



(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 I774142 B

(45)公告日：中華民國 111 (2022) 年 08 月 11 日

(21)申請案號：109141889

(22)申請日：中華民國 109 (2020) 年 11 月 27 日

(51)Int. Cl. : H02M7/42 (2006.01)

H02J7/34 (2006.01)

(30)優先權：2020/01/10 中國大陸

202010025244.0

(71)申請人：大陸商台達電子企業管理（上海）有限公司（中國大陸）DELTA ELECTRONICS (SHANGHAI) CO.,LTD. (CN)

中國大陸

(72)發明人：董明軒 DONG, MING-XUAN (CN)；王長永 WANG, CHANG-YONG (CN)；邱愛斌 QIU, AI-BIN (CN)

(74)代理人：李秋成；曾國軒

(56)參考文獻：

TW 201117513A

TW 201914145A

CN 203368044U

CN 207910471U

JP S5749332A

審查人員：張嘉德

申請專利範圍項數：19 項 圖式數：11 共 42 頁

(54)名稱

交流負荷供電系統和方法

(57)摘要

本案提供一種交流負荷供電系統和方法，該系統包括：供電裝置以及 DC/AC 轉換器；所述 DC/AC 轉換器的交流側通過一交流總線耦接至交流電網及交流負荷；所述供電裝置輸出直流電能，經由一直流總線耦接至所述 DC/AC 轉換器的直流側；其中，所述供電裝置包括儲能模組和控制器；所述儲能模組至少包括第一儲能單元與第二儲能單元，所述控制器被配置為控制所述第一儲能單元的轉換操作以輸出低頻功率至所述直流總線，所述控制器被配置為控制所述第二儲能單元的轉換操作以輸出高頻功率至所述直流總線。

The present disclosure provides an AC load power supply system and method. The system includes a power supply device and a DC/AC converter. An AC side of the DC/AC converter is coupled to an AC power grid and an AC load through an AC bus. The power supply device outputs DC power coupled to a DC side of the DC/AC converter through a DC bus. The power supply device includes an energy storage module and a controller. The energy storage module includes at least a first energy storage unit and a second energy storage unit. The controller is configured to control a conversion operation of the first energy storage unit to output a low frequency power to the DC bus. The controller is further configured to control a conversion operation of the second energy storage unit to output high-frequency power to the DC bus.

指定代表圖：

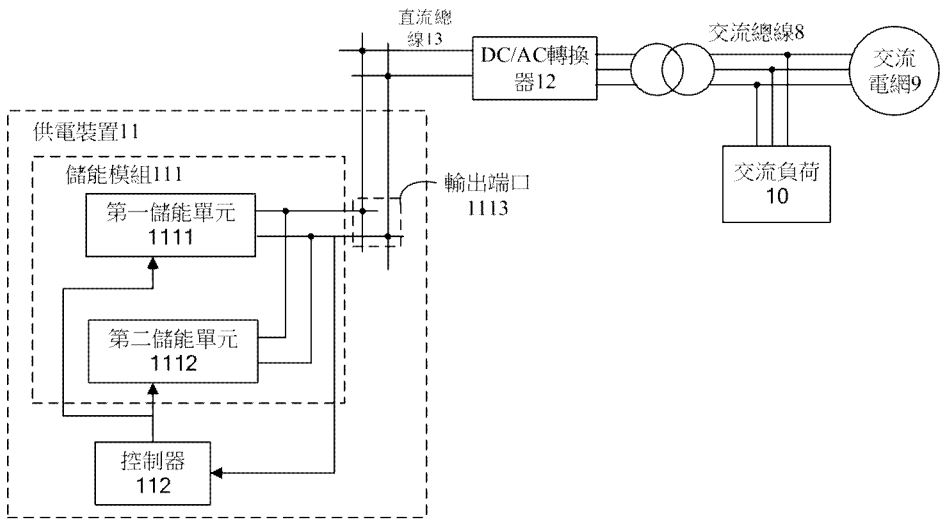


圖 1

符號簡單說明：

- 8: 交流總線
- 9: 交流電網
- 10: 交流負荷
- 11: 供電裝置
- 111: 儲能模組
- 1111: 第一儲能單元
- 1112: 第二儲能單元
- 1113: 輸出端口
- 112: 控制器
- 12: DC/AC 轉換器
- 13: 直流總線



I774142

【發明摘要】

【中文發明名稱】 交流負荷供電系統和方法

【英文發明名稱】 AC LOAD POWER SUPPLY SYSTEM AND METHOD

【中文】

本案提供一種交流負荷供電系統和方法，該系統包括：供電裝置以及DC/AC轉換器；所述DC/AC轉換器的交流側通過一交流總線耦接至交流電網及交流負荷；所述供電裝置輸出直流電能，經由一直流總線耦接至所述DC/AC轉換器的直流側；其中，所述供電裝置包括儲能模組和控制器；所述儲能模組至少包括第一儲能單元與第二儲能單元，所述控制器被配置為控制所述第一儲能單元的轉換操作以輸出低頻功率至所述直流總線，所述控制器被配置為控制所述第二儲能單元的轉換操作以輸出高頻功率至所述直流總線。

【英文】

The present disclosure provides an AC load power supply system and method. The system includes a power supply device and a DC/AC converter. An AC side of the DC/AC converter is coupled to an AC power grid and an AC load through an AC bus. The power supply device outputs DC power coupled to a DC side of the DC/AC converter through a DC bus. The power supply device includes an energy storage module and a controller. The energy storage module includes at least a first energy storage unit and a second energy storage unit. The controller is configured to control a conversion operation of the first energy storage unit to output a low frequency power to the DC bus. The controller is further configured to control a conversion operation of the second energy storage unit to output high-frequency power to the DC bus.

【指定代表圖】 第1圖

【代表圖之符號簡單說明】

8：交流總線

9：交流電網

10：交流負荷

11：供電裝置

111：儲能模組

1111：第一儲能單元

1112：第二儲能單元

1113：輸出端口

112：控制器

12：DC/AC轉換器

13：直流總線

【發明說明書】

【中文發明名稱】 交流負荷供電系統和方法

【英文發明名稱】 AC LOAD POWER SUPPLY SYSTEM AND METHOD

【技術領域】

【0001】 本案涉及供配電領域，尤其涉及一種交流負荷供電系統和方法。

【先前技術】

【0002】 為緩解供電壓力，由光伏、風力發電、儲能裝置等組成的直流微網系統逐漸受到重視。考慮到負荷波動的隨機性，以及光伏、風力發電等可再生能源具有間歇性、分佈式的特點，給直流微網的穩定帶來了巨大挑戰，而儲能裝置在保證能量平衡、電能質量及系統穩定運行上承擔了重要角色。

【0003】 大功率交流負荷，如電動汽車充電站、交流異步機，所需要的電能分為長期穩態電能和瞬間動態電能，單一的儲能裝置同時處理高頻驟變負荷需求和低頻長期負荷需求，會犧牲電池性能，增加電池成本。

【0004】 在電網容量有限或電網故障時，大功率交流負荷要求電能供應無縫切換，而目前採用外接不斷電供應系統（Uninterruptible Power System，UPS）方式，無法實現無縫切換，造成負荷斷電。

【發明內容】

【0005】 本案實施例提供一種交流負荷供電系統和方法，進而至少在一定程度上克服由於現有技術的限制和缺陷而導致的一個或者多個問題。

【0006】 本案的其他特性和優點將通過下面的詳細描述變得顯然，或部分地通過本案的實踐而習得。

【0007】 根據本案實施例的第一方面，提出一種交流負荷供電系統，該系統包括：供電裝置以及DC/AC轉換器；所述DC/AC轉換器的交流側通過一交流總線耦接至交流電網及交流負荷；所述供電裝置輸出直流電能，經由一直流總線耦接至所述DC/AC轉換器的直流側；其中，所述供電裝置包括儲能模組和控制器；所述儲能模組至少包括第一儲能單元與第二儲能單元，所述控制器被配置為控制所述第一儲能單元的轉換操作以輸出低頻功率至所述直流總線，所述控制器被配置為控制所述第二儲能單元的轉換操作以輸出高頻功率至所述直流總線。

【0008】 在本案的一種示例性實施例中，所述控制器被配置為控制所述第一儲能單元運行在電流源模式輸出所述低頻功率；所述控制器被配置為控制所述第二儲能單元運行在電壓源模式輸出所述高頻功率。

【0009】 在本案的一種示例性實施例中，所述第一儲能單元包括低功率密度儲能元件和第一DC/DC轉換器，所述控制器被配置為控制所述第一DC/DC轉換器的輸出電流。

【0010】 在本案的一種示例性實施例中，所述第二儲能單元包括高功率密度儲能元件和第二DC/DC轉換器，所述控制器被配置為控制所述第二DC/DC轉換器的輸出電壓。

【0011】 在本案的一種示例性實施例中，所述第一儲能單元或第二儲能單元包括飛輪儲能裝置和AC/DC轉換器，所述控制器被配置為控制所述AC/DC轉換器的輸出電流或輸出電壓。

【0012】 在本案的一種示例性實施例中，所述儲能模組具有一輸出端口耦接至所述直流總線，所述儲能模組包括多個儲能單元，所述多個儲能單元的輸

出端並聯後耦接至所述輸出端口，所述儲能模組總的轉換電能通過所述輸出端口傳輸至所述直流總線。

【0013】 在本案的一種示例性實施例中，所述供電裝置為一直流微網系統，所述直流微網系統包括光伏發電模組、風力發電模組和柴油發電機中的一種或多種。

【0014】 在本案的一種示例性實施例中，所述控制器包括：計算單元，用於根據所述直流總線的電壓信號和所述儲能模組的電流信號計算所述儲能模組的輸出功率；功率提取單元，耦接於所述計算單元，提取所述輸出功率中的低頻分量；電流源控制單元，耦接於所述功率提取單元，用於根據所述低頻分量調節所述第一儲能單元的輸出功率；電壓源控制單元，用於根據所述直流總線的電壓參考值調節所述第二儲能單元的輸出電壓以穩定所述直流總線的電壓，同時所述第二儲能單元自動輸出所述高頻功率。

【0015】 在本案的一種示例性實施例中，所述第一儲能單元包括低功率密度電池，所述第二儲能單元包括高功率密度電池，所述高功率密度電池的荷電狀態為第一荷電狀態，所述低功率密度電池的荷電狀態為第二荷電狀態；所述計算單元用於計算所述高功率密度電池的第一荷電狀態；以及所述低功率密度電池的第二荷電狀態。

【0016】 在本案的一種示例性實施例中，所述功率提取單元包括：第一計算模組，用於根據所述輸出功率計算其平均功率變化率；濾波模組，用於當所述平均功率變化率大於功率波動閾值時，對所述輸出功率進行濾波，以獲得所述輸出功率中的所述低頻分量。

【0017】 在本案的一種示例性實施例中，所述功率提取單元更包括：第二計算模組，用於根據所述第一荷電狀態和所述第二荷電狀態分別計算獲得第一充放電平衡度和第二充放電平衡度；第一調整模組，用於根據所述第二充放電

平衡度、所述輸出功率及所述平均功率變化率確定窗口函數並發送至所述濾波模組，以根據所述窗口函數調整所述濾波模組的窗口寬度及窗口形狀；第二調整模組，用於根據所述第一充放電平衡度調整所述濾波模組的截止頻率，計算所述截止頻率在時域下的響應函數並發送至所述濾波模組。

【0018】 在本案的一種示例性實施例中，所述濾波模組根據所述窗口函數、所述響應函數及所述輸出功率，計算濾波函數，以根據所述濾波函數提取所述低頻分量。

【0019】 在本案的一種示例性實施例中，當所述平均功率變化率小於等於功率波動閾值時，所述輸出功率為所述低頻分量，輸出至所述電流源控制單元。

【0020】 在本案的一種示例性實施例中，所述交流負荷為交流異步電機，所述第二儲能單元用於提供所述交流異步電機啟動時的功率，所述第一儲能單元用於提供所述交流異步電機穩定運行時的功率。

【0021】 在本案的一種示例性實施例中，所述交流負荷為電動汽車充電站。

【0022】 根據本案實施例的第二方面，提出一種交流負荷供電方法，用於交流負荷供電系統，所述交流負荷供電系統包括供電裝置以及DC/AC轉換器，所述DC/AC轉換器的交流側通過一交流總線耦接至交流電網及交流負荷；所述供電裝置輸出直流電能，經由一直流總線耦接至所述DC/AC轉換器的直流側；其中，所述供電裝置包括儲能模組和控制器；所述儲能模組至少包括第一儲能單元與第二儲能單元，所述控制器被配置為控制所述第一儲能單元的轉換操作以輸出低頻功率至所述直流總線，所述控制器被配置為控制所述第二儲能單元的轉換操作以輸出高頻功率至所述直流總線，其特徵在於，所述供電方法包括：

