



(21) 申請案號：110147549 (22) 申請日：中華民國 110 (2021) 年 12 月 17 日
 (51) Int. Cl. : **H02J50/10 (2016.01)** **H02J50/80 (2016.01)**
B24B49/10 (2006.01)
 (30) 優先權：2020/12/18 義大利 102020000031361
 (71) 申請人：義大利商馬普斯公司 (義大利) MARPOSS SOCIETA PER AZIONI (IT)
 義大利
 (72) 發明人：卡斯塔帝尼 大衛 CASTALDINI, DAVIDE (IT)；羅格利 亞歷山卓 RUGGERI,
 ALESSANDRO (IT)
 (74) 代理人：林志剛
 申請實體審查：無 申請專利範圍項數：15 項 圖式數：6 共 31 頁

(54) 名稱

固定部件和可移動部件之間的非接觸式電力傳輸方法、電力供應電路和包括電力供應電路的非接觸式連接系統

(57) 摘要

一種方法，用於在固定部件(14)和可移動部件(15)之間進行非接觸式電力傳輸，電源電路(17)包括空氣耦接變壓器(19)，具有初級諧振電路，有由固定部件支持的初級線圈(20)，及次級諧振電路，有面向初級諧振電路並由可移動部件支持的次級線圈(21)。

以初級交流電壓(V_1)饋送初級諧振電路，使初級電流(I_1)環流。接著，該初級電流(I_1)在該次級諧振電路中感應出次級交流電壓(V_2)，從而導致次級電流(I_2)環流。調整影響諧振條件的實現的電變量，例如初級電壓的頻率(F)，以在諧振條件下操作。固定部件和可移動部件之間的距離(d)被確定為這種電變量值的函數。

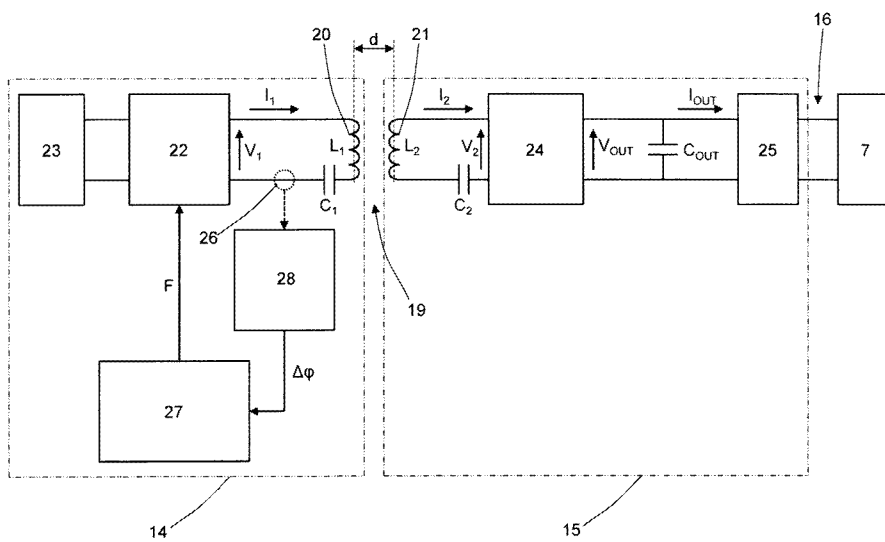
非接觸式連接系統包括固定部件和可移動部件以及電源電路。

Method for contactless power transmission between a stationary part (14) and a movable part (15) and electrical power supply circuit (17) for implementing the method comprising an air-coupled transformer (19) provided with a primary resonant circuit with a primary coil (20) supported by the stationary part and a secondary resonant circuit with a secondary coil (21) facing the primary resonant circuit and supported by the movable part.

The primary resonant circuit is fed with an alternating primary electrical voltage (V_1) which causes a primary electrical current (I_1) to circulate. The primary electrical current (I_1) induces in turn in the secondary resonant circuit an alternating secondary electrical voltage (V_2) which causes a secondary electrical current (I_2) to circulate. An electrical variable influencing the achievement of the resonance condition is adjusted, for example the frequency (F) of the primary electrical voltage, in such a way to operate in a resonance condition. The distance (d) between the stationary part and the movable part is determined as a function of a value of such electrical variable.

A contactless connection system includes the stationary and movable parts and the electrical power supply circuit.

指定代表圖：



【圖 2】

符號簡單說明：

- 7:平衡頭
- 14:定子
- 15:轉子
- 16:電纜
- 17:電源電路
- 19:空氣耦接變壓器
- 20:初級線圈
- 21:次級線圈
- 22:逆變器
- 23:電源裝置
- 24:二極體整流器
- 25:DC/DC 電功率轉換器
- 26:感測器裝置
- 27:控制器
- 28:方框
- C_1, C_2 :電容
- C_{OUT} :穩定電容
- d :距離
- F :可變頻率
- I_1 :初級電流
- I_2 :次級交流電流
- I_{OUT} :直流電流
- L_1, L_2 :電感
- V_1 :初級電壓
- V_2 :次級交流電壓
- V_{OUT} :直流電壓
- $\Delta\Phi$:相位移

【發明摘要】

【中文發明名稱】

固定部件和可移動部件之間的非接觸式電力傳輸方法、電力供應電路和包括電力供應電路的非接觸式連接系統

【英文發明名稱】

METHOD FOR CONTACTLESS POWER TRANSMISSION
BETWEEN A STATIONARY PART AND A MOVABLE PART,
ELECTRICAL POWER SUPPLY CIRCUIT AND CONTACTLESS
CONNECTION SYSTEM INCLUDING THE ELECTRICAL POWER
SUPPLY CIRCUIT

【中文】

一種方法，用於在固定部件(14)和可移動部件(15)之間進行非接觸式電力傳輸，電源電路(17)包括空氣耦接變壓器(19)，具有初級諧振電路，有由固定部件支持的初級線圈(20)，及次級諧振電路，有面向初級諧振電路並由可移動部件支持的次級線圈(21)。

以初級交流電壓(V_1)饋送初級諧振電路，使初級電流(I_1)環流。接著，該初級電流(I_1)在該次級諧振電路中感應出次級交流電壓(V_2)，從而導致次級電流(I_2)環流。調整影響諧振條件的實現的電變量，例如初級電壓的頻率(F)，以在諧振條件下操作。固定部件和可移動部件之間

的距離(d)被確定為這種電變量值的函數。

非接觸式連接系統包括固定部件和可移動部件以及電源電路。

【英文】

Method for contactless power transmission between a stationary part (14) and a movable part (15) and electrical power supply circuit (17) for implementing the method comprising an air-coupled transformer (19) provided with a primary resonant circuit with a primary coil (20) supported by the stationary part and a secondary resonant circuit with a secondary coil (21) facing the primary resonant circuit and supported by the movable part.

The primary resonant circuit is fed with an alternating primary electrical voltage (V_1) which causes a primary electrical current (I_1) to circulate. The primary electrical current (I_1) induces in turn in the secondary resonant circuit an alternating secondary electrical voltage (V_2) which causes a secondary electrical current (I_2) to circulate. An electrical variable influencing the achievement of the resonance condition is adjusted, for example the frequency (F) of the primary electrical voltage, in such a way to operate in a resonance condition. The distance (d) between the stationary part and the movable part is determined as a function of a value of such electrical variable.

