



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102379084 B

(45) 授权公告日 2014. 08. 20

(21) 申请号 201080014603. 7

(22) 申请日 2010. 02. 18

(30) 优先权数据

102009002070. 5 2009. 04. 01 DE

102010001241. 6 2010. 01. 27 DE

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2011. 09. 30

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2010/052010 2010. 02. 18

(87) PCT国际申请的公布数据

W02010/112262 DE 2010. 10. 07

(73) 专利权人 罗伯特·博世有限公司

地址 德国斯图加特

(72) 发明人 T. 亨克 O. 瓦克尔 U. 福尔默

D. 兰普雷克特

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 臧永杰 李家麟

(51) Int. Cl.

H02P 29/02 (2006. 01)

B62D 5/04 (2006. 01)

(56) 对比文件

DE 10249568 A1, 2004. 05. 13,

DE 102008034326 A1, 2009. 02. 05,

EP 2009782 A1, 2008. 12. 31,

CN 101119096 A, 2008. 02. 06,

JP 特开 2007-60866 A, 2007. 03. 08,

审查员 白超

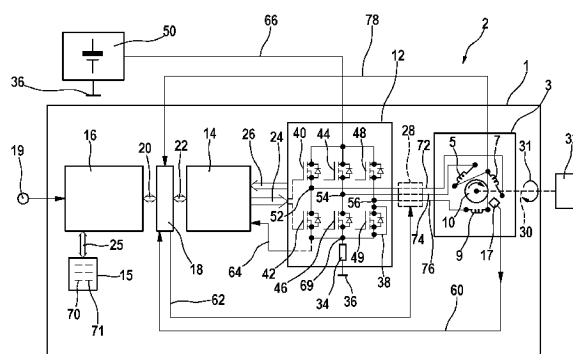
权利要求书2页 说明书9页 附图4页

(54) 发明名称

具有紧急运行特性的电子换向电动机

(57) 摘要

本发明涉及一种电子换向电动机。该电动机具有定子以及尤其是永磁性构造的转子。电动机还具有与定子连接的控制单元。该控制单元构造为将定子驱动为使得定子可以生成用于使转子旋转运动的磁旋转场。根据本发明,电动机的控制单元具有拥有半导体开关的功率输出级。该控制单元被构造为根据功率输出级的尤其是由于缺陷而低欧姆性连接或者短路的半导体开关将用于生成旋转场的定子驱动为使得转子可以在超过完整的转子旋转的情况下输出机械功率,或者在利用低欧姆性连接或短路的半导体开关的运行状态下减小或完全补偿电动机的由于缺陷引起的制动力矩。



1. 电子换向电动机(1,160),

其中所述电动机(1,160)具有定子(3,162)以及转子(10,163)和与定子(3,162)有效连接的控制单元(14,16,168),该控制单元(14,16,168)被构造为将定子(3,162)驱动为使得定子(3,162)能够生成用于使转子(10,163)旋转运动的磁旋转场,

其特征在于,

电动机(1,160)具有拥有半导体开关(40,42,44,46,48,49)的功率输出级(12,164),并且被构造为根据功率输出级(12)的由于缺陷而低欧姆性连接或者短路的半导体开关(49)将用于生成旋转场的定子(3)驱动为使得转子能够在超过完整的转子旋转(150,152,154,156)的情况下输出机械功率(31),或者在利用低欧姆性连接或短路的半导体开关的运行状态下减小或完全补偿电动机(1,160)的由于缺陷引起的制动力矩,其中分配给低欧姆性连接或短路的半导体开关的定子线圈永久地生成与流经该定子线圈的电流流动方向对应的磁场。

2. 根据权利要求1所述的电子换向电动机(1),

其特征在于,

所述转子(10,163)是永磁性构造的。

3. 根据权利要求1所述的电子换向电动机(1),

其特征在于,

控制单元(16,14,168)被构造为将定子(3)驱动为使得转子(10)能够借助于所存储的旋转能量克服转子运转的与有缺陷的半导体开关(49)相对应的缺陷角范围(95,154)。

4. 根据权利要求1至3之一所述的电子换向电动机(1),

其特征在于,

控制单元(14,16,168)与用于彼此不同的驱动模式的存储器相连接,并且被构造为根据低欧姆性连接或短路来选择驱动模式并且用所选择的驱动模式来驱动定子。

5. 根据权利要求4所述的电子换向电动机(1,160),

其特征在于,驱动模式分别由开关模式(202)的时间序列构成,其中所述开关模式(202)分别表示定子(162)的定子线圈(170,172,174,176,178)的电压状态和/或通电状态,并且其中每个开关模式(202)由代码字构成,并且该代码字为每个定子线圈(170,172,174,176,178)具有表示定子线圈的电压状态和/或通电状态的位。

6. 根据权利要求1至3之一所述的电子换向电动机(1),

其特征在于,

控制单元(14,16)被构造为在转子运转方向上在缺陷角范围(95)之后的角范围(96)中借助于非低欧姆性连接的半导体开关(40,42,44,46,48)将定子(3)驱动为使得能够将转子(10)从缺陷角范围(95)中引开。

7. 根据权利要求1至3之一所述的电子换向电动机(160),

其特征在于,

电动机具有中间电路电容器(184),该中间电路电容器(184)与功率输出级(164)至少间接地连接,其中电动机(160)具有被构造为可控的隔离开关(182),该隔离开关(182)的开关线路将中间电路电容器(184)与功率输出级(164)连接,其中隔离开关(182)的控制端子(187)与控制单元(168)连接,该控制单元(168)被构造为根据中间电路电容器的缺陷

而生成用于断开隔离开关(182)的开关线路的控制信号并且将该控制信号发送给隔离开关(182)。

8. 根据权利要求7所述的电子换向电动机(160),
其特征在于,

所述中间电路电容器(184)与功率输出级(164)的半导体开关至少间接地连接,其中电动机(160)具有继电器或半导体开关,所述控制单元(168)被构造为根据中间电路电容器(184)的由于缺陷而低欧姆性彼此连接或短路的电极的缺陷而生成用于断开隔离开关(182)的开关线路的控制信号并且将该控制信号发送给隔离开关(182)。

9. 用于借助于电子换向电动机(1)生成旋转运动的方法,该电子换向电动机(1)具有定子(3)和转子(10),其中借助于驱动多个与定子(3,5,7,9)连接的半导体开关(40,42,44,46,48,49)来生成用于使电动机(1)的转子(10)旋转运动的磁旋转场,

其特征在于,

根据由于缺陷而低欧姆性连接或短路的半导体开关(49)生成旋转场,使得转子(10)在超过完整的转子旋转的情况下能够输出机械功率(31),或者在利用低欧姆性连接或短路的半导体开关的运行状态下减小或完全补偿电动机(1,160)的由于缺陷引起的制动力矩,其中分配给低欧姆性连接或短路的半导体开关的定子线圈永久地生成与流经该定子线圈的电流流动方向对应的磁场。

