



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201018260 A1

(43)公開日：中華民國 99 (2010) 年 05 月 01 日

---

(21)申請案號：097140416

(22)申請日：中華民國 97 (2008) 年 10 月 22 日

(51)Int. Cl. : **H04R29/00 (2006.01)**

(71)申請人：國立交通大學(中華民國) NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY (TW)  
新竹市大學路 1001 號

(72)發明人：白明憲 BAI, MING SIAN R. (TW) ; 黃兆民 HUANG, CHAU MIN (TW) ; 陳榮亮  
CHEN, RONG LIANG (TW)

(74)代理人：林靜文

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：10 項 圖式數：10 共 34 頁

---

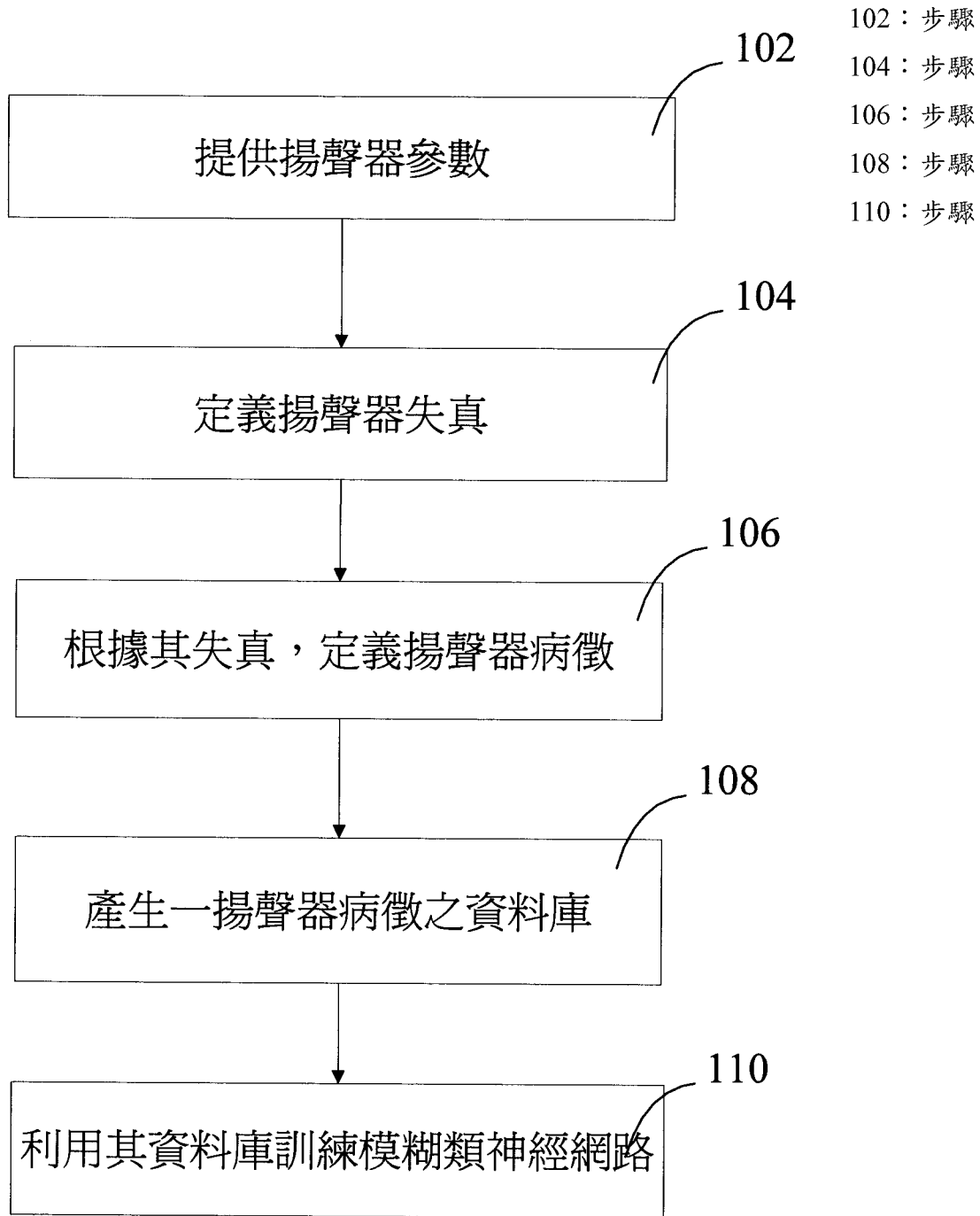
(54)名稱

揚聲器診斷系統及其製作方法

DIAGNOSTIC SYSTEM FOR LOUDSPEAKERS AND THE METHOD FORMING THE SAME

(57)摘要

本發明係關於一個揚聲器診斷系統及其製作方法。揚聲器工作在大訊號的情況下，許多揚聲器的非線性效應便會顯現，非線性效應會造成聲音的失真(distortion)，破壞其音質。本發明之揚聲器診斷系統利用類神經網路架構(neural fuzzy system)製作專門用於揚聲器缺陷診斷的專家系統，針對不同的失真型態，可以診斷出造成失真的來源並提供改善建議。



# 發明專利說明書

(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： 97140416

※申請日： 97.10.22 ※IPC分類： H04R 29/00 (2006.01)

## 一、發明名稱：(中文/英文)

揚聲器診斷系統及其製作方法/Diagnostic System for Loudspeakers and the Method Forming the same

## 二、中文發明摘要：

本發明係關於一個揚聲器診斷系統及其製作方法。揚聲器工作在大訊號的情況下，許多揚聲器的非線性效應便會顯現，非線性效應會造成聲音的失真(distortion)，破壞其音質。本發明之揚聲器診斷系統利用類神經網路架構(neural fuzzy system)製作專門用於揚聲器缺陷診斷的專家系統，針對不同的失真型態，可以診斷出造成失真的來源並提供改善建議。

## 三、英文發明摘要：

The present invention relates to a diagnostic system for loudspeakers and forming the same. When a loudspeaker works in the large signal domain, many nonlinearities of the loudspeaker may appear. Those nonlinearities cause distortions which may destroy the sound quality. The diagnostic system of the present invention utilizes neutral fuzzy system to form an expert system for diagnosing the loudspeaker. The system of the present invention can

diagnose defect sources according to different distortion types.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(一)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

102 步驟

104 步驟

106 步驟

108 步驟

110 步驟

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

## 六、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明係有關一種檢測系統，特別是關於揚聲器診斷系統及其製作方法。

### 【先前技術】

揚聲器工作於大訊號的情況下，許多揚聲器的非線性效應將會顯現，造成聲音失真(Distortion)而破壞音質。先前技術對於揚聲器缺陷的診斷倚賴專門人士判斷，人工判讀對於在效率、方便性、一致性上均不及電腦。

例如美國專利第 2003/0187636 號公開案揭露一種信號失真量測與評估系統及其方法。其系統係用於測量與評估系統 28 的特性。系統 28 係轉變電子、機械或聲音信號成另一種信號  $y$ ；或轉變激勵信號  $x$  成信號  $y$ 。誤差系統 30 模仿上述系統的轉換行為，估計輸出信號  $y'$ ，並產生誤差信號  $e$ 。誤差信號  $e$  顯示了額外的失真與輸出信號  $y$  在任何瞬間時間  $t$  的擾動(disturbances)；以及具有較低功率的瞬間失真(transient distortion)的最大值。上述誤差信號被供應至評估系統 44，藉以計算失真測量值，並顯示其失真資料數據。評估系統 44 亦可產生一控制輸出值 42，用以改善信號  $x$ ，確保系統最佳化激勵。

美國專利第 2005/0195982 號公開案亦揭露一種預估揚聲器參數之方法，其提供了一般模型，用以預測揚聲器之參數率(preference rating)。其模型基於複數個具有權重的獨立變數總和，計算揚聲器之參數率。其獨立變數可選

自最大化揚聲器參數的變數，以預估揚聲器之參數率。執行多個迴歸分析(Regression Analysis)步驟以確認個別用於選擇獨立變數之權重。具有權重的獨立變數被整理成揚聲器參數之變數所依附的線性關係。

美國專利第 2006/0135907 號公開案亦揭露了一種用於檢查醫療裝置之方法與裝置。上述裝置可耦合至醫療裝置，包含一聲音元件，偵測此醫療裝置之聲音，藉以監視並評估醫療裝置的效能與狀態。上述公開案亦揭露一種評估醫療裝置的操作、性能與狀態之方法。

美國專利第 2007/0291952 號公開案亦揭露了一種音頻連接之測試系統。其測試系統測試音源與揚聲器之間的音頻連接。上述系統包含一揚聲器，用以轉換一參考信號成一聲音。適應濾波器(adaptive filter)處理參考信號，以最小化誤差信號。決策電路分析誤差信號與接收信號，以確認信號關聯性(signal correlation)。當信號不具備關聯性，即代表缺陷。

上述現今技術所提供的方法或裝置，無法得知揚聲器的缺陷來源。再者，現今技術上之方法仍必須依賴人為的診斷方式，效率與成本皆非常昂貴。

現今技術尚未對於上述缺失提供良好的解決方案。

### 【發明內容】

基於上述，本發明之目的係在於提供一種揚聲器診斷系統及其製作方法，毋需利用人工方式診斷揚聲器之缺陷。

本發明係揭露一種揚聲器診斷系統，包含：一輸入單

元，用以輸入一揚聲器之參數或失真資料；一資料庫單元，儲存揚聲器病徵資料；一診斷單元，耦合至病徵資料庫單元，藉以分析揚聲器之情況；以及一輸出單元，以提供診斷單元之分析結果。

本發明亦揭露一種製作一揚聲器診斷系統之方法，包含：提供一揚聲器之參數；定義揚聲器診斷系統之揚聲器失真；根據揚聲器失真，定義揚聲器診斷系統之揚聲器病徵；產生揚聲器病徵之資料庫；以及利用上述資料庫，調校一模糊類神經網路至收斂(convergence)狀態。

其中上述提供揚聲器之步驟包括定義常數機電參數與非線性機電參數。

其中定義揚聲器診斷系統之揚聲器失真包括定義直流部分失真、諧波失真以及互調失真。

其中定義揚聲器病徵包括定義音圈不對稱(Asymmetry of force factor of the motor)、音圈長度(Coil height)、揚聲器懸吊系統不對稱(Asymmetry in suspension)、揚聲器懸吊系統限制(Symmetrical limiting of suspension)以及音圈電感不對稱(Asymmetry of inductance of voice coil)。

其中製作一揚聲器診斷系統之方法更包含調整揚聲器之失真以獲得具有特定該揚聲器病徵之資料。

本發明所提供的揚聲器診斷系統利用模糊類神經網路進行揚聲器診斷，較單純人工診斷效率高並精確，且其成本亦較低廉。本發明利用於設計、品管上可取代人力，使

設計與生產更有效率，且節省成本。

再者，本發明之診斷系統除了可診斷揚聲器缺陷來源，亦可提出設計上的改進方案，模擬改進後的響應。

### 【實施方式】

本發明將配合其較佳實施例與後附之圖式詳述於下。應可理解，本發明中之較佳實施例係僅用以說明，而非用以限定本發明。此外，除文中之較佳實施例外，本發明亦可廣泛應用於其他實施例，並且本發明並不限定於任何實施例，而應視後附之申請專利範圍而定。

