变增益被设为同一值,转向角控制渐变增益和用于电动机速度指令的渐变增益也可以分别是不同的特性。针对转向角控制渐变增益和辅助控制渐变增益,也可以任意变更渐变时间和渐变定时。

[0087] 还有,尽管在上面速度控制被作为控制对象,对具有被要求的转向角(要求舵角)等输入被积累并被用于电流指令值等输出的结构的控制方式也有效,当这个结构被组装到位置控制和速度控制中,对其他任何结构都有效。

[0088] 附图标记说明

[0089]	1	转向盘
[0090]	2	柱轴(转向轴)
[0091]	10、154	扭矩传感器
[0092]	12、153	车速传感器
[0093]	13	电池
[0094]	20、150	电动机
[0095]	21	电动机驱动单元
[0096]	100	控制单元(ECU)
[0097]	110	扭矩系统控制单元
[0098]	120	电动机系统控制单元
[0099]	151	旋转传感器
[0100]	152	转向角传感器
[0101]	130	车辆侧ECU
[0102]	131	切换指令单元
[0103]	132	目标转向角生成单元
[0104]	140	EPS侧ECU
[0105]	141	扭矩控制单元
[0106]	142	切换单元
[0107]	143	电流控制/驱动单元
[0108]	144	电动机角速度运算单元
[0109]	200、200A	转向角控制单元
[0110]	211	比率限制器
[0111]	211-2	变化量设定单元
[0112]	211-4	保持单元
[0113]	214	比例增益单元
[0114]	216A	积分单元
[0115]	216B	积分增益(Kvi)单元
[0116]	216C	比例增益(Kvp)单元
[0117]	230	目标转向角修正单元
[0118]	240	位置控制单元
[0119]	260	速度控制单元

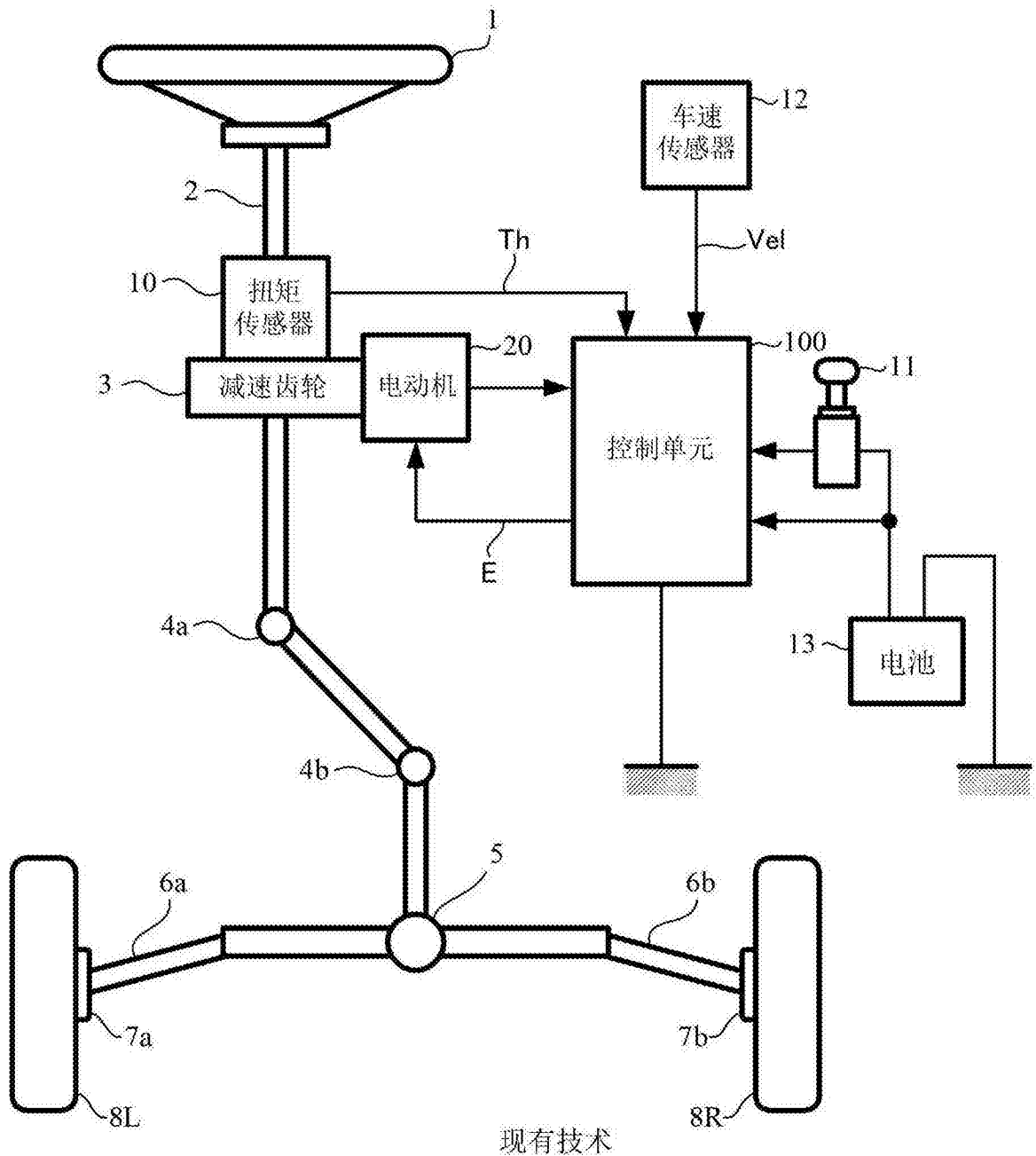
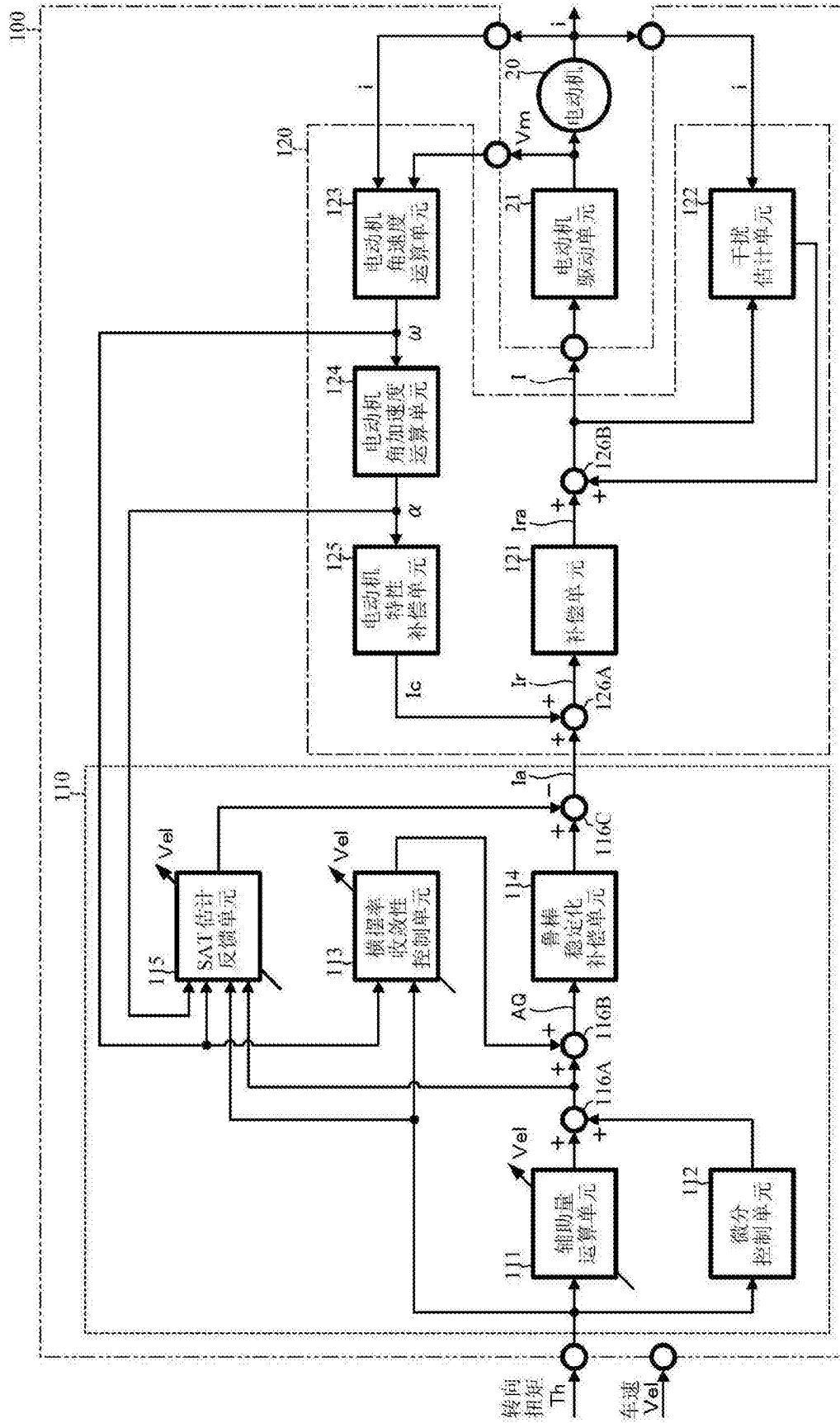


