



(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 I659599 B

(45) 公告日：中華民國 108 (2019) 年 05 月 11 日

(21) 申請案號：107107472

(22) 申請日：中華民國 107 (2018) 年 03 月 06 日

(51) Int. Cl. : H02M3/28 (2006.01)

H02M1/32 (2007.01)

(30) 優先權：2017/03/15 歐洲專利局

17161130.4

(71) 申請人：德商伍爾特電子 e i S o s 有限公司 (德國) WURTH ELEKTRONIK EISOS GMBH &amp; CO. KG (DE)

德國

(72) 發明人：莎夏 瑪哈默德 SHOUSHA, MAHMOUD (EG)；霍格 馬汀 HAUG, MARTIN (DE)

(74) 代理人：劉法正；尹重君

(56) 參考文獻：

DE 10312704A1

US 5019719

US 2003/0164721A1

US 2009/0147544A1

US 2014/0367563A1

WO 2015/016891A1

審查人員：邵皓勇

申請專利範圍項數：12 項 圖式數：5 共 25 頁

(54) 名稱

功率開關裝置及其操作方法

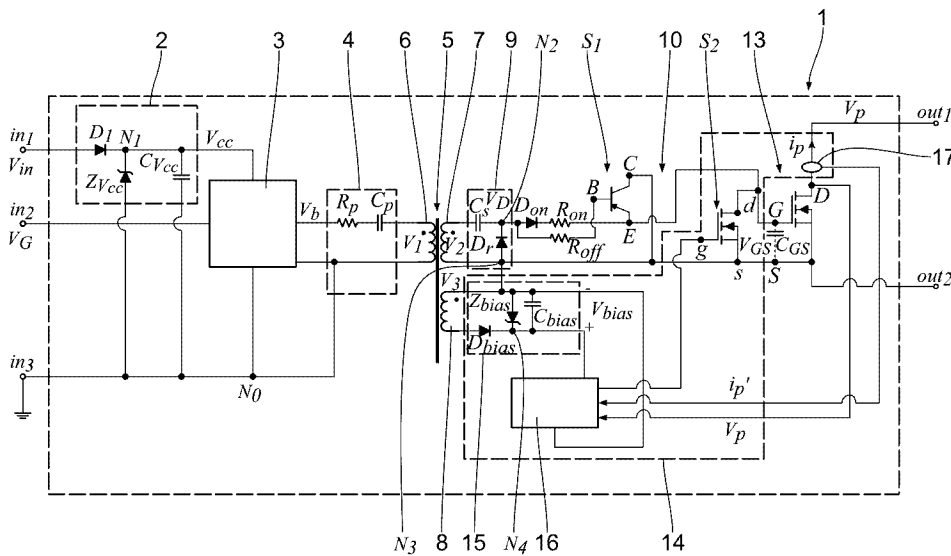
POWER SWITCHING DEVICE AND METHOD TO OPERATE SAID POWER SWITCHING DEVICE

(57) 摘要

一種功率開關裝置包括緩衝電路、濾波電路、變壓器、恢復電路、調節電路和功率開關。緩衝電路提供取決於輸入電壓和控制電壓的單極緩衝輸出電壓。濾波電路阻斷緩衝輸出電壓的直流分量，該直流分量被恢復電路添加在變壓器的次級側上。功率開關由恢復電路提供給調節電路的單極調節電壓控制。功率開關裝置充當即插即用模組，並且可以以靈活和容易的方式使用和操作。

A power switching device (1) comprises a buffer circuit (3), a filter circuit (4), a transformer (5), a restoration circuit (9), a conditioning circuit (10) and a power switch (13). The buffer circuit (3) provides a unipolar buffer output voltage ( $V_b$ ) dependent on an input voltage ( $V_{in}$ ) and a control voltage ( $V_G$ ). The filter circuit (4) blocks a direct component of the buffer output voltage ( $V_b$ ) which is added on the secondary side of the transformer (5) by the restoration circuit (9). The power switch (16) is controlled by a unipolar conditioning voltage ( $V_D$ ) provided by the restoration circuit (9) to the conditioning circuit (10). The power switching device (1) acts as a plug and play module and can be used and operated in a flexible and easy manner.

指定代表圖：



【圖1】

符號簡單說明：

- 1 . . . 功率開關裝置
- 2、15 . . . 穩壓電路
- 3 . . . 緩衝電路
- 4 . . . 濾波電路
- 5 . . . 變壓器
- 6 . . . 初級側繞組
- 7 . . . 次級側繞組
- 8 . . . 次級側供電繞組
- 9 . . . 恢復電路
- 10 . . . 調節電路
- 13 . . . 功率開關
- 14 . . . 保護電路
- 16 . . . 控制單元；  
功率開關
- 17 . . . 測量元件
- B . . . 偏壓端子
- C . . . 集電極端子
- $C_{bias}$  . . . 電容器
- $C_{Vcc}$  . . . 電容器
- $C_{GS}$  . . . 柵極-源極  
電容
- $C_p$  . . . 濾波電容器
- $C_s$  . . . 恢復電容器
- D、d . . . 漏極端子
- $D_1$ 、 $D_{bias}$ 、 $Z_{bias}$ 、  
 $Z_{Vcc}$  . . . 二極體
- $D_{on}$  . . . 阻斷元件；  
二極體
- $D_r$  . . . 阻斷元件或  
二極體
- E . . . 發射極端子
- G、g . . . 柵極端子
- $i_p$ 、 $i_p'$  . . . 功率開  
關電流

$in_1$ 、 $in_2$ 、 $in_3$  . . .

