



(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 I593207 B

(45)公告日：中華民國 106 (2017) 年 07 月 21 日

(21)申請案號：102108966

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 03 月 14 日

(51)Int. Cl. : **H02J50/00 (2016.01)**

(30)優先權：2012/09/11 美國 61/699,643

(71)申請人：通路實業集團國際公司 (美國) ACCESS BUSINESS GROUP INTERNATIONAL LLC
(US)

美國

(72)發明人：巴曼 大衛 W BAARMAN, DAVID W. (US)；摩爾 柯林 J MOORE, COLIN J. (US)；泰勒 約書亞 B TAYLOR, JOSHUA B. (US)；諾寇 馬修 J NORCONK, MATTHEW J. (US)；雷皮恩 湯瑪士 J LEPIEN, THOMAS J. (US)；莫勒瑪 史考特 A MOLLEMA, SCOTT A. (US)；史瓦奈克 約書亞 K SCHWANNECKE, JOSHUA K. (US)；摩伊斯 班傑明 C MOES, BENJAMIN C. (US)；顎每尼 伊塞 UMENEL, A. ESAI (CM)；洛德 約翰 詹姆斯 LORD, JOHN JAMES (US)；格路奇 羅伯特 D GRUICH, ROBERT D. (US)

(74)代理人：黃中麟

(56)參考文獻：

TW	201145752A	TW	201208571A
TW	2011112568A	US	5374930
US	2009/0257259A1	US	2011/0057607A1

審查人員：莊程傑

申請專利範圍項數：34 項 圖式數：62 共 123 頁

(54)名稱

無線電力發射器和用於接收無線電力的遠方裝置及其控制方法

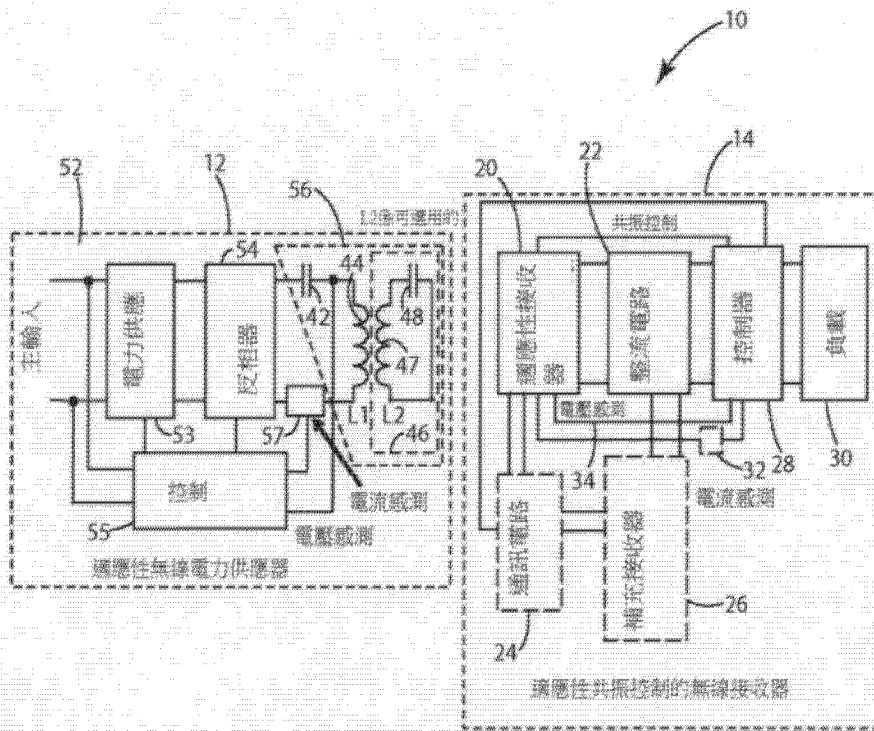
WIRELESS POWER TRANSMITTER AND REMOTE DEVICE FOR RECEIVING WIRELESS POWER AND CONTROL METHOD OF THE SAME

(57)摘要

依照本發明的遠方裝置包含一適應性電力接收器，其藉由電感而接收來自無線電力供應器的電力。該適應性電力接收器係可在兩種或更多種操作模式之間進行切換，其包含，例如，高 Q 模式及低 Q 模式。藉由控制該模式間的切換，該適應性接收器所接收之能量係可控制的。這種控制係適應性共振控制形式或 Q 控制形式。

A remote device in accordance with the present invention includes an adaptive power receiver that receives wireless power from the wireless power supply by induction. The adaptive power receiver may be switched among two or more mode of operation, including, for example, a high-Q mode and a low-Q mode. By controlling the switching between modes, the amount of energy received by the adaptive receiver may be controlled. This control is a form of adaptive resonance control or Q control.

指定代表圖：



第 4 圖

符號簡單說明：

- 10 . . . wireless power supply system 無線電力供應系統
- 12 . . . wireless power supply 無線電力供應器
- 14 . . . remote device 遠方裝置
- 20 . . . adaptive power receiver 適應性電力接收器
- 22 . . . rectification circuitry 整流電路
- 24 . . . communication circuitry 通訊電路
- 26 . . . supplemental receiver 補充接收器
- 28 . . . controller 控制器
- 30 . . . principle load 主負載
- 32 . . . voltage sensor 電壓感測器
- 34 . . . current sensor 電流感測器
- 42 . . . transmitter 發射器
- 42 . . . resonant capacitor 共振電容
- 44 . . . primary 初級線圈
- 46 . . . resonant circuit 共振電路
- 47 . . . resonator coil 共振器線圈
- 48 . . . resonator capacitor 共振器電容

- 52 . . . mains input
主電源輸入
- 53 . . . power supply
電力供應器
- 54 . . . driver 驅動器
- 55 . . . control
system 控制系統
- 56 . . . transmitter
發射器
- 57 . . . sensor 感測
器

發明摘要

※ 申請案號：102/08966

※ 申請日：102.3.14

※ IPC 分類：H02J 50/06 (2016.01)

【發明名稱】(中文/英文)

無線電力發射器和用於接收無線電力的遠方裝置及其控制方法

**WIRELESS POWER TRANSMITTER AND REMOTE
DEVICE FOR RECEIVING WIRELESS POWER AND
CONTROL METHOD OF THE SAME**

【中文】

依照本發明的遠方裝置包含一適應性電力接收器，其藉由電感而接收來自無線電力供應器的電力。該適應性電力接收器係可在兩種或更多種操作模式之間進行切換，其包含，例如，高Q模式及低Q模式。藉由控制該模式間的切換，該適應性接收器所接收之能量係可控制的。這種控制係適應性共振控制形式或Q控制形式。

【英文】

A remote device in accordance with the present invention includes an adaptive power receiver that receives wireless power from the wireless power supply by induction. The adaptive power receiver may be switched among two or more mode of operation, including, for example, a high-Q mode and a low-Q mode. By controlling the switching between

modes, the amount of energy received by the adaptive receiver may be controlled. This control is a form of adaptive resonance control or Q control.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（四）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

10	wireless power supply system	無線電力供應系統
12	wireless power supply	無線電力供應器
14	remote device	遠方裝置
20	adaptive power receiver	適應性電力接收器
22	rectification circuitry	整流電路
24	communication circuitry	通訊電路
26	supplemental receiver	補充接收器
28	controller	控制器
30	principle load	主負載
32	voltage sensor	電壓感測器
34	current sensor	電流感測器
42	transmitter	發射器
42	resonant capacitor	共振電容
44	primary	初級線圈
46	resonant circuit	共振電路

47	resonator coil	共振器線圈
48	resonator capacitor	共振器電容
52	mains input	主電源輸入
53	power supply	電力供應器
54	driver	驅動器
55	control system	控制系統
56	transmitter	發射器
57	sensor	感測器

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

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)

無線電力發射器和用於接收無線電力的遠方裝置及其控制方法

**WIRELESS POWER TRANSMITTER AND REMOTE
DEVICE FOR RECEIVING WIRELESS POWER AND
CONTROL METHOD OF THE SAME**

【技術領域】

【0001】 本發明關於無線電力傳輸。

【先前技術】

【0002】 無線電力供應系統允許電力被傳輸到一電子裝置，例如可攜式裝置，而無需直接的電連接。無線電力傳輸可使用電感器來取得，當電流流經該電感器時，產生磁場。逆向地，當磁場出現時，例如另一電感器所生的磁場，在電感器內可感應出電流。如果兩個電感器近接安置，及一電感器係以電流驅動，則另一電感器將會產生電流，即使兩個電感器並未直接連接。在兩個電感器之間的這種交互關係，通常被稱為電感耦合，許多人士已經使用這種現象來傳輸電力，而無需使用電連接。

【0003】 事實上，許多無線電力傳輸的基本原理，已經被知悉一百年或更久。尼古拉特斯拉(Nicola Tesla)，被視為無線電力傳輸之父，早在1893年即展示一個無線供電至電燈的

系統而受到讚揚。特斯拉在這個領域內花費數年進行研究及開發，取得大量的無線電力傳輸相關專利。對於無線電力的興趣再次湧現，在今日，他的某些早期發明被利用來開發無線電力系統。例如，頒給特斯拉的美國專利第649,621號及第685,012號揭示，介於初級線圈及次級線圈之感應電力傳輸，可以藉由合併一額外的中間線圈組來改良，其作為”共振”線圈使用，放大在初級單元及次級單元之間的振盪及通訊電力。更具體地，初級單元包含一對線圈，其共同合作來傳輸電力至該次級單元，該次級單元包含一對線圈，其合作來接收該電力。初級單元包含一初級線圈，其電連接到電源及接收來自該電源之電力，以及一共振線圈，其感應耦合至該直接被供電的線圈。該共振線圈感應式地從該初級線圈來接收電力，放大該振盪，及產生一電磁場，傳訊該電力至該次級單元。特斯拉也展示的是，用來結合至該共振線圈的電容，可以產生甚至更大的振盪(相較於共振線圈本身)。該次級單元包含另一共振線圈，其接收由該初級單元共振線圈所生的電磁場，及一次級線圈，其感應耦合至該次級共振線圈，直接地傳輸電力至該次級負載。如此，如我們所見，使用分離中間線圈組的概念，提供一種具有改良性能之感應耦合，係已知超過百年。

【0004】 雖然無線電力傳輸的概念已經存在許多年，但是對於本技術的興趣最近再次湧現，及有多方努力來完成實用

而有效的無線電力傳輸系統。有許多因子使有效系統的開發變得複雜。例如，操作特徵(即，系統被操作的條件)對於電力傳輸的品質及效率，有明顯的影響。互感也對於初級單元及次級單元之間電力傳輸的效率有所影響。互感係取決於數個電路參數，包含初級單元及次級單元之間的距離。當該初級單元及次級單元之間距離被縮小時，該互感增加。距離及互感之間的反比關係，可能對於系統的操作參數設下限制。

【0005】 習用的設計，包含特拉斯的四個線圈結構，如第一圖所示，利用由感應線圈來驅動的共振線圈，已經被利用來在較大距離下傳輸電力。第二圖係合併有特拉斯四個線圈結構的電路示意圖。這種類型的配置有許多名稱，例如高度共振或磁性共振。這種系統可能取得某些效率，此係起因於利用額外的線圈來維持一未耦合的共振條件(其並未受到負載的阻尼)，但是，在緊密耦合時或該線圈變成物理性較接近時，可能損失效率。

【0006】 也已經設計出習用的解決方案，使用額外的線圈於感應耦合，而在高度共振配置中、或在緊密耦合配置中，感應出磁場。但是當額外的線圈使用於這些配置中時，因為金屬線增加，所以成本可能增加，又，尺寸可能與所添加的材料成正比例而增加。起因於額外線圈所添加的等價串接共振(ESR)，效率也可能較低。

【發明內容】

【0007】 本發明提供一種遠方裝置，其具有一適應性電力接收器，用於無線地接收能夠被供應到負載的電力。該適應性電力接收器，在電力接收循環之部份期間，係由無線電力供應器來激發，及在電力接收循環的一部份期間，進行放電。在一實施例中，該適應性電力接收器，在該循環之激發部份期間，係從該負載上解除電耦合，作為一高Q共振電路，其可能更加易於激發。該適應性電力接收器在放電部份期間可以電耦合至該負載，提供直接的電通道，從受激發的適應性電力接收器來傳輸電力至該負載。

【0008】 在一實施例中，該遠方裝置包含一控制器，其能夠變動該電力接收循環之激發及放電部份期間長度，而控制被供應到該負載的電量。例如，該控制器可以增加激發部份的長度，及降低放電部份的長度，以便增加被供應到該負載的電量。適應性電力接收器可以被激發，超過該循環的一部份的期間，及可被放電超過該循環之一部份的期間。例如，該適應性電力接收器可以被激發於該循環之正半部份及該循環之底半部份。

【0009】 在一實施例中，該遠方裝置可以包含一適應性電力接收器、一負載、及一控制器。適應性電力接收器，透過感應耦合，能夠接收來自該無線電力供應器的電力，及可被配置成為第一模式及被配置成為第二模式。該負載可以接收該適應性電力接收器內所生的電力，以致於：在該第一模式

中，該適應性電力接收器能夠儲存從該無線電力供應器所接收的電力，及在該第二模式中，該適應性電力接收器將所儲存的電力釋出到該負載。該控制器係操作地耦合至該適應性電力接收器，及可藉由選擇性地配置該適應性電力接收器於第一及第二模式之間，而能夠控制從該無線電力供應器所接收到的電力。

【0010】 在一實施例中，該第一模式係高Q模式，及該第二模式係低Q模式，該控制器可以選擇性地擇取其一。例如，該控制器可以控制該適應性電力接收器在高Q模式的期間，以便維持該適應性電力接收器的有效Q在臨界值之上或之下，藉此改良該無線電力供應器及該遠方裝置之間的電力傳輸效率。

【0011】 在一實施例中，該控制器，在該適應性電力接收器所接收電力每一波長之下，選擇性地配置該適應性電力接收器，從該第一模式至該第二模式至少一次。例如，該適應性電力接收器在每一該電力波長之下，係可被配置從第一模式到第二模式一次或兩次。藉由控制這種在兩個模式之間進行切換的工作週期，該適應性電力接收器所接收的電力可以被控制。具體地，工作週期增加，可以增加該適應性電力接收器針對每一波長之處於第一模式的持久時間，又，降低該工作週期，可以降低該適應性電力接收器針對每一波長之處於第一模式的持久時間。較長的期間可以允許該適應性電力

接收器來增加其有效Q，而較短的期間可以允許該有效Q被減低。

【0012】 在一實施例中，該遠方裝置可包含一補充接收器，其能夠透過耦合來接收來自該無線電力供應器的電力。該適應性電力接收器處於第一模式時，該適應性電力接收器可從該無線電力供應器繼電電力至該補充接收器，而不直接供應電力至該負載。該適應性電力接收器處於第二模式時，該適應性電力接收器直接供電至該負載，而非(或額外地)該補充接收器提供電力至該負載。