【0023】 步驟1，採集所述直流總線的電壓和儲能模組的輸出電流以計算所述儲能模組的輸出功率；

【0024】步驟2，對所述輸出功率進行提取獲得低頻分量；

【0025】步驟3，根據所述低頻分量調節所述第一儲能單元的輸出功率，使其輸出所述交流負荷所需的低頻分量；

【0026】步驟4，根據所述直流總線的電壓參考值調節所述第二儲能單元的輸出電壓以穩定所述直流總線的電壓，使其輸出所述交流負荷所需的高頻功率。

【0027】在本案的一種示例性實施例中，其中所述第一儲能單元包括低功率密度電池，所述第二儲能單元包括高功率密度電池，所述高功率密度電池的荷電狀態為第一荷電狀態，所述低功率密度電池的荷電狀態為第二荷電狀態，所述方法更包括：計算第一荷電狀態以及第二荷電狀態。

【0028】在本案的一種示例性實施例中，所述步驟2包括：

【0029】步驟21，根據所述輸出功率計算其平均功率變化率；

【0030】當所述平均功率變化率大於功率波動閾值時，對所述輸出功率進行濾波，以獲得所述輸出功率中的低頻分量，當所述平均功率變化率小於等於功率波動閾值時，所述輸出功率即為所述低頻分量。

【0031】在本案的一種示例性實施例中，所述步驟2更包括：

【0032】步驟22，根據所述第一荷電狀態和所述第二荷電狀態分別計算第一充放電平衡度和第二充放電平衡度；

【0033】步驟23，根據所述第二充放電平衡度、所述輸出功率及所述功率變化率確定窗口函數，以根據所述窗口函數調整所述濾波模組的窗口寬度及窗口形狀；

【0034】步驟24，根據所述第一充放電平衡度調整預設的截止頻率以獲得最終的截止頻率，計算最終的截止頻率在時域下的響應函數；

【0035】 步驟25，根據所述窗口函數、所述響應函數及所述輸出功率，計算濾波函數，根據所述濾波函數提取所述低頻分量。

【0036】 本案提供的交流負荷供電系統和方法，採用分頻控制機制，例如低功率密度儲能單元運行在電流源模式，提供低頻功率；高功率密度儲能單元運行在電壓源模式，自動提供高頻功率，即自動提供功率差額。供電系統可運行在並網模式，同時為電網和交流負荷供電，此時DC/AC轉換器可運行在交流電流源或虛擬同步機；供電系統還可以作為後備電源，運行於離網模式單獨為交流負荷供電，此時DC/AC轉換器可運行在交流電壓源或虛擬同步機，本案的交流負荷供電系統可實現並離網的無縫切換。當交流負荷為充電站時，本案的交流負荷供電系統能夠在不改變現有充電站結構的基礎上實現對充電站的並網和離網供電。

【0037】 於一些實施例中，根據直流總線的電壓和儲能模組的輸出電流確定其輸出功率，能夠不依賴通訊獲取供電系統其他節點和交流負荷的功率信號。

【0038】 於一些實施例中，根據高功率密度儲能元件的荷電狀態、低功率密度儲能元件的荷電狀態及儲能模組的輸出功率自適應地調整濾波模組的參數，能夠及時準確地檢測到混合儲能模組需要輸出的低頻分量，保證混合儲能模組在滿足控制效果的前提下盡可能長的工作時間，避免因電池過充或過放造成系統停止運行。

【0039】 應當理解的是，以上的一般描述和後文的細節描述僅是示例性的，並不能限制本案。

【圖式簡單說明】

【0040】

圖1示出根據本發明一示例實施方式的一種交流負荷供電系統的示意圖。

圖2示出根據本發明另一示例實施方式的一種交流負荷供電系統的示意圖。

圖3A和圖3B分別示出根據本案又一示例實施方式的交流負荷供電系統的示意圖。

圖4示出圖1中的交流負荷供電系統的電路示意圖。

圖5示出圖4中的電流源控制單元1123的控制框圖。

圖6示出圖4中的電壓源控制單元1124的控制框圖。

圖7是根據本案一示例實施方式的功率提取單元的示意圖。

圖8示出根據本發明一示例實施方式中交流負荷為電動汽車充電站的示意圖。

圖9示出根據本發明一示例實施方式中交流負荷為交流異步電機的示意圖。

圖10示出根據本發明一示例實施方式的交流負荷供電方法的流程圖。

圖11示出根據圖10中步驟2在一示例實施方式中的流程圖。

【實施方式】

【0041】 現在將參考圖式更全面地描述示例實施例。然而，示例實施例能夠以多種形式實施，且不應被理解為限於在此闡述的實施例；相反，提供這些實施例使得本發明將全面和完整，並將示例實施例的構思全面地傳達給所屬技術領域中具有通常知識者。在圖中相同的元件符號表示相同或類似的部分，因而將省略對它們的重複描述。

【0042】 所描述的特徵、結構或特性可以以任何合適的方式結合在一個或更多實施方式中。在下面的描述中，提供許多具體細節從而給出對本發明的實施方式的充分理解。然而，所屬技術領域中具有通常知識者將意識到，可以實

踐本發明的技術方案而省略特定細節中的一個或更多，或者可以採用其它的系統、組元、方法、步驟等。在其它情況下，不詳細示出或描述公知系統、方法、實現或者操作以避免模糊本發明的各方面。

【0043】圖式僅為本發明的示意性圖解，圖中相同的元件符號表示相同或類似的部分，因而將省略對它們的重複描述。圖式中所示的一些方框圖不一定必須與物理或邏輯上獨立的實體相對應。可以採用軟體形式來實現這些功能實體，或在一個或多個硬體模組或集成電路中實現這些功能實體，或在不同網路及/或處理器方法及/或微控制器方法中實現這些功能實體。

【0044】圖式中所示的流程圖僅是示例性說明，不是必須包括所有的內容和步驟，也不是必須按所描述的順序執行。例如，有的步驟還可以分解，而有的步驟可以合併或部分合併，因此實際執行的順序有可能根據實際情況改變。

【0045】圖1示出根據本發明一示例實施方式的一種交流負荷供電系統的示意圖。如圖1所示，交流負荷供電系統1包括：供電裝置11和DC/AC轉換器12。DC/AC轉換器12的交流側通過交流總線8耦接至交流電網9及交流負荷10；供電裝置11輸出直流電能，經由直流總線13耦接至DC/AC轉換器12的直流側。供電裝置11包括儲能模組111和控制器112，其中儲能模組111至少包括第一儲能單元1111和第二儲能單元1112。控制器112被配置為控制第一儲能單元1111的轉換操作以輸出低頻功率至直流總線13；控制器112被配置為控制第二儲能單元1112的轉換操作以輸出高頻功率至直流總線13。

【0046】交流負荷10所需功率包含高頻功率與低頻功率，控制器112可對交流負荷的功率信號進行分解，提取出低頻分量，並依據該低頻分量控制第一儲能單元1111提供低頻功率，以及通過控制第二儲能單元1112的輸出電壓，使第二儲能單元自動提供所需的高頻功率。

【0047】 本案的交流負荷供電系統通過交流總線同時與交流電網和交流負荷相連，當交流電網出現故障跳網或者接收調度命令轉為孤島運行時，供電系統1可實現無縫切換持續為交流負荷供電。當交流電網容量不足時無法滿足交流負荷的供電需求，供電系統1輸出能量至交流電網；或因受限於交流電網開關容量，電網無法滿足交流負荷的供電需求，供電系統1配合交流電網共同為負荷供電。因此，只需增加備用的供電系統1，無需改變原有電網的結構和配置，即可實現離網和並網供電，同時還能有效應對交流負荷供電需求的變化。

【0048】 DC/AC轉換器12接收供電裝置輸出的直流電能，並轉換成交流電能饋送到交流電網或交流負荷。優選地，DC/AC轉換器12為雙向的DC/AC轉換器，實現能量雙向流動，既可以將供電裝置輸出的電能饋送到電網，也可以轉換電網中多餘的電能，以儲存到儲能模組。在一些實施例中，DC/AC轉換器12為中央功率調節器（PCS），進行電能轉換並調節電能質量，中央PCS可採用多種控制策略，例如並網時大功率PCS可運行在交流電流源模式或對PCS進行虛擬同步機控制；離網時大功率PCS可運行在交流電壓源模式或對PCS進行虛擬同步機控制。本案中的儲能模組與功率調節器還可整合為一套完整的儲能係統，其具備高可靠度、高功率輸出與快速反應的特性，可在電網中發揮負載移轉、尖峰用電調節、需量調節的功能。

【0049】 進一步地，在DC/AC轉換器與交流電網之間設置有變壓裝置；同樣地，在DC/AC轉換器與交流負荷之間設置變壓裝置。在交流總線8上設置有交流斷路器等保護裝置，此處不再贅述。

【0050】 控制器112被配置為控制第一儲能單元1111運行在電流源模式輸出所需低頻功率。具體地，控制器112計算得到儲能模組的輸出功率 P_{ESS} 並提取輸出功率中的低頻分量 P_L ，所述低頻分量 P_L 作為指令值，控制器112根據 P_L 調節第一儲能單元1111的輸出電流，以提供所需的低頻功率。控制器112被配置為控

制第二儲能單元1112運行在電壓源模式輸出所需高頻功率。具體地，控制器112獲取直流總線13的電壓參考值 U_{ref} 作為指令值，根據 U_{ref} 調節第二儲能單元1112的輸出電壓 U_{dc} ，以穩定直流總線13的電壓，同時自動輸出所需的高頻功率。

【0051】 第一儲能單元1111包括低功率密度儲能元件和第一DC/DC轉換器，控制器112配置為控制第一DC/DC轉換器的輸出電流。第二儲能單元1112包括高功率密度儲能元件和第二DC/DC轉換器，控制器112配置為控制第二DC/DC轉換器的輸出電壓。優選地，第一DC/DC轉換器和第二DC/DC轉換器為雙向DC/DC轉換器。

【0052】 儲能元件按其出力特性可分為高功率密度和低功率密度兩大類。低功率密度儲能元件，其能量密度大，但功率密度小、響應時間長，適用於低頻出力；高功率密度儲能元件，其功率密度大、響應時間短，但能量密度小，適用於高頻出力。為了應對交流負荷功率波動，穩定直流總線電壓，儲能模組需要頻繁的吸收或發出較大功率，頻繁的大功率充放電會嚴重影響電池壽命，而單一儲能裝置很難同時滿足功率和能量兩方面的需求。本案第一儲能單元1111為低功率密度儲能單元，採用低功率密度儲能元件，第二儲能單元1112為高功率密度儲能單元，採用高功率密度儲能元件，構成混合儲能模組111，低功率密度儲能元件和高功率密度儲能元件配合出力，優勢互補，既滿足負荷功率調度曲線，又提高混合儲能模組111的動態性能，延長各儲能元件的使用壽命。

【0053】 本實施例的混合儲能模組，第一儲能單元運行在電流源模式提供低頻功率，第二儲能單元運行在電壓源模式穩定直流總線13上的電壓，同時自動提供功率缺額。相對於第一儲能單元和第二儲能單元均運行在電流源模式的方案，能更快抑制直流總線電壓波動，確保直流總線電壓穩定，動態響應好，延長儲能元件使用壽命。第一儲能單元運行電流源模式，第二儲能單元運行電壓源模式，第一儲能單元提供所需低頻功率，第二儲能單元自動提供功率差額，

輸出所需的高頻功率，因此兩者的功率給定無需分頻做差得到，高頻功率的跟蹤性能較佳。

【0054】如圖1所示，儲能模組111具有一輸出端口1113，輸出端口1113耦接至直流總線13，第一儲能單元1111和第二儲能單元1112的輸出端並聯後耦接至輸出端口1113，儲能模組111總的輸出電能通過輸出端口1113傳輸至直流總線13。

【0055】在另一些實施例中，儲能模組111包含多個儲能單元，其中多個儲能單元中的一部分包含低功率密度儲能元件，多個儲能單元中的另一部分包含高功率密度儲能元件。進一步地，包含低功率密度儲能元件的該些儲能單元提供低頻功率，該些儲能單元為第一儲能單元。類似地，包含高功率密度儲能元件的該些儲能單元提供高頻功率，該些儲能單元為第二儲能單元。控制器112採集直流總線的電壓 U_{dc} 和混合儲能模組的輸出端口1113處的電流 I_{dc} ，計算混合儲能模組的輸出功率 P_{ESS} ，也就是交流負荷所需的功率。一般而言，供電裝置和交流負荷的距離較遠，控制器依賴通訊系統獲取交流負荷所需的功率信號，導致高頻功率的跟蹤性能不佳。本案中控制器採集輸出端口1113處的直流電壓和直流電流，計算得到儲能模組的輸出功率，即交流負荷需要的功率，控制器不依賴通訊，直接獲取交流負荷的功率信號。

