



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本 (11)證書號數：TW I589090 B

(45)公告日：中華民國 106 (2017) 年 06 月 21 日

(21)申請案號：105102725

(22)申請日：中華民國 105 (2016) 年 01 月 28 日

(51)Int. Cl. : H02J50/40 (2016.01)

(30)優先權：2015/03/27 中國大陸 201510142175.0

(71)申請人：矽力杰半導體技術（杭州）有限公司（中國大陸）SILERGY SEMICONDUCTOR TECHNOLOGY (HANGZHOU) LTD. (CN)
中國大陸

(72)發明人：張望 (CN)；余峰 (CN)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

CN 102347640A

CN 104065179A

US 2014/0132077A1

審查人員：林賜敬

申請專利範圍項數：10 項 圖式數：7 共 35 頁

(54)名稱

諧振型非接觸供電裝置、電能接收端和控制方法

(57)摘要

公開了一種諧振型非接觸供電裝置、電能接收端和控制方法。通過控制所述連接在接收側諧振電路與負載之間的功率變換器，可以調節接收側諧振電路輸出的高頻交流電的電流強度參量，使得第一電流強度參量(流過發射線圈的電流峰值或有效值)與第二電流強度參量(流過接收線圈的電流峰值或有效值)保持預定關係，使得等效負載阻抗獲得調節，進而使得系統可以工作在效率最優模式下。

指定代表圖：

符號簡單說明：

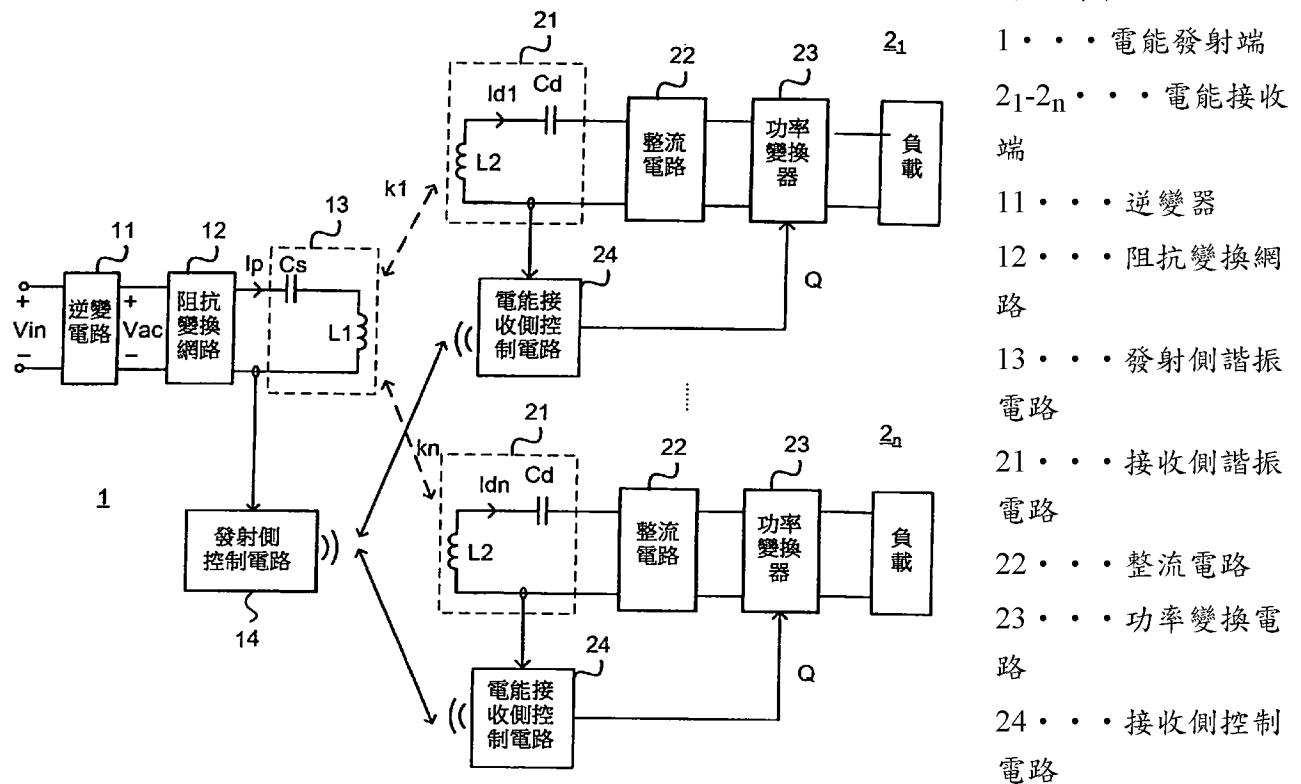


圖 1

公告本

發明摘要

※申請案號：105102725

※申請日：105 年 01 月 28 日

※IPC 分類：H02J 50/40 (2016.01)

【發明名稱】(中文/英文)

諧振型非接觸供電裝置、電能接收端和控制方法

【中文】

公開了一種諧振型非接觸供電裝置、電能接收端和控制方法。通過控制所述連接在接收側諧振電路與負載之間的功率變換器，可以調節接收側諧振電路輸出的高頻交流電的電流強度參量，使得第一電流強度參量（流過發射線圈的電流峰值或有效值）與第二電流強度參量（流過接收線圈的電流峰值或有效值）保持預定關係，使得等效負載阻抗獲得調節，進而使得系統可以工作在效率最優模式下。

【英文】

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第(1)圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

1：電能發射端

2₁-2_n：電能接收端

11：逆變器

12：阻抗變換網路

13：發射側諧振電路

21：接收側諧振電路

22：整流電路

23：功率變換電路

24：接收側控制電路

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：無

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

諧振型非接觸供電裝置、電能接收端和控制方法

【技術領域】

本發明係關於電力電子技術，具體關於一種諧振型非接觸供電裝置、電能接收端和控制方法。

【先前技術】

非接觸供電技術基於其方便實用的特點而廣泛應用於電子產品領域，尤其是小功率電子產品行業如移動電話、MP3 播放器、數位照相機、可攜式電腦等。現有技術的諧振型非接觸供電裝置通常包含有一個由發射線圈 L1 和接收線圈 L2 構成的諧振與磁耦合電路，發射線圈 L1 與電能發射端的其它元件構成發射側諧振電路，接收線圈 L2 與電能接收端的其它元件構成接收側諧振電路。透過將發射側諧振電路和接收側諧振電路的諧振頻率設置為相同，可以使得發射側諧振電路諧振時，透過電磁場與發射側諧振電路耦合的接收側諧振電路也發生諧振，由此實現以非接觸的方式傳輸電能。該諧振頻率被稱為自感諧振頻率。

然而，由於負載在供電過程中會發生變化，目前缺乏手段始終保持較高的系統效率而不受負載變化影響。

【發明內容】

有鑑於此，本發明提供一種諧振型非接觸供電裝置、電能接收端和控制方法，通過調節接收側諧振回路的電流強度參量來調整接收側的輸出電壓，從而調整等效負載阻抗，使系統工作在效率最佳模式下。