貫穿本說明書之「一實施例(one embodiment)」或「實施例(a embodiment)」，其意指描述關於較佳實施例之一特殊特徵、結構或特性，且包含至少一個本發明之較佳實施例。因此，於本發明書之各處出現之片語於「一實施例中(in one embodiment)」或「於實施例中(in a embodiment)」，不須完全參照相同之實施例。再者，其特殊特徵、結構或特性可以任何適當之方式結合於一個或多個較佳實施例中。

本發明係揭露一種揚聲器診斷系統及其製作方法。本發明係利用模糊類神經網路(Neural Fuzzy Network System)，根據揚聲器的各種失真量測數據，以診斷揚聲器的缺陷以及造成缺陷的原因；並創造揚聲器失真與病徵之資料庫，調校模糊類神經網路，以診斷揚聲器失真，取代單純人為檢測判斷，並提供改善方案。

參照第一圖，根據本發明之實施例，為形成一揚聲器

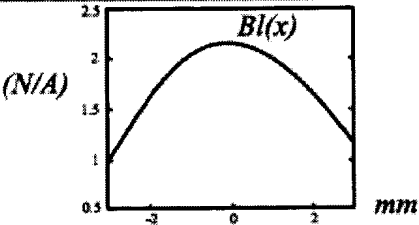
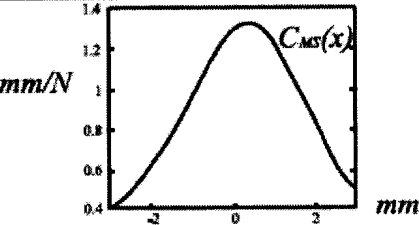
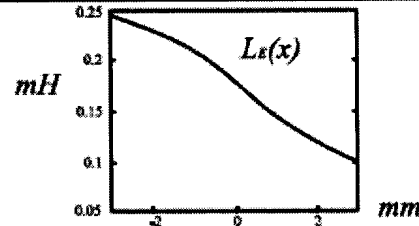
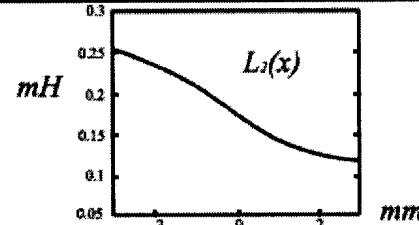
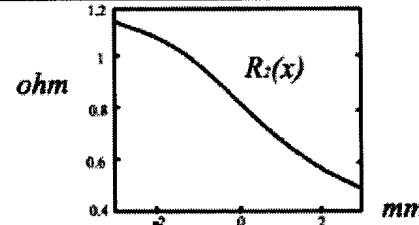


診斷系統之方法流程圖。上述形成一揚聲器診斷系統之方法包括提供揚聲器之參數(步驟 102)。然後再定義揚聲器診斷系統之揚聲器失真的種類(步驟 104)。根據上述各種揚聲器失真，定義揚聲器診斷系統之揚聲器病徵(步驟 106)。再利用上述揚聲器病徵產生許多病徵資料，以建置一揚聲器病徵資料庫(步驟 108)。最後，利用上述揚聲器病徵資料庫，調校一模糊類神經網路至收斂狀態(convergence)(步驟 110)。其更詳細之方法流程將下述。

根據較佳實施例，首先，吾人提供揚聲器之參數(步驟 102)。根據第二圖的揚聲器大訊號等效類比電路與第三圖的模擬揚聲器熱效應等效電路，可獲得揚聲器之參數。揚聲器的參數可分為常數部分與非線性部份之參數。揚聲器的主要的非線性來源包括揚聲器剛性(Stiffness)  $K_{MS}(x)$ 、馬達常數 (Force Factor)  $Bl(x)$  及音圈電感 (Voice Coil Inductance)  $LE(x)$ 。表一為微型揚聲器的常數機電參數；表二為其非線性部分機電參數。上述機電參數可由實際量測而獲得。

Parameter		Parameter	
$R_E (T=TA)$ (ohm)	6.0	$R_{tv} (K/W)$	6.58
$M_{MS}$ (KG)	$4.9 \times 10^{-3}$	$R_{tm} (K/W)$	2.51
		$C_{tv} (W_s/K)$	3.63
		$C_{tm} (W_s/K)$	410.74

表一

Parameter	
$Bl(x)$ (N/A)	 $Bl(x) = 2.130 - 0.045x - 0.110x^2 + 0.025x^3 - 0.010x^4 - 0.002x^5 + 0.001x^6 + 9.08e^{-x^2} - 5.25e^{-x^4}$
$C_{MS}(x)$ (mm/N)	 $C_{MS}(x) = 1.291 + 0.169x - 0.183x^2 - 0.049x^3 + 0.014x^4 + 0.006x^5 - 0.00032x^6 - 0.00026x^7 - 1.36e^{-x^2}$
$L_E(x)$ (mH)	 $L_E(x) = 0.173 - 0.036x - 0.001x^2 + 0.003x^3 + 0.004x^4 - 0.0004x^5 - 7.021e^{-x^2} + 2.194e^{-x^4} + 4.199e^{-x^6}$
$L_2$ (mH)	 $L_2 = 0.184 - 0.036x - 0.001x^2 + 0.002x^3 + 0.001x^4 - 0.000089x^5 - 0.000001x^6$
$R_2$ (ohm)	 $R_2 = 0.187 - 0.161x - 0.005x^2 + 0.009x^3 + 0.0004x^4 - 0.00039x^5 - 0.000006x^6$
$F_m(x, i_1, i_2)$ (N)	$F_m(x, i_1, i_2) \approx \frac{i_1^2}{2} \frac{\partial L_E(x)}{\partial x} - \frac{i_2^2}{2} \frac{\partial L_2(x)}{\partial x}$

表二

隨後定義揚聲器失真(步驟 104)。揚聲器工作在大訊號

環境下，因為訊號與振幅的增大，許多非線性效應會逐漸產生，造成揚聲器失真。例如，非線性系統

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + \dots + a_nx^n \quad (1)$$

當輸入  $x = A\sin(\omega t)$ ，則

$$x^2 = A^2 [1 - 0.5\cos(2\omega t)] \quad (2)$$

$$x^3 = A^3 [0.75\sin(\omega t) - 0.25\sin(3\omega t)] \quad (3)$$

$$x^4 = A^4 [0.375 - 0.5\cos(2\omega t) + 0.125\cos(4\omega t)] \quad (4)$$

由(2)-(4)可發現非線性系統(1)的高次項在輸出產生的訊號，除了基頻部份，還包含直流部分與倍頻部份。這些倍頻訊號即為揚聲器的失真。失真率是重要的性能參數，若揚聲器有過大的失真代表設計不良或具有缺陷。

根據國際電工委員會(International Electrotechnical Commission, IEC)對揚聲器失真量測的規範(IEC 60268 (Sound system equipment))，輸入於揚聲器的訊號包含兩個頻率，如第四圖所示。其中第一頻率  $f_1$  取樣在揚聲器共振頻率  $f_s$  處；第二頻率  $f_2$  取樣在  $8f_1$  處，且振幅(Amplitude) $U_1=4U_2$ 。在輸出部分會有失真產生，頻率為第一頻率  $f_1$  倍數的稱為諧波失真(Harmonic Distortion)，將其定義為：

$$HD_n = \frac{|P_n|}{P_t} 100\% \quad (n = 2, 3, 4, \dots) \quad (5)$$

$P$  代表狀態變數(如聲壓、振幅及電流等)， $P_t$  代表此狀態變數之總合，定義為：

$$P_t = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T p(t)^2 dt} \quad (6)$$

在鄰近第二頻率  $f_2$  處，則有頻率為  $f_2 \pm nf_1$  的失真生成，此稱為互調失真 (Inter-Modulation)，定義為：

$$\text{IMD}_n = \frac{|P(j\omega_2 - (n-1)j\omega_1)| + |P(j\omega_2 + (n-1)j\omega_1)|}{|P(j\omega_2)|} \times 100\% \quad (n = 2, 3, 4, \dots) \quad (7)$$

另外直流項 ( $X_{DC}$ ) 的失真部份，定義為：

$$X_{DC} = \frac{|X_{DC \text{ Component}}|}{X(j\omega_s)} \times 100\% \quad (8)$$

再參考第二圖與第三圖，根據 IEC 60268，將輸入訊號  $u$  取為：

$$u(t) = U_1 \sin(2\pi f_1 t) + U_2 \sin(2\pi f_2 t) \quad (9)$$

第三圖中的  $P$  為輸入功率，而達到穩態的最終音圈上升溫度  $\Delta T_{vss}$  與磁鐵上升溫度  $\Delta T_{mss}$  便由輸入功率與熱阻  $R_{tv}$ 、 $R_{tm}$  決定：

$$\Delta T_{vss} = (R_{tv} + R_{tm})P \quad (10)$$

$$\Delta T_{mss} = R_{tm}P \quad (11)$$

在溫度尚未上升到達穩態前，必須考慮熱電容  $C_{tv}$ 、 $C_{tm}$  的效應，其溫度隨時間上升的行為可用 RC 的充電公式推導：

$$\Delta T_m(t) = \Delta T_{mss} (1 - e^{-t/\tau_m}) \quad (12)$$

$$\Delta T_v(t) = (\Delta T_{vss} - \Delta T_{mss})(1 - e^{-t/\tau_v}) + \Delta T_m(t) \quad (13)$$

其中

$$\tau_m = C_{tm} \times R_{tm} \quad (14)$$

$$\tau_v = C_{iv} \times R_{iv} \quad (15)$$

而溫度影響最重要的  $R_E$  值，則可用下式計算得到：

$$R_E(T_a + \Delta T_v) = R_E(T_a)(1 + \delta \Delta T_v) \quad (16)$$

其中  $\delta$  為熱傳導係數，銅材質的  $\delta$  值約為  $0.00393\text{K}^{-1}$ ，鋁約  $0.00377\text{K}^{-1}$ 。

根據第二圖的大訊號等效電路，可得到式(17)的微分方程式：

$$\begin{cases} u = iR_E(T_v) + \frac{d(L_E(x)i)}{dt} + \frac{d(L_2(x)i_2)}{dt} + Bl(x,i)v \\ \frac{L_2(x)di_2}{dt} = (i - i_2)R_2(x) \\ Bl(x,i)i + \frac{i_2}{2} \frac{\partial L_E(x)}{\partial x} + \frac{i_2^2}{2} \frac{\partial L_2(x)}{\partial x} = M_{MS} \frac{d^2x}{dt^2} + R_{MS} \frac{dx}{dt} + K_{MS}x \end{cases} \quad (17)$$

