(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 102770248 B
(45)授权公告日 2015.11.25

(21)申请号 201180010695.6

(22)申请日 2011.03.29

(30)优先权数据
2010-083749 2010.03.31 JP
2010-125376 2010.05.31 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2012.08.23

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2011/058480 2011.03.29

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2011/122695 EN 2011.10.06

(73)专利权人 日立工机株式会社
地址 日本东京都

(72)发明人 伊藤穰 大森和博 中村瑞穗 西河智雅 益子弘识

(74)专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司 11243
代理人 许静 郭凤麟

(51)Int.Cl.
B25F 5/00(2006.01)
H02P 6/06(2006.01)

(56)对比文件
CN 101372095 A ,2009.02.25, 全文.
CN 101391416 A ,2009.03.25, 说明书第5页第20-25行、第7页第11行-第11页第21行.
CN 101516575 A ,2009.08.26, 全文.
EP 0729211 A2 ,1996.08.28, 说明书第2栏第32行-第3栏第1-9行、第4栏第44-58行.
WO 2009/102082 A2 ,2009.08.20, 全文.

审查员 李祥亮

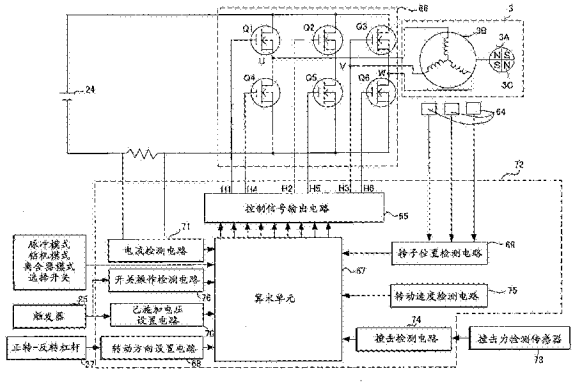
权利要求书2页 说明书21页 附图22页

(54)发明名称

电动工具

(57)摘要

一种电子脉冲驱动器包括电机、锤子、砧座、末端工具安装单元、电源单元以及控制单元。锤子可与砧座一起转动。末端工具安装单元将砧座的转动传动到末端工具。电源单元向电机供应驱动电力。当流到电机的电流增加到规定值时,控制单元控制电源单元中止向电机供应驱动电力。控制单元控制电源单元在供应驱动电力之前向电机供应小于驱动电力的预起动电力,以便允许电源单元在锤子与砧座接触后供应驱动电力。



CN 102770248 B

1. 一种电气电动工具，包括：

作为驱动源的电机；

锤子，所述锤子连接到所述电机且可由所述电机转动，所述电机向所述锤子供应第一驱动力和比所述第一驱动力小的第二驱动力中之一；以及

砧座，所述砧座可相对于所述锤子转动，

其中，当向所述锤子供应所述第一驱动力时，所述锤子和所述砧座一体转动，以及在所述电机的初始启动状态时，所述电机供应所述第二驱动力，并且在供应所述第二驱动力后，确定锤子和砧座接触的情况下，供应所述第一驱动力。

2. 如权利要求 1 所述的电气电动工具，还包括提供冲程的触发器，所述第一驱动力可基于所述冲程的量改变；以及

其中，所述第二驱动力小于预定值，并且维持在恒定水平而不管移动冲程如何。

3. 根据权利要求 1 所述的电气电动工具，其中

所述锤子由所述电机沿着正向方向或反向方向可驱动地转动；

所述砧座被配置为由沿着所述正向方向或反向方向转动的所述锤子撞击；以及

所述电气电动工具还包括控制单元，所述控制单元被配置为控制所述锤子，使得所述锤子的恰恰在接触所述砧座之前的转动速度在所述锤子沿着所述反向方向转动时比在所述锤子沿着所述正向方向转动时大。

4. 如权利要求 3 所述的电气电动工具，还包括电源单元，所述电源单元被配置为向所述电机供应预起动电力以提供所述第二驱动力，所述电力在所述锤子初始沿着所述反向方向转动时比在所述锤子初始沿着所述正向方向转动时大。

5. 如权利要求 3 所述的电气电动工具，还包括电源单元，所述电源单元被配置为向所述电机供应预起动电力以提供所述第二驱动力，所述电力在所述锤子沿着所述反向方向转动直到所述锤子与所述砧座接触时比所述锤子沿着所述正向方向转动直到所述锤子与所述砧座接触时大。

6. 如权利要求 5 所述的电气电动工具，其中，所述电源单元被配置为向所述电机供应具有 PWM 占空比的预起动电力，所述 PWM 占空比在所述锤子沿着所述反向方向转动直到所述锤子与所述砧座接触时比所述锤子沿着所述正向方向转动直到所述锤子与所述砧座接触时大。

7. 如权利要求 3 所述的电气电动工具，其中，所述控制单元被配置为控制所述锤子，使得所述锤子被转动到与所述砧座接触的角距离在所述锤子沿着所述反向方向转动时比在所述锤子沿着所述正向方向转动时大。

8. 如权利要求 3 所述的电气电动工具，其中在所述锤子即将沿着所述反向方向转动时，所述控制单元被配置为省略提供所述第二驱动力的预起动电力。

9. 如权利要求 8 所述的电气电动工具，还包括电源单元，所述电源单元被配置为向所述电机供应电力，其中，所述预起动电力比在紧固紧固件的正常紧固操作时小。

10. 根据权利要求 1 所述的电气电动工具，还包括：

检测单元，所述检测单元被配置为检测所述锤子和所述砧座之间的接触。

11. 根据权利要求 3 所述的电气电动工具，其中

所述控制单元被配置为当检测到锤子和砧座接触时，控制所述电机改变所述电机的转

数。

电动工具

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求 2010 年 3 月 31 日提交的日本专利申请 No. 2010-083749 和 2010 年 5 月 31 日提交的日本专利申请 No. 2010-125376 的优先权。这些优先权申请中的每个的全部内容在此通过引用并入。

技术领域

[0003] 本发明涉及电动工具以及电气电动工具，以及更为具体地，涉及输出转动驱动力的电子脉冲驱动器。

背景技术

[0004] 常规电动工具主要包括电机、由电机驱动地转动的锤子以及砧座。锤子与砧座碰撞，并且为砧座产生（impart）力矩。提供给砧座的力矩被传送给用于紧固螺钉或执行另一紧固操作的末端工具。在这种类型的电动工具中，施加给砧座并传送给末端工具的力矩由设置在锤子上的啮合突起和设置在砧座上的啮合突出之间的撞击生成。

[0005] 引用列表

[0006] 专利文献

[0007] PLT1 ：日本专利申请公开 No. 2008-307664

发明内容

[0008] 技术问题

[0009] 然而，在常规电动工具中，设置在锤子上的啮合突起以电机生成的高速率打击砧座的啮合突起。因而，啮合突起和啮合突起之间的撞击力增加，从而增加了紧固力矩。当螺钉等已经紧固时，这尤其是有问题的。因为在啮合突起和啮合突起之间的撞击生成力矩时紧固力矩已经施加给螺钉，所以用于重新紧固螺钉的力矩可能变得非常大。

[0010] 此外，在电动工具紧固紧固件后，由于紧固件和工件之间的静摩擦系数大于动摩擦系数，电动工具不能利用与紧固紧固件所使用的力矩相同的力矩松开紧固件。因此，操作者必须调整力矩设置，从而使得驾驶者不能用户友好地操作。

[0011] 技术方案

[0012] 本发明的一个目的在于提供一种能够防止将超过目标力矩的力矩传送到紧固件的电动工具、电气电动工具以及电子脉冲驱动器。

[0013] 本发明的另一目的在于提供在减少紧固操作之前的不必要等待时间的同时具有优异操作性的电气电动工具。

[0014] 本发明的这个和其它目的利用电子脉冲驱动器实现。该电子脉冲驱动器包括电机、锤子、砧座、末端工具安装单元、电源单元以及控制单元。锤子由电机驱动地转动。砧座与锤子分离且可利用锤子的转动而与锤子一起转动地设置。末端工具安装单元上安装末端工具，并且将砧座的转动传送到末端工具。电源单元向电机供应驱动电力。当流到电机的

电流增加到规定值时，控制单元控制电源单元中止向电机供应驱动电力。控制单元控制电源单元在供应驱动电力之前向电机供应小于驱动电力的预起动电力，以便允许电源单元在锤子与砧座接触后供应驱动电力。

[0015] 利用这个构造，当向锤子施加小于驱动电力的预起动电力时，锤子和砧座之间的碰撞不生成大的撞击力。因此，锤子和砧座之间的撞击不会产生过分大的力矩，并且因此，末端工具不可能利用比目标力矩大的力矩紧固紧固件。

[0016] 根据另一方面，本发明提供一种电动工具。该电动工具包括作为驱动源的电机、锤子和砧座。锤子连接到电机且可由电机转动，电机向锤子供应第一驱动力和比第一驱动力小的第二驱动力中之一。砧座可相对于锤子转动。当向锤子供应第一驱动力时，锤子和砧座一体转动。在电机的初始启动状态时，电机供应第二驱动力，并且随后在供应第二驱动力后，供应第一驱动力。

[0017] 利用这个构造，当向锤子施加比第一驱动力小的第二驱动力时，锤子和砧座之间的碰撞不生成大的撞击力。因此，锤子和砧座之间的撞击不会产生过分大的力矩，并且因此，末端工具不太可能利用比目标力矩大的力矩紧固紧固件。

[0018] 优选地，电动工具还包括提供冲程（stroke）的触发器，第一驱动力可基于冲程量改变，第二驱动力小于预定值，并且维持恒定水平，而不管移动冲程如何。

[0019] 根据另一方面，本发明提供一种电气电动工具。该电气电动工具包括电动电机、锤子、砧座和电源单元。锤子与电动电机可驱动地连接。砧座可相对于锤子转动。电源单元向电机选择性地供应第一电力和比第一电力小的第二电力中之一。电源单元被配置为在电动电力的初始启动状态时供应第二电力，以及在供应第二电力之后供应第一电力。

[0020] 利用这个构造，当向电机施加第二电力（预起动正转电力）时，锤子和砧座之间的碰撞不生成大的撞击力。因此，锤子和砧座之间的撞击不会产生过分大的力矩，并且因此，末端工具不太可能利用比目标力矩大的力矩紧固紧固件。

[0021] 优选地，锤子被配置为打击砧座。

[0022] 优选地，电气电动工具还包括用于检测电力的电力检测单元，以及当电力检测单元检测到规定电力时，电源单元中止供应电力。

[0023] 利用这个构造，电机的电力供应被自动中止来高精度地控制紧固件上的紧固力矩。相应地，紧固力矩可以通过供应预起动正转电力的协同效应而高精度地控制。

[0024] 优选地，电源单元供应第二电力，并且持续比锤子与砧座接触所需时段更长的时段。

[0025] 利用这个构造，供应第二电力的时段（预起动时间）被设置为大于锤子与砧座接触的所需时段，从而确保锤子在预起动时段内与砧座接触。因此，这个构造防止在锤子与砧座碰撞时生成大的撞击力，由此减少这种大撞击的发生。如果预起动时间被设置为小于锤子与砧座接触所需时段，则在利用大力撞击砧座之前，锤子将加速。

[0026] 优选地，电气电动工具还包括提供冲程的触发器，第一驱动力可基于冲程量改变，第二驱动力小于预定值，并且维持恒定水平，而不管移动冲程如何。

[0027] 优选地，当电源单元修改 PWM 占空比时，所述电力被改变。

[0028] 优选地，第二电力小于预定值，并且持续规定时段。

[0029] 根据另一方面，本发明提供了一种电气电动工具。该电气电动工具包括电机、锤

子、砧座和控制单元。锤子由电机沿着正向方向和反向方向可驱动地转动。砧座由沿着正向方向和反向方向转动的锤子撞击。控制单元控制锤子，使得刚刚在接触砧座之前的锤子的转动速度在锤子沿着反向方向转动时比在锤子沿着正向方向转动时大。

[0030] 优选地，电气电动工具还包括电源单元，用于向电机供应电力，该电力在锤子初始沿着反向方向转动时比在锤子初始沿着正向方向转动时大。

[0031] 优选地，电气电动工具还包括电源单元，用于向电机供应电力，该电力在锤子沿着反向方向转动直到锤子与砧座接触时比锤子沿着正向方向转动直到锤子与砧座接触时大。

[0032] 优选地，电源单元向电机供应的电力的 PWM 占空比在锤子沿着反向方向转动直到锤子与砧座接触时比锤子沿着正向方向转动直到锤子与砧座接触时大。

[0033] 优选地，控制单元控制锤子，使得锤子被转动到与砧座接触时的角距离在锤子沿着反向方向转动时比在锤子沿着正向方向转动时大。

[0034] 利用这些配置，在锤子沿着反向方向转动时锤子和砧座之间的撞击比在锤子沿着正向方向转动时锤子和砧座之间的撞击大。因此，甚至在电气电动工具的力矩在正转（紧固）和反转（松开）时被设置为相同值时，电气电动工具也可以松开螺栓或螺钉，由此改进操作能力。

[0035] 优选地，在锤子即将沿着正向方向转动时，控制单元控制电机来执行预起动，在预起动中，利用不会使得砧座转动的力来使得锤子与砧座接触，而在锤子即将沿着反向方向转动时，控制单元省略预起动。

[0036] 优选地，电气电动工具还包括电源单元，用于向电机供应电力，该电力在预起动时比在紧固紧固件的正常紧固操作时小。

[0037] 根据另一方面，本发明提供了一种电气电动工具。该电气电动工具包括电机、锤子、砧座和控制单元。锤子由电机沿着正向方向可驱动地转动。砧座由沿着正向方向转动的锤子撞击。控制单元在多个控制模式下控制电机。当沿着正向方向转动的锤子接触砧座时，控制单元选择性地切换电机的控制模式。

[0038] 优选地，当沿着正向方向转动的锤子与砧座接触时，控制单元将控制模式从第一控制模式选择性地切换到第二控制模块，在第一控制模式中，电机的转数恒定，而在第二控制模式中，电机的转数递增地改变。

[0039] 利用这个配置，与在预定时段已经经过后第一控制移到第二控制相比，在锤子与砧座接触时从第一控制移到第二控制时，控制单元可以更快速地移到下一控制。因此，操作者可以减少紧固操作之前的不必要的等待时间。

[0040] 优选地，电气电动工具还包括被配置为检测施加到电机上的负载的负载检测单元，并且当负载增加到大于或等于规定值时，控制单元选择性地切换控制模式。

[0041] 利用这个配置，与在预定时段已经经过后第一控制移到第二控制相比，在检测到负载大于或等于规定值时从第一控制移到第二控制时，控制单元可以更快速地移到下一控制。因此，操作者可以减少紧固操作之前的不必要的等待时间。

[0042] 优选地，负载检测单元检测电机的转数，并且当电机的转数降低到小于或等于预定值时，控制单元选择性地切换控制模式。

[0043] 利用这个配置，与检测到转数小于或等于预定值时从第一控制移到第二控制相比，在预定时段已经经过后第一控制移到第二控制时，控制单元可以更快速地移到下一控

制。因此，操作者可以减少紧固操作之前的不必要的等待时间。

[0044] 优选地，控制单元基于锤子和砧座之间的位置关系，选择性地切换控制模式。

[0045] 优选地，在锤子初始沿着正向方向转动时，控制单元控制电机来执行预起动，在预起动中，利用不会使得砧座转动的力来使得锤子与砧座接触，以及当负载增加到大于或等于规定值时，控制单元控制电机中止该预起动并且增加电机的转数。

[0046] 利用这个配置，与在预定时段已经经过后从预起动移到下一控制时相比，在检测到负载大于或等于规定值时从预起动移到下一控制时，控制单元可以更快速地移到下一控制。因此，操作者可以减少紧固操作之前的不必要的等待时间。

[0047] 根据另一方面，本发明提供一种电气电动工具。该电气电动工具包括电机、锤子、砧座和检测单元。锤子由电机驱动。砧座由锤子撞击。检测单元被配置为检测锤子和砧座之间的接触。

[0048] 根据另一方面，本发明提供一种电气电动工具。该电气电动工具包括电机、锤子、砧座、检测单元和控制单元。锤子由电机驱动。砧座由锤子撞击。检测单元被配置为检测锤子和砧座之间的接触。当检测单元检测到接触时，控制单元控制电机改变电机的转数。

[0049] 有益效果

[0050] 如上所述，可以提供能够防止将超过目标力矩的力矩传送到紧固件的电动工具、电气电动工具和电子脉冲驱动器。

[0051] 此外，可以提供在减少紧固操作之前的不必要等待时间的同时具有优异操作性的电气电动工具。

附图说明

[0052] 在附图中：

[0053] 图 1 是根据本发明的第一实施例的电子脉冲驱动器的剖视图；

[0054] 图 2 是电子脉冲驱动器的方框图；

[0055] 图 3 是沿着平面截取且沿着由图 1 中的箭头 III 指示的方向观看的电子脉冲驱动器的剖视图；

[0056] 图 4 是例示当在钻机模式下紧固件被紧固时电子脉冲驱动器的控制过程的示图；

[0057] 图 5 是例示当在离合器（clutch）模式下螺栓被紧固时的控制过程的示图；

[0058] 图 6 是例示当在离合器模式下木螺钉被紧固时的控制过程的示图；

[0059] 图 7 是例示用于在脉冲模式下紧固螺栓的控制过程的示图；

[0060] 图 8 是例示当在脉冲模式下紧固木螺钉的同时未转移到第二脉冲模式时的控制过程的示图；

[0061] 图 9 是例示当在脉冲模式下紧固木螺钉的同时转移到第二脉冲模式时的控制过程的示图；

[0062] 图 10 是例示当在离合器模式下紧固紧固件时的控制过程中的步骤的流程图；

[0063] 图 11 是例示当在脉冲模式下紧固紧固件时的控制过程中的步骤的流程图；

[0064] 图 12 是例示根据本发明的第二实施例的当在离合器模式下紧固木螺钉时如何修改阈值的示图；

[0065] 图 13 是例示根据第二实施例的当在脉冲模式下紧固木螺钉时如何修改阈值的示

图；

[0066] 图 14 是例示根据本发明的第三实施例的当在脉冲模式下紧固木螺钉时如何修改正转和反转之间的切换的时间段的示图；

[0067] 图 15 是例示根据本发明的第一修改例的当在脉冲模式下紧固紧固件时的控制过程中的步骤的流程图；

[0068] 图 16 是根据本发明的第四实施例的电子脉冲驱动器的剖面图；

[0069] 图 17 是根据第四实施例的沿着平面截取并且沿着由图 16 中的箭头 X VII 指示的方向观看的电子脉冲驱动器的剖面图；

[0070] 图 18 是例示根据第四实施例的在脉冲模式下紧固紧固件时的控制过程中的步骤的流程图；

[0071] 图 19 是与根据本发明的第五实施例的齿轮机构相关的分解透视图；

[0072] 图 20 是根据第五实施例的风扇的后视图；

[0073] 图 21 是例示根据第五实施例的当在钻机模式下紧固紧固件时电子脉冲驱动器的控制过程的示图；

[0074] 图 22 是例示根据第五实施例的基于锤子和砧座之间的位置关系的电子脉冲驱动器的初始控制过程的示图；

[0075] 图 23（1）是例示当电机沿着正向方向转动时电子脉冲驱动器的初始控制过程的示图，以及图 23（2）是例示当电机沿着反向方向转动时电子脉冲驱动器的初始控制过程的示图；

[0076] 图 24 是例示用于在脉冲模式下紧固紧固件的控制过程的示图；

[0077] 图 25 是例示根据本发明的第六实施例的用于在脉冲模式下紧固自钻式螺钉的控制过程的示图；

[0078] 图 26 是示出根据第六实施例的当在脉冲模式下在钢板中紧固自钻式螺钉时自钻式螺钉的各种状态的示图；和

[0079] 图 27 是示出根据本发明的第二修改例的在离合器模式下的控制过程的变型的示图。

具体实施方式

[0080] 接下来，将参照图 1 到 11 描述根据本发明的第一实施例的电动工具。图 1 示出了充当第一实施例的电动工具的电子脉冲驱动器 1。如图 1 中所示，电子脉冲驱动器 1 主要包括外壳 2、电机 3、锤子单元 4、砧座单元 5 和开关机构 6。外壳 2 由树脂材料形成，并且构成电子脉冲驱动器 1 的外部壳体。外壳 2 主要包括基本上为柱状的主体部分 21 以及从主体部分 21 延伸的手柄部分 22。

[0081] 如图 1 中所示，电机 3 布置在主体部分 21 内部，并且被取向为使得它的轴与主体部分 21 的纵向对准。锤子单元 4 和砧座单元 5 并置在电机 3 的一个轴端上。在下面的描述中，正向方向和反向方向被定义为与电机 3 的轴平行的方向，其中正向方向（即，朝向电子脉冲驱动器 1 的前侧的方向）为从电机 3 朝向锤子单元 4 和砧座单元 5。向下方向被定义为从主体部分 21 朝向手柄部分 22 的方向，以及向左和向右方向被定义为与正向方向和反向方向以及向上方向和向下方向正交的方向。