10. 根据权利要求9所述的方法,

其特征在于,

定子(3,5,7,9)被驱动为使得转子(10)能够借助于所存储的旋转能量克服转子运转的与有缺陷的半导体开关(49)相对应的缺陷角范围(95)。

11. 根据权利要求9或10所述的方法,

其特征在于,

储存用于利用完好的半导体开关(40,42,44,46,48)运行的驱动模式(70)、以及至少一个用于至少一个有缺陷的半导体开关(49)的驱动模式(71),并且根据低欧姆性连接(38)或短路(38)选择与有缺陷的半导体开关(49)相对应的驱动模式(71)并且用所选择的驱动模式(71)来驱动定子(3,5,7,9)。

12. 根据权利要求11所述的方法,

其特征在于,

为每个半导体开关(40,42,44,46,48,49)储存用于有缺陷的半导体开关(40,42,44,46,48,49)的驱动模式(71)。

13. 根据权利要求10所述的方法,

其特征在于,

根据低欧姆性连接(38)或短路(38)生成与有缺陷的半导体开关(49)相对应的驱动模式并且利用为有缺陷的半导体开关(49)生成的驱动模式来驱动定子(3,5,7,9)。

具有紧急运行特性的电子换向电动机

技术领域

[0001] 本发明涉及一种电子换向电动机。该电动机具有定子以及尤其是永磁性构造的转子。电动机还具有与定子连接的控制单元。该控制单元构造为将定子驱动为使得定子可以生成使转子旋转运动的磁旋转场。

发明内容

[0002] 根据本发明,开头提到类型的电动机的控制单元具有拥有半导体开关的功率输出级。该控制单元被构造为根据功率输出级的尤其是由于缺陷而低欧姆性连接或者短路的半导体开关将用于生成旋转场的定子驱动为使得转子可以在超过完整的转子旋转的情况下(über... hinweg)输出机械功率,或者在利用低欧姆性连接或短路的半导体开关的运行状态下减小或完全补偿电动机的由于缺陷引起的制动力矩。

[0003] 电动机由此有利地获得紧急运行特性,使得电动机在功率输出级的半导体开关缺陷的情况下能够仍然继续输出转矩并且由此输出机械功率——或者至少生成小的制动力矩或根本不生成制动力矩,使得在与机动车的动力转向器的协作的情况下,由于缺陷引起的转向与在没有动力转向器的情况下相比至少不要求更多转向力。

[0004] 例如,电动机可以输出彼此相反的作用方向的转矩。一个作用方向例如可以指向运转方向(Umlaufrichtung)(作为正转矩方向),与之相反的作用方向可以与运转方向相反地指向(作为负转矩方向)。

[0005] 半导体开关例如可以是场效应晶体管、尤其是 MOS 场效应晶体管或者绝缘栅双极晶体管(IGBT)。在另一实施方式中,半导体开关也可以由晶闸管或三端双向可控硅开关构成。

[0006] 因此,前述电动机可以有利地借助于相应地对功率输出级以及因此还有定子进行优选校正的驱动来补偿半导体开关的有缺陷的开关线路(Schaltstrecke)。

[0007] 在该电动机的一个优选实施方式中,控制单元被构造为将定子驱动为使得转子可以借助于所存储的旋转能量克服转子运转的与有缺陷的半导体开关相对应的缺陷角范围(Defekt-Winkelbereich)。通过这种在半导体开关缺陷的情况下的驱动,转子可以借助于之前存储的旋转能量运动超过缺陷角范围。缺陷角范围的特征例如在于——由短路半导体开关引起——分配给有缺陷的半导体开关的定子线圈永久地生成与流经该定子线圈的电流流动方向对应的磁场。由于该影响,在缺陷角范围中,定子可以不再充分地受到定子线圈的影响。

[0008] 该控制单元优选地尤其是可以在转子的磁极进入缺陷角范围以前在转子中构造足够的旋转能量。因此,转子可以有利地用作储能器以克服缺陷角范围。

[0009] 优选地,电动机的控制单元与用于彼此不同的驱动模式的存储器相连接,或者具有该存储器,并且被构造为根据低欧姆性连接或短路来选择驱动模式并且用所选择的驱动模式来驱动定子。

[0010] 通过该存储器以及储存(Vorrätighalten)彼此不同的驱动模式,例如可以储存用

于利用起作用的半导体开关运行的驱动模式,并且在利用起作用的半导体开关运行的期间用于驱动定子。

[0011] 优选地,驱动模式分别由开关模式的时间序列构成,其中所述开关模式分别表示定子的定子线圈的电压状态和/或通电状态。进一步优选地,每个开关模式由代码字构成,其中该代码字对于每个定子线圈具有表示定子线圈的接线状态以及由此表示施加在定子线圈上的电压的位。所述代码字或接线状态或者驱动模式可以分别由数据组来表示。在另一实施方式中,驱动模式具有至少一个或仅仅一个开关模式,其中给每个开关模式分配转子运转的预先确定的转子角。为此,每个代码字可以具有至少两个、三个或多个附加的转子位置位,所述转子位置位一起对转子的转子位置进行编码,其中可以在定子线圈处施加对应于开关模式的电压。

[0012] 如果借助于控制单元检测到半导体开关、例如 MOS 场效应晶体管、的缺陷,则控制单元可以从存储器中读出与该缺陷相对应的驱动模式并且用之前表明的驱动模式来驱动定子。因此,电动机可以有利地继续运行。因此,在半导体开关缺陷期间利用驱动模式运行时,可以至少仍然输出尤其是至少小的转矩,而在借助于继电器将定子同功率输出级断开的电动机的情况下,不再能输出转矩。因此,例如可以在借助于控制单元生成的紧急运行特性期间容忍,转子在超过转子运转的情况下不以恒定速度运行或者不输出恒定的转矩。

[0013] 电动机例如可以有利地是机动车的动力转向器的电动机。因此,电动机可以有利地在功率输出级的半导体开关缺陷的情况下仍然通过紧急运行特性支持机动车的转向,或者减小至少一个(尤其是由于缺陷的半导体开关引起的)对电动机轴的制动力矩,使得车辆保持为可转向的。

[0014] 在支持转向时,电动机例如可以利用作用方向为运转方向的转矩——例如用正转矩——来驱动。

[0015] 电动机例如可以被驱动为生成以——与有助于转向的运转方向相反地——相反的运转方向作用于动力转向器的制动力矩,并且因此生成作用方向与运转方向相反的负转矩。于是,车辆的转向尤其是可以在相应构造的动力转向器的情况下、在以负作用方向作用的转矩的情况下变困难。转向变困难例如可以应用于制动支持作用,或者根据要求变困难的转向情况来应用。

