



УКРАЇНА

(19) UA (11) 55750 (13) U  
(51) МПК (2009)  
H02M 7/12МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) ТРИФАЗНИЙ ТИРИСТОРНИЙ ВИПРЯМЛЯЧ З ДИСКРЕТНО ЗМІННИМИ ПАРАМЕТРАМИ

1

2

(21) u201006781

(22) 01.06.2010

(24) 27.12.2010

(46) 27.12.2010, Бюл. № 24, 2010 р.

(72) КОТ ЛЕОНІД СЕРГІЙОВИЧ

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
УКРАЇНИ "КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИ-  
ТУТ"

(57) Трифазний тиристорний випрямляч, що містить базовий випрямляч, до складу якого входять катодна та анодна групи тиристорів, спільні точки яких мають виводи для підмикання навантаження, точка протилежно з'єднаних тиристорів кожної фази випрямляча приєднана через окремий конденсатор до 3-фазної мережі змінного струму, який відрізняється тим, що паралельно випрямлячу як з боку вхідної змінної напруги, так і з боку випрямленої напруги підімкнено  $n-1$  додаткових шестипульсових випрямлячів, причому кожний з

випрямлячів є тиристорним мостом, кожна точка протилежно з'єднаних тиристорів кожного з мостів приєднана через окремий конденсатор до відповідної фази трифазної мережі змінного струму, величини ємностей конденсаторів мостів утворюють геометричну прогресію з множником, рівним  $\frac{1}{2}$ , а загальна кількість мостів визначається точністю регулювання вихідної величини перетворювача у відповідності з виразом:

$$n = \log_2 \frac{a_{\max} - a_{\min}}{\Delta a},$$

де  $a_{\max}$  та  $a_{\min}$  - максимальна та мінімальна вихідна величина,

$\Delta a$  - задана точність її регулювання, причому, величина  $n$  - округлюється в сторону найближчого більшого цілого числа.

Корисна модель відноситься до перетворювальної техніки і може бути використана для перетворення змінної напруги в постійну з можливістю її регулювання в широких межах при збереженні ємнісного режиму роботи випрямляча.

Найближчим аналогом є шестипульсовий тиристорний випрямляч (Баев А.В., Волков Ю.К. и др. Вентильные преобразователи с конденсаторами в силовых цепях. М., „Энергия“, 1969), що містить мостовий трифазний тиристорний випрямляч, кожна фаза якого з боку змінного струму приєднана через конденсатор до трифазної мережі живлення.

Найближчий аналог має суттєві недоліки. В інтервалах проходження струму через тиристори, конденсатор відповідної фази обтікається струмом навантаження випрямляча. При зміні навантаження на виході випрямляча, змінюється і його вихідні величини (напруга, струм). При збільшенні опору навантаження напруга збільшується. Для забезпечення незмінної величини постійної напруги на виході випрямляча, збільшують кут керування тиристорами в сторону відставання. При цьому, погіршується коефіцієнт потужності, основна гармоніка струму випрямляча відстає від напруги,

випрямляч не генерує реактивну ємнісну потужність а перетворюється в її споживача. При значних величинах кута керування випрямляча основна гармоніка струму буде значно відставати від напруги, тобто не зважаючи на наявність конденсаторів, випрямляч по відношенню до електричної мережі набуває властивостей резистивно індуктивного характеру. Такі особливості аналогу є його суттєвими недоліками.

В основу корисної моделі поставлена задача зменшити втрати електричної енергії в енергосистемі, забезпечити генерування реактивної потужності за будь-якого навантаження на стороні постійного струму, шляхом зміни ємності конденсаторів за рахунок зміни внутрішнього опору випрямляча.

Поставлена задача вирішується так, що в трифазному тиристорному випрямлячу, що містить базовий випрямляч, до складу якого входять катодна та анодна група тиристорів, спільні точки яких мають виводи для підмикання навантаження точка протилежно з'єднаних тиристорів кожної фази випрямляча приєднана через окремий конденсатор до 3-фазної мережі змінного струму. Новим є те, що паралельно базовому випрямлячу

