



(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 201515527 A

(43) 公開日：中華民國 104 (2015) 年 04 月 16 日

(21) 申請案號：103123296

(22) 申請日：中華民國 103 (2014) 年 07 月 07 日

(51) Int. Cl. : **H05H1/24 (2006.01)**

(30) 優先權：2013/10/04 世界智慧財產權組織 PCT/JP2013/077032

(71) 申請人：東芝三菱電機產業系統股份有限公司 (日本) TOSHIBA MITSUBISHI-ELECTRIC INDUSTRIAL SYSTEMS CORPORATION (JP)

日本

(72) 發明人：田畑要一郎 TABATA, YOICHIRO (JP)；沖原雄二郎 OKIHARA, YUJIRO (JP)；中村紀幸 NAKAMURA, NORIYUKI (JP)；西村真一 NISHIMURA, SHINICHI (JP)

(74) 代理人：洪武雄；陳昭誠

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：7 項 圖式數：17 共 84 頁

(54) 名稱

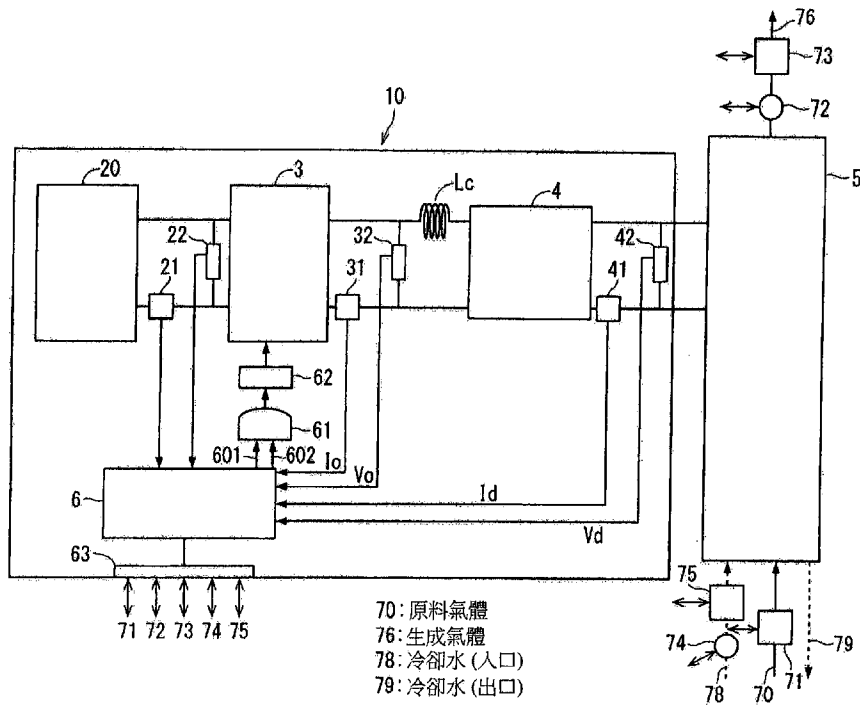
電源裝置

POWER SUPPLY DEVICE

(57) 摘要

本發明提供一種在包含電漿產生裝置及電源裝置之系統中，可將投入功率量管理為一定，並且可將該投入功率量穩定地供給至電漿產生裝置的電源裝置。本發明之電源裝置(10)係具有進行下述動作之控制部(6)。該控制部(6)係依據來外部之輸入來決定目標直流功率量值。然後，該控制部(6)係進行反饋控制，以使輸入至換流器(3)之直流功率量成為目標直流功率量值。

The present invention provides power device in a system including a plasma generation device and the power device, which can manage the inputted electrical power to be constant and steadily supply the inputted electrical power to the plasma generation device. The power device (10) of the present invention has a control section (6) for performing operations as follows. The control portion (6) determines a target DC electrical power value based on an input from the outside. Then, the control section (6) performs a feedback control, so that the DC electrical power input into an inverter (3) becomes the target DC electrical power value.



第1圖

- 3 . . . 換流器
- 4 . . . 變壓器
- 5 . . . 電漿產生裝置
- 6 . . . 控制部
- 10 . . . 電源裝置
- 20 . . . 直流電壓輸出部
- 21, 22 . . . 檢測器
- 31, 32, 41, 42 . . . 檢測部
- 41 . . . 電流檢測器
- 42 . . . 電壓檢測器
- 61 . . . 邏輯電路
- 62 . . . 換流器驅動電路
- 63 . . . 外部信號介面
- 70 . . . 原料氣體
- 71 . . . 氣體流量調整部
- 72 . . . 濃度檢測器(監視器)
- 73 . . . 氣體壓力調整部
- 74 . . . 氣體
- 75 . . . 冷媒流量調整部
- 78 . . . 冷媒
- 601 . . . 驅動信號
- 602 . . . 開遮斷信號
- Id . . . 負載電流
- Io . . . 輸出電流
- Lc . . . 限流電抗器
- Vd . . . 負載電壓
- Vo . . . 輸出電壓

201515527

發明摘要

※申請案號：103/103296

※申請日：103 7 7

※IPC分類：H05H 1/24 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

電源裝置

POWER SUPPLY DEVICE

【中文】

本發明提供一種在包含電漿產生裝置及電源裝置之系統中，可將投入功率量管理為一定，並且可將該投入功率量穩定地供給至電漿產生裝置的電源裝置。本發明之電源裝置(10)係具有進行下述動作之控制部(6)。該控制部(6)係依據來外部之輸入來決定目標直流功率量值。然後，該控制部(6)係進行反饋控制，以使輸入至換流器(3)之直流功率量成為目標直流功率量值。

【英文】

The present invention provides power device in a system including a plasma generation device and the power device, which can manage the inputted electrical power to be constant and steadily supply the inputted electrical power to the plasma generation device. The power device (10) of the present invention has a control section (6) for performing operations as follows. The control portion (6) determines a target DC electrical power value based on an input from the outside. Then, the control section (6) performs a feedback control, so that the DC electrical power input into an inverter (3) becomes the target DC electrical power value.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 1 ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

3	換流器	4	變壓器
5	電漿產生裝置	6	控制部
10	電源裝置	20	直流電壓輸出部
21, 22	檢測器	31, 32, 41, 42	檢測部
41	電流檢測器	42	電壓檢測器
61	邏輯電路		
62	換流器驅動電路		
63	外部信號介面	70	原料氣體
71	氣體流量調整部	72	濃度檢測器(監視器)
73	氣體壓力調整部	74	氣體
75	冷媒流量調整部	78	冷媒
601	驅動信號	602	閘遮斷信號
I_d	負載電流	I_o	輸出電流
L_c	限流電抗器	V_d	負載電壓
V_o	輸出電壓		

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

本案無化學式。

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】(中文/英文)

電源裝置

POWER SUPPLY DEVICE

【技術領域】

【0001】 本發明係對於可生成臭氧氣體或自由基氣體之電漿產生裝置(電容性負載裝置)輸出交流電力，並且可控制該輸出之交流電力的電源裝置。

【先前技術】

【0002】 一般而言，生成多量之臭氧氣體或多量之自由基氣體之屬於電容性負載裝置的電漿產生裝置係藉由並聯連接有複數個放電單元而構成。在此，各放電單元之一對電極係相對向配置，在該電極間透過介電體而形成放電空間。近年來，在電漿產生裝置中，該放電單元係積層或區塊化複數個而並聯連接，而求得一種非常大規模之電漿產生裝置。在該電漿產生裝置中，對放電空間內供給原料氣體，電源裝置係對各放電單元間施加交流高電壓。藉由因該電壓之施加所產生的電場，放電空間內之氣體係被激發，而生成多量之臭氧氣體或多量自由基氣體。

【0003】 所產生之臭氧氣體及自由基氣體係主要在半導體製造領域，太陽能電池面板製造區域及平面顯示製造領域等中，大多利用作為氧化絕緣膜等功能膜之成膜用氣體，或零件之洗淨用氣體。並且，在上述領域中利用臭

氧氣體或自由基氣體時，係要求該等氣體之多量供給，且要求可 24 小時連續地穩定供給高濃度，高純度之該等氣體，且可穩定容易地控制生成並輸出之氣體量或氣體濃度並予以輸出。

【0004】 然而，一般而言施加並驅動交流電壓之負載中，除了熱電機器之類的電阻(R)負載以外，亦有馬達負載之類的感應性(L)負載，及蓄積電荷或屬於施加高電壓之機器的電容性(C)負載。除了熱電機器之類的電阻(R)負載以外，在馬達負載之類的電感性(L)負載時，一般而言，負載之阻抗為一定，若使從電源供給至負載之電壓上升，則為投入電力與電壓上升率成正比而增加之負載。因此，為比較穩定之負載。相對於此，電漿產生裝置等電容性負載裝置(C)之負載阻抗並非一定，而是阻抗依負載狀態而變動之非線系的負載。因此，從電源裝置供給電壓而穩定地使電漿產生裝置運轉之技術係非常困難。由此得知，在習知之電漿產生裝置中，容易產生裝置內之放電單元部的破損等。因此，難以利用來自電源裝置之電壓，使電漿產生裝置長時間穩定地運轉。

【0005】 在電感性負載或電容性負載時，若對負載施加交流電壓，則相對於所施加之負載電壓 V_d ，負載電流 I_d 之相位會延遲或前進。然後，藉此成為實質供給之功率容量 $PQ(=V_d \times I_d)$ 對於供給至負載之有功功率 PW 的比例(負載功率因素 $\eta_d = PW/PQ$)非常低的狀態。因此，在負載功率因素 η_d 差之電源裝置中，為了使有功功率 PW 增大，

需要功率容量 $PQ(=PW/\eta d)$ 亦大之非常大的電源裝置。

【0006】 因此，爲了使電源裝置小型化，習知係在電源裝置之輸出部安裝負載功率因素 ηd 改善用之功率因素改善裝置(功率因素改善手段)。功率因素改善裝置係在電感性負載與電容性負載不同，在電感性負載之情形時，爲了改善 L 負載，係使用電容器組，在電容性負載之情形時，爲了改善 C 負載，係使用電抗器。並且，藉由電感性負載(或電容性負載)及功率因素改善裝置，在負載側與電源裝置之間製造諧振狀態之交流電壓頻率 f_c (諧振頻率)附近，使電源裝置動作。

【0007】 其中，諧振頻率 f_c 係以 $f_c = 1/2/\pi \sqrt{L/C}$ (以下，(1)式)而求出。

【0008】 在電感性負載之情形時，如(1)式之 C 所示，代入屬於功率因素改善裝置之電容器組，求出諧振頻率，相對於此，在電容性負載之情形時，如(1)式之 L，代入屬於功率因素改善裝置之電抗器 L_p ，求出諧振頻率 f_c 。然後，藉由在該諧振頻率 f_c 之頻率帶使電源裝置動作，以謀求電源裝置之功率因素改善。

【0009】 其中，對於屬於電容性負載之電漿產生裝置施加交流電力的電源裝置中，就有關功率因素改善之習知技術而言，存在有例如專利文獻 1 至 3。

【0010】 專利文獻 1 揭示之交流負載用的電源裝置中，對於電漿所產生之放電負載(放電單元)，配設功率因素改善用之電感器(感應元件)。

【0011】 此外，專利文獻 2 揭示之交流負載用的電源裝置中，對於電漿所產生之放電負載(放電單元)，配設功率因素改善用之電感器(感應元件)。再者，在專利文獻 2 中揭示有以下技術：由於換流器(inverter，又稱逆變器、變流器等)電路部係具有頻率控制功能，因此在負載投入電力高之區域中，最適當地控制換流器輸出部之功率因素。在專利文獻 2 之電源裝置中，即使在 1 個放電單元中產生問題，亦可在剩餘的放電單元進行適當之運轉，而可進行頻率控制。

【0012】 再者，在專利文獻 3 之技術中，於藉由複數個放電單元所構成之電漿產生裝置中，對於各放電單元配設負載遮斷用之保險絲。並且，在專利文獻 3 之技術中，當放電單元之一部分故障時，對應於該放電單元而配設之保險絲會斷裂，以遮斷對於該放電單元之電力供給。此外，在專利文獻 3 中揭示有一種 3 相之交流負載用的電源裝置，其係揭示一種在電源裝置側預定頻率為固定，在該預定頻率中藉由負載之電容值與電抗器，在諧振附近運轉，以改善功率因素之方式。

【0013】 上述各專利文獻之電源裝置係在電源裝置之輸出側與電漿產生裝置之間設置感應性之電感(電抗器)，以謀求功率因素改善。

(先前技術文獻)

(專利文獻)

【0014】

專利文獻 1：日本特許第 3719352 號公報說明書

專利文獻 2：日本特許第 4108108 號說明書

專利文獻 3：日本特開平 10-25104 號公報

【發明內容】

(發明所欲解決之課題)

【0015】 在對電漿產生裝置供給電力之際，重要者為將該電力穩定地供給至電漿產生裝置。這是由於在未穩定地供給電力時，在電漿產生裝置中產生之氣體的濃度等會變動之故。再者，為了穩定地供給電力，重要者為精度佳地將電源裝置之投入電力管理，控制成一定。

【0016】 在習知之電容性負載用電源中，就控制負載之電量的手段而言，為負載電流或換流器輸出電流。因此，負載功率因素因負載條件而可變時，換流器輸出及負載輸出之電流/電壓的相位會隨時變化，檢測出之負載電流或投入至負載之功率量並非成正比之 1 對 1 的對應。因此，難以對投入於負載之功率量成正比地進行反饋控制，在相對的反饋控制下間接地對投入電力進行可變控制。因此，在對電漿產生裝置長時間穩定地運轉時，負載之干擾或外部設定條件變化時，電漿負載狀態會產生變化，因此從電源裝置供給之投入電力並不保證為一定，結果將無法進行裝置之可靠性更高的控制。

【0017】 因此，本發明之目的為提供一種在包含電漿產生裝置及電源裝置之系統中，可將投入功率量管理為一定，並且可將該投入功率量穩定地供給至電漿產生裝置

的電源裝置。

(解決課題之手段)

【0018】 爲了要達成上述目的，本發明之電源裝置係對於藉由連接有複數個放電單元而構成之屬於電容性負載的電漿產生裝置輸出交流電壓的電源裝置，該電源裝置具備：換流器，用以將直流電力轉換爲交流電力；控制部，用以控制前述換流器之動作；及檢測部，用以檢測輸入至前述換流器之直流電力；其中，前述控制部係進行下述動作：(A)依據來自外部之輸入來決定目標直流功率量值，(B)至少利用前述檢測部所檢測到之直流電流進行反饋控制，以使輸入至前述換流器之直流功率量成爲前述目標直流功率量值。

(發明之效果)

【0019】 本發明之電源裝置係對於藉由連接有複數個放電單元而構成之屬於電容性負載的電漿產生裝置輸出交流電壓的電源裝置，該電源裝置具備：換流器，用以將直流電力轉換爲交流電力；控制部，用以控制前述換流器之動作；及檢測部，用以檢測輸入至前述換流器之直流電力；其中，前述控制部係進行下述動作：(A)依據來自外部之輸入來決定目標直流功率量值，(B)至少利用前述檢測部所檢測到之直流電流進行反饋控制，以使輸入至前述換流器之直流功率量成爲前述目標直流功率量值。

【0020】 如此在上述電源裝置中，進行利用比負載電流等更小之值之直流電流等的反饋控制，且直流電流等

係一對一地對應於輸入至換流器 3 的直流功率量(換言之為投入功率量)。因此，在該電源裝置中，可精度佳地進行控制，以使投入功率量成為依據氣體之所希望濃度的目標投入功率量值而為一定。此外，被檢測出之直流電流等係與負載電流等相比較，雜訊等不會重疊。由此，可精度佳地進行控制，以使投入功率量成為依據氣體之所希望濃度的目標投入功率量值而為一定。結果，該電源裝置係可將穩定之電力持續供給至電漿產生裝置。

【0021】 本發明之目的，特徵，態樣，及優點係依據以下之詳細說明及附圖面而更加明瞭。

【圖式簡單說明】

【0022】

第 1 圖係顯示本發明之電源裝置 10 的內部構成及連接在電源裝置 10 之電漿產生裝置 5 的方塊圖。

第 2 圖係用以說明實施形態 1 之電源裝置 10 之動作的特性圖。

第 3 圖係用以說明實施形態 1 之電源裝置 10 之動作的特性圖。

第 4 圖係顯示輸入至換流器 3 之信號及從換流器 3 輸出之波形的圖。

第 5 圖係顯示電漿產生裝置 5 中之並聯連接之放電單元之情況的分佈等效電路圖。

第 6 圖係顯示將電漿產生裝置 5 中之並聯連接之放電單元予以合成之等效電路的圖。

第 7 圖係用以說明實施形態 2 之電源裝置 10 的特性圖。

第 8 圖係用以說明實施形態 2 之電源裝置 10 的電流-電壓向量圖。

第 9 圖係顯示用以說明實施形態 2 之電源裝置 10 的電路的圖。

第 10 圖係用以說明實施形態 2 之電源裝置 10 的電流-電壓向量圖。

第 11 圖係顯示用以說明實施形態 2 之電源裝置 10 的電路的圖。

第 12 圖係用以說明實施形態 2 之電源裝置 10 的電流-電壓向量圖。

第 13 圖係顯示用以說明實施形態 2 之電源裝置 10 的變壓器等效電路的圖。

第 14 圖係顯示用以說明實施形態 4 之電源裝置 10 的特性圖。

第 15 圖係顯示將變壓器 4 並聯連接複數段之情況的圖。

第 16 圖係顯示相對於換流器頻率 f 之換流器輸出功率因素 η 之特性的圖。

第 17 圖係顯示相對於換流器頻率 f 之換流器輸出功率因素 η 之特性的圖。

【實施方式】

【0023】 本發明係關於一種對於屬於電容性負載之

電漿產生裝置輸出交流電壓之電源裝置。其中，該電漿產生裝置係藉由連接有複數個放電單元而構成，且可生成高純度/高濃度之臭氧或自由基氣體。此外，該電漿產生裝置之電容性功率因素(負載功率因素)係例如 50% 以下。此外，就作為對象之電源裝置的輸出範圍而言，係設為每 1 台電源裝置為例如 1k W 至 100k W 範圍者。作為電漿產生裝置之對象係藉由來自進行例如頻率 10k H z 至 60k H z 範圍之交流輸出之電源裝置的電源供給進行動作者。

【0024】 第 1 圖係顯示包含本發明之電源裝置及屬於電容性負載之電漿產生裝置之系統之構成的方塊圖。

【0025】 在第 1 圖中，電漿產生裝置 5 係藉由並聯連接有複數個放電單元而構成之電容性負載。如前所述，放電單元係藉由將 1 對電極相對向配置成形成有放電空間而構成。在此，以面向該放電空間之方式，將介電體配置在電極。就電漿產生裝置 5 之代表例而言，有一種臭氧氣體產生裝置(臭氧產生器)。一般而言，該臭氧產生裝置係主要利用在水處理區域中之臭氧殺菌或化學設施中之臭氧漂白用途的產業/工業領域。

【0026】 對於電漿產生裝置 5 供給氧氣等原料氣體，而該原料氣體之流量控制係以簡易之氣體流量計與氣體流量閥之組合來實施。再者，電漿產生裝置 5 內之氣體壓力係藉由使用設置在該裝置 5 之氣體流出口的輸出氣體閥而調整。此外，藉由使水等冷媒流通於電漿產生裝置 5 內，而去除在放電單元產生之熱，以冷卻放電單元之溫度。