輸入端子

$N_0$  . . . 基準節點

$N_1$ 、 $N_2$ 、 $N_3$  . . . 節點

$out_1$  . . . 第一輸出  
端子

$out_2$  . . . 第二輸出  
端

$R_{on}$ 、 $R_{off}$  . . . 電阻  
器

$R_p$  . . . 濾波電阻器

$S$ 、 $s$  . . . 源極端子

$S_1$  . . . 控制開關

$S_2$  . . . 保護開關

$V_1$  . . . 初級側電壓

$V_2$  . . . 次級側電壓

$V_3$  . . . 供電電壓

$V_{cc}$ 、 $V_{in}$  . . . 輸入  
電壓

$V_b$  . . . 緩衝輸出電  
壓

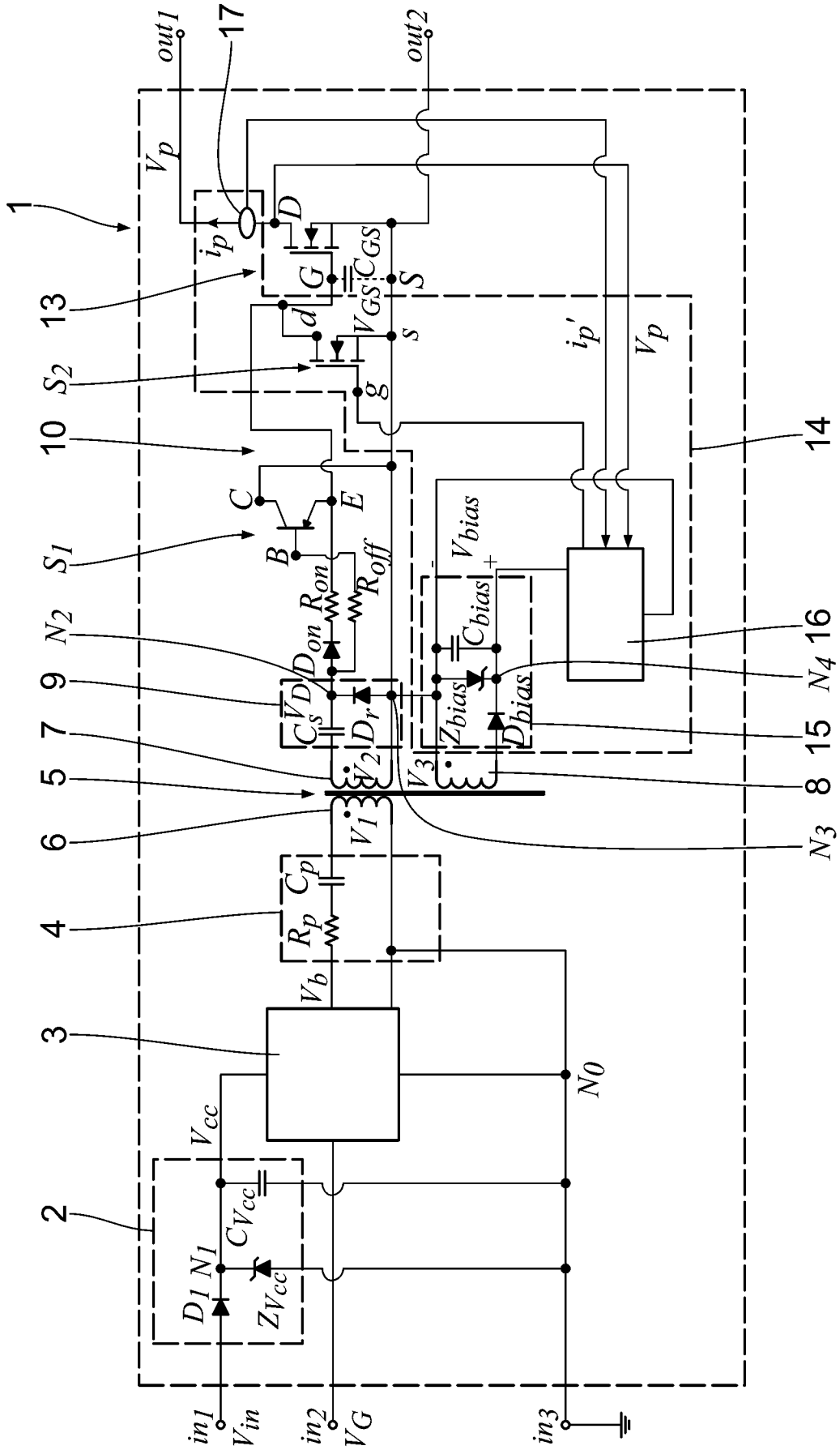
$V_{bias}$  . . . 供電電壓

$V_G$  . . . 控制電壓

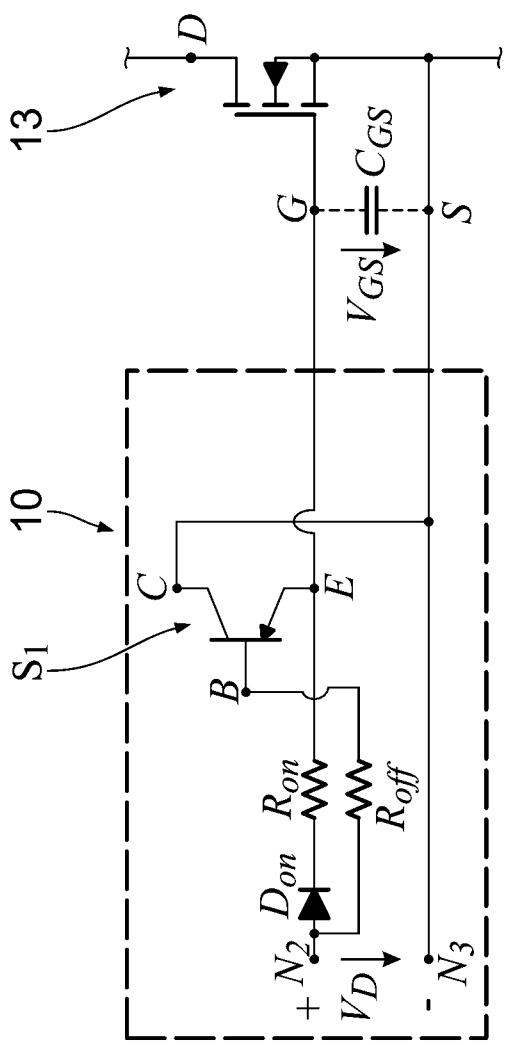
$V_{GS}$  . . . 驅動電  
壓；柵極-源極電壓；  
驅動信號

$V_P$  . . . 功率開關電  
壓

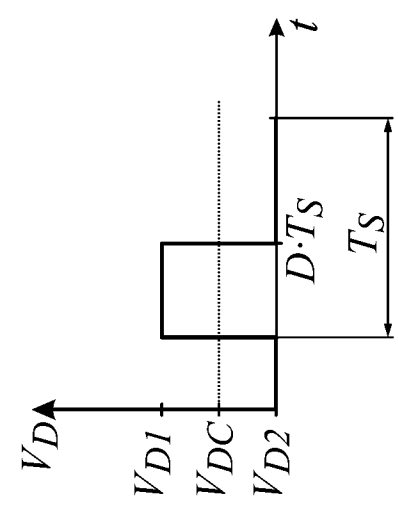
【發明圖式】



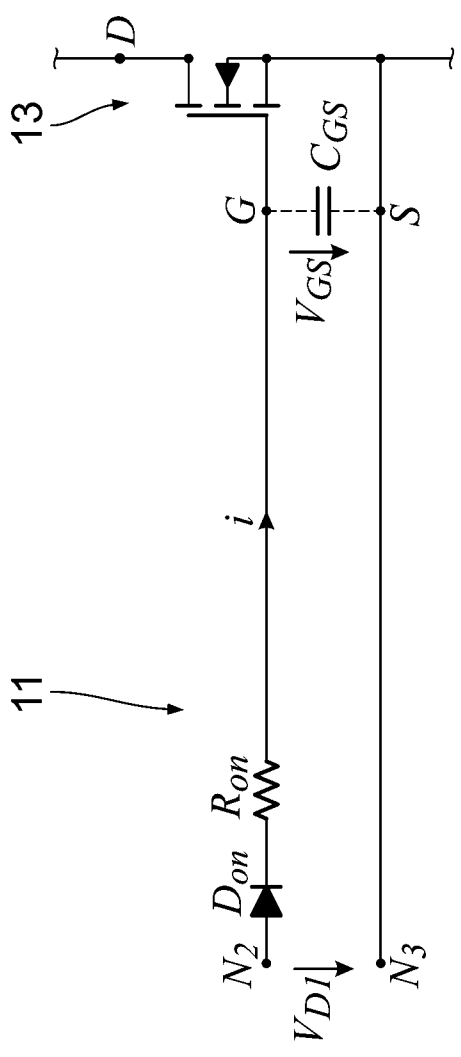
【圖1】



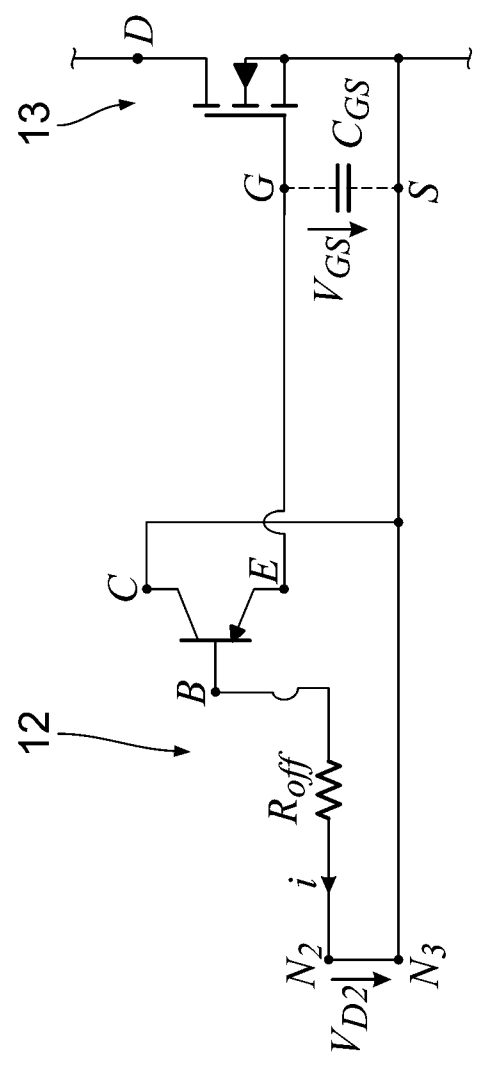
【圖2】



【圖3】



【圖4】



【圖5】

## 【發明說明書】

### 【中文發明名稱】

功率開關裝置及其操作方法

### 【英文發明名稱】

POWER SWITCHING DEVICE AND METHOD TO  
OPERATE SAID POWER SWITCHING DEVICE

### 【技術領域】

#### 【0001】發明領域

本發明涉及功率開關裝置和操作所述功率開關裝置的方法。

