



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108702096 B

(45) 授权公告日 2022.01.11

(21) 申请号 201680082313.3

(22) 申请日 2016.12.22

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 108702096 A

(43) 申请公布日 2018.10.23

(30) 优先权数据  
62/270,880 2015.12.22 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2018.08.21

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/US2016/068326 2016.12.22

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02017/112872 EN 2017.06.29

(73) 专利权人 色玛图尔公司  
地址 美国康涅狄格州

(72) 发明人 托马斯·G·伊格纳托夫斯基

迈克尔·A·纳伦

莱利斯·D·弗瑞姆

(74) 专利代理机构 北京金信知识产权代理有限公司 11225

代理人 王智 李海菊

(51) Int.Cl.  
H02M 5/458 (2006.01)  
B23K 11/24 (2006.01)  
B23K 13/02 (2006.01)  
B23K 11/08 (2006.01)  
H02M 7/5387 (2007.01)

(56) 对比文件  
US 5902506 A, 1999.05.11  
US 4114010 A, 1978.09.12  
US 2470443 A, 1949.05.17  
US 5902506 A, 1999.05.11

审查员 王红芬

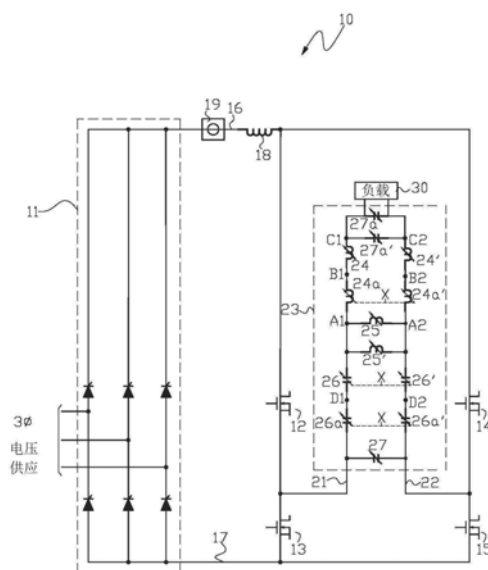
权利要求书3页 说明书11页 附图25页

### (54) 发明名称

用于加热工件的具有高度稳定输出的高频电源系统

### (57) 摘要

高频电源系统为工件负载提供高度稳定的功率和频率,其中高度稳定的功率和频率可通过逆变器开关控制和逆变器输出阻抗调节和频率控制网络独立于工件负载特性,该网络可包括具有几何成形的可移动插入芯部分和固定分离总线部分的精度可变的电抗器,其中插入芯部分可相对于固定分离总线部分移动,以改变可变电抗器的电感。



1. 一种高频电源系统(20),具有稳定可调的输出,用于在焊接或退火工艺中加热工件负载(30),所述高频电源系统包括:

全桥式或半桥式逆变器,具有多个桥式开关装置和单相逆变器输出引线(21,22);

逆变器输出阻抗调节和频率控制网络(23),具有连接到所述单相逆变器输出引线的控制网络输入和连接到所述工件负载的控制网络输出;以及

系统微处理器控制器,具有到所述多个桥式开关装置的一个或多个逆变器控制输出以及到所述逆变器输出阻抗调节和频率控制网络(23)中的一个或多个可变阻抗元件的一个或多个可变阻抗控制输出,用于独立于所述工件负载的工件阻抗,从所述单相逆变器输出到所述工件负载的可调功率传输,以及从所述单相逆变器输出引线到工件负载的可变输出频率;

其中,所述一个或多个可变阻抗元件包括:

第一对可变电抗器(24,24'),串联电连接到所述单相逆变器输出引线(21,22)和工件负载(30);第二对可变电抗器(25,25'),并联电连接到所述单相逆变器输出引线(21,22),当所述第一对可变电抗器或者所述第二对可变电抗器中的每一个在各自的电抗器对可移动插入芯和电抗器对分离总线部分之间被通电时,所述第一对可变电抗器和所述第二对可变电抗器中的每一个将相应产生可变电场,通过在所述第一对可变电抗器和所述第二对可变电抗器中的每一个各自的电抗器对分离总线部分内移动所述电抗器对可移动插入芯而改变电抗器对可变电抗,其中,所述第一对可变电抗器(24,24')和第二对可变电抗器(25,25')中的每一对包括:

几何成形的可移动插入芯,形成所述电抗器对可移动插入芯;

固定分离总线,形成所述电抗器对分离总线部分,所述固定分离总线包括:

几何成形的电隔离和空间分离的分离总线部分,其具有与所述几何成形的可移动插入芯几何互补形状,以提供所述几何成形的可移动插入芯插入所述几何成形的电隔离和空间分离的分离总线部分中的可调位置,以将所述电抗器对可变电抗从最小电抗值改变到最大电抗值,当所述几何成形的可移动插入芯完全插入到所述几何成形的电隔离和空间分离的分离总线部分中时具有最小电抗值,当所述几何成形的可移动插入芯从所述几何成形的电隔离和空间分离的分离总线撤出到某位置时具有最大电抗值,在所述某位置处所述几何成形的可移动插入芯和所述几何成形的电隔离和空间分离的分离总线之间的可变量场处于最大电抗值;以及

电隔离和空间分离的分离电总线端子部分,用于逆变器输出阻抗调节和频率控制网络中的所述第一对可变电抗器或者第二对可变电抗器的电连接;以及

致动器,其连接到所述几何成形的可移动插入芯上,用于将所述几何成形的可移动插入芯插入所述几何成形的电隔离和空间分离的分离总线部分,或从中撤出;以及

至少一个可变电容器(27),电连接到所述单相逆变器输出引线(21,22)和工件负载(30)。

2. 根据权利要求1所述的高频电源系统,其中所述系统微处理器控制器提供对来自所述一个或多个逆变器控制输出的所述多个桥式开关装置的硬切换控制,并结合对来自所述一个或多个可变阻抗控制输出的所述一个或多个可变阻抗元件的可调节阻抗控制。

3. 根据权利要求1所述的高频电源系统,其中所述系统微处理器控制器提供对来自所

述一个或多个逆变器控制输出的所述多个桥式开关装置的脉宽调制可变切换控制,并结合对来自所述一个或多个可变阻抗控制输出的所述一个或多个可变阻抗元件的可调阻抗控制。

4. 根据权利要求1所述的高频电源系统,其中所述系统微处理器控制器提供闭环控制,以将高频电源系统谐振点移动到输入到所述系统微处理器控制器的用户选择的输出频率,并且响应于用户选择的输出频率,所述系统微处理器控制器可替换地调整微处理器闭环输出,以维持传输到工件负载的最大输出功率,或当所述高频电源系统移出谐振点时提供低于最大输出功率的传输。

5. 根据权利要求1所述的高频电源系统,其中所述系统微处理器控制器提供用于高频电源系统谐振点的开环输出控制,以随着所述工件负载的所述工件阻抗而变化,并且可替代地调节微处理器输出,以保持最大值输出功率传输至所述工件负载,或当所述高频电源系统脱离谐振点时,维持低于最大值输出功率的传输。

6. 根据权利要求1所述的高频电源系统,其中所述几何成形的可移动插入芯由短路的导电材料形成。

7. 根据权利要求6所述的高频电源系统,其中所述短路的导电材料可替换地包括铜片或固体铜插入芯。

8. 根据权利要求1所述的高频电源系统,其中所述几何成形的可移动插入芯可替换地由实心或中空磁性材料形成。

9. 根据权利要求8所述的高频电源系统,其中所述实心或中空磁性材料包括铁氧体或多个铁氧体。

10. 根据权利要求1所述的高频电源系统,其中所述几何成形的可移动插入芯和所述几何成形的电隔离和空间分离的分离总线部分选自包含圆锥部分、楔形部分或抛物线锥形部分的组。

11. 根据权利要求1所述的高频电源系统,还包括与所述第一或第二对可变电抗器中的至少一个串联组合的至少一个固定电感器。

12. 根据权利要求1所述的高频电源系统,其中所述第一或第二对可变电抗器中的至少一个的电隔离和空间分离的分离电总线端子部分在所述第一或第二对可变电抗器的所述至少一个中电连接在一起,以电气形成单个可变电抗器。

13. 根据权利要求1所述的高频电源系统,还包括人机界面控制面板,所述人机界面控制面板具有集成的单个用户输入控制设备,以结合功率和频率显示以及热影响区的大小显示,控制来自所述高频电源系统的功率量值输出和频率输出。

14. 一种在焊接或退火工艺中控制到负载工件的高度可调功率和频率的方法,用于权利要求1所述的高频电源系统中,所述方法包括以下步骤:

控制所述多个开关装置的开关切换;和

通过在所述第一或第二对可变电抗器的几何成形的电隔离和空间分离的分离总线部分内移动所述几何成形的可移动插入芯,控制从所述逆变器输出阻抗调节和频率控制网络(23)到所述工件负载(30)的所述可调功率传输和所述可变输出频率。

15. 根据权利要求14所述的方法,其中控制所述多个开关装置的开关切换包括:硬开关切换控制多个桥式开关装置,以及独立于所述工件负载(30)的工件阻抗,控制从所述逆变

器输出阻抗调节和频率控制网络到所述工件负载的可变阻抗。

16. 根据权利要求14所述的方法, 其中控制所述多个开关装置的开关切换包括: 所述多个桥式开关装置的脉宽调制可变切换控制, 以及独立于所述工件负载的工件阻抗, 控制从所述逆变器输出阻抗调节和频率控制网络到所述工件负载的可变阻抗。

## 用于加热工件的具有高度稳定输出的高频电源系统

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2015年12月22日提交的美国临时申请No.62/270,880的优先权,其全部内容通过引用合并于此。

### 发明领域

[0003] 本发明一般涉及具有高度稳定的逆变器输出的高频电源系统,其向工件负载电路(诸如,工作感应线圈或电阻触点)供电,形成电源负载的一部分,其中工件在工业工艺(诸如,焊接或退火)中被加热,特别涉及这样的高频电源,其中通过提供逆变器输出阻抗调节和频率控制网络,逆变器的输出的功率大小和频率被稳定地调节并且独立于电源负载的阻抗。

### 背景技术

[0004] 感应焊接是一种使用电磁感应加热单个工件或多个工件的两个或更多个表面的焊接形式,其中至少一个工件至少部分导电。通过将在环境大气中的感应加热表面或受控环境(诸如,惰性气体或真空)之间施加力,将受热表面焊接在一起。

[0005] 工业感应焊接工艺的一个示例是利用如图1中图解绘示的至少部分导电的处理材料(诸如,片材104(工件))锻造管状制品。在该工艺中,片材104的边缘104a和104b由流过感应线圈106的高频交变电流建立的磁场感应加热,该感应线圈106由图中未示出的高频电源系统提供。感应加热的相对边缘与工具辊108a和108b一起被轧制(锻造)以形成管状制品110和焊接热影响区(HAZ)113,如图中箭头所示,片材104从图中的右向左移动。感应线圈和磁性耦合的工件焊接区域连同阻抗调节装置(诸如,插入卷绕焊接区域内的阻抗器112)形成焊接电负载(工件)电路,其在焊接工艺期间具有动态变化的负载特性。

[0006] 电阻焊接(ERW)是使用电阻加热来加热单个工件或多个工件的两个或更多个表面的焊接形式,其中至少一个工件至少部分导电。通过在环境大气中或受控环境中(诸如,惰性气体或真空)在电阻加热表面之间施加力,将受热表面焊接在一起。

[0007] 工业电阻焊接工艺的一个示例是利用如图2中图解示出的至少部分导电的处理材料(诸如,片材204(工件))锻造焊接管状制品。在该工艺中,通过从图中未示出的直流或交流电源系统提供的交流电或直流电流到电触点206a和206b,电阻片的相对边缘204a和204b被电阻加热。当片材204如图中箭头所示从右向左移动时,电阻加热的相对边缘204a和204b与工具辊208a和208b一起卷绕以形成管状物品210和焊接HAZ 213。电接点和工件焊接区在焊接工艺中形成具有动态变化负载特性的焊接电负载(工件)电路。

[0008] 用于感应焊接工艺中的高频固态电源还可以用于感应加热应用中,诸如,退火(热处理)工艺,其中金属工件或工件区域(诸如,先前形成的焊缝(HAZ))需要热处理。感应线圈和磁耦合工件热处理区域在退火工艺中形成具有动态变化的负载特性的焊接电负载(工件)电路。

[0009] 如图3所示,工业退火工艺的一个示例是金属管状物品302在先前焊接成型的管状

物品的焊缝304处的退火。焊缝(HAZ 306)的加热可以例如通过向线性感应线圈308(图中示意性地示出)供应高频电流来实现,其中管状物品沿着图3中的箭头的方向前进。

[0010] 对于上述感应焊接工艺、电阻焊接工艺或感应退火工艺,电力负载在焊接或加热工艺期间具有动态变化的负载阻抗,其由影响负载电路Q(质量)因子、电感、焊接区或加热区的电阻率和渗透率的工艺变量导致。工艺变量很多,并且可以包括,例如,工件的化学性质、工件的尺寸(诸如,管状物品的周长或厚度)、工件温度、加工辊的尺寸和化学性质、焊接或加热电源的输出频率、焊接或加热的制品、辅助机械装置、感应线圈或电接触尺寸的工艺线速度或生产速率、物理构造和组成以及铁氧体元素(例如,阻抗)。

[0011] 由于在焊接或退火工艺期间电负载电路中的动态变化的负载特性,在焊接或退火电源的输出与电负载电路之间需要动态负载匹配子系统,以用于从电源输出到电气负载电路的最大功率传输。

[0012] 图4绘示了用于焊接和退火工艺的一种已知负载匹配概念,其中当Q因子处于由电源输出阻抗和负载电路阻抗的谐振确定的Q曲线上的最大值时,在电源输出频率 $f_{res}$ 处发生最大(100%)功率传输。当系统失谐时,功率传输将根据电路的Q因子而减小。

[0013] 自然谐振电路将通过电容和电感的变化来确定,导致电压和电流比率或匹配的偏移以及频率的偏移或变化。图4是自然曲线的绘示。自然共振可以通过以下方式找到:

[0014] 自然谐振频率 $=\frac{1}{2\pi\sqrt{L\cdot C}}$

[0015] 其中L是电感,C是电路的电抗。

[0016] 由于系统中不存在匹配设备,意味着电感和电容的内部固定值,随着负载变化的发生,功率和频率将自然地转移到定义的Q曲线的不同点,导致定义的各种功率和频率级别由负载特性决定。为了获得最大功率输出,即在所需调谐频率下的电压和电流匹配比,负载Q和电感必须与电源调谐或设计的电容和电感固定值以及选定的峰值谐振匹配。此外,开关电路供电电压(电压供应电源)或电流(电流供应电源)的时序应设计为最大功率传输或效率,以控制电压和电流流动与谐振点一致。这个最大功率传输只发生在这一个频率的共振点。

