



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106659558 B

(45)授权公告日 2019.12.31

(21)申请号 201580034657.2

(22)申请日 2015.06.24

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106659558 A

(43)申请公布日 2017.05.10

(30)优先权数据
14174206.4 2014.06.26 EP
15169330.6 2015.05.27 EP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2016.12.26

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/IB2015/054748 2015.06.24

(87)PCT国际申请的公布数据
W02015/198246 EN 2015.12.30

(73)专利权人 博朗有限公司
地址 德国克朗伯格

(72)发明人 N·谢菲尔 K·科勒 T·克莱姆
M·斯特拉特曼 C·施蒂克雷斯
A·莫埃赫林

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001
代理人 周心志 李强

(51)Int.Cl.
A61C 17/34(2006.01)
H02P 25/032(2016.01)

(56)对比文件
CN 101977566 A, 2011.02.16,
US 2006214611 A1, 2006.09.28,
CN 102405029 A, 2012.04.04,
EP 1547235 B1, 2012.08.15,
CN 101977566 A, 2011.02.16,

审查员 郭英楠

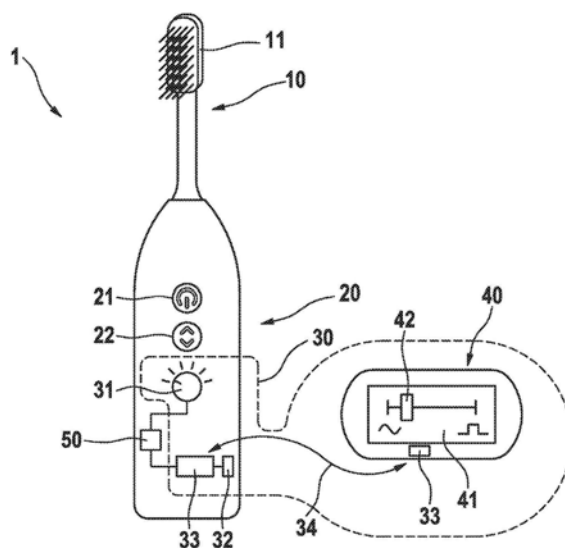
权利要求书2页 说明书8页 附图3页

(54)发明名称

带有共振马达的个人卫生装置

(57)摘要

根据本公开,本发明公开了一种个人卫生装置,其具有共振马达和马达控制单元,所述马达控制单元用于在共振马达处施加带有驱动频率的周期性电压信号,以便驱动所述共振马达以等于所述驱动频率的摆动频率作摆动运动。所述马达控制单元包括合成器电路,所述合成器电路用于以数字方式合成来自设置有高于所述驱动频率的脉冲频率的具有可变长度的电压脉冲的周期性电压信号,使得至少在每个周期性电压信号周期的两个半循环之一中施加至少两个电压脉冲。



1. 一种个人卫生装置,所述个人卫生装置包括:

共振马达;

马达控制单元,所述马达控制单元用于在所述共振马达处施加带有驱动频率的周期性电压信号,以便驱动所述共振马达以等于所述驱动频率的摆动频率作摆动运动;

其中所述马达控制单元包括合成器电路,所述合成器电路用于以数字方式合成来自设置有高于所述驱动频率的脉冲频率的具有可变长度的电压脉冲的所述周期性电压信号,使得至少在每个所述周期性电压信号周期的两个半循环之一中施加至少两个电压脉冲。

2. 根据权利要求1所述的个人卫生装置,所述个人卫生装置还包括用户可控制的输入单元,所述用户可控制的输入单元用于影响由所述马达控制单元施加的所述周期性电压信号。

3. 根据权利要求2所述的个人卫生装置,其中在每个所述周期性电压信号周期的所述两个半循环中的至少之一中或在若干连贯的所述周期性电压信号周期的至少一个半循环中,施加在所述共振马达处的所述电压被调零并持续预定时段从而允许所述马达电流降至零,并且保持为零至少持续某个时间段从而允许在零电流下执行马达电压测量。

4. 根据权利要求3所述的个人卫生装置,其中所述电压信号被调零的所述时间段具有四分之一循环的时长,其中该四分之一循环开始于所述至少一个半循环的中间,其中施加在所述共振马达处的所述电压被调零并延续直到该半循环结束。

5. 根据权利要求2所述的个人卫生装置,其中所述用户可控制的输入单元包括用于选择性地影响所述周期性电压信号的控制元件。

6. 根据权利要求2所述的个人卫生装置,其中所述用户可控制的输入单元包括物理地与所述个人卫生装置的柄部部分分开的独立控制装置,并且所述个人卫生装置还包括用于在所述柄部部分和所述独立控制装置之间建立无线连接的无线连接单元。

7. 根据权利要求6所述的个人卫生装置,其中所述独立控制装置具有控制元件,所述控制元件用于选择性地影响所述周期性电压信号。

8. 根据权利要求1所述的个人卫生装置,其中所述合成器电路包括存储器单元,在所述存储器单元中存储了用于所述周期性电压信号的至少一个半循环的电压脉冲长度值的至少一个查找表。

9. 根据权利要求8所述的个人卫生装置,其中在所述存储器单元中存储了各自包括所述周期性电压信号的至少一个半循环的电压脉冲长度值的至少两个查找表。

10. 根据权利要求2所述的个人卫生装置,其中所述合成器电路包括存储器单元,在所述存储器单元中存储了至少两个查找表,所述至少两个查找表各自包括用于所述周期性电压信号的至少一个半循环的电压脉冲长度值,并且所述用户可控制的输入单元被布置成影响哪个查找表被用来生成所述周期性电压信号。