【0056】圖2示出根據本發明另一示例實施方式的一種交流負荷供電系統的示意圖。於本實施例中，交流負荷供電系統2與圖1所示供電系統1相似，且相同的元件標號代表相同的元件、結構與功能，於此不再贅述。於本實施例中，交流負荷供電系統2包括供電裝置21和DC/AC轉換器22。DC/AC轉換器22的交流側通過交流總線8耦接至交流電網9及交流負荷10；供電裝置21輸出直流電能，經由直流總線23耦接至DC/AC轉換器的直流側。供電裝置21包括儲能模組211和控制器212，其中儲能模組211至少包括第一儲能單元2111和第二儲能單元

2112。第一儲能單元2111包括低功率密度儲能元件，第二儲能單元2112包括高功率密度儲能元件。與第一實施例中供電系統1的不同之處在於，第一儲能單元2111或第二儲能單元2112中的任一個包括飛輪儲能裝置和AC/DC轉換器。飛輪儲能裝置連接於AC/DC轉換器的交流側，AC/DC轉換器的直流側耦接至輸出端口2113。

【0057】 飛輪儲能是一種新興的電能儲存技術，飛輪儲能裝置具有儲能密度高，功率密度大，壽命長，工作溫度範圍寬，損耗小，環保無污染和維護費用低等特點，在提高電力品質，適應負荷變化等方面具有極大優勢。飛輪儲能裝置即可用作低功率密度儲能元件，又可用作高功率密度儲能元件。如圖2所示，儲能模組211採用飛輪儲能裝置作為高功率密度儲能元件，採用蓄電池作為低功率密度儲能元件，蓄電池與飛輪儲能相互配合構成混合儲能模組211。蓄電池提供低頻功率，飛輪儲能提供高頻功率同時維持直流總線電壓穩定。

【0058】 圖3A和圖3B分別示出根據本案又一示例實施方式的交流負荷供電系統的示意圖。如圖3A所示，交流負荷供電系統3包括：供電裝置31A以及DC/AC轉換器32。供電裝置包括儲能模組311、控制器312及光伏發電模組313，其中儲能模組311至少包括第一儲能單元3111和第二儲能單元3112。本實施例中，控制器計算的輸出功率 P_{ESS} 為光伏發電模組與交流負荷的總功率。如圖3B所示，供電裝置31B包含光伏發電模組，燃氣輪機發電模組，儲能模組，通過直流總線向外輸送能量，形成直流微網系統，其中燃氣輪機發出的電能通過AC/DC變換器轉換為直流電能輸送至直流總線。

【0059】 在一些實施例中，供電裝置為直流微網，直流微網中的電源有多種形式，例如包括但不限於：光伏發電模組、風力發電模組、混合儲能模組、微型燃氣輪機或柴油發電機等。直流微網與中央PCS組成交流負荷供電系統，可運行於並網與孤島兩種模式。當交流電網發生故障時，交流負荷供電系統迅速

與交流電網脫離，獨立為交流負荷供電；當交流電網故障消失恢復正常後，交流負荷供電系統通過並網控制再次與交流電網連接，重新進入並網運行。直流微網中各微源之間協調控制，維持供電系統的功率平衡，穩定直流總線電壓。

【0060】圖4示出圖1中的交流負荷供電系統的電路示意圖。如圖4所示，第一儲能單元1111包括低功率密度儲能元件和第一DC/DC變換器，第二儲能單元1112包括高功率密度儲能元件和第二DC/DC變換器。控制器112包括計算單元1121、功率提取單元1122、電流源控制單元1123以及電壓源控制單元1124。

【0061】計算單元1121，用於根據直流總線13的電壓信號 U_{dc} 和儲能模組輸出端口1113的電流信號 I_{dc} 計算儲能模組111的輸出功率 P_{ESS} ；功率提取單元1122，耦接於計算單元1121，提取輸出功率 P_{ESS} 中的低頻分量 P_L ；電流源控制單元1123，耦接於功率提取單元1122，用於根據低頻分量 P_L 調節第一儲能單元的輸出功率；電壓源控制單元1124，根據直流總線13的電壓參考值調節第二儲能單元的輸出電壓以穩定直流總線13的電壓 U_{dc} ，同時第二儲能單元1112自動輸出高頻功率，提供功率缺額。

【0062】本實施例中，當交流負荷供電系統系統4獨立為交流負荷供電時，儲能模組111的輸出功率為交流負荷所需功率，無需依賴通訊即可獲得交流負荷10的功率信號。在一些實施例中，供電裝置11包含光伏發電模組，當交流負荷供電系統系統4獨立為交流負荷10供電時，儲能模組111的輸出功率為光伏發電模組與交流負荷10的總功率，無需分別採集光伏發電模組的電力信號和交流負荷的電力信號，不依賴通訊直接獲得交流負荷的功率信號。在另一些實施例中，交流負荷供電系統4包含多種發電模組，通過計算儲能模組的輸出功率直接獲取發電模組與交流負荷10的總功率。

【0063】根據本發明的一示例實施方式，第一儲能單元1111包括低功率密度電池，第二儲能單元1112包括高功率密度電池，計算單元1121用於計算高功

率密度電池的荷電狀態，記為第一荷電狀態SOC1；以及低功率密度電池的荷電狀態，記為第二荷電狀態SOC2。

【0064】根據本發明的一示例實施方式，電流源控制單元1123用於接收功率提取單元1122輸出的低頻分量 P_L 、低功率密度儲能元件的充放電電流 I_1 與直流總線電壓 U_{dc} ，輸出開關信號以控制第一DC/DC變換器的開關器件。電壓源控制單元1124用於接收直流總線13的電壓參考值 U_{ref} 、直流總線電壓 U_{dc} 與高功率密度儲能元件的充放電電流 I_2 ，輸出開關信號以控制第二DC/DC變換器的開關器件。

【0065】圖5示出圖4中的電流源控制單元1123的控制框圖。如圖5所示，通過第一DC/DC變換器控制低功率密度儲能元件的充放電電流，從而調整第一儲能單元的輸出功率。具體地，電流源控制單元1123接收低頻分量 P_L 作為其功率指令，除以直流總線電壓 U_{dc} 得到充放電電流的參考值 I_{1r} ，實際的充放電電流 I_1 與參考值 I_{1r} 比較後經PI調節器產生控制信號，經PWM調製後輸出驅動信號，驅動第一DC/DC變換器的開關器件，實現對低功率密度儲能元件的充放電控制，從而調節第一儲能單元的輸出功率，以提供所需低頻功率。

【0066】圖6示出圖4中的電壓源控制單元1124的控制框圖。如圖6所示，通過第二DC/DC變換器控制高功率密度儲能元件的充放電電流，從而調整第二儲能單元的輸出電壓，以穩定直流總線電壓，自動提供高頻功率。電壓源控制單元1124接收直流總線13電壓參考值 U_{ref} 作為電壓指令，實際母線電壓 U_{dc} 與參考值 U_{ref} 比較後經PI調節器產生充放電電流的參考值 I_{2r} ，實際的充放電電流 I_2 與參考值 I_{2r} 比較後經PI調節器產生控制信號，經PWM調製後輸出驅動信號，驅動第二DC/DC變換器的開關器件，實現對高功率密度儲能元件的充放電控制，以穩定直流總線電壓，自動提供功率缺額。

【0067】圖7是根據本案一示例實施方式的功率提取單元的示意圖。如圖7所示，功率提取單元包括第一計算模組，用於接收輸出功率 P_{ESS} ，並根據輸出功

率 P_{ESS} 計算時間段 t 內的平均功率變化率 F_t ；濾波模組，用於當平均功率變化率 F_t 大於功率波動閾值時，接收輸出功率 P_{ESS} 進行濾波，以獲得輸出功率 P_{ESS} 中的低頻分量 P_L ，啟動分頻控制機制。本實施例中功率波動閾值為1。其中，平均功率變化率 F_t 的計算公式如下所示：

$$\text{【0068】 } F_t = \frac{\Delta P_t}{P_n} = \frac{P_{tmax} - P_{tmin}}{P_n} \times 100\% \quad (1)$$

【0069】 其中 ΔP_t 表示時間段 t 內的功率變化，即時間段 t 內的功率最大值減去功率最小值， t 取值較小； P_n 表示額定功率。

【0070】 濾波模組通過FIR濾波算法對輸出功率 P_{ESS} 進行濾波，以獲得輸出功率 P_{ESS} 中的低頻分量 P_L 。

【0071】 根據本發明的一示例實施方式，功率提取單元包括第二計算模組，用於根據第一荷電狀態SOC1和第二荷電狀態SOC2分別計算獲得第一充放電平衡度 R_H 和第二充放電平衡度 R_L ；第一調整模組，用於根據第二充放電平衡度 R_L 、輸出功率 P_{ESS} 及平均功率變化率 F_t 確定窗口函數 $G(n)$ 並發送至濾波模組，以根據窗口函數 $G(n)$ 調整濾波模組的窗口寬度及窗口形狀；第二調整模組，用於根據第一充放電平衡度 R_H 調整濾波模組預設的截止頻率 ω_0 以獲得最終的截止頻率 ω_c ，計算最終的截止頻率 ω_c 在時域下的響應函數 $H_f(n)$ 並發送至濾波模組。其中，第二計算模組通過下式計算第一充放電平衡度 R_H ：

$$\text{【0072】 } R_H = \frac{SOC1 - \frac{SOC_{max} + SOC_{min}}{2}}{\frac{SOC_{max} - SOC_{min}}{2}} \quad (2)$$

【0073】 第二充放電平衡度 R_L 的計算方式與第一充放電平衡度 R_H 類似。根據公式(2)，充放電平衡度取值範圍為： $[-1,1]$ 。其中，充放電平衡度越接近0，說明充放電能力適中；充放電平衡度越接近-1，說明充電能力越強，放電能力越弱；充放電平衡度越接近1，說明放電能力越強，充電能力越弱。因此，充放電平衡度的期望值為0。

【0074】 其中，第一調整模組根據第二充放電平衡度 R_L 判斷低功率密度儲能元件是否接近過充過放，若是，則增大濾波模組中窗口函數 $G(n)$ 的窗口寬度。進一步地，第一調整模組可以根據下式對窗口函數 $G(n)$ 的窗口寬度 $N(t)$ 進行調整：

$$\text{【0075】 } N(t) = [2 - R(t-1)^2] \frac{F_t}{F_0} N_0 \quad (3)$$

【0076】 其中， N_0 為預設的樣本最小寬度； F_0 為預設的目標功率波動率； $R(t-1)$ 為 $t-1$ 時刻的充放電平衡度。在充電能力較弱或放電能力較弱的情景下，混合儲能係統在平滑波動時其出力均會受到限制，則需要減弱濾波效果；而功率波動大時，需要加強濾波效果。

【0077】 進一步地，濾波模組的權重調整方式如下式所示：

$$\text{【0078】 } \beta(n) = 1 - k + \frac{kn}{N(n)} \quad (4)$$

【0079】 其中， k 為權重因子，根據樣本數據選擇； k 越大表示越看重近期的輸出功率，越早的輸出功率的影響越小。

【0080】 進一步地，可根據輸出功率 P_{ESS} 調整權重 $\alpha(n)$ ，具體如下式所示：

$$\text{【0081】 } \alpha(n) = \begin{cases} 1, |P_{ESS}(n) - P_{ESS}(n-1)| \ll 0.5P_N \\ \frac{P_{ESS}(n-1)}{P_{ESS}(n)}, P_{ESS}(n) - P_{ESS}(n-1) > 0.5P_N \\ \frac{P_{ESS}(n)}{P_{ESS}(n-1)}, P_{ESS}(n) - P_{ESS}(n-1) < 0.5P_N \end{cases} \quad (5)$$

【0082】 其中， P_N 為設定值，輸出功率的離散序列中 $P_{ESS}(n)$ 與 $P_{ESS}(n-1)$ 的差值較大，表示輸出功率驟然變化很大，通過減小此拍數據的權重 $\alpha(n)$ ，使得濾波後的數據更平滑。

【0083】 第一調整模組確定窗口函數 $G(n)$ 表達式，如下所示：

$$\text{【0084】 } G(n) = \frac{\beta(n)\alpha(n)}{\sum_{n=1}^{N-1} \beta(n)} \quad (6)$$

【0085】 第二調整模組根據下式調整濾波模組的截止頻率 ω_c ：

$$\text{【0086】 } \omega_c = \begin{cases} \omega_0 + ||R_H| - (1 - D_B)|\omega_H, & |R_H| > (1 - D_B) \\ \omega_0, & (|R_H| \leq D_B \wedge [|R_H| \leq (1 - D_B)]) \\ \omega_0 - ||R_H| - D_B|\omega_H, & |R_H| \leq D_B \end{cases} \quad (7)$$

