



УКРАЇНА

(19) UA (11) 56854 (13) A

(51) 7 H03K17/56

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІДВидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ІМПУЛЬСНИЙ СИЛОВИЙ КЛЮЧ

1

2

(21) 2002107873

(22) 03 10 2002

(24) 15 05 2003

(46) 15 05 2003, Бюл. №5, 2003 р

(72) Василенко Олексій Дмитрович, Тараненко Юрій Олексійович, Пешков Володимир Петрович, Татенко Валерій Костянтинович, Василенко Дмитро Олексійович

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ "КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"

(57) Імпульсний силовий ключ, що містить два тиристори, аноди яких з'єднані з позитивною напругою, катод першого підключений до першого виводу навантаження, катода діода та першого виводу ємності, другий вивід ємності з'єднаний з катодом другого тиристора та першим виводом обмежуючого опору, другий вивід навантаження та анод діода підключені до негативної напруги, перший

вивід формувача сигналів управління з'єднаний з входом управління першого тиристора, а другий - з входом управління другого тиристора, який відрізняється тим, що в нього введені додатково два транзистори, опір, інвертор, тригер, два чекальних мультивібратори таким чином, що перший вхід тригера підключений через інвертор до першого виходу формувача, другий вихід формувача з'єднаний з входом першого чекального мультивібратора, вихід якого через другий чекальний мультивібратор з'єднаний з другим входом тригера, причому вихід тригера підключений до бази другого транзистора, емітер якого з'єднаний з базою першого транзистора та першим виводом опору, колектор першого транзистора з'єднаний з другим виводом обмежуючого опору, його емітер та другий вивід опору підключені до негативної напруги, а колектор першого транзистора підключений до позитивної напруги

Винахід відноситься до засобів силової автоматики і стосується імпульсних ключів на тиристорах, які працюють при постійній напрузі живлення на резистивне та індуктивне навантаження

Відомі статичні силові ключі на тиристорах (Книги "Управляемые полупроводниковые вентили" Ф Джентри, Ф Гутцвилер и др, "Мир" -Москва, 1967г, "Кремниевые управляемые вентилятиристоры", Технический справочник (перевод с английского) под редакцией В Лабунцова, А Свиридова, "Энергия", -М-Л, 1964г и др), які містять у собі два тиристори, діод, накопичувальну ємність, обмежуючий опір. Інтервал часу між сигналами управління - тривалість імпульса - які поступають на входи управління тиристорів, визначає час дії імпульса тока на навантаженні

Недоліком пристроїв аналогів є неможливість задіяння малих тривалостей імпульсів, у зв'язку з тим, що накопичувальна ємність, за рахунок розряду якої, практично, і отримується закриття відкритого ключа через який проходить ток навантаження, повинна бути заряджена в інтервалі часу того ж імпульса. Значення ємності прямо пропорційно $1/R$, де R- опір котушки індуктивності при

постійній напрузі, Тому, при малих R величина ємності досить велика і вона не встигає повністю зарядитись через обмежуючий опір. Величина обмежуючого опору в прототипах вибирається такою, щоб значення тока, який протікає через нього та другий тиристор було б менше, ніж ток утримання другого тиристора. Тому зниження величини опору призводить до того, що другий тиристор після закінчення імпульса тока не закривається

Так, наприклад, при задіянні індуктивного навантаження з $R= 0,4\text{Ом}$ та постійною напругою живлення у 40В ток через котушку при сталому режимі дорівнює 100А. При цьому, згідно з аналітичними висновками, ємність повинна бути $C > t * 1/R$. Для тиристорів з таким током значення часу виключення, звичайно, дорівнює 20-100мксек, а ток утримання $I_{\text{ут}} = 50-150\text{ма}$. Тому діапазон значень ємності та обмежуючого опору лежить у межах $C > 50-250\text{мкф}$, $r > U/I_{\text{ут}} > 270-800\text{Ом}$. Згідно з роботою ключа C повинна повністю зарядитись за час тривалості імпульса. Тому, вважаючи, що повний заряд C відбувається за час $3RC$, а також, що внутрішній опір відкритого тиристора

(13) A

(11) 56854

(19) UA

значно менший за величину обмежувачого опору визначимо діапазон мінімальних тривалостей імпульса

$$\tau > 3rC > 40,5 \text{ мсек} \quad 360 \text{ мсек}$$

При менших тривалостях імпульса, або при менших опорах індуктивного навантаження, що потребує тиристора з більшим прохідним током, і, звичайно, більшим $I_{\text{ут}}$, тиристор не зачинається

Використання додаткових пасивних елементів, як то індуктивностей, що є складовими резонансних вузлів, які допомагають більш надійно та швидко закрити ключ, не завжди придатне. Так, при використанні статичного ключа в системах швидкої автоматики, де тривалості імпульсів дорівнюють кільком мілісекундам, а значення індуктивного навантаження можуть бути різними, з різними R , резонансна індуктивність практично, придатна тільки для одного типу індуктивного навантаження.