[0016] 控制单元优选地被构造为根据在定子的至少一个定子线圈上下降的电压来检测半导体开关的缺陷、尤其是短路。

[0017] 在另一实施方式中,控制单元被构造为根据星点电压或以星形或三角形电路连接的定子的相电压来检测半导体开关的缺陷。控制单元进一步优选地被构造用于为每个半导体开关储存与该半导体开关相对应的缺陷驱动模式,该缺陷驱动模式对应于有缺陷的半导体开关。由此控制单元可以快速地生成与驱动模式相对应的控制信号,利用所述控制信号可以驱动功率输出级。

[0018] 在一个优选实施方式中,控制单元被构造为在转子运转方向上在缺陷角范围之后的角范围中借助于非低欧姆性连接或短路的半导体开关将定子驱动为使得可以将转子从缺陷角范围中引开。由此可以有利地避免电动机的堵转。在电动机堵转的情况下,转子例如可能在缺陷角范围中由于在缺陷角范围中不断生成的磁场而被固定并且不再能够在运转方向上继续旋转。在此,非低欧姆性连接的半导体开关是无缺陷的、也即仍然运行正常的

半导体开关。

[0019] 控制单元优选地被构造为借助于定子线圈生成在缺陷角范围之后的尽可能最近的电压矢量并且利用该尽可能最近的电压矢量——尤其是在运转方向上——将转子从缺陷角范围中引出。尽可能最近的电压矢量例如可以在电动机的正常运行期间——其例如由对应于正常运行的驱动模式引起——在转子运转方向上同缺陷角范围进一步远离,并且因此不表示在半导体开关缺陷的情况下的尽可能最近的电压矢量。因此,例如在为正常运行所设置的驱动模式的情况下,为了转子运动最近设置的用于生成转矩的电压矢量在缺陷角范围之后的角范围中可能不再足以仍可可靠地将转子从缺陷角范围中引开。

[0020] 电动机的定子例如具有至少两个或正好三个定子线圈。还可以设想具有任意数目的定子线圈的定子。

[0021] 电动机优选地具有中间电路电容器,该中间电路电容器与功率输出级、尤其是功率输出级的半导体开关至少间接地连接,其中电动机具有被构造为可控的隔离开关、尤其是继电器或半导体开关,该隔离开关的开关线路将中间电路电容器与功率输出级连接,其中隔离开关的控制端子与控制单元连接,该控制单元被构造为根据中间电路电容器的缺陷、尤其是中间电路电容器的由于缺陷低欧姆性相互连接或短路的电极的缺陷而生成用于断开隔离开关的开关线路的控制信号并且将该控制信号发送给隔离开关。

[0022] 本发明还涉及一种用于借助于电子换向电动机生成旋转运动的方法,其中电动机具有定子和转子。在该方法中,借助于驱动多个与定子连接的半导体开关来生成用于使转子旋转运动的磁旋转场。另外,在该方法中,根据尤其是根据由于缺陷而低欧姆性连接或短路的半导体开关生成旋转场,使得转子在超过完整的转子旋转的情况下可以输出机械功率,或者在利用低欧姆性连接或短路的半导体开关的运行状态下减小或完全补偿电动机(1,160)的由于缺陷引起的制动力矩。

[0023] 在该方法的一个优选实施方式中,定子被驱动为使得转子可以借助于所存储的旋转能量克服转子运转的与有缺陷的半导体开关相对应的缺陷角范围。

[0024] 优选地,在所述方法中,储存用于利用完好的半导体开关运行的驱动模式、以及至少一个用于至少一个或仅仅一个有缺陷的半导体开关的驱动模式。另外,根据低欧姆性连接或短路选出与有缺陷的半导体开关相对应的驱动模式并且用所选的驱动模式来驱动定子。

[0025] 驱动模式可以有利地表示传递函数。传递函数例如可以——在超过转子运转的情况下——表示作为输入参数的转矩以及作为输出参数的用于每个定子线圈的控制电压。例如可以为每个可能有缺陷的半导体开关、尤其是 MOS — FET 储存传递函数。例如可以为定子坐标系、尤其是 $u-v-w$ 坐标系、或者转子坐标系、尤其是 $d-q$ 坐标系储存传递函数。

[0026] 优选地为每个半导体开关储存用于有缺陷的半导体开关的驱动模式。

[0027] 在该方法的一个优选实施方式中,根据低欧姆性连接或短路生成与有缺陷的半导体开关相对应的驱动模式并且利用为有缺陷的半导体开关生成的驱动模式来驱动定子。

[0028] 通过尤其是根据缺陷的类型生成、优选在体内(in-vivo)生成驱动模式,可以有利地储存小数目的缺陷驱动模式。例如,可以在生成缺陷驱动模式时,在生成的驱动模式中考虑与有缺陷的半导体开关相对应的相移。由此于是例如可以有利地为多个——可能在之后的时刻有缺陷的——半导体开关中的每一个储存相同的驱动模式作为用于生成分别对有

缺陷的半导体开关适应的驱动模式的输出基础。

附图说明

[0029] 现在,下面根据图和另外的实施例描述本发明。

[0030] 图 1 示意性地示出了电子换向电动机和用于运行该电动机的方法的实施例。该电动机具有功率输出级和控制单元,该控制单位被构造为借助于为有缺陷的输出级构造的驱动模式驱动功率输出级,使得电动机的在输出侧与功率输出级连接的定子可以生成用于使电动机的转子旋转运动的旋转场。

[0031] 图 2 示意性地示出了图 1 中所示的具有功率输出级的电动机的转矩变化曲线的实施例,其中功率输出级的晶体管尤其是由于缺陷而低欧姆性连接或短路。

[0032] 图 3 示意性地示出了简图,其中表示了具有三个定子线圈的电子换向电动机的转子运转。

[0033] 图 4 示出了具有中间电路电容器和具有被构造为可控的隔离开关的电子换向电动机的电路装置,该隔离开关在中间电路电容器缺陷情况下可以将电动机的功率输出级同中间电路电容器断开。

具体实施方式

[0034] 图 1 示意性地示出了具有电子换向电动机 1 的装置 2。该电子换向电动机 1 具有定子 3。定子 3 具有定子线圈 5、定子线圈 7 和定子线圈 9。电动机 1 还具有转子 10 以及霍尔传感器 17。霍尔传感器 17 被布置为使得转子 10 的转子转速和 / 或转子位置可以借助于霍尔传感器 17 来检测。霍尔传感器 17 被构造为根据由转子 10 生成的磁场生成相应的霍尔电压并且在输出侧输出该霍尔电压。

[0035] 电动机 1 还具有功率输出级 12,其在输出侧与定子连接,并且在那里与定子线圈 5、7 和 9 连接,并且在输入侧借助于连接 24 与栅极驱动器 14 连接。栅极驱动器 14 通过双向连接 22 与接口 18 连接。接口 18 通过双向连接 20 与例如作为微控制器或微处理器构成的处理单元 16 连接。