【0087】 其中， ω_0 為預設的截止頻率， D_B 為需啟動截止頻率自適應調節時，當前充放電平衡度距離 ± 1 之間的距離； ω_H 為疊加的基準頻率。

【0088】 當第一充放電平衡度 R_H 的絕對值大於 $1-D_B$ 時，說明高功率密度儲能元件接近過充或過放，需要啟動截止頻率增大計算，以減弱濾波效果，使得高功率儲能元件的出力變小；當第一充放電平衡度 R_H 的絕對值小於 D_B 時，說明高功率密度儲能元件荷電狀態適中，需要啟動截止頻率減小計算，以增強濾波效果，使得高功率儲能元件的出力變大；當第一充放電平衡度 R_H 的絕對值位於 $D_B < |R_H| \leq (1-D_B)$ 時，則維持預設截止頻率 ω_0 。

【0089】 第二調整模組根據下式獲得響應函數 $H_f(n)$ ：

$$\text{【0090】 } H_f(n) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\omega_c}^{\omega_c} H_d(\omega) e^{-j\omega n} d\omega = \frac{\sin[\omega_c(n - \frac{N-1}{2})]}{\pi(n - \frac{N-1}{2})} \quad (8)$$

【0091】 根據本發明的一示例實施方式，濾波模組根據窗口函數 $G(n)$ 、響應函數 $H_f(n)$ 及輸出功率 P_{ESS} ，計算濾波函數。其中，濾波函數的計算方式如下所示：

$$\text{【0092】 } P_{Ref} = \sum_{n=1}^{N-1} G(n) P_{ESS}(n) H_f(n) = \frac{\sum_{n=1}^{N-1} \beta(n) \alpha(n) P_{ESS}(n)}{\sum_{n=1}^{N-1} \beta(n)} H_f(n) \quad (9)$$

【0093】 根據本發明的一示例實施方式，當平均功率變化率 F_L 小於等於功率波動閾值時，輸出功率 P_{ESS} 即為低頻分量 P_L 。此時，無需啟動分頻控制機制，輸出功率 P_{ESS} 為低頻功率，輸入至電流源控制單元，用於控制低功率密度儲能元件的充放電運作。

【0094】 上述實施例中的濾波方法採用的是開環控制策略，通過濾波模組獲得的低頻分量輸入到電流源控制單元。本發明的濾波方法還可以採用閉環控制策略，通過濾波模組獲得的低頻分量 P_L ，計算 P_L 的功率波動率，若大於設定值，

調整濾波參數，例如根據 P_L 的功率波動率調整濾波參數， P_L 輸入到濾波模組進行濾波獲得新的低頻分量，直到經過濾波後獲得的低頻分量小於設定值。

【0095】 相關技術中，濾波器通常採用一階或二階數字低通濾波器對信號進行濾波實現分頻處理，具有以下缺點：基於通訊交互被分頻的功率信號；很難兼顧濾波延時和濾波衰減比，造成高頻和低頻分量耦合在一起，使得分頻效果很差，影響儲能模組的工作；以及未能合理將儲能元件的荷電狀態引入分頻方法中，導致儲能模組運作時間較短，工作模式不夠優化。本案實施例的交流負荷供電系統基於引入儲能元件荷電狀態的FIR（Finite Impulse Response）濾波器分頻方法，能夠及時準確地檢測到混合儲能系統需要輸出的低頻功率，控制低功率密度儲能單元工作，高頻功率將自動被高功率密度儲能單元處理。將混合儲能系統的荷電狀態、輸出功率的波動大小、近期輸出功率等變量引入濾波器的參數設計中，實時自適應地調整濾波器參數，優化配置，使得混合儲能模組在滿足控制效果的前提下，能夠盡可能長時間地工作，避免因電池過充或過放造成供電系統停止運行。

【0096】 圖8示出根據本發明一示例實施方式中交流負荷為電動汽車充電站的示意圖。於本實施例中，交流負荷供電系統4與圖1所示供電系統1相似，且相同的元件標號代表相同的元件、結構與功能，於此不再贅述。於本實施例中，交流負荷供電系統4包括供電裝置41和DC/AC轉換器42。DC/AC轉換器42的交流側通過交流總線8耦接至交流電網9及交流負荷10；供電裝置41輸出直流電能，經由直流總線43耦接至DC/AC轉換器的直流側。供電裝置41包括光伏發電模組、儲能模組411和控制器412，其中儲能模組411至少包括第一儲能單元4111和第二儲能單元4112。第一儲能單元4111包括低功率密度儲能元件，第二儲能單元4112包括高功率密度儲能元件。在一具體實施方式中，第一儲能單元4111或第

二儲能單元4112中的任一個也可包括飛輪儲能裝置和AC/DC轉換器。本實施例中，交流負荷10包括電動汽車充電站1至電動汽車充電站n。

【0097】一般而言，電動汽車充電站中包括每天平均穩定車流量和波動車流量，因此受充電車輛數量的影響，電動汽車充電站所需要的電能分為長期穩態電能和瞬間動態電能。當供電系統4為電動汽車充電站供電時，儲能模組需提供的功率為光伏發電模組與交流負荷功率之和，其包含低頻分量和高頻分量。其中，高頻分量由高功率密度儲能單元提供，且高功率密度儲能單元運行在電壓源模式，低頻分量由低功率密度儲能單元提供，且低功率密度儲能單元運行在電流源模式。交流供電系統4通過大功率中央PCS和交流總線掛在電網上，可以作為後備電源在交流電網故障時為電動汽車充電站供電，也可以構成能量調節系統，例如當電網容量受限時配合電網為電動汽車充電站供電。本發明的供電系統在不改變現有充電站結構的基礎上，實現對充電站的並網或離網供電，且通過DC/AC轉換器42實現並離網的無縫切換。

【0098】根據本發明的一示例實施方式，交流負荷還可為交流異步電機，如圖9所示，交流負荷10為交流異步電機。在大功率異步電機的負載應用場景中，大功率交流異步電機啟動時，需要很大的啟動電流，往往達到額定電流的6至7倍，從電網取電會受到斷路器容量、變壓器容量的限制，現有配網容量無法提供。而本實施例的交流負荷供電系統能夠在大功率異步電機啟動時提供啟動電流，例如由高功率密度儲能單元提供交流異步電機啟動時的功率，由低功率密度儲能單元提供交流異步電機穩定運行時的功率。

【0099】在一些實施例中，供電裝置為直流微網，直流微網中的電源有多種形式，例如包括但不限於：光伏發電模組、風力發電模組、混合儲能模組、微型燃氣輪機或柴油發電機等。直流微網與中央PCS組成交流負荷供電系統，連接電網時可運行在交流電流源或虛擬同步機，為電網和充電站供電，或為交流

異步電機供電；斷開電網時可運行在交流電壓源或虛擬同步機，為充電站或交流異步機供電。交流負荷供電系統與電網通過斷路器連接，一旦電網出現故障跳網或者接收調度命令轉為孤島運行，可無縫切換持續為負荷供電。

【0100】本發明的供電系統中，儲能模組需要提供的功率為發電模組（如光伏發電模組、風力發電模組等）與交流負荷的功率之和，即儲能模組具有一功率調度曲線，混合儲能模組按照該功率調度曲線出力。一般而言，功率調度曲線包含高頻功率和低頻功率，其中低頻功率對應低頻長期的負荷需求，高頻功率對應高頻驟變的負荷需求。例如，高頻功率對應交流異步電機啟動時所需的功率、交流充電站中短時接入大量充電車輛時產生的功率需求或動汽車充電站中波動的車流量；低頻功率對應交流異步電機穩定運行時的功率或電動汽車充電站所需要的長期穩態電能由電動汽車充電站中每天的平均穩定車流量決定。控制器調節高功率密度儲能單元的輸出電壓，以自動提供所需的高頻功率。控制器調節低功率密度儲能單元的輸出功率，以提供所需的低頻功率。

【0101】控制器包括功率提取單元，用於提取輸出功率 P_{ESS} 中的低頻分量，分頻方法採用引入荷電狀態的FIR濾波器實現，具有濾波衰減比大，截止頻率附近的相位延遲小的優點，濾波後的低頻分量可較為理想的實現與高頻分量的解耦，根據荷電狀態均衡地進行充放電控制，能夠延長混合儲能模組的運作時間，避免發生儲能元件過充或過放的情況。

【0102】交流負荷供電系統採用分頻控制機制，控制器控制低功率密度儲能單元運行在電流源模式，提供低頻功率；控制器控制高功率密度儲能單元運行在電壓源模式，自動提供高頻功率，即自動提供功率差額。當供電裝置僅包含儲能模組時，儲能模組的輸出功率等於交流負荷需要的功率；當供電裝置包含儲能模組和發電模組時，儲能模組的輸出功率等於交流負荷和發電模組的功率之和。

【0103】 供電裝置和DC/AC轉換器組成交流負荷供電系統，以耦接至交流總線。在並網時DC/AC轉換器可運行在交流電流源或虛擬同步機，供電系統為電網和交流負荷供電；在離網時DC/AC轉換器可運行在交流電壓源或虛擬同步機，供電系統為交流負荷供電。當交流負荷為充電站時，本案的交流負荷供電系統能夠在不改變現有充電站結構的基礎上實現對充電站的並網和離網供電。

【0104】 於一些實施方式，根據直流總線的電壓和混合儲能係統的輸出電流確定其輸出功率，能夠不依賴通訊獲取直流微網其他節點和交流負荷的功率信號。

【0105】 於一些實施方式，根據高功率密度儲能元件的荷電狀態、低功率密度儲能元件的荷電狀態及混合儲能模組的輸出功率自適應地調整濾波模組的參數，能夠及時準確地檢測到混合儲能模組需要輸出的低頻分量，保證混合儲能模組在滿足控制效果的前提下具有盡可能長的工作時間，避免因電池過充或過放造成系統停止運行。

【0106】 圖10示出根據本發明一示例實施方式的交流負荷供電方法的流程圖。如圖10所示，交流負荷供電方法用於圖1或圖4或圖8或圖9中所示的交流負荷供電系統，交流負荷供電方法至少包括步驟1至步驟4。

【0107】 步驟1，根據直流總線的電壓和儲能模組的輸出電流計算儲能模組的輸出功率 P_{ESS} 。

【0108】 步驟2，提取輸出功率 P_{ESS} 中的低頻分量 P_L 。

【0109】 步驟3，調節第一儲能單元的輸出功率，使其輸出低頻分量。

【0110】 步驟4，調節第二儲能單元的輸出電壓，使其主動輸出輸出功率中的功率缺額。

【0111】其中，通過FIR濾波器獲取輸出功率 P_{ESS} 中的低頻分量 P_L ，對應儲能模組需要提供的低頻出力；功率缺額指輸出功率中濾除低頻分量後剩餘的功率分量，對應儲能模組需要提供的高頻出力。

【0112】根據本發明的一示例實施方式，第一儲能單元包括低功率密度電池，第二儲能單元包括高功率密度電池，交流負荷供電方法包括：計算高功率密度電池荷電狀態，記為第一荷電狀態SOC1；計算低功率密度電池的荷電狀態，記為第二荷電狀態SOC2。

【0113】圖11示出根據圖10中步驟2在一示例實施方式中的流程圖。如圖11所示，上述步驟2進一步包括步驟21至25。

【0114】步驟21，根據輸出功率 P_{ESS} 計算時間段 t 內的平均功率變化率 F_t 。其中可根據公式(1)計算平均功率變化率 F_t 。當平均功率變化率 F_t 大於功率波動閾值時，對輸出功率 P_{ESS} 進行濾波，以獲得輸出功率 P_{ESS} 中的低頻分量 P_L ，輸出至第一儲能單元作為第一儲能單元的功率指令；當平均功率變化率 F_t 小於等於功率波動閾值時，輸出功率 P_{ESS} 僅包含低頻功率波動，無需對輸出功率 P_{ESS} 進行濾波，直接輸出至第一儲能單元作為第一儲能單元的功率指令。

【0115】步驟22，根據第一荷電狀態SOC1和第二荷電狀態SOC2分別計算第一充放電平衡度 R_H 和第二充放電平衡度 R_L 。其中可根據公式(2)計算充放電平衡度。

【0116】步驟23，根據第二充放電平衡度 R_L 、輸出功率 P_{ESS} 及功率變化率 F_t 確定窗口函數 $G(n)$ ，以根據窗口函數 $G(n)$ 調整濾波模組的窗口寬度及窗口形狀。其中可根據公式(3)調整窗口寬度，根據公式(4)和公式(5)調整權重值以調整窗口形狀。窗口函數的表達式可根據公式(6)計算獲得。

