



(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 201720002 A

(43)公開日：中華民國 106 (2017) 年 06 月 01 日

(21)申請案號：105123318

(22)申請日：中華民國 105 (2016) 年 07 月 22 日

(51)Int. Cl. : H02J3/01 (2006.01) H02J3/38 (2006.01)

H02J3/26 (2006.01) G01R27/00 (2006.01)

(30)優先權：2015/07/24 德國 102015112155.7

(71)申請人：渥班資產公司 (德國) WOBBEN PROPERTIES GMBH (DE)

德國

(72)發明人：史卓菲爾 克里斯提安 STRAFIEL, CHRISTIAN (DE)；英格卓肯 桑克
 ENGELKEN, SONKE (DE)；瑪肯森 伊果 MACKENSEN, INGO (DE)；哲提傑哲
 德斯 史提芬 GERTJEGERDES, STEFAN (DE)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：15 項 圖式數：4 共 27 頁

(54)名稱

紀錄供應網路中電壓之方法及裝置

METHOD AND APPARATUS FOR RECORDING AN ELECTRICAL VOLTAGE IN A SUPPLY
 NETWORK

(57)摘要

本發明係關於一種用於記錄一基諧波及至少一個諧波之一電氣三相供應網路中的電壓之量值及相位的方法，該方法包含以下步驟：量測該供應網路之一電氣三相電壓；將該基諧波之一旋轉電壓相量用作一所量測參考相量來將該所量測電壓值變換成極座標；以及藉助於一狀態觀測器，分別觀測該基諧波之至少一個電壓相量的值及待記錄的至少一個諧波之至少一個電壓相量的值；以及基於該所量測參考相量而追蹤該等所觀測值。

The invention relates to a method for recording the magnitude and phase of the electrical voltage in an electrical three-phase supply network for a fundamental and at least one harmonic, comprising the steps of: measuring an electrical three-phase voltage of the supply network, transforming the measured voltage values into polar coordinates using a rotating voltage phasor for the fundamental as a measured reference phasor, and respectively observing values of at least one voltage phasor for the fundamental and of at least one voltage phasor for at least one harmonic to be recorded with the aid of a state observer, and tracking the observed values on the basis of the measured reference phasor.

指定代表圖：

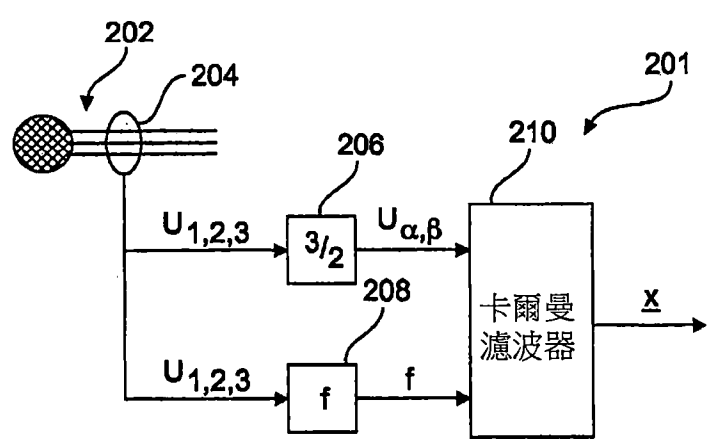


圖2

符號簡單說明：

- 201 . . . 量測配置
- 202 . . . 供應網路
- 204 . . . 量測感測器
- 206 . . . 變換區塊
- 208 . . . 頻率判定區塊
- 210 . . . 卡爾曼濾波器區塊
- f . . . 網路頻率
- $\underline{x}$. . . 狀態向量

發明摘要

※ 申請案號： 105123318

※ 申請日： 105/07/22

※IPC 分類：H02J 3/01 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

H02J 3/26 (2006.01)

G01R 27/00 (2006.01)

【發明名稱】

紀錄供應網路中電壓之方法及裝置

METHOD AND APPARATUS FOR RECORDING AN ELECTRICAL
VOLTAGE IN A SUPPLY NETWORK

【中文】

本發明係關於一種用於記錄一基諧波及至少一個諧波之一電氣三相供應網路中的電壓之量值及相位的方法，該方法包含以下步驟：量測該供應網路之一電氣三相電壓；將該基諧波之一旋轉電壓相量用作一所量測參考相量來將該所量測電壓值變換成極座標；以及藉助於一狀態觀測器，分別觀測該基諧波之至少一個電壓相量的值及待記錄的至少一個諧波之至少一個電壓相量的值；以及基於該所量測參考相量而追蹤該等所觀測值。

【英文】

The invention relates to a method for recording the magnitude and phase of the electrical voltage in an electrical three-phase supply network for a fundamental and at least one harmonic, comprising the steps of: measuring an electrical three-phase voltage of the supply network, transforming the measured voltage values into polar coordinates using a rotating voltage phasor for the fundamental as a measured reference phasor, and respectively observing values of at least one voltage phasor for the fundamental and of at least one voltage phasor for at least one harmonic to be recorded with the aid of a state observer, and tracking the observed values on the basis of the measured reference phasor.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（2）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

201	量測配置
202	供應網路
204	量測感測器
206	變換區塊
208	頻率判定區塊
210	卡爾曼濾波器區塊
f	網路頻率
$\underline{x}$	狀態向量

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

（無）

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】

紀錄供應網路中電壓之方法及裝置

METHOD AND APPARATUS FOR RECORDING AN ELECTRICAL
VOLTAGE IN A SUPPLY NETWORK

【技術領域】

以下本發明係關於一種用於記錄基諧波及至少一個諧波之電氣三相供應網路中的電壓之量值及相位的方法。本發明亦係關於一種用於(尤其基於根據本發明之記錄)而補償電氣供應網路中之諧波的方法。本發明亦係關於一種用於記錄電壓之裝置及一種用於補償諧波之裝置兩者。本發明亦係關於一種風力發電設備，其中實施此方法或複數個此類方法，或其中安裝此裝置或複數個此類裝置。

【先前技術】

為了將電力饋入至通常具有三相構造之電氣供應網路中，有必要記錄電壓之量值及相位，此亦暗示對頻率之記錄或瞭解。記錄此等電壓之要求正變得愈來愈高，此尤其亦影響記錄改變之速度。舉例而言，在美國專利8,981,755中描述用於快速且精確地記錄電壓之量值及相位的方法。

此外，特定言之藉由在完整轉換器概念之情況下操作(亦即，經由反相器將來自風力發電設備的電力完全饋入至網路中)的風力發電設備，有可能特定地使饋入之電力的品質適應網路中之不對稱性。

在美國申請案US 2013/0141951中描述饋入不對稱三相電流的一個實例。在此處使用對稱分量之方法。在此狀況下，正序系統之電流分量及負序系統之電流分量彼此獨立地產生，且接著經疊加以形成所