[0017] 需要具有高度稳定的逆变器输出的高频电源系统,该系统向工作感应线圈或形成电源工件负载的一部分的电阻触点供电,其中工件在工业工艺中被加热,诸如,金属焊接和退火,提供给工件负载电路的功率大小和频率可以独立于工件负载特性。

## 发明内容

[0018] 在一个方面,本发明是一种高频电源系统,其具有用于在焊接或退火工艺中加热工件负载的高度稳定的输出。高频电源系统包括全桥式或半桥式逆变器,其具有多个单相逆变器输出引线的桥式开关装置。逆变器输出阻抗调节和频率控制网络具有连接到单相逆变器输出引线的控制网络输入和控制网络输出。系统微处理器控制器具有到多个桥式开关装置以及逆变器输出阻抗调节和频率控制网络中的一个或多个可调阻抗元件的控制接口,用于控制从全桥或半桥逆变器的单相输出到工件负载的功率传输,以及从全桥或半桥逆变器的单相输出到工件负载的可变输出频率,它可独立于工件负载阻抗。

[0019] 在本说明书和所附权利要求书中阐述了本发明的以上和其它方面。

## 附图说明

[0020] 如以下简要总结的附图提供用于示例性理解本发明,并且不限本发明在本说明书和所附权利要求中进一步阐述的本发明。

[0021] 图1是包括感应线圈的锻造焊接电源输出负载电路的图解绘示,并且金属片材的相对边缘部分被折叠以形成锻造焊接工艺中的管状制品。

[0022] 图2是锻造焊接电源输出负载电路的图解绘示,该电路包括金属片材的一对电阻触点和相对边缘部分,金属片材被折叠以形成电阻焊接工艺中的管状制品。

[0023] 图3是包括感应线圈和待退火的金属区域(例如,管状制品的预先焊接的接缝)的退火电源输出负载电路的图解绘示。

[0024] 图4绘示了用于感应焊接和退火以及电阻焊接的一种已知的负载匹配方法。

[0025] 图5绘示了通过使用增加的KVA来补偿用于感应焊接和退火以及电阻焊接的跑偏共振点来获得负载的最大功率的方法。

[0026] 图6是利用电流源逆变器的本发明的高频加热电源系统的简图的一个示例。

[0027] 图7是利用电压源逆变器的本发明的高频加热电源系统的简化图的另一示例。

[0028] 图8(a)是本发明的高频加热电源系统的控制系统的简化控制图的一个示例。

[0029] 图8(b)是用于受控输出功率(电抗)的调谐响应反馈回路的简化控制图的一个示例,其可与图8(a)中的高频加热电源系统的控制系统一起使用。

[0030] 图8(c)是用于输出功率大小控制系统以控制输出功率调节来补偿输入功率波动的简化控制图的一个示例,其可与图8(a)中的高频加热电源系统的控制系统一起使用。

[0031] 图9绘示了本发明的高频控制加热电源系统具有连续可变且可控的自然共振点的性能图的一个示例。

[0032] 图10绘示了用于本发明的高频控制加热电源系统的低频和高频脉宽调制的性能图的另一个示例。

[0033] 图11(a)和图11(b)绘示了本发明的高频可变电抗器的一个示例,其中一对几何成形的可变电抗器具有圆锥形状,其具有可用于本发明的高频电源系统中的单个实心或空心导电芯插入件。

[0034] 图11(c)是图6或图7中的阻抗调节和频率控制网络的细节,示出图11(a)和图11(b)中的一对可变电抗器可用于图6或图7中的电抗器对24a-24a'。

[0035] 图12(a)示出由实心或空心铁氧体形成的单个几何成形插入芯的一个示例,其可用于图11(a)和图11(b)中示出的一对电抗器。

[0036] 图12(b)示出了由铁氧体棒阵列形成的单个几何成形插入芯的一个示例,其可用于图11(a)和图11(b)中示出的一对电抗器中。

[0037] 图13示出了本发明的高频可变电抗器的一个示例,其中几何成形的一对可变电抗器具有可用于本发明的频率电源系统的楔形形状。

[0038] 图14示出了本发明的高频可变电抗器的一个示例,其中几何成形的一对可变电抗器具有可用于本发明的高频电源系统的椭圆抛物面形形状。

[0039] 图15(a)至图15(d)绘示了本发明的高频可变电抗器的一个示例,它包括可以在本发明的高频电源系统的负载匹配装置中使用的一对圆锥形的两匝可变电抗器。

[0040] 图16(a)和图16(b)示出本发明的高频可变电抗器的一个示例,其包括具有本发明

的单个实心或空心导电芯插件的几何成形的一对圆锥形可变电抗器,其可用于负载匹配和本发明的频率控制装置,其中用于电抗器对中每个可变电抗器的固定分离总线部分连接在一起形成单个可变电抗器。

[0041] 图16(c)是图6或图7所示的改进的负载匹配和频率控制装置的细节,示出了图16(a)和图16(b)中的高频电抗器可以用于本发明的高频电源系统。

[0042] 图17(a)和图17(b)分别是在本发明的高频电源系统的一些示例中使用的高频可变电容器对的一个示例的示意性俯视图和正视图。

[0043] 图17(c)是图6或图7中的阻抗调节和频率控制网络的细节,示出了图17(a)和图17(b)中的可变电容器对可用于图6或图7中的电容器对26-26'。

[0044] 图18(a)示出了允许用户可视化目标的图形用户界面的一个示例,在给定本发明的高频加热电源系统的负载特性和内部电容和电感设置的情况下,作为用于指示本发明的高频电源系统的实际运行点的方式。

[0045] 图18(b)是用于配方创建和存储、焊接工艺因素、用于表示焊接的热影响区(HAZ)特性(如由本发明的高频加热电源系统所产生的)的焊接和质量的焊接工艺因素的条件的控制显示的一个示例。

[0046] 图19(a)至图19(d)示出了在本发明的一些实施例中使用的逆变器输出阻抗调节和频率控制网络的选择性非限制性替代实施例。图19(a)至图19(d)示出了在本发明的一些实施例中使用的逆变器输出阻抗调节和频率控制网络的选择性非限制性替代实施例,其单独地或者选择性地组合图中所示的两个或更多个布置。图19(a)是这样的示例,其中输出阻抗调节和控制网络可以包括可以是固定或可变的并联电容器、或固定电容器和可变电容器的组合。图19(b)是这样的示例,其中输出阻抗调节和频率控制网络可以包括可以是固定或可变的串联电容器、或固定电容器和可变电容器的组合。图19(c)是这样的示例,其中输出阻抗调节和频率控制网络可以包括可以是固定或可变的并联电感器、或固定和可变电感器的组合。图19(d)是这样的示例,其中输出阻抗调节和频率控制网络可以包括可以是固定或可变的串联电感器、或固定和可变电感器的组合。

## 具体实施方式

[0047] 图6示出了本发明的高频电源系统10的一个实施例,其具有高度稳定的输出,用于在使用全桥电流源逆变器的焊接或退火工艺中加热工件负载30。在图6中,整流器11将三相交流电转换为直流电,并且通过引线16和17以及固定电感器18连接到包括晶体管12,13,14和15的逆变器电路。晶体管可以是金属氧化物半导体场效应晶体管或其它合适的固态开关装置。电流传感器19将与提供给逆变器的电流成比例的输出提供给负载30。当使用本发明的高频电源加热系统时,例如,在感应焊接或退火应用或电阻焊接应用中,负载30包括电引线和感应线圈或电触点(接触该部分或多个部分)以待焊接、退火或以其它方式加热。

[0048] 图7示出了利用全桥电压源逆变器的本发明的高频电源系统的另一个实施例20。图7中的对应元件由图6使用附图标记表示。在图7中的电压源逆变器中也使用滤波电容器28。在本发明的替代实施例中,逆变器可以是半桥逆变器。

[0049] 图6或图7中的固态全桥逆变器具有第一单相逆变器输出端子或引线21以及第二单相逆变器输出端子或引线22,其反馈逆变器输出阻抗调节和频率控制网络23中的阻抗元



件。

[0050] 在图6和图7所示的本发明的实施例中,逆变器输出阻抗调节和频率控制网络23包括:

[0051] 第一对串联可变电抗器24和24',第二对串联可变电抗器24a和24a',第一对串联可变电容器26和26'以及第二对串联可变电容器26a和26a'的组合,如图中布置和相互连接的;

[0052] 并联地设置和连接在单相逆变器输出引线之间的一对并联可变电抗器25 和25'以及一对并联可变电容器27a-27a'的组合,如图中布置和互连的并联连接的;和

[0053] 并联地设置和连接在单相逆变器输出引线之间的并联可变电容器27,如图所示。

[0054] 在图6和图7所示的本发明的实施例中,输出阻抗调节和频率控制网络包括L-C梯形网络,其中可调电容和电感元件可由来自系统微处理器控制器或等同控制部件的输出可变地控制,执行焊接或退火工艺。

[0055] 在本发明的其它示例中,多个L-C梯形网络可以在从逆变器到负载的第一和第二单相输出引线之间串联或并联互连,或者与图6或图7中所示的不同,以适应特定应用的要求。在本发明的其它实施例中,控制网络23中的一些感应元件和电容元件可以是与可调电感元件和电容元件结合的固定值。

[0056] 在本发明的一些示例中,作为负载特性独立工作的替代,图6或图7中的负载阻抗变化,其导致反射电抗和电阻的变化,逆变器输出阻抗调节和频率控制网络23补偿负载阻抗变化以保持期望的谐振点。

[0057] 在本发明的一些实施例中,可调电容和电感元件可被来自系统微处理器控制器的输出可变地控制以:控制从高频电源系统到负载的输出功率幅度;从电源系统到负载的输出电压与输出电流比率;或者从电源系统到负载的电压和电流的输出频率,独立于谐振功率振幅、电压和电流比率或频率等负载特性。

[0058] 在本发明的一些实施例中,逆变器输出阻抗调节和频率控制网络23中的可调节电抗器和/或电容器的系统微处理器用于补偿负载30的特性变化,从而无论负载特性如何变化都可以保持谐振点。例如,如果负载电感增加,逆变器输出阻抗调节和频率控制网络中的电感可以减小,从而保持总体等效的系统电感,这导致相同的谐振点,而不管负载特性如何变化。此外,如果负载的Q因子减小,则逆变器输出阻抗调节和频率控制网络中的Q因子也可以通过可变电容器和电感的系统微处理器控制器来降低,这导致功率传输的等效谐振点具有与负载特性相匹配的高频电源系统的特性。

[0059] 在本发明的一些实施例中,逆变器输出阻抗调节和频率控制网络23中的可调节电抗器和/或电容器的系统微处理器用于将组合高频电源系统和负载电路的固有谐振点改变到用户选择的自然共振点。例如,如果负载特性保持不变,通常在稳定的焊接和加热工艺条件下,可以通过改变用户选择的自然共振点的可调电感和/或电容来选择不同的谐振频率值。

[0060] 为了获得谐振频率下的最大功率传输,可以通过脉宽调制(PWM)来调整控制电源切换的切换电路的时序,使得最大功率可以通过改变的输出谐振点传输到负载30。PWM技术也可以用来保持图6或图7中的晶体管开关器件 12,13,14和15的效率。

[0061] 图8(a)至图8(c)中所示的系统控制元件可以设置在系统微处理器控制器或等效

的一个或多个控制部件中。系统控制元件可以包括图8(a)中的高频控制器、电压、电流和频率比较器以及电流比较器、图8(b)中的匹配控制电路和图8(c)中的电压/电流反馈电路。

[0062] 可以为任何可调节的电抗器提供向系统微处理器控制器反馈的传感器,以感测电抗器可移动部件的位置(作为可变电感值的函数),电抗器两端的电压和流过电抗器的电流,如图8(a)和图8(b)所示。类似地,可以为任何可调节的电容器提供向系统微处理器控制器反馈的传感器,以感测电容器可移动部件的位置(作为可变电容值的函数),电容器两端的电压和流过电容器的电流。这些可调节的电抗器和电容测量值用于闭环控制,以保持和调整设定输出。在本发明的一些实施例中,测量从逆变器输出阻抗调节和频率控制网络到负载的输出功率,以及从该控制网络到负载的输出电流和来自该控制网络的输出频率,以检测精确的谐振点、负载的功率和负载阻抗的变化。

[0063] 在本发明的一些实施例中,根据传感器对测量的电压、电流和频率的反馈,然后将测量信号提供给如图8(a)所示的测量比较器,以为与每个可变电抗器或电容器相关联的单个致动器(M)产生输出调节控制信号。这些输出调整控制信号被用于精确地控制与每个可变电抗器和/或电容器相关联的可移动部件的移动,以维持由系统微处理器控制器确定的谐振点或停止谐振点。

[0064] 在本发明的一些实施例中,系统微处理器控制器作为开环系统控制器运行,以允许高频电源系统的谐振点随着负载阻抗而改变,并且调整控制逆变器的开关设备的现有微处理器输出,以保持最大输出功率传输,或在系统脱离共振时,保持控制逆变器的开关设备的现有微处理器输出小于最大输出功率。

[0065] 可选地,在本发明的其它实施例中,系统微处理器控制器作为闭环控制控制器运行,以将系统谐振点移动到用户选择的输出频率(被输入到微处理器控制器中的),并且调整逆变器的现有微处理器输出控制开关设备,以保持最大输出功率传输,或在系统脱离共振时,保持控制逆变器的开关设备的现有微处理器输出小于最大输出功率。

[0066] 图8(b)是高频电源系统的一些实施例的控制框图的一个示例,其能够与图8(a)所示的高频加热电源控制系统(如高频控制器38和电压、电流和频率比较器35)一起使用。

[0067] 图8(c)是功率大小控制框图的一个示例,其能够与图8(a)中绘示的高频加热电源控制系统一起使用,其中该控制系统有维持输出功率调节以补偿输入功率波动和变化的能力。

[0068] 图9图解绘示了本发明的高频加热电源系统的操作。图9中图形绘示的电子负载匹配过程使用硬切换处理,并接合本发明的可调电抗器和/或电容器组件。在本发明的硬切换处理中,硬开启的特征在于,在电流换向期间,在载流切换装置上的总换向电压下降,并且硬关断的特征在于,在电流下降之前电流继续流动时电压增加到换向电压的值。硬启动或硬关闭会导致逆变器开关装置中出现高功率损耗峰值。在另一种操作模式中,图5中的曲线表示用于获得所述最大输出功率的方法。此方法需要在输入端增加KVA,以便在停止谐振点时获得最大功率。相反地,图9中的曲线表示本发明的一种方法,用于通过网络23的硬切换和可变电感和电容电抗控制来获得最大输出功率,以随着负载的阻抗变化而改变谐振点。

