



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101077037 B

(45) 授权公告日 2010. 06. 09

(21) 申请号 200580036777. 2

(22) 申请日 2005. 10. 28

(30) 优先权数据

60/623, 413 2004. 10. 30 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2007. 04. 26

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2005/038922 2005. 10. 28

(87) PCT申请的公布数据

W02006/050089 EN 2006. 05. 11

(73) 专利权人 应达公司

地址 美国新泽西州

(72) 发明人 库诺·魏斯 奥列格·S·菲什曼

(74) 专利代理机构 北京金信立方知识产权代理有限公司 11225

代理人 黄威

(51) Int. Cl.

H05B 6/16 (2006. 01)

(56) 对比文件

EP 0749267 B1, 1999. 07. 21, 全文.

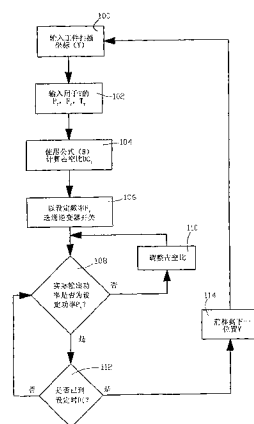
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 8 页

(54) 发明名称

扫描感应加热

(57) 摘要

本发明提供了用于扫描感应加热工件的装置和方法。穿过电感移动工件,变化电源的频率和占空比以控制随频率变化的电源幅值,从而感应热处理工件的部件。



1. 用于感应加热工件的装置,包括:
脉宽调制控制的具有交流输出的电源;
连接到交流输出以产生交流磁场的电感;
用于移动工件穿过电感的装置,从而使工件的所选零件与磁场磁耦合;
当每一个所选零件与磁场耦合进行感应加热处理时,用于选择性调整交流输出频率的装置;及

当每一个所选零件与磁场耦合进行感应加热处理且交流输出的频率已调整时,用于通过改变交流输出的占空比而选择性调整交流输出功率的装置。

2. 根据权利要求1所述的装置,进一步包括:用于选择性调整每一个所选零件与磁场耦合进行感应加热处理的时间段的装置。

3. 根据权利要求1所述的装置,进一步包括:定位机械装置,用于指示与磁场耦合的工件的每一个所选零件;及用于确定交流输出的频率、功率和占空比的处理器,这些参数用于定位机械装置指示的所选零件之一。

4. 根据权利要求2所述的装置,进一步包括:定位机械装置,用于指示与磁场耦合的工件的每一个所选零件;及用于确定交流输出的频率、功率和占空比及感应加热处理时间段的处理器,这些参数用于定位机械装置指示的所选零件之一。

5. 感应加热工件的一个或多个部件的方法,包括步骤:

向至少一个电感提供电功率,以在所述至少一个电感周围产生交流磁场;

在磁场附近连续定位一个或多个工件部件中的每一部件,以将所定位的部件磁耦合到磁场从而对所定位的部件进行感应加热处理;

在一个或多个工件部件中的每一部件被连续定位在磁场附近的同时选择性地改变电功率频率;及

在一个或多个工件部件中的每一部件被连续定位在磁场附近且电功率频率被调整的同时通过改变电功率的占空比选择性地改变电功率的幅值。

6. 根据权利要求5所述的方法,进一步包括步骤:选择性地改变一个或多个部件中的每一部件与磁场感应耦合的热处理时间。

7. 根据权利要求5所述的方法,进一步包括步骤:确定与磁场耦合的所定位部件,及确定用于所定位部件的电功率的频率、幅值和占空比。

8. 根据权利要求6所述的方法,进一步包括步骤:确定与磁场耦合的所定位部件,及确定用于所定位部件的电功率的频率、幅值和占空比以及热处理时间。

9. 电感应加热处理工件的方法,包括步骤:

连续定位穿过至少一个电感的工件的多个区域;

向至少一个电感提供电功率,以产生用于与工件上的多个区域耦合的磁场;

确定目前与磁场耦合的工件区域;

调整用于所确定工件区域的电功率的频率;及

当电功率的频率被调整后,通过调整电功率的占空比调整电功率的幅值。

10. 根据权利要求9所述的方法,进一步包括步骤:调整所确定工件区域与磁场耦合的时间段。

11. 根据权利要求9所述的方法,进一步包括步骤:将用于所确定工件区域的电功率频

率调整为存储在存储装置中的用于所确定区域的频率值,及根据存储在存储装置中的用于所确定区域的电功率幅值的要求调整电功率的占空比。

12. 根据权利要求 11 所述的方法,进一步包括步骤:用存储在存储装置中的电功率幅值除以计算出的占空比 100%的电功率值计算电功率的占空比。

13. 根据权利要求 10 所述的方法,进一步包括步骤:将用于所确定工件区域的电功率频率调整为存储在存储装置中的用于所确定区域的频率值;根据存储在存储装置中用于所确定区域的电功率幅值的要求调整电功率的占空比;及将所确定工件区域与磁场耦合的时间段调整为存储在存储装置中的用于所确定区域的时间值。

14. 根据权利要求 13 所述的方法,进一步包括步骤:用存储在存储装置中的电功率幅值除以计算出的占空比 100%的电功率值计算电功率的占空比。

15. 根据权利要求 13 所述的方法,进一步包括步骤:测量实际电功率幅值,比较实际的电功率幅值与存储在存储装置中的电功率幅值,及进一步调整电功率的占空比以消除实际的电功率幅值与存储在存储装置中的电功率幅值之间的差别。

16. 根据权利要求 15 所述的方法,进一步包括步骤:测量比较所确定工件区域与磁场耦合的实际时间段与存储在存储器中的时间值,及当实际时间段等于存储在存储器中的时间值时将工件前移到多个区域中的另一个区域。

扫描感应加热

技术领域

[0001] 本发明涉及通过用感应线圈扫描工件而感应加热细长工件。

背景技术

[0002] 细长工件,如驱动轴,需要对工件上的所选部件进行热处理。例如,在驱动轴的一端提供的第一部件,如小齿轮,以及在驱动轴的另一端提供的第二部件,如通用联轴器。齿轮和联轴器属于不同的物理结构,且需要不同的热处理模式冶金硬化这些元件。此外,被热处理的部件在热处理之后需要回火,以缓解在部件的材料中的冶金应力。

[0003] 一种热处理工件和工件上的部件的方法是通过电感应扫描(或累进)的热处理。虽然在其他方案中工件可以是静止的且一个或多个扫描电感(线圈)沿工件的长度方向移动,但是在该方法中工件通常移动穿过一个或多个扫描电感。交流电源施加在扫描电感上以在电感周围产生磁场。磁场与工件磁耦合以感应加热工件。随着工件穿过电感,提供给扫描电感的交流电源可以变化。例如,美国专利 3,743,808 提出了通过对瞬时功率及瞬时速度与已知的能量分配图进行比较,控制扫描电感的感应功率和/或扫描速度。工件沿电感移动的速度(扫描速度)可以用于控制与磁场耦合的工件横截面的加热温度。

