



УКРАЇНА

(19) UA (11) 59640 (13) A

(51) 7 H02M7/17, H02M7/219

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

(54) КЕРОВАНІЙ ВИПРЯМЛЯЧ

1

2

(21) 2002118699

(22) 01 11 2002

(24) 15 09 2003

(46) 15 09 2003, Бюл. № 9, 2003 р.

(72) Шитов Олександр Леонідович, Кулькін Юрій Федорович, Котляр Григорій Петрович

(73) ВІДКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО "ЗАПОРІЗЬКИЙ ЗАВОД "ПЕРЕТВОРЮВАЧ"

(57) 1 Керований випрямляч, що містить силовий трансформатор, додаткові трансформатори, некеровані основний і додатковий випрямлячі, напівпровідникові ключі, силові виходи яких підключені до вторинних обмоток відповідних додаткових трансформаторів, блок керування, виходи якого з'єднані з керуючими входами напівпровідникових ключів, причому виходи вторинних обмоток силового трансформатора

з'єднані через первинні обмотки відповідних додаткових трансформаторів з відповідними входами змінного струму основного випрямляча, виходи постійного струму основного і додаткового випрямлячів підключені згідно паралельно до виходів постійного струму керованого випрямляча і кожен додатковий трансформатор підключений першим виходом вторинної обмотки до відповідного входу змінного струму додаткового випрямляча, який відрізняється тим, що кожен додатковий трансформатор підключений другим виходом вторинної обмотки до відповідного входу основного випрямляча

2 Керований випрямляч по п. 1, який відрізняється тим, що додаткові трансформатори виконані в вигляді дроселів насичення

Винахід відноситься до галузі електротехніки, а саме до силової перетворювальної техніки, і може бути використано як джерело живлення постійного струму в кольоровій металургії і хімічній промисловості

Відомий (аналог) керований випрямляч (патент РФ 2172056, кл. H02M7/17), що містить вхідний силовий трансформатор, вторинні обмотки якого підключені до входу вентиляного блоку, виконаного на некерованих напівпровідникових вентилях із дроселями насичення з трьома обмотками, тиристори, блок імпульсно-фазового керування і додатковий випрямляч, створений некерованими напівпровідниковими вентилями, підключений до третіх обмоток відповідних дроселів насичення, перші обмотки яких включені послідовно з відповідними некерованими вентилями вентиляного блоку, другі обмотки всіх дроселів насичення з'єднані послідовно і підключені до джерела струму змищення, треті обмотки дроселів насичення підключені до силових електродів відповідних тиристорів, керовані електроди яких з'єднані з відповідними виходами блоку імпульсно-фазового керування, причому вихід постійного струму додаткового випрямляча підключений згідно паралельно до виходу постійного струму керованого випрямляча

ваного випрямляча

Недоліком зазначеного випрямляча є високі аварійні струми при пробі напівпровідникових вентилів додаткового випрямляча, особливо при включенні тиристорів. Найбільші після аварійні наслідки виникають при паралельній роботі випрямлячів, коли виявляється ефект зовнішнього підживлення. Напівпровідникові вентиля і тиристири повинні володіти підвищеною термодинамічною стійкістю, дроселі насичення - підвищеною динамічною стійкістю і запобіжники, що встановлюються звичайно послідовно з напівпровідниковими вентилями для обмеження амплітуди і тривалості протікання аварійного струму, - високою здатністю відключення. Крім того, необхідні додаткові шинопроводи для зв'язку дроселів насичення з додатковим випрямлячем

Відомий (прототип) керований випрямляч (Бобков АВ, Бобков ВА Керований випрямляч з фазоступеневим регулюванням випрямленої напруги для живлення електролизерів - Промислова енергетика, 2001, №6, с. 44, фіг. 2), що містить силовий трансформатор Т4, допоміжні трансформатори Т1-Т3, некеровані основний (VD1-VD6) і додатковий (VD7-VD12) випрямлячі, виконані на діодах, тиристири VS1-VS6, силові електроди