選擇  $y_1 = x$  ;  $y_2 = v$  ;  $y_3 = i$  ;  $y_4 = i_2$ ，將式(17)改寫成狀態方程式，可得：

$$\begin{cases} y_1' = y_2; \\ y_2' = \frac{1}{M_{MS}} \left( -\frac{1}{C_{MS}} y_1 - R_{MS} y_2 + Bl(x,i) y_3 + \frac{1}{2} \frac{\partial L_E(x)}{\partial x} y_3^2 + \frac{1}{2} \frac{\partial L_2(x)}{\partial x} y_4^2 \right); \\ y_3' = \frac{1}{L_E(x)} \left[ -Bl(x,i) y_2 - \frac{\partial L_E(x)}{\partial x} y_2 y_3 - \frac{\partial L_2(x)}{\partial x} y_2 y_4 - (R_E + R_2) y_3 + R_2(x) y_4 + u \right]; \\ y_4' = \frac{R_2(x)}{L_2(x)} (y_3 - y_4); \end{cases} \quad (18)$$

利用 explicit Runge-Kutta Method 來解式(18)的狀態方程式，可得到振幅  $x(t)$  與揚聲器的振膜速度  $v(t)$  在時域上的響應，再經過傅立葉轉換分析，得到振幅  $X(j\omega)$ 、振膜速度  $V(j\omega)$  在頻域上的頻譜，根據聲場輻射公式計算 1 米 (m) 處的聲壓：

$$P_{\text{far(1m)}}(j\omega) = (j\omega) \cdot \rho_0 S_d V \cdot e^{-\frac{j\omega}{c}} \quad (19)$$

可模擬出聲壓響應頻譜，如第五圖所示。

由第五圖可觀察到諧波失真與互調失真的各個分量，根據式(5)及(7)-(8)可計算出 2、3 階諧波失真率與互調失真率，以及直流項部分：

$$\text{HD}_2 = \frac{|P_2|}{P_1} \times 100\% \quad (20)$$

$$\text{HD}_3 = \frac{|P_3|}{P_1} \times 100\% \quad (21)$$

$$\text{IMD}_2 = \frac{|P(j\omega_2 - j\omega_1) + |P(j\omega_2 + j\omega_1)|}{|P(j\omega_2)|} \times 100\% \quad (22)$$

$$\text{IMD}_3 = \frac{|P(j\omega_2 - 2j\omega_1) + |P(j\omega_2 + 2j\omega_1)|}{|P(j\omega_2)|} \times 100\% \quad (23)$$

$$X_{\text{DC}} = \frac{|X_{\text{DC Component}}|}{X(j\omega_s)} \times 100\% \quad (24)$$

可根據上述失真率定義揚聲器之病徵(步驟 106)。從揚聲器失真的總額、階數，可推論出造成失真的來源，如表三所示。例如，若揚聲器同時具有高 2 階諧波失真與 2 階互調失真，則造成此揚聲器失真的主要病徵(Cause)便是馬達常數  $B1(x)$  的不對稱性。

一般而言，額定功率時失真率在 10% 內為可接受，可依照其需求設計揚聲器診斷系統之失真率的容許範圍，例如可設計失真率容許率在 1% 內。

揚聲器失真 之病徵	$X_{DC}$	$HD_2$	$HD_3$	$IMD_2$	$IMD_3$	$IMD_{2,i}$
音圈不對稱		x		x		
音圈高度			x		x	
揚聲器懸吊 系統不對稱	x	x				
揚聲器懸吊 系統限制			x			
音圈電感不 對稱				x		x

表三

以下解釋表三內的每項病徵：

- (1) 音圈不對稱 (Asymmetry of force factor of the motor): 音圈的不對稱性，馬達常數曲線  $Bl(x)$  對原點 ( $x=0$ ) 不對稱。
- (2) 音圈長度 (Coil height): 馬達常數曲線呈對稱性，但音圈長度過短。
- (3) 揚聲器懸吊系統不對稱 (Asymmetry in suspension): 揚聲器懸吊系統不具對稱性， $K_{MS}(x)$  曲線對原點 ( $x=0$ ) 呈現不對稱。
- (4) 揚聲器懸吊系統限制 (Symmetrical limiting of suspension): 揚聲器懸吊系統限制  $K_{MS}(x)$  曲線的對稱性。

- (5) 音圈電感不對稱(Asymmetry of inductance of voice coil):音圈電感的不對稱性。

再定義揚聲器各項病徵後，可產生許多病徵資料數據，以建置一揚聲器病徵資料庫(步驟 108)。於本實施例，以數值模擬的方式來產生病徵數據。例如，模擬一個具有「揚聲器懸吊系統不對稱」病徵的頻譜，則將揚聲器  $C_{MS}(x)$  曲線水平移動  $\Delta x$  的距離，使其對原點不對稱，為了單純表現  $C_{MS}(x)$  的效應，其餘非線性項目設為常數，如第六圖所示。將調整後的  $C_{MS}(x)$ 、 $B1(x)$ 、 $LE(x)$  等帶入式(18)-(24)計算，可得到表四的失真率，其中列出原始的失真率與調整後的失真率，可發現顯著增加的失真部分是  $X_{DC}$ 、 $HD_2$ ，如此符合表三的預期。

	$X_{DC}$	$HD_2$	$HD_3$	$IMD_2$	$IMD_3$	$IMD_{2,i}$
原始值	11.0%	2.6%	4.9%	0.2%	0.4%	0.1%
調整值	45.6%	12.6%	7.4%	0.7%	0.58%	0.1%

表四

欲模擬具有「音圈長度」病徵的揚聲器頻譜，則調整  $B1(x)$  的係數，增加其非線性的程度。為了單純表現  $B1(x)$  的效應，其餘非線性項目設為常數，如第七圖所示。將調整後的  $C_{MS}(x)$ 、 $B1(x)$ 、 $LE(x)$  等帶入式(18)-(24)計算，可得到表五的失真率，其中列出原始的失真率與調整後的失真率，可發現顯著增加的失真部分是  $X_{DC}$ 、 $HD_2$ ，如此符合表三的預期。



	$X_{DC}$	$HD_2$	$HD_3$	$IMD_2$	$IMD_3$	$IMD_{2,i}$
原始值	0.02%	0.05%	2.55%	0.09%	7.9%	0.01%
調整值	0.08%	0.03%	4.15%	0.05%	12.5%	0.01%

表五

其餘的病徵皆依此法模擬，即可得到一系列的病徵資料數據，以建置揚聲器病徵資料庫。隨後再利用此資料庫用以調校一模糊類神經網路至收斂(convergence)狀態，(步驟 110)。

參照第八圖，為本發明實施例之模糊類神經網路 200 之架構示意圖。本發明實施例之揚聲器診斷系統所使用的模糊類神經網路 200 架構為由五層所構成，然並非用以限定本發明，任何適合本發明的模糊類神經網路架構皆可應用於本發明。

模糊類神經網路 200 由下而上包括五層，分別為第一層 202 與第二層 204 所構成的前提層(premise layer)；第三層 206 構成的規則層(rule layer)；以及第四層 208 與第五層 210 所構成的結論層(conclusion layer)。

第一層 202 可稱為模糊類神經網路 200 的輸入層，資料是由第一層 202 輸入；而相對地，第五層 210 可稱為輸出層，透過輸入的資料，最終透過第五層 210 輸出其結果。第一層 202 包括複數個輸入語言節點(FILN)，可將外界輸入值輸出至下一層。而第五層 210 亦包括多個輸出語言節點(FOLN)，以進行解模糊(defuzzifier)，並將所得到的結果輸出。

模糊類神經網路 200 之第二層 204 為輸入語言項層；而第四層 208 可稱為輸出語言項層。上述兩層 204 與 208 中的每一個節點均代表一個語言項(linguistic term)。其每個節點均儲存著代表此語言項的隸屬度函數(membership function)，輸入值與節點內隸屬度函數匹配，以將匹配值輸出。

第三層 206 的節點為規則節點(rule node)，其節點與第二層 204 之間的鏈結；以及其與第四層 208 之間的鏈結，構成網路 200 的模糊法則(rule)。上述法則的形式為：

$$\text{If } (x_1 \text{ is } T_{x11} \text{ and } \dots \text{ and } x_p \text{ is } T_{xpl}) \text{ Then } (y_1 \text{ is } T_{y11} \text{ and } \dots \text{ and } y_q \text{ is } T_{yql})$$

第二層 202 與第三層 206 間的鏈結代表著模糊法則的前提部分；第三層 206 與第四層 208 間的鏈結代表其法則的結論部分，而上述規則節點則是作為邏輯「AND」的功能。

以下則列出網路 200 內各層之間的運算式：

(i) 前提層(第一層 202 與第二層 204)

$$f_i = \frac{|x - m_{1ih}|}{l_{1ih}} \quad (25)$$

$$u_{1ih} = \begin{cases} 0 & \text{if } f_i(x) > 1 \\ 1 - f_i(x) & \text{if } f_i(x) < 1 \end{cases} \quad (26)$$

其中  $m_{1ih}$ 、 $l_{1ih}$  分別代表第二層 204 第  $i$  個 FILN，其第  $h$  個模糊集合隸屬度函數中的中點與半徑， $u_{1ih}$  為輸入與第  $i$  個 FILN，其第  $h$  個模糊集合隸屬度函數的匹配度。

(ii)規則層(第三層 206)

$$u_{2j} = f_2(x) = w_{11j_1} u_{11h_1} \times w_{12j_2} u_{12h_2} \times \dots \times w_{1pj_p} u_{1ph_p} \quad (27)$$

$u_{2j}$  代表第三層 206 中第  $j$  個規則的匹配度， $w_{1pj_p}$  代表第  $p$  個 FILN 中，其第  $h_p$  個語言項到第  $j$  個規則點間鏈結的權重值。

(iii) 結論層 (第四層 208 與第五層 210)

$$Z_{kj} = \max(w_{2ikj} u_{2ikj}) \quad (28)$$

$$v_j = \frac{\sum_{k=1}^{g(j)} m_{3kj} l_{3kj} Z_{kj} (1 + z_{kj})}{\sum_{k=1}^{g(j)} l_{3kj} Z_{kj} (1 + z_{kj})} \quad (29)$$

$$y'_j = f_3(x) = v_j \quad (30)$$

結論層利用 max 函數挑選匹配度最高的規則，利用重心法解模糊化即得到最後的輸出。

吾人利用倒傳遞演算法調校修正網路 200 內部的權重植。首先，定義誤差函數：

$$E = \frac{1}{2} \sum_k (y_k - y'_k)^2 \quad (31)$$

其中  $y_k$  為目標值， $y'_k$  為目前網路輸出值，利用梯度法逐步修正各層內可調整的參數，其調整方式如下式：

$$w(t+1) = w(t) - \Delta w(t) \quad (32)$$

$$\Delta w(t) = \eta \times \frac{\partial E}{\partial w} + \alpha \times \Delta w(t-1) \quad (33)$$