[0004] 工件的感应加热穿透深度(感应电流穿透深度, δ) 可以从下面公式计算:

$$[0005] \quad \delta = 503 \sqrt{\frac{\rho}{\mu F}}$$

[0006] 其中 δ 的单位是米; ρ 是工件的电阻率,单位是欧姆米; μ 是工件的相对磁导率;及 F 是感应电源供电频率,单位是赫兹。因此穿透深度反比于所施加电流的频率的平方根。如果工件具有两个部件,第一部件需要加热到较浅的穿透深度(例如 2.5 毫米),而第二部件需要加热到较深的穿透深度(例如 4.5 毫米),传统的方法是使用具有固定输出频率的逆变器,例如 10,000 赫兹,实现较浅的穿透深度。从上式可以得出,用于工件第二部件的较深穿透深度的逆变器输出频率应当低于 10,000 赫兹,但是由于频率是固定的,第二部件的感应加热扫描必须减慢,从而通过热传导到第二部件实现较深的热穿透。此外,由于扫描速度较慢,逆变器对感应线圈的输出功率必须降低,以避免第二部件表面过热。而且被热处理的部件需要回火,以降低部件中的应力。通常,先在在第一遍扫描中用低功率和固定的高频率热处理部件,然后在第二遍扫描中用固定的低频率加热以对部件进行回火。

[0007] 本发明的目的是变化逆变器的输出频率,同时通过脉宽调制调整逆变器的输出功率等级,按照要求在对工件的感应扫描中以不同的穿透深度感应热处理和/或回火工件的各个部件。

发明内容

[0008] 一方面,本发明是根据穿过扫描线圈移动的工件横截面的加热要求,为扫描感应线圈提供具有可变频率和占空比的交流电的装置和方法。位置检测装置,如伺服电机,可以用于提供处理器的输入,处理器比较输入的工件瞬时位置与存储在工件位置表中的值,每

一个工件位置值可以与频率、功率等级和持续时间相关联,持续时间对应于在该位置要求施加的热能。在本发明的实施例中,处理器使用向逆变器的开关门控电路输出脉宽调制命令的算法,从而逆变器的电压脉宽减小从而导致逆变器输出的功率降低,以抵消在较低频率逆变器输出功率的增加。反之,逆变器的电压脉宽增大从而导致逆变器输出的功率升高,以抵消在较高频率逆变器输出功率的减少。

[0009] 本发明的其他方面在该说明书和所附权利要求书中阐明。

附图说明

[0010] 结合附图阅读,可以更好地理解上述的发明内容以及以下的具体实施方式。为了说明本发明,在附图中表示了本发明的优选实施例的形式,但是本发明不限于在下列附图中公开的具体方案和装置:

[0011] 图 1 是本发明扫描感应加热装置的实施例的简化原理图;

[0012] 图 2 是与本发明扫描感应加热装置共同使用的电源和负载电路的实施例的简化原理图;

[0013] 图 3(a) 和图 3(b) 说明了应用脉宽调制使逆变器的输出从全功率变化到半功率;

[0014] 图 4(a) 说明了无脉宽调制时随逆变器的输出频率变化而变化的负载电流幅值;

[0015] 图 4(b) 说明了无脉宽调制时随逆变器的输出频率变化而变化的负载功率幅值;

[0016] 图 4(c) 说明了无脉宽调制时随逆变器的输出频率变化而变化的负载电阻;

[0017] 图 4(d) 说明了无脉宽调制时随逆变器的输出频率变化而变化的负载电路品质因数 Q ;

[0018] 图 5(a) 说明了逆变器输出频率是 3,000 赫兹及无脉宽调制时,逆变器输出电压和负载电流之间的关系;

[0019] 图 5(b) 说明了逆变器输出频率是 10,000 赫兹及无脉宽调制时,逆变器输出电压和负载电流之间的关系;

[0020] 图 5(c) 说明了逆变器输出频率是 30,000 赫兹及无脉宽调制时,逆变器输出电压和负载电流之间的关系;

[0021] 图 6 说明了在本发明的实施例中使用时脉宽调制时,逆变器输出电压和负载电流之间的关系;

[0022] 图 7 是说明本发明的感应功率控制方案的实施例的简化流程图,用于在扫描期间随逆变器输出频率的变化控制扫描感应功率。

具体实施方式

[0023] 在附图中表示了本发明的扫描感应加热装置的实施例。图 1 中逆变器 10 通过合适的导体如汇流条向扫描电感(线圈)12 提供单相交流电。逆变器的直流输入可以来自合适的直流电源。电感可以包括该技术领域公知的任何类型的电感,例如可以是单匝或多匝电感,或者连接到一个或多个交流电源的多个独立电感组件。工件 14 由穿过电感移动工件的装置支撑就位,例如其可以是具有延伸臂 16a 的螺杆传动组件 16,以支撑工件的两端。可选地,工件可以是静止的,而沿工件移动电感,或者采用工件与电感二者的组合和配合运动。还可以提供用于旋转工件的装置,如电机 18,用于随着工件沿电感移动旋转工件。位置

检测装置,如伺服机构 20,向处理器 22 提供位置输出信号 21。位置输出信号指示在电感内工件横截面的 Y 轴位置(也就是说与电感中电流产生的磁场有效耦合的工件截面)。

[0024] 工件可以具有一个或多个部件,如部件 14a、14b 和 14c,其需要感应加热电源的不同电流穿透深度,用于在这些部件穿过电感时进行热处理和/或回火。这些部件之间的工件区域可以需要或不需要热处理。多个部件可以相互分离,如图 1 所示,或者相互邻接。

[0025] 处理器 22 处理来自位置检测装置的输出信号,以确定相对于感应线圈在输入的工件位置要达到的感应加热的功率等级、频率和持续时间,如下进一步所述。

[0026] 图 2 是与逆变器 10 共同使用的交流-直流电源的实施例的简化原理图,其说明了向逆变器提供直流电的方法。整流器部分 30 包括在线路 A、B 和 C 上具有交流输入的全波桥式整流器 32,交流输入由合适的电源提供,如公用电源。滤波器部分 34 包括限流电抗器 L_{CLR} 和直流滤波电容 C_{FIL} 。逆变器部分 10 包括四个开关元件 S_1 、 S_2 、 S_3 和 S_4 ,以及分别关联的反并联二极管 D_1 、 D_2 、 D_3 和 D_4 。每一个开关元件可以是任何的合适的固态元件,如绝缘栅双极晶体管(IGBT)。连接到逆变器 10 的输出的负载电路包括扫描电感 L_{COIL} 和工件 14,当工件或电感相对运动时,工件具有的区域或部件与在电感周围产生的磁场耦合。工件和扫描电感的电阻(R_{COIL})包括负载阻抗 R_{LOAD} 。

[0027] 图 3(a) 说明了无脉宽调制时图 2 所示桥式逆变器的典型输出电压波形(全 V_{OUT})。逆变器开关 S_1 和 S_4 在第一周期 T_1 导通,逆变器开关 S_2 和 S_3 在非重叠的第二周期 T_1 导通,以产生所示全输出电压波形,其频率为 $1/2T_1$ 。图 3(b) 说明了占空比(α)为 50% 时桥式逆变器的典型输出电压波形(半 V_{OUT})。逆变器的每一个开关连续导通相同的周期 T_1 ,如图 3(a) 所示,但是开关 S_3 和 S_4 的导通周期超前半个周期(也就是说占空比等于 50%),以产生如图所示全输出电压的一半。以这种安排方式,负载每半个周期短路一次。改变开关 S_3 和 S_4 同时导通周期的持续时间产生不同值的占空比。由于功率是正比于电压的平方,所以施加在电感上的功率将随着占空比的改变而改变。在本发明中,变频控制通过改变周期 T_1 实现,同时通过改变占空比调整电压(功率)的幅值。