图1



现有技术

图2



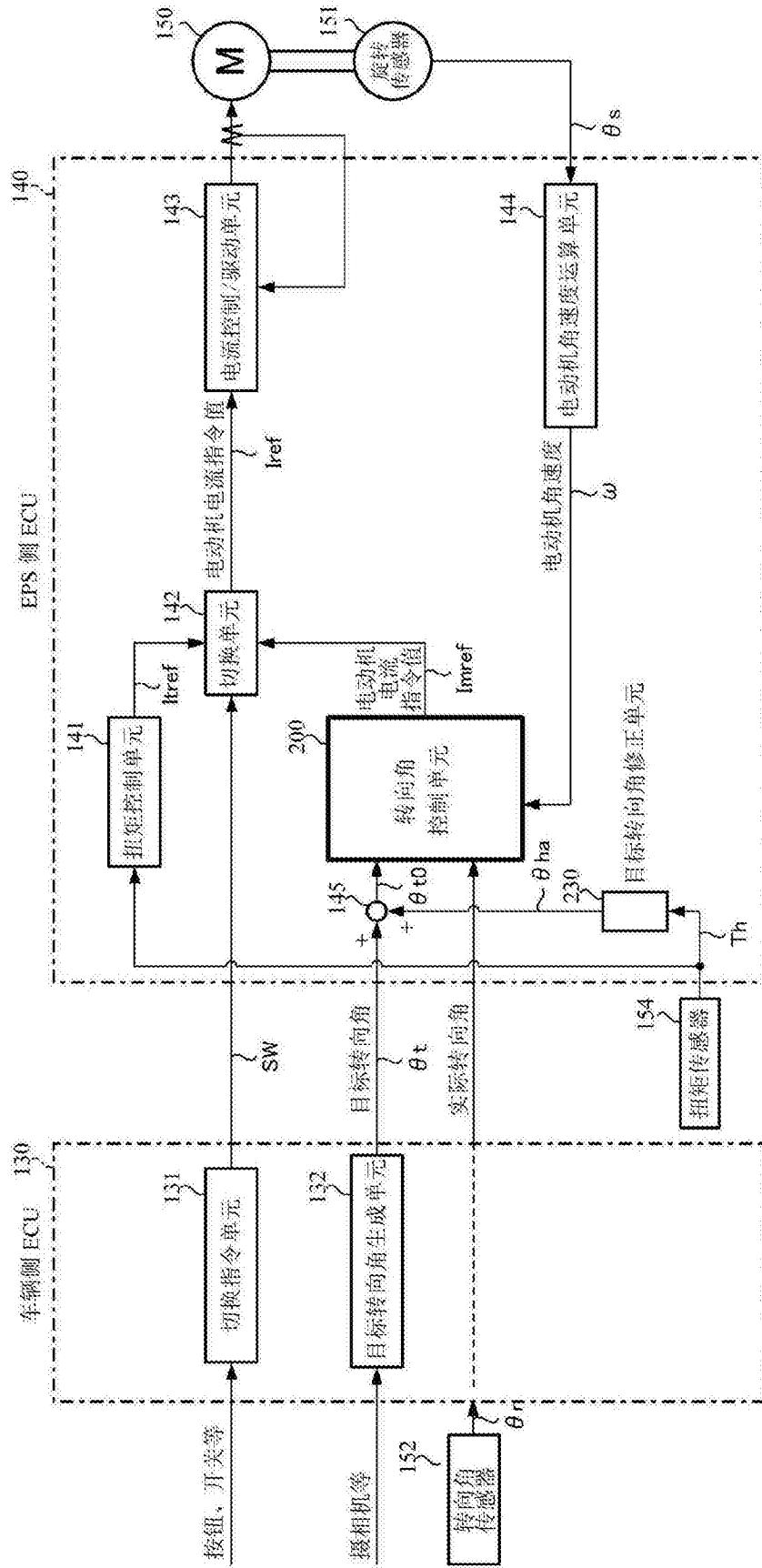


图3

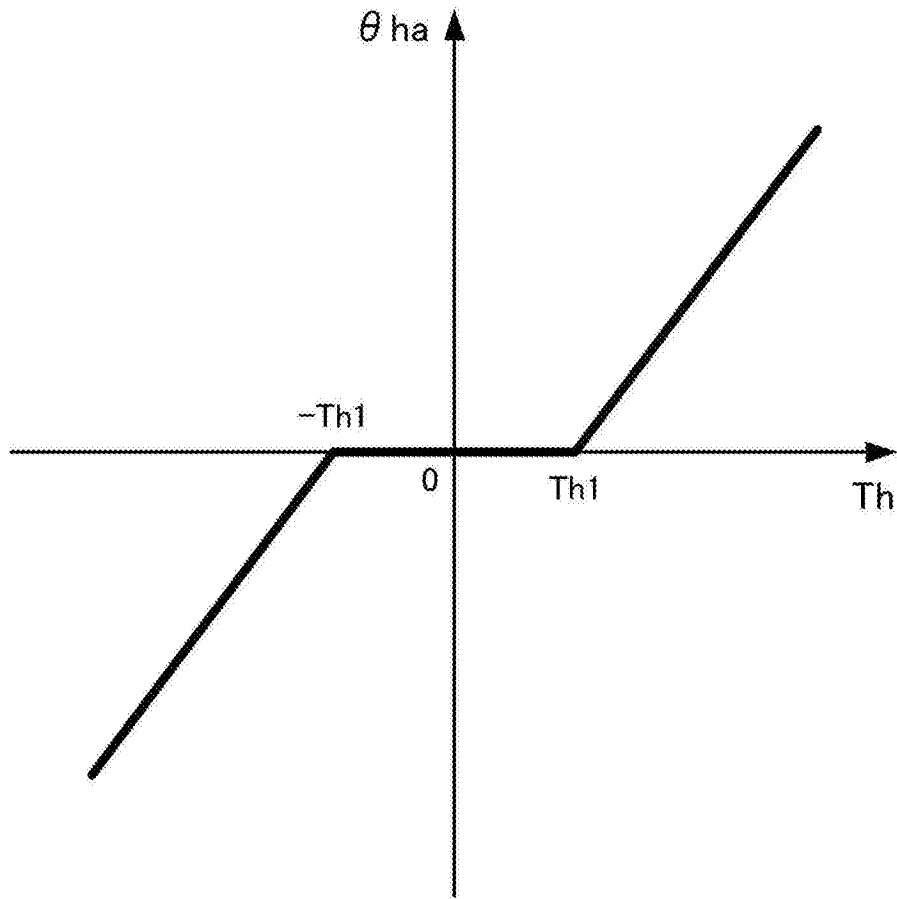


图4