【0013】 在一實施例中，該適應性電力接收器包含一單一電感器，其能夠感應耦合至該無線電力供應器，藉此，降低、及在某些情況下縮小用於感應耦合至該電力供應器的元件數目。

【0014】 在一觀點中，一種在遠方裝置內用於控制從一無線電力供應器所接收電力的方法，包含在適應性電力接收器內透過感應耦合至該無線電力供應器，來接收電力。該方法也可包含選擇性地配置該適應性電力接收器於第一模式，其中該適應性電力接收器係能夠儲存從該無線電力供應器所接收的能量，及選擇性配置該適應性電力接收器於第二模式，其中該適應性電力接收器將所儲存的能量釋出到該負載。在一實施例中，該第一模式及第二模式，分別可為高Q模式及低Q模式。

【0015】 在一實施例中，該用於控制電力的方法，也包含在一工作週期之下的該第一模式及第二模式之間的循環，以便控制該適應性電力接收器所接收到的電量。例如，從該無線電力供應器所接收到的電力，可以具有一電力波長，及該循環在每一電力波長之下，可以發生至少一次。

【0016】 在一實施例中，依照本發明的遠方裝置，包含一適應性電力接收器，其透過電感，接收來自一無線電力供應器的無線電力。該適應性電力接收器可以被切換於兩種或更多種的操作模式之間，其包含(例如)高Q模式及低Q模式。藉由控制該模式間的切換，由該適應性電力接收器所接收的能量可以被控制。這種控制係適應性共振的形式，或品質因子(Q)控制的形式。

【0017】 本發明提供一簡單而有效的系統，用於簡單化一遠方裝置的結構，同時，提供接收電力的適應性控制。例如，該遠方裝置可以控制其所接數的電量，而無需額外的電路。

【0018】 在本發明另一觀點中，無線電力供應器係配備有一適應性電力發射器，其無線地發射電力至一遠方裝置。該適應性電力發射器可包含一共振電路，其可在兩個或更多個操作模式之間加以切換，例如，在較高的Q模式及較低的Q模式之間，或在兩種不同共振頻之間，以便經由共振電路來變動該繼電電量。藉由控制該模式間的切換，由適應性發射器所發射的能量，可以被控制。這種控制係適應性共振控制的

形式，或Q控制的形式。

【0019】 在一實施例中，該無線電力供應器可以包含一適應性電力發射器、一阻抗元件、及一控制器。該適應性電力發射器可以透過電感耦合而能夠發射電力至一遠方裝置，及可被配置成為第一模式、及被配置成為第二模式。

【0020】 藉由切換該阻抗元件進入電路，該適應性電力發射器可配置成第一模式，藉由切換該阻抗離開該電路，該適應性電力發射器可配置成第二模式。該控制器可操作地耦合至該適應性電力發射器，及可以在所發射電力的每一波長之下，藉由選擇性地配置該適應性電力發射器從第一模式到第二模式，而能夠控制被發射到該遠方裝置的電力。例如，該適應性電力發射器在電流波形之每一波長之下，可以被配置從第一模式到第二模式一次或兩次。藉由控制兩種模式間這種切換的工作週期，由適應性電力發射器所發射的電力可以被控制。具體地，增加工作週期，可以增加適應性電力發射器針對每一波長之處於第一模式的持久時間，又，降低工作週期，可以降低該適應性電力發射器針對每一波長之處於第一模式的持久時間。較長的持久時間，可以允許該適應性電力發射器來增加其Q，而較短的持久時間，可允許該有效Q被降低。在一實施例中，該適應性電力發射器內的阻抗元件係一電感元件、或一電容元件，例如補充電感器或補充電容，其分離自該初級電感器及初級電容。在另一實施例中，該適

應性電力發射器內的阻抗元件係一電阻元件，例如電阻或整流電路。該阻抗元件的特徵能夠針對適應性電力發射器來提供不同的功能。

【0021】 這些及其他本發明目的、優點、特徵，在參照現有實施例及圖式的描述之下，將會更加完全地受到瞭解及讚同。

【0022】 在本發明實施例詳細解說之前，要瞭解的是，本發明並不局限於以下描述所述或圖式所圖解之詳細操作、或詳細結構及元件排列。本發明可由許多其他實施例加以實施及執行，或以未在本文中明確揭示之可替換方式加以施行。又，應該瞭解的是，在本文中所使用之片語及專業用語，係為了描述之目的而提供，而不應被視為一種限制。“包含”及“包括”及其變型之使用，表示涵蓋該詞之後所列出的品項及其等價者，以及額外的品項及其等價者。又，數字編號可用來描述許多實施例的描述。除非另有明確聲明，數字編號之使用不應被解釋本發明被限制於任何具體元件排列順序或數目。使用數字編號也不得解釋為：任何可能被結合至編號步驟或元件之額外的步驟及元件，係被排除於本發明範圍。

【圖式簡單說明】

【0023】 第一圖係習用技術特斯拉系統(Tesla system)的示意圖，其使用雙重線圈共振驅動的無線電力系統。

【0024】 第二圖係習用技術的四線圈電感式無線電力系

統的示意圖。

【0025】 第三圖係一遠方裝置的示意圖，其設有一開關，能夠選擇雙重線圈用於電力接收。

【0026】 第四圖係一無線電力供應器及遠方裝置的示意圖，其配備有一適應性接收器。

【0027】 第五圖係使用適應性共振接收器來提供無線電力之方法的方塊圖。

【0028】 第六圖係一遠方裝置的示意圖，其包含一適應性接收器及一補充接收器。

【0029】 第七圖係一遠方裝置的示意圖，其包含一適應性接收器。

【0030】 第八圖係接收電力時及適應性共振去能時之電流路徑的示意圖。

【0031】 第九圖係使用適應性接收器之無線電力傳輸操作實施例的流程圖。

【0032】 第十圖係配備適應性接收器之遠方裝置所用之開動次序例子的示意圖。

【0033】 第十一圖係開動次序後處於穩定狀態之電流及電壓的例子之示意圖。

【0034】 第十二A圖係適應性共振建立相位時的電路示意圖。

【0035】 第十二B圖係電力收獲相位部份之期間的電路示

意圖。

【0036】 第十二C圖係電力收獲相位部份之期間的電路示意圖。

【0037】 第十二D圖係相關於電力接收循環之適應性共振建立相位及電力收獲相位的示意圖，其中每一循環有一適應性共振相位。

【0038】 第十三A~D圖係單一電力接收循環適應性共振波形的示意圖。

【0039】 第十四圖係第十三D圖之適應性共振波形之擴大分析。

【0040】 第十五圖係一實施例中 R_x 電壓、 L_3 電流、及Q控制的場效電晶體(FET)電流的圖表。

【0041】 第十六圖係一遠方裝置實施例中 C_3 電壓、 L_3 電流、及Q控制的FET電流的圖表。

【0042】 第十七圖係針對於多種電力接收循環百分比而切換Q控制FETs後，橋式電壓的圖表。

【0043】 第十八A圖係 L_3 波形的圖表，其中適應性共振控制係每一電力接收循環執行一次。

【0044】 第十八B圖係 L_3 波形的圖表，其中適應性共振控制係每一電力接收循環執行兩次。

【0045】 第十九A圖係適應性共振相位部份期間之電路示意圖。

【0046】 第十九B圖係電力收獲相位部份期間之電路示意圖。

【0047】 第十九C圖係適應性共振相位部份期間之電路示意圖。

【0048】 第十九D圖係電力收獲相位部份期間之電路示意圖。

【0049】 第十九E圖係相關於電力接收循環之適應性共振建立相位及電力收獲相位的示意圖，其中每一循環有兩個適應性共振相位。

【0050】 第二十A圖係Q控制驅動訊號的圖表，其在每半循環之50%工作週期下的每一電力接收循環之下切換一次，及顯示有適應性接收器電流。

【0051】 第二十B圖係在第二十A圖所示切換之下所造成之整流DC電壓的示意圖。

【0052】 第二十C圖係Q控制驅動訊號的圖表，其在每半循環之25%工作週期下的每一電力接收循環之下切換兩次，及顯示有適應性接收器電流。

【0053】 第二十D圖係在第二十C圖所示切換之下所造成之整流DC電壓的示意圖。

【0054】 第二十一圖係Q控制FET驅動訊號之工作週期受到變動之下所造成的輸出電力之圖表。

【0055】 第二十二圖係Rx電壓、Rx電力、 L_3 電流、及Q-FET

電流的圖表，其中在每半循環之30%工作週期下的每一電力接收循環之下，進行切換兩換。

【0056】 第二十三圖係無線電力供應系統的示意圖，其設有適應性共振控制的場延伸器。

【0057】 第二十四圖係類比適應性共振接收器或場延伸器的示意圖。

【0058】 第二十五圖係遠方裝置的示意圖，其設有一適應性接收器、一補充接收器、及一通訊元件。

【0059】 第二十六圖係一遠方裝置的示意圖，其設有一能夠進行通訊的適應性接收器。

【0060】 第二十七圖係一遠方裝置的示意圖，其設有一適應性接收器及一補充接收器，其中該適應性接收器Q控制FETs能夠被用來進行通訊。

【0061】 第二十八圖係一遠方裝置之示意圖，其設有一適應性接收器，其中該適應性Q控制FETs能夠被用來進行通訊。

【0062】 第二十九圖係在一Q控制通訊訊號實施例內之兩位元的圖表。

【0063】 第三十圖係橋式電壓及L3電流之圖表，其中該Q控制FETs係在非零交越之下進行操作。

【0064】 第三十一圖係四線圈系統實施例之有限元件分析(FEA)的透視圖，其設有一遠方裝置，具有一適應性接收器及一補充接收器。

【0065】 第三十二圖係第三十一圖之四線圈系統的FEA的橫斷面視圖。

【0066】 第三十三圖係四線圈系統實施例之有限元件分析(FEA)的透視圖，其設有一遠方裝置，具有一適應性接收器及一補充接收器，其中該遠方裝置係離開中心而安置。

【0067】 第三十四圖係第三十三圖之四線圈系統的FEA的橫斷面視圖。

【0068】 第三十五圖係第三十三圖之四線圈系統的FEA之頂視圖。

【0069】 第三十六圖係四線圈系統實施例之有限元件分析(FEA)的透視圖，其設有一遠方裝置，具有一適應性接收器及一補充接收器，其中該遠方裝置係離開中心而安置，及一片金屬係安置在遠方裝置之對面。

【0070】 第三十七圖係第三十六圖之四線圈系統的FEA的橫斷面視圖，其中該金屬係鋁。

【0071】 第三十八圖係第三十六圖之四線圈系統的FEA的橫斷面視圖，其中該金屬係不鏽鋼。

【0072】 第三十九A圖係第三十六圖之四線圈系統的透視圖，其中該金屬分別係鋁及不鏽鋼。

【0073】 第三十九B圖係第三十六圖之四線圈系統的頂視圖，其中該金屬係鋁。

【0074】 第三十九C圖係第三十六圖之四線圈系統的頂視

圖，其中該金屬係不鏽鋼。

【0075】 第四十圖係一磁場的圖表，其中一設有適應性接收器的遠方裝置係被安置在該無線電力供應器之中心。

【0076】 第四十一圖係一磁場的圖表，其中第四十圖的遠方裝置係離開該無線電力發射器之中心而安置。

【0077】 第四十二圖係一磁場的圖表，其中該遠方裝置係類似於第四十一圖來安放，但是鋁外來物體係被安置在該發射器上。

【0078】 第四十三圖係FEA的頂視圖，其中兩個接收器(每一者分別具有一適應性接收器及一補充接收器)，均被安放在該發射器上。

【0079】 第四十四A~D圖係一方法實施例的示意圖，其使用適應性共振控制(Q控制)FETs來產生一半同步整流器。

【0080】 第四十五A圖係一方法實施例的示意圖，其使用適應性共振控制(Q控制)於TX之上。

【0081】 第四十五B圖係另一方法實施例的示意圖，其使用適應性共振控制(Q控制)於TX之上。

【0082】 第四十六圖係被發射電力的圖表，其基於第四十五A圖之適應性共振控制方法的工作週期來進行變動。

【0083】 第四十七圖係被發射電力的圖表，其基於第四十五B圖之適應性共振控制方法的工作週期來進行變動。

【0084】 第四十八圖係一實施例的示意圖，其中60%工作

週期產生較高的輸出電力(相較於 50%工作週期)。

【0085】 第四十九圖係相對應於第四十八圖實施例之波形的示意圖表。

【0086】 第五十圖係零交越偵測實施例的示意圖，其係針對每電力接收循環適應性共振控制的單一切換。

【0087】 第五十一圖係零交越偵測實施例的示意圖，其係針對每電力接收循環適應性共振控制的雙倍切換。

【0088】 第五二圖係串接共振接收器側上無線電力傳輸網路之電路拓樸。

【0089】 第五十三圖係第五十二圖之具有切換共振網路之遠方裝置的等價電路拓樸，其中該開關係關閉的。

【0090】 第五十四圖係第五十二圖之具有切換共振網路之遠方裝置的等價電路拓樸，其中該開關係開啟的，及二極體 D_2 及 D_3 係處於傳導狀態。

【0091】 第五十五圖係第五十二圖之具有切換共振網路之遠方裝置的等價電路拓樸，其中該開關係開啟的，及二極體 D_1 及 D_4 係處於傳導狀態。

【0092】 第五十六圖係針對於串接共振網路之啟動暫態的圖表。

【0093】 第五十七圖係針對於切換串接共振無線電力傳輸網路之感應電流及輸出電壓的圖表，其具有一 $50\mu\text{s}$ 的切換循環，其關閉後接著以 $450\mu\text{s}$ 來開啟。

【0094】 第五十八圖係針對於切換串接共振無線電力傳輸網路之感應電流及輸出電壓的圖表，其具有一 $20\mu\text{s}$ 的切換循環，其關閉後接著以 $480\mu\text{s}$ 來開啟。

【0095】 第五十九圖係依照本發明一實施例之通訊方法的代表性波形圖表。

【0096】 第六十圖係依照本發明一實施例之通訊方法的代表性波形圖表。

【0097】 第六十一圖係依照本發明一實施例之通訊方法的代表性波形圖表。

【0098】 第六十二圖係一遠方裝置的示意圖，其中包含一並接共振電容。

【實施方式】

【0099】 依照本發明一實施例的無線電力供應系統，係示於第四圖，其代號為10。依照本發明一實施例的遠方裝置，能夠致能彈性的電力傳輸，例如允許該遠方裝置來控制其所接收的電量。該無線電力供應系統10包含一遠方裝置14，其係加以配置來接收無線電力；及一無線電力供應器12，其係加以配置來發射電力。雖然係以單一遠方裝置14的相關內容來進行描述，但是本發明並不限於剛好一個遠方裝置14的電力傳輸，也非常適合供應電力至多數的遠方裝置，例如藉由依序或同時來供應電力。在這種情況下，一或更多個遠方裝置14可為習用的遠方裝置。

