

(21)申請案號：098141557

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 12 月 04 日

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

(30)優先權：2009/03/27 美國 61/211,466
2009/08/06 世界智慧財產權 PCT/IB 2009/006473
組織

(71)申請人：剪式風能技術公司 (美國) CLIPPER WINDPOWER TECHNOLOGY, INC. (US)
美國

(72)發明人：柯西諾 凱文 COUSINEAU, KEVIN L. (US)

(74)代理人：賴安國；李政憲；王立成

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：4 項 圖式數：6 共 33 頁

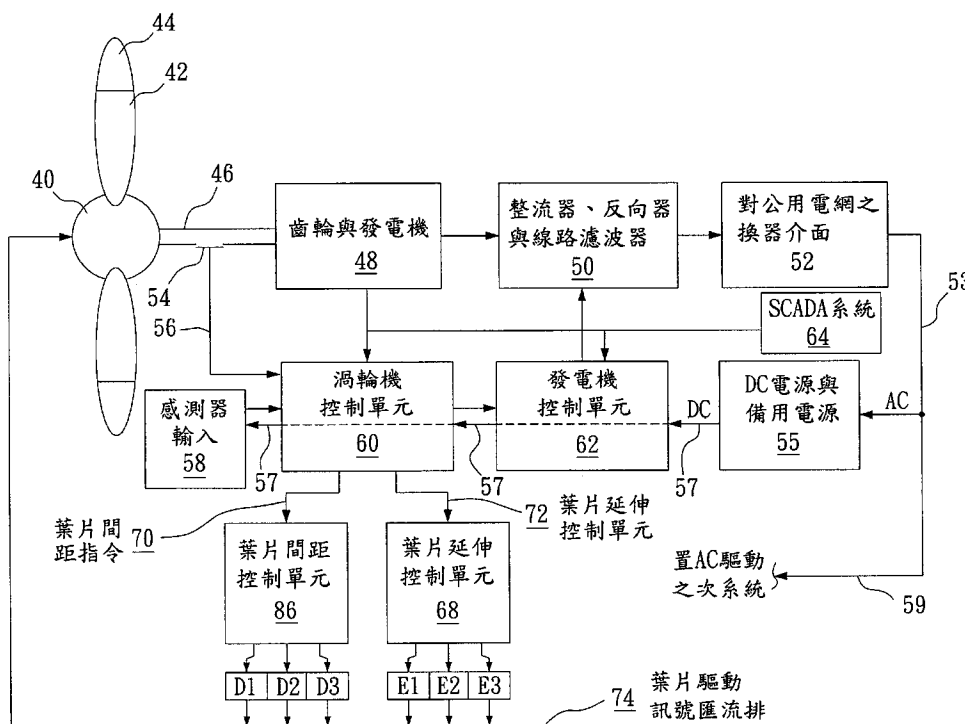
(54)名稱

風力渦輪機轉換及控制系統之冗餘超級電容器備用電源

A REDUNDANT, SUPERCAPACITOR, BACK-UP POWER SUPPLY FOR WIND TURBINE
CONVERSION AND CONTROL SYSTEMS

(57)摘要

一種用於風力渦輪機控制之備用電源是由直流電流(DC, "Direct Current")供應電源。該電源包含一第一電源，其係為該等控制單元的完整電源需求而額定；一第二電源，其係為該等控制單元的完整電源需求而額定；以及一或(OR)連接，其位於超級電容儲存器以及該第一電源與該第二電源之間。該或連接為雙重式二極體或閘或四重式二極體。



40：轉子輪殼固定間距伺服系統

42：轉子葉片（根葉片）

44：轉子葉片（延伸器葉片）

46：渦輪機主軸桿

48：齒輪箱及永磁發電機

50：發電機整流器，反相器單元及線路濾波器

52：墊片固定轉換器

53：AC 電源

54：渦輪機速度

55：DC 電源與備用電源

- 56：軸桿速度
- 57：DC 輸出
- 58：感測器輸入
- 59：AC 電源
- 60：渦輪機控制單元
- 62：發電機控制單元
- 64：SCADA 介面
(系統)
- 68：葉片延伸控制單元
- 70：葉片間距指令
- 72：葉片延伸指令
- 74：葉片驅動訊號匯
流排
- 86：葉片間距控制單元

(21)申請案號：098141557

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 12 月 04 日

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

(30)優先權：2009/03/27 美國 61/211,466
2009/08/06 世界智慧財產權 PCT/IB 2009/006473
組織

(71)申請人：剪式風能技術公司 (美國) CLIPPER WINDPOWER TECHNOLOGY, INC. (US)
美國

(72)發明人：柯西諾 凱文 COUSINEAU, KEVIN L. (US)

(74)代理人：賴安國；李政憲；王立成

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：4 項 圖式數：6 共 33 頁

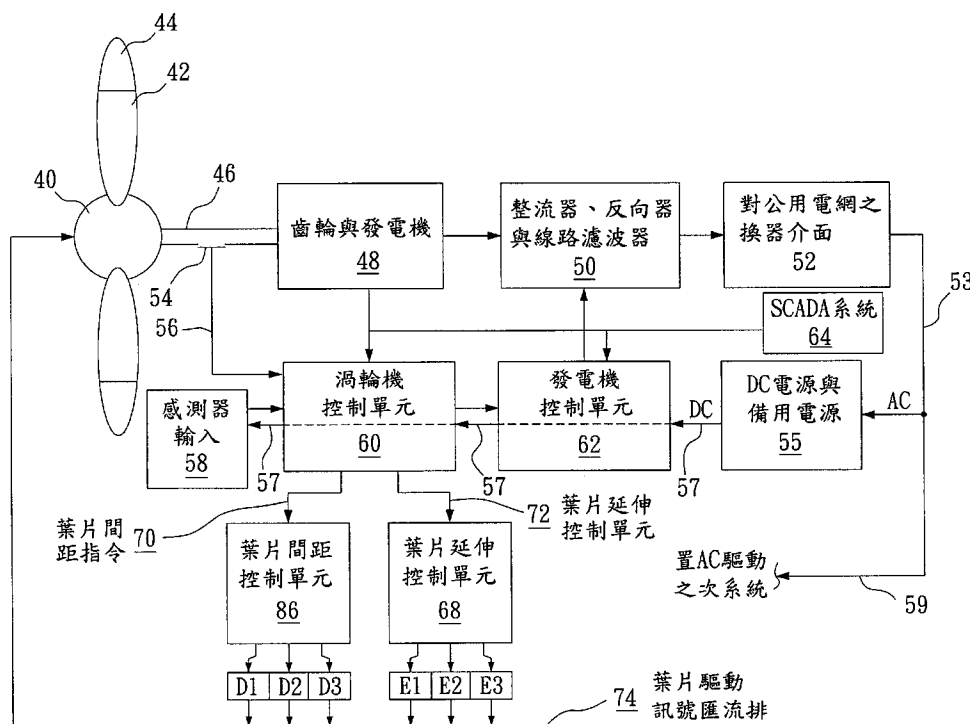
(54)名稱

風力渦輪機轉換及控制系統之冗餘超級電容器備用電源

A REDUNDANT, SUPERCAPACITOR, BACK-UP POWER SUPPLY FOR WIND TURBINE
CONVERSION AND CONTROL SYSTEMS

(57)摘要

一種用於風力渦輪機控制之備用電源是由直流電流(DC, "Direct Current")供應電源。該電源包含一第一電源，其係為該等控制單元的完整電源需求而額定；一第二電源，其係為該等控制單元的完整電源需求而額定；以及一或(OR)連接，其位於超級電容儲存器以及該第一電源與該第二電源之間。該或連接為雙重式二極體或閘或四重式二極體。



40：轉子輪殼固定間距伺服系統

42：轉子葉片（根葉片）

44：轉子葉片（延伸器葉片）

46：渦輪機主軸桿
48：齒輪箱及永磁發電機

50：發電機整流器，反相器單元及線路濾波器

52：墊片固定轉換器

53：AC 電源

54：渦輪機速度

55：DC 電源與備用電源

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於流體渦輪機（例如水流渦輪機下之風力渦輪機）、以及其它原有的動力，更特別是，在風力渦輪機轉換及控制系統中，利用可儲存冗餘電源的超級電容器能源提供 DC 電源與 DC 備用電源。

【先前技術】

由於公用電網所供應的電力並非 100%可靠，因此需要備用電源提供風力渦輪機控制之用，也有指明在電網運作中斷時渦輪機必須保持連接至電網多久時間之實用中斷度過需求(utility ride through requirements)。此外，電容器儲存系統、和特別是超級電容器能源儲存系統提供了浪湧(surge)電流容量，其遠低於 DC 電源本身的電流限制額定；此一特徵在高效能接觸器與其他短期負載（其尖峰電流高、但持續額定電流低）時通常為有用。

超級電容器是電雙層電容器，也稱為電化學雙層電容器(EDLCs, “Electrochemical Double Layer Capacitors”)或極端電容器。相較一般電解電容器，超級電容器具有非常高的能源密度；超級電容器係產生以填滿電解電容器與電池之間的空隙。

為緩和定速風力渦輪機中電力浪湧及機械負載的問題，風力發電業者已傾向於使用可變速風力渦輪機。在 Clipper 風能科技公司(Clipper Windpower Technologies, Inc.)