(13) U  
(11) 55750  
(19) UA

як з боку вхідної змінної напруги так і з боку випрямленої напруги підімкнено  $n-1$  додаткових шестипульсових випрямлячів, причому кожний з випрямлячів є тиристорним мостом, кожна точка протилежно з'єднаних тиристорів кожного з мостів приєднана через окремий конденсатор до відповідної фази трифазної мережі змінного струму, а величини ємностей конденсаторів мостів утворюють геометричну прогресію з множителем рівним  $\frac{1}{2}$ , загальна кількість мостів визначається точністю регулювання вихідної величини перетворювача у відповідності з виразом:

$$n = \log_2 \frac{a_{\max} - a_{\min}}{\Delta a}$$

де  $a_{\max}$  та  $a_{\min}$  - максимальна та мінімальна вихідна величина,  $\Delta a$  - задана точність її регулювання, причому, величина  $n$  - округляється в сторону найближчого більшого цілого числа.

На фіг. приведена схема запропонованого випрямляча з дискретно змінними параметрами.

Базовий випрямляч складається з тиристорів 1÷6. Ці тиристиори з'єднані попарно в три групи. В кожній парі тиристиори між собою з'єднуються протилежними полюсами в одній точці. Спільна точка пари тиристорів 1, 2 приєднана через конденсатор 7 до першої фази 22 електричної 3-фазної мережі змінної напруги. Спільна точка пари тиристорів 3, 4 приєднана через конденсатор 8 до другої фази 23 електричної мережі змінної напруги. Спільна точка пари тиристорів 5, 6 приєднана через конденсатор 9 до третьої фази 24 електричної мережі змінної напруги. Катоди тиристорів 1, 3, 5, (катодна група тиристорів моста) з'єднані між собою в спільній точці 10. Аноди тиристорів 2, 4, 6 (анодна група) з'єднані в спільній точці 11. Ємності фаз конденсаторної батареї базового випрямляча однакові.

До складу запропонованого випрямляча входить  $n$  аналогічних випрямлячів. Останній ( $n$ -й) випрямляч складається з тиристорів 12÷17. Ці тиристиори з'єднані попарно в три групи. В кожній парі тиристиори з'єднуються протилежними полюсами. Спільна точка пари тиристорів 12, 13 приєднана через конденсатор 18 до першої фази 22 електричної 3-фазної мережі змінної напруги. Спільна точка пари тиристорів 14, 15 приєднана через конденсатор 19 до другої фази 23 електричної мережі змінної напруги. Спільна точка пари тиристорів 16, 17 приєднана через конденсатор 20 до третьої фази 24 електричної мережі змінної напруги. Катоди тиристорів 13, 15, 17 (катодна група тиристорів моста) з'єднані з точкою 10. Аноди тиристорів 12, 14, 16 (анодна група) з'єднані з точкою 11. Ємності фаз конденсаторної батареї  $n$ -го випрямляча однакові, але менші по величині від ємності базового випрямляча в  $2^{n-1}$ . Загальна ємність конденсаторної батареї в запропонованому випрямлячу, має таку ж величину як і в прототипі.

Виходи всіх  $n$  випрямлячів з'єднані відповідно між собою паралельно. Між точками 10 та 11 підімкнено навантаження 21 випрямляча.

Запропонований випрямляч функціонує наступним чином. При максимальній величині наванта-

ження 21 тиристиори 1-6, та 12-17 випрямлячів знаходяться у відкритому стані в прямому напрямку. Завдяки цьому конденсатори 7 та 18 першої фази випрямляча з'єднані між собою паралельно і приєднані до першої фази 22 змінної напруги мережі. Конденсатори 8 та 19 другої фази випрямляча також між собою з'єднані паралельно і приєднані до другої фази 23 мережі змінної напруги. Конденсатори 9 та 20 третьої фази випрямляча також з'єднані між собою паралельно та приєднані до третьої фази 24 мережі змінної напруги. Ємність кожної фази випрямляча, що обтікається струмом, є максимальною, рівною сумі ємностей усіх конденсаторів фази випрямляча. При цьому, опір кожної фази конденсаторної батареї - мінімальний. Вихідна величина (напруга, струм) випрямляча є максимальною. Припустимо, що необхідно зменшити вихідну величину. Для цього з допомогою системи керування відмикають відповідну частину випрямлячів. Ця частина випрямлячів не буде пропускати електричний, тому їх конденсатори не обтікаються струмом. В результаті змінюється величина еквівалентної ємності конденсаторів, по яким протікає електричний струм. Величина еквівалентної ємності зменшується, тобто змінюються еквівалентні параметри конденсаторної батареї, тому опір конденсаторів, що обтікаються струмом кожної фази збільшується, що приводить до збільшення напруги на конденсаторах та зменшення вихідної величини випрямляча. За рахунок зміни параметрів конденсаторної батареї, можна здійснювати стабілізацію вихідної величини - напруги, або струму навантаження. При цьому, генерується ємнісна потужність в електричну мережу при будь-якому режимі роботи випрямляча, чого неможливо досягти за допомогою аналогу.