[0028] 具有可变输出频率的电源不使用本发明的脉宽调制控制时,对电源输出特性的影响如图所示,其具有用于特定工件的基准负载电路。对于在 635 伏(V_{OUT}) 下输出功率($P(f_0)$)为 100,000 瓦和频率(f_0)为 10,000 赫兹的逆变器,基准负载电路特性如下建立:

[0029] 逆变器负载电感 $L_0 = 30 \times 10^{-6}$ 亨;

[0030] 逆变器负载电阻 $R_0 = 0.4$ 欧;及

[0031] 负载电路品质因数 $Q_0 = (2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot L_0) / R_0 = 4.712$ 。

[0032] 基准峰值负载电流 I_0 可从公式 (1) 计算得出,为 772.45 安:

$$[0033] \quad I_0 = \frac{V_{OUT}}{R_0} \cdot (1 - e^{\frac{-R_0}{2L_0 \cdot f_0}})$$

[0034] 图 4(a) 说明了随着逆变器的输出频率 f 增大,归一化到基准电流的电感电流 $I(f)$ 减小,其可以从公式 (2) 计算:

$$[0035] \quad I(f) = \frac{V_{OUT}}{R_0 \sqrt{\frac{f}{f_0}}} \cdot (1 - e^{\frac{-R_0}{2L_0 \sqrt{f \cdot f_0}}})$$

[0036] 图 4(b) 说明了随着逆变器的输出频率 f 增大,归一化到基准功率的感应加热功率

减小,其可以从公式 (3) 计算:

$$[0037] \quad P(f) = \frac{V_{OUT}^2}{2R_o \sqrt{\frac{f}{f_o}}} \cdot (1 - e^{\frac{-R_o}{2L_o \sqrt{f \cdot f_o}}})^2$$

[0038] 图 4(c) 说明了随着逆变器的输出频率 f 增大,负载电阻 $R(f)$ 增大,其可以从公式 (4) 计算:

$$[0039] \quad R(f) = R_o \cdot \sqrt{\frac{f}{f_o}}$$

[0040] 图 4(d) 说明了随着逆变器的输出频率 f 增大,负载电路的品质因数 Q 增大,其可以从公式 (5) 计算:

$$[0041] \quad Q(f) = Q_o \cdot \sqrt{\frac{f}{f_o}}$$

[0042] 图 5(a)-5(c) 说明了图 4(a)-4(d) 中具体实施例的一般化关系,其中没有使用本发明的脉宽调制控制。图 5(c) 的图形表示无脉宽调制控制时,运行在额定满功率和 30,000 赫兹的频率下,逆变器的输出电压和电流。

[0043] 在图 5(a) 中,逆变器的输出频率降低到 3,000 赫兹,无脉宽调制的电流(和功率)输出比较高。在本发明中,通过使用比较大的占空比,逆变器输出的脉宽调制控制可以用于降低逆变器的功率输出。

[0044] 在图 5(b) 中,逆变器的输出频率是 10,000 赫兹,输出功率低于无脉宽调制控制时 3,000 赫兹下的输出功率,但是仍然高于图 5(c) 中所示逆变器的额定全功率(电流)。在本发明中,逆变器输出的脉宽调整控制使用的占空比低于 3,000 赫兹时的占空比,从而保持额定值或低于额定值的逆变器功率输出。

[0045] 通常,在本发明中,脉宽调制控制用于改变任何运行频率下的逆变器输出功率,该运行频率是无脉宽调制控制时产生的频率。通常,占空比随着频率的减小而增大以降低逆变器的输出功率,且占空比随着频率的增大而减小以提高逆变器的输出功率。

[0046] 图 6 进一步说明了有脉宽调制控制时负载电流的特性。当逆变器输出电压非零时,负载电流 I_{LOAD} 可从公式 (6) 计算:

$$[0047] \quad I_{LOAD} = \frac{V_{OUT}}{R_{LOAD}} (1 - e^{\frac{R_{LOAD} \cdot t}{L_{LOAD}}})$$

[0048] 当逆变器输出电压为零时,负载电流可从公式 (7) 计算:

$$[0049] \quad I_{LOAD} = I_{INITIAL} \cdot e^{\frac{R_{LOAD} \cdot t}{L_{LOAD}}}$$

[0050] 其中, $I_{INITIAL}$ 是当逆变器输出电压过零时的电流幅值。

[0051] 从图 6 可知,当输出电压为零时,占空比越小,在负载电流跌落之前的负载电流(和功率)的峰值越小。反之,当输出电压为零时,占空比越大,在负载电流跌落之前的负载电流(和功率)的峰值越大。

[0052] 图 7 说明了用于本发明的扫描感应加热方法的非限定性实施例的简化流程图。该流程图中确定的程序可以在计算机软件中实现,该计算机软件可以用合适的硬件执行。在步骤 100 输入代表电感 12 中的工件 (WP) 位置的工件扫描坐标 (Y)。在步骤 102 输入用于

位置 Y 的感应加热的功率 (P_Y)、频率 (F_Y) 和时间 (T_Y) 值。这些值可以提前存储在存储装置中,例如基于用感应加热装置实验性测试工件所得的值的查询表。可选地,扫描感应装置的操作员可以手动输入这些值,或者使用其他的方法确定用于工件每一位置的感应热处理所需的频率、功率等级和可变时间值(如果需要)。步骤 104 从公式 (8) 计算用于逆变器的所需占空比 (DC_Y) :

$$[0053] \quad DC_Y(\text{百分数}) = [P_Y/P(F_Y)] \times 100$$

[0054] 其中, $P(F_Y)$ 从公式 (3) 中按合适的基准负载电流计算,基准负载电路由需感应热处理的实际工件确定。

[0055] 步骤 106 控制电源开关器件的通断,以实现所需的输出频率和占空比。在该非限定性实施例中,步骤 106 向逆变器开关的门控电路输出逆变器的门控信号,以获得要求的频率 F_Y 和占空比 DC_Y 。步骤 108 确定实际测得的输出功率是否为设定的功率 P_Y 。实际测得的输出功率可以使用合适的检测装置输入。如果实际测得的输出功率不等于要求的设定功率,则在步骤 110 适当调整占空比,并重复步骤 108。如果实际测得的功率等于要求的设定功率,则在步骤 112 检查设定时间 T_Y 是否已经期满。如果设定时间还没有期满,则重复步骤 108。如果设定时间已经期满,则在步骤 114 向工件定位系统输出控制信号,以将工件前移到感应热处理的下一个递增位置并返回执行步骤 100。在本发明的另一实施例中,对于电感内工件上的所有位置,每一位置 Y 的感应加热时间是相同的;对于这种安排,频率控制和随着频率变化的占空比控制可用于感应加热电感的每一位置,因为每一个位置是以恒定的速度步进穿过电感。