11. 根据权利要求1所述的个人卫生装置,其中所述合成器电路的脉冲频率是所述驱动频率的至少6倍。

12. 根据权利要求1所述的个人卫生装置,其中所述合成器电路的脉冲频率是所述驱动频率的至少20倍。

13. 根据权利要求1所述的个人卫生装置,其中所述合成器电路的脉冲频率是所述驱动频率的至少100倍。

14. 根据权利要求1所述的个人卫生装置,其中所述脉冲频率高于18kHz。
15. 根据权利要求1所述的个人卫生装置,其中所述脉冲频率高于20kHz,并且低于100kHz。
16. 根据权利要求1所述的个人卫生装置,其中所述合成器电路的计时频率为所述脉冲频率的至少32倍。
17. 根据权利要求1所述的个人卫生装置,其中所述合成器电路的计时频率为所述脉冲频率的至少128倍。
18. 根据权利要求1所述的个人卫生装置,其中所述合成器电路的计时频率为所述脉冲频率的至少256倍。
19. 根据权利要求1所述的个人卫生装置,其中所述周期性电压信号为正弦波信号、三角形信号、梯形信号、或锯齿形信号中的一者。
20. 根据权利要求1至19中任一项所述的个人卫生装置,其中所述马达控制单元包括数字电压电路,所述数字电压电路用于每半循环在所述共振马达处提供单个电压脉冲。
21. 根据权利要求20所述的个人卫生装置,其中所述马达控制单元被布置成通过在所述合成器电路和所述数字电压电路之间选择性地切换来合成所述周期性电压信号。
22. 根据权利要求2所述的个人卫生装置,所述用户可控制的输入单元用于选择性地影响所述周期性电压信号的形状。
23. 根据权利要求5所述的个人卫生装置,其中所述控制元件被布置在所述个人卫生装置的柄部部分处。
24. 根据权利要求7所述的个人卫生装置,其中所述独立控制装置为智能电话或平板电脑。
25. 根据权利要求7所述的个人卫生装置,其中所述控制元件用于影响所述周期性电压信号的形状。
26. 根据权利要求21所述的个人卫生装置,其中所述切换在每个所述周期性电压信号周期的至少一个半循环期间发生至少一次。

带有共振马达的个人卫生装置

技术领域

[0001] 本发明涉及具有共振马达的个人卫生装置,所述共振马达由马达控制单元驱动而作摆动运动。

背景技术

[0002] 已知共振马达(即基本上可被描述为弹簧-质量系统的马达,所述系统具有共振行为,使得马达在以其共振频率或紧邻其共振频率被驱动时尤其有效)可通过在摆动运动周期的每一半循环中周期性地施加基本上矩形的电压信号而被驱动作摆动运动,其中电压信号是在单个周期的不同的半循环中以交变符号施加的。共振马达可被布置在H桥式电路的跨接部分中,所施加的电压信号可通过所述H桥式电路被交换即反向,并且马达电流可在运动方向改变之前从马达线圈放电。文献W0 2004/034561A1一般讨论了被布置在H桥式电路的跨接部分中的共振马达和通过在马达处施加矩形电压脉冲信号(通过包括H桥式电路的马达控制单元)进行的驱动方案。

[0003] 还已知共振马达可用于个人卫生装置,诸如电动牙刷或电动剃刀。

[0004] 本公开的目的是提供一种带有共振马达的个人卫生装置,个人卫生装置相比于已知的个人卫生装置来讲是改善的,具体地在其噪声行为方面是改善的。

发明内容

[0005] 根据一个方面,提供了一种个人卫生装置,其包括共振马达、马达控制单元,所述马达控制单元用于在共振马达处施加带有驱动频率的周期性电压信号,以便驱动共振马达以等于驱动频率的摆动频率作摆动运动,其中马达控制单元包括合成器电路,所述合成器电路用于以数字方式合成出自设置有高于驱动频率的脉冲频率的具有可变长度的电压脉冲的周期性电压信号,使得至少在每个周期性电压信号周期的两个半循环之一中施加至少两个电压脉冲。

附图说明

[0006] 将通过详细地描述示例性实施方案并参照附图来进一步说明本发明的个人卫生装置。在图中,

[0007] 图1为根据本公开的个人卫生装置的一个示例性实施方案的示意图;

[0008] 图2为用于驱动共振马达的马达控制单元的示意图;

[0009] 图3为包括合成器电路的马达控制单元的示意图,所述合成器电路用于以数字方式合成用于驱动共振马达的周期性电压信号;并且

[0010] 图4为由具有可变长度的电压脉冲构成的正弦周期性电压信号的半循环的示意图。

具体实施方式

[0011] 根据本公开的“共振马达”(或摆动马达)是指具有共振摆动行为的马达。共振马达可在数学上被表示为谐振子,即弹簧-质量系统。根据本公开的共振马达通过周期性地施加外力,具体地周期性电压信号而被驱动作摆动运动,如以下段落所述。当所述外部驱动力的驱动频率处在所述共振频率时,共振马达的运动部件的振幅变得最大。因此,共振马达可有效地以处在或接近共振马达的共振频率的周期性电压信号的驱动频率被驱动,虽然用具有不同于所述共振频率的驱动频率的周期性电压信号来驱动共振马达也是可能的,但这导致不太有效的驱动(需要更多的能量来实现与处在所述共振频率时相同的振幅)。

[0012] 共振马达通常包括马达线圈和承载至少一个永磁体组件的至少一个活动马达电枢,所述至少一个永磁体组件具有与马达电枢固定连接的至少一个永磁体。马达电枢由至少一个弹簧元件保持在静止位置中。共振马达通过如下方式被驱动而作摆动运动:在马达线圈处施加周期性电压信号(参见下文对周期性电压信号的讨论),使得来自电压源诸如电池或蓄电池并穿过马达线圈的电流受到激励。马达电枢的永磁体组件与由流经马达线圈的电流所生成的电磁场相互作用。通过该相互作用,马达电枢(其通过所述至少一个弹簧元件被保持在静止位置中)被迫抵抗所述至少一个弹簧元件的弹簧力而运动出其静止位置。当所述电磁相互作用停止或改变其方向(例如周期性电压信号在每个周期的所述两个半循环之间改变其符号)时,电枢往回朝其静止位置运动并且也超过所述静止位置(直到它达到其最大偏转振幅),使得最终电枢通过连续地周期性地施加电压信号而被驱动作摆动运动。摆动运动以驱动频率发生,周期性电压信号以所述驱动频率施加在共振马达处(即驱动频率确定共振马达的摆动运动的摆动频率)。