(13) A

(11) 59640

(19) UA

яких підключені до вторинних обмоток відповідних допоміжних трансформаторів Т1 Т3, блок керування (мається на увазі по тексту), виходи якого з'єднані з керуючими електродами відповідних тиристорів VS1 VS6, причому виходи а, b, c, x, y і z вторинних обмоток силового трансформатора Т4, з'єднані через первинні обмотки відповідних допоміжних трансформаторів Т1 Т3 з відповідними входами змінного струму основного випрямляча, виходи постійного струму основного (VD1 VD6) і додаткового (VD7 VD12) випрямлячів підключені згідно паралельно до виходів постійного струму керованого випрямляча, вторинні обмотки допоміжних трансформаторів (Т1 Т3) підключені до відповідного входу змінного струму додаткового випрямляча

Недоліком зазначеного випрямляча є високі аварійні струми при пробі діодів додаткового випрямляча, в результаті можливі важкі аварійні наслідки, особливо при паралельній роботі випрямлячів, коли - виявляється ефект зовнішнього підживлення. При пробі тиристорів виникають аналогічні аварійні процеси. Напівпровідникові вентиля і тиристори повинні володіти підвищеною термодинамічною стійкістю, дроселі насичення - підвищеною динамічною стійкістю і запобіжники, що встановлюються звичайно послідовно з напівпровідниковими вентилями для обмеження амплітуди і тривалості протікання аварійного струму, - високою здатністю відключення. Крім того, необхідні додаткові шинопроводи для зв'язку додаткових трансформаторів з додатковим випрямлячем

В основу винаходу поставлена задача зниження впливу аварійних струмів, підвищення надійності і спрощення конструкції керованого випрямляча

Поставлена задача досягається тим, що в керованому випрямлячі, в якому кожен додатковий трансформатор підключений першим виводом вторинної обмотки до відповідного вводу змінного струму додаткового випрямляча, другий вивід вторинної обмотки кожного додаткового трансформатора з'єднаний з відповідним вводом змінного струму основного випрямляча. Таким чином, кожен додатковий трансформатор вторинною обмоткою включений між відповідними входами змінного струму основного і додаткового випрямлячів. Коротке замикання, що може виникнути при пробіх вентилів додаткового випрямляча, можливе тільки через фазний імпеданс, що знижує аварійні струми. Для випрямлячів, виконаних за мостовою схемою, одночасний пробій вентилів катодної й анодної груп мало ймовірний. Тому пробій вентилів анодної або катодної груп додаткового випрямляча приводить до перегорання відповідного запобіжника під впливом змінного струму. Тут викликається ефект зовнішнього підживлення з боку виходу постійного струму при паралельній роботі випрямлячів. У випрямлячі відсутні довгі шинопроводи, що з'єднують другі виводи додаткових трансформаторів з входами змінного струму додаткового випрямляча

На фіг 1 зображена електрична схема керованого випрямляча, виконаного за мостовою схемою

На фіг 2 зображені фазні напруги U_{a1} , U_{b1} и

U_{c1} на входах змінного струму основного випрямляча 5, де, α - кут керування тиристорами 7 12 (відраховується від моменту природного протікання вхідного струму випрямляча через нуль при цілком відімкнутих тиристорах), γ - кут комутації вентилів основного випрямляча 5, θ - поточне значення кута

На фіг 3 зображена часова діаграма випрямленої напруги U_d на виході керованого випрямляча

На фіг 4 зображені часові діаграми струмів i_a , i_b и i_c у вторинних обмотках силового трансформатора 1

