



(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 I473417 B

(45)公告日：中華民國 104 (2015) 年 02 月 11 日

(21)申請案號：101113436

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 04 月 16 日

(51)Int. Cl. : H02P9/10 (2006.01)

H03H7/40 (2006.01)

(30)優先權：2011/04/18 美國

61/476,633

2011/08/20 美國

13/214,165

(71)申請人：先驅能源工業公司(美國) ADVANCED ENERGY INDUSTRIES, INC. (US)  
美國(72)發明人：穆勒 麥可 MUELLER, MICHAEL (US)；維司特拉 麥可 連恩 WESTRA,  
MICHAEL LYNN (US)；理察森 傑諾米 RICHARDSON, JEREMY (US)；封 札  
爾 吉狄翁 VAN ZYL, GIDEON (ZA)

(74)代理人：林景郁

(56)參考文獻：

TW 200709534A

TW 200912328A

US 7570028B2

US 2009/0278598A1

US 2010/0168932A1

審查人員：林迺信

申請專利範圍項數：25 項 圖式數：22 共 64 頁

(54)名稱

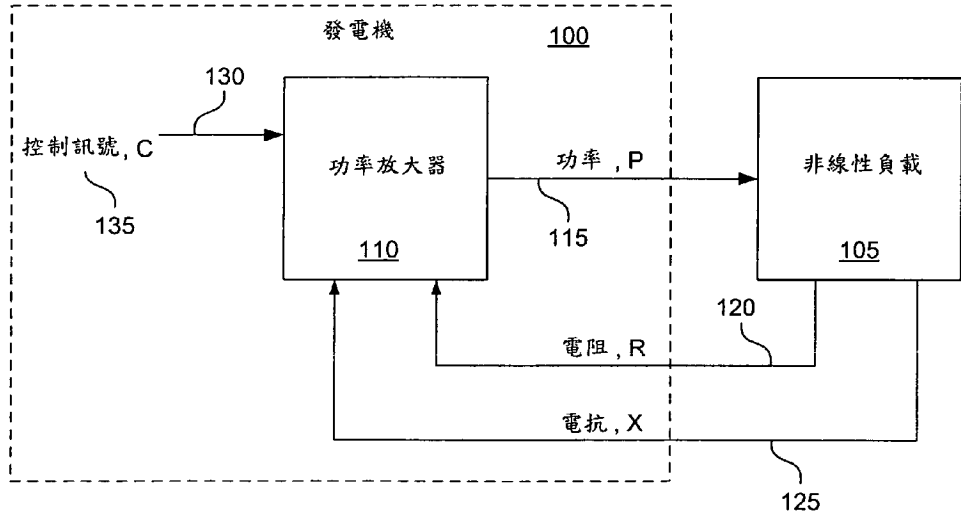
用於修改發電機對非線性負載的敏感度之方法及設備

METHOD AND APPARATUS FOR MODIFYING THE SENSITIVITY OF AN ELECTRICAL  
GENERATOR TO A NONLINEAR LOAD

(57)摘要

一種用於修改負載及發電機間之互動之方法及發電機被說明。該方法包含使用一功率放大器來施加一輸出功率至該負載、控制該輸出功率位準以回應一功率控制設定並調整該功率放大器之傳導角以降低該功率放大器對該負載之阻抗變化之敏感度位準。該發電機包含一補償子系統，耦接至該功率放大器以控制該功率放大器之傳導角以致能該功率放大器之敏感度被調整。

A method and generator for modifying interaction between a load and the generator are described. The method includes applying output power to the load using a power amplifier, controlling a level of the output power responsive to a power control setting, and adjusting a conduction angle of the power amplifier to reduce a level of sensitivity of the power amplifier to variations of an impedance of the load. The generator includes a compensation subsystem coupled to the power amplifier that controls a conduction angle of the power amplifier to enable a sensitivity of the power amplifier to be adjusted.



- 100 . . . 發電機
- 105 . . . 非線性負載
- 110 . . . 功率放大器
- 115、P . . . 輸出功率
- 120、R . . . 電阻
- 125、X . . . 電抗
- 130 . . . 控制輸入端
- 135、C . . . 控制訊號

圖1A

## 六、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明大體上關於發電機。特別地，但並非有所限定，本發明關於用於修改一發電機及一非線性負載間之互動之方法及設備。

### 【先前技術】

在一些應用中，它係有利於使用具有一來源阻抗之發電機，其係非常不同於會導致最大功率傳送至該負載之來源阻抗。例如，在射頻(RF)產生器範圍內，該來源阻抗常常是不同於該負載阻抗之共軛複數。就史密斯圖(Philip H. Smith 於 1939 年所建立之反射係數圖)而言，這類產生器的來源阻抗係朝向正交於該負載阻抗(例如，對於標準射頻應用而言為 50 歐姆)之圖形邊緣。所設計的一些射頻(RF)產生器具有這類來源阻抗以提供較具有一電阻式來源阻抗(例如，50 歐姆)者不貴且不笨重之產生器。

然而，當該負載阻抗係接近該產生器所設計操作之名目負載阻抗(例如，50 歐姆)時，這類設計的一優勢係為該產生器對負載阻抗變化遠較具有匹配至該負載阻抗之電阻式來源阻抗的產生器更敏感。當操作於例如一電漿之非線性負載中時，這類系統之特別困難處係為產生器輸出功率變化會導致負載阻抗變化，且負載阻抗變化會導致產生器輸出功率變化。在一些情況中，該產生器及該非線性負載可在該輸出功率不穩定的結果方式下進行互動。

因此，顯然的在習知技術中具有對一種用於修改一發電機及一非線性負載間之互動之改進方法及設備的需求。

### 【發明內容】

顯示於該些圖式中之本發明所示實施例被總結於下。這些及其它實施例係更完整地說明於該實施方式段落中。然而，要了解到沒有意圖將本發明限制於本發明內容或該實施方式所述形式中。一熟知此項技術之人士可理解到具有許多落在申請專利範圍所示之本發明精神及範圍內之修改例、等效例及替代性構造。

在一些實施例中，本發明特徵可為一發電機，其包含架構來施加輸出功率至一負載以回應一功率控制訊號及一參考訊號之功率放大器、在本實施例中耦接至該功率放大器以依據一功率設定點及該輸出功率來調整功率控制訊號之功率控制系統、以及耦接至該功率放大器以控制該功率放大器之傳導角來致能該功率放大器之敏感度進行調整之補償子系統。

根據本發明一些觀點，本發明特徵可為一種用於降低發電機對一負載之阻抗變化的敏感度之方法。該方法包含使用一功率放大器來施加一輸出功率至該負載、控制該輸出功率位準以回應一功率控制設定並調整該功率放大器傳導角以降低該功率放大器對該負載之阻抗變化之敏感度位準。

在此將這些及其它實施例更詳加說明於下。

**【實施方式】**

本發明各種實施例之了解係經由分析由於發電機及與其連接之非線負載阻抗間之互動所致之發電機輸出功率穩定度能有多少來協助之。圖 1A 係連接著用以協助這類分析之非線性負載 105 之發電機 100 之方塊圖。發電機 100 包含一功率放大器 110，其傳送輸出功率 P 115 至該非線性負載 105。接著，非線性負載 105 對功率放大器 110 呈現出一阻抗 Z，其實數及虛數成分分別為電阻 R 120 及電抗 X 125。也就是， $Z=R+jX$ 。

功率放大器 110 包含接收一控制訊號 C 135 之控制輸入端 130。控制訊號 135 被使用於控制功率放大器 110 所產生之輸出功率 115。控制訊號 135 係由一主功率控制迴路(未示於圖 1A 中)所產生。

假設回應至該非線性負載 105 之阻抗變化之發電機輸出功率 115 之變化瞬間發生，且類似地，在進入非線性負載 105 之輸出功率 115 變化之瞬間發生非線性負載 105 之阻抗變化，則圖 1A 所示系統可由下列三個公式所模型化：

$$P = f(C, R, X)$$

$$R = g(P)$$

$$X = h(P)。$$

假設這些函數係可微分並使用只具有第一導數的泰勒展開式，它們在該操作點附近可被線性化而得到：

$$\frac{dP}{dC} = \frac{1}{1 - \frac{\partial f}{\partial R} \frac{dg}{dP} - \frac{\partial f}{\partial X} \frac{dh}{dP}} \frac{\partial f}{\partial C} = \frac{1}{1 - \left\langle \frac{dP}{dZ}, \frac{dZ}{dP} \right\rangle} \frac{\partial f}{\partial C}, \quad (\text{公式 1})$$

其中， $\left\langle \frac{dP}{dZ}, \frac{dZ}{dP} \right\rangle$  係該些向量  $\frac{dP}{dZ} = \left( \frac{\partial f}{\partial R}, \frac{\partial f}{\partial X} \right)$  及  $\frac{dZ}{dP} = \left( \frac{dg}{dP}, \frac{dh}{dP} \right)$  之內積。

這些向量中之第一者將該發電機 100 之敏感度模型化為非線性負載 105 之阻抗變化，且該第二向量將非線性負載 105 之阻抗敏感度模型化為發電機功率 115 之變化。

只要上述內積係小於 1，發電機 100 之主功率控制迴路增益之下降可補償與該控制訊號 135 相對應之輸出功率增益之增加。然而，當上述內積係大於 1 時，自該控制訊號 135 至該輸出功率 115 之轉移函數之符號逆轉，且該發電機之主功率控制迴路之增益未修改可恢復穩定度。在一不穩定條件下，發電機 100 不會依要求而產生一固定輸出功率 115。

因發電機 100 及非線性負載 105 間之互動所致之不穩定度係示於圖 1B。圖 1B 係在 P 不穩定情況中，發電機 100 之輸出功率 P 115 為控制訊號 C 135 之函數的圖形。注意，圖形 140 並不是一對一（也就是，它係一關係式而非一函數）。也就是，C 的一些值具有多個值。在  $C_1(145)$  之控制訊號 135，P 係始於點 150，但是接著 P 下降至點 155。藉由將控制訊號 135 改變至  $C_2(160)$  以補償輸出功率 115 之下降在點 165 最先產生 P，但是接著 P 向上跳至點 170。在一些應用中，自點 150 至點 155 或自點 165 至點 170 之轉移可發生於短至 2-3 微秒內。

所產生成為時間函數之發電機 100 之輸出功率 115 係

描述於圖 1C 之圖形 175。

現在參考至圖 2A，它係根據本發明所示實施例之連接著一非線性負載 205 之發電機 200 之方塊圖。發電機 200 包含某類型“引擎”。“引擎”範例包含一功率放大器及一轉換器，但不限於此。在圖 2A 所示特定實施例中，發電機 200 包含一功率放大器 210，其傳送輸出功率 P 215 至非線性負載 205。在一實施例中，發電機 200 係具有高度反應來源阻抗之射頻(RF)產生器，且非線性負載 205 除了例如匹配網路及纜線外還包含一電漿。這類系統可被使用於例如氣相沉積及蝕刻應用中。非線性負載 205 呈現給功率放大器 210 具有分別為電阻 R 220 和電抗 X 225 之實數及虛數成分的複數阻抗  $Z(Z=R+jX)$ 。

功率放大器 210 包含控制輸入端 230，其中，主控制訊號 C 235 被饋入。例如，在一實施例中，主控制訊號 235 係一電壓。大體上，主控制訊號 235 被使用於控制由發電機 200 所傳送至非線性負載 205 之輸出功率、輸出電壓、輸出電流或其組合。主控制訊號 235 係由一主功率控制迴路(未示於圖 2A 中)所產生。例如，在一典型主功率控制迴路配置中，在該負載及一功率設定點(所要求輸出功率 215)所測量之回饋功率被饋入至一差動放大器之輸入端，其(該誤差訊號)輸出係主控制訊號 235。

補償子系統 240 測量非線性負載 205 之阻抗並產生對應至(相依於)該測量負載阻抗之補償訊號 K 245。饋入至功率放大器 210 之補償訊號 245 會讓與主控制訊號 235 有關

之發電機 200 之輸出功率 215 之轉移函數實際上對非線性負載 205 之阻抗變化不敏感。該結果係藉由線性化該輸出功率為該主控制訊號 235 之函數來穩定該系統。一給定測量負載阻抗之補償訊號 245 視該特定實施例而變。

圖 2B 係根據本發明所示實施例之補償子系統 240 之方塊圖。補償子系統 240 包含輸出測量負載阻抗 255 之阻抗測量電路 250 及產生補償訊號 245 之補償訊號產生電路 260。

補償訊號 245 可透過例如下列之適當校準來預先決定。第一，發電機 200 係連接著具有一可調整阻抗(例如，一調整電路)之測試負載。該負載起初被設定為配合所設計之發電機 200 來操作(例如，50 歐姆)之名目參考阻抗。第二，輸入一要求功率設定點  $P_0$  至發電機 200，並可讓發電機 200 在輸出功率  $P_0$  穩定下來。第三，該主控制訊號 235 係凍結(固定)於產生輸出功率  $P_0$  除該參考阻抗之電流值處。第四，改變該負載阻抗，且記錄用以維持具有那個負載阻抗之  $P_0$  輸出功率 215 所需之補償訊號 245。接著，該四個步驟係依所要求之許多負載阻抗值來重複之。上面整個校準程序係依所要求之許多不同輸出功率設定點來重複之。

在所示實施例中，補償子系統 240 係使用熟知此項技術之人士稱之為“反射係數領域”之高速數位演算法來配置之。在一實施例中，例如，補償子系統 240 係連同發電機 200 之其它功能一起配置於一現場可程式閘陣列(FPGA)

中。在其它實施例中，補償子系統 240 係使用執行韌體或軟體之處理器來配置之。大體上，該補償子系統 240 之功能可以硬體、韌體、軟體或其組合方式來配置之。

在本所示實施例中，假如與不穩定有關之頻率消除約低於 500 千赫，則阻抗測量電路 250 係能夠以大約每微秒一次方式來測量非線性 205 之阻抗。在其它實施例中，本取樣率係較低或較高。