[0013] 根据本公开的“周期性电压信号”是指如下电压信号,其具有周期性地重复发生的非零电压信号内容以提供用于马达的外部驱动力。由于周期性地重复发生的电压信号的频率确定共振马达的摆动频率,周期性电压信号具有被分成两个等长半循环的周期。在一些实施方案中,非零电压信号存在于这两个半循环中(但带有相反的符号以沿所述两个摆动方向驱动共振马达),但不是必需在这两个半循环中驱动共振马达。在一些实施方案中,周期性电压信号仅在每个周期的所述两个半循环之一中具有非零电压信号。虽然周期性电压信号在数学意义上可为P周期函数(P为所述周期),即 $f(x+P) = f(x)$,但这不是必需的并且也常常不是生产性的,因为共振马达可能需要在不同的负载条件下以连贯的周期改变驱动力,从而以基本上恒定的振幅摆动。保持恒定的是电压信号的重复发生的周期,即周期的长度和半循环的长度(或换句话讲,驱动频率),这将不排除驱动频率可能受到用户的影响,如下文所详述。也没有必要使对电压信号的时间积分对于这两个半循环来讲是相同的(即馈送给共振马达的能量在某个周期的两个半循环中可为不同的),如已经关于如下方面清楚地说明的那样:通过在仅所述半循环之一中施加非零电压信号来驱动共振马达。在一些实施方案中,对所述两个半循环中的电压信号的时间积分是有限但不同的。

[0014] 因此,在一些实施方案中,在周期性电压信号的每个周期的所述两个半循环中施加在共振马达处的电压信号具有相反的符号,并且进一步具体地在一个半循环中施加的电压信号与在另一个半循环中施加的电压信号相比具有不同的符号但相同的绝对电压水平,这将不排除如下实施方案,其中所述两个半循环中的绝对电压水平不是相同的。在一些实施方案中,周期性电压信号在所述半循环之一中具有零电压(类似于某人对秋千应用的激

发功能,其中能量也是仅沿一个运动方向施加在所述秋千处)。已发现在其半循环之一中提供具有零电压的周期性电压信号与在这两个半循环中均施加电压信号相比在能量上不太有效。

[0015] 为清楚起见,共振马达的驱动不同于DC马达的驱动,其中施加的电压信号的频率不确定旋转频率,但其中旋转频率取决于施加在DC马达处的电压的高度(例如US 2011/005015A1描述了通过施加平均电压信号而被驱动作旋转运动的DC马达,所述平均电压信号由某个工作循环的PWM信号提供—所述PWM信号的工作循环越高—即处在恒定的所述PWM脉冲的频率—,所述旋转频率就越高)。在US 2011/005015A1中,所述DC马达的两种不同的旋转频率用来激励替换刷的不同的机械共振模式。所述DC马达自身不是共振马达。

[0016] 本公开中的驱动频率通常可为或接近共振马达的共振频率以便实现高效率。但显然,这只是效率方面的考虑因素,并且共振马达事实上可以任何驱动频率被驱动(以减小的效率),所述驱动频率继而导致共振马达的摆动运动具有等于驱动频率的摆动频率。

[0017] 运动的永磁体组件也可在马达线圈上感生出电压,并且因此感生出穿过马达线圈的电流,所述感生电流通常小于来自电压源的电流。所述感生电压为电枢速度的量度,并且由于所述直接关系的缘故也是电枢的振幅的量度。先前所提及的文献W0 2004/034561A1(其将以引用方式并入本文)一般描述了共振马达是如何被驱动的,具体地被交变的周期性电压信号驱动。共振马达的电枢可具体地被布置成用于作线性往复运动或用于摆动旋转运动。

[0018] 一般已知的是(例如从文献W0 2004/034561A1了解到),为了通过施加周期性电压信号来驱动共振马达,所述周期性电压信号每半循环仅包括某个工作周期的单个电压信号(其中工作循环的长度可受到控制以补偿不同的负载情况)。即,如果共振马达的摆动频率为 f_0 (例如在一个非限制性示例中, f_0 为100Hz),则驱动频率 f_d 可设定为 f_0 ,即 $f_d=f_0$ 。所述周期性电压信号的全循环(并且因此也是共振马达的摆动运动的全循环)因此持续0.01秒,因而半循环持续0.005秒。在该已知的示例中,每半循环提供一个电压脉冲,使得周期性电压信号的脉冲频率高达驱动频率的两倍,即 $f_p=2 \cdot f_d$ 。现在已发现,共振马达可被驱动而作远远更平滑且更安静的摆动运动,如果替代摆动运动的每半循环的单个电压脉冲,至少对于所述周期性电压信号的某个循环的某一部分来讲,所施加的周期性电压信号逼近正弦波电压信号或另一种类似的函数。

[0019] 在本文所讨论的一些实施方案中,电压信号(其否则逼近连续的例如正弦函数)在一些半循环中—例如在所施加的周期性电压信号的每个第5周期的第一半循环中—可被调零一定的时间间隔,或者所述电压可在每个周期的两个半循环之一中被调零一定的时间间隔(该半循环总是可为第一半循环或第二半循环,或者该半循环可在第一半循环和第二半循环之间交替)。可选择其间所述电压信号随后被调零的时间间隔以允许在另外零外部电流下测量所提及的马达线圈中的感生电压,以便实现指示共振马达的运动的马达电枢的速度和振幅的参数,并且因此允许控制周期性电压信号,使得甚至在变化的负载条件下也实现恒定的振幅。

[0020] 带有根据本公开的共振马达的个人卫生装置具有马达控制单元,所述马达控制单元可在共振马达处提供可选择的(数字合成的)周期性电压信号;具体地可将所述周期性电压信号选择成正弦电压信号。理想的正弦电压信号不包括任何谐波,并且因此趋于导致总

