(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104379446 B
(45)授权公告日 2016.05.04

(21)申请号 201380030729.7
(22)申请日 2013.04.15
(30)优先权数据
1253482 2012.04.16 FR
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2014.12.11
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2013/057842 2013.04.15
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2013/156451 FR 2013.10.24
(73)专利权人 萨热姆防务安全公司
地址 法国布洛涅－比扬古
(72)发明人 G·贝希拉 J·皮埃顿 G·梅西埃 Y·范登巴维尔
(74)专利代理机构 北京戈程知识产权代理有限公司 11314
代理人 程伟 王锦阳
(51)Int.Cl.
B64C 13/04(2006.01)
B64C 13/46(2006.01)
G06F 3/01(2006.01)
G09B 9/28(2006.01)
(56)对比文件
US 5735490 A,1998.04.07,
US 2001/0045941 A1,2001.11.29,
WO 03/040844 A2,2003.05.15,
EP 2279941 A1,2011.02.02,
CN 102092476 A,2011.06.15,
审查员 黄达飞

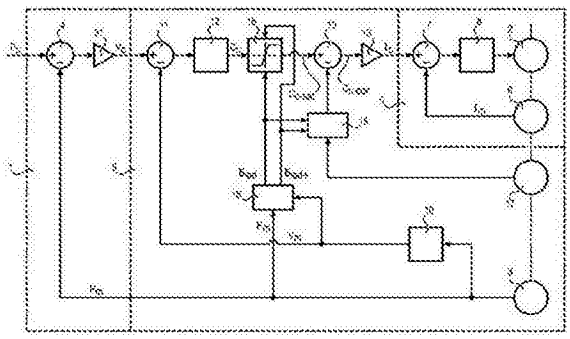
权利要求书1页 说明书5页 附图5页

(54)发明名称

用于转向构件的力反馈的主动控制的设备和方法

(57)摘要

本发明涉及一种用于控制设备的力反馈的主动控制的设备，包括计算器、位置传感器(3)和致动器(2)，位置传感器(3)配置为向计算器提供控制设备的有效位置信号(Pm)，致动器(2)确保控制设备根据来自计算器的命令进行位移，计算器配置为使用有效位置信号并且调制传送到致动器的设定点电流(Ic)以便确保控制设备的位移的位置反馈，其特征在于，计算器进一步配置为根据位置的有效位置信号的值/力的定律种类的预定函数来创建至少一个饱和终端(Bsat+、Bsat－)，并且配置为使用至少一个饱和终端来饱和设定点电流。



CN 104379446 B

1. 一种用于转向构件的力反馈的主动控制的设备，包括计算器、位置传感器 (3) 和致动器 (2)，位置传感器 (3) 配置为向计算器提供转向构件的有效位置信号 (Pm)，致动器 (2) 确保转向构件根据来自计算器的命令进行位移，所述计算器配置为运用有效位置信号并且调制传送到所述致动器的设定点电流 (Ic) 以便确保所述转向构件的位置受控的位移，

其特征在于，所述计算器还配置为根据位置的有效位置信号的值 / 力的定律类型 (21、23、32) 的预定函数来生成至少一个饱和终端 (Bsat、Bsat+、Bsat - 、Bsat - cor)，并且配置为通过至少一个饱和终端来饱和所述设定点电流。

2. 根据权利要求 1 所述的设备，其中所述计算器提供致动器的级联位置控制，所述级联位置控制通过主位置控制环 (1) 和内部次级速度控制环 (9) 来运用。

3. 根据权利要求 2 所述的设备，其中所述计算器进一步包括速度估计器 (10)，速度估计器 (10) 运用有效位置信号 (Pm) 以提供有效速度信号 (Vm)，其中所述计算器还根据速度的有效速度信号的值 / 力的定律类型 (21、31) 的预定函数进一步生成至少一个饱和终端。

4. 根据前述权利要求中的任一项所述的设备，进一步包括力传感器 (17)，力传感器 (17) 配置为提供由使用者在所述转向构件上施加的实际力信号 (Fm)，其中所述计算器还配置为计算对应于实际力信号与至少一个饱和终端之间的差的力误差 (ΔF)，并且配置为根据力误差信号修正设定点电流。

5. 根据权利要求 4 所述的设备，其中设定点电流的修正包括在饱和设定点电流 (Cc-sat) 上注入力误差。

6. 根据权利要求 4 所述的设备，其中设定点电流的修正包括在设定点电流的至少一个饱和终端上注入力误差。

7. 根据权利要求 4 所述的设备，其中所述计算器配置为根据力误差调整设定点电流的修正的效力水平。

8. 根据权利要求 7 所述的设备，其中设定点电流的修正的效力水平调整包括以至少一个饱和终端的百分比来饱和力误差 (ΔF)。

9. 一种飞行器，包括飞行器控制表面、用于驱动飞行器控制表面的转向构件以及根据前述权利要求中的任一项的用于转向构件的力反馈的主动控制的设备。

10. 一种用于转向构件的力反馈的主动控制的方法，转向构件的位移由通过计算器进行控制的致动器提供，其中转向构件的有效位置得到测量并且传送到致动器的设定点电流的调制得到运用以便确保转向构件的位移的位置控制，