[0056] 在本发明的另一实施例中,可以预先确定工件穿过电感的移动和定位,例如,感应扫描装置顺序热处理多个相同的工件。在这些安排中,在工件的每一位置的功率、频率、时间和占空比设置可以通过工件与本发明的感应扫描装置的试验测试预先确定,执行不需要进一步输入或计算任何或全部值,这些值用于感应加热装置热处理每一个连续的不同工件。在电感中工件零件或部件的递增或连续定位可以用工件或电感的不连续的步进移动实现,或同时移动二者实现,既可以微小的步进,类似于工件或电感的连续运动,也可以大幅的视觉可辨别的步进运动。术语“所选零件”、“多个部件”和“区域”描述放置在电感内工件的截面,该电感用于以可变的频率和占空比进行热处理,当零件、部件和区域沿电感通过时,本发明包括变化的频率和/或占空比。随着零件、部件和区域的一部分通过电感,可以用变化的频率和占空比对每一个零件、部件和区域的该部分进行热处理。

[0057] 在本发明的其他实施例中,随着逆变器的输出频率在给定的工件位置变化,脉宽调制控制可以用于控制逆变器的输出功率,从而实现对工件的部件进行热处理和回火。进一步地,连续热处理部件,包括工件,不限于以固定在工件上的部件的顺序进行连续热处理。例如,参考图 1 中的工件 14,部件 14a、14b 和 14c 固定,并按该顺序穿过电感 12 进行连续的热处理。可选地,例如部件 14a、14c 和 14b 可以固定,并按该顺序穿过电感 12 进行连续的热处理。

[0058] 值得注意的是提供上述实施例仅是为了说明的目的,决不解释为限制本发明。同时本发明参考了不同的实施例进行描述,可以理解在此所使用的词语是描述和说明性的词语,而不是限定性的词语。进一步地,虽然在此参考了具体的装置、材料和实施例说明本发明,但是本发明不受在此公开的细节限制,而且本发明包含所附权利要求书的范围、所有功