之美國專利第 7,072,110 號（2006 年 5 月 9 日獲准）中說明了一種可變速風力渦輪機；此外，也已有關於以固定速度或可變速度運轉之風力渦輪機設計之各種刊物，例如「風能手冊(Wind Energy Handbook)」(Tony Burton 等人所著，John Wiley & Sons 出版社，2001 年出版)。

一般是由公用電網之 AC 電源來提供風力渦輪機控制的電力。傳統上為控制風力渦輪機備用電源的方式係應用某類型之不中斷電源(UPS, “Uninterruptible Power Supply”)系統，這些裝置包含有電源供應器、電池、及反相器來提供交流電流(AC, “Alternating Current”)，以取代因電力中斷而引起的公用 AC 損失。大部分的 UPS 系統應用某類型之高速切換器，其將 UPS 連接至當偵測出一線路中斷時受到保護之裝置。其他更複雜的且昂貴的設計則在線路運作中斷期間排除切換時間都保持為連接。在其他的例子中，這些裝置需要 DC 對 AC 反相器，以提供負載所需之電流電力。

Koenig 之 US 6,737,762 號專利係習知一種不中斷電源(UPS)的例示，負載係自公用提供之 AC 電源擷取電力，直到出現故障情況為止。當故障情況出現時，負載即將其自公用提供之 AC 電源擷取之電力切換為 UPS 之反相器 AC 輸出。能源儲存裝置保持反相器輸入處之 DC 電壓，直到發電機開始並加速至足以提供 DC 電壓的程度為止。該系統也包含切換裝置，其用於對一關鍵負載提供不中斷之電力，同時使非關鍵負載在切換為接收反相器輸出之電力前，先在公用提供之 AC 電力訊號上承受故障情況達一段

短暫時間。

Janssen 之 6,921,985 號專利是習知另一種不中斷電源(UPS)的例示，其係用於風力渦輪機中。Janssen 揭示了一種風力渦輪機，其包括用於調整葉片間距之一葉片間距控制系統、以及與該葉片間距控制系統耦合之一渦輪機控制器。一第一電源係耦合於該渦輪控制器與該葉片間距控制系統，以於第一運作模式期間提供電力。一不中斷電源(UPS)係耦合至渦輪機控制器，並與葉片間距控制系統耦合，以於一第二運作模式期間提供電力。在出現故障情況時，渦輪機控制器係在電力提供電網中偵測到第一運作模式至第二運作模式之轉移，並使葉片間距控制系統響應該轉移而調整該等葉片（修飾）之間距。

直到最近為止，幾乎所有的 UPS 系統都使用某種類型之密封鉛酸電池來提供備用電力，其通常可持續 10 至 60 分鐘。雖然有在此同一架構中使用超級電容器之趨勢，但因提供相當於其電池對應體之儲存電容器的成本考量之故，其使用仍受限制。

最後，不論當前反相器與電源的效率為何，即使在最佳系統中，AC 轉 DC 轉 AC 之轉換仍不高於 75%或 80%。提供第二電源、電池與反相器的複雜性使得這種備用系統比其所支援之系統更不可靠。

因此，就風力渦輪機而言，亟需一種可靠且有效的備用電源設定。

【發明內容】

本發明解決了上述技藝情況之問題，且其係與用於風力渦輪機控制之備用電源系統有關。相較於習知技藝中所使用之 AC 控制，根據本發明，用於風力渦輪機之控制係由直流(DC)電流供應電源。此外，本發明之電源包含一第一電源，其係為該等控制單元的完整電源需求而額定；一第二電源，其係為該控制單元的完整電源需求而額定；以及一或(OR)連接，其位於超級電容儲存器以及該第一電源與該第二電源之間。該 OR 連接為雙重式二極體或閘或四重式二極體橋接整流器。

由於在持續未超過 3 秒之中斷度過期間不需要 AC 驅動泵、馬達與風扇的備用電源，因此本發明之備用電源系統係設計為只需要 DC 電源。所有的接觸器、次系統(sub-system)感測器、外部感測器、以及內部智慧裝置（例如渦輪機控制單元或轉換器控制板）皆設計為以 VDC（例如：24 VDC）運作。藉由提供此一配置，備用電源可具有電容儲存器與其相關充電器之形式，排除了反相器與電池。由於 DC 供應電源給所有的控制組件與感測器，在二極體閘式的形式中，係使用多種 DC 電源供應，因此其中一個故障並不會對風力渦輪機之運作造成顯著影響；每一個電源都是針對控制系統的完整電源需求而額定。

此種備用電源系統的優勢在於，其不僅提供能源儲存、也是一種冗餘故障容限設計，這是因為其使用了兩個獨立的電源。雙電源係經二極體或閘(OR-gated)設置於電容

器儲存系統，以於單一電源故障時提供連續的 DC 電源。此系統需要所有的接觸器、次系統電源以及本身具有控制系統之關鍵組件都以 DC 運作；然而，這種運作排除了對本身具有控制系統之輸出不中斷電源(UPS)的需求。因此，本發明的態樣之一在於使用一種控制系統，其關鍵組件都由 DC 供應電源，無論公用電網的情況為何。已知的備用電源係使用 UPS 與反相器以於公用電網故障情況下保持運作，然本發明改變了在正常運作期間對控制系統之組件供應電源的方式，以於公用電網故障情況期間提供有力的備用電源，並於 DC 電源本身之電流限制額定外提供浪湧電流容量。

最後，此系統之能源儲存容量係總是可用於控制器內，而不再需要切換或主動電源監控來啟動這種儲存器，這是因為其在當時總是 100%啟動及運作。在電源中斷時，儲存系統係即時且無間斷地(seamlessly)使用。在正常運作期間，超級電容器係經充電以於故障情況時立即使用。當超級電容器已經完全充電時，無需主動停止充電程序；但由於電容器之電位降增加，充電程序會自行停止。當超級電容器因補償浪湧電流或電網故障而部分或完全放電，其會於 DC 電源再度成為可用時自動再次充電。

冗餘超級電容器電源系統是一種獨特的能源儲存方法，其未使用傳統的不中斷電源(UPS)系統，藉由使用超級電容器與 DC 電源之組合，所有的電儲存器與控制皆可在電源中斷期間得以保持，除了 AC 負載以外。由於大部分

的 AC 負載（例如電感馬達）都需要在電源中斷期間關閉，其滿足了備用電源的需求而不需使用昂貴且複雜的 AC 反相器和電池充電器。

本發明具有的優勢為，連續的儲存可用性是，不需要切換或感測來銜接儲存容量。

本發明具有的優勢為，儲存容量允許大尖峰電流負載，而無須在電流有限情形中放置 DC 電源。由於超級電容器的內部阻抗比電池低，故可對負載提供非常高的短期電流，其恰高於 DC 電源本身的電流限制額定。因此，根據本發明之設定不只橋接電源中斷、也針對高負載情況提供了額外能量之保留。

本發明的優勢為，甚至是在一個電源故障期間，本發明之冗餘電源仍允許了連續運作而不中斷。

本發明的優勢為，儲存電容器的充電/放電循環週期比電池高出 1,000 倍，其運作生命長、不會產生問題。此外，由於超級電容器不需要任何維修，這種設定比利用傳統電池之設計更為可靠且具成本效益。

本發明具有優勢為，其不像電池，不需溫度補償來對電容器儲存系統充電。

【實施方式】

參照第 1 圖，其為本發明一實施例之可變速風力渦輪機設備之方塊圖。系統的基本組件如下：(1)包含轉子輪轂固定間距伺服系統 40 之渦輪機驅動鏈、包含根葉片 42 與