該冷媒之流量係藉由水冷閥等而調整。

【0027】 如上所述，氣體流量，氣體壓力及冷媒流量等係以簡易之閥等來調整，因此有相對於氣體流量，氣體壓力，冷媒流量之設定值的變動變大的可能性。因此，爲了如後述使電漿產生裝置 5 可穩定地繼續運轉，重要者爲抑制該等之物理量的變動，且將該等之物理量管理維持在預定值內。

【0028】 如第 1 圖所示，在電漿產生裝置 5 連接有本發明之電源裝置 10，從該電源裝置 10 對電漿產生裝置 5 之各放電單元施加例如 1000V 以上之高電壓的交流。在放電單元之電極間，透過介電體及放電空間施加電壓，藉此在放電空間產生高電場放電。藉由該放電，供給至放電空間之原料氣體被激發。藉由電漿光化學反應，從原料氣體產生臭氧氣體或自由基氣體等電漿氣體。

【0029】 此外，電源裝置 10 係可對電漿產生裝置 5 輸出例如 0 至 4000W 之可變的交流電力。

【0030】 以下，依據顯示本發明實施形態之圖式具體地說明本發明之電源裝置 10。

【0031】 <實施形態 1>

本實施形態之電源裝置 10 係爲了進行負載之短路保護，係取代於每個放電單元配設保險絲，而構成爲具有對於換流器輸出部以後之負載短路的保護協調功能，且在異常產生時可在非常短之時間內遮斷換流器輸出電壓。亦即，本實施形態之電源裝置 10 係採取故障發生時之對策。

再者，在本實施形態之電源裝置 10 中，若發生故障會顯示故障部位。藉由該顯示，使用者可在短時間內使電源裝置 10 從故障狀態復原。

【0032】 如第 1 圖所示，電源裝置 10 係包含直流電壓輸出部 20，換流器 3 及變壓器 4。

【0033】 直流電壓輸出部 20 係為將商用交流電源轉換為直流電壓並輸出該直流電壓之直流轉換器(converter)，或為輸出蓄積之直流電壓的直流電池。直流轉換器係從外部輸入單相或三相之商用交流電源(例如，200V)，將交流電壓予以整流，且轉換為直流電壓，輸出經升壓之直流電壓。再者，直流電池係將從連接成多段之電池單元輸出之直流電壓升壓至預定之直流電壓，並輸出該升壓後之直流電壓。

【0034】 在直流電壓輸出部 20 之後段連接有換流器 3。從直流電壓輸出部 20 輸出之直流電壓係在換流器 3 中轉換為高頻交流電壓，換流器 3 係輸出該高頻交流電壓。

【0035】 在換流器 3 之後段連接有變壓器 4。在變壓器 4 中，將從換流器 3 輸出之高頻交流電壓在電漿產生裝置 5 中升壓至可感應放電的電壓為止。然後，在變壓器 4 之後段連接有電漿產生裝置 5，變壓器 4 係將該升壓後之高頻交流電壓施加在屬於電容性負載之電漿產生裝置 5。

【0036】 再者，在電源裝置 10 內配設有用以控制換流器 3 之動作的控制部 6。提供一種電源裝置 10，係藉由該控制部 6 之控制，可進行第 1 圖所示之系統的穩定驅動，

故障時之迅速停止及故障時之迅速對應，且可長時間穩定進行運轉。

【0037】 此外，在電源裝置 10 內，於換流器 3 與變壓器 4 之間，配設有抑制短路電流之限流電抗器 L_c 。藉由該限流電抗器 L ，即使換流器 3 輸出部以後之負載發生短路，電源裝置 10 亦可在本電源裝置 10 內部維持保護協調，且可防止對電源裝置 10 外之配電盤等造成影響，亦可防止電源裝置 10 之主要零件本身的故障，可迅速地進行電源停止。

【0038】 在習知之電漿產生裝置中，由於交流負載用之電源裝置的換流器輸出瞬後之負載為電容性，因此基於下述之理由，而有電源裝置內之主要零件會破損，且放電單元亦破損之可能性。亦即，其理由為：大的突入電流(負載電容器電流)流通，放電集中在放電單元面之一部分，及會在放電單元部以外產生異常放電。因此，在專利文獻 3 之技術中，係在各放電單元配設保護用之保險絲。而在本發明中，係取代該保護用之保險絲，在換流器 3 之輸出側配設電流抑制用之限流電抗器 L_c 。此外，藉由控制換流器 3 之脈衝寬度，進行負載電流管理及負載電壓管理，以使放電不會集中在放電單元面之一部分。藉此，控制電源裝置之輸出，以抑制負載短路時之短路電流，且可將長時間穩定之交流電壓供給至負載側。

【0039】 再者，在電源裝置 10 中，於換流器 3 之輸出側配設有用以檢測短路之檢測部 31，32，41，42。檢測

部 31, 32 係配設在換流器 3 與變壓器 4 之間。檢測部 31 係檢測出來自換流器 3 之輸出電流 I_o ，檢測部 32 係檢測出來自換流器 3 之輸出電壓 V_o 。此外，檢測部 41, 42 係配設在變壓器 4 與電漿產生裝置 5 之間。檢測部 41 係檢測出從變壓器 4 輸出之負載電流 I_d ，檢測部 42 係檢測出從變壓器 4 輸出之負載電壓 V_d 。

【0040】 檢測部 31, 32, 41, 42 係恆常地進行檢測動作，將檢測出之結果作為信號傳送至控制部 6。然後，控制部 6 係當檢測部 31, 32, 41, 42 檢測到短路時，使換流器 3 停止。亦即，依據從檢測部 31, 32, 41, 42 傳送之上述檢測結果，控制部 6 係判斷負載之短路狀態。然後，當檢測到該短路狀態時，控制部 6 係透過邏輯電路 61，將閘遮斷信號送入換流器驅動電路 62。藉此，可停止換流器 3 之輸出。在此，從控制部 6 對邏輯電路 61 傳送驅動信號 (f : 換流器 3 之驅動脈衝週期 $1/f$, τ : 換流器 3 之(輸出)脈衝寬度)。

【0041】 由上述得知，當產生負載之短路時，以微秒程度停止換流器 3 之輸出。再者，控制部 6 係將成為短路之原因的異常部位予以顯示(通知)，以提高交流負載用之電源裝置的穩定停止功能性能。

【0042】 具體而言係如下所述。電漿產生裝置 5 之正常時之負載電壓 V_d 的特性係通常取決於第 2 圖所示之負載電流 I_d 。亦即，負載電壓 $V_d = f(I_d)$ (第 2 圖之實線)，電漿產生裝置 5 係維持負載電壓 V_d 而驅動。然而，當電漿

產生裝置 5 產生異常，在電漿產生裝置 5 中，就無法以負載電壓 V_d 維持運轉，而檢測出非常低之電壓。

【0043】 因此，例如將成爲負載電壓 V_d 之約 0.3 倍以下之近似的預定電壓 $V_{tH} = c \times I_d + d$ (c, d : 常數，第 2 圖之一點鏈線) 設定在控制部 6。在此，在變壓器 4 與電漿產生裝置 5 之間，配設有電流檢測器 41 與電壓檢測器 42，各檢測器 41, 42 係恆常地檢測供給至電漿產生裝置 5 之電流值/電壓值。

【0044】 電流檢測器 41 係檢測出電流值 I_{d1} ，將該電流值 I_{d1} 檢測時之電壓檢測器 42 的電壓檢測值設爲 V_1 。控制部 6 係接收各檢測值 I_{d1} ， V_1 ，判斷電壓檢測值 V_1 爲預定電壓 $V_{tH} (= c \times I_{d1} + d)$ 以下。

【0045】 在此情形下，控制部 6 係判斷在電漿產生裝置 5 中產生異常(判斷在電漿產生裝置 5 之輸入側產生短路)，控制部 6 係傳送用以停止換流器 3 之輸出的閘遮斷信號。邏輯電路 61 係接收上述驅動信號(f, τ)與該閘遮斷信號，並將屬於邏輯結果之閘遮斷信號輸出至換流器驅動電路 62。然後，依據該閘遮斷信號，停止換流器 3 之輸出。在上述之情形下，控制部 6 爲了進一步通知在電漿產生裝置 5 產生異常之主旨，係在顯示裝置(未圖示)中進行異常顯示，並將該異常通知給使用者。

【0046】 另一方面，從換流器 3 輸出之電壓 V_o 爲高壓之變壓器 4 的 1 次側電壓，藉由監視該電壓 V_o ，而可檢測到包含變壓器 4 之輸出負載部的異常狀態。

【0047】 正常時之換流器輸出電壓 V_o 的特性，通常係取決於第 3 圖所示之換流器輸出電流 I_o 。亦即，負載電壓 $V_o = f(I_o)$ (第 3 圖之實線)，電源裝置 10 係維持換流器輸出電壓 V_o 並予以驅動。然而，在電漿產生裝置 5 或變壓器 4 中產生異常時，電源裝置 10 就無法維持換流器輸出電壓 V_o ，而檢測出非常低之電壓。

【0048】 因此，例如將換流器輸出電壓 V_o 之約 0.3 倍以下的近似之預定電壓 $V'_{tH} = A \times I_o + B$ (A, B ：常數，第 3 圖之一點鏈線) 設定在控制部 6。在此，在換流器 3 與變壓器 4 之間，配設有電流檢測器 31 與電壓檢測器 32，各檢測器 31, 32 係恆常地檢測從換流器 3 輸出之電流值 / 電壓值。

【0049】 電流檢測器 31 係檢測出電流值 I_{o2} ，將該電流值 I_{o2} 檢測時之電壓檢測器 32 的電壓檢測值設為 V_2 。控制部 6 係接收各檢測值 I_{d2}, V_2 ，且判斷電壓檢測值 V_2 為預定電壓 $V'_{tH} (= a \times I_{o2} + B)$ 以下。

【0050】 在此情形下，控制部 6 係判斷在變壓器 4 及 / 或電漿產生裝置 5 中產生異常 (判斷在換流器 3 之輸出側中產生短路)，控制部 6 係傳送用以停止換流器 3 之輸出的閘遮斷信號。邏輯電路 61 係接收上述驅動信號 (f, τ) 與該閘遮斷信號，將屬於邏輯結果之閘遮斷信號輸出至換流器驅動電路 62。再者，依據該閘遮斷信號，停止換流器 3 之輸出。在上述情形下，控制部 6 係為了進一步通知在換流器 3 之輸出側產生異常之主旨，在顯示裝置 (未圖示)

中進行異常顯示，並將該異常通知使用者。

【0051】 如此，在電源裝置 10 中，藉由在換流器 3 之輸出部配設有限流電抗器 L_c ，而可採取當發生故障(短路)時之對策(亦即，可實現短路電流之抑制)。20 μ H 至數百 μ H 左右之限流電抗器 L_c 係在換流器 3 之輸出部以後產生短路時，可抑制非常大之短路電流。因此，該限流電抗器 L_c 之配設不僅係防止電源裝置 10 之故障，且亦將電源裝置 10 本身設為保護協調均衡之安全電源。

【0052】 例如，若電源裝置 10 之保護協調不充分，而在第 1 圖所示之系統中產生短路等之故障時，成為停止設置該系統之工廠整體之配電盤之斷路器的事態。然而，在本發明中，由於電源裝置 10 具有上述限流電抗器 L_c ，且可防止上述之事態。

【0053】 限流電抗器 L_c 係以換流器 3 之輸出電流值的平方($= 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L \cdot I^2$)增加電容，當負載為電容性時，施加在限流電抗器 L_c 之電壓係相對於換流器 3 之輸出電壓而升壓。因此，當限流電抗器 L_c 之電抗器值 L 變大時，限流電抗器 L_c 之電容亦變得非常大，且電源裝置 10 外形整體會變大，電源裝置 10 之重量亦會變重。因此，在對具有複數個放電單元之電漿產生裝置 5 供給電源之本發明的電源裝置 10 中，配設於該電源裝置 10 之限流電抗器 L_c 的電抗器值 L ，係從電源裝置 10 之小型化/輕量化的觀點來看，特別是以 20 μ H 至 70 μ H 左右為佳。

【0054】 再者，電源裝置 10 係藉由設有在產生短路

時迅速判斷停止換流器 3 之輸出的功能，即可早期復原。亦即，即時地停止電源裝置 10 之電源供給，且通知產生異常部位，藉此可提早重新開始電源供給。

【0055】 然而，依據供給至電漿產生裝置 5 之電力，原料氣體之供給氣體流量，電漿產生裝置 5 內之氣體壓力及放電單元的溫度，電漿產生裝置 5 之負載狀態亦會變動。由此，在電漿產生裝置 5 中，爲了藉由電漿使臭氧等以所希望之產生量/產生濃度穩定地產生，以下所述者亦爲重要之控制。亦即，爲了將供給至各放電單元之原料氣體 70 的供給氣體流量，電漿產生裝置 5 內之氣體壓力，爲了冷卻放電單元而被循環供給至電漿產生裝置 5 內之冷媒 78 的冷媒流量，由該冷媒產生之溫度，及從電漿產生裝置 5 輸出之氣體 76 的濃度設在一定精度範圍內，係由電源裝置側控制電漿產生裝置 5。藉由該控制，可使在電漿產生裝置 5 產生之電漿狀態在穩定之區域動作，結果可使電漿產生裝置 5 穩定地運轉。

【0056】 因此，在電漿產生裝置 5 之配設側設置有：可測定/調整原料氣體 70 之供給氣體流量的氣體流量調整部 71；可測定/調整放電單元內之氣體壓力的氣體壓力調整部 73；可測定/調整循環供給至電漿產生裝置 5 內之冷媒 78 之溫度的冷媒溫度調整部 74；可測定/調整該冷媒之流量的冷媒流量調整部 75；及可測定電漿產生裝置 5 所生成之氣體 76 之濃度的濃度檢測器(監視器)72(參照第 1 圖)。

【0057】 在此，氣體流量調整部 71 係對於設定氣體

流量以例如 $\pm 5\%$ 以內之精度(在所希望範圍內)，調整原料氣體之供給氣體流量。此外，氣體壓力調整部 73 係對設定氣體壓力，以例如 $\pm 5\%$ 以內之精度(在所希望範圍內)，調整放電單元內之氣體壓力。此外，冷媒溫度調整部 74 係對於設定冷媒溫度，以例如 $\pm 10\%$ 以內之精度(在所希望範圍內)，調整冷媒之溫度。再者，冷媒流量調整部 75 係對設定冷媒流量以例如 $\pm 10\%$ 以內之精度(在所希望範圍內)，調整冷媒之循環流量。由電漿產生裝置 5 所生成之氣體 76 的濃度係以例如 $\pm 2\%$ 以內之精度(在所希望範圍內)進行測定。藉由電漿產生裝置 5 與電源裝置 10 之間的信號之傳送接收，在該等之範圍內對各項目進行控制/管理，藉此從電漿產生裝置 5 輸出所希望之氣體量/氣體濃度的氣體 76。

【0058】 此外，設定於氣體流量調整部 71 之供給氣體流量設定值，由氣體流量調整部 71 所測定之供給氣體流量值，設定於氣體壓力調整部 73 之氣體壓力設定值，由氣體壓力調整部 73 所測定之氣體壓力值，由冷媒溫度調整部 74 所測定之冷媒溫度，及設定於冷媒流量調整部 75 之冷媒的流量設定值，及由冷媒流量調整部 75 所測定之冷媒的流量值，係分別透過電源裝置 10 之外部信號介面 63，與控制部 6 隨時進行傳送接收。藉由該傳送接收，控制/管理從電源裝置 10 輸出至電漿產生裝置 5 之功率量。藉此，在電漿產生裝置 5 中，生成/輸出流量/濃度穩定之氣體 76，且監視電漿產生裝置 5 中之上述各物理量。

【0059】 在此，就氣體流量調整部 71 及冷媒流量調

整部 75 而言，可採用例如精度佳地控制氣體流量之質量流量控制器(MFC)。並且，就氣體壓力調整部 73 而言，可採用例如將氣體壓力恆常控制成一定之自動壓力控制器(APC)。

【0060】 此外，在電漿產生裝置 5 配設側，亦設置有檢測出生成之臭氧氣體的氣體濃度及該臭氧氣體之流量的氣體偵測器 72(參照第 1 圖)。並且，由該氣體偵測器 72 所檢測之氣體濃度及氣體流量亦透過外部信號介面 63 隨時地傳送至控制部 6。

【0061】 再者，在本實施形態中，控制部 6 係傳送接收原料氣體之供給氣體流量(氣體流量調整部 71 之設定值信號及檢測值)，且判斷設定氣體流量是否在上述所希望範圍以內，電源裝置 10 係以輸出對應於流通之氣體流量與生成之氣體 74 之濃度的電力之方式，控制換流器 3 之脈衝寬度或脈衝頻率。再者，控制部 6 係判斷放電單元內之壓力(氣體壓力調整部 73 的設定值信號及檢測值)相對於設定氣體壓力是否在上述所希望範圍以內。再者，控制部 6 係判斷冷媒之溫度(冷媒溫度調整部 74 的檢測值)相對於設定冷媒溫度是否在上述所希望範圍以內。再者，控制部 6 係判斷冷媒之流量(冷媒流量調整部 75 之設定值信號及檢測值)相對於設定冷媒流量是否在上述所希望範圍以內。若各檢測信號(檢測值)在所希望範圍以外，電源裝置 10 本身會發出異常信號，使電漿產生裝置 5 立刻停止。或者，依據檢測信號(檢測值)，對輸出功率進行換流器 3 之脈衝寬度控

制等。藉此，爲了使生成之氣體的濃度不會成爲所希望值範圍外，可監視使電漿產生裝置 5 可進行穩定運轉。

【0062】 在上述各判斷中，控制部 6 係檢測到原料氣體之供給氣體流量(氣體流量調整部 71 之檢測值)相對於設定氣體流量爲上述所希望範圍外。或者，控制部 6 係檢測到放電單元內之壓力(氣體壓力調整部 73 之檢測值)相對於設定氣體壓力爲上述所希望範圍外。或者，控制部 6 係檢測到冷媒之溫度(冷媒溫度調整部 74 之檢測值)相對於設定冷媒溫度爲上述所希望範圍外。或者，控制部 6 係檢測到冷媒之流量(冷媒流量調整部 75 之檢測值)相對於設定冷媒流量爲上述所希望範圍外。

【0063】 在上述各情形下，控制部 6 係透過邏輯電路 61 將閘遮斷信號 602 送入至換流器驅動電路 62。藉此，可停止換流器 3 之立刻輸出。在此，對邏輯電路 61，從控制部 6 傳送驅動信號(f ：換流器 3 之驅動脈衝週期 $1/f$ ， τ ：換流器 3 之脈衝寬度)601。

【0064】 由上述得知，在電漿產生裝置 5 之各物理量中產生異常時，以微秒程度可停止換流器 3 之輸出。再者，控制部 6 係將在電漿產生裝置 5 中產生異常之事(哪一個物理量異常)顯示(通知)在顯示裝置(未圖示)。藉此，使用者可立刻辨識到電漿產生裝置 5 中上述物理量爲異常。

【0065】 如上所述，在本實施形態中，將在電漿產生裝置 5 中運轉之環境條件保持爲一定，電源裝置 10 係以依據在電漿產生裝置 5 中產生之流量/壓力/溫度等物理量

