



(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 201834346 A

(43) 公開日：中華民國 107 (2018) 年 09 月 16 日

(21) 申請案號：106141961

(22) 申請日：中華民國 106 (2017) 年 11 月 30 日

(51) Int. Cl. : H02J3/24 (2006.01)

(30) 優先權：2016/11/30 英國

1620329.1

(71) 申請人：英商迅應科技有限公司 (英國) REACTIVE TECHNOLOGIES LIMITED (GB)
英國(72) 發明人：凡拓拉 米卡 VENTOLA, MIKA (FI)；阿拉卡提歐拉 優卡 ALAKONTIOLA,
JUKKA (FI)；柏瑞特 馬克 BORRETT, MARC (GB)；帕篤 維耶 PAJU, VILLE
(FI)；佩托拉 蒂摩 PELTOLA, TIMO (FI)

(74) 代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：6 共 32 頁

(54) 名稱

判定對電力網之惰性貢獻之特性

DETERMINING A CHARACTERISTIC OF AN INERTIAL CONTRIBUTION TO AN ELECTRIC
POWER GRID

(57) 摘要

本發明描述用於判定對一電力網之一惰性貢獻之一特性之方法及裝置。基於在一第一時段中執行之一或多個惰性量測判定該電力網中之一惰性改變。根據該所判定惰性改變及指示該電力網中之一或多個能量生產設施及/或一或多個能量消耗器件之一惰性貢獻特性之資料，針對不同於該第一時段之一第二時段判定對該電力網之一惰性貢獻之一特性。

Methods, and apparatus for determining a characteristic of an inertial contribution to an electrical power grid are described. A change in inertia in the electrical power grid based on one or more inertia measurements performed in a first time period is determined. On the basis of the determined change in inertia and data indicative of an inertia contribution characteristic of one or more energy production facilities and/or one or more energy consuming devices in the electric power grid, a characteristic of an inertial contribution to the electrical power grid is determined for a second time period different to the first time period.

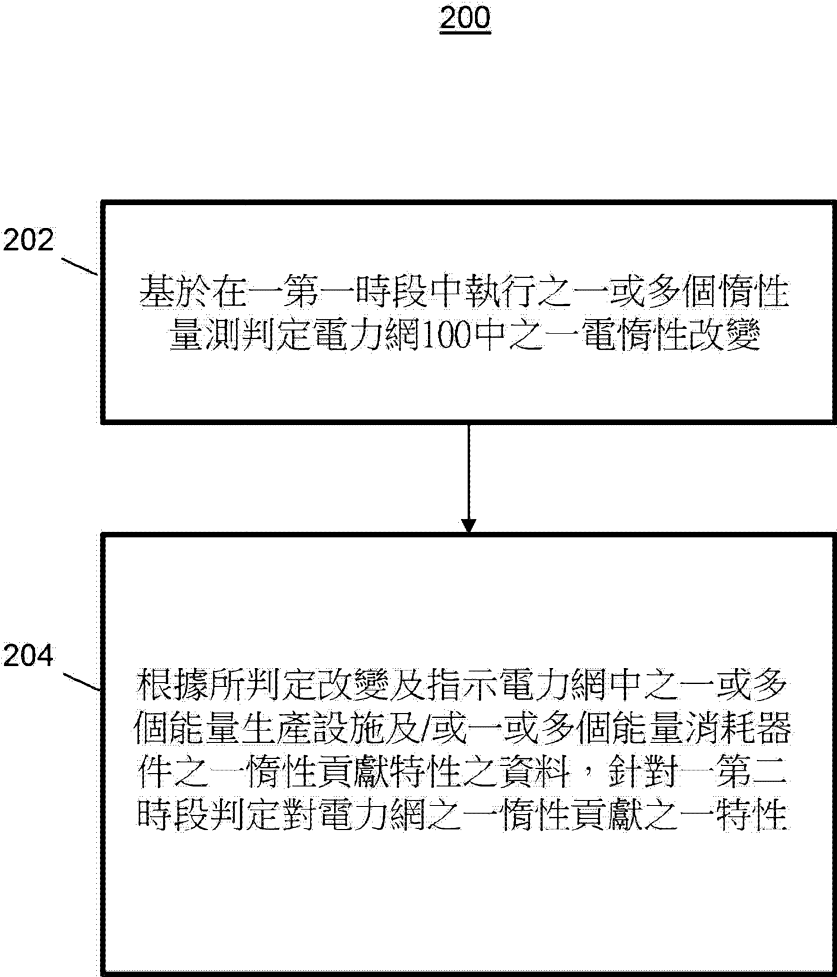
指定代表圖：

符號簡單說明：

200 . . . 方法

202 . . . 方塊

204 . . . 方塊



【圖2】

【發明說明書】

【中文發明名稱】

判定對電力網之惰性貢獻之特性

【英文發明名稱】

DETERMINING A CHARACTERISTIC OF AN INERTIAL
CONTRIBUTION TO AN ELECTRIC POWER GRID

【技術領域】

本發明係關於用於判定對一電力網之一惰性貢獻之一特性之方法及系統。

【先前技術】

提供者與消費者之間的電力交換經由一電力網而發生。在此一電力網中，通常藉由相對大容量發電站與相對小容量可再生能源之一組合供應電力。

大發電站(諸如化石燃料燃燒或核電站)中之發電機通常包括具有相對高質量之旋轉零件，其等按相對高速度旋轉且因此被稱為自旋發電。在其等正常操作之進程中，自旋發電機儲存相對大量動能且將惰性貢獻至電力網。較小可再生能源(諸如風力渦輪機及太陽能發電機)儲存非常少量能量或甚至完全不儲存能量，且將較少惰性或不將惰性貢獻至電力網。