延伸器葉片 44 之葉片轉子、齒輪箱與永磁發電機(PMG, “Permanent Magnet Generator”)48;(2)發電機整流器/反相器單元 50;(3)控制系統，其包含渦輪機控制單元(TCU, “Turbine Control Unit”)、發電機控制單元(GCU, “Generator Control Unit”)62;(4)墊片固定轉換器 52;以及(5)監視控制與資料擷取(SCADA, “Supervisory Control And Data Acquisition”)介面 64，其連接系統至一公用電網。

渦輪機包括一或多個轉子葉片 42、44，藉由轉子輪轂固定之間距-角度伺服器而連接，其經由葉片驅動訊號匯流排 74、透過轂緣(slip rings)而提供電源。輪轂 40 係機械連接至渦輪機主軸桿 46，其傳送渦輪機的扭矩至齒輪箱 48。在低速軸桿上具有感測器以測量渦輪機速度，其輸出係軸桿速度 56。在此例中，渦輪機軸桿係經由齒輪箱 48 與部分適當耦合裝置而耦合至一永久磁鐵或繞場同步發電機。發電機電輸出係連接至方塊 50，其包括一整流器，其將電源轉換為 DC 匯流排上之 DC 電壓與電流 I (風力)。DC 匯流排係連接至風力渦輪發電機(WTG, “Wind Turbine Generator”)反相器，該反相器調整 DC 電流，並藉此控制發電機扭矩。該反相器藉由同步化至電網並藉由供應單一電源因子電流至電網系統而調整此 DC 電流。發電機控制單元(GCU)62 控制方塊 50 內的反相器，GCU 自其本身之測量產生輸入(例如：電網電壓、DC 匯流排電壓、電網電流負載電源需求 I(需求輸入))，並從渦輪機控制單元(TCU)60 接收指令(如扭矩水平)。AC 電網電壓測量與電流測量係

由方塊 50 之輸出而得，且由 GCU 用以使反相器與 AC 電網同步化。轉換器產生其所有的輸入電壓與電流訊號，並將其轉化為脈寬調變(PWM, “Pulse-width-modulated”)訊號，其告知反相器 50 中的開關何時要開啟與關閉。這些開關係經控制，以響應 TCU 所供應之電流指令而保持經調整之 AC 輸出電流。反相器輸出上的線路濾波器係用以降低反相器在將電源傳送至公用電網上之墊片固定轉換器 52 前即已產生之諧波。

如前參照之第 7,072,110 號專利所示，TCU 60 與 GCU 62 係共同運作於多重發電機系統中，當渦輪機在低於完整額定電源運作時發動發電機。當能量來源（風力、水力等）發生低能量情況時，控制器可使渦輪機中在線上排序之複數個同步發電機中的每一個發電機以低電源來增進系統效率。控制器係視需要交替控制器偏移的次序、發電機上線的順序，使得每一個發電機都接收到實質上相似的使用。

TCU 60 接收感測器輸入 58 所提供的感測器資訊，例如渦輪機速度、葉片間距角度、塔體加速度（震動）、吊艙加速度（吊艙震動）、風速、風向、風紊流、吊艙位置、AC 線路參數、DC 匯流排電壓、發電機電壓、功率輸出、以及其他故障相關感測器。TCU 60 控制渦輪機上主要致動器，經由 GCU 62、間距控制單元(PCU, “Pitch Control Unit”)66 以及葉片延伸控制單元(ECU, “Extension Control Unit”)68 控制發電機。TCU 60 對這些元件執行複雜、調和的控制功能，其藉此而使渦輪機之能量擷取達到最大、同時使機器

的機械負載達到最低。最後，TCU 60 也控制偏離角系統，其係運作以使渦輪機一直保持指向風中。TCU 60 也與渦輪機的 SCADA 系統 64 通訊，以提供及接收感測器與狀態資訊。

渦輪機控制單元(TCU)將需要的適當發電機扭矩作為訊號傳送至發電機控制單元(GCU)，此訊號係基於轉子速度與在此速度下所需之扭矩（基於查表或演算法而得）。轉換器調整扭矩指令以助於齒輪箱減幅，其係藉由使用發至絕緣閘極雙極電晶體 (IGBT, “Insulated Gate Bipolar Transistor”) 切換器之扭矩指令內的刻痕濾波器而進行。在高速風中，渦輪機經由來自 TCU 之固定扭矩指令以及送至 PCU 之固定速度指令而保持為固定平均輸出電源。

控制系統統御可變轉子半徑（經由葉片延伸/減縮）、轉子葉片的間距、以及該轉子的旋轉速率。TCU 60 藉由演算法或查表的方式來決定葉片之間距角度。葉片間距指令 70 係自 TCU 60 傳送至葉片間距控制單元(PCU)66，其產生葉片旋轉驅動訊號 D1、D2、D3，藉此通過匯流排 74 而至轉動其各別葉片之三個伺服馬達中的每一個。

TCU 60 也藉由演算法或查表的方式而決定可延伸/可減縮之葉片延伸部 44 的所需位置。延伸指令 72 是由 TCU 60 發送至葉片延伸控制單元(ECU, “Extension Control Unit”)68，其產生葉片延伸驅動訊號 E1、E2、E3，藉此通過匯流排 74 而至延伸/減縮其各別葉片延伸之三個伺服馬達中的每一個。

DC 電源與備用電源 55 從電網 52 接收 AC 電源 53，並將 AC 輸入 53 轉換為 DC 輸出 57，其提供電源至發電機控制單元 62、渦輪機控制單元 60、輸入感測器 58 與設計以 24VDC 運作之其他控制器。AC 驅動之次系統（例如泵、馬達與風扇）係由 AC 電源 59 供電。

DC 備用電源方法

由於在持續未超過 3 秒之中斷過渡期間不需要 AC 驅動泵、馬達與風扇的備用電源，因此備用電源系統係設計為只需要 DC 電源。根據本發明，所有的接觸器、次系統 (sub-system) 感測器、外部感測器 58、以及內部智慧裝置（例如渦輪機控制單元 60、發電機控制單元 62 及轉換器控制板 50）皆設計為以 24VDC 運作。藉由提供此一配置，備用電源可具有電容儲存器與其相關充電器之形式，排除了 AC 反相器與電池。

雖然渦輪機需要「中斷過渡」公用擾動達三秒，但渦輪機控制單元與其相關的感測器係需更多倍以保持其自身對於時間長度之智慧控制，其為將渦輪機葉片從運作間距角度修飾成待用或修飾之間距角度位置所需。大部分的渦輪機係呈比率為每秒 2 至 7.5 度之間距，因此所需時間為葉片運行 90 度除以 2 或 45 秒（最大值）。對於具有較高間距比率的渦輪機而言，此時間可少至 $90/7.5$ 或 12 秒。

對於大部分的應用而言，TCU 並不需要在整段時間內都保持其智慧控制，但須保持於一段將渦輪機帶離線所需之時間、或一段將葉片定在使渦輪機電源輸出為零的位置

所需之時間。在此例中，渦輪機將不再與公用電網同步化，此時間不會超過離微間距設定 30 度（間距角度）。30 除以每秒 2 度等於渦輪機控制單元備用電源所需之 15 秒最大時間間隔，而當間距率高達每秒 7.5 度時則為 4 秒。對於現有大部分應用而言，超級電容器備用能源儲存系統的設計需要其提供 4 至 45 秒之備用電源。

由於 DC 現供應電源至所有的控制組件與感測器，因而需要更可靠的電源。為實現此需求，係使用至少兩個電源（以二極體開關設），使得當其中一個故障時，並不會對風力渦輪機的運作產生顯著影響。每一個電源都是針對控制系統的完整電源需求而額定以實現此需求。

電解電容器能源儲存

當僅於整流器上為經整流之 AC 波形進行濾波與平滑而輸出時，幾乎所有的 DC 電源都應用某種類型的電容器能源儲存器。許多電源也在其 DC 電壓調節器輸出上包含能源儲存器。線性電源的電容器通常比切換電源大，但其係因較高等級之能源儲存變為顯著之需求而改變於電源工業中。

需決定 DC 電壓的最低等級而使各組件為可用，且為接近該最低等級之電壓降而設計。透過測試決定了所有的接觸器和智慧模組及感測器係適當地於其供應終端上以低達 9 至 14 VDC 執行。因此，假設 15 VDC 為適當運作所需之最低電壓，在各電容器中相對固定之放電電流與相對低之等效串聯電阻(ESR, “Equivalent Series Resistance”), 電