令電源裝置 10 可輸出最適當之功率量之方式調整換流器 3，並且立刻檢測到該物理量之異常，若為異常，電源裝置 10 係可使換流器 3 之輸出停止。再者，電源裝置 10 係在物理量之異常產生時通知該異常，因此使用者係可立刻辨識在電漿產生裝置 5 產生之異常。利用電漿產生裝置 5，在電源裝置 10 側監視可能成為負載之短路主要原因之氣體流量的急速減少，放電單元內之壓力的急速減少，冷卻水量之降低，或冷卻水溫度上升等異常狀態。藉此，可事前發現電漿產生裝置 5 本身之不穩定要因，以使負載之短路異常或過電壓異常狀態不會發生之方式，控制電源裝置 10 本身。

【0066】 在此，控制部 6 係將驅動信號 601 及閘遮斷信號 602 輸出至邏輯電路 61，依據該輸出，利用第 4 圖說明換流器 3 之輸出波形如何地變化。在第 4 圖之第 2，3 段中，顯示 2 個閘極信號之 ON-OFF 信號，藉由使該等之 2 種信號合成，而成為 1 個驅動信號 601。

【0067】 控制部 6 係對邏輯電路 61 傳送直接驅動換流器 3 之驅動信號(為閘極信號，ON-OFF 信號)601。該驅動信號係在第 4 圖之第 2，3 段圖示。然後，邏輯電路 61 係依據該驅動信號，將換流器 3 之驅動脈衝週期($1/f$)與脈衝寬度發出指令至驅動換流器 3 之換流器驅動電路 62。然後，接受到該指令之換流器驅動電路 62 係藉由驅動脈衝週期($1/f$)與脈衝寬度 τ 使換流器 3 驅動(參照第 4 圖之第 1 段(最上段))。

【0068】 在此，閘遮斷信號(第 4 圖之最下段)602 為 H 信號時(正常時)進行上述動作，當閘遮斷信號 602 為 L 信號時(異常產生時)，無關於驅動信號之輸入，邏輯電路 61 係將使換流器 3 停止之指令傳送至換流器驅動電路 62。然後，接受到該指令之換流器驅動電路 62 係停止換流器 3 之輸出。此外，若閘遮斷信號 602 為 L 信號，如上所述以微秒程度可使換流器 3 之輸出停止。

【0069】 再者，在正常時，從換流器 3 輸出驅動脈衝週期(1/f)與脈衝寬度 τ 之波形，依據該波形，電源裝置 10 係對電漿產生裝置 5 供給高頻/高電壓之電力。然後，在電漿產生裝置 5 中，供給氣體流量，氣體壓力，冷媒流量及冷媒溫度係在所希望範圍內，而可進行穩定之電漿產生裝置 5 的運轉。

【0070】 在電漿產生裝置 5 與電源裝置 10 之間，傳送接收供給氣體流量，氣體壓力，冷媒流量及冷媒溫度等之設定信號及檢測信號值。藉此，可進行電漿產生裝置 5 之穩定運轉。亦即，為了將最適當之電力供給至電漿產生裝置 5，電源裝置 10 係依據設定信號及檢測信號值，對換流器 3 之脈衝寬度/脈衝頻率進行前饋控制/反饋控制。

【0071】 <實施形態 2>

本實施形態之電源裝置 10 可由後述得知，係採用以抗負載變動強之並聯諧振為主體之構成。

【0072】 電漿產生裝置 5 之電容性之負載時，電流相位對於電壓波形相位前進大致 90° 左右。亦即，供給至電

漿產生裝置 5 之電容雖非常大，但只有在有功功率為電容之 $1/5$ 至 $1/10$ 左右(負載功率因素為約 10% 至 20% 左右)之狀態下可穩定地將能量投入於電漿產生裝置 5。因此，要求電容非常大之電源裝置 10。因此，藉由設置感應性之電抗器，進行在電源裝置 10 之負載功率因素的功率因素改善(在電漿產生裝置 5 與電源裝置 10 之間作成諧振狀態)。

【0073】 在本實施形態中，實施形態 1 中所說明之電源裝置 10 中，變壓器 4 係為 2 次側激磁電感比漏電感之 5 倍還大之高性能變壓器。以諧振頻率(參照(1)式)成為電漿產生裝置 5 之動作頻率域之方式，將電漿產生裝置 5 之靜電電容值與動作頻率代入(1)式，而算出電感值。使該算出之電感值成為將變壓器 4 之 2 次側激磁電感，漏電感予以合成而得的電感值(以下稱為變壓器電感值)。藉此，本實施形態之變壓器 4 係為除了具有習知之升壓/絕緣功能之外，亦兼具負載與諧振功能之電漿產生裝置 5 專用的高性能變壓器。以下，針對本實施形態詳細地說明。

【0074】 第 5 圖係將電漿產生裝置 5 之放電單元並聯連接複數個所構成之等效電路圖。而且，第 6 圖係將第 5 圖所示之複數個放電單元予以合成所構成之等效電路圖。電源裝置 10 係對於第 6 圖所示之具有等效電路之電漿產生裝置 5 施加負載電壓 V_{d0} ，即便使負載電流 I_{d0} 流通於該電漿產生裝置 5，實際上流通於各放電單元之電流係因下述理由而變動。

【0075】 亦即，如第 5 圖所示，將放電單元予以並聯

連接複數個時，在配線之長度部分具有以配線製作之配線電感 L_N 。因此，即使對於電漿產生裝置 5 施加負載電壓 V_{d0} ，施加於各放電單元之電壓亦因流至配線之電流與配線電感 L_N 之電壓降下作用(或電壓升壓作用)而變異。藉此，在各放電單元並未流通均等之電流。此外，在將複數個放電單元予以並聯連接之情形時，投入至各放電單元之電力(電流)的變動會變大。

【0076】 亦即，在第 5 圖所示之各電流值 I_{d0} ， I_{d1} ， I_{d2} ... I_{dN} 中，成爲 I_{d0}/N (N : 放電單元之個數) $\neq I_{d1} \neq I_{d2}$... $\neq I_{dN}$ 之關係。

【0077】 再者，上式所示之流通於每個放電單元之放電單元電流(I_{d1} ， I_{d2} ... I_{dN})的變動幅度，係由每個放電單元之製造精度及設定條件(原料氣體之供給氣體流量的設定值，放電單元之氣體壓的設定值，冷媒之供給量的設定值及冷媒溫度之設定值等)大幅取決於變異等。因此，在並聯連接複數個放電單元而構成之電漿產生裝置中，除了每個放電單元之製造精度及設定條件以外，流通於各放電單元之各放電單元電流會因配線電感 L_N 而大幅變動。

【0078】 再者，對第 6 圖所示之等效電路(電漿產生裝置 5)施加負載電壓 V_{d0} 時，投入於電漿產生裝置 5 之電漿負載功率 P_w 係如以除了配線電感 L_N 以外之放電單元本身的各常數所示之下式。

【0079】

$$P_w = \alpha \cdot V^* \cdot I_{B0} = 4 \cdot C_{g0} \cdot V^* \cdot f \cdot \{ 2^{0.5} \cdot V_{d0} - (1 + C_{a0}/C$$

$$g_0) \cdot V^* \} = [A \cdot F(V_{d0}) + B] \cdot f \quad (2) \text{式}$$

其中， α 為在放電空間之電漿放電通流率 (< 1.0)。 V^* 為放電維持電壓。 I_{b0} 係如第 6 圖所示為總放電電漿電流。 C_{g0} 係如第 6 圖所示為將各放電單元之介電體部分的靜電電容值予以合成而得之介電體靜電電容值。 f 為施加於電漿產生裝置 5 之高頻交流電壓的動作頻率 ($k \text{ H z}$)。 C_{a0} 係如第 6 圖所示為將各放電單元之放電空間部分的靜電電容值予以合成而得之放電空間靜電電容值。 $F(V_{d0})$ 係顯示取決於施加在放電單元間之負載電壓 V_{d0} 的函數值。此外， A 及 B 係由電漿產生裝置 5 所決定之常數。

【0080】 若決定上述常數 A ， B 及頻率 f ，則電漿負載功率 P_w 係對應於施加在放電單元本身之電漿負載電壓 V_{d0} ($k \text{ V}$) 而唯一地決定。亦即，藉由關於 P_w 之上式，如第 7 圖所示，電漿負載功率 P_w (W) 係顯示相對於電漿負載電壓 V_{d0} ($k \text{ V}$) 直線地增加之特性。

【0081】 在此，於第 7 圖中，左之縱軸為電漿負載功率 P_w (W)，右之縱軸為對電漿產生裝置 5 供給電源之電源裝置 10 所具備之換流器 3 的換流器輸出 (%)，橫軸係電漿負載電壓 V_{d0} ($k \text{ V}$)。此外，在第 7 圖中，特性 2003 係在頻率 $f = 15.5 \text{ k H z}$ 為一定之情形，特性 2004 係在頻率 $f = 16.0 \text{ k H z}$ 為一定之情形，特性 2005 係在頻率 $f = 16.5 \text{ kHz}$ 為一定之情形。

【0082】 接著，檢證施加在第 6 圖所示之電漿產生裝置 5 之電漿負載電壓 V_{d0} 的相位向量，及流至該電漿產生

裝置 5 之電漿負載電流 I_{d0} 的相位向量時，係如第 8 圖所示。然而，第 8 圖之相位向量係以施加於等效電路之放電空間的放電維持電壓 V^* 與流至放電空間之電流(放電電流) I_{b0} 之相位向量為基準，以向量顯現施加於放電單元之各部的電壓/電流相位。

【0083】 在第 8 圖中，以第 6 圖之等效電路所示的放電空間中，當帶電於介電體電容器 C_{g0} 間之電荷 Q 超過在放電空間之放電維持電壓 V^* 時會放電，當電荷 Q 放電時，在放電空間之放電立刻會停止。因此，在放電空間中，以一定之放電維持電壓 V^* 進行之間歇放電係在電極面整體反覆進行。

【0084】 在放電空間產生之放電部的放電阻抗係看作為純粹之電阻負載 R_{p0} (參照第 6 圖)，因此在流至放電空間之電流(放電電流) I_{b0} ，與相當於放電電壓之放電維持電壓 V^* 之間並無相位差，電流 I_{b0} 係與放電維持電壓 V^* 同相位(0 相)。

【0085】 第 8 圖之向量圖係以水平向量顯示相位 0° 狀態，以上方之垂直方向顯示相位前進 90° 之向量，相反地以下方之垂直方向定義相位延遲 90° 之向量狀態。

【0086】 在第 8 圖之向量圖中，以相位 0° ，施加電壓 $\alpha \cdot V^*$ 流通有放電電流 I_{b0} 時，在未在放電空間放電之空間 $(1 - \alpha)$ 中(在放電空間之靜電電容 C_{a0})流通有總電容器電流 I_{a0} 。其中，總電容器電流 I_{a0} 係相對於相位 0 之放電電流 I_{b0} ，相位前進 90° 。接著，總負載電流 I_{d0} 係如第

6 圖之等效電路所示，成爲上述相位 0° 之放電電流 I_{b0} 與相位前進 90° 之總電容器電流 I_{a0} 的向量合成者，而流通第 8 圖所示之相位的總負載電流 I_{d0} 。

【0087】 接著，施加於放電單元內之介電體的總靜電電容 C_{g0} 間之電壓 V_{cg} 之相位係定義爲相對於向量顯示之總負載電流 I_{d0} 延遲 90° 的相位。因此，如第 8 圖所示施加相位之電壓 V_{cg} 。

【0088】 再者，施加於放電單元之總負載電壓 V_{d0} 的相位係定義爲施加在介電體之總靜電電容 C_{g0} 間的電壓 V_{cg} 與施加在放電空間之放電維持電壓 V^* 的合成向量。因此，如第 8 圖所示施加相位之總負載電壓 V_{d0} 。

【0089】 因此，由第 8 圖得知，相對於施加在放電單元間之總負載電壓 V_{d0} 之相位的總負載電流 I_{d0} 之相位差係成爲 φ° 之電流超前負載(電容性)。由第 8 圖得知，對於放電電力 $P_w (= \alpha \cdot V^* \cdot I_{B0})$ 之放電單元所需之供給功率容量 PQ 係以總負載電流 I_{d0} 與總負載電壓 V_{d0} 之向量合成表示，而成爲下式。

【0090】

$$PQ = I_{d0} \cdot V_{d0} \quad (\text{kVA})$$

相對於放電電力 P_w ，供給功率容量 PQ 係成爲非常大之值。

【0091】 再者，在第 6 圖所示之電漿產生裝置 5 的負載功率因素(或電漿負載功率因素) $\eta_d (= P_w/PQ \times 100)$ 係數十%程度之非常低的電流超前負載。因此，在電容性負載

之電漿產生裝置 5 中，爲了供給預定之放電電力 P_w ，電漿產生裝置 5 之輸出電容係非常大，且裝置會變大。解決該問題之手段係改善負載之功率因素的功率因素改善手段。

【0092】 發明者等係針對串聯諧振方式之功率因素改善手段及並聯諧振方式之功率因素改善手段進行調查，以發現可使屬於電容性負載之電漿產生裝置 5 穩定地運轉的諧振方式。亦即，發明者等發現一種諧振方式，係在將複數個放電單元並聯連接之電漿產生裝置 5 中，儘可能使投入每個放電單元之放電功率量的變動變小，且可改善功率因素。以下，具體地加以說明。

【0093】 第 9 圖係顯示串聯諧振方式之功率因素改善手段的圖。在第 9 圖中，於第 6 圖所示之電漿產生裝置 5 連接有實施形態 1 所說明之電源裝置 10。然後，在該電源裝置 10 之變壓器 4 的輸出部，以串聯方式配設有負載諧振用電感器 7。再者，第 10 圖係顯示採用串聯諧振方式時之向量特性的圖。

【0094】 此外，第 11 圖係顯示並聯諧振方式之功率因素改善手段的圖。在第 11 圖中，於第 6 圖所示之電漿產生裝置 5 連接有實施形態 1 所說明之電源裝置 10。然後，在該電源裝置 10 之變壓器 4 的輸出部，以並聯方式配設有負載諧振用電感器 7。再者，第 12 圖係顯示使用並聯諧振方式時之向量特性的圖。

【0095】 在採用串聯諧振方式之電源裝置 10 中，如第 9 圖所示，對於變壓器 4 以串聯方式設置作爲負載諧振

用電感器 7 之電抗器 L_r 。負載為電容性且總負載電壓 V_{d0} 之相位與總負載電流 I_{d0} 之相位不同時，如第 9 圖所示，不僅從電源裝置 10 供給之電流 I_s ，無效電流(反射電流) I_c 亦透過變壓器 4 而回流(參照第 9 圖之虛線箭頭)。其中，無效電流 I_c 係從電漿產生裝置(負載)5 側回到電源裝置 10 側之流動電流。

【0096】 透過對於負載串聯配置之電抗器 L 流通有總負載電流 $I_{d0}(=I_s+I_c)$ ，該總負載電流 $I_{d0}(=I_s+I_c)$ 係在從電源裝置 10 供給至電漿產生裝置 5 之電流 I_s 重疊有無效電流 I_c 。然後，藉由在電抗器 L 流通有總負載電流 I_{d0} ，且在電抗器 L_r 間感應電抗器電壓 V_L 。該電抗器電壓 V_L 當然為相對於第 8 圖所示之總負載電流 I_{d0} 前進 90° 之電壓。亦即，由總負載電壓 V_{d0} 之向量電壓減去電抗器電壓 V_L 之向量電壓所得的向量電壓 V_s ，係成為從變壓器 4 輸出之變壓器電壓 V_s 。

【0097】 第 10 圖顯示採用上述串聯諧振方式之電源裝置 10 之向量特性的圖。亦即，從變壓器 4 輸出之總負載電流 I_{d0} ，與變壓器 4 之二次電壓的變壓器電壓 V_s 係為同相位，在變壓器 4 之輸出部的功率容量($=I_{d0} \cdot V_s$)係改善至接近電漿負載功率 P_w 之值為止(亦即，在變壓器 4 之輸出部的功率因素 η 係改善至接近 100% 為止)。

【0098】 在串聯諧振方式中，變壓器電壓 V_s 係顯示相對於施加在負載之總負載電壓 V_{d0} 為非常小之值，因此得知串聯諧振方式係對於電源輸出進行電壓放大之諧振方

式。換言之，藉由變壓器電壓 V_s 對於放電單元部成爲串聯之諧振用電抗器 L_r ，而放大至負載電壓 V_d 。在該串聯諧振方式中，如第 5 圖所示，將複數個放電單元並聯連接而構成時，各放電單元間之配線電感 L_N 係發揮串聯諧振功能之一部分的作用。如此，當將複數個放電單元予以並聯連接時，因配線電感 L_N 之大小的不同，電壓放大度會變化。藉此，包含施加於放電單元間之負載電壓 V_d 會大幅變動且注入各放電單元之功率量亦大幅變動的要素。

【0099】 另一方面，在採用並聯諧振方式之電源裝置 10 中，如第 11 圖所示，對於變壓器 4 以並聯方式設置作爲負載諧振用電感器 7 之電抗器 L_r 。當負載爲電容性且總負載電壓 V_{d0} 之相位與總負載電流 I_{d0} 之相位不同時，如第 11 圖所示，不僅從電源裝置 10 供給之電流 I_s ，無效電流(反射電流) I_c 亦透過諧振用電抗器 L_r 而回流(參照第 11 圖之虛線箭頭)。其中，無效電流 I_c 係從電漿產生裝置(負載)5 側回到電源裝置 10 側之流動電流。

【0100】 從電源裝置 10 側朝電漿產生裝置 5 流動有總負載電流 $I_{d0}(=I_s+I_c)$ ，該總負載電流 $I_{d0}(=I_s+I_c)$ 係在從電源裝置 10 供給至電漿產生裝置 5 的電流 I_s 重疊有無效電流 I_c 。其中，在並聯諧振方式中，僅無效電流 I_c 會流通於對於變壓器 4 並聯配置之電抗器 L_r 。流通至並聯連接之電抗器 L_r 的無效電流 I_c 爲來自負載側之反射電流，因此該無效電流 I_c 係成爲相對於施加在負載側之總負載電壓 V_{d0} 延遲 90° 之相位的電流。亦即，將總負載電流 I_{d0}

與無效電流 I_c 予以合成所得的向量電流係成爲從變壓器 4 輸出之電流 I_s 。

【0101】 第 12 圖顯示採用上述並聯諧振方式之電源裝置 10 之向量特性的圖。亦即，從變壓器 4 輸出之總負載電流 V_{d0} ，與從變壓器 4 輸出之輸出電流的電流 I_s 係爲同相位，在變壓器 4 之輸出部的功率容量(= I_{d0}/I_s)係改善至接近電漿負載功率 P_w 之值爲止(亦即，在變壓器 4 之輸出部的功率因素 η 係改善至接近 100% 爲止)。

【0102】 在並聯諧振方式中，從變壓器 4 輸出之輸出電流 I_s 係顯示相對於流至負載之總負載電流 I_{d0} 爲非常小之值，因此得知並聯諧振方式係對於電源輸出進行電流放大大之諧振方式。

【0103】 再者，發明者等係檢討採用串聯諧振方式之電源裝置 10 將電源供給至連接有複數個放電單元之電漿產生裝置 5 的情形，及採用並聯諧振方式之電源裝置 10 將電源供給至連接有複數個放電單元之電漿產生裝置 5 的情形，並實施哪一種情形能更穩定地驅動該電漿產生裝置 5 之實證試驗。

