



(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 I791745 B

(45) 公告日：中華民國 112 (2023) 年 02 月 11 日

(21) 申請案號：108102735

(22) 申請日：中華民國 108 (2019) 年 01 月 24 日

(51) Int. Cl. : H02J9/04 (2006.01)

(30) 優先權：2018/01/25 丹麥 PA 2018 70053

(71) 申請人：丹麥商維斯塔斯風力系統有限公司 (丹麥) VESTAS WIND SYSTEMS A/S (DK)  
丹麥

(72) 發明人：阿貝斯卡拉 土希塔 ABEYASEKERA, TUSITHA (LK)

(74) 代理人：劉法正；尹重君

(56) 參考文獻：

TW	I311174B	TW	M491085U
CN	107069805A	CN	107076111A
CN	107453397A	JP	2016-123196A
US	2008/0284172A1	US	2014/0008912A1
US	2014/0321175A1		

審查人員：廖天佑

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：10 共 49 頁

(54) 名稱

用於進行全黑啟動操作之方法及系統以及風力機

(57) 摘要

本文中所述之實施例提供用於進行全黑啟動操作之系統及技巧。舉例而言，一項實施例提供一種用於進行全黑啟動操作之方法。該方法大致包括在一第一模式中操作一風力園區中之一風力機，以使用一控制系統提供電力給一交流(AC)電網。該控制系統可包括一反應式電力控制支路及一主動式電力控制支路。該方法亦包括基於進行一電網之一全黑啟動之一指示並且藉由促動具有一積分作用之一控制器，將風力機之操作從第一模式切換到一第二模式，以藉此增大該風力機之輸出電力，該控制器係耦合於該反應式電力控制支路與該主動式電力控制支路之間，該方法還包括在第二模式中操作時提供電力給電網。

Embodiments herein described provide systems and techniques for performing black start operations. For example, one embodiment provides a method for performing black start operations. The method generally includes operating a wind turbine in a wind park in a first mode to provide power to an alternating-current (AC) grid using a control system. The control system may include a reactive power control leg and an active power control leg. The method also includes switching operation of the wind turbine from the first mode to a second mode based on an indication to perform a black start of an electrical grid and by activating a controller with an integral action to thereby increase output power of the wind turbine, the controller being coupled between the reactive power control leg and the active power control leg, and providing power to the electrical grid while operating in the second mode.

指定代表圖：

符號簡單說明：

100:水平軸風力發電機

102:塔架

104:短艙

106:風力機轉子

108、118:輪葉

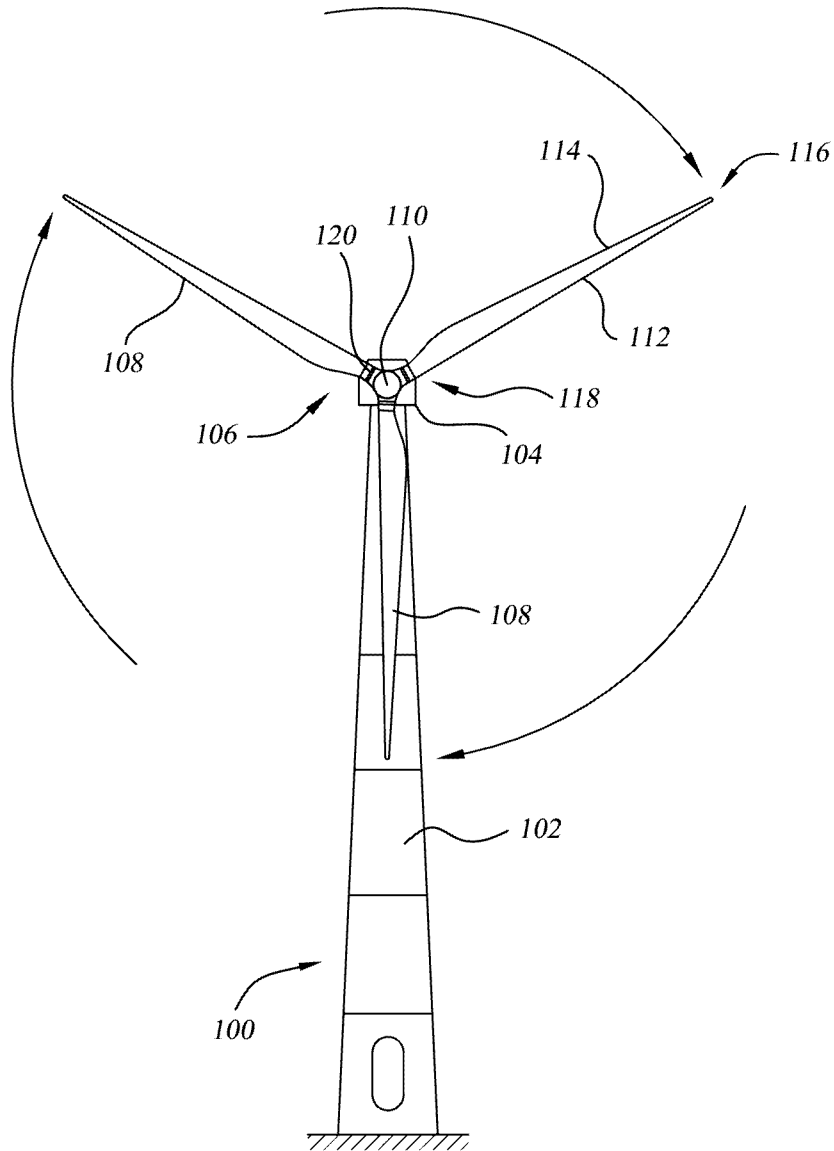
110:共用輪轂

112:前緣

114:尾緣

116:尖端

120:變槳軸承



【圖1】



I791745

**【發明摘要】****【中文發明名稱】**

用於進行全黑啟動操作之方法及系統以及風力機

**【英文發明名稱】**

METHOD AND SYSTEM FOR PERFORMING BLACK START OPERATIONS, AND WIND TURBINE

**【中文】**

本文中所述之實施例提供用於進行全黑啟動操作之系統及技巧。舉例而言，一項實施例提供一種用於進行全黑啟動操作之方法。該方法大致包括在一第一模式中操作一風力園區中之一風力機，以使用一控制系統提供電力給一交流(AC)電網。該控制系統可包括一反應式電力控制支路及一主動式電力控制支路。該方法亦包括基於進行一電網之一全黑啟動之一指示並且藉由促動具有一積分作用之一控制器，將風力機之操作從第一模式切換到一第二模式，以藉此增大該風力機之輸出電力，該控制器係耦合於該反應式電力控制支路與該主動式電力控制支路之間，該方法還包括在第二模式中操作時提供電力給電網。

**【英文】**

Embodiments herein described provide systems and techniques for performing black start operations. For example, one embodiment provides a method for performing black start operations. The method generally includes operating a wind turbine in a wind park in a first mode to provide power to an alternating-current (AC) grid using a control system. The control system may include a reactive power control leg and an active power control leg. The method also includes switching operation of the wind turbine from the first mode to a second mode based on an indication to perform a black start of an electrical grid and by activating a controller with an integral action to thereby increase output power of the wind turbine, the controller being coupled between the reactive power control leg and the active power control leg, and providing power to the electrical grid while operating in the second mode.

**【指定代表圖】 圖1****【代表圖之符號簡單說明】**

100...水平軸風力發電機

102...塔架

104...短艙

106...風力機轉子

108、118...輪葉

110...共用輪轂

112...前緣

114...尾緣

116...尖端

120...變槳軸承

**【特徵化學式】**

(無)

## 【發明說明書】

### 【中文發明名稱】

用於進行全黑啟動操作之方法及系統以及風力機

### 【英文發明名稱】

METHOD AND SYSTEM FOR PERFORMING  
BLACK START OPERATIONS, AND WIND  
TURBINE

### 【技術領域】

【0001】本揭露中介紹之實施例大致係有關於電力回復，並且更具體而言，係有關於進行電網之全黑啟動。

### 【先前技術】

【0002】在許多情況下，所欲為離岸風力機，而不是岸上風力機，因為相較於陸地，離岸一般可取用更強風速。此外，離岸風力機不受樹木、山丘、建築物等所阻礙。為了將離岸風力機耦合至一岸上網格(其可位於數十或數百公里之外)，一風力機營運商可使用一高壓直流(HVDC)鏈路。由於數種因素之一，岸上網格可連接至可經歷一停電狀況之一岸上風力園區。在一些狀況中，國家網格營運商分配備用電源，以進行經歷一停電狀況之風力園區之一全黑啟動。

### 【發明內容】

【0003】本揭露之一項實施例提供一種用於進行全黑啟動操作之方法。該方法大致包括在一第一模式中操作一風力園區中之一風力機，以使用一控制系統提供電力給一交流(AC)電網。該控制系統可包括一反應式電力控制支

路及一主動式電力控制支路。該方法亦包括基於進行一電網之一全黑啟動之一指示並且藉由促動具有一積分作用之一控制器，將風力機之操作從第一模式切換到一第二模式，以藉此增大該風力機之輸出電力，該控制器係耦合於該反應式電力控制支路與該主動式電力控制支路之間，該方法還包括在第二模式中操作時提供電力給電網。

**【0004】** 本揭露之一項實施例提供一風力機。該風力機大致包括具有一反應式電力控制支路、一主動式電力控制支路、及具有一積分作用之一控制器的一控制系統，該控制器係選擇性地耦合於該反應式電力控制支路與該主動式電力控制支路之間。在某些實施例中，該控制系統被組配用以在一第一模式中操作該風力機以提供電力給局部 AC 電網，基於進行一電網之一全黑啟動之一指示並且藉由促動該控制器，將該風力機之操作從該第一模式切換到一第二模式，以藉此增大該風力機所輸出之電力，此外還用以在該第二模式中操作時提供電力給該電網。

**【0005】** 本揭露之一項實施例提供用於一風力機之一控制系統。該控制系統大致包括一處理器、以及被組配用以儲存一程式之一記憶體，該程式在受該處理器執行時進行一操作。該操作包括在一第一模式中操作一風力機，以使用一控制系統提供電力給一 AC 電網，其中該控制系統包括一反應式電力控制支路及一主動式電力控制支路。該等操作亦包括基於進行一電網之一全黑啟動之一指示並且藉由促動具有一積分作用之一控制器，將該風力機之操作

從該第一模式切換到一第二模式，以藉此增大該風力機所輸出之電力，該控制器係耦合於該反應式電力控制支路與該主動式電力控制支路之間，其中，在該第二模式中時，還在該第二模式中操作時，於切換操作之後，將電力提供給該電網。

### 【圖式簡單說明】

【0006】因此，採用可詳細理解本揭露之上述特徵之方式，可藉由參照實施例獲得已在上文簡短彙總之本揭露之一更具體說明，附圖中繪示一些該等實施例。然而，應知，附圖僅繪示本揭露之典型實施例，因此不應視為對其範疇之限制，因為本揭露可容許其他同等有效之實施例。

【0007】圖1根據本揭露中所述之一實施例，繪示一風力機的一簡圖。

【0008】圖2根據本揭露中所述之一實施例，繪示一風力機之短艙及塔架內部組件的一簡圖。

【0009】圖3根據本揭露中所述之一實施例，係一電力系統的一方塊圖。

【0010】圖4根據本揭露中所述之一實施例，繪示一風力機之一控制系統。

【0011】圖5根據本揭露中所述之一實施例，係一向量圖。

【0012】圖6根據本揭露中所述之一實施例，係用於在不同模式中操作一風力機之一方法的一流程圖。

【0013】圖7根據本揭露中所述之一實施例，係例示

性全黑啟動操作的一流程圖。

【0014】圖8係一流程圖，其根據本揭露之一實施例，說明用於在檢測一停電狀況後啟始一網格形成模式之一方法。

【0015】圖9係一流程圖，其根據本揭露之一項實施例，說明用於因檢測到一主幹電網之一停電情景而使一或多個風力機停機之一方法。

【0016】圖10根據本揭露中所述之一實施例，係一風力園區的一方塊圖，其包括取決於HVDC鏈路之功能而在不同模式中操作之至少一個風力機。

【0017】為了促進理解，已在可能之情況下，將等同之參考編號用於指定該等圖式共同之等同元件。列入考量的是，一項實施例中揭示之元件可有效益地用於其他實施例而不用具體明載。

