



УКРАЇНА

(19) UA (11) 95208 (13) C2

(51) МПК

H02J 3/01 (2006.01)

H02M 1/12 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) ДВОСТУПЕНЕВИЙ ПАРАЛЕЛЬНИЙ АКТИВНИЙ ФІЛЬТР

1

2

(21) a201011391

(22) 24.09.2010

(24) 11.07.2011

(46) 11.07.2011, Бюл.№ 13, 2011 р.

(72) БУРЛАКА ВОЛОДИМИР ВОЛОДИМИРОВИЧ,
ГУЛАКОВ СЕРГІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ(73) ПРИАЗОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ(56) Sangsun Kim, P.N. Enjeti, "A New Hybrid Active
Power Filter Topology", IEEE Trans. On Power
Electronics, vol. 17, #1, January 2002. – pp. 48-54

CN 101814840 A, 25.08.2010

EP 0735659 A1, 02.10.1996

JP 8275396 A, 18.10.1996

(57) Двоступеневий паралельний активний фільтр,
що містить два інвертори із загальною ланкою

постійного струму, два інтерфейсних фільтра і схему керування, який **відрізняється** тим, що в кожній фазі між виходами інтерфейсних фільтрів додатково введено напівмостовий інвертор із двох послідовно з'єднаних транзисторів, дроселя і двох конденсаторів, причому стік (колектор) першого транзистора з'єднаний з виходом першого інтерфейсного фільтра, витік (емітер) другого транзистора з'єднаний з виходом другого інтерфейсного фільтра, середня точка з'єднання транзисторів через дросель підключена до фази мережі, крім того між виходами інтерфейсних фільтрів і негативною шиною ланки постійного струму включені конденсатори.

Винахід належить до електротехніки і може бути використаний для підвищення якості електроенергії шляхом активного усунення небажаних складових струму.

Для усунення негативного впливу нелінійних та несиметричних навантажень на мережу живлення можуть бути застосовані засоби активної фільтрації, у тому числі паралельні активні фільтри (АФ).

Паралельний АФ являє собою інвертор із ланкою постійного струму, підключений до мережі через інтерфейсний фільтр, який запобігає проникненню у неї високочастотних перешкод на частоті комутації інвертора та її гармоніках. Схема керування, отримуючи інформацію про струм нелінійних навантажень, формує вихідний струм інвертора таким чином, що струм споживання від джерела живлення має низький рівень вищих гармонік і реактивної компоненти першої гармоніки та є симетричним.

Проте, оскільки АФ містить інвертор, постає проблема залишкового впливу на мережу з боку самого АФ. Для зниження цього впливу слід підвищувати частоту комутації інвертора АФ (що призводить до збільшення втрат енергії), або зменшувати смугу пропускання інтерфейсного фільтру

(що призводить до погіршення якості компенсації вищих гармонік). Існує декілька шляхів рішення цієї проблеми.

Відомий паралельний АФ [Krzysztof Piotr Sozanski, "The Shunt Active Power Filter with Better Dynamic Performance", In Proc. Power Tech, 2007 IEEE Lausanne, 1-5 July, 2007, pp. 1504-1508.], який складається з двох інверторів із загальною ланкою постійного струму, інтерфейсного фільтра і схеми керування.

Інвертори працюють на різних частотах, при цьому високочастотний інвертор включається в роботу лише у випадках, коли у основного (низькочастотного) інвертора з'являється велика похибка регулювання вихідного струму. Це дозволяє скоротити втрати енергії у високочастотному інверторі, який має підвищені втрати із-за високої частоти перемикавання. Таким чином, досягається якісна компенсація вищих гармонік струму при відносно низьких втратах енергії і залишковому впливі на мережу. Недоліками пристрою є живлення обох інверторів від однієї ланки постійного струму, що призводить до необхідності застосування у високочастотному інверторі високовольтих IGBT транзисторів, які мають низьку швидкість і підвищені втрати енергії при перемиканні.

(13) C2

(11) 95208

(19) UA

Відомий паралельний АФ [Sangsun Kim, P.N. Enjeti, "A New Hybrid Active Power Filter (APF) Topology", IEEE Trans. On Power Electronics, vol. 17, #1, January 2002. - pp. 48-54.], що складається з двох інверторів, виходи яких з'єднані послідовно з допомогою схеми узгодження і фільтрації, і схеми керування. При цьому один інвертор має велику потужність, працює на відносно низькій частоті і підключений до мережі через фільтр третього порядку, а другий інвертор (меншої потужності) має знижену напругу ланки постійного струму, підвищену частоту комутації і підключений до мережі через фільтр першого порядку. Комбінація двох інверторів дозволяє отримати якісну компенсацію вищих гармонік струму та водночас мінімізувати залишковий вплив на мережу з боку АФ. Недоліком наведеного АФ є необхідність застосування трифазного трансформатора узгодження виходів інверторів, що різко погіршує масогабаритні показники АФ, призводить до підвищення втрат енергії та збільшує вартість системи.