### 【先前技術】

#### 【0002】發明背景

文獻US 4 461 966 A(對應於文獻DE 30 45 771 A1)公開了一種用於控制至少一個功率FET的電路。從控制器將單極輸入電壓施加到輸入端子。輸入電壓被差分。所產生的雙極電壓由於變壓器而出現為在變壓器次級側的輸出電壓。輸出電壓的正脈衝通過二極體到達柵極，且為FET的輸入電容充電。通過這種方式，FET被接通。同時，通過齊納二極體對電容器進行充電。由於後續的負脈衝，齊納二極體被擊穿並且電容器被放電，使得與輸入電容並聯連接的電晶體關斷。結果輸入電容放電並且FET被阻斷。該已知的電路具有如下缺點：FET的驅動電壓的位準取決於輸入電壓的占空比並且控制器必須提供所需的功率以操作電路。

### 【發明內容】

**【0003】發明概要**

本發明的一個目的是提供一種能夠以靈活和容易的方式使用 and 操作的功率開關裝置。特別地，本發明的一個目的是提供一種構造為隨插即用模組且可以容易地安裝的功率開關裝置。

**【0004】**該目的通過包括請求項1的特徵的功率開關裝置來實現。本發明的功率開關裝置集成了緩衝電路、濾波電路、變壓器、恢復電路、調節電路和功率開關，以充當隨插即用模組，該模組能夠在各種應用中運行，而不用擔心功率開關裝置連接到控制器和/或功率級的方式。來自功率級的輸入電壓通過第一輸入端子施加到緩衝電路。相應地，來自控制器的控制電壓經由第二輸入端子施加到緩衝電路。控制器可以提供正單極控制電壓或負單極控制電壓或交流控制電壓。因此，該功率開關裝置可以使用標準的可用控制器操作，特別是提供單極控制電壓的簡單控制器。優選地，功率開關裝置包括第三輸入端子。第三輸入端子提供基準節點。第三輸入端子特別地與功率級和控制器的公共接地連接。緩衝電路提供取決於輸入電壓和控制電壓的緩衝輸出電壓。緩衝輸出電壓對應於控制電壓，並且是單極或雙極的。由於緩衝電路，控制器不受所需功率的影響，因為所需功率由功率級提供。優選地，緩衝電路連接到第三輸入端子。濾波電路設計為阻斷緩衝輸出電壓的直流分量，並提供交流初級側電壓。濾波電路的輸入端子連接到緩衝電路的輸出端子。濾波電路用作低截止濾波器。優選地，濾波電路與變壓器的初級側繞組相互作用。取決於變壓比，交流初級側電壓由變壓器變換為交流次級側電壓。而且，由於變壓器，次級側