要不平衡電流且經饋入。

此饋入之品質最終亦取決於記錄不對稱性之品質。在此狀況下，應牢記，此概念先前在供應網路中使得具有直接耦接至網路之主要同步發電機的大型發電廠基本上藉由對來自同步發電機之電流的支配來判定電壓之品質及(詳言之)對稱性的方式而起作用。儘管已開始考慮歷時相對長時間地特定補償不對稱性，但如可自(例如)美國專利6,924,627所收集到，仍然維持上文所描述之原理，此亦不僅係由於大型發電廠之所描述同步發電機可僅被動地經由其設計而非經由主動控制實現此補償。

此外，在現代電力系統中，生產單元及消費者正日益經由頻率轉換器或整流器連接至傳輸或分配網路。此等電力電子系統之切換組件藉由高達大約10 kHz之頻率範圍中的諧波而導致理想上正弦50 Hz或60 Hz AC電壓之污染。此等諧波在電力系統中使不同裝備負載，且因此在過多出現之情況下藉助於主動或被動濾波器而減弱。

在一些電力系統中，風力發電設備已提供相當大部分之所產生電力。其常常且有時藉助於頻率轉換器主要地連接至網路，且因此在最差情境中同樣地促成網路中之諧波。

在當前PCT申請案之優先權申請案中，德國專利商標局搜索以下先前技術：DE 100 32 447 A1、US 2012/0150468 A1、US 2014/0307488 A1、EP 2 223 405 B1、Azam Bagheri等人「Detection of Grid Voltage Fundamental and Harmonic Components Using Kalman Filter and Generalized Averaging Method」、Ming Sun等人「Extended Kalman Filter Based Grid Synchronization in the Presence of Voltage Unbalance for Smart Grid」以及Robert R. Bitmead等人「A Kalman Filtering Approach to Short-Time Fourier Analysis」。

本發明因此係基於解決所提及之此等問題中之至少一者，詳言

之，提議改良方案的目標。詳言之，目的為提議提供一種改良網路(包括補償網路中之諧波)之可能方式的解決方案。目的為至少提議一種替代先前已知解決方案之解決方案。

【發明內容】

本發明提議一種根據技術方案1之方法。根據該方法，記錄一基諧波及至少一個諧波之電氣三相供應網路中的電壓之量值及相位。在此狀況下，亦可將一電氣供應網路理解為意謂(例如)一配電網路。其基本上為電網路，許多電力生產商及電力消費者連接至該電網路。

首先量測該供應網路之一電氣三相電壓。

接著將該所量測電氣三相電壓變換成極座標，因此產生該基諧波之一旋轉電壓相量。此相量被稱作所量測參考相量，且因此隨後亦加以使用。可(例如)以亦在美國專利8,981,755中執行之方式執行該變換。

此外，藉助於一狀態觀測器分別觀測該基諧波之至少一個電壓相量的值及待記錄的一諧波之至少一個電壓相量的值。此在控制定向意義上表示一狀態觀測器。現基於該所量測參考相量而追蹤該等所觀測值。

換言之，將一觀測器模型視為一基礎，該觀測器模型將至少一個基諧波及至少一個諧波視為用於表示該網路電壓之一基礎，且分別使用至少一個電壓相量。使用該基諧波之一電壓相量表示該所量測系統，此電壓相量之量值及相位亦能夠由於連續量測及變換而改變。

詳言之，藉由比較極座標中之此所量測值(亦即，根據量測之此一個旋轉電壓相量之值)與被觀測器視為基礎的所有電壓相量之總和來執行對該觀測器之追蹤的比較。

該狀態觀測器較佳地基於一所記錄網路頻率而操作，該所記錄網路頻率作為一輸入變數被輸入至該狀態觀測器。因此，提議該狀態

觀測器並不將該網路頻率作為待觀測且可能追蹤到之一狀態而觀測，而是假定已輸入至該狀態觀測器的該頻率之該所記錄值已給出，且將該記錄值視為一基礎。此使得有可能改良穩定性，或換言之，穩定該觀測，此係由於影響每一旋轉觀測電壓相量或為此電壓相量之一特性變數的此頻率為一固定變數。在觀測期間，該觀測器可集中於該量值及相位，以及(一方面)該頻率與(另一方面)該量值及相位之間的相互作用，該相互作用可能干擾或甚至危害穩定性，藉此予以排除。

一個實施例提議該狀態觀測器藉助於一最新觀測器矩陣觀測該等電壓相量之該等值，且該最新觀測器矩陣基於該所記錄網路頻率而選自複數個經預計算觀測器矩陣。此觀測器矩陣為一觀測器結構中之一已知組件，且基本上具有基於比較量測值而追蹤該所觀測狀態的任務。在此處將該參考相量用作比較量測值。為了考慮在此處該觀測中之變化頻率，頻率相依性觀測器矩陣之計算可為極其複雜的。在某些情形下，複雜度可超出在一預定義時間步驟中之一微控制器的可用計算容量，結果為在所需的時脈速率下之一計算並不可能。可藉由使用先前經計算觀測器矩陣來減小此複雜度，接著基於該頻率，亦即，基於(詳言之)各別目前所記錄頻率而選擇經計算觀測器矩陣。間或，此實際上使得對頻率改變之此考慮成為可能。在不存在預定觀測器矩陣之頻率(此亦事關頻率記錄準確性)的狀況下，可藉由內插於兩個觀測器矩陣之間而判定此矩陣。

較佳地將一卡爾曼(Kalman)濾波器用作該狀態觀測器。就此而言，亦有可能在對該等狀態之當前觀測期間指代濾波，或該狀態觀測器可被稱作一濾波器。由於使用一卡爾曼濾波器，因此該觀測或該濾波尤其良好地適合於考慮(亦即，濾波出)干擾，詳言之量測雜訊。

一個實施例提議記錄一DC分量，且一正序系統及一負序系統分別由用於該基諧波及待記錄的該電壓之待記錄之各諧波的該狀態觀測

器記錄。結果，該狀態觀測器亦可考慮且記錄該三相電壓之一不對稱性。即使不存在顯著不對稱性(不對稱性無需在此量測之前已知)，亦可執行對一負序系統之此記錄。若適宜，則該負序系統之分量將相應地較小。在對該正序系統及該負序系統之此記錄期間，因此將在對稱分量之方法意義上之一考慮視為一基礎。

較佳地將一電壓相量視為該DC分量之一基礎，且將兩個電壓相量分別視為該基諧波及待記錄之各諧波之一基礎，且觀測其值，結果亦即分別假定一正序系統之一電壓相量及一負序系統之一電壓相量。亦對於該DC分量，假定該電壓相量之兩個值(亦即,實數部分及虛數部分)可能有用，此係由於亦可在使用對稱分量之該方法時在此處至少根據一公式而計算一相量。較佳地記錄極大數目個諧波(例如，25個諧波)，亦即，記錄多至第25個諧波。在此狀況下，若第一諧波為基諧波，則結果為51個相量及因此102個值。