【0104】 結果得知，在採用第 9 圖所示之串聯諧振方式之電源裝置 10 將電力供給至前述電漿產生裝置 5 的情形時，由於以下之要因，而有損負載之穩定運轉，且一部分之放電單元會破損。

【0105】 亦即，如第 5 圖所示，將各放電單元予以並聯連接時，負載之合成阻抗及總放電電漿電阻 R_{p0} 係與

n (放電單元之個數)成反比而變小，負載電流係與 n 成正比而變大，且總負載電流 I_{d0} 之變動幅度會變大。而且，在各放電單元間之連接配線部分的配線電感值 L_N 將無法忽視。如此，若為以串聯諧振方式為主體之諧振方式，配線電感值 L_N 係發揮在電源裝置 10 中串聯配置之負載諧振用電感器 7(電抗器 L_r)的電壓放大功能之作用。藉此，電壓放大之負載電壓 V_d 的變動幅度會增加，電漿負載功率 P_w 係由式(2)所示之施加於放電單元本身之負載電壓 V_d 而決定。藉此，供給至各放電單元部之功率容量變動會變大，於放電單元部注入有大功率容量的放電單元亦可能破損。

【0106】 相對於此，在採用第 11 圖所示之並聯諧振方式之電源裝置 10 將電力供給至前述電漿產生裝置 5 的情形時，因以下之要因，而可進行負載之穩定運轉。

【0107】 若為以並聯諧振方式為主體之諧振方式，在負載部降低電壓放大功能，使電流放大成爲主體。因此，施加於放電單元之負載電壓 V_d 係幾乎與變壓器電壓 V_s 相等。因此，藉由配設複數個放電單元，即使配線電感值 L_N 大幅變動，因該配線電感值 L_N 所產生之電壓放大度係成爲與串聯諧振方式之電壓放大度相比爲非常小之值。由此，施加於各放電單元之負載電壓 V_d 的變動幅度係抑制在非常小。結果，供給至各放電單元部之功率容量變動小，且均等地供給電力，在一部分之放電單元集中大的電力注入，而可排除使放電單元破損等之主要原因。

【0108】 亦即，總負載電壓 V_{d0} 爲一定，且施加在

相對於變壓器 4 並聯設置之電抗器 L_r ，因此成爲利用從負載側反射之無效電流 I_c 的電流放大諧振方式。因此，成爲在各放電單元間之連接配線部分之由配線電感值 L_N 產生的電壓諧振並未進行之條件。因此，配線電感值 L_N 與設置在電源裝置 10 之負載諧振用電感器 7(電抗器 L_r)的相互干涉幾乎不會發生，施加在各放電單元之負載電壓 V_d 係大致一定。如此，由於負載電壓 V_d 之變動小，因此由式(2)之電漿負載功率 P_w 所決定之供給至各放電單元部之功率容量的變動亦會變小係爲主要原因。

【0109】 在此，在實際之電源裝置 10 中，亦得知於變壓器 4 等構成上共存有串聯諧振方式與並聯諧振方式。因此，本發明者等係從電漿產生裝置 5 之穩定運轉的觀點來看，試驗二個諧振比率是適合哪一個比率。

【0110】 再者，該試驗之結果得知，較佳爲構成在電源裝置 10 之輸出部分使並聯電抗器成分相對於串聯電抗器成分大約 5 倍。並且，以對變壓器 4 之內部設置負載諧振用電感器 7(亦即變壓器 4 之合成諧振電抗器 L_r)之功能的方式，設計該變壓器 4，並將本發明之變壓器 4 設爲對於電漿產生裝置 5 之專用變壓器(高性能變壓器)。

【0111】 在本實施形態中，以符合上述諧振比率條件之方式(亦即使其以並聯諧振爲主之方式)提供電源裝置 10。更具體而言，在本實施形態中提供一種新穎之變壓器 4，該變壓器 4 係具有負載諧振用電感器之功能，以符合上述諧振比率條件。第 13 圖係顯示該新穎之變壓器(高性能

變壓器)4 之等效電路構成之圖。再者，第 14 圖係顯示變壓器 4 之性能特性的圖。

【0112】 在此，在第 14 圖中，左縱軸為激磁電感(任意單位)，右縱軸為漏電感(任意單位)，橫軸為變壓器間隙長度(mm)。此外，2001 係在變壓器 4 之 2 次側換算之激磁電感 L_{s2} 特性，2002 係在變壓器 4 之 2 次側換算之漏電感特性 L_{d2} 。

【0113】 第 13 圖中不僅圖示了在實施形態 1 所說明之限流電抗器 L_c ，亦圖示新穎之變壓器 4 的等效電路。 L_{s1} 係在 1 次側變壓器線圈形成磁場之激磁電感成分。此外， L_{d2} 係由 1 次側線圈與 2 次側線圈之磁通的結合損失份來假設之漏電感成分。

【0114】 通常，就連接在變壓器之 2 次側的負載而言，馬達等電感性負載，熱電機器等電阻負載，或本發明之電漿產生裝置等的電容性負載，一般而言，變壓器係設計成對應前述各種之負載。亦即，在通常之變壓器中，係以沒有來自負載之無效(反射)電流 I_c 的條件進行最適設計而製作。因此，在該通常之變壓器中，由於儘可能使由 1 次側供給之激磁用的 1 次電流減小，因此激磁電感成分 L_{s1} 係儘可能設計成較大，且設計成使 1 次側線圈與 2 次側線圈之磁場結合度增加，且使漏電感成分 L_{d2} 變小。

【0115】 因此，在通常變壓器中，將變壓器磁性體磁心間隙(變壓器間隙長度，以下亦簡稱為間隙長度)設計成 0.2mm 以下之區域 3001 的範圍內(參照第 14 圖)。

【0116】 如上所述，在習知之通常變壓器中，激磁電感係在 1 次側形成之電感 L_{s1} 。相對於此，在本發明之新穎的變壓器 4 中，注目在上述之無效電流 I_c 流至 2 次側之變壓器 4，且藉由該無效電流 I_c 進行由 2 次側變壓器 4 所形成之著眼於 2 次側激磁電感 L_{s2} 的設計。

【0117】 在本實施形態中，於變壓器 4 之 2 次側激磁電感 L_{s2} 與負載側之電漿產生裝置 5 中具有並聯諧振作用。藉此，可使負載諧振用電感器 7 之功能設在變壓器 4 內，且在變壓器 4 之 2 次側中，可進行與負載之並聯諧振。

【0118】 再者，在本實施形態之新穎的變壓器 4 中，如上所述以並聯諧振為主體。亦即，使因變壓器 4 之 2 次側的激磁電感 L_{s2} 與電漿產生裝置 5 之總靜電電容 C_0 的關係所產生之並聯諧振程度，比因配設在換流器 3 之輸出部的限流電抗器 L_c 及變壓器 4 之漏電感 L_{d2} 與電漿產生裝置 5 之總靜電電容 C_0 的關係所產生之串聯諧振的程度大。換言之，在該變壓器 4 中，與 2 次側之激磁電感 L_{s2} 相比較，儘可能使漏電感成分 L_{d2} 變小。具體而言，在第 13 圖中，以符合下式之關係的方式設計之變壓器 4 係本實施形態之新穎的變壓器 4。

【0119】

2 次側之激磁電感 $L_{s2} > 5 \cdot$ 漏電感成分 L_{d2}

亦即，在本實施形態之新穎的變壓器 4 中，2 次側激磁電感 L_{s2} 係比漏電感 L_{d2} 之 5 倍更大。此外，以使諧振頻率((1)式)成爲電漿產生裝置 5 之動作頻率域的方式，將

負載之靜電電容值與動作頻率代入式(1)，以算出電感值。所算出之電感值係成爲變壓器電感值。

【0120】 爲了進行功率因素改善而使用符合上述要件之變壓器 4，藉此可使上述無效電流之大部分回流於變壓器 4 之 2 次側激磁電感。

【0121】 在具有上述要件之變壓器 4 中，調整 2 次側激磁電感 L_{s2} 。亦即，必須將變壓器 4 之間隙長度擴展成比通常使用之變壓器的間隙長度更寬。由發明者之考察的結果得知，在本實施形態之新穎的變壓器 4 中，較佳意使用間隙長度爲 3.5mm 以下者。此外，若考慮實際之變壓器 4 的使用，亦得知變壓器 4 之間隙長度較佳爲 1mm 以上。亦即，在本實施形態之新穎的變壓器 4 中，如第 14 圖所示，較佳爲在區域 3002 之範圍內設定間隙長度。

【0122】 在此，若符合 2 次側之激磁電感 $L_{s2} > 5 \cdot$ 漏電感成分 L_{d2} 的關係，則變壓器 4 之間隙長度亦可大於 3.5mm(參照第 14 圖)。然而，將變壓器 4 之間隙長度設爲比 3.5mm 大時，往間隙間之洩漏磁通會增大，而有電源裝置 10 內之零件因該洩漏磁通而發熱等之問題的可能性。因此，由良好之電源裝置 10 的使用之觀點來看，較佳爲將間隙長度設定在 3.5mm 以下。

【0123】 此外，將變壓器 4 之間隙長度設爲比 1mm 小，將激磁電感 L_{s2} 設爲較大，且將式(1)之諧振頻率設爲一定時，電源裝置 10 之電容會變小。然而，則便使電容小之電源裝置 10 與負載產生諧振，亦無助於電源裝置 10 之

小型化或低價格化。因此，有鑑於前述問題，較佳為將本發明之變壓器 4 的間隙長度設定為 1.0mm 以上。藉此，電源裝置 10 之輸入電容係為 1k W 以上。

【0124】 此外，在本實施形態中，由電路計算，電源裝置 10 之動作交流頻率(諧振頻率) f_c 正確而言係由限流電抗器 L_c 之電感成分，本實施形態之新穎的變壓器 4 之電感成分(漏電感及激磁電感等)，及電漿產生裝置 5 之總靜電電容 C_0 來求出。電源裝置 10 係透過高功能變壓器 4，將具有該求出之 f_c 之高頻/高電壓輸出至電漿產生裝置 5。具體而言，控制部 6 係以換流器 3 成為諧振頻率 f_c 且輸出高頻電壓之方式，控制該換流器 3(更具體而言，設定換流器 3 之脈衝週期，並以換流器 3 之脈衝寬度控制輸出電壓)。

【0125】 在此，該 f_c 係由上述式(1)算出。其中，式(1)之 L 係將上述限流電抗器 L_c 之電感成分與變壓器 4 之電感成分予以合成所得到的合成電感 L_0 。換言之，式(1)之 L 係換流器 3 之輸出側以後之電源裝置 10 的合成電感 L_0 。此外，式(1)之 C 係電漿產生裝置 5 之合成靜電電容 C_0 。

【0126】 如上所述，在本實施形態中，變壓器 4 中，2 次側激磁電感 L_{s2} 係比漏電感 L_{d2} 之 5 倍更大。因此，電源裝置 10 係可改善以並聯諧振為主體之功率因素，使電源裝置 10 小型化及低成本化，以進行穩定之諧振動作。因此，接受來自該電源裝置 10 之電力供給的電漿產生裝置 5 係可實至非常穩定之動作。

【0127】 此外，在本實施形態中說明：相對於實施形態 1 所說明之限流電抗器 L_c 及具有異常產生時停止功能及異常通知功能之電源裝置 10，在高功能變壓器 4 中使 2 次側激磁電感 L_{s2} 比漏電感 L_{d2} 之 5 倍大的情形。

【0128】 然而，亦可採用亦相對於實施形態 1 所說明之限流電抗器 L_c 及未具有異常產生時停止功能及異常通知功能之電源裝置 10，在變壓器 4 中使 2 次側激磁電感 L_{s2} 比漏電感 L_{d2} 之 5 倍大的情形，同樣地，可發揮能進行穩定之並聯諧振動作的效果。此外，同樣地亦可採用以下形態：配設有限流電抗器 L_c ，亦相對於未具有異常產生時停止功能及異常通知功能之電源裝置 10，在變壓器 4 中使 2 次側激磁電感 L_{s2} 比漏電感 L_{d2} 之 5 倍大。

【0129】 < 實施形態 3 >

在實施形態 1 中，針對於換流器 3 之輸出部與變壓器 4 之輸入部之間配設限流電抗器 L_c 之情形進行說明(參照第 1 圖)。在本實施形態中，形成為使高功能變壓器 4 之 1 次側線圈的電感兼具該限流電抗器 L_c 之功能的構成。藉此，可省略限流電抗器 L_c 之物理性零件，電源裝置 10 係可由僅以直流電壓輸出部 20，換流器部及高功能變壓器 4 所構成之主電路來建構。以下，針對本實施形態之變壓器 4 加以說明。

【0130】 為了使變壓器 4 具有限流電抗器 L_c 之功能，係使變壓器 4 之 1 次側漏電感及/或 1 次側激磁電感具有限流電抗器 L_c 的電感成分。亦即，調整變壓器 4 之 1

次側線圈的捲繞數，使 1 次側漏電感及/或 1 次側激磁電感兼具限流電抗器成分。

【0131】 例如，若使在變壓器 4 之 1 次側線圈產生的磁通 ϕ_0 之一部分的磁通 ϕ_L 洩漏，且使與變壓器 4 之 2 次側線圈鏈接之磁通 ϕ_2 變小，則變壓器 4 之 1 次側漏電感會變大。以使該 1 次側漏電感之增加份成爲限流電抗器成分之方式，調整 1 次側之線圈的捲繞數。

【0132】 如此，在本實施形態中，變壓器 4 具有有限流電抗器之功能。因此，可省略限流電抗器 L_c 之物理性零件。且可僅藉由變壓器 4 來抑制短路電流。

【0133】 在此，實施形態 1 所說明之變壓器 4 亦可具有有限流電抗器之功能，實施形態 2 所說明之變壓器 4 亦可具有有限流電抗器之功能。

【0134】 < 實施形態 4 >

在本實施形態中，係關於實施形態 2 所說明之電源裝置 10 的電容上升。在對大電容化之電漿產生裝置 5 供給電力時，本實施形態之電源裝置 10 係爲有益者。

【0135】 如上所述，在搭載於電源裝置之一般變壓器中，以成爲對應於電感性負載，電阻負載，電容性負載之各種負載的方式設計。因此，習知之變壓器係未考慮來自電源驅動中負載之電壓反射(無效電流)，以變壓器本身之熱損失成爲最小者爲重點而設計。

【0136】 亦即，以使變壓器之 1 次側的激磁阻抗變大之方式，儘可能使變壓器之激磁電感值變大，且使變壓器

之漏電感變小，且以在抑制電損失之狀態下供給交流電力之方式，決定變壓器鐵心條件。因此，習知之變壓器係以使間隙長度成爲 0 或極小之方式設計(參照第 14 圖之區域 3001)。

【0137】 將該等變壓器並聯連接而運轉(以下稱爲(變壓器之)並聯運轉)時，基於下述之理由，具有流至每個變壓器之電流之變異的缺點。因此，並聯連接複數個小電容之變壓器的電源裝置係藉由使 1 台變壓器本身變大，而謀求電源裝置之電氣電容上升。

【0138】 亦即，通常之變壓器係規格設計成爲對應於各種負載之萬能變壓器。因此，通常之變壓器係僅考慮變壓器之磁通結合，而成爲使線圈電感變大(使變壓器之間隙長度變得非常小)的設計。亦即，如第 14 圖之變壓器性能特性所示，以變壓器之間隙長度小的區域 3001 進行設計。因此，激磁電感值係顯示較大之值，而激磁電感特性 2001 係成爲非常陡之區域。藉此，由製作精度之觀點來看，各個變壓器之激磁電感的變異係大至 $\pm 25\%$ 左右。因此，使習知之變壓器以複數個進行並聯運轉時，依據各個變壓器之激磁電感的變異，變壓器之 1 次激磁電流的變異幅度係最大變動 50% 左右。如此，在對習知之變壓器進行並聯運轉時，供給至每個變壓器之電流的變異會變大。

【0139】 在習知之變壓器中，傳達至變壓器之 2 次側的功率容量係受到 1 次側之激磁電流的影響。因此，如上所述在每個變壓器產生電流之變異時，當對變壓器進行並

聯運轉之情形時，電流集中流動在 1 個變壓器。該電流之集中係導致變壓器本身之發熱(熱損失)。因此，一般而言不進行變壓器之並聯運轉係為常態。

【0140】 然而，在本實施形態中，藉由使用具有功率因素改善功能之實施形態 2 的變壓器，即可對變壓器進行並聯運轉。亦即，即使對實施形態 2 之變壓器進行並聯運轉，使供給至變壓器之電容上升，亦可將傳達至各變壓器之電力均等地分配。

【0141】 在本發明中，負載係限定在電漿產生裝置 5(亦即電容性負載)。由此，在實施形態 2 之變壓器 4 中，利用從負載反射至電源裝置 10 側之變壓器 4 的無效電流 I_c ，謀求功率因素改善(參照實施形態 2)。藉此，電力會均等地分配在並聯構成之變壓器。

【0142】 第 15 圖係顯示實施形態 2 所說明之並聯連接有複數個變壓器 4 之情況的圖。在第 15 圖中，為了圖式簡略化，僅圖示配設在電源裝置 10 內之複數個變壓器 4 及限流電抗器 L_c 。此外，與第 15 圖不同地，亦可省略限流電抗器 L_c ，且以變壓器 4 兼具該限流電抗器 L_c 之功能(參照實施形態 3)。此外，在此之變壓器 4 係實施形態 2 所說明之具有並聯諧振功能的高功能變壓器。

【0143】 接著，說明該變壓器 4 之並聯運轉。

【0144】 該變壓器 4 係利用以從負載側反射之無效電流 I_c 所作成之 2 次側的激磁電感者。因此，在該變壓器 4 中，流通有從供給至 1 次側之電流減去無效電流 I_c 份所

得之電流，且供給至電漿產生裝置 5。亦即，從變壓器 4 之 1 次側供給且流至各變壓器 4 的電流(僅負載之無效電流 I_c 以外的有效電流之電流)會變小。該小的電流係僅流至變壓器 4 之 2 次側線圈，以謀求負載之功率因素改善，且防止變壓器本身之發熱(熱損失)變大。

【0145】 此外，在通常變壓器中，2 次側之負載電壓 $V_{d2}(k\ V)$ 係以 1 次側之線圈捲繞數與 2 次側之線圈捲繞數比而唯一地決定。另一方面，本實施形態說明之變壓器 4 的 2 次側之負載電壓 $V_{d2}(k\ V)$ 係除了以 1 次，2 次之線圈捲繞數比來決定，亦如下式所示以從負載側反射至 2 次側線圈之無效電流 I_c 所感應之電壓值來決定。亦即，無效電流 I_c 流通於變壓器 4 之 2 次側的激磁電感值，藉此感應之線圈電壓會受到影響。該感應之電壓值係成爲下式的關係。

【0146】

$$V_{d2} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_{s2} \cdot I_c$$

在此，上式中， f 爲諧振頻率，在該諧振頻率域中電源裝置 10 會動作，因此諧振頻率數係大致與動作頻率相等。 L_{s2} 爲 2 次側之激磁電感。

【0147】 即使將複數個變壓器 4 並聯連接而使用，在變壓器 4 之(2 次側)激磁電感產生變異，亦流通有往各個變壓器 4 之無效電流 I_c ，以使由上式決定之 2 次側的負載電壓 V_{d2} 成爲一定(由於爲並聯連接，因此 V_{d2} 係在各變壓器 4 爲相同電位)。