與初級側隔離。恢復電路佈置在次級側。通過恢復電路，在變壓器的次級側重構電壓，而不影響其占空比或頻率。恢復電路被設計為使得阻斷的直流分量至少部分地被添加到交流次級側電壓以提供單極調節電壓。通過添加被阻斷的直流分量，功率開關的驅動電壓的位準與控制電壓的占空比無關。占空比是脈衝持續時間與開關週期的比率。因此，占空比也稱為占空週期。調節電壓有兩個電壓位準。根據電壓位準，調節電路控制驅動電流。例如，在第一電壓位準，驅動電流對功率開關的內部電容進行充電，而在第二電壓位準，驅動電流對功率開關的內部電容進行放電。功率開關的內部電容提供驅動電壓，使得功率開關接通並關斷。例如，充電的內部電容提供第一位準的驅動電壓，使得功率開關接通，並且放電的內部電容提供第二位準的驅動電壓，使得功率開關關斷。優選地，功率開關是 MOSFET，特別是 n 溝道 MOSFET。在這種情況下，內部電容是柵極-源極電容，驅動電壓是柵極-源極電壓。或者，功率開關是雙極性結型電晶體 (BJT) 或絕緣柵極雙極電晶體 (IGBT)。在雙極性結型電晶體的情況下，驅動電壓是基極-發射極信號，特別是基極-發射極電壓。輸出端子連接到功率開關。例如，輸出端子連接到 MOSFET 的漏極和源極，或連接到雙極性結型電晶體的發射極和集電極。

【0005】如請求項 2 所述的功率開關裝置確保了靈活和容易的使用和操作。為了起到低截止濾波器的作用，濾波電路包括濾波電容器和濾波電阻器。優選地，濾波電容器和濾波電阻器串聯連接並與變壓器的初級側繞組相互作用。濾波電路能夠

以簡單可靠的方式阻斷緩衝輸出電壓的直流分量。

【0006】如請求項3所述的功率開關裝置確保了靈活和容易的使用和操作。濾波電容器和初級側繞組構成次級濾波器。優選地，濾波電阻器與串聯連接的濾波電容器和初級側繞組相串聯連接並相互作用。串聯連接可以阻斷緩衝輸出電壓的直流分量。

【0007】如請求項4所述的功率開關裝置確保了靈活和容易的使用和操作。借助於恢復電容器，直流分量被添加到交流次級側電壓。由於該添加的直流分量，恢復電路的輸出電壓或調節電壓變為單極。通過該單極調節電壓，驅動電壓的位準與控制電壓的占空比無關。

【0008】如請求項5所述的功率開關裝置確保了靈活和容易的使用和操作。優選地，阻斷元件與次級側繞組和恢復電容器的串聯連接相並聯連接。例如，阻斷元件是二極體。優選地，串聯連接的恢復電容器和次級側繞組連接到節點 $N_2$ 和節點 $N_3$ 。恢復電容器連接到節點 $N_2$ ，而次級側繞組連接到節點 $N_3$ 。二極體連接到節點 $N_2$ 和節點 $N_3$ 。所述二極體被連接成使得二極體的流動方向從節點 $N_3$ 指向節點 $N_2$ 。所述二極體允許從節點 $N_3$ 至節點 $N_2$ 的電流。阻斷元件可以在恢復電路的輸出端產生單極調節電壓。此外，由於阻斷功能，阻斷元件減少了驅動損失。

【0009】如請求項6所述的功率開關裝置確保了靈活和容易的使用和操作。通過緩衝電路，提供所需功率而不影響控制器。優選地，緩衝電路是施密特觸發器或圖騰柱對中的至少一個。

【0010】如請求項7所述的功率開關裝置確保了靈活和容易的使用和操作。穩壓電路確保施加到緩衝電路的基本上恒定的輸出電壓。因此，功率開關裝置可以獨立於輸入電壓的品質進行操作。例如，穩壓電路基於齊納二極體。優選地，穩壓電路包括調節器，例如低壓差調節器(LDO調節器)。

【0011】如請求項8所述的功率開關裝置使得操作容易。接通電路用於接通功率開關，而關斷電路用於關斷功率開關。接通電路工作在調節電壓的第一電壓位準，而關斷電路工作在調節電壓的第二電壓位準。

【0012】如請求項9所述的功率開關裝置確保了簡單的操作。當調節電壓具有第一電壓位準時，阻斷元件允許驅動電流流動，使得功率開關被接通。優選地，阻斷元件是二極體。接通電路的阻斷元件和濾波電路的阻斷元件優選地公共操作。如果兩個阻斷元件都設計為二極體，則這些二極體具有相同的流動方向。優選地，阻斷元件串聯連接到電阻器。優選地，串聯連接的二極體和電阻器連接到節點N<sub>2</sub>和功率開關，尤其連接到MOSFET的柵極端子。優選地，二極體的流動方向從節點N<sub>2</sub>指向功率開關。例如，功率開關是MOSFET，並且驅動信號是通過阻斷元件的驅動電流，使得MOSFET的內部電容(即，柵極-源極電容)由驅動電流充電。柵極-源極電容提供接通功率開關的驅動電壓。具體而言，第一電壓位準不等於零。

【0013】如請求項10所述的功率開關裝置確保了簡單的操作。當調節電壓具有第二電壓位準時控制開關具有使得功率開關被關斷的開關狀態。優選地，控制開關是雙極性結型電晶

體。例如，當第二電壓位準為零時，控制開關接通，並且驅動電流將功率開關的內部電容放電，使得功率開關被關斷。優選地，關斷電路包括尤其是雙極性結型電晶體的正好一個控制開關。優選地，雙極性結型電晶體是PNP雙極性結型電晶體。優選地，控制開關的集電極端子連接到功率開關的源極端子，而控制開關的發射極端子連接到功率開關的柵極端子。優選地，控制開關的偏壓端子連接到電阻器，電阻器連接到節點N<sub>2</sub>。優選地，功率開關的源極端子和控制開關的集電極端子連接到節點N<sub>3</sub>。

【0014】如請求項11所述的功率開關裝置確保了容易的操作。依據電壓位準，調節電路控制驅動電流且充電或放電功率開關的內部電容，以接通或關斷功率開關。因為調節電路使用功率開關的內部電容，所以無需外部電容器提供驅動電壓。

【0015】如請求項12所述的功率開關裝置確保了容易的操作。因為內部電容相對較小，所以功率開關的接通和關斷通過充電或放電內部電容非常快速地發生。因此，功率開關裝置實現高開關頻率。

【0016】如請求項13所述的功率開關裝置確保了靈活和容易的使用和操作。保護電路包括至少一個測量元件以測量功率開關的電流和電壓中的至少一個。根據功率開關的電流和/或電壓，保護電路檢測功率開關是否正在預定義的不期望的操作區域中操作。保護電路提供保護功能、過電流保護、短路保護和過溫保護中的至少一個。此外，可以使用電壓和電流測量值來計算開關損耗，並將其與最差情況進行比較，以便檢測過量