類似地，例如工廠中之旋轉電機消耗電力且儲存動能，動能促成電力網中之總惰性。

惰性貢獻及非惰性貢獻發電機對能量供應之相對貢獻被稱為生產混合(production mix)。生產混合資料可例如指示由煤、核及氣體電力生產設施提供之電力對由風力及太陽能電力生產設施提供之電力之相對比例。關

於當前生產混合及可能未來生產混合之資訊對於系統操作者、網路操作者及能量市場交易者係有價值的，因為其提供電力網之穩定性及來自電能生產之參與輸出位準之一指示，其可指示對能量市場之供應不足/過度供應。可例如藉由對各作用中發電機之惰性常數及標稱電力之值求和來計算總電網惰性。

定期發佈基於過去能量生產資料之生產混合資料。生產混合資料可係基於例如電力網中之各發電機之標稱輸出電力之值以及提供電力至電力網之發電機之數目及位置。然而，通常無法即時獲得此資料，且在資料用於產生未來生產混合之預測之情況中，預測可為不精確的。例如，可在已發生實際生產之後的15分鐘、1小時或1天發佈生產混合資料。此外，自己知生產資料計算惰性之一缺點係該方法並不提供對能量消耗器件對電力網之惰性之貢獻之任何洞察。

本發明之一目標係至少減輕先前技術之一些問題。

【發明內容】

根據本發明之一第一態樣，提供一種判定對一電力網之一惰性貢獻之一特性之方法，該方法包括：

基於在一第一時段中執行之一或多個惰性量測判定該電力網中之一惰性改變；及

根據該所判定改變及指示該電力網中之一或多個能量生產設施及/或一或多個能量消耗器件之一惰性貢獻特性之資料，針對不同於該第一時段之一第二時段判定對該電力網之一惰性貢獻之一特性。

根據本發明之一第二態樣，提供一種用於判定對一電力網之惰性貢獻之一特性之系統，該系統包括：

一量測構件，其經配置以基於在一第一時段中執行之一或多個惰性量測判定該電力網中之一惰性改變；及

一處理器，其經配置以根據該所判定改變及指示該電力網中之一或多個能量生產設施及/或一或多個能量消耗器件之一或多個惰性貢獻特性之資料，針對不同於該第一時段之一第二時段判定對該電力網之一惰性貢獻之一特性。

根據本發明之一第三態樣，提供一種電腦程式，當藉由一處理器執行時導致該處理器：

基於在一第一時段中執行之一或多個惰性量測判定該電力網中之一惰性改變；

根據該所判定改變及指示該電力網中之一或多個能量生產設施及/或一或多個能量消耗器件之一或多個惰性貢獻特性之資料，針對不同於該第一時段之一第二時段判定對該電力網之一惰性貢獻之一特性。

自參考隨附圖式僅藉由實例給出的本發明之較佳實施例之以下描述將變得明白本發明之進一步特徵及優點。

【圖式簡單說明】

圖1係繪示其中可實施本發明之一電力網之一示意圖；

圖2係展示判定對一電力網之一惰性貢獻之一特性之一方法之一流程圖；

圖3係繪示用於判定對一電力網之一惰性貢獻之一特性之訓練及預測程序之一示意圖；

圖4係繪示用於判定對一電力網之一惰性貢獻之一特性之訓練及預測程序之一示意圖；

圖5係繪示用於判定對一電力網之一惰性貢獻之一特性之訓練及預測程序之一示意圖；及

圖6係展示判定對一電力網之一惰性貢獻之一特性之一方法之一流程圖。

【實施方式】

通常，一電力網在貫穿電網之一同步區域均勻之一標稱電網頻率下操作。例如，UK市電在50 Hz下標稱地操作。電網操作者通常有義務將電網頻率維持在預定義限制內，例如，UK市電應保持在標稱50 Hz電網頻率之0.4%內。若未維持電能之生產與消耗之間的平衡(例如，若生產總量無法滿足高需求時段期間的消耗，或若來自一發電機之輸出可能歸因於發電機中之一故障而改變)，則儲存於電網之發電機中之能量之淨量可變化。此導致自旋發電機之旋轉速度之一改變及電網之操作頻率之一對應改變。電網操作者因此使用系統操作頻率作為電網中之電力之消耗與生產之間的平衡之一量度。

電網惰性係儲存於電力網中之能量之一量度且影響電網之操作頻率回應於電網平衡之一改變而改變之速率。具有惰性貢獻(即，自旋)生產之一高比例之一同步電力網之區域通常具有儲存為發電機中之旋轉動能之大量能量(即，其等具有高惰性)且因此具有將電網之操作頻率維持在標稱電網頻率之一較大能力。相比之下，具有惰性貢獻生產之一低比例及非惰性貢獻生產(諸如例如太陽能)之一相對高程度之一同步電力網之區域具有相對少量儲存能量(即，其等具有低惰性)且因此具有將電網之操作頻率維持在標稱電網頻率之較小能力。