A contactless connection system includes the stationary and movable parts and the electrical power supply circuit.

【指定代表圖】圖 2

【代表圖之符號簡單說明】

7:平衡頭

14:定子

15:轉子

16:電纜

17:電源電路

19:空氣耦接變壓器

20:初級線圈

21:次級線圈

22:逆變器

23:電源裝置

24:二極體整流器

25:DC/DC電功率轉換器

26:感測器裝置

27:控制器

28:方框

C_1, C_2 :電容

C_{OUT} :穩定電容

d:距離

F:可變頻率

I_1 :初級電流

I_2 :次級交流電流

I_{OUT} :直流電流

L_1, L_2 :電感

V_1 :初級電壓

V_2 :次級交流電壓

V_{OUT} :直流電壓

$\Delta\phi$:相位移

【特徵化學式】無

【發明說明書】

【中文發明名稱】

固定部件和可移動部件之間的非接觸式電力傳輸方法、電力供應電路和包括電力供應電路的非接觸式連接系統

【英文發明名稱】

METHOD FOR CONTACTLESS POWER TRANSMISSION
BETWEEN A STATIONARY PART AND A MOVABLE PART,
ELECTRICAL POWER SUPPLY CIRCUIT AND CONTACTLESS
CONNECTION SYSTEM INCLUDING THE ELECTRICAL POWER
SUPPLY CIRCUIT

【技術領域】

【0001】本發明關於一種用於非接觸式電力傳輸的方法和一種用於在非接觸式連接系統的固定部件和可移動部件之間進行非接觸式電力傳輸的電源電路。

【0002】本發明可以有利地應用於用於控制機床中機械零件的加工的系統，其中非接觸式連接系統將控制單元和安裝在旋轉主軸上的平衡頭(balancing head)進行通信，該旋轉主軸支持(至少)一砂輪，下面的討論將在不失一般性的情況下明確提及。

【0003】本發明還可以應用於沒有平衡頭並且包括振動感測器，例如聲感測器，及/或其他需要供電的可動部

件中的感測器或裝置的控制系統。

【先前技術】

【0004】例如在專利申請No. EP0690979A1、EP1870198A1和EP3134980A1中所描述的，機床(尤其是磨床並且設置)的旋轉主軸(輪轂)支持(至少)砂輪有容納在軸向腔是已知的。平衡頭包括至少一相對於旋轉軸偏心的平衡質量(balancing mass)，平衡質量的位置可調整並由電動機控制。

【0005】通常，平衡頭還包括振動感測器(即麥克風)，用於檢測由於砂輪(grinding wheel)與工件(workpiece)或砂輪與修整工具(dressing tool)(修整器(dresser))接觸而引起的超音波發射(acoustic emission)。振動感測器產生的電信號用於(以已知方式)控制加工循環。

【0006】有一雙向非接觸式通信系統，可在安裝在主軸上的平衡頭和放置在固定位置的控制單元之間傳輸類比和數位資訊。特別是，控制單元使用通信系統向平衡頭發送數位控制信號(例如啟用/停用振動感測器的讀數或控制移動平衡質量的電動機)，並用於平衡頭向相反方向發送數位診斷信號和振動感測器的類比讀數到控制單元。

【0007】非接觸式電力傳輸系統為平衡頭提供必要的電源。通常，電力傳輸系統包括空氣耦接變壓器(air-coupled transformer)，其初級線圈配置在與機器的固定部件一體的元件(定子(stator))中，次級線圈配置在與機器的可動部分一體的元件(轉子(rotor))中，例如旋轉主軸。空

氣耦接變壓器的兩個線圈之間有一定距離(通常為幾毫米，例如1到8mm之間)，該距離不能太小(以避免在主軸旋轉，例如由於主軸的熱膨脹，並且兩者都損壞時，轉子與定子接觸的風險)，也不能太大(為防止空氣耦接變壓器因氣隙過大而無法向轉子輸送足夠的電能)。通常，在每個平衡系統的設計階段，可以定義為正確運行必須遵守的定子和轉子之間的距離範圍(即空氣耦接變壓器的兩個線圈之間的距離)。

【0008】 安裝主軸後(通常在維護或維修之後)，必須以足夠的精度測量定子和轉子之間的距離，以確保其在設計階段定義的範圍內。然而，手動測量定子和轉子之間的距離並不總是很容易進行，因為可能有保護殼會阻止外部手動測量儀進入。

【0009】 此外，在機器運行期間，以足夠的精度週期性地監測和測量定子和轉子之間的距離是很有用的，以確保它在設計階段定義的範圍內，事實上，由於主軸的熱膨脹，在安裝階段，轉子和定子可以比條件移動得更近。或者，當砂輪因磨損或因不同製程重新加工而更換時，砂輪支架可能具有不同的厚度並導致轉子和定子之間的距離發生變化。

【0010】 由於這些原因，可以在定子上安裝“非接觸式”電子測量裝置(例如雷射測量裝置)或一或多個可以測量定子和轉子之間距離的感測器。然而，這種安裝會導致成本和尺寸的增加，並且會在可用空間非常有限的一些應用

中引起問題。

【發明內容】

【0011】本發明的目的是提供一種方法，用於在固定部件和可移動部件(例如旋轉部件)之間進行非接觸式電力傳輸，以及允許容易地監測這種固定部件和可移動部件之間的距離的電源電路，以及包括所述電路的非接觸式連接系統，該方法和電路允許以足夠的精度確定距離並且不會顯著增加成本和空間。

【0012】本發明提供一種方法，用於非接觸式電力傳輸，電源電路和包括其電路的非接觸式連接系統，如所附申請專利範圍中所限定。

【0013】申請專利範圍描述本發明的實施例並且形成本說明書的組成部分。

【圖式簡單說明】

【0014】本發明參照附圖進行描述，附圖說明實施例的非限制性示例，其中：

【0015】- [圖1]示意性地示出機床，包括：機架，旋轉主軸，其支持砂輪並配備有平衡頭和非接觸式連接系統；

【0016】- [圖2]示意性地示出根據本發明的電源電路，其是圖1所示的非接觸式連接系統的一部分；

【0017】- [圖3]示意性地示出參考與圖2所示的電源

電路對應的初級側的等效電路；

【0018】 - [圖4]是圖2的電源電路的空氣耦接變壓器的示意圖；

【0019】 - [圖5]是示出圖2的電源電路中參考初級側的電感如何隨著連接系統的轉子和定子之間的距離變化而變化的圖；及

【0020】 - [圖6]是示出圖2的電源電路中的諧振頻率如何隨著連接系統的轉子和定子之間的距離變化而變化的圖。

【實施方式】

【0021】在圖1中，附圖標記1表示作為一整體的機床(特別是磨床)，僅示出其中的一些部件。

【0022】機床1包括機架2，其以可旋轉的方式(通過配置在其間的軸承)支持圍繞旋轉軸4旋轉的旋轉主軸3。

【0023】主軸3通過相應的砂輪轂支撐砂輪5，該砂輪轂使用已知且未示出的裝置以可拆卸的方式固定到主軸3，並且包括例如錐形聯軸器。主軸3在中心具有軸向開口6。平衡頭7連接到主軸3並且可以隨其旋轉，更具體地，平衡頭7容納在軸向開口6中。已知類型的平衡頭7包括兩個相對於旋轉軸4偏心的平衡質量8，以及用於調整平衡質量8的角位置的相關電動機9。在平衡頭7中還容納有聲感測器10或振動感測器。