其特征在于，至少一个饱和终端根据位置的所测量的有效位置的值 / 力的定律类型的预定函数生成，并且处于上限和下限的设定点电流通过至少一个饱和终端来饱和。

用于转向构件的力反馈的主动控制的设备和方法

技术领域

[0001] 本发明的技术领域是用于尤其是直升飞机的转向构件（比如飞行器转向微型手柄）的力反馈的主动控制。更具而言，本发明涉及这样的微型手柄的概念，力反馈定律应用于该微型手柄，使得在力作用于驾驶员时驾驶员感测到力。

背景技术

[0002] 已知在被动微型手柄中，力通过机械元件（基于弹簧、液压制动器，……）恢复。结果，机械零件必须依据施加的力反馈来改变尺寸。因此，被动解决方案自然是固定设计。其经常由于机械零件的磨损而进一步显示出劣化的精确度。

[0003] 已知的有，通过控制电路转向的具有力的定律的控制系统的主动微型手柄。这些主动解决方案具有下列益处：其使用机电元件，并且提供修改软件的可能性，该软件设定力反馈以施加不同的力的反馈。

[0004] 文献FR 2 708 112 A1描述了运用相对于施加到手柄的力来控制手柄的位置的主动解决方案。使用该解决方案，在驾驶员释放手柄时，力传感器的值为零，因此发送至电机的电流参考增加，导致电机的急剧加速。电机在给定速度下有效地提供处最大扭矩，以便反馈至其参考位置（一般为起始处的齿轮空挡点(point neutre)）。因此存在着这样的风险：手柄向起始位置的反馈可能没有正确地产生，而是超过起始位置或者甚至造成在起始处周围的摆动，而这可以证明是对系统安全性是有害的。

发明内容

[0005] 本发明的目标是提出一种用于控制微型手柄的解决方案，该方案是可靠的、可重复的、精确的、适应性强的，能够再现复杂而且可修改的力的定律而不会影响到整体设计（可参数化），而且具有最小的 体积并且并不昂贵。

[0006] 为此原因，本发明提出了一种用于转向构件的力反馈的主动控制的设备，包括计算器、位置传感器和致动器，位置传感器配置为向计算器提供转向构件的有效位置信号，致动器用于转向构件根据来自计算器的命令进行位移，计算器配置为采用有效位置信号并且调制传送到致动器的设定点电流以便确保转向构件的在适当位置的受控位移，

[0007] 其特征在于，计算器还配置为根据位置的有效位置信号的值 / 力的定律类型的预定函数来生成至少一个饱和终端，并且通过至少一个饱和终端来饱和设定点电流。

[0008] 该设备的一些优选的但为非限制性的方面如下：

[0009] - 计算器提供致动器的级联位置控制，并且所述级联位置控制通过主位置控制环和内部次级速度控制环来运用；

[0010] - 计算器进一步包括速度估计器，速度估计器运用有效位置信号以提供有效速度信号，并且计算器还根据速度的有效速度信号的值 / 力的定律类型的预定函数进一步生成至少一个饱和终端；

[0011] - 该设备还包括力传感器，力传感器配置为提供由使用者在转向构件上施加的实

际力信号，其中计算器还配置为计算对应于实际力信号与至少一个饱和终端之间的差的力误差，并且配置为根据力误差信号修正设定点电流；

[0012] - 设定点电流的修正包括在饱和设定点电流上注入力误差；

[0013] - 设定点电流的修正包括在饱和设定点电流的至少一个饱和终端上注入力误差；

[0014] - 计算器配置为根据力误差调整设定点电流的修正的效力水平。

[0015] 根据另一方面，本发明涉及一种飞行器，该飞行器包括飞行器控制表面、用于驱动飞行器控制表面的转向构件以及根据本发明的用于转向构件的力反馈的主动控制的设备。

[0016] 根据又一方面，本发明涉及一种用于转向构件的力反馈的主动控制的方法，转向构件的位移由从计算器接收命令的致动器确保，其中转向构件的有效位置得到测量并且传送到致动器的设定点电流的调制得到运用以便确保转向构件的位移的位置控制，其特征在于，至少一个饱和终端根据位置的所测量的有效位置的值 / 力的定律类型的预定函 数得到生成，并且处于上限和下限 (limite haute et basse) 的设定点电流通过至少一个饱和终端来饱和。

附图说明

[0017] 根据下面的本发明的优选实施方案的具体描述，本发明的其他方面、目标和优点将会变得明显，本发明的优选实施方案的具体描述是通过非限制性的示例以及参考所附附图给出的，其中：

[0018] 图 1 示出了根据本发明的控制设备的第一可能实施方案；

[0019] 图 2 示出了两个饱和终端的生成的可能实施方案；

[0020] 图 3 示出了可以用于第一实施方案的饱和设定点电流的修正的可能实施方案；

[0021] 图 4 示出了根据本发明的控制设备的第二可能实施方案；

[0022] 图 5 示出了在第二实施方案的范围内的饱和终端的生成的可能实施方案。

具体实施方式

[0023] 本发明涉及用于交通工具（尤其是包括气动或水动控制表面的交通工具）的转向构件的力反馈的主动控制的设备。本发明延及用于比如转向构件的力反馈的主动控制的方法。