【0100】 本發明係以一種實施適應性共振控制形式的無線電力供應系統相關內容來進行描述。除此之外，適應性共振控制允許該系統適應多種潛在的可變參數，例如無線電力供應器的電力供應限制、遠方裝置的數目、遠方裝置的電力需求、外來物體存在(寄生金屬)、及介於無線電力供應器、遠方裝置及/或任何中間線圈之間的耦合係數(如角度、定位及距離)。例如，該無線電力供應器可具有一種能力，藉由調節該發射器的共振頻、驅動訊號的軌壓、驅動訊號的工作周期、驅動訊號的操作頻、或驅動訊號的相位，來控制其輸出電力。該無線電力供應器可以變更其輸出電力，以便對應於遠方裝置的電力需求、或改良系統的電力傳輸頻率。遠方裝置的電力需求，在操作之前或操作期間，可以由該遠方裝置來傳訊到該無線電力供應器。此外(或可替換地)，無線電力供應器可包含感測器，允許其判定操作參數而無需來自該遠方裝置的通訊。例如，無線電力供應器可以包含電壓、電流及/或電力感測器，其允許無線電力供應器來監測該系統，及調節操作參數。作為適應性共振控制之一部份，每一個遠方裝置也能夠控制從該無線電力供應器所汲取的電量。例如，每一個遠方裝置可以包含一個依照本發明實施例的適應性電力接收器。每一個遠方裝置，基於經由該無線電力供應器、及/或其他遠方裝置而被傳訊到該遠方裝置的資訊，可以控制從該無線電力供應器所汲取的電量。除了通訊之外(或其可替換者)，

該遠方裝置可包含感測器，其允許判定操作參數。例如，該遠方裝置可以包含電壓、電流及/或電力感測器，允許該遠方裝置來監測該系統觀點，及調節其電力汲取。當無線電力供應器無法提供充足電力供全部的遠方裝置使用時，一或更多個遠方裝置可以降低其電力汲取。例如，一個能夠在較低電力下操作的遠方裝置，可以降低其電力汲取，留下較多電力供其他遠方裝置使用。無線電力供應器及/或遠方裝置可以判定如何在多個遠方裝置之間來安排電力。作為適應性共振控制的另一部份，該無線電力供應器可包含可適應中間線圈，例如無線發射器或場延伸器內的共振線圈，其能夠受到調節，控制經由該中間線圈來繼電之電量。

【0101】 遠方裝置14可以包含一般習用的電子裝置，例如手機、媒體播放器、手持收音機、照相機、閃光燈、或基本上任何其他可攜式電子裝置。遠方裝置14可包含一電能儲存裝置，例如電池、電容或超級電容，或其可在沒有電能儲存裝置之下進行操作。附屬於遠方裝置14基本操作的元件(但不附屬於無線電力傳輸)，通常係習用的，因此將不詳細描述。取而代之地，附屬於遠方裝置14基本操作的元件，通常係指主負載30。例如，在手機相關內容中，並未花費功夫來描述附屬於手機本身之電子零件，例如電池或顯示器。

【0102】 附屬於第六及七圖所示實施例之遠方裝置，包含一適應性電力接收器20，其藉由電感來接收該無線電力供應

器的無線電力。遠方裝置14也包含一控制器28，其能夠控制該適應性電力接收器20，以便控制無線電力接收。所示實施例中的控制器28，可以切換該適應性電力接收器20於兩種或更多種操作模式之間，例如高Q模式及低Q模式。藉由控制模式切換，控制器28可以控制該適應性電力接收器28所接收的能量。這種控制係適應性共振控制形式或Q控制形式。

【0103】 Q因數，有時候係指Q，能夠描述共振器相對於其中心頻率的頻寬。Q能夠定義為：每循環內共振器內所儲存能量對於產生器所供應能量之比例，以便在所儲存能依照時間保持恆定時，保持訊號振幅恆定。所儲存的能量係儲存在任一電感器及電容器內能量的總和，損失能量係每循環內消散在電阻器內的能量總和。電阻能夠為等價串接電阻或經設計的負載。

【0104】 在習用四線圈無線電力供應器接收器中，例如第二圖所示者， L_4 線圈典型地係在 L_3/C_3 共振時，用來收獲所產生的場。因為 L_3/C_3 係電絕緣，其高Q因數允許在較低耦合因子之下產生場，致能該遠方裝置在較大距離之下來接收電力。在某些情況下，高Q允許在 L_3 內感應出電流，不會因其ESR而消散。然後，這種電感電流能夠再生，延伸，聚焦，或延續該磁場。

【0105】 在本發明所示實施例中， L_4 能夠從電路上被移除，及 L_3/C_3 能夠選擇性地在某些時刻下從該負載上解除電耦

合，及在某些時刻下電耦合至該負載。改變 L_3/C_3 解除電耦合 vs. 耦合至該負載之速率，能夠控制被傳輸到該負載的電量，這是適應性共振控制形式或Q控制形式。

【0106】 遠方裝置14也可以包含一控制器28，其能夠控制該適應性電力接收器20。例如，該控制器28可以耦合至一或更多的適應性電力接收器20開關(將於下文更詳細來描述)，選擇是否以高Q模式或低Q模式來操作該適應性電力接收器20。該控制器28，依照適應性電力接收器20所接收的電力波形，可以控制多種模式操作間的循環。例如，如將於下文更加詳細描述者，控制器28可以在每一電流波形期間的一或更多部份內，操作該適應性電力接收器20於高Q模式於，而在每一期間之其餘部份內，以低Q模式來操作該適應性電力接收器20。

【0107】 該控制器能夠由多種控制演算法來程控。控制演算法的一個實施例係示於第五圖，其能夠適應多個裝置的連續無線電力傳輸及負載需求。提供適應性共振電力的方法，包含一啟動相位及一控制環路相位。在啟動相位中，該方法包含啟動電力傳輸，及喚醒接收器控制器而從該遠方裝置來取得接收器裝置ID、外來物體偵測參數、及電力資料(亦即，電力需求、電流/電壓/電力測值、及目標值)。該控制環路相位可以包含所取得的新電力資料，致能適應性共振(即，控制Q-控制FETs控制訊號的工作周期(或其他參數))，傳送狀態更新，基於從該遠方裝置所收集的電力資料來調節發用於執行

的射器電力，及再次調節適應性共振及Q控制設定。

【0108】 第五圖所示控制演算法的控制環路相位，包含外來物體偵測，其中每一遠方裝置提供相關於寄生損失的資訊，用於一首要外來物體偵測方案內的調整。

【0109】 該控制環路相位可包含Rx負載控制及調節，以及Tx最佳化要件。例如，遠方裝置能夠使用適應性共振來增加電力傳輸效率。因此，遠方裝置可以要求的是，被發射的電力要降低，因為其需求能夠由該適應性電力接收器20的適應性共振控制來滿足。

【0110】 在所示的實施例中，遠方裝置14也包含整流電路22，將適應性電力接收器20內所接收的電力進行整流，例如，將適應性電力接收器20的交流電輸出轉換成為遠方裝置14所使用的直流電輸出。這類的電路可以包括二極體、開關、或其任何組合，以便提供一或更多整流模式，其包含(例如)二極體整流、半同步整流、不連接模式整流、及全同步整流。在一實施例中，整流電路22的全部或一部份，可以合併到適應性電力接收器20，致能該合併後的整流電路22，進行所接收電力的整流，及在適應性電力接收器20許多模式之間進行切換。在整流電路22能夠同步地(或主動地)整流的配置中，控制器28或自我驅動的同步整流電路，可控制整流。

【0111】 使用該被配置於多種模式之間的適應性電力接收器20，允許系統來實施適應性共振控制形式，或Q控制形

式。在一實施例中使用適應性控制，在某些時刻下，可允許使用高度共振的適應性電力接收器20(如高Q接收器)，以便適應多種配置，其包含負載變動、及適應性電力接收器20與無線電力供應器12發射器56之耦合，此將於下文詳細描述。這種控制方法學，可允許多種控制，針對於從接近或緊密耦合配置到鬆散(較低的K係數)配置之範圍。這種方法學，藉由在適應性電力接收器20內儲存能量一段時間，然後釋出該能量進入遠方裝置14，也可以致能較高的效率。因此，可以取得電力傳輸的延伸範圍，以及在適應性電力接收器20內潛在地去除額外的ESR(等價串接共振)。例如，使用這種配置，兩個線圈接收器(如電絕緣的共振電路及連接到負載的共振電路)能夠在相距該無線電力供應器距離之下接收電力的優點，可由一種能夠在兩個模式之間進行切換的單一線圈來實現，其中一模式係被配置成為解除電耦合的共振電路，及第二模式係被配置成為電耦合至負載的共振電路。當兩個模式間的切換係在一電力接收循環內加以實行時，這種優點能夠被增強。亦即，適應性電力接收器內每一電流波形循環有一次或更多次。

【0112】 在操作時，如果發射器56係高Q發射器及該適應性電力接收器20被配置成高Q模式，則能量可以在兩者間以低耦合來傳輸，此起因於線圈內所分享的磁場及低阻尼(low damping)。當發射器56及適應性電力接收器20兩者均在相同頻

率下共振時，反應阻抗被降低，及ESR(其在這種配置中典型地係小的)可以變成該適應性電力接收器20所生電流的有限阻抗。然而，當發射器56及適應性電力接收器20均在高Q配置中時，起因於低阻尼因子，該無線電力系統10可能不穩定，因而針對於系統參數或配置小小變動，會造成所接收電力的大型波動。

【0113】 如果發射器56係高Q發射器及適應性電力接收器20被配置成低Q模式，則能量可以在鬆散耦合狀態之下，從發射器56傳輸到適應性電力接收器20，但是能夠被接收的能量及電力傳輸效率可以被降低，這一部份起因於適應性電力接收器20的阻尼、以及發射器56及適應性電力接收器20之間被降低的耦合。

【0114】 藉由使用適應性共振，例如藉由使用可配置於多種模式之間的適應性電力接收器20，本發明可以使用高Q及低Q配置，彼此結合，以致於遠方裝置14可取得兩種配置的優點。以高Q共振模式被傳輸到適應性電力接收器20的能量，係儲存於此。在一實施例中，如果所儲存的電能抵達一預定點或臨界點，則能量可以透過近接耦合被傳輸到分離的槽路(如補充接收器)，或藉由負載30與電路耦合而傳輸到負載30，或此兩者。適應性電力接收器也可藉由與整流電路22(其被整合至負載30內或電連接到該負載)的耦合，直接地提供電力至該負載。又，在一實施例中，負載30可包含DC對DC轉換器，其

提供合適的能量水準至負載30內的其他電路。

【0115】 第四圖所示實施例中的遠方裝置14，在一配置中可以包含通訊電路24。這種通訊電路能夠與該無線電力供應器形成一種分離式通訊通道，或其能夠分享電力通道。在一實施例中，該通訊電路能夠透過一或更多個別的開關65a~b，應用到一或更多的通訊負載66a~b，利用背散射模式來產生資料通訊。例如，該通訊負載可以選擇性地應用而調變來自該發射器56到該適應性電力接收器20的電力訊號。在操作時，控制器28可以操作地耦合至該通訊電路24，及可被配置而在合適時間之下，選擇性地耦合該通訊負載66a~b至該適應性電力接收器20，以便產生所想要的資料通訊。通訊負載66a~b可為電阻或其他電路元件或能夠選擇性地變動遠方裝置全部阻抗的元件，以便調變該電力訊號。例如，如電阻之替換者，該通訊負載66a~b可為電容或電感器(未示)。如另一例子，該遠方裝置可以合併一依照以下專利的通訊系統：美國專利申請第13/425,841號，其發明名稱為”SYSTEM AND METHOD FOR IMPROVED CONTROL IN A WIRELESS POWER SUPPLY”，係於2012年三月二十一日提申，該案併入本文以供參考全文。

【0116】 類似於第四圖所示實施例之可替換的實施例中，遠方裝置14可包含一補充接收器26，其以虛線表示，作為遠方裝置14的可選取元件。補充接收器26可以感應式耦合

至該適應性電力接收器20，以便接收來自發射器56的電力。在這個可替換的實施例中，當適應性電力接收器20係配置成為高Q模式時，補充接收器26耦合至該適應性電力接收器20，以便接收及傳輸能量至負載30。但是當適應性電力接收器20被配置成為低Q模式時，該適應性電力接收器20可以直接地供電至該負載30，而不是耦合該能量至該補充接收器26。

【0117】 現在翻到第七圖，所示者係依照本發明一實施例的遠方裝置14。第七圖顯示一個具有適應性電力接收器電路之遠方裝置的實施例。在操作時，該微處理器可以具有一啟動演算(initialization algorithm)。來自儲存元件之充足的場或能量，能夠用來打開該微處理器及操作該Q控制的FETs。該Q控制的FETs能夠被操作而使 L_3/C_3 成為解除電耦合的共振電路。該遠方裝置可以同步化該Q控制FETs控制訊號的工作週期至該電流波形。例如，該遠方裝置可以偵測到電流波形的零交越，及利用它們來打開Q控制FETs。在電流波形頻率改變時而想要維持穩定工作週期的情況下，該遠方裝置可以基於電流波形的頻率來完成調節。例如，該遠方裝置可以偵測到電流波形的頻率，可以接收來自該電力發射器的頻率，或基於其他參數而在儲存在記憶體表格內進行檢視。可替換地，雖然開關的計時可以數位化控制，但是也可能的是，使用類比控制來控制Q控制FETs。例如，遠方裝置可以包含一感測器，及Q控制FETs的計時係可基於該感測器的輸出來調節。例如，

該感測器可偵測到整流的電壓及電壓控制的振盪器，藉由推測出該Q控制FETs何時開啟，而能夠控制一部份的Q控制FETs的計時。

【0118】 在所示的實施例中，遠方裝置14包含一適應性電力接收器20，其可配置於兩種模式之間：高Q模式及低Q模式。本實施例的適應性電力接收器20包含一次級線圈62、一共振電容63及一或更多個開關64a~b，其被排列形成一個串接共振槽路，能夠在高Q模式及低Q模式之間進行切換。本發明並不局限使用串接共振槽路，可取代的是，能夠與其他類型的共振槽路一同使用，甚至是非共振槽路，例如不具有匹配電容的簡單電感器、或並接共振槽路。例如，如第六十二圖所示，遠方裝置14可包含一並接共振電容 C_3 及一開關6200，其位在整流電路22及調節器72之間。開關6200能夠將整流電路22從調節器72上解除耦合。在不具備調節器72的實施例中，開關6200能夠將該整流電路22從該負載30上解除耦合。

【0119】 如所示的實施例，開關64a~b可以藉由控制器28來控制，以便選擇性地配置該適應性電力接收器20於高Q模式及低Q模式之間。如所示者，有兩個開關64a~b耦合到該控制器28。開關64a~b可以分開來控制，或一同受到控制器28的控制，以便配置該適應性電力接收器20成為高Q模式。更具體地，開關可接近以便在次級線圈62及共振電容63之間完成一條電流通路，其繞過整流電路22及遠方裝置14的負載30，換