[0036] 处理单元 16 或附加地栅极驱动器 14 可以形成之前提到的控制单元。

[0037] 处理单元 16 通过双向连接 25 与存储器 15 连接。存储器 15 被构造为储存多个数据组,所述数据组分别表示驱动模式。示例性地示出了驱动模式 70 和 71。双向连接 20、22 和 25 以及连接 24 例如可以分别由数据总线、尤其是现场总线构成或者是数据总线的组成部分。功率输出级 12 具有多个半导体开关、在该实施例为 6 个 MOS 场效应晶体管、即晶体管 40、晶体管 44、晶体管 48、晶体管 42、晶体管 46 以及晶体管 49。前述晶体管一起连接成 B6 电路。前述晶体管的栅极端子分别通过连接 24 与栅极驱动器 14 连接。栅极驱动器 14 被构造为通过连接 24 来驱动晶体管 40、42、44、46、48 和 49 的栅极端子。用于保护晶体管免受过压的空转二极管分别与晶体管的开关线路并联,其中开关线路将晶体管的源极端子与晶体管的漏极端子连接。

[0038] 晶体管 40 具有源极端子,该源极端子通过连接节点 52 与晶体管 42 的漏极端子连接。晶体管 44 的源极端子通过连接节点 54 与晶体管 46 的漏极端子连接。晶体管 48 的漏极端子通过连接节点 56 与晶体管 49 的漏极端子连接。晶体管 42、46 和 49 的源极端子分

别与连接节点 69 连接。连接节点 69 通过电阻 34 与接地端子 36 连接。电阻 34、尤其是并联电阻被构造为低欧姆性的并且被构造用于检测电流。

[0039] 连接节点 52 通过连接线路 72 与定子线圈 7 的第一端子连接。连接节点 54 通过连接线路 74 与定子线圈 5 的第一端子连接。连接节点 56 通过连接线路 76 与定子线圈 9 的第一端子连接。定子线圈 5、7 和 9 的第二端子分别通过共同的星点彼此连接。该星点通过连接线路 78 与接口 18 连接。功率输出级 12 在输出侧通过尤其是多通道的连接 26 与栅极驱动器 14 连接。多通道连接 26 将连接节点 52、54 和 56 与功率输出级 14 连接。因此，功率输出级 14 可以通过连接 26 接收连接节点 52、54 和 56 的电势以及因此接收相应定子线圈的电势。

[0040] 晶体管 40、44 和 48 的漏极端子分别与连接节点 68 连接。连接节点 68 通过连接线路 66 与机动车的车载电源(Bordnetz)50 连接。车载电源 50 与接地端子 36 连接并且被构造为通过连接线路 66 给功率输出级 12 供应电能。还示出了一以虚线示出一继电器 28，该继电器 28 被构造为尤其是根据通过连接线路 62 接收的断开信号将连接节点 52、54 和 56 同定子 3 在电流方面(galvanisch)断开。如以虚线示出的那样，继电器 28 可以取消。继电器 28 在输入侧通过连接线路 62 与接口 18 连接并且可以从该接口接收断开信号。

[0041] 图 1 中的电动机 1 是装置 2 的组成部分。装置 2 包括电动机 1、车载电源 50 和动力转向器(Servolenkung)32。动力转向器 32 借助于电动机轴 30 与转子 10 转动连接。因此，转子 10 可以通过电动机轴 30 向动力转向器 32 输出转矩 31。

[0042] 现在下面描述装置 2 的工作原理：

[0043] 处理单元 16 可以通过连接 25 从存储器 15 中读出驱动模式 70。驱动模式 70 例如表示用于正常运行电动机 1 的驱动模式。在电动机 1 正常运行时，例如功率输出级 12 的晶体管中没有一个是具有缺陷的。处理单元 16 可以通过连接 20 和接口 18、进一步通过连接 22 将栅极驱动器 14 驱动为使得栅极驱动器 14 生成用于控制功率输出级 12 的晶体管的控制信号，使得功率输出级 12 驱动定子 3 并且在那里驱动定子线圈 5、7 和 9 以用于生成旋转场。借助于旋转场可以将转子 10 沿着转子运转置于旋转运动。栅极驱动器 14 可以通过连接 24 向功率输出级 12 和在那里向晶体管的栅极端子发送用于控制功率输出级 12 的晶体管的控制信号。

[0044] 转子 10 的转速可以借助于霍尔传感器 17 来检测，该霍尔传感器可以生成相应的霍尔信号并且通过连接线路 60 将该霍尔信号发送给接口 18。接口 18 可以通过连接 20 将霍尔信号发送给处理单元 16。处理单元 16 可以接收霍尔信号和生成或改变控制信号(所述控制信号一起表示驱动模式)，使得转子 10 的可以通过电动机轴 30 被输出给动力转向器 32 的转矩对应于转矩默认值(Drehmomentvorgabe)。处理单元为此可以通过控制输入端 19 接收表示转矩默认值的控制信号。

[0045] 如果例如晶体管 49 有缺陷，则晶体管 49 的源极端子可以与晶体管 49 的漏极端子低欧姆性地连接。还示出了连接 38，该连接 38 表示低欧姆性连接或短路。因此，低欧姆性连接 38 跨接晶体管 49 的开关线路，并且表示有缺陷的晶体管 49。

[0046] 处理单元 16 可以通过电阻 34、以及尤其是通过在电阻 34 上下降的电压来检测低欧姆性连接 38，其中处理单元 16 可以通过连接节点 69、进一步——部分以虚线示出——通过连接线路 64、功率输出级 14、连接 22、接口 18、连接 20 来接收所述电压。

[0047] 处理单元 16 可以——附加于或独立于电阻 34——经由连接线路 78、接口 18 和连接 20 通过定子 3 的星点电势来检测低欧姆性连接 38。

[0048] 处理单元可以——附加于或独立于电阻 34 或星点电势——通过连接节点 52、54 或 56 或所有连接节点处的电势来检测低欧姆性连接 38。在此，连接节点的电势分别对应于定子线圈的电势。

[0049] 处理单元 16 可以进一步根据低欧姆性连接 38 检测晶体管 49 的缺陷，并且进一步根据该缺陷从存储器 15 中读出相应的驱动模式 71，并且生成相应的控制信号以用于驱动栅极驱动器 14 和功率输出级 12。借助于这样生成的旋转场，可以至少部分地补偿以及因此至少部分地修复晶体管 49 的缺陷。在此，该旋转场由对应于有缺陷的晶体管 49 的驱动模式 71 来表示。

[0050] 处理单元 16 例如可以在多个有缺陷的晶体管的情况下——当借助于相应的至少部分补偿缺陷的驱动模式借助于定子 3 不再能够生成用于生成正力矩 31 的旋转场时——借助于继电器 28 将定子 3 同功率输出级 12 断开。为此，处理单元 16 可以生成相应的断开信号，并且通过连接 20、接口 18 和连接线路 62 将该断开信号发送给继电器 28。