能相当的结构、方法和用途。本领域的技术人员,利用本发明说明的内容可以做出不脱离本发明各方面的范围和精神的大量修改和变化。

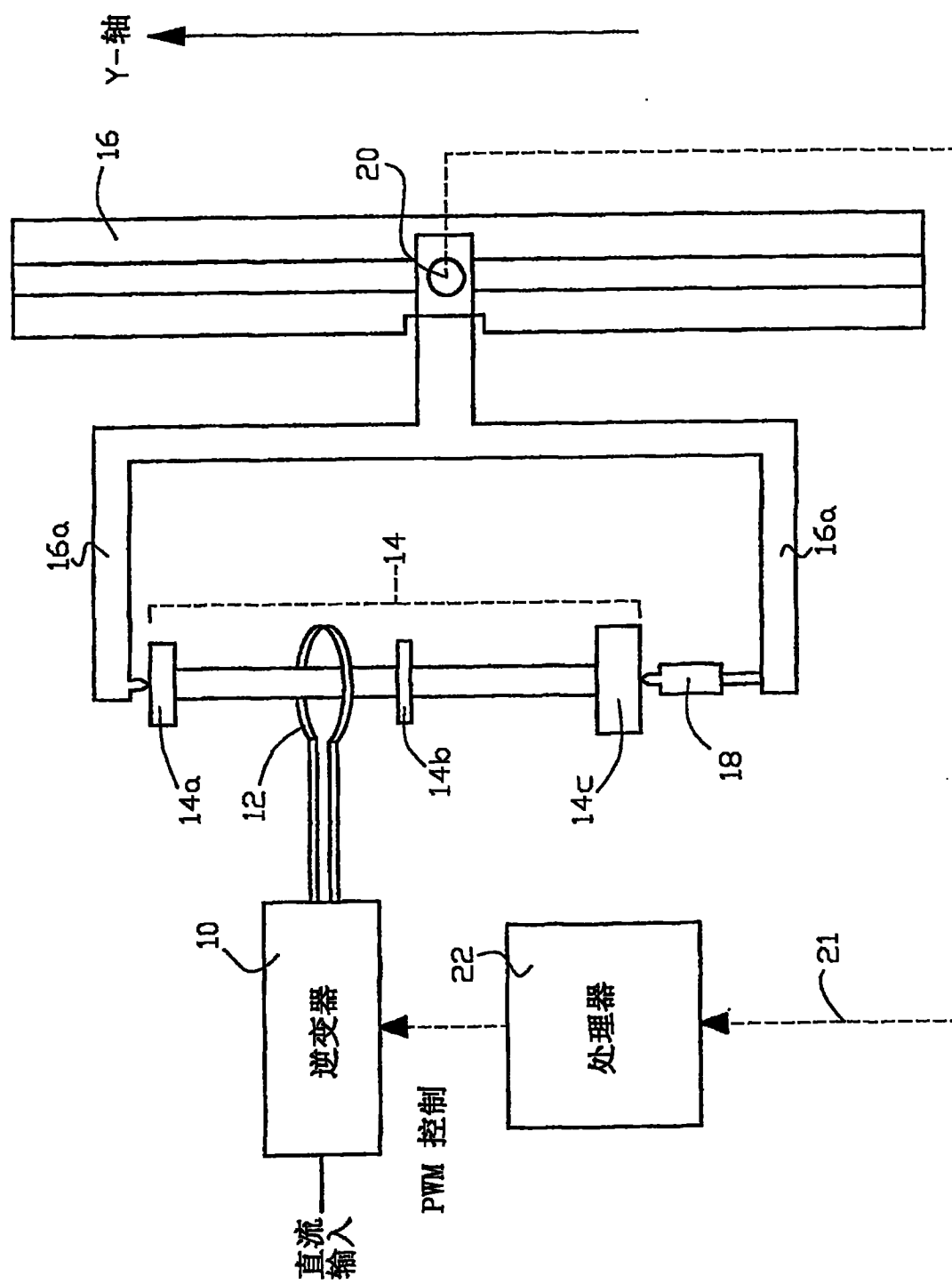


图 1

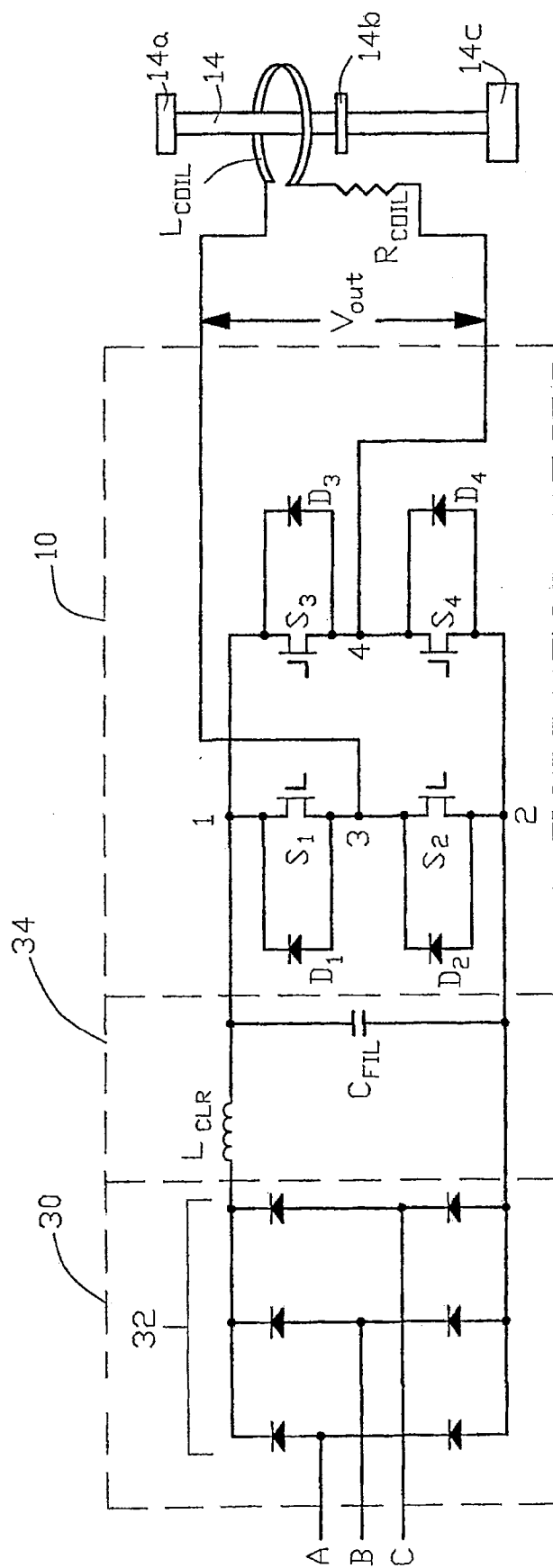


图 2

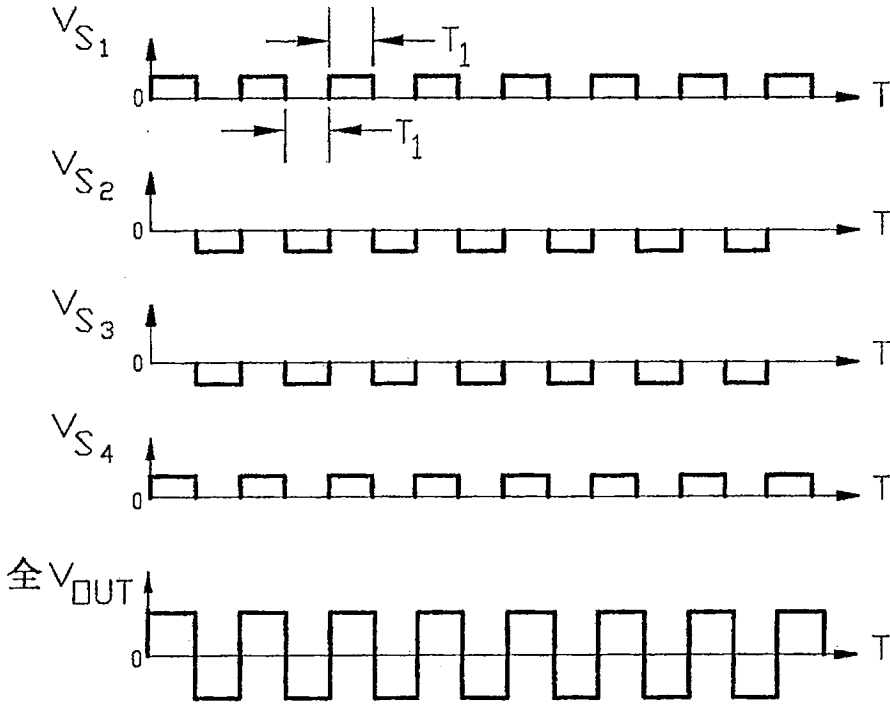


图 3(a)

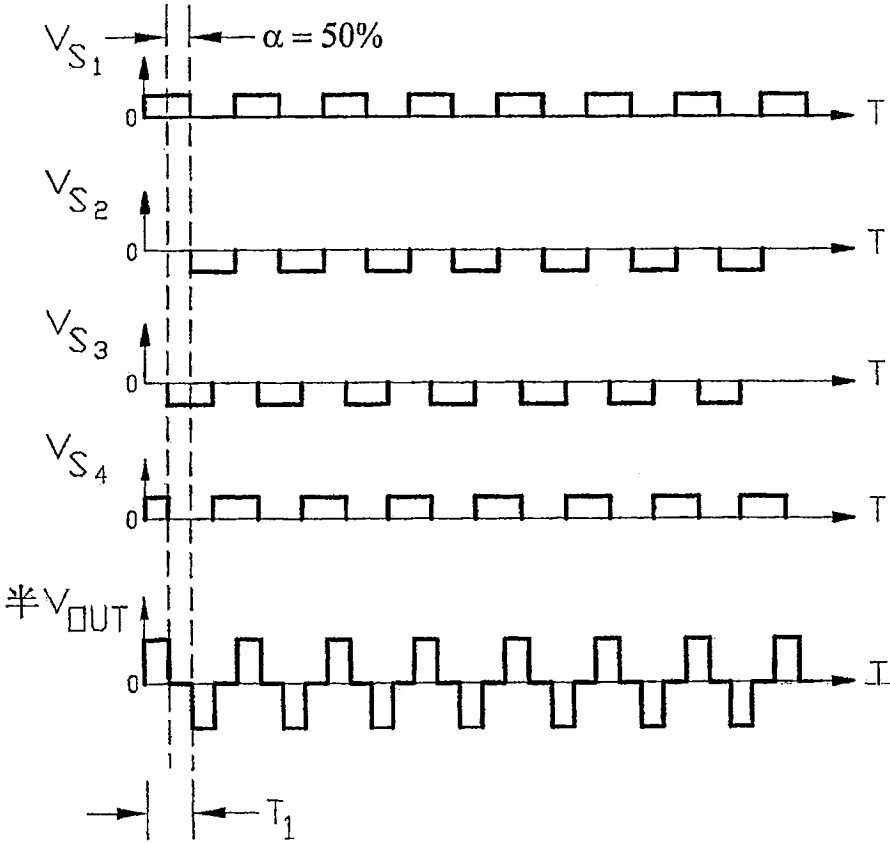


图 3(b)