Максимальну ефективність використання переваг запропонованого випрямляча можна отримати при умові, якщо величини ємностей конденсаторів мостів випрямляча, утворюють геометричну прогресію. Наприклад, якщо ємність конденсаторної батареї першого (базового) випрямляча (фіг.), є рівною  $C_1$ , то ємність конденсаторної батареї наступного випрямляча рівна  $C_{\frac{1}{2}}$ ,

а ємність конденсаторної батареї  $n$ -го випрямляча має величину  $C_{\frac{1}{2^{n-1}}}$ . Таким чином, величини

ємностей конденсаторів батарей окремих випрямлячів утворюють геометричну прогресію, знаменник якої рівний  $\frac{1}{2}$ .

Кількість мостів, що входять до складу запропонованого випрямляча, визначається точністю та діапазоном регулювання вихідної величини. При виборі кількості мостів, необхідно виходити з граничних значень максимальної  $a_{\max}$  та мінімальної  $a_{\min}$  величин, а також заданої точності регулювання вихідної величини  $\nabla a$ . При цьому, величина діапазону регулювання вихідної величини  $\Delta a$  буде визначатися різницею величин між максимальним та мінімальним значеннями, тобто  $\Delta a = a_{\max} - a_{\min}$ . Кількість ступіньок  $N$  регулювання вихідної величини визначається відношенням діапазону  $\Delta a$  до величини одної ступінки  $\nabla a$ , тобто:

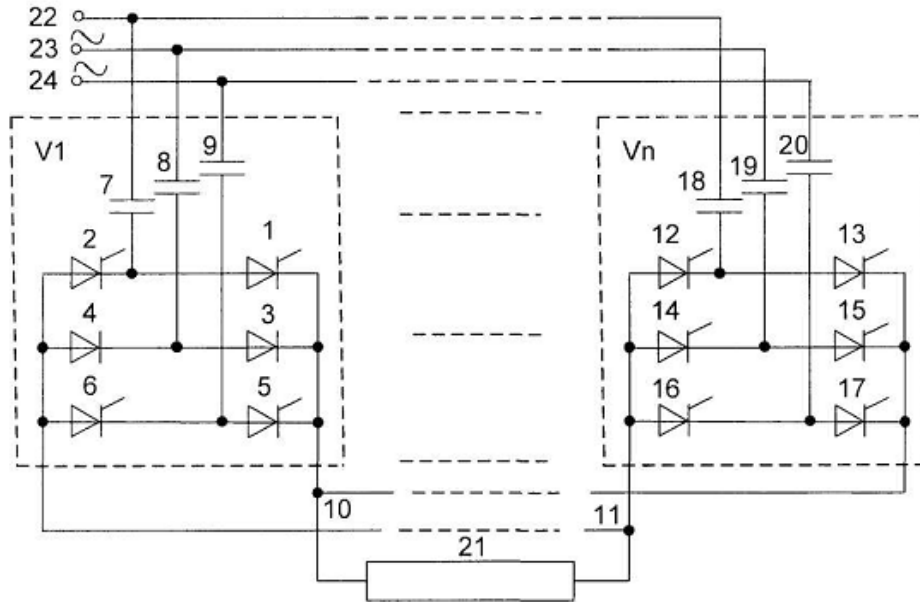
$$N = \frac{Da}{\nabla a}$$

По величині  $N$  визначається кількість випрямлячів  $n$ , що входять до складу запропонованого пристрою:

$$N = \log_2 N$$

Наприклад, якщо  $N=200$ , то  $n = \log_2 200 = 7,666$

Величину  $n$  необхідно округляти в сторону найближчого більшого цілого числа, тобто в розглядаємому прикладі  $n=8$ . При цій величині  $n$ , точність регулювання збільшується, так як число ступінок  $N$  регулювання буде складати 256.



Фіг.