体个人卫生装置的更平滑的操作,因而由谐波造成的噪声和振动被有效地减小。根据本公开的合成器电路以数字方式合成来自具有可变长度的高数目的电压脉冲的平滑的周期性电压信号,其中以高于驱动频率的脉冲频率提供电压脉冲,使得至少在每个周期的半循环之一中提供两个电压脉冲(因此,脉冲频率因而为驱动频率的至少四倍)。脉冲频率由电压脉冲之间的恒定的(时间)距离确定。在一些实施方案中,脉冲频率为驱动频率的至少六倍(即每个半循环中的电压信号由至少三个电压脉冲逼近),任选地为驱动频率的至少20倍(每半循环至少10个脉冲),并且进一步任选地为驱动频率的至少100倍(每半循环至少50个脉冲)。虽然所生成的电压信号包括各个脉冲,但马达的特征(例如电容和电感)过滤了脉冲,使得马达“见到”连续的电压信号。虽然如所述的那样以数字方式合成的正弦电压信号不一定导致理想的正弦信号,但已发现可在如下两项之间实现多至-10dB的噪声减小:用矩形驱动函数(即在所述周期性电压信号的每个半循环中施加的单个矩形电压脉冲)来驱动个人卫生装置的共振马达和用如本文所述以数字方式合成的几乎正弦的电压信号来驱动个人卫生装置的共振马达。正弦电压信号也导致穿过马达线圈的正弦电流。应当理解,以数字方式合成的周期性电压信号(电压信号合成的细节在下文中进一步描述)相对于理想的正弦电压信号的逼近品质取决于例如脉冲频率与驱动频率的比率,并且因此也仅产生近似的正弦电流。在每个电压脉冲期间,进入线圈中的电流累积起来,并且如果电压脉冲被中断直到提供下一个电压脉冲,则存储在线圈中的电荷在一定程度上流出该线圈。

[0021] 根据本公开的个人卫生装置可为电动牙刷、电动刮舌器、电动牙线洁齿装置、电动剃刀、电动毛发移除装置、电动皮肤按摩装置等。

[0022] 图1为根据本说明书的个人卫生装置1的示意图。个人卫生装置1在此处被实现为电动牙刷,但这不应当被看作是限制性的。个人卫生装置1一般包括被设置在个人卫生装置1的柄部部分20中的共振马达(参见图2)驱动而作摆动运动的头部部分10(整个头部部分10被驱动而作这种摆动运动,或者头部部分10包括被驱动而作摆动运动的头部元件11)。个人卫生装置1可具有通/断开关21和任选地模式选择器按钮22,虽然个人卫生装置1可能不一定需要具有这些特征结构(例如个人卫生装置1可被布置成如果头部11接近组织则自动接通共振马达,所述组织可被电容阈值传感器检测到,和/或个人卫生装置1不具有可切换的模式或者模式选择可以另一种方式来实现,例如经由语音识别来实现)。

[0023] 在一些实施方案中,个人卫生装置1具有用户可控制的输入单元30,所述输入单元用于提供用户选择的输入,从而经由马达控制单元50影响施加在共振马达处的周期性电压信号,如下文所更详述。一般来讲,用户能够影响周期性电压信号的形状或周期性电压信号的频率,脉冲的频率用来逼近理想的周期性电压信号(见下文)等。在一些实施方案中,用户可控制的输入单元30具有控制元件31,用户可经由所述控制元件选择性地影响施加在共振马达处的周期性电压信号(经由马达控制单元)。除此之外或另选地,用户可控制的输入单元30可包括独立控制装置40(即物理地与柄部部分20分开的独立控制装置)。个人卫生装置因而可包括无线连接单元33,所述无线连接单元用于在独立控制装置40和柄部部分20之间建立无线连接34,使得例如数据可以无线方式从独立控制装置40传送至柄部部分20,并且因此传送至马达控制单元50。无线连接34可具体地被实现为蓝牙连接,但其它无线连接标准也是可能的,例如IEEE 802.11射频频连接或专有无无线连接。一般来讲,独立控制装置40包括控制元件42,用户可经由所述控制元件影响用于驱动共振马达的周期性电压信号。控制

元件42可被实现为开关或选择器按钮、滑块等。在一些实施方案中,独立控制装置40包括触敏屏幕41,在所述触敏屏幕上可显示虚拟控制元件42,所述虚拟控制元件可通过用手指触摸屏幕41并且在所述屏幕上滑动手指来调谐。在所示出的示例中,虚拟控制元件42被实现为虚拟滑块,用户可通过所述虚拟滑块影响待施加在共振马达处的周期性电压信号,例如,用户可设定所述周期性电压信号具有正弦形状或矩形形状,并且潜在地用户可在正弦形状和矩形形状之间设定具有更中间特征的所述周期性电压信号的至少另一种形状。在一些实施方案中,独立控制装置40由智能电话、平板电脑或任何其它移动设备来实现。独立控制装置40因而可具有软件模块(诸如移动应用软件或“app”),所述软件模块被提供用于实现虚拟控制元件42,并且用于将用户所选择的设定值从独立控制装置40传输至柄部部分20中的接收器32。由于在操作期间所述周期性电压信号的形状趋于影响个人卫生装置1的噪声特征,因此所述的这种用户可控制的输入装置30允许用户设定个人偏爱的周期性电压信号,例如与由个人卫生装置1的制造商所设定的标准周期性电压信号相比生成较少(或较多)噪声(或声音)的周期性电压信号。例如制造商可能已选择了周期性电压信号,在所述周期性电压信号下,共振马达的能量消耗相对较低,但其中个人卫生装置的噪声或声音水平处于中等水平,或者其中由于所述噪声或声音中频谱分量的缘故,个人卫生装置的噪声或声音与用不同的周期性电压信号所生成的噪声或声音相比被个体用户感知为不太喜爱的。一些用户可能偏爱较少的噪声,因为他们被噪声骚扰;而其他用户可能偏爱更多的噪声,因为他们将个人卫生装置的声音与其卫生性能联系在一起(例如就电动牙刷而言,高声音水平可能意味着推测的高清洁能力)。上文关于独立控制装置所述的有影响的可能性也可应用于用户可控制的输入单元的情形,所述用户可控制的输入单元不是独立的并且例如被实现为个人卫生装置的柄部部分的一部分。