[0069] 图10图形绘示了可以与本发明的输出阻抗调节和频率控制网络一起使用或者与电感器和电容器的固定布置一起使用的替代的PWM调制可变开关频率电源。如果在逆变器中使用场效应晶体管,为了实现逆变器场效应晶体管切换的最大效率和功率传输,可以使

用PWM技术来控制晶体管切换的时序。

[0070] 在本发明的一些实施例中,一个或多个可调节的电抗器对可以由两个载流总线和在可变位置插入开放体积交错空间的单个芯之间的开放体积空间形成,其中减小上述体积和面积导致较低的电感。开放体积空间的构型可以是,例如,几何形状的形式,诸如,盒形、梯形、三角形、圆锥形、椭圆形或卵形、或者可以插入电抗器芯的任何其它开放体积几何形状。基于每对电抗器所需的最大电感来选择开放体积空间。芯包含开口体积形状的倒置形状,其被插入其中以在芯和引线之间围绕感应区域的整个边界形成精确的等效间隙,使得当芯完全插入开放体积空间时,为可变电抗器对中的每一个保持最小电感值。然后通过手动或使用电动机或其它致动器自动地移动芯,从而当芯从开放体积空间内撤出时,导致电感从最小值到最大值的模拟变化。开放体积空间和芯的几何形状的锥度可以被配置用于特定的应用以导致,例如:电感的线性变化,电感的对数变化或其它曲线形状,其取决于特定的阻抗负载匹配条件应用。电机或其它致动器通过位置传感器装置(诸如,图8(b)所示的编码器E)向系统微处理器控制器中的匹配控制电路提供精确的反馈,或者可替代地,芯在开放体积空间内或外的致动或移动将适于提供与电感的改变相关的距离的精确测量。或者,电感的变化也可以由系统微处理器控制器根据对于给定的电流变化速率产生的电压量由公式得出:

[0071] 
$$V(t) = L \frac{di}{dt}$$

[0072] 其中V(t)等于作为时间的函数的每个可调节电抗器对两端的电压,

[0073] L等于亨利电感,并且

[0074]  $\frac{di}{dt}$ 等于每秒安培电流的瞬时变化率。

[0075] 在本发明中,图6或图7中的阻抗调节和频率控制网络23中的任何可变电抗器对24-24',24a-24a'和25-25'可以由具有单个可移动的几何成形的插入芯和固定分离总线的几何成形的电抗器对形成,在本发明的一个实施例中,其由导电片材(诸如,所示的铜)构造,例如,图11(a)、图11(b)、图13或图14分别示出的作为互补的圆锥截面、楔形(由两个三角形和三个梯形面限定的多面体)截面或抛物锥形截面。当短路插入芯部分相对于互补总线部分向内或向外移动时,短路插入芯部分中的感应电流的大小建立可变磁通场,其与互补总线部分中的电流产生的场耦合,以在交流(AC)总线的端子处为该对电感器中的每一个建立可变电感,其具有从最小值到最大值的可变电感范围,当几何插入芯部分完全插入互补几何总线部分时具有最小值,当几何插入芯部分被撤出到短路插入芯部分和几何总线部分之间的磁场耦合最大的位置时具有最大值。首先,基于利用这种几何形状的电感器可以实现的电感变化的精确度,为特定应用选择磁相互作用的可移动插入芯部分和固定总线元件的几何形式,该精确度涉及当电源控制系统正在执行加热工艺时,在电源的输出频率中的精确调节度。

[0076] 例如,在本发明的一个实施例中,在图11(a)和图11(b)中示出可变电抗器对60,其中单个短路几何成形插入芯部分62移入或移出固定分离总线部分64的互补几何成形分离总线圆锥部分64a和64b,如图11(a)和图11(b)中的箭头所示。插入芯部分62中的感应电流的大小建立可变磁通量场(也称为可变能量场),其来自固定分离总线部分64的互补几何成形分离总线圆锥部分64a和64b中的交流电流,以为每对电抗器在交流总线的分离的电气

总线端子部分A1-B1和A2-B2建立可变电感,其可以具有从最小电感值到最大电感值的可变电感范围,当几何成形的插入芯部分62完全插入互补的几何成形的分离的圆锥形母线部分64a和64b时具有最小电感值,当几何成形的插入芯部分62撤出到某个位置时(例如,图11(a)所示)具有最大电感值,在该位置插入芯部分62和固定分离母线部分64之间的成形交错空间中的可变能量场处于最大值。图11(c)绘示了连接在图6或图7的高频电源系统中的可变电抗器对60作为可变电抗器对24a-24a'。固定分离总线部分64包括电气隔离的分离圆锥形总线部分64a和64b以及分离的电气总线端子部分A2和B2(与圆锥形总线部分64a相关联)和分离的电气总线端子部分A1和B1(与圆锥形总线部分64b相关联)。也就是说,电气互连的圆锥母线部分64a和分离的电气母线端子部分A2和B2在空间上与电气互连的母线部分64b和端子部分A1和B1分离。

[0077] 基于利用这种几何成形的电感器可以实现的电感变化的精确度,为特定应用选择磁相互作用的可移动插入芯部分和固定总线元件的几何形式,该精确度涉及当电源控制系统正在执行加热工艺时,在电源的输出频率中的精确调节度。

[0078] 每个几何成形的电抗器对包括一对电抗器,例如,图6或图7中的电抗器对24-24', 24a-24a'和25-25',如图6或图7中的虚线互连X所指示的其是成对可调节的,例如,如图11(a)和图11(b)所述,对于电抗器对24a和24a',通过利用附接到图8(a)中示出的可移动插入芯或电动机M3的图11(a)和图11(b)示出的致动器M',插入芯部分62进入或离开固定分离总线部分64的几何成形的分离总线部分。

[0079] 图12(a)和图12(b)绘示了具有图11(a)和图11(b)中的圆锥形电抗器对60的锥形芯插入部分62的磁性材料(例如,铁氧体62a)的使用。在图12(a)中,圆锥形芯插入部分62a包括实心或中空磁性材料芯插入部分。在图12(b)中,圆锥形芯插入部分62b包括形成芯插入部分的外周边的铁氧体棒阵列。

[0080] 图13示出了可以与本发明的高频电源系统一起使用的本发明的高频可变电抗器90的另一个示例。高频可变电抗器90包括由两个三角形和三个梯形面限定的多面体的几何形状的单短路插入芯部分92,其在此通过其通用名称标识为楔形部分,如图13中的双头箭头所示,其移入或移出固定分离总线部分94的固定互补几何成形的分离式楔形总线部分94a和94b。插入芯部分92中感应电流的大小建立可变磁通量场(也称为可变能量场),其来自固定分离总线部分94的互补几何成形分离楔形总线部分94a和94b中的交流电流,以为每对电抗器在交流总线的分离的电气总线端子部分A1-B1和A2-B2建立可变电感,其可以具有从最小电感值到最大电感值的可变电感范围,当几何成形的插入芯部分92完全插入互补几何成形的分离圆锥形母线部分94a和94b时具有最小电感值,当几何成形的插入芯部分92撤出到某个位置时具有最大电感值,在该位置插入芯部分92和固定分离总线部分94之间的成形交错空间中的可变能量场处于最大值。可变电抗器对90连接在图6或图7所示高频电源系统中,作为可变电抗器对24-24', 24a-24a'和/或25-25'。固定分离总线部分94包括电隔离的分离楔形总线部分94a和94b以及分离的电气端子部分A2和B2(与楔形总线部分94a相关联)和分离的电气总线端子部分A1和B1(与楔形总线部分94b相关联)。也就是说,电连接总线部分94a和端子部分A2和B2在空间上与电连接的总线部分94b和端子部分A1和B1分离。

[0081] 图14示出了可以与本发明的高频电源系统一起使用的本发明的高频可变电抗器110的另一个示例。高频可变电抗器110包括椭圆抛物面的几何形状的单短路插入芯部分

112,如图14中的双箭头所示,其移入或移出固定分离总线部分114的固定互补几何成形的椭圆抛物面形总线部分114a和114b,插入芯部分112中感应电流的大小建立可变磁通量场(也称为可变能量场),其来自固定分离总线部分114的互补几何成形分离总线部分114a和114b中的交流电流,以为每对电抗器在交流总线的分离的电气总线端子部分A1-B1和A2-B2建立可变电感,其可以具有从最小电感值到最大电感值的可变电感范围,当几何成形的插入芯部分112完全插入互补几何成形的分离圆锥形母线部分114a和 114b时具有最小电感值,当几何成形的插入芯部分112撤出到某个位置时具有最大电感值,在该位置插入芯部分112和固定分离总线部分114之间的成形交错空间中的可变能量场处于最大值。可变电抗器对110连接在图6或图7所示高频电源系统中,作为可变电抗器对24-24',24a-24a'和/或25-25'。固定分离总线部分114包括电隔离的分离圆锥形总线部分114a和114b以及分离的电气总线端子部分A2和B2(与椭圆抛物面形总线部分114a相关联)和分离的电气总线端子部分A1和B1(与椭圆抛物面形总线部分114b相关联)。也就是说,电连接的总线部分114a和端子部分A2和B2在空间上与电连接的总线部分114b和端子部分A1和B1分离。

[0082] 在本发明的其它示例中,本发明的几何成形的高频电抗器可以是其它几何形式,例如,金字塔形,这取决于特定应用所需的可变电感分布,该应用是几何成形的插入芯部分和固定的分离总线部分之间的形状交错的空间的函数。例如这样的应用,其中特定的高频可变电抗器需要线性或对数变化的电感以实现用本发明的高频电气加热系统进行加热,特定的几何形状可以提供在另一个几何形状上的更高度稳定的电感分布。

[0083] 图15(a)至图15(d)示出了可以与本发明的高频电源系统一起使用的本发明的高频可变电抗器70的一个实施例。高频可变电抗器70包括两匝可变电感器对70,其中几何形状是圆锥形部分,并且每个可变电抗器成对,例如,图6或图7中的电抗器24a和24a'分别具有其自己的圆锥形插入芯部分72a和 72b,以及其自己的圆锥形两匝分离总线部分74a和74b。第一固定分离总线部分包括电隔离的两匝分离总线部分74a和分离的电气总线端子部分A1和B1(连接到两匝分离总线部分74a),第二固定分离总线部分包括电隔离的两匝分离总线部分74b和分离的电气总线端子部分A2和B2(连接到两匝分离总线部分74b)。这是电连接的两匝分离总线部分74a,并且端子部分A1和B1在空间上与电连接的两匝分离总线部分74b和端子部分A2和B2分离。

[0084] 图16(a)和图16(b)示出了可以与本发明的高频电源系统一起使用的本发明的高频可变电抗器120的另一个示例。图16(a)和图16(b)所示的实施例与图11(a)和图11(b)中所示的类似,除了分离电气总线端子部分A1和A2在总线端子A1'处电气连接在一起,并且B1和B2在总线端子B1'处电气连接在一起,以使得该对可变电抗器形成单个电抗器120。在该实施例中,电感器对被配置为总线端子A1'和B1'之间的单个电感器120,如图16(c)所示,其在本发明的一些实施例中用单个可变电抗器120代替可变串联电抗器对 24a和24a'。类似地,通过修改图16(a)和图16(b)中的示出的电抗器对,图6或图7中的其它电抗器对可以用单个电抗器代替。

[0085] 在本发明的高频电源系统的一些示例中,具有固定电感值的电感器可以与本发明的电抗器对中的任何一个或多个可变电抗器串联组合。

[0086] 用于本发明的几何成形的一对高频可变电抗器中的每一个的可移动的插入芯部分可以利用合适的致动器(例如,如图8(a)所示的分别用于电抗器对 24a-24a'和25-25'的

电动机M2和M3) 移入或移出固定的几何成形的分离总线部分, 其中电动机例如具有连接到插入芯部分的线性可逆输出连接, 如图中用虚线图解示出的连接到可移动插入芯部分和致动器M', 例如, 如图11 (a) 和 11 (b) 所示。

[0087] 本发明的几何成形的一对高频可变电抗器的热量可通过冷却介质的循环来散发, 例如, 在与固定分离总线部分和/或可移动插入芯部分热接触的冷却管中。

[0088] 在本发明的其它示例中, 几何成形的电抗器对可以是其它几何形状, 例如, 金字塔形, 取决于特定应用所需的可变电感分布。例如这样的应用, 其中特定的高频可变电抗器需要线性或对数变化的电感以实现用本发明的高频电气加热系统进行加热, 特定的几何形状可以提供在另一个几何形状上的更高度稳定的电感分布。

[0089] 通过测量当插入芯定位在几何成形的分离总线部分内的某位置时的电感和随后插入芯撤出到某位置时的电感, 来确定移动插入芯的完全插入以实现特定应用的最小电感, 在该某位置处获得应用程序的最大所需电感, 以用于设置插入核心的最大电感位置。

[0090] 在本发明的一些实施例中, 阻抗调节和频率控制网络23的图6或图7中的可变电容器对27a-27a'和26a以及26a'的一个或两个被示出为如17 (a) 和图17 和图17 (b) 所示, 其中图6或图7中的可变电容器对26-26'由分别连接到交错且间隔开的来自图6或图7中的阻抗调节和频率控制网络的如图17 (c) 所示的导电板26和26'的可移动总线部分A1, A2, D1和D2形成。

[0091] 在本发明的一些实施例中, 在本发明的输出阻抗调节和频率控制网络中使用一个或多个可调几何成形电抗器对和电容器对的组合。

[0092] 图18 (a) 示出图形用户界面的一个示例, 在给定逆变器输出阻抗调节和频率控制网络23中的负载特性和电容和电感设置的情况下, 允许用户可视化作为指示实际运行点的装置的目标。坐标系的中心可以用作本发明的高频电源系统的用户的指示, 用于在焊接或热工艺期间的任何时间独立于负载阻抗精确地设置系统工作频率和Q。

[0093] 图18 (b) 绘示了系统微控制器的一个示例, 其在图中所示的图形用户界面上显示虚拟控制条42和44, 用于分别控制锻造焊接或加热设备的焊接频率和焊接功率, 本发明的高频电源系统可以于该造焊接或加热设备一起使用。当设备的使用者修改控制条42 (HAZ宽度) 或44 (功率) 中的任何一个的位置而使得设备的焊接频率或焊接功率被修改时, 微控制器实时或基本实时地显示与HAZ宽度的预测值相关的量。在本发明的一些实施例中, 微控制器还在图形用户界面上显示最优焊接频率, 以及在二维图表46上显示预测HAZ宽度和最佳HAZ宽度之间的百分比差异, 如图18 (b) 所示。图18 (b) 中的显示结合了图18 (a) 的图形用户界面, 给予锻造焊接或加热设备的使用者对焊接或加热工艺的附加控制, 以便在焊接或热处理工艺中随时独立于负载阻抗精确设定系统工作频率和Q因子。