【0148】 在此，在實施形態 2 所說明之高性能變壓器

4 中，2 次側之激磁電感 L_{s2} 的製作精度會提高。這是由於如實施形態 2 所說明，將變壓器 4 之間隙設為較大(數 mm 左右)之故。具體而言，在實施形態 2 之變壓器 4 中，2 次側之激磁電感 L_{s2} 的製作精度為約 $\pm 3\%$ 以內(參照第 14 圖之區域 3002)。

【0149】 因此，藉由使用實施形態 2 之變壓器 4，可將各變壓器 4 間之 2 次側的激磁電感 L_{s2} 之變異抑制在極小程度。因此，各變壓器 4 中流通之無效電流 I_c 的變異幾乎不會產生，在各變壓器 4 中無效電流 I_c 係大致均等地流動。然後，從變壓器 4 之 1 次側供給至 2 次側的功率量係僅為除了供給至負載之無效功率量以外的有功功率份，且在各並聯連接之變壓器 4 中，1 次側電壓與 2 次側電壓為相同電位。因此，分配於各變壓器 4 之有功功率的變異，係抑制在各線圈之電感的變異精度內。有關該各線圈之電感的變異，由於在高功能變壓器 4 中為上述之製作精度(約 $\pm 3\%$ 以內)，因此關於從並聯連接之變壓器 4 的 1 次側傳達至 2 側的有功功率，亦在每個變壓器 4 大致均等。因此，不會有使變壓器 4 造成熱損傷之情形。

【0150】 如上所述，在本實施形態中，藉由使用實施形態 2 所說明之高功能變壓器 4，即便使該變壓器 4 並聯運轉，變壓器 4 之發熱亦不會過度發生。因此，可進行變壓器 4 之並聯運轉，即使電漿產生裝置 5 大電容化，亦可配合該大電容化而使電源裝置 10 之電容上升。

【0151】 此外，當以一個變壓器謀求電容上升時，

不僅變壓器會大型化，成本亦會大幅增加。然而，在本實施形態中，由於可進行變壓器 4 之並聯運轉，因此能以低成本謀求電源裝置 10 之電容上升。

【0152】 <實施形態 5>

例如，爲了變更由電漿產生裝置 5 所生成之臭氧氣體等的氣體濃度，會有使電源裝置 10 之投入功率量(電源裝置 10 投入於電漿產生裝置 5 的功率量)成爲可變之情形。在此，一般而言，藉由使投入功率量變得更大，會產生更高濃度之氣體，而成爲一對一之關係。此外，投入功率量之可變係在電源裝置 10 之定格功率的 0 至 100% 之範圍。

【0153】 在此，將電源裝置 10 之投入功率量設爲可變而成爲所希望之功率量值，定常地將該所希望之功率量值供給(投入)至負載的控制方法，係可考慮以下方式，爲習知技術。

【0154】 具體而言，通常係檢測供給至電漿產生裝置 5 之高頻交流的負載電流 I_{d0} 。並且，以使該負載電流 I_{d0} 成爲目標電流值(所希望之電力值的電流值)之方式，控制部 6 係變更換流器 3 之控制信號(換流器頻率 f 或換流器的脈衝寬度 τ)。再者，有一種控制方法，係利用變更後之該控制信號，控制換流器 3 之換流器輸出的交流波形。

【0155】 如此，在上述控制方法中，並未將從電源裝置 10 供給之投入功率量直接地作爲控制量，而是將所檢測之負載電流 I_{d0} 作爲控制量，以使該負載電流 I_{d0} 成爲目標電流值之方式，對換流器 3 施加反饋控制方式。亦即，

在上述控制方式中，間接地將亦包含從電源裝置 10 供給之無效功率量的投入功率量設為可變控制。

【0156】 因此，在上述控制方法中，投入功率量 P_w 係有必要藉由下式以利用以第 1 圖之檢測器 41 所檢測之負載電流波形的實效負載電流 I_{d0} ，以第 1 圖之檢測器 42 所檢測之負載電壓波形的實效負載電壓 V_{d0} ，取決於投入功率量之載功率因素 η_d 的演算來求出。

【0157】

$$P_w = (\text{實效負載電流 } I_{d0}) \times (\text{實效負載電壓 } V_{d0}) \times (\text{負載功率因素 } \eta_d)$$

$$= (\text{實效負載電流 } I_{d0}) \times (\text{實效負載電壓 } V_{d0}) \times \cos \varphi$$

負載狀態會因施加於電漿產生裝置 5 之負載電壓，及供給至電漿產生裝置 5 之氣體流量而變化。因此，由上式算出投入功率量 P_w 之方法係難以恆常精度佳地從所檢測之負載電流信號及負載電壓信號值求出實效電流值，實效電壓，負載電流與負載電壓之相位差 φ 。特別是，由高頻高電壓化之實效負載電流 I_{d0} 及實效負載電壓 V_{d0} 求出精度佳之相位差 φ 是非常困難者。因此，在上述控制方法中，投入功率量 P_w 之精度不佳，而難以將投入功率量 P_w 管理為一定。

【0158】 然而，本發明者等係著眼於使從電源裝置 10 投入電漿產生裝置 5 之交流的投入功率量，及輸入至電源裝置 10 內之換流器 3 的直流功率量成為一對一對應者。亦即，並非負載之高電壓部，而是電源裝置 10 之低電壓的

直流功率量決定時，對應於該直流功率量，投入功率量即唯一地決定(反之亦成立)。因此，若以使直流功率量依所希望之直流功率量值控制成一定，則著眼於亦使投入至電漿產生裝置 5 之投入功率量依所希望之投入功率量值控制為一定。

【0159】 因此，在本實施形態中，提供一種電源裝置 10，係藉由將輸入至電源裝置 10 之換流器 3 的直流功率量作為直接之控制量值的前饋控制及反饋控制，將投入功率量管理為一定，且可將該投入功率量穩定地供給至電漿產生裝置 5。

【0160】 首先，在電漿產生裝置 5 內，藉由電漿處理生成臭氧氣體等氣體，而使用者係選擇該生成之氣體的濃度(氣體之所希望濃度 C 的選擇)。亦即，使用者對於本實施形態之電源裝置 10 輸入上述氣體之所希望濃度 C (此外，為了產生所希望濃度 C 之氣體而非所希望濃度 C ，亦可輸入後述之目標投入功率量值 P_o' 以作為投入功率量)。

【0161】 於是，控制部 6 係依據電漿產生裝置 5 之運轉狀況及氣體之所希望濃度 C (或目標投入電力值 P_o')，算出目標直流功率量值 P_o (前饋控制)。由上述得知，由目標直流功率量值 P_o 唯一地決定目標投入功率量值 P_o' 。在此，在電漿產生裝置 5 之前述運轉狀況下，當將目標投入功率量值 P_o' 之投入功率量投入電漿產生裝置 5 時，在該電漿產生裝置 5 中，產生所希望濃度 C 之氣體。

【0162】 再者，控制部 6 係由該目標直流功率量值

P_o 決定換流器頻率 f_o 或換流器脈衝寬度 τ_o 。並且，控制部 6 係以該決定之換流器頻率 f_o 或換流器脈衝寬度 τ_o (可掌握為換流器控制值)，控制換流器 3 之輸出(前饋控制)。藉由使用該 f_o ， τ_o 之換流器 3 的控制，從電源裝置 10 投入至電漿產生裝置 5 之投入功率量係成為接近目標投入功率量值 P_o' 之值。

【0163】 接著，控制部 6 係檢測出直流電壓輸出部 20 之輸出部的直流電流 I_i 及直流電壓 V_i 。在此，第 1 圖所示之電流檢測器 21 係隨時檢測直流電流 I_i ，且將該檢測之值隨時傳送至控制部 6。此外，第 1 圖所示之電壓檢測器 22 係隨時檢測直流電壓 V_i ，將該檢測之值隨時傳送至控制部 6。此外，如第 1 圖所示，各檢測器 21，22 係配設在直流電壓輸出部 20 與換流器 3 之間。

【0164】 然後，控制部 6 係由該檢測結果 I_i ， V_i 算出直流功率量值 $P_i (=I_i \times V_i)$ 。再者，控制部 6 係以使目標直流功率量值 P_o 與直流功率量值 P_i 之差分 $\Delta P (=P_o - P_i)$ 成為 0 之方式，對換流器頻率 f 或換流器脈衝寬度 τ (可掌握為換流器控制值)進行微調整，利用該微調整後之換流器頻率 f 或換流器脈衝寬度 τ 來控制(反饋控制)換流器 3 之輸出。

【0165】 例如，當目標直流功率量值 $P_o >$ 直流功率量值 P_i 時，使換流器頻率 f 變大，及/或使換流器脈衝寬度 τ 變大。

【0166】 如上所述，藉由以使差分 ΔP 成為 0 之方式

進行控制，結果可將投入電漿產生裝置 5 之投入功率量依上述目標投入功率量值 P_o' 設為一定。

【0167】 就上述控制動作之結果而言，電源裝置 10 係可依目標投入功率量值 P_o' 將與由使用者所選擇之氣體之所希望濃度 C 對應之對電漿產生裝置 5 的投入功率量控制/管理成一定。

【0168】 在此，如上所述，電源裝置 10 係可依據氣體之所希望濃度，使投入功率量在定格功率之 0 至 100% 的範圍變化。

【0169】 此外，上述之目標直流功率量值 P_o 的算出係以下述方式進行。亦即，在控制部 6 預先記憶有作為資料之表或演算式。該表或演算式係可依據電漿產生裝置 5 之運轉狀況及氣體之所希望濃度 C ，唯一地求出目標直流功率量值 P_o 而決定者。

【0170】 在此，就顯示電漿產生裝置 5 之運轉狀況的值而言，為原料氣體之氣體供給流量 Q ，放電單元內之壓力 P ，流通至裝置 5 內之冷媒的流量 Q_w ，及該冷媒之溫度 T_w (實施形態 1 所述之物理量)。控制部 6 係從電漿產生裝置 5 透過外部信號介面 63，隨時取得作為輸入資料之顯示電漿產生裝置 5 之運轉狀況之該等值 Q ， P ， Q_w ， T_w 。

【0171】 控制部 6 係將所取得之上述值 Q ， P ， Q_w ， T_w ，由使用者所選擇/輸入之氣體之所希望濃度 C 適用在上述表或演算式等之資料，來算出目標直流功率量值 P_o 。

【0172】 此外，在控制部 6 中，對於該目標直流功率

量值 P_o 唯一地特定之換流器頻率 f_o 或換流器脈衝寬度 τ_o 的值亦作為資料預先設定/記憶。因此，如上所述，控制部 6 係對於所算出之目標直流功率量值 P_o ，可唯一地決定換流器頻率 f_o 或換流器脈衝寬度 τ_o 。如上所述，藉由利用該 f_o ， τ_o 之換流器 3 的控制，可使從電源裝置 10 投入至電漿產生裝置 5 之投入功率量接近目標投入功率量值 P_o' (f_o ， τ_o 係依據理論所產生之值，因此與目標投入功率量 P_o' 不同)。

【0173】 此外，若上述各值 Q ， P ， Q_w ， T_w 為一定，則藉由將投入功率量依目標投入功率量值 P_o' 設為一定 (藉由將輸入至換流器 3 之直流功率量依目標直流功率量值 P_o 設為一定)，則在電漿產生裝置 5 中，以一定之上述氣體的希望濃度 C 生成。

【0174】 此外，上述係針對在反饋控制中，檢測出直流電壓輸出部 20 之輸出部之直流電流 I_i 及直流電壓 V_i 的情形加以說明。然而，若將直流電壓輸出部 20 之輸出電壓控制成為一定電壓，則在反饋控制中，若僅檢測出直流電壓輸出部 20 之輸出部的直流電流 I_i ，則可算出投入功率量值 $P_i (= I_i \times \text{一定電壓})$ 。亦即，藉由進行僅直流電壓輸出部 20 之輸出部之直流電流 I_i 的檢測及反饋控制，即可將電源裝置 10 之投入功率量依目標投入功率量值 P_o' 控制為一定。

【0175】 如上所述，在本實施形態中，控制部 6 係進行前饋控制 (目標直流功率量值 P_o 之算出，利用該目標直

流功率量值 P_o 之換流器頻率 f_o 或換流器脈衝寬度 τ_o 的決定，利用該換流器頻率 f_o 或換流器脈衝寬度 τ_o 之換流器 3 的控制)，及反饋控制(利用目標直流功率量值 P_o ，直流電壓輸出部 20 之輸出部的實際檢測結果(至少直流電流之檢測結果)的換流器頻率 f 或換流器脈衝寬度 τ 之微調整，及利用該微調整後之換流器頻率 f 或換流器脈衝寬度 τ 的換流器 3 之控制)。

【0176】 亦即，在本實施形態中，電源裝置 10 係檢測出來自直流電壓輸出部 20 之直流輸出結果，控制部 6 係利用該檢測結果與屬於控制值之目標直流功率量值 P_o ，以使投入功率量依目標投入功率量值 P_o' 成爲一定之方式(以使輸入至換流器 3 之直流功率量依目標直流功率量值 P_o 成爲一定之方式)進行反饋控制，且對換流器頻率 f 或換流器脈衝寬度 τ 進行微調整。

【0177】 進行利用比負載電流等更小之值之直流電流等的反饋控制，直流電流等係與輸入至換流器 3 之直流功率量(換言之爲投入功率量)一對一地對應(將投入功率量解釋爲直接的控制量值)。因此，以使投入功率量依與氣體之所希望濃度對應之目標投入功率量值 P_o' 成爲一定之方式，可精度佳地進行控制。此外，要檢測之直流電流等係與負載電流等相比較，雜訊等並未重疊(在換流器 3 或變壓器 4 中產生雜訊)。由此，以使投入功率量依與氣體之所希望濃度對應的目標投入功率量值 P_o' 成爲一定之方式，精度佳地進行控制。結果，該電源裝置 10 係可將穩定

之電力持續地供給至電漿產生裝置 5。

【0178】 在此，於本實施形態中，控制部 6 係省略上述前饋控制之一部分，亦可藉由上述反饋控制，以使投入功率量依目標投入功率量值 P_o' 成爲一定之方式，控制換流器 3。

【0179】 亦即，藉由上述方式，控制部 6 係算出目標直流功率量值 P_o 。就在其後，控制部 6 係利用直流電流等檢測結果進行反饋控制，來決定換流器頻率 f 或換流器脈衝寬度 τ ，且使輸入至換流器 3 之直流功率量與目標直流功率量值 P_o 一致(換言之，使投入功率量與目標投入功率量值 P_o' 一致)。如此，亦可省略換流器頻率 f_o 或換流器脈衝寬度 τ_o 之決定，及利用該換流器頻率 f_o 或換流器脈衝寬度 τ_o 之換流器 3 的控制。然而，在進行該種控制時，會有反應性會變差且投入功率量達到目的之值爲止耗費較長時間之可能性。

【0180】 因此，如上所述進行下述之動作。亦即，藉由前饋控制，以換流器頻率 f_o 或換流器脈衝寬度 τ_o 控制換流器 3，將投入功率量設爲接近目標投入功率量值 P_o' 之值(將直流功率量設爲接近目標直流功率量值 P_o 之值)。然後，藉由反饋控制，對換流器頻率 f 或換流器脈衝寬度 τ 進行微調整，以進行利用該微調整之換流器頻率 f 或換流器脈衝寬度 τ 的換流器 3 之控制。

【0181】 如此，藉由依序組合該前饋控制與反饋控制，而可短時間地使投入功率量到達目標投入功率量值

P_o' 。

【0182】 此外，控制部 6 係僅變更換流器頻率及換流器脈衝寬度之兩方，或任一方，亦可將投入功率量控制為目標投入功率量值 P_o' (將直流功率量設為目標直流功率量值 P_o)。

【0183】 此外，本實施形態所說明之進行前饋控制/反饋控制之控制部 6 亦可適用在上述任一實施形態 1-4 所述之電源裝置 10，亦可適用在組合全部實施形態之電源裝置 10。

【0184】 例如，亦可為省略實施形態 1 所說明之限流電抗器，而具有進行本實施形態所說明之動作之控制部 6 及換流器 3 的電源裝置 10，或亦可為具有變壓器 4，進行本實施形態所說明之動作之控制部 6 及換流器 3 的電源裝置 10，該變壓器 4 並非實施形態 2 所說明之構成的變壓器 4 而是一般之變壓器 4。

【0185】 亦即，電源裝置 10 亦可與上述各實施形態區隔，單獨地構築本實施形態所說明之構成(進行前饋控制/反饋控制之構成)。

【0186】 此外，如上述實施形態所說明，以一定之諧振振動驅動電源裝置 10(更具體而言為換流器 3)時，藉由前饋控制/反饋控制，僅使換流器脈衝寬度成為可變，且可將投入功率量成為目標投入功率量值 P_o' 。

【0187】 <實施形態 6>

在上述第 4 圖中，最上段所示之波形係由換流器 3 輸

出之矩形狀的交流電壓波形。該矩形交流電壓波形係透過變壓器 4 等而對電漿產生裝置 5 供給正弦波狀之高頻/高電壓。在此，供給至電漿產生裝置 5 之功率量變高時，由電漿產生裝置 5 生成之氣體等的生產量(濃度)會增加。

【0188】 亦即，由電源裝置 10 供給至電漿產生裝置 5 之功率量，在電漿產生裝置 5 生成之氣體的濃度等係為密切之關係。因此，為了穩定地控制電漿產生裝置 5 生成之氣體的濃度，較重要為控制第 4 圖所示之換流器 3 之控制值，即換流器頻率 f (脈衝週期 $1/f$)或換流器脈衝寬度 τ ，且將上述功率量設為一定。在此，針對該功率量之一定控制，係如實施形態 5 所說明者。

【0189】 此外，電漿產生裝置 5 之負載阻抗(生成之氣體濃度)並非僅從電源裝置 10 供給之功率量，亦因該電漿產生裝置 5 之負載狀態(上述之「電漿產生裝置 5 的運轉狀況」)而變化。在此，就顯示電漿產生裝置 5 之運轉狀況的值而言，如上所述，為原料氣體之氣體供給流量 Q ，放電單元內之壓力 P ，流通於裝置 5 內之冷媒的流量 Q_w ，及該冷媒的溫度 T_w 。

【0190】 因此，為了穩定地驅動電漿產生裝置 5，有必要進行管理，使顯示電漿產生裝置 5 之運轉狀況的上述各值 Q ， P ， Q_w ， T_w 之變動成為最小(大致保持為一定)。然而，因為與信號線重疊之雜訊等的干擾，而有使上述各值 Q ， P ， Q_w ， T_w 變化或大幅變動之情形，將上述各值 Q ， P ， Q_w ， T_w 大致保持成一定，實際上有其困難。

【0191】 因此，亦如實施形態 1 所述，控制部 6 係藉由在電源裝置 10 與電漿產生裝置 5 之間的傳送接收，恆常地導入顯示電漿產生裝置 5 之運轉狀況的上述各值 Q ， P ， Q_w ， T_w 。然後，控制部 6 係依該各值 Q ， P ， Q_w ， T_w ，控制屬於換流器 3 之控制值的換流器頻率 f (脈衝週期 $1/f$)或換流器脈衝寬度 τ ，並成爲一定控制而將上述功率量成爲適量值。