[0082] 锤壳 23 布置在主体部分 21 内的前侧位置，用于容纳锤子单元 4 和砧座单元 5。锤壳 23 由金属形成，并且基本上为漏斗形，其中它的直径朝向前端逐渐变窄，该锤壳面向前侧。开口 23a 形成在锤壳 23 的前端中，从而稍后描述的末端工具安装部件 51 可以向前突出通过开口 23a。锤壳 23 还具有设置在定义开口 23a 的锤壳 23 的内壁上的轴承金属 23A，该轴承金属 23A 用于转动地支撑砧座单元 5。

[0083] 光源 2A 在主体部分 21 中被保持在位于锤壳 23 下方且在开口 23a 附近的位置处。当钻头（未示出）被安装在稍后描述的末端工具安装部件 51 上作为末端工具时，光源 2A 可以将光照射到钻头的前端附近。在主体部分 21 上位于光源 2A 下方还设置转盘（dial）2B。转盘 2B 充当由操作者可转动地操作的切换部件。由于主体部分 21 被构造为保持光源 2A，因此不需要特地设置用于保持光源 2A 的不同部件。因此，光源 2A 可以通过简单构造可靠地保持。光源 2A 和转盘 2B 在主体部分 21 上都布置在基本上在主体部分 21 左右中心位置处。在主体部分 21 上还设置进气口和出气口（未示出），通过进气口和出气口，由稍后描述的风扇 32 将外部空气吸入主体部分 21 以及从主体部分 21 排除。

[0084] 手柄部分 22 与主体部分 21 一体构成，并且从主体部分 21 上的基本上在主体部分 21 的前后中心位置处向下延伸。开关机构 6 内置在手柄部分 22 中。电池 24 可拆卸地安装在手柄部分 22 的底端，用于向电机 3 等供电。触发器 25 设置在手柄部分 22 中的位于主体部分 21 之前的基座部分中的前侧位置处，该前侧位置充当用户操作位置。此外，触发器 25 布置在转盘 2B 下方并且邻近转盘 2B。相应地，用户可以利用单个手指操作触发器 25 和转盘 2B 两者。用户通过转动转盘 2B，在稍后描述的钻机 (drill) 模式、离合器模式和脉冲模式之间切换电子脉冲驱动器 1 的操作模式。

[0085] 显示单元 26 布置在主体部分 21 的顶部的后缘上。显示单元 26 指示当前选择稍后描述的钻机模式、离合器模式和脉冲模式中的哪个模式。

[0086] 如图 1 所示，电机 3 是无电刷电机，主要由包括输出轴 31 的转子 3A 以及与转子 3A 相对布置的定子 3B 构成。电机 3 布置在主体部分 21 中，从而输出轴 31 的轴被取向为前后方向。输出轴 31 从转子 3A 的前端和后端突出，并且由轴承在突出端处在主体部分 21 中可转动地支撑。风扇 32 布置在输出轴 31 中的从转子 3A 向前突出的部分上。风扇 32 与输出轴 31 一体且共轴地转动。小齿轮 31A 设置在输出轴 31 中的从转子 3A 向前突出的部分的最前端上。小齿轮 31A 与输出轴 31 一体且共轴地转动。

[0087] 锤子单元 4 在锤壳 23 中容纳在电机 3 的前侧上。锤子单元 4 主要包括齿轮机构 41 和锤子 42。齿轮机构 41 包括单个外环齿轮 41A 和两个行星齿轮机构 41B 和 41C，该两个行星齿轮机构共享同一外环齿轮 41A。外环齿轮 41A 容纳在锤壳 23 中并且被固定到主体部分 21。行星齿轮机构 41B 布置在外环齿轮 41A 中，并且与外环齿轮 41A 啮合。行星齿轮机构 41B 使用小齿轮 31A 作为太阳齿轮。行星齿轮机构 41C 也设置在外环齿轮 41A 中，并且与外环齿轮 41A 啮合。行星齿轮机构 41C 被放置在行星齿轮机构 41B 之前，并且将行星齿轮机构 41B 的输出轴用作太阳齿轮。

[0088] 锤子 42 被限定在组成行星齿轮机构 41C 的行星齿轮架的前表面中。如图 3 所示，锤子 42 包括第一啮合突起 42A 和第二啮合突起 42B，第一啮合突起 42A 布置在偏离行星齿轮架的转动中心且向前突出的位置处，第二啮合突出 42B 布置在行星齿轮架的转动中心的与第一啮合突出 42A 相对的一侧上。

[0089] 砧座单元 5 布置在锤子单元 4 之前，并且主要包括末端工具安装部件 51 和砧座 52。末端工具安装部件 51 为柱状，并且通过轴承金属 23A 可转动地支撑在锤壳 23 的开口 23a 中。末端工具安装部件 51 具有朝向末端工具安装部件 51 的后端穿过末端工具安装部件 51 的前端的用于插入钻头（未示出）的插入孔 51a；以及位于末端工具安装部件 51 的前端的用于保持钻头（未示出）的轴承座（chuck）51A。

[0090] 砧座 52 在锤壳 23 中布置在末端工具安装部件 51 的后侧上，并且与末端工具安装部件 51 一体形成。如图 3 中所示，砧座 52 包括第一啮合突起 52A 和第二啮合突起 52B，第一啮合突起 52A 布置在偏离末端工具安装部件 51 的转动中心且向前突出的位置处，第二啮合突出 52B 布置在末端工具安装部件 51 的转动中心的与第一啮合突出 52A 相对的一侧上。当锤子 42 转动时，第一啮合突起 42A 与第一啮合突起 52A 碰撞，同时第二啮合突起 42B 与第二啮合突起 52B 碰撞，从而将锤子 42 的力矩传送到砧座 52。这个操作将在后面更为详细地描述。

[0091] 开关机构 6 由电路板 61、触发器开关 62、开关板 63 和连接这些组件的布线构成。电路板 61 布置在手柄部分 22 内的电池 24 附近的位置处，并且与电池 24 相连。另外，电路板 61 与光源 2A、转盘 2B、触发器开关 62、开关板 63 和显示单元 26 相连。

[0092] 接着，将参照图 2 描述用于驱动电机 3 的控制系统的结构。在第一实施例中，电机 3 由 3 相无电刷直流电机构成。该无电刷直流电机的转子 3A 由多个永久性磁铁 3C（第一实施例中为两个）构成，每个永久性磁铁 3C 具有 N 极和 S 极。定子 3B 由 3 相星形连接的定子线圈 U、V 和 W 构成。霍尔元件 64 沿着转子 3A 的圆周方向，以规定间隔（例如，每隔 60 度）设置在开关板 63 上，用于检测转子 3A 的转动位置。霍尔元件 64 基于供应给定子线圈 U、V 和 W 的电流的时间和方向中的可以被控制来控制电机 3 的转动的那些信号，输出位置检测信号。霍尔元件 64 布置在开关板 63 上的与转子 3A 的永久性磁铁 3C 相对的位置上。

[0093] 安装在开关板 63 上的电子元件包括 6 个开关元件 Q1-Q6，这些开关元件由以 3 相桥式构造连接的 FET 等构成。开关元件 Q1-Q6 的栅极与安装在电路板 61 上的控制信号输出电路 65 相连，并且开关元件 Q1-Q6 的漏极或源极与定子线圈 U、V 和 W 相连。开关元件 Q1-Q6 组成反相器电路 66。利用这个构造，开关元件 Q1-Q6 基于从控制信号输出电路 65 输入的开关元件驱动信号（驱动信号 H4、H5、H6 等）执行开关操作，并且通过将施加到反相器电路 66 的电池 24 的直流电压变换为 3 相（U 相、V 相和 W 相）电压 Vu、Vv 和 Vw，向定子线圈 U、V 和 W 供电。

[0094] 在用于驱动 6 个开关元件 Q1-Q6 的栅极的开关元件驱动信号（3 相信号）中，脉宽调制信号（PWM 信号）H4、H5 和 H6 被供应给负电源侧上的开关元件 Q4、Q5 和 Q6。安装在电路板 61 上的算术单元 67 通过基于与触发器 25 的操作时间（冲程）对应的检测信号修改 PWM 信号的脉宽（占空比），调整供应给电机 3 的电量，以便控制电机 3 的开始、停止和转动速度。

[0095] PWM 信号被供应给反相器电路 66 的负电源侧上的开关元件 Q1-Q3 或负电源侧上的开关元件 Q4-Q6 中的一个。通过快速开关开关元件 Q1-Q3 或开关元件 Q4-Q6，可以控制从电池 24 供应给定子线圈 U、V 和 W 中的每个的电力的直流电压。由于 PWM 信号被供应给负电源侧上的开关元件 Q4-Q6，所以可以通过控制 PWM 信号的脉宽来调整供应给定子线圈 U、V 和 W 的电力，由此控制电机 3 的转动速度。

[0096] 控制单元 72 也安装在电路板 61 上。控制单元 72 包括控制信号输出电路 65 和算

术单元67，以及电流检测电路71、开关操作检测电路76、已施加电压设置电路70、转动方向设置电路68、转子位置检测电路69、转动速度检测电路75和撞击检测电路74。尽管图中未示出，算术单元67由中央处理单元(CPU)、ROM、RAM和计时器构成，中央处理单元用于基于程序和控制数据输出驱动信号，ROM用于存储程序和控制数据，RAM用于临时存储过程期间的过程数据。算术单元67生成用于基于转动方向设置电路68和转动位置检测电路69的输出信号连续地开关所规定的开关元件Q1-Q6的驱动信号，以及将这些驱动信号输出给控制信号输出电路65。通过这个构造，电流继而供应给规定的定子线圈U、V和W，以便按照期望方向转动转子3A。此时，算术单元67基于从已施加电压设置电路70输出的控制信号，将要施加的驱动信号输出给负电源侧上的开关元件Q4-Q6作为PWM信号。电流检测电路71测量供应给电机3的电流，并且将该值作为反馈输出给算术单元67，由此算术单元67调整驱动信号来供应规定电力，以便驱动电机3。这里，算术单元67还可以将PWM信号施加给负电源侧上的开关元件Q1-Q3。

[0097] 电子脉冲驱动器1还设置有正转－反转杠杆27，用于切换电机3的转动方向。转动方向设置电路68检测正转－反转杠杆27中的变化，并且将控制信号传送到算术单元67来切换电机3的转动方向。撞击力检测传感器73与控制单元72相连，用于检测砧座52中生成的撞击的幅度。从撞击力检测传感器73输出的信号在通过撞击检测电路74后，输入到算术单元67中。

[0098] 图3示出了沿着平面截取且沿着由图1中的箭头III所指示的方向观看到的电子脉冲驱动器1的剖面图。图3中的剖面图例示了当电子脉冲驱动器1正在操作时锤子42和砧座52之间的位置关系。图3（1）示出了当第一啮合突起42A与第一啮合突起52A接触且同时第二啮合突起42B与第二啮合突起52B接触时，锤子42和砧座52的状态。第一啮合突起42A的外径RH3等于第一啮合突起52A的外径RA3。当从图3(1)中的状态开始，在图3中顺时针旋转锤子42时，得到图3（2)中的状态。第一啮合突起42A的内径RH2大于第二啮合突起52B的外径RA1。相应地，第一啮合突起42A和第二啮合突起52B彼此不会接触。类似地，第二啮合突起42B的外径RH1被设置为小于第一啮合突起52A的内径RA2。相应地，第二啮合突起42B和第一啮合突起52A彼此不会接触。当锤子42转到图3（3)中示出的位置时，电机3开始正向转动，驱动锤子42按逆时针方向转动。在图3（3）所示的状态下，锤子42逆向转动到相对于砧座52的最大点，在该最大点，转动方向改变。随着电机3正向转动，锤子42通过图3（4）中示出的状态，并且第一啮合突起42A与第一啮合突起52A碰撞，同时第二啮合突起42B与第二啮合突起52B碰撞，如图3（5)中所示。撞击力逆时针转动砧座52，如图3（6）中所示。

[0099] 按照这种方式，设置在锤子42上的两个啮合突起在绕着锤子42和砧座52的转动中心对称的位置上，与设置在砧座52上的两个啮合突起碰撞。这个配置在撞击期间提供电子脉冲驱动器1中的平衡和稳定性，从而使得操作者此时感觉到较小的振动。

[0100] 由于第一啮合突起42A的内径RH2大于第二啮合突起52B的外径RA1，以及第二啮合突起42B的外径RH1小于第一啮合突起52A的内径RA2，锤子42和砧座52可以相对于彼此转动多于180度。这使得锤子42相对于砧座52能够以一个角度反转转动方向，这允许实现足够的加速距离。

[0101] 第一啮合突起42A和第二啮合突起42B可以在它们的圆周侧面上相应地与第一啮

合突起 52A 和第二啮合突起 52B 碰撞，从而导致不仅可以在正转期间进行撞击操作，而且可以在反转期间进行撞击操作。因此，本发明提供了用户友好的撞击工具。此外，由于锤子 42 不会沿着锤子 42 的轴向（正向）打击砧座 52，所以不会将末端工具压入工件中。当驱动木螺钉进入木头中时，这个配置有效。

[0102] 接着，将参照图 4 到图 9 描述根据第一实施例的电子脉冲驱动器 1 中可用的操作模式。根据第一实施例的电子脉冲驱动器 1 具有钻机模式、离合器模式和脉冲模式，总共三种操作模式。

[0103] 在钻机模式中，锤子 42 和砧座 52 作为一个整体转动。因此，这个模式通常用于紧固木螺钉等。在这个模式下，随着紧固操作的进行，电子脉冲驱动器 1 逐渐增加对电机 3 的电流供应，如图 4 中所示。

[0104] 当强调合适的紧固力矩时，比如当紧固在紧固操作后保持在工件的外部可见的装饰紧固件等时，主要使用离合器模式。如图 5 和 6 中所示，锤子 42 和砧座 52 在离合器模式下一体转动，同时逐渐增加供应给电机 3 的电流，并且当电流达到目标值（目标力矩）时，中止对电机 3 的驱动。在离合器模式下，反转电机 3，以便产生伪离合效应。电机 3 还被反转来防止驱动器在紧固木螺钉时磨损螺钉（参见图 6）。

[0105] 当紧固在外部不可见的区域中使用的长螺钉时，主要使用脉冲模式。如图 7 到图 9 中所示，在脉冲模式下，锤子 42 和砧座 52 作为一个整体转动，同时供应给电机 3 的电流逐渐增加。当电流达到规定值（规定力矩）且紧固件利用在切换方向时生成的撞击紧固时，电机 3 的转动方向在正向方向和反向方向之间交替。这个模式可以提供强紧固力，同时减小来自工件的反作用力。

[0106] 接着，将描述当根据第一实施例的电子脉冲驱动器 1 执行紧固操作时，由控制单元 72 执行的控制过程。由于控制单元 72 在钻机模式下不执行任何特定控制，因此将省略针对钻机模式的控制过程的描述。此外，在基于电流进行确定时，下面的描述将不考虑起动电流。因为在如例如图 6 到 9 中所示施加用于正常转动的电流时发生的电流尖峰脉冲不会对螺钉或螺栓紧固作出贡献，所以本描述还将不考虑在施加用于正转的电流时电流中的任何突发尖峰脉冲。这些电流尖峰脉冲可以通过例如提供大约 20ms 的死区时间来忽略。

[0107] 首先，将参照图 5、6 和 10 描述离合器模式期间的控制过程。图 5 是描述在离合器模式下紧固螺栓或其它紧固件（在本示例中将假设螺栓）时的控制过程的示图。图 6 是描述在离合器模式期间紧固木螺钉或类似紧固件（在该示例中将假设木螺钉）的控制过程的示图。图 10 是例示当在离合器模式下紧固紧固件时由控制单元 72 执行的控制过程中的步骤的流程图。

[0108] 当操作者挤压（squeeze）触发器 25 时，控制单元 72 开始图 10 的流程图中例示的控制过程。在根据第一实施例的离合器模式下，控制单元 72 确定当供应给电机 3 的电流增加到目标电流 T（参见图 5 和 6）时，已经达到目标力矩，并且此时结束紧固操作。

[0109] 当操作者挤压触发器 25 时，在图 10 的步骤 S601 中，控制单元 72 将装配（fitting）反转电压施加给电机 3，从而使得锤子 42 反转并且轻轻叩击砧座 52（图 5 和 6 中的 t1）。在第一实施例中，装配反转电压被设置为 5.5V，并且该电压的施加时间为 200ms。这个操作确保末端工具可靠地安置在紧固件的头部。

[0110] 由于锤子 42 和砧座 52 在拉动触发器时可能分离，向电机 3 供应电流将使得锤子

42 打击砧座 52。然而，在离合器模式下，在锤子 42 和砧座 52 一起转动的同时，电流被供应给电机 3，并且在电流值达到目标电流 T（目标力矩）时，中止对电机 3 的驱动。如果在该模式下撞击砧座 52，则该撞击可以单独将超过目标值的力矩传送给紧固件。在重新紧固已经紧固的螺钉等时，这个问题特别显著。

[0111] 因此，在 S602，控制单元 72 将预起动正转电压施加给电机 3，用于在不转动砧座 52 的情况下将锤子 42 放置为与砧座 52 接触（预起动操作）（图 5 和 6 中的 t2）。在第一实施例中，预起动正转电压被设置为 1.5V，以及该电压的施加时间被设置为 800ms。由于锤子 42 和砧座 52 可以分开至多 315 度，时段 t2 被设置为当预起动正转电压被施加到电机 3 时电机 3 将锤子 42 转动 315 度所需的时间。

[0112] 在 S603，控制单元 72 将紧固正转电压施加给电机 3，用于紧固紧固件（图 5 和 6 中的 t3）。在 S604，控制单元 72 确定流到电机 3 的电流是否大于阈值 a。在第一实施例中，紧固正转电压被设置为 14.4V。阈值被设置为不会磨损螺钉的范围内的电流值，该电流值标记紧固木螺钉时的最终阶段。在第一实施例中，该阈值 a 被设置为 15A。

[0113] 当流到电机 3 的电流超过阈值 a 时（S604 ：是 ；图 5 和 6 中的 t4），在 S605，控制单元 72 确定电流的增加率是否超过阈值 b。使用图 5 中示出的示例，电流增加率可以根据表达式 (A(Tr+t)-A(Tr))/A(Tr) 计算，其中 t 表示某点 Tr 后的经过时间。在图 6 的示例中，电流增加率可以根据表达式 (A(N+1)-A(N))/A(N) 计算，其中 N 是第一正转电流的最大负载电流，以及 N+1 是第一正转电流之后的正转电流的最大负载电流。在图 6 的示例中，(A(N+1)-A(N))/A(N) 的阈值 b 被设置为 20%。

[0114] 在紧固螺栓的最终阶段期间，流到电机 3 的电流通常急剧增加，如图 5 中所示，而在紧固木螺钉时，电流逐渐增加，如图 6 中所示。

[0115] 因此，当在流到电机 3 的电流大于阈值 a 时的电流增加率超过阈值 b 时（S605 ：是），控制单元 72 确定紧固件是螺栓，以及当此时的电流增加率小于或等于阈值 b 时（S605 ：否），控制单元 72 确定紧固件是木螺钉。

[0116] 当电流增加率大于阈值 b 时（S605 ：是），指示紧固件是螺栓，于是由于在这种情况下不需要考虑磨损，所以控制单元 72 允许进一步增加电流。在 S606，控制单元 72 确定电流是否已经增加到目标电流 T，并且在电流达到目标电流 T 时（S606 ：是，图 5 中 t5），中止对螺栓的力矩供应。然而，由于如上所述，在螺栓的情况下电流快速增长，所以简单地停止向电机 3 施加正转电压可能不足以中止由于转动组件的惯性力造成的对螺栓的力矩供应。相应地，在第一实施例中，在步骤 S607（图 5 中的 t5），控制单元 72 向电机 3 施加制动反转电压，以便完全中止对螺栓的力矩供应。在第一实施例中，制动反转电压的施加时间被设置为 5ms。

[0117] 在 S608，为了伪离合，控制单元 72 交替地向电机 3 施加正转电压和反转电压（下文中统称为“伪离合电压”，图 5 和 6 中的 t7）。在第一实施例中，伪离合正转和反转电压的施加时间是 1000ms（1 秒）。这里，伪离合用于基于电流达到目标电流 T，向操作者通知产生期望力矩。尽管此时电机 3 还未实际停止输出电力，伪离合模拟电机的电力损失，以便向操作者告警。

[0118] 当控制单元 72 施加伪离合反转电压时，锤子 42 与砧座 52 分离，并且在控制单元 72 施加伪离合正转电压时，锤子 42 打击砧座 52。然而，由于伪离合的正转和反转电压被设