Відомий паралельний АФ [L. Asiminoaei, E. Aeloiza, J.H. Kim, P. Enjeti, F. Blaabjerg, L. T. Moran, S.K. Sul, "An interleaved active power filter with reduced size of passive components", Proc. of APEC'06, Vol. 1, 2006, pp. 969-976.], який складається з двох інверторів із загальною ланкою постійного струму, двох інтерфейсних фільтрів і схеми керування. Інвертори працюють на однаковій частоті, при цьому для керування ними застосована широтно-імпульсна модуляція (ШІМ) із різницею фаз 180 електричних градусів між інверторами. Такий АФ має подвоєну частоту і знижений рівень пульсацій вихідного струму, що полегшує їх фільтрацію, не потребує використання трансформатора.

Недоліками наведеного АФ є обмеженість застосування методів керування із змінною частотою комутації, неможливість подальшого зменшення вихідних пульсацій без погіршення якості фільтрації вищих гармонік. Пристрій прийнято за прототип.

В основу винаходу поставлено задачу удосконалити паралельний АФ, в якому за рахунок додавання нових елементів і зміни топології схеми забезпечується підвищення якості компенсації вищих гармонік струму, значно знижується залишковий вплив АФ на мережу живлення, що покращує якість електроенергії та умови електромагнітної сумісності.

Для рішення поставленої задачі в двоступеневому паралельному активному фільтрі, що містить два інвертори із загальною ланкою постійного струму, два інтерфейсних фільтра і схему керування, відповідно до винаходу, в кожній фазі між виходами інтерфейсних фільтрів додатково введено напівмостовий інвертор із двох послідовно з'єднаних транзисторів, дроселя і двох конденсаторів, причому стік (колектор) першого транзистора з'єднаний з виходом першого інтерфейсного фільтра, витік (емітер) другого транзистора з'єднаний з виходом другого інтерфейсного фільтра, середня точка з'єднання транзисторів через дросель

підключена до фази мережі, крім того між виходами інтерфейсних фільтрів і негативною шиною ланки постійного струму включені конденсатори.

Суть винаходу пояснюється кресленнями, де на фіг. 1 показана блок-схема паралельного АФ, на фіг. 2 - електрична схема силової частини (фази В, С показані умовно).

Як приклад виконання паралельного АФ потужністю понад 20 кВА (середньоквадратичний вихідний струм до 30 А на фазу) приведений пристрій, який містить інвертори 1 (VT1-VT2 IRG4PH50UD, фіг. 2) і 2 (VT3-VT4 IRG4PH50UD, фіг. 2) із загальною ланкою постійного струму 3 ($C_{DC}=4700$ мкФ 800 В, фіг. 2), до виходу яких підключені інтерфейсні фільтри 4 ($L_1=3$ мГн 32 А, фіг. 2) і 5 ($L_2=3$ мГн 32 А, фіг. 2), схему керування 6 (на фіг. 2 показана умовно) і додатково введений напівмостовий інвертор 7, шини живлення якого підключені до виходів інтерфейсних фільтрів 4 і 5, а вихід підключений до мережі через дросель (VT5-VT6 IRFP4468, $C_1=C_2=10$ мкФ 800 В, $L_3=200$ мГн 45 А, фіг. 2). З'єднання елементів електричної схеми виконано відповідно до фіг. 2. Частота перемикачів інверторів VT1-VT2 і VT3-VT4 становить 5 кГц, інвертора VT5-VT6 - 64 кГц.

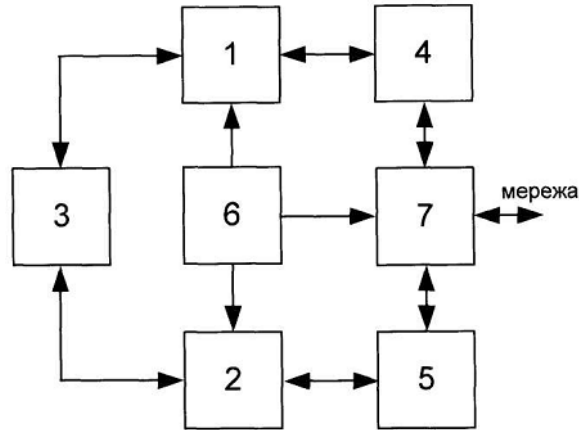
Пристрій працює в такий спосіб.