在一實施例中，補償訊號產生電路 260 包含用於複數個輸出功率位準 215 中之每一個之查找表。對於一給定輸出功率 215 而言，每一個查找表將該測量負載阻抗 255 之一組離散值中之每一個映射至一相對應補償訊號 245 離散值。在這類實施例中，補償訊號產生電路 260 包含一數位至類比至數位(D/A)轉換器(未示於圖 2B 中)以產生一類比補償訊號 245。

在一些實施例中，對於一給定輸出功率而言，該校準程序只針對少數點(例如，不同於在一史密斯圖上納入該參考阻抗之參考阻抗之四負載阻抗值)來執行之。對於該測量負載阻抗 255 之其它值而言，該補償訊號 K 可例如經由內插法自那些少數儲存值中得之。在一些實施例中，成為該測量負載阻抗 255 之函數之補償訊號 245 的斜率(梯度)係儲存於該些查找表，且一特定測量負載阻抗 255 之補償訊號 245 係藉由該適當斜率乘以該測量負載阻抗 255 及該參考阻抗間之差值來進行內插。同時，在一些實施例中，例如連續近似法之快速數值演算法被使用以執行例如除法之數學

運算，以改進補償子系統 240 之速度。

圖 3 係根據本發明所示實施例之用於修改一發電機及一非線性負載間互動之方法流程圖。在步驟 305，功率放大器 210 於控制輸入端 230 接收一主控制訊號 235。在步驟 310，阻抗測量電路 250 測量非線性負載 205 之阻抗 255。在步驟 315，補償訊號產生電路 260 產生饋入至功率放大器 210 之補償訊號 245。補償訊號 245 會讓與主控制訊號 235 有關之發電機 200 之輸出功率 215 之轉移函數實際上對非線性負載 205 之阻抗變化不敏感。因此，補償訊號 245 結合主控制訊號 235 使發電機 200 維持一穩定(實際上定值)輸出功率 215 於一要求位準  $P_0$ ，儘管非線性負載 205 之阻抗變化亦然。在步驟 320，該程序終止。

圖 4 係根據本發明另一所示實施例之連接著一非線性負載 205 之發電機 400 方塊圖。發電機 400 包含具有控制輸入端 410 之功率放大器 405。補償子系統 415 產生連同主控制訊號 425 一起饋入至加總電路 430 之補償訊號 K 420。加總電路 430 之輸出被饋入至控制輸入端 410。如同結合圖 2A 至圖 3 之上述實施例般地，補償訊號 420 所具有的效應會讓與主控制訊號 425 有關的發電機 400 之輸出功率 215 之轉移函數實際上對於非線性負載 205 之阻抗變化不敏感，以阻止在其它方面由於發電機 400 及非線性負載 205 之阻抗間互動所致之輸出功率 215 不穩定。

圖 5A 係根據本發明所示實施例顯示對於一特定輸出功率  $P_0(215)$  而言，一組負載阻抗中之每一個於控制輸入端 410

所需之功率放大器控制訊號之簡化版史密斯圖。在圖 5A 的假設範例中，用以產生 100 瓦 ( $P_0$ ) 要求輸出位準除 50 歐姆 (該參考阻抗) 所需之主控制訊號 425 係 20 伏特。該參考阻抗對應至史密斯圖 500 之中心點 505。點 510、520 及 525 對應至不同於參考阻抗 505 之測量負載阻抗 255。在控制輸入端 410 用以產生這些阻抗中之每一個之要求輸出功率所需之控制訊號係示於簡化版史密斯圖 500 上。在控制輸入端 410 成為負載阻抗函數所需控制訊號之這些不同值可透過例如上述那個之校準程序來決定並儲存於補償訊號產生電路 260 進行存取之查找表。

圖 5B 係根據本發明所示實施例顯示對於該相同要求輸出功率  $P_0$  而言，對應至圖 5A 中所繪之該組負載阻抗 (505、510、515、520 及 525) 中之每一個之補償訊號 K 420 之簡化版史密斯圖 530 之圖例。在本特定實施例中，補償訊號 420 係在非線性負載 205 之阻抗係該測量阻抗時會使發電機 400 產生一  $P_0$  特定輸出功率 215 之控制訊號及會使發電機 400 產生那個相同輸出功率  $P_0$  除該參考阻抗之控制訊號間的差值。針對該些點 505、510、515、520 及 525 中之每一個而言，本差值係繪製於簡化版史密斯圖 530 上

因此，加總電路 430 所產生之總和-主控制訊號 425 及補償訊號 420 之總和-係控制輸入端 410 之控制訊號，其使功率放大器 405 產生該要求輸出功率  $P_0$  除該測量負載阻抗 255 以主要提供無關於負載阻抗之相同主控制訊號值 425，因而使得主控制訊號 425 對非線性負載 205 之阻抗變化不

敏感。當然，當該測量負載阻抗 255 係該參考阻抗(圖 5B 中之點 505)時，該補償訊號 420 為零。

圖 6 係根據本發明另一所示實施例之用於修改一發電機及一非線性負載間之互動之方法流程圖。在步驟 310，阻抗測量電路 250 測量非線性負載 205 之阻抗 255。在步驟 605，主控制訊號 425 及補償訊號 420 之總和被饋入至功率放大器 405 之控制輸入端 415，該補償訊號 420 係在非線性負載 205 之阻抗係該測量阻抗時會使發電機 400 產生一  $P_0$  特定輸出功率 215 之控制訊號及會使發電機 400 產生那個相同輸出功率  $P_0$  除該參考阻抗之控制訊號間的差值。該結果為由於該發電機及該非線性負載 205 之阻抗間之互動而會在其它方面發生之輸出功率 215 不穩定被阻止。該程序終止於步驟 610。

圖 7 係根據本發明再一所示實施例之連接著一非線性負載 205 之發電機 700 之方塊圖。在本實施例中，功率放大器 705 包含主控制輸入端 710 及副控制輸入端 715 兩者。主控制輸入端 710 接收一主控制訊號 C 730。

補償子系統 720 會產生補償訊號 725，其係特別為了連接副控制輸入端 715。注意，做為負載阻抗函數之特定補償訊號 725 取決於功率放大器 705。然而不管功率放大器 705 之設計為何，如上述校準程序可被執行以決定針對一給定要求輸出功率  $P_0$ ，用於該測量負載阻抗 255 的一組值中之每一個的補償訊號 725。

儘管非線性負載 205 之阻抗變化，主控制訊號 730 及

補償訊號 725 的組合仍使功率放大器 705 產生該要求輸出功率  $P_0$ 。換言之，補償訊號 725 使得與主控制訊號 730 有關之發電機 700 的輸出功率 215 的轉移函數實際上對非線性負載 205 之阻抗變化不敏感，藉此穩定做為該主控制訊號 730 之函數的發電機 700 的輸出功率 215。

圖 8 係根據本發明所示實施例分別包含主控制輸入端 710 和副控制輸入端 715 兩者之功率放大器 705 之電路圖。在圖 8 中，主控制輸入端 710(本範例中之電壓)係連接著阻隔元件 805。包含電感器 810 及電容器 815 之共振電路係連接於阻隔元件 805 相對節點及非線性負載 205 之間。振盪器 820 係連接著電容器 825，其相對節點係連接著金屬氧化物半導體場效電晶體(MOSFET)830 之閘極。在本特定實施例中，副控制輸入端 715 係串接著阻隔元件 835 之偏壓，其相對節點係連接於電容器 825 之節點及金屬氧化物半導體場效電晶體 830 之閘極之間。圖 8 只是副控制輸入端 715 之範例。在其它實施例中，副控制輸入端 715 不同於圖 8 所示之偏壓範例。

圖 9 係根據本發明再一所示實施例之用於修改一發電機及一非線性負載間之互動方法之流程圖。在步驟 905，功率放大器 705 在它的主控制輸入端 710 處接收一主控制訊號 730。在步驟 310，阻抗測量電路 250 測量非線性負載 205 之阻抗 255。在步驟 910，補償子系統 720 將一補償訊號 725 饋入至功率放大器 705 之副輸入端 715，該補償訊號 725 會使得與主控制訊號 730 有關之發電機 700 的輸出功率 215

的轉移函數實際上對非線性負載 205 之阻抗變化不敏感，藉此阻止因為在其它方面於該發電機 700 及該非線性負載 205 之阻抗之間互動所導致的輸出功率 215 不穩定結果。該方法終止於步驟 915。

在一些實施例中，該補償訊號有效地使上面公式 1 中的內積變成零。也就是，該補償訊號抵消該功率放大器對該非線性負載阻抗變化的敏感度。在其它實施例中，額外補償可透過該補償訊號來施加至該功率放大器以使公式 1 中之內積不為零，引起該功率放大器及該非線性負載阻抗以一特別可期待方式進行互動。在一些實施例中，用以得到該發電機及該非線性負載之間所要求互動之本額外補償可由該發電機的一使用者來標示之。本額外補償可提供例如超過由簡單地抵消該功率放大器對該負載阻抗變化的敏感度所提供之額外穩定度。

參考至圖 10，它係根據本發明另一實施例所述之包含連接著一非線性負載 1005 之發電機 1000 的電漿處理系統方塊圖。如所示，該發電機 1000 包含一功率放大器 1010，其傳送輸出功率  $P_{1015}$  至該非線性負載 1005，且該發電機 1000 包含耦接至該功率放大器 1010 之補償子系統 1040 及功率控制系統 1020。

大體上，操作本實施例中之發電機 1000 以一或更多要求頻率及一或更多要求功率位準(例如，用以激發並維持一電漿)來施加功率至該非線性負載 1005。例如，該發電機 1000 可施加幾瓦至幾千瓦之功率，且該施加功率的頻率可

自幾赫茲變化至幾百萬赫茲。進一步舉例來說，該發電機 100 大體上施加 13.56 百萬赫茲功率，但這個不是必然的，也考慮到該發電機 100 可施加超過 60 百萬赫茲頻率的功率。甚至，如在此進一步所述地，考慮到可基於效率及/或穩定目的來調整該施加功率的頻率。

該功率放大器 1010 可由包含單端、雙端及推挽拓樸之各種拓樸來實現，且可操作於一放大器類型範圍。例如，在一些配置中，該功率放大器 1010 可操作於包含 A 類、B 類、C 類、D 類及 E 類之類別範圍。又，在許多配置中，該功率放大器 1010 係使用切換模式科技(例如，圖 8 所述之拓樸)來配置，其提供包括改進效率、小型尺寸及低成本之許多優勢，但在利用典型控制方案時會增加發電機-電漿互動風險之缺點，其可促進電漿不穩定度的形成並增加電漿不穩定度的嚴重性兩者。

如圖 10 所示地，本實施例中之發電機 1000 包含一功率控制系統 1020，其被架構以依據一功率位準設定點(例如，操作者設定點)來提供一功率控制訊號 1035 至該功率放大器 1010 並回饋指示著該輸出功率 1015。例如，該功率控制系統 1020 可包含熟知此項技術之人士所熟知之控制迴路元件，且根據本說明書，熟知此項技術之人士可輕易地施行典型功率控制迴路之改編例以搭配本發明實施例進行操作。

同時顯示者係一補償子系統 1040，其大體上操作於本實施例以藉由提供一可控制補償訊號 1045 至該放大器 1010

來管理(例如，降低或消除)該輸出功率 1015 之不穩定度而不利用阻抗測量或其它即時回饋。例如，在許多配置中，一操作者可利用該補償子系統 1040 產生一要求補償訊號 1045 以結合一或更多特定程序以使該處理系統穩定。

圖 10 係在此所述利用至少二控制輸入端(例如，該控制訊號 135 及該補償訊號 1045)之許多實施例的範例，其中，該至少二控制輸入端(例如，該補償訊號 1045)中之至少一者被使用於修改該發電機敏感度成為一負載阻抗，且該至少二控制輸入端(例如，該補償訊號 1035)中之至少一者被使用於控制該發電機的一輸出功率，使得同一功率位準可隨著該至少二控制輸入端之不同位準組合而被傳送至該負載，且用以產生一要求功率位準及對該負載阻抗之可接受敏感度的控制輸入端組合可被利用。

如所述地，本實施例中之補償子系統 1040 未依據一回饋訊號產生該補償訊號 1045。更特別地，不像在此所述之一或更多其它實施例，本實施例未接收該非線性負載 1005 之阻抗指標。甚至，不像在此進一步所述之其它實施例，本實施例中之補償子系統 1040 未接收指示著功率不穩定度的任何訊號。儘管為了簡單起見將該補償訊號 1045 說明為一單控制訊號，如在此進一步所述地，該補償訊號 1045 可包含透過獨立線路傳送或透過單一線路進行多工之多個訊號。

參考至圖 11，例如，所示者係可用以實現參考圖 10 所述之補償子系統 1040 所使用的示範性補償子系統 1140。如

圖 11 所示地，在本配置中之補償子系統 1140 包含耦接至一補償訊號產生電路 1160 之操作者介面 1150。在本實施例中，該操作者介面 1150 之作用使一使用者可控制該補償訊號產生電路 1160 之操作。更特別地，本實施例中之補償訊號產生電路 1160 使一使用者可影響一或更多補償訊號 1145 之變化。

例如，該操作者介面 1150 可被利用於致能一操作者設定偏壓參數(例如，電壓大小位準、波形屬性及/或脈寬調變位準)，並可被利用於致能或除能該補償訊號產生電路 1160 的功能型態。熟知此項技術之人士會理解到地，除了其它軟體、硬體及/或韌體外，該操作者介面 1150 還可經由例如顯示器(例如，觸控螢幕顯示器)、指示裝置(例如，滑鼠)、鍵盤或其他手動裝置之各種不同元件來實現之。

如結合圖 8 及圖 9 所述地，一補償訊號可被使用以施加一偏壓至該功率放大器 1010 之開關構件(例如，金屬氧化物半導體場效電晶體 830)，且如該可控制偏壓結果地，該功率放大器之傳導角(或“導通時間”)可受到控制。且在圖 11 所述實施例的許多變化例中，該操作者介面 1150 使一使用者可控制施加至該功率放大器之一或更多開關構件的偏壓位準以實行一要求傳導角。但是，除偏壓(例如，偏壓 715)之外或替代偏壓者，還有也是由該功率放大器 1010 所利用之參考訊號(亦稱之為驅動訊號)可被調整以影響該傳導角。