容器的運作可由下式表示：

$$i = C \cdot dV/dT$$

其中， i 為電流（安培）、 C 為電容值（法拉第）、 dV 為放電電壓、 dT 為放電時間；

解得 C ，

$$C = i/dV \cdot dt$$

因此，在 9 伏特的差值（24V 減 9V）、二分之一時間窗、且假設電流（原始渦輪機控制單元 ODP 擷取之電源）為固定 4 安培下，所需之總電容值為 0.44 法拉第(farads)。進一步假設此時間實際上會更大，因為系統的電流擷取將隨電壓變低。

申請人所設計及測試之 DC 儲存系統應用標準、電腦等級、電解電容器來達成這些規格，且具有 22%之餘地。第 2 圖繪示了具有習知組件之各別系統的示意圖；如圖所示，兩個 270,000 微法拉第、35 伏特之電容器係用於連接在電源二極體閘極後方，此提供了總共 0.54 法拉第。測試顯示，控制器會保持作用約達 2 至 3 秒。

將組件放置在簡單電路板上即可增加 LED 來指示每一個電源及總輸出的能力。輸出終端帶提供對外部之分配。最後，在拉進接觸器期間對於高尖峰電流之需求係由電容器本身所指定及提供，使電源之電流額定低於其尖峰值。尖峰電流或輸入浪湧電流為電裝置在第一次開啟時所汲取之最大、瞬時輸入電流。

完整的測試設定係針對每一個接觸器而連接，並測量

其尖峰電流。由於預期渦輪機控制單元會同時開啟多個接觸器，尖峰所需之總電流約為 12 安培；在測試設定中的電源係供應 4.8 安培，因為尖峰期間僅有 20 毫秒，剩餘的 7.2 安培係由 0.54 法拉第之電容器簡單供應。

超級電容器能源儲存系統（第一實施例）

設施有時指明中斷過渡時間需達 3 秒，顯然標準電解電容器無法充足儲存以達這些需求。

渦輪機控制單元(TCU)的規格顯示控制器電流之最大值 6 安培需持續最長設施中斷過渡規格的 2 至 3 倍、或達 6 至 9 秒，這需要 4 至 8 法拉第之電容值來實現這些類型之數字；取得這種儲存器的唯一方法是使用超級電容器。

與電解電容器不同的是，超級電容器僅可用於 2 至 2.5 伏特額定。

這表示在此運作下，會有 12 個串聯放置，其減少其總電容值 12。然而，50 法拉第之電容器係有現成可用者，至少有兩個製造商提供幾乎相同的部件。

新式備用電源板 24VDC 的示意圖如第 3 圖所示。DC 電源輸入(TB1)係連接以從 AC 公用電網擷取電源。每一個相位(1+ 與 2+)係連接至串聯二極體(D1、D2)這兩個二極體的輸出一起連接至 24V 輸出(TB2、TB3、TB4)。二極體 D1 的輸出連接至 12 個串聯連接的超級電容器(C1、C2、...、C12)，而二極體 D2 的輸出連接至 12 個串聯連接的超級電容器(C13、C14、...、C24)。

此種設計所能達成的總電容值為 $50/12 \times 2$ 或 8.3 法拉

第。因固定汲取之電流為 6 安培，達 15 伏特（完整充電之 24 伏特狀態減去 9 伏特之差值）之放電等級的總花費時間為：

$$dT = dV/I * C$$

或 12.54 秒。當然，這是在電容值保持為 50 法拉第、且擷取之電流保持固定的條件下，然而在實際運作期間，並非這些都會發生。

測試指出，此電容值係隨環境溫度而改變；然而，由於 TCU 外殼會被加熱，此電容量將提供合理的中斷過渡時間，使渦輪機適當停機，即使在寒冷的天氣情況期間中斷過渡會持續 3 秒。

控制器設計的另一種態樣為，擷取之電流會隨電源之電壓降而減少，電流減少量受到多種因素影響，包括渦輪機狀態、天氣情況以及在中斷過渡發生期間的外部控制功能。在此部分，測試顯示 8.3 法拉第之儲存系統可提供 TCU 12 至 20 秒的中斷過渡能力，其符合且超過為大部分應用所需之上述計算結果。

相較於第 2 圖繪示之電解電容器設計（所有組件都固定在單一電路板上），在完成時，其比電解電容器更小，但仍含有 15 倍的電容值。

參照第 4 圖，其為整體系統（包含電源(PWR1、PWR2)與第 3 圖所示之 24 伏特備用電路板）之線路圖。兩電源 PWR1 與 PWR2 係一起或(OR)連接於 24 伏特備用電路板上。第 3 圖所示之 12 個串聯連接的超級電容器(C1、C2、...、

C12)係各為 4.15 法拉第之單一超級電容器；同樣的，第 3 圖所示之 12 個串聯連接的超級電容器(C13、C14、...、C24)係各為 4.15 法拉第之單一超級電容器。

以兩個獨立的並聯電源運作需要其共享電流，而這可由調整這些電源的輸出電壓為額定電壓（在此例中為 24.5VDC） ± 0.1 伏特而輕易達成；其提供良好的電流共享方式。在以渦輪機為 Run 狀態運作期間，從各電源所汲取的電流係介於 2.0 與 3.0 安培之間，兩電源之間差異約為 100 至 150 毫安培。

在設計為系統時，任一電源(PWR1 或 PWR2)之故障都不會對運作者與渦輪機控制單元造成顯著影響。藉由觀察備用電源板上的 LED、或藉由使用簡單 DVM 來測量輸出電壓，即可確定是哪一個電源已故障。根據本發明，渦輪機中由 DC 供應電源之主要組件係連接至位在連接器 A、B、...、L 處之電源板。使用永遠由 DC 電源供應電源之控制組件（在正常運作期間與故障情況下）以及使用電源板電路中的超級電容器之組合作為備用可使本發明之系統簡單、且同時非常有效及可靠。

超級電容器能源儲存系統、7.5MW 渦輪機（第二實施例）

超級電容器的進展以及對於高電流電源和更長的貫穿時間之需求已經產生對於冗餘能源儲存系統的進化版本之需要，特別是為使用較大的數百萬瓦風力渦輪機（現已設計接近 10MW 等級）。此外，也需要較小且較輕的切換電源

來取代線性電源。

第 5 圖中繪示了此電源系統的接線圖。同樣的，渦輪機的控制系統的主要組件是由 DC 供應電源，且連接至所示之 DC 電源系統。兩個 10 安培、切換電源(PWR1、PWR2)係透過橋接整流器(BD1)而聯繫在一起，其依次饋送 52.5 法拉第之能源儲存貯槽。該能源儲存貯槽包含兩個 105 法拉第、15 伏特之超級電容器模組串聯連接，產生 52.5 法拉第。在額定電壓為 30 伏特 DC 下，其實際總電容值約為 52 法拉第，這超過了習知系統儲存量的 6 倍。此外，由於此技術的進步，這些模組的成本幾乎與第 2 圖之習知備用電路板相同。整體系統具有增加的電流效能、增加的尖峰電流效能、以及較長的中斷過渡能力，其皆在第 2 圖所示之備用系統的成本考量內。

此系統應用較新世代的超級電容器，其具有較佳的溫度效能，就容量、且採購為模組而言較為小型，各電容器間具有較佳的同化性。所選擇之模組(Nippon Chemi-Con)使用每一單元之主動同化。

這些模組中的兩者所需之覆蓋區(footprint)小於習知備用板所需之覆蓋區，其尺寸差異皆產生於垂直方向，使得其本身可以在 TCU 外殼內有更緊密之佈局。此外，切換調整器的大小也實質上小於原始 7.2 安培之線性電源。

這種新式系統使用了二極體橋接整流器來將兩個電源「OR」開設至超級電容器能源儲存系統。此橋接整流器使用四個二極體，其中兩個進行「OR 開」驅動，而另外兩個

提供反向電壓瞬變保護於各電源及接地之間、或電源的負終端之間，如第 5 圖所示。

三重冗餘、三相 AC 輸入、超級電容器備用能源儲存系統（第三實施例）

如第 6 圖所示，三個 10 安培、切換式、24 伏特 DC 電源係用以提供 24 伏特控制器分配系統之充電與運作電流。在風力渦輪機中，這些電源係從主控制單元(MCU, “Master Control Unit”)外殼內輸入 400VAC/3 相位輔助電源的三個個別相位饋以 240VAC。由於負載需求從不超過這三個個別電源中的兩個，因而此系統可在單相位故障期間、於引進設施 400VAC 線路上提供完整的電壓與電流而不中斷。只有在三相位發生故障時，備用電容器始產生作用。