[0024] 本发明优选应用到用于驾驶尤其是直升飞机的飞行器的微型手柄（或“手杆”）的力反馈的主动控制。下文将使用这样的直升飞机的微型手柄的示例。然而本发明并不限于此实施方案，下文中，广义上讲，术语“转向”指代通过人类驾驶员操纵转向构件（比如，手柄、换挡杆、转向轮、踏板等）来驾驶交通工具。

[0025] 就通用术语自身而言，交通工具的转向设备包括连接至转向构件（尤其是控制表面）的转向构件，以及连接至转向构件的电机致动器，以在驾驶员在转向构件上作用时模拟转向构件的特定动态行为从而产生空挡的提示以及阻力的人造感觉。根据本发明的设备包括计算器和致动器，用于依据来自计算器的命令进行转向构件的位移。

[0026] 参考示出根据本发明的两个可能实施方案并且共同的元件具有相同的附图标记的图 1 和图 2，致动器（例如电机 1）是无电刷类型的，其通过减速器连接至微型手柄。计算器提供电机命令，其优选安置在三个嵌套的常规环上：电机 1 的主位置环、电机 9 的内部

速度环和直接作为扭矩电机的影像的电流环 5。计算器运用主位置控制环 1 和内部次级速度控制环 9 级联的位置控制，以便调制传送到电机的电流环的设定点电流 Ic。但是显然，由计算器提供命令的电机不能利用内部环速度。

[0027] 电机被控制在适当位置，使得微型手柄总是反馈至设定位置 Pc，设定位置 Pc 例如是竖直位置。一旦驾驶员想要将微型手柄从该位置移开，电机应用扭矩以反馈它至其初始位置，使得驾驶员感测到微型手柄中的力。

[0028] 位置环 1 包括位置传感器 3（微型手柄位置传感器，或者如图所示的具有更好分辨率的优点的电机的位置传感器），位置传感器 3 向计算器提供转向构件的有效位置信号 Pm。位置环 1 包括差分器 4 和位置控制器 31，差分器 4 产生设定位置 Pc 与有效位置信号 Pm 之间的差，位置控制器 31 生成速度环 9 利用的参考速度 Vc。

[0029] 电流环 5 包括电流传感器 6（实际上，每相一个传感器）、差分器 7 以及电流调整器 8，电流传感器 6 测量在电机中循环的有效电流 Im，差分器 7 运用设定点电流 Ic 与有效电流 Im 之间的差。电流控制器 8 可以特别配置为进行无电刷电机的向量命令，根据该命令，定子磁场总是施加为垂直于转子磁场，使得电机在给定速度下传送最大扭矩。为此，在定子和转子上限定了共同参考点，而且电机通过参考该共同参考点而受到控制。

[0030] 速度环 9 包括速度估计器 10，其一般是运用由位置传感器 3 传送的有效位置信号 Pm 以提供有效速度信号 Vm。作为变型，速度环可以包括速度传感器。

[0031] 速度环 9 包括差分器以及速度调整器 12 或速度调整器 14，差分器运用参考速度 Vc 与有效速度信号 Vm 之间的差，速度调整器 12 生成扭矩设定点 Cc（图 1），速度调整器 14 直接生成设定点电流（图 2）。

[0032] 在本发明的范围内运用的控制利用位置信息，并且可选地利用速度信息。这证明了对于电机的命令以及因此手柄的位置不受限于所施加的力的范围是有益的，其消除了随着手柄释放而力传感器引起电机 急剧加速的问题。

[0033] 在典型的位置 / 速度 / 电流控制中，电流环运用的是在速度调整器的输出的设定点电流（通过图 1 所示的单一乘法器 5 的，扭矩的扭矩设定点 Cc 的直接影像）。本发明本身提出了饱和从速度调整器输出并作为电机 2 的向量命令的设定点电流。通过限制器 15 从饱和单元 16、20 接收至少一个饱和终端 Bsat+、Bsat－、Bsat－cor，在速度调整器 12、14 的输出处出现饱和。在图 1 中，通过饱和终端 Bsat+ 和 Bsat-，限制器 15 接收扭矩设定点 Cc 并且传送处于上限和下限的饱和扭矩设定点 Cc-sat。饱和扭矩设定点 Cc-sat 然后转换为饱和设定电流 Ic。在图 4 中，通过饱和终端 Bsat-cor，限制器从限制器 14 接收设定点电流并且传送处于上限和下限的饱和设定点电流。

[0034] 参考图 3，通过来自一个或多个力的定律的可参数化表格 21-23 的至少一个饱和终端，设定点电流更加精确地饱和。这确保了电机传送由一个力表格或多个力表格所描述的扭矩，而不是由向量命令给出的最大扭矩。根据位置的有效位置信号的值 / 力的定律类型的预定函数，至少一个饱和终端得到了更加精确的计算；其来自对于角度输入位置给出输出力的偏差表格。因此，一旦驾驶员移动微型手柄，电机将在给定速度下提供最大扭矩以反馈至起始点并且该扭矩由偏差表格所限定的扭矩饱和，使得驾驶员在手柄中感测到更喜欢的力。