其中  $\eta$  為學習速率， $\alpha$  為慣性量，在演算法中加入慣性量可改善收斂過程中震盪的現象及加速收斂。

調整網路 200 內各層之權重值：

(a) 結論層：

在這層中有  $m_{3k}$ 、 $l_{3k}$ 、 $w_{2k}$  三個參數可以調整，在此層中由於式(32)中  $\max$  的關係，因此調整  $w_{2k}$  時乃採取選擇最大值之鍵結上的權重值調整之。

$$\frac{\partial E}{\partial m_{3kj}} = \frac{\partial E}{\partial y} \frac{\partial y}{\partial v} \frac{\partial v}{\partial m_{3kj}} = -(y_j - y'_j) \times \frac{l_{3kj} z_{kj} (1 + z_{kj})}{\sum_{k=1}^{g(j)} l_{3kj} z_{kj} (1 + z_{kj})} \quad (34)$$

$$m_{3kj}(t+1) = m_{3kj}(t) - \Delta m_{3kj} \quad (35)$$

$$\frac{\partial E}{\partial l_{3kj}} = \frac{\partial E}{\partial y} \frac{\partial y}{\partial v} \frac{\partial v}{\partial m_{3kj}} = -(y_j - y'_j) \times \left\{ \frac{l_{3kj} z_{kj} (1 + z_{kj})}{\sum_{k=1}^{g(j)} l_{3kj} z_{kj} (1 + z_{kj})} - \frac{\sum_{k=1}^{g(j)} m_{3kj} l_{3kj} z_{kj} (1 + z_{kj}) \times z_{kj} (1 + z_{kj})}{\left[ \sum_{k=1}^{g(j)} l_{3kj} z_{kj} (1 + z_{kj}) \right]^2} \right\} \quad (36)$$

$$l_{3kj}(t+1) = l_{3kj}(t) - \Delta l_{3kj} \quad (37)$$

$$\frac{\partial E}{\partial w_{2ikj}} = \frac{\partial E}{\partial y} \frac{\partial y}{\partial v} \frac{\partial v}{\partial z_{kj}} \frac{\partial z_{kj}}{\partial w_{2ikj}} = -(y_j - y'_j) \times \left\{ \frac{m_{3kj} l_{3kj} (1 + 2z_{kj})}{\sum_{k=1}^{g(j)} l_{3kj} z_{kj} (1 + z_{kj})} - \frac{\sum_{k=1}^{g(j)} m_{3kj} l_{3kj} z_{kj} (1 + z_{kj}) \times l_{3kj} (1 + 2z_{kj})}{\left[ \sum_{k=1}^{g(j)} l_{3kj} z_{kj} (1 + z_{kj}) \right]^2} \right\} \times u_{2ikj} \quad (38)$$

$$w_{2ikj}(t+1) = w_{2ikj}(t) - \Delta w_{2ikj} \quad (39)$$

(b) 規則層：

在此層中僅  $w_{1j}$  需要調整。

$$\frac{\partial E}{\partial w_{1ji}} = \frac{\partial E}{\partial y} \frac{\partial y}{\partial v} \frac{\partial v}{\partial z_{kj}} \frac{\partial z_{kj}}{\partial u_2} \frac{\partial u_2}{\partial w_{1jk}}$$

$$= -(y_j - y'_j) \times \left\{ \frac{m_{3kj} l_{3kj} (1 + 2z_{kj}) \left[ \sum_{k=1}^{g(j)} m_{3kj} l_{3kj} z_{kj} (1 + z_{kj}) \right] \times l_{3kj} (1 + 2z_{kj})}{\sum_{k=1}^{g(j)} l_{3kj} z_{kj} (1 + z_{kj}) \left[ \sum_{k=1}^{g(j)} l_{3kj} z_{kj} (1 + z_{kj}) \right]^2} \right\} \quad (40)$$

$\times w_{2ikj} \times u_{1il} \times u_{1i2} \times w_{1i2} \times \dots \times u_{1ih} \times w_{1ih}$

$$w_{1ii}(t+1) = w_{1ii}(t) - \Delta w_{1ii} \quad (41)$$

(c) 前提層：

在此層中調整  $m_1$ 、 $l_1$  兩個參數。

$$\frac{\partial E}{\partial w_{1jh}} = \frac{\partial E}{\partial y} \frac{\partial y}{\partial v} \frac{\partial v}{\partial z_{kj}} \frac{\partial z_{kj}}{\partial u_2} \frac{\partial u_2}{\partial u_{1jh}} \frac{\partial u_{1jh}}{\partial m_{1jh}} \quad (42)$$

$$m_{1ih}(t+1) = m_{1ih}(t) - \Delta m_{1ih} \quad (43)$$

$$\frac{\partial E}{\partial l_{1jh}} = \frac{\partial E}{\partial y} \frac{\partial y}{\partial v} \frac{\partial v}{\partial z_{kj}} \frac{\partial z_{kj}}{\partial u_2} \frac{\partial u_2}{\partial u_{1jh}} \frac{\partial u_{1jh}}{\partial l_{1jh}} \quad (44)$$

$$l_{1jh}(t+1) = l_{1jh}(t) - \Delta l_{1jh} \quad (45)$$

要使得揚聲器診斷系統之模糊類神經網路 200 能正確的運作，則必須透過調校(training)的方式，讓模糊類神經網路 200 反覆的學習，直到對於輸入層中每個輸入都能正確對應到所需要的輸出。透過建立出上述病徵資料庫可提供調校樣本(training pattern)，使模糊類神經網路 200 在學習的過程中可重複參考學習。

模糊類神經網路調校的目的，就是讓模糊類神經網路 200 的輸出越接近目標值，亦即，相同的輸入進入到模糊類神經網路 200，得到的輸出值亦要相同。模糊類神經網路 200 未調校前，其輸出是凌亂的，隨著調校次數的增加，模糊類神經網路 200 的鍵結值會逐漸的被調整，使得目標

值與網路 200 的輸出兩者誤差越來越小。當兩者的誤差幾乎不再變化時，我們稱此類神經網路已收斂 (convergence)，此時類神經網路 200 便調校完成。通常我們會定義一個價值函數 (cost function) 作為網路 200 收斂的指標，價值函數將會隨著網路的調校次數越變越小最後幾乎不再變化，如此即完成了模糊類神經網路之調校。繪出誤差函數  $E$  與網路調校次數圖，如第九圖所示。若誤差收斂至允許範圍，則完成了模糊類神經網路 200 之調校。將欲診斷之揚聲器失真數據輸入此網路 200，透過完成調校之模糊類神經網路 200，便可進行揚聲器病徵診斷，有效地改善人為診斷之缺點，且在效益上與經濟上皆較人工診斷有利。

本發明亦揭露一種揚聲器診斷系統 300，根據較佳實施例，參照第十圖，其揚聲器診斷系統 300 包括輸入單元 302、資料庫單元 304、診斷單元 306、以及輸出單元 308。透過輸入單元 302，可將具有揚聲器的參數或失真資料輸入至揚聲器診斷系統 300。輸入的失真資料經由揚聲器診斷系統 300 之診斷單元 306 分析，可獲知此揚聲器之具體病徵，並透過輸出單元 308 輸出診斷單元 306 之分析結果。資料庫單元 304 則是儲存許多揚聲器的病徵資料數據。

輸入單元 302 可包括所有可輸入揚聲器參數之裝置，例如一般電腦主機系統的輸入裝置，用以輸入揚聲器之參數資料。例如，前述表一與表二之機電參數資料。

資料庫單元 304，是用來儲存所有揚聲器病徵資料，

其病徵資料的定義與上述相同，故不再贅述。

診斷單元 306，耦合至資料庫單元 304。診斷單元 306 可包括一模糊類神經網路，用以分析揚聲器之狀態，以診斷其病徵。有關本發明之實施例模糊類神經網路之敘述與上述網路 200 相同。

輸出單元 310 耦合至診斷單元 306，將診斷單元 306 所分析之診斷結果輸出，例如透過一顯示裝置顯示其診斷結果。

於本實施例中，本揚聲器診斷系統 300 是透過一具有一般功能之電腦系統所實現，故一般電腦系統所具備之構成元件及其操作，於本發明之實施例中將不特別贅述，以模糊本發明焦點。

以下敘述揚聲器診斷系統 300 之操作。使用者可將失真或有缺陷的揚聲器，透過量測方式以獲得其揚聲器參數。其特定的參數如同上述表一及表二所述。

獲得上述揚聲器參數後，將其參數資料透過輸入單元 302 輸入至揚聲器診斷系統 300 內。上述參數資料經由診斷單元 306 所分析，將所得到的結果輸出至輸出單元 308。診斷系統 300 將會透過輸出單元輸出分析結果，提供給使用者。

本發明所提供的揚聲器診斷系統利用模糊類神經網路進行揚聲器診斷，較單純人工診斷效率高並精確，且其成本亦較低廉。

本發明以較佳實施例說明如上，然其並非用以限定本

發明所主張之專利權利範圍。其專利保護範圍當視後附之申請專利範圍及其等同領域而定。凡熟悉此領域之技藝者，在不脫離本專利精神或範圍內，所作之更動或潤飾，均屬於本發明所揭示精神下所完成之等效改變或設計，且應包含在下述之申請專利範圍內。

### 【圖式簡單說明】

上述元件，以及本發明其他特徵與優點，藉由閱讀實施方式之內容及其圖式後，將更為明顯：

第一圖根據較佳實施例，為本發明之形成一揚聲器診斷系統之方法流程圖。

第二圖根據較佳實施例，為揚聲器大訊號等效類比電路圖。

第三圖根據較佳實施例，為模擬揚聲器熱效應等效電路圖。

第四圖根據較佳實施例，為輸入於揚聲器之雙頻訊號之頻譜圖。

第五圖根據較佳實施例，為模擬聲壓之頻譜圖。

第六圖根據較佳實施例，模擬揚聲器懸吊系統不對稱病徵的非線性參數曲線示意圖。

第七圖根據較佳實施例，模擬音圈高度病徵的非線性參數曲線示意圖。

第八圖根據較佳實施例，為模糊類神經網路之架構示意圖。

第九圖根據較佳實施例，為誤差收斂曲線之示意圖。



第十圖根據較佳實施例，為本發明之揚聲器診斷系統方塊圖。

【主要元件符號說明】

102	步驟
104	步驟
106	步驟
108	步驟
110	步驟
200	模糊類神經網路
202	第一層
204	第二層
206	第三層
208	第四層
210	第五層
300	揚聲器診斷系統
302	輸入單元
304	資料庫單元
306	診斷單元
308	輸出單元