### 【實施方式】

【0018】本揭露之某些實施例大致係針對用於賦能一離岸風力機園區陣列、離岸變電所、及電力輸出纜線之技巧，用來當作一全黑啟動躉售負載源用於已失去電力之一岸上網格。在一項實施例中，離岸風力機園區可用於賦能停電之實體島、一更大網狀格中之其他離岸風力園區單元、及/或連接至介於不同之同步帶域之間的高壓直流(HVDC)互連器之(諸)其他離岸風力園區。

【0019】隨著城市基礎設施幾乎在所有方面用電相依性都增大，重點是要儘快回復可由串級故障造成之一電



力喪失(停電)。因此，許多國家中之國家網格營運商分配備用電源，一般能夠供應30至40百萬瓦特(MW)之躉售負載，並且具有反應式電力能力，以在兩小時內進行電網之一全黑啟動(例如，藉由使用煤氣廠或瓦斯廠來進行)，先回復停電區域中之電力，然後才將那些區域與網格其餘部分重新同步。

**【0020】** 隨著計劃使石化電廠停機，備用電源之數量可能在不久的將來減少。本揭露之某些實施例大致係針對藉由從離岸風力園區供應全黑啟動電力來填補此空虛之技巧，該等離岸風力園區具有在海岸線上廣泛散布之岸上共同耦合點(PCC)。許多離岸風力園區可提供大於60 MW之躉售負載全黑啟動電力，但這可隨著一年內之不同時間而變化。

**【0021】** 本揭露之某些實施例提供一種用於離岸風力機之控制系統，該控制系統被組配用以提供電力給一HVDC鏈路，以用於全黑啟動操作。在一些狀況中，各風力機可具有一個別控制系統，而不是使用一中央控制系統。在正常操作期間，風力機之控制系統可在一網格跟隨模式中操作，風力機在該模式中將電流注入電壓及頻率固定之一有勁度主幹電網。然而，在一些狀況中，主幹電網可經歷一停電狀況，之後可在兩種不同模式中操作控制系統。舉例而言，可在一第一模式中操作控制系統，該第一模式可稱為網格形成模式，風力機在該模式中進行切換，用來在風力機輸出處以一給定頻率產生其自有電壓。在網格形

成模式中，風力機(以及隨後整體風力園區)形成其自有局部網格。使用網格形成模式，風力機亦可視為處於本文中稱為島模式之模式中，因為風力機與一典型電網(例如：主幹電網)隔離。在島模式中，風力園區中之風力機可提供輔助電力給自己，或可提供輔助電力給一風力園區平台硬體。當風力機未在HVDC鏈路或HVAC鏈路上傳輸電力時，可使用島模式。反而，島模式許可園區中之風力機產生用於輔助控制之電力，諸如用於偏轉渦輪機、冷卻泵、通風機、空調負載、UPS以及電子負載。在另一實例中，風力機可耦合至一局部AC電網，並且可將島模式用於輸出電力給局部網格。控制系統亦可在一第二模式中操作，可將該模式稱為一高功率模式。在高功率模式中，風力機增大其輸出電力，以便藉由提供電力給HVDC鏈路來進行全黑啟動操作。

**【0022】** 在一項實施例中，為了在島模式與高功率模式之間切換，一風力機促動耦合於其控制系統中介於一反應式電力控制支路與一主動式電力控制支路之間的一比例-積分(PI)控制器。該PI控制器接收一所欲主動式電力值與風力機產生之實際主動式電力值之間的差異作為一輸入，並且輸出一對應電壓調整。此電壓調整接著在反應式電力控制支路中用於變更一電壓值之幅度。在一項實施例中，當從島模式切換到高功率模式時，風力機促動PI控制器，使風力機之輸出電力增大。

例示性實施例

【0023】圖1繪示一水平軸風力發電機100的一簡圖。風力發電機100一般包含一塔架102、以及位於塔架102頂端處之一風力機短艙104。風力機轉子106可透過延伸出短艙104之一低速軸與短艙104連接。風力機轉子106包含安裝在一共用輪轂110上於一轉子平面中轉動之三片轉子輪葉108，但可包含之輪葉數為任何適合的數量，諸如一片、兩片、四片、五片或更多片輪葉。輪葉108（或氣翼）一般各具有一氣動形狀，其具有迎風之一前緣112、位在用於輪葉108之一弦體之對立端處之一尾緣114、一尖端116、以及用於採用任何適合的方式附接至輪轂110之一根部118。

【0024】對於一些實施例，輪葉108可使用變槳軸承120連接至輪轂110，使得各輪葉108可繞著其縱軸轉動以調整輪葉之槳距。輪葉108相對於轉子平面之槳距角可受線性致動器、液壓致動器、或步進馬達控制，舉例而言，係連接於輪轂110與輪葉108之間。

【0025】圖2繪示一風力發電機100之短艙104及塔架102內部組件的一簡圖。當風200在輪葉108上推動時，轉子106使一低速軸202自旋並轉動。齒輪箱204中之齒輪機械性地將低速軸202之低轉速轉換成適於使用一發電機206發電之一高速軸208之一較高轉速。

【0026】一控制器210可感測軸件202、208其中一者或兩者之轉速。如果控制器判定該(等)軸件轉動太快，則控制器可發信號通知一制動系統212減緩軸件之轉動，這減緩轉子106之轉動，亦即，使每分鐘轉數(RPM)降低。制

動系統212可防止損壞風力發電機100之組件。控制器210亦可從一風速計214 (提供風速)及/或一風向標216 (提供風向)接收輸入。基於收到之資訊，控制器210可將一控制信號發送至一或多個輪葉108，用於調整輪葉之槳距218。藉由針對風向調整輪葉之槳距218，可增大或減小轉子(從而還有軸件202、208)之轉速。基於風向，舉例而言，控制器210可將一控制信號發送至包含一轉向馬達220及一轉向驅動機222之一總成，以使短艙104相對塔架102轉動，使得轉子106可經配置以更加(或者，在某些情況中，更不)逆風。

【0027】圖3根據本揭露中所述之一實施例，係一電力系統300的一方塊圖。電力系統300包括風力機100A至100C，其在一共同耦合點(PCC) 330處經由一交流(AC)電網331耦合至一輸出纜線335。輸出纜線335係進而耦合至網格345。在一項實施例中，風力機100係位於一離岸風力園區中，而網格345則是一岸上電網。然而，在其他實施例中，風力園區及網格345兩者可位在岸上處。也就是說，本文中所述之實施例不受限於離岸風力園區，而是可由岸上風力園區用於進行全黑啟動。

【0028】風力機100A包括用於產生AC電力之一發電機206、用於將發電機206所提供之AC信號轉換成一所欲頻率之一電力轉換器305、以及用於將雜訊及諧波從轉換器305之輸出移除之一濾波器320。如所示，電力轉換器305包括經由一直流(DC)匯流排312耦合在一起之一發電機側

轉換器310及一網格側轉換器315。在一項實施例中，發電機側轉換器310包括複數個開關(例如：功率電晶體)，其將發電機206所提供之AC信號轉換成在DC匯流排312上傳輸之DC電力。網格側轉換器315接收DC電力，並且使用開關將DC電力轉換回具有所欲頻率(例如：50 Hz或60 Hz)之一AC電力(例如：三相AC電力)。雖然圖未示，風力機100B及100C仍可具有與風力機100A類似之一布置結構。風力機110A、100B及100C可使用一纜線陣列來連接。

**【0029】** 風力機100A包括經由交流(AC)電網331將風力機100A耦合至PCC 330之一渦輪變壓器325。在一項實施例中，網格變壓器325位於風力機100A內，舉例而言，位於塔架內。此外，雖然圖未示，仍可使用相應渦輪變壓器將風力機100B及100C耦合至交流(AC)電網331及耦合至PCC 330。

**【0030】** 渦輪變壓器之輸出形成一局部AC電網。如下文所更加詳述，在一第一操作模式(例如：島模式)中，一或多個風力機100提供電力給耦合至局部AC電網之一負載350。舉例而言，雖然風力機100可位於離岸處，仍可將渦輪機100耦合至一局部負載350，諸如一鄰近填佈陸塊。因此，即使當風力機100未在網格345上傳輸電力時，風力機100仍可供應電力給局部負載350。再者，當處於島模式時，一或多個風力機100可為園區中之其餘渦輪機100供應輔助電力。舉例而言，一些風力機100仍然可使用島操作模式來產生電力，以提供輔助電力使其餘渦輪機100偏

轉、或使渦輪機100中之泵運轉。這導致一離岸風力園區中不需要替代電力供應器也能在風力機不提供電力給網格345時提供輔助電力。在某些實施例中，為了提供電力給網格345用於全黑啟動操作，風力機100切換到一第二操作模式(例如：高功率模式)，使其在PCC 330處之組合電力輸出增大，以超出提供電力給網格用於全黑啟動操作所需之一臨界電壓。如果一網格在從第一模式切換到第二模式時發生故障，則在檢測到故障時切換到第三模式可有所助益，其中第三模式包含受到限制之一電流，使得渦輪機跟隨網格，不會提供最大電流，而僅提供所請求之電流。因此，自我提供保護。

【0031】圖4根據本揭露中所述之一實施例，繪示一風力機之一控制系統400。在一項實施例中，一風力園區中之各風力機包括如根據圖4所述之一控制系統。控制系統400可受一風力機控制器控制，並且可僅使用軟體、僅使用硬體、或者某軟硬體元件混合來實施。在一項實施例中，控制系統400係使用包括一或多個處理器及記憶體之一運算系統來實施。

【0032】控制系統400之一個優點在於其可不在風力園區之個別風力機中之諸控制系統400之間使用高速資料通訊。也就是說，個別風力機中之控制系統400在操作期間不需要同步，但個別控制系統400仍可從一中央風力園區控制器接收參考設定點。藉由不需要在不同控制系統400之間進行通訊，控制系統400之可靠度得以增大。此外，與

需要在風力機中之該等控制系統之間進行通訊之系統不同，控制系統400不需要用於操作之一鎖相迴路(PLL)。

【0033】控制系統400具有一反應式電力控制支路485及一主動式電力控制支路480。反應式電力控制支路485接收來自風力園區控制器之一所欲反應式電力值 $Q_D$ 、以及一實際反應式電力值 $Q_A$ ，其代表網格側轉換器315之輸出處產生之目前反應式電力。實際反應式電力值 $Q_A$ 通過一任選濾波器405，並且連同所欲反應式電力值 $Q_D$ 被提供給一第一加法器410。第一加法器410確定所欲反應式電力值 $Q_D$ （即風力園區控制器想要風力機輸出之反應式電力）與目前從風力機輸出的實際反應式電力 $Q_A$ 之間的差異。將該差異輸入一電壓查詢模組415，其輸出用於對風力機之輸出電壓進行調整之一電壓調整值 $V_{ADJ}$ 。在一項實施例中，電壓查詢模組包括複數個遞增電壓值，該等遞增電壓值係映射至所欲與實際反應式電力值之間的相應差異。各種風力機中各控制系統400之複數個電壓值可以是不同、或相同之電壓值。也就是說，一個風力機中電壓查詢模組415之電壓值可與一第二風力機中之電壓值不同。

【0034】一第二加法器420將電壓調整值 $V_{ADJ}$ 加到一標稱電壓 $V_N$ （其可由風力園區控制器提供），以輸出一幅度電壓 $V_{MAG}$ 。第二加法器420亦與具有一積分作用之一控制器耦合，例如將在後面說明之一PI控制器465。幅度電壓 $V_{MAG}$ 通過一任選濾波器425並抵達一三相變壓器模組430。一般而言，三相變壓器模組430將幅度電壓 $V_{MAG}$ 及由

主動式電力控制支路480輸出之一電壓因數角 $\theta_w$ 轉換成用於網格側轉換器315之控制信號。換句話說，變壓模組430使用反應式及主動式電力控制支路480及485之輸出來產生控制信號，該等控制信號操作網格側轉換器315中之開關(例如：功率電晶體)，以輸出對應之三相AC電壓信號。