的功率損耗和/或提供過電壓保護。

【0017】如請求項14所述的功率開關裝置確保了靈活和容易的使用和操作。當檢測到在不期望的操作區域中的操作時，保護開關關斷功率開關。優選地，保護開關與功率開關的內部電容並聯連接，使得當保護開關接通時內部電容被放電，並且功率開關被關斷。優選地，保護開關是MOSFET。

【0018】如請求項15所述的功率開關裝置確保了靈活和容易的使用和操作。當保護開關接通時，內部電容放點且功率開關關斷。優選地，保護開關設計為n溝道MOSFET。優選地，保護開關的漏極端子連接到功率開關的柵極端子，且保護開關的源極端子連接到功率開關的源極端子。優選地，控制單元連接到保護開關的柵極端子且提供柵極端子的保護信號。

【0019】如請求項16所述的功率開關裝置確保了靈活和容易的使用和操作。保護電路向控制單元提供功率開關電流和功率開關電壓中的至少一個。取決於功率開關電流和/或功率開關電壓，控制單元將功率開關的操作點與至少一個預定的不期望的操作區域進行比較。當操作點位於至少一個不期望的操作區域內時，控制單元提供保護信號。保護信號可以用作警告信號和/或關斷功率開關。例如，控制單元被設計為IC、微控制器或FPGA。

【0020】如請求項17所述的功率開關裝置確保了靈活和容易的使用和操作。額外的次級側供電繞組耦合到已經存在的變壓器，使得提供給供電電壓來為保護電路供電。供電繞組的變壓比確定了所需的供電電壓。保護電路可以包括穩壓電路以

穩定供電電壓並向控制單元提供基本恒定的輸入電壓。穩壓電路包括二極體、齊納二極體和電容器。二極體和次級側供電繞組被串聯連接，以使得二極體連接到節點 $N_4$ 且次級側供電繞組連接到節點 $N_3$ 。二極體的流動方向指向節點 $N_4$ 。齊納二極體和電容器並聯連接到節點 $N_3$ 和節點 $N_4$ 。齊納二極體的陽極連接到節點 $N_3$ 且齊納二極體的陰極連接到節點 $N_4$ 。

【0021】此外，本發明的一個目的是提供一種操作功率開關裝置的靈活且容易的方法。

【0022】該目的通過包括如請求項18所述的步驟的操作功率開關裝置的方法來實現。根據本發明的方法的優點對應於之前已經描述的根據本發明的功率開關裝置的優點。

### 【圖式簡單說明】

【0023】閱讀下面參考附圖對實施例的描述，本發明的其他特徵、優點和細節將是顯而易見的。

圖1示出了功率開關裝置的示意圖，

圖2示出了圖1中功率開關裝置的調節電路的示意圖，

圖3示出了在調節電路的輸入端處的具有第一電壓位準和第二電壓位準的調節電壓的時間圖，

圖4示出了當第一電壓位準被施加到調節電路時調節電路的等效電路，以及

圖5示出了當第二電壓位準被施加到調節電路時調節電路的等效電路。

### 【實施方式】

【0024】較佳實施例之詳細說明

圖1示出了被設計為即插即用模組的功率開關裝置1。功率開關裝置1包括三個輸入端子 $in_1$ 、 $in_2$ 和 $in_3$ 以及兩個輸出端子 $out_1$ 和 $out_2$ 。來自功率級(未示出)的輸入電壓 $V_{in}$ 被施加到第一輸入端子 $in_1$ 。來自控制器(未示出)的單極的控制電壓 $V_G$ 被施加到第二輸入端子 $in_2$ 。控制電壓 $V_G$ 優選為PWM信號。功率級和控制器的公共接地被施加到第三輸入端子 $in_3$ 。

【0025】功率開關裝置1包括在緩衝電路3的上游連接到第一輸入端子 $in_1$ 的穩壓電路2。穩壓電路2包括二極體 $D_1$ 、齊納二極體 $Z_{V_{cc}}$ 和電容器 $C_{V_{cc}}$ 。二極體 $D_1$ 連接到第一輸入端子 $in_1$ 和第一節點 $N_1$ 。齊納二極體 $Z_{V_{cc}}$ 和電容器 $C_{V_{cc}}$ 的並聯連接部連接到第一節點 $N_1$ 和基準節點 $N_0$ 。基準節點 $N_0$ 連接到第三輸入端子 $in_3$ 。

【0026】第一節點 $N_1$ 連接到緩衝電路3，使得穩壓電路2向緩衝電路3提供穩定的輸入電壓 $V_{cc}$ 。第二輸入端子 $in_2$ 連接到緩衝電路3使得緩衝電路3提供取決於穩定的輸入電壓 $V_{cc}$ 和控制電壓 $V_G$ 的單極緩衝輸出電壓 $V_b$ 。緩衝電路3包括電壓放大器和電流放大器中的至少一個。例如，緩衝電路3被設計為施密特觸發器或圖騰柱對。緩衝電路3連接到基準節點 $N_0$ 。由於緩衝電路3，所需功率由功率級提供並且控制器不受所需功率的影響。

【0027】緩衝電路3連接到濾波電路4。濾波電路4用於阻斷緩衝輸出電壓 $V_b$ 的直流分量 $V_{DC}$ ，並且提供交流初級側電壓 $V_1$ 。濾波電路4包括串聯連接的濾波電阻器 $R_p$ 和濾波電容器 $C_p$ 。濾波電阻器 $R_p$ 和濾波電容器 $C_p$ 的串聯連接被連接到緩衝電路3和變壓器5。濾波電阻器 $R_p$ 和濾波電容器 $C_p$ 的串聯連接被串聯連接到變壓器5的初級側繞組6。初級側繞組6還連接到基準節點

$N_0$ 。由於濾波電阻器 $R_p$ 、濾波電容器 $C_p$ 和初級側繞組6的串聯連接，濾波電路4充當低截止濾波器。

【0028】在次級側，變壓器5包括次級側繞組7和次級側供電繞組8。初級側繞組6和次級側繞組7限定第一變壓比。交流初級側電壓 $V_1$ 被轉換到次級側使得變壓器5提供取決於第一變壓比的交流次級側電壓 $V_2$ 。變壓器5將初級側與次級側隔離。

【0029】恢復電路9連接到次級側繞組7。恢復電路9將被阻斷的直流分量 $V_{DC}$ 添加到次級側電壓 $V_2$ ，並提供作為調節電路10的輸入電壓的單極調節電壓 $V_D$ 。恢復電路9包括恢復電容器 $C_S$ 和阻斷元件 $D_r$ 。恢復電容器 $C_S$ 串聯連接到次級側繞組7。恢復電容器 $C_S$ 和次級側繞組7的串聯連接被連接到第二節點 $N_2$ 和第三節點 $N_3$ 。阻斷元件 $D_r$ 連接到第二節點 $N_2$ 和第三節點 $N_3$ ，使得它與恢復電容器 $C_S$ 和次級側繞組7的串聯連接相並聯連接。阻斷元件 $D_r$ 設計為二極體。調節電壓 $V_D$ 是跨阻斷元件 $D_r$ 的電壓。