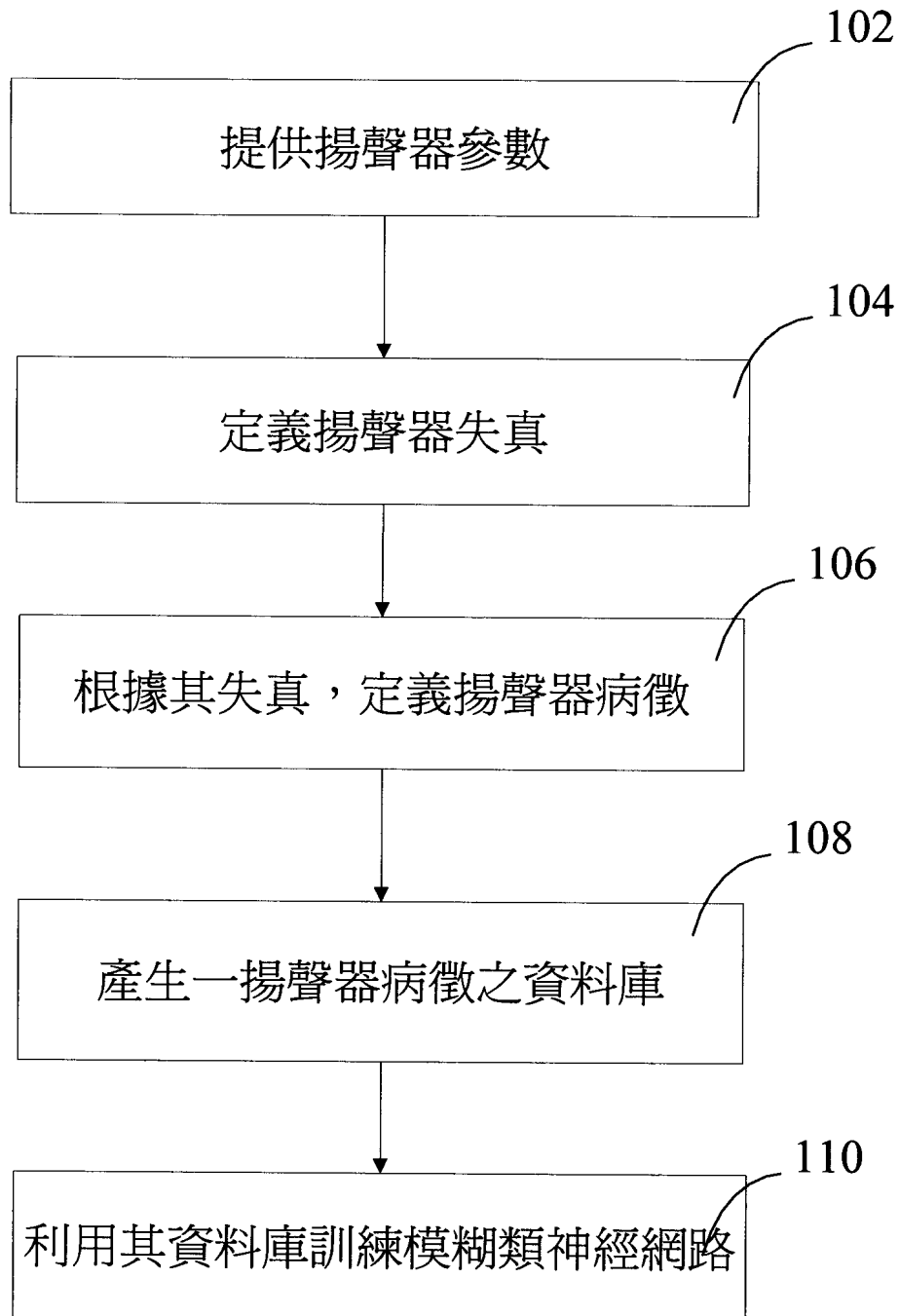
七、申請專利範圍：

1. 一種製作一揚聲器診斷系統之方法，包含：  
提供一揚聲器之參數；  
定義該揚聲器診斷系統之揚聲器失真；  
根據該揚聲器失真，定義該揚聲器診斷系統之揚聲器病徵；  
產生該揚聲器病徵之資料庫；以及  
利用該資料庫，調校一模糊類神經網路至收斂 (convergence) 狀態。
2. 如請求項 1 之製作一揚聲器診斷系統之方法，其中提供該揚聲器之該參數包括定義常數機電參數與非線性機電參數。
3. 如請求項 1 之製作一揚聲器診斷系統之方法，其中定義該揚聲器診斷系統之揚聲器失真包括定義直流部分失真、諧波失真以及互調失真。
4. 如請求項 1 之製作一揚聲器診斷系統之方法，其中定義該揚聲器病徵包括定義音圈不對稱 (Asymmetry of force factor of the motor)、音圈長度 (Coil height)、揚聲器懸吊系統不對稱 (Asymmetry in suspension)、揚聲器懸吊系統限制 (Symmetrical limiting of suspension) 以及音圈電感不對稱 (Asymmetry of inductance of voice coil)。

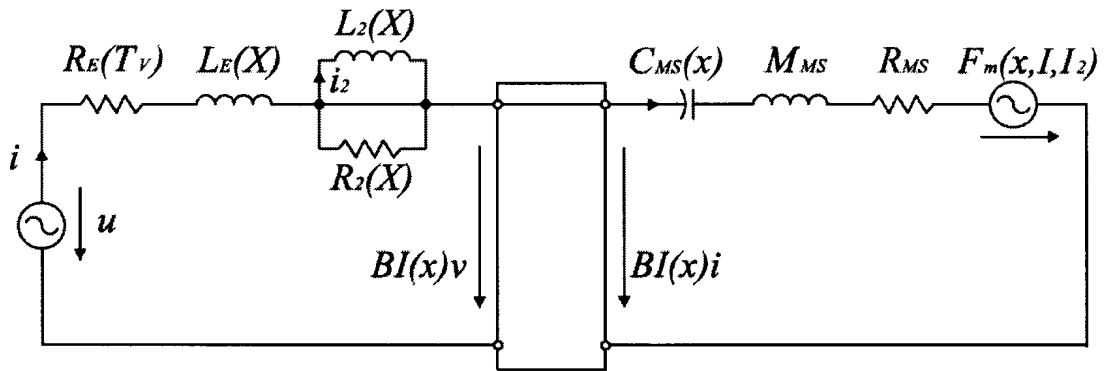
5. 如請求項 1 之製作一揚聲器診斷系統之方法，更包含調整揚聲器之失真以獲得具有特定該揚聲器病徵之資料。
6. 一種揚聲器診斷系統，包含：
  - 一輸入單元，用以輸入一揚聲器之參數或失真資料；
  - 一資料庫單元，儲存揚聲器病徵資料；
  - 一診斷單元，耦合至該病徵資料庫單元，藉以分析該揚聲器之情況；
  - 以及
  - 一輸出單元，以提供該診斷單元之分析結果。
7. 如請求項 6 之揚聲器診斷系統，其中該參數包括常數機電參數與非線性機電參數。
8. 如請求項 6 之揚聲器診斷系統，其中該揚聲器失真包括直流部分失真、諧波失真以及互調失真。
9. 如請求項 6 之揚聲器診斷系統，其中該揚聲器病徵包括定義音圈不對稱 (Asymmetry of force factor of the motor)、音圈長度 (Coil height)、揚聲器懸吊系統不對稱 (Asymmetry in suspension)、揚聲器懸吊系統限制 (Symmetrical limiting of suspension) 以及音圈電感不對稱 (Asymmetry of inductance of voice coil)。