類似地，其中存在大量自旋負載之電網區域(諸如使用旋轉電機之工

廠)促成總電網惰性，而具有少量自旋負載之電網區域較少促成總電網惰性。

因此，一電力網中之惰性量可提供相對於非惰性貢獻生產及/或消耗之量之惰性貢獻生產及/或消耗之相對量之一指示。此可提供例如對來自相對於可再生電源(諸如太陽能發電機)之傳統電源(諸如核或化石燃料電力蒸汽渦輪機)之總電力生產之相對貢獻之一指示。

自提供者(諸如發電站)供應電至消費者(諸如家庭用戶及商戶)通常經由一電力網而發生。圖1展示其中可實施本發明之實施例之一例示性電力網100，其包括一傳輸電網102及一分配電網104。

傳輸電網102經連接至發電機106，發電機106可為核電廠或燃氣電廠，例如，透過電力線(諸如附加電力線)自其傳輸處於非常高電壓(通常約幾百kV)之大量電能至分配電網104。

傳輸電網102經由一變壓器108連結至分配電網104，變壓器108將電供應轉換成一較低電壓(通常約50 kV)以分配於分配電網104中。

經由進一步包括用於轉換成仍較低電壓之變壓器之變電站110將分配電網104連接至區域網路，區域網路將電力提供至連接至電力網100之電力消耗器件。區域網路可包含家庭消費者之網路(諸如一城區網路112)，其將電力供應至汲取約幾kW之相對少量電力之私人住所113內之家用器具。私人住所113亦可使用光伏打器件117以提供相對少量電力以被住所處之器具消耗或提供電力至電力網100。區域網路亦可包含工業處所(諸如一工廠114)，其中在工業處所中操作之較大器具汲取約若干kW至MW之較大量電力。區域網路亦可包含較小發電機之網路，諸如提供電力至電力網100之風力場116。

儘管為簡潔起見僅在圖1中展示一個傳輸電網102及一個分配電網104，但實際上，一典型傳輸電網102供應電力至多個分配電網104且一個傳輸電網102亦可經互連至一或多個其他傳輸電網102。

電力作為交流電(AC)在電力網100中流動，交流電在一系統頻率下流動，系統頻率可被稱為一電網頻率(通常50 Hz或60 Hz，取決於國家)。電力網100在一同步頻率下操作，使得頻率在電網之各點處實質上相同。

電力網100可包含一或多個直流電(DC)互連件119，其等提供電力網100與其他電力網之間的一DC連接。通常，DC互連件119連接至電力網100之高電壓傳輸電網102。DC互連件119提供各種電力網之間的一DC鏈路，使得電力網100界定在未受到其他電力網之電網頻率之改變影響之一給定同步電網頻率下操作之一區域。例如，UK傳輸電網經由DC互連件連接至歐洲大陸之同步電網。

電力網100亦可包含用於量測電力網100中之惰性之一或多個器件(在下文中稱為惰性量測器件118)。惰性量測器件118可經定位於分配電網104中或傳輸電網102中或處於電力網100之任何其他位置。在一些實例中，惰性量測器件118可嵌入自傳輸電網104汲取電能之能量消耗器件中。在其他實例中，惰性量測器件118可與任何能量消耗器件分離。各惰性量測器件118可經定位於電力網100中之一已知位置處。儘管為簡明起見僅在圖1中展示七個惰性量測器件118，但將理解，實際上，電力網100可包括幾百個或幾千個此等器件。

在發佈為公開案編號GB2515358之申請人之同在申請中之專利申請案中描述適於量測電力網100中之惰性之一惰性量測器件118之一實例。然而，將理解，本發明之實施例可使用量測電力網100中之惰性之任何構件。

在一些實例中，一量測中心120可自惰性量測器件118之一或多者收集惰性資料。量測中心120與一或多個惰性量測器件118共同形成用於判定對一電力網100之惰性貢獻之一特性之一系統。

量測中心120可經定位於如在圖1中展示之電力網100之地理區域內，或可經定位於電力網100之地理區域外部。量測中心120可包括例如一計算器件，其經配置以根據下文描述之方法處理及分析惰性資料。

惰性量測器件118可包含一通信介面，其經配置以能夠與量測中心120通信，使得藉由惰性量測器件118量測之惰性資料可經發送至量測中心120以進行處理及分析(由圖1中之虛線箭頭指示)。類似地，量測中心120可包括用於接收此資料之一通信介面。量測中心120亦可能夠經由通信介面擷取儲存於一資料庫122中之生產及/或消耗資料(由圖1中之實線箭頭指示)。量測中心120可經配置以彙總來自電力網100中之複數個位置之惰性量測以判定電力網100之不同區域之惰性之粒度量測。在一些實例中，量測中心120可經組態以判定電網之可組態區域之一平均惰性值。可組態區域可包含例如整個電力網100、一國家、城市、城鎮等或電力網100之任何其他可界定區域。

圖2係展示判定對一電力網(諸如在上文參考圖1描述之電力網100)之一惰性貢獻之一特性之一方法200之一流程圖。

對電力網100之惰性貢獻可為由一或多個能量生產設施及/或由一或多個能量消耗器件提供之一貢獻。

在方塊202，基於在一第一時段中執行之一或多個惰性量測判定電力網100中之一惰性改變。可例如使用在上文參考圖1描述之惰性量測器件118進行惰性量測。量測可在一或多個位置中進行且可表示一局部惰性值