例如，接下來參考至圖 12，它係說明可被使用於實現在此所述功率放大器之功率放大器的一般性功能元件方塊

圖。如所示地，該功率放大器 1205 包含耦接至功率元件 1230 之一開關元件 1207、一參考訊號產生器 1220 及一偏壓供應器 1275。該開關元件 1207 可包含可被安排及架構成各種拓樸的一或更多開關構件(例如，場效電晶體)(例如，金屬氧化物半導體場效電晶體 830)。而且，該功率元件 1230 可包含一直流電供應器，其適合施加一導軌電壓 (rail voltage) 1210 以回應於一控制訊號 1235(例如來自一功率控制系統之控制訊號 1035)來變化之。例如，在一些配置中，該導軌電壓 1210 可於 0 至 200 伏特直流電之間變化，但是在其它配置中，該電壓可超過 200 伏特直流電。

該參考訊號產生器 1220 大體上操作於施加一參考訊號至該開關元件 1207 以對如何將該導軌電壓 1210 施加至該開關元件 1207 的輸出產生影響。例如，該參考訊號產生器 1220 可包含一或更多可控制振盪器(例如，振盪器 820)，其可操作於窄頻範圍內或超過寬頻範圍。

在一些變化例中，該補償訊號 1245 可控制該參考訊號產生器 1220，使得施加至該開關元件 1207 之參考訊號大小被調整；因而影響該功率放大器 1205 的要求傳導角。在其它變化例中，該參考訊號 1220 之波形可被控制以實現一要求傳導角。

甚至，除了或獨立於該傳導角調整外，還有該參考訊號頻率可被調整以移除及/或阻止該輸出功率的不穩定度。2010 年 4 月 25 日所提申之美國專利申請案號第 12/184,535 號，名稱為偵測並阻止電漿製程上的不穩定度，揭示用於

偵測不穩定度之技術及用於調整頻率以降低及/或阻止所發生的不穩定度之技術，在此將其全體一併整合參考之。

該偏壓供應器 1275 大體上操作於致能一電壓位準，其係施加至欲控制之一或更多開關構件(例如，場效電晶體)的閘極以使該功率放大器 1205 之傳導角可受到控制。該偏壓供應器 1275 可經由能夠操作於 -7 至 +4 伏特直流電之電壓範圍的可控制直流電供應器來實現之，但是其它電壓範圍當然也被考慮到。

在一些操作模式中，該偏壓供應器 1275 之輸出係由一操作者所設定(例如，使用該操作者介面 1150)之無變化直流電壓。例如，一操作者可知道在一或更多特定製程環境中使該功率放大器穩定的特定偏壓，且該偏壓供應器不須自動進行調整。

甚至，除了或獨立於該傳導角調整外，還有該偏壓供應器及導軌電壓(由該功率元件 1230 所控制)可被控制以實行該功率放大器之要求執行效率特性曲線。2009 年 12 月 31 日所提申之美國專利申請案第 12/650,652，名稱為一發電機之雙模式控制，揭示用於控制導軌電壓及偏壓以提供各種操作利益之技術，在此將其全體一併整合參考之。

在其它操作模式中，該偏壓供應器 1275 可被控制以施加一可變電壓至該開關元件 1207。例如，一方波的工作週期可以脈寬調變進行調整以實行一要求傳導角，及/或該偏壓供應器 1275 所施加之電壓大小可被調整。該脈寬調變及/或電壓大小不是由一操作者進行控制就是可自動地調整以

回應於例如在此進一步所述之那些回饋機制。

如圖 12 所示地，該參考訊號產生器 1220 及該偏壓供應器 1275 中之一或兩者可由一或更多對應之補償訊號 1245 所控制。例如，在一些實施例中，只有該偏壓供應器 1275 被控制以調整該功率放大器 1205 之傳導角，但在其它實施例中，只有該參考訊號產生器 1220 被控制以調整該功率放大器 1205 之傳導角。但是，在另外的其它實施例中，該參考訊號產生器 1220 及該偏壓供應器 1275 兩者被控制以調整該功率放大器 1205 之傳導角。

熟知此項技術之人士會在考慮到本揭示中理解到許多操作模式，該功率控制迴路(例如，在功率控制系統 1020 內)自動地調整該控制訊號 1235(例如，回應於來自該功率放大器 1205 之輸出處的功率感測器的回饋)而使得該功率元件 1230 調整該導軌電壓 1210，及因此所產生之輸出功率的功率位準。例如，若對該功率放大器 1205 之傳導角的調整影響到該輸出功率(例如，降低輸出功率)，則在許多實施例中之功率控制迴路改變該控制訊號 1235 以增加該輸出功率而維持一功率輸出位準於一設定點。結果，該功率放大器 1205 之傳導角及所產生之穩定度可被調整而維持一要求輸出功率位準(例如，用以維持一電漿之輸出功率位準)。

參考至圖 13，它係根據本發明另一所示實施例包含連接著一非線性負載 1305 之發電機 1300 的電漿處理系統方塊圖。如所示地，本實施例中之發電機 1300 包含傳送輸出功率 P 1315 至該非線性負載 1305 之功率放大器 1310，且

該發電機 1300 包含耦接至該功率放大器 1310 之補償子系統 1340 及耦接至該功率放大器 1310 之輸出的感測器 1312。

如所示地，本實施例中之補償子系統 1340 提供一補償訊號 1345 以控制該功率放大器 1310 之傳導角以回應來自該感測器 1312 之一或更多訊號。許多實施例中之圖 13 所述感測器 1312 係該發電機 1300 一部分(例如，具有該放大器 1310 一起的相同框架)，但這個不是必需的。大體上，該感測器 1312 被架構以提供指示著該功率 1315 之一或更多特性曲線之一或更多訊號，以利用該補償子系統 1340 來控制該放大器 1310 之傳導角。例如，在許多實施例中，該感測器 1312 偵測指示該功率 1315 之前進(FWD)及反射(RFL)射頻訊號，且該感測器 1312 可由包含一方向性耦合器及電壓電流感測器的各種元件來實現之。

接下來參考至圖 14，所示者係可利用來實現參考圖 13 所述補償子系統 1340 之補償子系統 1440 之示範性實施例。大體上，所述元件之功能為辨識不穩定度是否呈現於一功率放大器(例如，功率放大器 1310)之輸出功率中，以及調整該功率放大器之傳導角以移除及/或阻止該不穩定度。除了控制該功率放大器之傳導角外，該補償子系統 1440 也可被架構以使得一些操作模式中之補償子系統 1440 控制該功率放大器的參考訊號頻率以降低/阻止不穩定度(例如，藉由對準該電漿及該功率放大器之阻抗軌道)。

如所示地，該補償訊號產生電路 1460 被架構以產生一補償訊號 1445 以回應來自一不穩定度偵測器 1470 之不穩

定度訊號 1409 而控制該功率放大器 1310 之傳導角。在許多變化例中，該補償訊號產生電路 1460 定期地檢查該不穩定度訊號 1409 並據以調整該功率放大器 1310 之傳導角。

同時，本實施例中所述者係一選擇性操作者介面 1450，其可以與參考圖 11 所述操作者介面 1150 多數相同方式來操作之，但除此之外，還有本實施例中之操作者介面 1450 可被利用於設定一或更多不穩定臨界值位準以設定於該補償訊號產生電路 1460 對應至偵測到不穩定度處之位準。例如，考慮到一些振盪可以一可容忍位準來呈現於該輸出功率，其不須藉由調整該放大器之傳導角來滿足之。

應理解，圖 14 中補償子系統 1440 之說明係功能性元件之邏輯說明而非意圖為一硬體圖；因此，所述功能性元件可經由一些散置且不同硬體、軟體及/或韌體之元件或整合元件來實現之。

接下來參考至圖 15，所示者係一不穩定度偵測器 1570 之示範性實施例，其可被利用於實現參考圖 14 所述之不穩定度偵測器 1470。如所示地，一測量元件 1504、複數  $\Gamma$  元件 1506 及一偵測元件 1508 代表可被利用以偵測是否呈現不穩定度之示範性元件。應理解到圖 15 所述元件代表接近穩定度偵測之示範性方法，且在此參考圖 17 進一步所述之其它技術可被利用以偵測不穩定度。也應理解，這些元件之說明只是邏輯性，並不意謂一硬體圖；因此，所述元件可被組合或進一步被分開，且大體上，該些元件可由硬體、軟體、韌體或其組合來實現之。

本實施例中之測量元件 1504 大體上被架構以接收一感測器(例如，感測器 1312)之輸出並提供前進及反射兩功率之同相及四相測量。這些測量係以例如 1 微秒之定期區間進行更新。用於處理來自一感測器之資料的示範性感測器及技術係揭示於 2008 年 5 月 7 日所提申之美國專利申請案第 12/116,375 號，名稱為用於監視功率之系統、方法及設備中，在此將其全體一併整合參考之。

對於每一個測量區間，該複數  $\Gamma$  元件 1506 計算之負載反射係數( $\Gamma$ )為  $V_{RFL}/V_{FWD}$ ，其係一複數(I 係該向量的實數部分而 Q 係該向量的虛數部分)除法。 $\Gamma$  也可藉由將反射射頻訊號旋轉 -1 乘上前進射頻訊號相位之相位並接著除以來算出前進射頻訊號的絕對值而算出。具有用於現場可程式閘陣列配置效用之一示範性技術被建立並如下列地進行配置：

1. 使用現場可程式閘陣列乘法器來計算  $FWDQ2 + FWDI2$ ，需要時利用移位法以極大化顯著位元的利用。
2. 使用現場可程式閘陣列查找表來計算  $K = 1/(FWDQ2 + FWDI2)$ ，需要時利用移位法以極大化顯著位元的利用。
3. 需要時使用移位法以極大化精確度，計算之  $Re(\Gamma)$  為  $K * I_{FWD} * I_{RFL} + K * Q_{FWD} * Q_{RFL}$ ，且  $Im(\Gamma)$  為  $K * I_{FWD} * Q_{RFL} - K * Q_{FWD} * I_{RFL}$ 。

這個係自  $K$  乘上  $V_{RFL}$  與共軛數  $V_{FWD}$  之複數乘積所導

出。當二複數向量相乘時，該合成相位係相加的。當與該共軛數相乘時，該合成相位係相減的。

接下來參考至圖 16，所示者係說明圖 15 所述偵測元件 1508 之示範性元件方塊圖。大體上，該偵測元件 1508 提供一振盪是否呈現於該功率(及因而產生於該電漿內之不穩定度類型指標)之指標(所述為一不穩定度訊號 1509)。在圖 15 中所述實施例之一些變化例中，該偵測元件 1508 提供該不穩定度訊號 1509 以做為指示著一不穩定度是否呈現之二位元訊號。

但是，在圖 15 所述實施例之其它變化例中，元件 1508 提供指示著任何振盪頻率及大小之輸出。如上所述地，該功率放大器之參考頻率可被利用於降低不穩定度，且關於呈現於該輸出功率之特定振盪類型的知識可如上面所述的美國專利申請案第 12/184,535 號所教示般地被利用於對準該電漿及功率放大器之阻抗軌道。

如圖 16 所示地，為了移除任何直流成分，一高通濾波器被施用至實數  $\text{Re}(\Gamma)$  及虛數  $\text{Im}(\Gamma)$  兩者，具有對應至  $\Gamma$  (及該不穩定度類型)之振盪類型的輸出。例如，該高通濾波器可被配置成  $y(n)=1024*x(n)-\dots-x(n-1024)$ 。

在一配置中，為了節省現場可程式陣列資源，已濾波  $\text{Re}(\Gamma)$  及  $\text{Im}(\Gamma)$  值係藉由選擇該二者間之最大絕對值來進行組合。在替代性配置中，每一個參數具有獨立頻率/大小偵測之設計也可被使用。大體上，在執行該最大值函數後之結果會是一全波整流正弦曲線。三種計算被施加至該訊

號：

1.  $0.5 * \text{abs}(x(n) - x(n-1))$ 之總和。 $y(n)=x(n)-x(n-1)$ 操作係與頻率呈現一些線性響應之高通濾波器。本濾波器之響應係示於下面。
2.  $x(n)$ 之總和。本操作提供該訊號內之全部能量指標，並被使用於正交化該頻率指標。當除以取樣數時，它也被使用於提供該大小輸出。
3. 1 之總和。本累加器所產生結果係該取樣數。

如所示地，本特定實施例中之偵測元件輸出提供與一不穩定度有關之振盪頻率及大小兩者之指標。

參考至圖 17A 及圖 17B，所示者各為外差型及二極體型偵測器，其可被利用於實現參考圖 14 所述之不穩定度偵測器 1470。所述兩偵測器係為熟知此項技術之人士所熟知，且依照本說明書，這些偵測器類型可被修改而適用於偵測特定振盪頻率並提供該補償訊號偵測電路 1460 可使用之輸出。

接下來參考至圖 18，所示者係說明結合在此所述本發明實施例來詳加討論之用於降低一功率放大器對負載阻抗變化之敏感度的示範性方法流程圖。如所示地，在本方法中，當施加功率至一負載(方塊 1802)時，該輸出功率之穩定度被評估(方塊 1804)。如在此前所述地，該穩定度可經由包含參考圖 16 至圖 17 所述方法之各種技術來評估。

如所述地，若該功率係穩定的(方塊 1806)，則持續施加功率至該負載(方塊 1802)並再評估(例如，定期地)(方塊

1804)該穩定度。但是，若該功率係不穩定的(方塊 1806)，則調整(方塊 1808)該放大器之傳導角並再評估(方塊 1804)該輸出功率之穩定度，若該輸出功率仍是不穩定的(方塊 1806)，則再調整(方塊 1808)該放大器之傳導角。因此與圖 18 所述方法一致地，若偵測到一不穩定度，則可以逐步方式調整該輸出功率之傳導角，直到該輸出功率穩定為止。在一些變化例中，該傳導角係向下調整以降低該功率放大器內之開關元件(例如，金屬氧化物半導體場效電晶體)的導通時間，但是申請者已發現到增加該功率放大器之傳導角的調整也可有效地使得該輸出功率穩定。