[0094] 或者, 本发明的一些实施例中的人机界面控制面板可以具有集成的单个用户输入控制设备, 诸如, 单个协同旋钮, 以结合电源和频率显示以及热影响区域的大小来控制来自高频电源系统的功率大小输出和频率输出。

[0095] 在以上描述中, 为了解释的目的, 已经阐述了许多具体要求和若干具体细节, 以便提供对示例和实施例的透彻理解。然而, 对于本领域技术人员显而易见的是, 可以在没有这些具体细节中的一些的情况下实践一个或多个其它示例或实施例。所描述的特定实施例不是为了限制本发明而是为了说明它。

[0096] 例如,贯穿本说明书对“一个示例或实施例”,“示例或实施例”,“一个或多个示例或实施例”或“不同的示例或实施例”的引用意味着可以包括特定特征在本发明的实践中。在描述中,各种特征有时被组合在一个示例、实施例、附图或其描述,以简化公开并帮助理解各个发明方面的目的。

[0097] 已经根据优选示例和实施例描述了本发明。除了明确指出的那些之外,等同物、替代和修改是可能的,并且在本发明的范围内。受益于本说明书教导的本领域技术人员可以对其进行修改而不偏离本发明的范围。

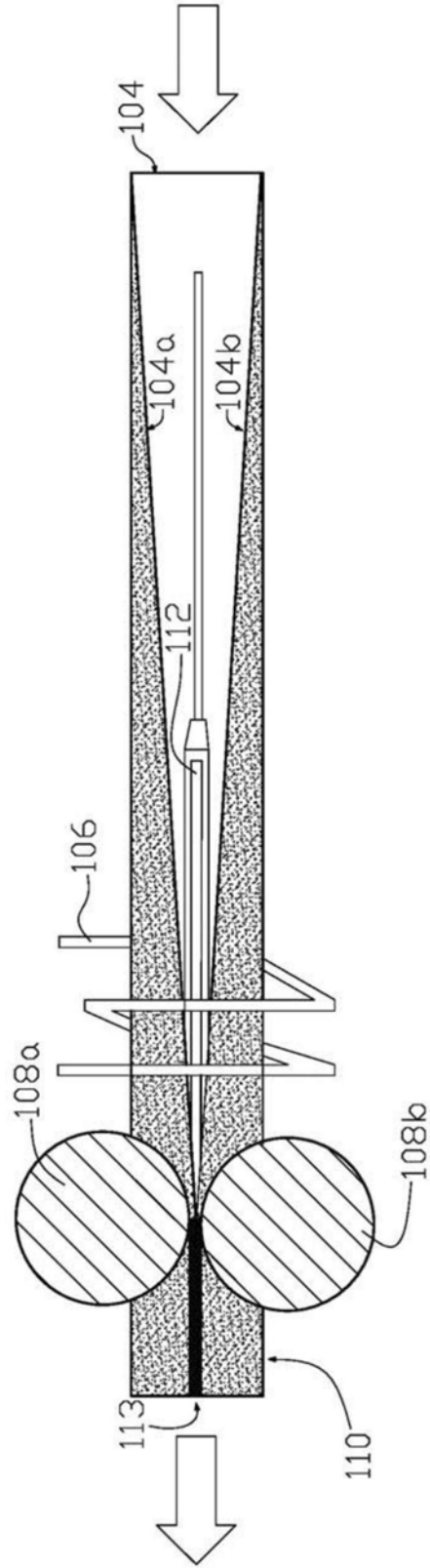


图1



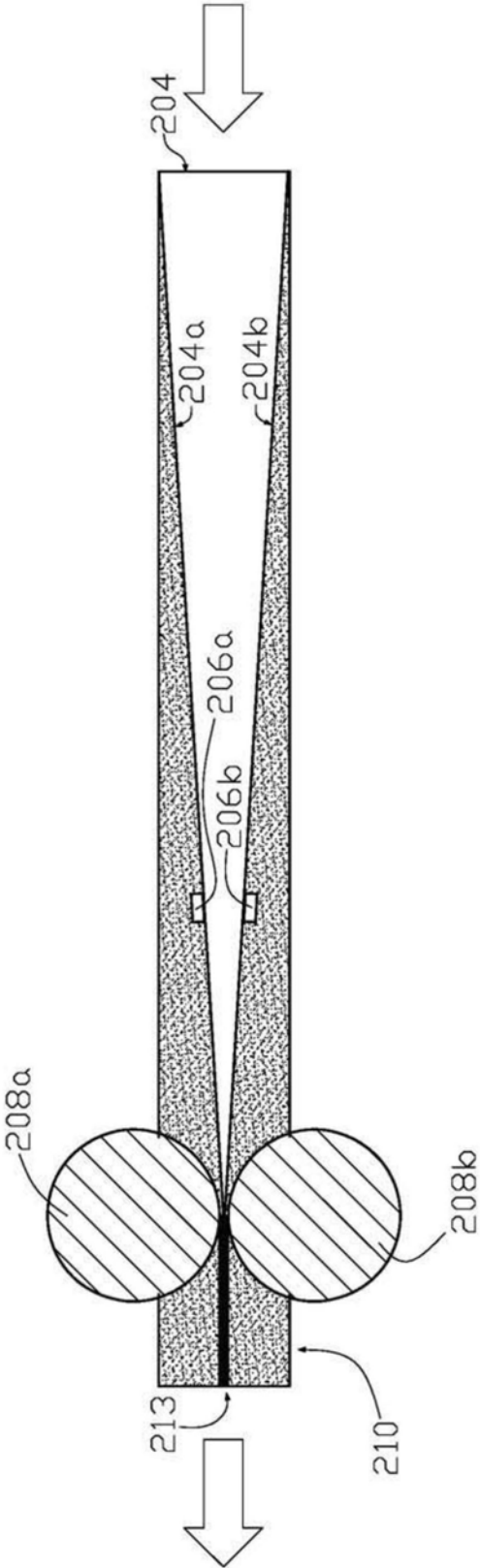


图2

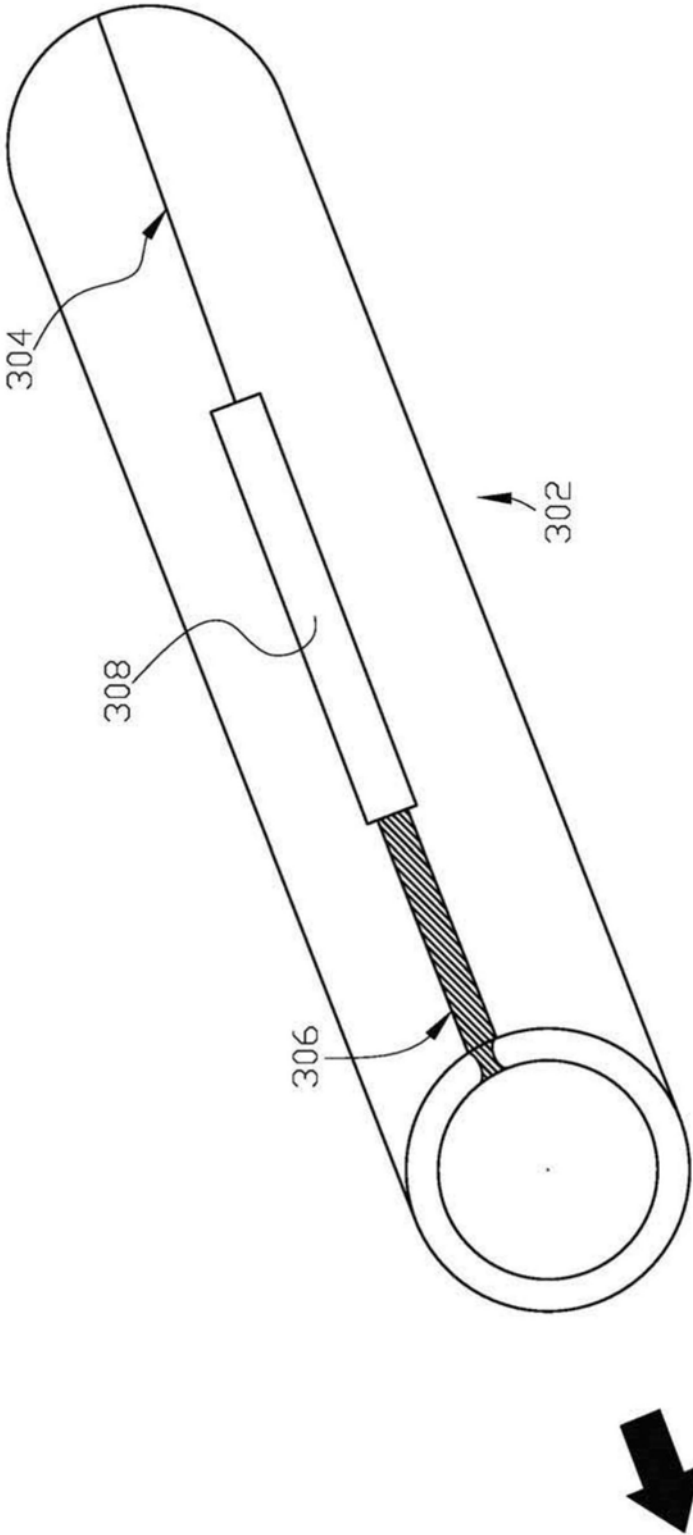


图3

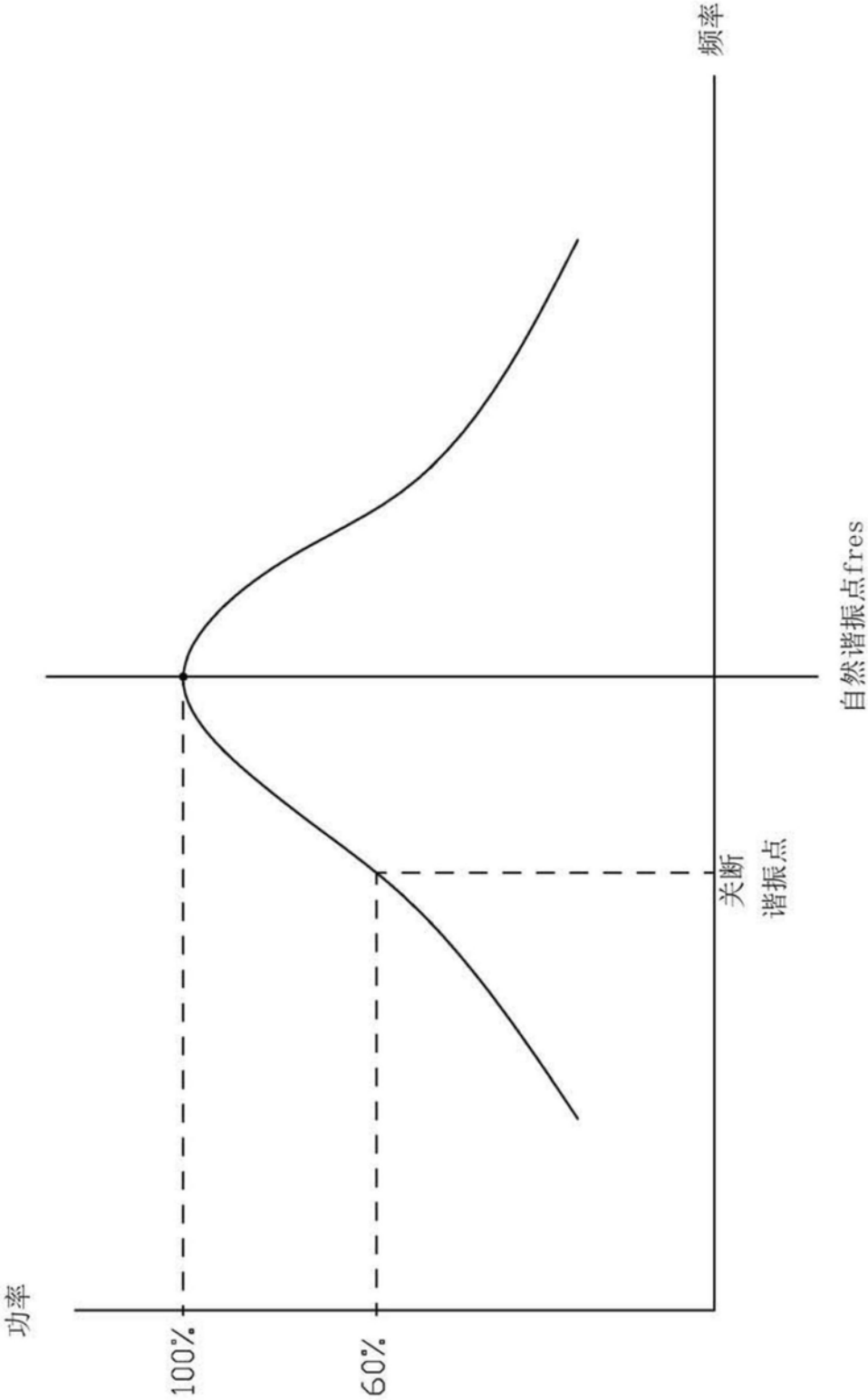


图4

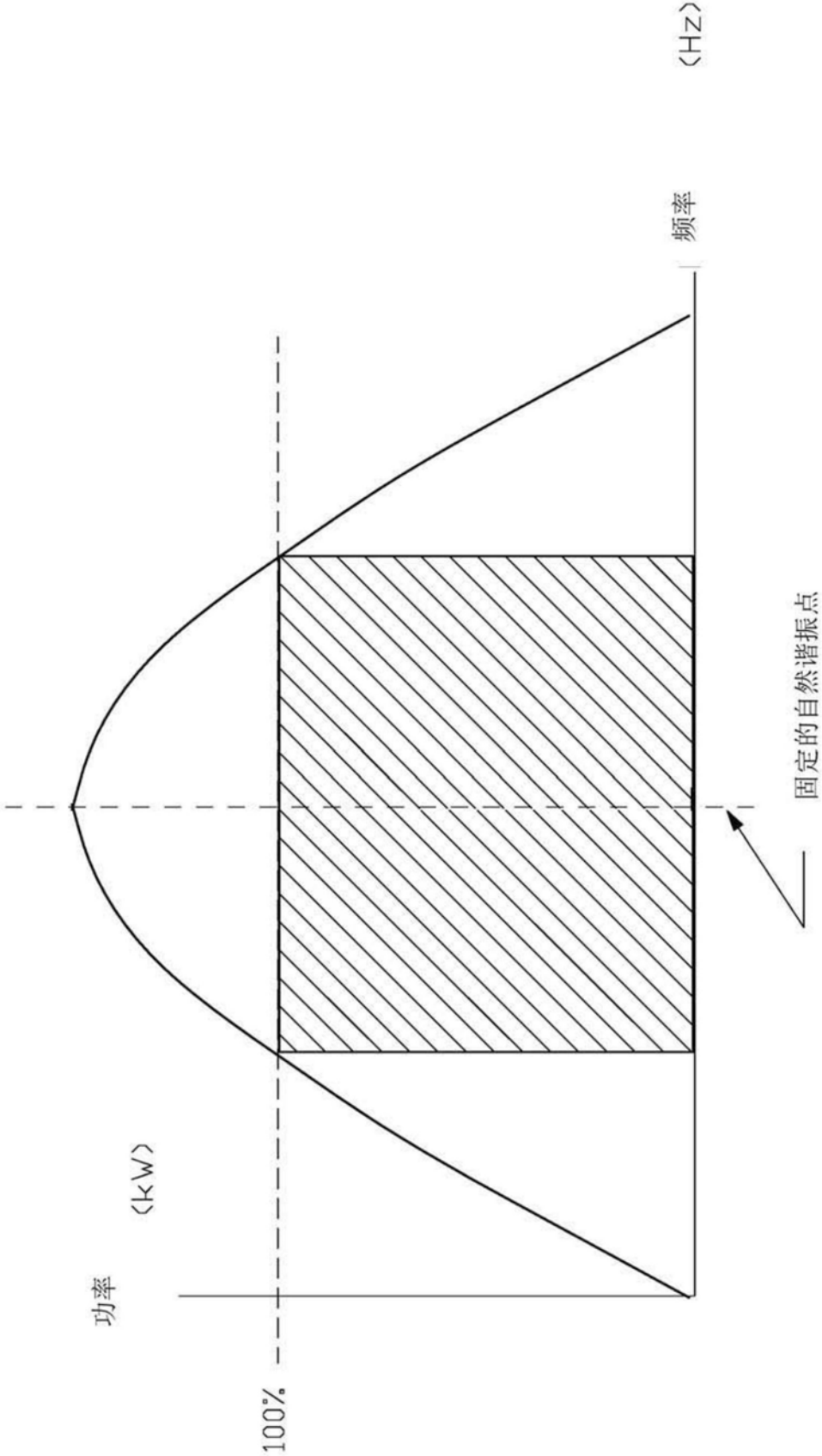


图5

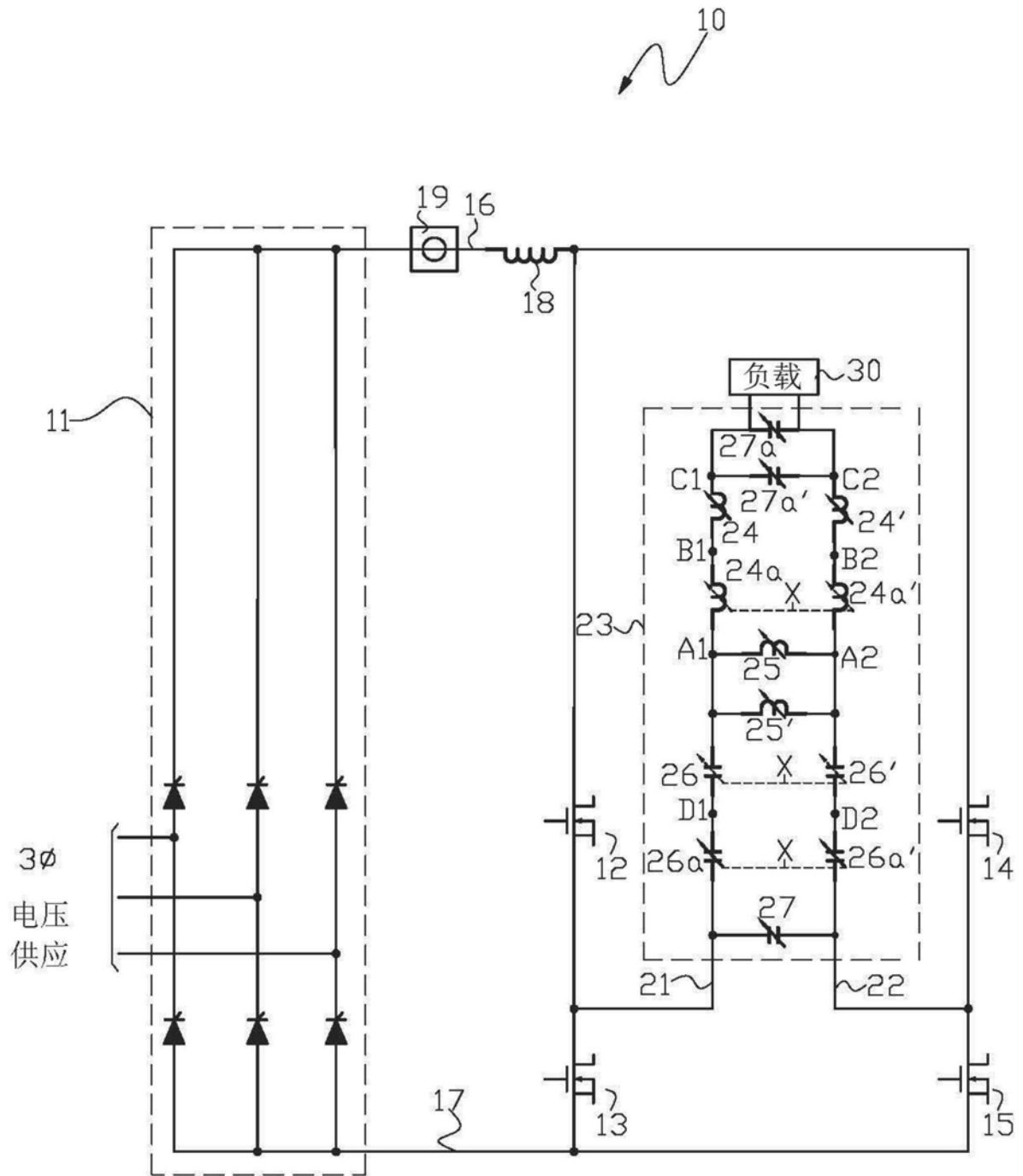


图6

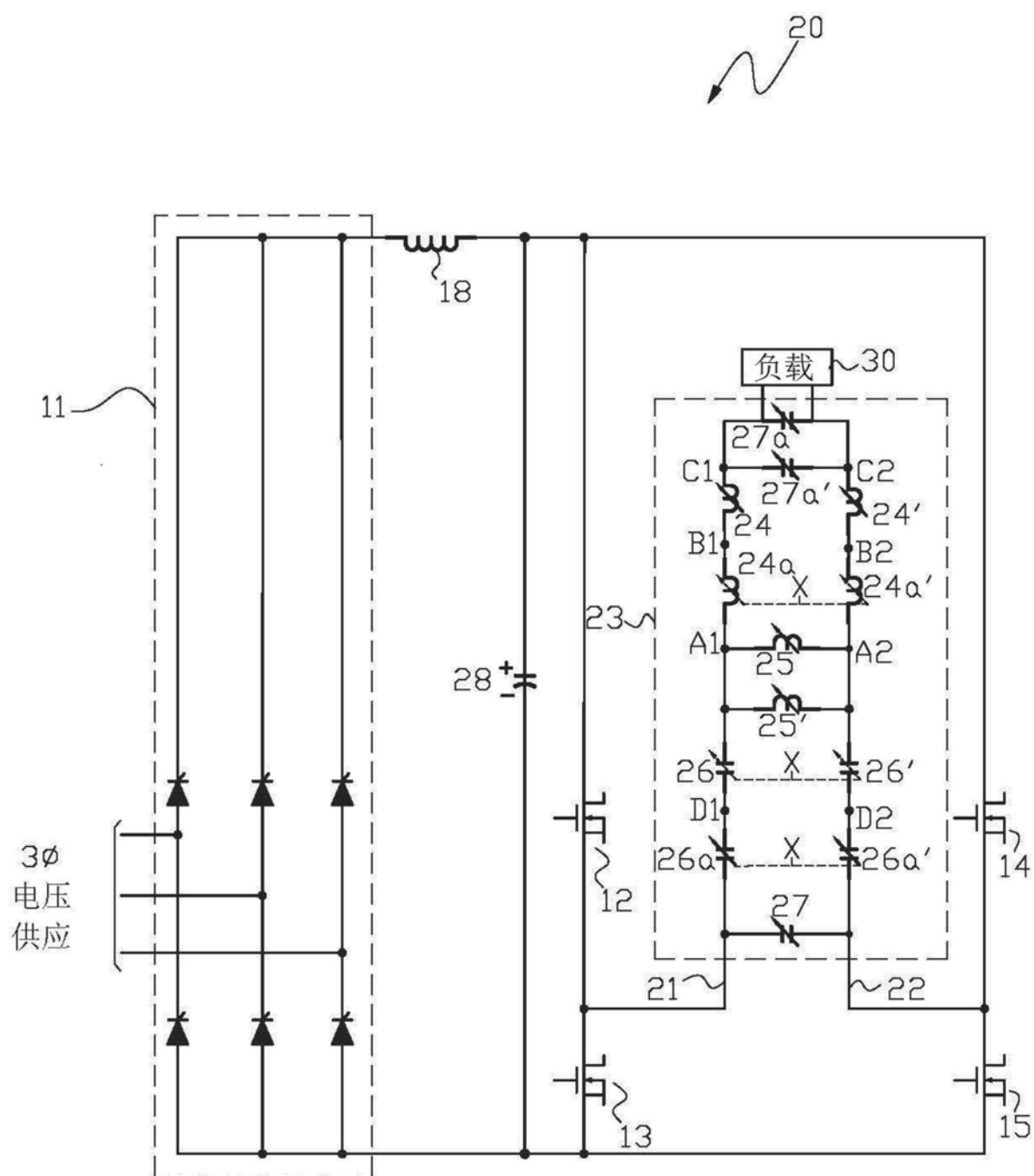


图7

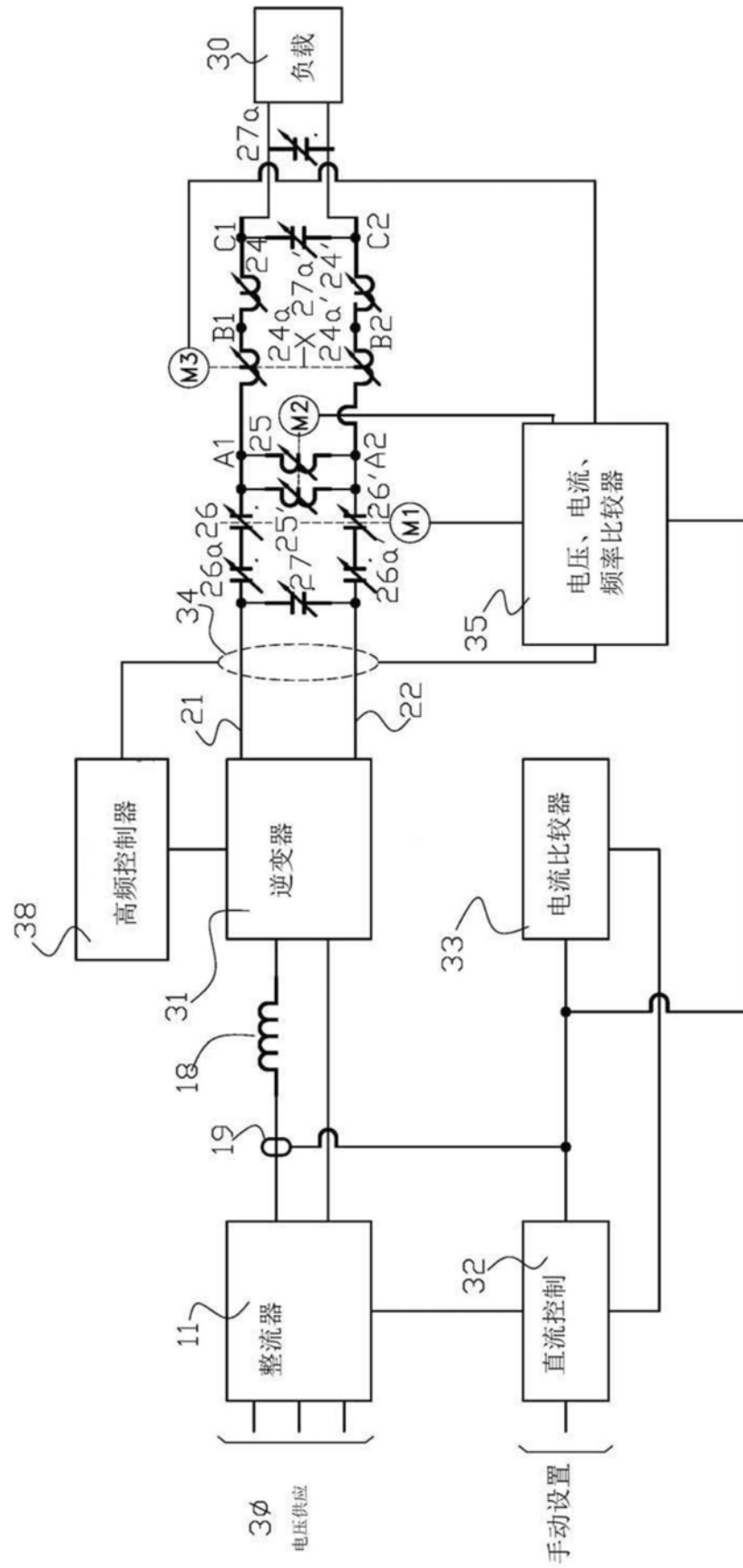


图8(a)