此能力是透過使用如第 6 圖所示之 COTS 的三相位橋接整流器而實現。此外，使用較大的電容器進行儲存，總共產生 233 法拉第，其中針對電源輸出本身，各於 15 伏特 DC 產生共 116 法拉第。因為三個電源全部都在充電週期中並聯作用，因此總充電時間並不會像先前的 52 法拉第版本一樣多、而是運行約 60 秒，其係根據 DC 電源本身的短路電流限制特性而定。

使用三個電源可產生較高的 DC 電流輸出（達連續 20 安培）以供分配。如先前的電源，尖峰電流係整體由超級電容器所提供，且並不源於 DC 電源本身內。高效能接觸器所需之尖峰電流可由這些大超級電容器輕易處理。此外，分配係由電路斷電器(breakers)分隔，包括風力渦輪機

控制單元本身之安全系統的個別斷電器。

最後，各切換 DC 電源具有一「警示輸出」，其如圖中所示，各連接至渦輪機主機、或從屬控制器，其用於監控這些電源中每一個的健全狀態。一旦任何單一電源故障，由於此設計的冗餘本質，僅將為運作者發出一「警告」狀態，使其有時間去修復及回復為完整服務。在這段期間，系統可如常運作，且事實上這種警示一點都不會造成控制器運作的中斷。

根據本發明之冗餘超級電容器電源系統是一種能源儲存的獨特方法，其未使用傳統的不中斷電源系統，藉由使用超級電容器與 DC 電源，所有的電儲存器與控制皆可在電源中斷期間得以保持，除了 AC 負載以外。由於大部分的 AC 負載（例如電感馬達）都需要在電源中斷期間關閉，其滿足了備用電源必須使用昂貴且複雜的 AC 反相器和電池充電器之需求。

這種類型的儲存系統的優點為：

- 儲存能力是連續的，不需切換或感測來銜接儲存容量。
- 儲存容量允許大尖峰電流負載，而無須在電流有限情形中放置 DC 電源。由於超級電容器的內部阻抗比電池低，故其可提供非常高的短期電流
- 冗餘電源可連續運作，即使單一電源故障期間，也不會中斷。
- 儲存電容器的充電/放電循環週期比電池高出 1,000

倍，其運作生命長、不會產生問題。

- 不像電池，不需溫度補償來對電容器儲存系統充電。
- 使用三相方式，且僅負載三個電源中的兩個，在電源單相損失期間仍可使用完整電源電流與電壓容量。

【圖式簡單說明】

從圖式所示之實施方式，即可完整瞭解本發明及其運作模式，其中：

第 1 圖係本發明被具體實施時之可變速風力渦輪機之方塊圖；

第 2 圖為習知儲存系統之電路圖，其使用標準、電腦等級、電解電容器；

第 3 圖為本發明之儲存系統之第一具體實施例的電路圖；

第 4 圖係本發明被具體實施時之整體儲存系統的電路圖；以及

第 5 圖係本發明之儲存系統之第二實施例的電路圖；

第 6 圖係本發明之儲存系統之第三實施例的電路圖。

【主要元件符號說明】

40	轉子輪轂固定間距伺服系統
42	轉子葉片（根葉片）
44	轉子葉片（延伸器葉片）

46	渦輪機主軸桿
48	齒輪箱與永磁發電機
50	方塊
50	轉換器控制板
50	發電機整流器，反相器單元及線路濾波器
52	墊片固定轉換器
53	AC 電源
54	渦輪機速度
55	DC 電源與備用電源
56	軸桿速度
57	DC 輸出
58	感測器輸入
58	外部感測器
59	AC 電源
60	渦輪機控制單元
62	發電機控制單元
64	SCADA 系統（介面）
68	葉片延伸控制單元
70	葉片間距指令
72	葉片延伸指令
74	葉片驅動訊號匯流排
D1、D2	二極體
C1-C24	超級電容器
PWR1、PWR2	電源

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： 98141557

※申請日： 98.12.4 ※IPC 分類： H02J 9/04 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

風力渦輪機轉換及控制系統之冗餘超級電容器備用電源 / A

REDUNDANT, SUPERCAPACITOR, BACK-UP POWER SUPPLY FOR
WIND TURBINE CONVERSION AND CONTROL SYSTEMS

二、中文發明摘要：

一種用於風力渦輪機控制之備用電源是由直流電流(DC, “Direct Current”)供應電源。該電源包含一第一電源，其係為該等控制單元的完整電源需求而額定；一第二電源，其係為該等控制單元的完整電源需求而額定；以及一或(OR)連接，其位於超級電容儲存器以及該第一電源與該第二電源之間。該或連接為雙重式二極體或閘或四重式二極體。

三、英文發明摘要：

A back-up power supply for use with wind turbine controls powered by direct current (DC). The power supply comprises a first power supply rated for the full power requirements of said controls, a second power supply rated for the full power requirements of said controls and an OR connection between a load and said first power supply and said second power supply. The OR connection is either a diode OR-gate or a bridge rectifier.

七、申請專利範圍：

1. 一種流體渦輪機之控制系統，其包括複數個控制單元，其中至少一控制單元係藉由直流電流(DC)專門地提供電源，該控制系統具有一備用電源，其包括：

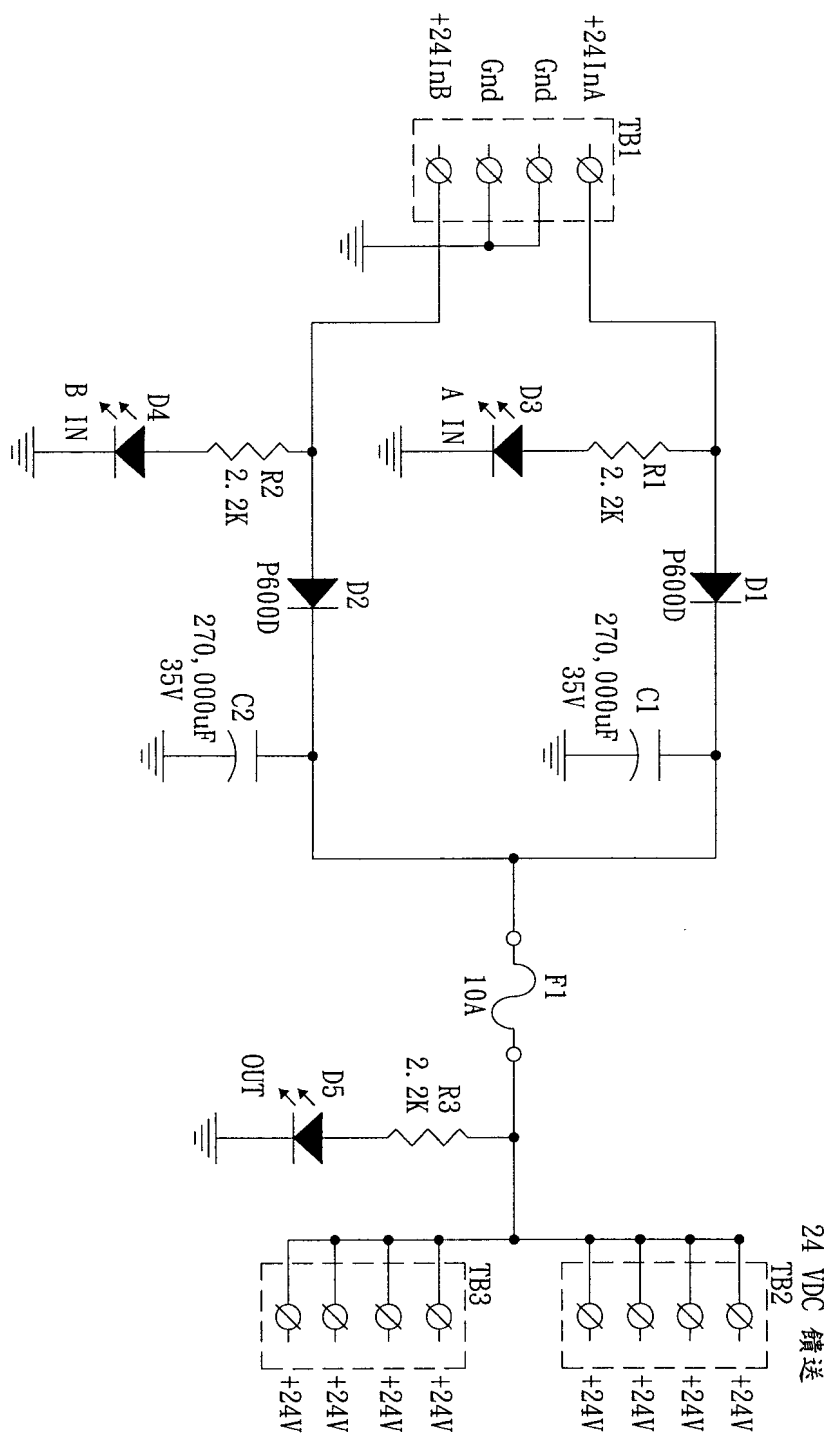
一第一電源，其藉由交流(AC)電源提供電力並供應DC電源至該控制單元，該第一電源係為該控制單元的完整電源需求而額定；