[0035] 在图 3 所示的可能实施方案中，两个饱和终端 Bsat+、Bsat- 生成为产生不需在设

定点电流的上限和下限对称的饱和。两个偏差表格 22、23 用于将其实现。第一偏差表格 22 用于生成高饱和终端 Bsat+ :其在微型手柄的位置为负时提供正的力 Fθ+。有利地设置为,该表格在微型手柄的位置为正时提供正的非零值的爆发 (breakout) 力,对应于驾驶员所施加的用于将微型手柄从其初始位置正向移动的力。第二偏差表格 23 用于生成低饱和终端 Bsat- :其在微型手柄的位置为正时提供负的力 Fθ-。其也具有用于微型手柄从其初始位置负向移动的爆发水平。

[0036] 偏差表格 22、23 的轮廓 (profils) 不必是对称的。可能的是,驾驶员在推的时候因为他可以施加他全部的身体重量而通过推具有相比于拉微型手柄更多的力。还有可能的是,驾驶员使用他的右手使目标左移相比于右移具有更多的力。

[0037] 在变型的实施方案中,也实施了阻尼 (d'amortissement) 方案,其对于引入速度提供输出力 Fω。如果驾驶员更迅速地移动微型手柄,则该表格对于微型手柄施加更大的力。该表格还使向微型手柄的起始点的反馈变慢,无论驾驶员的手柄是否被释放。

[0038] 如图 1 和图 2 所示,饱和单元 16 采用有效位置信号 Pm 和有效速度信号,并且在力的定律的表格 21-23 中循环该信息,力的定律的表格 21-23 中的每一个产生力值 Fω、Fθ+、Fθ-。源自阻尼表格 21 的力值 Fω 与源自偏差表格 22、23 的力值 Fθ+、Fθ- 中的每一个通过加法器 24、25 相加。其结果提供高饱和力 Fsat+ 和低饱和力 Fsat-,其可选地在处于最大容许力值 (例如在 100N 和 -100N) 的限制 26、27 之后。这些高饱和力 Fsat+ 和低饱和力 Fsat- 然后转换 28 为高饱和终端 Bsat+、低饱和终端 Bsat-(对于图 1 和图 2 的示例的扭矩的饱和终端)。

[0039] 如图 5 所示,只有将同时在上限和下限施加的饱和终端可以被计算。仅实施单一的偏差表格 32,此时力输出可以加到阻尼方案 21 的力输出,以便在对于容许的最大值的任何限制之后提供饱和力 Fsat。也如图 4 和图 5 所示,该饱和力可以被直接转换 (在下文中所述的任何修正之后) 为 Bsat-cor 电流的饱和终端。

[0040] 显然,扭矩、电流或力的饱和终端可以通过相同的术语“饱和终端”指代。

[0041] 在变型的实施方案中,根据本发明的设备进一步包括力传感器,该力传感器配置为提供由使用者施加在转向构件上的实际力信号 Fm。计算器配置为计算对应于实际力信号 Fm 与饱和终端 (此处表达为饱和力 Fsat+、Fsat-、Fsat) 之间的差的力误差信号 ΔF,并且配置为根据力误差信号修正设定点电流。

[0042] 在图 1 和图 3 所示的该变型的第一实现中,力误差信号注入到饱和设定点电流 (更精确地说,如图所示,在转换为扭矩误差 Ccor 之后在饱和扭矩设定点 Cc-sat)。在该实现中,将因此应用通过在力传感器与饱和之后的参考之间测量的误差的设定点电流的修正。根据本发明的设备包括修正单元 18,修正单元 18 接收力传感器 17 提供的实际力信号 Fm 和饱和力 Fsat+、Fsat-。选择器 32 根据位置为正或为负而选择这些力中的一个或另一个。差分器 29 计算力误差 ΔF,转换器将其转 换为扭矩误差 Ccor。差分器 19 通过扭矩误差 Ccor 修正饱和扭矩设定点 CC-sat,以提供经修正的饱和扭矩设定点 Cc-cor。

[0043] 在图 4 和图 5 所示的该变型的第二实现中,力误差信号注入到设定点电流的至少一个饱和终端。在该第二实现中,限制器因此使用至少一个饱和终端,该饱和终端通过在力传感器与参考之间测量的误差整合设定点电流的修正。根据本发明的设备包括饱和以及修正单元 20,以用于生成通过力误差修正的这样的饱和终端。该单元 20 包括 (除了之前已经

与饱和力 Fsat 的计算相联系地进行了描述的元件之外）差分器 29 和加法器 33，差分器 29 计算在所测量的有效力 Fm 与饱和力 Fsat 之间的力误差 ΔF，加法器 33 将该力误差加到饱和力以在经过转换器 34 之后产生饱和终端 Bsat-cor。