Керований випрямляч (фіг 1) містить силовий трансформатор 1, три додаткових трансформатори 2, 3 і 4, некеровані основний 5 і додатковий 6 випрямлячі, напівпровідникові ключі, виконані на тиристорах 7, 8, 9, 10, 11 і 12 і блок керування 13, навантаження випрямляча 14. Основний випрямляч 5 виконаний по трьохфазній мостовій схемі, кожне плече якого складається з ланцюга послідовно з'єднаних діода і запобіжника (для потужних випрямлячів кожен цей ланцюг представляє N паралелей). Додатковий випрямляч 6 також виконаний по трьохфазній мостовій схемі на діодах з послідовно включеними запобіжниками. Причому, виходи а, b і c силового трансформатора 1 з'єднані через первинні обмотки w1 додаткових трансформаторів 2, 3 і 4 із входами змінного струму a1, b1 і c1 основного випрямляча 5, відповідно, позитивні Р і негативні N виходи основного 5 і додаткового 6 випрямлячів підключені згідно паралельно з відповідними входами Р і N постійного струму керованого випрямляча, до яких підключене навантаження 14, виходи вторинних обмоток w2 додаткових трансформаторів 2, 3 і 4 підключені, відповідно, між входами змінного струму a1, b1 і c1 основного випрямляча 5 і a2, b2 і c2 додаткового випрямляча 6, тиристори 7 і 8, 9 і 10, 11 і 12 з'єднані між собою силовими виходами зустрічне паралельно і підключені до вторинних обмоток w2 додаткових трансформаторів 2, 3 і 4, відповідно, керуючі - електроди тиристорів з'єднані з відповідними виходами блоку керування 13

Керований випрямляч працює в такий спосіб. Фазні напруги U_a , U_b і U_c із вторинних обмоток силового трансформатора 1 (фіг 1) подаються через первинні обмотки w1 додаткових трансформаторів 2, 3 і 4, відповідно, на вводи змінного струму a1, b1 і c1 основного випрямляча 5 у вигляді напруг U_{a1} , U_{b1} і U_{c1} (фіг 2), менших щодо фазних напруг U_a , U_b і U_c , відповідно, на величини U_2 , U_3 і U_4 спадань напруги на первинних обмотках w1 додаткових трансформаторів 2, 3 і 4. Таким чином, $U_{a1}=U_a-U_2$, $U_{b1}=U_b-U_3$, $U_{c1}=U_c-U_4$. Ці напруги U_{a1} і U_{b1} , чи U_{b1} і U_{c1} , чи U_{c1} і U_{a1} , прикладаються через основний випрямляч 5 до навантаження 14 у вигляді випрямленої напруги U_d (фіг 3). Під дією напруги U_d через навантаження 14 протікає струм I_d , поточне значення якого постійне внаслідок наявності індуктивності в ланцюзі навантаження

$$I_d = U_{dc} / R_H$$

де, U_{dc} - середнє значення випрямленої напруги U_d , R_H - активний опір навантаження

У вторинних обмотках силового трансформатора

тора 1 протікають струми i_a , i_b і i_c (фіг 4)