【0192】 再者，電漿產生裝置 5 係電容性負載，通常爲負載功率因素非常差者。因此，爲了進行功率因素改善，在電源裝置 10 內，於電源裝置 10 與電漿產生裝置 5 之間配設作出諧振狀態之諧振手段，且使該換流器 3 之驅動頻率(動作頻率)配合諧振頻率附近。就該功率因素改善用之技術而言，具有實施形態 2 之發明或實施形態 2 所述之串聯諧振方式的功率因素改善手段及並聯諧振方式的功率因素改善手段。

【0193】 本實施形態之電源裝置 10 係具有上述任一何功率因素改善手段，該電源裝置 10 係具有自動地決定換流器 3 之驅動頻率的功能。亦即，具有自動地搜尋諧振頻率的功能。

【0194】 首先，最初在控制部 6 中，設定有投入功率量，初期電源輸出頻率，設定氣體流量，設定氣體壓力，設定冷媒溫度及設定冷媒流量等。此外，設定氣體流量，設定氣體壓力，設定冷媒溫度及設定冷媒流量係從控制部 6 透過外部信號介面 63 輸出至電漿產生裝置 5 內之 MFC

及 APC 等。

【0195】 此外，如實施形態 1 所說明，在電漿產生裝置 5 之運轉中，恆常地將屬於測定值之原料氣體的氣體供給流量 Q ，放電單元內之壓力 P ，流通於裝置 5 內之冷媒的流量 Q_w 及該冷媒之溫度 T_w (屬於測定值之各物理量) 從該電漿產生裝置 5 透過外部信號介面 63 傳送至控制部 6。

【0196】 然後，如實施形態 1 所述，控制部 6 係判斷氣體供給流量 Q 相對於設定氣體流量是否在所希望範圍內，放電單元內之壓力 P 相對於設定氣體壓力是否在所希望範圍內，冷媒之流量 Q_w 相對於設定冷媒流量是否在所希望範圍內，及冷媒之溫度 T_w 相對於設定冷媒溫度是否在所希望範圍內。

【0197】 然後，該各判斷之結果，當判斷在電漿產生裝置 5 之各物理量中發生異常時，如實施形態 1 所說明，控制部 6 係進行使換流器 3 之輸出停止等之處置。再者，控制部 6 係對外部通知在電漿產生裝置 5 中發生異常(哪一個物理量為異常)。

【0198】 至前述說明為止，在未產生電漿產生裝置 5 之異常時，控制部 6 係如實施形態 1 所述，利用在電源裝置 10 內所測定之各電壓值/電流值，判斷是否發生負載之短路(參照利用第 2 圖，第 3 圖之說明)。

【0199】 然後，該判斷之結果，當判斷為產生短路時，如實施形態 1 所說明，控制部 6 係停止換流器 3 之輸出。再者，控制部 6 係對外部通知成為短路之原因的異常

部位。

【0200】 至前述說明為止，當未發生異常或短路時，有關電源裝置 10 內之零件的動作，控制部 6 係判斷異常/正常。該判斷之結果，當判斷為零件動作有異常時，控制部 6 係停止換流器 3 之輸出。再者，控制部 6 係對外部通知判斷為異常之零件。

【0201】 在至上述為止之各判斷中判斷為全部正常時，進行以下之動作。在此，控制部 6 係省略至上述為止之各判斷的動作，亦可從以下之動作(本實施形態之特徵性技術)開始動作。

【0202】 當在控制部 6 中設定上述投入功率量時，控制部 6 係判斷該投入功率量相對於電源裝置 10 之定格功率是否為相當 100% 之電力值。或者，控制部 6 係判斷該投入功率量相對於電源裝置 10 之定格功率是否為 100% 以下且相當臨限值 % 以上的電力值。在此，該臨限值 % 係預先設定在控制部 6。例如，臨限值 % 為 90% 時，控制部 6 係判斷投入功率量相對於電源裝置 10 之定格功率是否為 90% 以上至 100% 以下。

【0203】 此外，下述說明之動作係電源最大電容運轉時(或接近電源最大電容之電容的運轉時)決定換流器 3 之驅動頻率的動作，且為所謂設定條件之動作。因此，在將電漿產生裝置 5 連接在電源裝置 10，且在組裝系統後之初期動作階段中，一般而言係對於控制部 6 最初設定指示定格功率之 100% 或定格功率之臨限值 % 至 100% 之值的

投入功率量。

【0204】 再者，前述設定指示之投入功率量相對於電源裝置 10 之定格功率為 100% (或者，相對於電源裝置 10 之定格功率為 100% 以下且臨限值% 以上) 時，控制部 6 係使相對於換流器 3 之控制值的換流器頻率 f 隨時變化，且依據各換流器頻率 f 控制換流器 3 之輸出。

【0205】 在此，控制部 6 係以上述設定之初期電源輸出頻率為中心，在預定之頻率範圍 (例如 $\pm 2\text{kHz}$)，使換流器頻率 f 變化 (掃描)。亦可遍及全頻率範圍使換流器頻率 f 掃描。然而，如前所述，藉由限定掃描範圍，即縮短求出諧振頻率為止之時間。

【0206】 此外，在連接電源裝置 10 と電漿產生裝置 5 且組裝系統的階段下，由上述式(1)算出理論值之諧振頻率的 (式(1)之 L 為換流器 3 之輸出側以後的電源裝置 10 之合成電感。此外，式(1)之 C 係電漿產生裝置 5 之合成靜電電容)。因此，由縮短求出諧振新頻率為止之時間的觀點來看，將由式(1)算出之值作為上述初期電源輸出頻率而設定在控制部 6，並以該初期電源輸出頻率為中心在預定之頻率範圍內，使換流器頻率 f 變化 (掃描) (例如使換流器頻率 f 離散性變化)。

【0207】 此外，當使換流器頻率 f 變化時，為了符合所設定指示之投入功率量，控制部 6 係依該換流器頻率 f 之變化，亦使換流器脈衝寬度 τ 變化，且對換流器 3 作為控制值予以傳送。

【0208】 控制部 6 係使換流器頻率 f 變化，而依各換流器頻率 f ，根據由檢測部 31，32 取得之電量，分別求出換流器輸出功率因素。在此，電量係指求出換流器輸出功率因素時利用之換流器 3 的輸出側之電氣相關之值。

【0209】 具體而言，依所掃描之換流器頻率 f ，第 1 圖所示之電流檢測器 31 係檢測出換流器 3 之輸出部的實效電流值，且將該檢測之結果傳送至控制部 6，第 1 圖所示之電壓檢測器 32 係檢測出換流器 3 之輸出部的實效電壓值，將該檢測之結果傳送至控制部 6。然後，控制部 6 係依所掃描之換流器頻率 f ，由上述實效電流值及上述實效電壓值求出換流器 3 之輸出部的有功功率。

【0210】 接著，控制部 6 係依所掃描之換流器頻率 f ，利用上述實效電流值及上述實效電壓值及上述有功功率，演算換流器 3 之輸出部的換流器輸出功率因素 η 。在此，換流器輸出功率因素 $\eta = \{(有功功率)/(實效電流值 \times 實效電壓值)\} \times 100$ (%)。

【0211】 第 16 圖係顯示以預定之頻率範圍使換流器頻率 f 變化(掃描)且依換流器頻率 f 求出之換流器輸出功率因素 η 的變化情況之圖。在此，第 16 圖之縱軸為換流器輸出功率因素 η (%)，第 16 圖之橫軸為換流器頻率 f (k Hz)。

【0212】 如第 16 圖所示，在依所掃描之換流器頻率 f 求出換流器輸出功率因素 η 後，控制部 6 係在所求出之換流器輸出功率因素 η 中，檢測出最高值之最大換流器輸

出功率因素 η_{\max} 。然後，控制部 6 係在獲得最大換流器輸出功率因素 η_{\max} 時將換流器頻率(為諧振頻率 f_c ，且參照第 16 圖之 f_c)決定為換流器 3 之驅動頻率 f_c 。

【0213】 然後，在決定驅動頻率 f_c 後，控制部 6 係將作為換流器頻率 f 之驅動頻率 f_c 傳送至換流器 3。再者，控制部 6 係將由上述所設定之投入功率量及驅動頻率 f_c 決定之換流器脈衝寬度 τ_c 傳送至換流器 3。

【0214】 藉此，由換流器 3 輸出由驅動頻率 f_c 與換流器脈衝寬度 τ_c 所構成之高頻波形，且將對應上述所設定之投入功率量的負載功率供給至電漿產生裝置 5。

【0215】 再者，會有使用者使在電漿產生裝置 5 生成之氣體的濃度變化之情形，或使用者不使生成之氣體濃度變化而欲使電漿產生裝置 5 之運轉狀況的上述各值(各物理量) Q ， P ， Q_w ， T_w 變化之情形。此時，使用者係對於電源裝置 10，使投入功率量依前述欲變化之量而變化。

【0216】 依此，例如使用者係將對電源裝置 10 設定之投入功率量予以變更。

【0217】 當進行該變更時，控制部 6 係判斷變更後之投入功率量相對於電源裝置 10 之定格功率是否為未達 100% 之投入電力值。或者，控制部 6 係判斷變更後之投入功率量相對於電源裝置 10 之定格功率是否為未達上述臨限值%之投入功率值。

【0218】 在此，變更後之投入功率量係設定為相對於定格功率未達 100%(或者，相對於定格功率未達上述臨

限值%)。因此，控制部 6 係判斷變更後之投入功率量相對於電源裝置 10 之定格功率是否未達 100%(或者，相對於定格功率未達上述臨限值%)。

【0219】 因此，控制部 6 係將作為換流器頻率 f 之驅動頻率 f_c 傳送至換流器 3。換言之，即使指示投入功率量之變更，換流器頻率 f 亦以上述驅動頻率 f_c 固定。再者，控制部 6 係將上述變更之投入功率量及驅動頻率 f_c 決定之換流器脈衝寬度 τ_r 傳送至換流器 3。

【0220】 藉此，從換流器 3 輸出由驅動頻率 f_c 與換流器脈衝寬度 τ_r 所構成之高頻波形，且將對應於上述變更之投入功率量的負載功率供給至電漿產生裝置 5。

【0221】 此外，即使之後對電源裝置 10 指示投入功率量之變更，若變更後之投入功率量相對於定格功率未達 100%(或者，相對於定格功率未達上述臨限值%)，控制部 6 係對於換流器 3 固定地持續輸出作為換流器頻率 f 之驅動頻率 f_c 。此外，換流器脈衝寬度 τ 係依變更後之投入功率量每次進行變更。

【0222】 然而，亦可假設變更後之投入功率量相對於定格功率為 100%(或者，相對於定格功率為 100%以下至上述臨限值%以上)之情形。在此情形下，電源裝置 10 係實施下述之動作。

【0223】 電源裝置 10 係具有可選擇能否再度重新決定上述中求出之諧振頻率的切換部(第 1 圖等未圖示)。

【0224】 當一次組裝包含電源裝置 10 及電漿產生裝

置 5 之系統時，諧振頻率幾乎沒有變更。因此，使用者係操作切換部，選擇驅動頻率之再度決定不實施。

【0225】 此時，控制部 6 係將作為換流器頻率 f 之上述所求出之驅動頻率 f_c 傳送至換流器 3。亦即，即使再指示設定相對於定格功率為 100% (或者，相對於定格功率為 100% 以下至上述臨限值 % 以上) 作為投入功率量，換流器頻率 f 亦以上述驅動頻率 f_c 固定。再者，控制部 6 係將由上述設定之投入功率量與驅動頻率 f_c 決定之換流器脈衝寬度 τ_c 傳送至換流器 3。

【0226】 藉此，由換流器 3 輸出以驅動頻率 f_c 與換流器脈衝寬度 τ_c 所形成之高頻波形，且對電漿產生裝置 5 供給對應上述設定之投入功率量的負載功率。

【0227】 另一方面，當長期間使用電漿產生裝置 5 時，在電漿產生裝置 5 或電源裝置 10 中進行設計變更等時，對連接電漿產生裝置 5 與電源裝置 10 之配線，或對該等裝置 5, 10 內部之配線施加變更時，諧振頻率係被變更。因此，使用者係操作切換部，亦假設選擇驅動頻率之再度決定實施。

【0228】 在該選擇之情形時，若變更後之投入功率量相對於定格功率為 100% (或者，相對於定格功率為 100% 以下至上述臨限值 % 以上) 時，電源裝置 10 係在設定該投入功率量時，再度實施決定驅動頻率之動作 (與上述換流器頻率之掃描，及獲得最大換流器輸出功率因素 η_{max} 時求出換流器頻率 (諧振頻率) 之動作同樣)。再者，藉由該決

定之動作，當決定驅動頻率 f_c' 時，控制部 6 係之後將上述驅動頻率 f_c 替換成新的驅動頻率 f_c' ，並變更對電源裝置 10 設定之投入功率量時，進行與上述說明之動作相同的動作(當變更投入功率量變更時，與控制部 6 對換流器 3 固定地持續輸出作為換流器頻率 f 之驅動頻率的動作相同)。

【0229】 此外，利用上述驅動頻率 f_c, f_c' 及上述說明求出之換流器脈衝寬度控制換流器 3 之輸出。在此，以精度佳地將投入功率量控制成一定之方式，藉由實施形態 5 所說明之反饋控制等，控制部 6 亦可對換流器脈衝寬度進行微調整。

【0230】 如上所述，在本實施形態之電源裝置 10 中，在建構包含電源裝置 10 及電漿產生裝置 5 之系統後，最初定格功率之 100% 或定格功率之臨限值 % 至 100% 的值作為投入功率量而被設定指示時，自動地決定驅動頻率 f_c 。

【0231】 因此，在電源最大電容運轉時(或以接近電源最大電容之電容運轉時)，以改善換流器輸出功率因素 η 之驅動頻率(諧振頻率) f_c 使電源裝置 10 驅動。在此，該驅動頻率 f_c 係依電漿產生裝置 5 之機種或製造之批次等，自動地求出。

【0232】 此外，在本實施形態之電源裝置 10 中，在求出驅動頻率 f_c 後，設定指示未達定格功率之 100% 或未達定格功率之臨限值 % 的值作為投入功率量時，控制部 6 係將上述所求出之驅動頻率 f_c 固定地輸出至換流器 3。

【0233】 因此，每當變更投入功率量時，可防止進

行求出驅動頻率之動作，且可防止電源裝置 10 之處理能力降低。

【0234】 此外，變更投入功率量時，依據該投入功率量之原本的諧振頻率與先前求出之驅動(諧振)頻率 f_c 並無太大差別。此外，因原本之諧振頻率與先前求出之驅動(諧振)頻率 f_c 之差，換流器輸出功率因素 η 係比最大換流器輸出功率因素 η_{max} 略低。

【0235】 然而，在投入功率量為未達定格功率之 100% 或未達定格功率之臨限值%之值時，電源裝置 10 之電容係有餘力。因此，當投入功率量為未達定格功率之 100% 或定格功率之臨限值%之值時，即使控制部 6 以上述驅動頻率 f_c 控制換流器 3，且為換流器輸出功率因素 η 比最大換流器輸出功率因素 η_{max} 略低之狀態，亦可電源裝置 10 之性能上無問題地進行運轉。

【0236】 此外，在本實施形態之電源裝置 10 中，具有可進行上述選擇之切換部。因此，在包含該電源裝置 10 及電漿產生裝置 5 之系統中，當發生諧振頻率變化之情事時，依使用者之希望，控制部 6 係可再度自動地決定適當之驅動頻率。

【0237】 此外，如上所述，亦可假設最初設定指示之投入功率量相對於電源裝置 10 之定格功率並非為 100% (或者，相對於電源裝置 10 之定格功率為 100% 以下且臨限值%以上)之情形。

【0238】 在此情形下，控制部 6 係將換流器頻率 f

決定為上述設定之初期電源輸出頻率。再者，控制部 6 係由上述設定之投入功率量及上述決定之初期電源輸出頻率求出換流器脈衝寬度 t 。然後，控制部 6 係將該設定之初期電源輸出頻率與該求出之換流器脈衝寬度傳送至換流器 3。

【0239】 藉此，從換流器 3 輸出該設定之初期電源輸出頻率與該求出之換流器脈衝寬度所構成之高頻波形，與上述設定之投入功率量對應之負載功率係供給至電漿產生裝置 5。

【0240】 然後，變更設定於電源裝置 10 之投入功率量，最初所設定之投入功率量相對於電源裝置 10 之定格功率為 100% (或者，相對於電源裝置 10 之定格功率為 100% 以下且臨限值 % 以上) 時，控制部 6 係進行求出上述驅動頻率 f_c 之動作。以後變更投入功率量時，進行與上述相同之動作 (例如，變更投入功率量時，與控制部 6 對換流器 3 固定地持續輸出作為換流器頻率 f 之驅動頻率 f_c 的動作等相同)。

【0241】 此外，本實施形態之特徵性技術 (驅動頻率之自動決定，投入功率量變更時之該驅動頻率的固定輸出等) 係在上述之實施形態 1 至 5 進行組合，另一方面，當然亦可構成僅具有該本實施形態之特徵性技術的電源裝置 10。

【0242】 < 實施形態 7 >

在實施形態 6 中，電源裝置 10 係具有功率因素改善手

段，且利用來自負載(電漿產生裝置 5)側之反射電流使之諧振，而自動地決定驅動頻率。在此，在實施形態 6 中，驅動頻率係在獲得最大換流器輸出功率因素 η_{\max} 時為換流器頻率(亦即諧振頻率)。

【0243】 如上所述，在利用反射電流而使之諧振時，當由電源裝置 10 之變壓器 4 的輸出觀看負載之阻抗時，上述功率因素改善手段之感應性阻抗份與負載側之電容性阻抗份會被取消。因此，當使電源裝置 10 之驅動頻率配合諧振頻率 f_c 時，上述感應性阻抗份與負載側之電容性阻抗份會相抵消，而成為 0Ω 。因此，僅殘存電漿產生裝置 5 之總放電電漿阻抗(電阻) $R_{p0}(\Omega)$ 。

【0244】 放電單元之並聯連接數 n 較少時，與該 n 成反比之 R_{p0} 係成為大的值。因此，電漿產生裝置 5 之總負載電流 I_{d0} 係被抑制，結果顯示諧振之放大度的 Q 值(換言之，第 16 圖所示之換流器輸出功率因素 η 的特性)，即使換流器頻率變化，亦只是小幅地變化，在諧振頻率下，電源裝置 10 係可進行穩定之動作。

【0245】 相對於此，當使放電單元之並聯連接數 n 變大時，電漿產生裝置 5 之放電單元的放電電阻份非常小時， R_{p0} 係成為非常小之值。因此，電漿產生裝置 5 中之總負載電流 I_{d0} 係變得非常大，結果，顯示諧振之放大度的 Q 值(換言之，如第 17 圖所示，換流器輸出功率因素 η 之特性)係當換流器頻率 f 變化時，大幅地變化。在此狀態下，以諧振頻率使電源裝置 10 驅動時，不僅來自負載之反

射電流會增大，電流之時間性變化率亦變得非常，且以諧振系統使發振模式感應。

【0246】 該振動模式係成爲電源裝置 10 之雜訊增大的原因。然後，由於雜訊增大，亦有造成電源裝置 10 內之電氣零件的電性損傷之產生，電源裝置 10 之誤動作，及電漿產生裝置 5 之破損產生之情形。