(即，針對電力網100之一特定區域)或針對整個電力網100。

可例如藉由分析在不同時間進行之兩個或兩個以上惰性量測來判定惰性改變。在一些實例中，可藉由分析惰性量測之一時間序列來判定惰性改變。

在方塊204，根據所判定惰性改變及指示電力網中之一或多個能量生產設施及/或一或多個能量消耗器件之一惰性貢獻特性之資料，針對不同於第一時段之一第二時段判定對電力網之一惰性貢獻之一特性。

惰性貢獻特性可為例如與由惰性貢獻生產設施產生之電力網100中之總電能生產之一比例相關之一生產混合值。例如，生產混合資料可例如指示由煤、核及氣體電力生產設施提供之電力對由風力及太陽能電力生產設施提供之電力之相對比例，且可包含指示由個別生產設施提供之一電量之資料。在其他實例中，特性可為指示一消耗混合(即，與由惰性貢獻能量消耗器件消耗之電力網100中之總能量消耗之一比例相關)之一值。在一些實例中，惰性貢獻特性可指示生產混合及消耗混合兩者。

能量生產設施之一惰性貢獻特性可包含由該等能量生產設施提供之電能之一標稱改變速率。例如，對於一特定能量生產設施，可已知電力生產按一特定速率漸增。類似地，能量消耗器件之一惰性貢獻特性可包含由一或多個能量消耗器件消耗之電能之一標稱改變速率。

可藉由識別所判定惰性改變與電力網100中(在整個電力網100上或在電力網100之一區域中)之能量消耗或生產之一改變之間的一行為差異來判定對電力網100之一惰性貢獻之特性。可藉由例如一電網操作者即時量測能量消耗或生產之改變。基於所識別行為差異，可判定電力網100中之能量生產設施及/或能量消耗器件之能量提供及/或消耗之一改變。所量測惰性之

改變(其並不遵循電能之消耗或生產之一改變)可指示電力網100或電力網100之一區域中之生產混合(即，惰性貢獻生產之相對比例)或消耗混合(即，惰性貢獻消耗之相對比例)之一改變。例如，如在下文更詳細描述，所量測惰性之一所識別改變可經識別為可能係一或多個生產設施之生產之一改變(基於規定一或多個生產設施之操作特性之先前資料)或一或多個能量消耗器件之消耗之一改變(基於規定一或多個能量消耗器件之操作特性之先前資料)之結果。特定言之，若已知當能量提供或消耗改變時，一特定電力生產設施或能量消耗器件(或此等設施或器件之一群組)以一特定方式表現，則可預測一特定生產設施或能量消耗器件(或此等設施或器件之群組)可負責所量測惰性之所識別改變。例如，可已知一特定能量生產設施之電力輸出按一已知速率漸增或漸減達一已知時間且此一設施已開始漸增(或漸減)。當大規模電力生產設施(諸如核或燃氣發電站)使供應至電力網100之電力漸增時，其等通常首先與電力網100同步以使發電機頻率、相位角及電壓量值分別與電網電壓頻率、相位角及量值匹配且一旦同步，便使其等提供之電力漸增。在生產設施與電力網100同步時，其等將其等之多數惰性貢獻貢獻至電力網100，但其等同步之時間與其等將大量電力提供至電力網100之時間之間存在一滯後。相反地，當此等電力生產設施漸減時，其等通常首先減少其等提供至電力網100之電力且僅當其等之電力供應處於一低位準時，其等自電力網100斷開；在斷開時，損失其等之多數惰性貢獻，但所提供電量之減少與惰性貢獻之一改變之間存在一滯後。由於一電力生產設施漸減所花費之時間可為已知的，故可關於該設施之預期未來行為及其對例如已知改變時段內之生產混合之效應進行一預測。此外，藉由繼續監測所量測惰性，可能驗證及重新驗證預測是否成立。

在一些實例中，規定操作特性之資料可係關於一特定類型之生產設施或能量消耗器件而非一特定設施或器件，且可關於該類型之設施或器件之預期未來行為及其對例如已知改變時段內之生產混合之效應進行一預測。

第二時段可在第一時段之後，使得對電力網之惰性貢獻之判定係在某未來時間點或一未來時段期間之惰性貢獻之一預測 (forecast 或 prediction)。然而，在一些實例中，第二時段可在第一時段之前，使得該方法用於在其中判定惰性改變之時段之前的一時間判定對電力網100之惰性貢獻。

為針對第二時段判定對電力網100之一惰性貢獻之特性(例如，未來生產混合之一預測)，可產生使惰性改變與惰性貢獻特性相關之一模型。所判定惰性改變及指示一或多個惰性貢獻特性之資料(諸如例如與生產設施或能量消耗器件之操作特性相關之資料)可接著經應用至模型以判定惰性貢獻特性。

圖3描繪用於開發及使用一模型以判定對電力網100之一惰性貢獻之一特性之一程序300之一實例。程序包括一訓練程序302及一判定程序(在下文中稱為一預測程序304)。儘管一般言之預測程序經設想為主要用於判定惰性貢獻之未來特性(諸如預測未來生產混合)，但將理解，該模型同樣能夠應用以判定惰性貢獻之過去特性。例如，預測程序304可作為輸入接收資料點之一時間序列且預測程序304之輸出可為時間序列中之一後續點或時間序列中之一前置點。