第一態樣，提供一種諧振型非接觸供電裝置，包括：電能發射端，包括：

交流電生成電路，用於生成具有第一電流強度參量的交流電；

發射側諧振電路，包括發射線圈，用於接收所述交流電發射電能；

發射側控制電路，用於獲取並以無線方式發送表徵所述第一電流強度參量的第一信號以及與所述發射側諧振電路耦合的電能接收端的數量；

至少一個電能接收端，包括：

接收側諧振電路，包括接收線圈，所述接收線圈與所述發射線圈分離地以非接觸方式耦合，所述接收側諧振電路用於從所述發射線圈接收電能；

整流電路，與所述接收側諧振電路連接；

功率變換器，與所述整流電路連接；

接收側控制電路，用於調節所述功率變換器以保持第二電流強度參量為所述第一電流強度參量的 m 倍；

$$m = \sqrt{\frac{Rs}{nRd}}$$

其中，所述第二電流強度參量為流過所述接收線

圈的交流電的電流強度參量， R_s 為所述發射線圈的線圈等效電阻， R_d 為所述接收線圈的線圈等效電阻， n 為所述電能接收端的數量，所述電流強度參量為電流峰值或有效值。

較佳地，所述發射側控制電路包括：

第一電流強度參量檢測電路，用於檢測獲取所述第一信號；

數量檢測電路，用於檢測與所述發射側諧振電路耦合的電能接收端的數量；

第一無線通信電路，用於以無線方式發送所述第一信號和所述電能接收端的數量。

較佳地，所述接收側控制電路包括：

第二無線通信電路，用於以無線方式接收所述第一信號和所述電能接收端的數量；

信號轉換電路，用於將所述第一信號轉換為第三信號，所述第三信號表徵所述第一信號與 m 的乘積；

第二電流強度參量檢測電路，用於檢測流過所述接收線圈的電流獲取表徵所述第二電流強度參量的第二信號；

補償電路，用於生成響應於所述第三信號和所述第二信號差值的補償信號；

控制信號生成電路，用於生成控制信號控制所述功率變換器以最小化所述補償信號。

較佳地，所述接收側控制電路包括：

第二無線通信電路，用於以無線方式接收所述第一信

號和所述電能接收端的數量；

第二電流强度參量檢測電路，用於檢測流過所述接收線圈的電流獲取表徵所述第二電流强度參量的第二信號；

信號轉換電路，用於將所述第二信號轉換為第三信號，所述第三信號表徵所述第二信號與 $1/m$ 的乘積；

補償電路，用於生成響應於所述第一信號和所述第三信號差值的補償信號；

控制信號生成電路，用於生成控制信號控制所述功率變換器以最小化所述補償信號。

第二態樣，提供一種電能接收端，用於與電能發射端非接觸地耦合以接收電能，所述電能接收端包括：

接收側諧振電路，包括接收線圈，所述接收線圈與電能發射端的發射線圈分離地以非接觸方式耦合，所述接收側諧振電路用於從所述發射線圈接收電能；

整流電路，與所述接收側諧振電路連接；

功率變換器，與所述整流電路連接；

接收側控制電路，用於調節所述功率變換器以保持第二電流强度參量為第一電流强度參量的 m 倍；

$$\text{其中} , m = \sqrt{\frac{R_s}{nR_d}}$$

所述第一電流强度參量為流過所述發射線圈的交流電的電流强度參量，所述第二電流强度參量為流過所述接收線圈的交流電的電流强度參量， R_s 為所述發射線圈的線圈等效電阻， R_d 為所述接收線圈的線圈等效電阻， n 為所述電能接收端的數量，所述電流强度參量為電流峰值或有

效值。

較佳地，所述接收側控制電路包括：

第二無線通信電路，用於以無線方式接收表徵第一電流強度參量的第一信號和與所述電能發射端耦合的電能接收端的數量；

信號轉換電路，用於將所述第一信號轉換為第三信號，所述第三信號表徵所述第一信號與 m 的乘積；

第二電流強度參量檢測電路，用於檢測流過所述接收線圈的電流獲取表徵所述第二電流強度參量的第二信號；

補償電路，用於生成響應於所述第三信號和所述第二信號差值的補償信號；

控制信號生成電路，用於生成控制信號控制所述功率變換器以最小化所述補償信號。

較佳地，所述接收側控制電路包括：

第二無線通信電路，用於以無線方式接收所述第一信號和所述電能接收端的數量；

第二電流強度參量檢測電路，用於檢測流過所述接收線圈的電流獲取表徵所述第二電流強度參量的第二信號；

信號轉換電路，用於將所述第二信號轉換為第三信號，所述第三信號表徵所述第二信號與 $1/m$ 的乘積；

補償電路，用於生成響應於所述第一信號和所述第三信號差值的補償信號；

控制信號生成電路，用於生成控制信號控制所述功率變換器以最小化所述補償信號。

第三態樣，提供一種控制方法，用於控制諧振型非接觸供電裝置，所述諧振型非接觸供電裝置包括具有發射線圈的電能發射端和至少一個具有接收線圈和功率變換器的電能接收端，所述控制方法包括：

調節所述功率變換器以保持第二電流強度參量為第一電流強度參量的 m 倍；

$$\text{其中， } m = \sqrt{\frac{R_s}{nR_d}}$$

所述第一電流強度參量為流過所述發射線圈的交流電的電流強度參量，所述第二電流強度參量為流過所述接收線圈的交流電的電流強度參量， R_s 為所述發射線圈的線圈等效電阻， R_d 為所述接收線圈的線圈等效電阻， n 為所述電能接收端的數量，所述電流強度參量為電流峰值或有效值。

較佳地，所述調節所述功率變換器以保持第一電流強度參量為第二電流強度參量的 m 倍包括：

獲取表徵所述第一電流強度參量的第一信號、表徵所述第二電流強度參量的第二信號和與所述電能發射端非接觸耦合的電能接收端的數量；

將所述第一信號轉換為第三信號，所述第三信號表徵所述第一信號與 m 的乘積；

生成控制信號控制所述功率變換器以最小化所述第三信號與所述第二信號的差值。

較佳地，所述調節所述功率變換器以保持第一電流強度參量為第二電流強度參量的 m 倍包括：

獲取表徵所述第一電流强度參量的第一信號、表徵所述第二電流强度參量的第二信號和與所述發射線圈非接觸耦合的接收線圈的數量；

將所述第二信號轉換為第三信號，所述第三信號表徵所述第二信號與 $1/m$ 的乘積；

生成控制信號控制所述功率變換器以最小化所述第一信號與所述第三信號的差值。

透過控制所述連接在接收側諧振電路與負載之間的功率變換器，可以調節接收側諧振電路輸出的交流電的電流強度參量，使得第一電流強度參量（流過發射線圈的電流峰值或有效值）與第二電流強度參量（流過接收線圈的電流峰值或有效值）保持預定關係，使得等效負載阻抗獲得調節，進而使得系統可以工作在效率最優模式下。

【圖式簡單說明】

透過以下參照附圖對本發明實施例的描述，本發明的上述以及其它目的、特徵和優點將更為清楚，在附圖中：

圖 1 是本發明實施例的諧振型非接觸供電裝置的電路框圖；

圖 2 是本發明實施例的諧振型非接觸供電裝置的諧振與磁耦合電路的電路示意圖；

圖 3 是本發明實施例的諧振型非接觸供電裝置的諧振與磁耦合電路解耦後的等效電路圖；

圖 4 是本發明實施例的控制電路的電路框圖；

圖 5 是本發明實施例另一個實施方式的控制電路的電路框圖；

圖 6 是本發明實施例的控制方法的流程圖；

圖 7 是本發明實施例的另一個實施方式的控制方法流程圖。

【實施方式】

以下基於實施例對本發明進行描述，但是本發明並不僅僅限於這些實施例。在下文對本發明的細節描述中，詳盡描述了一些特定的細節部分。對本領域技術人員來說沒有這些細節部分的描述也可以完全理解本發明。為了避免混淆本發明的實質，公知的方法、過程、流程、元件和電路並沒有詳細敘述。