置为不足以向紧固件施加紧固力的电平(例如,2V),伪离合仅仅显现为锤子 42 撞击砧座 52 的声音。通过伪离合的声音,操作者可以判断何时已经完成紧固。

[0119] 另一方面,如果电流增加率小于或等于阈值 b (S605 :否),从而指示紧固件是必须考虑磨损的木螺钉,则在 S609,在紧固电压期间,控制单元 72 以规定间隔向电机 3 施加防磨损反转电压(图 6 中的 t5)。螺钉的磨损是这样的问题 :在装配在木螺钉的头部中形成的十字形凹陷部分中的末端工具(钻头)的十字形突出部分变为未安置在凹陷部分中时发生,并且由于正在不均匀地施加给凹陷部分的末端工具的力矩,该十字形突出部分啃噬凹陷部分的边缘。施加给电机 3 的防磨损反转电压反转砧座 52 的转动,从而使得附在砧座 52 上的末端工具的十字形突出部分能够保持为紧紧地安置在木螺钉头的十字形突出部分中。防磨损反转电压未被使用来增加锤子 42 打击砧座 52 的加速距离,而是使得锤子 42 向砧座 52 施加足够砧座 52 用来向螺钉施加反转力矩的反向转动。在第一实施例中,防磨损反转电压被设置为 14.4V。

[0120] 在 S610,控制单元 72 确定电流是否已经升到目标电流 T。如果已经升到目标电流 T (S610 :是,图 6 中的 t6),则在 S608,控制单元 72 向电机 3 交替地施加伪离合电压(图 6 中的 t7),从而向用户通知紧固操作已经完成。

[0121] 在 S611,在开始施加伪离合电压后,控制单元 72 等待规定时间经过。在已经经过规定时间(S611,是)后,在 S612,控制单元 72 中止施加伪离合电压。

[0122] 接着,将参照图 7 到 9 和图 11,描述在操作模式被设置为脉冲模式时控制单元 72 的控制过程。图 7 是例示用于在脉冲模式下紧固螺栓的控制过程的示图。图 8 是例示当在脉冲模式下紧固木螺钉的同时未转移到下述第二脉冲模式时的控制过程的示图。图 9 是例示当在脉冲模式下紧固木螺钉的同时转移到下述第二脉冲模式时的控制过程的示图。图 11 是例示当在脉冲模式下紧固紧固件时的控制过程中的步骤的流程图。

[0123] 如同在上述离合器模式下,当操作者挤压触发器时,控制单元 72 开始图 11 的流程中例示的控制过程。

[0124] 如同在上述离合器模式下,当在脉冲模式下挤压触发器时,在 S701,控制单元 72 向电机 3 施加装配反转电压(图 7-9 中的 t1)。然而,由于脉冲模式下的控制过程不强调利用合适力矩进行紧固,所以在该过程中省略离合器模式的 S602 中的预起动步骤。

[0125] 在 S702,控制单元 72 施加离合器模式中描述的紧固正转电压(图 7-9 中的 t2)。在 S703,控制单元 72 确定流到电机 3 的电流是否大于阈值 c。

[0126] 在紧固木螺钉的较早阶段,负载(电流)逐渐增加,而在紧固螺栓的较早阶段,负载的增加非常小,但是在紧固已经进行后的某一点,负载突然增加。一旦在紧固螺栓时施加负载,从与螺栓耦合的紧固件接收的反作用力变为大于在紧固木螺钉时从工件接收的反作用力。因此,当在紧固螺栓时将反转电压施加到电机 3 时,流到电机 3 的反转电流的绝对值小于在紧固木螺钉时的反转电流的绝对值,因为相对于反转电压从与螺栓耦合的紧固件接收辅助力。在第一实施例中,当大概在负载开始增加时紧固螺栓时所供应给电机 3 的电流被设置为阈值 c (例如,15A)。

[0127] 当供应给电机 3 的电流大于阈值 c 时(S703 :是),在 S704,控制单元 72 向电机 3 施加紧固件确定反转电压(图 7-9 中的 t3)。紧固件确定反转电压被设置为不会造成锤子 42 撞击砧座 52 的值(例如,14.4V)。

[0128] 在S705，控制单元72确定施加紧固件确定反转电压时供应给电机3的电流的绝对值是否大于阈值d。当电流大于阈值d时，控制单元72确定紧固件是木螺钉(图8和9)，以及当电流值小于或等于阈值d时，控制单元72确定紧固件是螺栓(图7)，并且控制电机3来执行适于所确定出的紧固件类型的撞击紧固。在第一实施例中，阈值d被设置为20A。

[0129] 更为具体地，撞击紧固指的是向电机3交替施加正转电压和反转电压。在第一实施例中，控制单元72向电机3交替施加正转电压和反转电压，以便施加反转电压的时段(下文中称作“反转时段”)与施加正转电压的时段(下文中称作“正转时段”)之比与负载的增加成比例增加。

[0130] 对于电动工具而言，当按压紧固变得困难时转移到利用撞击进行紧固是非常平常的，但是优选的是转换是逐渐，足以使得操作者感到平滑。因此，根据第一实施例的电子脉冲驱动器1在第一脉冲模式下执行在中心按压的撞击紧固，以及在第二脉冲模式下执行在中心撞击的撞击紧固。

[0131] 更为具体地，在第一脉冲模式下，控制单元72使用更长的正转时段来向紧固件供应按压力。然而，在第二脉冲模式下，控制单元72通过随着负载增加而逐渐增加反转时段同时逐渐减小正转时段，供应撞击力。在第一实施例中的第一脉冲模式下，随着负载增加，控制单元72逐渐减少正转，同时将反转时段保持为不变，以便减小来自工件的反作用力。

[0132] 回到图11中的流程，将描述第一和第二脉冲模式之间的转移。

[0133] 当施加到电机3的电流的绝对值大于阈值d时(S705：是)，控制单元72在第一和第二脉冲模式之间转移来紧固木螺钉。

[0134] 首先，在S706a-S706c，控制单元72向电机3施加第一脉冲模式电压，以便执行在中心按压的撞击紧固(图8和9中的t5)。具体地，在S706a，控制单元72执行包括下述的一组操作：暂停5ms→施加反转电压15ms→暂停5ms→施加正转电压300ms。在已经经过规定间隔后，在S706b，控制单元72执行包括下述的一组操作：暂停5ms→施加反转电压15ms→暂停5ms→施加正转电压200ms。在已经经过另一规定间隔后，在S706c，控制单元72执行包括下述的一组操作：暂停5ms→施加反转电压15ms→暂停5ms→施加正转电压100ms。

[0135] 在S707，控制单元72确定在施加第一脉冲模式的电压时流到电机3的电流是否大于阈值e。阈值e用于确定操作模式是否应该转移到第二脉冲模式，并且在第一实施例中被设置为75A。

[0136] 如果在施加第一脉冲模式电压(正转电压)时供应到电机3的电流小于或等于阈值e(S707：否)，则控制单元72重复S706a-S706c和S707中的过程。随着第一脉冲模式电压的施加次数增加，负载增加，并且来自工件的反作用力增加。为了减少这个反作用力，控制单元72在逐渐减少正转时段同时维持反转时段不变的情况下，施加第一脉冲模式电压。在第一实施例中，正转时段根据步长300ms→200ms→100ms减少。

[0137] 然而，如果在施加第一脉冲模式电压(正转电压)时流到电机3的电流大于阈值e(S707：是：图8和9中的t6)，则在S708，控制单元72确定由于第一脉冲模式电压(正向转动电压)造成的电流增加率是否大于阈值f。阈值f用于确定木螺钉是否安置在工件中，并且在第一实施例中被设置为4%。

[0138] 如果电流增加率大于阈值f(S708：是)，则假定木螺钉安置在工件中。相应地，在

S709 中，控制单元 72 向电机 3 施加安置电压，用于减小后续反作用力（图 8 中的 t11）。在第一实施例中，安置电压包括重复下述组：暂停 5ms →施加反转电压 15ms →暂停 5ms →施加正转电压 40ms。

[0139] 然而，如果电流增加率小于或等于阈值 f（S708：否），则假定负载已经增加，而不管木螺钉是否安置在工件中。因此，考虑由第一脉冲模式电压提供的在中心按压的紧固力是不够的，并且控制单元 72 随后将操作模式转移到第二脉冲模式。

[0140] 在第一实施例中，第二脉冲模式下的电压从五个第二脉冲模式电压 1-5 中选择。第二脉冲模式电压 1-5 中的每个被配置为一组电压，该组电压包括反转电压和正转电压，从而使得按照从电压 1 到电压 5 的顺序，反转时段顺序增加，而正转时段顺序减小。具体地，第二脉冲模式电压 1 包括：暂停 5ms →施加反转电压 15ms →暂停 5ms →施加正转电压 75ms；第二脉冲模式电压 2 包括：暂停 7ms →施加反转电压 18ms →暂停 10ms →施加正转电压 65ms；第二脉冲模式电压 3 包括：暂停 9ms →施加反转电压 20ms →暂停 12ms →施加正转电压 59ms；第二脉冲模式电压 4 包括：暂停 11ms →施加反转电压 23ms →暂停 13ms →施加正转电压 53ms；以及第二脉冲模式电压 5 包括：暂停 15ms →施加反转电压 25ms →暂停 15ms →施加正转电压 45ms。

[0141] 当控制单元 72 在 S708 确定操作模式应该转移到第二脉冲模式时（即，当电流增长率不大于阈值 f 时；S708：否），在 S710，控制单元 72 确定在施加第一脉冲模式电压的正转电压（下降沿）时供应给电机 3 的电流是否大于阈值 g1。阈值 g1 用于确定比第二脉冲模式电压 1 的顺序更高的第二脉冲模式电压是否应该施加给电机 3，并且在第一实施例中被设置为 76A。下文中，在施加每个脉冲模式电压的正转电压时供应给电机 3 的电流将统称为参考电流。

[0142] 如果参考电流大于阈值 g1（S710：是），则在 S711，控制单元 72 确定参考电流是否大于阈值 g2。阈值 g2 用于确定比第二脉冲模式电压 2 的顺序更高的第二脉冲模式电压是否应该施加给电机 3，并且在第一实施例中被设置为 77A。

[0143] 如果参考电流大于阈值 g2（S711：是），则在 S712，控制单元 72 确定参考电流是否大于阈值 g3。阈值 g3 用于确定比第二脉冲模式电压 3 的顺序更高的第二脉冲模式电压是否应该施加给电机 3，并且在第一实施例中被设置为 79A。

[0144] 如果参考电流大于阈值 g3（S712：是），则在 S713，控制单元 72 确定参考电流是否大于阈值 g4。阈值 g4 用于确定比第二脉冲模式电压 4 的顺序更高的第二脉冲模式电压（即，第二脉冲模式电压 5）是否应该施加给电机 3，并且在第一实施例中被设置为 80A。

[0145] 如上所述，控制单元 72 首先基于在施加第一脉冲模式电压（正转电压）时流到电机 3 的电流，确定哪个第二脉冲模式电压施加给电机 3，并且随后将所确定的第二脉冲模式电压施加给电机 3。

[0146] 例如，当参考电流不大于阈值 g1 时（S710：否），在 S714，控制单元 72 将第二脉冲模式电压 1 施加给电机 3。当参考电流大于阈值 g1，但不大于阈值 g2 时（S711：否），在 S715，控制单元 72 将第二脉冲模式电压 2 施加给电机 3。当参考电流大于阈值 g2，但不大于阈值 g3 时（S712：否），在 S716，控制单元 72 将第二脉冲模式电压 3 施加给电机 3。当参考电流大于阈值 g3，但不大于阈值 g4 时（S713：否），在 S717，控制单元 72 将第二脉冲模式电压 4 施加给电机 3。当参考电流大于阈值 g4 时（S713：是）时，在 S718，控制单元 72 将第二脉冲

模式电压 5 施加给电机 3。

[0147] 在施加第二脉冲模式电压 1（S714）后，在 S719，控制单元 72 确定在施加第二脉冲模式电压 1（正转电压）时供应到电机 3 的参考电流是否大于阈值 g1。

[0148] 如果参考电流不大于阈值 g1（S719 ：否），则控制单元 72 回到 S707，并且再次确定第一脉冲模式电压和第二脉冲模式电压 1 中的哪个应该被施加到电机 3。然而，如果参考电流大于阈值 g1（S719 ：是），则在 S715，控制单元 72 将第二脉冲模式电压 2 施加给电机 3。

[0149] 在施加第二脉冲模式电压 2（S715）后，在 S720，控制单元 72 确定在施加第二脉冲模式电压 2（正转电压）时供应到电机 3 的参考电流是否大于阈值 g2。

[0150] 如果参考电流不大于阈值 g2（S720 ：否），则控制单元 72 回到 S710，并且再次确定第二脉冲模式电压 1 和第二脉冲模式电压 2 中的哪个应该被施加到电机 3。然而，如果参考电流大于阈值 g1（S720 ：是），则在 S716，控制单元 72 将第二脉冲模式电压 3 施加给电机 3。

[0151] 在施加第二脉冲模式电压 3（S716）后，在 S721，控制单元 72 确定在施加第二脉冲模式电压 3（正转电压）时供应到电机 3 的参考电流是否大于阈值 g3。

[0152] 如果参考电流不大于阈值 g3（S721 ：否），则控制单元 72 回到 S711，并且再次确定第二脉冲模式电压 2 和第二脉冲模式电压 3 中的哪个应该被施加到电机 3。然而，如果参考电流大于阈值 g3（S721 ：是），则在 S717，控制单元 72 将第二脉冲模式电压 4 施加给电机 3。

[0153] 在施加第二脉冲模式电压 4（S717）后，在 S722，控制单元 72 确定在施加第二脉冲模式电压 4（正转电压）时供应到电机 3 的参考电流是否大于阈值 g4。

[0154] 如果参考电流不大于阈值 g4（S722 ：否），则控制单元 72 回到 S712，并且再次确定第二脉冲模式电压 3 和第二脉冲模式电压 4 中的哪个应该被施加到电机 3。然而，如果参考电流大于阈值 g4（S722 ：是），则在 S718，控制单元 72 将第二脉冲模式电压 5 施加给电机 3。

[0155] 在施加第二脉冲模式电压 5（S718）后，在 S723，控制单元 72 确定在施加第二脉冲模式电压 5（正转电压）时供应到电机 3 的参考电流是否大于阈值 g5。阈值 g5 用于确定第二脉冲模式电压 5 是否应该施加给电机 3，并且在第一实施例中被设置为 82A。

[0156] 如果参考电流不大于阈值 g5（S723 ：否），则控制单元 72 回到 S713，并且再次确定第二脉冲模式电压 4 和第二脉冲模式电压 5 中的哪个应该被施加到电机 3。然而，如果参考电流大于阈值 g5（S723 ：是），则在 S718，控制单元 72 将第二脉冲模式电压 5 施加给电机 3。

[0157] 此外，如果控制单元 72 在 S705 确定供应给电机 3 的电流的绝对值不大于阈值 d（S705 ：否），指示正在紧固螺栓，则不需要使用压力紧固螺栓，并且优选在最小化反作用力的模式（或反冲模式）下，利用撞击来进行紧固。因此，在这种情况下，控制单元 72 跳到 S718，并且将第二脉冲模式电压 5 施加给电机 3，而无需经过第一脉冲模式电压和第二脉冲模式电压 1-4。

[0158] 在上述脉冲模式下，在供应到电机 3 的电流（负载）增加（即，第一脉冲模式中的减小正转时段（S706），从第一脉冲模式转移到第二脉冲模式（S707），以及在第二脉冲模式电压 1 到 5 之间转移（S719 ：S722））时，根据第一实施例的电子脉冲驱动器 1 增加反转时段与

正转时段之比。因此，本发明可以提供最小化来自工件的反作用力的撞击工具，从而为操作者实现更好的操纵和感觉。

[0159] 此外，当在上述脉冲模式下紧固木螺钉时，在供应给电机 3 的电流不大于阈值 e 时，根据第一实施例的电子脉冲驱动器 1 在强调按压力的第一脉冲模式下紧固螺钉，以及在电流大于阈值 e 时，根据第一实施例的电子脉冲驱动器 1 在强调撞击力的第二脉冲模式下紧固螺钉（图 11 中的 S707）。相应地，电子脉冲驱动器 1 可以在木螺钉的最适合模式下执行紧固。

[0160] 此外，在上述脉冲模式中，根据第一实施例的电子脉冲驱动器 1 向电机 3 施加紧固件确定反转电压（S704），并且在此时供应给电机 3 的电流大于阈值 d 时，确定紧固件是木螺钉，或者在该电流小于或等于阈值 d 时，确定紧固件是螺栓（S705）。因此，电子脉冲驱动器 1 可以基于这个确定来转移到最适合的脉冲模式，从而针对该紧固件类型执行最优紧固。

[0161] 在上述脉冲模式中，当在流到电机 3 的电流上升到阈值 e 时，控制单元 72 确定电流增长率超过阈值 f（S708 :是）时，第一实施例的电子脉冲驱动器 1 假定木螺钉安置在工件中，并且开始将安置电压施加给电机 3，其中正转电压和反转电压之间的切换周期减小。按照这个方式，电子脉冲驱动器 1 可以在向操作者提供与随着紧固进行而减小撞击间隔的常规电子脉冲驱动器相同的操纵感觉时，同时减小来自工件的后续反作用力。

[0162] 在上述脉冲模式中，根据第一实施例的电子脉冲驱动器 1 基于流到电机 3 的电流，从第一脉冲模式转移到最合适的第二脉冲模式（S710-S713）。相应地，甚至在流到电机 3 的电流快速增加时，电子脉冲驱动器 1 也可以使用最合适的撞击模式执行紧固。

[0163] 在上述脉冲模式中，就正转和反转切换周期的长度而言，第一实施例的电子脉冲驱动器 1 可以仅仅转移到邻近第二脉冲模式（S719-S723），由此防止操纵时的突然变化。

[0164] 在施加紧固正转电压之前，根据第一实施例的电子脉冲驱动器 1 向电机 3 施加装配反转电压，从而反向转动电机 3，直到锤子 42 与砧座 52 碰撞（图 10 中的 S601）。因此，甚至在末端工具没有适当地安置在紧固件头部时，电子脉冲驱动器 1 也可以在紧固之前将末端工具牢固地装配在紧固件头部中，以便防止末端工具在紧固操作期间脱落。

[0165] 在上述离合器模式中，根据第一实施例的电子脉冲驱动器 1 在施加紧固正转电压之前施加预起动正转电压给电机 3，从而将锤子 42 放置为与砧座 52 接触（图 10 中的 S602）。相应地，电子脉冲驱动器 1 可以防止锤子 42 在撞击砧座 52 时向紧固件提供超过目标力矩的力矩。

[0166] 在上述离合器模式中，根据第一实施例的电子脉冲驱动器 1 在产生伪离合后中止伪离合预定时段（图 10 中的 S612）。因此，电子脉冲驱动器 1 可以最小化温度和功率消耗的增加。

[0167] 在上述离合器模式中，根据第一实施例的电子脉冲驱动器 1 在紧固螺栓的力矩达到目标力矩时，向电机 3 施加制动反转电压（图 10 中的 S607）。因此，即使在紧固力矩刚好在目标力矩之前急速增加的比如螺栓的紧固件时，电子脉冲驱动器 1 也可以防止施加由于惯性力造成的过大力矩，由此忠实地提供目标力矩。

[0168] 接着，将参照图 12 和 13 描述根据本示例的第二实施例的电子脉冲驱动器 201。

[0169] 当电流等升到预定阈值时，第一实施例中描述的电子脉冲驱动器 1 改变撞击模式，而无需考虑温度变化。然而，例如，由于齿轮机构 41 中的黄油粘度在低温下下降，流到

电机 3 的电流增加的趋势更强。在这样的环境中，流到电机 3 的电流将更容易超过阈值，从而使得电子脉冲驱动器 1 过早地改变撞击模式。

[0170] 因此，第二实施例的特征是改变阈值以应对温度变化。具体地，在开关板 63 上设置用于检测温度的温度检测单元，并且控制单元 72 基于温度检测单元检测到的温度，修改每个阈值。

[0171] 图 12 例示了当在离合器模式下紧固木螺钉时如何修改阈值。图 13 例示了当在脉冲模式下紧固木螺钉时如何修改阈值。

[0172] 在图 12 的示例中，控制单元 72 将阈值 a’和目标电流 T’设置为比用于在正常温度下施加防磨损反转电压的阈值 a 和目标电流 T 更高的值。此外，如图 13 中所示，控制单元 72 将低温下用于转移到第一脉冲模式的阈值 c’和用于转移到第二脉冲模式的阈值 e’设置为比正常温度下的对应阈值 c 和阈值 e 更高。

[0173] 通过按照这种方式修改这些阈值来应对温度变化，第二实施例的电子脉冲驱动器 201 可以改变撞击模式来适应条件。注意，可以基于温度变化修改其它阈值，而不仅仅是上述阈值。此外，温度检测单元可以设置在除了电机 3 附近之外的位置。

[0174] 接着，将参照图 14 描述根据本发明的第三实施例的电子脉冲驱动器 301。

[0175] 在上述第二实施例中，电子脉冲驱动器 201 在性能优先的情况下修改阈值。在第三实施例中，电子脉冲驱动器 301 在电子脉冲驱动器 301 的长服务寿命优先的情况下，修改在正向和反向转动之间转移的时段。

[0176] 如在第二实施例中所述，在检测温度的第三实施例中，温度检测单元被设置在电机 3 附近，并且控制单元 72 基于温度检测单元检测到的温度，修改在正转和反转之间进行切换的时段。温度检测单元还可以被设置在与在电机 3 附近不同的位置处。