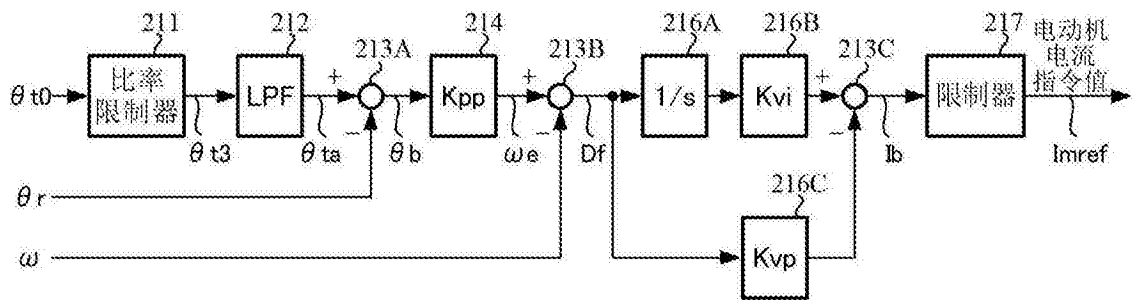


图5

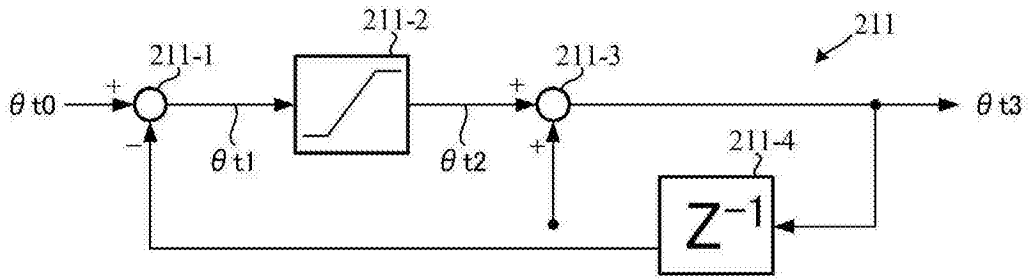


图6

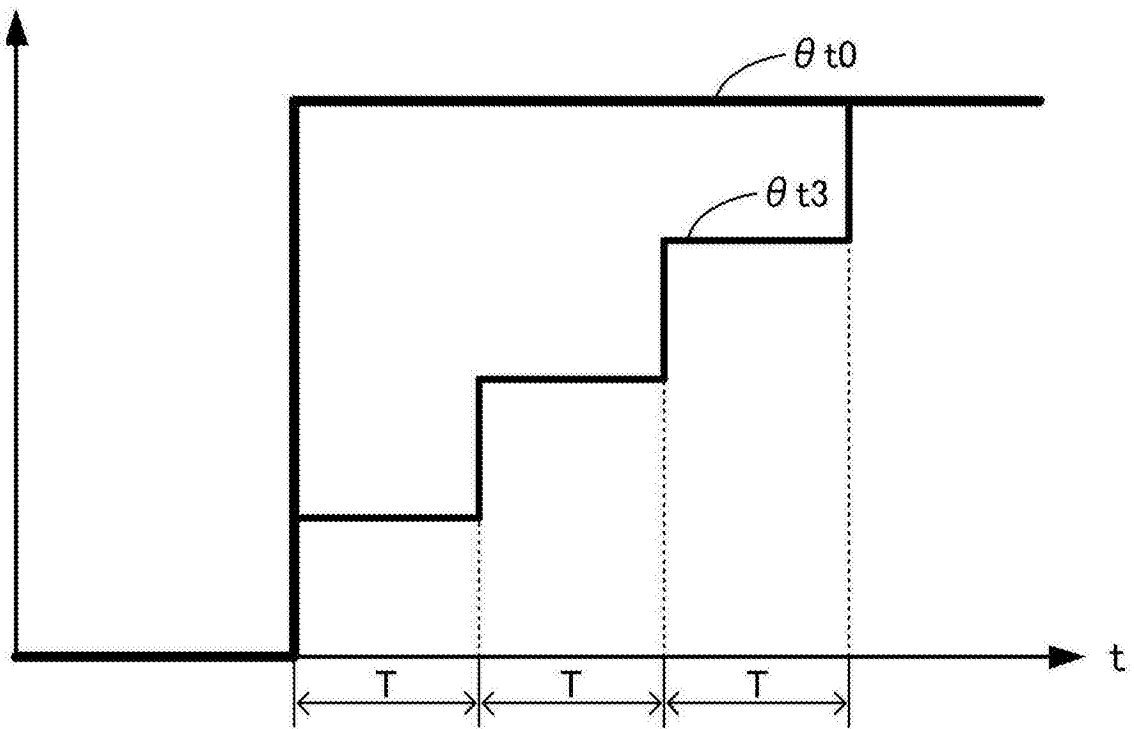