此外，本領域普通技術人員應當理解，在此提供的附圖都是為了說明的目的，並且附圖不一定是按比例繪製的。

同時，應當理解，在以下的描述中，“電路”是指由至少一個元件或子電路通過電氣連接或電磁連接構成的導電回路。當稱元件或電路“連接到”另一元件或稱元件/電路“連接在”兩個節點之間時，它可以是直接耦接或連接到另一元件或者可以存在中間元件，元件之間的連接可以是物理上的、邏輯上的、或者其結合。相反，當稱元件“直接耦接到”或“直接連接到”另一元件時，意味著兩者不存在中間元件。

除非上下文明確要求，否則整個說明書和申請專利範圍中的“包括”、“包含”等類似詞語應當解釋為包含的含義而不是排他或窮舉的含義；也就是說，是“包括但不限於”的含義。

在本發明的描述中，需要理解的是，術語“第一”、“第二”等僅用於描述目的，而不能理解為指示或暗示相對重要性。此外，在本發明的描述中，除非另有說明，“多個”的含義是兩個或兩個以上。

圖 1 是本發明實施例的諧振型非接觸供電裝置的電路框圖。如圖 1 所示，諧振型非接觸供電裝置包括電能發射端 1 和至少一個電能接收端 2。

其中，電能發射端 1 包括逆變電路 11、阻抗變換網路 12、發射側諧振電路 13 和發射側控制電路 14。

電能接收端包括接收側諧振電路 21、整流電路 22、功率變換器 23 和接收側控制電路 24。

電能發射端 1 和電能接收端 2 透過發射側諧振電路 13 和接收側諧振電路 21 分離地以非接觸方式耦合，從而實現電能傳輸。

在本發明實施例中，非接觸供電也可以被稱為無線供電，其是指電能發射端和電能接收端之間不依賴於導體連接進行電能傳輸的方式。

逆變電路 11 用於接收電能（亦即輸入直流電壓 V_{in} ）生成電壓強度參量（電壓峰值或有效值）響應於逆變控制信號的交流電 V_{ac} 。

逆變電路可以是全橋式逆變電路、半橋式逆變電路以及其他任何公知的具有逆變功能的逆變器。在逆變電路被設置為開關型逆變電路時，透過控制開關型逆變電路中的開關頻率以及開關相差，可以實現控制交流電 V_{ac} 的頻率和幅值。

阻抗變換網路 12 用於接收交流電 V_{ac} 生成具有第一電流強度參量的交流電 I_p 。其中，第一電流強度參量（電流峰值或有效值）與交流電 V_{ac} 的電壓強度參量（電壓峰值或有效值）對應，亦即，第一電流強度參量由交流電 V_{ac} 的電壓強度參量確定。由此，透過控制逆變電路的輸出電壓強度參量，可以控制輸入到發射側諧振電路 13 的交流電 I_p 的電流強度參量。進一步地，這等效於在發射側諧振電路 13 的輸入端口連接一個恆定的交流電流源，並且，該交流電流源的電流強度參量可調。在本實施例中，透過級聯的逆變電路 11 和阻抗變換網路 12 組成的交流電生成電路來生成具有第一電流強度參量的交流電 I_p 。第一電流強度參量不隨負載的變化而變化。當然，也可以透過其它類型的交流電生成電路來生成輸入到發射側諧振電路 13 的交流電。

發射側諧振電路 13 包括發射線圈 L1，用於接收交流電 I_p 。由此，第一電流強度參量為流過發射線圈 L1 的交流電的電流強度參量。

為了平衡發射側諧振電路 13 中發射線圈 L1 的感抗以及電路中由寄生參數引起的感抗，消除高頻下由於這些寄

生參數存在而產生的電壓尖峰和浪涌電流，減小電磁干擾和電源噪聲並達到減小電源的視在功率，提高電源的功率因數，發射側諧振電路 13 中可以加入發射側諧振電容 C_s ，其與發射線圈 L_1 串聯或並聯，以與發射線圈 L_1 形成諧振電路。當然，本領域技術人員可以理解，在某些情況下可以利用電路的分布電容（例如發射線圈導線之間的分布電容）來作為發射側諧振電容，從而不必在電路中設置獨立的電容元件。

在電能接收端 2 中，接收側諧振電路 21 包括接收線圈 L_2 ，接收線圈 L_2 與發射側諧振電路 13 的發射線圈 L_1 可以分離地以非接觸方式耦合，接收側諧振電路 21 用於從發射線圈 L_1 接收電能。

同時，為了減小電能接收端消耗的無功功率，增大諧振與磁耦合電路傳輸的有功功率，接收側諧振電路 21 可以加入接收側諧振電容 C_d 。如上所述，接收側諧振電容 C_d 可以利用電路其它元件的分布電容（例如線圈導線之間的分布電容）來實現，從而不必在電路中設置專門的電容元件。

發射側諧振電路 13 和接收側諧振電路 21 構成諧振與磁耦合電路。

在本實施例中，一個電能發射端 1 和可以與多個電能接收端 2_1-2_n 耦合，同時向多個電能接收端發射電能。

在電能接收端 2_i 中，整流電路 22 與接收側諧振電路連接用於將接收側諧振電路 21 通過諧振感應生成的交流

電 Id 整流為直流電。

功率變換器 23 與整流電路 22 連接，用於根據接收側控制電路 24 的控制調節提供給負載的功率。

在一個較佳實施方式中，所述負載為電池，功率變換器 23 為可以調節輸出功率的充電器。

整流電路 22、功率變換器 23 和負載級聯形成的電路可以等效為接收側諧振電路 21 的負載 RL。

圖 2 是本發明的諧振型非接觸供電裝置的諧振與磁耦合電路的等效電路圖，亦即發射側諧振電路 13 和接收側諧振電路 21 的電路示意圖。

如圖 2 所示，發射線圈 L1 可以等效為第一理想線圈 Ls 以及線圈等效電阻 Rs，同樣，接收線圈 L2 可以等效為第二理想線圈 Ld 以及線圈等效電阻 Rd。第一理想線圈 Ls 和第二理想線圈 Ld 相互耦合。在圖 2 中，發射側諧振電路 13 和接收側諧振電路 21 均採用串聯諧振的方式來組成諧振電路，其中，發射側諧振電路 13 具有發射側諧振電容 Cs，接收側諧振電路 21 具有接收側諧振電容 Cd。如上所述，發射側諧振電容 Cs 和接收側諧振電容 Cd 可以為集總元件或者利用其它元件的分布參數實現。

由此，諧振和磁耦合電路構成一互感耦合電路。

通常，為了使得發射側諧振電路 13 和接收側諧振電路 21 能夠以諧振方式傳遞能量，兩者具有相同的諧振頻率，亦即：

$$fs = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{Ls \cdot Cs}} = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{Ld \cdot Cd}} = fd$$

其中， f_s 為發射側諧振電路 13 的諧振頻率， f_d 為接收側諧振電路 21 的諧振頻率； L_s 為第一理想線圈 L_s 的電感值， L_d 為第二理想線圈 L_d 的電感值； C_s 為發射側諧振電容的電容值， C_d 為接收側諧振電容的電容值。