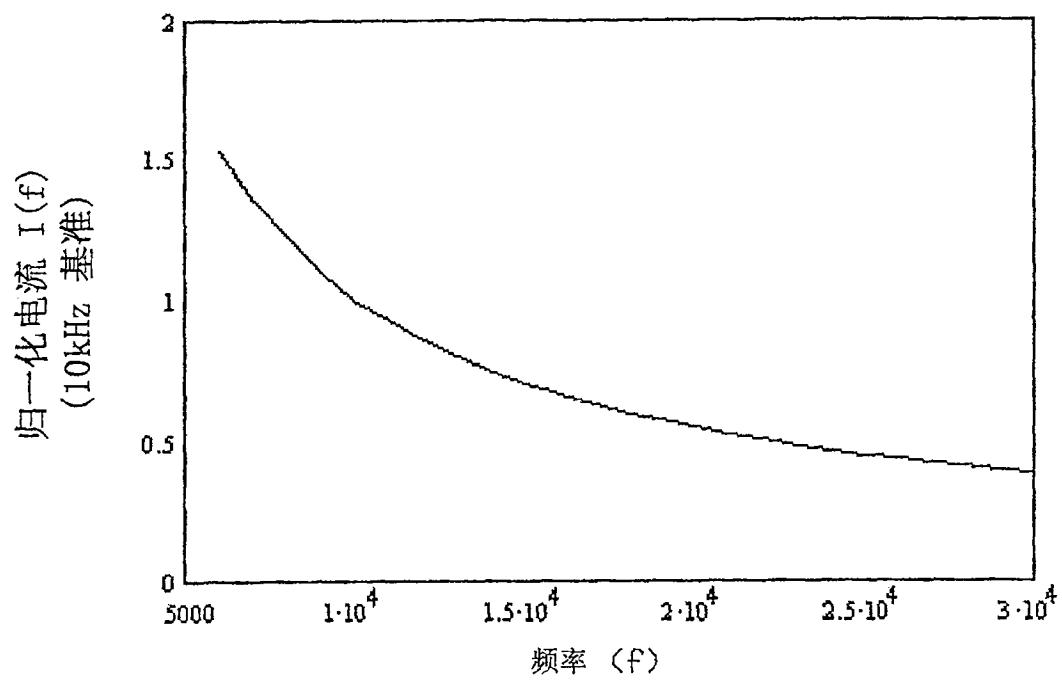


图 4(a)

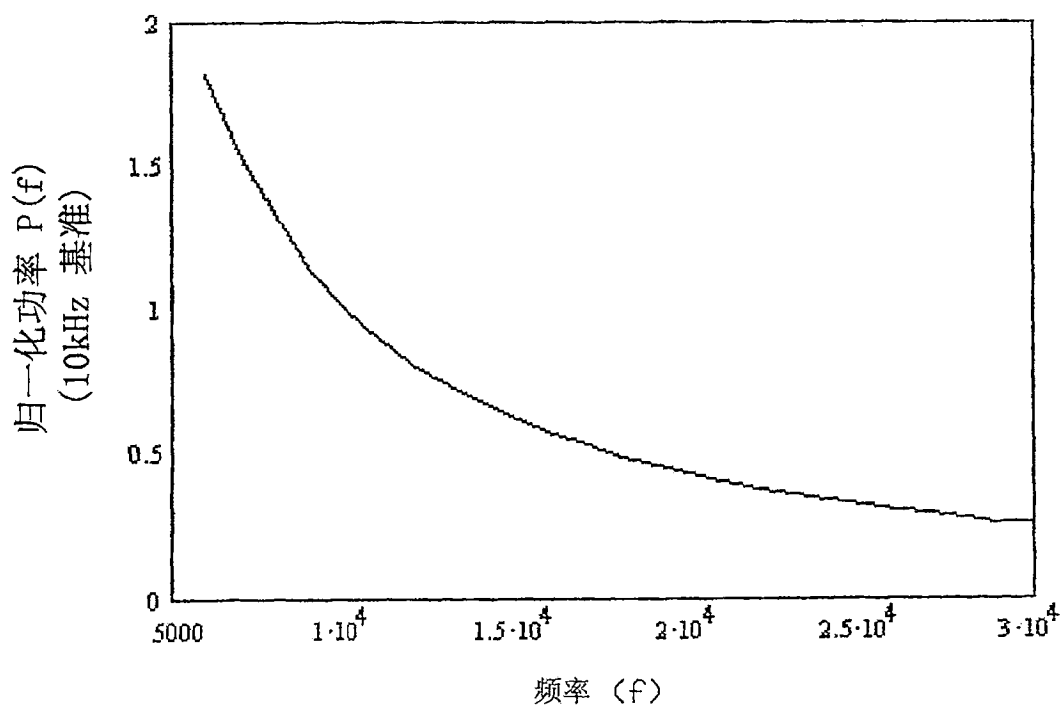


图 4(b)

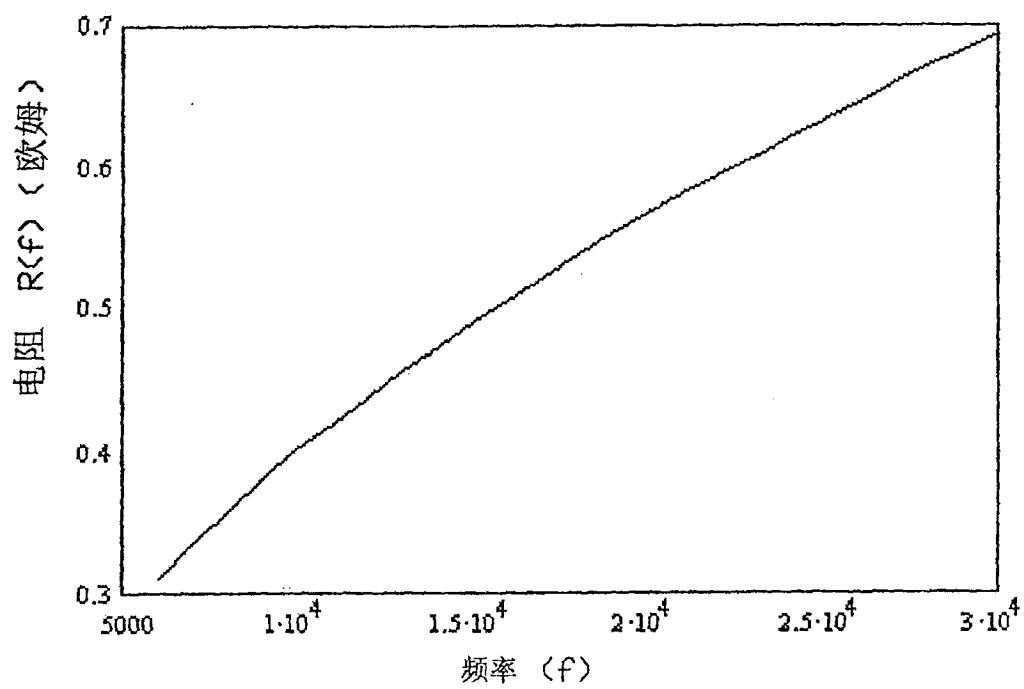


图 4(c)