图7

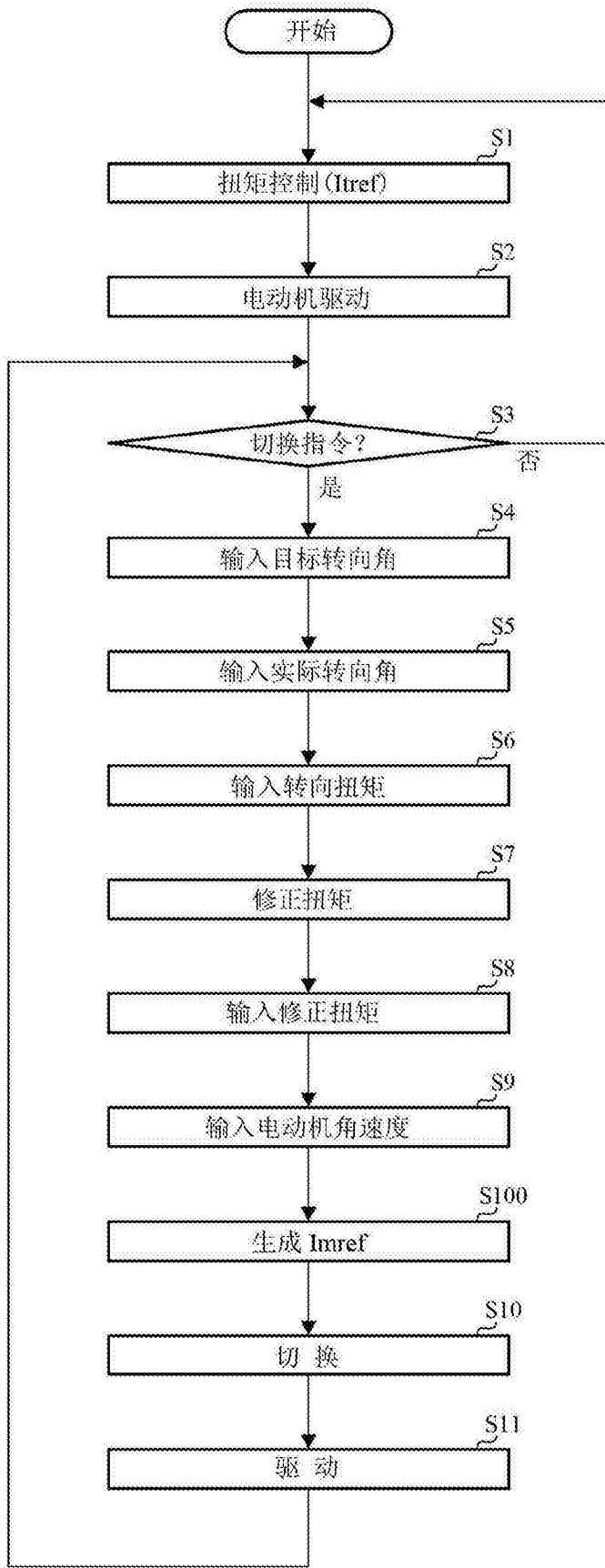


图8

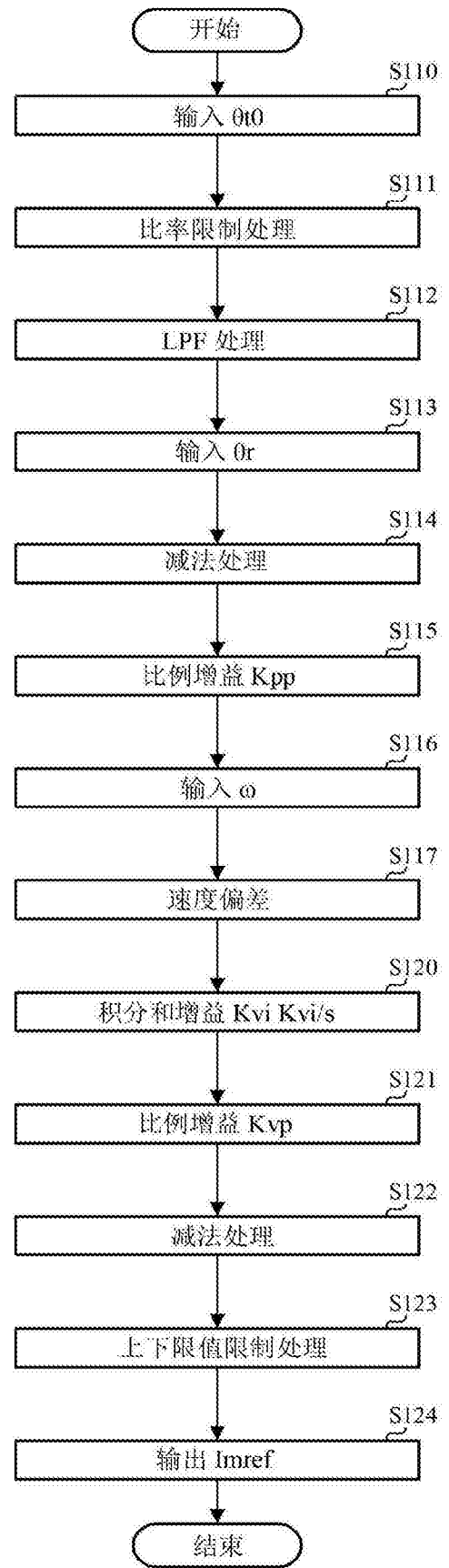


图9