【0024】通常，平衡頭7的作用是平衡砂輪5(每當更

換砂輪 5 以及由於砂輪 5 的磨損而需要時執行此操作)，而聲感測器 10 容納在平衡頭 7 中，允許執行過程監控。

【0025】平衡頭 7 包括控制裝置 11，其控制平衡頭 7 和聲感測器 10 的操作。

【0026】提供了非接觸式連接系統 12 並具有雙重功能：它向平衡頭 7 提供電力並且使得能夠雙向通信以在安裝在主軸 3 上的平衡頭 7 的控制系統 11 及連接至機床 1 的機架 2 並設置在非接觸式連接系統 12 與機床 1 的數值控制 (numerical control) (未圖示) 的控制單元 13 之間傳輸類比和數位資訊。

【0027】非接觸式連接系統 12 包括安裝在機床 1 的機架 2 上的固定部件 14 或定子，該機架 2 通過電纜連接到控制單元 13 和可移動部件，較佳地旋轉部分 15 或轉子安裝在主軸 3 上，其通過例如沿軸向開口 6 延伸的盤繞電纜 (coiled electric cable) 16 連接到平衡頭 7。此外，非接觸式連接系統 12 包括將電能傳輸到平衡頭 7 的電源電路 17 (部分配置在定子 14 中並且部分配置在轉子 15 中) 和通信裝置 18 (部分配置在定子 14 中並且部分地配置在轉子 15 中) 較佳地為光學類型的 (例如根據專利 No.US5688160A 中描述的替代方案之一)。

【0028】控制單元 13 使用通信裝置 18 向平衡頭 7 的控制裝置 11 發送控制信號 (例如啟動/停用聲感測器 10 的讀數或控制電動機 9 移動平衡頭 7 的平衡質量 8)，並且由平衡頭 7 的控制裝置 11 在相反方向上用於將診斷信號及/或由聲感

測器 10 提供與主軸所承受振動有關的信號傳輸到控制單元 13。

【0029】如圖 2 所示，電源電路 17 包括空氣耦接變壓器 19 (在圖 4 中更詳細地示出)，其具有初級線圈 20，具有電感 L_1 ，其配置在定子 14 中，和次級線圈 21，具有電感 L_2 ，其配置在轉子 15 中並且磁性耦接到初級線圈 20 (即，由初級線圈 20 產生的磁場鏈接到次級線圈 21)。在兩個線圈 20 和 21 之間存在距離 d (通常為幾毫米，例如在 1 到 8mm 之間)，該距離 d 不能太小 (以避免當主軸 3 旋轉時，轉子 15 被定子 14 接觸的風險，例如由於主軸的熱膨脹，並且兩者都被損壞)，也不能太大 (以防止空氣耦接變壓器 19 無法將足夠的電力傳輸到轉子 15，因為氣隙過大)。

【0030】初級諧振電路包括串聯連接的初級線圈 20 和具有電容 C_1 的第一電容。類似地，次級諧振電路包括串聯連接的次級線圈 21 和具有電容 C_2 的第二電容。諧振電路是指適合在諧振條件下操作的電路。特別地，初級和次級諧振電路是串聯諧振電路。

【0031】或者，可以使用不同類型的諧振電路，例如並聯諧振電路或串聯和並聯諧振電路的組合。

【0032】電源電路 17 還包括逆變器 (inverter) 22，其從電源裝置 23 接收直流電能並將初級交流電壓 V_1 施加到初級諧振電路，初級交流電壓 V_1 具有可變頻率 F 並引起初級電流 I_1 的環流。

【0033】在初級諧振電路中環流的電流 I_1 在次級諧振

電路中感應出次級交流電壓 V_2 ，其具有與初級電壓 V_1 相同的可變頻率 F 並引起次級交流電流 I_2 的環流。

【0034】根據較佳實施例，電源電路 17 包括二極體整流器 24，其將次級交流電壓 V_2 和次級交流電流 I_2 轉換成相應的直流電壓 V_{OUT} 和相應的直流電流 I_{OUT} 。整流器 24 向平衡頭 7 連接(通過電纜 16)到的 DC/DC 電功率轉換器 25 供電。

【0035】較佳地，具有穩定電容 C_{OUT} 的電容被並聯連接到整流器 24，以穩定電壓 V_{OUT} (即減小 V_{OUT} 的漣波(ripple))。或者，由具有電容 C_{OUT} 的電容執行的功能可以整合到整流器 24 中。

【0036】感測器裝置 26 連接到初級諧振電路並且檢測初級電壓 V_1 和初級電流 I_1 之間的相位移 $\Delta\phi$ 。較佳地，感測器裝置 26 本身連接到信號調節裝置，在圖 2 中以非常示意性的方式由方框 28 表示。

【0037】最後，電源電路 17 包括控制器 27，其接收初級電壓 V_1 和初級電流 I_1 之間的相位移 $\Delta\phi$ 作為輸入，並依據初級電壓 V_1 和初級電流 I_1 之間的相位移 $\Delta\phi$ 調整初級電壓 V_1 (因此初級電流 I_1) 的頻率 F 的方式控制逆變器 22。

【0038】在操作中，控制器 27 以消除初級電壓 V_1 和初級電流 I_1 之間的相位移 $\Delta\phi$ 的方式改變初級電壓 V_1 (因此初級電流 I_1) 的頻率 F ，即以在諧振條件下操作的方式(其中電容阻抗等於電感阻抗並且因此初級電壓 V_1 與初級電流 I_1 完全同相)。發生諧振條件的頻率 F 的值稱為諧振頻率 F_R 。

【0039】應注意，以基本上連續的方式(即始終動態

地)，控制器 27 調整初級電壓 V_1 的頻率 F 以跟隨諧振條件 (即識別消除初級電壓 V_1 和初級電流 I_1 之間的相位移 $\Delta\phi$ 的諧振頻率 F_R)。當必須測量或監測定子 14 和轉子 15 之間的距離 d 時，該距離是從為保持諧振條件而設置的頻率，即從諧振頻率 F_R 獲得。

【0040】圖 3 示意性地示出關於與圖 2 的電源電路 17 對應的初級側的等效電路。這種電路包括產生初級電壓 V_1 的逆變器 22、電阻 R_1 (對應於逆變器 22 和初級線圈 20 的寄生電阻)、電容 C_1 、初級線圈 20 的電感 L_1 以及阻抗 Z_2 ，對應於次級線圈 21 和參考初級側連接到次級線圈 21 的所有東西。