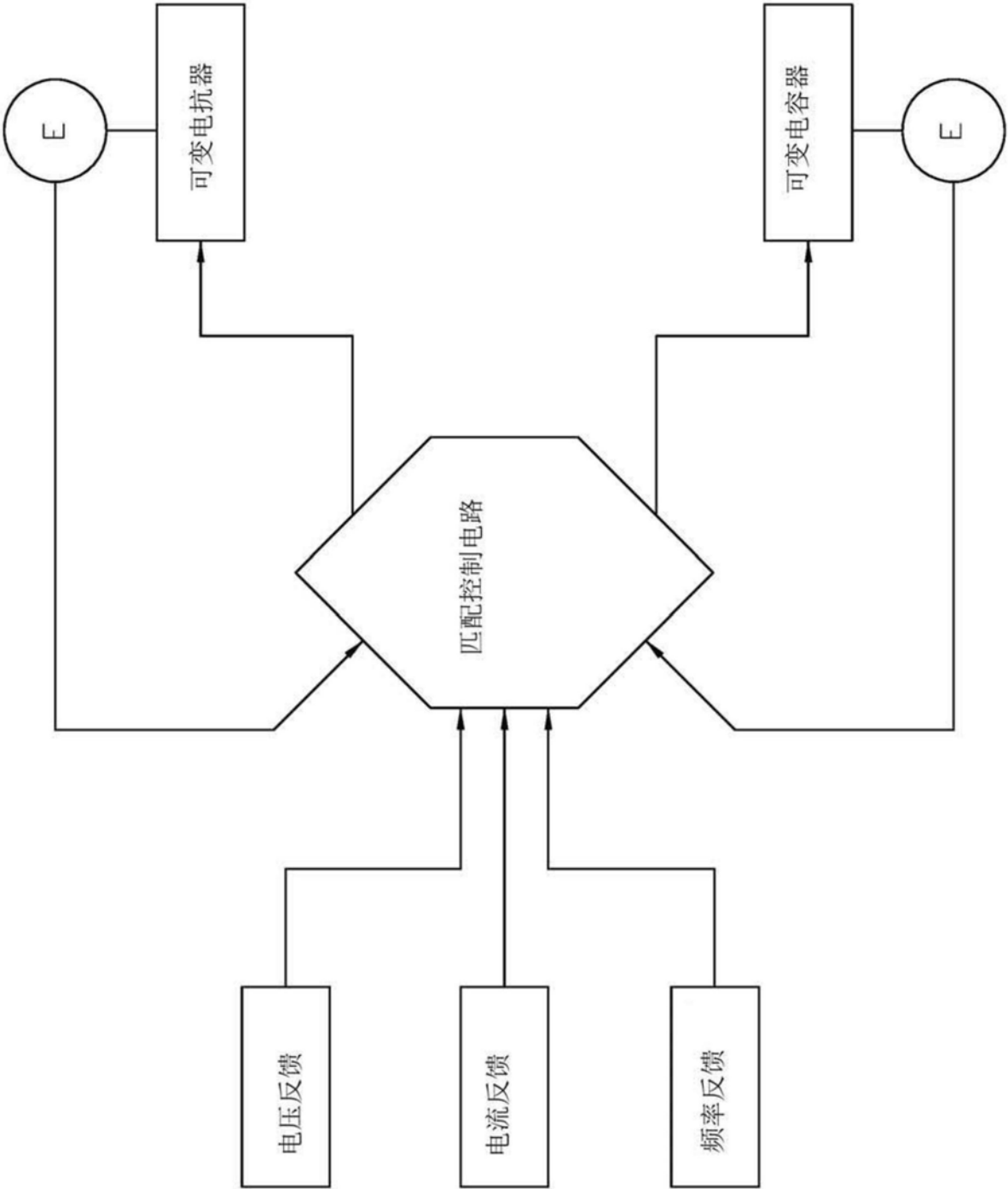


图8 (b)



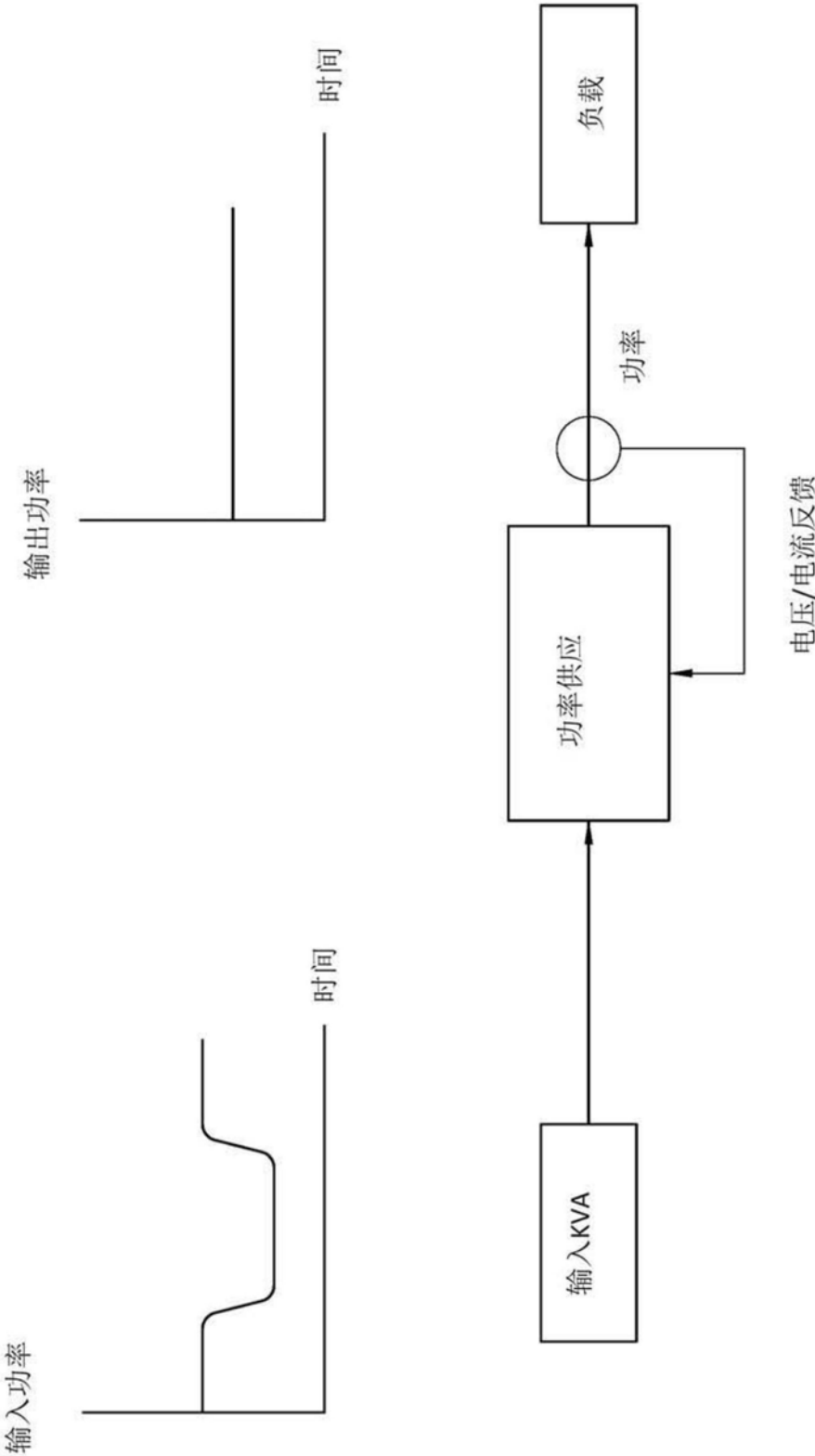


图8 (c)