參考至圖 19A 及圖 19B，所示者係說明分別操作於第一及第二傳導角時之發電機輸出功率對阻抗變化的開放迴路響應之史密斯圖。圖 19A 顯示該發電機輸出功率之開放迴路響應以對應例如一 D 類型或 E 類型放大器之典型高效率(例如，高傳導角)放大器之阻抗變化。圖 19B 顯示具有該典型高效率放大器之傳導角降低之發電機輸出功率的開放迴路響應。

如所示地，圖 19A 中橫過 50 歐姆的輪廓線斜率約為 1.6。這個係對比於圖 19B 中類似線之斜率，其約為 .35。因此，當該功率放大器之傳導角係降低(例如，自 180 度降至 150 度)時，本範例中之發電機敏感度係約降低 4 倍。

參考至圖 20A 及圖 20B，所示者係分別沿著圖 20A 之線 20A-20A 及圖 20B 之線 20B-20B 所取之剖面圖。如圖 20A 所示地，當該發電機係當做該典型 D 類型或 E 類型放大器

來操作時，相較於圖 20B 所說明之發電機以一降低放大器傳導角來操作，任何負載阻抗變化導致該發電機輸出功率的實質變化。

圖 21A 及圖 21B 係分別說明操作於 180 度及 150 度傳導角之示範性發電機的增益大小(也就是，參考公式 1 所述  $\frac{dP}{dZ}$  的複數表示式)及角度兩者。如圖 21A 及圖 21B 所示地，除了在該傳導角被調整時之增益實質上降低外，還有該角度也在該傳導角自 180 度降至 150 度時有所變化。

接下來參考至圖 22A 及圖 22B，所示者係分別說明用於沒有該傳導角調整功能之示範性發電機及所用發電機包含在此所揭示之傳導角調整功能的電漿不穩定度對自一功率放大器施加功率至一負載之纜線長度的圖形。如所示地，在圖 22A 中，該示範性發電機在跨越自約 6 至 16 呎之相當大的纜線長度範圍係不穩定的。且相對地(如圖 22B 所示地)，當該傳導角如在此所揭示地進行調整時，相同發電機在跨越自零至 25 呎之纜線長度範圍係穩定的。

如在此前面所述地，一功率放大器之傳導角可以各種方式進行調整。例如，施加至該功率放大器之場效電晶體的閘極可以振幅或脈寬調變(PWM)上進行調整，及/或施加至該場效電晶體之參考頻率大小可被調整。

在一些操作模式中，在一段時間後該輸出功率係穩定(以回應該放大器之傳導角調整)後，若該輸出功率維持穩定，則該傳導角可在該原傳導角方向上慢慢地調整回來。例如，若加偏壓於該功率放大器以利用更有功率效率之傳

導角進行操作，且該傳導角被調整以使該輸出功率更穩定(但較少效率)，則該放大器之傳導角可被調整回到一更有效率之操作狀態。

在一些變化例中，初始可加偏壓於該功率放大器以操作於一特定放大器類別(例如，A類、B類、C類、D類及E類中其中之一)，接著遍及於一或更多其它放大器類別各處進行調整以使該放大器對負載阻抗變化更不敏感且更穩定。因此，在一些操作模式中，該功率放大器係以可依據效率、消耗及穩定度考量進行調整之可變類別放大器來操作之。

也考慮到對該放大器之傳導角的調整可被利用於結合對該功率放大器之頻率的調整以使該輸出功率更穩定。例如，頻率調整初始可嘗試使該輸出功率穩定，且若該些頻率調整係無效的，則可進行該傳導角之調整。替代性地，初使可進行對該傳導角之調整，且若該些傳導角調整不足以使該輸出功率穩定，則可進行頻率調整。

最後，除了別的方法及設備外，本發明還提供一種用於修改一發電機及一非線性負載間之互動的方法及設備。熟知此項技術之人士可輕易地理解到在本發明中它的使用及它的架構可產生許多變化例及替代例以實際上獲得如在此所述實施例所獲得之相同結果。據此，不是要將本發明限制至所揭示示範性形式。許多變化例、修改例及替代性建構如申請專利範圍所示地落在本揭示發明之範圍及精神內。

**【圖式簡單說明】**

本發明各種目的和優勢及更完整的了解係在結合附圖進行時，經由參考至上述實施方式與所附申請專利範圍而顯而易見且更易於理解，其中：

圖 1A 係連接著用以協助發電機之穩定度分析的非線性負載之發電機方塊圖。

圖 1B 係在 P 不穩定情況中之圖 1A 所示發電機之輸出功率 P 為發電機控制訊號 C 的函數圖。

圖 1C 係在與圖 1B 相同情況中之圖 1A 所示發電機之輸出功率 P 為時間的函數圖。

圖 2A 係根據本發明所示實施例之連接著一非線性負載之發電機方塊圖。

圖 2B 係根據本發明所示實施例之用於發電機之補償子系統方塊圖。

圖 3 係根據本發明所示實施例之用於修改一發電機及一非線性負載間互動之方法流程圖。

圖 4 係根據本發明另一所示實施例之連接著一非線性負載之發電機方塊圖。

圖 5A 係根據本發明所示實施例顯示對於一特定輸出功率  $P_0$  而言，一組負載阻抗中之每一個所需之發電機控制訊號 C 之簡化版史密斯圖。

圖 5B 係根據本發明所示實施例顯示在圖 5A 中對於一特定輸出功率  $P_0$  而言，一組負載阻抗中之每一個之補償訊

號 K 之簡化版史密斯圖。

圖 6 係根據本發明另一所示實施例之用於修改一發電機及一非線性負載間之互動之方法流程圖。

圖 7 係根據本發明再一所示實施例之連接著一非線性負載之發電機方塊圖。

圖 8 係根據本發明所示實施例之包含主控制輸入端和副控制輸入端之功率放大器電路圖。

圖 9 係根據本發明再一所示實施例之用於修改一發電機及一非線性負載間之互動之方法流程圖。

圖 10 係根據本發明再一所示實施例之連接著一非線性負載之發電機方塊圖。

圖 11 係根據本發明另一示範性實施例說明一示範補償子系統方塊圖。

圖 12 係說明一示範性功率放大器方塊圖。

圖 13 係根據本發明另一實施例之連接著一非線性負載之另一示範發電機方塊圖。

圖 14 係根據本發明再一示範性實施例說明另一示範補償子系統方塊圖。

圖 15 係說明一示範性不穩定度偵測器實施例之方塊圖。

圖 16 係說明圖 15 所述偵測元件之一示範性實施例方塊圖。

圖 17A 及圖 17B 說明圖 15 所述偵測元件之其它示範性實施例。

圖 18 係結合本發明實施例詳加討論之示範性方法流程圖。

圖 19A 及圖 19B 係分別說明一典型發電機及根據本發明所配置之發電機之操作特性曲線之史密斯圖。

圖 20A 及圖 20B 係分別說明一典型發電機及根據本發明所配置之發電機之操作特性曲線之附加圖。

圖 21A 及圖 21B 係分別說明一典型發電機及根據本發明所配置之發電機之操作特性曲線之再附加圖。

圖 22A 及圖 22B 顯示一電漿系統穩定度為安裝於該發電機及附接至該電漿腔之阻抗匹配網路間之纜線長度的函數，圖 22A 顯示針對一典型發電機例之不穩定區域的存在，且圖 22B 顯示用於根據本發明所配置之發電機之所有纜線長度之穩定操作。

#### 【主要元件符號說明】

100、200、400、700、1000、1300 發電機

105、205、1005、1305 非線性負載

110、210、405、705、1010、1205、1310 功率放大器

115、215、1015、1315 輸出功率

120、220、R 電阻

125、225、X 電抗

130 控制輸入端

135、1035、1235、1335、C 控制訊號

230、410、710 主控制輸入端

- 235、425 主控制訊號
- 240、415、720、1040、1140、1340、1440 補償子系統
- 245、420、725、1045、1245、1345、1445、K 補償訊號
- 250 阻抗測量電路
- 255 測量的負載阻抗
- 260、1160、1460 補償訊號產生電路
- 430 加總電路
- 715 副控制輸入端
- 805 阻隔元件
- 810、835 電感器
- 815、825 電容器
- 820 振盪器
- 830 金屬氧化物半導體場效電晶體
- 1020 功率控制系統
- 1150、1450 操作者介面
- 1207 開關元件
- 1210 導軌電壓
- 1220 參考訊號產生器
- 1230 功率元件
- 1275 偏壓供應器
- 1312 感測器
- 1345 傳導角控制
- 1409、1509 不穩定度訊號
- 1470、1570 不穩定度偵測器

1504 測量元件

1506 複數  $\Gamma$  元件

1508 偵測元件

# 發明專利說明書

公告本

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：101113436

※申請日：101.4.16

※IPC 分類：H02P 9/10 (2006.01)  
H03H 7/40 (2006.01)

## 一、發明名稱：(中文/英文)

用於修改發電機對非線性負載的敏感度之方法及設備  
METHOD AND APPARATUS FOR MODIFYING THE  
SENSITIVITY OF AN ELECTRICAL GENERATOR TO  
A NONLINEAR LOAD

## 二、中文發明摘要：

一種用於修改負載及發電機間之互動之方法及發電機被說明。該方法包含使用一功率放大器來施加一輸出功率至該負載、控制該輸出功率位準以回應一功率控制設定並調整該功率放大器之傳導角以降低該功率放大器對該負載之阻抗變化之敏感度位準。該發電機包含一補償子系統，耦接至該功率放大器以控制該功率放大器之傳導角以致能該功率放大器之敏感度被調整。

## 三、英文發明摘要：

A method and generator for modifying interaction between a load and the generator are described. The method includes applying output power to the load using a power amplifier, controlling a level of the output power responsive to a power control setting, and adjusting a conduction angle

of the power amplifier to reduce a level of sensitivity of the power amplifier to variations of an impedance of the load. The generator includes a compensation subsystem coupled to the power amplifier that controls a conduction angle of the power amplifier to enable a sensitivity of the power amplifier to be adjusted.

八、圖式：

(如次頁)