【0041】假設：

$$L_1 = n^2 * L_2$$

$$C_1 = C_2 / n^2$$

其中 n 是兩個線圈 20 和 21 之間的匝數比，也可以取單一值，

阻抗 Z_2 等於：

$$Z_2 = \frac{(\omega \cdot M)^2}{R_L}$$

其中 ω 是角脈動 (angular pulsation)， M 是兩個線圈之間的互感值， R_L 是負載電阻。

【0042】共振條件發生在：

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{L_1 \cdot C_1}}。$$

【0043】 L_1 是初級線圈 20 的電感並且取決於初級線圈

20的特性(即匝數 N)和空氣耦接變壓器19的磁路(圖4中示意性示出)的特性。這種磁路具有通過改變定子14和轉子15之間的距離 d 而變化的整體磁阻 \mathfrak{R} ：

$$L_1 = \frac{N^2}{\mathfrak{R}}$$

【0044】從圖4所示的空氣耦接變壓器的磁路示意圖，可以推導出：

$$\mathfrak{R} = R_{F1} + R_{F2} + 2 \cdot R_{AIR}$$

$$R_{F1} = \frac{l}{S \cdot \mu_{f1}}$$

$$R_{F2} = \frac{l}{S \cdot \mu_{f2}}$$

$$R_{AIR} = \frac{d}{S \cdot \mu_{air}}$$

【0045】纏繞有線圈20和21的鐵氧體磁心F1和F2的磁導率(magnetic permeability)遠大於空氣的磁導率，因此整體磁阻 \mathfrak{R} 主要取決於氣隙的磁阻 R_{AIR} 。

【0046】由於氣隙的磁阻 R_{AIR} 與定子14和轉子15之間的距離 d 成正比，因此可以推斷初級線圈20的電感 L_1 與距離 d 成反比。進而，初級電路的諧振頻率 F_R 與定子14和轉子15之間(即，兩個線圈20和21之間)的距離 d 的平方根成正比。

【0047】總之，知道影響諧振條件實現的電變量的值，例如諧振頻率 F_R ，可以確定定子14和轉子15之間(即兩個線圈20和轉子21之間)的距離 d 。因此，無需任何外部探針或裝置，而是通過包括檢測影響共振條件的實現的頻率值(即共振頻率 F_R)並確定距離 d 作為該頻率值的函數的

處理單元的測量系統，就可以監測，更具體地測量或確定固定部件 14 和可移動部件 15 之間的距離 d 。更具體地，控制器 27 以初級電路在諧振條件下操作的方式調整初級電壓 V_1 的頻率 F (其中初級電壓 V_1 與初級電流 I_1 同相)。處理單元，例如控制單元 13，檢測由初級電壓 V_1 的頻率 F 所取的值，即諧振頻率 F_R ，並根據這樣的值確定定子 14 和轉子 15 之間的距離 d 。

【0048】 接收諧振頻率 F_R 的資訊並確定定子 14 和轉子 15 之間的距離 d 的處理單元可以包括在控制單元 13 中，如所描述和如圖所示，或可以整合到控制器 27 中，以簡化由控制單元 13 執行的處理操作。

【0049】 無需任何外部探頭或裝置，就可以監測，更具體地說是測量或確定定子 14 和轉子 15 之間的距離 d ，從除頻率以外的電變量開始，在任何情況下都是電變量影響諧振條件的實現，例如參考初級諧振電路的總電感或總電容。

【0050】 總電感和總電容是指為實現諧振條件而修改的初級諧振電路的電感或電容(取決於考慮的物理量)。特別地，初級諧振電路的電感或電容值可以通過使用合適的電路以已知方式被調整以在諧振條件下操作。

【0051】 例如包括在控制單元 13 中的處理單元在諧振條件下運行時，確定定子 14 和轉子 15 之間的距離 d 作為頻率 F 所取的值 (F_R) 的函數或由總電感或總電容均指初級諧振電路。

【0052】總之，知道諧振頻率 F_R 或影響諧振條件實現(例如參考初級諧振電路的總電感或總電容)的另一電氣變量的值，可以確定定子14和轉子15(即在兩個線圈20和21之間)之間的距離 d 。

【0053】根據較佳實施例，諧振條件的實現以及定子14和轉子15之間的距離的測量較佳地基於頻率進行，因為就必要的電路的應用的簡單性及其尺寸和成本而言這是最有利的解決方案。電容和電感也可以用於實現諧振條件，從而確定定子14和轉子15之間的距離，即使在系統運行時作用於這些電氣變量之一更複雜，並且需要更大的尺寸和更高的成本。

【0054】也可以同時作用於幾個電氣變量，即使這個解決方案更複雜。

【0055】根據較佳實施例，使用實驗定律(例如在圖5和圖6中示出)，其將定子14和轉子15之間的距離 d 與影響諧振條件的實現的電變量所取的值聯繫起來。換言之，它將距離 d 表示為頻率 F (圖6)或總電感 L_1 (圖5)或初級諧振電路總電容(圖5)的函數。例如，從先前進行的適當測試中獲得實驗定律。

【0056】諧振頻率 F_R (及/或其他電氣變量)的資訊在控制器27中。控制器27可以通過暫存器使其可用，該暫存器可以被機床1的控制單元13的邏輯電路讀取，控制單元13處理相應的信令。

【0057】由於用於電感元件和電容的容差設置，該技

術可能需要校準階段以提供絕對距離測量。然而，該校準應僅關於定子 14，其優點是如果現場更換轉子 15，則無需重複校準。這適用於新轉子 15 的電感值 L_2 和電容值 C_2 與標稱預期沒有很大差異的情況。

【0058】該技術的一個可能限制關於文獻中稱為“頻率分裂”的現象，該現象包括在“過耦接(overcoupling)”系統條件下的共振頻率分裂。當負載的電阻(即平衡頭 7 的等效電阻)變得特別小而互感值相對較高時，達到“過耦接”條件。為了避免這個問題，控制器 27 被設計成在諧振頻率分裂的情況下，即在“過耦接”條件下操作時，保持鎖定到具有較低頻率的諧振峰值，以避免頻率跳躍。

【0059】因此，給定所執行的控制類型，如果出現“過耦接”條件，系統選擇的諧振頻率將低於僅由電感 L_1 和電容 C_1 的值確定的標稱值。

【0060】一般而言，為了使頻率偏移對距離 d 的確定的影響最小化，較佳在輕負載條件(即高負載電阻的條件)下進行評估。事實上，在這種情況下，諧振頻率僅取決於如前所述的空氣耦接變壓器 19 的磁阻 \mathfrak{R} 。換言之，距離 d 的測量較佳地在平衡頭 7 不操作時進行(即，它在待機狀態下被打開)並且因此提供適度的電負載。

【0061】如果距離 d 的測量是在重負載條件下(即低負載電阻的條件)和高互感值下進行的，在距離 d 很小的情況下可以得到，距離的測量 d 可能被低估了。然而，當定子 14 和轉子 15 之間的距離 d 很小時，那將是最安全的情況。

【0062】圖5顯示了通過實驗獲得的圖表，顯示距離 d 和在達到諧振條件後參考初級諧振電路的總電感(用 ΔL 表示)之間的相關性。

【0063】圖6顯示通過實驗獲得的圖，顯示距離 d 和初級電壓 V_1 的頻率 F 之間的相關性。

【0064】圖2示出電源電路17的較佳實施例。該電路可以根據所使用的電子設備的類型以不同的方式製成，例如可以省略整流器裝置24和轉換器25。

【0065】在已經進行的實驗測試中，即使在重載的情況下，也很少出現“過耦接”現象。當轉子和定子非常接近時，它的存在開始出現。實際上，在這種情況下，測量的頻率 F 與預期的相比略有下降，但如前所述，所犯的錯誤將是估計距離 d 小於實際頻率。因此，這將提供更加預防的結果，以避免定子14和轉子15之間不希望的接觸。