【0117】步驟24，根據第一充放電平衡度 R_H 調整預設的截止頻率 ω_0 以獲得最終的截止頻率 ω_c ，計算最終的截止頻率 ω_c 在時域下的響應函數 $H_f(n)$ 。其中可根據公式(7)計算截止頻率 ω_c ，根據公式(8)計算響應函數 $H_f(n)$ 。

【0118】步驟25，根據窗口函數 $G(n)$ 、響應函數 $H_f(n)$ 及輸出功率 P_{ESS} ，計算濾波函數，並根據濾波函數提取低頻分量。其中可根據公式(9)計算濾波函數。

【0119】本領域技術人員可以理解實現上述實施例的全部或部分步驟被實現為由中央處理器（Central Processing Unit，CPU）執行的計算機程序。在該計算機程序被中央處理器CPU執行時，執行本案提供的上述系統所限定的上述功能。所述的程序可以儲存於一種計算機可讀儲存介質中，該儲存介質可以是唯讀儲存器，磁碟或光碟等。

【0120】此外，需要注意的是，上述圖式僅是根據本案示例性實施例的系統所包括的處理的示意性說明，而不是限制目的。易於理解，上述圖式所示的處理並不表明或限制這些處理的時間順序。另外，也易於理解，這些處理可以是例如在多個模組中同步或異步執行的。

【0121】本發明所屬技術領域中具有通常知識者可以理解上述各模組可以按照實施例的描述分佈於方法中，也可以進行相應變化唯一不同於本實施例的一個或多個方法中。上述實施例的模組可以合併為一個模組，也可以進一步拆分成多個子模組。

【0122】通過以上的實施例的描述，本領域的技術人員易於理解，這裡描述的示例實施例可以通過軟體實現，也可以通過軟體結合必要的硬體的方式來實現。因此，根據本案實施例的技術方案可以以軟體產品的形式體現出來，該軟體產品可以儲存在一個非易失性儲存介質（可以是CD-ROM，USB碟，移動硬碟等）中或網路上，包括若干指令以使得一台計算設備（可以是個人電腦、伺服器、移動終端、或者網路設備等）執行根據本案實施例的系統。

【0123】 以上具體地示出和描述了本案的示例性實施例。應可理解的是，本案不限於這裡描述的詳細結構、設置方式或實現系統；相反，本案意圖涵蓋包含在所附申請專利範圍的精神和範圍內的各種修改和等效設置。

【符號說明】

【0124】

8：交流總線

9：交流電網

10：交流負荷

11：供電裝置

111：儲能模組

1111：第一儲能單元

1112：第二儲能單元

1113：輸出端口

112：控制器

1121：計算單元

1122：功率提取單元

1123：電流源控制單元

1124：電壓源控制單元

12：DC/AC轉換器

13：直流總線

21：供電裝置

211：儲能模組

2111：第一儲能單元

2112：第二儲能單元

2113：輸出端口

212：控制器

22：DC/AC轉換器

23：直流總線

31A、31B：供電裝置

311：儲能模組

3111：第一儲能單元

3112：第二儲能單元

3113：輸出端口

312：控制器

313：光伏發電模組

32：DC/AC轉換器

41：供電裝置

411：儲能模組

4111：第一儲能單元

4112：第二儲能單元

412：控制器

42：DC/AC轉換器

43：直流總線

F_t ：平均功率變化率

$G(n)$ ：窗口函數

$H_f(n)$ ：響應函數

I_1 、 I_2 ：充放電電流

I_{1r} 、 I_{2r} ：參考值 I_{dc} ：電流

P_{ESS} ：輸出功率

P_L ：低頻分量

PI：調節器

PWM：脈衝寬度調變

R_H ：第一充放電平衡度

R_L ：第二充放電平衡度

SOC1：第一荷電狀態

SOC2：第二荷電狀態

U_{dc} ：電壓

U_{ref} ：電壓參考值

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種交流負荷供電系統，其特徵在於，包括：供電裝置以及DC/AC轉換器；

所述DC/AC轉換器的交流側通過一交流總線耦接至交流電網及所述交流負荷；

所述供電裝置輸出直流電能，經由一直流總線耦接至所述DC/AC轉換器的直流側；

其中，所述供電裝置包括儲能模組和控制器；

所述儲能模組包括第一儲能單元與第二儲能單元，所述控制器被配置為控制所述第一儲能單元的轉換操作以輸出低頻功率至所述直流總線，所述控制器被配置為控制所述第二儲能單元的轉換操作以輸出高頻功率至所述直流總線。

【請求項2】 如請求項1所述的交流負荷供電系統，其中所述控制器被配置為控制所述第一儲能單元運行在電流源模式輸出所述低頻功率，所述控制器被配置為控制所述第二儲能單元運行在電壓源模式輸出所述高頻功率。

【請求項3】 如請求項1至請求項2中任一項所述的交流負荷供電系統，其中所述第一儲能單元包括低功率密度儲能元件和第一DC/DC轉換器，所述控制器被配置為控制所述第一DC/DC轉換器的輸出電流。

【請求項4】 如請求項1至請求項2中任一項所述的交流負荷供電系統，其中所述第二儲能單元包括高功率密度儲能元件和第二DC/DC轉換器，所述控制器被配置為控制所述第二DC/DC轉換器的輸出電壓。

【請求項5】 如請求項1至請求項2中任一項所述的交流負荷供電系統，其中所述第一儲能單元或所述第二儲能單元包括飛輪儲能裝置和AC/DC轉換器，所述控制器被配置為控制所述AC/DC轉換器的輸出電流或輸出電壓。

【請求項6】 如請求項1至請求項2中任一項所述的交流負荷供電系統，其中所述儲能模組具有一輸出端口耦接至所述直流總線，所述儲能模組包括多個儲能單元，所述多個儲能單元的輸出端並聯後耦接至所述輸出端口，所述儲能模組總的輸出電能通過所述輸出端口傳輸至所述直流總線。

【請求項7】 如請求項1至請求項2中任一項所述的交流負荷供電系統，其中所述供電裝置為一直流微網系統，所述直流微網系統包括光伏發電模組、風力發電模組和柴油發電機中的一種或多種。

【請求項8】 如請求項1至請求項2中任一項所述的交流負荷供電系統，其中所述控制器包括：

計算單元，用於根據所述直流總線的電壓信號和所述儲能模組的電流信號計算儲能模組的輸出功率；

功率提取單元，耦接於所述計算單元，提取所述輸出功率中的低頻分量；

電流源控制單元，耦接於所述功率提取單元，用於根據所述低頻分量調節所述第一儲能單元的輸出功率；以及

電壓源控制單元，用於根據直流總線的電壓參考值調節所述第二儲能單元的輸出電壓，同時所述第二儲能單元自動輸出所述高頻功率。

【請求項9】 如請求項8所述的交流負荷供電系統，所述第一儲能單元包括低功率密度電池，所述第二儲能單元包括高功率密度電池，所述高功率密度電池的荷電狀態為第一荷電狀態，所述低功率密度電池的荷電狀態為第二荷電狀態；所述計算單元用於計算第一荷電狀態以及第二荷電狀態。

【請求項10】 如請求項9所述的交流負荷供電系統，其中所述功率提取單元包括：

第一計算模組，用於根據所述輸出功率計算一時間段內的平均功率變化率；以及

濾波模組，用於當所述平均功率變化率大於功率波動閾值時，對所述輸出功率進行濾波，以獲得所述輸出功率中的所述低頻分量。

【請求項11】 如請求項10所述的交流負荷供電系統，其中所述功率提取單元更包括：

第二計算模組，用於根據所述第一荷電狀態和所述第二荷電狀態分別計算獲得第一充放電平衡度和第二充放電平衡度；

第一調整模組，用於根據所述第二充放電平衡度、所述輸出功率及所述平均功率變化率確定窗口函數並發送至所述濾波模組，以根據所述窗口函數調整所述濾波模組的窗口寬度及窗口形狀；以及

第二調整模組，用於根據所述第一充放電平衡度調整所述濾波模組的截止頻率，計算所述截止頻率在時域下的響應函數並發送至所述濾波模組。

【請求項12】 如請求項11所述的供電系統，其中所述濾波模組根據所述窗口函數、所述響應函數及所述輸出功率，計算濾波函數，並根據所述濾波函數提取所述低頻分量。

【請求項13】 如請求項10所述的供電系統，其中當所述平均功率變化率小於等於功率波動閾值時，所述輸出功率為所述低頻分量，輸出至所述電流源控制單元。

【請求項14】 如請求項1至請求項2中任一項所述的供電系統，其中所述交流負荷為交流異步電機，所述第二儲能單元用於提供所述交流異步電機啟動時的功率，所述第一儲能單元用於提供所述交流異步電機穩定運行時的功率。

【請求項15】 如請求項1至請求項2中任一項所述的供電系統，其中所述交流負荷為電動汽車充電站。

【請求項16】 一種交流負荷供電方法，用於交流負荷供電系統，所述交流負荷供電系統包括供電裝置以及DC/AC轉換器，所述DC/AC轉換器的交流側通過一交流總線耦接至交流電網及所述交流負荷；所述供電裝置輸出直流電能，經由一直流總線耦接至所述DC/AC轉換器的直流側；其中，所述供電裝置包括儲能模組和控制器；所述儲能模組包括第一儲能單元與第二儲能單元；其特徵在於，所述供電方法包括：

步驟1，根據所述直流總線的電壓和所述儲能模組的輸出電流計算所述儲能模組的輸出功率；

步驟2，提取所述輸出功率中的低頻分量；

步驟3，調節所述第一儲能單元的輸出功率，使其輸出所述低頻分量；以及

步驟4，調節所述第二儲能單元的輸出電壓，使其輸出高頻功率。

【請求項17】 如請求項16所述的供電方法，其中所述第一儲能單元包括低功率密度電池，所述第二儲能單元包括高功率密度電池，所述高功率密度電池的荷電狀態為第一荷電狀態，所述低功率密度電池的荷電狀態為第二荷電狀態，所述供電方法更包括：

計算所述第一荷電狀態以及所述第二荷電狀態。

【請求項18】 如請求項17所述的供電方法，其中所述步驟2包括：

步驟21，根據所述輸出功率計算一時間段內的平均功率變化率；

當所述平均功率變化率大於功率波動閾值時，對所述輸出功率進行濾波，以獲得所述輸出功率中的低頻分量並輸出至所述電流源控制單元；當所述平均功率變化率小於等於功率波動閾值時，所述輸出功率為所述低頻分量輸出至所述電流源控制單元。