【0035】在主動式電力控制支路480中，控制系統400從風力園區控制器接收一所欲主動式電力值 $P_D$ ，並且接收一實際主動式電力值 $P_A$ ，其代表由網格側轉換器315輸出之目前主動式電力。實際主動式電力值 $P_A$ 通過一任選濾波器435。一第三加法器440將所欲主動式電力值 $P_D$ 與實際主動式電力值 $P_A$ 作比較，並且輸出這兩者之一差異。將該差異提供給輸出一對應角度調整 $\omega_v$ 之一角度查詢模組445。角度查詢模組445可包括複數個遞增角度調整值，該等遞增角度調整值對應於實際與所欲主動式電力值 $P_A$ 與 $P_D$ 之間的相應差異。對於園區中之不同風力機，儲存在角度查詢模組445中之角度調整值可相同或不同。

【0036】將由角度查詢模組445輸出之角度調整 $\omega_v$ 傳遞至一第四加法器450，其將角度調整 $\omega_v$ 與從風力園區控制器接收之一所欲角度 $\omega_D$ 組合。當由反應式電力控制支路485輸出之幅度電壓 $V_{MAG}$ 控制由網格側轉換器315產生之AC信號之幅度時，角度 $\omega_v$ 及 $\omega_D$ 控制AC信號之頻率。舉例而言，所欲角度 $\omega_D$ 可代表局部AC電網之所欲頻率(例如：50 Hz)。控制系統400使用角度調整 $\omega_v$ 來增大或減小由網格側轉換器所產生之主動式電力，以匹配所欲主動式



電力值  $P_D$ 。

【0037】第四加法器450將一組合角 $\omega_v$ 輸出至一積分器455，積分器455輸出電壓因數角 $\theta_w$ 。電壓因數角 $\theta_w$ 連同幅度電壓 $V_{MAG}$ 係藉由三相變壓模組430用於產生控制信號，該等控制信號設定由網格側轉換器315輸出之三相AC信號之幅度及頻率。

【0038】控制系統400亦包括選擇性地將第三加法器440之輸出耦合至PI控制器465之一開關460、以及選擇性地將第一加法器410之輸出耦合至一反應式電力調整器475之一開關470。當在島模式中操作時，開關460及470斷開，藉此止動PI控制器465及反應式電力調整器475，使得這些組件不影響由反應式及主動式電力控制支路480及485所產生之電壓因數角 $\theta_w$ 及幅度電壓 $V_{MAG}$ 。然而，即使止動PI控制器465及反應式電力調整器475，控制系統400仍然可產生AC信號，用於供電給耦合至局部AC電網之一局部負載。如上述，在島模式中，網格側轉換器315可為連接至局部AC電網之一鄰近填佈陸塊輸出AC電力。另外或替代地，園區中一或多個風力機可為園區中其餘風力機產生輔助電力。也就是說，有些風力機可停機(亦即，不發電)，而其他風力機則在島模式中操作，為已停機渦輪機提供輔助電力。

【0039】在一項實施例中，當在島模式中操作時，控制系統400可能無法將輸出到風力機之實際電力(即實際之反應式及主動式電力值 $Q_A$ 及 $P_A$ )設定為所欲電力值(即，

所欲之反應式及主動式電力值 $Q_D$ 及 $P_D$ )。反而，風力機所輸出之實際電力是由渦輪機上之局部負載所規定。

【0040】為了從島模式切換到高功率模式，控制系統400閉合開關460及470，藉此分別將PI控制器465及反應式電力調整器475之輸入連接至主動式電力控制支路480及反應式電力控制支路485。雖然控制系統400繪示將具有一積分作用之一控制器(例如PI控制器465)及反應式電力調整器475之輸入連接至相應支路480及485之開關，但仍可使用其他促動手段，諸如接通及斷開輸送到PI控制器465及反應式電力調整器475之電力。

【0041】當開關460閉合時，PI控制器465從第三加法器440接收所欲主動式電力值 $P_D$ 與實際主動式電力值 $P_A$ 之間的差異。雖然所示係一PI控制器，但仍可使用具有一積分作用之任何控制器，諸如PI控制器465或一比例-積分-微分(PID)控制器，換句話說，所示控制器465係具有一積分作用之一控制器。PI控制器465輸出被加到幅度電壓 $V_{MAG}$ 之一調整電壓，直到實際主動式電力值 $P_A$ 與所欲之主動式電力值 $P_D$ 匹配為止。在一項實施例中，PI控制器465造成反應式電力控制支路485增大由網格側轉換器315所產生之AC信號之幅度，直到此幅度達到用於全黑啟動操作之一電壓設定為止。控制系統400可繼續使用PI控制器465，以控制如風力園區控制器所設定之風力機之輸出電力。也就是說，與處於島模式時不同，在高功率模式中，控制系統400可控制輸出電力以匹配用於全黑啟動操作之所欲電

力。舉例而言，如果風力園區控制器發送一新所欲主動式電力值  $P_D$ ，則 PI 控制器 465 可調整 AC 信號之幅度以輸出所欲主動式電力。

**【0042】**除了在高功率模式中操作時促動 PI 控制器 465 以外，控制系統 400 還藉由將開關 470 閉合來促動反應式電力調整器 475。一般而言，反應式電力調整器 475 防止在耦合至 PCC 之該等風力機之間形成一循環反應式電力。因為取決於各渦輪機產生的反應式電力多寡，有無限數量之解決方案，這可導致該循環反應式電力。當開關 470 閉合時，將所欲反應式電力值  $Q_D$  與加法器 410 所輸出之實際反應式電力值  $Q_A$  之間的差異(或誤差)提供給反應式電力調整器 475。進而，反應式電力調整器 475 輸出發送至加法器 450 之一角度值。也就是說，將該角度值加到角度調整  $\omega_v$  及所欲角度  $\omega_D$  以產生組合式角度電壓因數角  $\omega_v^*$ 。所欲反應式電力值  $Q_D$  與實際反應式電力值  $Q_A$  之間的一大差異意味著風力機產生之反應式電力太多。因此，由反應式電力調整器 475 所產生之角度值造成控制系統 400 降低由網格側轉換器 315 所輸出之反應式電力。相反地，所欲反應式電力值  $Q_D$  與實際反應式電力值  $Q_A$  之間的一小差異意味著風力機產生之反應式電力太少。作為回應，反應式電力調整器 475 增大渦輪機所產生之反應式電力。如果風力機之各控制系統 400 包括反應式電力調整器 475，則這導致該等風力機在其之間共享反應式電力之產生，並且減輕一循環反應式電流之可能性。

【0043】圖5根據本揭露中所述之一實施例，係一向量圖500。向量 $V_F$ 繪示位處PCC之共同電壓，而向量 $V_{W1}$ 、 $V_{W2}$ 、 $I_{W1}$ 及 $I_{W2}$ 代表用於園區中兩個風力機(即風力機1(W1)及風力機2(W2))之相應電壓及電流。兩個電流向量 $I_{W1}$ 及 $I_{W2}$ 繪示兩個風力機產生不同反應式電力。具體而言，風力機2比風力機1輸送更多反應式電力，這意味著電壓向量 $V_{W2}$ 太大。換句話說，向量 $V_F$ 與 $V_{W2}$ 之間的夾角並非最佳。如以上在圖4中所述，控制系統400包括反應式電力調整器475，其可調整風力機2之輸出，使得 $V_F$ 與 $V_{W2}$ 之間的夾角更接近 $V_F$ 與 $V_{W1}$ 之間的夾角。結果是，風力機更均等地共享反應式電力輸出，這可防止該等風力機之間出現循環反應式電流。

【0044】圖6根據本揭露中所述之一實施例，係用於在不同模式中操作一風力機之一方法600的一流程圖。於程序塊605，一風力園區控制器指導一或多個風力機之各者中之一控制系統在一第一模式(例如：島模式，或按其他方式稱為網格形成模式)中操作，以提供電力給局部AC電網。在一些狀況中，風力機可回應於確定一主幹電網已經歷一停電狀況而在第一模式中操作，並且因此形成一局部AC電網，以便為一或多個風力機提供輔助電力。在一項實施例中，風力園區控制器指導該等風力機之一子集在第一模式中操作。舉例而言，園區中僅少數渦輪機可在第一模式中操作，用來為不產生任何電力之其餘渦輪機產生輔助電力。替代地，園區中之所有渦輪機都可在第一模式中操

作，以提供電力給局部 AC 電網。在一項實施例中，局部 AC 電網亦可提供電力給諸如一島嶼之一鄰近填佈陸塊。

**【0045】** 如果風力園區控制器於程序塊 610 判斷是否藉由為輸出纜線充電來準備全黑啟動操作，並且判斷結果為是，則方法 600 進入程序塊 615 以提供電力給網格用於全黑啟動操作。在一項實施例中，促動全黑啟動操作之判斷可基於來自網格之一傳輸系統營運商(TSO)之一命令。否則，方法 600 回到程序塊 605，其中一或多個風力機繼續在第一模式中操作。

**【0046】** 於程序塊 615，風力園區控制器藉由促動風力機控制器(例如：圖 4 中之控制系統 400)中介於主動式與反應式控制支路之間的一 PI 控制器，來指導至少一個該等風力機在第二模式中操作。在一項實施例中，PI 控制器使用在風力機控制器之反應式控制支路中確定之實際與所欲反應式電力值之間的差異(或誤差)，來產生在渦輪機控制器之主動式控制支路中使用之一電壓調整。該電壓調整增大由風力機所產生之 AC 電壓之幅度，以便為全黑啟動操作提供充分電力。於程序塊 620，一或多個風力機可進行全黑啟動操作，參照圖 8 有更詳細說明。在一項實施例中，可在已利用根據可用風力與由 TSO 指示之躉售負載電力設定形成之電壓及頻率來賦能所需數量之風力機之後，進行如關於圖 8 所述之全黑啟動操作。

**【0047】** 風力機之第一操作模式於本文中使用时，大致意指為一網格形成模式，其中風力機(以及隨後整個風力

園區)在主幹電網經歷一停電狀況後形成其自有局部網格。使用該網格形成模式，風力機亦可視為處於本文中稱為島模式之模式中，因為風力機與一典型電網(例如：主幹電網)隔離。此外，風力機之第二操作模式大致意指為一高功率模式，其中風力機增大其輸出電力，以便藉由提供電力給主幹電網來進行全黑啟動操作。

【0048】圖7根據本揭露中所述之一實施例，係與圖6之程序塊620對應之例示性全黑啟動操作的一流程圖。於程序塊710，風力園區控制器指導控制系統(例如：控制系統400)賦能用於將離岸風力園區連接至網格變電所之輸出纜線。在一項實施例中，輸出纜線賦能係使用如關於圖4所述之控制系統400，藉由逐漸增大風力機輸出電壓來進行。一旦賦能輸出纜線，離岸風力園區便處於全黑啟動模式，並且等待一TSO命令(例如，經由園區控制器)，以藉由岸上PCC隔離開關(例如：斷路器)之閉包來連接至岸上網格。舉例而言，於程序塊720，可從TSO接收一指示，指出PCC隔離開關(例如：斷路器)已閉合。於程序塊730，可從TSO接收一指示，指出要為全黑啟動操作提供之主動式電力(P)及反應式電力(Q)之量，並且於程序塊740，可根據收到之TSO指示，依線頻率提供主動式電力(P)及反應式電力(Q)，以逐漸賦能及回復主幹電網。

【0049】在一項實施例中，在為全黑啟動操作而提供電力時，目前未為了全黑啟動操作而提供電力之一風力機與在將風力機耦合至PCC前先為全黑啟動操作提供電力

之風力機同步。舉例而言，在將一新風力機電氣耦合至 PCC 時，如果新渦輪機之控制系統中之角度  $\omega$  未同步化，則將新風力機耦合至已發電之風力機會產生一短路。因此，在添增新渦輪機之前，其控制系統可將其角度  $\omega$  之值與已為全黑啟動操作提供電力之風力機之控制系統中使用之相同角度值同步。請參照圖 4，在一項實施例中，新渦輪機之積分器 455 之初始值係藉由測量局部 AC 電網之低側上電壓之相位來推導。藉由將積分器 455 初始化為初始值，新渦輪機具有與目前連接之風力機相同之角度，因此，當新渦輪機耦合至 PCC 時，PCC 處之電力增大，並且避免一短路。可重複此同步化程序，以如所欲將附加風力機耦合至 PCC。