較佳地，可以設置使得第一理想線圈 L_s 的電感值等於第二理想線圈 L_d 的電感值，並且發射側諧振電容的電容值 C_s 等於接收側諧振電容的電容值 C_d ，從而使得發射側諧振電路 13 和接收側諧振電路 21 諧振頻率相同。由此，在具有 n 個電能接收端的情況下，所有電能接收端的接收側諧振電路的參數均相等，亦即：

$$L_{d1} = L_{d2} = \dots = L_{dn} = L_d$$

$$C_{d1} = C_{d2} = \dots = C_{dn} = C_d$$

$$R_{d1} = R_{d2} = \dots = R_{dn} = R_d$$

將上述諧振頻率稱為自感諧振頻率。工作在上述諧振頻率下時，發射側諧振電路 13 和接收側諧振電路 21 同時諧振，諧振和磁耦合電路中所有的電感和電容阻抗均相互抵消，系統具有很高的效率。

為了進一步分析諧振與磁耦合電路，可以將相互耦合的理想線圈 L_s 和 L_d 解耦為發射側漏電感 L_s' 、接收側漏電感 L_d' 和互感 L_m 。同時，由於不同的電能接收端 2 可能與電能發射端 1 具有不完全相同的相對位置，因此，不同的電能接收端 2 的接收側諧振電路 21 與電能發射端 1 的發射側諧振電路 22 具有不同的耦合係數 k_i ($i=1 \sim n$)。進而，解耦後的互感 L_{m_i} 可能互不相同。

當對發射側諧振電路 13 輸出具有自感諧振頻率 ω_0 的交流電 I_p 時，圖 2 中發射側漏電感 L_s' 和發射側諧振電容 C_s 的串聯電路的等效阻抗為 $-j\omega_0L_m$ ，由此，可以與互感的阻抗抵消，從而使得電能發射端輸入端口的阻抗最小，發射側諧振電路諧振。同時，接收側漏電感 L_d' 和接收側諧振電容 C_d 的串聯電路的等效阻抗為 $-j\omega_0L_m$ ，從而使得電能接收端輸出端口的阻抗最小，接收側諧振電路諧振。

圖 3 是本發明實施例的諧振型非接觸供電裝置的諧振與磁耦合電路解耦後的等效電路圖。對於本發明實施例的諧振與磁耦合電路，發射側諧振電路 13 的輸入端等效於連接具有恆定電流強度參量的交流電流源。根據互感耦合的電壓電流關係，輸入的具有恆定電流強度參量（例如，恆定電流峰值）的交流電流會在接收側諧振電路通過互感耦合產生具有恆定電壓強度參量（例如恆定電壓峰值）的交流電壓。由此，將發射側等效為連接在接收側輸入端口的交流電壓源，其輸出的交流電壓滿足 $\omega_0L_m_i I_p$ 。同時，將接收側及其負載等效為串聯連接在發射側輸出端口的反射阻抗 $Z_{d_1} \sim Z_{d_n}$ 。

根據圖 2 所示的等效電路，接收側的輸出電壓 V_d 近似等於 $\omega_0L_m_i I_p$ 。由此，在系統工作在自感諧振頻率 $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_s C_s}}$ 下時，反射阻抗 Z_{d_i} 滿足：

$$Z_{d_i} = \frac{(\omega L m_i)^2}{R L_i + R d_i} \text{， 其中， } L m_i = k_i \sqrt{L_s L d} \text{， } k_i \text{ 為第 } i \text{ 個電能接收}$$

端 2_i 的接收線圈與電能發射端 1 的發射線圈的耦合係數， $L m_i$ 為兩者的互感。

在所有的電能接收端 $2_1 \sim 2_n$ 均具有相同的接收線圈電感電流時，系統效率 η 滿足：

$$\eta = \frac{RL_1 + RL_2 + \dots + RL_n}{Rd \left(\frac{RL_n + Rd}{\omega Lm_n} \right)^2 + RL_1 + RL_2 + \dots + RL_n + nRd}$$

進而，在系統效率最大時，第 i 個電能接收端 2_i 的負載阻抗 RL_i 滿足： $RL_i \approx \sqrt{\frac{nRd}{Rs}} \omega Lm_i$

在負載阻抗為最優阻抗時，接收側諧振電路的電流 Id 滿足：

$$Id = Id_i \approx \frac{\omega Lm_i I_p}{\omega Lm_i \sqrt{\frac{nRd}{Rs}}} = \sqrt{\frac{Rs}{nRd}} I_p$$

亦即， $Id = m I_p$ ，其中 $m = \sqrt{\frac{Rs}{nRd}}$ 。

上述公式說明，透過保持發射側諧振電路輸入的交流電和接收側諧振電路的交流電的電流強度參量保持預定關係，可以使得接收側的等效負載阻抗最優，進而使得系統工作在效率最優狀態。

基於以上原理，本發明實施例透過發射側控制電路 14 獲取並以無線方式發送表徵第一電流強度參量的第一信號 $S1$ 以及與發射側諧振電路 13 耦合的電能接收端的數量 n ，並進而透過接收側控制電路 24 從發射側控制電路 14 獲取流過發射線圈的電流強度參量（亦即，第一電流強度參量）以及與電能發射端耦合的電能接收端的數量 n ，基於上述參量調節功率變換器 23 使得流過接收側諧振電路 21 的電流 Id 與流過發射側諧振回路 13 的電流 I_p 滿足上述預定關係，從而使得系統效率最優。

具體地，圖 4 是本發明實施例的控制電路的電路框圖。如圖 4 所示，發射側控制電路 14 包括第一電流強度參量檢測電路 DET1、數量檢測電路 NUM 和第一無線通信電路 COM1。

第一電流強度參量檢測電路 DET1 用於檢測流過發射線圈 L1 的電流或其檢測值 V_{Ip} 獲取表徵第一電流強度參量的第一信號 S1。

數量檢測電路 NUM 用於檢測與發射側諧振電路 13 耦合的電能接收端的數量 n。數量檢測電路 NUM 可以透過與電能接收端通信獲取所述數量，也可以透過距離或光感應裝置獲取所述數量。應理解，現有的用於獲取耦合的電能接收端數量的技術均可應用於本實施例。

第一無線通信電路，用於以無線方式發送第一信號 S1 和電能接收端的數量 n。所述無線方式可以是無線電通訊、光通訊或其它通訊方式。

接收側控制電路 24 包括第二無線通信電路 COM2、信號轉換電路 CAL、第二電流強度參量檢測電路 DET2、補償電路 COMP 和控制信號生成電路 CTR。

第二無線通信電路 COM2 用於以無線方式接收第一信號 S1 和電能接收端的數量 n。

信號轉換電路 CAL 用於將第一信號 S1 轉換為第三信號 S3，第三信號 S3 表徵第一信號 S1 與 m 的乘積。m 根據已知參量 R_s 和 R_d 以及經由第二無線通信電路 COM2 接收的數量 n 計算獲得。

第二電流强度參量檢測電路 DET2 用於檢測流過接收線圈 L2 的電流獲取表徵第二電流强度參量的第二信號 S2。

補償電路 COMP 用於生成響應於第三信號 S3 和第二信號 S2 差值 S3-S2 的補償信號 Vc。

控制信號生成電路 CTR 用於生成控制信號 Q 控制功率變換器 23 以最小化補償信號 Vc。

應理解，此處最小化是指最小化補償信號 Vc 的幅值，使得其盡可能地接近零。

功率變換器 23 可以為開關型功率變換器或線性功率變換器，透過控制信號 Q 對功率變換器 23 進行控制，可以調節功率變換器 23 和負載的等效阻抗，使得系統工作在最佳效率。