[0177] 图 14 例示了当在脉冲模式下紧固木螺钉时控制单元 72 如何修改用于在正转和反转之间切换的时段。

[0178] 在图 14 中示出的示例中，控制单元 72 将高温下在第一脉冲模式中正转和反转之间切换的时段设置为比正常温度下在第一脉冲模式中正转和反转之间切换的时段长。利用这种构造，控制单元 72 可以最小化在切换转动方向时生成的热量，由此最小化由于 FET 中的高温对电子脉冲驱动器 301 造成的损伤。这个构造还可以抑制热量对定子线圈的屏蔽层的损害，从而增加电子脉冲驱动器 301 的总服务寿命。

[0179] 接着，将参照图 16 和 17 描述根据本发明的第四实施例的电子脉冲驱动器 401，其中与根据第一实施例的电子脉冲驱动器 1 类似的部件和组件被指定相同的参考标记，以避免重复描述。

[0180] 如图 16 中所示，电子脉冲驱动器 401 包括锤子 442 和砧座 452。在根据第一实施例的电子脉冲驱动器 1 中，锤子 42 和砧座 52 之间的转动方向上的间距角度近似为 315 度。在根据第四实施例的电子脉冲驱动器 401 中，锤子 442 和砧座 452 之间的转动方向上的间距角度被设置为近似 135 度。

[0181] 图 17 示出了沿着平面截取并且沿着由图 16 中的箭头 XVII 指示的方向观看的电子脉冲驱动器 401 的剖面图。图 17 中的剖面图例示了当电子脉冲驱动器 401 正在操作时锤子 442 和砧座 452 之间的位置关系。图 17 (1)示出了锤子 442 与砧座 452 接触的状态。从该状态开始，锤子 442 通过图 17 (2)中示出的状态反向转动到图 17 (3)中示出的相对于

砧座 452 最大的转动点。随着电机 3 正转，锤子 442 经过图 17（4）中示出的状态，并且与砧座 452 碰撞，如图 17（5）中所示。撞击力在图 17 中将砧座 452 逆时针转动到图 17（6）中示出的状态。

[0182] 这里，第一实施例中描述的电压值、电流值和持续时间值可以修改为适合第四实施例的电子脉冲驱动器 401。

[0183] 接着，将参照图 19 和 24 描述根据本发明的第五实施例的电子脉冲驱动器 501，其中与根据第一实施例的电子脉冲驱动器 1 和根据第四实施例的电子脉冲驱动器 401 类似的部件和组件被指定相同的参考标记，以避免重复描述。

[0184] 通常，转动主体所拥有的动能 K 由等式 $K = I\omega^2/2$ 表示。因此，通过使用布置在电机 3 和锤子 442 之间的齿轮机构 41，可以使得电机 3 的转数高于锤子 442 的转数。为了增加转动功能 K，电机 3 的转动惯量 Im 被设置为大于锤子 442 的转动惯量 Ih。在第五实施例中，通常为环状的纺锤（spindle）32A 沿着风扇 32 的外周缘设置在风扇 32 的后侧上，如图 20 中所示，并且电机 3 的转子 503A 的重量和直径增加，以便在电机 3 侧生成比锤子 442 的转动惯量 Ih 大的转动惯量 Im。在第五实施例中，转子 503A 的直径 D 被设置为 22mm，而锤子 442 的直径 d 被设置为 45mm。此外，转子 503A 在前后向的长度 L（37.1mm）被设置为比锤子 442 在前后向的长度 I（26.6mm）长。通过这些设置，电机 3 侧的转动惯量 Im 大于锤子 442 的转动惯量 Ih。利用这个配置，可以最小化锤子 442 的尺寸，并且可以实现更为小型的电动工具。特别地，电机 3 的转动惯量 Im 被设置为 $5.8\times10\text{-}6kg\cdot m^2$，电机 3 的转数被设置为在 0 和 17,000rpm 之间，锤子 442 的转动惯量 Ih 被设置为 $1.1\times10\text{-}5kg\cdot m^2$，锤子 442 的转数被设置为在 0 和 1,100rpm 之间。

[0185] 此外，钻机模式期间转动惯量的最小所需比是 Im:Ih=118:1，而脉冲模式期间的最小所需比是 Im:Ih=10:1。通过将锤子 442 的尺寸减小到能够满足这些比率的程度，可以使得整个电子脉冲驱动器 501 更为小型化。

[0186] 由于根据第一实施例的电子脉冲驱动器 1 执行预起动操作并且持续预定时段，而不管锤子 42 和砧座 52 之间的距离（位置关系）如何，所以电子脉冲驱动器 1 在开始实际紧固操作之前花费过多的时间。此外，电子脉冲驱动器 1 甚至在不需要预起动操作时，例如，在锤子 42 已经与砧座 52 接触时，也执行预起动操作。因此，由于预起动操作花费固定时间来执行，所以当等待开始紧固操作时，操作者失去这个时间。

[0187] 为了解决这个问题，根据第五实施例的电子脉冲驱动器 501 基于锤子 442 和砧座 452 之间的位置关系，修改预起动操作的持续时间。特别地，如图 22 中所示，当电机 3 的转数小于阈值 n（例如，200rpm）时，控制单元 72 确定锤子 442 与砧座 452 接触（检测到负载）。此时，控制单元 72 结束预起动操作，并且移到下一控制过程，比如稍后描述的软起动操作。电机 3 的转数在预起动操作期间是恒定的，并且电机 3 的转数在软起动操作期间逐渐增加。

[0188] 通过这个过程，与锤子 442 和砧座 452 之间的周向距离如图 22（1）中所示相比，在锤子 442 和砧座 452 之间的周向距离如图 22（2）和（3）中所示时，控制单元 72 可以结束预起动操作，并且更快地移到下一控制过程。在第五实施例中，控制单元 72 基于电机 3 的转数下降，检测到电机 3 上的负载增加（指示锤子 442 和砧座 452 之间的接触），但是取而代之，控制单元 72 可以基于电流的增加，检测到负载的增加。

[0189] 如图 21 和 22 中所示，控制单元 72 在完成预起动操作之后转移到软起动操作，以

及在完成软起动操作之后转移到正常控制。当供应到电机 3 的电流增加到目标电流(通过调整转盘 2B 设置的目标力矩)时,控制单元 72 自动切断电机 3 的电源。软起动操作是用于以固定的增长率逐渐地将 PWM 信号的占空比增加到目标值以便防止在电机 3 启动时生成过大的起动电流的控制过程。在第五实施例中,控制单元 72 在预起动操作和正常控制之间执行软起动操作,但是控制单元 72 也可以在预起动操作之后直接转移到正常控制,而无需执行软起动操作。

[0190] 接着,将参照图 23 描述用于在离合器模式下松开紧固件(反转锤子 442)的控制过程。在图 23 中示出的示例中,锤子 442 和砧座 452 被成形为使得它们沿着周向方向仅仅在一点上彼此接触,与第一实施例类似。

[0191] 如上所述,当电子脉冲驱动器 501 正在紧固螺栓(图 23 中顺时针转动锤子 442)时,控制单元 72 在预起动操作中将锤子 442 置为与砧座 452 接触,如图 23 (1)中所示,并且随后转移到软起动操作。然而,当在第五实施例中松开螺栓(图 23 中逆时针转动锤子 442)时,控制单元 72 省略预起动操作,如图 23(2)中所示。结果是,与沿着正向方向转动锤子相比,在沿着反向方向转动锤子时,刚好在接触砧座之前的锤子的转动速度更大,即,与沿着正向方向初始转动锤子相比,在沿着反向方向初始转动锤子时,控制单元 72 供应给电机的电力更大。

[0192] 在一些情况下,由于灰尘或其它因素,通过施加与紧固螺栓相同的力,不能松开被紧固的螺栓。在其它情况下,因为在紧固操作期间螺钉和工件之间的动摩擦系数小于在尝试松开螺钉时螺钉和工件之间的静摩擦系数,所以不能松开螺钉。然而,当沿着反向方向转动锤子 442 时,根据第五实施例的电子脉冲驱动器 501 在软起动操作期间加速锤子 442 来撞击砧座 452。相应地,甚至在电子脉冲驱动器 501 的力矩在紧固和松开时被设置为相同值时,电子脉冲驱动器 501 也可以可靠地松开螺栓或螺钉。尽管图 23 (2)中的松开操作开始于软起动操作,紧固操作也可以直接从正常控制开始,即,可以省略软起动操作。

[0193] 接着,将参照图 24 描述根据第五实施例的脉冲模式期间的控制过程。

[0194] 图 24 是例示当在脉冲模式下紧固螺栓时的控制过程的示图。当电子脉冲驱动器 501 的操作模式被设置为脉冲模式并且操作者挤压触发器 25 时,控制单元 72 以转数 A (例如,17,000rpm)连续地驱动电机 3。当电机 3 的力矩达到规定值时,控制单元 72 将电子脉冲驱动器 501 转移到脉冲模式,并且开始交替地正向和反向驱动电机 3。由于脉冲模式用于通过撞击向紧固件施加紧固力,所以当电子脉冲驱动器 501 从连续转动转移到脉冲模式时,钻头可以容易地变为未安置在紧固件的头部上。因此,在脉冲模式下,电子脉冲驱动器 501 以比转数 A 低的转数 B (例如,10,000rpm)沿着正向方向转动电机 3。这个配置减小了施加到钻头上的力矩,从而使得当电子脉冲驱动器 501 转移到脉冲模式时,防止钻头未安置在紧固件的头部上。在脉冲模式下,电子脉冲驱动器 501 在正转和反转之间交替,但是例如假定电机 3 被驱动来沿着正向方向间歇转动,取而代之,电子脉冲驱动器 501 可以在正转和中止状态之间交替。

[0195] 接着,将参照图 25 和 26 描述根据本发明的第六实施例的电子脉冲驱动器 601。

[0196] 图 25 是例示针对在脉冲模式下将自钻式螺钉 53 拧入钢板 S 中执行的控制过程的示图。图 26 示出了当在脉冲模式下将自钻式螺钉紧固在钢板 S 中时自钻式螺钉 53 的各种状态。自钻式螺钉 53 在其末端具有钻机 - 钻头状刀片,用于在钢板 S 中钻孔。如图 26 中

所示，自钻式螺钉 53 由螺钉头 53A、轴承表面 53B、螺纹部分 53C、螺纹末端 53D 和钻机部分 53E 构成。

[0197] 在第六实施例的脉冲模式下，控制单元 72 执行 PWM 控制，以便改变电机 3 的转数。当操作者首次挤压触发器 25 时（图 25 中 t1），控制单元 72 以转数 a 开始驱动电机 3。由于电子脉冲驱动器 601 在脉冲模式下不强调以合适的力矩进行紧固，所以不执行针对离合器模式描述的与预起动操作对应的步骤。为了简化，图 25 中还省略了指示软起动操作的步骤。

[0198] 由于当自钻式螺钉 53 的钻机部分 53E 与钢板 S 接触时，钻机部分 53E 必须在钢板 S 中钻出导向孔（pilot hole）（如图 26（a）中所示），所以控制单元 72 驱动电机 3 来以高转数（例如，17,000rpm）转动，如图 25 中所示。在自钻式螺钉 53 的钻头进入到钢板 S 中足够远使得螺纹末端 53D 到达钢板 S 时，螺纹部分 53C 和钢板 S 之间生成的摩擦产生增加电流的阻力（参见图 25 和图 26（b））。一旦电流超过阈值 C（例如，11A），则控制单元 72 将操作模式转移到用于在正转和反转之间重复交替的第一脉冲模式（图 25 中的 t2）。

[0199] 在第六实施例的第一脉冲模式中，控制单元 72 以比转数 a（图 25（2））低的转数 b（例如，6,000rpm），沿着正向方向驱动电机 3。当轴承表面 53B 变为安装在钢板 S 上（图 26（c））时，电流值急剧增加。在第六实施例中，当电流的增长率超过规定值时（图 25 中的 t3），控制单元 72 转移到第二脉冲模式。

[0200] 在第二脉冲模式中，控制单元 72 以比转数 b 低的阈值 c（例如，3,000rpm），沿着正向方向驱动电机 3。通过这个控制，电子脉冲驱动器 601 可以避免由于钻头向自钻式螺钉 53 施加过大的力矩而导致自钻式螺钉 53 的头部破损或磨损。

[0201] 尽管已经参照本发明的电子脉冲驱动器的具体实施例详细描述了本发明的电子脉冲驱动器，但是本领域技术人员将明白的是，可以对其进行许多修改和变型，而不会背离本发明的精神，本发明的范围由所附权利要求限定。

[0202] 当在第一实施例中在第二脉冲模式电压 1-5 之间转移时，控制单元 72 考虑返回到序列中较早第二脉冲模式电压的情形（图 11 中的 S719-S723：否）。然而，根据本发明的第一修改例，可以实现操作者的舒适操纵和感觉，如图 15 的流程图中所示。在第一修改例中，第二脉冲模式电压不返回到前一第二脉冲模式电压，并且重复执行相同的第二脉冲模式电压。

[0203] 此外，尽管第一实施例描述了紧固木螺钉或螺栓的控制，但是本发明的概念在松开（去除）木螺钉或螺栓时也可以使用。图 18 中的流程例示了松开木螺钉等的步骤。在该过程开始时，控制单元 72 施加具有最长反转时段的第二脉冲模式电压 5，并且在电流下降到每个后续阈值时，随后通过每个第二脉冲模式电压步进下降到第二脉冲模式电压 1。这个过程可以在松开木螺钉等时向操作者提供舒适的操纵。

[0204] 在上述第一实施例中，在图 11 的步骤 S705 中，控制单元 72 基于在施加紧固件确定反转电压之后流到电机 3 的电流，确定紧固件的类型。然而，这个确定可以基于电机 3 等的转动速度进行。

[0205] 此外，在上述第一实施例中，在图 11 的各个步骤 S719-S722 和 S710-S713 中，使用相同的阈值 g1-g4，但是也可以使用不同值。

[0206] 由于在第一实施例的电子脉冲驱动器中仅仅设置一个砧座 52，所以砧座 52 和锤

子 42 可以以最大 315 度分离，但是在这些组件之间可以设置另一砧座。利用这个构造，可以减少施加装配反转电压(图 10 中的 S601 和图 11 中的 S701)的所需时间以及施加预起动正转电压(图 10 中的 S602)的所需时间。

[0207] 在上述第一实施例中，通过施加预起动正转电压，将锤子 42 放置为与砧座 52 接触，但是将锤子 42 放置为与砧座 52 接触不是必需的。在假定锤子 42 相对于砧座 52 的初始位置固定的情况下，可以实现这个过程的变型。

[0208] 本发明的电动工具被配置为正向和反向转动锤子，但是本发明不限于这个构造。例如，锤子可以被配置为通过沿着正向方向连续驱动来撞击砧座。

[0209] 本发明的电动工具利用由可充电电池供电的电动电机驱动锤子，但是锤子可以由除了电动电机之外的功率源(比如引擎)驱动。此外，电动电机可以由燃料电池、或太阳能电池等驱动。

[0210] 第五实施例中描述的用于在离合器模式下松开(反转)紧固件的控制过程可以根据不同方法实现。图 27 中的示图例示了离合器模式下的控制过程的第二修改例。图 27 中的示图(1)示出了当沿着正向方向驱动电机 3 时的控制，而图 27 中的示图(2)示出了当沿着反向方向驱动电机 3 时的控制。

[0211] 如图 27 中所示，与正转期间相比，在反转期间，根据第二修改例的电子脉冲驱动器 701 以更大的 PWM 占空比向电机 3 供电。结果时，与正转中相比，在反转中，锤子 442 更猛烈地撞击砧座 452，从而便于松开螺栓。然而，反转的 PWM 占空比被设置在不会产生过电流的范围内。

[0212] 取代如上所述的增加 PWM 占空比，电子脉冲驱动器 701 可以设置有用于存储电荷的电容器，并且可以只在反转期间将所存储的电力供应给电机 3，以便增加电力供应量，并且因此增加电机 3 的转数。此外，电子脉冲驱动器 701 可以执行控制过程，从而使得与正转相比，针对反转的锤子 442 转动来接触砧座 452 的角度更大。也就是，通过在反向驱动电机 3 之前将电机 3 正转非常小的时间，电子脉冲驱动器 701 可以增加锤子 442 和砧座 452 之间的角度(加速距离)，从而使得锤子 442 更猛烈地撞击砧座 452。

[0213] 参考标记列表

[0214] 1 电子脉冲驱动器

[0215] 2 外壳

[0216] 2A 光源

[0217] 2B 转盘

[0218] 3 电机

[0219] 3A 转子

[0220] 3B 定子

[0221] 4 锤子单元

[0222] 5 砧座单元

[0223] 6 开关机构

[0224] 21 主体部分

[0225] 22 手柄部分

[0226] 23 锤壳

[0227] 23A 轴承金属

[0228] 23a 开口

[0229] 24 电池

[0230] 25 触发器

[0231] 31 输出轴

[0232] 32 风扇

[0233] 41 齿轮机构

[0234] 41A 外环齿轮

[0235] 41B 行星齿轮机构

[0236] 41C 行星齿轮机构

[0237] 42,442 锤子

[0238] 42A 第一啮合突起

[0239] 42B 第二啮合突起

[0240] 51 末端工具安装部件

[0241] 51A 轴承座

[0242] 51a 插入孔

[0243] 52,452 砧座

[0244] 52A 第一啮合突起

[0245] 52B 第二啮合突起

[0246] 61 电路板

[0247] 62 触发器开关

[0248] 63 开关板

[0249] 64 霍尔元件

[0250] 65 控制信号输出电路

[0251] 66 反相器电路

[0252] 67 算术单元

[0253] 68 转动方向设置电路

[0254] 69 转子位置检测电路

[0255] 70 已施加电压设置电路

[0256] 71 电流检测电路

[0257] 72 控制单元

[0258] 73 撞击力检测传感器

[0259] 74 撞击检测电路

[0260] 75 转动速度检测电路

[0261] 76 开关操作检测电路

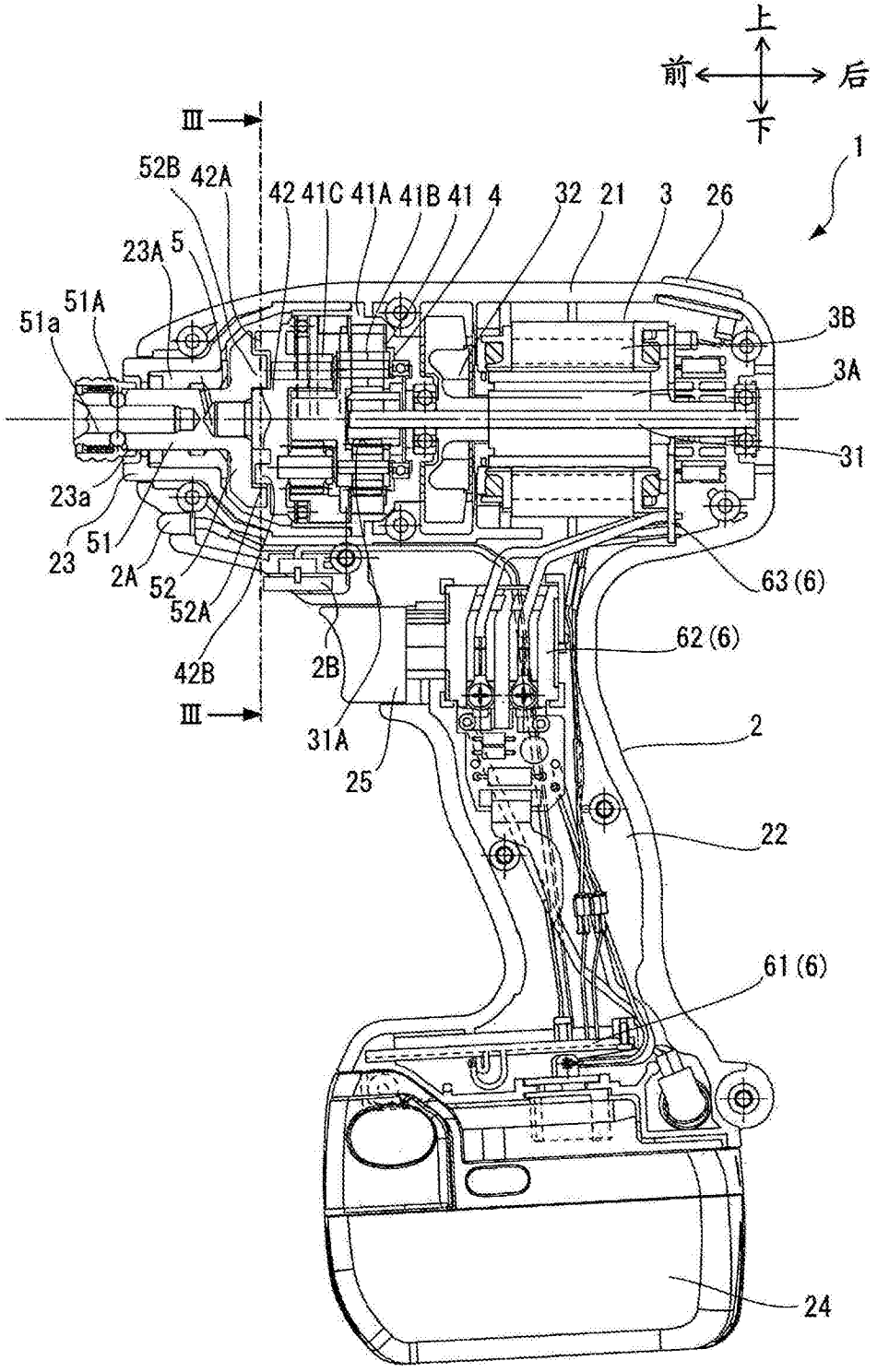

上
前
后
下
Ⅲ
Ⅲ
1
52B
42A
42
41C
41A
41B
41
4
32
21
3
26
23A
5
51A
51a
3B
3A
31
23a
23
51
2A
52
52A
42B
2B
31A
25
63(6)
62(6)
2
22
61(6)
24