句話說，由次級線圈62及共振電容63所形成的共振電路係分流的。依照這個方式，次級線圈62及共振電容63可以形成高Q共振器，其能夠收集能量及增加來自發射器56的能量傳輸(相較於低Q模式)。基於揭示的緣故，本發明係由兩個能夠選擇性地配置該適應性電力接收器的開關64a~b的相關內容來描述，但是應該瞭解的是，單一開關或多於兩個開關也可使用來取得相同或相似結果。又，在可替換的實施例中，開關64a~b可以使用，如整流電路22相關內容所述者，以便執行同步整流。

【0120】 為了配置該適應性電力接收器20從高Q模式到低Q模式，該控制器28可以基於一感測器之感測輸出來開啟開關64a~b，例如電壓感測器34或電流感測器32，或此兩者。電壓感測器34或電流感測器32或此兩者，可以耦合至該適應性電力接收器20或該負載30，以便監測一或更多遠方裝置14內的電力特徵。應該瞭解的是，雖然所示者係連接到適應性電力接收器20或負載30，但是該感測器可以被連接到遠方裝置14內的任何節點(node)。又，本發明並不局限於電流或電壓感測器；一或更多能夠監測任何遠方裝置14特徵的感測器也可被併入，以致於該感測器輸出可以用來判定該適應性電力接收器20的配置。

【0121】 在開開關64a~b開啟之下，繞過高Q模式(例如整流電路22及負載30)的遠方裝置14內的電流，耦合至適應性電

力接收器20，以致於負載30可以從該適應性電力接收器20來供電，潛在地增加適應性電力接收器20的ESR，及轉化其成為低Q模式。從另一方面來看，如果能量藉由打開開關64a~b而直接地從適應性電力接收器20被耦合到負載30，則所儲存的能量被放電進入負載30，將適應性電力接收器20轉化成為低Q模式。

【0122】 藉由低Q模式及高Q模式之間的循環，適應性電力接收器20的有效Q可以歷時地控制。例如，藉由變動該開關64a~b的工作週期，以便在兩種模式間進行切換，該適應性電力接收器20的有效Q可以增加或減少。高Q模式可被維持足夠長的時間，以便儲存足夠的能量，在特定耦合之下來建立足夠的電壓或電流，但只要不是建立多於負載30所需要的電壓或電流即可。這樣能夠在非常廣大的耦合範圍內來致能無線電力傳輸，而無需遠方裝置14內的調節。例如，如果遠方裝置14係非常鬆散地耦合，則工作週期可以減少而增加高Q模式的持久期間，允許適應性電力接收器20來儲存額外的能量。可替換地，在增加耦合狀態之下，因為能量更容易以低Q模式來傳輸到適應性電力接收器20，及能量可能更加容易地儲存在低Q模式中，所以工作週期可以降低，以便減少高Q模式的持久期間。這種工作週期的降低，補償了在低Q模式內傳輸的、及在高Q模式內儲存的增加能量。藉由增加或降低高Q模式及低Q模式之間的工作週期，該適應性電力接收器20可以控

制所接收的電量，包含(例如)控制接收器的橋式電壓。

【0123】 第十二A、十二B、十二C圖顯示一半循環適應性共振控制電路的電路示意圖。第十二D圖顯示電力接收循環期間，適應性接收器電流波形的圖表。Q控制FETs係處於高Q建立相位的波形第一部份，係由第十二A圖所示電流通道來說明；Q控制FETs被切換而處於低Q電力收獲相位的波形第二部份，係由第十二B圖所示電流通道來說明；Q控制FETs仍然關閉之波形最終部份，係由第十二C圖所示電流通道來說明。以循環對循環作為基礎來關閉Q控制開關，整流器輸出的漣波電壓下降。以每循環兩次(或更多次)作為基礎來關閉該Q控制開關，漣波電壓及大容量電容能夠進一步地降低，如第二十二圖所示。這樣提供Rx一種能力，來擁有自身的電力控制機制。藉由適當地對切換進行計時，動態電壓範圍、電力範圍及Rx效率，可以被增加。在某些實施例中，在L3電流零交越上的切換，允許更多有效的操作。

【0124】 第十九A、十九B、十九C、十九D及19E圖，顯示每循被控制兩次之適應性共振控制電路的電路示意圖。第十九E圖顯示在電力接收循環期間，適應性接收器電流波形的圖表。Q控制FETs處於高Q相位的波形第一部份，係由第十九A圖所示電流通道來說明；Q控制FETs被關閉而處於低Q收獲相位的波形第二部份，係由第十九B圖所示電流通道來說明。Q控制FETs被開啟而處於高Q相位的波形第三部份，係由第十九

C圖所示電流通道來說明；Q控制FETs被關閉而處於低Q收獲相位的波形最終部份，係由第十九D圖所示電流通道來說明。

【0125】 第十三A、十三B、十三C及十三D圖顯示，橋式電壓如何在多重電力接收循環下進行反應，以便針對在某一工作週期之一電力接收循環期間的單一脈衝，開啟Q控制FETs。第十三A圖顯示，Q控制FETs被開啟於單一電力接收循環15%期間之後，橋式電壓增加。第十三B圖顯示，Q控制FETs被開啟於單一循環25%期間之後，橋式電壓增加。第十三C圖顯示，Q控制FETs被開啟於單一循環50%期間之後，橋式電壓增加。第十三D及十四圖顯示，Q控制FETs被開啟於單一循環100%期間之後，橋式電壓增加。如同在第十四圖所見到的，Q控制FETs關閉，或轉化成為高Q模式，能夠造成線圈電流增加，或積累能量，如標誌1所指示。處於高Q模式之下，當該負載從該大容量電容來汲取能量時，該接收器電力可以降下，如標誌2所指示。又，如標誌3所指示，一旦Q控制FETs被打開，或發生低Q模式轉化，積累的能量可以消散到負載及以能量來補足大容量電容。在每一場景之下，當Q控制FETs被開啟時，橋式電壓驟降，然後，一旦Q控制FETs被關閉，就上升。藉由在多數個循環期間來同步化該Q控制FETs計時與所接收電流，所接收的電壓及/或電力能夠被控制。

【0126】 在所示的實施例中，適應性電力接收器20包含單一次級線圈62，其能夠被利用於高Q及低Q操作模式。結果，

單一線圈接收器可以在寬廣的耦合狀態範圍之下，能夠有效地接收電力，及負載30並未使用額外的線圈或昂貴的DC/DC轉換器來進行電力調節。亦即，在某些實施例中，第六及七圖所示的調節器72可以是選用的，能夠從電路上加以移除。在一實施例中，這種能力可以致能該遠方裝置14，以便控制在該發射器56所提供之場水準範圍內所接收的電量，無需使用複雜的通訊及控制系統。換句話說，遠方裝置14可以簡單地接收來自無線電力供應器12的所想要數量的電力，而不必傳訊一要求或資訊至該無線電力供應器12，及無需使用額外的電力調節電路。

【0127】 本發明一可替換的實施例係示於第六圖，其中該遠方裝置14包含一補充接收器26，類似於第四圖相關內容所述的補充接收器26。補充接收器26係能夠接收來自該無線電力發射器56的無線電力，及該補充接收器26係耦合至該負載30。在所示的實施例中，該補充接收器係通過整流電路22、及5V切換的調節器72，耦合至該負載30。該補充接收器26可以相似於適應性電力接收器20，但有一些除外。例如，該補充接收器26可能無法在多種模式間來配置；不如這麼說，其可直接地耦合至該整流電路22及負載30。應該瞭解的是，在可替換的實施例中，該補充接收器26可以被配置而類似於適應性電力接收器20，以致於(例如)該補充接收器26可被配置成高Q模式，同時適應性電力接收器20係處於低Q模式，及相反

地，被配置成低Q模式，而同時該適應性電力接收器20係高Q模式。

【0128】 本實施例的補充接收器26，包含一補充次級線圈67及補充共振電容68，其係相似於適應性電力接收器20的次級線圈62及共振電容63。雖然所示者係並接槽路配置，但是本實施例的補充次級線圈67及補充共振電容68並未局限於這種配置。類似於次級線圈62及共振電容63，這些元件可依照任何能夠感應地接收電力的方式來排列。又，該補充共振電容68係可選取的元件，以致於該補充次級線圈67可以在沒有它之下，感式地接收電力。

【0129】 第六圖所示的遠方裝置14也包含額外的通訊電路124及額外的整流電路122，其係耦合至該補充接收器26。該額外的通訊電路124係相似於前文第四及六圖相關內容所述的通訊電路24，但是透過該補充接收器26，可以致能電力訊號調變。又，該額外的整流電路122可類似於前文第三及五圖相關內容所述的整流電路22，但可以整流該補充接收器26內所接收的電力(而非適應性電力接收器20)。

【0130】 在第六圖所示的實施例中，如果遠方裝置14內所接收的能量被耦合至低Q接收器，則該遠方裝置14可關閉該開關64a~b，將次級線圈62及共振電容63進行分流，產生高Q共振器。在分流時，高Q模式的適應性電力接收器可以延伸磁場進入該補充接收器26，但是在分流中少許能量可能損失，此

起因於分流的低阻抗。適應性電力接收器的分流，能夠在適應性電力接收器內維持再循環電流的數個電力接收循環，或者以循環對循環作為基礎來執行，其中分流係依照工作週期來切換，或者針對每一期間的百分比來施加。如果該分流係以循環對循環作為基礎來控制，則該補充接收器26所接收的電壓，可以在較高頻率之下循環。這允許較小的大容量電容來濾除漣波電壓。藉由調節該適應性電力接收器20之工作週期於高Q及低Q之間，該適應性電力接收器20能夠調節次級線圈62內的電量，藉此調節補充接收器26內所接收的電量。例如，當遠方裝置14被安置在耦合程度較高之發射器56附近時，適應性電力接收器之次級線圈62內的電流，在高Q期間可以增加。為了針對此種增加進行補償、及避免過壓該遠方裝置14，分流的工作週期可以降低以便降低該遠方裝置14所接收的全部電力。換句話說，高Q模式工作週期被降低，可以降低該遠方裝置所接收的全部電力。在一實施例中，如前文所述，適應性電力接收器20可以選擇性地透過整流電路22而耦合至該負載30、連同該補充接收器26。如此，在低Q模式期間，電力可以從該適應性電力接收器或補充接收器來汲取，或在可替換的實施例中，由這兩個線圈來汲取。所接收的能量可以取決於發射器與每一次級線圈62及補充次級線圈62之耦合、連同每一者之電感。

【0131】 如果遠方裝置14所接收的能量，係直接地從該高

Q模式的適應性電力接收器20，或透過DC對DC轉換器，而耦合至該負載30，則適應性電力接收器20內所儲存的能量可以被放電進入該負載30，產生一低Q接收器。負載30被切換之工作週期，係適應性電力接收器20歷時的有效Q控制。在高Q模式中，該適應性電力接收器20可以建立在特定耦合之下的電流，但是其被維持足夠長的時間，以便建立如該負載30所需要的電壓。這允許在非常廣大耦合範圍之下加以使用，無需次級線圈電壓調節。例如，如果遠方裝置係非常鬆散地耦合，則該工作週期可以增加，允許該適應性電力接收器20處於高Q模式而儲存額外的能量。可替換地，在增加耦合狀態之下，因為能量可以更輕易地被傳輸到該低模Q模式的適應性電力接收器20，及能量可以更輕易地儲在高Q模式中，所以，工作週期可以降低，而降低高Q模式的持續期間。這種工作週期的降低，可以針對在低Q模式內所增加的能量傳輸及在高Q模式內的能量儲存，進行補償。

【0132】 在第六圖所示的實施例中，遠方裝置14可包含DC對DC轉換器72，調節從該整流電路22、122到該負載30的電力輸出。在使用DC對DC轉換器72之下，遠方裝置14，藉由允許DC對DC轉換器72使用被提供到整流電路22、122的能量(無關於橫跨該整流電路22、122之電壓)，可以針對耦合及負載30的額外及突發改變，進行補償。因此，控制器28可以降低該適應性電力接收器20之調節更新的頻率，針對該耦合及

負載30之改變作出回應，允許控制器28成為低成本的控制器。

【0133】 參照第五十二~五十八圖，現在描述的是一個系統模型，其在高Q及低Q操作模式之間加以改變。具體地說，所描述者係無線電力傳輸應用的切換式串接共振接收器電路之分析及模仿。

【0134】 參照第五十二圖，所示者係依照本發明一實施例的無線電力發射器電路及遠方裝置電路的一部份。該遠方裝置電路包含：一共振槽路，其係由電感器 L_3 、電容 C_3 及電阻 R_3 (L_3 的等價串接電阻)所組成；一橋式整器，係由 $D_1\sim D_4$ 加以組成；一總體儲存電容 C_o ，負載電阻 R_L ；及電感器 L_2 ，其藉由互感 M_{23} 而鏈接到電感器 L_3 ，承載一固定角頻 ω_o 接近或等於 L_3 及 C_3 共振頻之正弦電流 i_2 ；及一開關 S ，其狀態(開啟或關閉)造成網路拓樸再配置。

【0135】 第五十三圖係開關 S 關閉時的簡化的電路圖。為了方便解說，藉由 L_2 所生之時變磁通而在電感器 L_3 內所感應的電壓，已經由振幅 $\omega_o M_{23} I_2$ 的正弦電壓源 v_s 來置換，其中 I_2 為正弦電流 i_2 的振幅。為了討論的緣故，二極體被認為係理想的；相似地，開關 S 將被認為係理想的。

【0136】 開關關閉， $L_3 C_3$ 槽路從該負載上分離。第五十三圖顯示這種配置的網路。開關關閉，輸入電壓短接至橋式整流器，使 $L_3 C_3$ 槽路絕緣於輸出電容 C_o 及負載電阻 R_L 。在這段期間，電源 v_s 造成能量被儲存在槽路 L_3-C_3 內，同時輸出電容 C_o 。

內的所儲存電荷，提供電流至負載電阻 R_L 。

【0137】 第五十三圖的狀態等式係如以下公式：

$$\begin{bmatrix} \frac{di_3}{dt} \\ \frac{dv_{c3}}{dt} \\ \frac{dv_o}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{-R_3}{L_3} & \frac{1}{L_3} & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{-1}{R_L C_o} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_3 \\ v_{c3} \\ v_o \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{-1}{L_3} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} v_s$$

【0138】 該狀態公式係以 $(dX/dt) = AX + BU$ 的形式來表達，其中 X 為系統狀態的行向量， A 為狀態轉換矩陣， B 為針對輸入向量 U 的加權矩陣。在本例中，只存有一個驅動系統的刺激，及 U 係純量 v_s 。該係統狀態係電感器電流 i_3 、電容電壓 v_{c3} 及電容電壓 v_o 。