[0024] 图2为马达控制单元100的示意图,所述马达控制单元用于驱动共振马达200(其可设置在个人卫生装置的柄部部分中,如前所述)作摆动运动,例如线性往复运动或摆动旋转或它们的组合。共振马达200被布置在包括四个开关191,192,193和194的H桥式(或:全桥式)电路的跨接部分中。H桥式电路的开关由开关控制单元110控制,并且如在先前提及的文献W0 2004/034561A1中所讨论的那样,从电压源210供应的电压因而可沿正方向通过接通开关191和194并断开开关192和193来施加,并且沿负方向通过接通开关192和193并断开开关191和194来施加。也有可能通过例如接通开关193和194并断开开关191和192来短路共振马达200(同样如文献W0 2004/034561A1中所述)。开关191至194可各自由场效应晶体管(FET),具体地由MOSFET来实现。开关191至194可具体地各自包括并联的保护二极管,所述保护二极管用于保护相应的开关不受过电压的影响。开关191至194也被选择成使得它们可用马达控制单元100所需要的脉冲频率来切换,例如作为一个非限制性示例,30kHz。

[0025] 虽然文献W0 2004/034561A1描述了在每个周期的每个半循环中将单个电压脉冲施加在共振马达处,但本发明的马达控制单元100包括合成器电路,所述合成器电路用于在共振马达处以如下脉冲频率提供具有变化的脉冲长度的电压脉冲,所述脉冲频率为共振马达所被驱动时的驱动频率的至少四倍。以相应地高脉冲频率施加电压脉冲,其背后的想法是通过如下电压脉冲对平均周期性电压信号的目标形状进行建模,所述电压脉冲具有基本上恒定的高度(电压高度可由电压源确定)但具有变化的脉冲长度(数字合成)。(理想的)正弦周期性电压信号因而将导致穿过马达线圈的正弦电流,如先前所述。通常,个人卫生装置

中的共振马达可以介于约50Hz至约500Hz之间的驱动频率被驱动,这将不排除其它驱动频率值。电动牙刷常常以介于约65Hz至约300Hz之间的频率被驱动。作为一个非限制性示例,可使用150Hz的驱动频率。脉冲频率由连贯的电压脉冲之间恒定的时间距离给定;所述脉冲可具有变化的脉冲长度以便对周期性电压信号的目标形状建模。脉冲频率应当为驱动频率的至少四倍,具体地脉冲频率为驱动频率的至少6倍(因而每半循环施加至少三个电压脉冲),任选地脉冲频率为驱动频率的至少20倍(因而每半循环施加至少十个电压脉冲),并且进一步任选地脉冲频率为驱动频率的至少一百倍(因而每半循环施加至少50个电压脉冲)。例如在150Hz的驱动频率下,脉冲频率因而可为至少900Hz,至少3kHz,或至少15kHz。一般来讲,脉冲频率可高于18kHz,并且任选地高于20kHz,以便将脉冲频率移位到不可听(对于人耳来讲)频率范围中。脉冲频率可被选择成低于100kHz。

[0026] 根据本公开,马达控制单元经由其合成器电路在共振马达处提供具有可变长度的电压脉冲。为了允许平均周期性电压信号可感测地成形,每个电压脉冲的长度应当可用足够的分辨率来控制,这要求所述电压脉冲长度可在马达控制单元的计时频率下被控制,所述计时频率高于脉冲频率,例如脉冲频率的128倍(从而导致电压脉冲的7位分辨率)或脉冲频率的256倍(8位分辨率)(虽然将不排除更高或更低的分辨率诸如9位或10位或6位或5位或4位等)。例如在15kHz的脉冲频率下,对于8位分辨率来讲,计时频率将为3.84MHz。作为另一个示例,驱动频率为150Hz,脉冲频率为30kHz,并且分辨率为7位(同样导致3.84MHz的计时频率)。

[0027] 图3为根据本公开的具有示例性合成器电路120的示例性马达控制单元1000的示意图。如图所示的合成器电路120包括用于切换如图2所示H桥的开关191至194的开关控制单元121、用于提供计时频率(例如3.84MHz)的时钟122和存储器单元123。存储器单元123可具体地包括要在一个半循环期间或在一个周期性电压信号周期期间施加的归一化电压脉冲长度值的至少一个查找表。如果在第二半循环期间施加的电压信号与在每个周期的第一半循环期间施加的电压信号相同但反向,则只提供用于第一半循环的电压脉冲长度值就足够了(所述H桥的开关用来反转在共振马达处施加的电压的符号)。在一些实施方案中,存储器单元123包括电压脉冲长度值的至少两个查找表,例如一个查找表用于正弦周期性电压信号,并且另一个查找表用于矩形周期性电压信号。在一些实施方案中,提供三个或更多个查找表,其中例如第三查找表提供用于类似于正弦形状和矩形形状之间的中间形状的周期性电压信号的电压脉冲长度值。在一些实施方案中,提供用于中间周期性电压信号形状的两个,三个或更多个诸如五个或十个等查找表,使得用户可(经由前述用户可控制的输入装置)精细地调谐周期性电压信号的形状以位于正弦形状和矩形形状之间。合成器电路120因此可被布置成接收来自参照图1所讨论的用户可控制的输入装置30的输入信号124。在一些实施方案中,提供至少一个查找表以用于生成不同于正弦形状或矩形形状(或这两者之间的中间形状)的周期性电压信号,例如用于生成周期性三角形信号、周期性梯形信号、或周期性锯齿形信号,甚至该列表将不被认为是封闭的,因而也可采用任何其它周期性电压信号形状。如果使用如参照图1所讨论的独立控制装置,则相应的应用软件模块可被布置成允许用户自由地限定任意的周期性电压信号形状。合成器电路120可被实现为直接数字合成(DDS)电路(例如可允许用户用手指在触敏显示器上滑动来画出所述形状)。作为一个非限制性示例,合成器电路120的至少一部分可由购自Analog Devices (Norwood, MA, USA)的低

功率DDS AD9838芯片(或类似的IC)来实现。在其它实施方案中,合成器电路(任选地连同H桥的开关一起)被实现为集成电路(IC),具体地专用IC(ASIC)。此外或另选地,合成器电路可包括计算单元,所述计算单元实时地计算用于例如正弦电压函数的电压脉冲长度值,而不使用查找表。