[0044] 在该变型的范围内，如图 3 和图 5 所示，设定点电流的修正的效力水平也可以根据力误差信号 ΔF 来调整。该调整尤其可以包括：通过限制器 30 以饱和终端（这里表达为饱和力 Fsat+、Fsat-、Fsat）的百分比来饱和力误差。

[0045] 该设定点电流的修正的效力水平调整限制了力传感器的动力，尤其防止了手柄释放导致电机的急剧加速（可能将其损坏）。

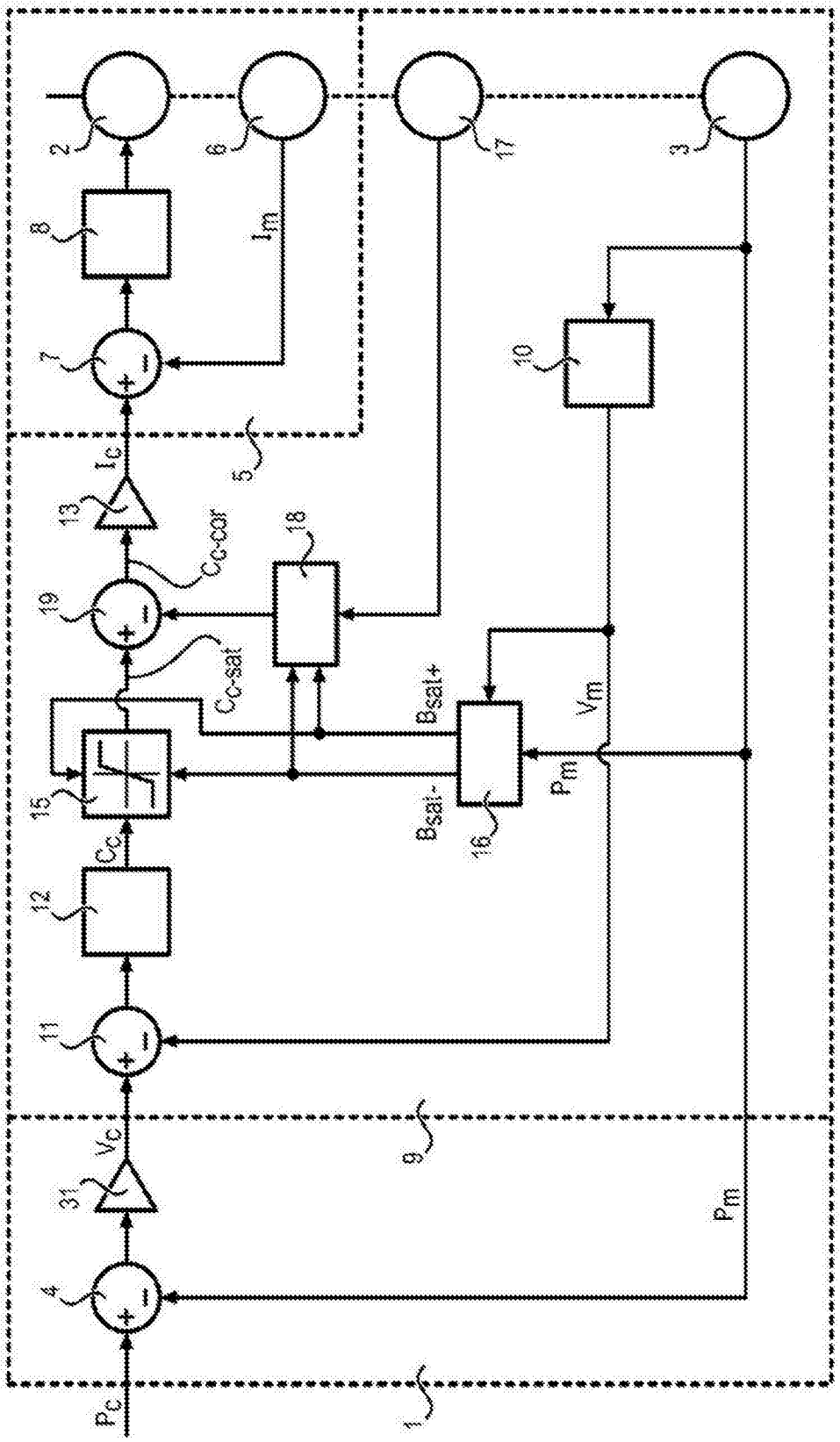

2
6
17
3
8
Im
7
10
5
Ic
13
Cc-car
18
19
Cc-sat
Bsat+
Vm
15
Bsat-
16
Pm
Cc
12
11
9
Vc
31
Pm
4
Pc
1