根據一個實施例，用於記錄該電壓之該方法的特徵在於在連接至該電氣供應網路之一變壓器處量測該供應網路之該電氣三相電壓。有可能在此變壓器處，詳言之在用以將電流饋入至該電氣供應網路中之此變壓器處易於且可靠地進行量測。

在此變壓器處之該量測在經由此變壓器饋入電流時尤其有利，且該饋入考慮對該電氣供應網路之該電壓的量測或記錄。詳言之，若基於該觀測諧波而經由此變壓器饋入一至少部分補償的電流，則可在此處避免失真。

該量測較佳地在該變壓器之以電氣方式面朝一風力發電設備的側上發生，該風力發電設備經由此變壓器饋入該電氣供應網路。此風力發電設備可接著尤其考慮此等所記錄電壓值(詳言之所觀測諧波)，且相對應地調適該電流之饋入。詳言之，其可形成待饋入之電流，使得有可能補償或至少減小該網路電壓之所觀測諧波。

使用藉助於假定電壓不含零序系統之克拉克(Clarke)變換將該所量測電壓較佳地變換成極座標。此亦對應於上文所提及之美國文件(US 8,981,755)中所描述的變換。在此狀況下假定不存在零序系統，當使用對稱分量之理論時此亦為一頻繁假定。然而，不含該零序系統之假定未必附隨地包括不含DC分量之假定。確切而言，對於該三相電力供應系統中之各相位可能存在不同DC分量，結果在該變換之後發現其亦在該正序系統分量及該負序系統分量中。

本發明亦提議一種根據相對應獨立技術方案(亦即，技術方案9)之用於饋入電流的方法。根據此方法，將電流饋入至一電氣三相供應網路中，且此方法包含以下步驟：

- 藉助於根據該等先前實施例中之至少一者的方法記錄該供應網路中之該電壓，記錄至少一個諧波，以及
- 產生一電流以供饋入至該電氣供應網路中，該電流包含一補償電流分量以便減小該至少一個所記錄諧波。

該方法因此最初亦預先假設一電氣三相供應網路，該電氣三相供應網路亦被視為在上文解釋用於記錄此電氣三相供應網路中之電壓之該方法的一基礎。可因此亦在此處附隨地包括一配電網路，僅舉一個實例。

因此亦藉助於上文所描述之一方法記錄該電壓。此因此亦包含記錄，亦即觀測該電壓之至少一個諧波的值。(亦即)根據該振幅及相位之一值因此可供用於此諧波，且現可用以至少減小，理想上完全補償此所記錄諧波。為此目的，待饋入之該電流包含因此相應地包含至少一個諧波之一補償電流分量。詳言之，該電流因此包含一基本分量或基諧波以便亦即將相對應電力饋入至該電氣供應網路中。一補償電流分量現疊加於此基諧波上，亦即，亦在此理想化輪廓上，亦即在電氣意義上添加。此補償電流分量意欲減小該所記錄諧波或至少該所記

錄諧波中之一些。

一個實施例提議該補償電流分量具有至少一個電流諧波，且分別藉由一振幅及一相位且基於該所記錄電壓之該觀測諧波而判定一電流諧波。該電壓之該諧波的該觀測因此提供資訊，具體言之對該電壓之此諧波或此等諧波的一經明顯地界定之描述。該補償電流分量接著較佳地具有一類似結構。舉例而言，該補償電流分量因此具有與一所記錄電壓諧波相對應的一電流諧波。該電流諧波之該振幅可相對於該電壓之該諧波呈一預定比率或至少關係。亦因此設定一相位，使得可執行該補償或至少減小。

當記錄該電壓時，針對各諧波較佳地記錄一正序系統及一負序系統。相對應電流諧波較佳地亦相應地具有一正序系統及一負序系統、或一正序系統分量及一負序系統分量。亦在此狀況下，可接著分別判定該電流諧波之一振幅及一相位。然而，亦考慮到，僅考慮該正序系統分量，且尤其亦考慮到，該補償電流分量基本上僅判定各電流諧波在各狀況下之一個分量，且就此而言，並不考慮對稱分量之考量所基於之不對稱性。在此處之背景為對該正序系統及該負序系統之考量可適用於該觀測器，以便確保其總體功能性及總體品質及準確性。然而，接著僅考慮正序系統分量及在饋入期間產生正序系統分量可常常為足夠的。

在此處再次指出，該諧波及該電流諧波各自意謂一階諧波，且複數個諧波分別表示一諧波，但具有不同頻率。

另一實施例提議分別使用一控制器調整該補償電流分量中之一電流諧波的一振幅。該控制器在此處將該所記錄電壓的相關諧波之所要電壓值與所觀測實際電壓值之間的一控制差異作為一輸入信號接收。在最簡單的狀況下，此意謂該所要電壓值具有值0且該諧波最後意欲減小至0。在某些狀況下，在此處不設定該值0亦可自然地為有用

的。接著將此差值(在此處被稱作一控制差異)傳遞至該相關諧波之該所要電壓值與該實際電壓值之間的該控制器。此控制器可為(例如)一PID控制器、一PI控制器或一PD控制器。在最簡單的狀況下，使用一P控制器，且該所記錄電壓差接著引起該電流諧波之對應於一因數的一振幅，此因數自然地亦考慮電壓與電流之間的不同單位。結果，亦即在一純P控制器之狀況下，將接著很可能並不能夠完全補償該電壓之該相關諧波。

為了完全補償該電壓之此諧波，提議(例如)一PID控制器。然而，在此狀況下應牢記，應事先確保亦存在足夠的致動電力。接著可能使用此PID控制器來完全或幾乎完全補償該電壓之相關諧波。若足夠的致動電力不可用，則該控制器可接著達至一極限。

若適宜，則一PD控制器可在不要求完全補償之情況下提供一動態響應。

本發明亦提議一種根據相對應技術方案(亦即，技術方案14)之反相器，該反相器產生待饋入至該三相供電系統中之一電流。此反相器準備以上述根據與用於饋入電流之該方法相關的該等實施例中之至少一者所解釋的一方法而操作。就此而言，此亦大體上係關於一種控制裝置，在該控制裝置上實施用於饋入該電流之此方法，亦即，用於產生待饋入之該電流的該方法。

亦提議一種包含此反相器之風力發電設備。藉由該風力發電設備，可接著因此饋入此電流，且不僅可因此將電力饋入至該電氣供應網路中，而且可補償或減小該電壓之諧波。因此或替代地，提議該風力發電設備實施上文所描述之至少一種方法，亦即，一種用於記錄該電壓之方法及一種用於產生待饋入之該電流的方法兩者。