**【0050】** 請回到圖 6，於程序塊 625，風力園區控制器判斷風力機是否應維持處於第二操作模式。舉例而言，於程序塊 630，只要主幹電網處於一停電情境，風力園區控制器便可使個別控制系統保持處於高功率模式。然而，如果主幹電網已經恢復(例如，不再處於停電狀態)，則於程序塊 635，風力園區控制器指導個別控制系統止動 PI 控制器。

**【0051】** 雖然本文中之實施例說明一中央風力園區控制器，其向風力機之個別控制系統發送命令(例如：在第一與第二模式之間切換之命令、含有所欲主動式及反應式電力值之命令、電力削減命令等)，即使控制系統與風力園區控制器之間失去通訊鏈路，個別控制系統仍可操作。

**【0052】** 在一些狀況中，主幹電網正在經歷一部分停

電，因此可在需要離岸風力園區支援附加主動式/反應式電力之主幹電網處保持一低電力信號。在這種狀況中，在第二模式(例如：高功率模式)中操作之風力園區可獲取(例如，確定)主幹電網頻率及相位角(例如，使用一鎖相迴路(PLL)來獲取)，並且在如風力園區營運商請求之躉售負載中提供電力之前，使離岸風力園區輸出電力信號之頻率及相位與主幹電網頻率及相位同步。

**【0053】** 在一項實施例中，風力園區控制器可為了進行全黑啟動操作而未賦能離岸風力園區中之所有風力機。舉例而言，風力園區控制器可如提供足以全黑啟動主幹電網之電力所需，賦能最少量之風力機。在一些狀況中，風力園區控制器可賦能二或更多個在風力園區中彼此以最遠距離散布之風力機，以便降低尾流效應，並且為TSO指出之所請求全黑啟動躉售負載值，以最小風速可變性來增大風力擷取。這種技巧與風速時間槽之一準確預測組合，可為提供全黑啟動躉售負載增大離岸風電可用性。

**【0054】** 圖8係一流程圖，其根據本揭露之一實施例，說明用於啟始一網格形成模式之一方法800。於程序塊802，可從TSO接收一信號，指出要將離岸風力機用於主幹電網之全黑啟動操作。於程序塊804，離岸風力園區中風力機之內部功率消耗切換到UPS。舉例而言，從UPS接收之電力可用於為電子器件充電、為風力機之DC鏈路預充電、以及啟動離岸風力園區中之風力機轉子。於程序塊806，風力機之電力斜降，並且低電壓(LV)斷路器及高電壓開關裝



置兩者都斷開。LV斷路器係用於選擇性地將網格側轉換器(例如：網格側轉換器315)耦合至變壓器(例如：變壓器325)，並且高電壓(HV)開關裝置係用於選擇性地經由交流(AC)電網331將變壓器耦合至PCC(例如：PCC 330)。

【0055】於程序塊808，將發電機側轉換器切換成DC鏈路控制模式。在此模式中，發電機側轉換器槳距控制轉子速率，以產生足以控制DC鏈路之電力。於程序塊810，網格形成模式係藉由(例如，經由控制系統400)控制網格側轉換器來促動。一旦促動網格側轉換器，便從網格側轉換器接收供風力機內部消耗之電力。於程序塊812，LV斷路器閉合，並且於程序塊814，逐漸賦能變壓器。於程序塊816，一風力園區控制器判斷是否賦能變壓器，並且如果是，則方法800進入程序塊818，其中HV開關裝置閉合。

【0056】於程序塊820，將風力園區中該等風力機連接之陣列纜線係藉由風力園區中之風力機來逐漸賦能。於程序塊822，風力園區中之其他風力機亦採用一時間延遲方式賦能陣列纜線，以致如果風力園區中之所有風力機同時賦能陣列纜線，則對可能按其他方式由湧入電流所造成之電壓突波進行控制。於程序塊824，一風力園區控制器判斷是否賦能陣列纜線，並且如果是，則方法800進入程序塊826，其中亦可賦能將風力園區中其他風力機耦合之其他陣列纜線。舉例而言，取決於用於進行全黑啟動操作之電力設定點(舉例而言，如可由TSO所指之設定點)，可賦能許多其他陣列纜線以滿足電力需求。

【0057】儘管本文中所述之實施例已提供用於進行全黑啟動操作之例示性技巧，但本文中所述之技巧仍可用於提供電力給一離岸網狀格中離岸風力園區之鄰近區段，其中輔助備援電力對維持離岸可能不可取用或可能是一昂貴選項，及/或其中該(等)出口纜線可能損壞。此外，可將電力提供給離岸風力園區，該等離岸風力園區係連接至介於不同之同步帶域之間的HVDC互連器(例如：介於兩個不同國家之間的一聯節)，其中輔助備援電力對維持離岸可能不可取用或可能是一昂貴選項，及/或聯節電力無法取用。在一項實施例中，可將網格形成電力提供給進一步可位於離岸處之一混合電廠。一混合電廠可以是使用諸再生電源(例如：光伏打、波浪、及/或潮汐電力)之一混合體、以及諸如柴油或瓦斯等其他電源之一電廠。混合電廠可位於一離岸電力中樞，其中諸風電場之點對點連接係經由一輸出纜線予以在岸上收集並傳輸。

【0058】本文中所述之實施例可用於即使在低風期內仍然提供全黑啟動支援。這些低風期可藉由向個別風力機或作為一單元向風力園區添增儲存容量來補償。舉例而言，可向各風力機添增附加UPS電池儲存容量。在一項實施例中，可將附加能量儲存單元添增到離岸風力園區之岸上連接點。這些能量儲存單元之容量可高達風力園區總能量之5%至10%，並且可予以併入可用於網格相符性之現有靈活AC傳輸系統單元。如本文中所述，這些能量儲存單元亦可為了全黑啟動支援而用於賦能輸出纜線及/或離岸變

壓器。

【0059】圖9係一流程圖，其根據本揭露之一項實施例，說明用於因檢測到一主幹電網之一停電情景而使一或多個風力機停機之一方法900。於程序塊910，一風力園區控制器判斷主幹電網(舉例如將參照圖10更加詳細說明之一高電壓直流(HVDC)鏈路)是否起作用。舉例而言，可切斷HVDC鏈路，或者可斷接岸上機站，藉此將風力園區與主幹電網(例如：一岸上網格)斷接。在一些狀況中，網格營運商可自發決定將HVDC鏈路斷開。因此，每當未賦能該鏈路，HVDC鏈路便不起作用，與是否為一事故(例如，線路遭切斷或一網格故障)或刻意(例如，岸上網格未準備好連接至風力園區)無論。如果HVDC鏈路維持起作用，則方法900回到程序塊905。然而，如果HVDC鏈路不起作用，則方法900進入程序塊915，其中風力園區控制器使風力園區中之一部分風力機停機。在這項實例中，使風力機停機意味著風力機不在局部AC電網上產生輸出電力。然而，風力機中停機之其他輔助系統仍然可操作，諸如轉向馬達、泵或加熱元件，用於防止冰在短艙或輪葉上堆積。

【0060】於程序塊920，風力園區中至少一個其餘操作性風力機(即未停機之風力機)將一輔助控制系統用於供電給停機之風力機中之輔助系統。也就是說，園區中至少一個風力機持續在局部AC電網上輸出電力(雖然HVDC鏈路上沒有電力在傳輸)。此電力是由已停機渦輪機接收，該等渦輪機將該電力用於操作其輔助系統。如此一來，風力

園區中不需要諸如柴油或瓦斯產生器等用於在HVDC鏈路不起作用時為風力機中之輔助系統供電之替代能源。

**【0061】** 在一項實施例中，當風力機在與HVDC鏈路斷開的情況下於島模式(網格形成模式)中操作時，用於在程序塊920期間操作風力機之輔助控制系統類似於圖4中所示之控制系統400。也就是說，輔助控制系統產生主要由負載規定之電力(例如：由已停機風力機上之輔助系統所汲取之電力)，而不是由渦輪機控制器或風力園區控制器所提供之一所欲電力。

**【0062】** 於程序塊925，風力園區控制器判斷HVDC鏈路是否起作用。如果否，則方法900回到程序塊920。然而，如果HVDC鏈路起作用，則方法900回到程序塊905，其中風力園區中所有風力機全都使用主控制系統來操作，並且在HVDC鏈路上傳輸電力。換句話說，當HVDC鏈路重新起作用時，已停機渦輪機重啟，並且使用輔助控制系統操作之風力機改為使用主控制系統來操作。

**【0063】** 圖10係一風力園區1000的一方塊圖，其包括如本文中根據本揭露中所述之一實施例所述在不同模式中操作之多個風力機。在此實施例中，風力園區1000係經由一HVDC鏈路1040耦合至一岸上網格1045之一離岸風力園區。然而，下面之實施例亦可應用於使用一HVDC鏈路1040(或一高電壓交流(HVAC)鏈路)將電力傳輸至一遠處網格之岸上風力園區。

**【0064】** 風力園區1000包括三個風力機1005A、

1005B及1005C，各風力機包括一渦輪機控制器1010及輔助系統1025（例如：偏轉控制器/轉向馬達、泵、除冰系統等）。渦輪機控制器1010具有兩個單獨控制系統，其取決於HVDC鏈路1040之功能來控制相應風力機1005之操作。當HVDC鏈路1040起作用時，渦輪機控制器1010使用一主控制系統1015，這導致電力從園區1000傳輸至岸上網格1045。然而，當HVDC鏈路1040不起作用時，風力園區控制器1050可指導一或多個渦輪機控制器1010改為使用一輔助控制系統1020進行操作。舉例而言，可將這裡所示之三個風力機1005指定為園區1000中之備援風力機，其在HVDC鏈路1040關閉時，提供電力給園區1000中所有風力機之輔助系統1020。換句話說，當HVDC鏈路停用時，除了風力園區1000中圖10所示之三個渦輪機1005，所有其他渦輪機都可停機。風力機1005A、1005B及1005C從使用主控制系統1015進行操作切換到使用輔助控制系統1020進行操作，而不是停機，輔助控制系統1020在一局部AC電網1030上輸出一足夠電量，以操作已停機渦輪機中之輔助系統、以及渦輪機1005A、1005B及1005C上之輔助系統1025A、1025B、1025C。

【0065】如所示，風力機1005係經由包括一交流對直流轉換器1035之一離岸網格變電所1033耦合至HVDC鏈路1040。在一項實施例中，離岸網格變電所1033係設置在離岸風力園區1000中之一平台上，並且包括包圍交流對直流轉換器1035之一結構。然而，在另一實施例中，離岸網

格變電所1033及交流對直流轉換器1035可設置在相同平台上，但可予以包含在不同包殼內。在任一狀況中，交流對直流轉換器1035係用於將局部AC電網1030上之電力轉換成直流電力，以供在HVDC鏈路1040上傳輸。

【0066】交流對直流轉換器1035可以是一不受控制轉換器或一受控制轉換器(例如：一自換向或一偶線換向轉換器)。舉例而言，許多目前之離岸風力園區使用一受控制轉換器將渦輪機連接至一岸上網格。無論用於將局部AC電網1030耦合至HVDC鏈路1040之交流對直流轉換器1035是何種類型，都可使用本文中所述之控制技巧。舉例而言，主控制系統1015可以是由風力園區控制器1050主動控制交流對直流轉換器1035之一控制技巧。在一項實施例中，風力機1005在使用主控制系統1015時所輸出之電力係由交流對直流轉換器1035來確定。也就是說，個別風力機1005所輸出之電力可由轉換器1035規定，而不是從例如風力園區控制器1050所傳輸之所欲設定點規定。

【0067】除了提供輔助電力給園區1000中已停機風力機以外，當HVDC鏈路不起作用時，風力機1005A至1005C亦可提供電力給離岸網格變電所1033及交流對直流轉換器1035。舉例而言，變電所1033及轉換器1035可包括控制系統及電路系統，其在沒有連至岸上網格1045之一主動連接時，可使用由渦輪機1005A至1005C所提供之輔助電力來操作。因此，當HVDC鏈路1040不起作用時，風力園區1000可不需要發電機或電池系統也能提供電力給