【0139】 該網路能夠藉由開關的開啟而再配置；橋式整流器二極體的偏壓(向前或反轉)，將會決定開關開啟後的拓樸。在本說明書中，開關 S 假設在 i_3 零交越之下發生全部開啟或關閉，然而，在可替換的實施例中，開關 S 的開啟及關閉可以在非零交越之下發生。第三十圖顯示，在 L_3 線圈電流非零交越下進行切換時， Q 控制 FETs 的工作週期，及對於輸出電壓的影響，其指示出，在非零交越之下進行切換，可能較不有效率。

【0140】 如果在 i_3 零交越之下 $v_{c3} \geq v_o + v_s$ ，則二極體 D_2 及 D_3 允許導電，及橫跨 L_3 的淨正電壓將會造成 di_3/dt 為正的。只要 i_3 為正的，二極體 D_2 及 D_3 將維持導電。具有導電的 D_2 及 D_3 的網路係如第五十四圖所示。

【0141】 第五十四圖網路的狀態等式係如下：

$$\begin{bmatrix} \frac{di_3}{dt} \\ \frac{dv_{c3}}{dt} \\ \frac{dv_o}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{-R_3}{L_3} & \frac{1}{L_3} & \frac{-1}{L_3} \\ -1 & 0 & 0 \\ \frac{1}{C_o} & 0 & \frac{-1}{R_L C_o} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_3 \\ v_{c3} \\ v_o \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{-1}{L_3} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} v_s$$

【0142】 如果如果在 i_3 零交越之下 $v_{c3} \leq v_o - v_s$ ，則二極體 D_1 及 D_4 允許導電，及橫跨 L_3 的淨負電壓將會造成 di_3/dt 為負的。只要 i_3 為負的，二極體 D_1 及 D_4 將維持導電。具有導電的 D_1 及 D_4 的網路係如第五十五圖所示。

【0143】 第五十五圖網路的狀態等式係如下：

$$\begin{bmatrix} \frac{di_3}{dt} \\ \frac{dv_{c3}}{dt} \\ \frac{dv_o}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{-R_3}{L_3} & \frac{1}{L_3} & \frac{1}{L_3} \\ -1 & 0 & 0 \\ \frac{-1}{C_o} & 0 & \frac{-1}{R_L C_o} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_3 \\ v_{c3} \\ v_o \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{-1}{L_3} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} v_s$$

【0144】 如果在 i_3 零交越之下 $v_s - v_o < v_s + v_o$ ，則沒有橋式整流器的二極體會允許導電；電感器電流 i_3 及電容電壓 C_3 都不能改變。這種情況的狀態等式係如下：

$$\begin{bmatrix} \frac{di_3}{dt} \\ \frac{dv_{c3}}{dt} \\ \frac{dv_o}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{-1}{R_L C_o} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_3 \\ v_{c3} \\ v_o \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} v_s$$

【0145】 第五十六~五十八圖顯示，使用矩陣實驗室ode23

的數值積分函數(Matlab ode23 numerical-integration function)之網路狀態等式的解決方案。使用於這些模擬的網路參數如下： $L_3=33.3\mu\text{H}$ ； $C_3=76.07\text{nF}$ ； $R_3=0.1\Omega$ ； v_S 振幅=5V； $C_o=250\mu\text{F}$ ； $R_L=10\Omega$ ；操作頻=100.0kHz。

【0146】 第五十六圖顯示，開關被關閉之串接共振網路的啟動暫態。假設：全部的狀態變數在 $t=0$ 時為零。輸出電壓並未顯示，因為只要開關維持關閉，則其維持為零。

【0147】 第五十七圖顯示，在啟動暫態後的電感器電流及DC輸出電壓。開關循環起始於 $t=2.00\text{ms}$ ，每一循環係由關閉 $50\mu\text{s}$ 及之後開啟 $450\mu\text{s}$ 來組成。就本實施例而言，負載內的電力消散大約是22W。

【0148】 第五十八圖顯示，啟動暫態後的電感器電流及DC輸出電壓。開關循環起始於 $t=2.00\text{ms}$ ，每一循環係由關閉 $20\mu\text{s}$ 及之後開啟 $480\mu\text{s}$ 來組成。就本實施例而言，負載內的電力消散大約是8W。

【0149】 介於高Q及低Q操作模式之間的循環，現在將以第七圖相關內容來詳細地描述。然而，應該瞭解的是，這個循環方法學可以結合至本說明書所述之任何其他實施例來使用。

【0150】 在電力傳輸期間，於多重電力接收循環之下的次級線圈62及共振電容63分流(或維持適應性電力接收器20於高Q模式)，可以影響電力傳輸的穩定性，造成整流電路22的整

流電壓輸出的大型變動。因為適應性電力接收器20維持於高Q模式時，橫跨該整流電路之感應電壓可能大幅降低，所以這些變動可能呈現成為尖峰(overshoot)或負尖峰(undershoot)。額外的大容量電容及電力調節電路係可用來縮小這種負尖峰及尖峰，以致於被傳送到負載30的電力係實質穩定的。然而，本發明可以在沒有這類額外電路或額外大容量電容之下，藉由高Q模式及低Q模式之間的循環來取得這種穩定性。

【0151】 在一實施例中，高Q模式及低Q模式之間的切換，可以在循環對循環的基礎之下、依照一具體工作週期來執行。亦即，這種切換可以對準該適應性電力接收器20所接收電力的循環，以致於在每一電力波形期間，該適應性電力接收器20係被配置成高Q模式於該期間的一部份時間內。藉由在一特定工作週期內以循環對循環作為基礎來進行模式切換，橫跨該整流電路22之電壓被允許下降的持續時間，可以降低。此意謂，整流電路22輸出的大容量電容可以降低，藉此降低遠方裝置的整體尺寸及成本。

【0152】 可能起因適應性電力接收器20在多種持續時間被留置於高Q模式的電壓降，係示於(例如)第十七圖，其中單一循環切換的多種工作週期係加以圖示。該適應性電力接收器20係配置成高Q模式於一工作週期範圍內，從25%單一循環至400%單一循環(總共4循環)。如所示者，以下者之間並無線性關係：**(a)** 適應性電力接收器20被維持於高Q模式的時間(或

工作週期)；(b) 適應性電力接收器20再次連接到負載之後，所取得的電壓量增加。工作週期改變可能影響到數個因子，其包含(例如)：尖峰電壓、最小電壓、及漣波或安定時間。如所示者，當工作週期增加時，尖峰電壓增加，但是當適應性電力接收器20轉化成高Q模式時，電壓降也增加，連同結果波形安定時間增加。這種電壓降解釋了，當高Q模式被維持於多個電力接收循環時，為何大型大容量電容可以被利用來維持穩定性。

【0153】 在目前的實施例中，切換至高Q模式的方法，係以循環對循環作為基礎來進行，其中當適應性電力接收器20內的電流接近零時，例如次級線圈62內電流切換方向時，發生高Q模式轉化。零交越轉化係可偵測的，例如，藉由一或更多耦合至控制器28的感測器32、34。來自一或更多感測器32、34的輸出，可以餵入比較器中，以便偵測線圈電流的零交越。

【0154】 如第五十圖所示，本發明一實施例包含一電流感測器232，其相似於第四圖相關內容的感測器32。電流感測器232的輸出被轉換成為電壓，作為適應性電力接收器20內電流的代表，接著被提供到比較器274。適應性電力接收器20內電流大約為零的點，可以產生接近零的電壓訊號至該比較器274。然後，這個訊號與參考訊號(在本例中為接地)進行比較。該訊號與接地進行比較，比較器274切換其輸出從低至高，對於從負到正的電流轉化作出回應，反向地切換，從高至低，

對於從正到負的電流轉化作出回應。如果代表電流的電壓係以任何方向被偏壓，亦即，如果在電流為零時，該電壓係非零，則這種偏壓可以使用，作為比較器274所用的參考電壓。

【0155】 比較器274的輸出可以提供到該控制器28。在相對於第四圖所述的實施例中，上升邊緣訊號可以觸發該控制器28，而取得兩個動作：藉由關閉開關64a~b來轉化成高Q模式，及啟動計數器。然後該控制器可以將計數器的數值與一預定的計數數值來進行比較，一旦抵達該數值，開關就被打開，藉此轉化成低Q模式。然後控制器等待下一個上升邊緣，重新啟動該方法。

【0156】 為了判定從高Q模式轉化成低Q模式時的計數器數值，控制器28可以取得該感測器232的輸出，以便測量在數個循環下的電力傳輸訊號。該測值可用來判定電力傳輸訊號的頻率。然後該控制器28可使用下述公式來計算該計數器數值：

$$\frac{D}{f} \times cs = counts$$

【0157】 控制器28可以將所需要的高至低Q轉化的工作週期(D)，除以電力傳輸訊號的頻率(f)，然後將該結果數值乘以計數器速度(以每秒之計數，cs)，得到計數的數目。

【0158】 在可替換的實施例中，其中遠方裝置14使用每循環兩次切換方法學，該控制器28可以不同地判定該計數。例

如，其被顯示在第五十一圖中，其中該控制器針對電流的上升及下降邊緣，重新啟動該計數器，反映於下述公式：

$$\frac{D}{2f} \times cs = counts$$

【0159】 雖然現有的實施例可以實行這種結構及零交越偵測方法，但是應該瞭解的是，本發明並不限於這種配置。其他類型的零交越電路也可被耦合至該控制器28。額外地，以電壓或電流、FPGAs、DSPs作為基礎的類比電路，或任何其他類型的控制電路，可以用來判定脈寬及高至低Q轉化。

【0160】 現在回到現有的實施例，在電流波形零交越下，當高Q模式轉化發生時，電流的上升斜率可能增加，造成較高的電流峰值，及增加電流的全部RMS數值。這可以從(例如)第十五圖來見到，該圖圖解以下兩者間的比較：(a)未控制Q的基線系統，及(b)依照一實施例在15%工作週期下，具有適應性共振控制的系統。在第十五圖中，當與基線系統進行比較時，高Q模式的轉化，增加電流循環的上升斜率，增加波形的峰值及RMS數值。然而，當使用高Q模式時，橫跨整流電路22的感應電壓變成零，所以高Q模下被傳輸的電力也為零，此意謂，在某些點上，工作週期增加再也不會增加被傳輸的電量。針對使用這種控制方法學的現有實施例，最大電力可以在小於100%工作週期下來傳輸。這可以從(例如)第二十一圖上來見到，其中右側上的表格顯示，在各種工作週期下被傳

輸到固定式負載電阻的電力。在本例子中，尖峰電力大約在50%工作週期時取得。在本例中，如果適應性電力接收器20需要額外的電力，則遠方裝置14可以從發射器56來要求額外電力，或降低其電力消耗。然而，在某些情況下，例如第四十八圖所示例子，更多的電力能夠在60%工作週期之下來傳輸(相較於50%工作週期)。每一循環的波形能夠在第四十九圖中見到，其中能夠見到的是，針對60%工作週期的尖峰電流增加至40A。也能夠見到的是，L3電流數量增加，在L3被餵入整流器時，可以克服相對應的下降，潛在性地造成更多的電力傳輸。

【0161】 第十六圖圖示致能Q控制的控制脈衝短接L3/C3，其接著調協該系統，及建立系統內可用的電力。在所示的實施例中，Q控制FETS係調協於L3電流的零交越。這樣可以允許較大的控制，因為控制器28能夠完成分流工作週期的較小改變。例如，在零交越時切入分流，該切換元件內的感應瞬時電流也被降低，延長開關64a~b及遠方裝置14的壽命，及改良其可信度。第十八A圖顯示每一電力接收循環一次的適應性共振控制次序及收獲次序，同時第十八B圖顯示每一循環兩次者。該適應性共振控制次序，因為有較低的漣波電壓，所以允許電路被設計有較低的大容量電容，較小的線圈尺寸，及有較便宜的元件。

【0162】 為了改良高Q模式轉化的效率，其應用的工作週

期可以分割成為每一導電循環的兩個部份，以致於高Q模式開始於每一波形的兩個零交越點。亦即，當次級線圈62內電流每次切換方向時，就發生高Q模式轉化。每次循環兩次轉化的方法學，係示於(例如)第十八B圖，其中全部的工作週期均已加倍。如第二十B及二十D圖所能見到的，在每循環切換一次與每循環切換兩次時，幾乎可以維持相同的電力。然而，利用每循環切換兩次，可以降低整流電路22輸出的漣波電壓，因為橫跨該整流電路22的電壓係降低為零於一段較短的時間。這樣進一步地降低對於整流電路22輸出上大容量電容的需求，進一步地增強遠方裝置14的可信度及尺寸/成本。

【0163】 基於揭示的目的，現在將以無線電力供應器10的相關內容來描述無線電力供應系統10。應該瞭解的是，無線電力供應系統10並不局限於依照無線電力供應器12來配置的無線電力供應器，在可替換的實施例中也可以使用習用的無線電力供應器。第四圖所示實施例中的無線電力供應器12，可以被配置而控制對於一或更多遠方裝置14的無線電力發射。

【0164】 依照第四圖所示實施例的無線電力供應器12，可以包含一發射器56、一控制系統55、一驅動器54、一電力供應器53、及一主電源輸入52。本實施例的電力供應器53可以是習用的轉換器，其將來自主電源輸入52的AC輸入(例如壁面電力)，轉換成為合適的DC輸出，適用於驅動該發射器42。如

可替換者，主電源輸入52可以是DC電源，可由電力供應器53通過或轉換成為合適的DC輸出，用於驅動該發射器56。在本實施例中，電力供應器53係AC/DC轉換器，其一般具有一整流器及一DC/DC轉換器。該整流器及DC/DC轉換器，提供合適的DC輸出。可替換地，電力供應器53可以包含基本上任何能夠將輸入電力轉換成驅動器54所用形式的電路。在本實施例中，控制系統55被配置來調節操作參數，其包含(例如)軌壓，以便激發該發射器56進行電力傳輸。可替換地，電力供應器53可以具有固定式軌壓。額外地或可替換地，控制系統55可以具有一種調節任何其他操作參數的能力，其包含(例如)驅動訊號的操作頻率、槽路的共振頻率、電路相位切換、及驅動訊號的工作週期。在藉由驅動訊號軌壓的變動來調節操作參數的可替換實施例中，電力供應器53可以具有可變輸出。如第四圖所示，控制系統55可以耦合至電力供應器53，允許控制系統55來控制電力供應器53的輸出。

【0165】 在本實施例中，驅動器54包含切換電路，其被配置來產生及施加一輸入訊號至該發射器56。驅動器54可以形成一反相器，將來自電力供應器53的DC輸出轉換成為AC輸出，以便驅動發射器56。驅動器54在各應用之間係可變動。例如，驅動器54可以包含多數個開關，例如MOSFETs，或其他切換電路，例如BJTs或IGBTs，其被排列成半橋式拓樸或全橋式拓樸。

【0166】 在本實施例中,發射器56包含一初級線圈44及一共振電容42,形成一個被排列成串接配置的槽路。本發明並不局限於使用串接共振槽路,可取代的是,可以使用其他類型的共振槽路,甚至是非共振槽路,例如,不具備匹配電容的簡單電感器,或並接共振槽路。又,雖然所示的實施例包含線圈,但是該無線電力供應器10可以包含能夠產生合適電磁場的可替換的電感器或發射器。所示實施例中的發射器56也可包含一共振器電路46,其具有一共振器線圈(或電感器)47,及一共振器電容48,致能該初級線圈44,聯合該共振器電路46來發射電力。在可替換的實施例中,共振器電路46可以缺席,以致於初級線圈44在共振器電路46的協助之下來發射無線電力。