图 1

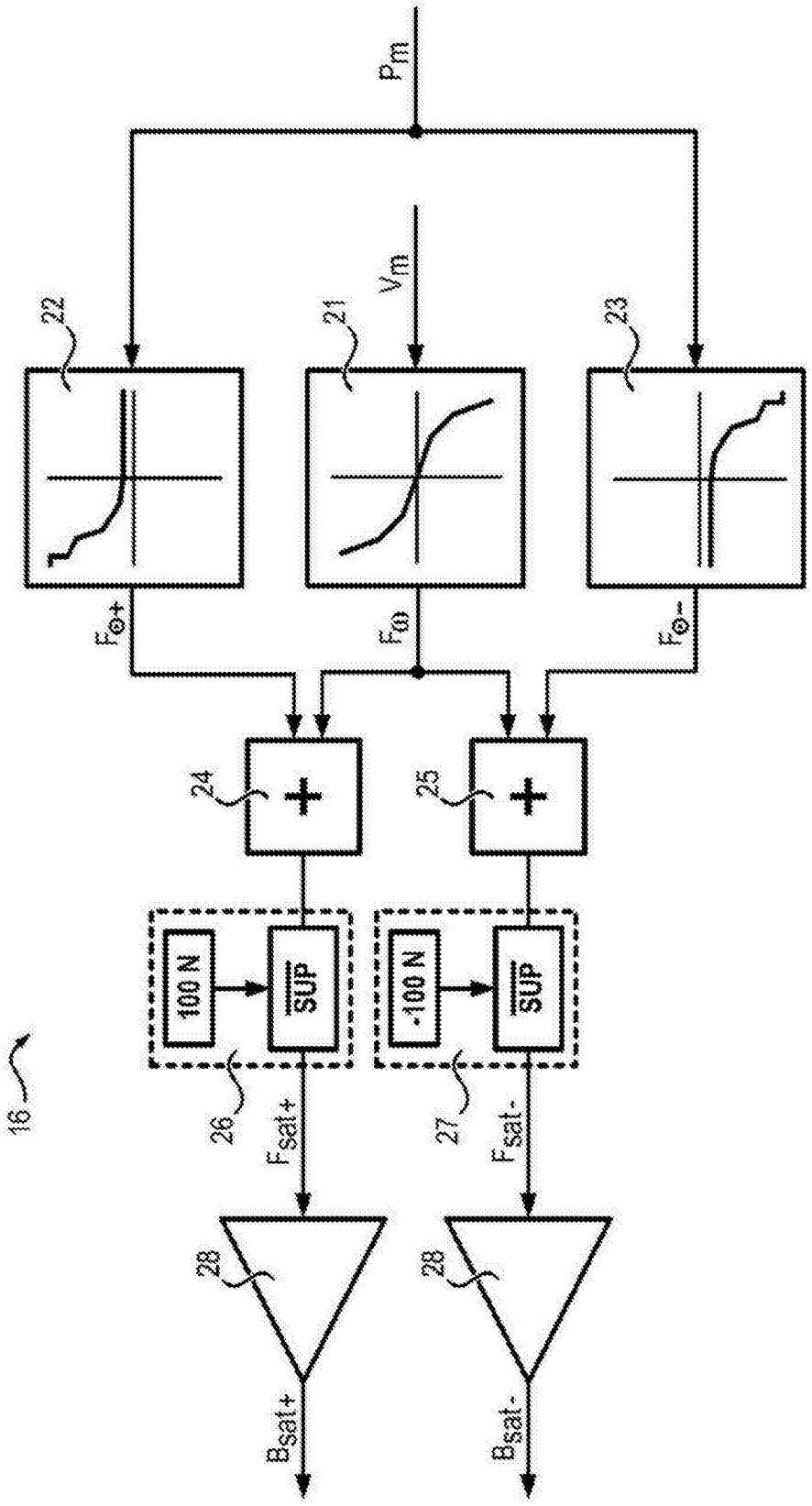

Pm
Vm
22
21
23
Fω+
Fω
Fω-
24
25
100 N
SUP
-100 N
SUP
16
26
27
Fsat+
Fsat-
28
28
Bsat+
Bsat-