[0028] 在一些实施方案中并且如图3以虚线所示,马达控制单元1000另外还包括数字电压电路160,所述数字电压电路被布置成用于每半循环在共振马达处提供单个矩形电压脉冲,如从现有技术已知的那样。可提供电压生成控制电路180以用于选择性地接通合成器电路120或数字电压电路160。合成器电路120和数字电压电路均可因此耦接到H桥的开关191,192,193,194,并且电压生成控制电路180将选择性地允许仅这两个电路120,160之一控制所述开关。在一些实施方案中,合成器电路120可用来通过多个短电压脉冲(例如向上的电压坡道)提供周期性电压信号的第一部分,并且随后电压生成控制电路180切换至数字电压电路160以生成作为周期性电压信号的每半循环的第二部分的单个长电压脉冲。任选地,电压信号的第三部分因而可同样由合成器电路120施加,例如向下的电压坡道,使得例如梯形信号连同所述向上的坡道和所述长电压脉冲一起生成。显然,长矩形电压信号也可由合成器电路而非模拟电压电路形成。应当理解,替代经由切换所述H桥的开关191至194(参见图2)来施加电压脉冲,由合成器电路生成的周期性电压信号可直接施加在共振马达处(合成器电路因而将包括必要的用于切换电压脉冲的开关,所述周期性电压信号是从所述电压脉冲合成的)。

[0029] 图4为从具有可变长度但恒定高度的多个短电压脉冲生成的示例性正弦周期性电压信号的示意图,其中仅示出了施加在共振马达处的近似正弦周期性电压信号周期的第一半循环。应当理解,第二半循环可具有相同的功能行为,但带有反向电压符号。在图4中,正弦周期性电压信号的第一半循环示例性地通过施加10个电压脉冲301至310而生成(即脉冲频率为驱动频率的20倍,例如在150Hz的驱动频率下,这导致3kHz的脉冲频率)。如上所述,用于电压脉冲301至310各自的电压脉冲长度值可在存储器单元中被提供为表格化的值,并且可能已被预先确定成使得平均来讲产生了近似正弦电压。图4包括第三电压脉冲303的放大图示,并且用十六(16)个小十字符400指示在所示的情形中分辨率为四(4)位(这是非限制性示例,并且也是出于所述一般概念的可呈现性而选择的),使得在该示例性情形中需要48kHz的计时频率。在所述示意图中,第三电压脉冲303具有七个计时频率周期的脉冲长度 W_3 ,因而后接九个计时频率周期的断电压长度 O_3 (直到第四个电压脉冲304被接通)。也如图4所示,在共振马达处提供的最大电压 V_{max} 可低于可从电压源获得的电压 V_B (例如, V_{max} 可为 V_B 的60%)。这允许当共振马达需要更多能量来提供相同的摆动振幅时,在负载状态下增大共振马达处的电压水平(例如,所述表格化的电压长度值因而可按反映所述负载状态的 >1 的转换因数被增大)。

[0030] 如在前述段落中所说明的那样,如果未足够地适配所述能量供应,则施加在共振马达处的负载可导致减小的运动振幅。共振马达的马达负载可通过确定马达的后EMF电压(即在马达线圈中由运动的电枢的运动的永磁体组件所感生的电压)来确定,因为所述感生电压为电枢速度的量度(其继而为电枢运动的振幅的量度,因为摆动频率是由驱动频率给定的,当然在变化的负载下保持恒定)。一种确定该感生电压的方法是提供被定位成接近电枢的另一个线圈,这涉及另外的成本和另外的部件。另一种方法是当基本上没有马达电流

时测量马达线圈处的后EMF(因为这时所施加的电压以及所述自感电压基本上减小至零)。但如果正弦周期性电压信号被提供为马达线圈处的驱动信号,则产生正弦电流,并且因此在所述周期中不存在时隙,在所述时隙处无电流穿过马达线圈。在一些实施方案中,因此提议至少在每个周期的或每个第5个或第10个等周期的所述半循环之一期间断开所述正弦或任何其它连续的(或半连续的)驱动信号并持续至少如下时间段,所述时间段允许马达电流降至零并保持在零,直到完成对后EMF的测量。马达可被短电路以实现快速电流放电。在一些实施方案中,电压脉冲的供应在相同的半循环中恢复,在所述半循环中电压脉冲的供应在完成了对后EMF的测量之后被停止。由于在提供了零电压之后接通了相对高值的电压,这可导致谐波的生成。在一些实施方案中,电压脉冲供应在其中所述电压被断开的半循环的整个第二象限中被断开。已发现这表示电流消耗和噪声生成(一方面)和后EMF测量的可靠性(另一方面)之间的良好平衡。

[0031] 由于制造公差缘故,共振马达可能不总是具有相同的共振频率,这可在由制造商装配共振马达结束时确定。在一些实施方案中,可认为重要的是在共振马达的共振频率和由马达控制单元施加的驱动频率之间总是具有相同的差值,可能有必要施加与初始时所计划的驱动频率不同的驱动频率。例如,可能已计划了150Hz的驱动频率,并且已在合成器电路的存储器单元中相应地提供了用于半循环的100个电压脉冲长度值。但由于共振马达的共振频率的差值的缘故,驱动频率可能需要处在介于约145Hz至约155Hz之间的范围内。在所给定的示例中,单个电压脉冲与约0.75Hz关联,使得如果旨在采用145Hz的减小的驱动频率,则每半循环需要采用103.45个脉冲(假设计时频率以及脉冲频率为固定值)。为了处理该情况,可将驱动频率例如设定至约144.75Hz,并且每周期可采用两次7个电压脉冲长度值(就某个所需的更高驱动频率而言,可省略一些电压脉冲)。这允许将可用查找表也用于其它频率。在一些实施方案中,可允许用户经由用户可控制的输入单元来影响驱动频率。

[0032] 本文所公开的量纲和值不应被理解为严格限于所引用的精确值。相反,除非另外指明,否则每个这样的量纲旨在表示所述值以及围绕该值功能上等同的范围。例如,公开为“40mm”的量纲旨在表示“约40mm”。