【0167】 無線電力供應器12也可包含感測器57,其能夠感測初級線圈44內的電力特性。例如,感測器57可以是一種電流感測器,其提供資訊至該控制系統55,其可基於該感測得的資訊來調節操作參數。其他能夠被感測的電力特性包含,但不限於,實際功率、視在功率、相位及電壓。

【0168】 除其他者外,控制系統55包含被配置來操作驅動器54的配置,以便產生所想要的電力供應訊號至發射器56。例如,控制系統55可以基於從遠方裝置14接收到的通訊,來控制驅動器54或調節操作參數。可替換地、或除了基於通訊來控制之外,控制系統55可以基於感測器57所感測的電力特

性來調節操作參數。本發明基本上可以使用任何能夠傳輸無線電力的系統及方法來實施。合適的無線電力傳輸系統及許多可替換者，係描述於美國專利第7,212,414號，其發明名稱為”ADAPTIVE INDUCTIVE POWER SUPPLY”，於2007年五月一日頒給Baarman；及美國專利第7,522,878號，其發明名稱為”ADAPTIVE INDUCTIVE POWER SUPPLY WITH COMMUNICATION”，於2009年四月二十一日頒給Baarman；這些專利都併入本文以供參考其全文。

【0169】 第八圖顯示，一適應性電力接收器是如何能夠在適應性共振控制尚未被致能或啟動時被操作。基本上，該適應性電力接收器係依照習用無線電力傳輸接收器的相同操作方式來進行操作。L3/C3係與Rx負載/控制電路串接。雖然在包含有補充接收器的實施例中L4並未圖示，但是，若其存在，則其也可以貢獻某些能量。在許多附屬於本發明的控制演算法中，可以包含一啟動相位，其中該適應性共振控制係去能的。第二十一圖顯示，當適應性共振控制去能時，可利用的電力之差異。

【0170】 第十圖顯示針對於適應性共振系統的啟動或發動次序。該啟動次序在系統穩定化之前，能有一延遲。這種啟動特性及場的監測，能夠被利用於外來物體偵測、裝置對於無線電力供應器的識別及判定/傳訊電力需求。

【0171】 第十圖顯示，在鬆散耦合發射器上所安置的適應

性接收器的啟動相位實施例期間的適應性接收器電流、輸出電壓及輸出電力。在啟動相位時，Q控制FETs都被打開。因為最初的整流電壓為零，所以接收器內所感應的電流對該大容量電容(其係作為充電時的低阻抗元件)進行充電。耦合至該大容量電容的電路，係高阻抗的，以致於其並不汲取已存放於該大容量電容內的電壓。當大容量電容被充電時，該電容的結果阻抗係增加，降低了感應電流，一直到幾乎接近零時為止。這種迅速充電的期間係發生在非常短的期間內，之後，該微控制器能夠啟動及使用被存放在該電容內的能量來啟動該接收器。在這段期，電流可能上升，指示出該系統可以在低阻尼下來發動。當這個電流接近零時，大容量電容內所儲存的電壓開始被汲取進入接收器，即使是該負載可能為高阻抗時，亦然。當這個電壓下降時，線圈內的電流也開始增加，最後抵達一個穩定狀態模式(大約是所示實施例發動後1.5 ms)，其中該電容輸出電壓、及線圈內電流的電壓，係平衡的。在這個點上，適應性接收器可以開始控制Q控制FETs以便控制電力。在供電至微處理器之遠方裝置上存有電力儲存元件的情況下，這種啟動相位可以是非必要的，或較無關緊要的。

【0172】 一旦微控制器啟動，其判定其被安置之發射器類型，判定是否通訊回到該發射器，應用適應性共振控制來變動所接收到的電力，進行其他啟動步驟，或任何該啟動步驟的組合。典型地，在微控制器啟動時，整流電壓已經抵達平

衡，然而該微控制器可以等待不採取任何動作，一直到接收器已經安定於其穩定狀態模式時為止。

【0173】 第十一圖顯示，較高解晰度的啟動波形穩定狀態部份。穩定狀態Rx電壓係足以啟動該微處理器，使其甦醒，及傳訊該ID及電力資料(例如電力需求或電力測值)。在所示的實施例中，該場起初係從L1及L2解除耦合(L3/C3並未從該負載上解除電耦合)，該電路被設計在具有100歐姆負載之Rx橋路上產生約7V，及場強度係足以致能該控制器，及控制該Q控制FETs及啟動數位通訊。

【0174】 第九圖顯示一針對具有適應性電力接收器之無線電力系統之適應性共振控制演算法900的流程圖實施例。所示的實施例能夠解釋被耦合至單一發射器的多重裝置，因為，如果發射器正在嚐試供電到兩個不同電力需求的遠方裝置，則每一個接收器能夠調節所接收到的電力。該流程圖包含一針對於具有適應性電力接收器之遠方裝置的微控制器啟動次序。步驟902。一旦微控制器啟動及硬體與韌體啟動，它就藉由偵測電力傳輸頻率的變動，來判定已被安放的發射器類型。步驟904、906。這可依照多種不同方式來完成。例如，無線電力供應器及遠方裝置可以通訊。可替換地，該遠方裝置，藉由檢視電力訊號內的預定特性(其為無線發射器類型的指示)，可判定無線發射器的類型。該特性可為無線電力供應器類型內所本有的(被動式識別)，或可替換地，基於允許該遠

方裝置來識別無線電力供應器的理由，該特性可以是故意被包含在該驅動訊號內的(主動式識別)。

【0175】 在一實施例中，無線電力供應器改變驅動訊號操作頻率，以便指出：該發射器係鬆散耦合的發射器。如果未偵測到改變，則該接收器假設：該發射器係緊密耦合的發射器，及改編其控制方法學以便符合該緊密耦合模式，例如藉由配置該遠方裝置內的硬體，成為無線電力協會標準或某些其他標準。步驟908、910。

【0176】 如果該接收器偵測到其已經被安置在一鬆散耦合的發射器上，則其透過鬆散耦合構形來配置該裝置來接收電力。步驟912。然後其選擇一標的整流電壓及傳訊至該發射器，以便變動已經傳輸的電力，一直到標的電壓達成為止。這種通訊係可使用一控制誤差包裝(control error packet, CEP)，以便傳訊該標的電力或電壓需求。步驟914、916、918。一旦抵達，該接收器就藉由致能該輸出來連接該負載至該整流器，然後測量新的整流電力。步驟920。例如，如第七圖所示，調節器能夠致能而提供輸出至該負載。可替換地，某些實施例可以具有由開關來取代的調節器、或一併除去。在沒有調節器或開關的場合之下，整流器及負載之間未切換的連接係可被維持。步驟914、916、918及920可以被描述成為初始調節相位，其在某些實施例中可以允許無線發射器來設定其軌壓，針對在許多無線接收器位置上的0~5W發射(或較高或

較低的電力範圍)。在這種初始調節相位中的無線發射器，可以採用多種因子，例如發射器線圈配置、發射器探測電壓(ping voltage)、及在該初始調節相位完成之時，無線接收器並不移動。

【0177】 該接收器等待傳送一電力控制訊息於一具體時間。步驟922、924、926。該電力控制訊息能夠與多種不同的適應性電力控制演算法結合使用。例如，電力控制訊息能夠被傳送到該無線電力供應器，以便允許該無線電力供應器來調節其無線電力輸出。訊息之間的計時可以是充足的，允許該系統在要求該無線電力供應器進行調節之前，實行接收器側的適應性共振控制。一旦要求被供應電力進行改變，該接收器就能夠等待而不變動其適應性共振控制，一直到發射器已經改變其電力輸出作為該接收器要求之回應時為止。步驟922。

【0178】 如果傳送電力控制訊息的時間已經消逝，則該接收器能夠傳送一電力控制訊息。步驟924、926。在一實施例中，該微控制器傳送任何所想要的改變、被接收到的電量、及適應性共振控制的電流狀態。然後，該發射器能夠計算針對於所發射電力的新標的，及調節該電力。

【0179】 該遠方裝置可以利用該適應性電力接收器的適應性共振控制，嚐試取得或維持一標的電力或電壓範圍。亦即，在目前實施例中，在每一毫秒內，一感測器讀取該橋式

電壓，及將其比較於最小臨界值及最大臨界值。步驟928。如果該橋式電壓高於該最大臨界值，則該控制器降低該控制訊號的Q控制FETs的工作週期。步驟930。這能夠以控制訊號的脈寬調變來進行。如果橋式電壓係低於最小值，則該控制器增加該控制訊號的Q控制FETs的工作週期。步驟932、934。這能夠由控制訊號的脈寬調變來完成。這些步驟可以描述成該Q控制調節相位，其中該Q控制FETs的控制，例如藉由調節工作週期，使接收器橋式電壓能夠控制。在一實施例中，Q控制FETs的工作週期可以在0~50%範圍，及在無線接收器或無線發射器正在通訊時該工作週期變動可以不被允許。

【0180】 適應性共振演算法可以包含額外的步驟。例如，如果該橋式電壓係在臨界值之外、但該工作週期不是太高就是太低，則該控制器能夠加以程控，以便使用不同的技術來控制電力。例如，如果該橋式電壓係太低，及增加該Q控制FETs的工作週期並未增加橋式電壓，則該系統可能將控制傳遞到不同的狀態機械。例如，該控制器可以傳送一訊息至該無線電力發射器，以便指示出電力不足。可替換地，該遠方裝置可以與遠方裝置上的電力管理電路來進行通訊，以便指示出可用電力不足，及電力消耗應降低。

【0181】 如果多重接收器係被安置在該鬆散耦合的發射器上，則該發射器及接收器調節其適應性共振控制，允許每一裝置來接收電力。這個方式係描述在美國專利申請案第

61/649,561號中，其發明名稱為”System and Method for Communication in Wireless Power Supply Systems”，由Taylor等人提申，該案在本文中併入以供參考。這麼說也就夠了：每一遠方裝置內的控制器能夠實施第十圖所示的演算法或其變型，藉由改變其Q控制FETs，動態地調節其個別的橋式電壓。改變每一遠方裝置之Q控制FETs工作週期的各種演算法，係能夠彼此地獨立。然而，這些演算法可以互相影響，因為，當Q控制FETs控制訊號的工作週期在其他遠方裝置內進行改變時，一遠方裝置內的橋式電壓可以改變。第十圖所示的演算法能夠處理這種交互作用。

【0182】 在可替換的實施例中，基於橋式電壓來控制Q控制FETs的演算法，可包含以兩者間的再配置：每電力波形切換該Q控制FETs一次及每電力波形兩次。即使是總工作週期及操作頻率都相同的場合下，每循環切換一次及每循環切換兩次，能夠對於輸出橋式電壓造成不同的效果。在某些情況下，可能想要的是，每循環切換一次，及在其他情況下，可能想要每循環切換兩次。例如，第二十A及第二十B圖顯示，在每半個循環的50%工作週期之下，每循環切換一次，在橋上提供約8V。對照之下，第二十C及第二十D圖顯示，在每半個循環的25%工作週期之下，每循環切換兩次，提供約7.25V，但是有較多的穩定訊號。亦即，當Q控制FETs在兩個零交越點下每循環切換兩次時(相較於在零交越點之一者下每循環切換一

次)，於抵達穩定狀態橋式電壓之前，有較小的尖峰及負尖峰。這種差異能夠用於適應性共振控制演算法中。在某些情況下，針對於工作週期的更多電力可能是合適的。在其他情況下，具有較大穩定性的較小電力，可能是合適的。此外，在所示的實施例中，當使用每循環切換兩次的控制演算法時，接收器的再循環電流，在正及負期間之間變得更加平衡，結果造成較低的總電流。這意謂，每循環切換兩次的控制演算法的總體效率，可能更加的有效。

【0183】 背散射調變，是一種能夠在感應電力供應器及遠方裝置之間進行通訊的方式。背散射調變能夠藉由電路元件與電力接收或電力發射元件之間的連接及解連接來實行。

【0184】 參照第二十五及二十六圖，使用通訊開關來變動該接收器的共振頻率，該通訊電容能夠系統性地與一次級接收元件進行連接及解除連接。這種共振頻率的位移，能夠由發射器56來偵測，作為阻抗位移。該所示的實施例允許背散射調變用於共振及非共振模式操作。

【0185】 第二十五圖顯示一種電路配置，其中共振節點調變能夠增強含有L3及L4線圈之接收器的通訊。第二十六圖顯示一種電路配置，其中共振節點調變能夠增強含有L3線圈之接收器的通訊。通訊電容及通訊開關係以適應性電力接收器20來實施。在可替換的實施例中，該通訊電容及通訊開關可由補充接收器26來實施。又，在某些可替換的實施例中，通

訊電容及通訊開關，可在一個與該電力傳輸電路相隔離的被隔絕的通訊電路內實施。

【0186】 在一實施例中，當不進行通訊時，通訊開關65a~b被配置成為關閉的。在進行通訊時，該開關被系統性地開啟及關閉來進行通訊。當開關被打開時，起因於共振頻位移，整流器上的電壓上升，以便實施通訊。這種配置允許接收器持續地正常地供電該負載，及避免在通訊期間的電壓降(其潛在地造成該負載的暫時性電力損失)。因為在通訊期間於該整流器上所見到的電壓上升，所以標的整流電壓能夠被降低，增加DC/DC轉換器的效率。

【0187】 接收器的共振頻率能夠受到通訊電容的影響。在某些實施例中，該接收器可以判定，這種整流電壓位移係不可接受的，及藉由使用適應性共振控制演算法來維持恒定整流電壓，對於共振頻位移進行補償。在某些情況下，這種阻抗雙位移可以遮蔽發射器內的通訊訊號。在某些應用中可能想要調節這種某些實施例內的雙位移。

【0188】 在可替換的實施例中，適應性電力接收器20可以使用Q控制FETs 64a~b，而非調變元件，來位移阻抗，及產生通訊訊號。所示實施例允許背散射調變用於共振及非共振操作模式。

【0189】 參照第二十七及二十八圖，訊號控制的Q控制FETs 64a~b的工作週期調節，能夠造成阻抗位移。不同於循環

對循環的適應性共振操作，有效通訊可以牽涉到在數個電力接收循環之後的工作週期的周期性調節。由工作週期改變所造成的阻抗位移，使接收器內整流電壓的改變足夠進行有效通訊。這種通訊方法學的一個例子係示於第二十九圖，其中位元轉化係由工作週期20%~30%改變來作為代表。

【0190】 在操作時，這種方案造成Q控制的FETs 64a~b，針對於電力/電壓控制、及針對於通訊調變來驅動。該發射器能夠偵測通訊，無關於被發射的電量。換句話說，背散射訊號的調變能夠被產生及偵測，無關於被發射電量的大或小。例如，調變的相對尺寸可以正比於載體訊號(其在本例中為電力傳輸訊號)的振幅。