網格變電所1033及轉換器1035。在一項實施例中，進一步電力可藉由一發電機來提供，例如變電所中之一柴油發電機。

【0068】在一項實施例中，輔助控制系統1020及主控制系統1015係取決於HVDC鏈路之狀態而執行之相應軟體應用程式或模組。因此，風力園區控制器可取決於HVDC鏈路之狀態，指導個別渦輪機控制器執行輔助控制系統1020或主控制系統1015。舉例而言，渦輪機控制器1010可包括至少一個處理器、以及足以儲存軟體應用程式之記憶體。然而，在其他實施例中，輔助控制系統1020及主控制系統1015包括硬體或韌體組件。

【0069】再者，雖然圖10繪示將風力園區1000耦合至一HVDC鏈路，但在另一實施例中，風力園區1000仍經由一交流對交流轉換器耦合至一HVAC鏈路，該交流對交流轉換器將局部AC電網1030上之交流電力信號轉換成適用於HVAC鏈路之高電壓交流電力信號。

【0070】在前文中，已對本揭露中介紹之實施例進行參照。然而，本揭露之範疇不受限於具體說明之實施例。反而，以上提供之特徵及元件之任何組合無論是否與不同實施例有關，係經過思忖用來實施及實踐所思忖之實施例。再者，雖然本文中揭示之實施例可實現優於其他可能之解決方案、或優於先前技術之優點，但一特定優點是否係藉由一給定實施例來實現，並不限制本揭露之範疇。因此，除非申請專利範圍中有明確地明載，否則本文中所述之態

樣、特徵、實施例及優點僅具有說明性，並不視為隨附申請專利範圍之元件或限制。

**【0071】** 如所屬技術領域中具有通常知識者將了解的是，可將本文中所揭示之實施例具體實現為一系統、方法或電腦程式產品。因此，態樣可採取下列形式：一完全硬體實施例、一完全軟體實施例(包括韌體、常駐軟體、微碼等)、或將軟體態樣與本文中大致全都可稱為一「電路」、「模組」或「系統」之硬體態樣組合之一實施例。再者，態樣可採取以下形式：在上具有具體實現電腦可讀程式碼之一或多個電腦可讀媒體中具體實現之一電腦程式產品。

**【0072】** 本發明可以是一系統、一方法、及/或一電腦程式產品。該電腦程式產品可包括一電腦可讀儲存媒體(或介質)(例如：一可攜式電腦碟片、一硬碟、一隨機存取記憶體(RAM)、一唯讀記憶體(ROM)、一可抹除可規劃唯讀記憶體(EPROM或快閃記憶體)、一光纖、一可攜式光碟唯讀記憶體(CD-ROM)、一光學儲存裝置、一磁性儲存裝置、或前述任何適合的組合)，其上具有用於令一處理器實行本發明之態樣的電腦可讀程式指令。

**【0073】** 本揭露之態樣在下文係根據本揭露中介紹之實施例，參照方法、設備(系統)及電腦程式產品之流程圖例示及/或方塊圖作說明。將瞭解的是，流程圖例示及/或方塊圖之各方塊、以及流程圖例示及/或方塊圖中方塊之組合可藉由電腦程式指令來實施。可向一通用電腦、一特殊用途電腦、或其他可規劃資料處理設備之一處理器提供這



些電腦程式指令以產生一機器，使得該等指令經由電腦或其他可規劃資料處理設備之處理器執行，建立手段以實施流程圖及/或方塊圖之一或多個方塊中指定之功能/動作。

**【0074】**圖式中之流程圖及方塊圖根據本揭露之各項實施例，繪示系統、方法及電腦程式產品之可能實作態樣之架構、功能及操作。關於這點，流程圖或方塊圖中之各方塊可代表代碼之一模組、部段或部分，其包含用於實施指定邏輯功能之一或多個可執行指令。亦應知，在一些替代實作態樣中，方塊中提到之功能可不按圖中所示之順序發生。舉例而言，接續展示之兩個方塊實際上可予以實質同時執行，或該等方塊有時可依照相反順序執行，端視所涉及之功能而定。亦將注意的是，方塊圖及/或流程圖例示中之各方塊、以及方塊圖及/或流程圖圖例示中方塊之組合可藉由進行指定功能或動作之特殊用途硬體式系統、或特殊用途硬體與電腦指令之組合來實施。

**【0075】**鑑於前述，本揭露之範疇係由以下申請專利範圍確定。

### **【符號說明】**

#### **【0076】**

100... 水平軸風力發電機

100A~100C、1005A~105C... 風力機

102... 塔架

104... 短艙

106... 風力機轉子

108、118…輪葉  
110…共用輪轂  
112…前緣  
114…尾緣  
116…尖端  
120…變槳軸承  
200…風  
202…低速軸  
204…齒輪箱  
206…發電機  
208…高速軸  
210…控制器  
212…制動系統  
214…風速計  
216…風向標  
218…槳距  
220…轉向馬達  
222…轉向驅動機  
300…電力系統  
305…電力轉換器  
310…發電機側轉換器  
312…DC匯流排  
315…網格側轉換器  
320、405、425、435…濾波器

- 325... 渦輪變壓器
- 330... PCC
- 331... 交流(AC)電網
- 335... 輸出纜線
- 345... 網格
- 350... 負載
- 400... 控制系統
- 410、420、440、450... 加法器
- 415... 電壓查詢模組
- 430... 三相變壓器模組
- 445... 角度查詢模組
- 455... 積分器
- 460、470... 開關
- 465... PI 控制器
- 475... 反應式電力調整器
- 480... 反應式電力控制支路
- 485... 主動式電力控制支路
- 500... 向量圖
- 600、800、900... 方法
- 605~635、710~740、802~826、905~925... 程序塊
- 1000... 風力園區
- 1010A~1010C... 渦輪機控制器
- 1015A~1015C... 主控制系統
- 1020A~1020C... 輔助控制系統

1025A~1025C... 輔助系統

1030... 局部AC電網

1033... 離岸網格變電所

1035... 交流對直流轉換器

1040... HVDC鏈路

1045... 岸上網格

1050... 風力園區控制器

## 【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種用於進行全黑啟動操作之方法，其包含：

在一第一模式中操作一風力園區中之一風力機，以使用一控制系統提供電力給一交流(AC)電網，其中該控制系統包含一反應式電力控制支路及一主動式電力控制支路，並且其中具有一積分作用之一控制器在該第一模式期間被止動或與該主動式電力控制支路斷開；

基於進行一主幹電網之一全黑啟動之一指示，將該風力機之操作從該第一模式切換到一第二模式，其中從該第一模式到該第二模式之切換包含(i)促動供應電力給該主動式電力控制支路之該控制器或(ii)將該控制器連接至該主動式電力控制支路，其中在該第二模式中，該控制器之一輸入係連接至該主動式電力控制支路，且該控制器之一輸出係連接至該反應式電力控制支路，使得該控制器基於該風力機所產生之一主動式電力將一調整電壓輸出至該反應式電力控制支路，以增大該風力機之輸出電力；以及

在該第二模式中操作時提供電力給該主幹電網。

【請求項2】 如請求項1之方法，其更包含在該第一模式中操作時，賦能將該風力機連接至一風力園區中之一或多個其他風力機之一纜線陣列以及該風力機之一變壓器。

【請求項3】 如請求項2之方法，其更包含接收指出要將一躉售負載電力用於該等全黑啟動操作之一或多個

值，其中在賦能該纜線陣列及該變壓器之前，先根據該一或多個值來賦能該風力機。

【請求項4】 如請求項1之方法，其更包含在提供電力給該主幹電網之前，先賦能用於將該風力園區連接至該主幹電網之一輸出纜線。

【請求項5】 如請求項4之方法，其中該賦能係藉由逐漸增大該風力機所輸出之一電力信號之一電壓來進行。

【請求項6】 如請求項1之方法，其更包含接收藉由閉包一斷路器而將該AC電網耦合至該主幹電網之一第二指示，其中回應於該第二指示而提供該電力給該主幹電網。

【請求項7】 如請求項1之方法，其更包含檢測該主幹電網之一停電情境，其中回應於該停電情境之檢測結果，在該第一模式中操作該風力機。

【請求項8】 如請求項7之方法，其中在該第一模式中操作包含：

為了啟動該風力機之一轉子，從一不中斷電源(UPS)接收電力；以及

增大該風力機所輸出之一電力信號之一電壓，以將該風力機之一變壓器充電。

【請求項9】 如請求項1之方法，其中該電力係經由該主幹電網提供給經歷一停電狀況之一鄰近離岸風力園區。

【請求項10】 如請求項1之方法，其中該電力係提供給介於諸同步帶域之間的一互連節點。

【請求項11】 如請求項1之方法，其中如果由該風力機所產生之一電量不足以使該主幹電網全黑啟動，則從該風力機及一UPS提供該電力給該主幹電網。

【請求項12】 如請求項1之方法，其中提供電力給該主幹電網包含提供電力給一混合電廠以供網格形成，其中該混合電廠位於離岸處。

【請求項13】 如請求項1之方法，其更包含確定該主幹電網處一電力信號之一頻率及一相位，其中在該第二模式中操作時提供該電力包含以該等已定頻率及相位提供該電力。

【請求項14】 如請求項1之方法，其中該風力機係一風力園區中複數個風力機其中一者，該方法更包含賦能二或更多個在該風力園區中彼此相距最遠之風力機，以進行該主幹電網之該全黑啟動。

【請求項15】 一種風力機，其包含：

一控制系統，其包含：

一反應式電力控制支路，

一主動式電力控制支路，以及

具有一積分作用之一控制器，其中該控制系統被組配用以：

在一第一模式中操作該風力機，以提供電力給一局部AC電網，其中該控制器在該第一模式期間被止動或與該主動式電力控制支路斷開；

基於進行一主幹電網之一全黑啟動之一指

示並且藉由(i)促動供應電力給該主動式電力控制支路之該控制器或(ii)將該控制器連接至該主動式電力控制支路，將該風力機之操作從該第一模式切換到一第二模式，其中在該第二模式中，該控制器之一輸入係連接至該主動式電力控制支路，且該控制器之一輸出係連接至該反應式電力控制支路，使得該控制器基於該風力機所產生之一主動式電力將一調整電壓輸出至該反應式電力控制支路，以藉此增大該風力機之輸出電力；以及

在該第二模式中操作時提供電力給該主幹電網。

**【請求項16】** 如請求項15之風力機，其中該控制系統係組配來接收藉由閉包一斷路器而將該AC電網耦合至該主幹電網之一第二指示，其中回應於該第二指示而提供該電力給該主幹電網。

**【請求項17】** 如請求項15之風力機，其中該控制系統係組配來檢測該主幹電網之一停電情境，其中回應於該停電情境之檢測結果，在該第一模式中操作該風力機。

**【請求項18】** 一種用於進行全黑啟動操作之系統，其包含：

一處理器；

一記憶體，其儲存有一程式，該程式在由該處理器執行時執行一操作，該操作包含：



在一第一模式中操作一風力園區中之一風力機，以使用一控制系統提供電力給一AC電網，其中該控制系統包含一反應式電力控制支路及一主動式電力控制支路，並且其中具有一積分作用之一控制器在該第一模式期間被止動或與該主動式電力控制支路斷開；

基於進行一主幹電網之一全黑啟動之一指示，將該風力機之操作從該第一模式切換到一第二模式，其中從該第一模式到該第二模式之切換包含(i)促動供應電力給該主動式電力控制支路之該控制器或(ii)將該控制器連接至該主動式電力控制支路，其中在該第二模式中，該控制器之一輸入係連接至該主動式電力控制支路，且該控制器之一輸出係連接至該反應式電力控制支路，使得該控制器基於該風力機所產生之一主動式電力將一調整電壓輸出至該反應式電力控制支路，以藉此增大該風力機之輸出電力；以及