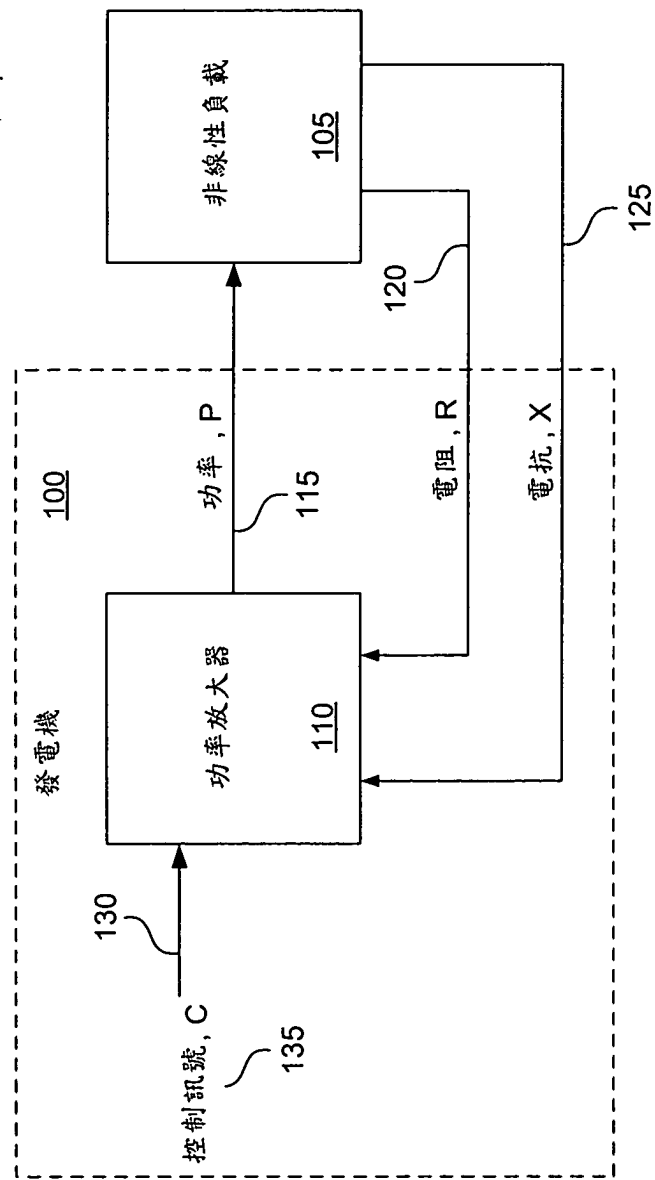


圖1A

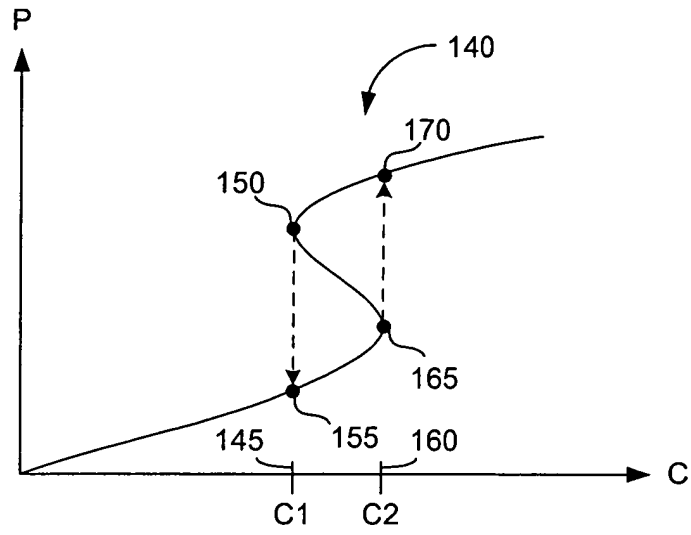


圖 1B

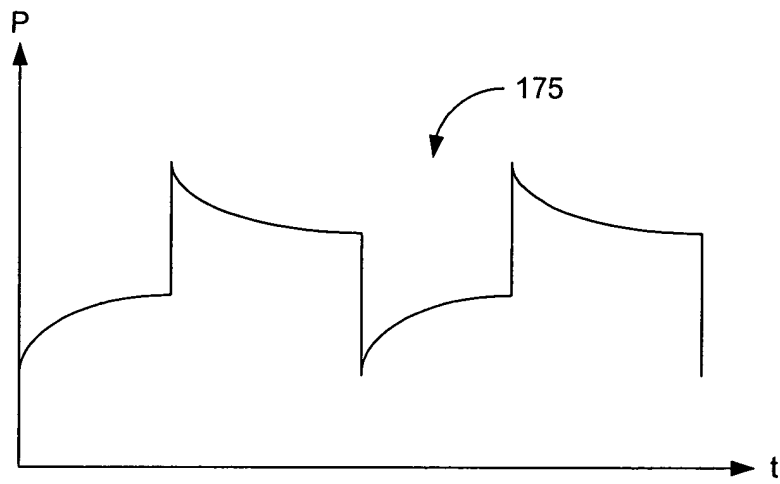


圖 1C

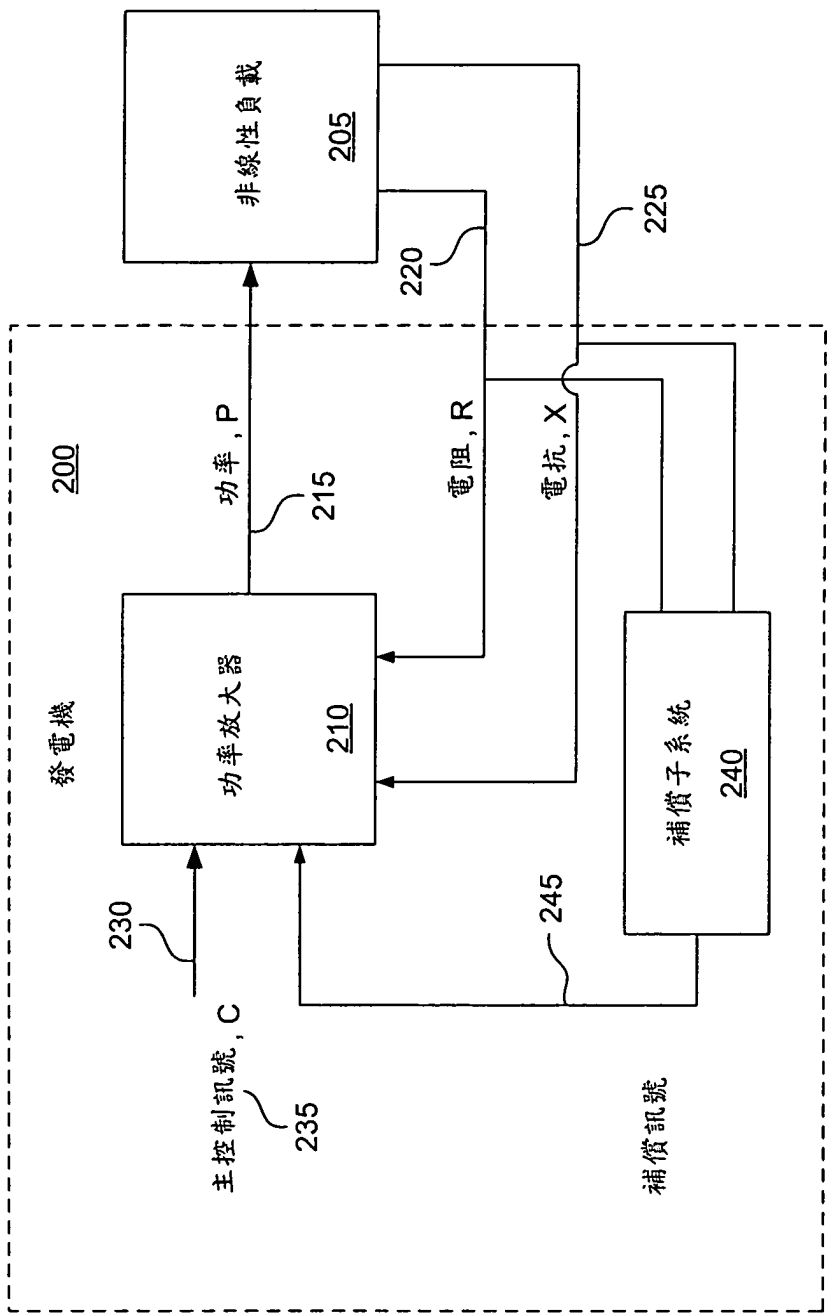


圖2A

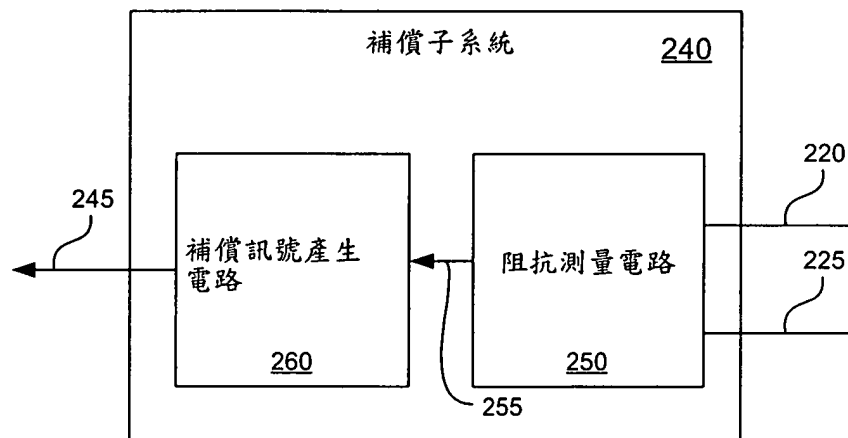


圖 2B

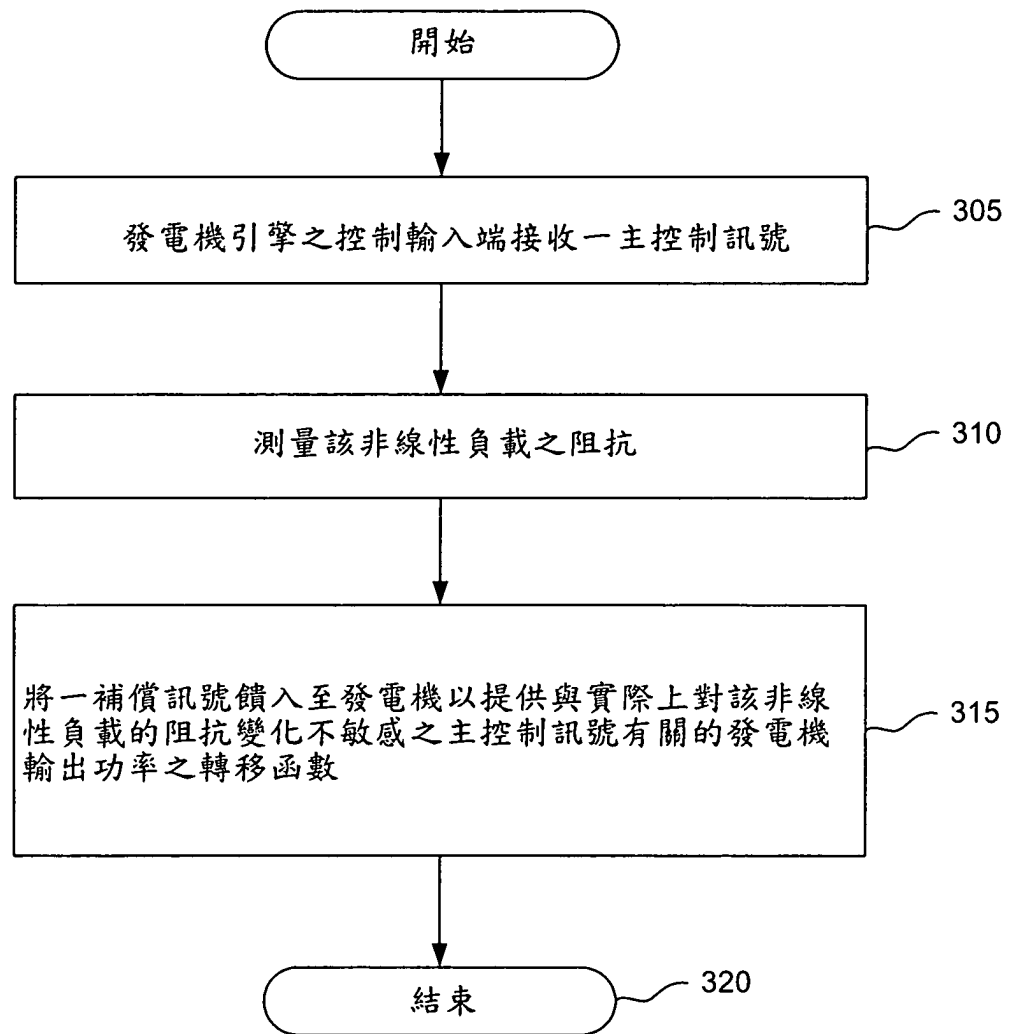


圖3

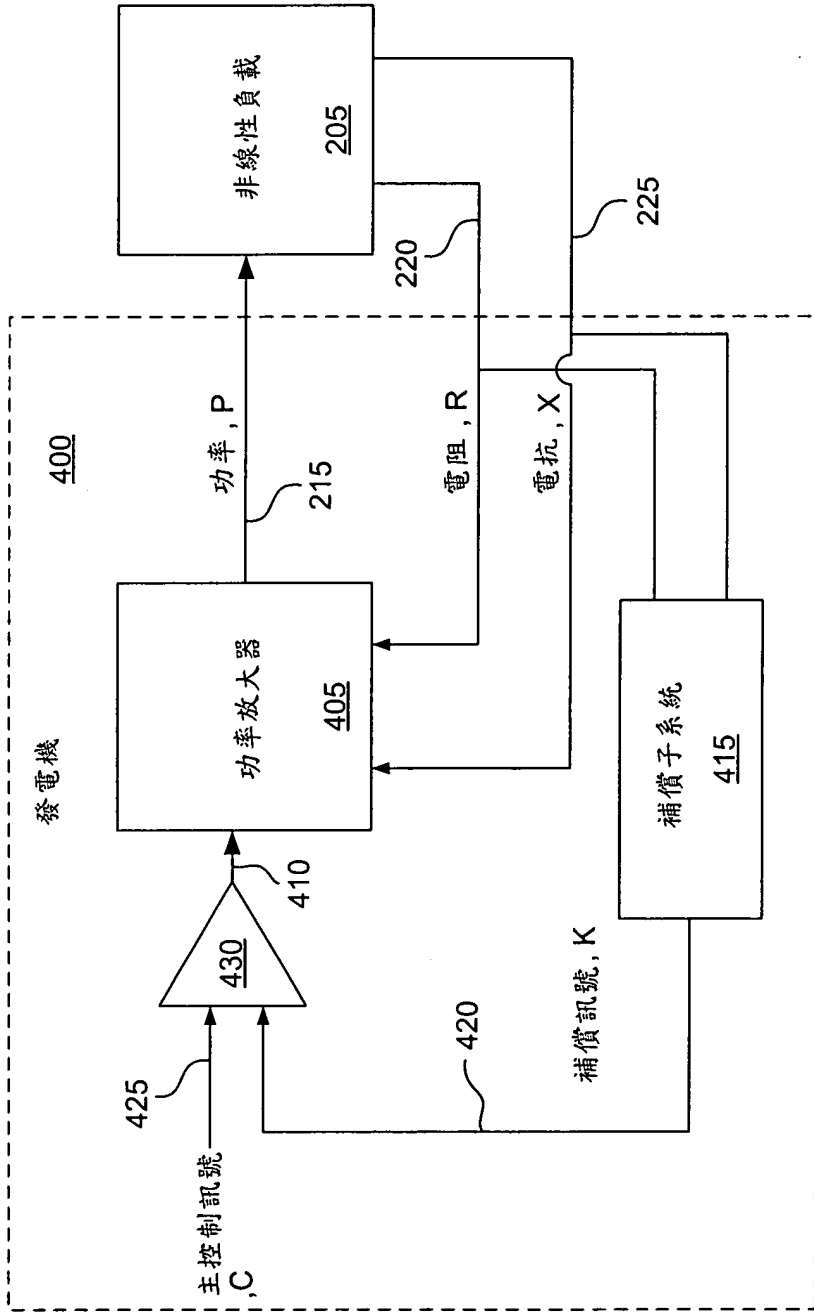


圖4

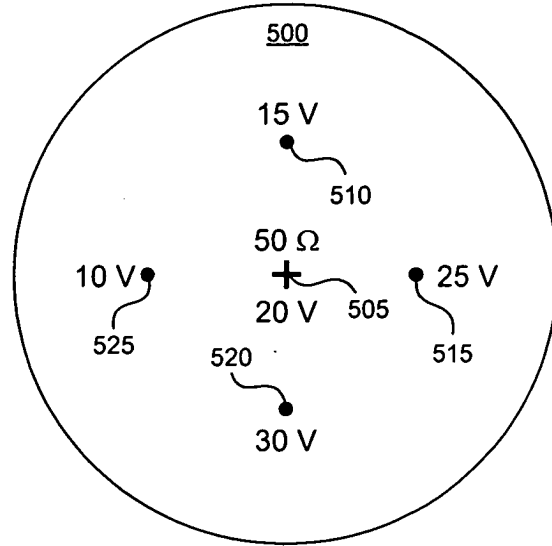


圖5A

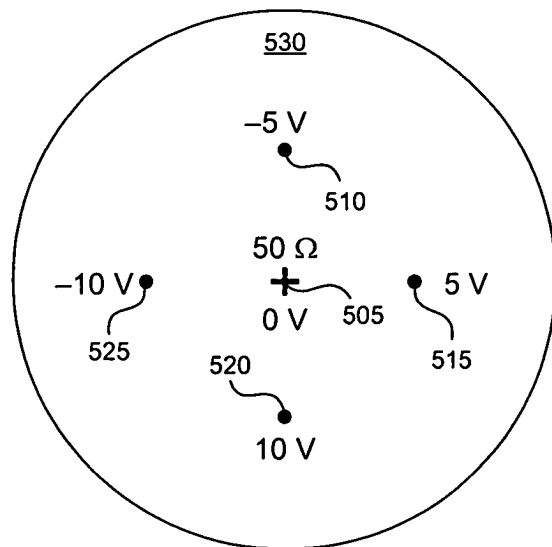


圖5B

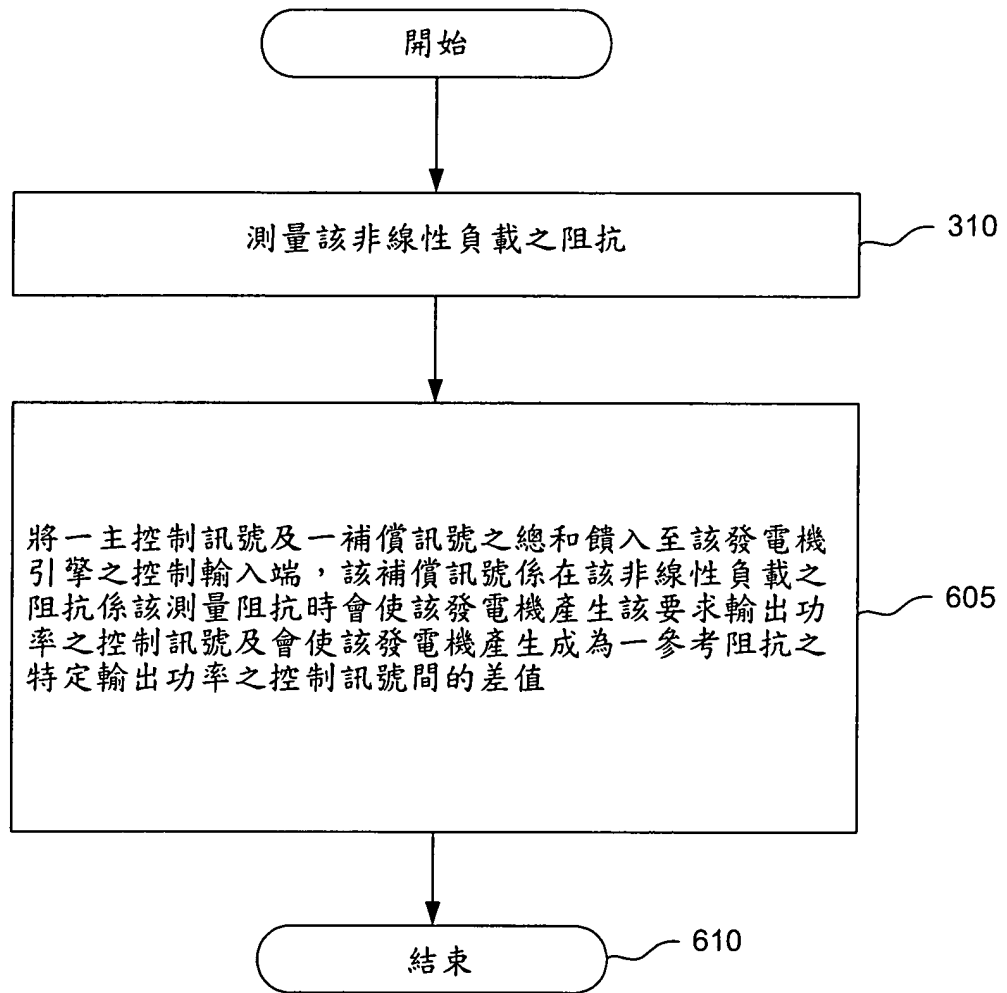


圖6

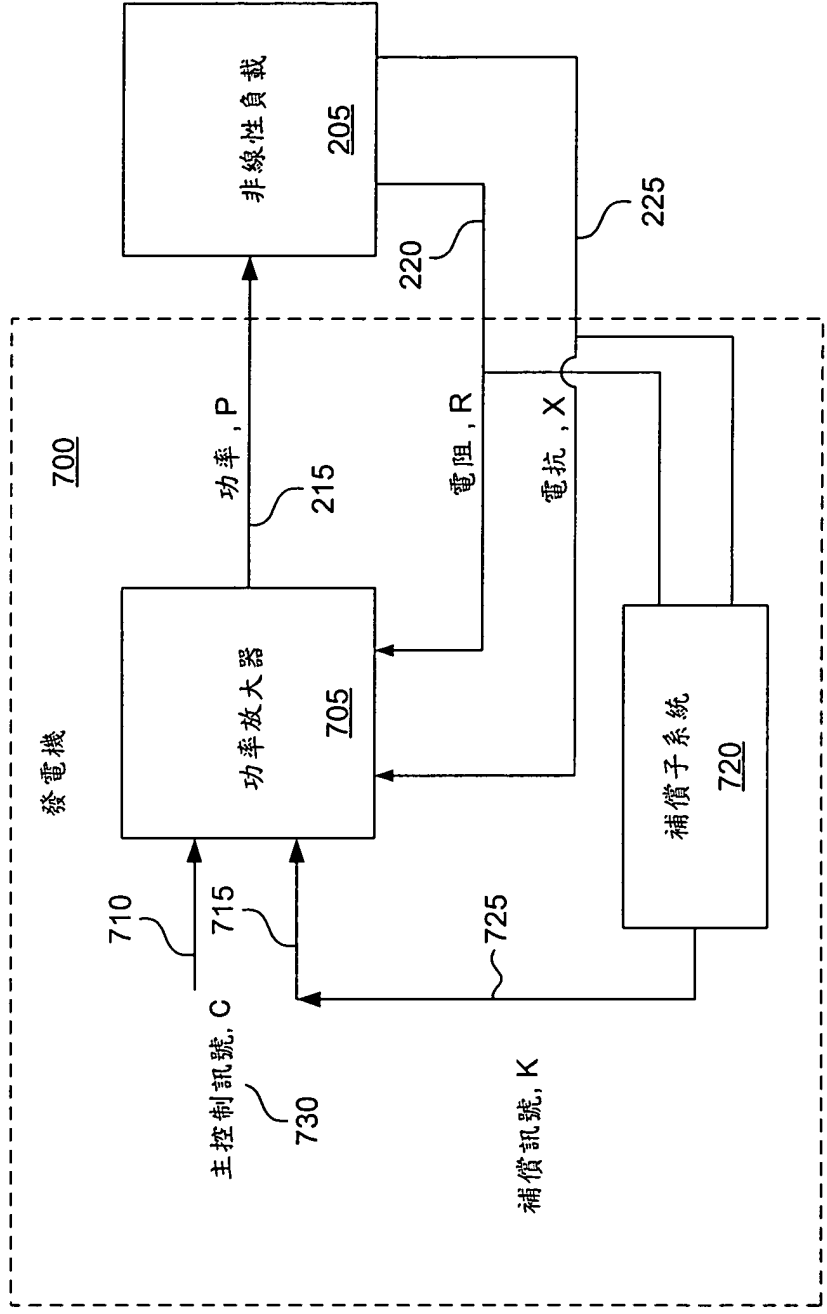


圖7

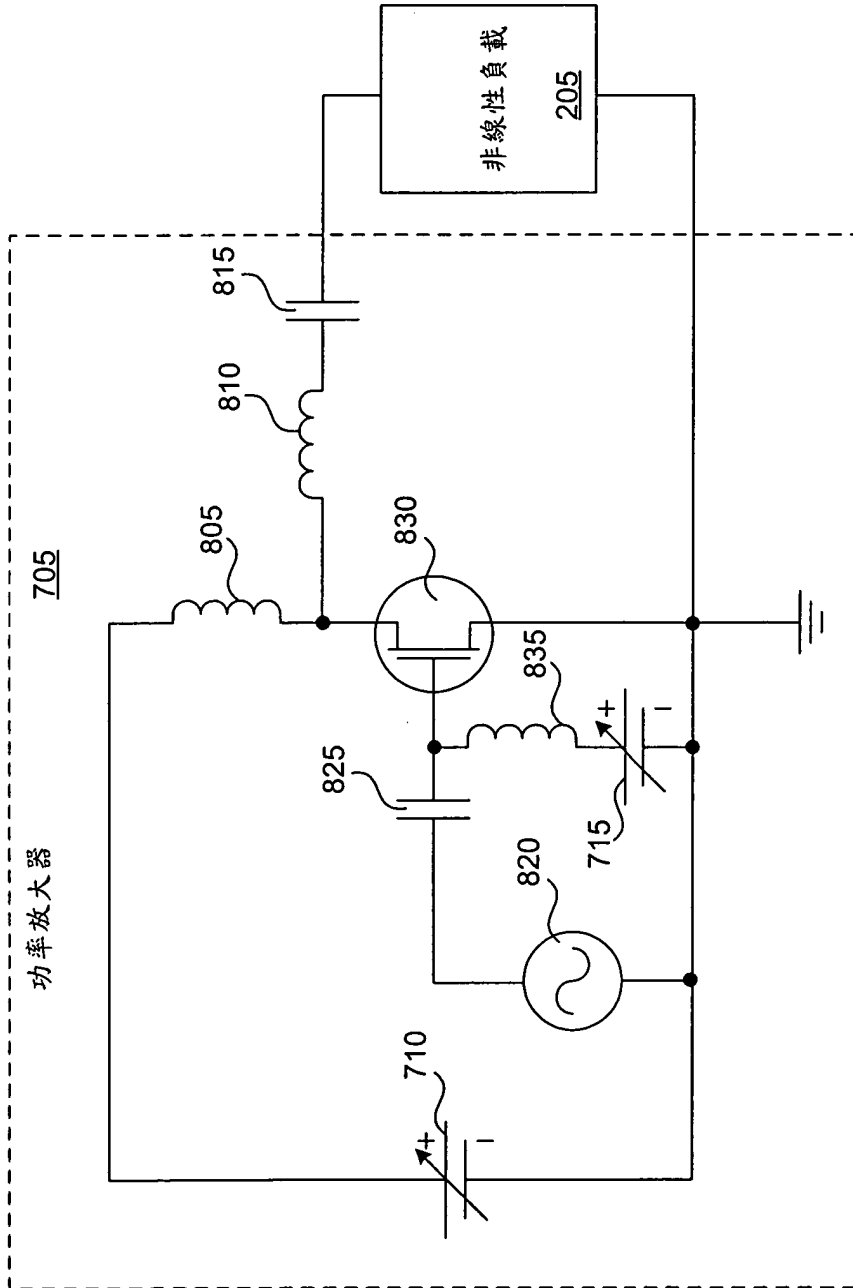


圖 8

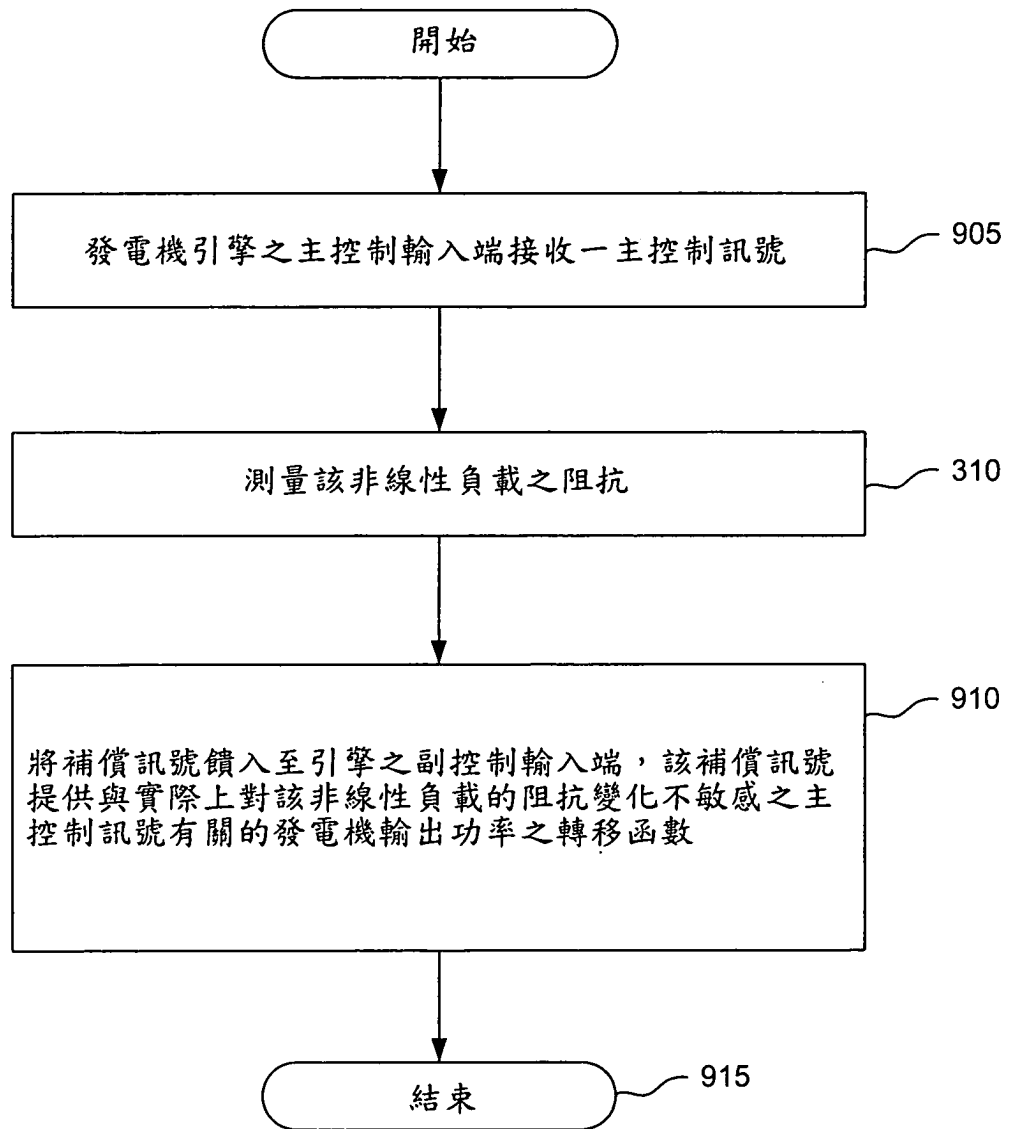


圖9

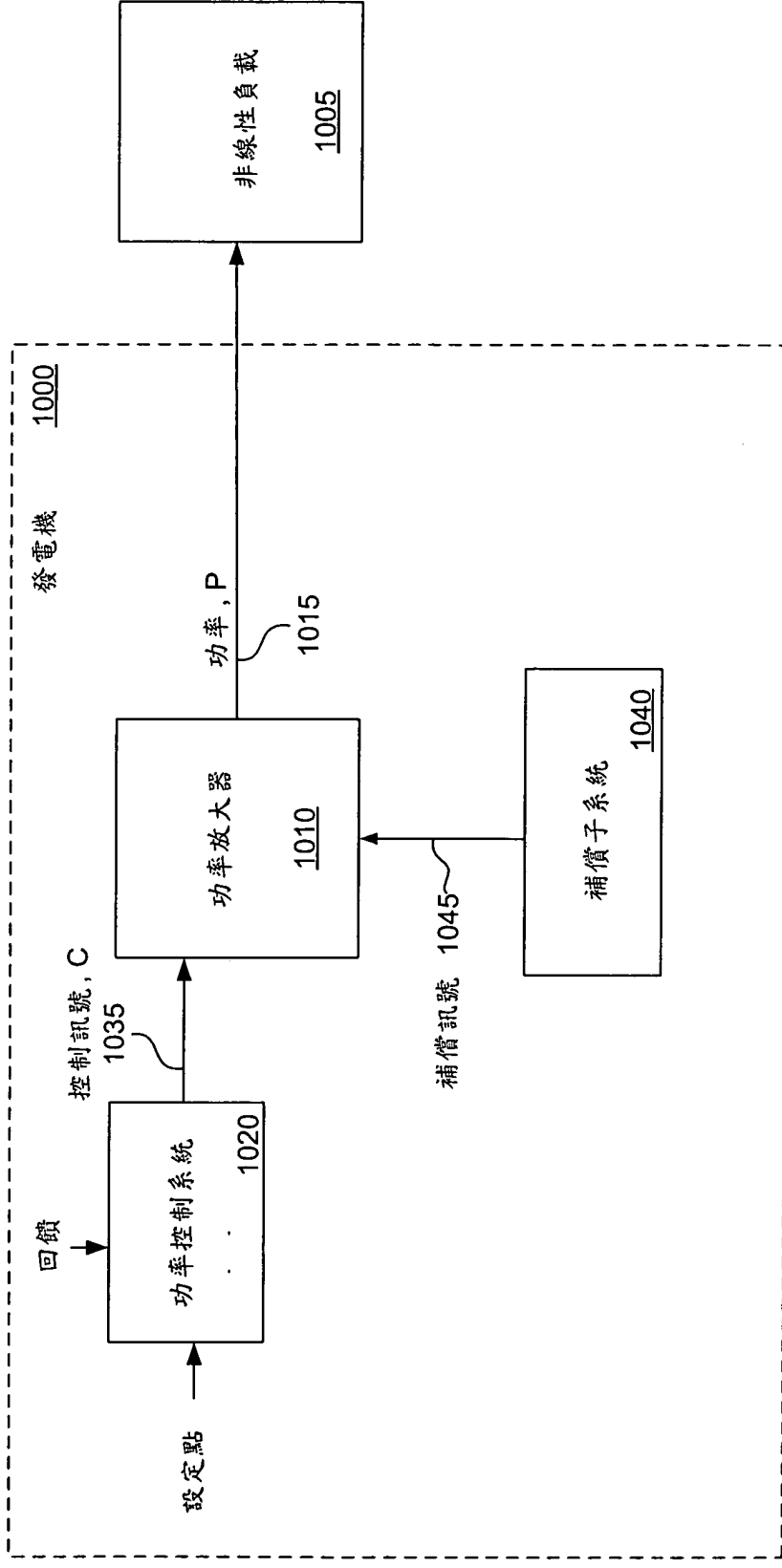


圖10

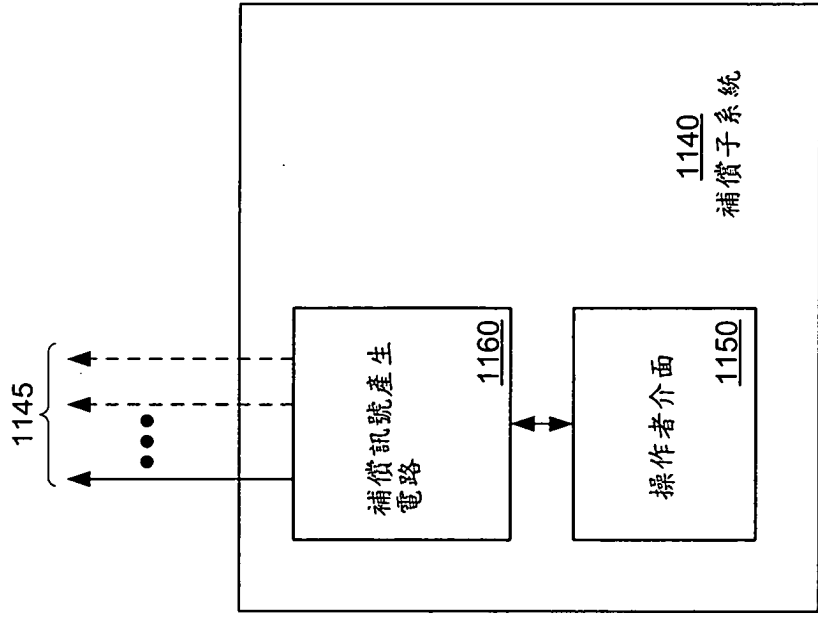


圖11

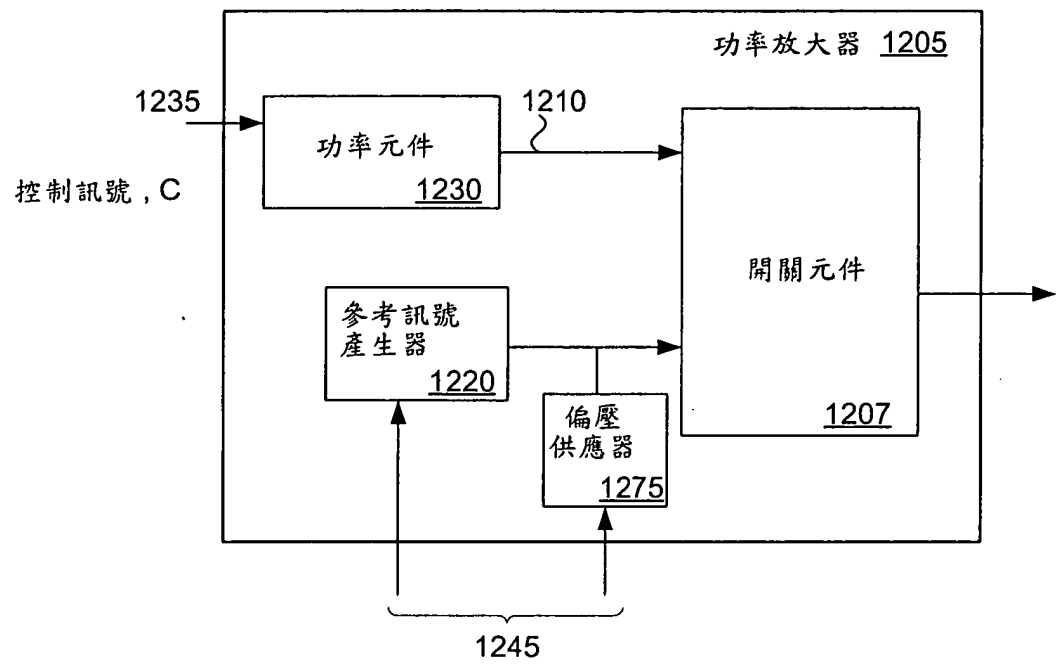


圖12

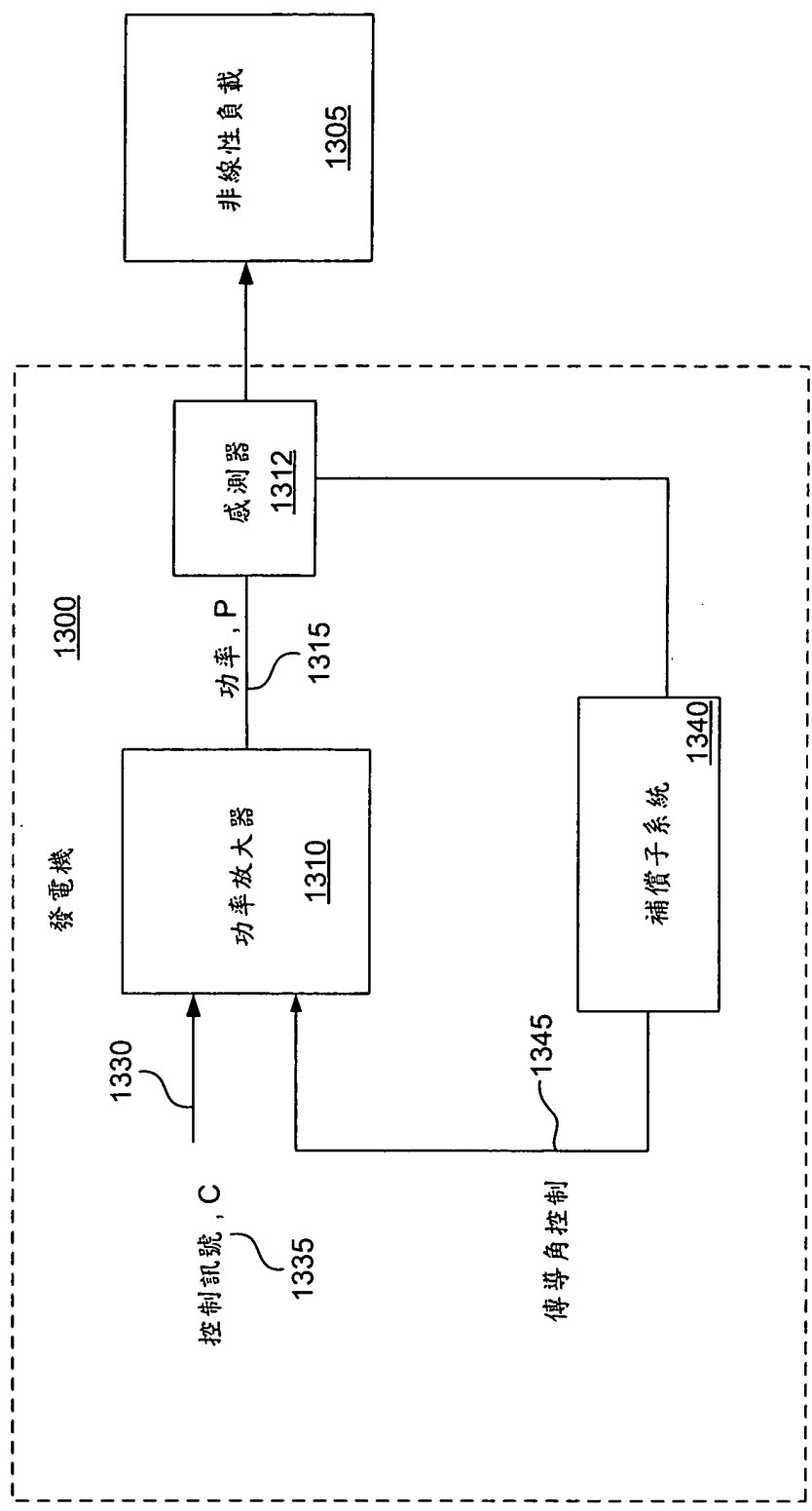


圖13

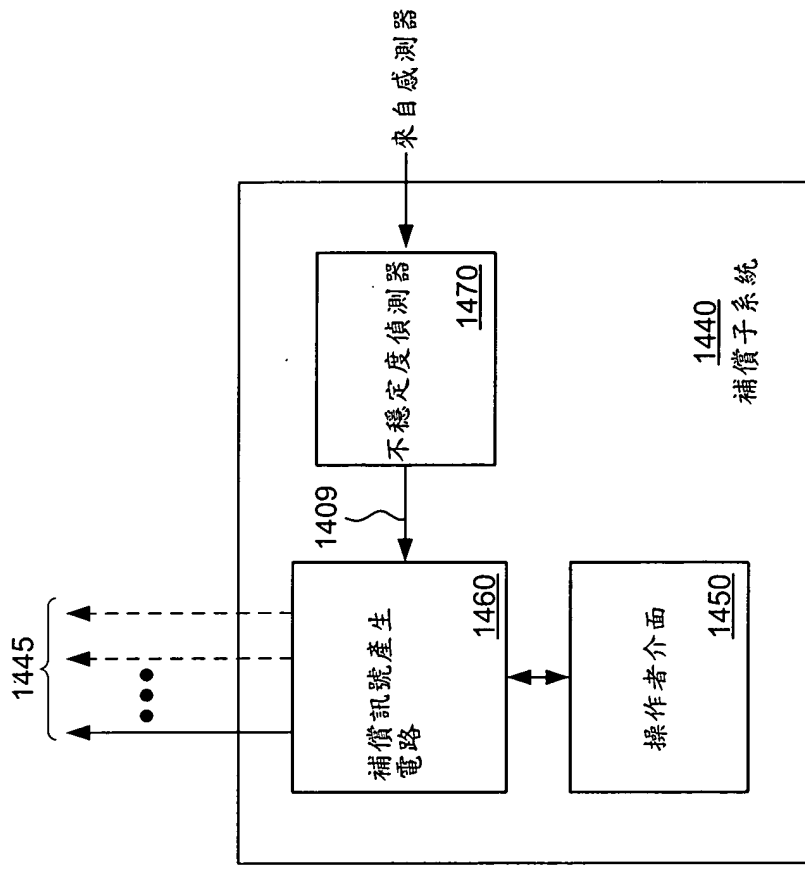