[0051] 图 2 示出了简图 80 的实施例。简图 80 具有横坐标 82 和纵坐标 84。

[0052] 横坐标 82 表示图 1 中所示的转子 10 的转子运转的角度。

[0053] 简图 80 示出了转速曲线 86，该转速曲线尤其是根据转子运转角表示图 1 中所示的转子 10 的转速，所述转子运转角在横坐标 82 上绘出。

[0054] 简图 80 还示出了曲线 87 和曲线 88。曲线 87 表示可由由图 1 中的转子 10 输出的相对转矩。相对转矩描述了相对于由转子 10 最大要输出的转矩而言转子的转矩。因此，最大相对转矩采取无量纲值 = 1。

[0055] 简图 80 还是出了片段 93、片段 94、片段 95、片段 96 和片段 97。片段 93 对应于转子运转在 0 与 120 度之间的范围，片段 94 对应于转子运转在 120 与 210 度之间的范围，范围 95 对应于转子运转在 210 与 270 度之间的范围，范围 96 对应于转子运转在 270 与 360 度之间的范围，范围 97 对应于大于 0 的其他转子运转。

[0056] 曲线 87 在片段 93 中表示转子 10 的最大转矩，其中转子 10 的转矩在范围 94 中可见地下降。

[0057] 在对应于缺陷角范围的范围 95 中，转子 10 不能输出转矩。由范围 95 表示的缺陷角范围之后是范围 96，其中——由曲线 88 来表示——再次可以输出转矩。在此，可能可输出的转矩随着转子运转角增加而增加。

[0058] 简图 80 还示出了片段 90，该片段表示在 0 度与 210 度之间的转子运转角。在片段 90 中，还可以对由转子 10 输出的力矩 31 进行力矩调节。

[0059] 在转子运转角 210 度与 360 度之间延伸的范围 91 中，转子受到由借助于有缺陷的晶体管永久地通电的定子线圈生成的磁场的影响。在范围 91 中，转子可以几乎或完全无力地进一步向运转方向或与运转方向相反地倾斜。从转子运转角 270 度到较大的转子运转角，转子可以在范围 96 中借助于尽可能最近的可生成的电压矢量从范围 95 中引出。转子 10 可以在范围 93 和 / 或 94 中借助于为晶体管的缺陷情况生成的驱动模式被供应旋转能量，该旋转能量足以使转子运动得超过范围 95、即缺陷角范围。还示出了纵坐标，其表示可输出的转矩。

[0060] 图 3 示出了简图：其中相对于定子线圈 5、7 和 9 示出了图 1 中已经所示的转子 10 的转子运转角。该简图示出了磁矢量 106，其表示由永磁性构造的转子 10 生成的磁场的取向。该简图还示出了轴 120，其表示转子运转的 0 度位置；轴 122，其与轴 120 正交并且表示转子运转的 90 度位置；以及还有轴 128，其与轴 120 同轴并且表示转子运转的 180 度位置；以及轴 132，其表示转子运转的 270 度位置。

[0061] 图 3 中还示出了在图 1 中已经示出的定子线圈 5、7 和 9。定子线圈 5 位于轴 134 上，该轴 134 表示转子运转的 330 度位置。定子线圈 7 位于轴 122 上，该轴 122 表示转子运转的 90 度位置。定子线圈 9 位于轴 130 上，该轴 130 表示转子运转的 210 度位置。还示出了轴 124 和轴 126，其中轴 124 表示转子运转的 120 度位置，并且轴 126 表示转子运转的 150 度位置。

[0062] 还示出了角范围 150，该角范围 150 在轴 120 与 124 之间延伸。角范围 150 对应于图 2 中所示的范围 93。在轴 124 与轴 130 之间延伸的是角范围 152，该角范围 152 对应于图 2 中所示的范围 94。转子 10 还可以在角范围 152 中朝向轴 130 沿着转子运转减小地输出转矩。转子运转借助于旋转箭头 140 来表示。在轴 130 与 132 之间延伸的是角范围 154，该角范围对应于图 2 中的缺陷角范围 95。在角范围 154 的范围中，转子 10 可以不输出或仅输出小的转矩。在轴 132 与轴 120 之间延伸的是角范围 156，其中转子 10 可以——随着运转角增加——再次增加地输出力矩。还示出了电压矢量 108、110 和 112。

[0063] 轴 120、122、124、146、128、130、132 和 134 涉及转子场的运转。电压矢量 108 对应于定子线圈 7 的相电压，电压矢量 110 对应于定子线圈 5 的相电压，并且电压矢量 112 对应于定子线圈 9 的相电压。借助于电压矢量 108、110 和 112，可以例如借助于图 1 中所示的处理单元 16 来控制转子 10 的转子运动。

[0064] 图 4 示出了电子换向电动机 160 的实施例。电动机 160 具有定子 162。定子 162 具有 5 个定子线圈、即定子线圈 170、定子线圈 172、定子线圈 174、定子线圈 176、以及定子线圈 178。定子 162 被构造为在通电状态下生成磁旋转场以用于使电动机 160 的转子 163 旋转运动。转子 163 例如被构造为永磁性的。

[0065] 电动机 160 还具有功率输出级 164。功率输出级 164 通过电流传感器 180 在输出侧与定子 162 连接。功率输出级 164 例如具有 5 个晶体管半桥，其中每个半桥在输出侧通过电流传感器 180 与定子 162 的定子线圈连接。功率输出级 164 在输出侧通过连接线路 195 与定子线圈 174 连接。连接线路 196 将功率输出级 164 与定子线圈 172 相连接，连接线路 197 将功率输出级 164 在输出侧与定子线圈 170 相连接，连接线路 198 将功率输出级 164 与定子线圈 178 相连接，并且连接线路 199 将功率输出级 164 与定子线圈 176 相连接。功率输出级 164 被构造为给定子 162 以及尤其是定子 162 的定子线圈通电，以用于生成使转子 163 旋转运动的磁旋转场。为此，功率输出级 164 在输入侧与包括电压源 186、尤其是直流电压源的中间电路、以及与电压源 186 并联的中间电路电容器 184 相连接。

[0066] 电压源 186 通过连接线路 185 利用端子与功率输出级 164 连接。在该实施例中，连接线路 185 是地线。功率输出级 164 通过隔离开关 182 与电压源 186 的另一端子连接，并且因此也与中间电路电容器 184 的另一端子连接。隔离开关 182 例如是继电器或半导体开关。半导体开关例如是开关晶体管、尤其是场效应晶体管或者晶闸管。隔离开关 182 具有控制输入端 187，该控制输入端 187 通过连接线路 194 与控制单元 168 连接。

[0067] 控制单元 168 与电动机 160 的输入端 192 连接,并且被构造为根据例如表示定子 162 的定子线圈电流的电流额定值的控制信号通过栅极驱动器 166 来驱动功率输出级 164,使得定子 162 可以生成用于使转子 163 旋转运动的磁旋转场。