此外，用於判定該網路電壓之諧波的上述方法可亦類似地用以判定該電流中之諧波。根據本發明，亦特此提議此方法。

【圖式簡單說明】

現在下文中使用例示性實施例作為實例且參照附圖來更詳細地解釋本發明。

圖1示意性地展示風力發電設備之透視說明。

圖2展示根據一個實施例的用於解釋用於記錄電壓之方法的簡化結構。

圖3以更詳細結構展示來自圖2的功能區塊。

圖4示意性地展示根據本發明之一個實施例的用於藉助於風力發電設備將電流饋入至電氣供應網路中的配置。

【實施方式】

圖1展示具有塔102及吊籃104之風力發電設備100。具有三個轉子葉片108及旋轉器110的轉子106配置於吊籃104上。在操作期間，使得轉子106藉助於風旋轉且藉此驅動吊籃104中的發電機。

圖2展示用於記錄電氣三相，經示意性地說明的供應網路202中之電壓的量測配置201。根據此，量測感測器204用以量測三個相位中的電壓 $U_{1,2,3}$ 。詳言之，針對後續評估之各取樣步驟而執行量測。將所量測電壓供應至變換區塊206，變換區塊206將此等三個分別量測之電壓值變換成在此處被稱為 $U_{\alpha,\beta}$ 的極座標。

所量測電壓亦輸入至頻率判定區塊208，頻率判定區塊208根據所量測電壓值判定頻率 f ，亦即，供應網路202之網路頻率。頻率判定區塊208因此藉助於獨立於卡爾曼濾波器之演算法判定頻率。可在此處使用(例如)使用用於根據空間向量電壓角度判定網路頻率之濾波器。或者，較佳地使用三個電壓值之離散傅立葉變換以判定網路電壓之經濾波角度。又可藉助於適合之濾波自該經濾波角度提取頻率信號。使用自DFT獲得之角度優於使用空間向量角度的優勢為在基諧波之整數倍諧波之狀況下的濾波效應。

要指出，圖2及亦圖3及部分地圖4中之此方塊圖用以說明所使用方法。

不必在此單獨區塊中執行所說明區塊之個別功能，但亦可在微處理器或另一計算單元中一起實施個別功能。

在任何狀況下，將經變換極座標 $U_{\alpha,\beta}$ 及所記錄網路頻率 f 輸入至卡爾曼濾波器區塊210。卡爾曼濾波器區塊210因此為將所記錄狀態 $\underline{x}$ 判定為輸出變數及將其輸出的濾波器。在此處由此狀態向量 $\underline{x}$ 表示之此等所記錄狀態詳言之可包含DC分量之電壓相量的值、分別為基諧波之正序系統及負序系統之電壓相量值、以及分別為各所記錄諧波之正序系統及負序系統的電壓相量值。若在例如第一階將為基諧波的狀況下考慮多至第25階諧波的電壓，則此狀態向量 $\underline{x}$ 可包含102個值。此數目由DC分量之兩個值產生，亦即被稱為 $u_{\alpha DC}$ 及 $u_{\beta DC}$ 的實數部分及虛數部分。基諧波及各諧波之正序系統的兩個值及負序系統之兩個值，亦即，在各狀況下相量之實數部分及虛數部分產生。對於基諧波，作為第一階，此等值接著為正序系統的值 $u_{\alpha(1+)}$ 及 $u_{\beta(1+)}$ ，且相應地為負序系統的值 $u_{\alpha(1-)}$ 及 $u_{\beta(1-)}$ 。亦可類似地為各另一階提供四個值。

此等值，亦即以此方式所記錄之此狀態向量，可接著用以產生電流以供將電流饋入至供應網路202中。

在圖3中示意性地解釋卡爾曼濾波器區塊210之細節。圖3因此展示接收如已自圖2可收集到之所量測電壓 $U_{\alpha,\beta}$ 的此卡爾曼濾波器區塊210，已將該所量測電壓變換成極座標且網路頻率 f 已由頻率判定區塊208判定為輸入變量。在觀測器矩陣區塊302中基於此經判定網路頻率 f 而判定觀測器矩陣 K ，且因此將觀測器矩陣 K 作為觀測器矩陣 $K(f)$ 輸出。觀測器矩陣區塊302基於頻率 f 而藉由自表取得相對應觀測器矩陣 K 來判定此觀測器矩陣 K 。若對於準確頻率未儲存觀測器矩陣 K ，則可能可藉助於內插而根據具有相鄰頻率之觀測器矩陣判定觀測器矩陣

K。

同樣地基於頻率而在系統矩陣區塊304中判定系統矩陣 $A(f)$ 。在此狀況下，以在系統矩陣區塊304中已知之方式計算系統矩陣。

基本上在更新區塊306中持續地重新計算待記錄之系統狀態 $\underline{x}$ 。在此狀況下，此更新區塊306表現得大致類似於系統描述模式，在此狀況下出於追蹤或調整之目的而亦考慮清晰地表達變換成極座標之當前經分別量測之電壓 $U_{\alpha,\beta}$ 。

此外，為此目的亦需要觀測器矩陣 $K(f)$ ，且觀測器矩陣 $K(f)$ 為此目的始終由更新區塊306以最新形式自觀測器矩陣區塊302接收。同樣地需要描述系統之矩陣 C ，且因此將其說明為至更新區塊306之輸入。

亦需要經更新狀態向量 $\underline{x}(k+1)$ 。在狀態區塊308中由上一狀態向量 $\underline{x}(k)$ 及系統矩陣 $A(f)$ 計算此經更新狀態向量 $\underline{x}(k+1)$ 。狀態區塊308為此目的需要系統矩陣 $A(f)$ ，狀態區塊在各狀況下以最新形式自系統矩陣區塊304接收該系統矩陣。狀態區塊308以最新形式自更新區塊306接收舊狀態向量 $\underline{x}(k)$ 。

如上文已描述，因此同樣地將經更新狀態向量 $\underline{x}(k+1)$ 視為更新區塊306的輸入變數。可針對此經更新狀態向量 $\underline{x}(k+1)$ ，詳言之，出於開始初始化程序之目的而在初始化區塊310中執行該初始化程序。

卡爾曼濾波器210可因此現將分別記錄之狀態向量 $\underline{x}(k)$ 作為狀態向量 $\underline{x}$ 輸出。此狀態向量可能可亦經受變換，可能亦在變換區塊312中僅在按恆定因數倍增之意義上。在彼狀況下，圖3中所說明之狀態向量 $\underline{x}$ 將自然地因此不同於內部狀態向量 $\underline{x}(k)$ 。

此狀態向量 $\underline{x}$ 現可含有DC分量、基諧波之相量以及諧波之相量之值，其可用以判定待饋入之電流。此在圖4中予以說明。圖4說明針對風力發電設備400之此裝置，但其他饋入裝置亦可記錄此等所量測值

且可使用此等所量測值以控制電流(亦即，待饋入之電流)。

圖4中之結構說明經由變壓器404所饋入之供應網路402。為此目的，風力發電設備400使用發電機406以產生可在整流器408中經整流且可供應至反相器410的電流。

此反相器410產生可經由此變壓器404饋入至供應網路402中的三相電流 $i_{1,2,3}$ 。

現提議使用以符號方式說明之量測感測器412記錄電壓及頻率，且將電壓及頻率供應至量測區塊414。量測區塊414，連同量測感測器412一起可對應於圖2中之量測配置201。接著僅將在量測區塊414中根據所記錄電壓判定頻率 f ，但亦出於在圖4中說明的目的而將頻率 f 描繪為量測區塊414之輸入變數。