圖14

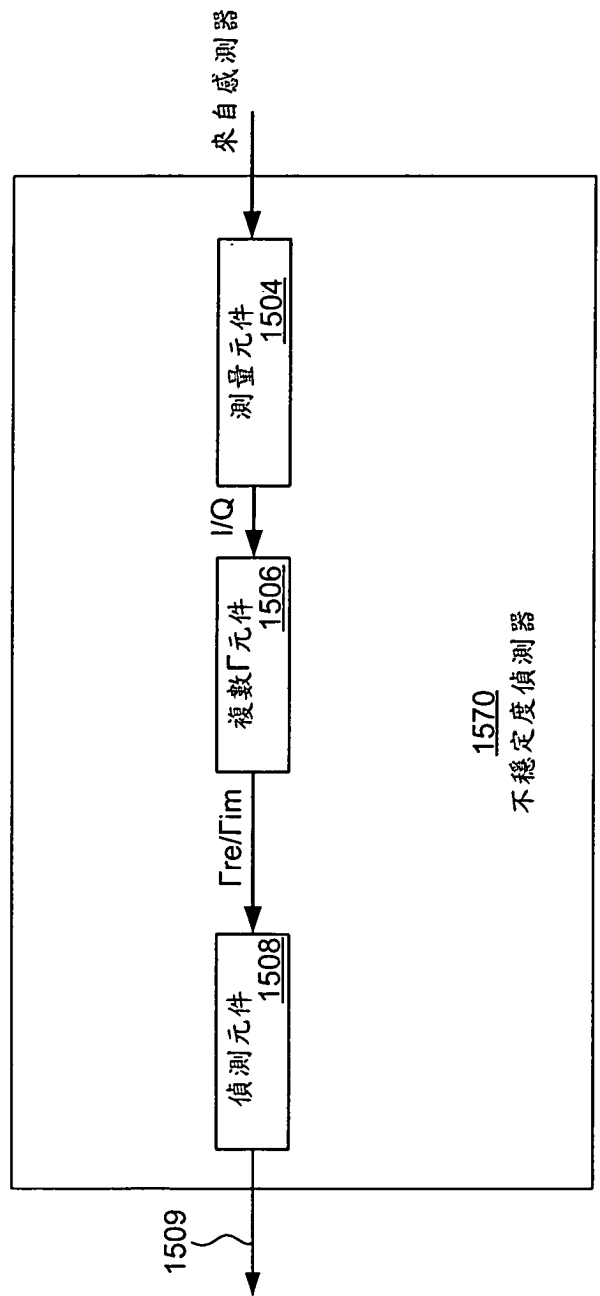
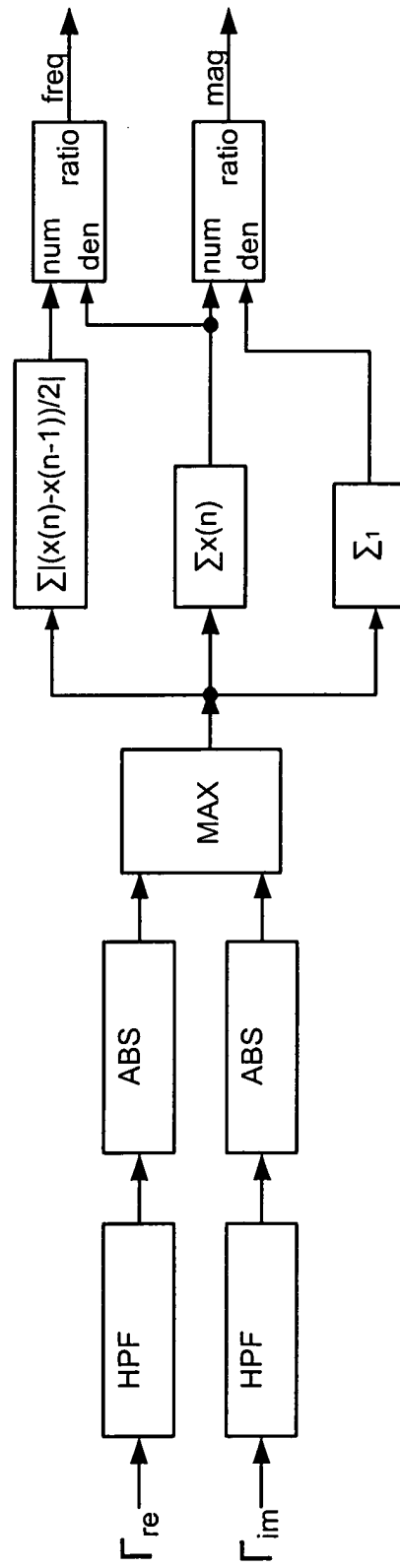


圖15



偵測元件

圖16

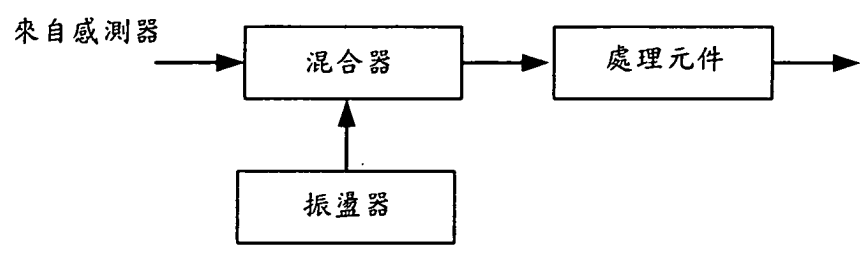


圖17A

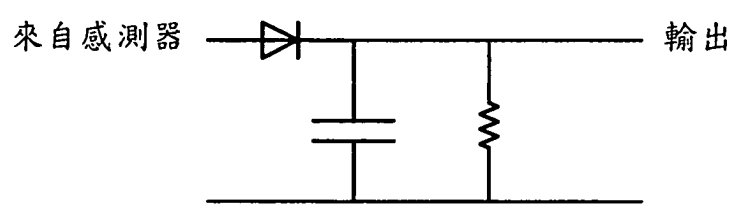


圖17B

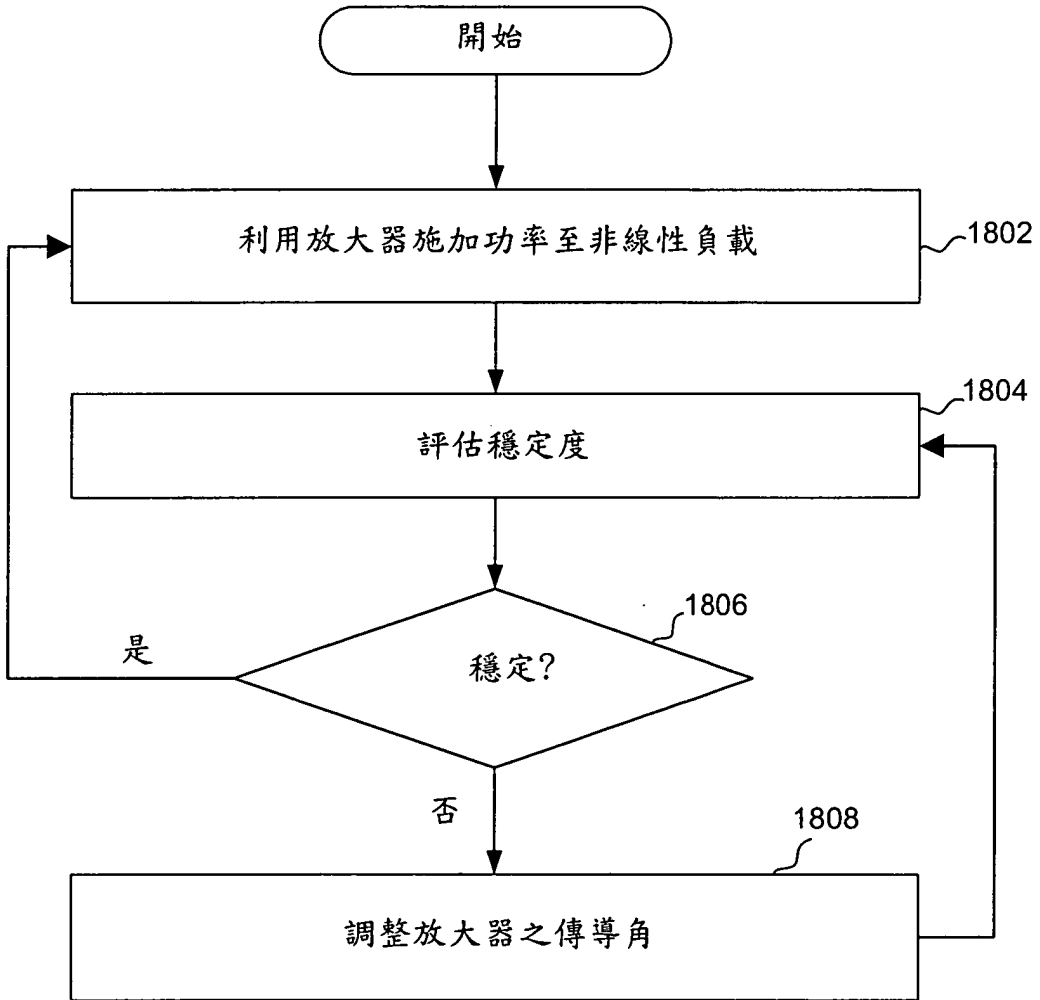


圖18











#### 四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：圖 1A。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

100	發電機
105	非線性負載
110	功率放大器
115、P	輸出功率
120、R	電阻
125、X	電抗
130	控制輸入端
135、C	控制訊號

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無

## 七、申請專利範圍：

### 1. 一種發電機，包括：

一功率放大器，架構以施加輸出功率至一負載以回應一功率控制訊號及一參考訊號；

一功率控制系統，耦接至該功率放大器，該功率控制系統依據一功率設定點及該輸出功率來調整該功率控制訊號；及

一補償子系統，耦接至該功率放大器，該補償子系統控制該功率放大器之傳導角以致能該功率放大器對該負載的阻抗變化之敏感度進行調整。

2. 如申請專利範圍第 1 項之發電機，其中該補償子系統包含一操作者介面，以致能該發電機之操作者來控制該功率放大器之敏感度。

3. 如申請專利範圍第 1 項之發電機，其中該補償子系統包含一不穩定度偵測器，架構以提供該輸出功率之不穩定度指標，其中該補償子系統被架構以依據該不穩定度指標來控制該功率放大器之傳導角。