图 1

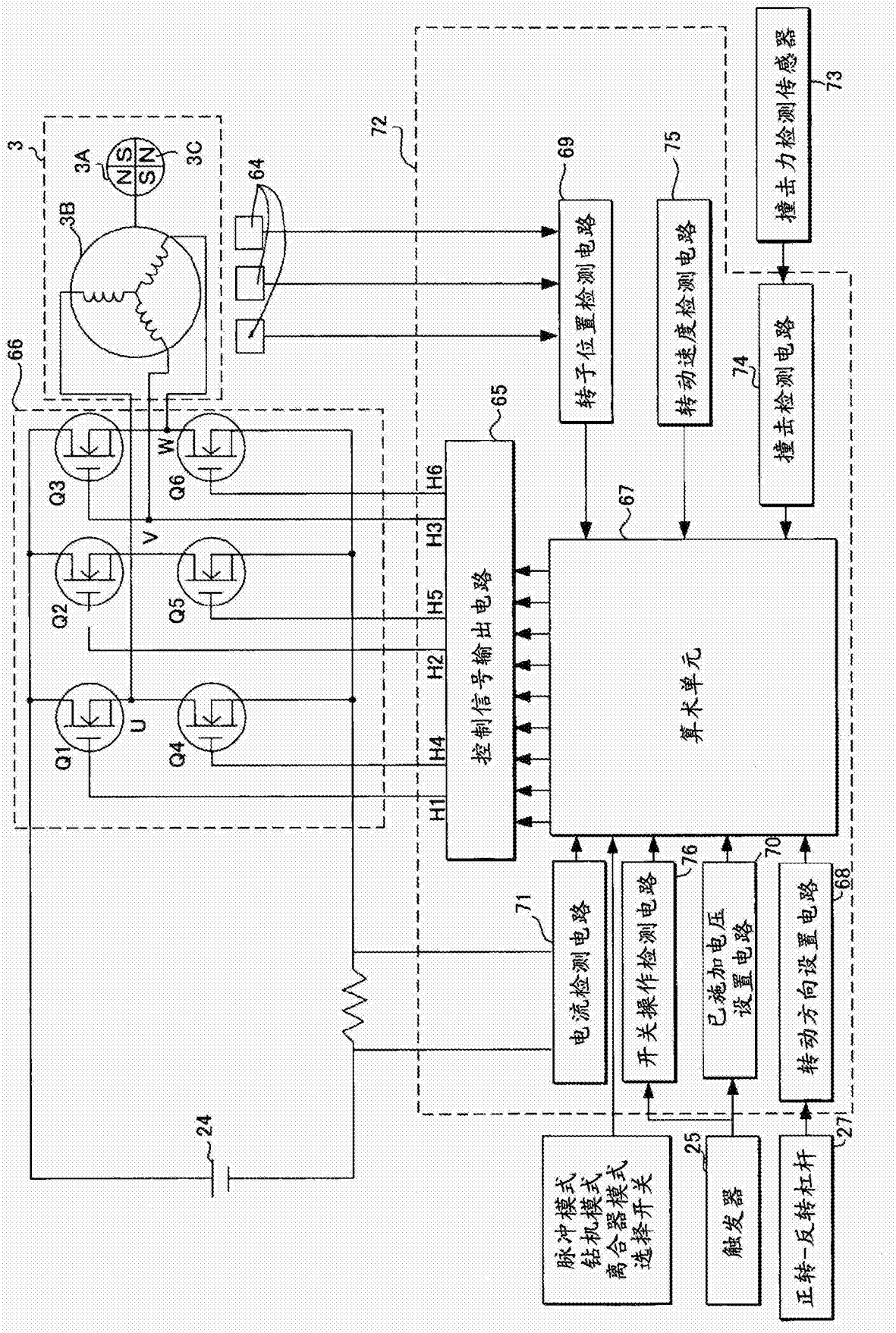

3
3A
3B
3C
N
S
S
N
64
72
69
转子位置检测电路
75
转动速度检测电路
撞击力检测传感器
73
66
65
74
撞击检测电路
Q3
Q6
W
H6
H3
V
Q2
Q5
H5
H2
Q1
U
Q4
H4
H1
控制信号输出电路
67
算术单元
71
电流检测电路
开关操作检测电路
76
已施加电压
设置电路
70
转动方向设置电路
68
脉冲模式
钻机模式
离合器模式
选择开关
触发器
25
正转-反转杠杆
27
24