【0066】在附圖所示的實施例中，上述用於非接觸式電力傳輸的方法在非接觸式連接系統12中實施，該非接觸式連接系統12在機床1中將控制單元13連接到旋轉主軸3的平衡頭7，後者支撐(至少)一砂輪5。根據未示出的其他實施例，上述方法可以在安裝在不同類型的應用上的非接觸式連接系統中實施。

【0067】到目前為止，參考用於控制包括平衡頭的機床中的機械部件的加工的系統來描述和說明用於非接觸式電力傳輸的方法和供電電路。它們還可以應用於控制系統，沒有平衡頭並且包括振動感測器(例如聲感測器)及/或

需要被供電的可移動/旋轉部分中的其他本身已知的感測器或裝置。

【0068】 在不脫離本發明的保護範圍的情況下，此處所描述的實施例可以相互組合。

【0069】 上述方法和電路提供幾個優點。

【0070】 首先，上述方法和電路允許以足夠的精度測量距離 d (即，定子 14 和轉子 15 之間的距離 d 的測量對於這種類型的應用的特定要求來說是足夠準確的)。特別地，當需要高精度時，即當距離 d 較小並且定子 14 和轉子 15 之間的意外和潛在破壞性接觸的風險較大時，上述方法和電路特別準確。

【0071】 此外，上述方法和電路不會導致成本和空間的顯著增加，因為可以確定距離 d 的實際值而不需要除已經存在的硬體元件之外的任何硬體元件並且不涉及轉子 15 或通信設備 18 在測量中使用的通信協議。

【0072】 此外，上述方法和電路非常有彈性，因為它們可以根據應用要求容易地客製化和適應轉子 15 和定子 14 的幾何形狀的變化。

【0073】 最後，由於上述方法和電路，可以在不影響轉子 15 和定子 14 的整體尺寸的情況下引入重要的診斷功能。

【符號說明】

【0074】

- 1:機床
- 2:機架
- 3:旋轉主軸
- 4:旋轉軸
- 5:砂輪
- 6:軸向開口
- 7:平衡頭
- 8:平衡質量
- 9:電動機
- 10:聲感測器
- 11:控制裝置
- 12:非接觸式連接系統
- 13:控制單元
- 14:定子
- 15:轉子
- 16:電纜
- 17:電源電路
- 18:通信裝置
- 19:空氣耦接變壓器
- 20:初級線圈
- 21:次級線圈
- 22:逆變器
- 23:電源裝置
- 24:二極體整流器

25:DC/DC電功率轉換器

26:感測器裝置

27:控制器

28:方框

C_1 :電容

C_{OUT} :穩定電容

d :距離

F :可變頻率

F_R :諧振頻率

I_1 :初級電流

I_2 :次級交流電流

I_{OUT} :直流電流

L_1 :電感

M :互感值

n :匝數比

R_1 :電阻

R_{AIR} :磁阻

R_L :負載電阻

V_1 :初級電壓

V_2 :次級交流電壓

V_{OUT} :直流電壓

Z_2 :阻抗

$\Delta\phi$:相位移

ω :角脈動

【發明申請專利範圍】

【請求項1】一種方法，用於在固定部件(14)和可移動部件(15)之間進行非接觸式電力傳輸，具有電源電路(17)包括空氣耦接變壓器(19)，其具有初級諧振電路，有由該固定部件(14)支持的初級線圈(20)，及次級諧振電路，有面向該初級諧振電路並由該可移動部件(15)支持的次級線圈(21)；

該方法包括以下步驟：

- 以初級交流電壓(V_1)饋送該初級諧振電路，使初級電流(I_1)環流，該初級電流在該次級諧振電路中感應出次級交流電壓(V_2)，其導致次級電流(I_2)環流；

- 調整影響諧振條件的實現的至少一電變量，其中，該初級電壓(V_1)與該初級電流(I_1)同相；及

- 監測該固定部件(14)和該可移動部件(15)之間的距離(d)，

該方法的特徵在於，監測該固定部件(14)和該可移動部件(15)之間的該距離(d)的該步驟包括：

- 檢測影響該諧振條件的該實現的該至少一電變量的值；及

- 確定該固定部件(14)和該可移動部件(15)之間的該距離(d)為該至少一電變量的值的函數。

【請求項2】根據請求項1所述的方法，其中，確定該距離(d)的該步驟包括使用實驗定律連接該固定部件(14)和該可移動部件(15)之間的該距離(d)及影響該諧振條件的該

實現的至少一電變量的值。

【請求項3】根據請求項1或請求項2所述的方法，其中，該至少一電變量是該初級電壓(V_1)的該頻率(F)，在諧振頻率(F_R)處實現該諧振條件。

【請求項4】根據請求項3所述的方法，其中：

- 感測器裝置(26)，檢測連接到該初級諧振電路的該初級電壓(V_1)和該初級電流(I_1)之間的相位移($\Delta\phi$)；及
- 提供控制器(27)，該控制器(27)接收該初級電壓(V_1)和該初級電流(I_1)之間的該相位移($\Delta\phi$)作為輸入且控制逆變器(22)以調整該初級電壓(V_1)的該頻率(F)以在該初級電壓(V_1)與該初級電流(I_1)同相的諧振條件下操作。

【請求項5】根據請求項3或請求項4所述的方法，其中，在諧振頻率分裂的情況下，該初級電壓(V_1)的該頻率(F)被調整以檢測並跟隨具有較低頻率的諧振峰值。

【請求項6】根據請求項1或請求項2所述的方法，其中，該至少一電變量是參考該初級諧振電路的總電感。

【請求項7】根據請求項1至6中任一項所述的方法，其中，當電負載(7)耦接到該電源電路(17)具有最小的電力消耗時，確定該固定部件(14)和該可移動部件(15)之間的該距離(d)。

【請求項8】根據請求項1至7中任一項所述的方法，用於供電至平衡頭(7)，其與機床(1)的旋轉主軸(3)連接並隨其旋轉，其中，該固定部件(14)和該可移動部件(15)適於分別安裝在該機床(1)的機架(2)和該旋轉主軸(3)上。

【請求項9】一種電源電路(17)，用於在固定部件(14)和可移動部件(15)之間非接觸地傳輸電力，包括：

- 空氣耦接變壓器(19)，具有初級諧振電路，有由該固定部件(14)支持的初級線圈(20)，及次級諧振電路，有面向該初級諧振電路並由該可移動部件(15)支持的次級線圈(21)，該初級諧振電路被饋送以初級交流電壓(V_1)，使初級電流(I_1)環流，該初級電流在該次級諧振電路中感應出次級交流電壓(V_2)，其導致次級電流(I_2)環流；及