在訓練程序302期間，一模型306接收與一先前時段 t_0 相關之訓練資料。訓練資料包括針對時段 t_0 之已知惰性資料308 (例如，其可已使用惰性量測器件118加以量測)、針對一或多個生產設施之時段 t_0 之已知生產資料

310及針對不同於 t_0 之一時段(例如，針對一後續時段 t_1)之已知生產資料312。可例如自資料庫122獲得已知生產資料310、312。

視情況，訓練資料可包含與對電力網100之一惰性貢獻之特性之判定相關之額外資料314。例如，額外資料314可包含指示以下之一或多者之資料：天氣；當日時間；當週日期；月份；季節；能量市場價格；一電網頻率改變；公共事件；及電視廣播。可自資料庫122或自任何其他適當源獲得額外資料314。

使用訓練資料，訓練程序302判定模型306之參數316以在隨後在預測程序304期間使用。例如，可在一第一時段(即， t_0)中量測一組惰性值308。可存取指示第一時段中之惰性貢獻之一第一特性之資料。例如，可自一網路操作者獲得針對第一時段之生產混合資料310。亦可存取指示一第二時段中之惰性貢獻之一第二特性之資料，諸如針對第二時段之生產混合資料312。使用指示惰性貢獻之第一及第二特性之資料(例如，針對第一及第二時段之生產混合資料310、312)及針對第一時段之所量測惰性值308，可判定在第一時段中量測之該組惰性值308、惰性貢獻之第一特性及惰性貢獻之第二特性之間的關係。基於所判定關係，可判定模型306之參數316。換言之，模型306可經訓練以基於針對一對應時段之已知惰性值及一已知生產混合來判定針對其中不存在惰性量測資料之一時間(例如一未來時段)之一預期生產混合，且參數316可表示模型306之輸入與模型306之輸出之間的一統計關係。

一旦已判定模型306之參數316，便可由預測程序304使用該等參數316來操作模型306以基於進一步惰性量測判定對電力網100之一惰性貢獻之未知特性。特定言之，如在圖3中展示，在預測程序304期間，模型306

可在一時段 t_2 期間接收進一步惰性資料318。模型306 (已在訓練程序302期間判定其之參數316)可接著提供基於電力網100中之一所判定惰性改變 (即，使用進一步惰性資料318判定)及指示電力網中之一或多個能量生產設施之一惰性貢獻特性之資料320針對一時段 t_3 判定對電力網100之一惰性貢獻之一特性。例如，模型306可輸出針對時段 t_3 之生產混合資料322。

在一些實例中，針對預測程序304，模型306可接收與對電力網100之惰性貢獻之判定相關之額外資料324。例如，可自資料庫122擷取額外資料324。藉由模型306針對預測程序304接收之額外資料324可包括與由模型306針對訓練程序302使用之額外資料314等效之資料。例如，額外資料324可包含指示以下之一或多者之資料：天氣；當日時間；當週日期；月份；季節；能量稅；燃料價格；能量分配及/或傳輸費用；運行要求或指令；裁減要求或指令；能量市場價格；一電網頻率改變；公共事件；及電視廣播。

可根據電力網100 (或其之受關注區域)之性質選擇所使用之模型306之類型及在訓練程序302期間判定且隨後由模型306在預測程序304中使用之模型306之參數316。例如，模型可包含以下之一或多者：一機器學習演算法；一最小平方擬合；一隨機森林迴歸；及一神經網路。

儘管在上文參考圖3描述之實例中，生產資料310、312用於訓練模型306，以便在訓練程序302中判定模型306之參數316，且模型306隨後用於在預測程序304中判定生產資料322，但在一些實例中，亦可替代生產資料使用消耗資料或使用生產資料以及消耗資料。

圖4描繪用於開發及使用模型306以判定對電力網100之一惰性貢獻之一特性之一程序400之一實例。類似於參考圖3描述之實例，程序400包括一訓練程序402及一預測程序404。

在訓練程序402期間，模型306接收與一先前時段 t_0 相關之訓練資料。訓練資料包括針對時段 t_0 之已知惰性資料308 (例如，其可已使用惰性量測器件118加以量測)、針對一或多個能量消耗器件之時段 t_0 之已知消耗資料406及針對不同於 t_0 之一時段(例如，針對一後續時段 t_1)之已知消耗資料408。

使用訓練資料，訓練程序402判定模型306之參數410以在隨後在預測程序404期間使用。例如，可在一第一時段(即， t_0)中量測一組惰性值。可存取指示第一時段中之惰性貢獻之一第一特性之資料。例如，可自一網路操作者獲得針對第一時段之消耗混合資料。亦可存取指示一第二時段中之惰性貢獻之一第二特性之資料，諸如針對第二時段之消耗混合資料。使用指示惰性貢獻之第一及第二特性之資料(例如，針對第一及第二時段之消耗混合資料)及針對第一時段之所量測惰性值，可判定在第一時段中量測之該組惰性值、惰性貢獻之第一特性及惰性貢獻之第二特性之間的關係。基於所判定關係，可判定模型306之參數410。換言之，模型306可經訓練以基於針對一對應時段之已知惰性值及一已知消耗混合來判定針對其中不存在惰性量測資料之一時間(例如一未來時段)之一預期消耗混合，且參數410可表示模型306之輸入與模型306之輸出之間的一統計關係。