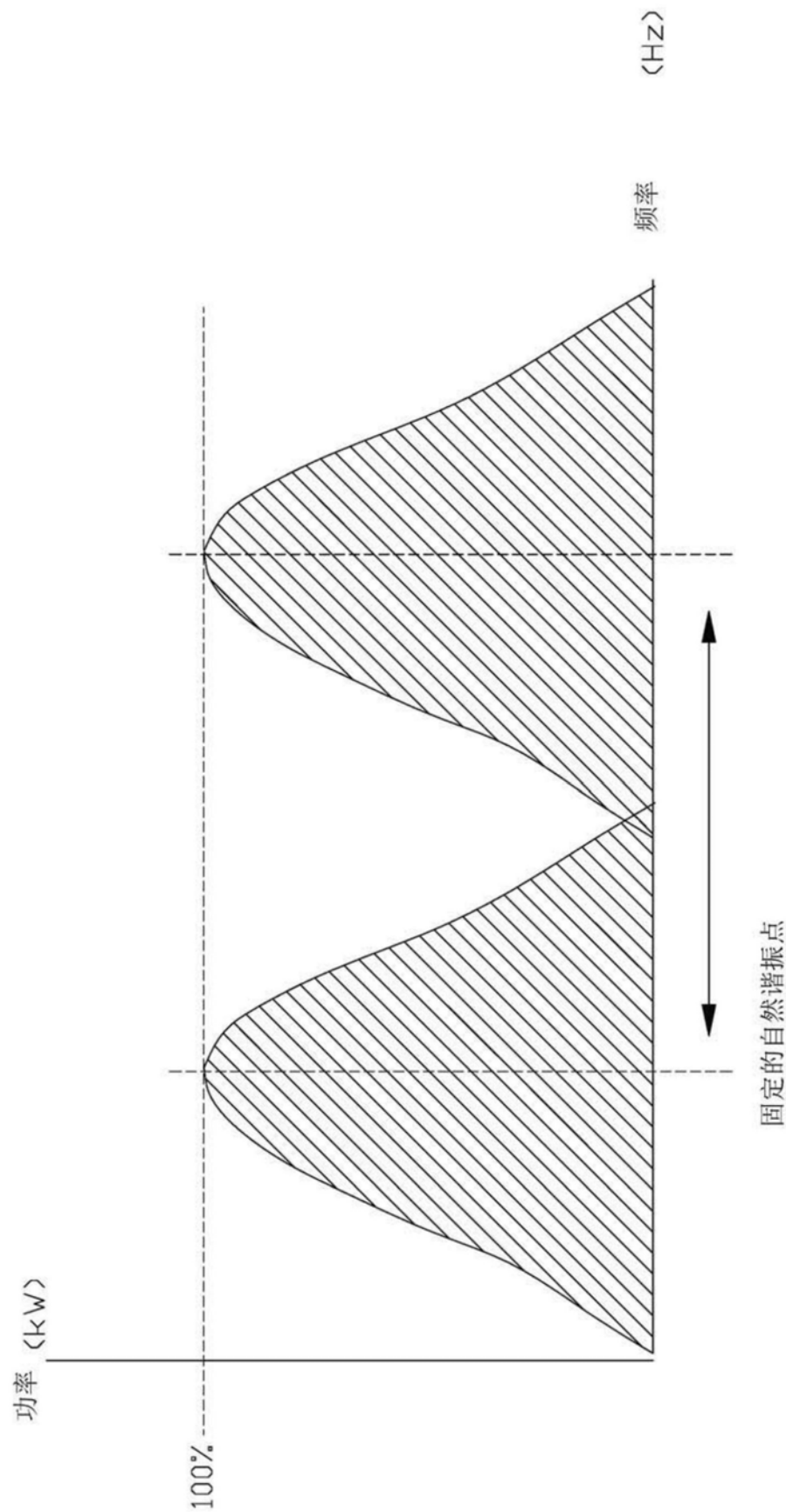


图9

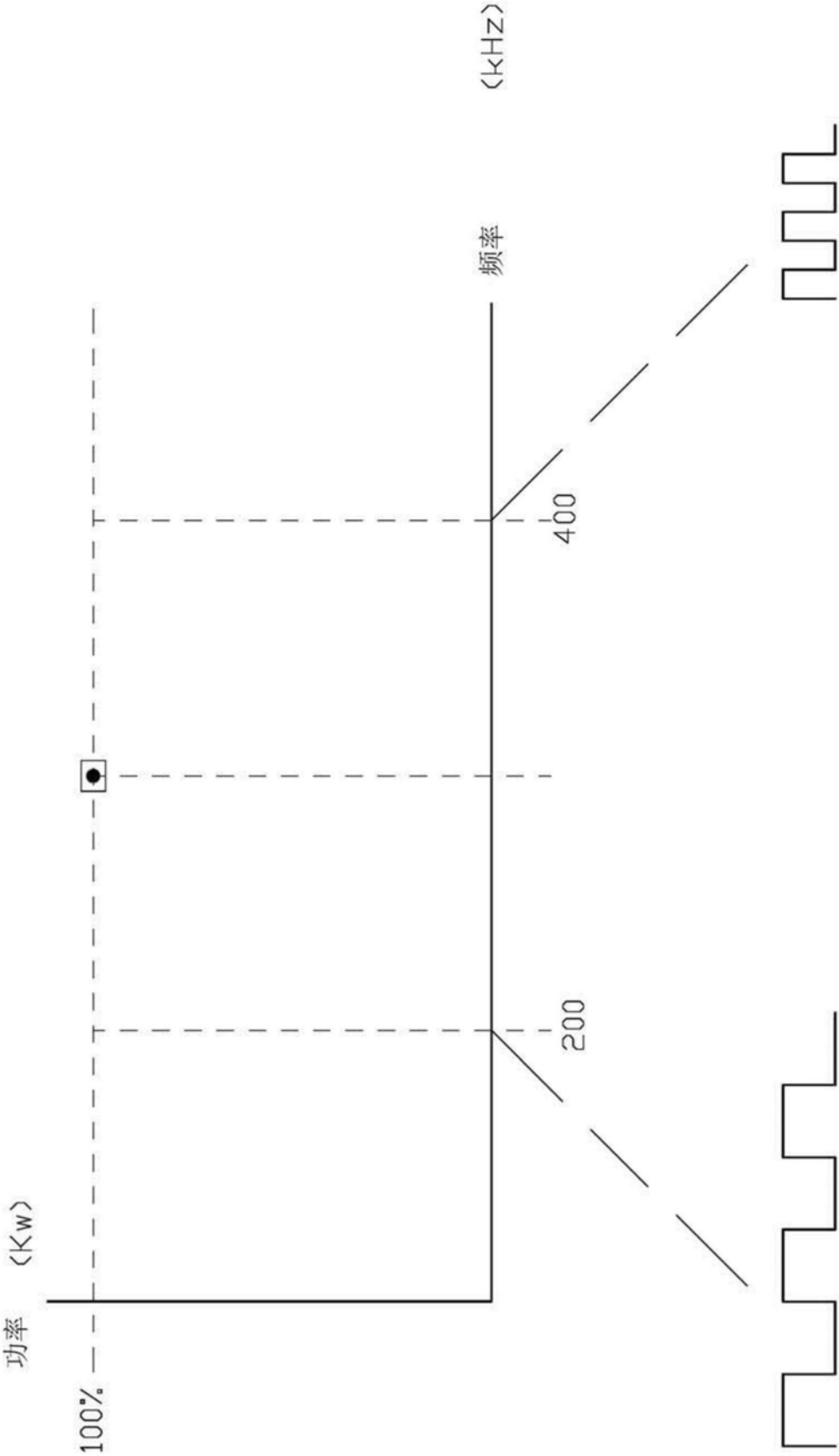


图10

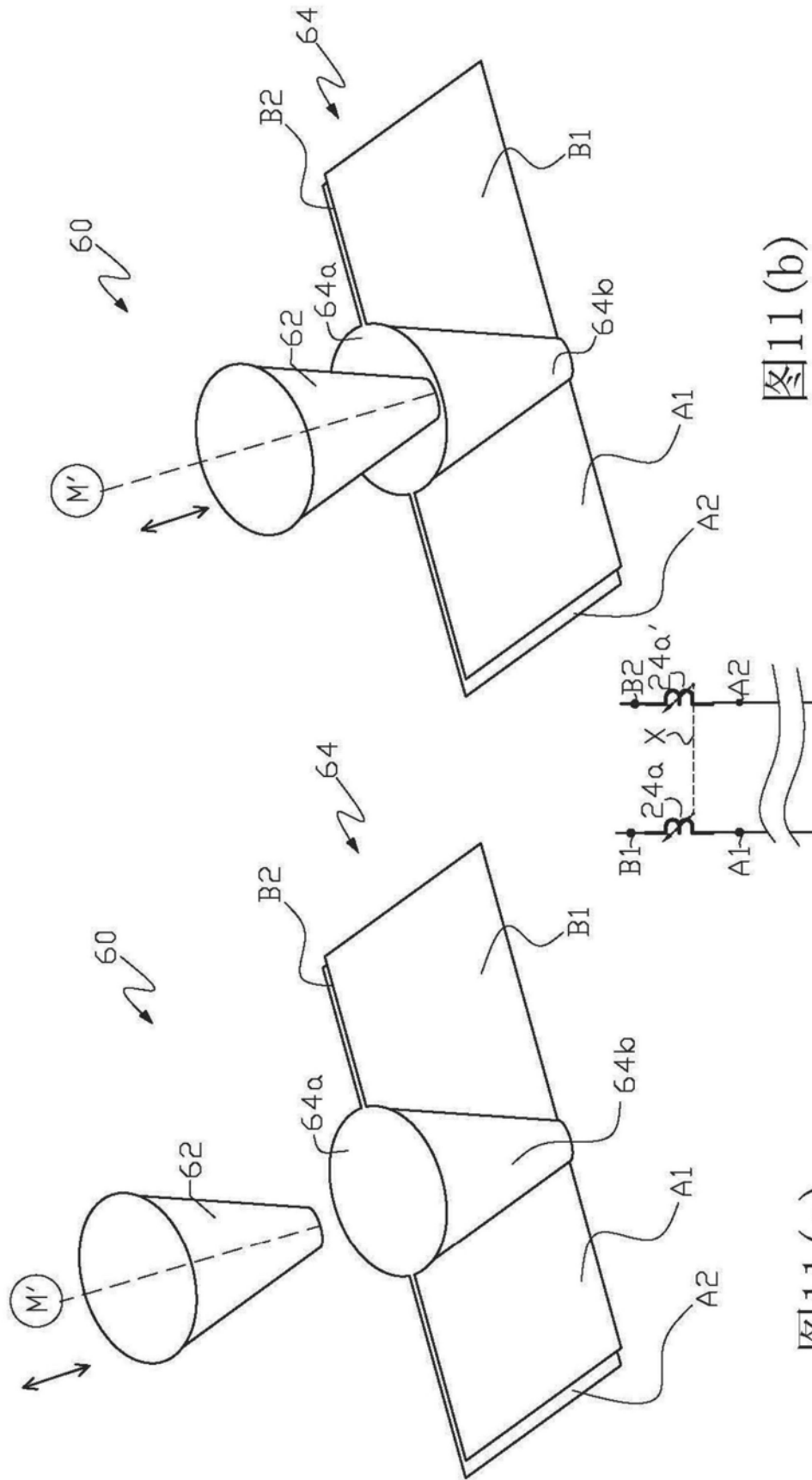


图11(b)

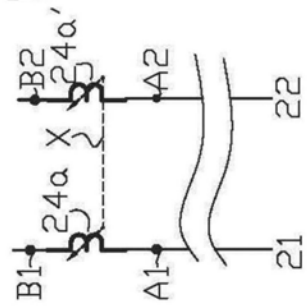


图11(c)

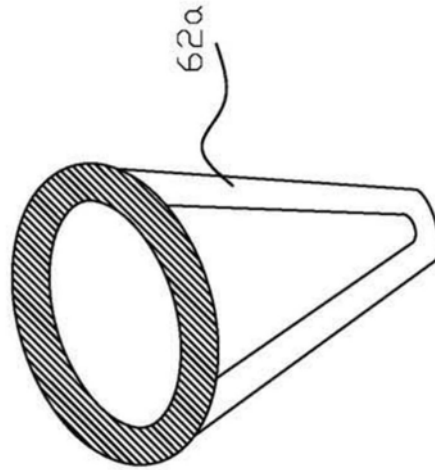


图12 (a)

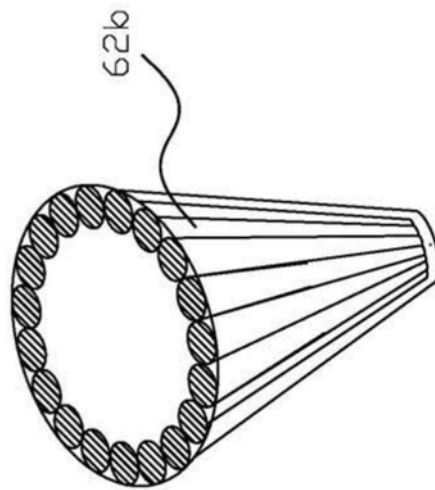


图12 (b)

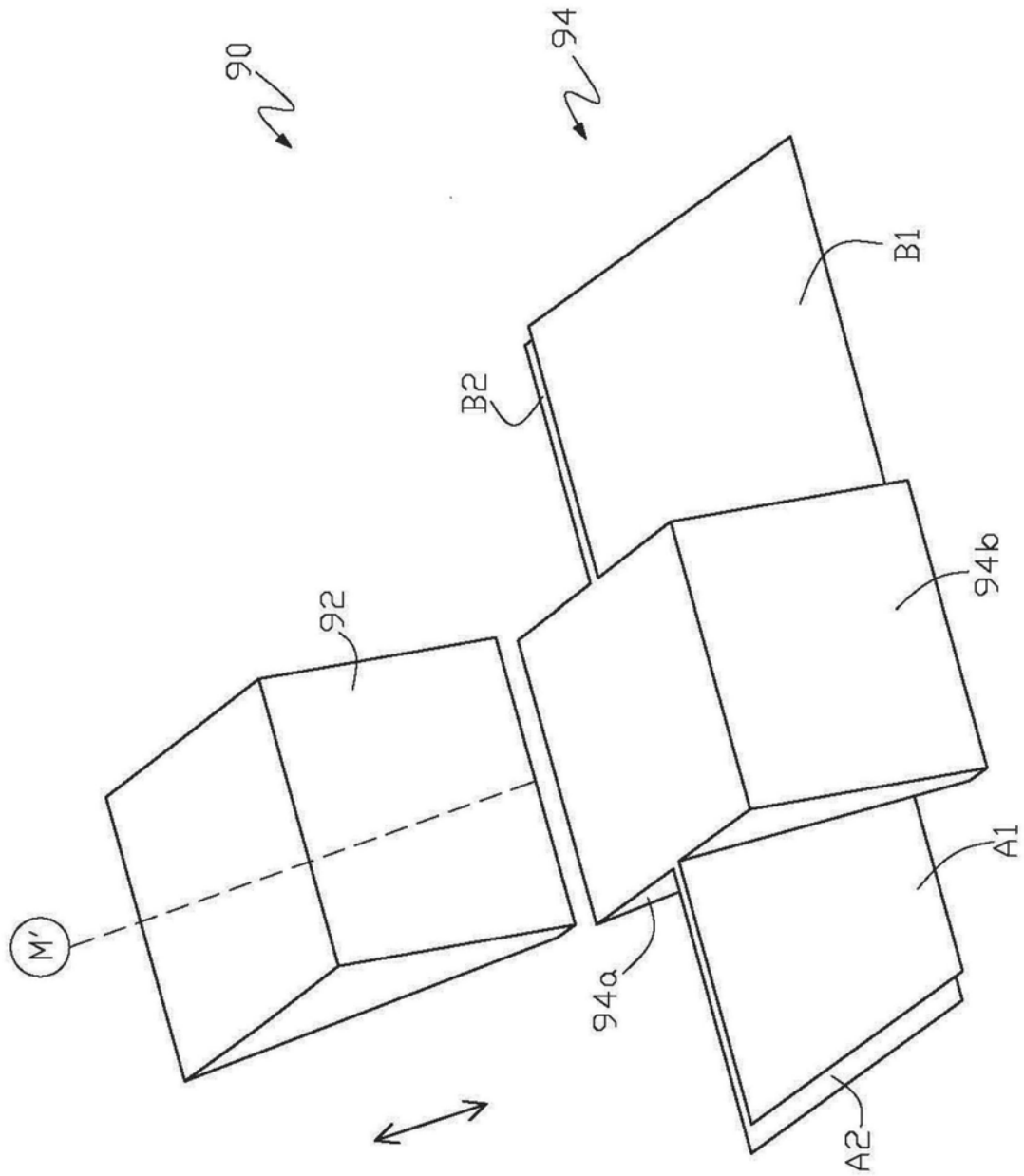


图13

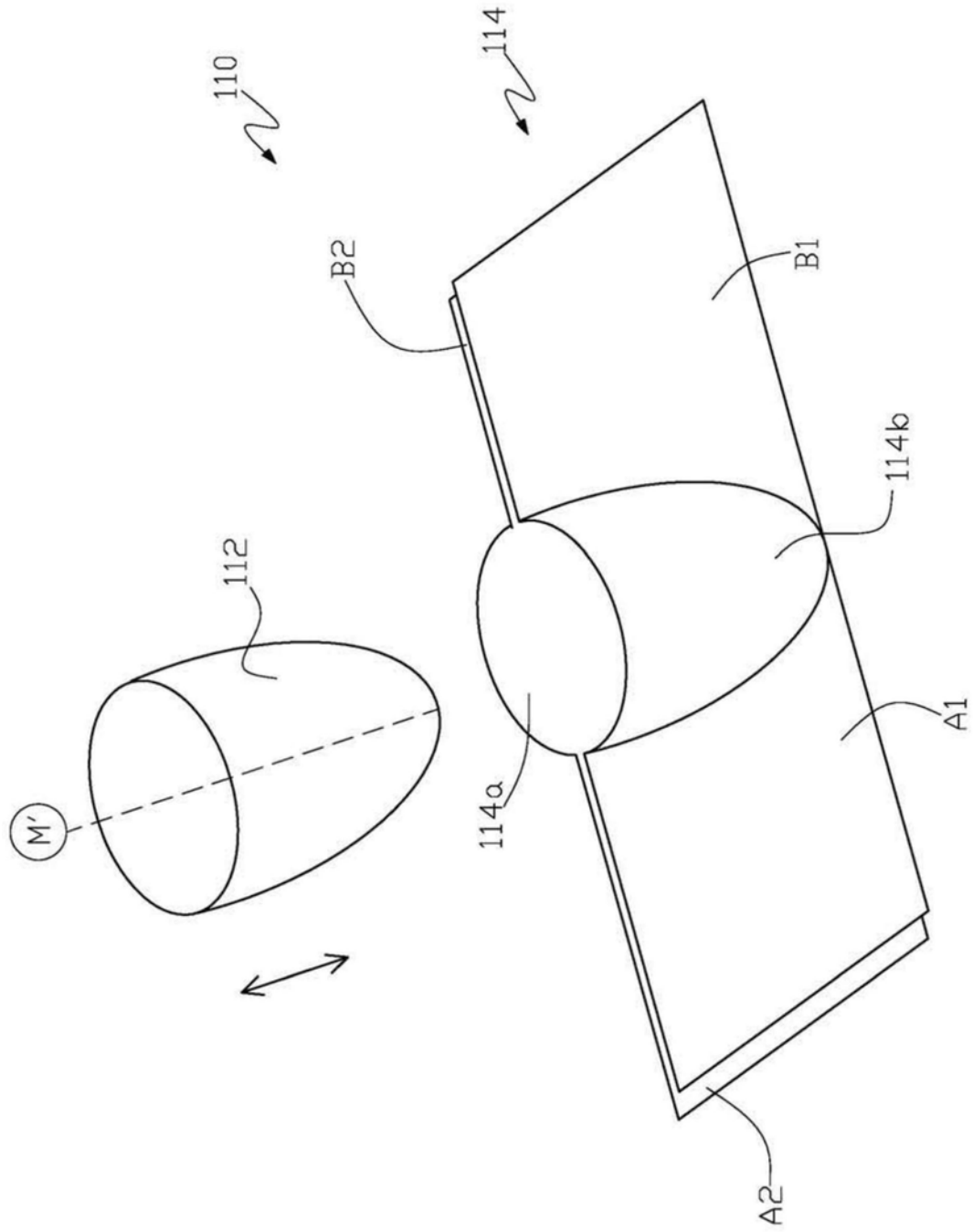


图14

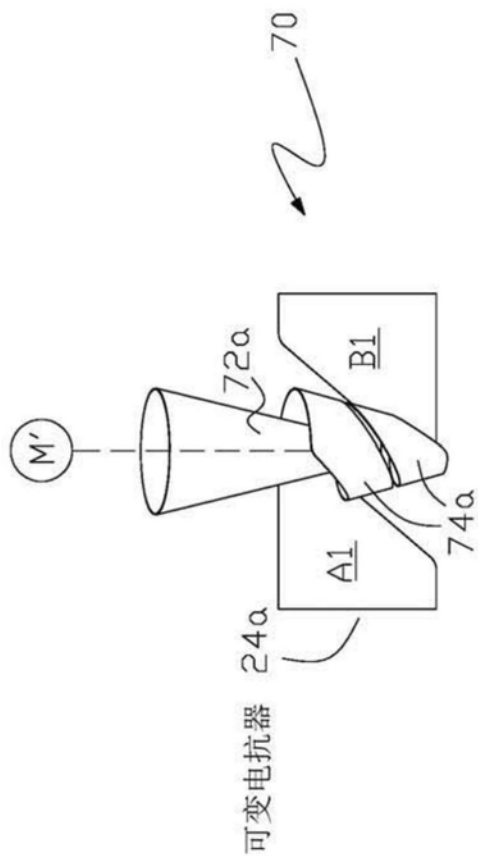


图15(a)



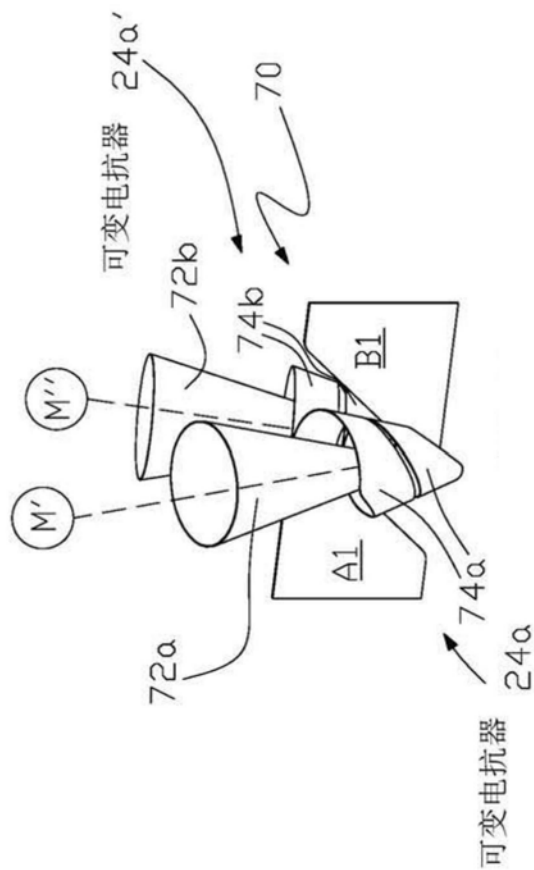


图15 (b)