图 2

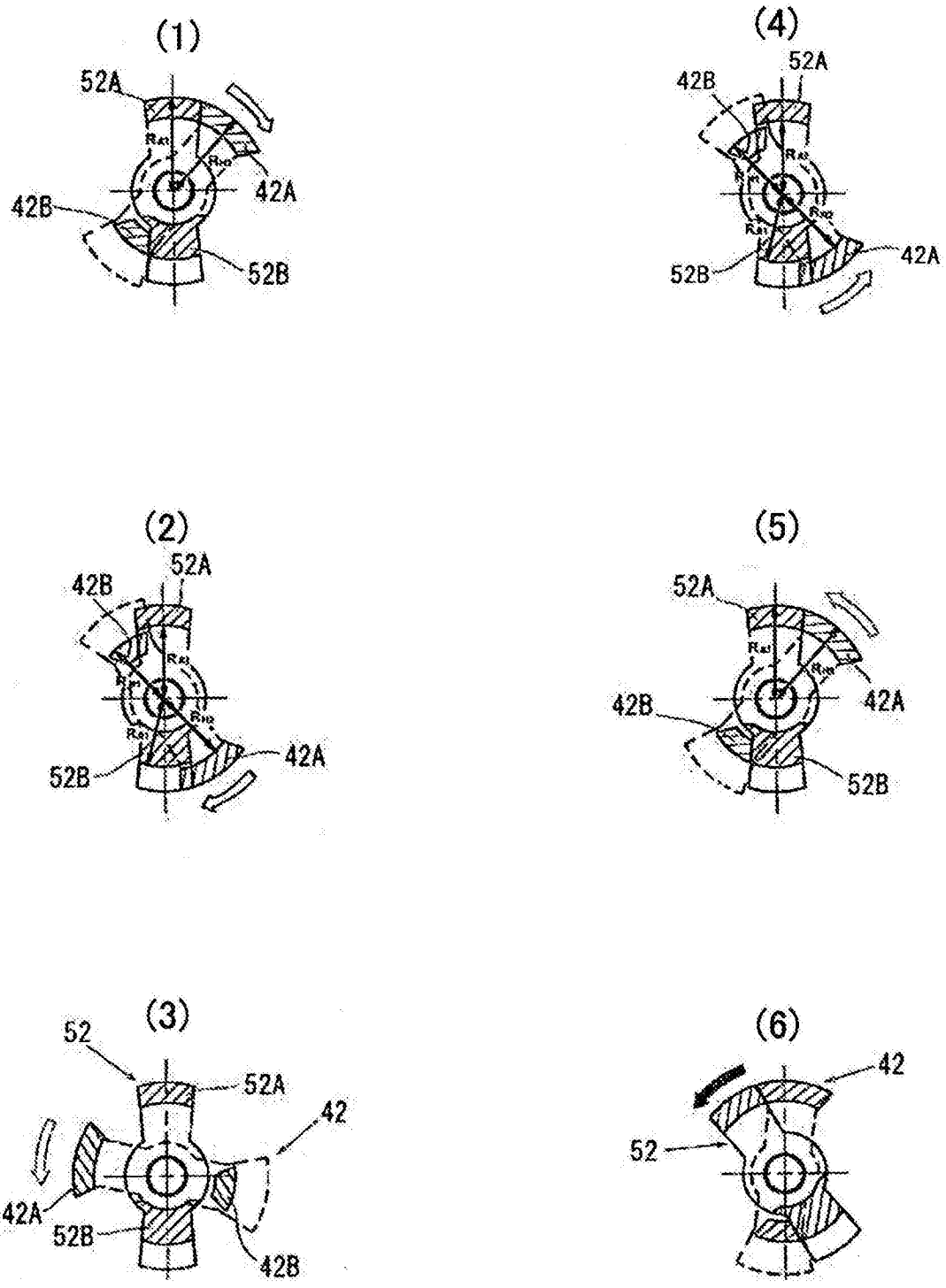

(1)
52A
42A
42B
52B
(4)
52A
42B
42A
52B
(2)
52A
42B
42A
52B
(5)
52A
42A
42B
52B
(3)
52
52A
42
42A
52B
42B
(6)
42
52

图 3

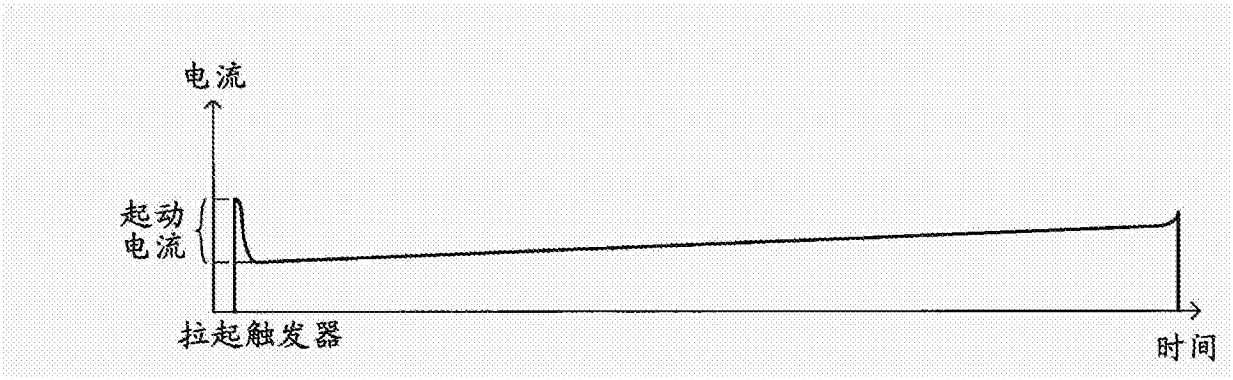


图 4

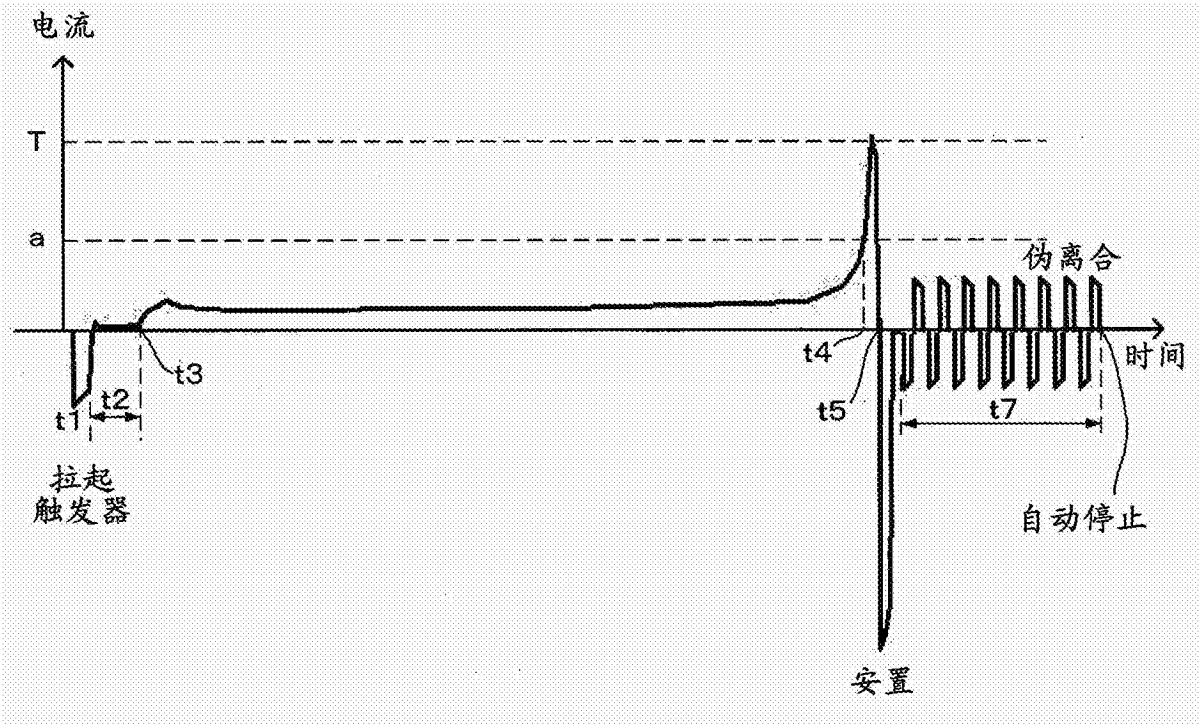


图 5

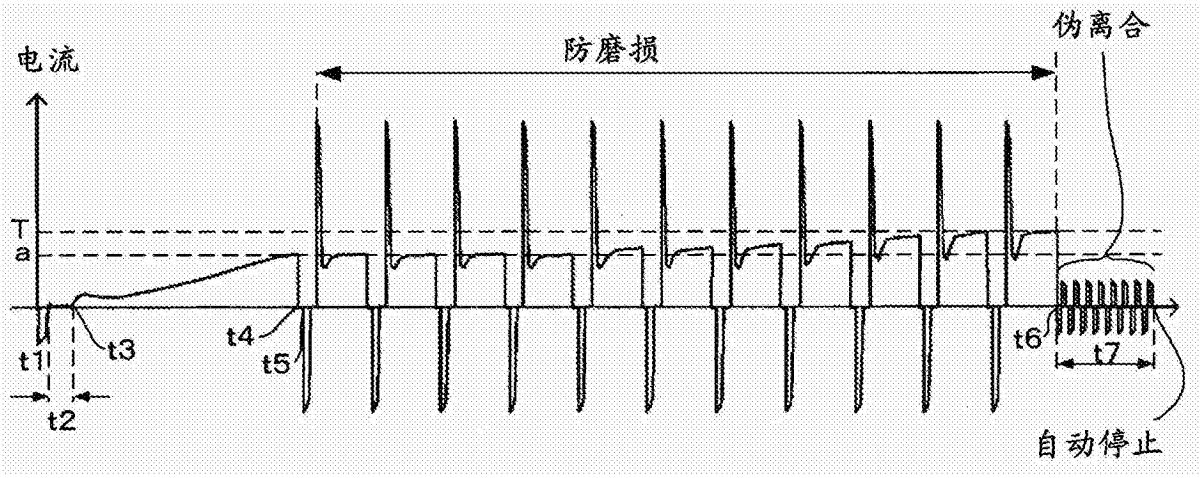

电流
防磨损
伪离合
Ta
t1
t2
t3
t4
t5
t6
t7
自动停止

图 6

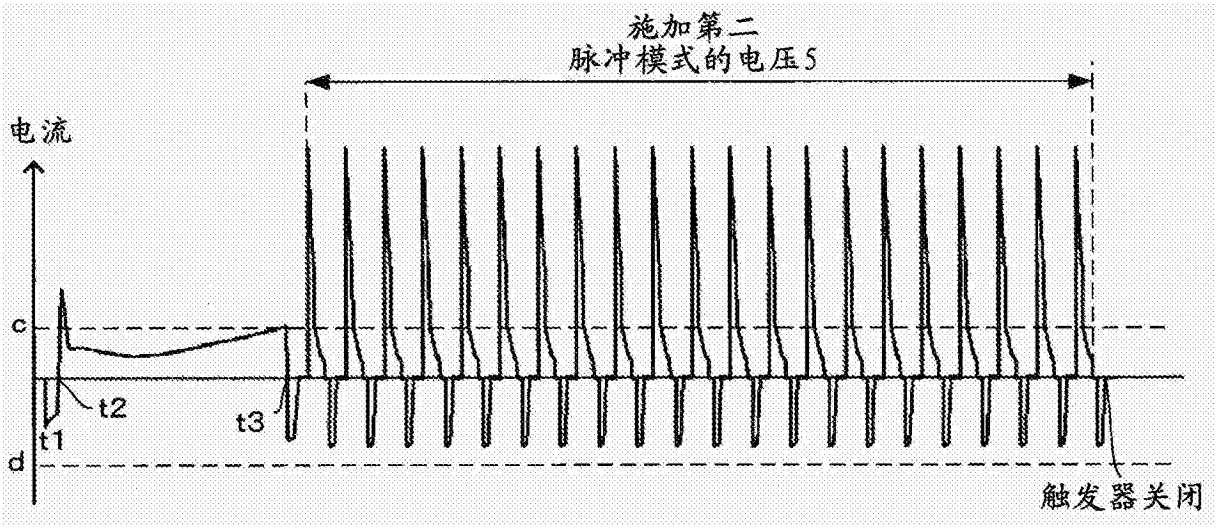

施加第二
脉冲模式的电压5
电流
c
d
t1
t2
t3
触发器关闭

图 7

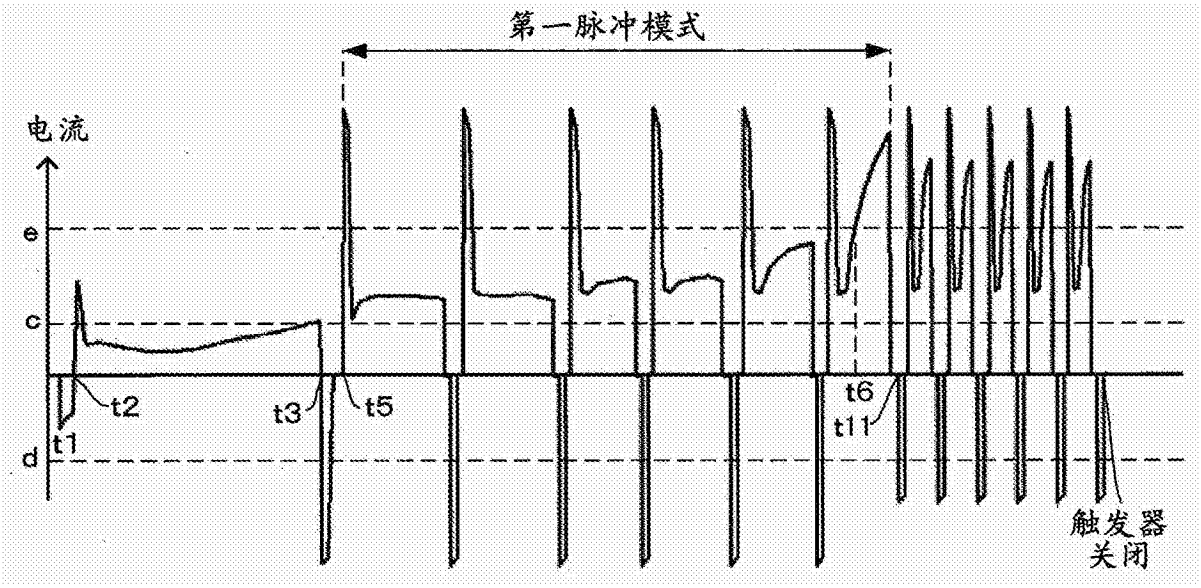

第一脉冲模式
电流
e
c
d
t1
t2
t3
t5
t6
t11
触发器
关闭

图 8

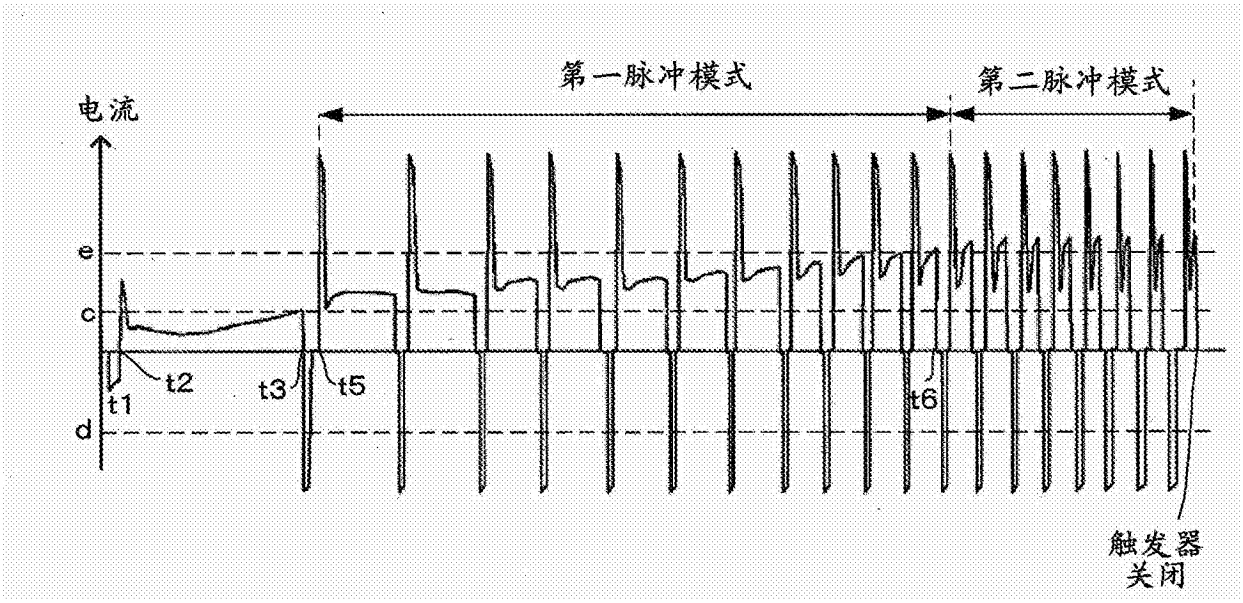

第一脉冲模式
第二脉冲模式
电流
e
c
d
t1
t2
t3
t5
t6
触发器
关闭

图 9

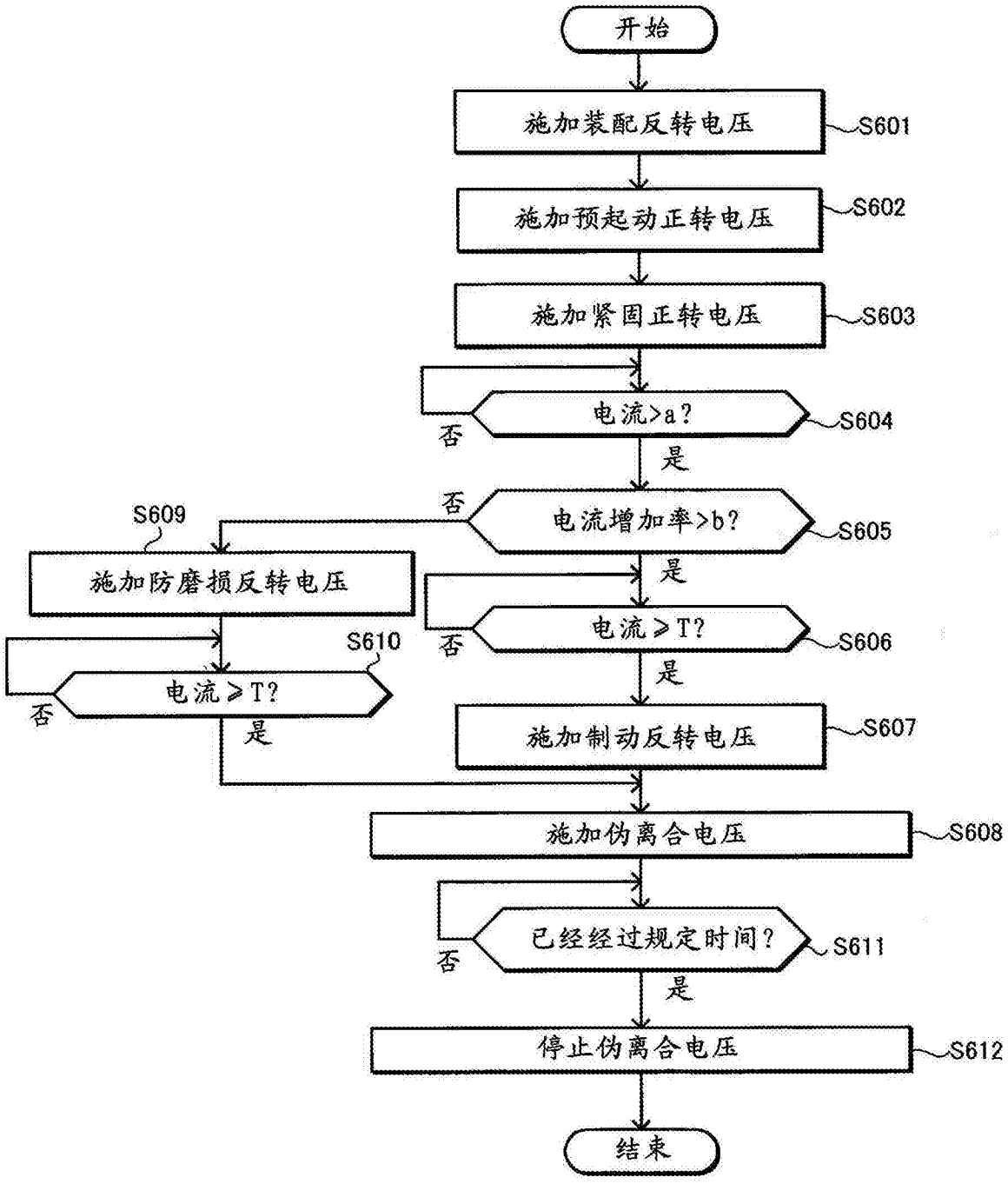

开始
施加装配反转电压
S601
施加预起动正转电压
S602
施加紧固正转电压
S603
电流>a?
S604
否
是
电流增加率>b?
S605
否
是
电流≥T?
S606
否
是
施加制动反转电压
S607
S609
施加防磨损反转电压
S610
电流≥T?
否
是
施加伪离合电压
S608
已经经过规定时间?
S611
否
是
停止伪离合电压
S612
结束

图 10

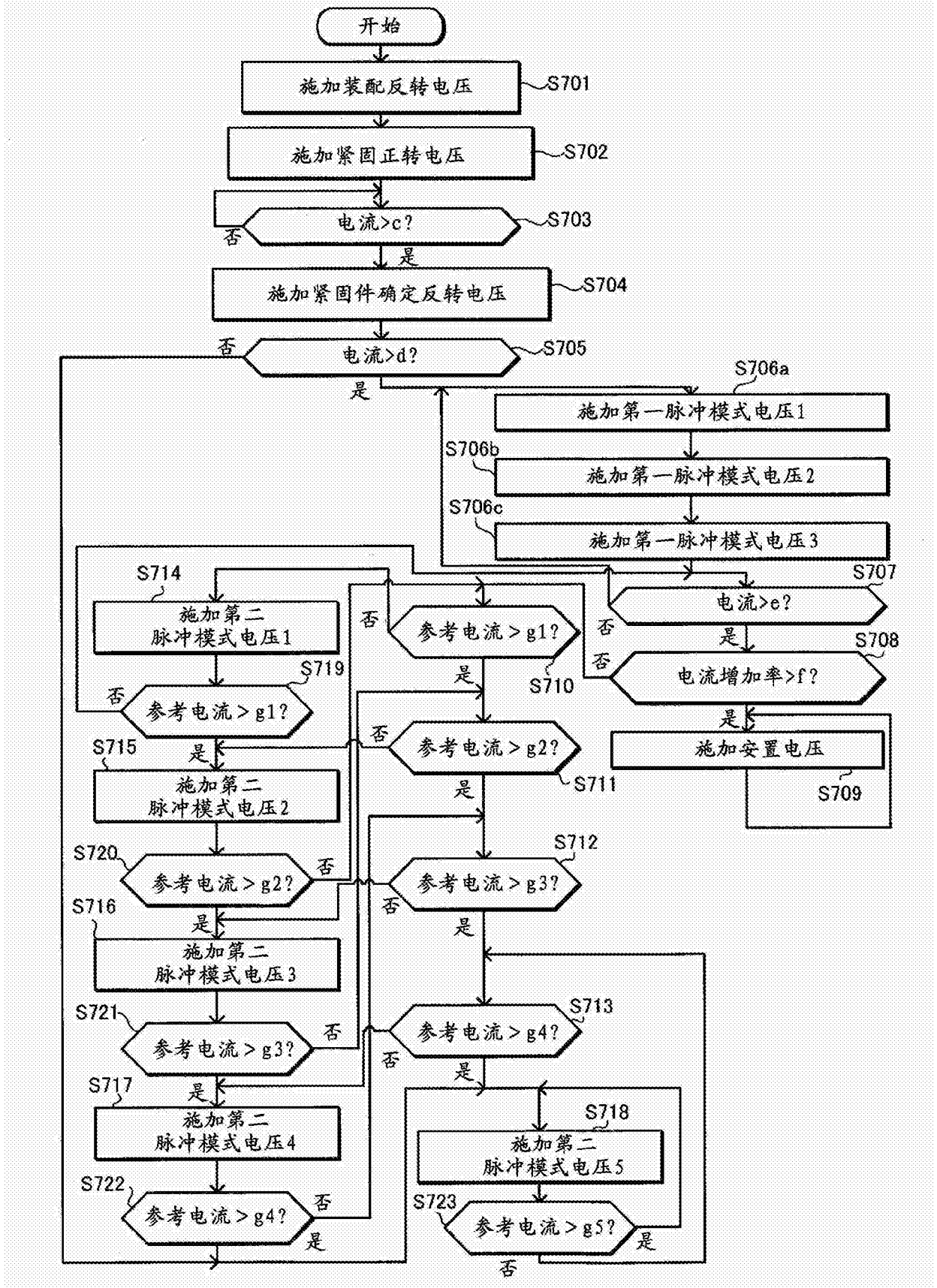

开始
施加装配反转电压
S701
施加紧固正转电压
S702
电流>c?
S703
否
是
施加紧固件确定反转电压
S704
电流>d?
S705
否
是
S706a
施加第一脉冲模式电压1
S706b
施加第一脉冲模式电压2
S706c
施加第一脉冲模式电压3
S707
电流>e?
否
是
S708
电流增加率>f?
否
是
施加安置电压
S709
参考电流>g1?
否
是
S710
参考电流>g2?
否
是
S711
参考电流>g3?
否
是
S712
参考电流>g4?
否
是
S713
S714
施加第二脉冲模式电压1
S715
施加第二脉冲模式电压2
S716
施加第二脉冲模式电压3
S717
施加第二脉冲模式电压4
S718
施加第二脉冲模式电压5
S719
参考电流>g1?
否
是
S720
参考电流>g2?
否
是
S721
参考电流>g3?
否
是
S722
参考电流>g4?
否
是
S723
参考电流>g5?
否
是

图 11

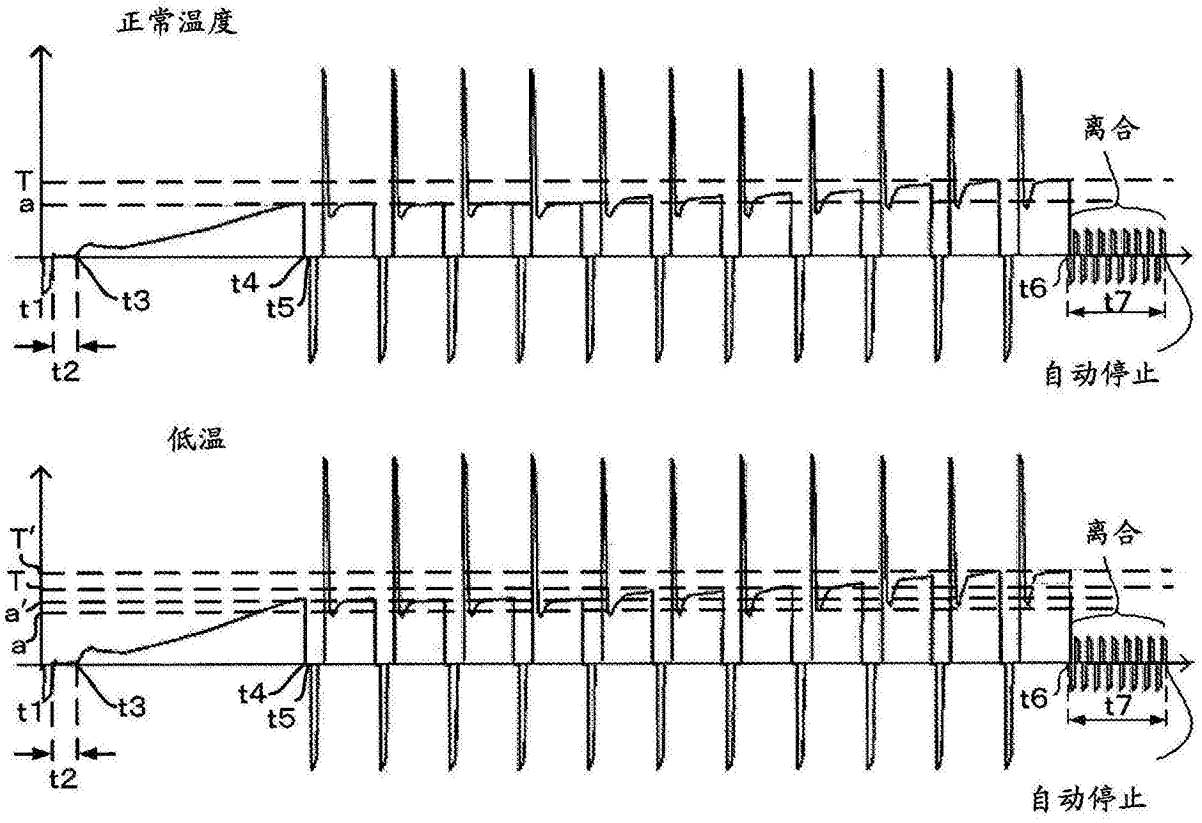

正常温度
离合
T
a
t1
t2
t3
t4
t5
t6
t7
自动停止
低温
T'
T
a'
a
离合
t1
t2
t3
t4
t5
t6
t7
自动停止

图 12

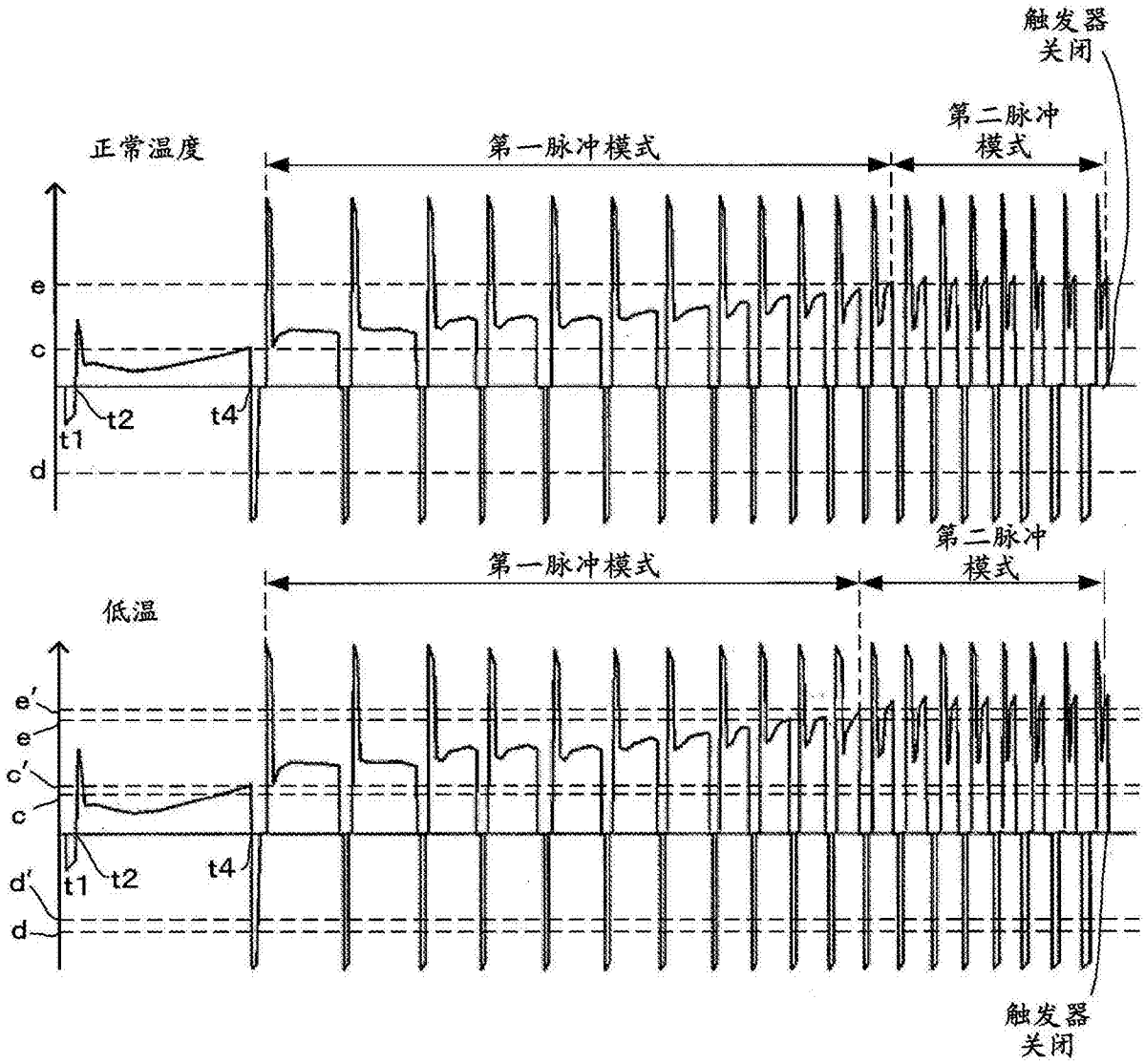

触发器
关闭
第二脉冲
模式
正常温度
第一脉冲模式
e
c
t1
t2
t4
d
第二脉冲
模式
第一脉冲模式
低温
e'
e
c'
c
t1
t2
t4
d'
d
触发器
关闭