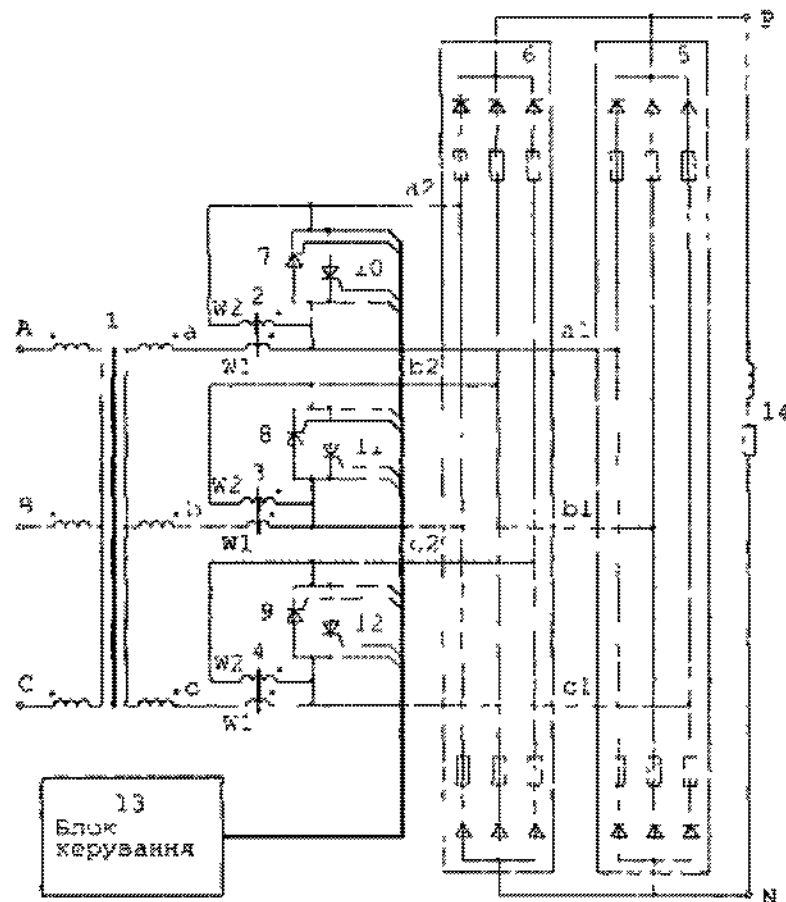
При цілком відімкнутих тиристорах ($\alpha=0$) 7, 8, 9, 10, 11 і 12 напруги на вторинних обмотках w_2 і, отже, напруги U_2 , U_3 і U_4 на первинних обмотках w_1 додаткових трансформаторів 2, 3 і 4 мають практично нульові значення. У цьому випадку додатковий випрямляч 6 не бере участь у роботі. Струм протікає тільки через основний випрямляч 5.

При цілком замкнених тиристорах ($\alpha=120^\circ$ ел. град) 7, 8, 9, 10, 11 і 12 спадання напруги U_2 , U_3 і U_4 на первинних обмотках w_1 додаткових трансформаторів 2, 3 і 4 виявляються прямо пропорційні випрямленій напрузі U_d керованого випрямляча і коефіцієнту трансформації додаткових трансформаторів 2, 3 і 4, тому що в моменти протікання струмів i_a , i_b і i_c вторинні обмотки w_2 додаткових трансформаторів підключаються до виходів Р і N керованого випрямляча через додатковий випрямляч 6. У роботі беруть участь основний 5 і додатковий 6 випрямлячі.

Система керування 13 формує імпульси на керуючих електродах тиристорів і відмикає їх, так, що тиристори 7 і 8 проводять струм на інтервалах від $(\pi/6+\theta_1+\alpha+\pi\cdot k)$ до $(5\pi/6+\theta_1+\gamma+\pi\cdot k)$, тиристори 9 і 10 - на інтервалах від $(5\pi/6+\theta_1+\alpha+\pi\cdot k)$ до $(9\pi/6+\theta_1+\gamma+\pi\cdot k)$ і тиристори 11 і 12 - на інтервалах

від $(9\pi/6+\theta_1+\alpha+\pi\cdot k)$ до $(13\pi/6+\theta_1+\gamma+\pi\cdot k)$ де, $k=0, 1, 2, \dots$ (число періоду) і θ_1 - кут зміщення рівності фазних напруг при керуванні тиристорами (фіг 2). На цих інтервалах провідності тиристорів спадання напруги U_2 , U_3 і U_4 на додаткових трансформаторах 2, 3 і 4 відсутні. Зміна кута α керування тиристорами 7, 8, 9, 10, 11 і 12 веде до зміни величини і тривалості напруг U_2 , U_3 і U_4 на первинних обмотках додаткових трансформаторів 2, 3 і 4, що в результаті викликає регулювання середнього значення випрямленої напруги U_{dcp} .