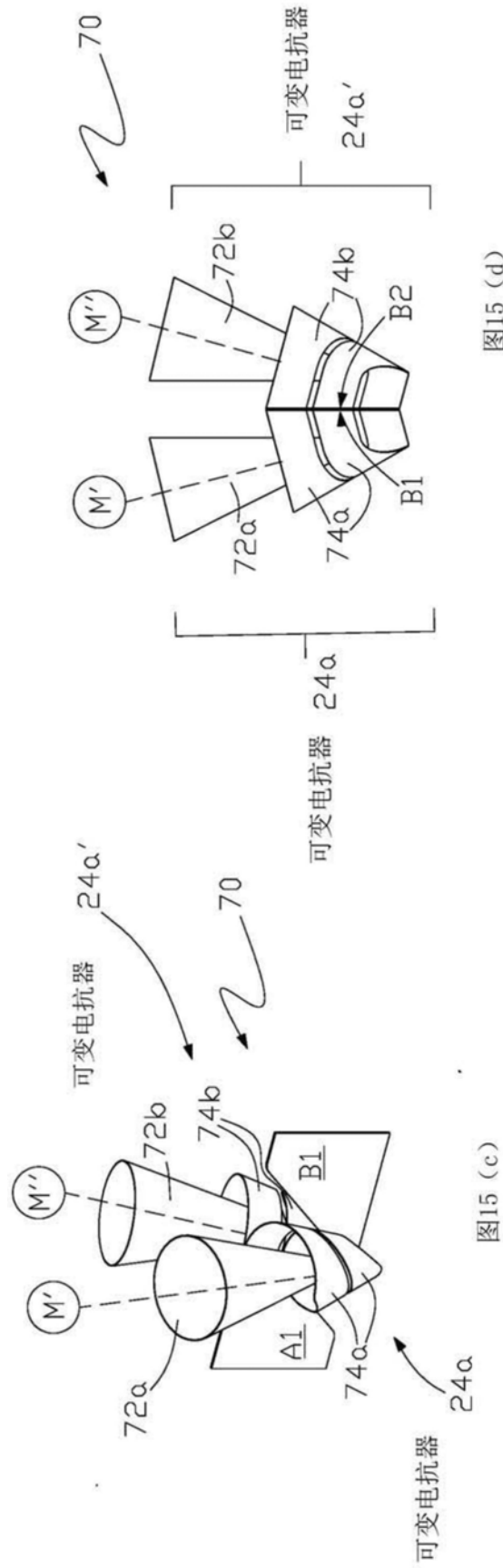


图15 (d)

图15 (c)



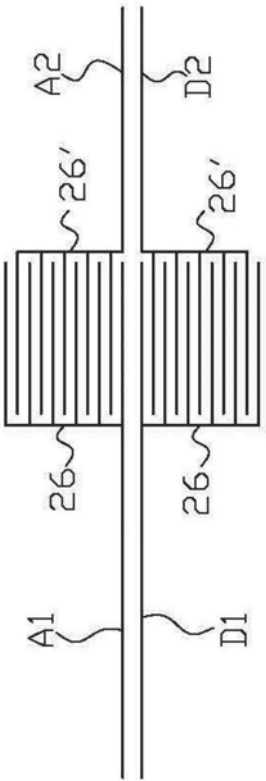


图17 (a)

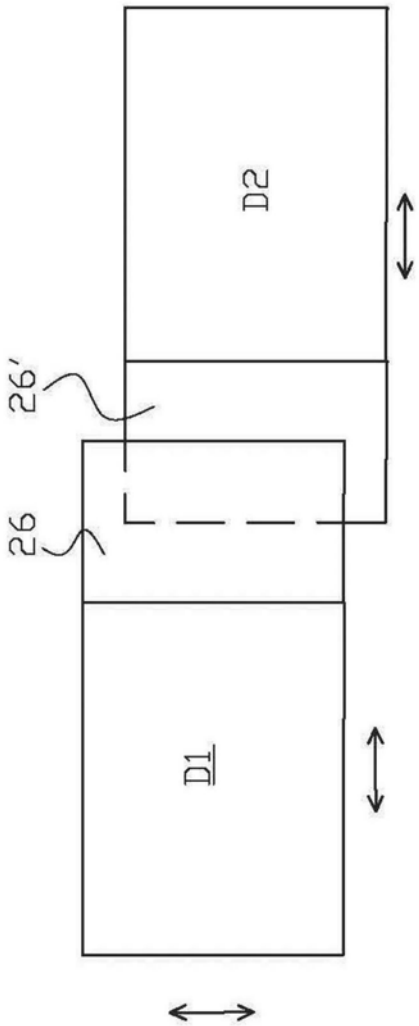


图17 (b)

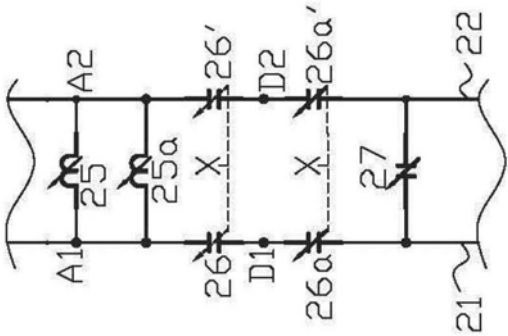


图17 (c)

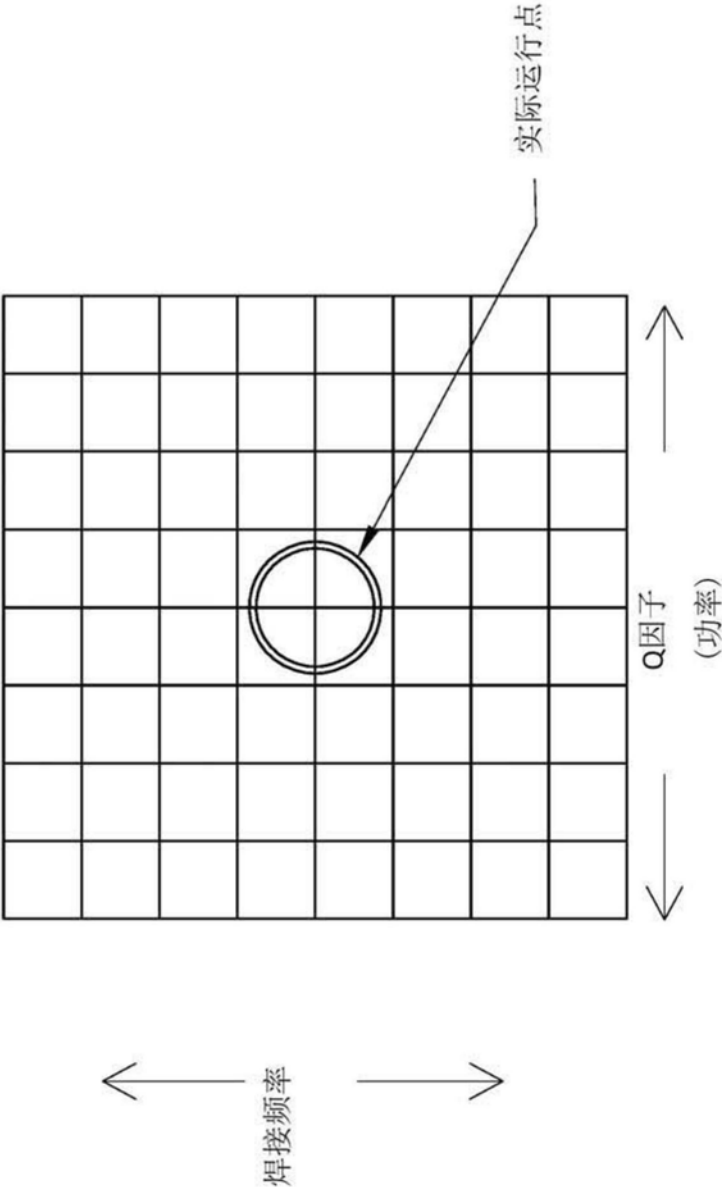


图18(a)

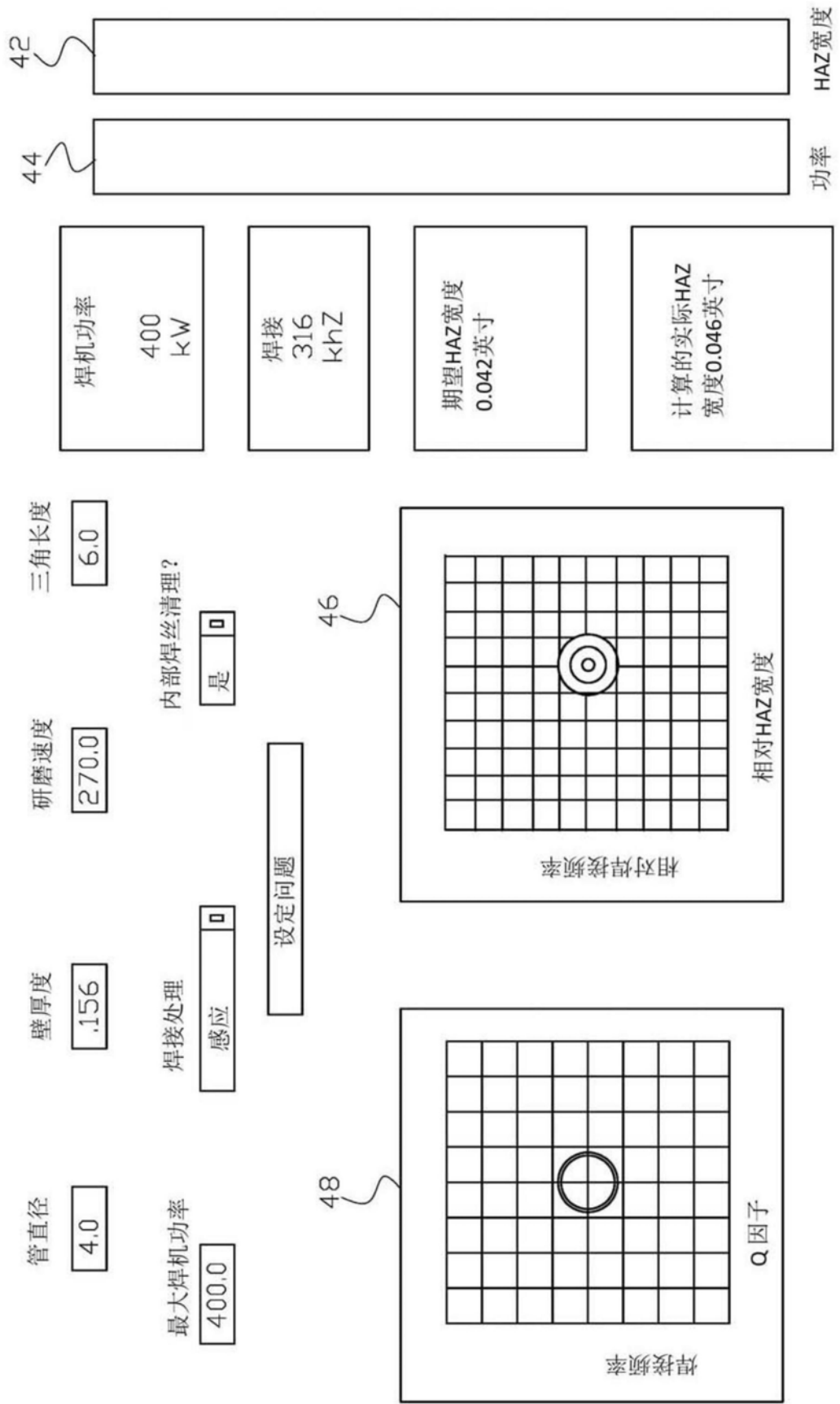


图18(b)

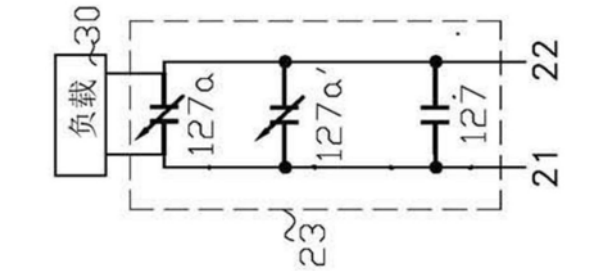


图19(a)

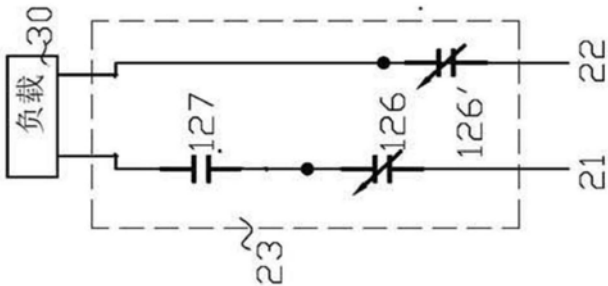


图19(b)

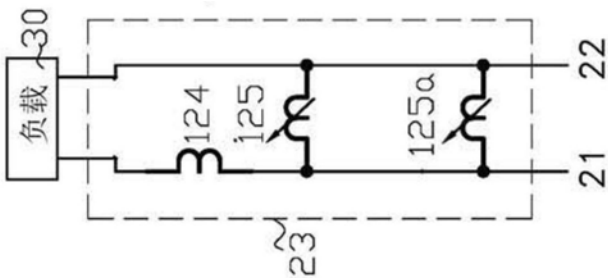


图19(c)

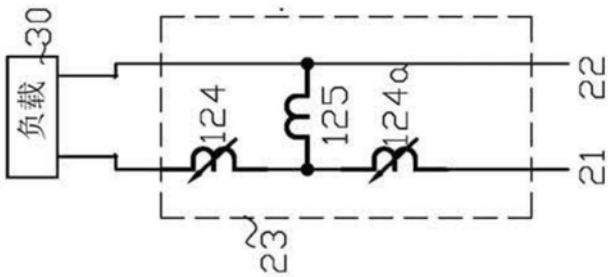


图19(d)