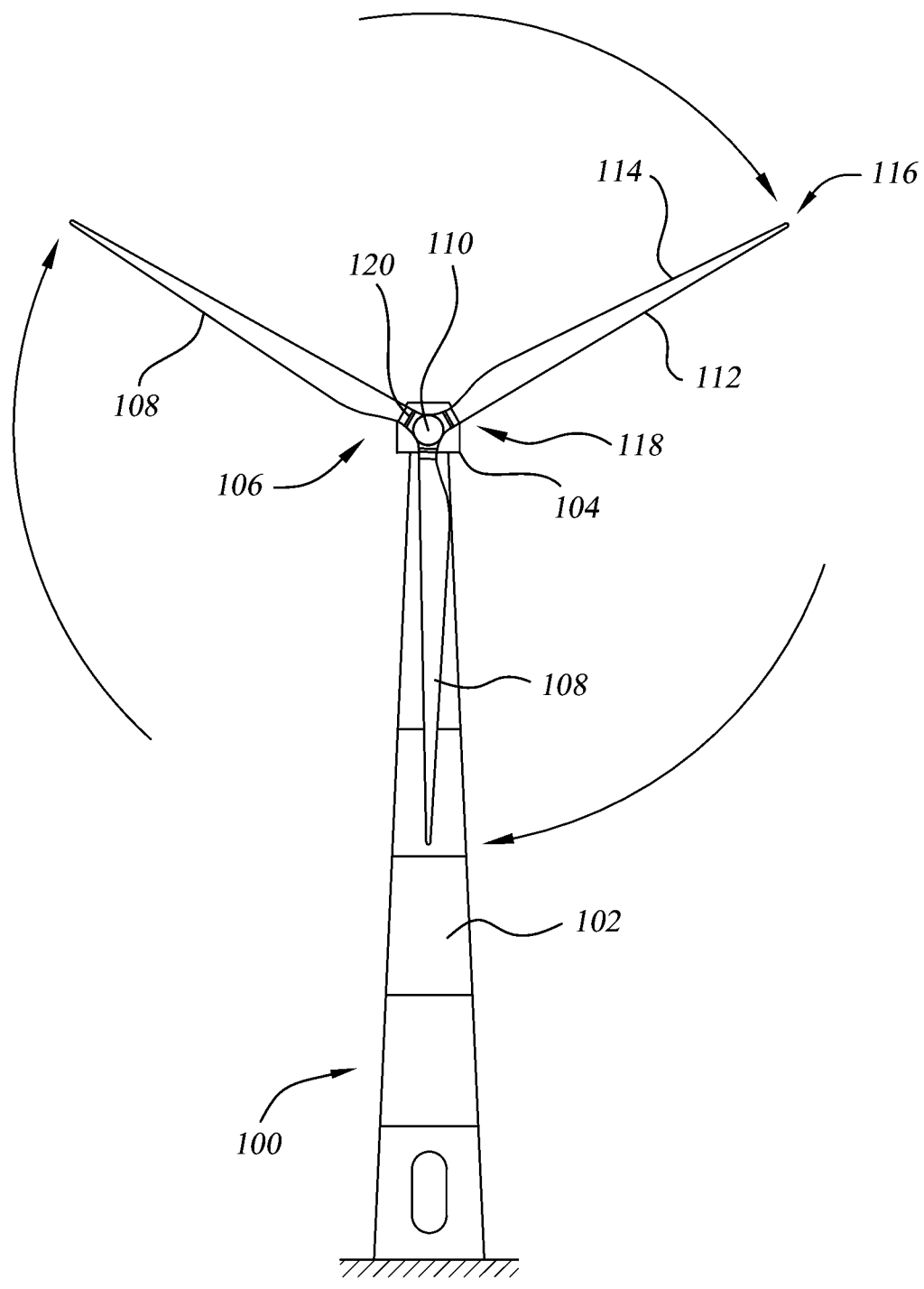
在該第二模式中操作時提供電力給該主幹電網。

**【請求項19】** 如請求項18之系統，其中該操作更包含在該第一模式中操作時，賦能將該風力機連接至一風力園區中之一或多個其他風力機之一纜線陣列以及該風力機之一變壓器。

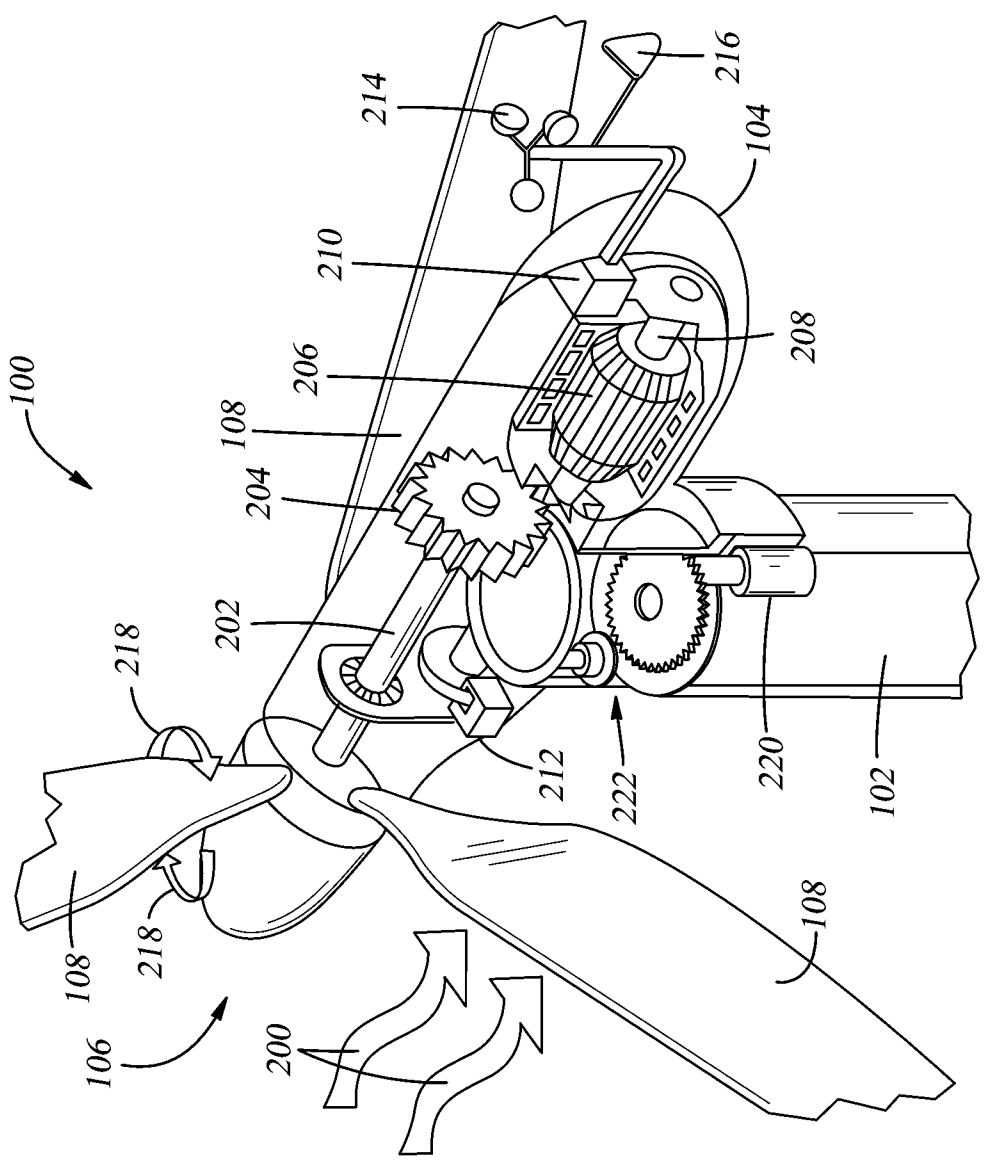
**【請求項20】** 如請求項19之系統，其中該操作更包含接收指出要將一躉售負載電力用於該等全黑啟動操作之一或多個值，其中在賦能該纜線陣列及該變壓器之前，先根據該一或多個值來賦能該風力機。