量測區塊414可接著將狀態向量 $\mathbf{x}$ 作為輸出變數輸出，狀態向量 $\mathbf{x}$ 可含有DC分量、基諧波及諧波的值，詳言之亦在各狀況下正序系統及負序系統的值，如上文相對於圖2所解釋。

可接著將此等值(亦即狀態向量 $\mathbf{x}$)輸入至可含有(例如)控制器之控制區塊416。亦可基於所記錄電壓值而計算此控制區塊416中之各諧波的偏差，該等偏差因此含有於狀態向量 $\mathbf{x}$ 中，且可用以判定相對應電流值。詳言之，根據偏差或以另一方式根據電壓在各狀況下之所記錄諧波(亦即，針對各諧波)判定補償電流分量。此一個補償電流分量或此複數個補償電流分量接著疊加於基諧波之電流值上，基諧波亦即意欲用以饋入至電力中，可能亦電無效電力中。

控制區塊416接著最後判定照此輸入至反相器410的所要電流值 i_s 。此等所要電流值考慮待與疊加一起饋入的電流，亦即基諧波及諧波。反相器410可接著基於此等所要電流值 i_s 而產生相對應電流值。或者，可提供待饋入之電流的基諧波及待疊加、待單獨地產生且待接著疊加(亦即，添加)之至少一個諧波。為此目的，提議提供複數個反相

器，複數個反相器中之至少一者產生基諧波或基諧波之部分，且複數個反相器中至少另一者產生至少一個諧波或至少一個諧波之部分。

因此本發明之概念詳言之藉由以下內容區分。

在現代電力系統中，生產單元及消費者正日益經由頻率轉換器或整流器連接至傳輸或分配網路。此等電力電子系統之切換組件藉由高達大約10 kHz之頻率範圍中的諧波而導致理想上正弦50 Hz或60 Hz AC電壓之污染。此等諧波在電力系統中使不同裝備負載，且因此在過多出現之情況下藉助於主動或被動濾波器而減弱。

在一些電力系統中，風力發電設備已提供相當大部分之所產生電力。其主要藉助於頻率轉換器連接至網路，且因此在最差情境中同樣地促成網路中之諧波。

此處所描述之本發明係關於一種藉助於經由完全轉換器連接至此系統之風力發電設備來偵測及補償電力系統之網路電壓中的諧波的方法。因此使得風力發電設備能夠饋入電流以便減小電壓諧波或負序系統電壓。此等情形可(例如)由其他生產單元或消費者引起。

為此目的，提議以下方法，詳言之：

1. 在風力發電設備側上之設備變壓器處量測終端電壓。
2. 使用假定電壓不含零序系統之克拉克變換將三個終端電壓轉換成旋轉電壓相量，電壓相量由量值及相位給定。
3. 使用濾波器以自第一階(亦即，基諧波)觀測網路頻率之倍數的DC分量以及正序系統及負序系統電壓，以界定最高可能諧波階數。在此狀況下，至濾波器的另一輸入為以另一方式所判定之網路頻率。濾波器可呈狀態觀測器，詳言之卡爾曼濾波器之形式。
4. 經由控制或調節規則來計算呈所選定用於補償之諧波階數的所要補償電流。較佳地經由比例因數 k_i 進行調整，對於電壓之第 i 階，比例因數 k_i 界定待施加用於電壓諧波振幅之各 V 的 k_i A補償電流。對補

償電流之另一較佳計算為藉由將PID控制器應用於所要電壓(例如，0 V)與相對應分量的實際電壓之間的差異之計算。藉由轉換器之設定電流的足夠能力，因此理想上有可能完全補償諧波或負序系統電壓。

5. 除了基諧波中之所要有效及無效電流以外，亦經由電流控制方法設定補償電流。較佳地使用滯後電流控制器(亦稱作容差帶控制器)，此係由於可在此處達成相對於可變網路參數之極快速反應時間及高度穩固性。

必須特別注意對電壓相量之適合的濾波，以便快速且精確地判定不同頻率範圍(亦即DC電壓、基諧波及諧波)中的正確電壓振幅。

用於判定電壓中之諧波分量的現有方法常常係基於對量測變數之以遞歸方式經公式化之離散傅里葉變換。其藉由高度數值穩固性區分。然而，僅當取樣頻率為量測信號之基頻之整數倍且具有待識別之兩個頻率分量之間的間隔時才能確保濾波品質。由於電力系統中之網路頻率大體上經受輕微波動，且此外，在具有不同額定頻率(例如50 Hz及60 Hz)之系統中使用方法的能力為優點，對於不同網路頻率及恆定取樣速率之高濾波品質對於最廣泛可能使用而言至關重要。

已知此問題之不同解決方案，但其有時均具有相當大之缺點。一個可能性為基於網路頻率而改變演算法之取樣速率，如可自參考文獻[1]收集到。然而，常常並不需要取樣速率之此改變，此係由於亦在計算單元上執行其他演算法，由此固定取樣速率為重要的，如同(例如)在時間離散控制器中一樣。另一可能性為設計鎖相或鎖頻迴路，如可自參考文獻[2]收集到。然而，可在此等演算法中觀測到在不正常網路狀態之狀況下的濾波效應的缺乏(詳言之，與鎖相迴路有關)，抑或可(詳言之)在數位實施方案中之低取樣率的狀況下觀測到相當大之穩定性問題(詳言之，與鎖頻迴路有關)。

第三解決方案類別由基於網路電壓之動態響應的狀態空間模型

而設計之卡爾曼濾波器構成。在此狀況下，有可能區分開恆定網路頻率之濾波(如可自參考文獻[3]收集到，其中線性動態響應產生)與可變網路頻率之濾波(如可自參考文獻[4]收集到，其係基於非線性差動方程)。可變網路頻率之濾波基於各時間步驟中之合成方程中的最新狀態變數而藉由使用狀態空間描述來以遞歸方式計算在給定雜訊參數下最佳之觀測器矩陣。藉由相對應參數化，極佳濾波特性即使在變化之網路頻率的情況下及在不正常網路條件(例如，大量地負載有諧波之一或多個不對稱電壓)下引起此狀況，此係由於可在系統之狀態空間描述中考慮所有此等效應。

然而，用於觀測非線性系統之狀態變數的經擴展卡爾曼濾波器之方法的一個缺點為觀測器矩陣之遞歸式計算。為此目的，有必要在各計算步驟中使狀態空間描述之矩陣與彼此相乘，且與量測之向量及狀態變數相乘若干次。在用於考慮多個諧波階數之較大濾波尺寸的狀況下，此對所需計算次數具有負面影響。在受限制計算容量之情況下，受取樣速率限制之循環時間內的執行在某些情形下不再可能。