При пробі одного з тиристорів 7, 8, 9, 10, 11 чи 12 виявляється замкнута вторинна обмотка w_2 відповідного додаткового трансформатора 2, 3 чи 4. При цій несправності через пробитий тиристор протікає аварійний струм номінальної величини, випрямляч стає лише несиметрично керованим. При пробі діода додаткового випрямляча 6 і відмиканні відповідного тиристора 7, 8, 9, 10, 11 чи 12 перегоріє запобіжник, включений у ланцюзі пробитого діода під впливом перемінного струму. У цьому випадку аварійний струм обмежується сумарним реактансом силового 1 і додаткових трансформаторів 2, 3 і 4. Аварійний струм не буде підживлюватись паралельно включеними випрямлячами, оскільки ланцюг підживлення виключений.



Фіг.1

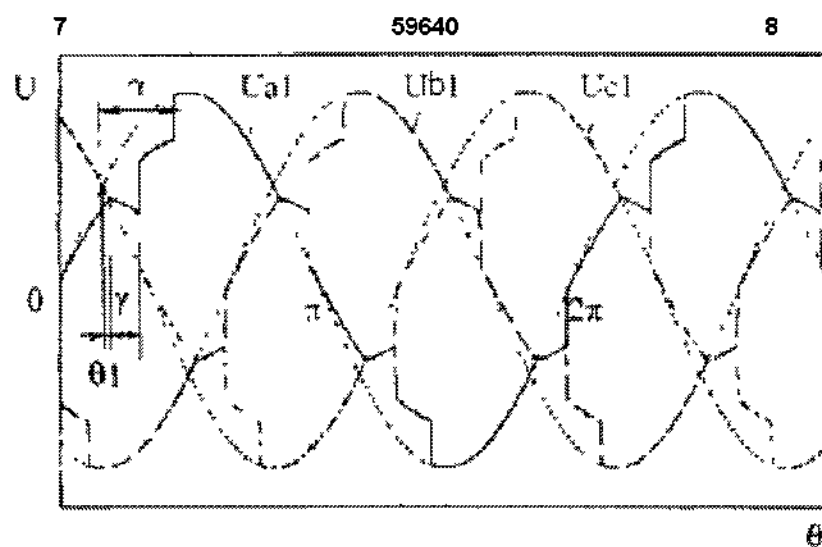


Fig.2

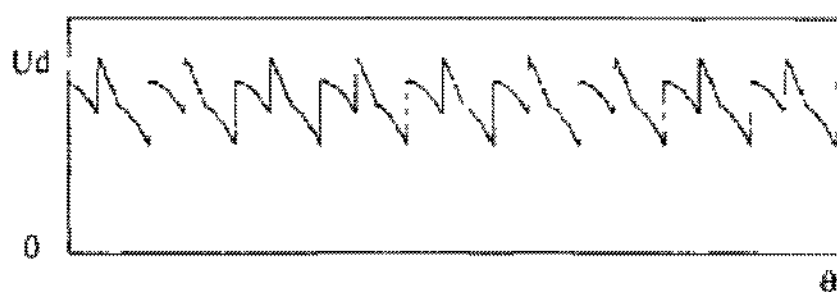


Fig.3

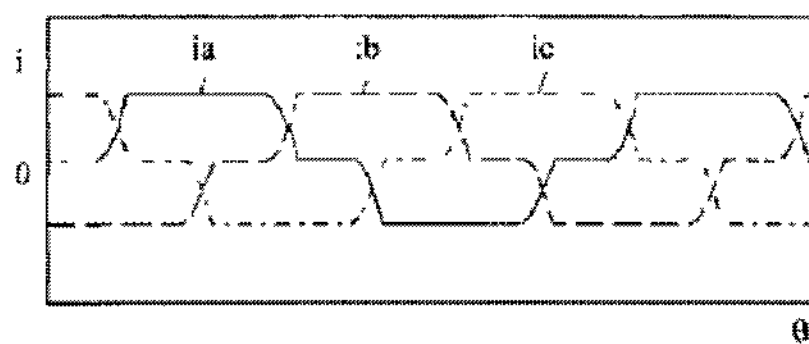


Fig.4