【發明圖式】

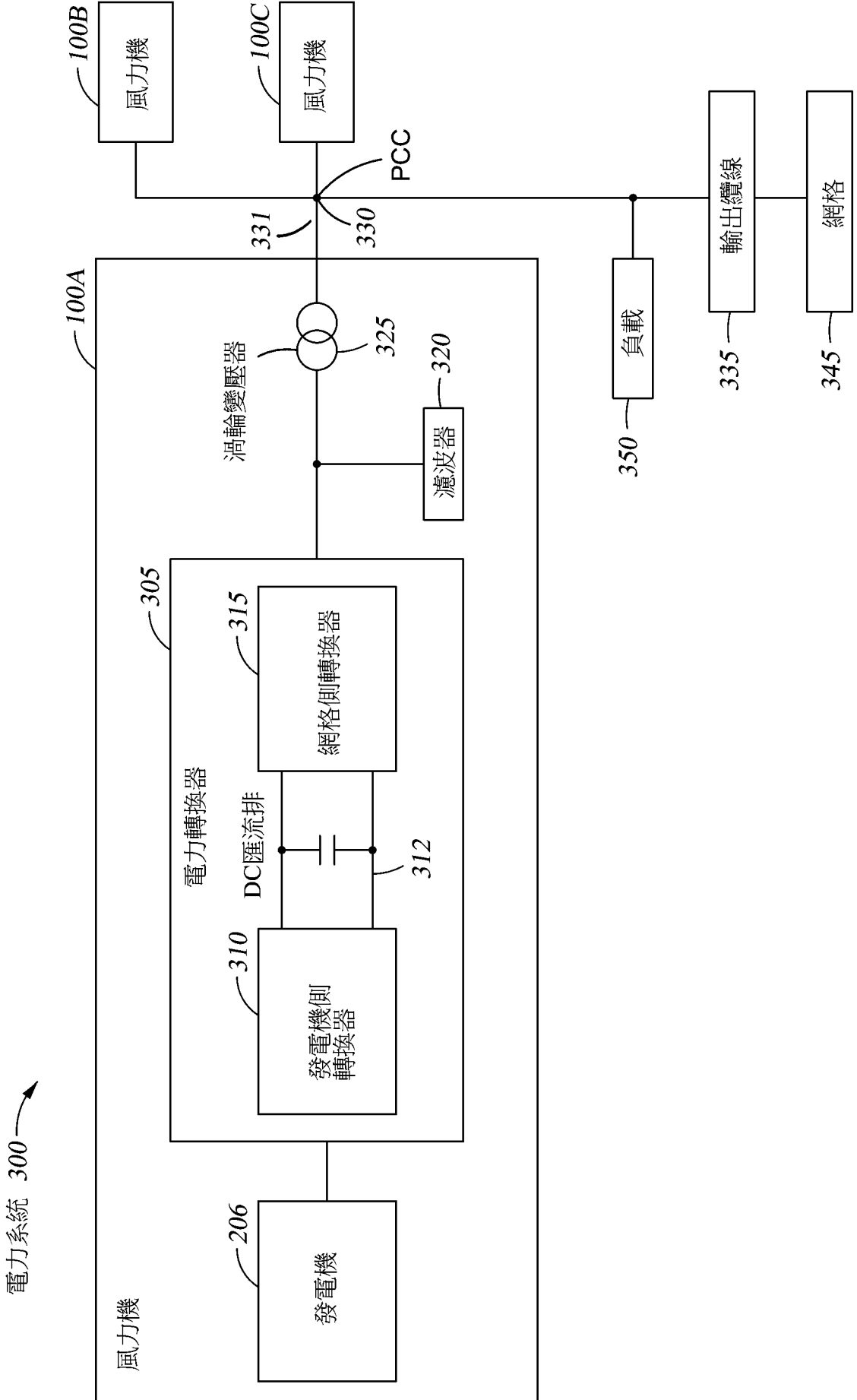
7



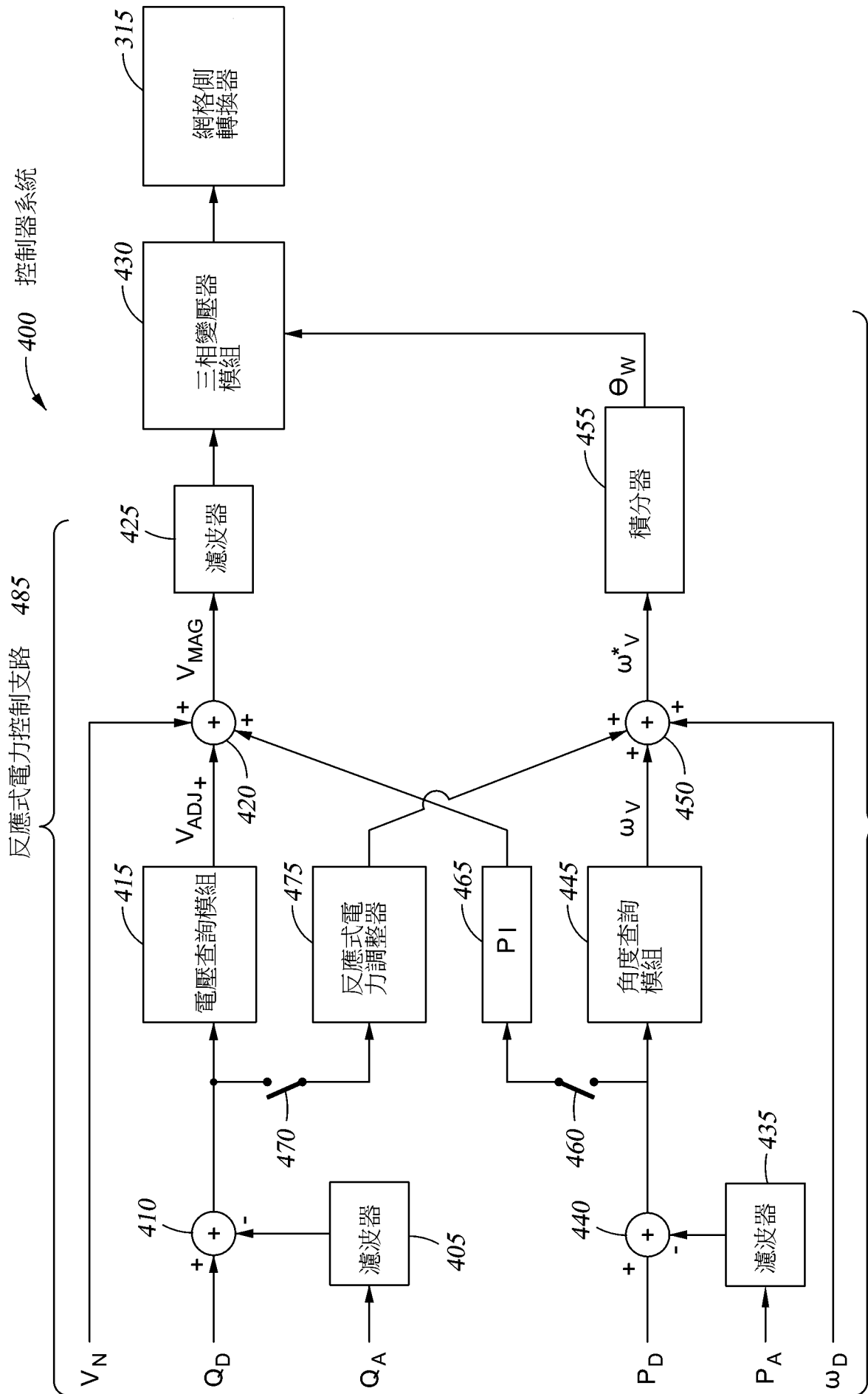
【圖1】



【圖2】

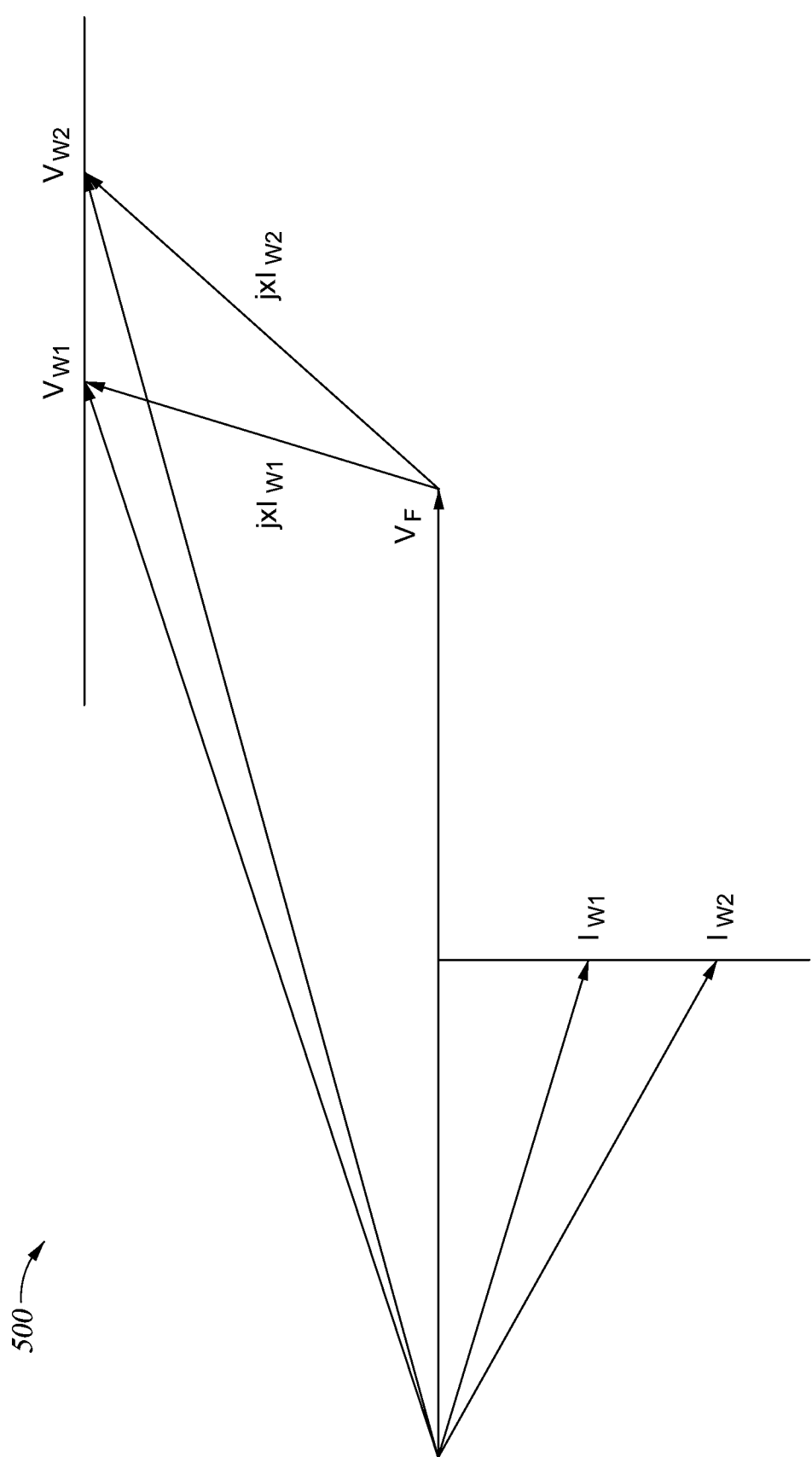


【圖3】

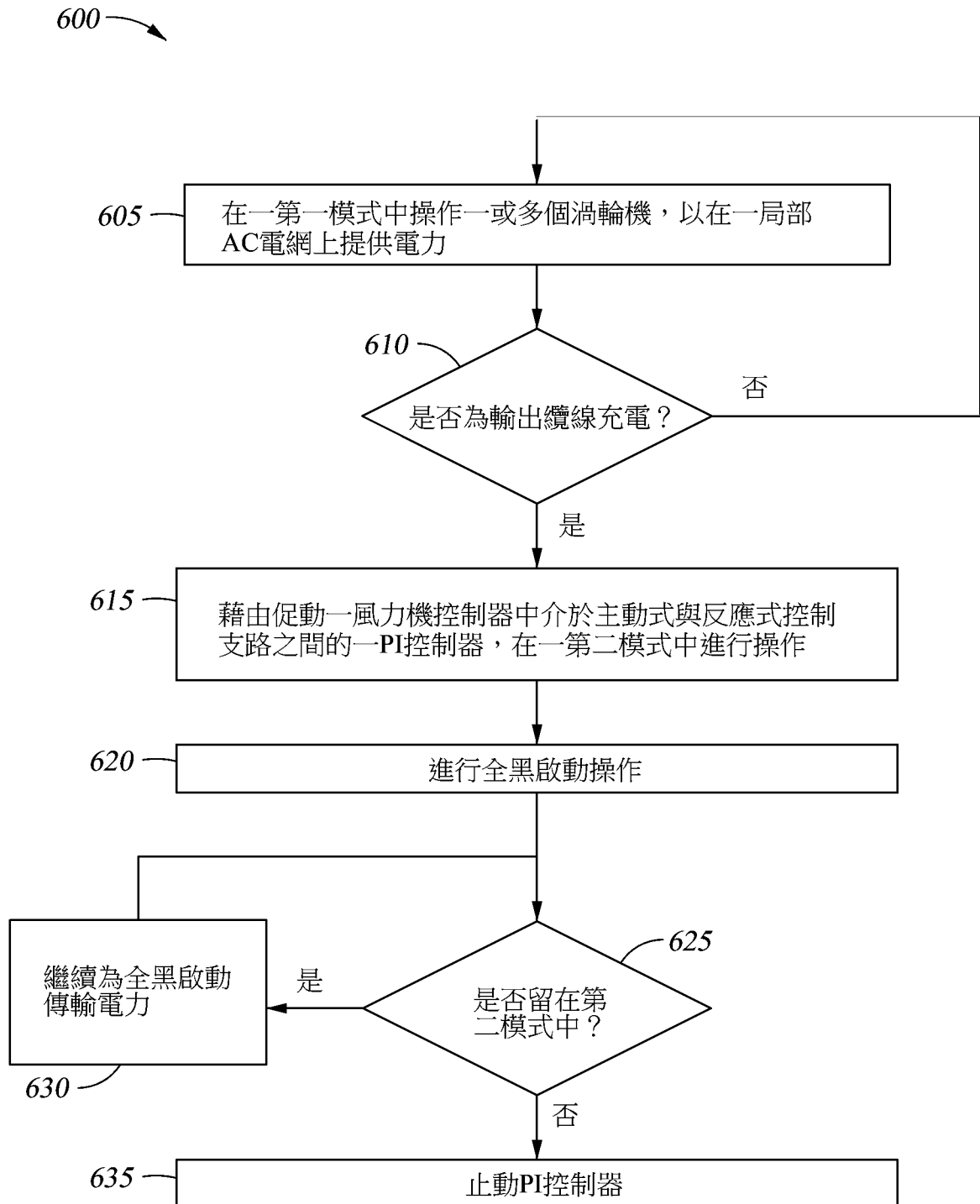


第 4 頁，共 10 頁(發明圖式)