4. 如申請專利範圍第 3 項之發電機，其中該補償子系統被架構以逐步方式來調整該功率放大器之傳導角，直到該輸出功率之不穩定度降低至一可容忍位準為止。

5. 如申請專利範圍第 1 項之發電機，其中該補償子系統被架構以依據該負載的阻抗來控制該功率放大器之傳導角。

6. 如申請專利範圍第 1 項之發電機，其中該功率放大器

係正常地被施加偏壓以操作於一特定類別的功率放大器，且該補償子系統控制該功率放大器之傳導角以致能該功率放大器來操作於至少一類別的功率放大器，以調整該功率放大器之敏感度。

7.如申請專利範圍第 1 項之發電機，其中該功率放大器之傳導角係藉由調整施加至該功率放大器之開關元件的閘極之訊號而受到控制。

8.如申請專利範圍第 7 項之發電機，其中施加至該閘極之訊號係藉由控制施加至該閘極之直流偏壓來調整。

9.如申請專利範圍第 8 項之發電機，其中該直流偏壓係藉由脈寬調變該直流偏壓而受到控制。

10.如申請專利範圍第 8 項之發電機，其中該直流偏壓的大小係受到控制。

11.如申請專利範圍第 7 項之發電機，其中施加至該之訊號係藉由控制施加至該閘極之參考訊號的大小來調整。

12.一種用於降低一發電機對一負載的阻抗變化之敏感度之方法，該方法包括：

使用一功率放大器來施加輸出功率至該負載；

控制該輸出功率的位準以回應一功率控制設定；及

調整該功率放大器之傳導角以降低該功率放大器對該負載的阻抗變化之敏感度位準。

13.如申請專利範圍第 12 項之方法，包含：

偵測該輸出功率之不穩定度；及

調整該功率放大器之傳導角以回應該不穩定度。

14.如申請專利範圍第 13 項之方法，其中調整步驟包含以一系列不連續調整來調整該傳導角，直到該不穩定度係低於一臨界值為止。

15.如申請專利範圍第 12 項之方法，包含：

測量該負載之阻抗；及

調整該功率放大器之傳導角以回應所測量到之阻抗。