圖 5 是本發明實施例另一個實施方式的控制電路的電路框圖。如圖 5 所示，發射側控制電路 14 的構成與圖 4 相同，在此不再贅述。而接收側控制電路 24 包括第二無線通信電路 COM2、第二電流强度參量強度參量檢測電路 DET2、信號轉換電路 CAL'、補償電路 COMP 和控制信號生成電路 CTR。

第二無線通信電路 COM2 用於以無線方式接收第一信號 S1 和電能接收端的數量 n。

第二電流强度參量強度參量檢測電路 DET2 用於檢測流過接收線圈 L2 的電流的採樣信號 V_{Idi} ($i=1 \sim n$) 獲取表徵第二電流强度參量強度參量的第二信號 S2。

與圖 4 所示的接收側控制電路不同，信號轉換電路 CAL' 用於將第二信號 S2 轉換為第三信號 S3。第三信號 S3 表徵第二信號 S2 與 $1/m$ 的乘積。亦即，信號轉換電路 CAL' 計算 $S1 * n^{1/2} * (Rd/Rs)^{1/2}$ 並輸出作為第三信號 S3。由於第二信號表徵第二電流強度參量電流強度參量，亦即流過接收線圈 L2 的交流電 Id 的電流強度參量，因此，第三信號 S3 可以表徵 Id/m 。

補償電路 COMP 用於生成響應於第一信號 S1 和第三信號 S3 差值的補償信號 Vc。由此，補償信號 Vc 可以表徵 $Id/m - Ip$ 。所以，最小化 Vc 也就是使得電流 Id 和電流 Ip 滿足 $Id = mIp$ 的關係，這樣可以使得系統效率最佳。

控制信號生成電路 CTR 用於生成控制信號 Q 控制功率變換器 23 以最小化所述補償信號。

應理解，此處最小化是指最小化補償信號 Vc 的幅值，使得其盡可能地接近零。

功率變換器 23 可以為開關型功率變換器或線性功率變換器，透過控制信號 Q 對功率變換器 23 進行控制，可以調節功率變換器 23 和負載的等效阻抗，使得系統工作在最佳效率。

對於圖 1 所示電路，發射側控制電路和接收側控制電路協作執行如下控制方法以使得系統效率最佳，所述控制方法包括：

調節所述功率變換器以保持第二電流強度參量為第一電流強度參量的 m 倍；

$$\text{其中, } m = \sqrt{\frac{R_s}{nR_d}}$$

所述第一電流强度參量為流過所述發射線圈的交流電的電流强度參量，所述第二電流强度參量為流過所述接收線圈的交流電的電流强度參量， R_s 為所述發射線圈的線圈等效電阻， R_d 為所述接收線圈的線圈等效電阻， n 為所述電能接收端的數量。

具體地，圖 6 為本發明實施例的控制方法的流程圖。如圖 6 所示，調節所述功率變換器以保持第二電流强度參量為第一電流强度參量的 m 倍包括：

步驟 610、獲取表徵所述第一電流强度參量的第一信號、表徵所述第二電流强度參量的第二信號和與所述電能發射端非接觸耦合的電能接收端的數量。

步驟 620、將所述第一信號轉換為第三信號，所述第三信號表徵所述第一信號與 m 的乘積。

步驟 630、生成控制信號控制所述功率變換器以最小化所述第三信號與所述第二信號的差值。

圖 6 所示方法流程對應於圖 4 所示的控制電路實現的控制流程。

具體地，圖 7 為本發明實施例的另一個實施方式的控制方法流程圖。如圖 7 所示，調節所述功率變換器以保持第二電流强度參量為第一電流强度參量的 m 倍包括：

步驟 710、獲取表徵所述第一電流强度參量的第一信號、表徵所述第二電流强度參量的第二信號和與所述發射線圈非接觸耦合的接收線圈的數量。

步驟 720、將所述第二信號轉換為第三信號，所述第三信號表徵所述第二信號與 $1/m$ 的乘積。

步驟 730、生成控制信號控制所述功率變換器以最小化所述第一信號與所述第三信號的差值。

圖 7 所示方法流程對應於圖 5 所示的控制電路實現的控制流程。

透過控制所述連接在接收側諧振電路與負載之間的功率變換器，可以調節接收側諧振電路輸出的交流的電流強度參量，使得第一電流強度參量（流過發射線圈的電流峰值）與第二電流強度參量（流過接收線圈的電流峰值）保持預定關係，使得等效負載阻抗獲得調節，進而使得系統可以工作在效率最優模式下。

以上所述僅為本發明的較佳實施例，並不用於限制本發明，對於本領域技術人員而言，本發明可以有各種改動和變化。凡在本發明的精神和原理之內所作的任何修改、等同替換、改進等，均應包含在本發明的保護範圍之內。

【符號說明】

- 1：電能發射端
- 11：逆變電路
- 12：阻抗變換網路
- 13：發射側諧振電路
- 14：發射側控制電路
- 2：電能接收端

21：接收側諧振電路

22：整流電路

23：功率變換器

24：接收側控制電路

申請專利範圍

1. 一種諧振型非接觸供電裝置，包括：

電能發射端，包括：

交流電生成電路，用於生成具有第一電流強度參量的交流電；

發射側諧振電路，包括發射線圈，用於接收該交流電發射電能；

發射側控制電路，用於獲取並以無線方式發送表徵該第一電流強度參量的第一信號以及與該發射側諧振電路耦合的電能接收端的數量；

至少一個電能接收端，包括：

接收側諧振電路，包括接收線圈，該接收線圈與該發射線圈分離地以非接觸方式耦合，該接收側諧振電路用於從該發射線圈接收電能；

整流電路，與該接收側諧振電路連接；

功率變換器，與該整流電路連接；

接收側控制電路，用於調節該功率變換器以保持第二電流強度參量為該第一電流強度參量的 m 倍；

$$m = \sqrt{\frac{R_s}{n R_d}}$$

其中，該第二電流強度參量為流過該接收線圈的交流電的電流強度參量， R_s 為該發射線圈的線圈等效電阻， R_d 為該接收線圈的線圈等效電阻， n 為該電能接收端的數量，該電流強度參量為電流峰值或有效值。

2. 根據申請專利範圍第 1 項所述的諧振型非接觸供

電裝置，其中，該發射側控制電路包括：

第一電流強度參量檢測電路，用於檢測獲取該第一信號；

數量檢測電路，用於檢測與該發射側諧振電路耦合的電能接收端的數量；

第一無線通信電路，用於以無線方式發送該第一信號和該電能接收端的數量。

3. 根據申請專利範圍第 2 項所述的諧振型非接觸供電裝置，其中，該接收側控制電路包括：

第二無線通信電路，用於接收該第一信號和該電能接收端的數量；

信號轉換電路，用於將該第一信號轉換為第三信號，該第三信號表徵該第一信號與 m 的乘積；

第二電流強度參量檢測電路，用於檢測流過該接收線圈的電流獲取表徵該第二電流強度參量的第二信號；

補償電路，用於生成響應於該第三信號和該第二信號差值的補償信號；

控制信號生成電路，用於生成控制信號控制該功率變換器以最小化該補償信號。

4. 根據申請專利範圍第 2 項所述的諧振型非接觸供電裝置，其中，該接收側控制電路包括：

第二無線通信電路，用於以無線方式接收該第一信號和該電能接收端的數量；

第二電流強度參量檢測電路，用於檢測流過該接收線

圈的電流獲取表徵該第二電流強度參量的第二信號；

信號轉換電路，用於將該第二信號轉換為第三信號，該第三信號表徵該第二信號與 $1/m$ 的乘積；

補償電路，用於生成響應於該第一信號和該第三信號差值的補償信號；

控制信號生成電路，用於生成控制信號控制該功率變換器以最小化該補償信號。

5. 一種電能接收端，用於與電能發射端非接觸地耦合以接收電能，該電能接收端包括：

接收側諧振電路，包括接收線圈，該接收線圈與電能發射端的發射線圈分離地以非接觸方式耦合，該接收側諧振電路用於從該發射線圈接收電能；

整流電路，與該接收側諧振電路連接；

功率變換器，與該整流電路連接；

接收側控制電路，用於調節該功率變換器以保持第二電流強度參量為第一電流強度參量的 m 倍；

$$\text{其中, } m = \sqrt{\frac{R_s}{n R_d}}$$

該第一電流強度參量為流過該發射線圈的交流電的電流強度參量，該第二電流強度參量為流過該接收線圈的交流電的電流強度參量， R_s 為該發射線圈的線圈等效電阻， R_d 為該接收線圈的線圈等效電阻， n 為該電能接收端的數量，該電流強度參量為電流峰值或有效值。