【請求項19】 如請求項18所述的供電方法，其中所述步驟2更包括：

步驟22，根據所述第一荷電狀態和所述第二荷電狀態分別計算第一充放電平衡度和第二充放電平衡度；

步驟23，根據所述第二充放電平衡度、所述輸出功率及所述功率變化率確定窗口函數，以根據所述窗口函數調整濾波模組的窗口寬度及窗口形狀；

步驟24，根據所述第一充放電平衡度調整預設的截止頻率以獲得最終的截止頻率，計算最終的截止頻率在時域下的響應函數；以及

步驟25，根據所述窗口函數、所述響應函數及所述輸出功率，計算濾波函數，根據所述濾波函數提取所述低頻分量。

【發明圖式】

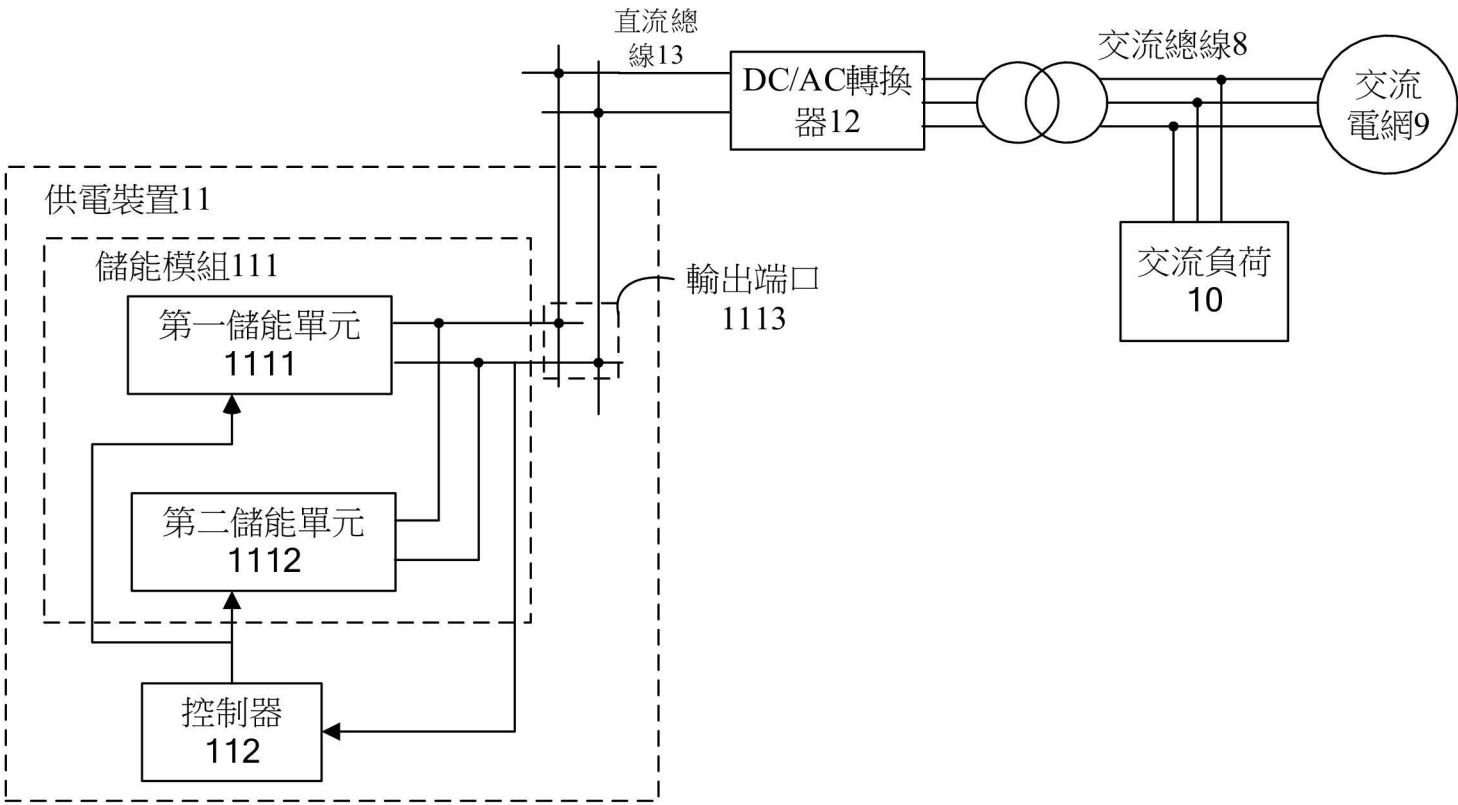


圖 1

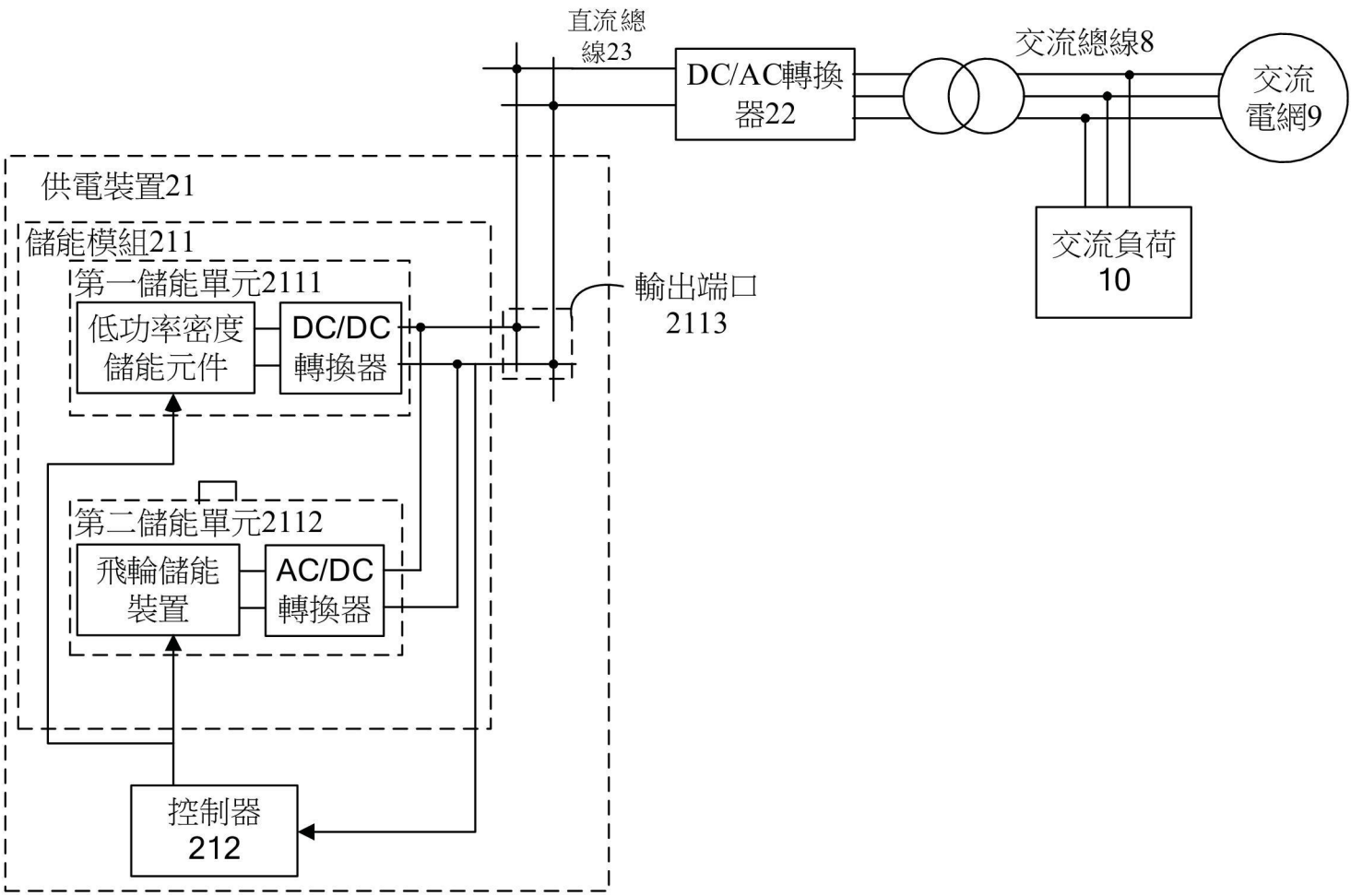


圖 2

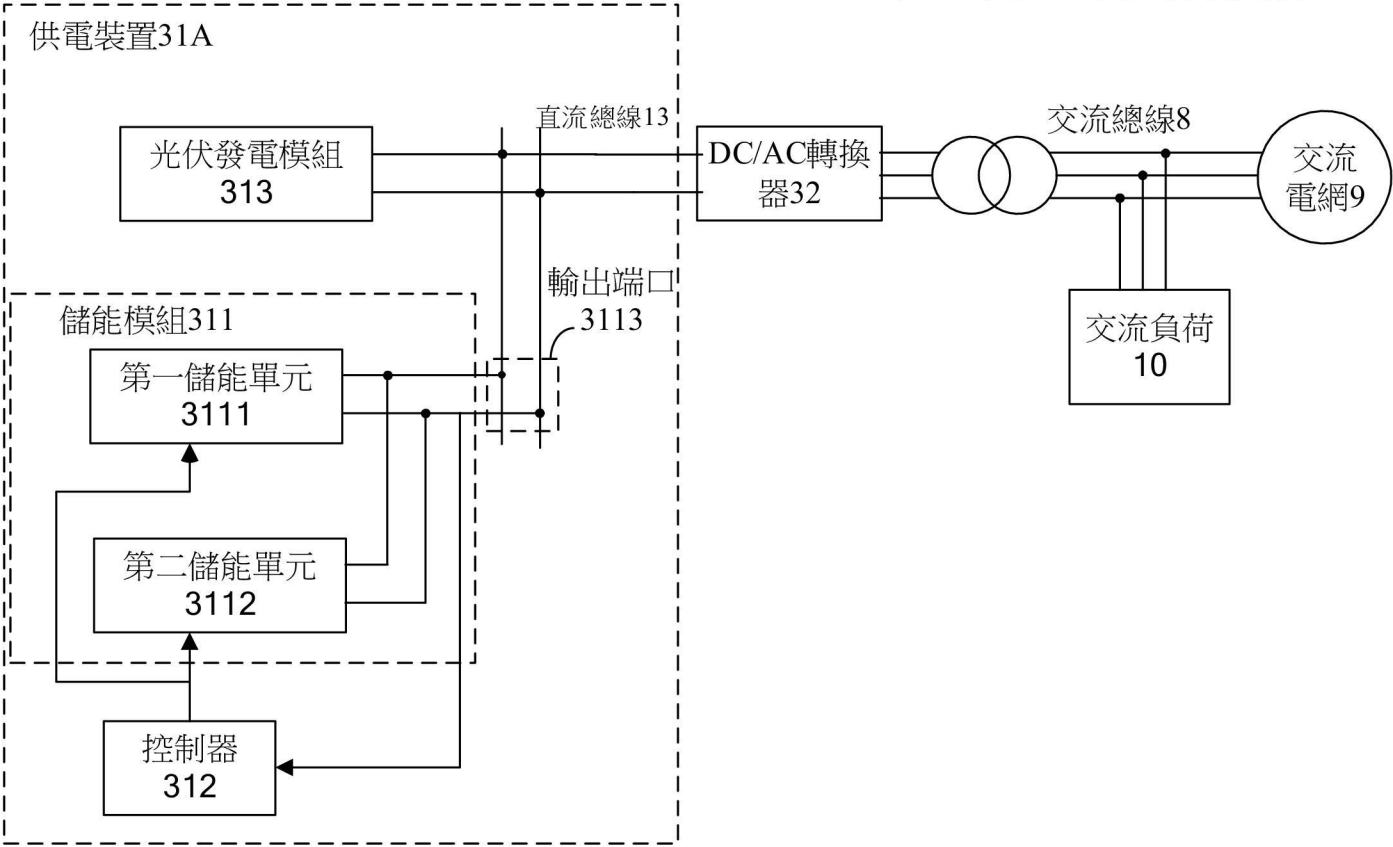


圖 3A

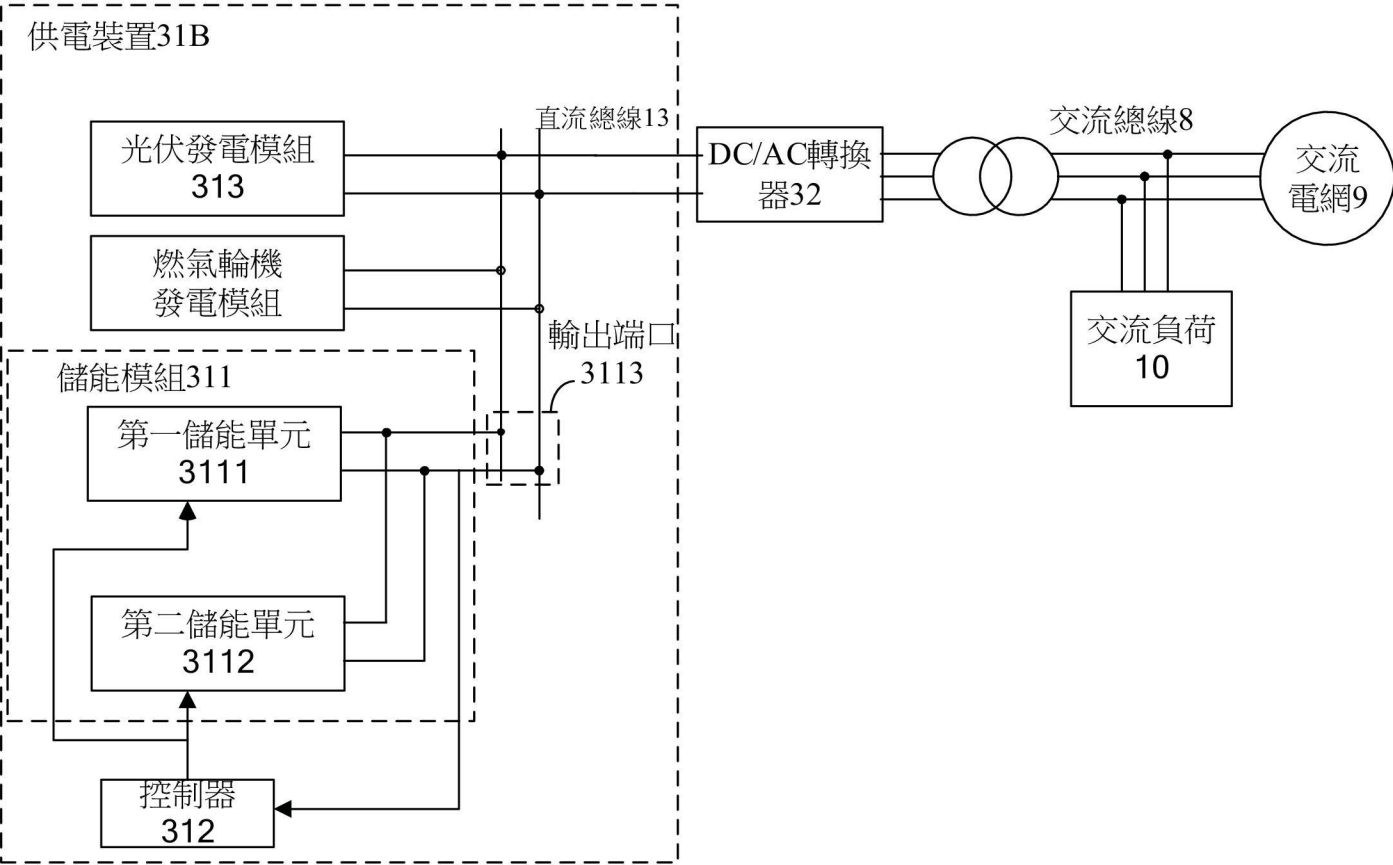


圖 3B

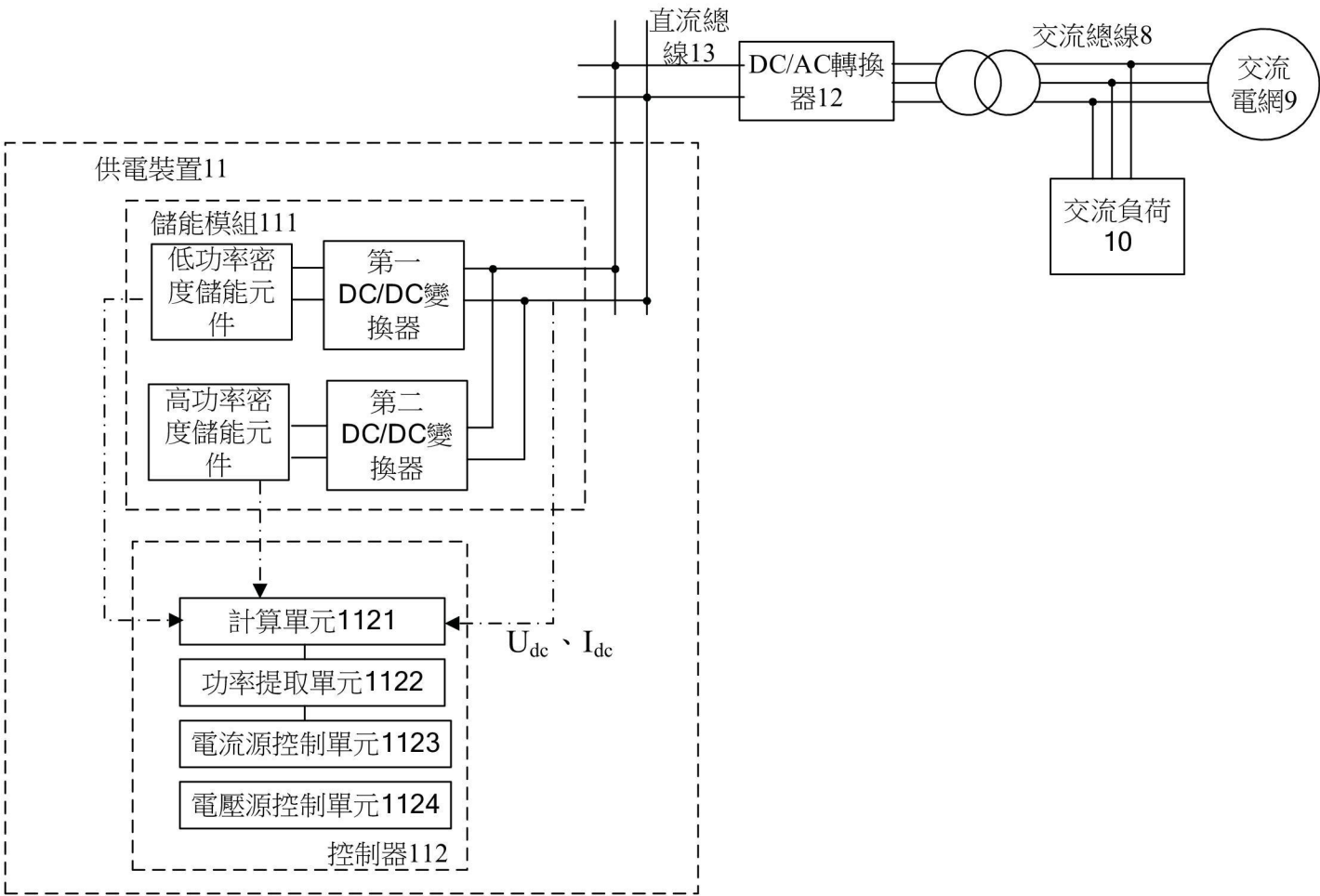


圖 4

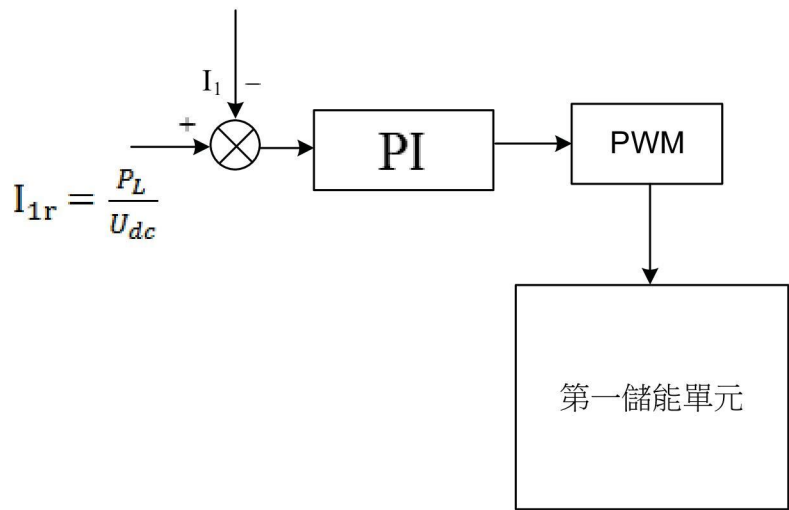


圖 5