图 2

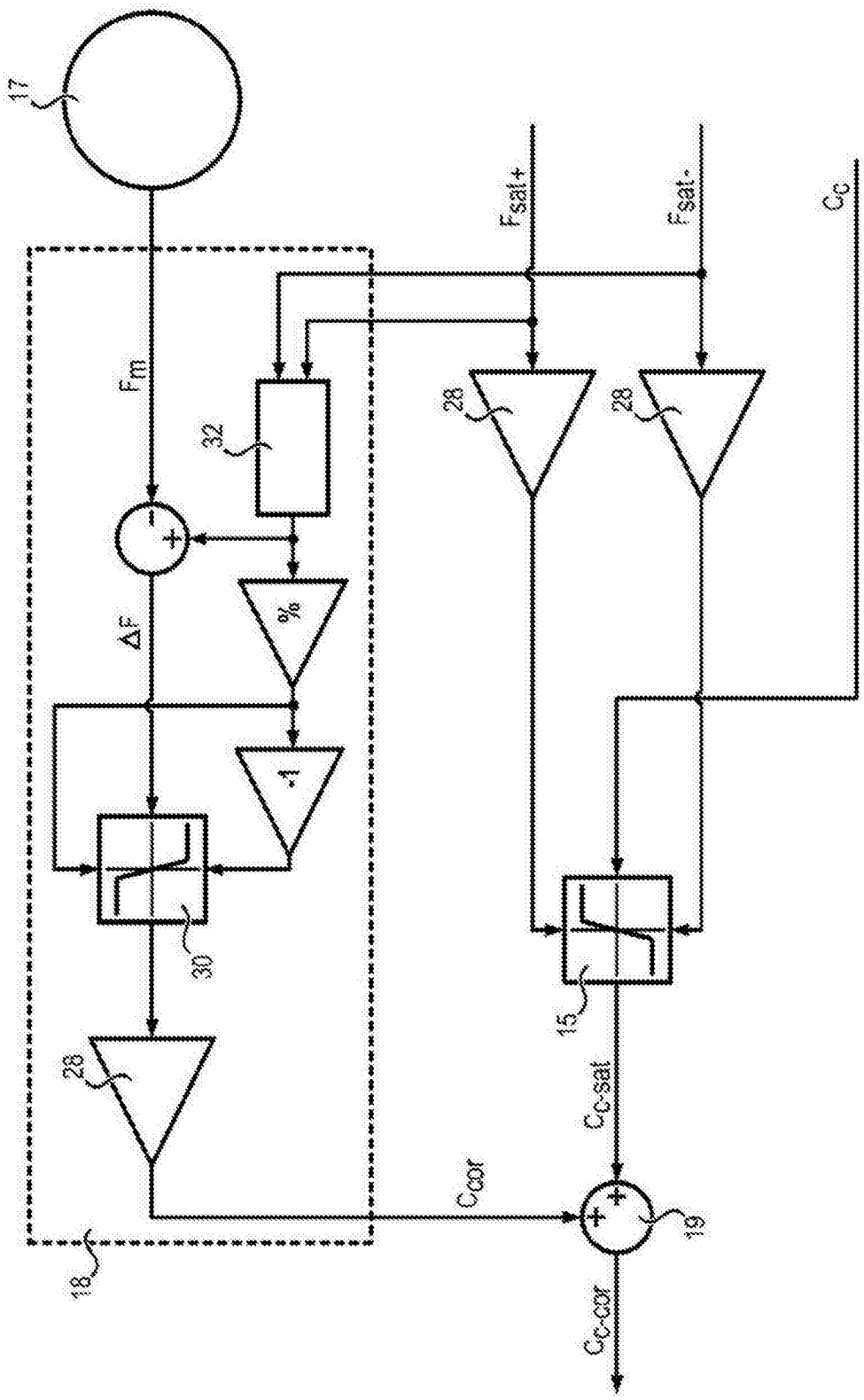


图 3

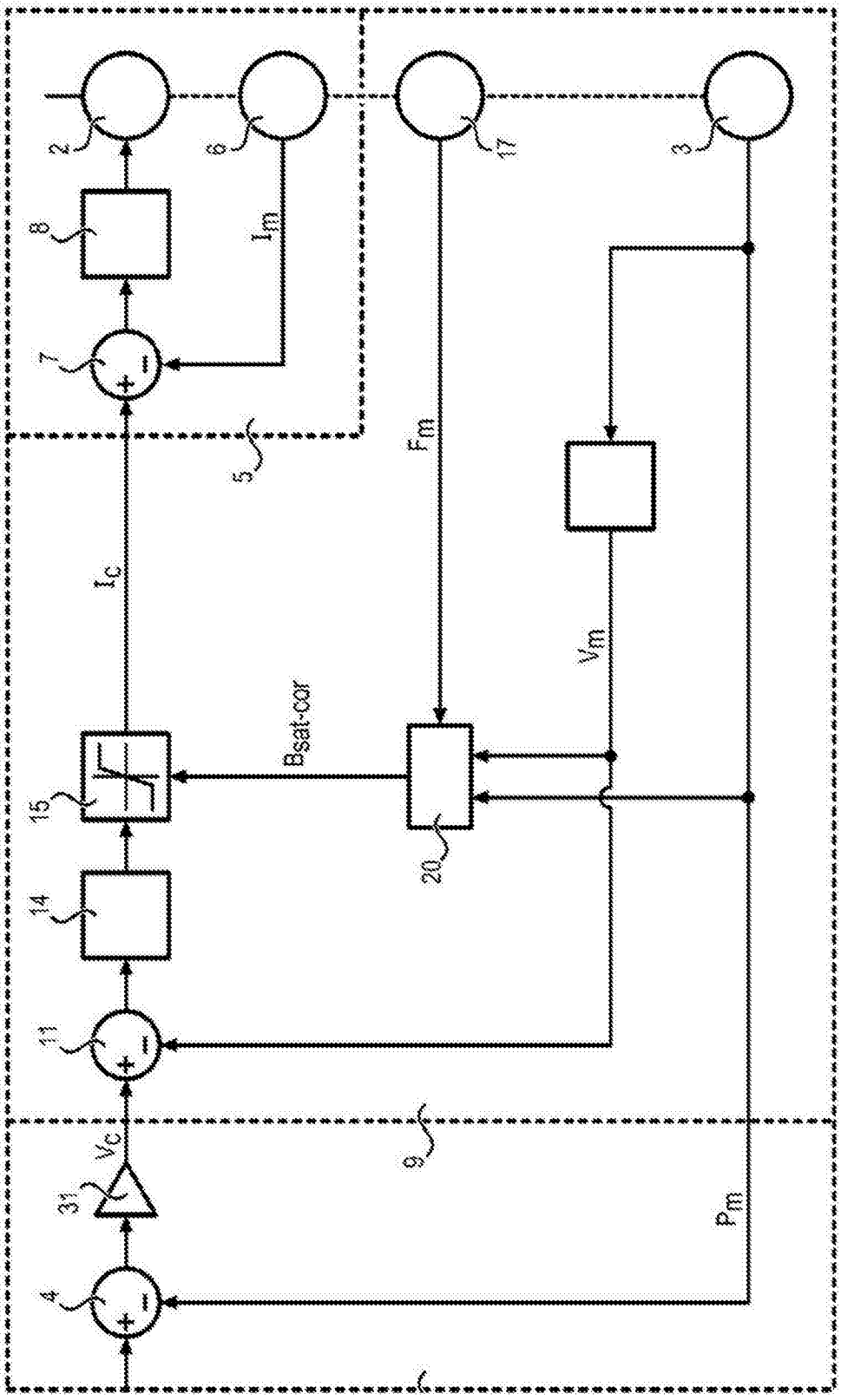