對比而言，假定網路頻率為恆定的，則在此狀況下由於非時變及線性系統方程而存在藉由解算代數黎卡提(Riccati)方程預先計算卡爾曼濾波器之觀測器矩陣的可能性，此可自參考文獻[3]收集到。根據至少一個實施例，在此處針對不同網路頻率提議對觀測器矩陣之預先計算。

根據參考文獻[3]，將以下頻率相依性差動方程系統用作導出觀測器實施方案的基礎：

$$x(k+1) = A(f)x(k)$$

$$y(k) = Cx(k)$$

$$A(f) = \begin{bmatrix} & & & & 0 & 0 & 0 & 0 & & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & & & & 0 & 0 & 0 & 0 & & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & & & & 0 & 0 & 0 & 0 & & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & & & & 0 & 0 & 0 & 0 & & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & & & & & & & & \ddots & & & & & & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & & & & & & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & & & & & & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & & & & & & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & & & & & & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & & & & \vdots & & & & \ddots & & & & & & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & & & & & 0 & 0 & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & & & & & 0 & 0 & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & & & & & 0 & 0 & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & & & & & 0 & 0 & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & & & & & 0 & 0 & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & & & & & 0 & 0 & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & & & & & 0 & 0 & \\ & & & & & & & & \ddots & & & & & & \\ & & & & & & & & & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ & & & & & & & & & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$A_i(f) = \begin{bmatrix} \cos(2\pi T_s i f) & -\sin(2\pi T_s i f) & & & & & & & & & & & & & \\ \sin(2\pi T_s i f) & \cos(2\pi T_s i f) & & & & & & & & & & & & & \\ & & 0 & & & & & & & & & & & & \\ & & & 0 & & & & & & & & & & & \\ & & & & \cos(2\pi T_s i f) & \sin(2\pi T_s i f) & & & & & & & & & \\ & & & & -\sin(2\pi T_s i f) & \cos(2\pi T_s i f) & & & & & & & & & \end{bmatrix}$$

$$C = \left[\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}_1 \quad \dots \quad \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}_{N+1} \right]$$

$$x(k) = [x_1(k) \quad x_2(k) \quad \dots \quad x_N(k) \quad u_{DC\alpha}(k) \quad u_{DC\beta}(k)]^T$$

$$x_i(k) = [u_{i(1)\alpha}(k) \quad u_{i(1)\beta}(k) \quad u_{i(2)\alpha}(k) \quad u_{i(2)\beta}(k)]$$

$$y(k) = [u_\alpha(k) \quad u_\beta(k)]^T$$

在此等方程中，K表示瞬時執行步驟， T_s 表示演算法之離散實施的取樣時間， f 表示網路頻率， i 表示假定為1至觀測器中所計算之最高諧波階數 N 的數目之值的指數， $u_{DC\alpha}(k)/u_{DC\beta}(k)$ 表示 α 及 β DC電壓分量， $u_{i(1)\alpha}(k)/u_{i(1)\beta}(k)$ 表示第 i 階 α 及 β 正序系統電壓分量(亦即， $i = 1$ 基諧波分量， $i > 1$ 諧波分量)，以及 $u_{i(2)\alpha}(k)/u_{i(2)\beta}(k)$ 表示第 i 階 α 及 β 負序系統電壓分量。

基於此等方程，可針對各網路頻率 f 計算觀測器矩陣 K ，且可接著將觀測器矩陣 K 用於標準觀測器實施中以觀測狀態。用於使用狀態及量測信號雜訊共變矩陣 Q 及 R 來計算卡爾曼觀測器矩陣之方程(例如)自參考文獻[6]已知。

使用矩陣 K ，在各時間步驟中根據以下已知方程更新狀態估計：

$$x(k|k) = x(k|k-1) + K * (y(k) - C * x(k|k-1))$$

在此狀況下， $x(k|k)$ 表示來自瞬時時間步驟的狀態估計，且 $x(k|k-1)$ 表示來自上一時間步驟之瞬時時間步驟的狀態估計。

根據本發明，至少根據一個實施例，在此處所用之方法中，針對包含完整所要操作範圍之不同網路頻率的給定狀態空間描述及經界定量測及狀態雜訊級而預先計算觀測器矩陣。在執行時間處，藉助於獨立於卡爾曼濾波器之演算法判定頻率。可藉助於頻率判定區塊(諸如諸圖中所說明之頻率判定區塊)實施此演算法。在此狀況下，舉例而言，適合之濾波器可用以自空間向量電壓角度判定網路頻率。此頻率信號用以選擇匹配此頻率之觀測器矩陣。在此狀況下，有可能執行內插以便增大在不同頻率下之不同所儲存觀測器矩陣之間的解析度。

此方法因此使得有可能精確且快速地計算正序系統及負序系統中之網路電壓的多個諧波，其計算複雜度相比非線性、經擴展卡爾曼濾波器顯著地減小。不同於當使用鎖頻迴路時，如亦在參考文獻[5]中(例如)使用卡爾曼濾波器予以描述，此處所描述之演算法並不使用閉合環路以判定網路頻率，其由於其難以分析之非線性動態響應而對於濾波器演算法而言始終為穩定性風險。確切而言，單獨地判定網路頻率，且網路頻率僅用以選擇觀測器矩陣。

此外，上文所描述之方法亦可用以判定電流中之諧波。

上文所提及之參考文獻如下：

[1] B. P. McGrath, D. G. Holmes, J. Galloway: Improved Power Converter Line Synchronisation using an Adaptive Discrete Fourier Transform (DFT). Proceedings of IEEE 33rd Annual Power Electronics Specialists Conference, 2002, 第2卷,第821至826頁.

[2] R. Teodorescu, M. Liserre, P. Rodríguez: Grid Converters for Photovoltaic and Wind Power Systems. John Wiley & Sons, Chichester,

2011.

[3] R. R. Bitmead, A. C. Tsoi, P. J. Parker: A Kalman Filtering Approach to Short-Time Fourier Analysis. IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Signal Processing, 第ASSP-34(6)卷, 1986年12月, 第1493至1501頁.

[4] B. La Scala, R. R. Bitmead: Design of an Extended Kalman Filter Frequency tracker. IEEE Transactions on Signal Processing, 第44(3)卷, 1996年3月, 第739至742頁.

[5] M. S. Reza, M. Ciobotaru, V. G. Agelidis: Instantaneous Power Quality Analysis Using Frequency Adaptive Kalman Filter Technique. Proceedings of 7th International Power Electronics and Motion Control Conference, Harbin, China, 2012年6月, 第81至87頁.

[6] T. Glad, L. Ljung: Control Theory. Taylor & Francis, London, 2000.