图 13

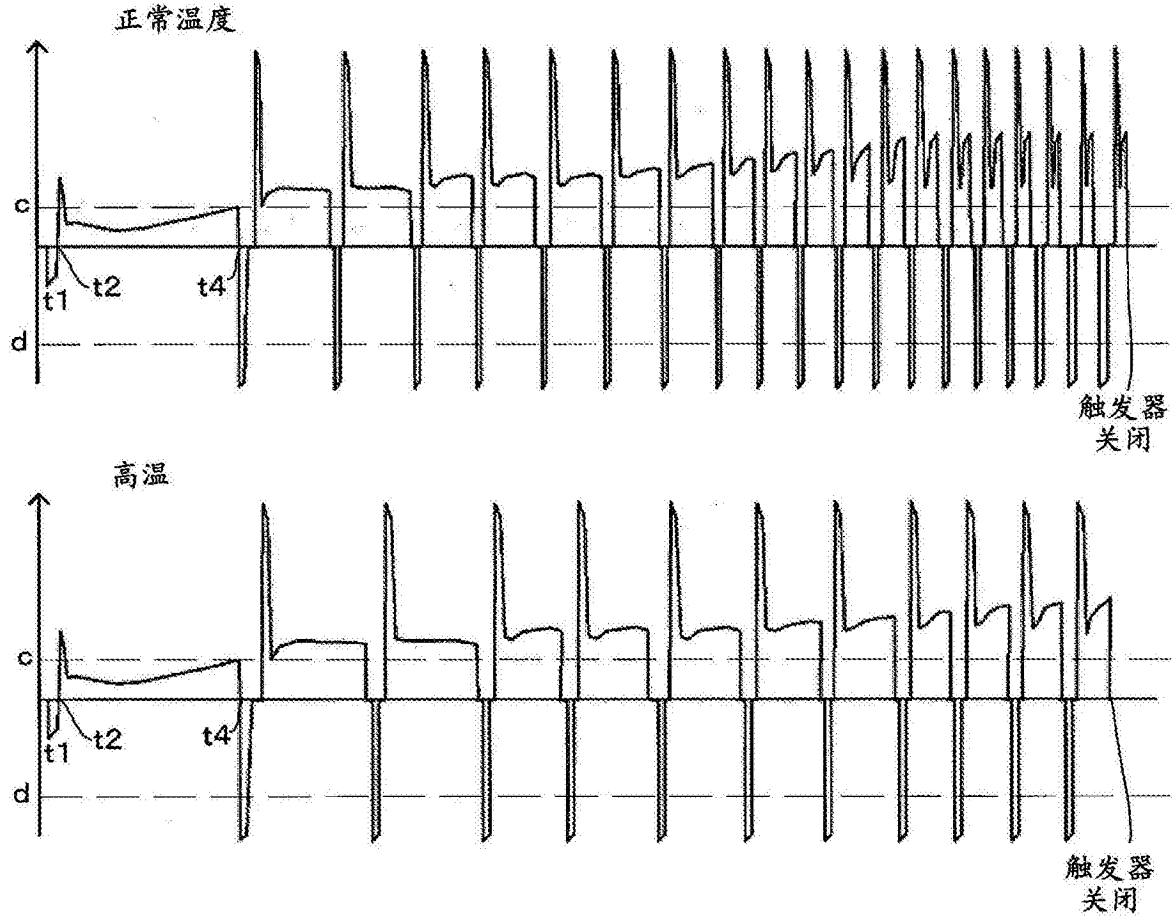


图 14

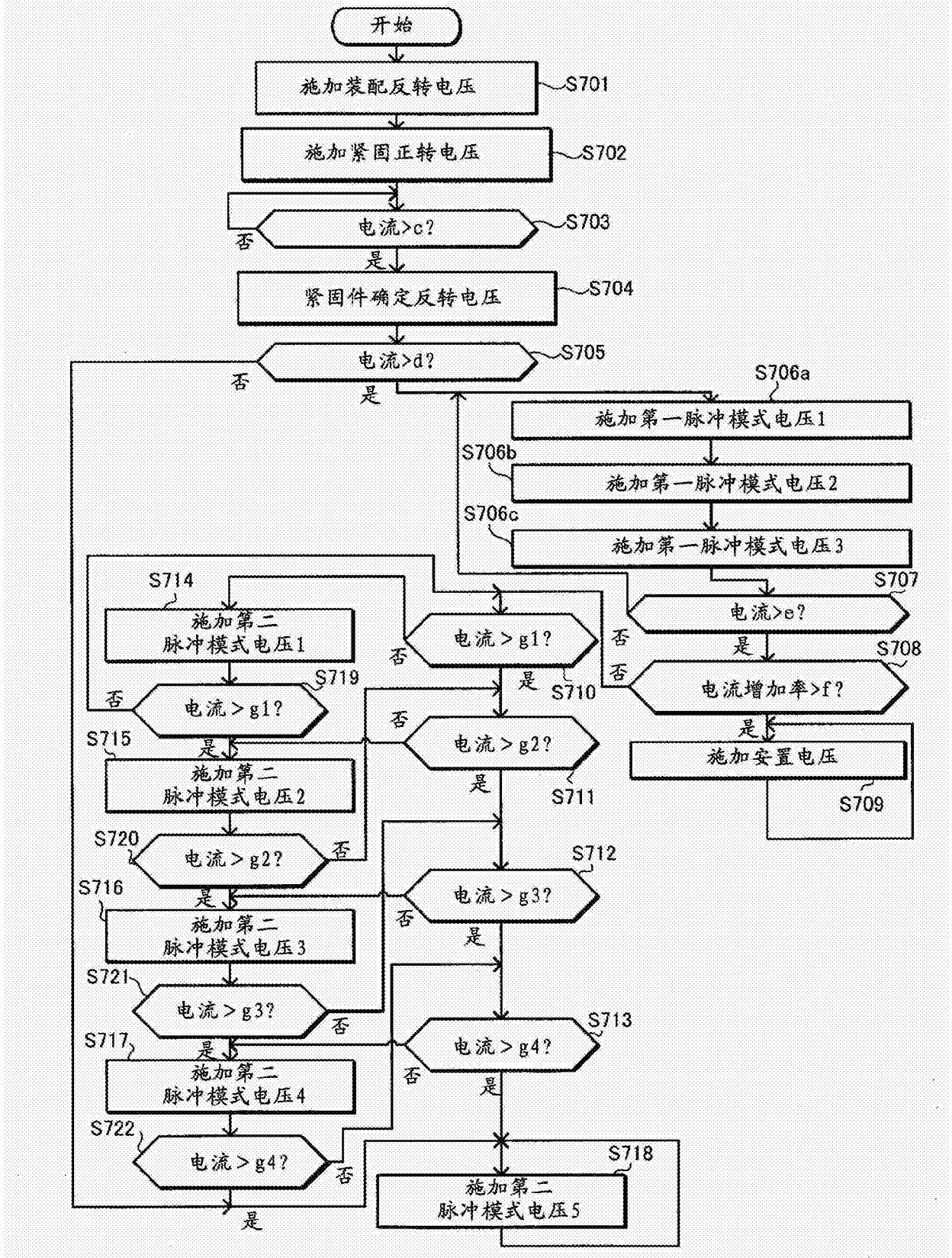

开始
施加装配反转电压
S701
施加紧固正转电压
S702
电流>c?
S703
否
是
紧固件确定反转电压
S704
电流>d?
S705
否
是
S706a
施加第一脉冲模式电压1
S706b
施加第一脉冲模式电压2
S706c
施加第一脉冲模式电压3
S707
电流>e?
否
是
S708
电流增加率>f?
否
是
施加安置电压
S709
电流>g1?
否
是
S710
电流>g2?
否
是
S711
电流>g3?
否
是
S712
电流>g4?
否
是
S713
S714
施加第二
脉冲模式电压1
电流>g1?
否
是
S719
S715
施加第二
脉冲模式电压2
电流>g2?
否
是
S720
S716
施加第二
脉冲模式电压3
电流>g3?
否
是
S721
S717
施加第二
脉冲模式电压4
电流>g4?
否
是
S722
S718
施加第二
脉冲模式电压5

图 15

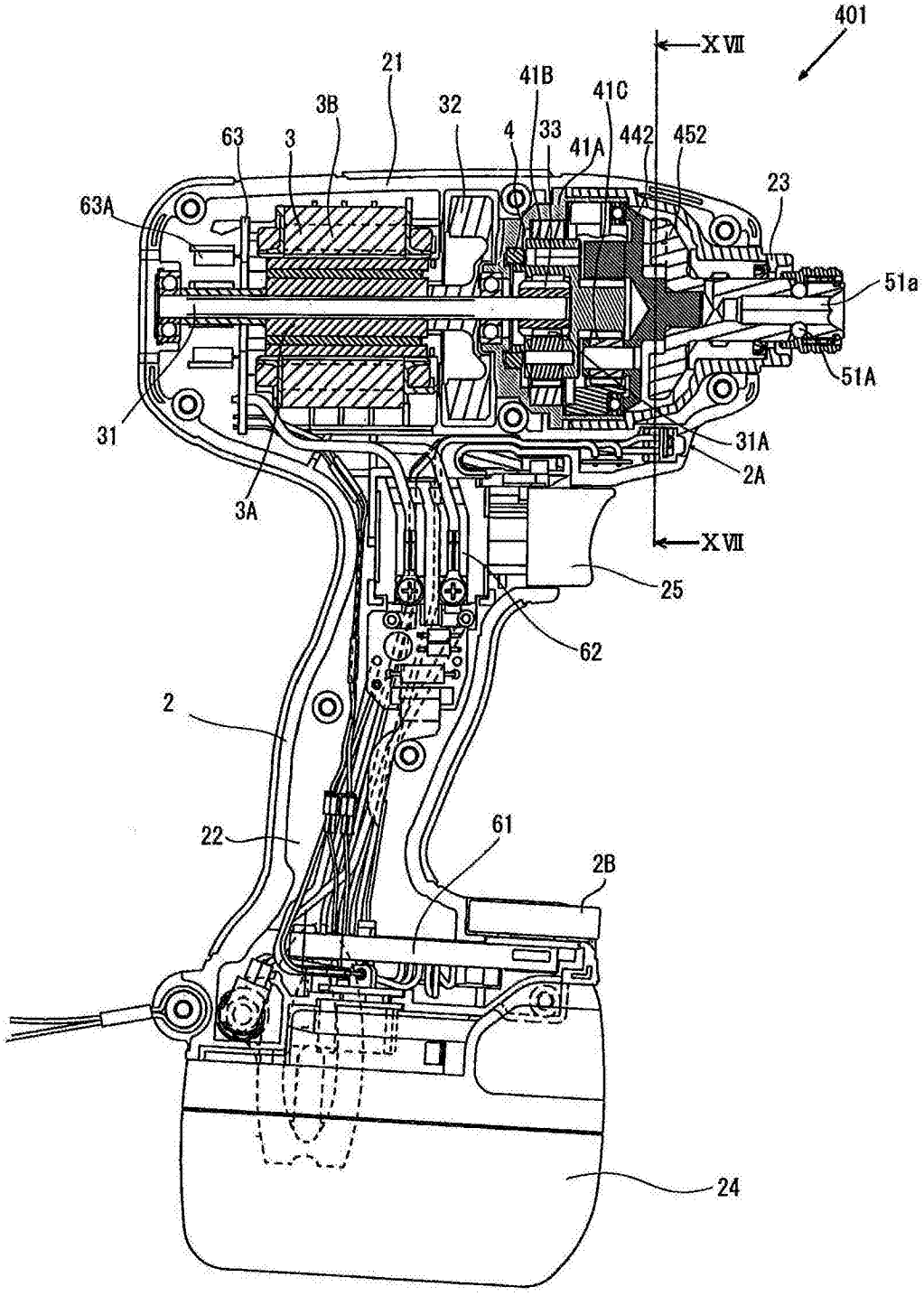

401
XVII
21
41B
41C
3B
32
4
33
41A
442
452
63
3
23
63A
51a
51A
31
31A
2A
3A
XVII
25
62
2
22
61
2B
24

图 16

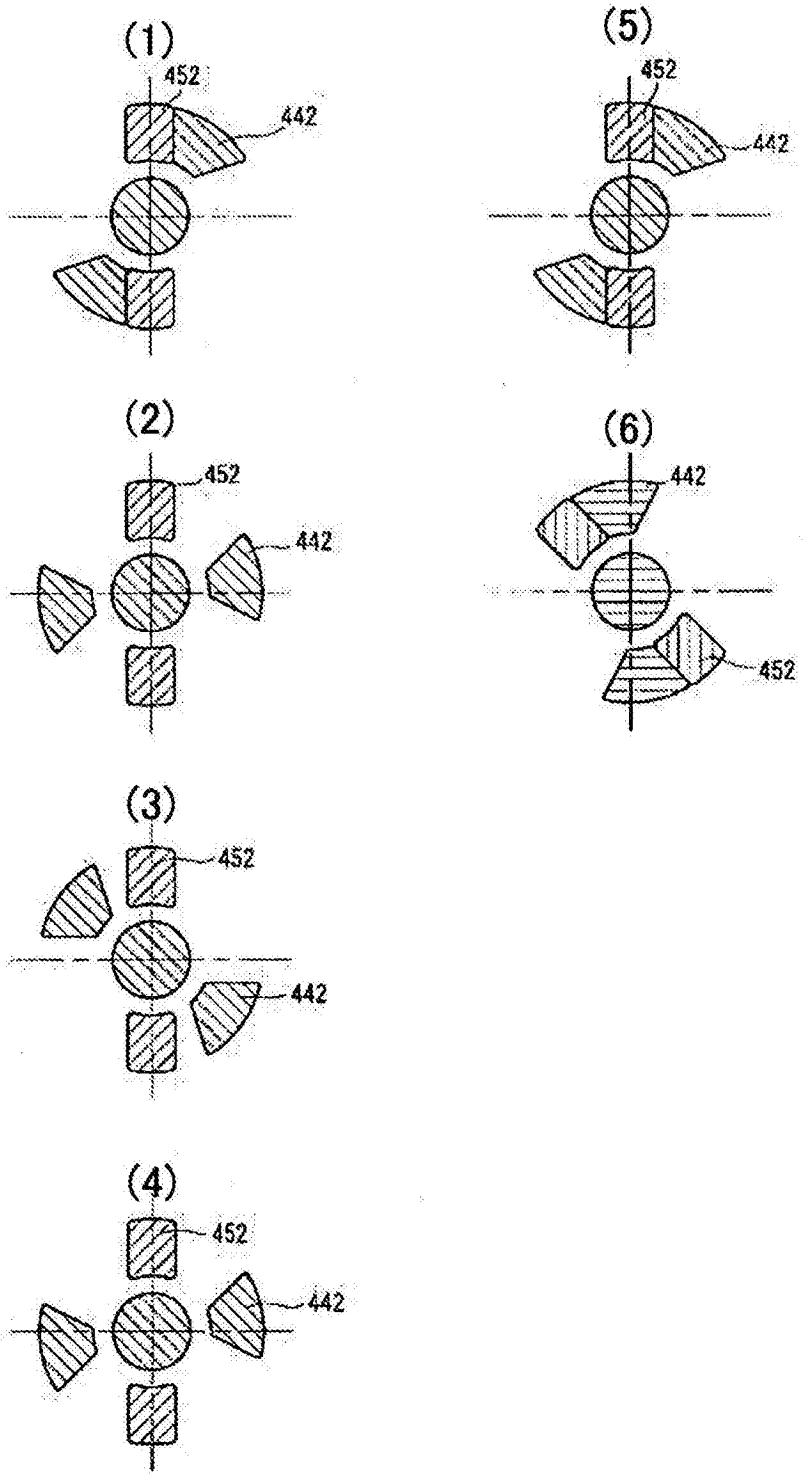


图 17

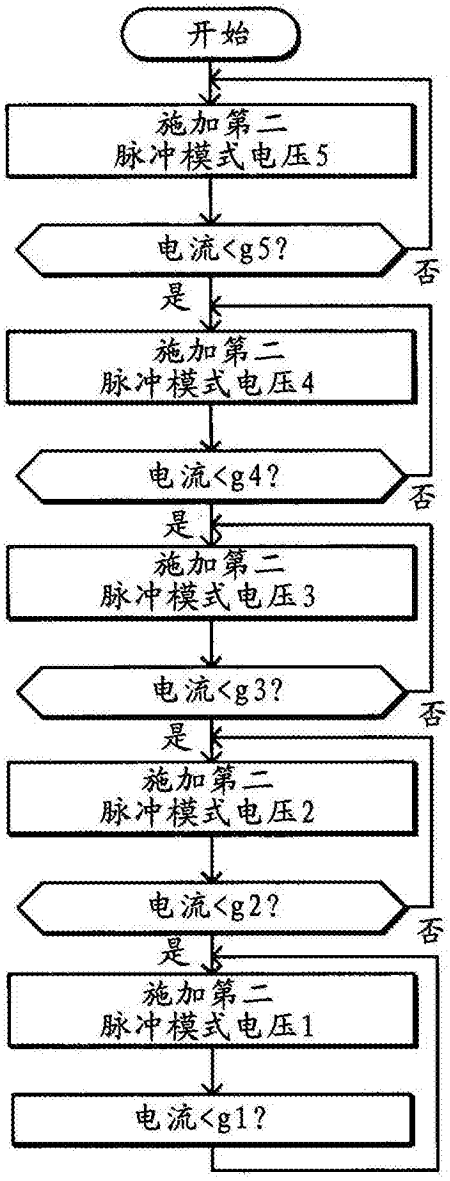

开始
施加第二脉冲模式电压5
电流<g5?
否
是
施加第二脉冲模式电压4
电流<g4?
否
是
施加第二脉冲模式电压3
电流<g3?
否
是
施加第二脉冲模式电压2
电流<g2?
否
是
施加第二脉冲模式电压1
电流<g1?