10. 如請求項 6 之揚聲器診斷系統，其中該診斷單元包括一模糊類神經網路，用以分析該揚聲器之失真。

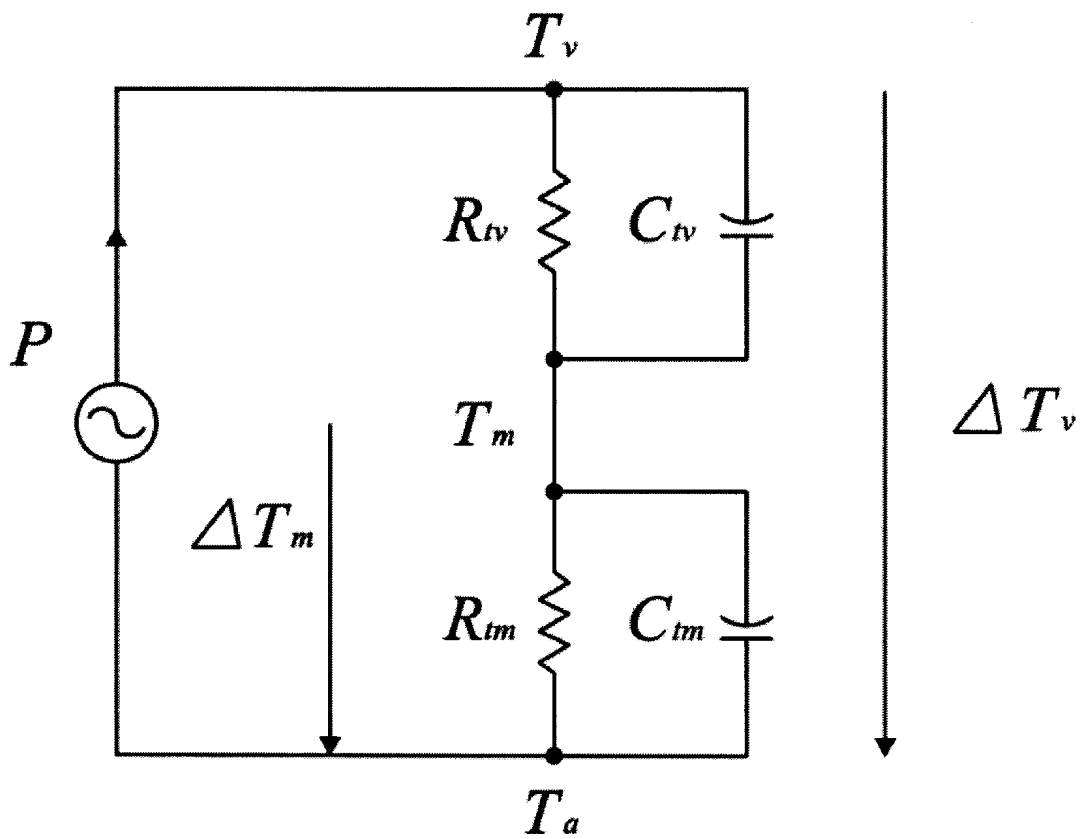
八、圖式：



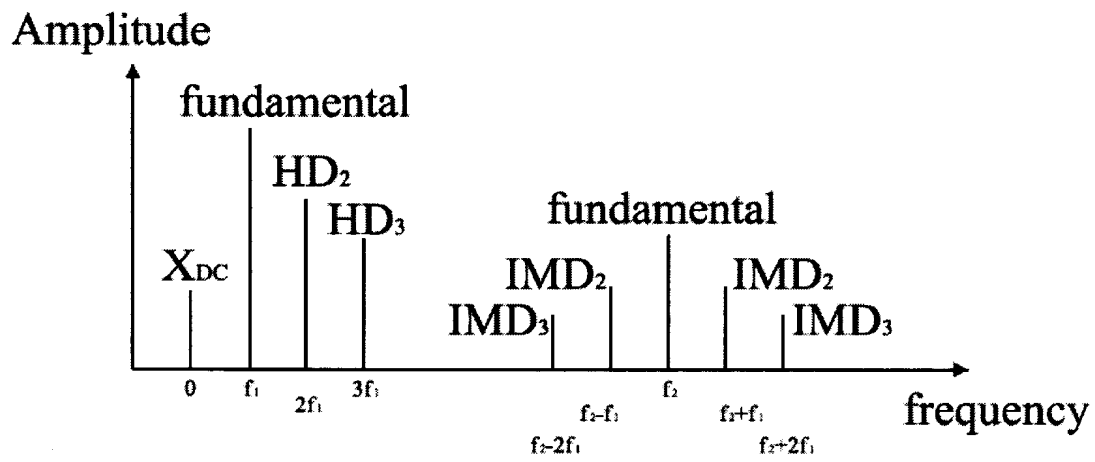
第一圖



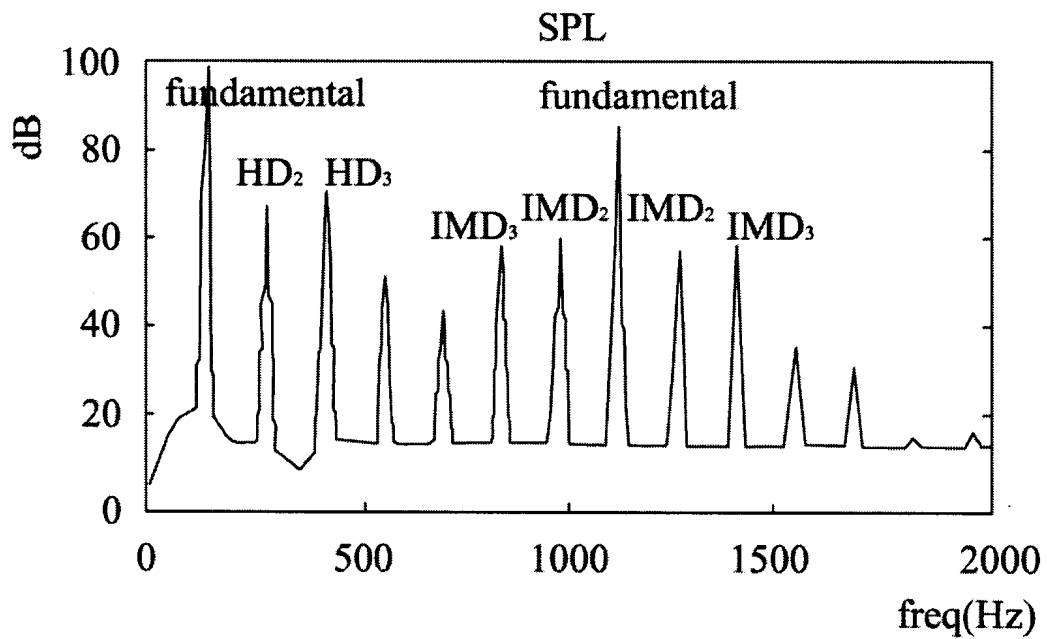
第二圖



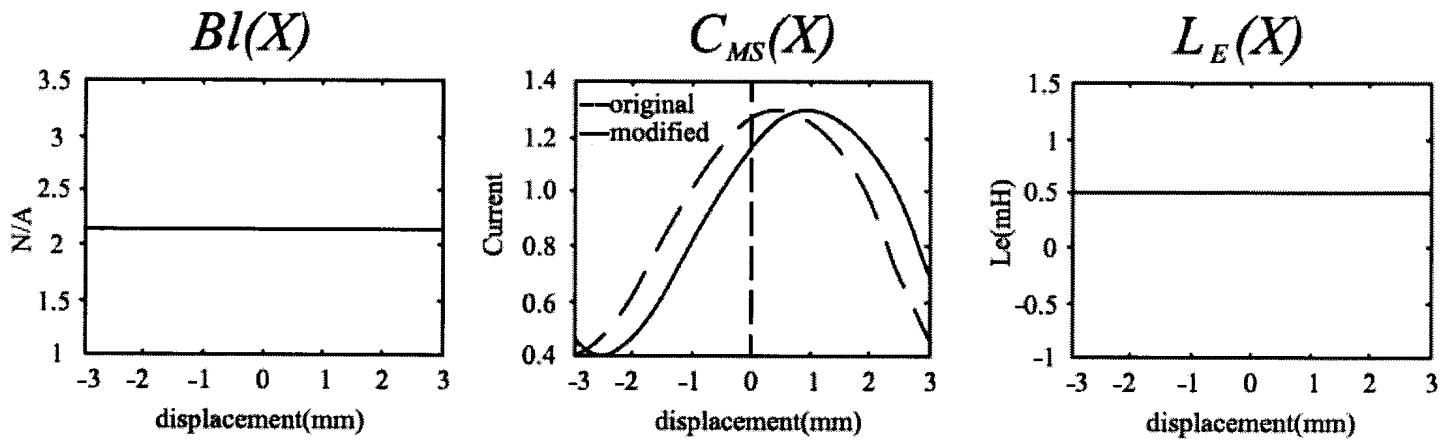
第三圖



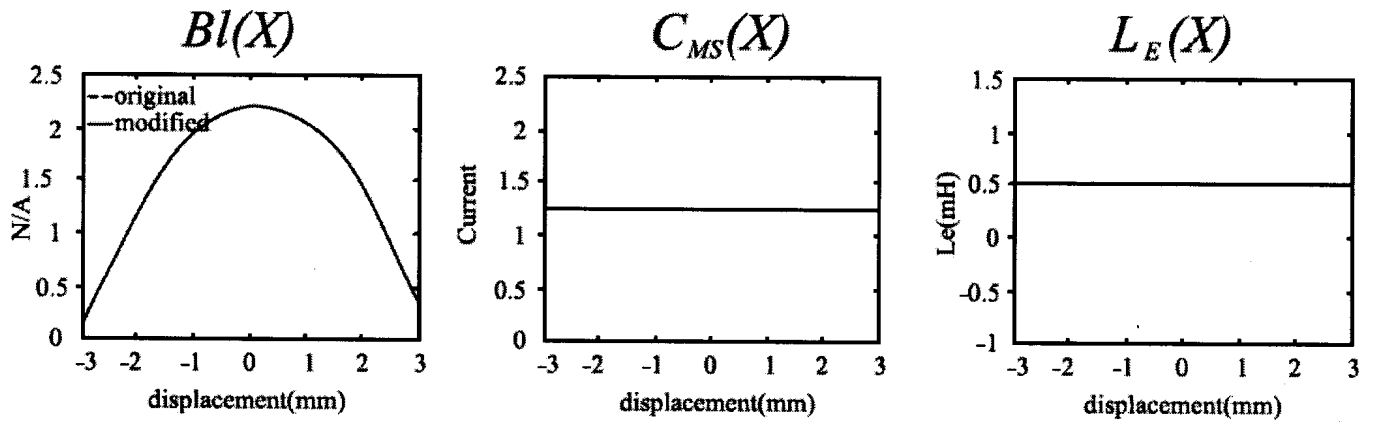
第四圖



第五圖