【0191】 並接電容Cd被用於形成一共振頻率識別特性。共振頻率識別特性詳細地討論於美國專利第7,355,150號，其發明名稱為”Food Preparation System with Inductive Power”，被頒予Baarman等人；及美國專利第8,097,984號，其發明名稱為”Inductive Power Supply with Device Identification”，其被授予Baarman等人，這兩個專利都併入本文以供參考。這麼說便足夠：電容Cd係以相異於電力傳輸的共振頻率進行調協，及其對於全部的頻率係有稍許效用。然而該電容允許感應電力供應，以便識別該遠方裝置，無需於遠方裝置及感應電力供應器之間進行直接通訊。這在無法通訊的實施例中係有用的。其在能夠通訊的實施例中(但其中該通訊鏈接尚未建立、

忙碌、或不可利用)，也是有用的。例如，遠方裝置內的電池可加以汲取，延遲通訊，一直到微處理器已有足夠能量來控制該通訊開關時為止。

【0192】 背散射調變只是一種由適應性共振來致能的通訊技術。適應性共振可依照其他方式來使用，而提供通訊。例如，藉由從每循環兩次切換到每循環一次的切換方法學，該接收器可產生一相位移鍵(PSK)通訊拓樸(phase shift key communication topology)。PSK技術係描述於美國專利申請案第13/366,605號，其於2012年二月六日由Norconk等人提申，及該案併入本文以供參考。更具體地，該接收器，藉由使用多數個調變來代表單一通訊位元，能夠編碼該電力傳輸訊號上的通訊。藉由在電力傳輸頻率速率的分數或倍數下，進行調變，可以完成該項資料。在一實施例中，藉由變動每雙數波形或每單數波形時所發生的調變，該資料可被編碼。及在另一實施例中，藉由變動該被施加到每電力傳輸訊號循環之正或負半部的調變，該資料可以被編碼。

【0193】 適應性共振PSK通訊可以藉由以下來完成：針對多重循環之每循環兩次切換成為每循環一次，以便調變電力訊號上的資料。可替換地，適應性共振PSK能夠藉由以下者來完成：跳過在每一循環之另一半部上的某些脈衝，例如第五十九圖所示，或單純地調節波形工作週期半部(針對另一半部)，如第六十圖所示者。具體地說，在依照第五十九圖的通

訊方法中，資料0位元可由每循環兩次的(在正及負循環期間)在20%下的多數個調變來代表。資料1位元可由多數個調變來代表，其中每一個其他的正循環係被跳過。在依照第六十圖的通訊方法中，資料0位元係由每循環兩次的在20%工作週期下的多數個調變來代表。但是，資料1位元可以由多數個調變來代表，其中在正半部循環的工作週期係20%，及在負半部循環者係30%。

【0194】 在另一實施例中，適應性共振PSK能夠藉由添加額外脈衝至接收器內正或負電流波形來完成。例如，如第六十一圖所示，資料0位元可由多數個調變來代表，其中有兩個脈衝形成每循環兩次的20%工作週期；及1位元係由多數個調變來代表，其中在循環的負半部及正半部期間共有兩個脈衝。

【0195】 如前文所述，適應性電力接收器的適應性共振控制，能夠獨立於該接收器來實行，而無需來自無線電力供應器的輸入。可替換地，適應性電力接收器的適應性共振控制，能夠基於無線電力供應器的輸入來實行，或依照無線電力供應器的指令來實行。

【0196】 又，適應性電力接收器的適應性共振控制，能夠作為無線電力供應系統內電力控制的唯一形式，或全部系統內其他類型電力控制之間的一種電力控制形式。例如在一實施例中，該無線電力供應器輸出固定的電量，及每一個出現的遠方裝置能夠使用適應性共振控制來控制其接收電量的多

寡。在另一實施例中，該無線電力供應器與任一出現的遠方裝置來進行通，及提供相關於如何執行適應性共振控制的指令，給予該遠方裝置。該無線電力供應器可以從該遠方裝置來收集資訊，以便判定針對於每一裝置所設定的適應性共振控制，及依此來指導每一遠方裝置。該指令可以基於感應式電力供應器所供應的總電量、個別遠方裝置的電力需求、或此兩者之組合。在可替換的實施例中，該指令係可基於額外的或不同的因子。

【0197】 在某些實施例中，有數種額外的電力控制類型被包含在無線電力系統內。例如，該無線電力供應系統可以，基於遠方裝置的需求，來改編被發射的電量。這能夠由多種不同方式來完成，例如，調節感應電力供應器的操作頻、調節感應電力供應器的共振頻、調節感應電力供應器的工作週期、或調節感應電力供應器的任何其他設定(係單獨地或組合地進行)。

【0198】 在使用適應性共振控制之下，無線電力傳輸系統允許電力在多數個點上被控制。例如，該系統可利用接收器，只有在接收器對於使用適應性共振控制要負責的場合之下進行控制(除了其他電力控制方式之外、或取而代之，例如共振頻率控制)，確保合適的電力被接收。該系統可額外地利用發射器控制來調節可供接收器使用的電量。這種系統可能或可能不使用通訊來控制電力調節。例如，接收器可以被安置在

無關於所偵測負載來發射能量的發射器之上，其中，該接收器能夠調節適應性共振控制，確保其接收到正確的電量。可替換地，該發射器可以測量被反射回到該發射器上的阻抗，及基於該項反射阻抗來調節發射電量。該系統可以額外地結合全部這些者，以致於每一個裝置正在接收其所想要的電力，無關於被安置在發射器上多個裝置所想要電力的差異。

【0199】 多種不同的整流電器能夠由遠方裝置來使用。例如，該整流電路可為一種全二極體橋式整流器、一半同步整流器(其中MOSFETs用來降低橫跨橋半部的電壓降、或全同步整流器(其中使用四個或更多個MOSFETs)。

【0200】 在某些實施例中，該Q控制電路也能夠作為整流電路來使用。例如，參照第四十四A~D圖，一遠方裝置14實施例係可配置而使用半同步整流。半同步整流能夠使用適應性共振控制開關64a~b(其有時稱為Q控制的FETs)來致能。第四十四A~D圖顯示一次序實施例，其切換如何能夠在一提供適應性共振控制的電力接收控制循環內來工作。這給予該Rx一種能力來具有其本身的電力控制機制。藉由適當地計時，動態電壓範圍、電力範圍及Rx效率都能夠增加。在某些實施例中，該動態範圍能夠藉由在兩個半循環內進行L3/C3切換而增加。

【0201】 如第四十四B及四十四D圖所示，在電流傳導循環期間，藉由將Q控制的FETs 64a~b之一者留置為開啟，包含

有次級線圈62及共振電容63的次級槽路，形成一低電壓降路徑至接地，產生一半同步整流器。

【0202】 Q控制的FETs 64a~b如何能夠被用來進行適應性共振控制及半同步整流的一個例子中，Q控制的FETs 64a~b在電流循環開始時都被開啟，產生一高Q共振器(見第四十四A及C圖)。Q控制的FETs 64 a~b之一者被關閉，允許電流從接地基準、經由被留置為開啟的Q控制的FET、經由次級槽路、及經由整流二極體，流入負載30(見第四十四B及D圖)。這個FET被留置為開啟，一直到電流變成零時為止，然後，其他的Q控制的FET回到開啟。然後，FET變成被留置成開啟的FET，針對於電流波形第二半部殘餘。

【0203】 為了實現本方法，從連接到接地基準之節點來汲取電流的FET，係被留置為開啟的FET，其形成半同步整流器。在所示的實施例中，全二極體橋式網路係加以包含，提供電力至微處理器，用於半同步整流操作。在本實施例中，在發動時，於微處理被開啟前，或者如果該電池係流乾的，則該全橋提供整流。在可替換的實施例中，半橋可以取代所示的全橋。

【0204】 發射器可以使用適應性共振控制，調節被發射到一些耦合至該發射器之裝置的電量。這樣的一個例子係示於第四十五A圖，其中發射器4500，藉由在循環一部份期間進行不同電容CQ切換，可以使用共振器L2/C2的共振頻率位移。藉

由在循環一部份期間進行共振器的共振頻率位移，流經該共振器L2/C2的電流可以降低或增加，此取決於系統的調協。這也可以取決於開關4502是否正常地開啟或關閉。這種共振頻率位移也可以致能電力發射控制，而無需調節其他操作參數，例如，操作頻率。然而應該瞭解的是，在某些實施例中，操作頻率可以被調節，結合共振頻率位移，一同控制電力發射。

【0205】 在一實施例中，CQ的電容值係正常電容C2值的1/5。開關4502在每一切換循環的一部份期間正常地開及關，其中切換的工作週期代表開關開啟時的循環部份。第四十六圖顯示在多種工作週期下，被傳輸到一範例接收器之電力改變。能夠見到的是，添加並接電容CQ，造成所接收電力上升(雖然可替換的實施例可以降低所傳輸的電量)。使用電容性阻抗的優點在於，電力在電容CQ內不會消散。

【0206】 可替換地，發射器可以使用一阻抗，分流該共振電容C2，例如電阻RQ，或藉由非常低的電阻開關來分流，如第四十五B圖所示，其代號為4550。藉由分流該共振電容C2，共振器L2/C2的Q係降低，同時電容C2被分流，降低了被傳輸到接收器的電量。在電阻RQ內，某些電量被消散，但是系統的共振頻率並未改變。

【0207】 在一實施例中，阻抗係100歐姆的電阻RQ，其在每一電力接收循環之一部份期間，被切換而並接至C2，其中

每一循環之開關關閉部份，係適應性共振控制的工作週期。第四十七圖顯示，在多種工作週期期間，被傳輸到範例接收器之電力改變，及電阻器對於共振器內電力之阻尼效應。

【0208】發射器4550也可以使用被連接到共振器L2/C2的整流器，該共振器係已經由一開關(未示)而耦合至軌道。藉由關閉該開關，電力可以經整流器而被分流回到發射器DC供應器，降低共振器的Q。然而，因為能是係被分流而回到發射器的DC供應器，所以該能量可以被捕獲及使用，而不是消散在電阻內。

【0209】發射器4500、4550可以使用這些方法的一者或兩者，以便調節被傳輸到接收器或一組接收器上的電量。又，該發射器也可以變更該操作頻率、軌壓、驅動器工作週期、或驅動器相位之任一者，進而控制所傳輸的電量。

【0210】適應性電場延伸器

【0211】第二十三圖顯示，在使用一或更多適應性共振控制的場延伸器2300之下，該場如何能依照(例如)無線發射器的距離來延伸。每一個適應性共振控制的場延伸器2300，係一無線電力發射器及一無線電力接收器，其藉由從一無線電力發射器繼電電力至另一無線電力接收器，能夠有效地延伸場範圍。被繼電的電量，能夠使用適應性共振控制電路2308、2310來控制，其可包含類比或數位電路，或其組合。例如，電量能夠被限制為臨界值，以便增加EMI/EMC相容性。針對

額外的實際場分布及電力調整解析，可以增添一磁感測器 2302。電壓臨界值可以用來保護電路電壓下游。電流及電壓臨界值，能夠針對外來物體偵測及調整來使用。臨界值能夠加以設定，來確保在每一無線電力傳輸階段，有合適的場暴露。字詞“適應性電力接收器”，可以指稱一適應性電力延伸器。

【0212】 第二十四圖顯示一臨界值基礎的類比控制電路 2310，用於在適應性共振控制場延伸器 2300 內被實施的控制速度增加。在可替換的實施例中，該類比電路控制 2310，可以在一無線電力接收器內實施，其具有一主負載 30，以虛線來表示，及為可選用的。在第二十四圖所示的實施例中，電流感測器 2304、電壓感測器 2306 及磁場感測器 2302，能夠用來驅動 Q 控制 FETs，無需使用控制器 2308。例如，一或更多感測器、連同其他類比電路 2310，能夠被實施，自動地調節 Q 控制 FETs 的工作週期。適應性電力接收器的類比控制，能夠幫助確保局部電壓及場水準係低於預設的限制。例如，藉由以感測器輸出及臨界值水準作為基礎來控制該 Q 控制 FETs，該 Q 控制 FETs 所用之控制訊號的工作週期，可以更加快速地改變（相較於使用控制器數位訊號者）。這樣能夠允許適應性電力接收器來快速地適應該場、電流或電壓的改變，以致於該適應性電力接收器（或適應性電場延伸器）能夠快速地完成調節。例如在一實施例中，該類比電路 2310 可以包含一電流感測器

2310，用於偵測零交越及用於提供輸入至電壓控制的振盪器。在本實施例中，基於來自該電流感測器的輸出、及來自該電壓控制的振盪器之輸出，該Q控制FETs可以在電力接收循環之電流波形的零交越之下被關閉。

【0213】 在一實施例中，該類比控制電路2310可包含一個能夠執行工作週期持定功能的電路，該功能係相關於：在電力傳輸模式之主要時刻不會故意地對輸入訊號作出回應(即，當Rx正在嚐試通訊時，其可造成Rx電壓改變。類比Q控制，藉由調節使通訊訊號強度變低之工作週期，可嚐試來否定這種阻抗改變。)

【0214】 外來物體偵測(FOD)

【0215】 第三十一圖顯示，四線圈解決方案的有效元素分析(FEA)之設定，該解決方案包含在L1上方及接收器L3及L4上方加以遮蔽。在本模擬中，接收器(L3及L4)係在發射器中心上方。第三十二圖顯示，當以系統共振頻來操作時(在本實施例中為121kHz)，該磁通密度的橫斷面視圖。

【0216】 第三十三圖顯示，第二FEA模擬的設定，所示的接收器係離開該發射器之中心來安置。第三十四圖顯示，第二模擬之磁通密度的橫斷面視圖。可以見到的是，磁通密度係追隨該接收器，此起因於L3共振器的高Q。第三十五圖顯示，第二模擬之磁通密度的頂視圖。能夠見到的是，該磁通密度係追隨該接收器。

【0217】 第三十六圖顯示第三模擬的步驟，其中該接收器係離開該發射器的中心，在該接收器之對面上安放有一片金屬。第三十七圖顯示第三模擬的橫斷面視圖，其中本模擬所使用的金屬為鋁。能夠看到的是，金屬物體周圍的磁通密度係低的(相較於接收器周圍者)，這表示，當離開該接收器來安置時，低Q的金屬物體並未接收太多電力。第三十八圖顯示第三模擬的橫斷面視圖，其中所用的金屬係典型等級的鋼。能夠見到的是，金屬物體周圍的磁通密度係高於鋁樣品周圍者，雖然其仍然大大地低於接收器周圍者。第三十九A~C圖顯示第三模擬的磁通密度的頂視圖，其中可以見到該場已被引導離開該外來物體。第三十九B圖係具有鋁外來物體之第三模擬的頂視圖，及第三十九C圖係具有鋼外來物體之第三模擬的頂視圖。