6. 根據申請專利範圍第 5 項所述的電能接收端，其中，該接收側控制電路包括：

第二無線通信電路，用於以無線方式接收表徵第一電流強度參量的第一信號和與該電能發射端耦合的電能接收端的數量；

信號轉換電路，用於將該第一信號轉換為第三信號，該第三信號表徵該第一信號與 m 的乘積；

第二電流強度參量檢測電路，用於檢測流過該接收線圈的電流獲取表徵該第二電流強度參量的第二信號；

補償電路，用於生成響應於該第三信號和該第二信號差值的補償信號；

控制信號生成電路，用於生成控制信號控制該功率變換器以最小化該補償信號。

7. 根據申請專利範圍第 5 項所述的電能接收端，其中，該接收側控制電路包括：

第二無線通信電路，用於以無線方式接收該第一信號和該電能接收端的數量；

第二電流強度參量檢測電路，用於檢測流過該接收線圈的電流獲取表徵該第二電流強度參量的第二信號；

信號轉換電路，用於將該第二信號轉換為第三信號，該第三信號表徵該第二信號與 $1/m$ 的乘積；

補償電路，用於生成響應於該第一信號和該第三信號差值的補償信號；

控制信號生成電路，用於生成控制信號控制該功率變換器以最小化該補償信號。

8. 一種控制方法，用於控制諧振型非接觸供電裝

置，該諧振型非接觸供電裝置包括具有發射線圈的電能發射端和至少一個具有接收線圈和功率變換器的電能接收端，該控制方法包括：

調節該功率變換器以保持第二電流強度參量為第一電流強度參量的 m 倍；

$$\text{其中, } m = \sqrt{\frac{R_s}{nR_d}}$$

該第一電流強度參量為流過該發射線圈的交流電的電流強度參量，該第二電流強度參量為流過該接收線圈的交流電的電流強度參量， R_s 為該發射線圈的線圈等效電阻， R_d 為該接收線圈的線圈等效電阻， n 為該電能接收端的數量，該電流強度參量為電流峰值或有效值。