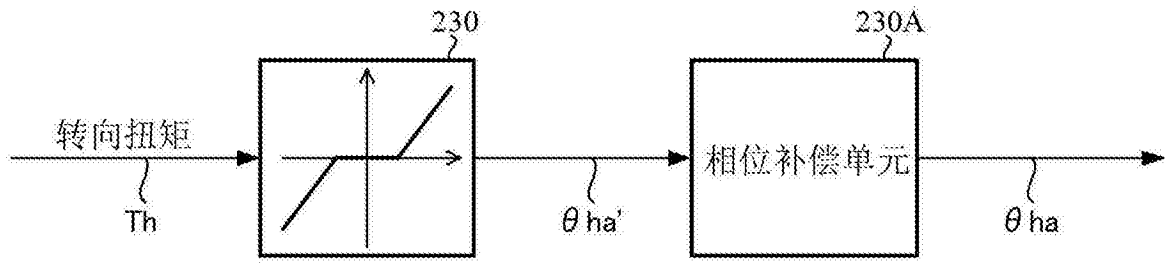


图10

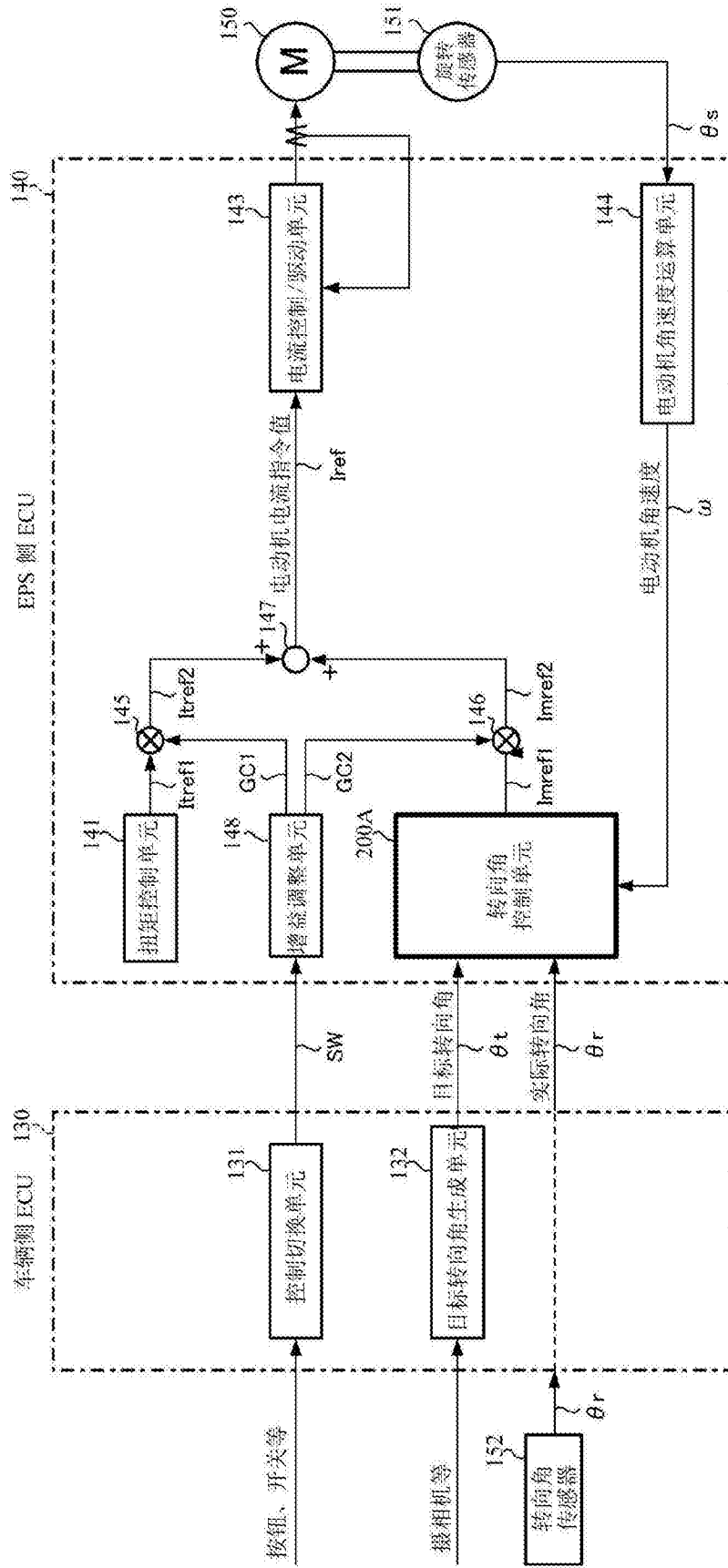


图11

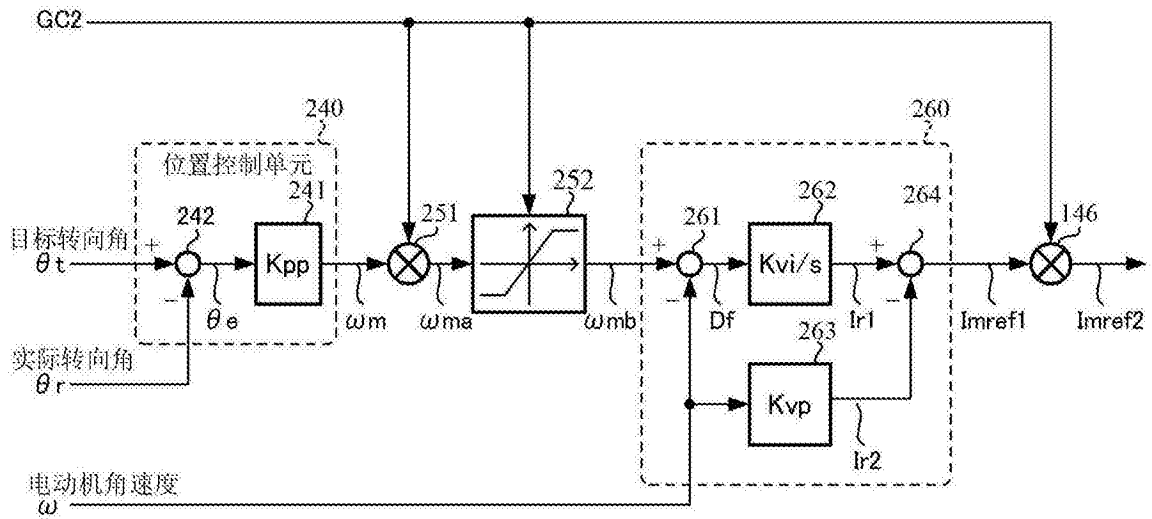