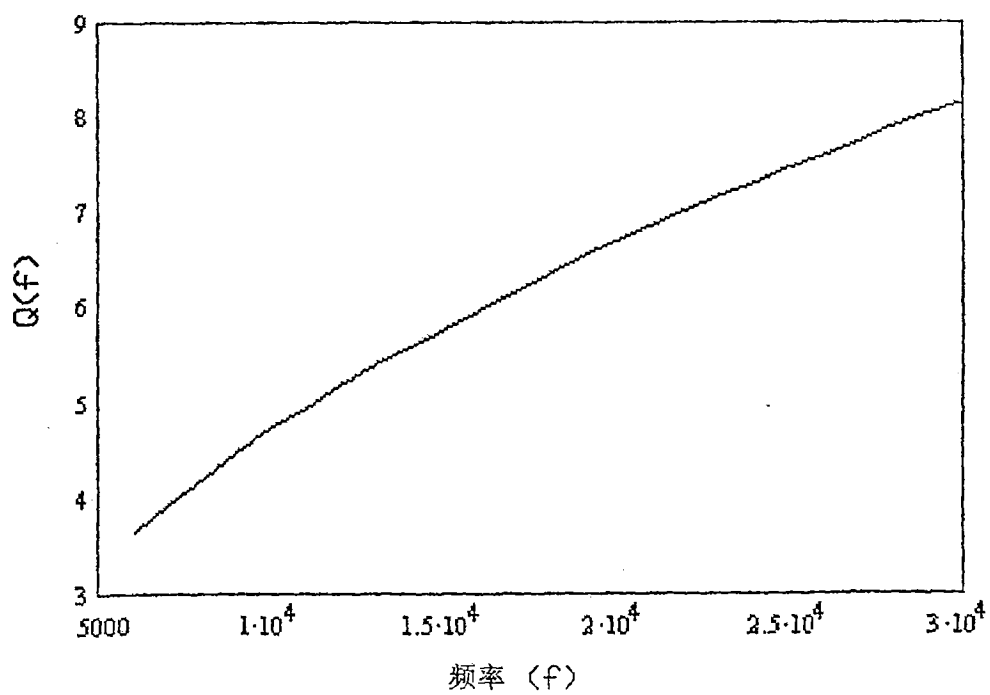


图 4(d)

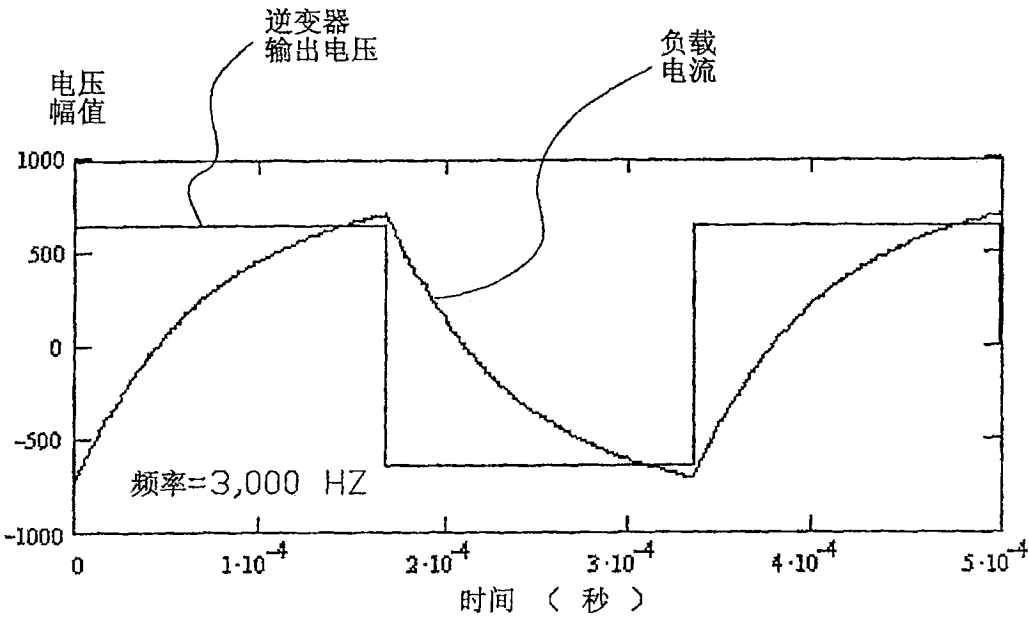


图 5(a)

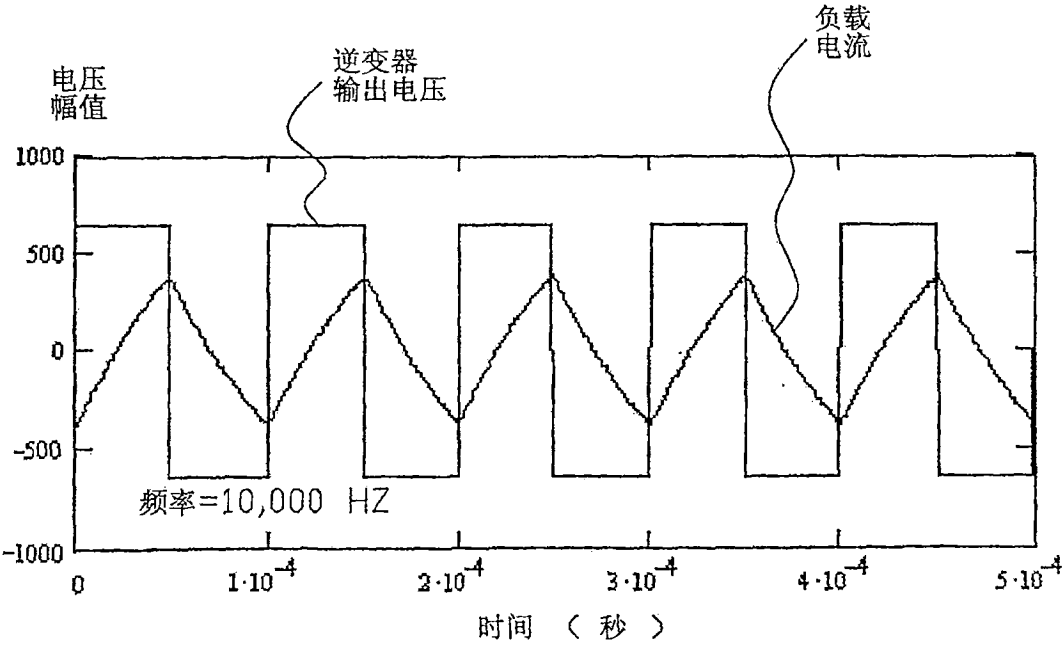


图 5(b)

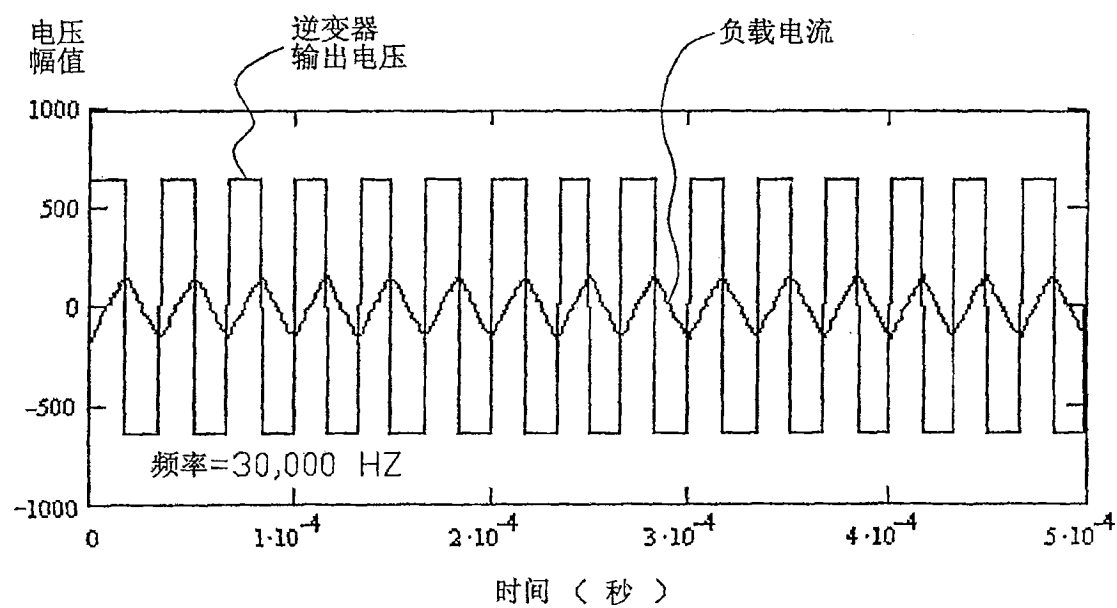


图 5(c)