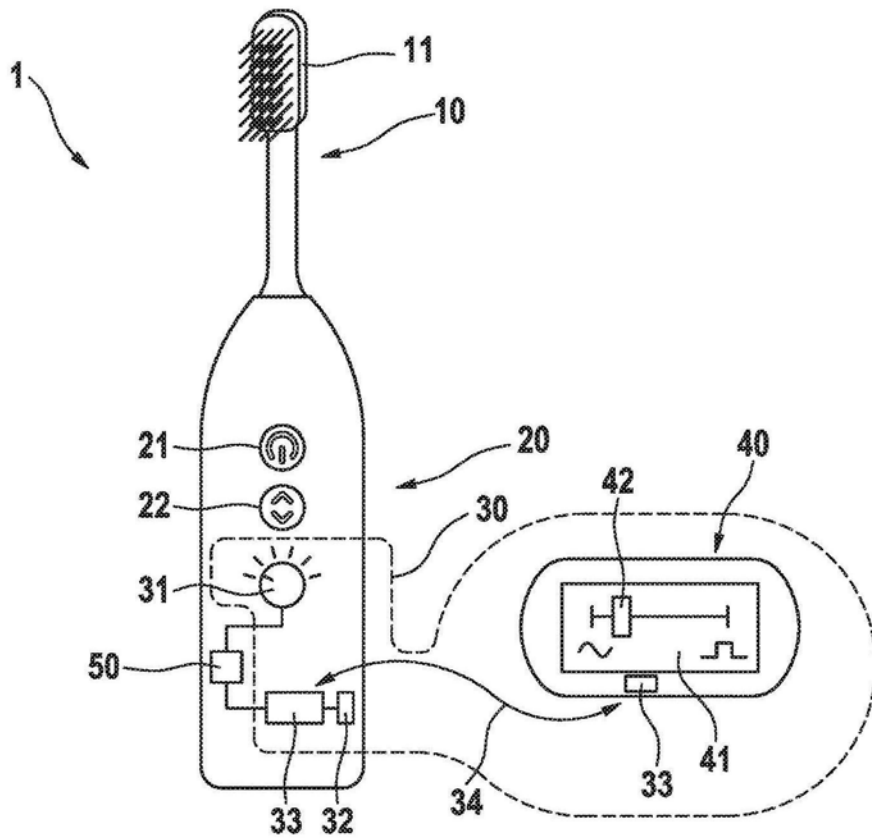


图1

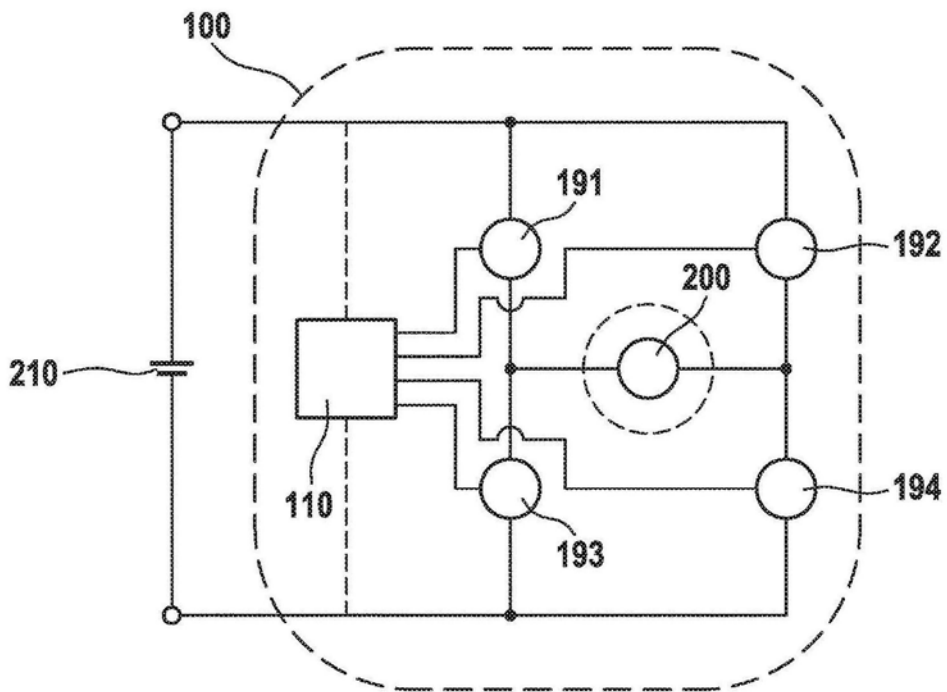


图2