9. 根據申請專利範圍第 8 項所述的控制方法，其中，該調節該功率變換器以保持第一電流強度參量為第二電流強度參量的 m 倍包括：

獲取表徵該第一電流強度參量的第一信號、表徵該第二電流強度參量的第二信號和與該電能發射端非接觸耦合的電能接收端的數量；

將該第一信號轉換為第三信號，該第三信號表徵該第一信號與 m 的乘積；

生成控制信號控制該功率變換器以最小化該第三信號與該第二信號的差值。

10. 根據申請專利範圍第 8 項所述的控制方法，其中，該調節該功率變換器以保持第一電流強度參量為第二電流強度參量的 m 倍包括：

獲取表徵該第一電流強度參量的第一信號、表徵該第二電流強度參量的第二信號和與該發射線圈非接觸耦合的接收線圈的數量；

將該第二信號轉換為第三信號，該第三信號表徵該第二信號與 $1/m$ 的乘積；

生成控制信號控制該功率變換器以最小化該第一信號與該第三信號的差值。

圖 式

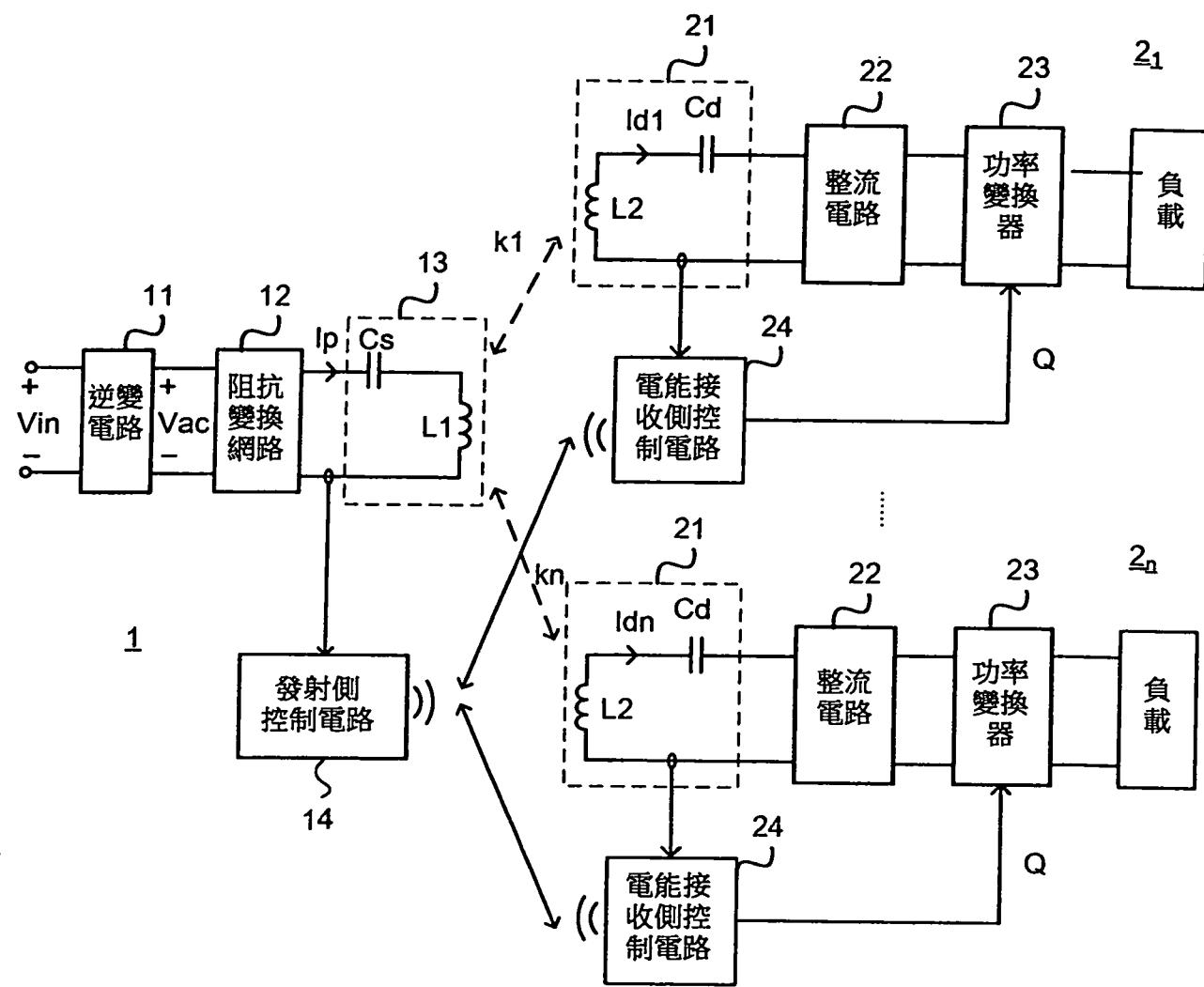


圖 1

106. 2. 07
年 月 日修正替換頁

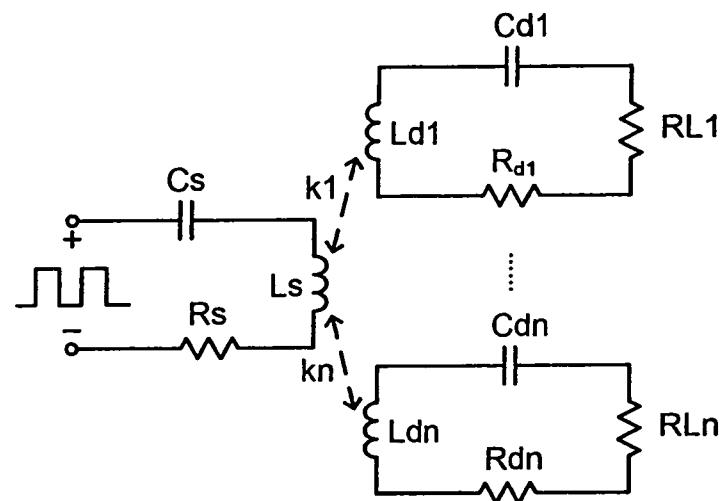


圖 2

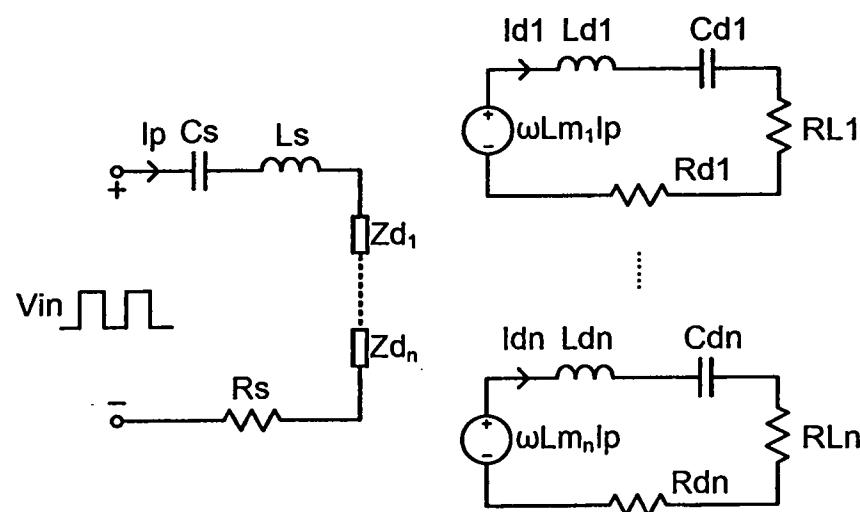


圖 3

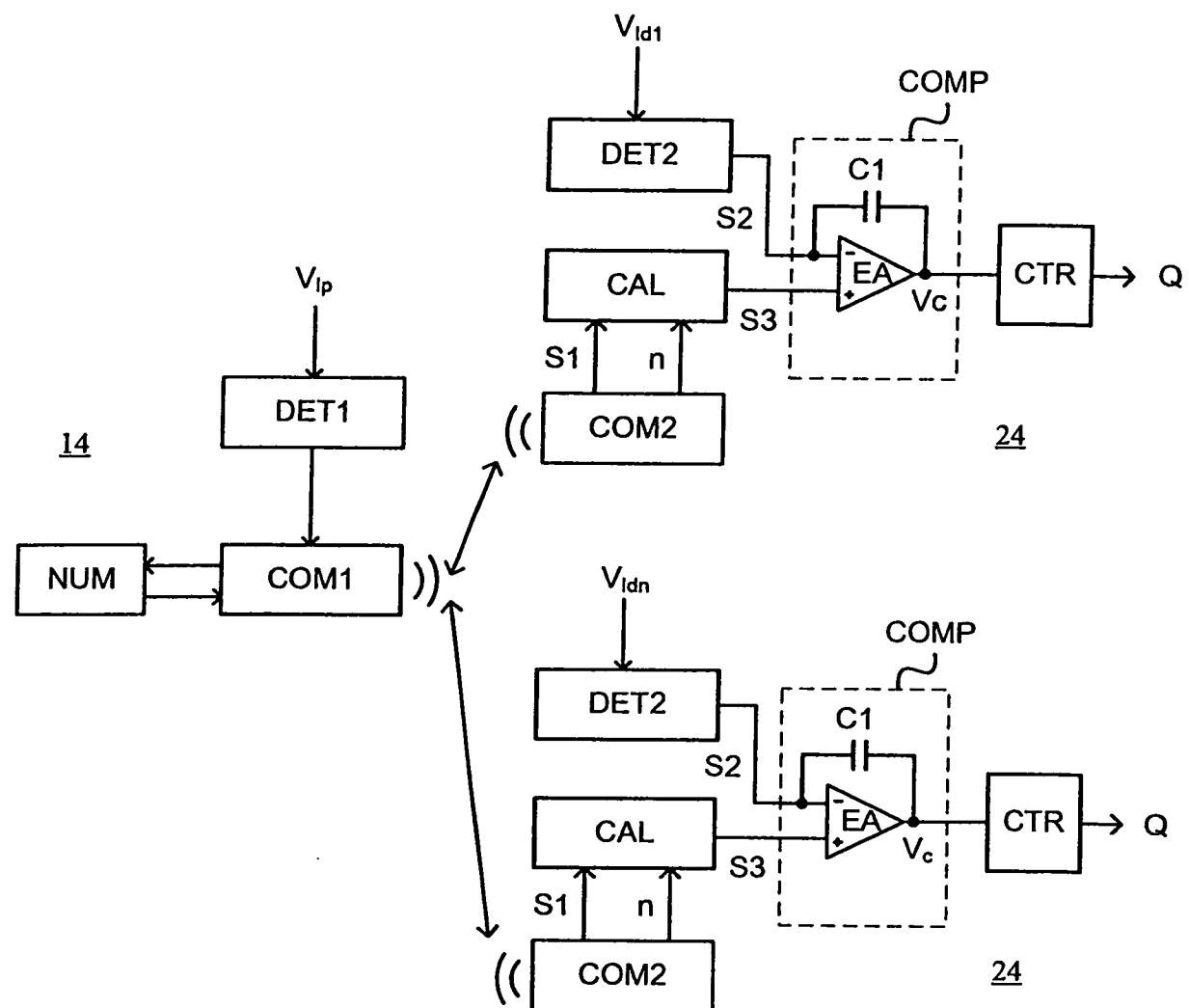


圖 4

I589090

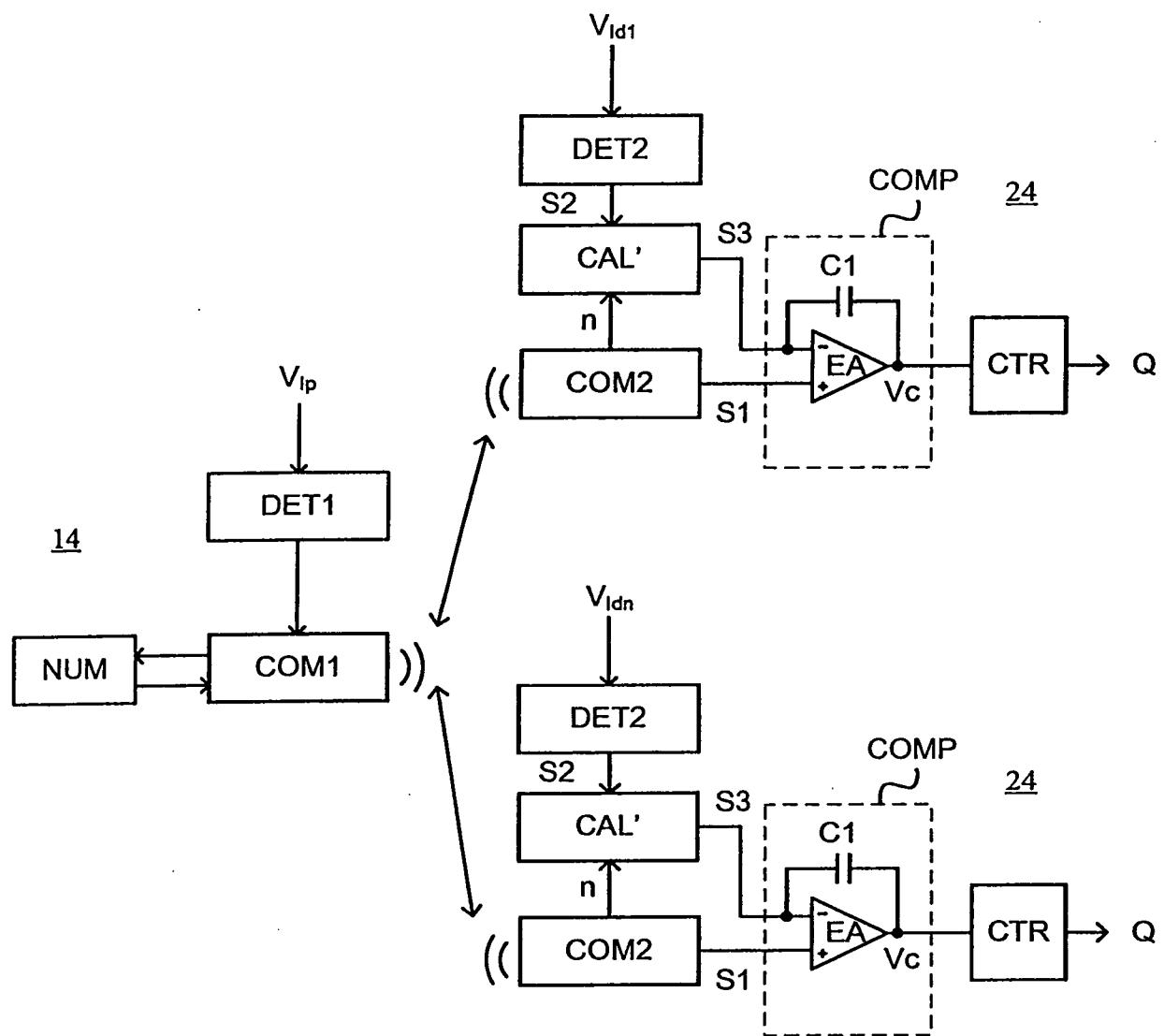


圖 5

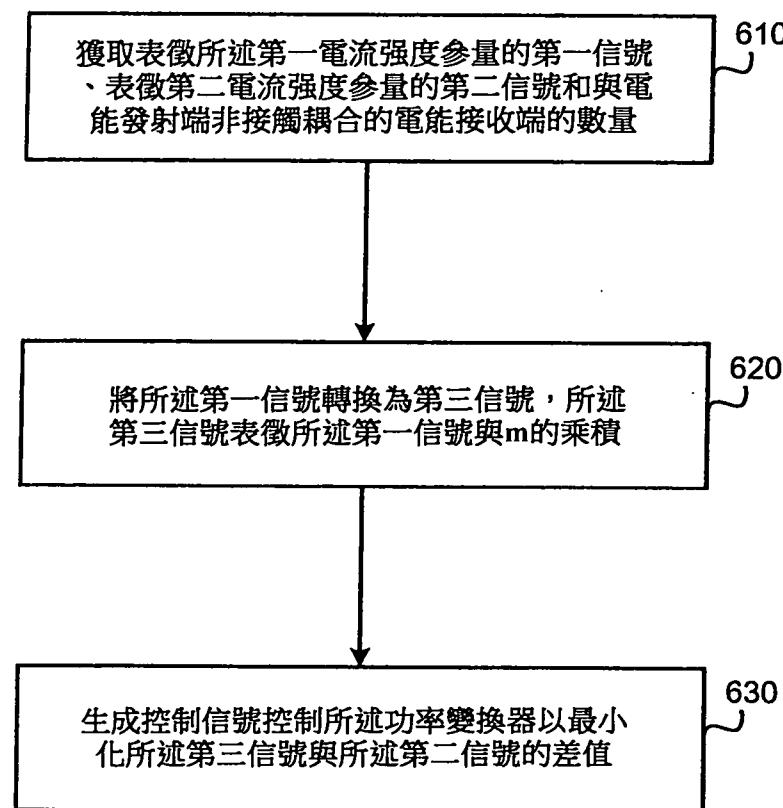


圖 6

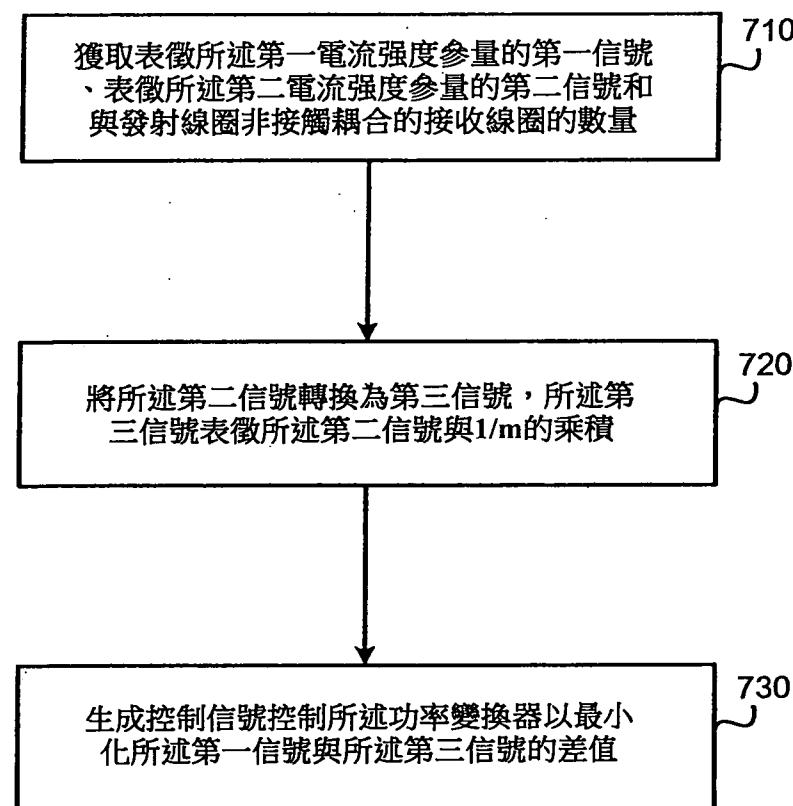


圖 7