【符號說明】

100	風力發電設備
102	塔
104	吊籃
106	轉子
108	轉子葉片
110	旋轉器
201	量測配置
202	供應網路
204	量測感測器
206	變換區塊
208	頻率判定區塊

210	卡爾曼濾波器區塊
302	觀測器矩陣區塊
304	系統矩陣區塊
306	更新區塊
308	狀態區塊
310	初始化區塊
312	變換區塊
400	風力發電設備
402	供應網路
404	變壓器
406	發電機
408	整流器
410	反相器
412	量測感測器
414	量測區塊
416	控制區塊
<u>C</u>	矩陣
f	網路頻率
<u>x</u>	狀態向量

申請專利範圍

1. 一種用於記錄一基諧波及至少一個諧波之一電氣三相供應網路中的電壓之量值及相位的方法，該方法包含以下步驟：
量測該供應網路之一電氣三相電壓，
將該基諧波之一旋轉電壓相量用作一所量測參考相量來將該所量測電壓值變換成極座標，以及
藉助於一狀態觀測器，分別觀測該基諧波之至少一個電壓相量的值及待記錄的至少一個諧波之至少一個電壓相量的值，
基於該所量測參考相量而追蹤該等所觀測值。
2. 如請求項1之方法，其中該狀態觀測器基於一所記錄網路頻率而操作，且該所記錄網路頻率作為一輸入變數輸入至該狀態觀測器。
3. 如請求項1或2之方法，其中該狀態觀測器藉助於一最新觀測器矩陣觀測該等電壓相量之該等值，且該最新觀測器矩陣基於該所記錄網路頻率而選自複數個經預計算觀測器矩陣。
4. 如請求項1或2之方法，其中將一卡爾曼濾波器用作該狀態觀測器。
5. 如請求項1或2之方法，其中一正序系統及一負序系統分別由用於該基諧波及待記錄之各諧波的該狀態觀測器記錄，且其中視情況記錄一直流(DC)分量。
6. 如請求項1或2之方法，其中分別將一正序系統之一電壓相量及一負序系統之一電壓相量視為該基諧波及待記錄之各諧波的一基礎且觀測其值，且其中視情況將一電壓相量視為一DC分量之一基礎且記錄其值。
7. 如請求項1或2之方法，其中在連接至該電氣供應網路之一變壓

器處，詳言之，在該變壓器之以電氣方式面朝一風力發電設備的側上量測該供應網路之該電氣三相電壓，該風力發電設備經由此變壓器饋入該電氣供應網路。

8. 如請求項1或2之方法，其中藉助於假定該電壓不含零序系統的克拉克變換來將該所量測電壓變換成極座標。

9. 一種用於將電流饋入至一電氣三相供應網路中之方法，該方法包含以下步驟：

藉助於如前述請求項中任一項之一方法記錄該供應網路中之該電壓，記錄至少一個諧波，以及

產生一電流以供饋入至該電氣供應網路中，該電流包含一補償電流分量以便減小該至少一個所記錄諧波。

10. 如請求項9之方法，其中該補償電流分量具有至少一個電流諧波，且分別藉由一振幅及一相位且基於該所記錄電壓之該觀測諧波而判定一電流諧波。

11. 如請求項9或10之方法，其中分別使用一控制器調整該補償電流分量之一電流諧波的一振幅，且該控制器將該所記錄電壓的相關諧波之所要電壓值與所觀測實際電壓值之間的一控制差異作為一輸入信號接收。

12. 如請求項11之方法，其中，作為該控制器，自包含以下各者之清單選擇一控制器：

PID控制器，

PI控制器，

P控制器，以及

PD控制器。

13. 如請求項9或10之方法，其中該補償電流分量分別將電流諧波考慮為正序系統分量及負序系統分量。

14. 一種用於產生待饋入至一三相供電系統中之一電流的反相器，其準備以如請求項9至13中任一項之一方法操作。
15. 一種風力發電設備，其具有如請求項14之一反相器，及/或準備執行如請求項1至13中任一項之一方法。