【0030】調節電路10包括接通電路11和關斷電路12。當調節電壓 $V_D$ 具有第一電壓位準 $V_{D1}$ 時，接通電路11接通功率開關13，而當調節電壓 $V_D$ 具有第二電壓位準 $V_{D2}$ 時，關斷電路12關斷功率開關13。

【0031】調節電壓 $V_D$ 如圖3所示，其中 $t$ 表示時間。由於增加的直流分量 $V_{DC}$ ，調節電壓 $V_D$ 是單極的並且基本上對應於控制電壓 $V_G$ 。在開關時間段 $T_s$ 內，調節電壓 $V_D$ 對於 $D \cdot T_s$ 的時間段具有第一電壓位準 $V_{D1}$ 並且對於 $(1-D) \cdot T_s$ 的時間段具有第二電壓位準 $V_{D2}$ 。 $D$ 表示功率開關13的占空比。第二電壓位準 $V_{D2}$ 基本為零。第一電壓位準 $V_{D1}$ 是正的。



【0032】功率開關13被設計為n溝道MOSFET。漏極端子D連接到第一輸出端子 $out_1$ ，而源極端子S連接到第二輸出端 $out_2$ 。功率開關13包括柵極端子G和源極端子S之間的柵極-源極電容 $C_{GS}$ 。

【0033】接通電路11包括串聯連接的阻斷元件 $D_{on}$ 和電阻器 $R_{on}$ 。阻斷元件 $D_{on}$ 是二極體。阻斷元件 $D_{on}$ 和電阻器 $R_{on}$ 的串聯連接被連接到第二節點 $N_2$ 和柵極端子G。第三節點 $N_3$ 連接到源極端子S。當調節電壓 $V_D$ 具有第一電壓位準 $V_{D1}$ 時，接通電路11提供驅動電流 $i$ ，該驅動電流 $i$ 給柵極-源極電容 $C_{GS}$ 充電並提供接通功率開關13的驅動電壓 $V_{GS}$ 。這在圖4中示出。

【0034】關斷電路12包括控制開關 $S_1$ 。控制開關 $S_1$ 被設計為雙極性結型電晶體。優選地，雙極性結型電晶體是PNP雙極性結型電晶體。控制開關 $S_1$ 的集電極端子C連接到源極端子S，而控制開關 $S_1$ 的發射極端子E連接到柵極端子G。控制開關 $S_1$ 的偏壓端子B連接到與第二節點 $N_2$ 連接的電阻器 $R_{off}$ 。當調節電壓 $V_D$ 具有第二電壓位準 $V_{D2}$ ，即基本為零時，接通電路11被二極體 $D_{on}$ 阻斷，控制開關 $S_1$ 因為經由發射極端子E和偏壓端子B的驅動電壓 $V_{GS}$ 和電流而被接通。控制開關 $S_1$ 用作短路電路，使得柵極-源極電容 $C_{GS}$ 由驅動電流 $i$ 放電，並且功率開關13被關斷。圖5中示出了關斷電路12。

【0035】此外，功率開關裝置1包括保護電路14以檢測功率開關13是否在不希望的操作區域中操作。次級側供電繞組8提供用於保護電路14的供電的供電電壓 $V_3$ 。初級側繞組6和次級側供電繞組8定義取決於所需供電電壓 $V_3$ 的第二變壓比。保護電路

14包括提供穩定的供電電壓 $V_{bias}$ 的穩壓電路15。穩定的供電電壓 $V_{bias}$ 被施加到控制單元16。

【0036】穩壓電路15包括二極體 $D_{bias}$ 、齊納二極體 $Z_{bias}$ 和電容器 $C_{bias}$ 。二極體 $D_{bias}$ 和次級側供電繞組8串聯連接。次級側供電繞組8連接到第三節點 $N_3$ 。二極體 $D_{bias}$ 連接到第四節點 $N_4$ 。齊納二極體 $Z_{bias}$ 和電容器 $C_{bias}$ 與第三節點 $N_3$ 和第四節點 $N_4$ 並聯連接。因此，控制單元16共享與功率開關13相同的接地。

【0037】保護電路14包括測量元件17以測量功率開關電流 $i_p$ 。所測量的功率開關電流 $i_p$ 被提供給控制單元16。此外，功率開關電壓 $V_p$ 被提供給控制單元16。功率開關電壓 $V_p$ 尤其是功率開關13的漏極-源極電壓。根據功率開關電流 $i_p$ 和/或功率開關電壓 $V_p$ ，控制單元16確定功率開關13是否在不期望的操作區域內操作。在功率開關13在不期望的操作區域內操作的情況下，控制單元16產生保護信號 $p$ 。保護信號 $p$ 特別是電壓信號。

【0038】保護電路14包括保護開關 $S_2$ ，用於在功率開關13在不期望的操作區域內操作的情況下關斷功率開關13。保護開關 $S_2$ 與柵極-源極電容 $C_{GS}$ 並聯連接。保護開關 $S_2$ 在接通的情況下提供柵極-源極電容 $C_{GS}$ 的短路電路。

【0039】保護開關 $S_2$ 被設計為 $n$ 溝道MOSFET。保護開關 $S_2$ 的漏極端子 $d$ 連接到柵極端子 $G$ ，而保護開關 $S_2$ 的源極端子 $s$ 連接到源極端子 $S$ 。控制單元16連接到保護開關 $S_2$ 的柵極端子 $g$ ，並將保護信號 $p$ 提供到柵極端子 $g$ 。

【0040】功率開關裝置1用作即插即用模組，並且可用於其中功率開關13的源極端子 $S$ 連接到固定電壓或浮動電壓的許

多應用。功率開關裝置1省略了為具有浮動源的開關設計適當的驅動和調節方案通常需要的努力，這些開關例如用於隔離拓撲結構、具有浮動源功率裝置的傳統非隔離拓撲結構或具有連接功率裝置的非常規方式的拓撲結構。即使功率開關裝置1用於隔離拓撲結構，也可以使用功率級對功率開關裝置1供電。潛在應用的實際例子是例如反激式、浮動式、正向、推挽式、半橋式和全橋式等隔離拓撲結構以及非隔離拓撲結構，這些非隔離拓撲結構具有高側開關或浮動源開關，例如升壓、降壓和降壓-升壓轉換器。使用功率開關裝置1解決了驅動和調節的問題，因為功率開關裝置1或在電路拓撲中以各種可能方式連接的很多器件可以容易地使用共享相同功率級接地的相同控制器來驅動，而不用為每個開關13建立專用電源。此外，功率開關裝置1提供不同的保護特徵，如過流保護、短路保護以及過溫保護。