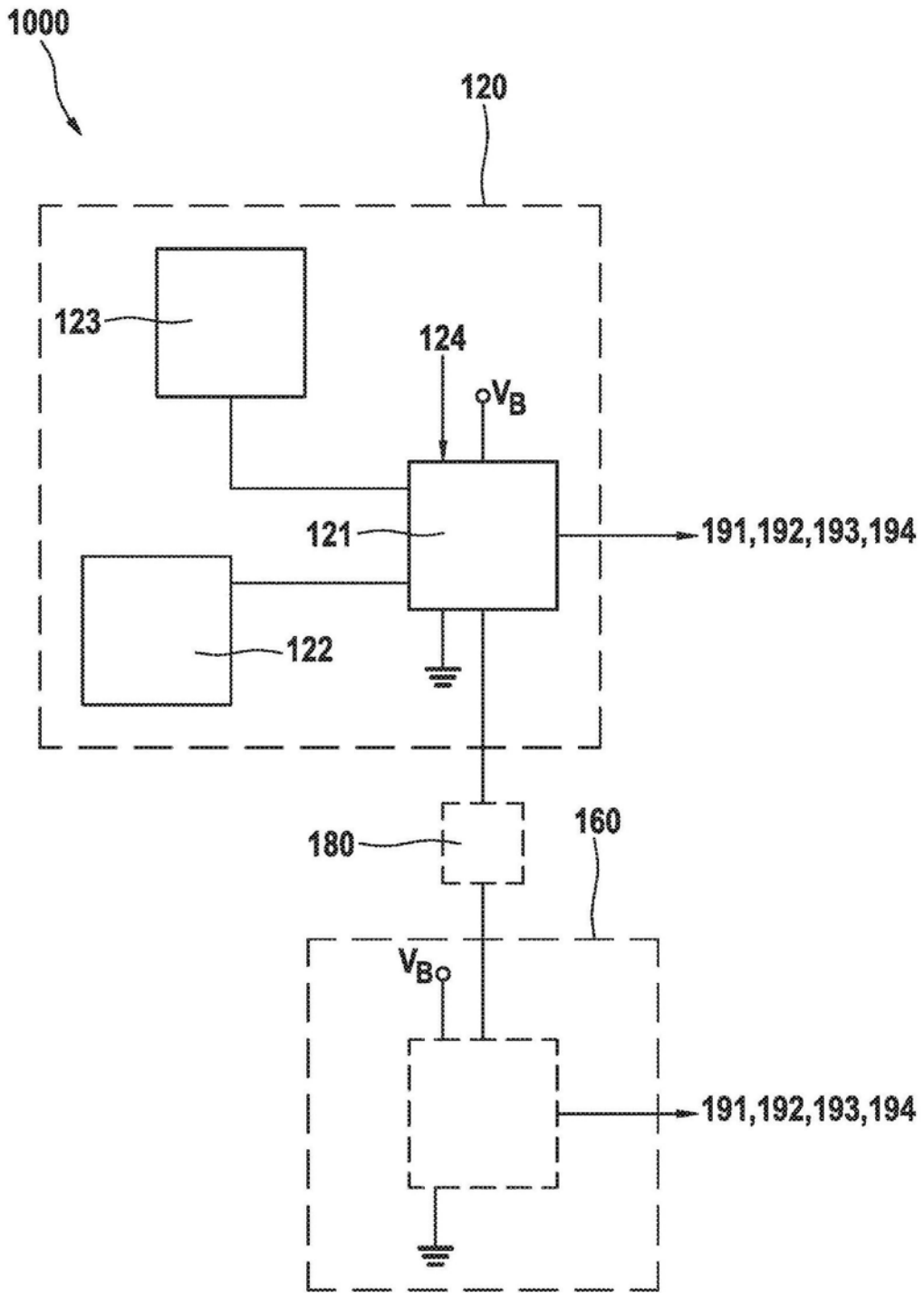


图3

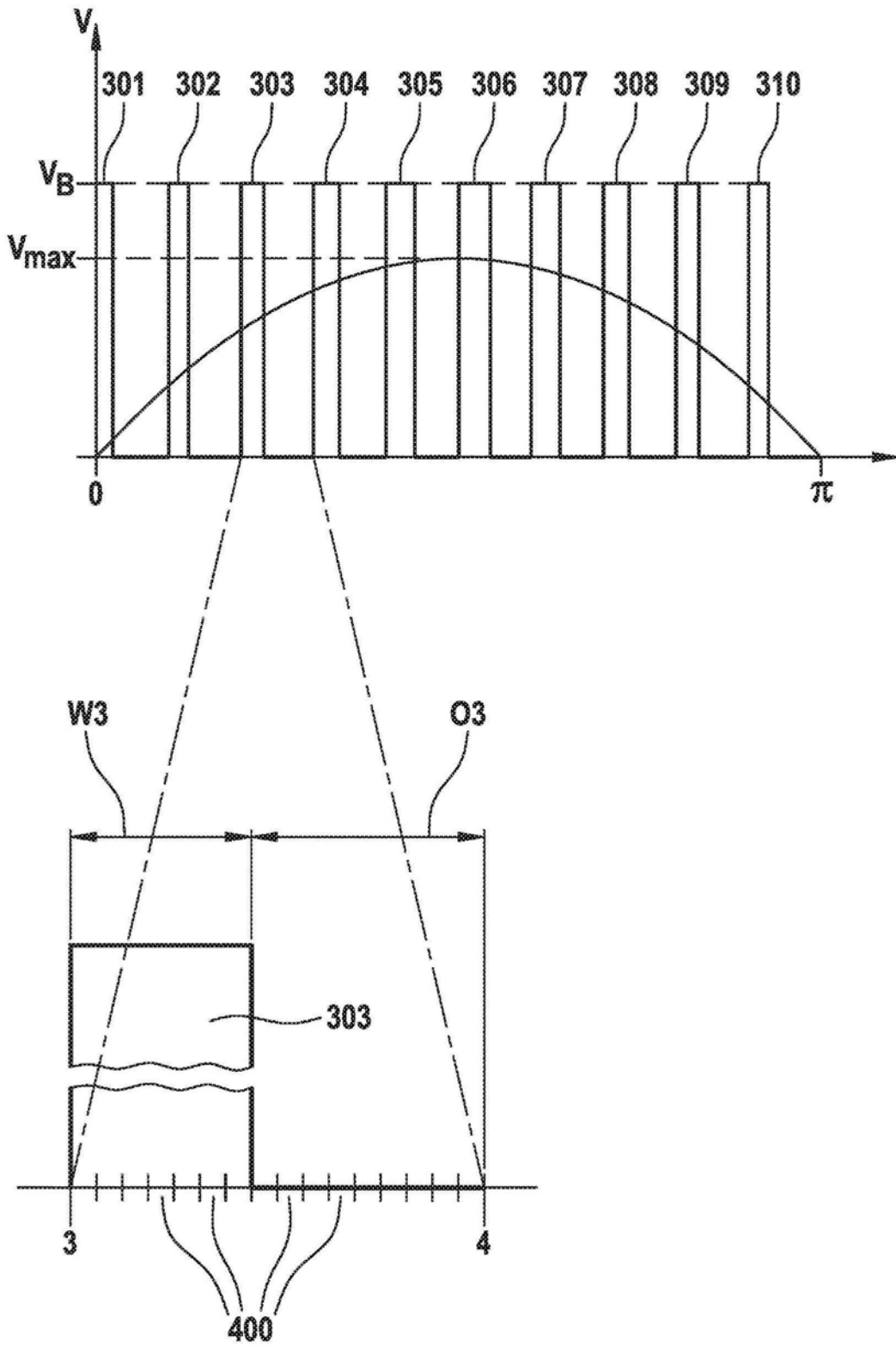


图4