[0068] 控制单元 168 在输出侧通过连接 190 与栅极驱动器 166 连接。栅极驱动器 166 在输出侧通过连接 188 与功率输出级 164 连接。控制单元 168 还在输出侧通过连接 181 与电流传感器 180 连接并且可以通过连接 181 从电流传感器 180 接收电流信号,所述电流信号分别表示转子 162 的定子线圈的定子线圈电流。为此,电流传感器 180 例如可以对于定子 162 的每个定子线圈具有并联电阻。现在在下面描述电动机 160 的工作原理:

[0069] 控制单元 168 被构造为根据在输入端 192 处接收到的控制信号生成用于使转子 163 旋转运动的控制信号并且通过连接 190 将所述控制信号发送给栅极驱动器 166。所述控制信号例如可以分别根据二进制编码来编码,其中该二进制编码为每个定子线圈具有 1 位。由控制单元 168 生成的用于使转子 163 旋转运动的控制信号例如可以具有代码字的时间序列,所述代码字的时间序列对于每个定子线圈分别具有 1 位:在该实施例中,代码字是 5 位字,并且分别具有 5 位。在此,位字的每位都表示定子 162 的接线状态、尤其是功率输出级的开关状态、以及因此还表示定子 162 的每个定子线圈的电压状态和/或通电状态,在下面也称为开关模式(Schaltmuster)。此外,控制单元 168 通过连接线路 189 与存储器 200 连接,在该存储器 200 中存储有分别表示彼此不同的开关模式的数据组。开关模式的时间序列一起形成前述驱动模式之一。

[0070] 因此,位字例如可以对于定子线圈 170 被激活、但是剩余的定子线圈应当被去活的时刻为定子线圈 170 具有带有逻辑值“1”的位,并且为剩余的定子线圈分别具有带有逻辑值“0”的位。

[0071] 控制单元 168 可以为了给定子 162 通电例如生成分别表示代码字的控制信号的时间序列,其中每个代码字表示转子 162 的开关模式。

[0072] 栅极驱动器 166 可以根据在输入侧通过连接 190 接收到的控制信号、在该实施例中在输入侧接收到的代码字、来驱动功率输出级 164、尤其是功率输出级 164 的晶体管半桥的栅极端子以用于生成控制信号、尤其是对应于代码字的开关模式。

[0073] 功率输出级 164 可以进一步根据由栅极驱动器 166 生成的控制信号按照开关模式给定子 162 施加电压并且因此也通电,所述开关模式与从栅极驱动器 166 接收到的控制信号相对应。

[0074] 如果例如(在故障情况下)功率输出级 164 的晶体管半桥的半导体开关有缺陷、尤其是半导体开关的开关线路短路或者低欧姆性地连接,则定子 162 的相应的定子线圈持续地与电压源 186 的相应电势连接并且与此相应地被持续通电。电流传感器 180 可以通过连接 181 将表示晶体管半桥缺陷的电流信号发送给控制单元 168。控制单元 168 可以检测表示缺陷的电流信号,并且根据表示缺陷的电流信号相应地如之前尤其是图 2 中已经所述的那样生成分别表示开关模式的控制信号的时间序列。因此,尽管有缺陷的晶体管半桥,定子 162 仍然能够生成磁旋转场,使得与为非缺陷的功率输出级 164 设置的开关模式的时间序列相比减小作用于转子 163 的制动力矩。例如,控制单元 168 可以生成分别表示开关模式的控制信号的时间序列,使得制动力矩被减小或者消失,或者如对图 1 中的电动机已经描述的那样可以利用电动机 160 生成正传动力矩。

[0075] 其他故障情况例如可能由于有缺陷的中间电路电容器而出现。也即,如果在电动机 160 运行期间中间电路电容器 184 有缺陷、尤其是中间电路电容器 184 的电极低欧姆性地彼此连接或者彼此短路,则由功率输出级 164 继续尤其是用比在完好的中间电路电容器 184 的情况下小的电流给定子 162 通电。至少一个定子线圈电流的电流改变可以被电流传感器 180 检测,并且由电流传感器 180 通过连接 181 将相应的电流信号发送给控制单元 168。电流信号例如是在构成电流传感器的并联电阻上下降的电压。控制单元 168 被构造为根据表示电流下降的电流信号生成用于断开开关 182 的控制信号,并且通过连接线路 194 将该控制信号发送给开关 182 的控制端子 187。隔离开关 182 可以根据在输入端 187 处接收的控制信号将功率输出级 164 同电压源 186 以及还同有缺陷的中间电路电容器断开。如果电动机 160 的定子 162 因此不再能够被通电,因为功率输出级 164 同供电电压、在该实施例中为电压源 168 断开,则定子 162 也可以不再借助于转子 163 生成制动力矩。

[0076] 于是,机动车的与电动机 160 连接的动力转向器也可以由于电动机 160 的有缺陷的开关晶体管而不获得附加的制动力矩。于是,具有动力转向器的车辆可以利用在与没有动力转向器的车辆的转向相对应的转向力来转向。