图12

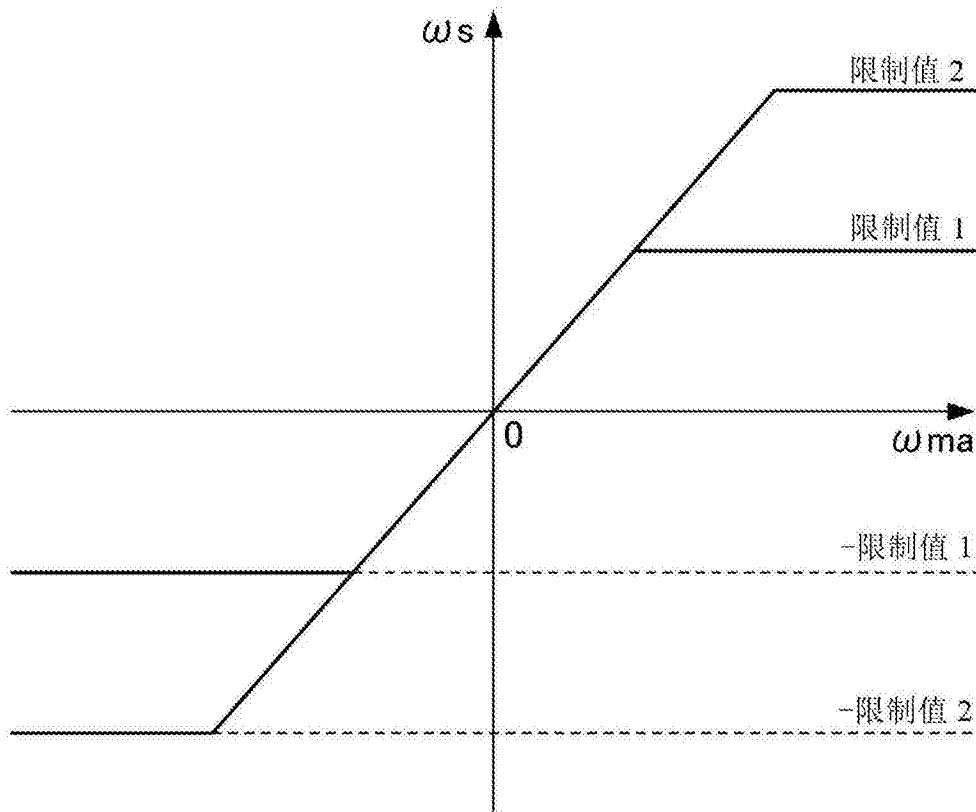


图13

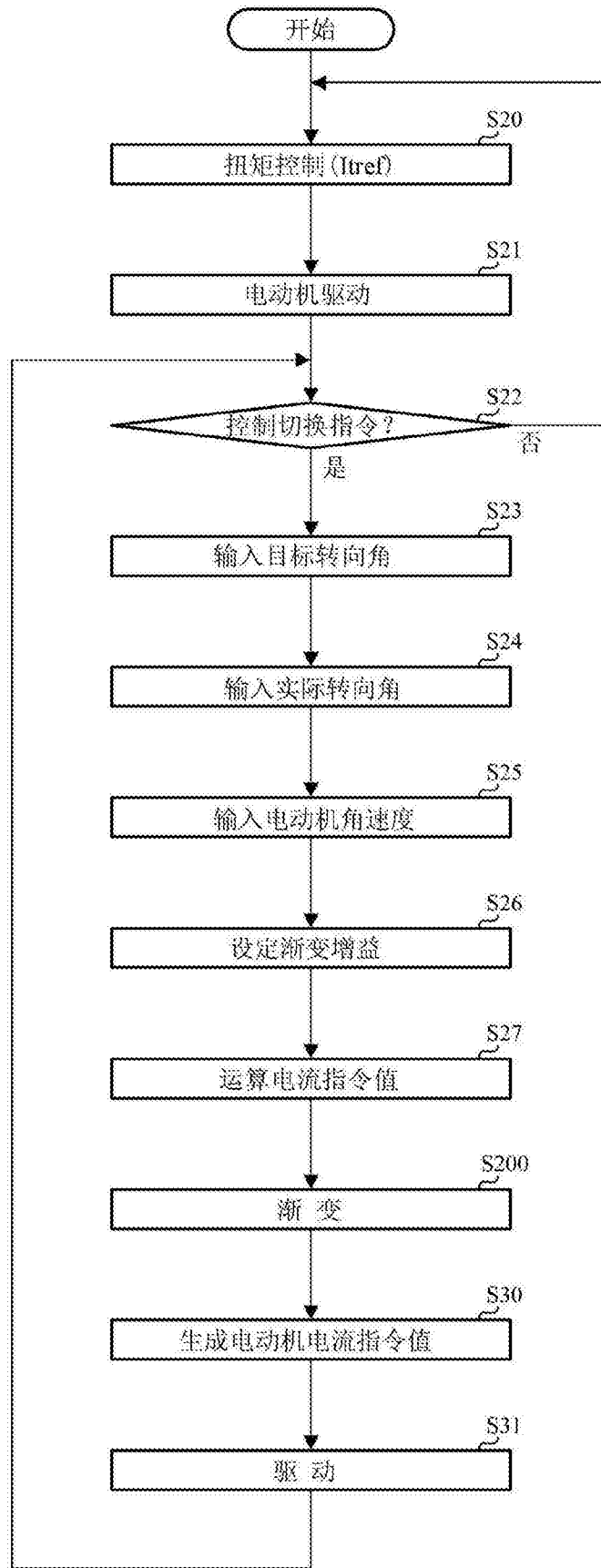


图14