一旦已判定模型306之參數410，便可由預測程序404使用該等參數410來操作模型306以基於進一步惰性量測判定對電力網100之一惰性貢獻之未知特性。特定言之，如在圖3中展示，在預測程序404期間，模型306可在一時段 t_2 期間接收進一步惰性資料412。模型306 (已在訓練程序402期間判定其之參數410)可接著提供基於電力網100中之一所判定惰性改變(即，使用進一步惰性資料412判定)及指示電力網中之一或多個能量消耗器

件之一惰性貢獻特性之資料414針對一時段 t_3 判定對電力網100之一惰性貢獻之一特性。例如，模型306可輸出針對時段 t_3 之消耗混合資料416。

類似於參考圖3描述之模型306，訓練程序402可使用額外資料314以判定模型306之參數410且預測程序可使用等效額外資料324以判定對電力網100之惰性貢獻。例如，可自資料庫122擷取額外資料314。

圖5描繪用於開發及使用一模型以判定對電力網100之一惰性貢獻之一特性之一程序500之另一實例。程序包括一訓練程序502及一判定程序(在下文中稱為一預測程序504)。儘管一般言之預測程序經設想為主要用於判定惰性貢獻之未來特性(諸如預測生產混合)，但將理解，該模型同樣能夠用以判定惰性貢獻之過去特性。

在訓練程序502期間，模型306接收與一先前時段 t_0 相關之訓練資料。訓練資料包括針對時段 t_0 之已知惰性資料308 (例如，其可已使用惰性量測器件118加以量測)、針對一或多個生產設施之時段 t_0 之已知生產資料310、針對一或多個能量消耗器件之時段 t_0 之已知消耗資料406、針對不同於 t_0 之一時段之已知生產資料312及針對不同於 t_0 之一時段之已知消耗資料408。

使用訓練資料，訓練程序502判定模型306之參數510以在隨後在預測程序504期間使用。例如，可在一第一時段(即， t_0)中量測一組惰性值。指示第一時段中之惰性貢獻之一第一特性之資料可包括針對第一時段之生產混合資料及消耗混合資料且指示一第二時段中之惰性貢獻之一第二特性之資料可包括針對第二時段之生產混合資料及消耗混合資料。使用指示惰性貢獻之第一及第二特性之資料(例如，針對第一及第二時段之生產及消耗混合資料)及針對第一時段之所量測惰性值，可判定在第一時段中量測之該組惰性值、惰性貢獻之第一特性及惰性貢獻之第二特性之間的關係。基於所

判定關係，可判定模型306之參數510。模型306可經訓練以基於針對一對應時段之已知惰性值及一已知生產混合及消耗混合資料針對其中不存在惰性量測資料之一時間(例如，一未來時段)判定一預期生產混合、一預期消耗混合或一組合預期生產及消耗混合。

一旦已判定模型306之參數510，則在預測程序304期間，模型306可在一時段 t_2 期間接收進一步惰性資料512。模型306(已在訓練程序502期間判定其之參數510)可接著提供基於電力網100中之一所判定惰性改變(即，使用進一步惰性資料318判定)及指示電力網中之一或多個能量生產設施及/或一或多個能量消耗器件之一惰性貢獻特性之資料320針對一時段 t_3 判定對電力網100之一惰性貢獻之一特性。例如，模型306可輸出針對時段 t_3 之生產混合資料322及/或消耗混合資料416。

在一些實例中，與消耗混合相關之資料可用於改良輸出生產混合資料之精確性。由於所量測惰性包括來自能量生產設施及能量消耗器件之惰性貢獻，故在一些實例中，基於一惰性量測之未來(例如)生產混合之一所判定值可歸因於生產設施及能量消耗器件之未知相對惰性貢獻而為不精確的。因此，藉由在訓練程序502及預測程序504中使用消耗及生產資料兩者，模型306可在判定一生產混合時考量生產設施及能量消耗器件之相對惰性貢獻。類似地，與生產混合相關之資料可用於改良輸出消耗混合資料之精確性。

在上文參考圖3至圖5描述之模型306可用於基於惰性量測判定生產混合資料或消耗混合資料(或兩者)。如上文描述，所量測惰性可為整個電力網100之所量測惰性(例如，基於惰性量測之一彙總平均值)或電力網之一區域中之一局部惰性量測(例如，在惰性量測器件118之局部)。在一些實例

中，量測中心120可自多個惰性量測器件118核對以映射電力網100內之惰性。

在一些實例中，模型306之輸出可規定對電力網100之惰性貢獻之判定之一概率量度。例如，該輸出可規定一特定生產設施或能量消耗器件(或此等設施或器件之群組)正在改變其生產或消耗之一確定性(例如，一百分比機會)、改變可能繼續之時間及/或對生產混合及/或消耗混合之效應。

量測中心120可使用所量測惰性值之位置連同生產設施及/或能量消耗器件之位置及其等操作特性以識別局部(區域)改變且判定局部生產混合及/或消耗混合資料。例如，量測中心120可具有規定一特定類型之生產設施(例如，核電廠)之位置之位置資料且基於位置資料，量測中心120可識別該等生產設施經定位於電力網100之特定區域中。量測中心120可藉此使用生產設施之位置以更精確預測電力網100之特定區域中之生產混合(或消耗混合或兩者)之改變。

圖6係繪示一實例方法600之一流程圖，其中量測中心120可使用生產設施之位置以預測電力網100之特定區域中之生產混合(或消耗混合或兩者)之改變。

在方塊602，判定電力網100之一或多個已知區域中之一惰性改變。例如，量測中心120可根據識別一惰性量測器件118之位置之位置資料判定電力網100之一特定區域中之一惰性改變。