За прототип прийнято імпульсний статичний ключ, який поданий в книзі "Управляемые полупроводниковые вентили" Ф. Джентри, Ф. Гутцвиллер і др. "Мир" - Москва, 1967г., , фіг 7,8, який містить у собі два тиристри, аноди яких з'єднані з позитивною напругою, катод першого підключений до першого виводу навантаження, катода діода та першого виводу ємності, другий вивід ємності з'єднаний з катодом другого тиристора та першим виводом обмежувачого опору, другий вивід навантаження та анод діода підключені до негативної напруги.

Недоліком прототипа є його мала економічність, а звідси і малий коефіцієнт корисної дії ($k_{\text{кд}}$) при малих тривалостях імпульса у зв'язку з наступним. Значення ємності у цій схемі однозначно визначається як, $C \sim > t \cdot 1/R$ де t - час відключення схеми, яке повинно бути більше, ніж час відключення тиристора, а i заряд проходить через обмежувачий опір. Тому, при малих тривалостях імпульса обмежувачий опір необхідно зменшувати, що призводить до того, що збільшується величина тока в колі "другий тиристор - обмежувачий опір" в інтервалі часу між імпульсами. При цьому, як було зазначено раніше, можливі випадки, коли значення цього тока перевершує значення тока утримання тиристора, він не закривається після перезаряду ємності і по цьому колу іде великий ток. Це значно скорочує енергію джерела живлення, навіть і при великих скважностях, що досить небезпечно для автономних систем.

Крім того, при закритті першого тиристора ємність не тільки розряджається, але й перезаряджається через другий, відкритий тиристор, а в інтервалі тривалості імпульса вона знову перезаряджається. Все це призводить до додаткових втрат енергії джерела живлення.

В основу винаходу поставлено задачу удосконалити імпульсний силовий ключ шляхом введення додаткових елементів, чим забезпечується збільшення $k_{\text{кд}}$ та економічності ключа та зменшення нижньої межі використовуваних тривалостей імпульса.

Поставлена задача вирішується тим, що в імпульсний силовий ключ, що містить у собі два тиристри, аноди яких з'єднані з позитивною напругою, катод першого підключений до першого виводу навантаження, катода діода та першого

виводу ємності, другий вивід ємності з'єднаний з катодом другого тиристора та першим виводом обмежувачого опору, другий вивід навантаження та анод діода підключені до негативної напруги, перший вихід формувача сигналів управління з'єднаний з входом управління першого тиристора, а другий - з входом управління другого тиристора, новим є те, що в нього введені додатково два транзистора, опір, інвертор, тригер, два чекальні мультівібратора. Перший вхід тригера підключений через інвертор до першого виходу формувача. Другий вихід формувача з'єднаний з входом першого чекального мультівібратора, вихід якого через другий чекальний мультівібратор з'єднаний з другим входом тригера. Причому, вихід тригера підключений до бази другого транзистора, емітер якого з'єднаний з базою першого транзистора та першим виводом опору. Колектор першого транзистора з'єднаний з другим виводом обмежувачого опору, його емітер та другий вивід опору підключені до негативної напруги, а колектор першого транзистора підключений до позитивної напруги.

Схема заявляемого імпульсного силового ключа приведена на фіг 1.

Пристрій містить 1, 2 - тиристри, 3 - діод, 4 - індуктивне чи резистивне навантаження, 5 - ємність, 6 - обмежувачий опір, 7,8 - транзистори, 9 - опір, 10 - формувач сигналів управління тиристорами, 11 - інвертор, 12,13 - чекальні мультівібратори, 14 - тригер.

Робота силового ключа виконується наступним чином.

З виходу 1' формувача 10 на вхід управління першого тиристора 1 подається імпульс запуску, який відкриває 1. Струм тече через навантаження 4. Одночасно, сигнал управління через інвертор 11 переключає тригер 14 таким чином, що на його виході з'являється високий потенціал. Цей потенціал через підсилювач потужності на емітерному повторювачі {8, 9} подається на базу транзистора 7, в колекторі якого розташований обмежувачий опір 6. Транзистор 7 відкривається і заходить в режим насичення. При цьому ємність 5 заряджається по колу тиристор 1- ємність 5 - обмежувачий опір 6 - перехід "колектор-емітер" транзистора 7.