- 控制器(27)，被配置為調整影響諧振條件的實現的至少一電變量，其中，該初級電壓(V_1)與該初級電流(I_1)同相；

該電源電路的特徵在於，其包括測量系統，用於測量該固定部件(14)和該可移動部件(15)之間的距離(d)，其中，該測量系統具有處理單元，配置以檢測影響該諧振條件的該實現的該至少一電變量的值；及確定該固定部件(14)和該可移動部件(15)之間的該距離(d)為該至少一電變量的值的函數。

【請求項10】根據請求項9所述的電源電路(17)，進一步包括：

- 感測器裝置(26)，連接到該初級諧振電路並適於檢測該初級電壓(V_1)和該初級電流(I_1)之間的相位移($\Delta\phi$)，及

- 逆變器(22)，接收直流電流的電力並將該初級

交流電壓(V_1)施加到該初級諧振電路，

該控制器(27)適於接收該初級電壓(V_1)和該初級電流(I_1)之間的該相位移($\Delta\phi$)作為輸入，並控制該逆變器(22)以調整該初級電壓(V_1)的該頻率(F)以在該初級電壓(V_1)與該初級電流(I_1)同相的諧振條件下操作。

【請求項11】 根據請求項9或請求項10所述的電源電路(17)，進一步包括：

- 整流器裝置(24)，將該次級交流電壓(V_2)轉換為相應的電壓(V_{OUT})，及

- 電子DC-DC功率轉換器(25)，其一側連接到該整流器裝置(24)且在另一側為電負載(7)供電。

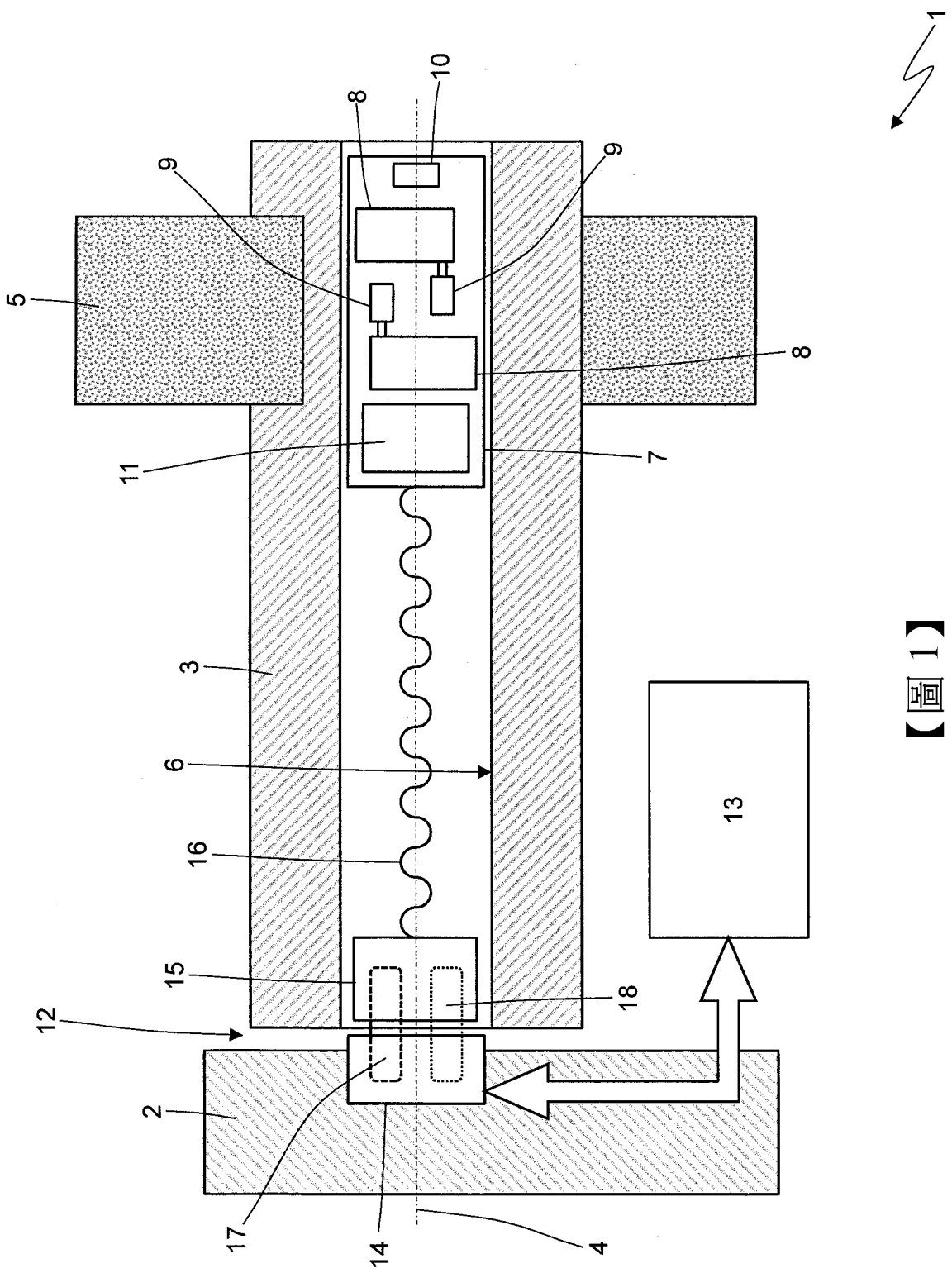
【請求項12】 根據請求項9至11中任一項所述的電源電路(17)，其中，該初級諧振電路包括串聯連接到該初級線圈(20)的第一電容。