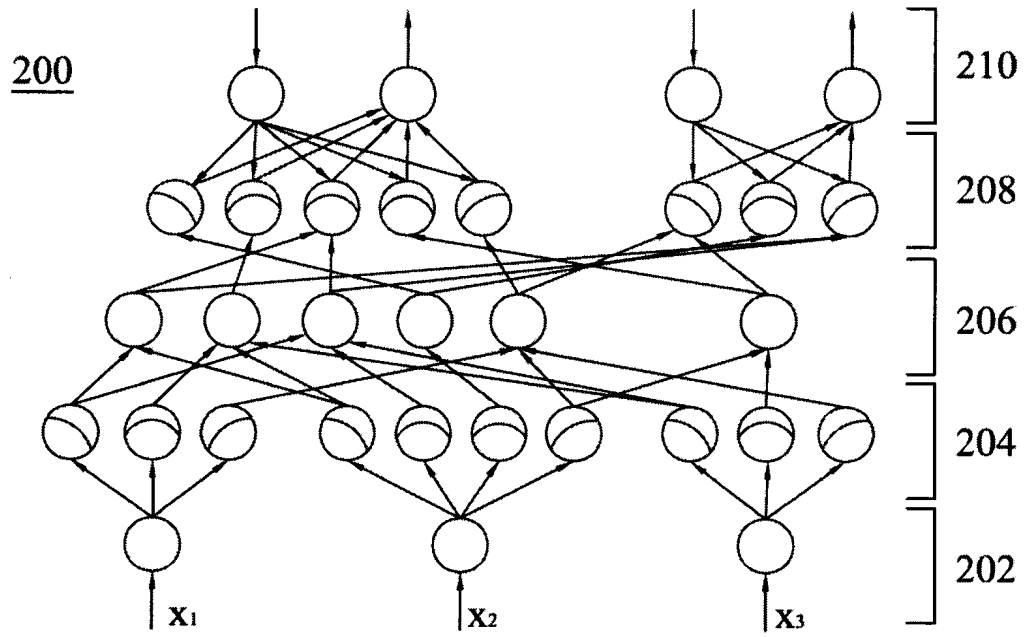


第六圖

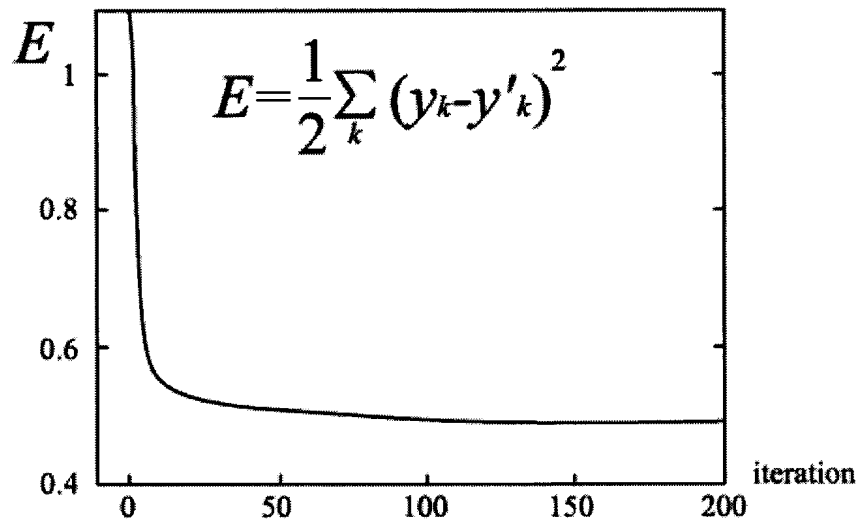


第七圖

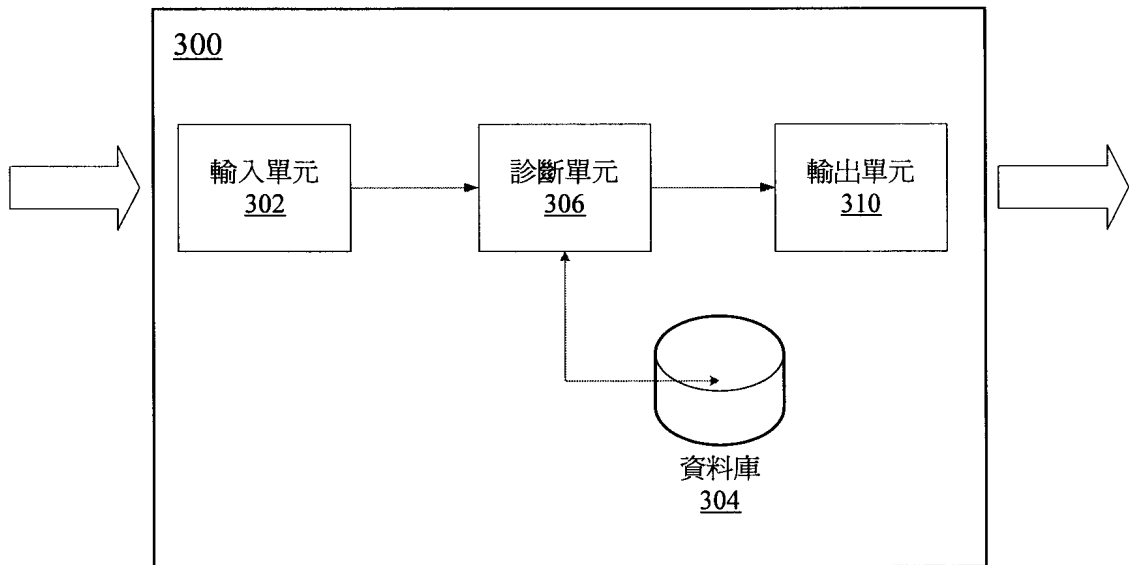




第八圖

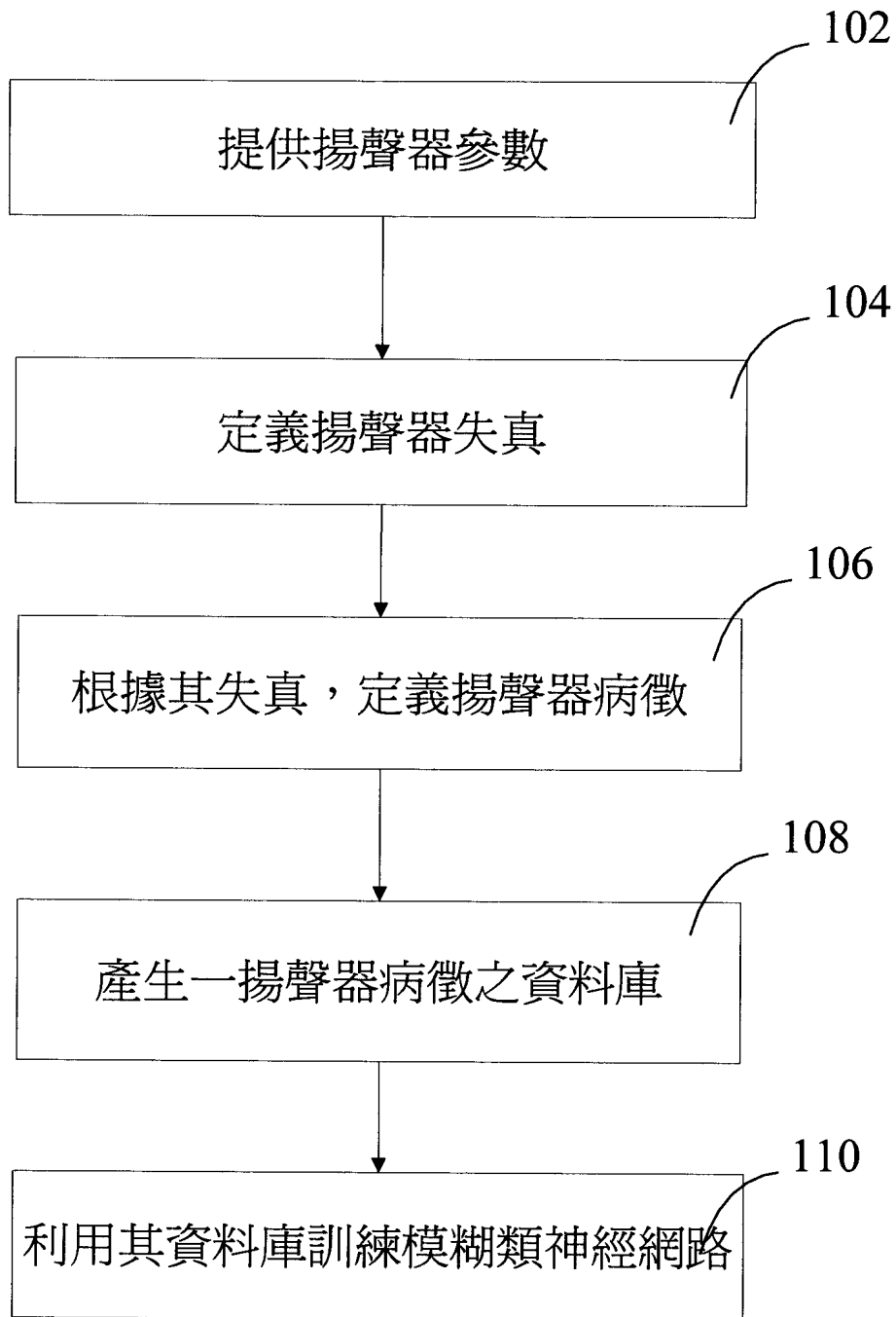


第九圖

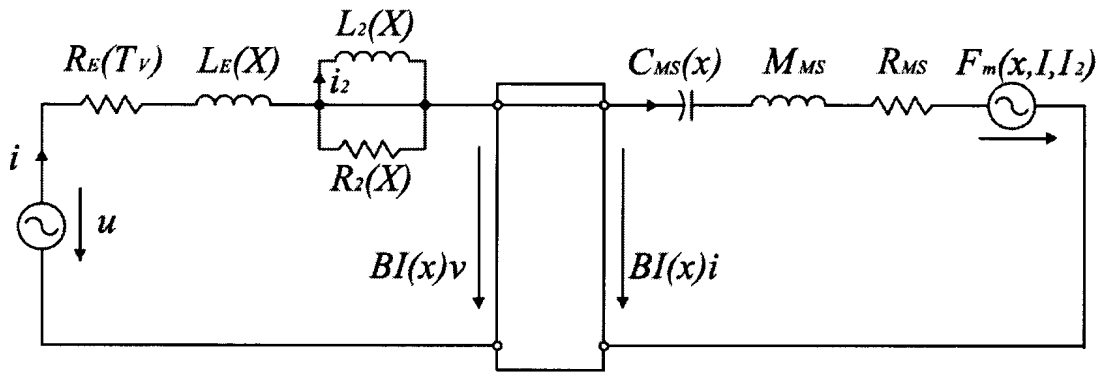


第十圖

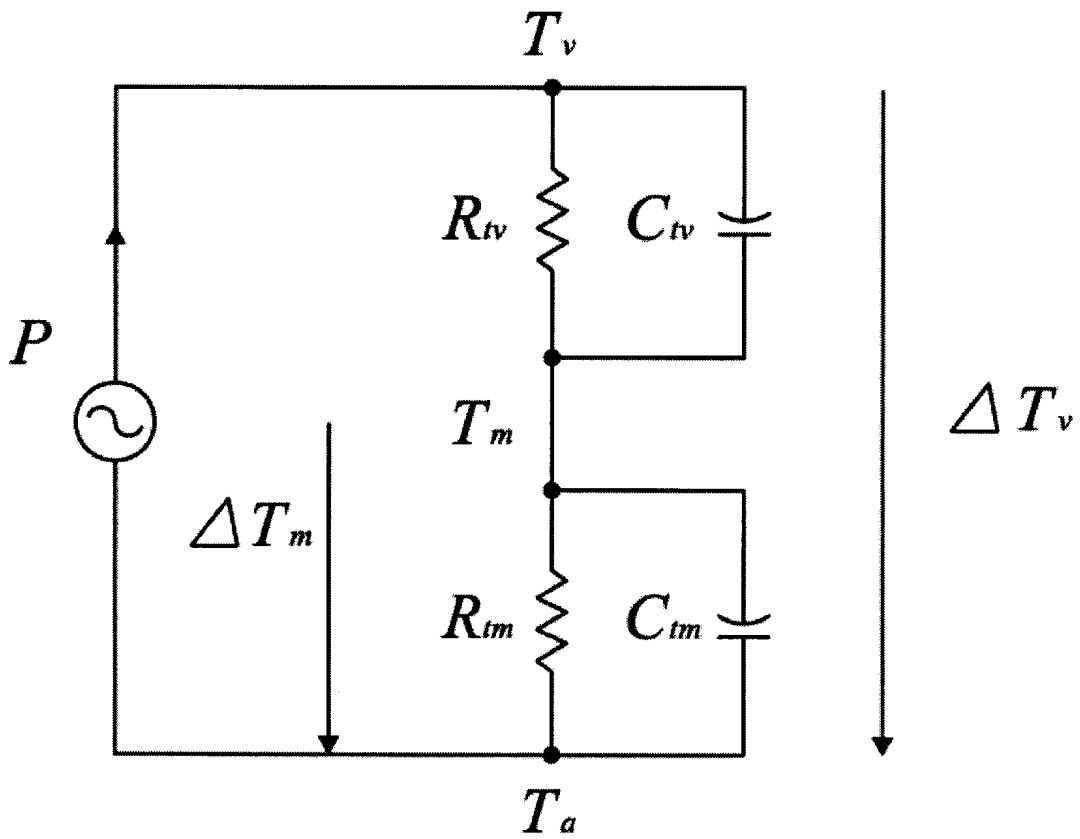
八、圖式：



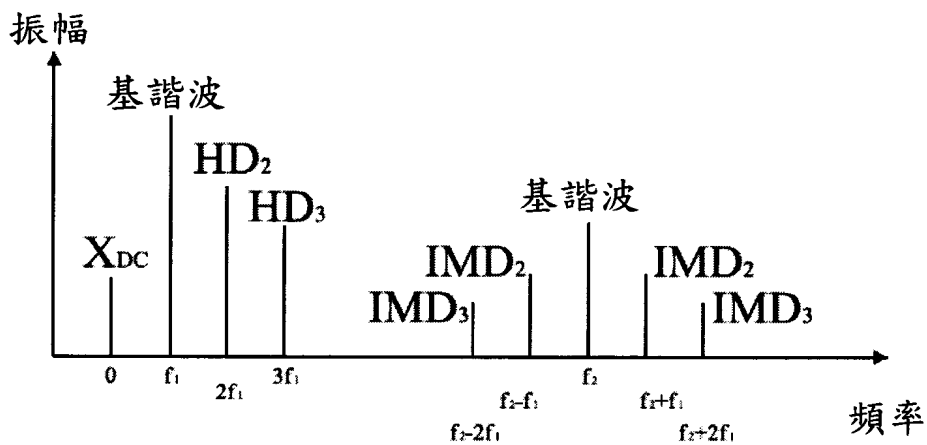