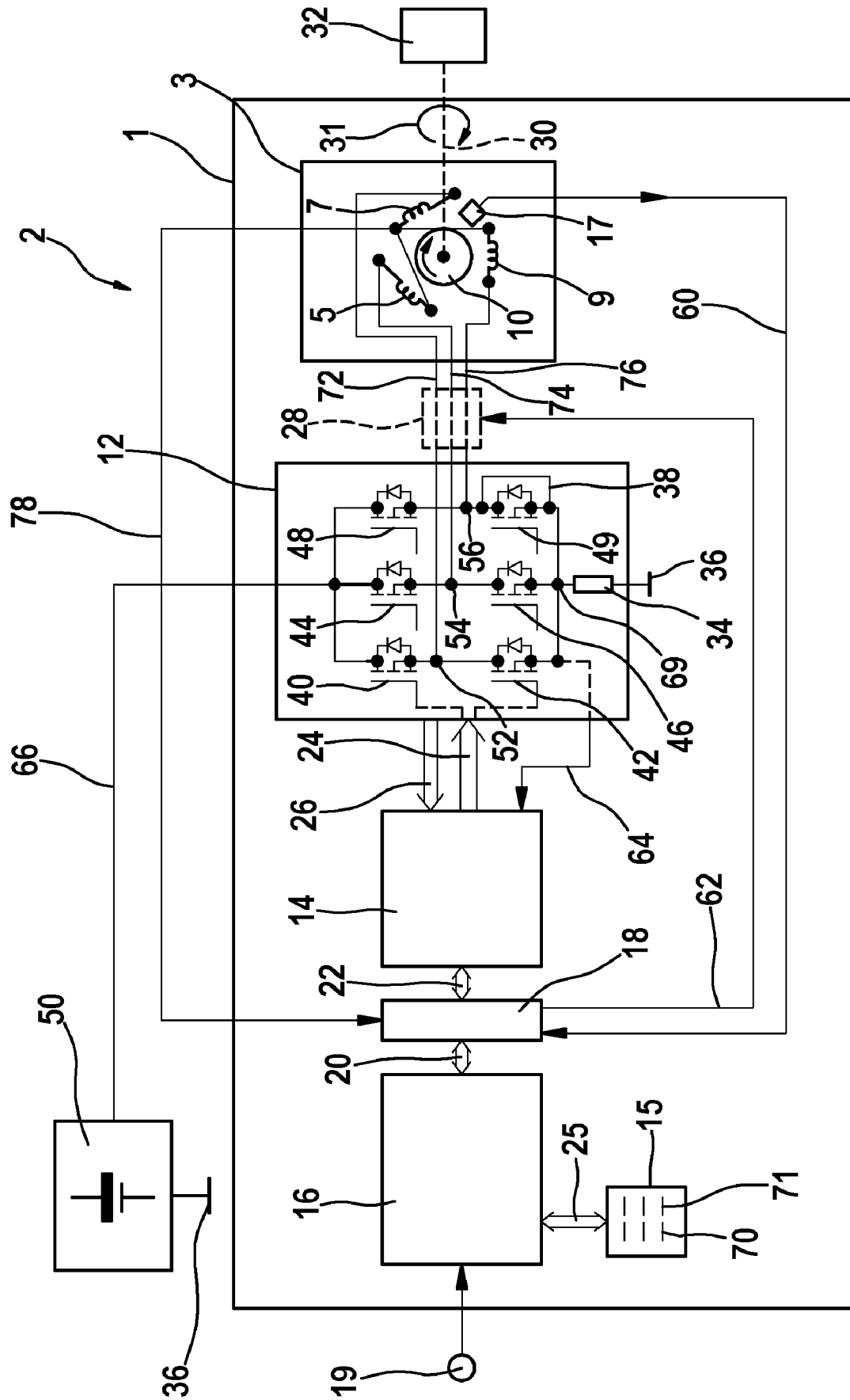


图 1

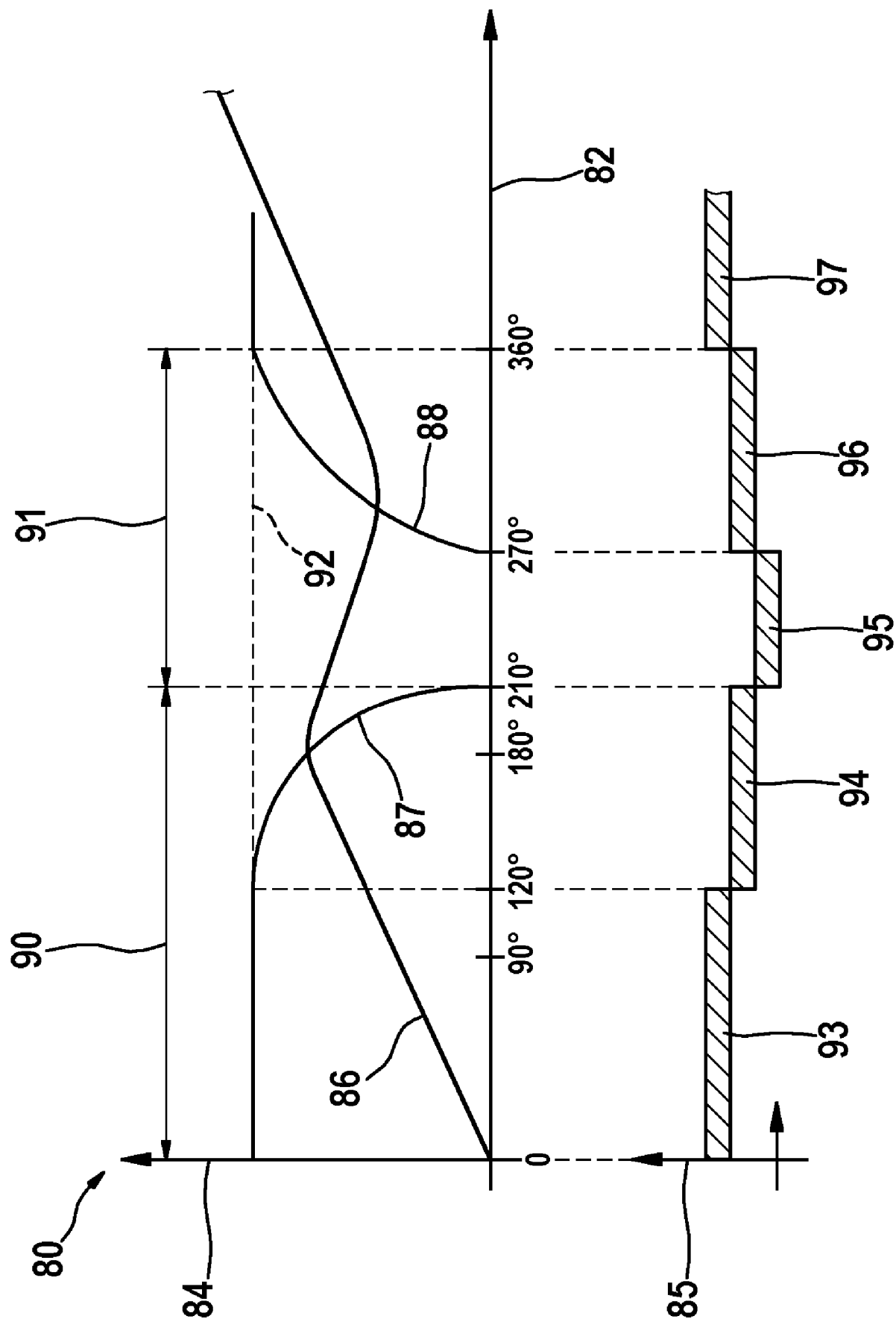


图 2