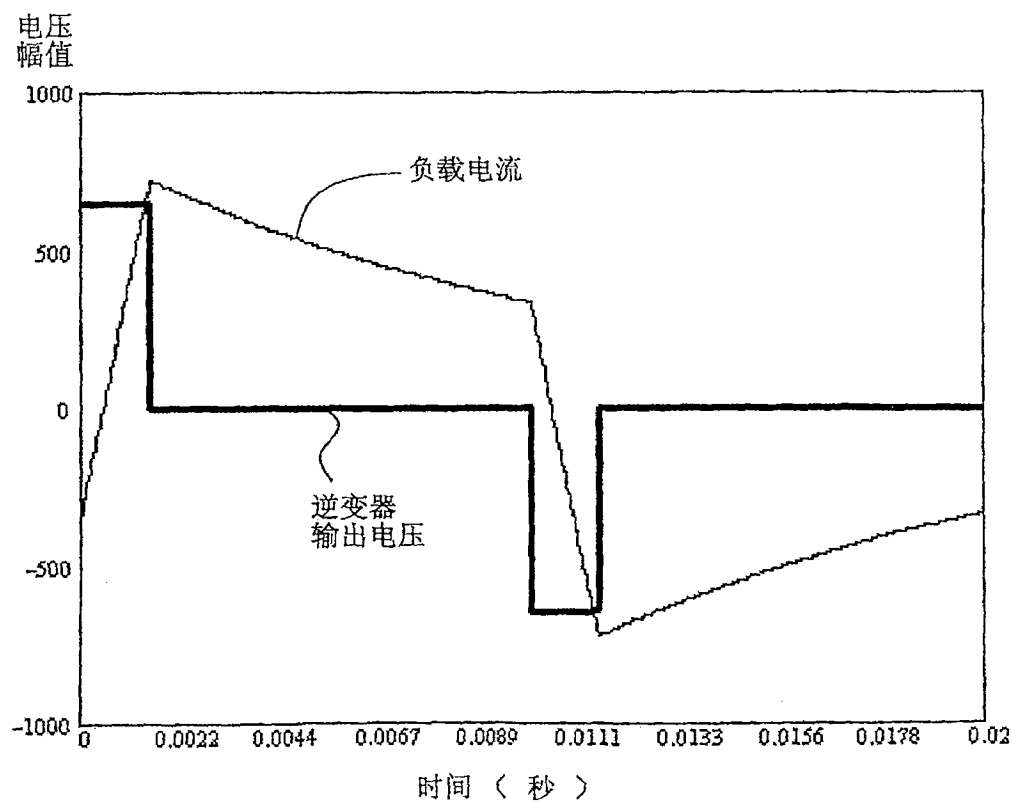


图 6

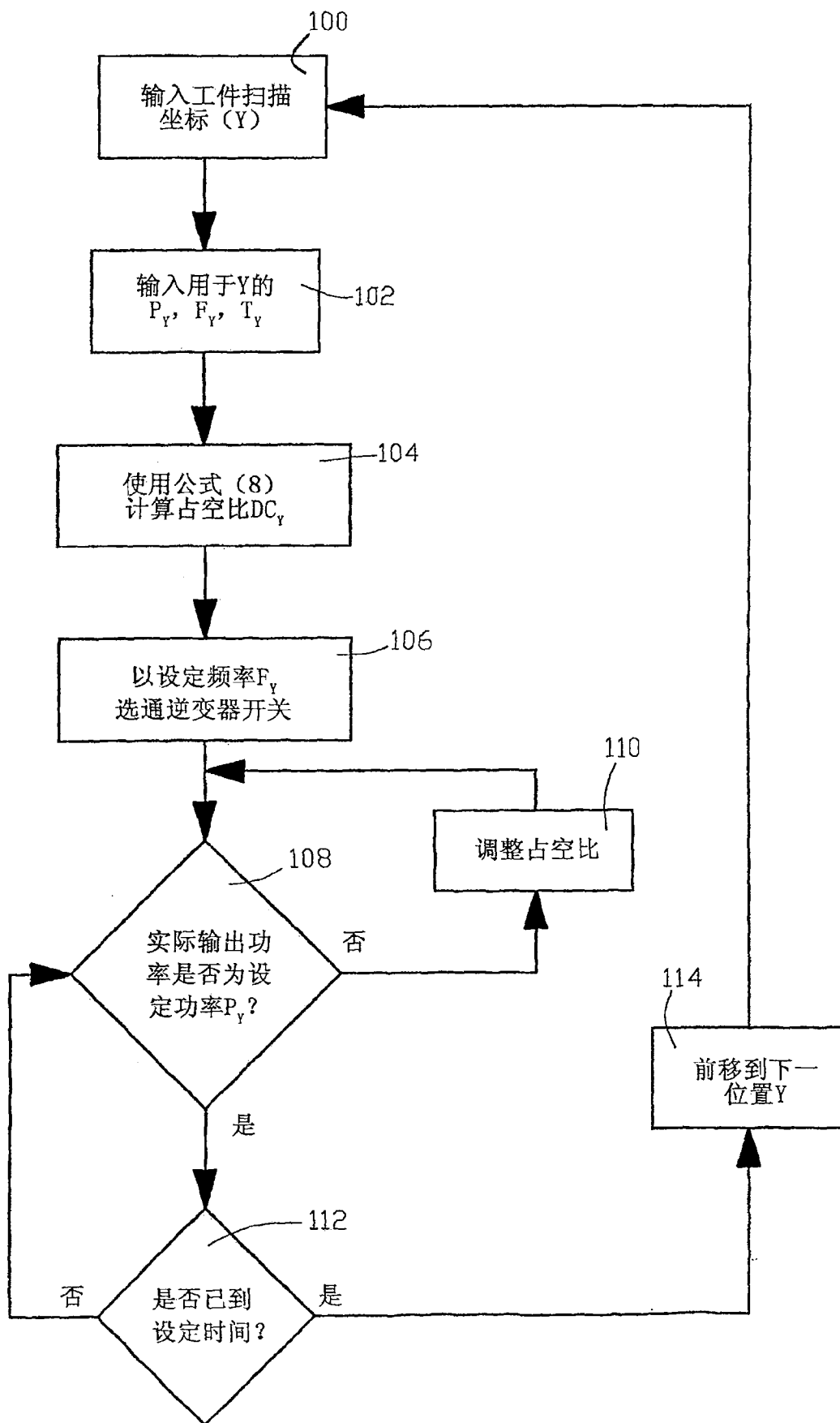


图 7