Інвертори 1 (VT1-VT2) і 2 (VT3-VT4) працюють в режимі «плаваючих» джерел живлення для додаткового інвертора 7 (VT5-VT6). Метод керування - ШІМ без зсуву фаз між інверторами. Частота комутації інверторів VT1-VT2 і VT3-VT4 вибрана нижчою, ніж зазвичай необхідна для якісної роботи АФ. Інтерфейсні фільтри 4 і 5 встановлені для попередньої фільтрації вихідної напруги інверторів. Інвертор VT1-VT2 формує на конденсаторі C_1 напругу, на 20 В більшу за миттєву фазну напругу мережі, інвертор VT3-VT4 формує на C_2 напругу, на 20 В меншу від миттєвої фазної. Таким чином, напруга живлення VT5-VT6 становить близько 40 В. Проте ця напруга має пульсації з частотою 5 кГц і розмахом до 35 В. Схема керування інвертором VT5-VT6, завдяки підвищеній частоті їх комутації, запобігає проникненню цих пульсацій до мережі і формує вихідний струм АФ (струм дроселя L_3) з урахуванням необхідної компенсації вищих гармонік і стабілізації напруги на конденсаторі ланки постійного струму C_{DC} . «Плаваюча» знижена напруга живлення інвертора VT5-VT6 дозволяє застосувати в ньому не тільки IGBT, а й швидкодіючі MOSFET транзистори, що дає можливість підвищити частоту їх перемикачів, знизити залишкові пульсації вихідного струму і покращити динаміку його регулювання. У наведеній схемі розмах пульсацій струму L_3 не перевищує 1,5 А.

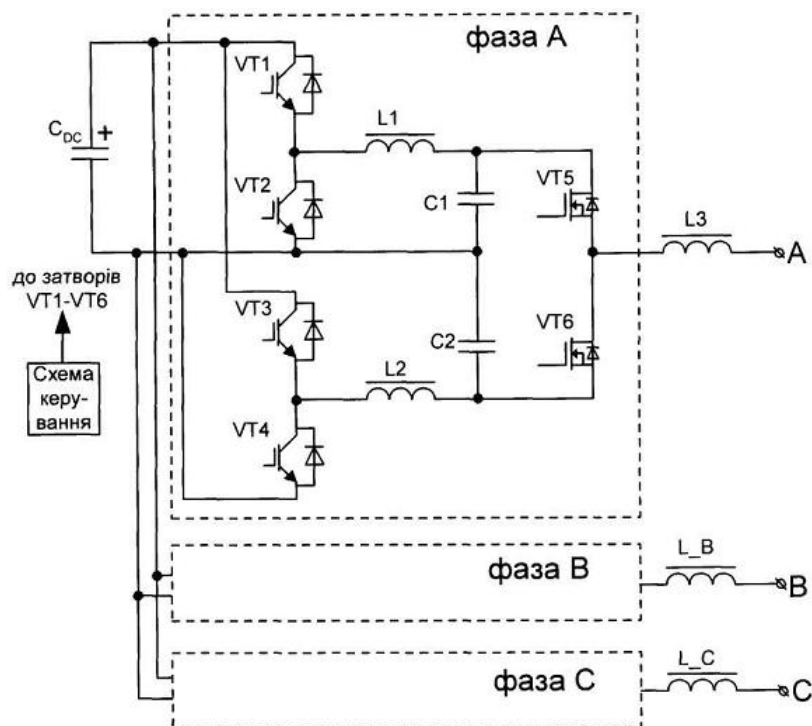
Для запропонованого схемного рішення АФ можливе застосування будь-якого відомого методу керування для паралельних АФ. В наведеному пристрої для керування інвертором VT5-VT6 застосовано т. з. SDM-метод формування струму завдання і ШІМ регулятор струму з петлею зворотного зв'язку по струму дроселя L_3 .

Застосування запропонованого схемного рішення паралельного активного фільтра дозволить підвищити якість фільтрації вищих гармонік нелі-

нійних навантажень, знизити рівень електромагнітних завад та підвищити якість напруги мережі живлення.



Фиг. 1



Фиг. 2