图 18

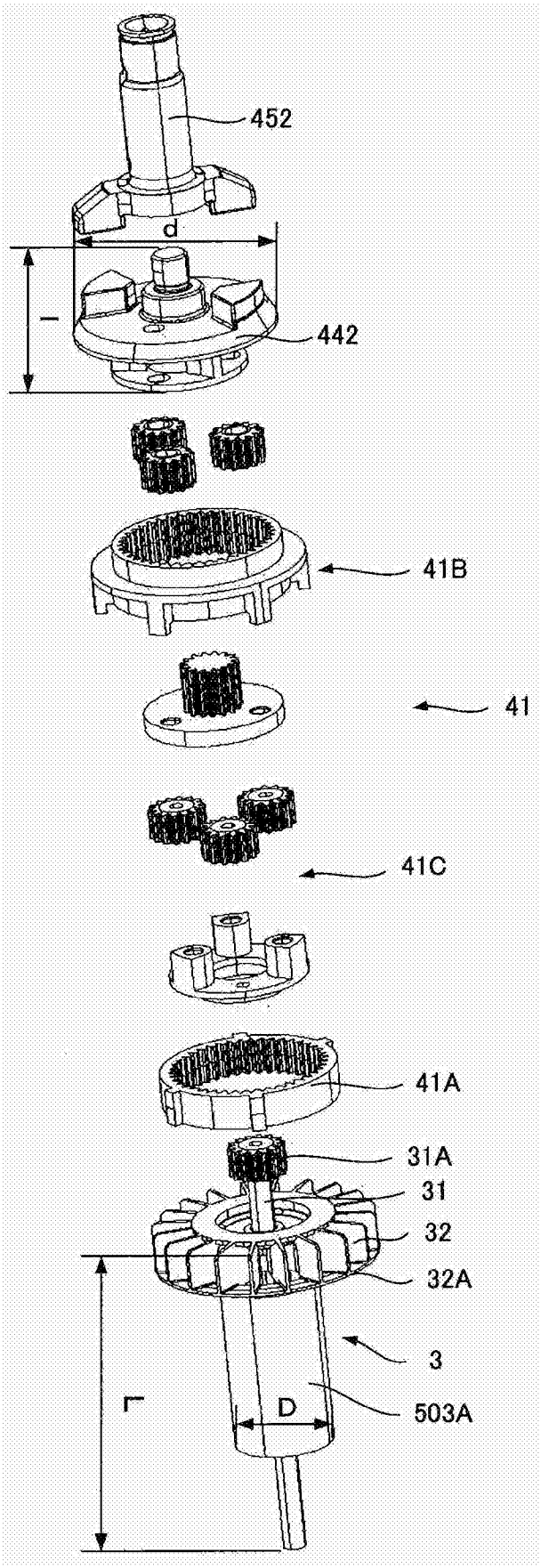

452
d
L
442
41B
41
41C
41A
31A
31
32
32A
3
L
D
503A

图 19

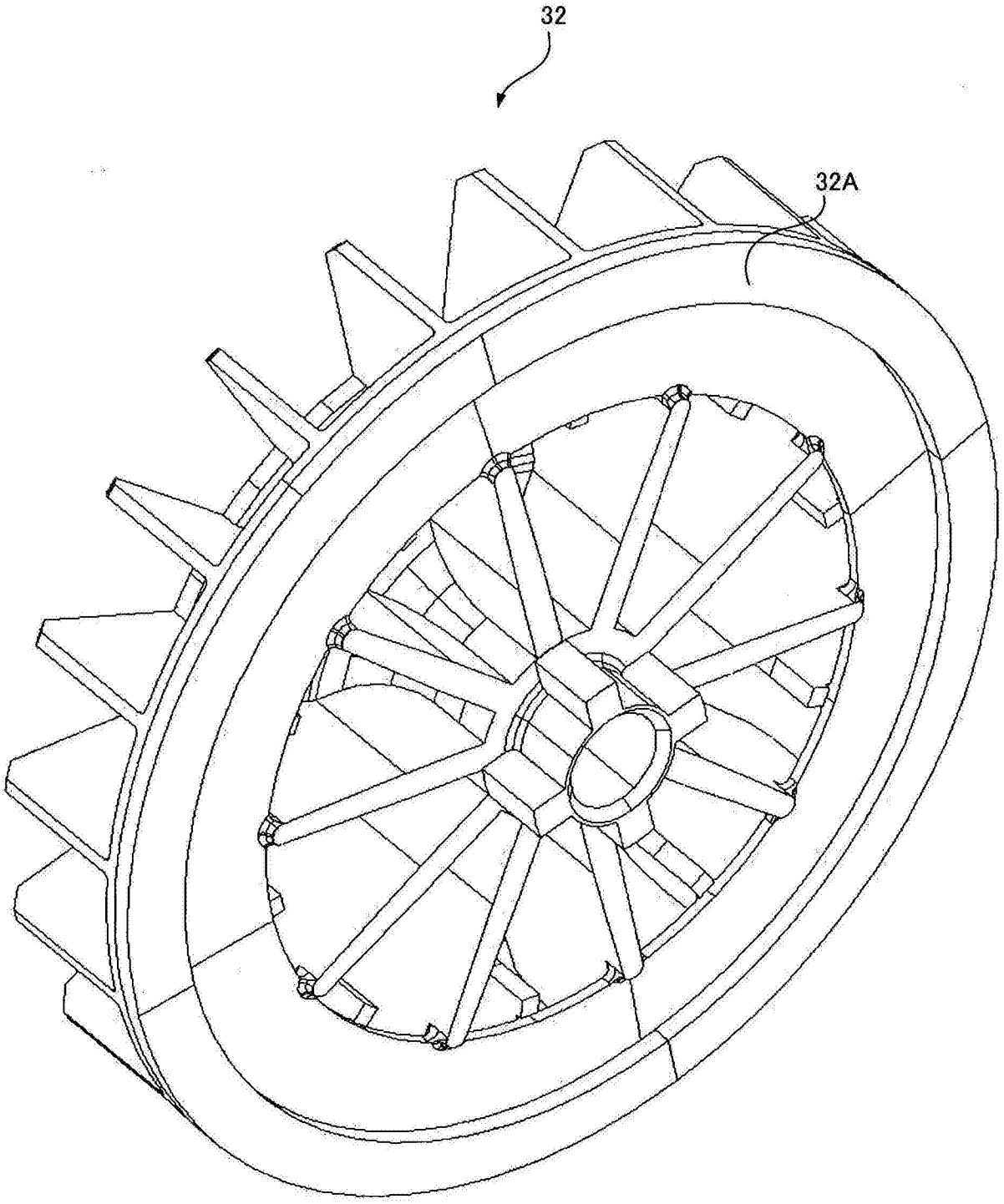


图 20



图 21

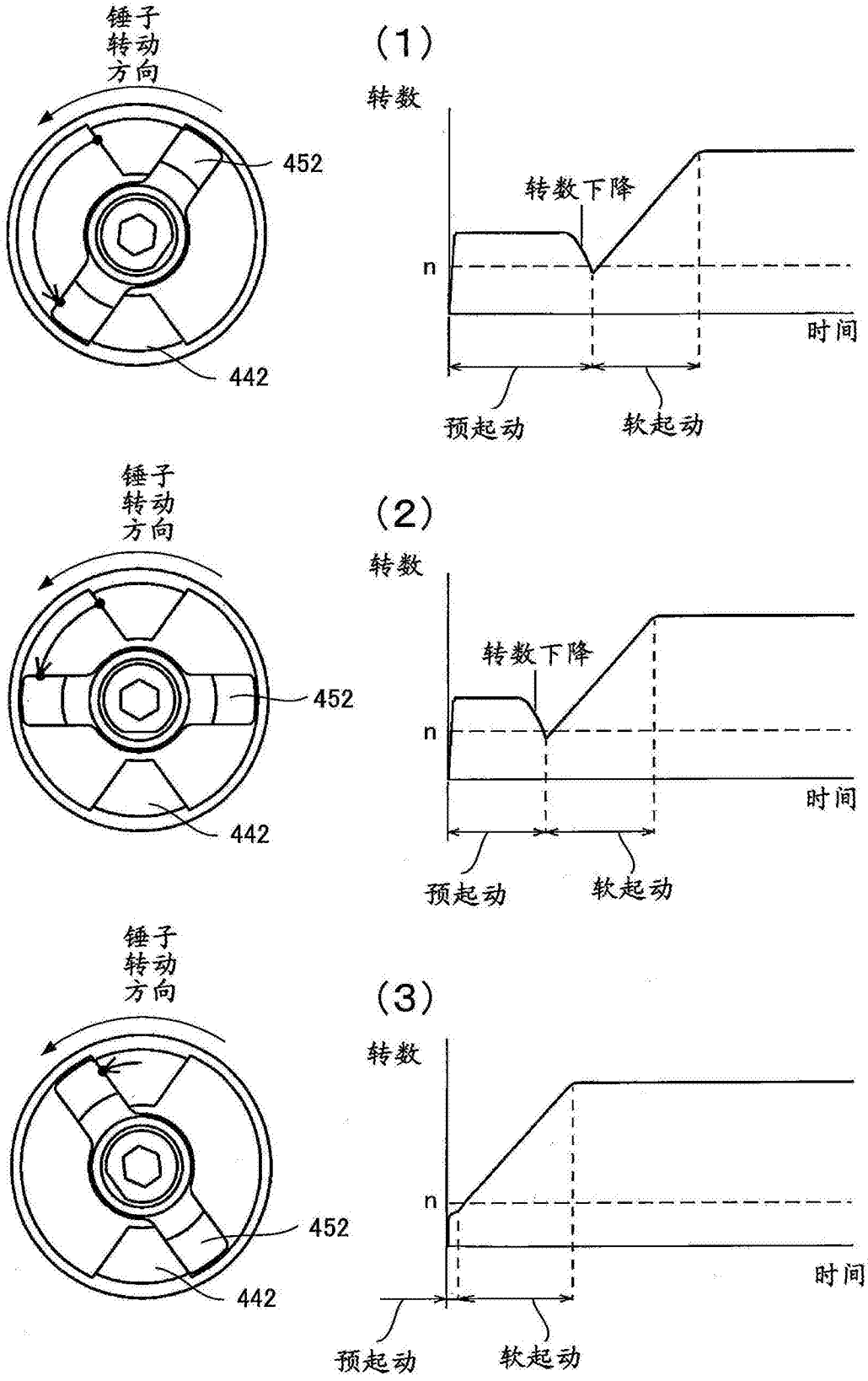

锤子
转动
方向
452
442
(1)
转数
转数下降
n
时间
预起动
软起动
锤子
转动
方向
452
442
(2)
转数
转数下降
n
时间
预起动
软起动
锤子
转动
方向
452
442
(3)
转数
n
时间
预起动
软起动

图 22

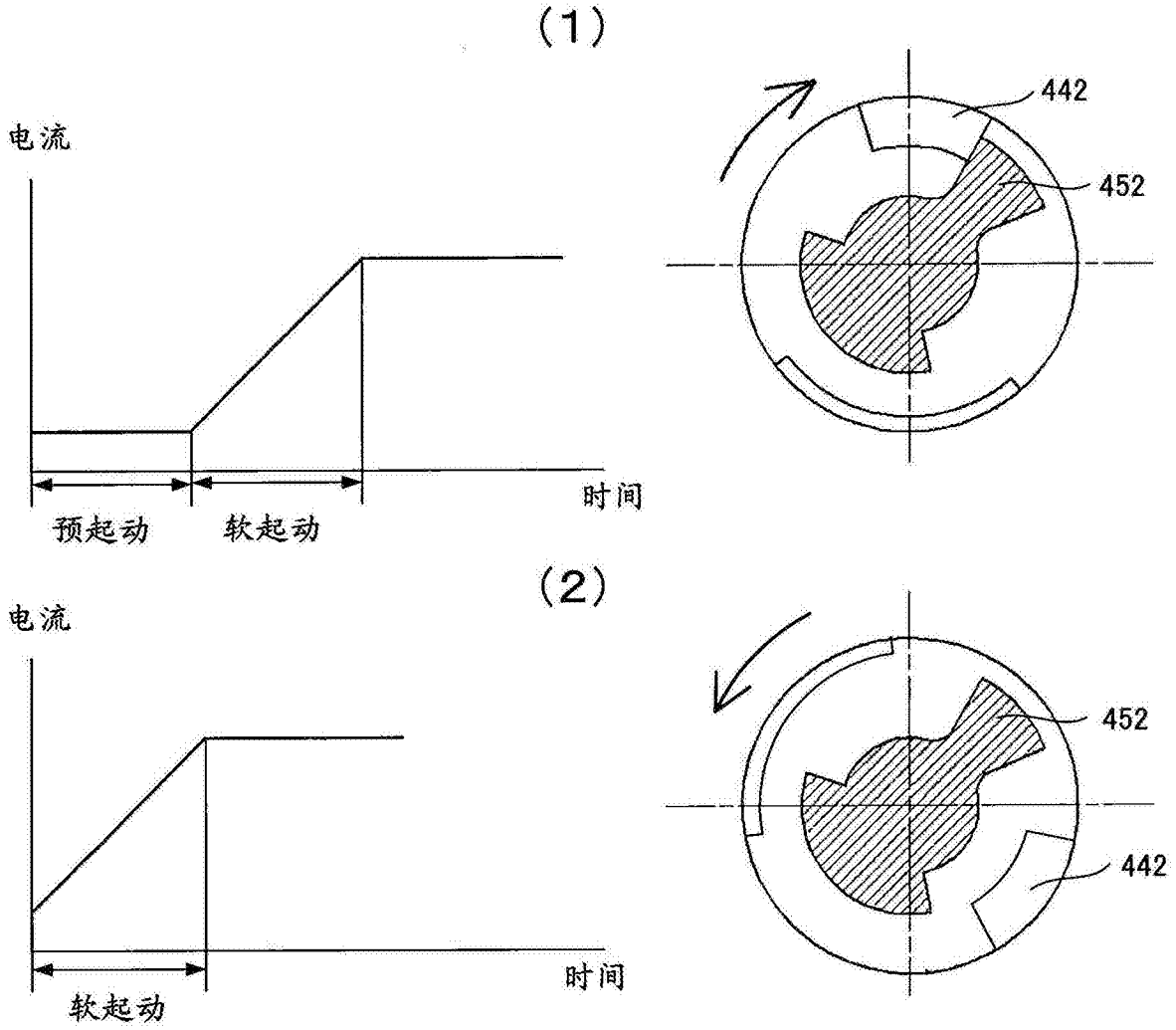


图 23

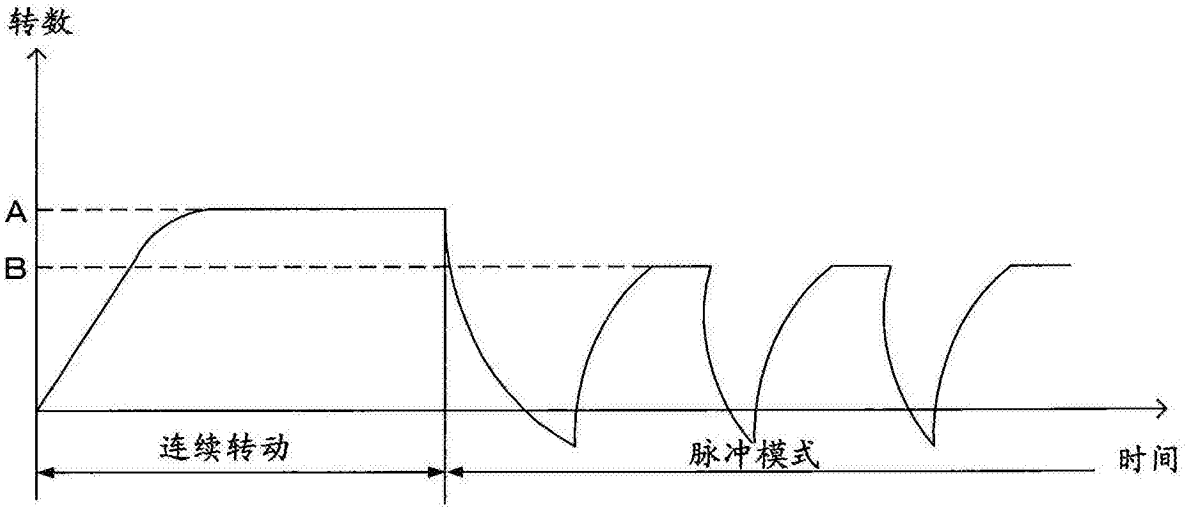


图 24

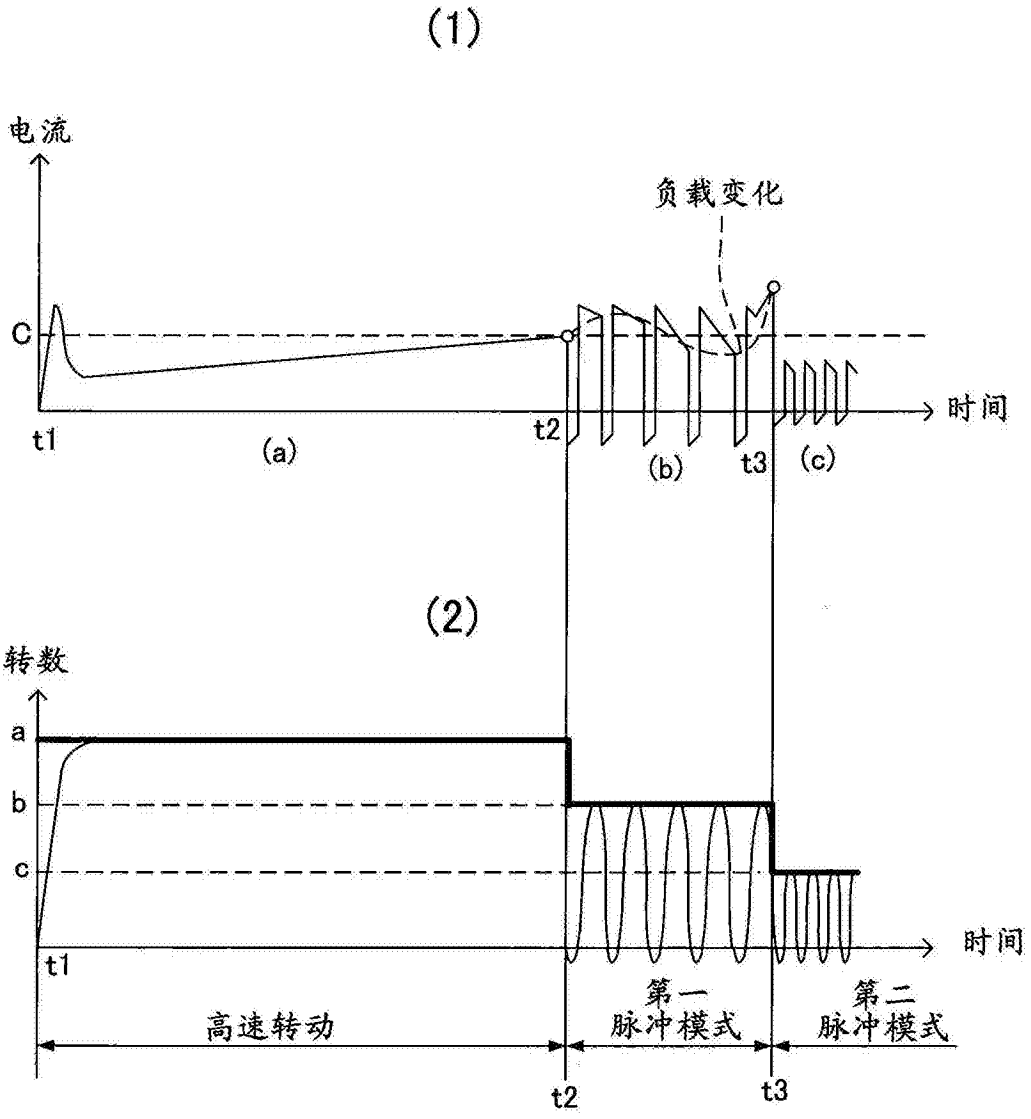


图 25

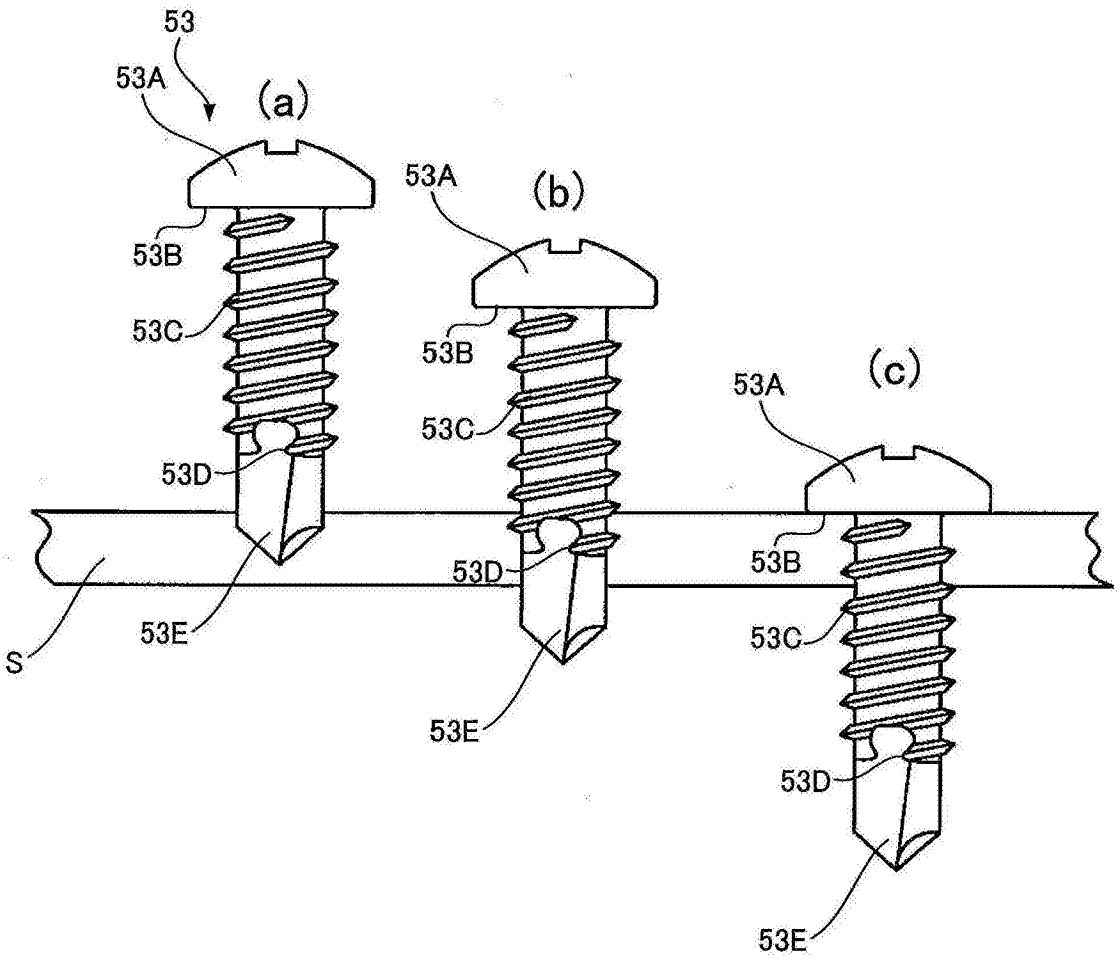

53
53A
(a)
53B
53C
53D
53E
S
53A
(b)
53B
53C
53D
53E
53A
(c)
53B
53C
53D
53E

图 26

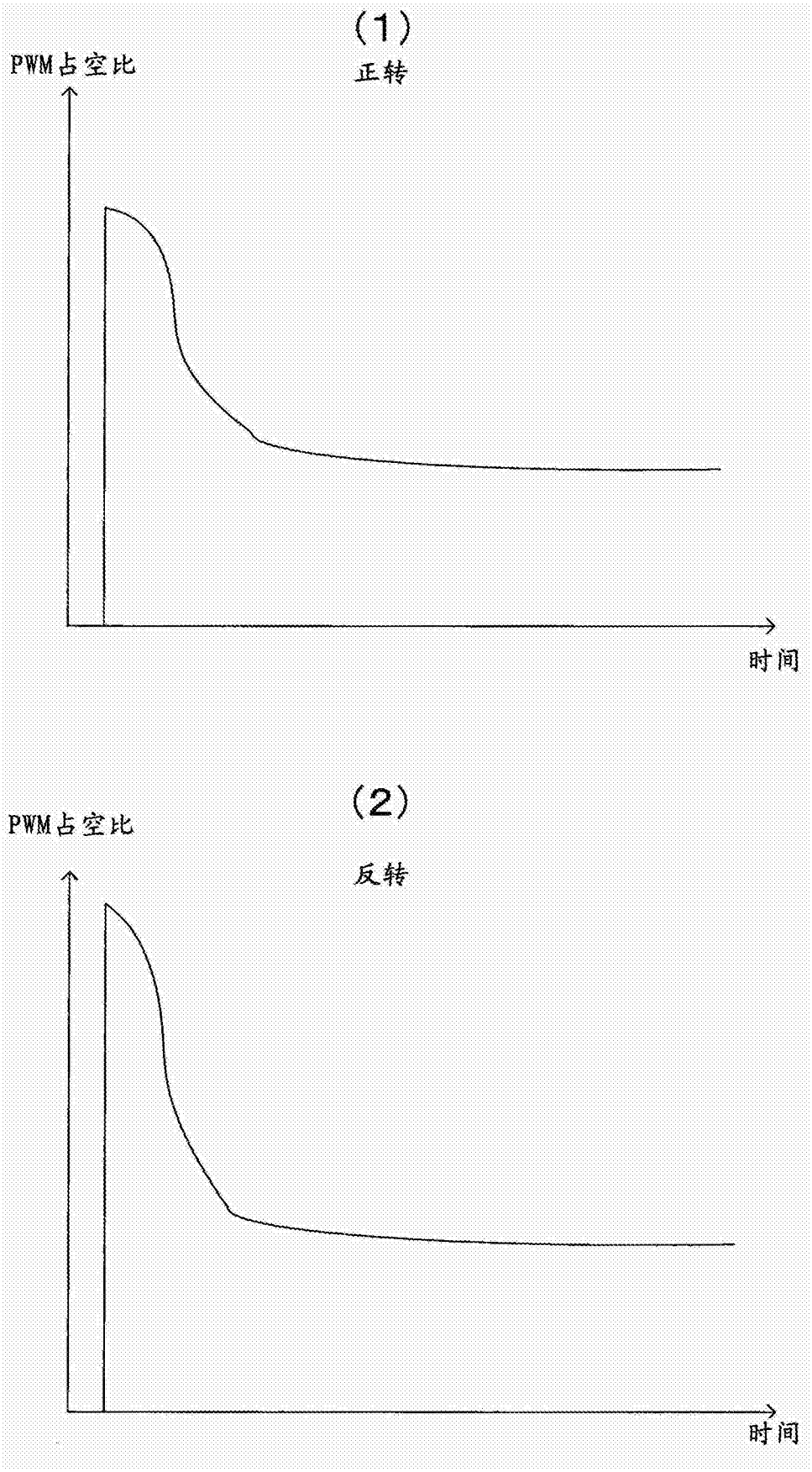


图 27