在方塊604，可使一或多個電力生產設施之一位置與電力網100之一或多個區域中之惰性改變相互關聯。例如，基於識別電力網100中之一或多個生產設施之位置之位置資料，量測中心120可判定一特定生產設施(或設施群組)經定位於一特定區域中。

在方塊606，基於電力生產設施與其中識別惰性改變之區域之位置之間的相關性判定一特定生產設施正經受電力供應之一改變。例如，量測中心120可基於其中偵測到惰性改變之區域中之一生產設施之已知操作特性使惰性改變與由定位於該區域中之生產設施提供之一已知惰性相互關聯。

在一些實例中，量測中心120可判定該區域中之惰性改變並不對應於電力網100中之電力消耗或生產之一改變。根據所判定惰性改變與電力供應或消耗改變之行為差異，量測中心120可預測其中判定惰性改變之該區域中之生產混合之一改變。在一些實例中，量測中心120可利用規定相同區域中之生產設施之位置之位置資料及/或規定該等生產設施之操作特性之資料，且可因此判定區域中之哪些生產設施可負責所判定惰性改變。

此外，量測中心120可具有對指示一特定生產設施或能量消耗器件(或設施或器件之類型)使其電力供應或消耗漸增/或漸減之一速率之資料之存取且可使用該資料來預測區域惰性及/或整個電力網100中之惰性之一未來狀態。例如，量測中心120可判定三個小時以前，一高惰性電廠(諸如一發電站)開始在電力網100之一特定區域中使其電力供應按100 MW/h之一速率漸減。藉由知曉僅該區域中之某些生產設施(或設施類型)可引起此行為，量測中心120可判定其係歸因於一特定設施(或類似設施之一群組之一者)且知曉此一設施之操作特性可預測行為繼續持續例如六個小時之又一時段。

類似地，量測中心120可具有對與已知或預期消耗改變相關之資料之存取，該資料指示來自能量消耗器件之惰性貢獻之改變，可自資料庫122存取該資料。例如，量測中心120可具有對大規模工業場地之生產排程之存取，從而提供規定何時將使貢獻惰性之工業機器開啟或斷電、該機器之電

力消耗改變之速率及/或該機器之惰性貢獻之資料。量測中心120可存取之其他資料包含外部定價/成本資料及可具有對能量消耗之一效應但不具有對電力網100之一惰性貢獻之一對應效應之事件排程。此等事件可包含公共事件，諸如國定假日、體育賽事及音樂會。該資料可包含能量稅、燃料價格、能量分配及/或傳輸費用、運行要求或指令、裁減要求或指令、能量市場價格、電視廣播排程，其可指示非惰性貢獻器件(諸如水壺)與惰性貢獻器件(諸如冰箱)之相對使用何時增大。該資料亦可包含旅行排程，諸如列車時刻表，其可指示可預期惰性貢獻負載增大之次數。

上述實施例應被理解為本發明之闡釋性實例。設想其他實施例。例如，儘管在上文描述之實施例中，惰性量測用於判定對一電力網之一惰性貢獻之一特性，但在一些實施例中，可使用與惰性緊密相關之其他度量，諸如頻率改變速率(RoCoF)。應理解，關於任一實施例描述之任何特徵可單獨使用，或與所描述之其他特徵組合，且亦可與任何其他實施例之一或多個特徵或任何其他實施例之任何組合組合使用。此外，在不脫離本發明之範疇之情況下亦可採用未在上文描述之等效物及修改，在隨附發明申請專利範圍中界定本發明之範疇。

【符號說明】

100	電力網
102	傳輸電網
104	分配電網
106	發電機
108	變壓器
110	變電站

112	城區網路
113	私人住所
114	工廠
116	風力場
117	光伏打器件
118	惰性量測器件
119	直流電(DC)互連件
120	量測中心
122	資料庫
200	方法
202	方塊
204	方塊
300	程序
302	訓練程序
304	預測程序
306	模型
308	已知惰性資料/惰性值
310	已知生產資料
312	已知生產資料
314	額外資料
316	參數
318	進一步惰性資料
320	資料

322	生產混合資料
324	額外資料
400	程序
402	訓練程序
404	預測程序
406	已知消耗資料
408	已知消耗資料
410	參數
412	進一步惰性資料
414	資料
416	消耗混合資料
500	程序
504	預測程序
510	參數
512	進一步惰性資料
600	方法
602	方塊
604	方塊
606	方塊



201834346

【發明摘要】

【中文發明名稱】

判定對電力網之惰性貢獻之特性

【英文發明名稱】

DETERMINING A CHARACTERISTIC OF AN INERTIAL
CONTRIBUTION TO AN ELECTRIC POWER GRID

【中文】

本發明描述用於判定對一電力網之一惰性貢獻之一特性之方法及裝置。基於在一第一時段中執行之一或多個惰性量測判定該電力網中之一惰性改變。根據該所判定惰性改變及指示該電力網中之一或多個能量生產設施及/或一或多個能量消耗器件之一惰性貢獻特性之資料，針對不同於該第一時段之一第二時段判定對該電力網之一惰性貢獻之一特性。

【英文】

Methods, and apparatus for determining a characteristic of an inertial contribution to an electrical power grid are described. A change in inertia in the electrical power grid based on one or more inertia measurements performed in a first time period is determined. On the basis of the determined change in inertia and data indicative of an inertia contribution characteristic of one or more energy production facilities and/or one or more energy consuming devices in the electric power grid, a characteristic of an inertial contribution to the electrical power grid is determined for a second time period different to the first time period.