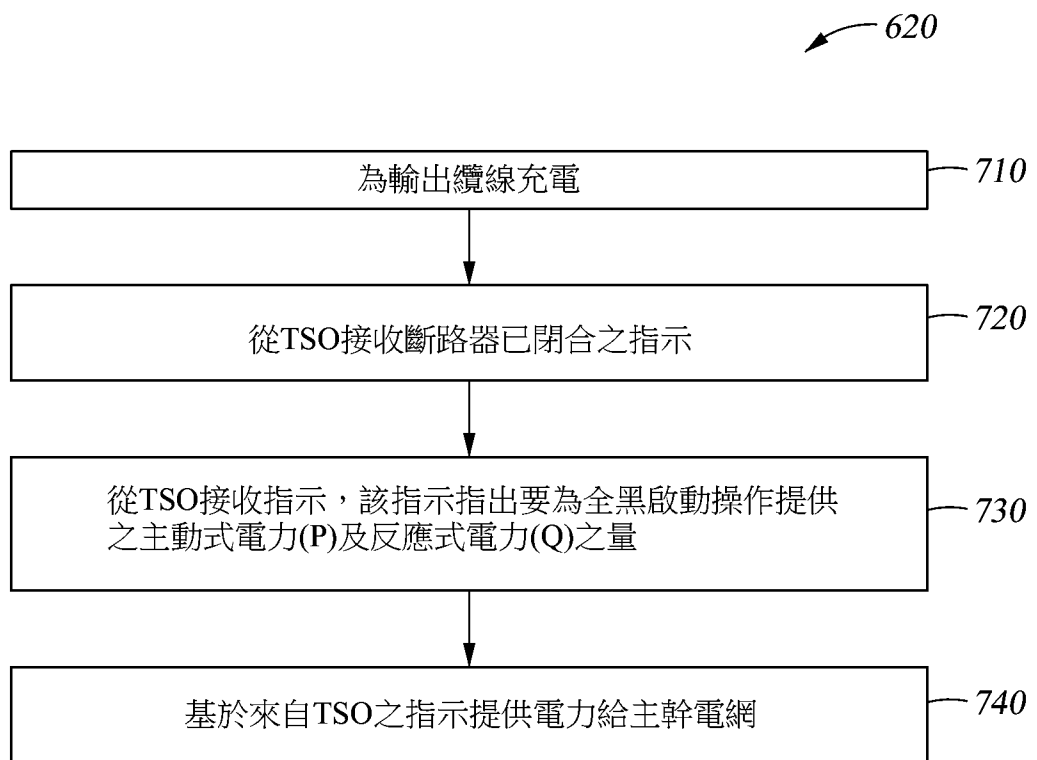
【圖 4】  
主動式電力控制支路 480



【圖5】

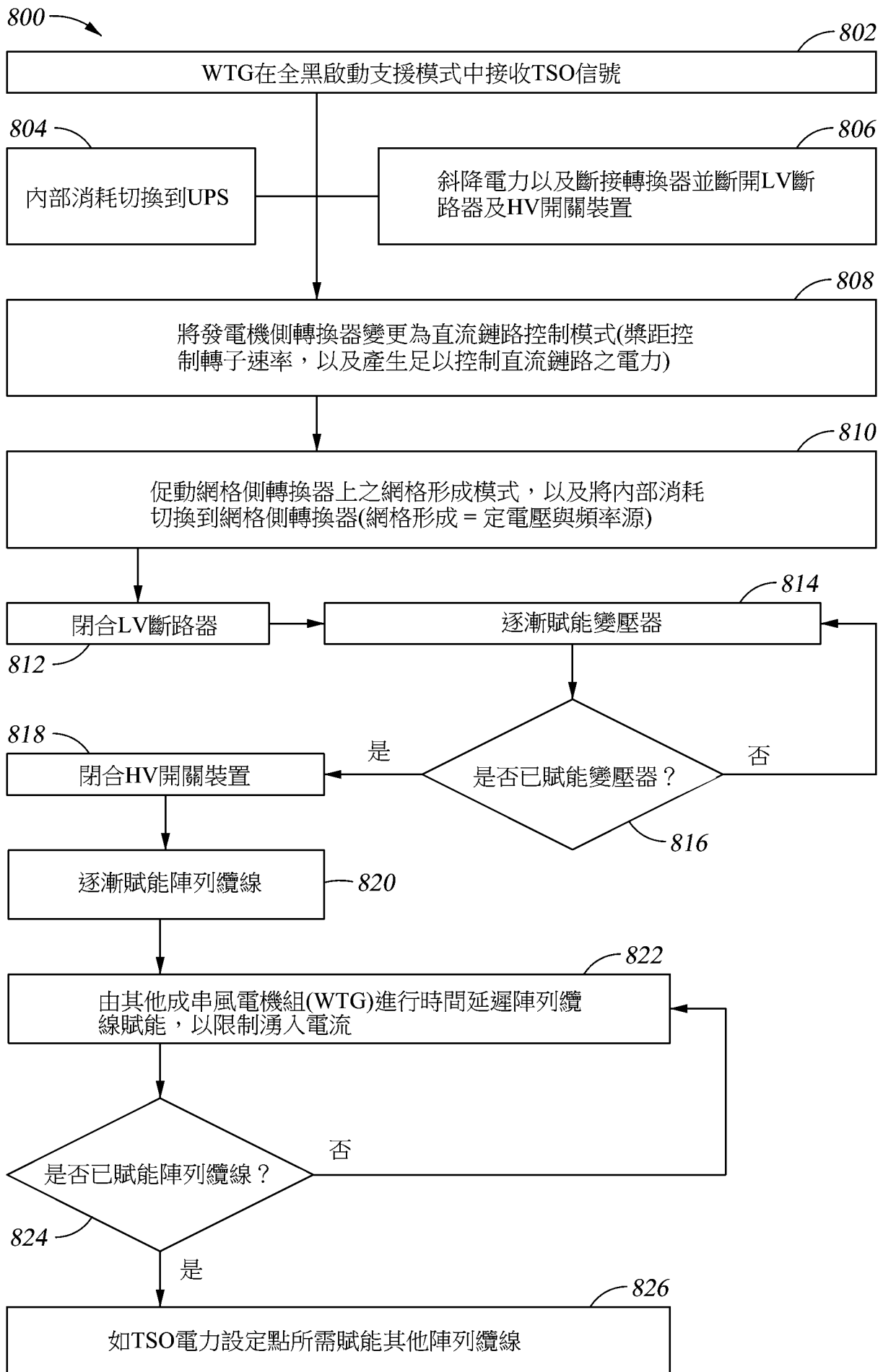


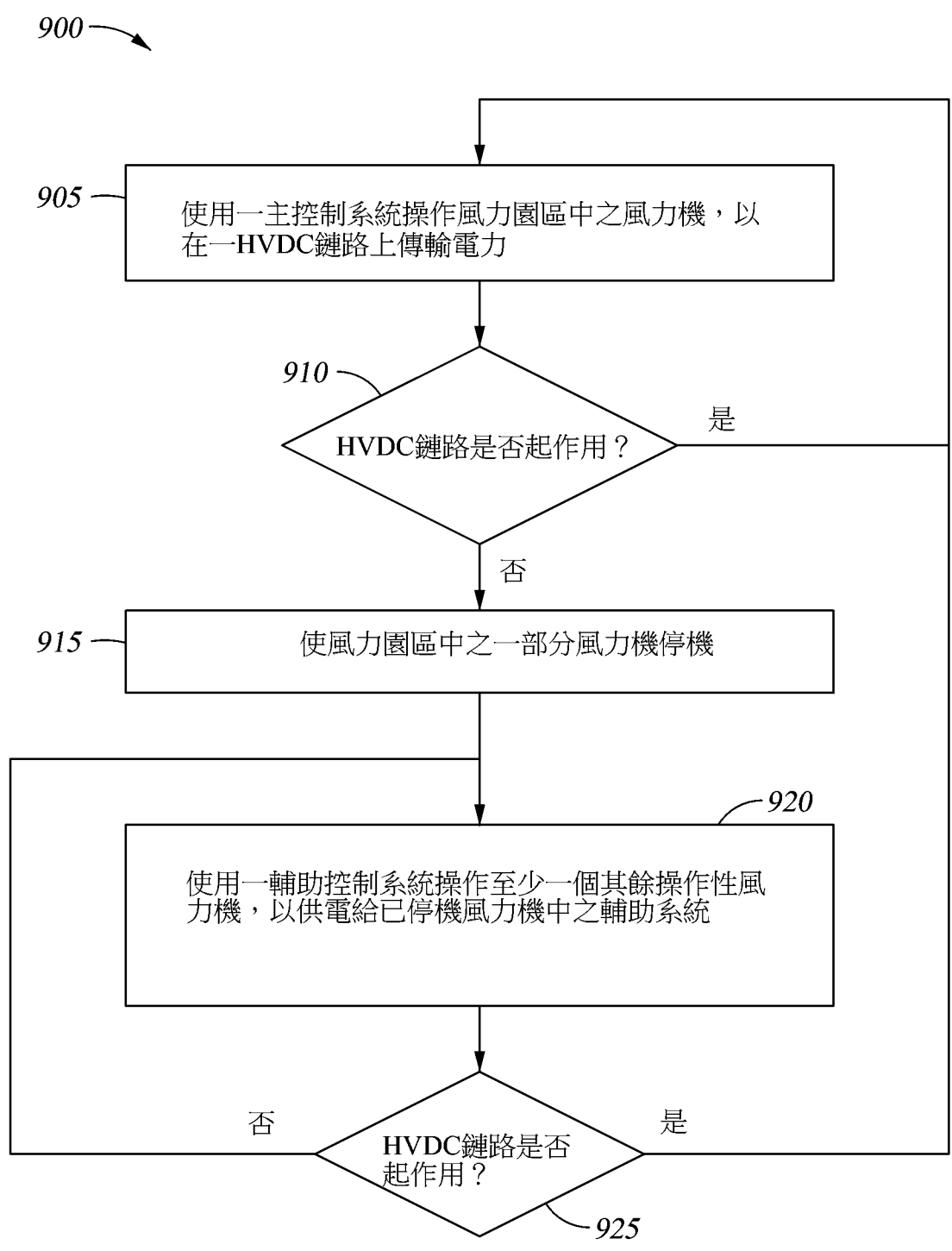
【圖6】



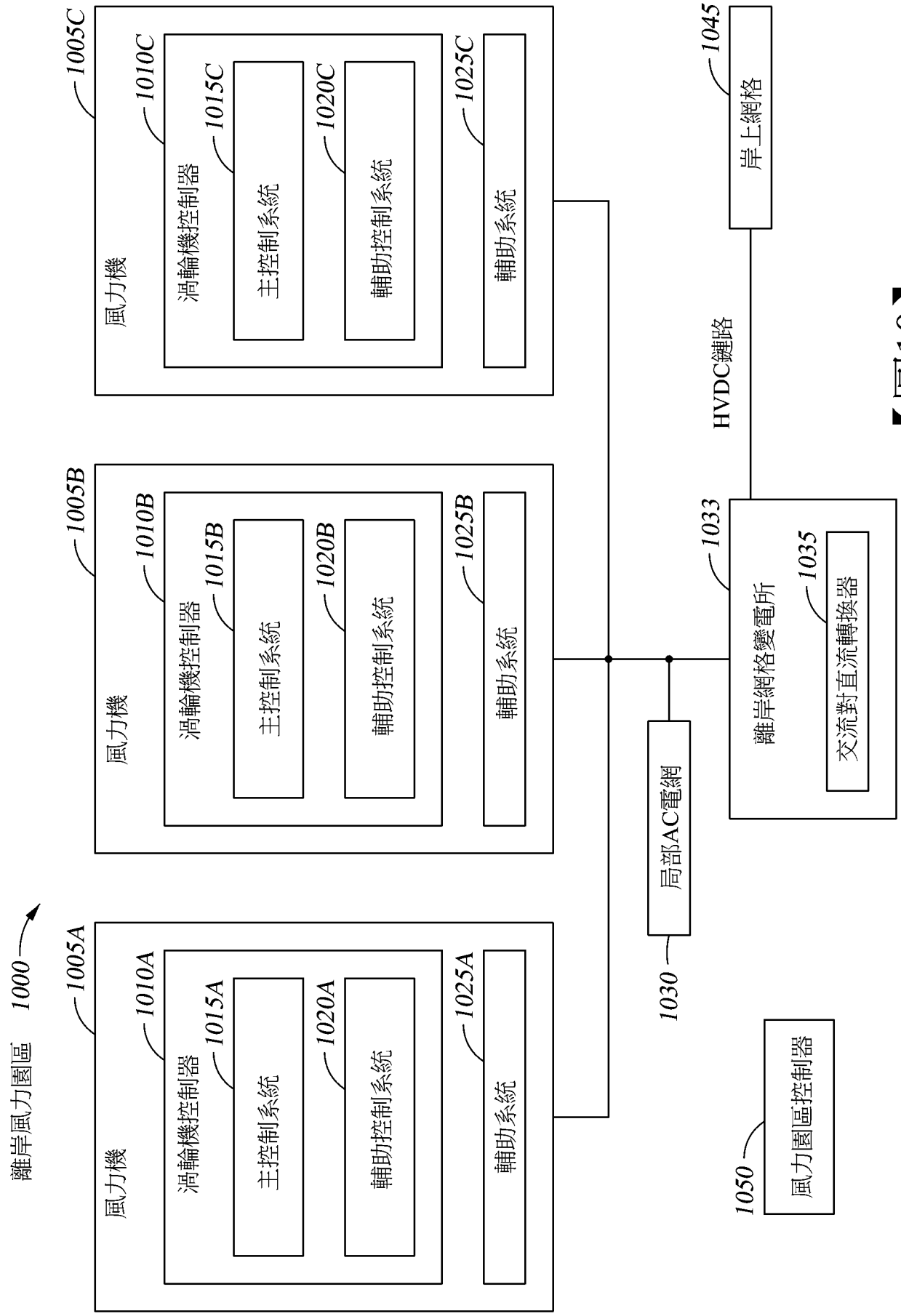
【圖7】







【圖9】



【圖10】