16.如申請專利範圍第 12 項之方法，其中調整該傳導角包含調整施加至該功率放大器之場效電晶體的閘極之訊號。

17.如申請專利範圍第 16 項之方法，包含調整該訊號之參數，該參數選自由該訊號之大小、脈寬及頻率所構成的族群中。

18.一種發電機，包括：

用於使用一功率放大器來施加輸出功率至一負載之機構；

用於控制該輸出功率的位準以回應一功率控制設定之機構；及

用於調整該功率放大器之傳導角以降低該功率放大器對該負載之阻抗變化的敏感度位準之機構。

19.如申請專利範圍第 18 項之發電機，包含：

用於偵測該輸出功率的不穩定度之機構；及

用於調整該功率放大器之傳導角以回應該不穩定度之機構。

20.如申請專利範圍第 19 項之發電機，其中用於調整之

機構包含用於以一系列不連續調整來調整該傳導角直到該不穩定度係低於一臨界值為止之機構。

21.如申請專利範圍第 18 項之發電機，包含：

用於測量該負載的阻抗之機構；及

用於調整該功率放大器之傳導角以回應該測量阻抗之機構。

22.如申請專利範圍第 18 項之發電機，其中用於調整該傳導角之機構包含用於調整施加至該功率放大器之場效電晶體的閘極之訊號之機構。

23.如申請專利範圍第 22 項之發電機，包含用於調整該訊號的參數之機構，該參數選自由該訊號之大小、脈寬及頻率所構成的族群中。

24.一種發電機，包括：

至少二控制輸入端，其中該至少二控制輸入端中之至少一者被使用於修改該發電機對一負載的阻抗之敏感度，且該至少二控制輸入端中之至少一者被使用於控制該發電機之輸出功率，使得同一功率位準可隨著該至少二控制輸入端之不同位準組合而被傳送至該負載，且用以產生一要求功率位準以及對該負載的阻抗之可接受敏感度的控制輸入端組合可被利用。

25.如申請專利範圍第 24 項之發電機，其中該至少二控制輸入端中之第一者控制一導軌電壓(rail voltage)，且該至少二控制輸入端中之第二者控制該發電機之放大器之傳導角。