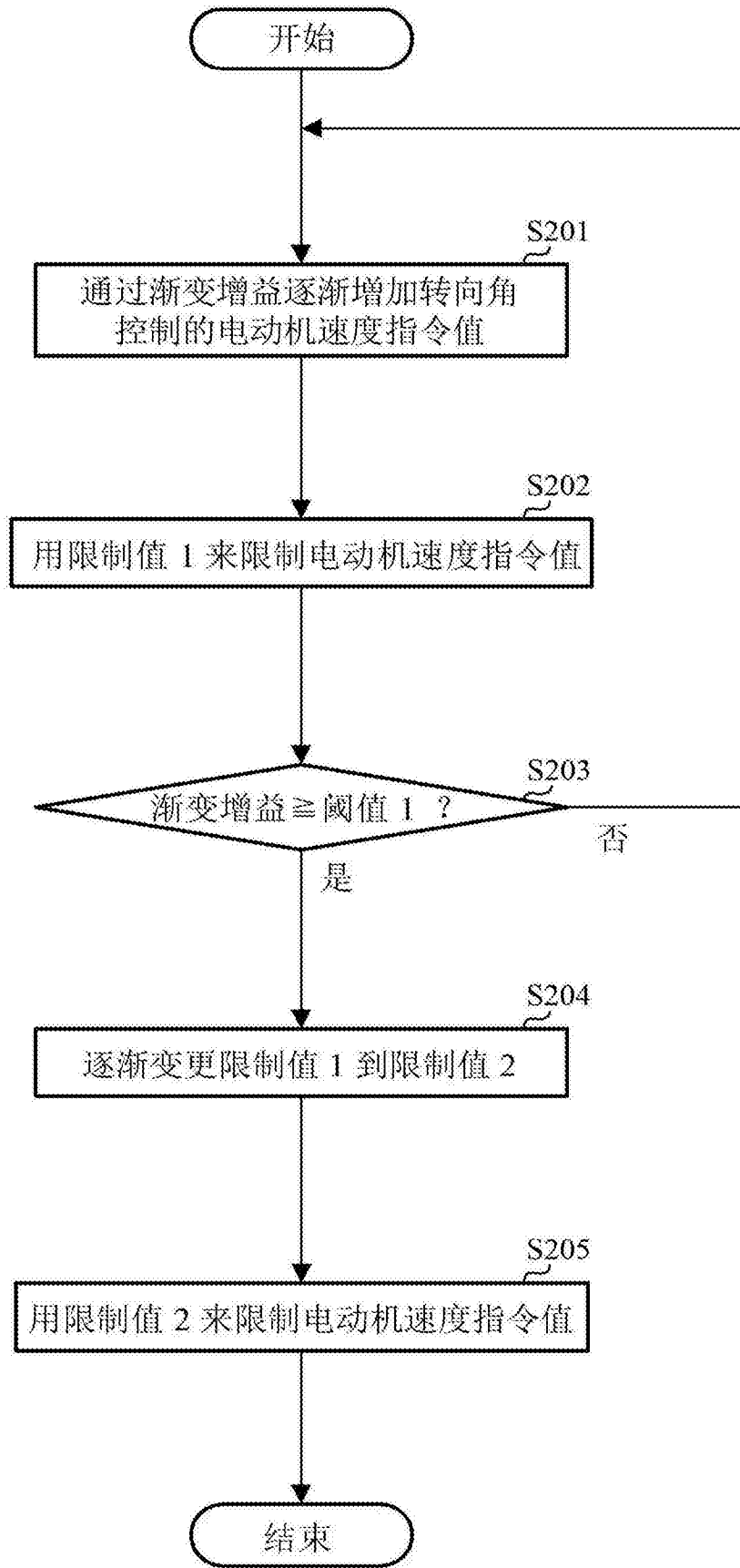


图15

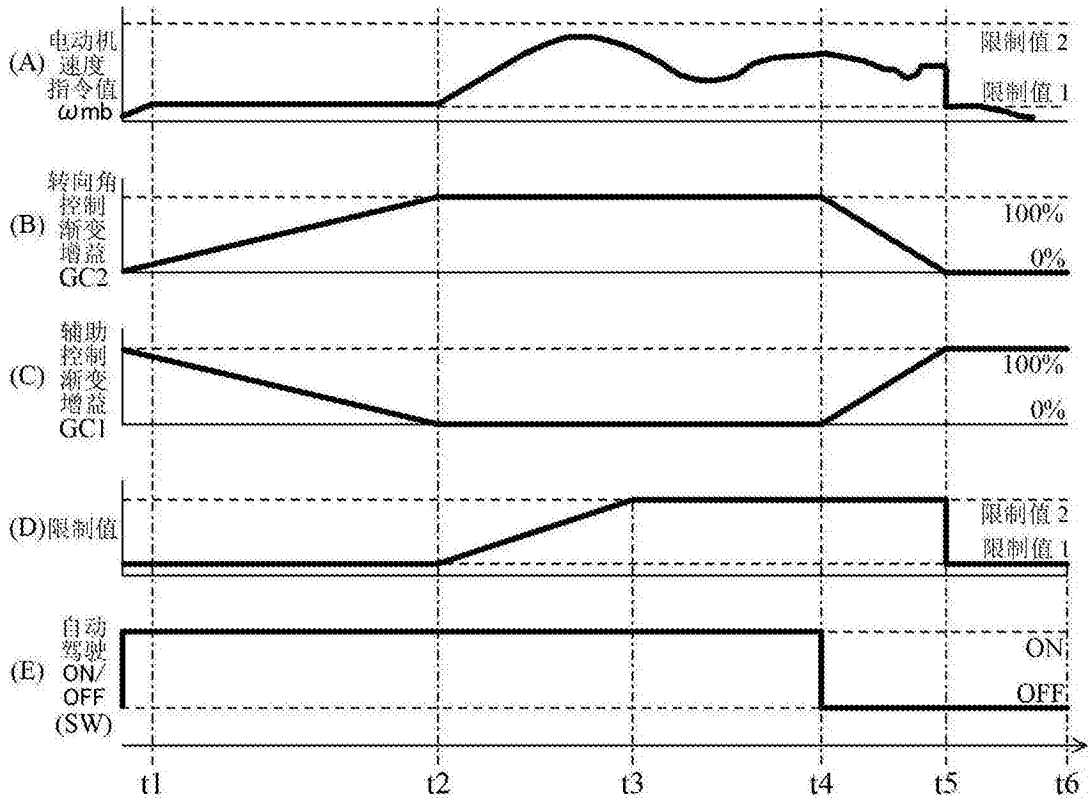


图16

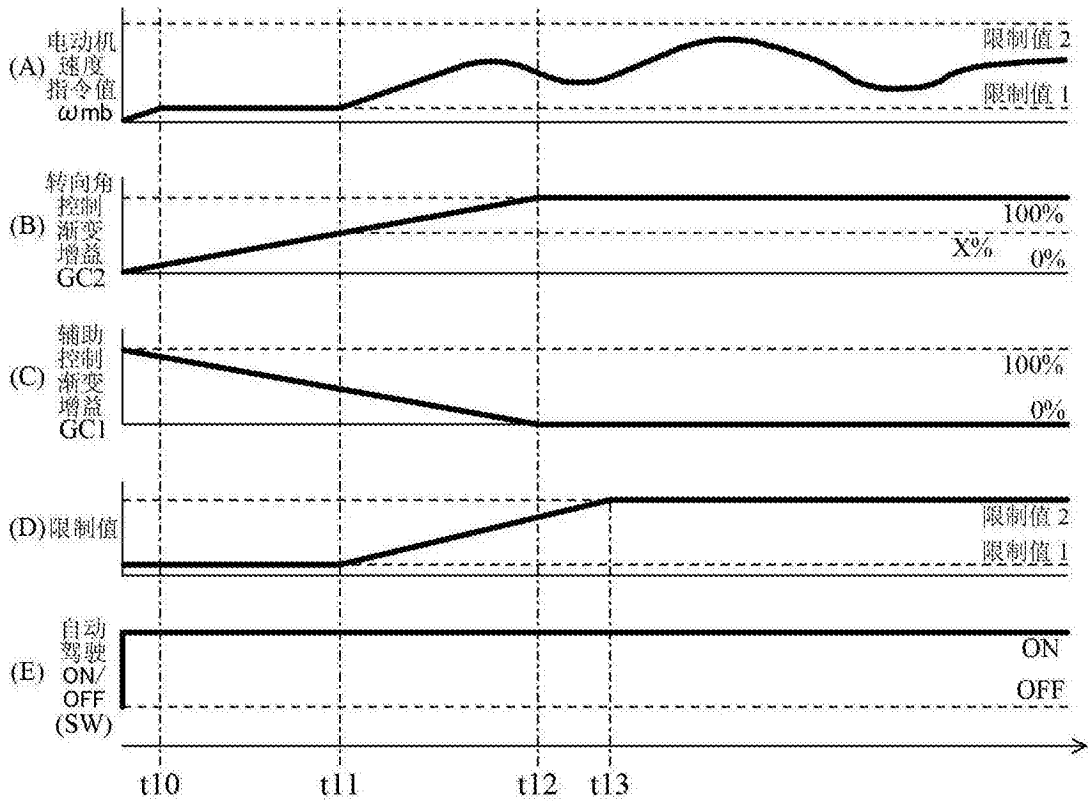


图17