【0247】 因此，在本實施形態中，將由實施形態 6 所決定之驅動頻率，並非利用諧振頻率其本身者，而是利用該諧振頻率 f_c 來決定。

【0248】 具體而言，與實施形態 6 同樣地，控制部 6 係藉由換流器頻率之掃描，在獲得最大換流器輸出功率因素 η_{max} 時決定換流器頻率(亦即，諧振頻率 f_c)。然後，在本實施形態中，控制部 6 係將相對於該諧振頻率 f_c 偏離達微小頻率 Δf 之值決定爲驅動頻率(= $f_c \pm \Delta f$)。

【0249】 在此，該微小頻率 Δf 係藉由實際使用之電漿產生裝置 5 的構成而個別決定者。在包含電源裝置 10 及電漿產生裝置 5 之系統中，在諧振頻率 f_c 之附近，對該系統事前地進行實驗性運轉。此外，是相對於諧振頻率 f_c 朝正方向偏離，還是朝負方向偏離，亦透過該實驗性運轉而決定。並且，透過該實驗性運轉，來決定可穩定之運轉的適當之微小頻率 Δf 。並且，該微小頻率 Δf 係在電源裝置 10 之動作前預先設定在控制部 6 內。

【0250】 此外，亦可透過上述實驗性運轉來決定微小頻率範圍，且將該決定之微小頻率範圍預先設定在控制

部 6。在此情形下，在下述之範圍內，決定驅動頻率。例如，即使以諧振頻率 f_c 為軸朝負方向使換流器頻率偏離，可正常運轉之頻率下限值亦設為 $\Delta fr1$ 。另一方面，即使以諧振頻率 f_c 為軸朝正側使換流器頻率偏離，可正常運轉之頻率上限值亦設為 $\Delta fr2$ 。在此情形下，驅動頻率係在下述之式的範圍任意地決定。亦即， $f_c - \Delta fr1 \leq \text{驅動頻率} \leq f_c + \Delta fr2$ (參照第 17 圖)。然而，如上所述，在本實施形態中，諧振頻率 f_c 本身並未採用作為驅動頻率 (參照第 17 圖)。

【0251】 如上所述，在本實施形態中，控制部 6 係避開諧振頻率 f_c 而決定驅動頻率。因此，可事前避免在感應發振模式之頻率帶進行動作運轉，而可進行電源裝置 10 之穩定運轉。

【0252】 在上述說明中，已針對電容性負載裝置專用之電源裝置 10 的負載輸出部之穩定技術進行說明。輸出電源裝置 10 之直流電壓的部分 20 係對商用交流電壓進行整流，即使為直流化之換流器，亦可為能輸出直流電壓之蓄電池等電池 (例如多段或多並聯構成之大電容電池組構成)。

【0253】 在此，將直流電壓輸出部 20 作為大電容電池組時，相當於電池之部分的等效電路係以電壓供給源與電容性之電容器所構成。因此，反射於大電容電池組側之電流會電壓放大達大電容電池組輸出電壓時之配線電抗器 LN 份，亦有過電壓反射於大電容電池組之情形。藉此，亦

有妨礙大電容電池組之穩定驅動的情形。

【0254】 爲了使大電容電池組穩定地驅動，必須要有使過電壓不會反射在大電容電池組之技術。而且，就該技術而言，如實施形態 2 等所述，有一種對於電容性負載插入並聯電抗器，且使功率因素改善之技術。利用與該技術同樣的技術，將並聯電抗器插入於大電容電池組。藉此，因大電容電池組內之靜電電容值與配線電抗器部之電感值的相互作用，抑制反射電流串聯諧振(電壓放大)之作用，且利用並聯電抗器使所反射之無效電流份旁通。

【0255】 此外，上述各實施形態所說明之電源裝置 10 係利用在臭氧產生裝置或自由基產生裝置等半導體製造裝置領域，且可適用作爲電容性負載裝置專用之電源裝置。此外，該電源裝置 10 係使用在雷射裝置領域之放電裝置，紙漿漂白領域，水處理領域或化學設施領域，亦可利用作爲非常大規模之臭氧產生裝置等電容性負載裝置之電源裝置。

【0256】 以上雖詳細地說明本發明，但上述之說明係在所有之態樣爲例示，本發明並非限定於此。未例示之無數的變形例係解釋爲在不脫離本發明範圍內可假設者。此外，僅具有上述各實施形態之發明的特徵部之發明，及上述各實施形態之發明的特徵部之任意組合亦可在不脫離本發明範圍內可假設。

【符號說明】

【0257】

3	換流器	4	變壓器
5	電漿產生裝置	6	控制部
10	電源裝置	20	直流電壓輸出部
21, 22	檢測器		
31, 32, 41, 42	檢測部	41	電流檢測器
42	電壓檢測器	61	邏輯電路
62	換流器驅動電路		
63	外部信號介面	70	原料氣體
71	氣體流量調整部	72	濃度檢測器(監視器)
73	氣體壓力調整部	74	氣體
75	冷媒流量調整部	78	冷媒
601	驅動信號	602	閘遮斷信號
I_d	負載電流	I_o	輸出電流
L_c	限流電抗器	L_r	合成諧振電抗器
V_d	負載電壓	V_o	輸出電壓

申請專利範圍

1. 一種電源裝置，係對於藉由連接有複數個放電單元而構成之屬於電容性負載的電漿產生裝置輸出交流電壓，該電源裝置具備：

換流器，用以將直流電力轉換為交流電力；

控制部，用以控制前述換流器之動作；及

檢測部，用以檢測輸入至前述換流器之直流電力；

其中，前述控制部係進行下述動作：(A)依據來自外部之輸入來決定目標直流功率量值，

(B)至少利用前述檢測部所檢測到之直流電流，對前述換流器進行反饋控制，以使輸入至前述換流器之直流功率量成為前述目標直流功率量值。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之電源裝置，其中，輸入至前述換流器之直流電壓為一定，

前述控制部係在前述(B)中，

僅利用前述檢測部所檢測到之直流電流進行前述反饋控制，以使輸入至前述換流器之直流功率量成為前述目標直流功率量值。

3. 如申請專利範圍第 1 項所述之電源裝置，其中，前述控制部係在前述(B)中，

利用前述檢測部所檢測到之直流電流及直流電壓進行前述反饋控制，以使輸入至前述換流器之直流功率量成為前述目標直流功率量值。

4. 如申請專利範圍第 1 項所述之電源裝置，其中，前述控

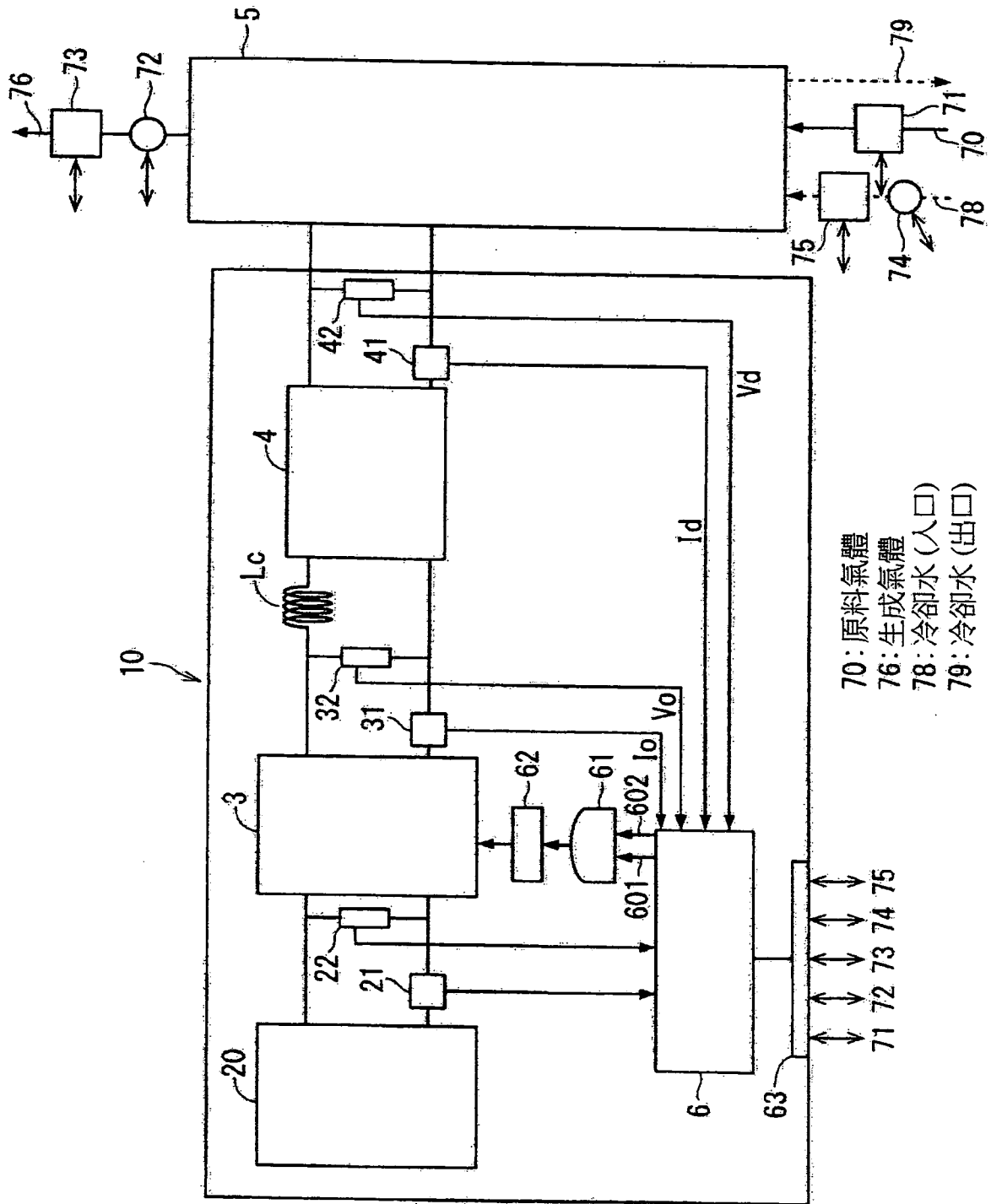
制部係進行下述動作：(C)由前述目標直流功率量值來決定第一換流器控制值，

(D)以前述第一換流器控制值控制前述換流器，

且在前述(D)之後進行前述(B)。

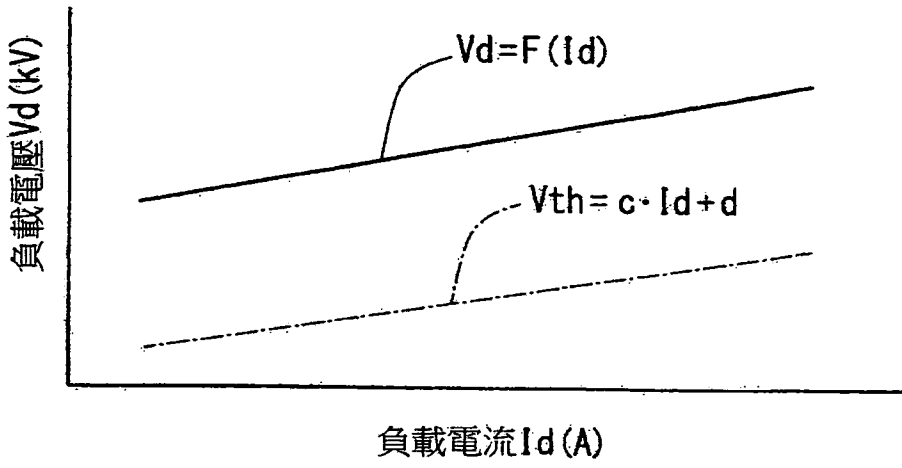
5. 如申請專利範圍第 4 項所述之電源裝置，其中，前述(B)係藉由調整第二換流器控制值而進行前述反饋控制，以使輸入至前述換流器之直流功率量成爲前述目標直流功率量值。
6. 如申請專利範圍第 5 項所述之電源裝置，其中，前述第一換流器控制值及前述第二換流器控制值爲換流器脈衝頻率及換流器脈衝寬度。
7. 如申請專利範圍第 5 項所述之電源裝置，其中，前述第一換流器控制值及前述第二換流器控制值爲換流器脈衝寬度。

圖式

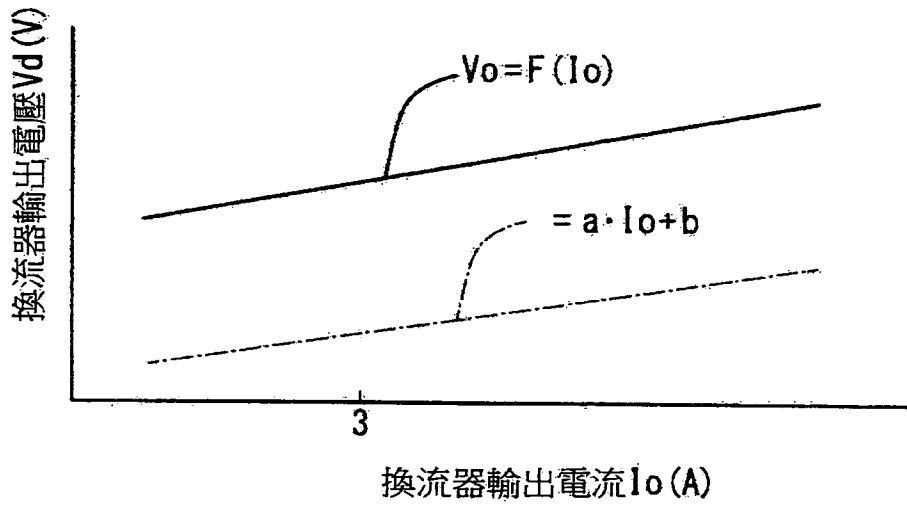


- 70: 原料氣體
- 76: 生成氣體
- 78: 冷卻水 (入口)
- 79: 冷卻水 (出口)