При закінченні тривалості імпульсу, на виході 2' формувача 10 з'являється сигнал управління другим тиристором 2, який його відкриває. Одночасно цей сигнал подається на запуск чекального мультівібратора 12, який виробляє імпульс тривалістю $t > t_z$, де t_z - час закриття даного типу тиристора 1. Через відкритий тиристор 2 ємність починає розряджатись - перезаряджатись по колу "навантаження 4 - джерело живлення - відкритий тиристор 2". При цьому, в перший момент часу на катоді 1 встановлюється позитивний потенціал, практично, рівний подвоєній позитивній напрузі. Це призводить до того, що тиристор 1 починає закриватись в інтервалі часу t_z . Тому, тиристор 2 повинен бути відкритий, практично, тільки на час t_z , для того, щоб закрився тиристор 1. Це забезпечується шляхом подовження на час t_z інтервалу при якому відкритий транзистор 7. Для цього, по задньому фронту імпульсу чекального мультівібратора 12 запускається чекальний мультівібратор 13, який своїм імпульсом переключає тригер 14, і

на його виході з'являється низький потенціал. Цей потенціал через емітерний повторювач на транзисторі 8 закриває ключ на транзисторі 7, що не дає можливості протікати струму через тиристор 2 в інтервалі часу між імпульсами.

Таким чином, за рахунок введення нових елементів досягається економічність силового ключа, підвищення його коефіцієнта корисної дії та можливість його використання при менших тривалостях імпульса.

Характер та часова взаємодія між сигналами наведеш на діаграмах фіг 2, де по лініям часу відкладено наступні сигнали:

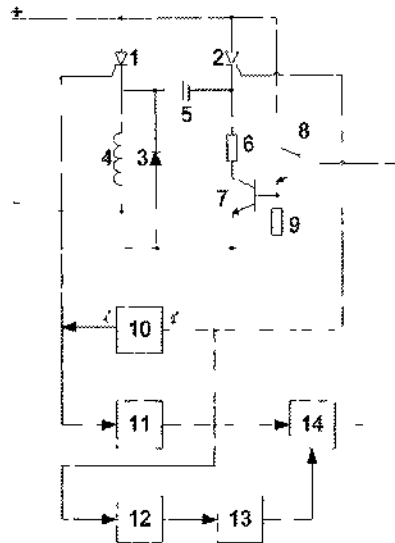
- А - тривалість імпульса струму,
- Б - на виході 1 формувача 10,
- В - на виході 2 формувача 10,
- Г - на виході чекального мультивібратора 12,
- Д - на виході чекального мультивібратора 13,
- Е - на виході інвертора 11,
- Ж - на виході тригера 14.

Вироблений макет пристрою силового ключа перевірявся при роботі на індуктивне навантаження від автономного джерела живлення на ємностному накопичувачі, при наступних параметрах опір індуктивного навантаження 4 - 0,4 Ом, $\tau = 10$ мсек, $U = 40$ В, $C = 400$ мкф, обмежувачий опір 6 =

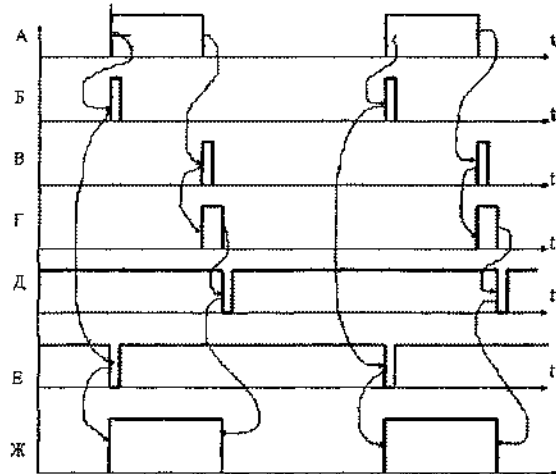
6 Ом, $T_i = 2$ сек, $t_z = 150$ мкс, $C_i = 1$ ф, де C_i - ємність накопичувача, T_i - період появи імпульсів τ . Використовувались тиристори ТО 142-80 та транзистор 7 - Т 819.

При вищезазначених параметрах енергія накопичувача складає $E = C_i \cdot U^2 / 2 = 800$ дж, а енергія, яка витрачається при імпульсі тока через навантаження $E_i = U^2 / RL \cdot \tau = 40$ дж. При відсутності ключа на транзисторі 7, енергія, яка витрачається за період T_i дорівнює $E_2 = U^2 / RL \cdot \tau + U^2 / r \cdot (T_i - \tau) = 533$ дж.

Порівняння втраченої енергії у двох випадках показує, що при введенні додаткових елементів економічність силового ключа значно підвищується. Так, коли орієнтовно припустити, що корисною енергією, E_k , є енергія, яка безпосередньо використовується на навантаженні 4 і яка дорівнює $E_k = U^2 / RL \cdot \tau = 40$ дж, то к.к.д., η , (не беручи до уваги втрати енергії на тиристорах, яка, орієнтовно, в 50 разів менша за E_k) можливо визначити, як $\eta = E_z / E_n - E_k$, де E_z - залишена в накопичувачі після одного періода енергія, E_n - енергія повністю зарядженого накопичувача. В нашому випадку $\eta_1 = 1$, $\eta_2 = 0,35$, що підтверджує значне підвищення економічності заявляемого силового ключа.



Фіг 1



Фиг. 2