一第二電源，其藉由AC電源提供電力並供應DC電源至該控制單元，該第一電源係為該控制單元的完整電源需求而額定；

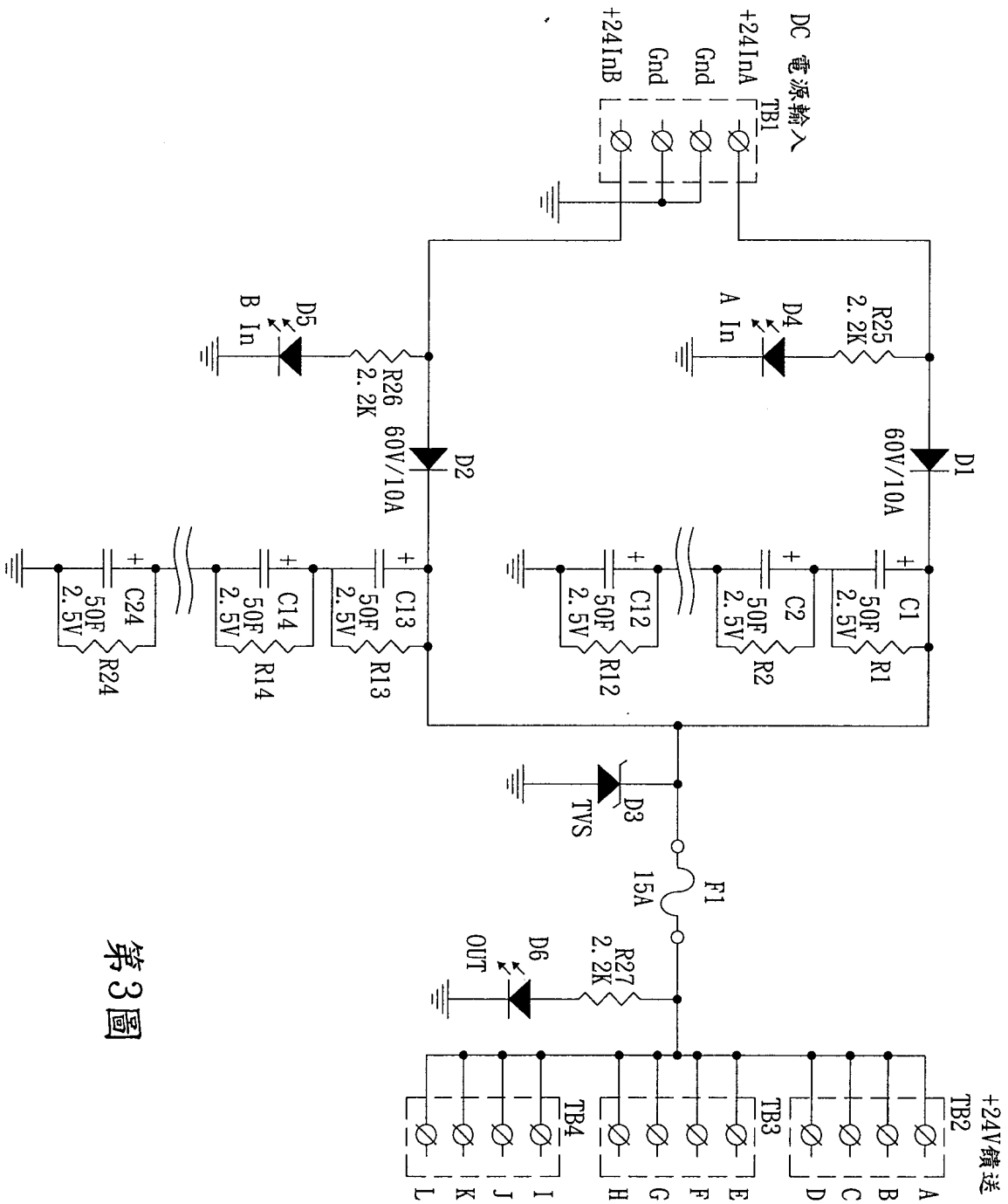
一超級電容儲存器，其尺寸係設計以儲存一預定時段中該控制單元所消耗之全部電源；以及

一或(OR)連接，其位於該超級電容儲存器以及該第一電源與該第二電源之間。

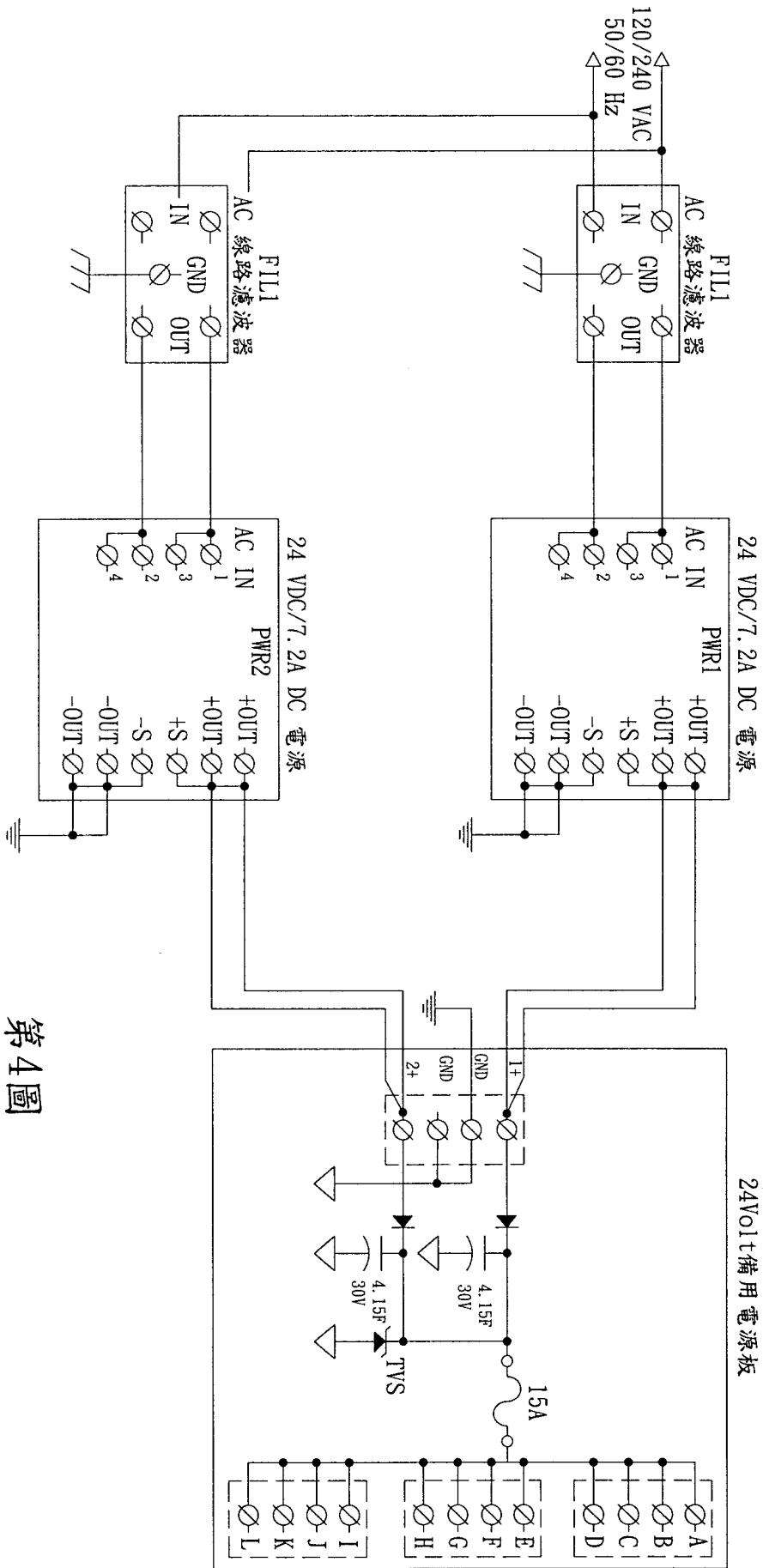
2. 如申請專利範圍第1項所述之控制系統，其中該或連接係一或閘二極體。
3. 如申請專利範圍第1項所述之控制系統，其中該或連接係一橋接式整流器。
4. 如前述申請專利範圍中任一項所述之控制系統，其中該控制單元係一發電機控制單元或一渦輪機控制單元。