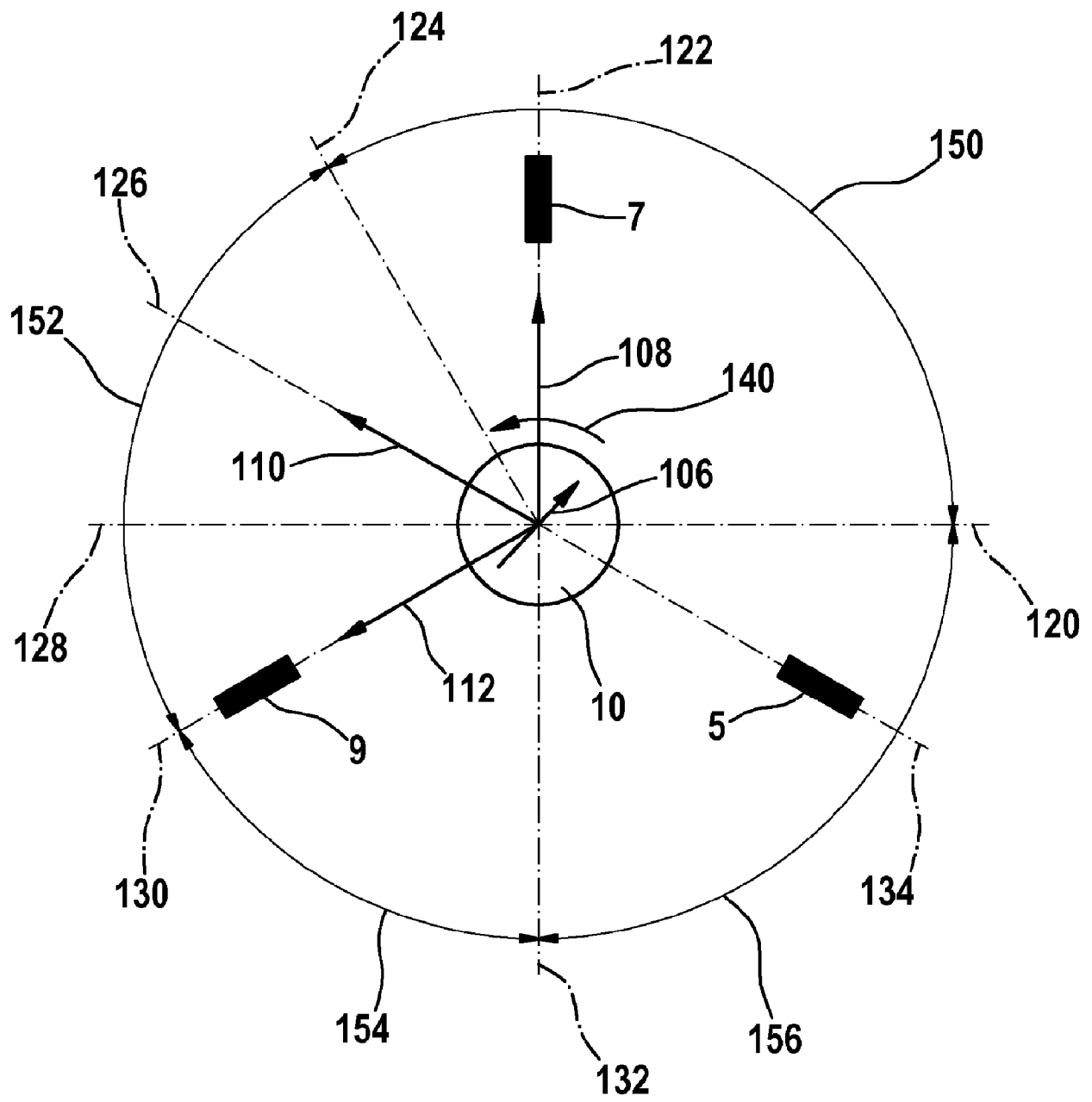


图 3

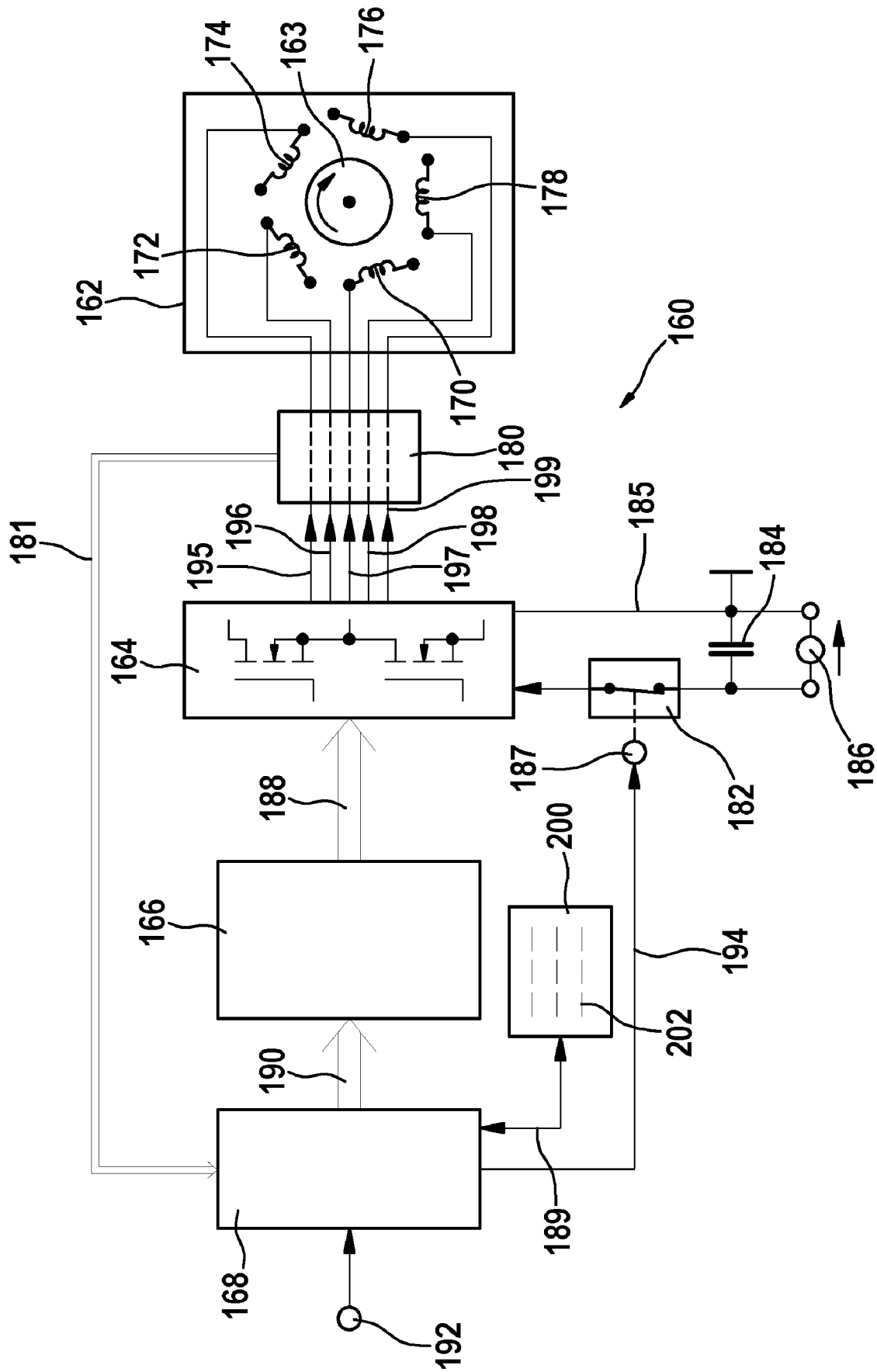


图 4