第一圖



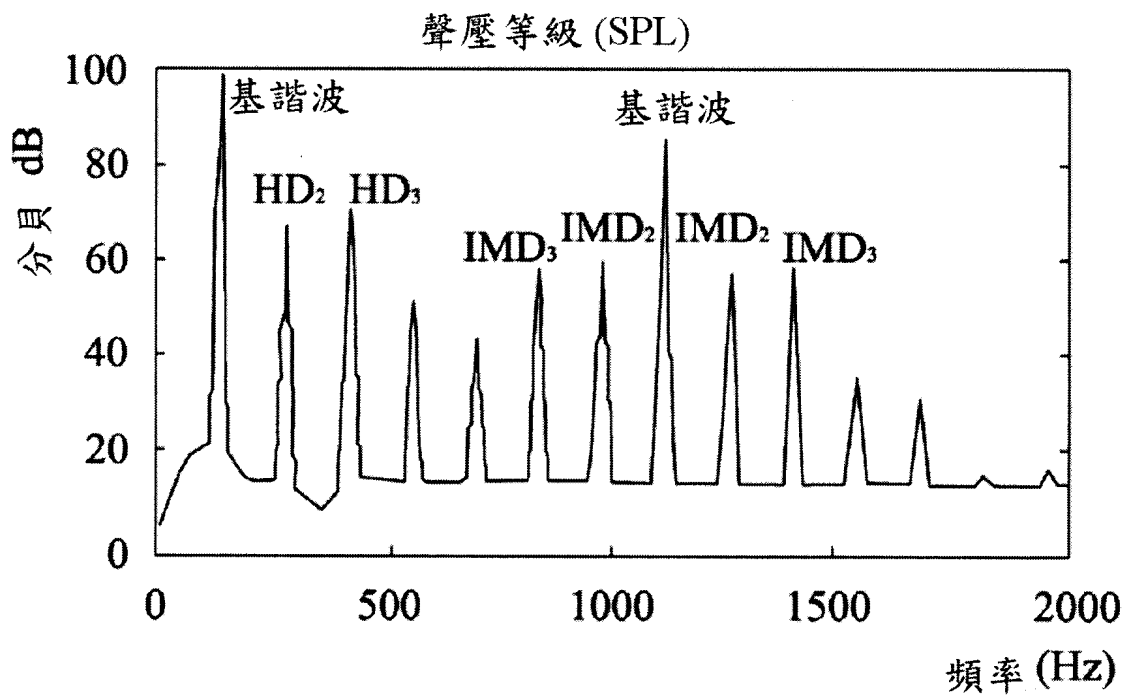
第二圖



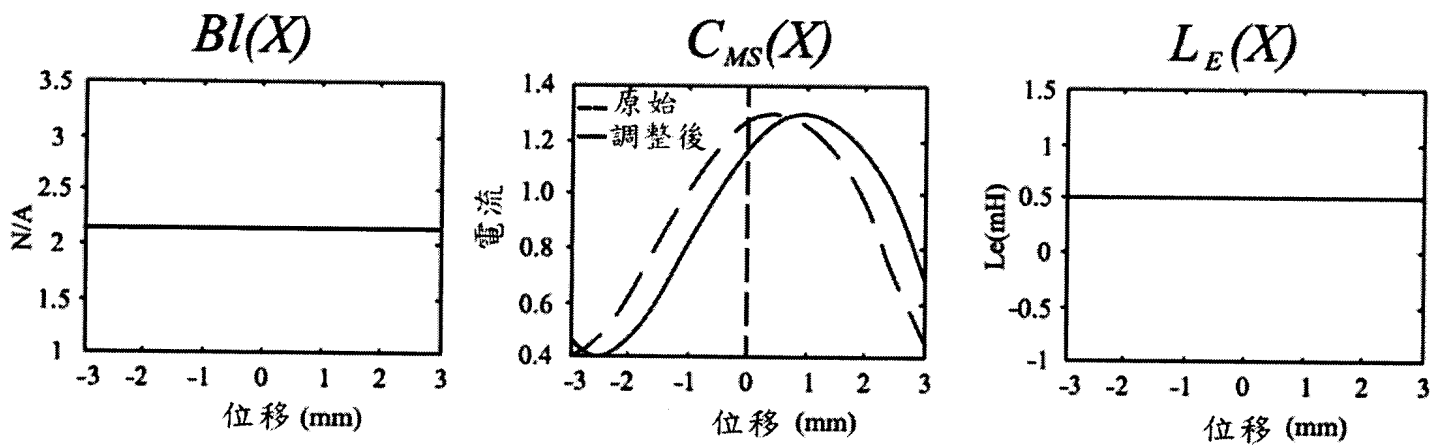
第三圖



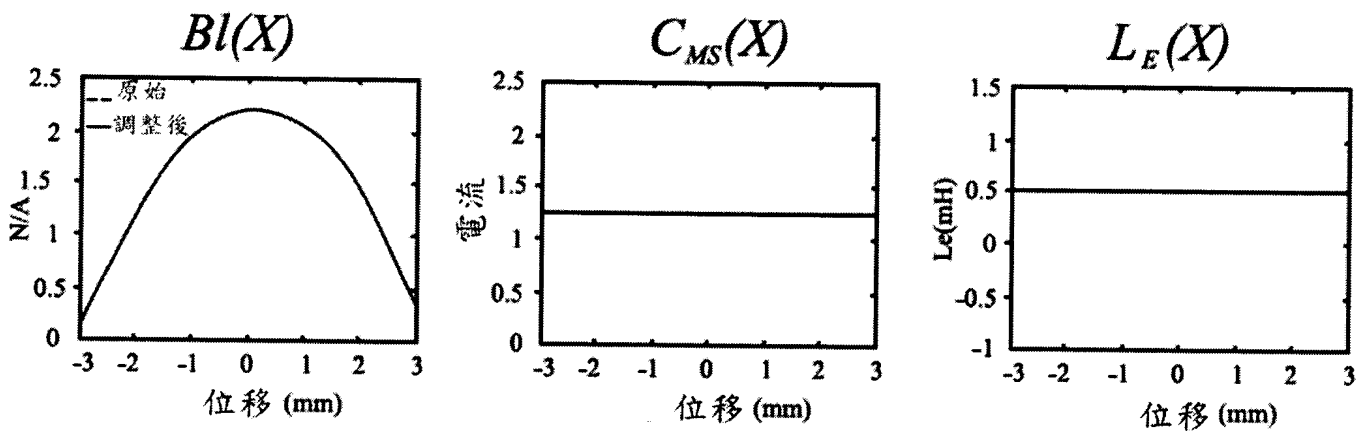
第四圖



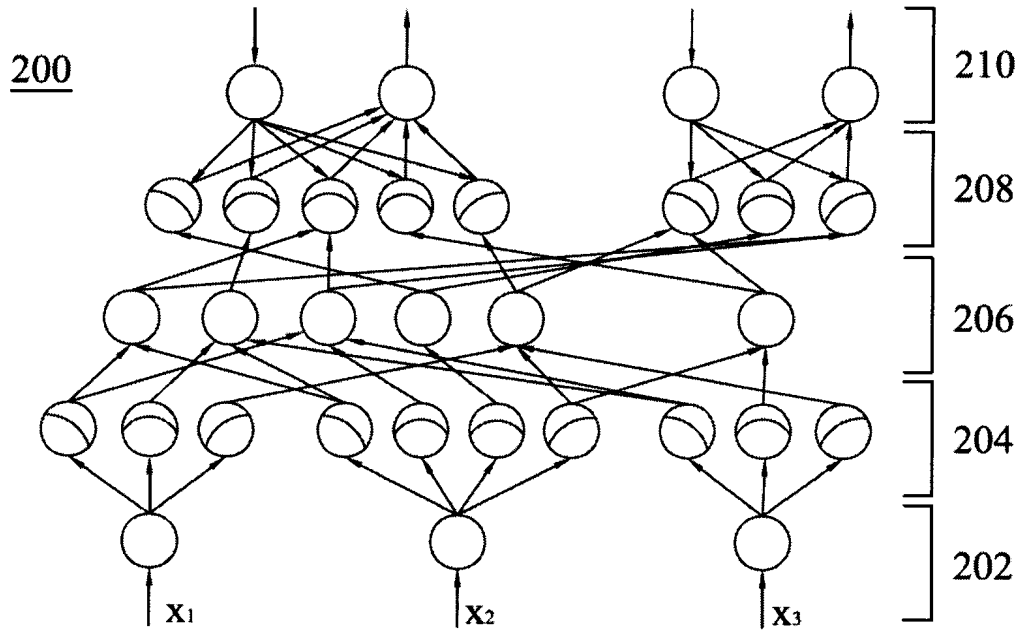
第五圖



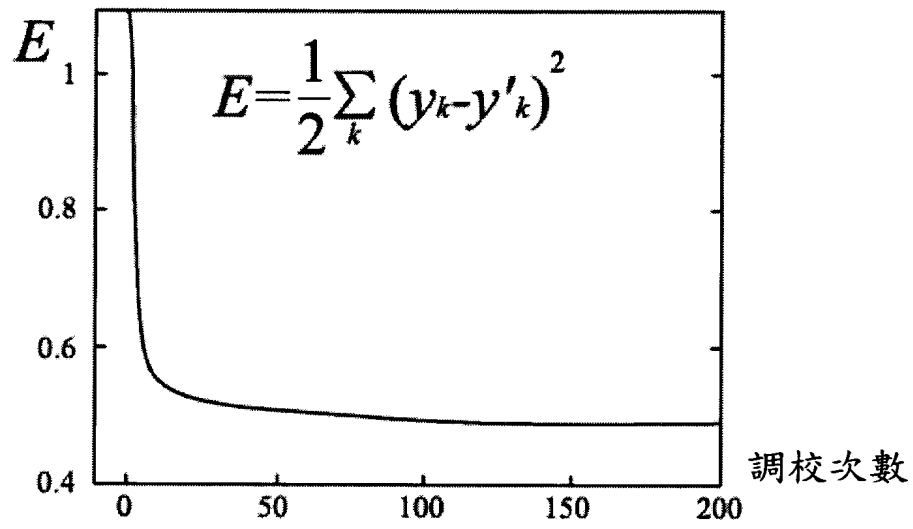
第六圖



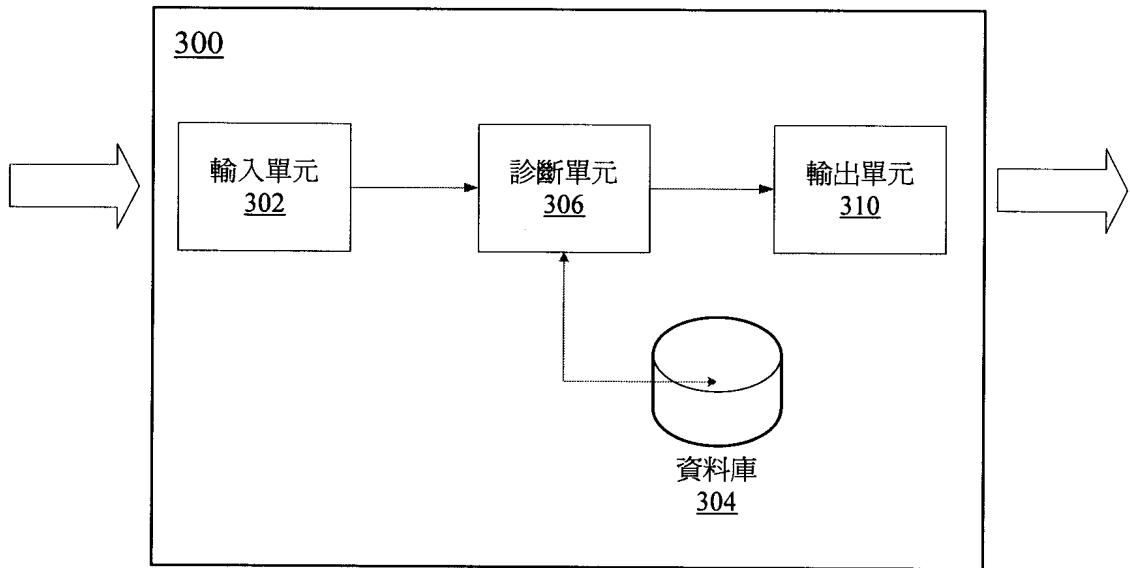
第七圖



第八圖



第九圖



第十圖