【0218】 第四十圖顯示，當RX被安置於具有固定式2.5W負載之TX中心時，該磁場在全部的TX內分佈，但是磁場的最大值係位在Rx直接下方。RX有多麼良好地耦合至該系統的決定，係由該場有多麼地集中於RX下方來決定。耦合較佳，則RX下方的磁通較多。

【0219】 第四十一圖顯示，當RX被安放在具有固定式2.5W負載之TX的第一象限時，該磁場在全部的TX內分佈，但是，最高的場強度係在TX直接下方。相較於第三十九A~C圖，我們能夠見到，大多數的場強度係隨著RX位置來移動，及場

強度係隨著RX耦合良好情況來增加。

【0220】 第四十二圖顯示，當寄生金屬被引導至第三象限時，場如何不從第四十圖來進行改變。RX具有一固定式2.5W負載，而且正在拉扯該磁場朝向其自身，而在寄生屬上並未加熱或引入渦流。

【0221】 第四十三圖顯示第四模擬的頂視圖，其中兩個接收器(分別具有L3/L4組合)，都被安置在發射器上。

【0222】 適應性電力接收器的一些優點係如下述：

- 以單一或雙重線圈接收器來適應多種耦合配置的能力；
- 以控制的場臨界值來使用固定式延伸器及適應性共振的能力；
- 對於鬆散或緊密耦合的系統，進行適應性共振控制；
- 針對一裝置的特性來使用啟動電力曲線；
- 針對縮小的大容量電容及漣波，增加或最大化該循環對循環的共振控制；
- 致能適應性共振控制的方法及控制次序；
- 在適應性共振系統內的多重裝置控制；
- 一個系統解決了在某範圍內的全部接收器；
- 降低了對於透過DC對DC轉換器之輔助調節的需求；
- 藉由調節多種每循環次數，來降低漣波；
- 藉由在多種循環下的適應性共振，降低了對於時鐘計時的需求；及

- 藉由確保 Q 不會太高來增加穩定性。

【0223】 方向性字詞，例如”垂直”、”水平”、”頂”、”底”、”上”、”下”、”內”、”向內”、”外”、”向外”，基於所示實施例的定位，係用來協助本發明描述。使用方向字詞，不應該解釋來限制本發明於任何具體定位。

【0224】 上述係本發明目前實施例之描述。許多變動及改變係能夠被完成而不離開本發明精神及較寬大範圍，其係被界定如後附申請專利範圍，而依照包含均等論之專利法原理來加以解釋。本揭示內容係基於說明目的而提供，不應被解釋成為全部本發明實施例之排他性描述，或限制申請專利範圍於以這些實施例相關來說明或描述之具體元件。例如(及未限制)，任何所述發明之個體元件係可由提供實質相似功能或提供足夠操作之可替換元件來取代。這包含(例如)目前已知之可替換元件、例如一般精於本項技藝人士已熟知者，及可能在未來加以開發之可替換元件，例如，一般於本項技藝人士在研發時，識別出的可替換者。進一步地，所揭示的實施例包含多數個特徵及/或元件，它們可能個別地或互助合作來提供優點加成。除在申請專利範圍內另有陳述之範圍以外，本發明並未限制只包含這些全部特徵、或提供全部所述優點之實施例。請求權利之元件的任何單數的參考符號，例如，使用冠詞”一”(a, an)或”該”(the, said)，並不解釋為限制該元件為單數。

【符號說明】

【0225】

10	wireless power supply system	無線電力供應系統
12	wireless power supply	無線電力供應器
14	remote device	遠方裝置
20	adaptive power receiver	適應性電力接收器
22	rectification circuitry	整流電路
24	communication circuitry	通訊電路
26	supplemental receiver	補充接收器
28	controller	控制器
30	principle load	主負載
32	voltage sensor	電壓感測器
34	current sensor	電流感測器
42	transmitter	發射器
42	resonant capacitor	共振電容
44	primary	初級線圈
46	resonant circuit	共振電路
47	resonator coil	共振器線圈
48	resonator capacitor	共振器電容
52	mains input	主電源輸入
53	power supply	電力供應器

54	driver	驅動器
55	control system	控制系統
56	transmitter	發射器
57	sensor	感測器
62	secondary	次級線圈
63	resonant capacitor	共振電容
64a~b	switch	開關
65a~b	switch	開關
66a~b	communication load	通訊負載
67	supplemental secondary	補充次級線圈
68	supplemental resonant capacitor	補充共振電容
72	regulator	調節器
72	DC to DC converter	DC對DC轉換器
122	rectification circuitry	整流電路
124	communication circuitry	通訊電路
232	sensor	感測器
274	comparator	比較器
900	adaptive resonance control algorithm	適應性共振控制演算法
902	step	步驟
904	step	步驟
906	step	步驟

908	step	步驟
910	step	步驟
912	step	步驟
914	step	步驟
916	step	步驟
918	step	步驟
920	step	步驟
922	step	步驟
924	step	步驟
926	step	步驟
928	step	步驟
930	step	步驟
932	step	步驟
934	step	步驟
2300	field extender	場延伸器
2302	magnetic sensor	磁感測器
2304	current sensor	電流感測器
2306	voltage sensor	電壓感測器
2308	adaptive resonance control circuitry	適應性共振控制電路
2310	adaptive resonance control circuitry	適應性共振控制電路
2310	analog control circuit	類比控制電路

4500	transmitter	發射器
4502	switch	開關
4550	transmitter	發射器
6200	switch	開關

申請專利範圍

1. 一種用於自一無線電力供應器接收無線電力的遠方裝置，該遠方裝置包括：

一透過電感耦合能夠自該無線電力供應器接收電力的適應性電力接收器，該適應性電力接收器可組態為一第一模式及可組態為一第二模式；

一用於接收產生於該適應性電力接收器中的電力的負載，其中在該第一模式中，該適應性電力接收器係能夠儲存自該無線電力供應器接收的能量，其中在該第二模式中，該適應性電力接收器釋出被儲存的能量到該負載中；以及

一可操作地耦合至該適應性電力接收器的控制器，該控制器能夠藉由將該適應性電力接收器選擇性地組態於該第一模式與該第二模式之間而控制自該無線電力供應器接收的電力。

2. 如申請專利範圍第1項所述的遠方裝置，其中該第一模式係一高Q模式及該第二模式係一低Q模式。

3. 如申請專利範圍第2項所述的遠方裝置，其中為了維持該適應性電力接收器的有效Q在一臨界值以上或以下，該控制器控制該適應性電力接收器處於該高Q模式的期間，藉此改良該無線電力供應器與該遠方裝置之間的電力傳輸的效率。

4. 如申請專利範圍第1項所述的遠方裝置，其中該適應性電力接收器包括適應性控制電路，該適應性控制電路能夠二

者：整流接收的電力和切換該適應性電力接收器於該第一模式與該第二模式之間。

5. 如申請專利範圍第4項所述的遠方裝置，其中該適應性控制電路係可組態成接收電力的半同步整流。

6. 如申請專利範圍第4項所述的遠方裝置，其中該適應性電力接收器包括一次級槽路，且其中該適應性控制電路包括至少兩個能夠選擇性地耦合該次級槽路至一共同參考的開關；

其中啟動該至少兩個開關的第一開關和第二開關透過該第一開關及第二開關二者選擇性地耦合該次級槽路至該共同參考，藉此將該適應性電力接收器組態於該第一模式中作為高Q共振器；以及

其中啟動該第一開關和讓該第二開關處於停用致能接收電力的半同步整流及組態該適應性電力接收器於該第二模式作為低Q共振器。

7. 如申請專利範圍第4項所述的遠方裝置，其中該適應性電力接收器係每（per）電力波長組態從該第一模式至該第二模式兩次。

8. 如申請專利範圍第4項所述的遠方裝置，其中該控制器藉由控制每個波長的該第一模式對第二模式的一工作週期而控制由該適應性電力接收器接收的電力，其中增加該工作週期增加一持續時間且其中減少該工作週期減少該持續時間，在該持續時間期間該適應性電力接收器係於每個波長的該第一

模式中。

9. 如申請專利範圍第8項所述的遠方裝置，其中該工作週期係經控制而將提供到該負載的電力的漣波減小且將一緩衝被提供到該負載的電力的大容量電容減小。

10. 如申請專利範圍第1項所述的遠方裝置，其中該第一模式係共振及該第二模式係高度共振。

11. 如申請專利範圍第1項所述的遠方裝置，其中自該無線電力供應器接收的電力具有一電力波長，及其中該控制器每（per）電力波長選擇性地組態該適應性電力接收器從該第一模式至該第二模式至少一次。

12. 如申請專利範圍第1項所述的遠方裝置，進一步包括一補充接收器，其能夠透過電感耦合而接收來自該無線電力供應器的電力，其中在該第一模式中，該適應性電力接收器從該無線電力供應器提供電力至該補充接收器，及不直接供電至該負載，及其中在該第二模式中，該適應性電力接收器直接提供電力至該負載。

13. 如申請專利範圍第1項所述的遠方裝置，其中該適應性電力接收器在該第一模式中相較於該第二模式具有經減少的等效串聯電阻。

14. 如申請專利範圍第1項所述的遠方裝置，其中該控制器響應判定接收的電力係低於臨界值而控制該適應性電力接收器增加接收的電量。

15. 如申請專利範圍第1項所述的遠方裝置，其中：

在初始化時，該控制器判定該適應性接收器是否緊密地耦合至該無線電力供應器或寬鬆地耦合至該無線電力供應器；

基於判定該適應性電力接收器係經寬鬆地耦合，該控制器係開始選擇性地切換該適應性電力接收器於該第一與該第二模式之間；以及

基於判定該適應性電力接收器係經緊密地耦合，該控制器保持該適應性電力接收器於該第二模式中。

16. 如申請專利範圍第15項所述的遠方裝置，其中該適應性電力接收器，在無線電力供應器與該遠方裝置之間距離較大時變成寬鬆地耦合，以及該適應性電力接收器在無線電力供應器與該遠方裝置之間較為密切近接時變成緊密地耦合。

17. 如申請專利範圍第1項所述的遠方裝置，其中該適應性電力接收器包括一能夠與該無線電力供應器感應地耦合的單一電感器。

18. 一種在遠方裝置中用於控制自一無線電力供應器接收的電力的方法，該方法包含：

經由與該無線電力供應器的感應耦合在一適應性電力接收器中接收電力；

選擇性地將該適應性電力接收器組態於一第一模式中，在該第一模式中該適應性電力接收器係能夠儲存自該無線電

力供應器接收的能量；以及

選擇性將該適應性電力接收器組態於一第二模式中，在該第二模式中該適應性電力接收器釋出儲存的能量至一負載。

19. 如申請專利範圍第18項的方法，其中該第一模式係一高Q模式和該第二模式係一低Q模式。

20. 如申請專利範圍第18項的方法，其進一步包含在一工作週期進行該第一模式與該第二模式之間的循環以控制由該適應性電力接收器接收的電力量。

21. 如申請專利範圍第20項的方法，其中自該無線電力供應器接收的電力具有一電力波長，且其中該循環每（per）電力波長發生至少一次。

22. 如申請專利範圍第21項的方法，其進一步包含每電力波長進行從該第一模式到該第二模式之間的循環兩次。

23. 如申請專利範圍第20項的方法，進一步包含為了增加該適應性電力接收器的有效Q而增加該循環的工作週期。

24. 如申請專利範圍第20項的方法，其進一步包含為了降低該適應性電力接收器的有效Q而降低該循環的工作週期。

25. 一種用於發射無線電力至一遠方裝置的無線電力發射器，該無線電力發射器包含：

一能夠發射無線電力至該遠方裝置的適應性電力發射器，該適應性電力發射器可組態為一第一模式及可組態為一

第二模式；

其中在該第一模式中，該適應性電力發射器具有一第一共振頻率，其中在該第二模式中，該適應性電力發射器具有一不同的第二共振頻率；以及

一可操作地耦合至該適應性電力接收器的控制器，該控制器能夠藉由選擇性地將該適應性電力發射器組態於該第一模式與該第二模式之間而控制由該無線電力供應器發射的電力。

26. 如申請專利範圍第25項的無線電力發射器，其中該適應性電力發射器包括一阻抗元件及一開關，其中在該第一模式中該開關係關閉的且該阻抗元件係電性連接到該適應性電力發射器，其中在該第二模式中該開關係打開的且該阻抗元件係與該適應性電力發射器解除電性連接。

27. 如申請專利範圍第26項的無線電力發射器，其中該控制器能夠藉由每（per）發射的電力波長選擇性地將該適應性電力發射器組態從該第一模式到該第二模式至少一次而藉由選擇性地將該適應性電力發射器組態於該第一模式與該第二模式之間而控制發射到該遠方裝置的電力。

28. 如申請專利範圍第26項的無線電力發射器，其中該控制器能夠藉由每（per）發射的電力波長選擇性地將該適應性電力發射器組態從該第一模式到該第二模式至少兩次而藉由選擇性地將該適應性電力發射器組態於該第一模式與該第二模

式之間而控制發射到該遠方裝置的電力。

29. 如申請專利範圍第26項的無線電力發射器，其中該控制器藉由改變該適應性電力發射器在第一模式中關於該適應性電力發射器在第二模式中的期間的期間而改變共振頻率。

30. 一種用於發射無線電力至一遠方裝置的無線電力發射器，該無線電力發射器包含：

一能夠發射無線電力至該遠方裝置的適應性電力發射器，該適應性電力發射器可經組態為一第一模式及可經組態為一第二模式；

其中在該第一模式中，該適應性電力發射器具有一較低的Q因數，其中在該第二模式中，該適應性電力發射器具有一較高的Q因數；以及

一可操作地耦合至該適應性電力接收器的控制器，該控制器能夠藉由選擇性地將該適應性電力發射器組態於該第一模式與該第二模式之間而控制由該無線電力供應器發射的電力。

31. 如申請專利範圍第30項的無線電力發射器，其中該適應性電力發射器包括一電阻和一開關，其中在該第一模式中該開關係關閉的且該電阻係電性連接到該適應性電力發射器，其中在該第二模式中該開關係打開的且該電阻係與該適應性電力發射器解除電性連接。

32. 如申請專利範圍第30項的無線電力發射器，其中該控制

器能夠藉由每（per）發射的電力波長選擇性地將該適應性電力發射器組態從該第一模式到該第二模式至少一次而藉由選擇性地將該適應性電力發射器組態於該第一模式與該第二模式之間而控制發射到該遠方裝置的電力。

33. 如申請專利範圍第30項的無線電力發射器，其中該控制器能夠藉由每（per）發射的電力波長選擇性地將該適應性電力發射器組態從該第一模式到該第二模式至少兩次而藉由選擇性地將該適應性電力發射器組態於該第一模式與該第二模式之間而控制發射到該遠方裝置的電力。

34. 如申請專利範圍第30項的無線電力發射器，其中該控制器藉由改變該適應性電力發射器在第一模式中關於該適應性電力發射器在第二模式中的期間的期間而改變共振頻率。