图 4

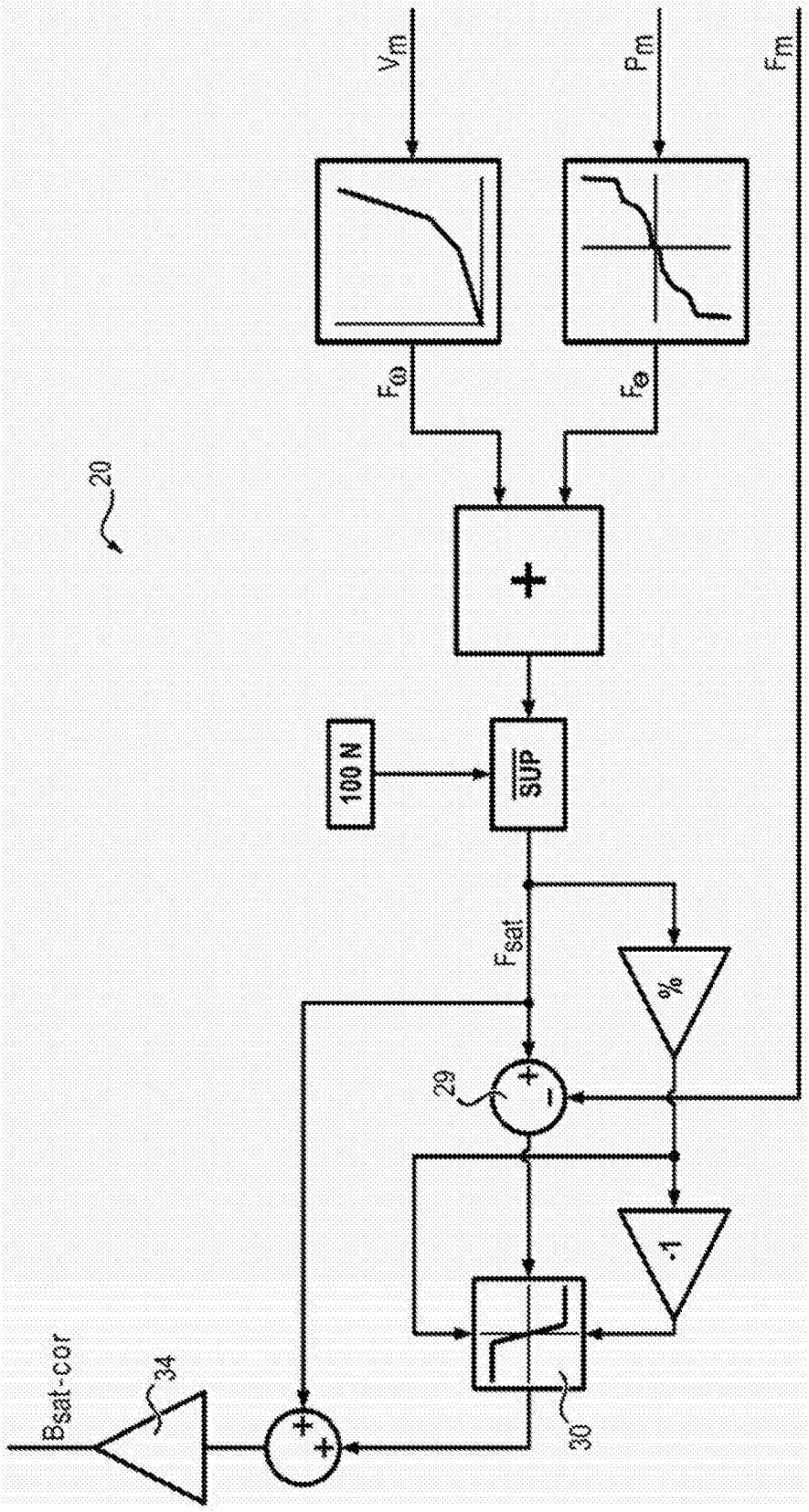


图 5