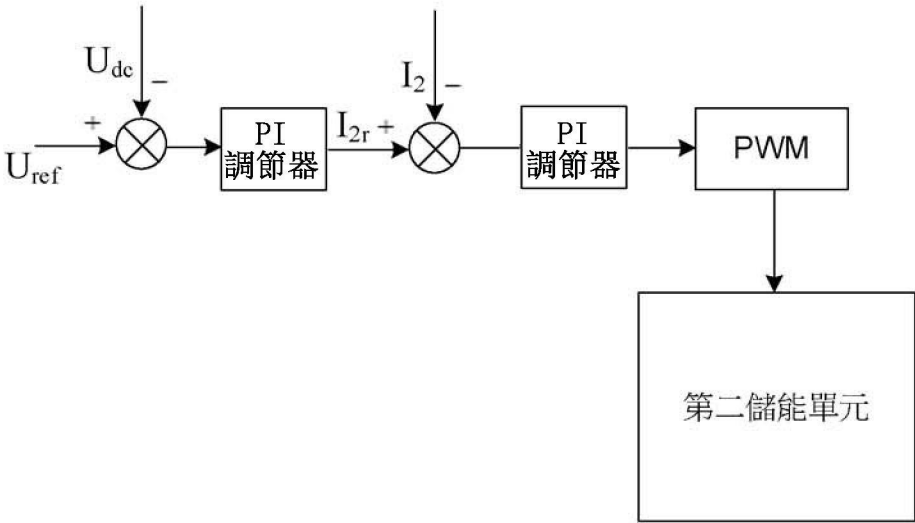


圖 6

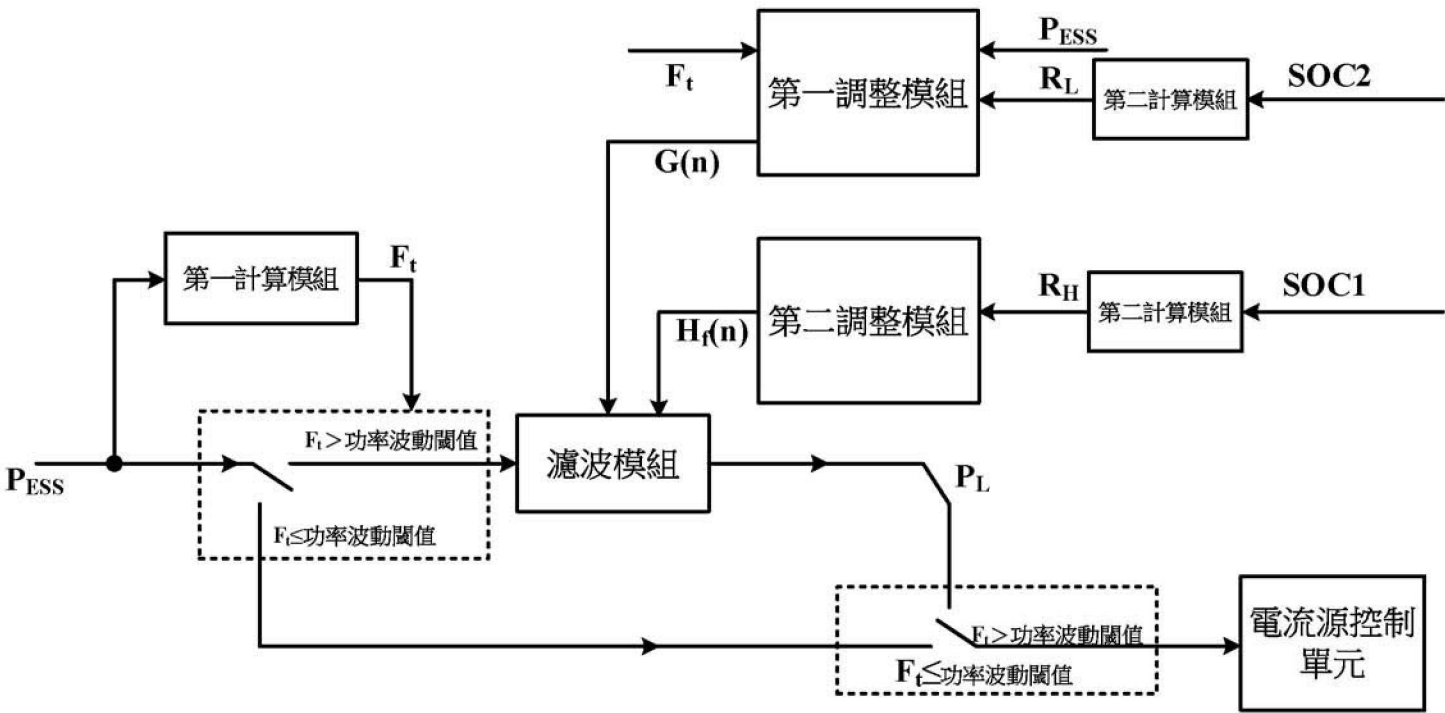


圖 7

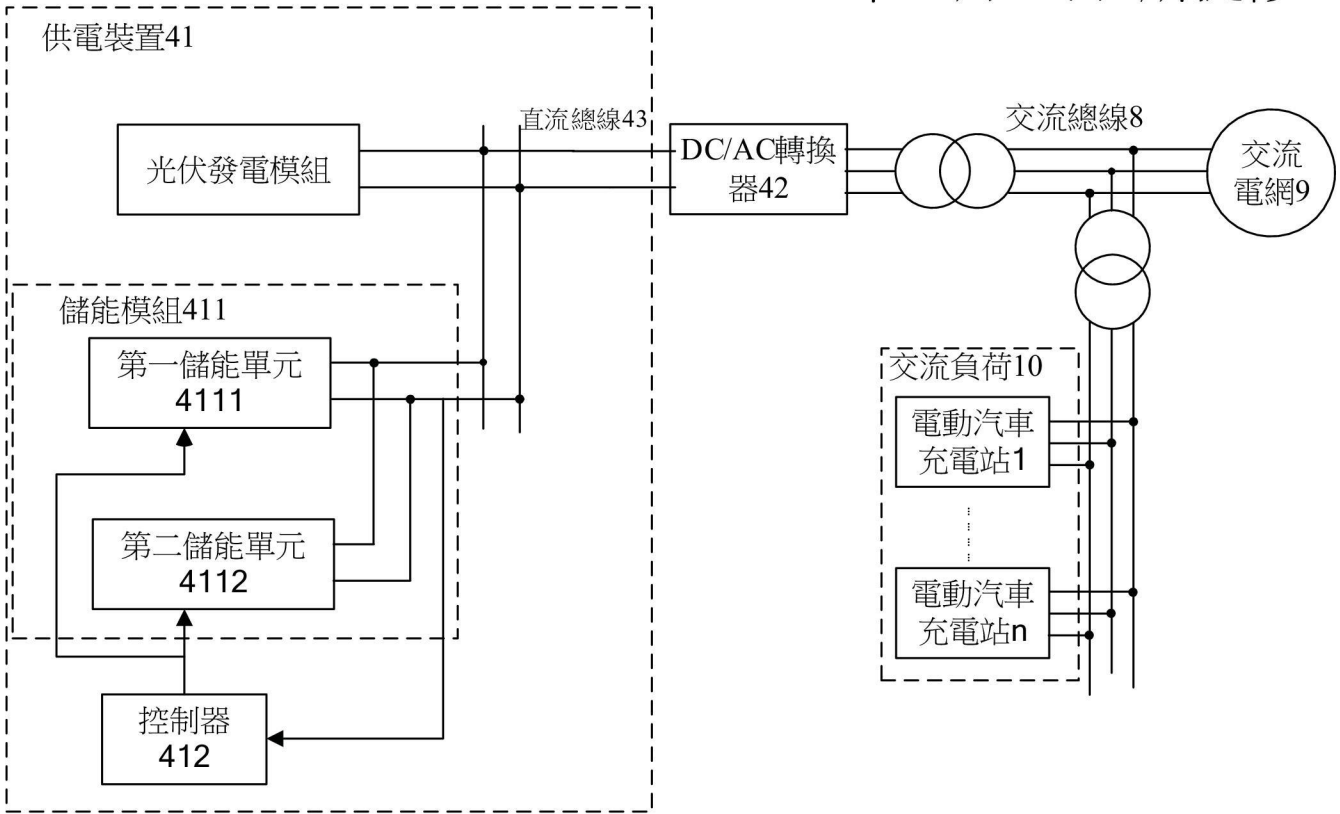


圖 8

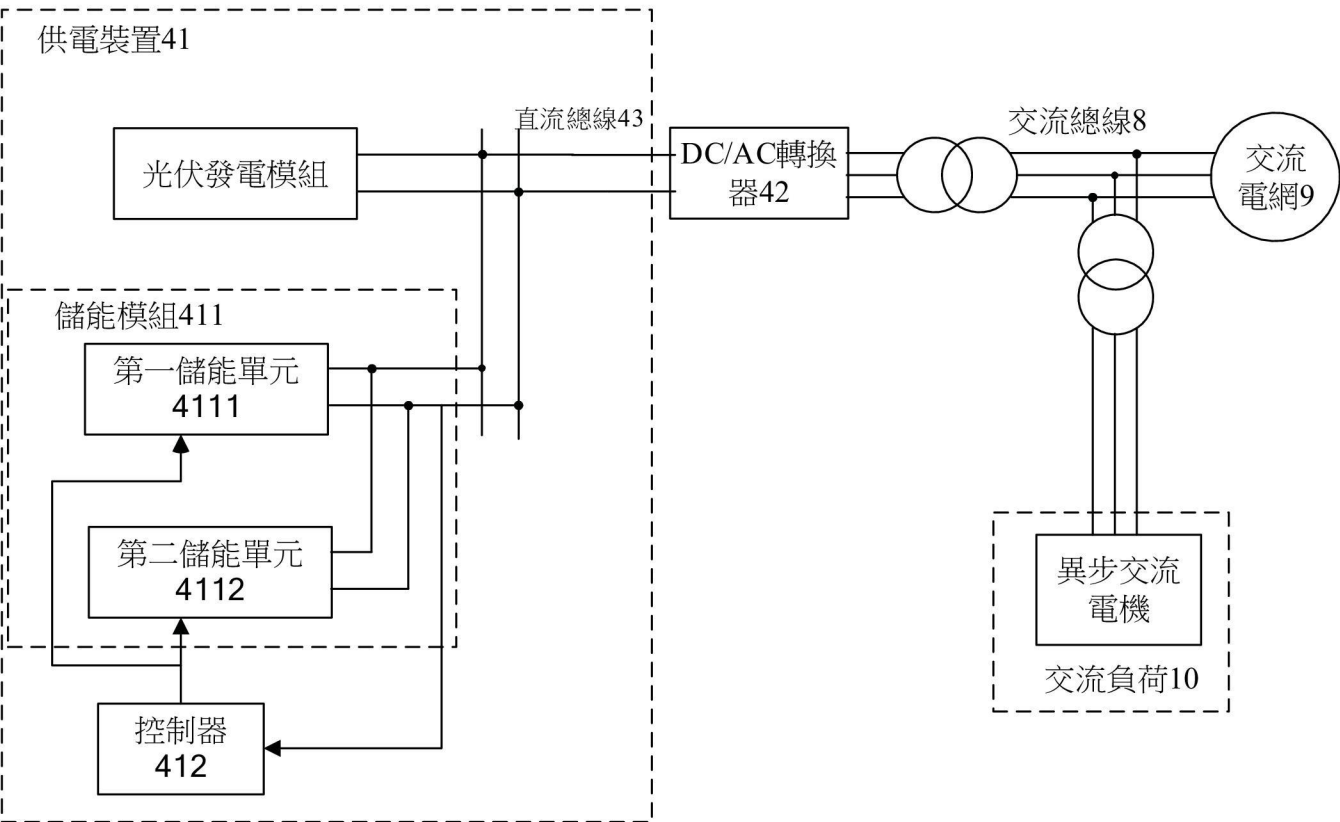


圖 9

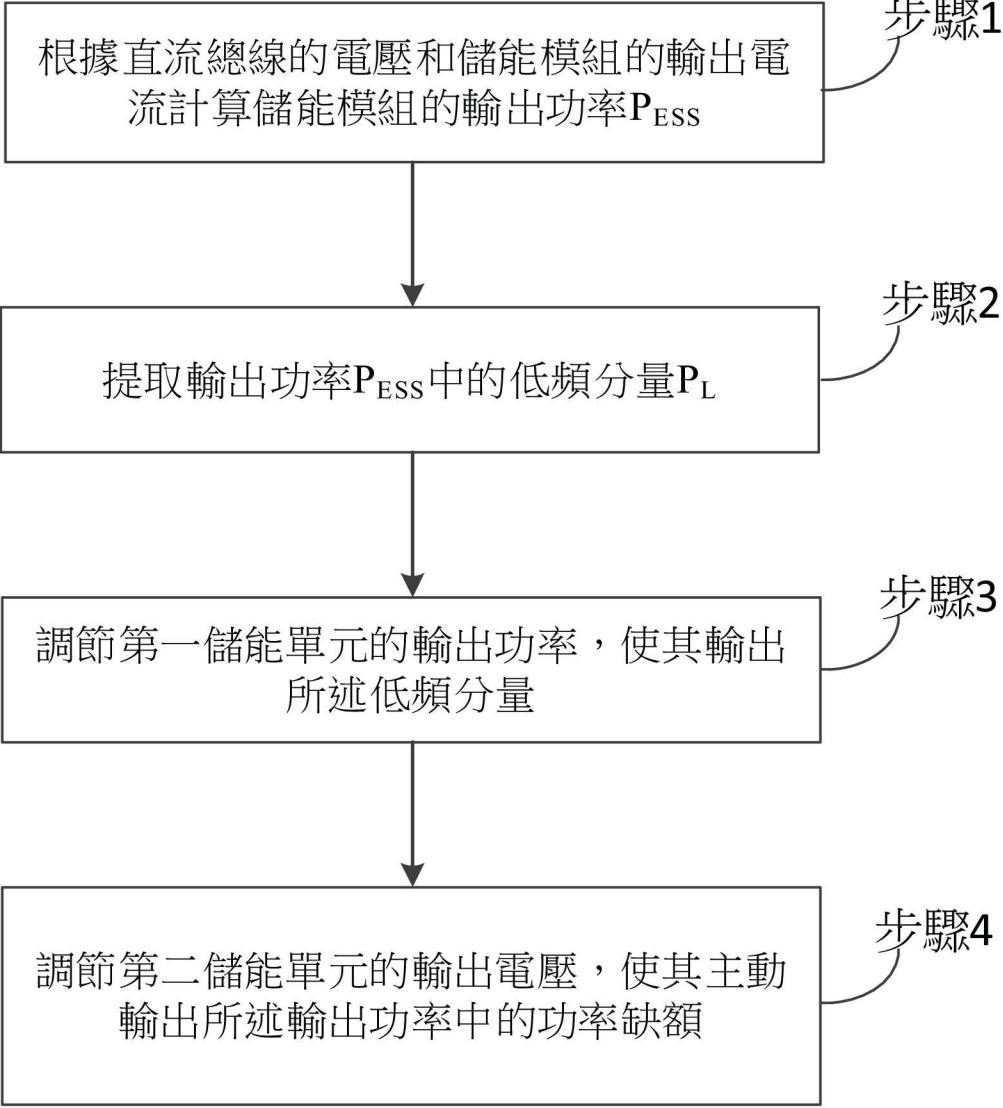


圖 10

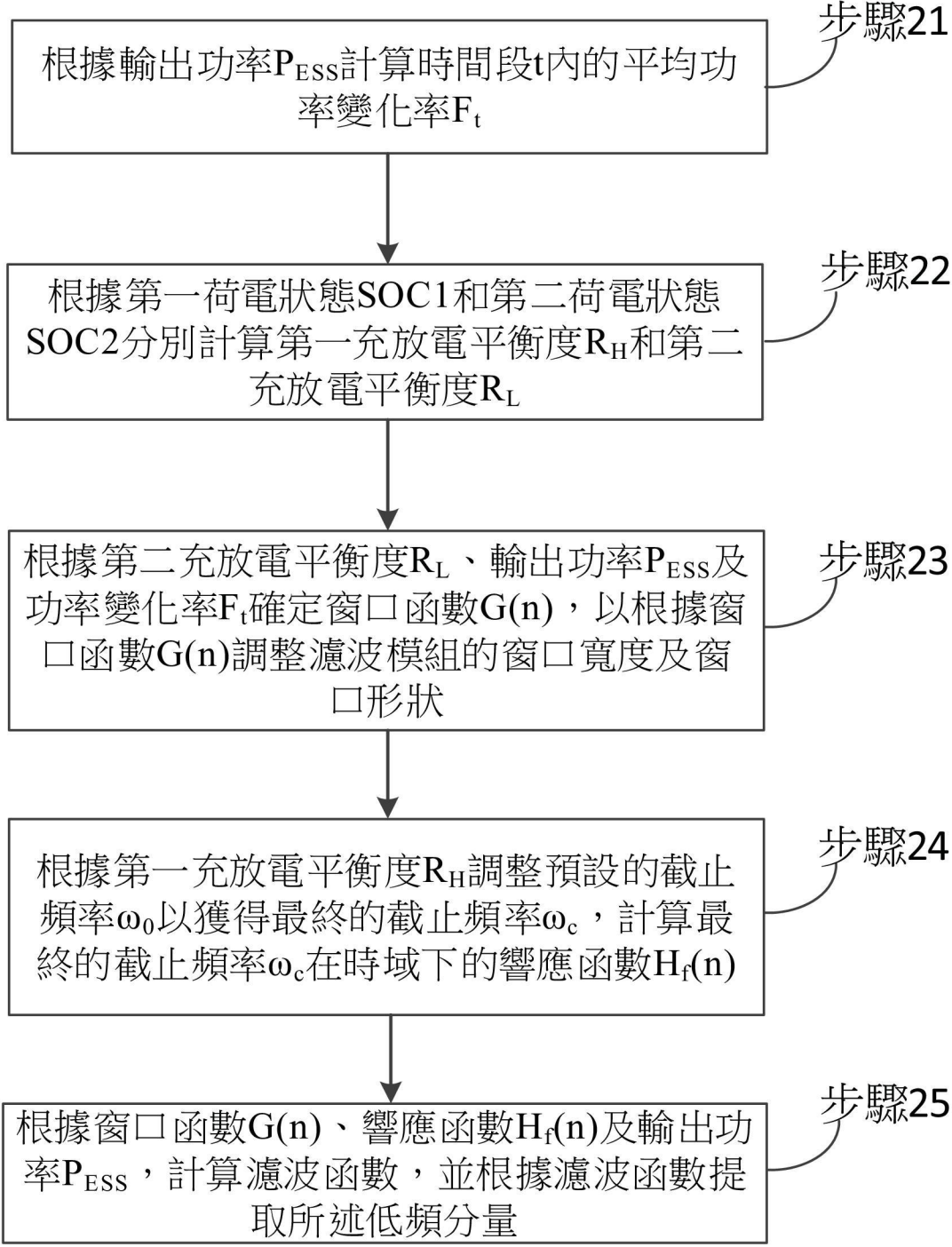


圖 11