【0041】由於功率開關裝置1使用變壓器5來提供隔離的差分柵極-源極電壓 $V_{GS}$ ，當需要接通功率開關13時，柵極-源極電壓 $V_{GS}$ 為正，當需要關斷功率開關13時，柵極-源極電壓 $V_{GS}$ 幾乎為零電壓，所以功率開關裝置1能夠工作而不管功率開關13的源極連接。功率開關裝置1可以用雙極或單極的控制電壓 $V_G$ 操作。優選地，控制器僅能夠相對於接地產生單極的控制電壓 $V_G$ ，即正或負電壓。因此，功率開關裝置1需要隔離或專用電源來提供所需的驅動電壓 $V_{GS}$ 。由於緩衝電路3，因此所需功率由功率級提供並且控制器不受所需功率的影響。穩壓電路2可以被設計為低壓差調節器(LDO)。濾波電路4阻斷單極緩衝輸出電壓 $V_b$ 中的直流分量 $V_{DC}$ ，使得所得到的交流初級側電壓 $V_1$ 被轉換成交流

次級側電壓 $V_2$ 。恢復電路9根據變壓器5的變壓比恢復被阻斷的直流分量 $V_{DC}$ 。由於恢復電路9，驅動電壓 $V_{GS}$ 的位準不取決於占空比 $D$ 。阻斷元件或二極體 $D_r$ 用於阻斷次級側電壓 $V_2$ 的負部分，並且減少柵極驅動損失。當控制電壓 $V_G$ 高時，阻斷元件或二極體 $D_{on}$ 和電阻器 $R_{on}$ 用於對柵極-源極電容 $C_{GS}$ 充電，並且接通功率開關13(PNP雙極性結型電晶體)，然而當控制電壓 $V_G$ 低時，控制開關 $S_1$ 用於使柵極-源極電容 $C_{GS}$ 放電並且關斷功率開關13。功率開關裝置1與被設計為MOSFET、雙極性結型電晶體或IGBT的功率開關13一起工作，因為所有這些功率開關13都需要相對於其源極端子或發射極端子的差分驅動信號。

【0042】另外，功率開關裝置1提供不同的保護特徵。由於控制單元16與功率開關13共享相同的接地，電流和電壓資訊可以直接送到它。由於可以獲得功率開關電流 $i_p$ 和功率開關電壓 $V_p$ ，通過計算不需要的操作區域和安全操作區域，可以提供過電流保護、短路保護和過溫保護。另外，可以計算和估計開關功率損耗和溫升。此外，可以使用電壓和電流測量值來計算開關損耗並將其與最差情況進行比較，以便檢測過量的功率損耗和/或提供過電壓保護。當任何違反安全操作被檢測到時，控制單元16向保護開關 $S_2$ 產生保護信號 $p$ ，即高選通脈衝，使得功率開關13被關斷並因此被保護。

### 【符號說明】

#### 【0043】

- 1...功率開關裝置
- 2、15...穩壓電路

- 3…緩衝電路
- 4…濾波電路
- 5…變壓器
- 6…初級側繞組
- 7…次級側繞組
- 8…次級側供電繞組
- 9…恢復電路
- 10…調節電路
- 11…接通電路
- 12…關斷電路
- 13…功率開關
- 14…保護電路
- 16…控制單元；功率開關
- 17…測量元件
- B…偏壓端子
- C…集電極端子
- $C_{bias}$ 、 $C_{Vcc}$ …電容器
- $C_{GS}$ …柵極-源極電容
- $C_p$ …濾波電容器
- $C_s$ …恢復電容器
- D…漏極端子
- $D_1$ 、 $D_{bias}$ 、 $Z_{bias}$ 、 $Z_{Vcc}$ …二極體
- $D_{on}$ …阻斷元件；二極體
- $D_r$ …阻斷元件或二極體

E…發射極端子

G、g…柵極端子

$R_{on}$ 、 $R_{off}$ 、 $R_{on}$ …電阻器

i…驅動電流；驅動信號

$i_p$ 、 $i_p'$ …功率開關電流

$in_{1-3}$ …輸入端子

$N_{1-4}$ …節點

$N_0$ …基準節點

$out_1$ …第一輸出端子

$out_2$ …第二輸出端

p…保護信號

$R_p$ …濾波電阻器

S、s…源極端子

$S_1$ …控制開關

$S_2$ …保護開關

$T_s$ …開關時間段

$V_1$ …初級側電壓

$V_2$ …次級側電壓

$V_3$ 、 $V_{bias}$ …供電電壓

$V_{cc}$ 、 $V_{in}$ …輸入電壓

$V_b$ …緩衝輸出電壓

$V_D$ …調節電壓

$V_{D1}$ …第一電壓位準

$V_{D2}$ …第二電壓位準

$V_{DC}$ …直流分量

$V_G$ …控制電壓

$V_{GS}$ …驅動電壓；柵極-源極電壓；驅動信號

$V_P$ …功率開關電壓

I659599

雙面影印

## 【發明摘要】

## 【中文發明名稱】

功率開關裝置及其操作方法

## 【英文發明名稱】

POWER SWITCHING DEVICE AND METHOD TO OPERATE SAID POWER SWITCHING DEVICE

## 【中文】

一種功率開關裝置包括緩衝電路、濾波電路、變壓器、恢復電路、調節電路和功率開關。緩衝電路提供取決於輸入電壓和控制電壓的單極緩衝輸出電壓。濾波電路阻斷緩衝輸出電壓的直流分量，該直流分量被恢復電路添加在變壓器的次級側上。功率開關由恢復電路提供給調節電路的單極調節電壓控制。功率開關裝置充當即插即用模組，並且可以以靈活和容易的方式使用和操作。

## 【英文】

A power switching device (1) comprises a buffer circuit (3), a filter circuit (4), a transformer (5), a restoration circuit (9), a conditioning circuit (10) and a power switch (13). The buffer circuit (3) provides a unipolar buffer output voltage ( $V_b$ ) dependent on an input voltage ( $V_{in}$ ) and a control voltage ( $V_G$ ). The filter circuit (4) blocks a direct component of the buffer output voltage ( $V_b$ ) which is added on the secondary side of the transformer (5) by the restoration circuit (9). The power switch (16) is controlled by a unipolar conditioning voltage ( $V_D$ ) provided by the restoration circuit (9) to the conditioning circuit (10). The power switching device (1) acts as a plug and play module and can be used and operated in a flexible and easy manner.