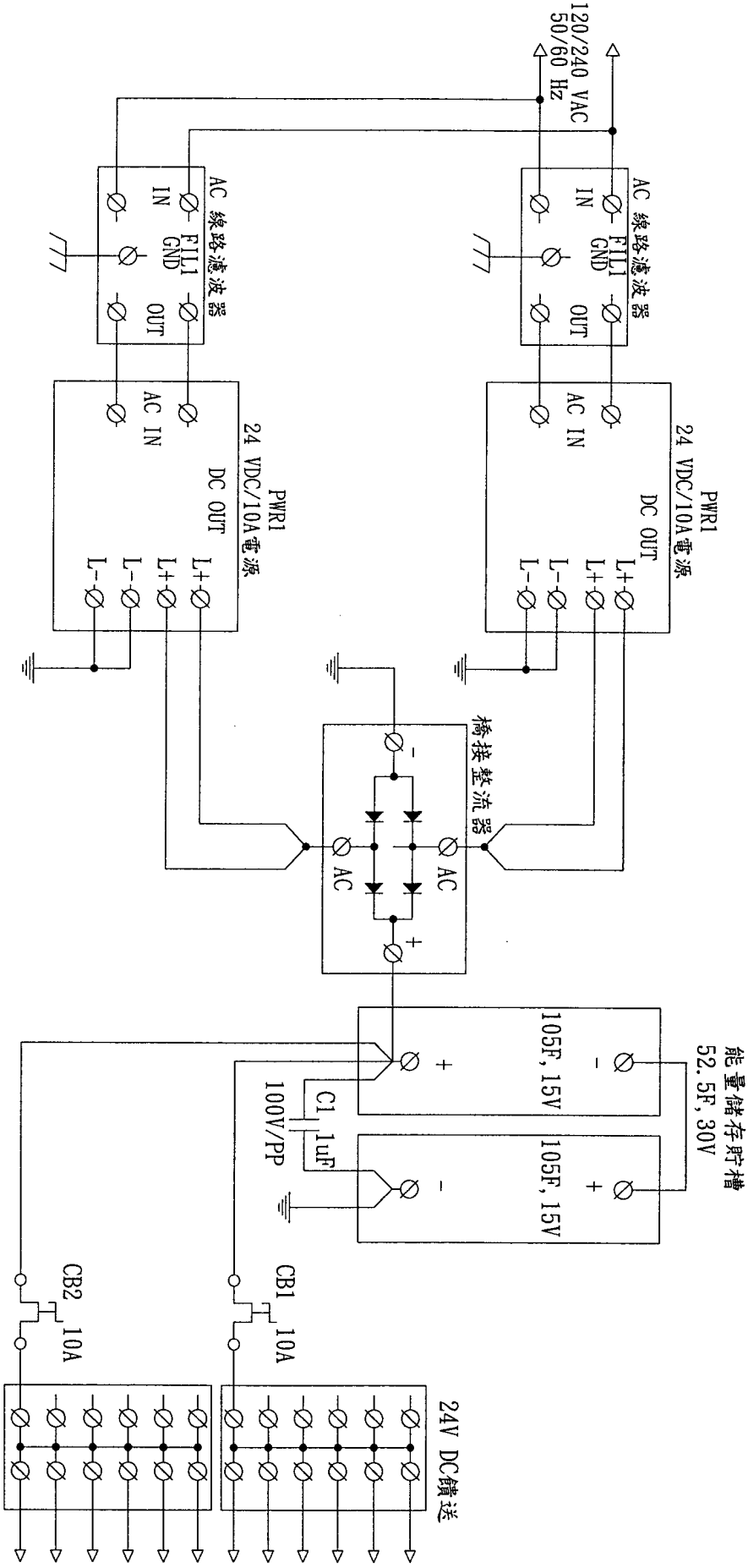
第2圖



第3圖

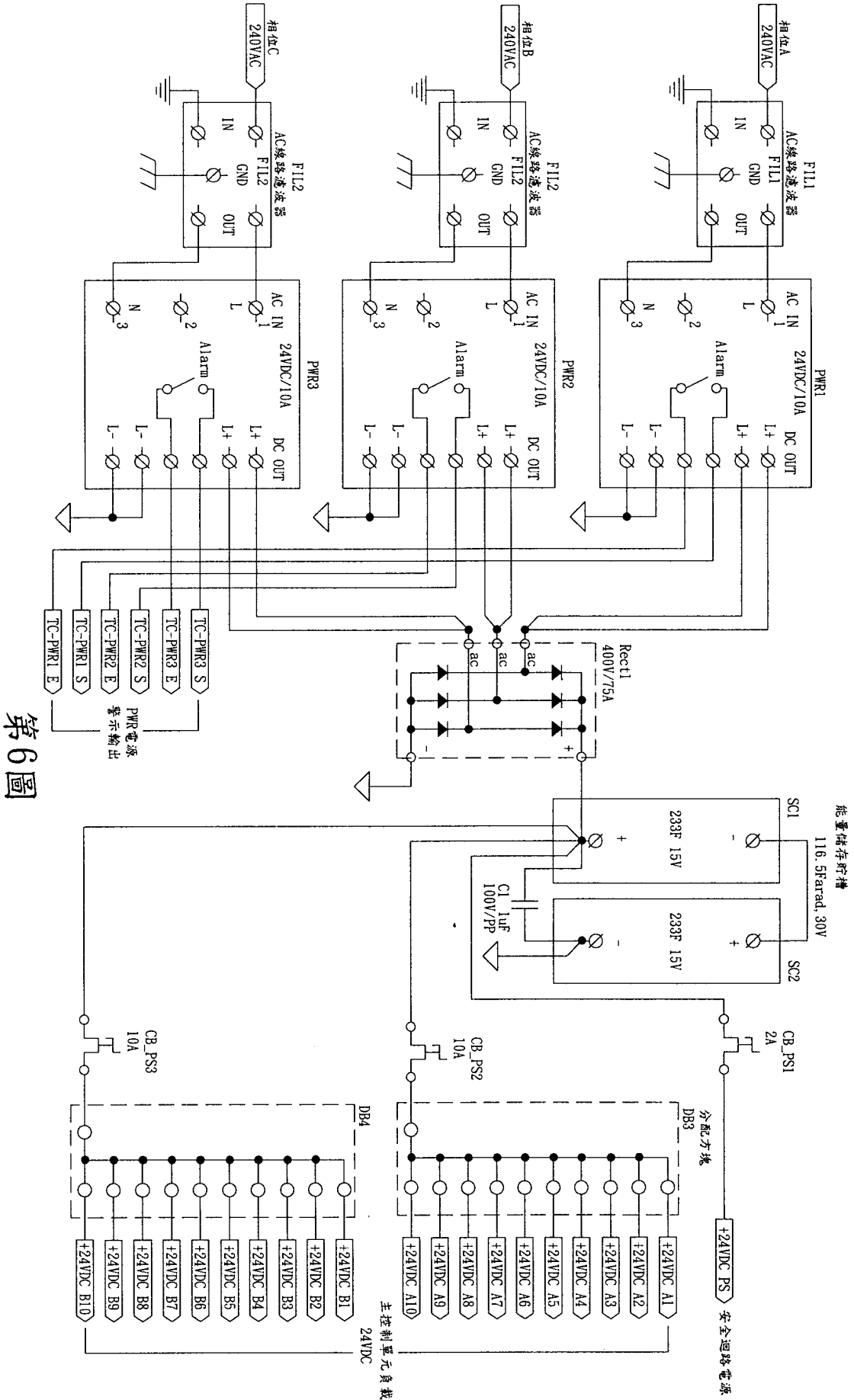


第4圖



第5圖

9



第6圖

四、指定代表圖：

(一) 本案指定代表圖為：第 (1) 圖。

(二) 本代表圖之元件符號簡單說明：

- 40 轉子輪殼固定間距伺服系統
- 42 轉子葉片 (根葉片)
- 44 轉子葉片 (延伸器葉片)
- 46 渦輪機主軸桿
- 48 齒輪箱及永磁發電機
- 50 發電機整流器，反相器單元及線路濾波器
- 52 墊片固定轉換器
- 53 AC 電源
- 54 渦輪機速度
- 55 DC 電源與備用電源
- 56 軸桿速度
- 57 DC 輸出
- 58 感測器輸入
- 59 AC 電源
- 60 渦輪機控制單元
- 62 發電機控制單元
- 64 SCADA 介面 (系統)
- 68 葉片延伸控制單元
- 70 葉片間距指令
- 72 葉片延伸指令
- 74 葉片驅動訊號匯流排