【請求項13】 根據請求項9至12中任一項所述的電源電路(17)，其中，該次級諧振電路包括串聯連接到該次級線圈(21)的第二電容。

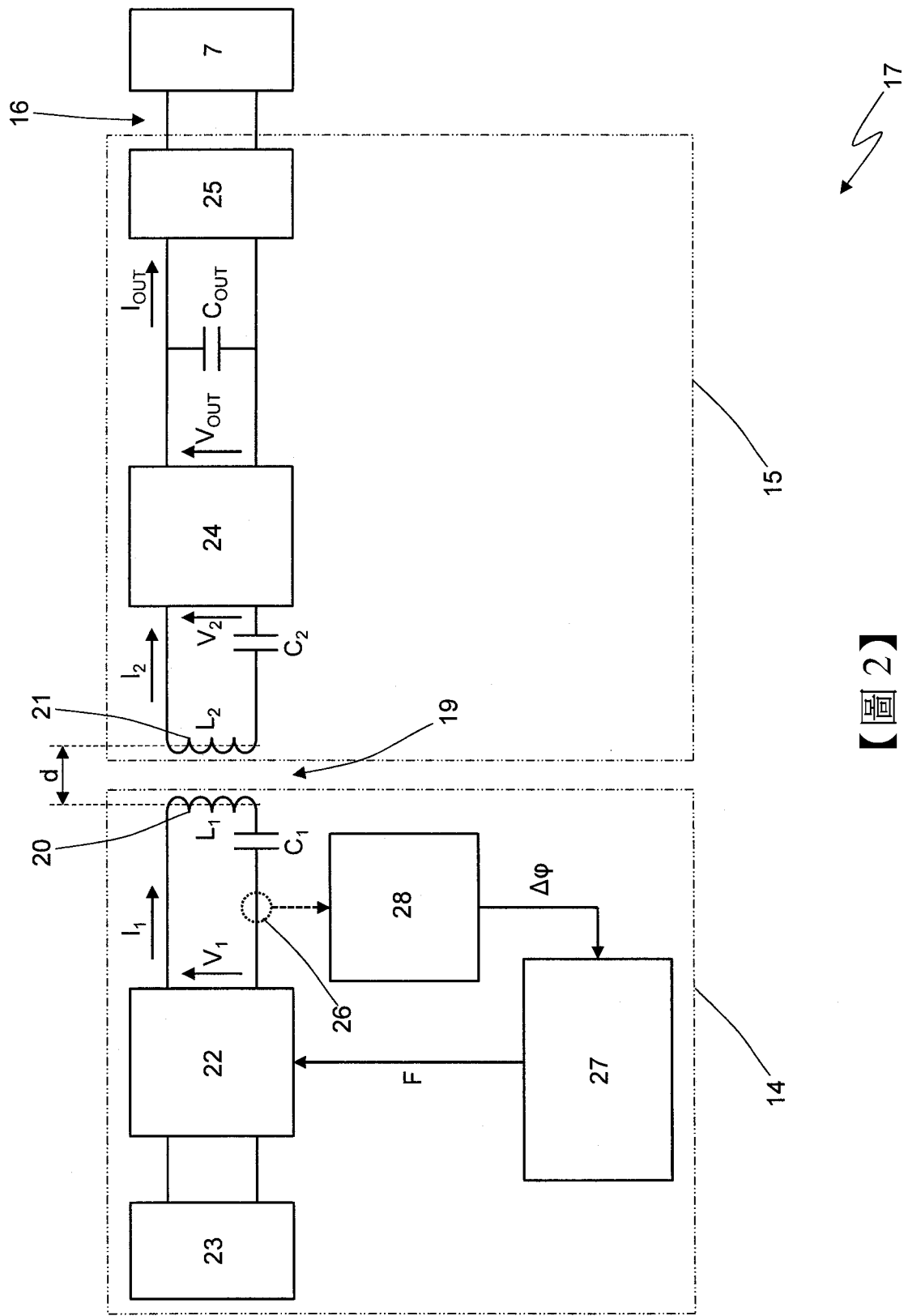
【請求項14】 一種非接觸式連接系統(12)，用於機床(1)，包括根據請求項9至13中任一項所述的電源電路(17)，且包括該固定部件(14)和該可移動部件(15)，適於分別安裝在該機床的機架(2)和旋轉主軸(3)上。