## 【指定代表圖】 圖1

## 【代表圖之符號簡單說明】

- |   |                                 |
|---|---------------------------------|
| 1…功率開關裝置  | $i_p$ 、 $i_p'$ …功率開關電流          |
| 2、15…穩壓電路   | $in_1$ 、 $in_2$ 、 $in_3$ …輸入端子  |
| 3…緩衝電路  | $N_0$ …基準節點                     |
| 4…濾波電路  | $N_1$ 、 $N_2$ 、 $N_3$ …節點       |
| 5…變壓器   | $out_1$ …第一輸出端子                 |
| 6…初級側繞組   | $out_2$ …第二輸出端                  |
| 7…次級側繞組   | $R_{on}$ 、 $R_{off}$ …電阻器       |
| 8…次級側供電繞組   | $R_p$ …濾波電阻器                    |
| 9…恢復電路  | $S$ 、 $s$ …源極端子                 |
| 10…調節電路   | $S_1$ …控制開關                     |
| 13…功率開關   | $S_2$ …保護開關                     |
| 14…保護電路   | $V_1$ …初級側電壓                    |
| 16…控制單元；功率開關  | $V_2$ …次級側電壓                    |
| 17…測量元件   | $V_3$ …供電電壓                     |
| B…偏壓端子  | $V_{cc}$ 、 $V_{in}$ …輸入電壓       |
| C…集電極端子   | $V_b$ …緩衝輸出電壓                   |
| $C_{bias}$ …電容器 $C_{V_{cc}}$ …電容器                   | $V_{bias}$ …供電電壓                |
| $C_{GS}$ …柵極-源極電容                                   | $V_G$ …控制電壓                     |
| $C_p$ …濾波電容器  | $V_{GS}$ …驅動電壓；柵極-源極電壓；驅<br>動信號 |
| $C_s$ …恢復電容器  | $V_p$ …功率開關電壓                   |
| D、d…漏極端子  |                                 |
| $D_1$ 、 $D_{bias}$ 、 $Z_{bias}$ 、 $Z_{V_{cc}}$ …二極體 |                                 |
| $D_{on}$ …阻斷元件；二極體                                  |                                 |
| $D_r$ …阻斷元件或二極體                                     |                                 |
| E…發射極端子   |                                 |
| G、g…柵極端子  |                                 |

## 【特徵化學式】

(無)

## 【發明申請專利範圍】

【第 1 項】 一種功率開關裝置，其包括：

一第一輸入端子，用以施加來自一功率級的一輸入電壓；

一第二輸入端子，用以施加來自一控制器的一控制電壓；

一緩衝電路，用以提供取決於該輸入電壓和該控制電壓的一緩衝輸出電壓；

一濾波電路，用以阻斷該緩衝輸出電壓的一直流分量並用以提供一初級側電壓；

一變壓器，用以將該初級側電壓轉換成一次級側電壓；

一恢復電路，用以至少部分地將經阻斷的該直流分量添加到該次級側電壓並用以提供一單極調節電壓，其中，該恢復電路包括是一二極體、且與該變壓器之次級側繞組和一恢復電容器的串聯連接相並聯連接之阻斷元件；

一調節電路，用以提供取決於該單極調節電壓的一驅動信號；以及

一功率開關，其被连接到一第一輸出端子及一第二輸出端子並由該驅動信號所控制，

其中，一接通電路是該調節電路的一部分，並且包括是一二極體、且在該單極調節電壓具有一第一電壓位準時允許驅動電流的流動以使得該功率開關被接通的阻斷元件，

其中，一關斷電路是該調節電路的一部分，並且包括恰好一個控制開關，該控制開關在該單極調節電壓具有一第二電壓位準時允許驅動電流的流動以使得該功率開關被關斷，

其中，該調節電路是连接到該功率開關，以使得該功率開

關之一經充電的內部電容提供一第一位準的驅動電壓，使得該功率開關被接通，且經放電的該內部電容提供一第二位準的驅動電壓，使得該功率開關被關斷。

【第2項】 如請求項1之功率開關裝置，其中：

該濾波電路包括被特別地串聯連接的一濾波電容器和一濾波電阻器。

【第3項】 如請求項1或2之功率開關裝置，其中：

該濾波電路包括被串聯連接到該變壓器之初級側繞組的濾波電容器。

【第4項】 如請求項1或2之功率開關裝置，其中：

該緩衝電路包括一電壓放大器和一電流放大器中的至少一者。

【第5項】 如請求項1或2之功率開關裝置，其中：

一穩壓電路係連接該緩衝電路的上游到該第一輸入端子。

【第6項】 如請求項1或2之功率開關裝置，其中：

該調節電路係連接到該功率開關，以使得在該單極調節電壓的該第一電壓位準時，驅動電流將該功率開關的該內部電容充電，且在該單極調節電壓的該第二電壓位準時，驅動電流將該功率開關的該內部電容放電。

【第7項】 如請求項1或2之功率開關裝置，其中：

一保護電路用以檢測該功率開關在一不被期望的操作區域中的操作。

【第8項】 如請求項7之功率開關裝置，其中：

該保護電路包括有一保護開關，用以當檢測到在不被期望

的操作區域中的操作時，關斷該功率開關。

【第9項】 如請求項8之功率開關裝置，其中：

該保護開關係並聯連接到該功率開關的該內部電容。

【第10項】 如請求項7之功率開關裝置，其中：

該保護電路包括有一控制單元，用以提供取決於一功率開關電流和一功率開關電壓中的至少一者之保護信號。

【第11項】 如請求項7之功率開關裝置，其中：

該變壓器包括有向該保護電路提供一供電電壓的次級側供電繞組。

【第12項】 一種用以操作一功率開關裝置之方法，其包括以下步驟：

提供如請求項1至11中至少其中一項之功率開關裝置；

將來自功率級的輸入電壓施加到該第一輸入端子；

將來自控制器的單極控制電壓施加到該第二輸入端子；

透過該緩衝電路，提供取決於該輸入電壓和該單極控制電壓的一單極緩衝輸出電壓；

透過該濾波電路，阻斷該單極緩衝輸出電壓的直流分量並提供一交流初級側電壓；

透過該變壓器，將該交流初級側電壓轉換成一交流次級側電壓；

透過該恢復電路，至少部分地將經阻斷的該直流分量添加到該交流次級側電壓並提供單極調節電壓；以及

透過該調節電路，根據該單極調節電壓來控制該功率開關。