第1圖

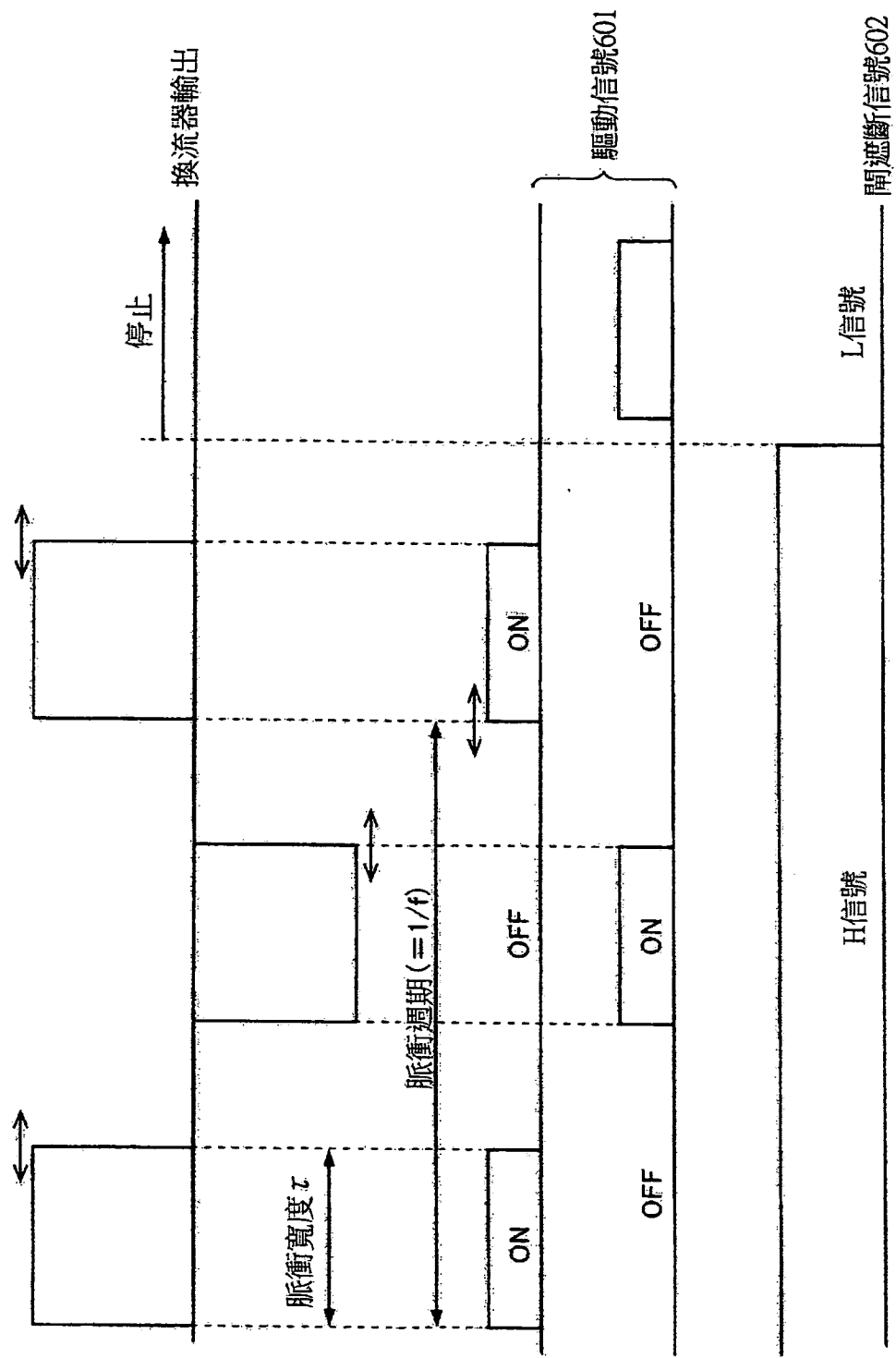


第2圖

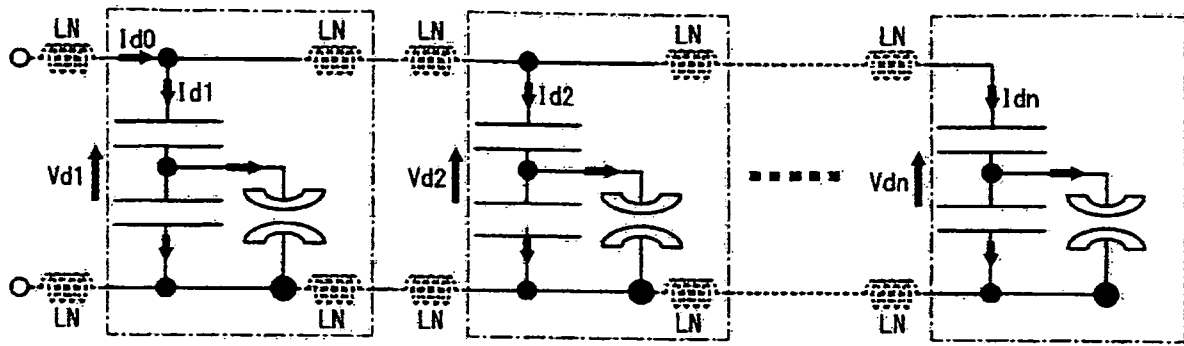


第3圖

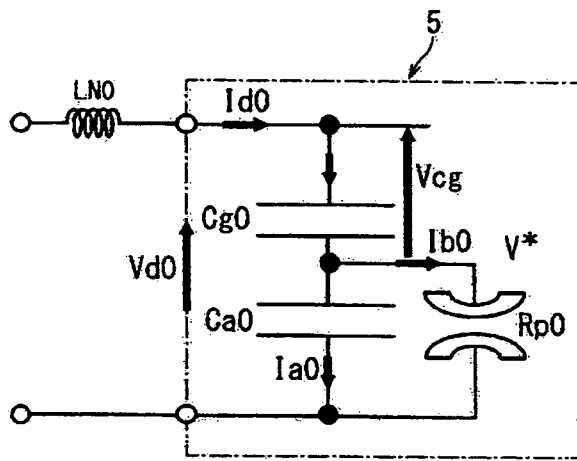




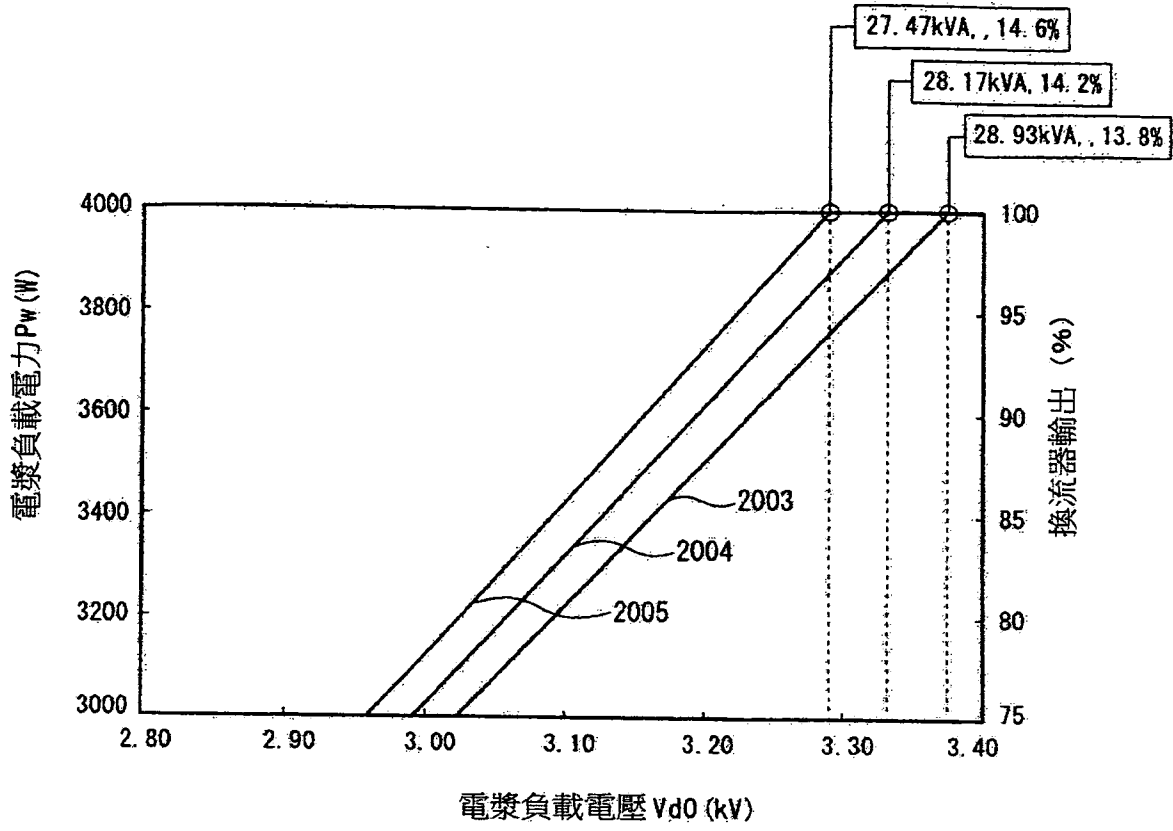
第4圖



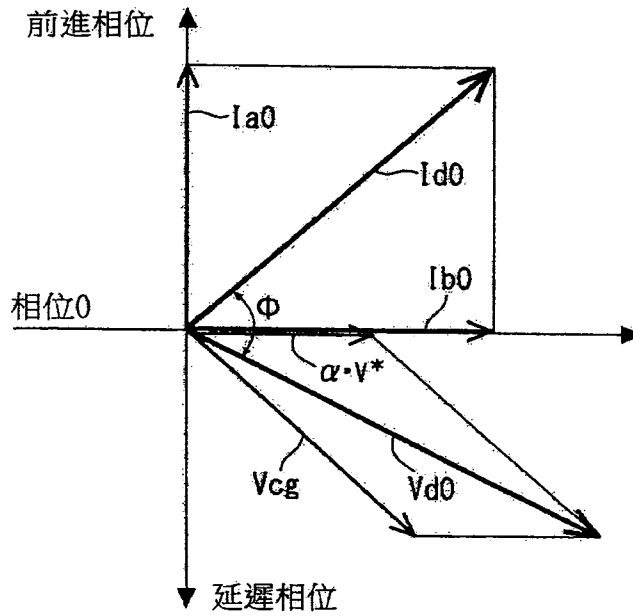
第5圖



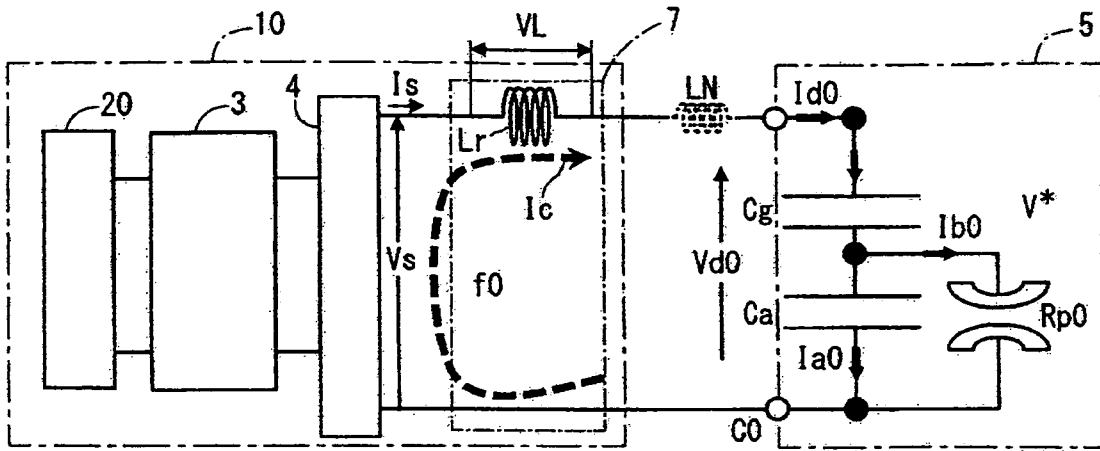
第6圖



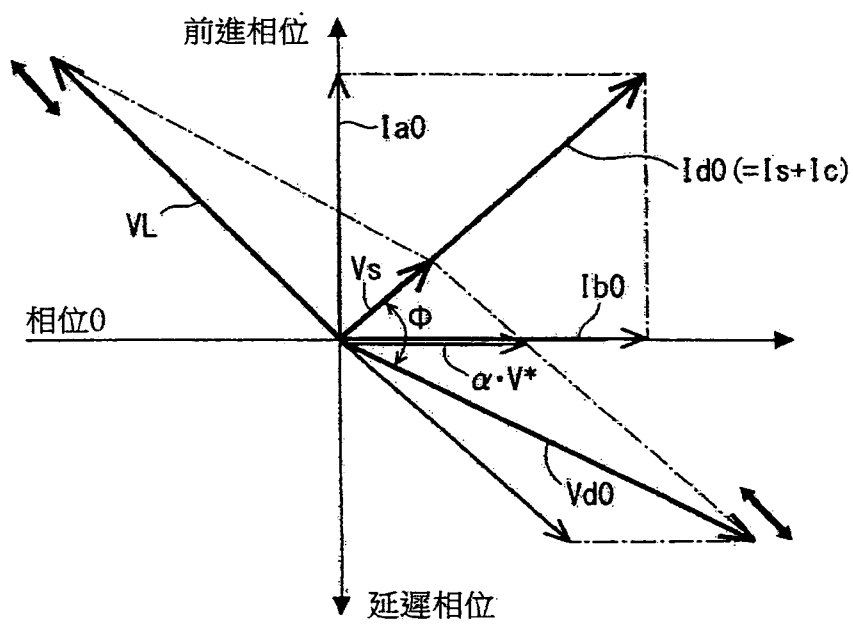
第7圖



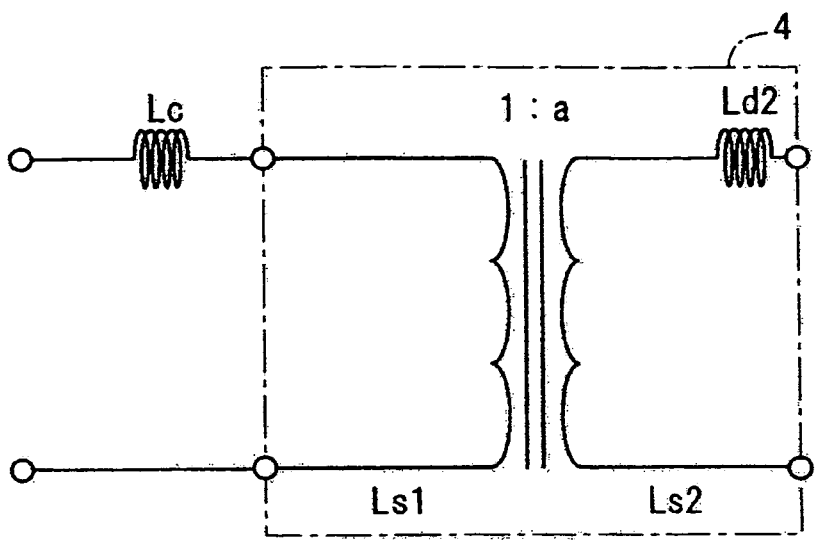
第8圖



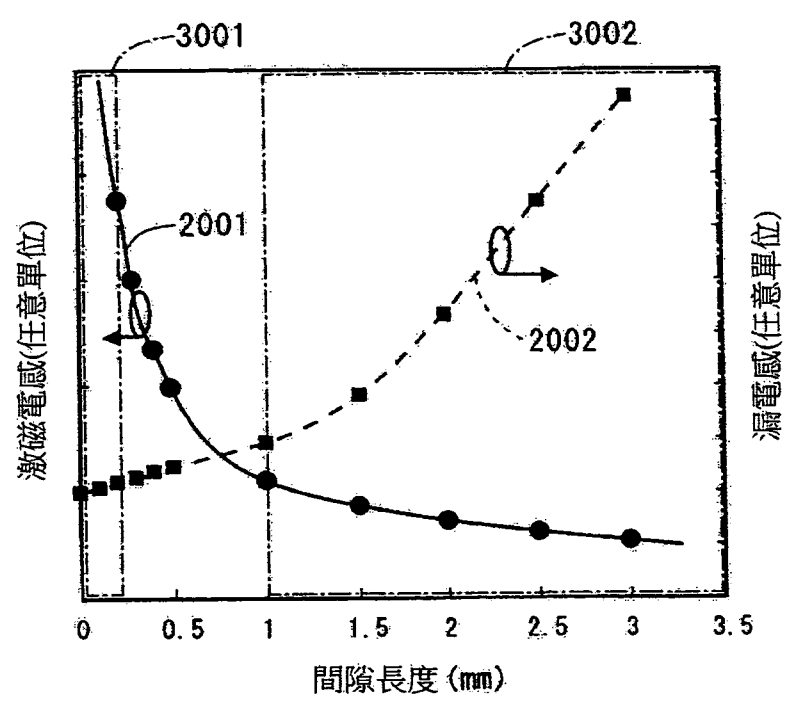
第9圖



第10圖

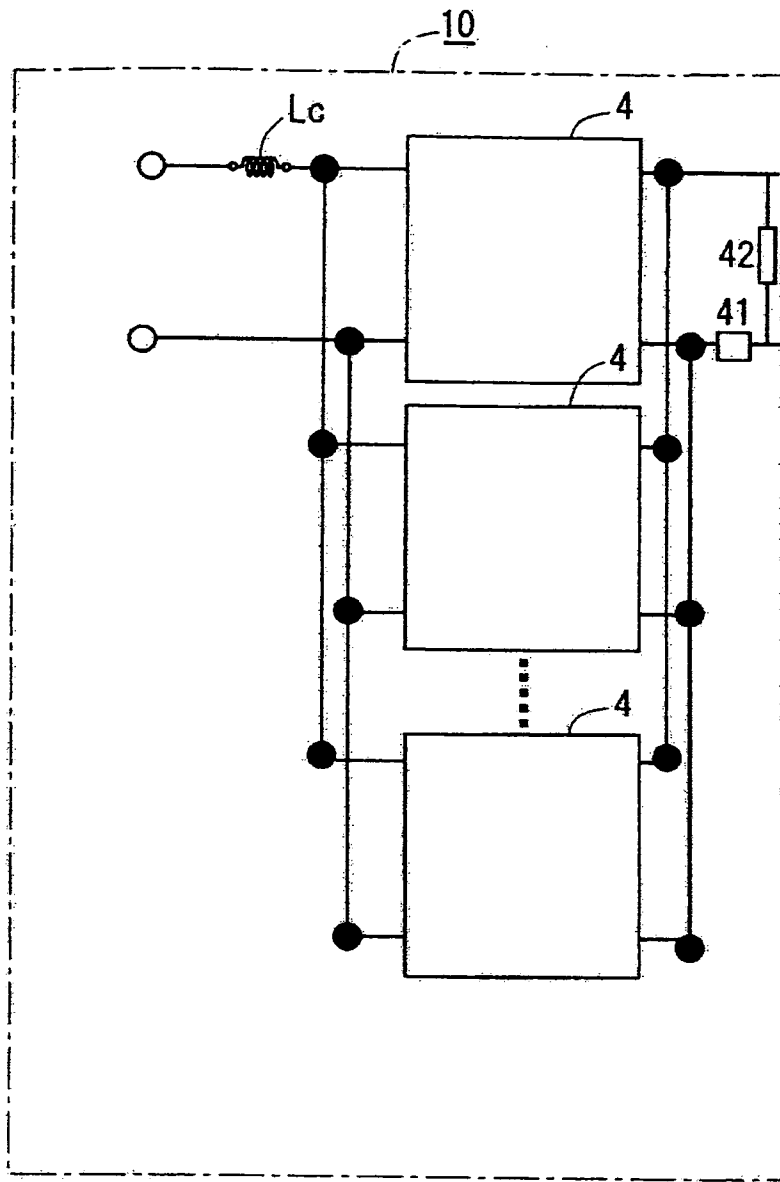


第13圖

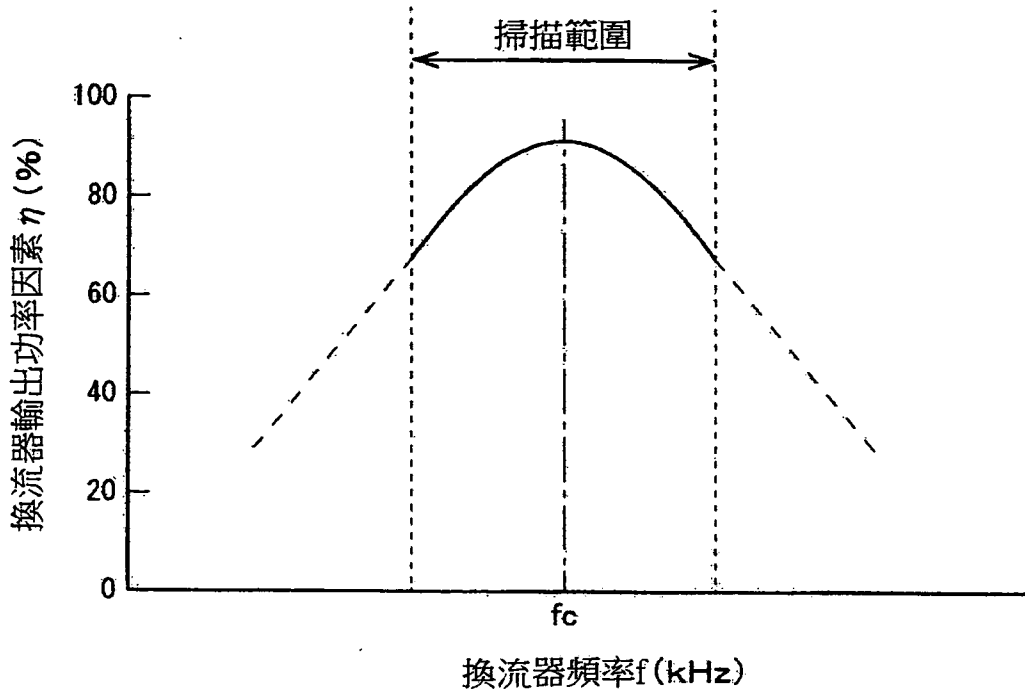


第14圖



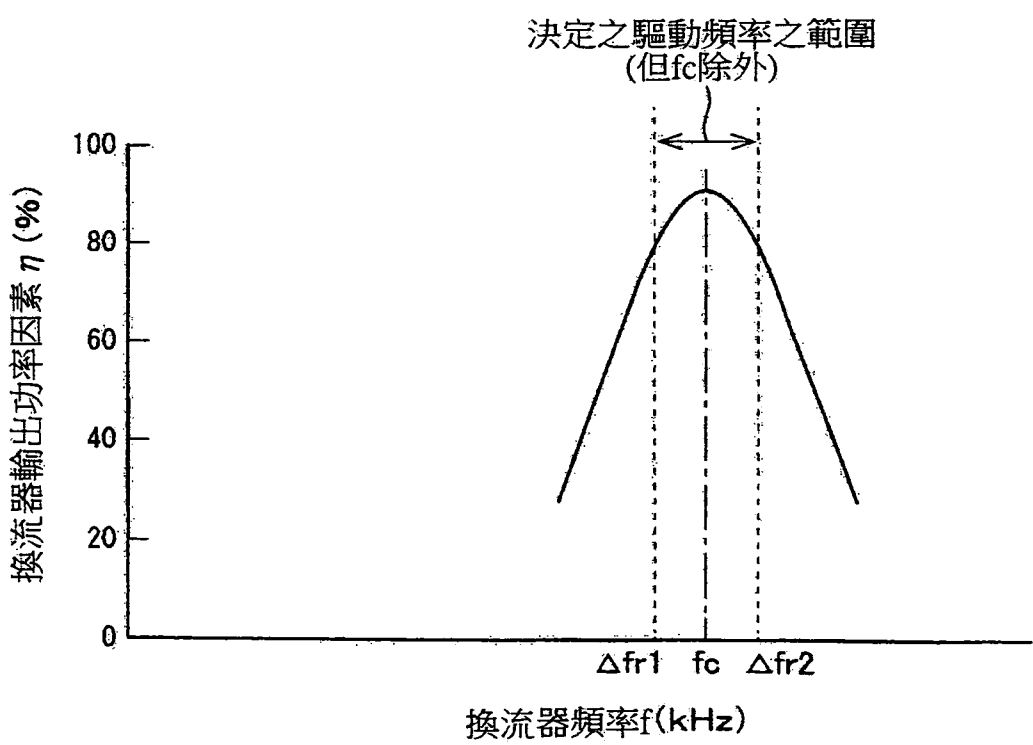


第15圖



換流器頻率 f (kHz)

第16圖



換流器頻率 f (kHz)

第17圖