【請求項15】 根據請求項14所述的非接觸式連接系統(12)，進一步包括在該固定部件(14)和該可移動部件(15)之間的通信裝置(18)。

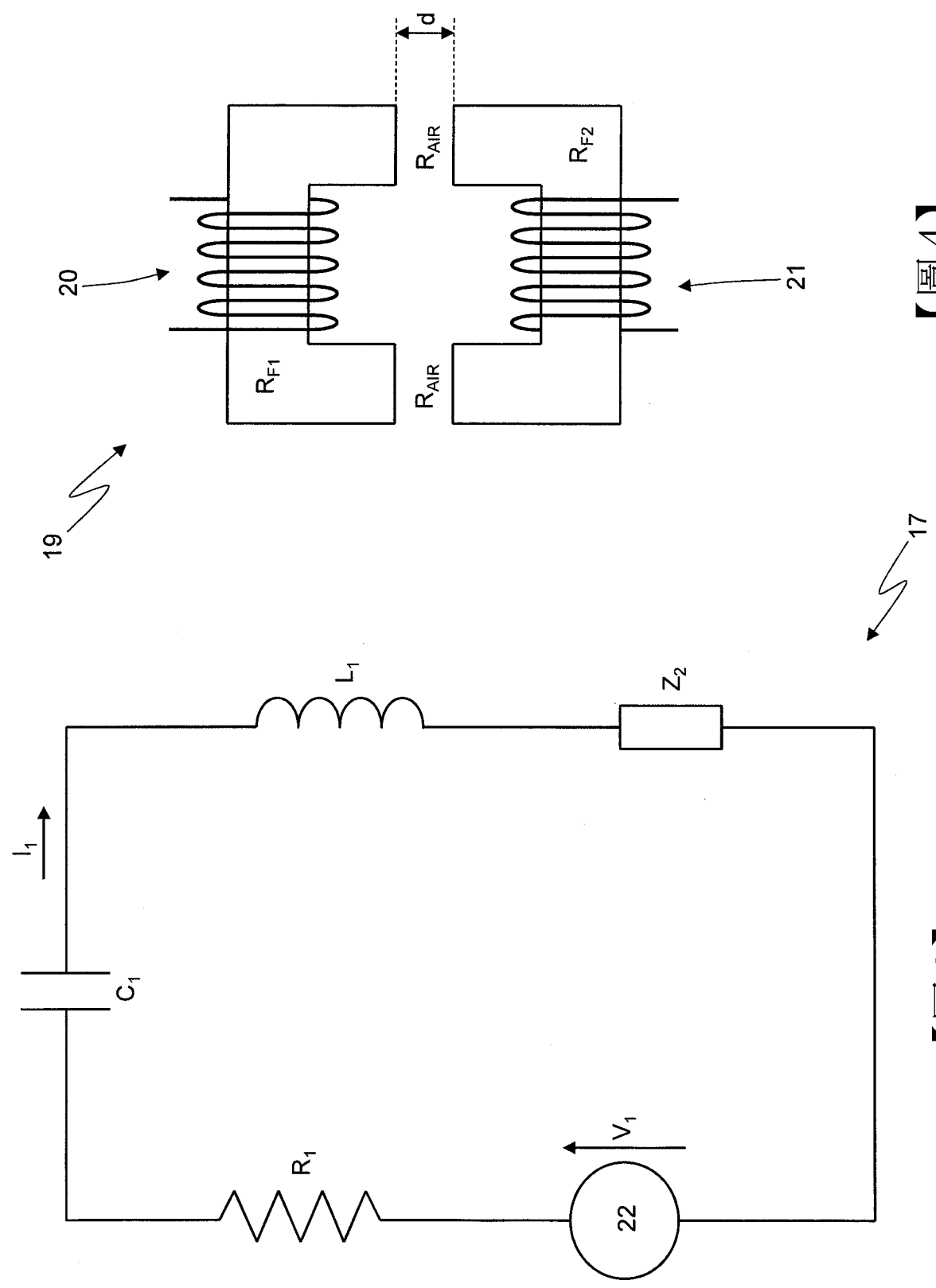
【發明圖式】



【圖 1】

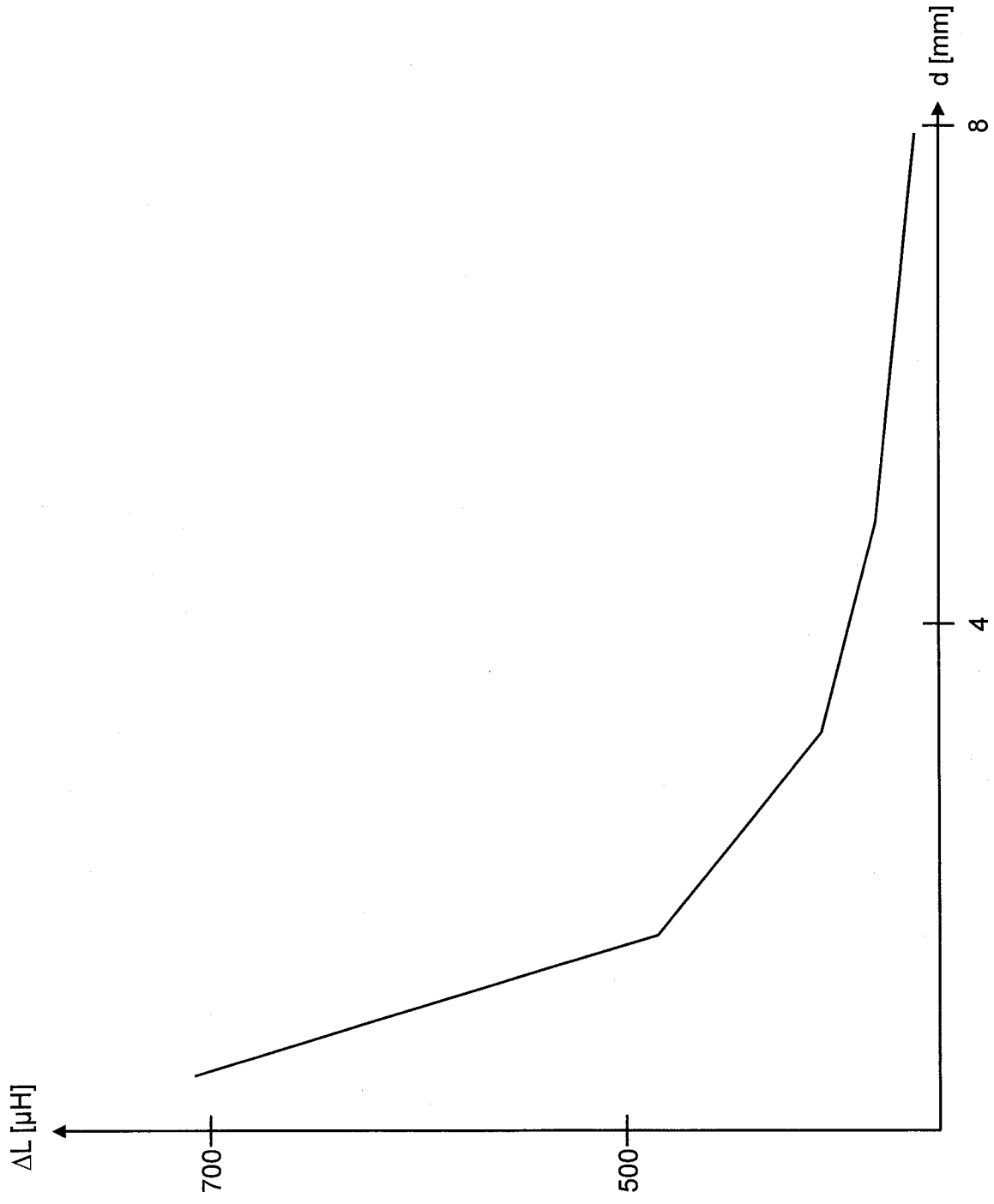


【圖 2】

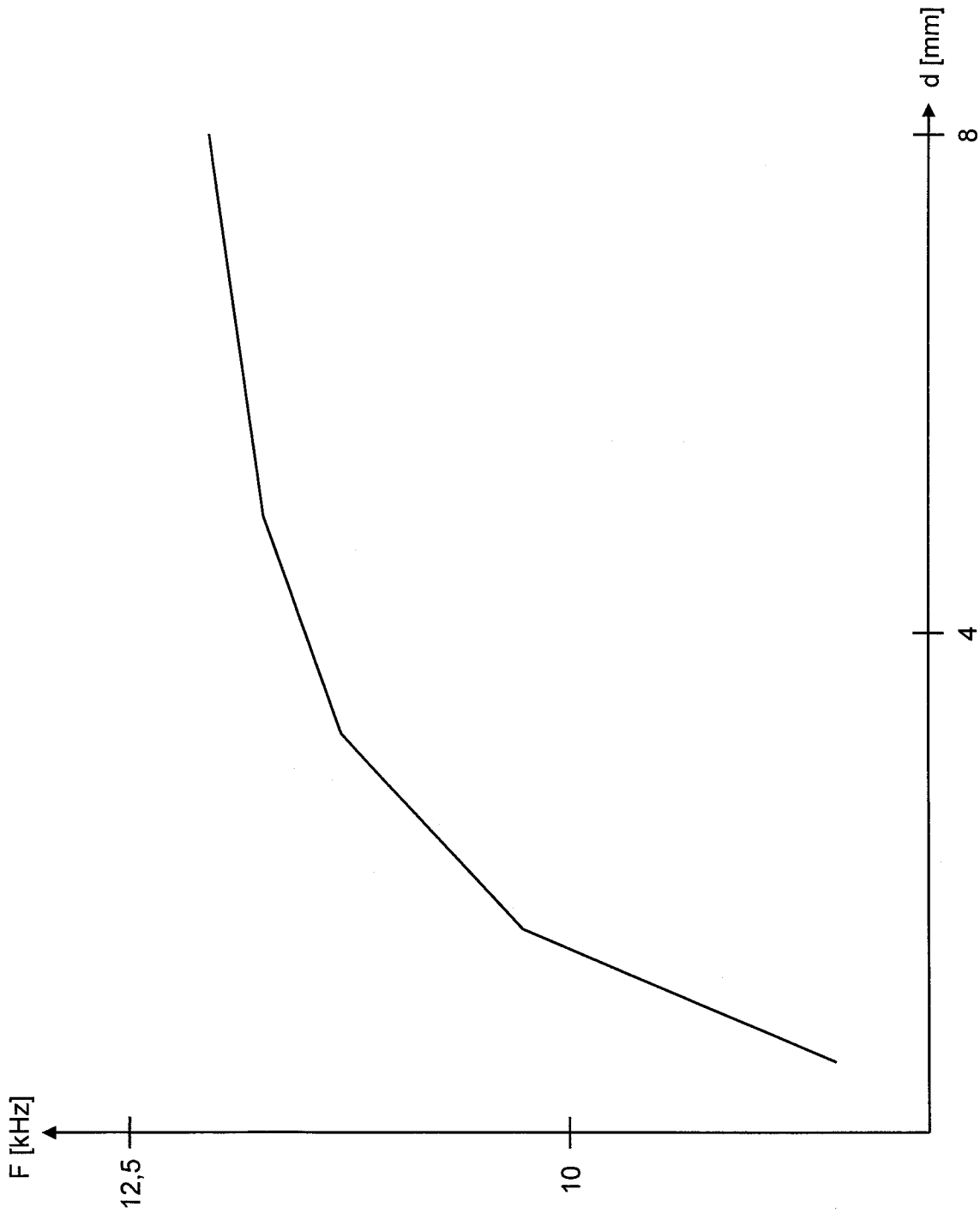


【圖 4】

【圖 3】



【圖 5】



【圖 6】