【指定代表圖】

圖2

【代表圖之符號簡單說明】

- 200 方法
- 202 方塊
- 204 方塊

【發明申請專利範圍】

【第1項】

一種判定對一電力網之一惰性貢獻之一特性之方法，該方法包括：

基於在一第一時段中執行之一或多個惰性量測判定該電力網中之一惰性改變；及

根據該所判定改變及指示該電力網中之一或多個能量生產設施及/或一或多個能量消耗器件之一惰性貢獻特性之資料，針對不同於該第一時段之一第二時段判定對該電力網之一惰性貢獻之一特性。

【第2項】

如請求項1之方法，其中對該電力網之該惰性貢獻係由該一或多個能量生產設施提供之一貢獻。

【第3項】

如請求項2之方法，其中該惰性貢獻特性與由惰性貢獻能量生產設施產生之該電力網中之總電能生產之一比例相關。

【第4項】

如請求項1之方法，其中對該電力網之該惰性貢獻係由該一或多個能量消耗器件提供之一貢獻。

【第5項】

如請求項4之方法，其中該惰性貢獻特性與由惰性貢獻能量消耗器件消耗之該電力網中之總電能消耗之一比例相關。

【第6項】

如前述請求項中任一項之方法，其包括：

判定該所判定惰性改變與該電力網中之總能量消耗之一改變之間的

一行為差異；及

根據該所識別行為差異，判定該一或多個能量生產設施之電能供應之一改變。

【第7項】

如請求項6之方法，其中電能供應之該改變包括電能生產之一增大或減小。

【第8項】

如前述請求項中任一項之方法，其中指示一或多個惰性貢獻特性之該資料包括規定該一或多個能量生產設施之電能供應之一標稱改變速率及/或該一或多個能量消耗器件之電能消耗之一標稱改變速率之資料。

【第9項】

如前述請求項中任一項之方法，其包括判定該電力網中之一第一位置處之一惰性改變且根據該一或多個能量生產設施及/或一或多個能量消耗器件之一位置判定該惰性貢獻特性。

【第10項】

如請求項9之方法，其包括根據該位置資料識別一特定惰性貢獻實體正在經受能量供應或消耗之一改變且根據該實體之一操作特性判定該惰性貢獻特性。

【第11項】

如前述請求項中任一項之方法，其中對該電力網之惰性貢獻之該所判定特性係一預測未來特性。

【第12項】

如前述請求項中任一項之方法，其包括：

產生使惰性改變與該惰性貢獻特性相關之一模型；及

將該所判定惰性改變及指示一或多個惰性貢獻特性之該資料應用至該模型以判定該惰性貢獻特性。

【第13項】

如請求項12之方法，其包括：

量測一第一時段中之一組惰性值；

存取指示該第一時段中之一第一惰性貢獻特性之資料；及

判定該組所量測惰性值與該第一惰性貢獻特性之間的一關係。

【第14項】

如請求項12之方法，其包括：

量測一第一時段中之一組惰性值；

存取指示該第一時段中之一第一惰性貢獻特性之資料；

存取指示一第二時段中之一第二惰性貢獻特性之資料；

判定在該第一時段中量測之該組值、該第一惰性貢獻特性及該第二惰性貢獻特性之間的一關係；及

基於該所判定關係判定該模型之參數。

【第15項】

如請求項14之方法，其中至少部分根據該一或多個能量生產設施及/或該一或多個能量消耗器件之一位置判定該所判定關係。

【第16項】

如請求項14或請求項15之方法，其中至少部分根據該一或多個能量生產設施之一電力生產性質判定該所判定關係。

【第17項】

如請求項12至16中任一項之方法，其中該模型包含以下之一或多者：
一機器學習演算法；一最小平方擬合；一隨機森林迴歸；及一神經網路。

【第18項】

如前述請求項中任一項之方法，其包括判定該所判定惰性改變與進一步資料之間的一關係，該進一步資料指示以下之一或多者：天氣；當日時間；當週日期；月份；季節；能量稅；燃料價格；能量分配及/或傳輸費用；運行要求或指令；裁減要求或指令；能量市場價格；一電網頻率改變；公共事件；及電視廣播。

【第19項】

一種用於判定對一電力網之惰性貢獻之一特性之系統，該系統包括：
一量測構件，其經配置以基於在一第一時段中執行之一或多個惰性量測判定該電力網中之一惰性改變；及

一處理器，其經配置以根據該所判定改變及指示該電力網中之一或多個能量生產設施及/或一或多個能量消耗器件之一或多個惰性貢獻特性之資料，針對不同於該第一時段之一第二時段判定對該電力網之一惰性貢獻之一特性。

【第20項】

一種電腦程式，當藉由一處理器執行時導致該處理器：

基於在一第一時段中執行之一或多個惰性量測判定該電力網中之一惰性改變；

根據該所判定改變及指示該電力網中之一或多個能量生產設施及/或一或多個能量消耗器件之一或多個惰性貢獻特性之資料，針對不同於該第一時段之一第二時段判定對該電力網之一惰性貢獻之一特性。