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

由方塊 50 之輸出而得，且由 GCU 用以使反相器與 AC 電網同步化。轉換器產生其所有的輸入電壓與電流訊號，並將其轉化為脈寬調變(PWM, “Pulse-width-modulated”)訊號，其告知反相器 50 中的開關何時要開啟與關閉。這些開關係經控制，以響應 TCU 所供應之電流指令而保持經調整之 AC 輸出電流。反相器輸出上的線路濾波器係用以降低反相器在將電源傳送至公用電網上之墊片固定轉換器 52 前即已產生之諧波。

如前參照之第 7,7042,110 號專利所示，TCU 60 與 GCU 62 係共同運作於多重發電機系統中，當渦輪機在低於完整額定電源運作時發動發電機。當能量來源（風力、水力等）發生低能量情況時，控制器可使渦輪機中在線上排序之複數個同步發電機中的每一個發電機以低電源來增進系統效率。控制器係視需要交替控制器偏移的次序、發電機上線的順序，使得每一個發電機都接收到實質上相似的使用。

TCU 60 接收感測器輸入 58 所提供的感測器資訊，例如渦輪機速度、葉片間距角度、塔體加速度（震動）、吊艙加速度（吊艙震動）、風速、風向、風紊流、吊艙位置、AC 線路參數、DC 匯流排電壓、發電機電壓、功率輸出、以及其他故障相關感測器。TCU 60 控制渦輪機上主要致動器，經由 GCU 62、間距控制單元(PCU, “Pitch Control Unit”)66 以及葉片延伸控制單元(ECU, “Extension Control Unit”)68 控制發電機。TCU 60 對這些元件執行複雜、調和的控制功能，其藉此而使渦輪機之能量擷取達到最大、同時使機器

的機械負載達到最低。最後，TCU 60 也控制偏離角系統，其係運作以使渦輪機一直保持指向風中。TCU 60 也與渦輪機的 SCADA 系統 64 通訊，以提供及接收感測器與狀態資訊。

渦輪機控制單元(TCU)將需要的適當發電機扭矩作為訊號傳送至發電機控制單元(GCU)，此訊號係基於轉子速度與在此速度下所需之扭矩（基於查表或演算法而得）。轉換器調整扭矩指令以助於齒輪箱減幅，其係藉由使用發至絕緣閘極雙極電晶體 (IGBT, “Insulated Gate Bipolar Transistor”) 切換器之扭矩指令內的刻痕濾波器而進行。在高速風中，渦輪機經由來自 TCU 之固定扭矩指令以及送至 PCU 之固定速度指令而保持為固定平均輸出電源。

控制系統統御可變轉子半徑（經由葉片延伸/減縮）、轉子葉片的間距、以及該轉子的旋轉速率。TCU 60 藉由演算法或查表的方式來決定葉片之間距角度。葉片間距指令 70 係自 TCU 60 傳送至葉片間距控制單元(PCU)66，其產生葉片旋轉驅動訊號 D1、D2、D3，藉此通過匯流排 74 而至轉動其各別葉片之三個伺服馬達中的每一個。

TCU 60 也藉由演算法或查表的方式而決定可延伸/可減縮之葉片延伸部 44 的所需位置。延伸指令 72 是由 TCU 60 發送至葉片延伸控制單元(ECU, “Extension Control Unit”)68，其產生葉片延伸驅動訊號 E1、E2、E3，藉此通過匯流排 74 而至延伸/減縮其各別葉片延伸之三個伺服馬達中的每一個。

控制單元本身之安全系統的個別斷電器。

最後，各切換 DC 電源具有一「警示輸出」，其如圖中所示，各連接至渦輪機主機、或從屬控制器，其用於監控這些電源中每一個的健全狀態。一旦任何單一電源故障，由於此設計的冗餘本質，僅將為運作者發出一「警告」狀態，使其有時間去修復及回復為完整服務。在這段期間，系統可如常運作，且事實上這種警示一點都不會造成控制器運作的中斷。

根據本發明之冗餘超級電容器電源系統是一種能源儲存的獨特方法，其未使用傳統的不中斷電源系統，藉由使用超級電容器與 DC 電源，所有的電儲存器與控制皆可在電源中斷期間得以保持，除了 AC 負載以外。由於大部分的 AC 負載（例如電感馬達）都需要在電源中斷期間關閉，其滿足了備用電源必須使用昂貴且複雜的 AC 反相器和電池充電器之需求。

這種類型的儲存系統的優點為：

- 儲存能力是連續的，不需切換或感測來銜接儲存容量。
- 儲存容量允許大尖峰電流負載，而無須在電流有限情形中放置 DC 電源。由於超級電容器的內部阻抗比電池低，故其可提供非常高的短期電流
- 冗餘電源可連續運作，即使單一電源故障期間，也不會中斷。
- 儲存電容器的充電/放電循環週期比電池高出 1,000

倍，其運作生命長、不會產生問題。

- 不像電池，不需溫度補償來對電容器儲存系統充電。
- 使用三相方式，且僅負載三個電源中的兩個，在電源單相損失期間仍可使用完整電源電流與電壓容量。

【圖式簡單說明】

從圖式所示之實施方式，即可完整瞭解本發明及其運作模式，其中：

第 1 圖係本發明被具體實施時之可變速風力渦輪機之方塊圖；

第 2 圖為習知儲存系統之電路圖，其使用標準、電腦等級、電解電容器；

第 3 圖為本發明之儲存系統之第一具體實施例的電路圖；

第 4 圖係本發明被具體實施時之整體儲存系統的電路圖；以及

第 5 圖係本發明結合儲存系統之第二實施例的電路圖；

第 6 圖係本發明結合儲存系統之第三實施例的電路圖。

【主要元件符號說明】

- | | |
|----|--------------|
| 40 | 轉子輪轂固定間距伺服系統 |
| 42 | 轉子葉片（根葉片） |
| 44 | 轉子葉片（延伸器葉片） |

46	渦輪機主軸桿
48	齒輪箱與永磁發電機
50	方塊
50	轉換器控制板
50	發電機整流器，反相器單元及線路濾波器
52	墊片固定轉換器
53	AC 電源
54	渦輪機速度
55	DC 電源與備用電源
56	軸桿速度
57	DC 輸出
58	感測器輸入
58	外部感測器
59	AC 電源
60	渦輪機控制單元
62	發電機控制單元
64	SCADA 系統（介面）
68	葉片延伸控制單元
70	葉片間距指令
72	葉片延伸指令
74	葉片驅動訊號匯流排
D1、D2	二極體
C1-C24	超級電容器
PWR1、PWR2	電源

七、申請專利範圍：

1. 一種流體渦輪機之控制系統，其包括複數個控制單元，其中至少一控制單元係藉由直流電流(DC)專門地提供電源，該控制系統具有一備用電源，其包括：

一第一電源，其藉由交流(AC)電源提供電力並供應 DC 電源至該控制單元，該第一電源係為該控制單元的完整電源需求而額定；

一第二電源，其藉由 AC 電源提供電力並供應 DC 電源至該控制單元，該第二電源係為該控制單元的完整電源需求而額定；

一超級電容儲存器，其尺寸係設計以儲存一預定時段中該控制單元所消耗之全部電源；以及

一或(OR)連接，其位於該超級電容儲存器以及該第一電源與該第二電源之間。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之控制系統，其中該或連接係一或閘二極體。
3. 如申請專利範圍第 1 項所述之控制系統，其中該或連接係一橋接式整流器。
4. 如前述申請專利範圍中任一項所述之控制系統，其中該控制單元係一發電機控制單元或一渦輪機控制單元。