圖式

p

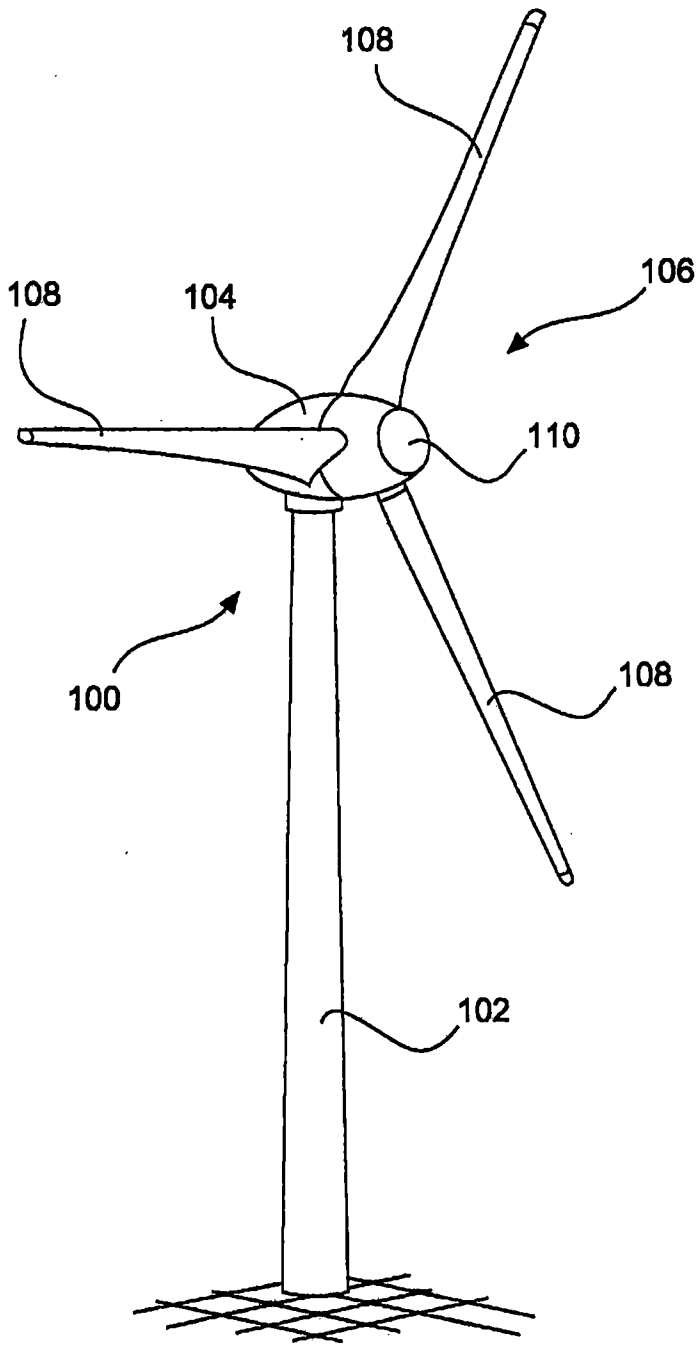


圖1

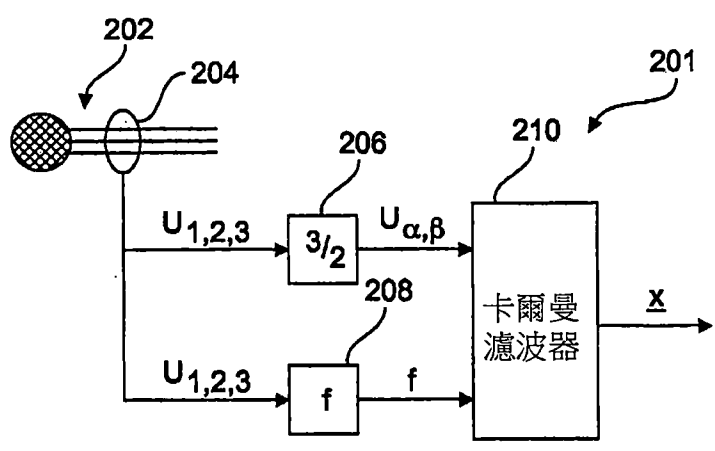


圖2

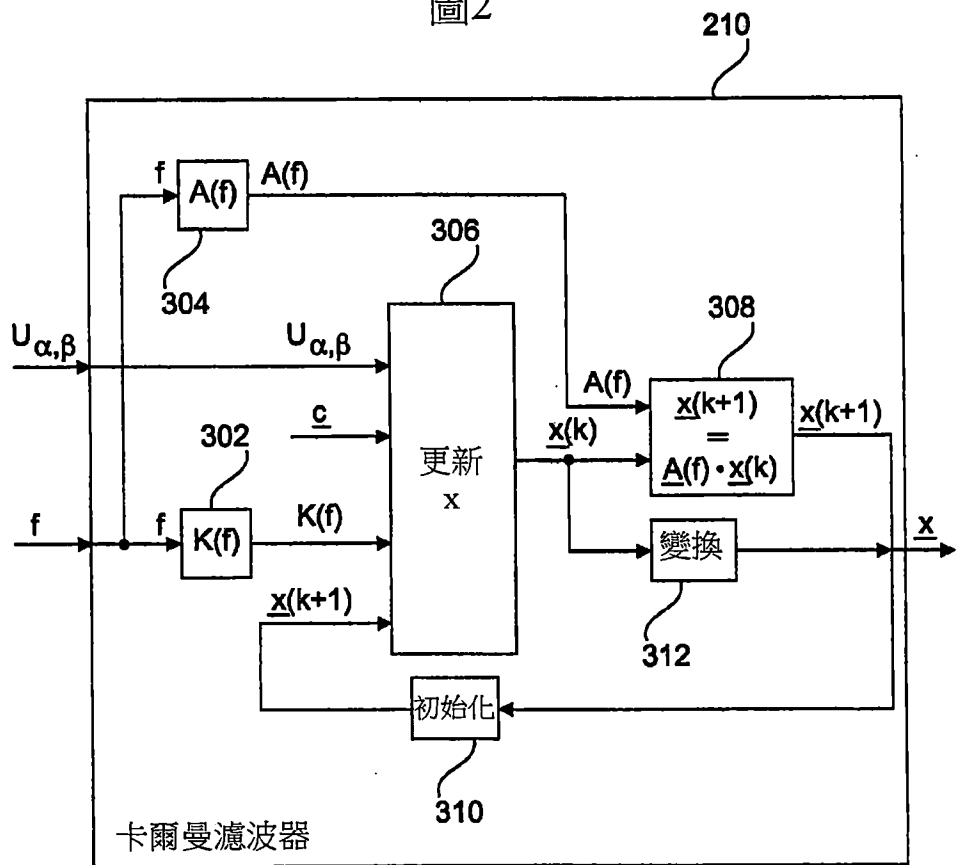


圖3

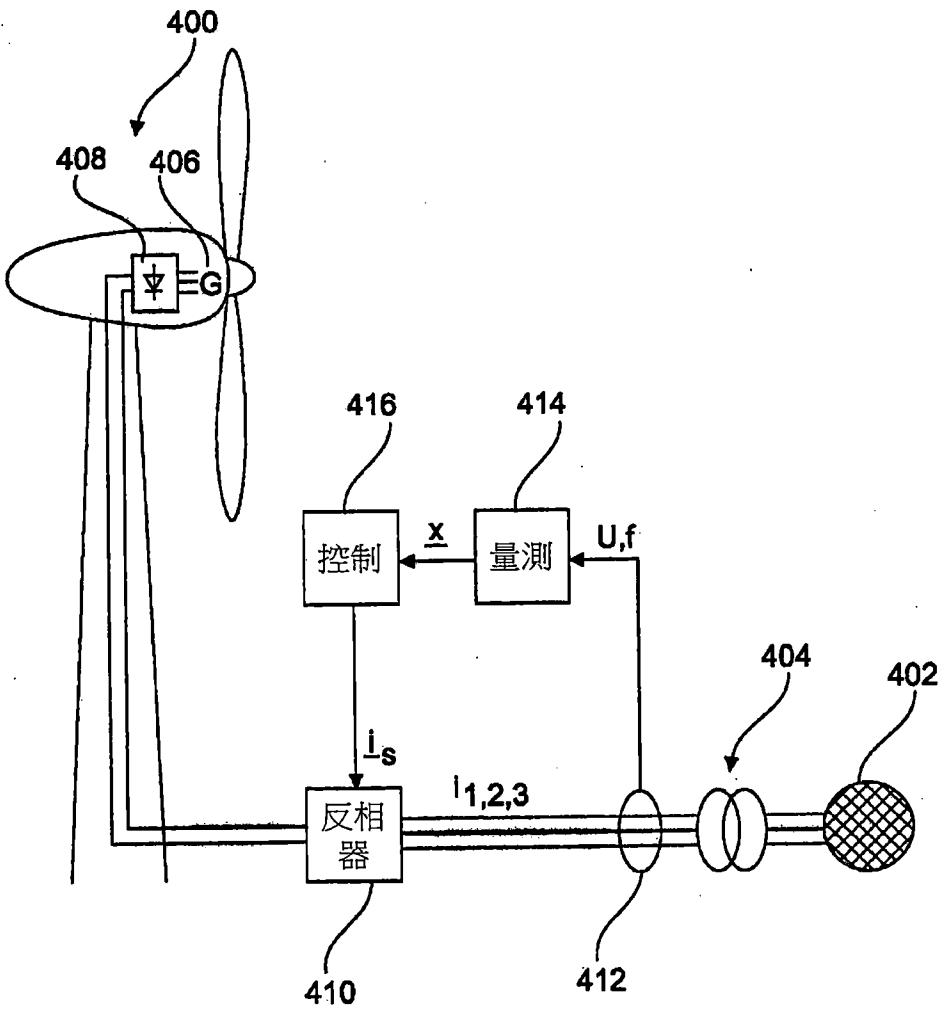


圖4