



УКРАЇНА

(19) UA (11) 95418 (13) C2

(51) МПК

H02J 3/01 (2006.01)

H02M 1/12 (2006.01)

H02M 5/458 (2006.01)

H02M 7/08 (2006.01)

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

## (54) ПАРАЛЕЛЬНИЙ АКТИВНИЙ ФІЛЬТР З ПІДВИЩЕНОЮ ШВИДКОДІЄЮ

1

(21) a201011389

(22) 24.09.2010

(24) 25.07.2011

(46) 25.07.2011, Бюл.№ 14, 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

GB 2098414 A, 17.11.1982

EP 0697763 A1, 21.02.1996

EP 0600635 A2, 08.06.1994

2

EP 1544992 A1, 22.06.2005

(57) Паралельний активний фільтр, що містить два інвертори із ланками постійного струму, інтерфейсний фільтр і схему керування, який відрізняється тим, що інтерфейсний фільтр в кожній фазі являє собою Т-подібну схему з двох дроселів, з'єднаних послідовно, і конденсатора, причому вихід першого інвертора з'єднаний з вільним виводом першого дроселя, вихід другого інвертора з'єднаний через конденсатор із точкою з'єднання дроселів, вільний вивід другого дроселя з'єднаний із мережею живлення, а ланки постійного струму інверторів розділені.

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

вати смугу пропускання інтерфейсного фільтра (що призводить до погіршення якості компенсації вищих гармонік). Існує декілька шляхів рішення цієї проблеми.

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 за допомогою схеми узгодження та 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 массогабаритні показники АФ, призводить до підвищення втрат енергії та збільшує вартість системи.

(19) UA (11) 95418 (13) C2

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, інтерфейсного фільтра 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.

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 з-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 високовольтних IGBT транзисторів, які мають низьку швидкодію і підвищені втрати енергії при перемиканні. Пристрій прийнято за прототип.

В основу винаходу поставлено задачу удосконалити паралельний АФ, в якому за рахунок зміни топології схеми забезпечується підвищення якості компенсації вищих гармонік струму і значно знижується залишковий вплив АФ на мережу живлення.

Для вирішення поставленої задачі в паралельному активному фільтрі, що містить два інвертори із ланками постійного струму, інтерфейсний фільтр і схему керування, відповідно до винаходу, інтерфейсний фільтр в кожній фазі являє собою Т-подібну схему з двох дроселів, з'єднаних послідовно, і конденсатора, причому вихід першого інвертора з'єднаний з вільним виводом першого дроселя, вихід другого інвертора з'єднаний через конденсатор із точкою з'єднання дроселів, вільний вивід другого дроселя з'єднаний із мережею живлення, а ланки постійного струму інверторів розділені.

Суть винаходу пояснюється кресленнями, де на фіг. 1 показана блок-схема паралельного АФ, на фіг. 2 - електрична схема силової частини.

Як приклад виконання паралельного АФ потужністю 9 кВА (середньоквадратичний вихідний струм до 15 А на фазу) наведений пристрій, який містить інвертори 1 (VT1-VT6 IRG4PH50UD, фіг. 2) і 2 (VT7-VT12 IRFP150N, фіг. 2) із ланками постійного струму 3 ( $C1=3300$  мкФ 800 В, фіг. 2) і 4 ( $C2=14100$  мкФ 100 В, фіг. 2), виходи інверторів підключені до мережі через інтерфейсний фільтр 5 ( $L1=L2=L3=3$  мГн 32 А,  $C4=C5=C6=10$  мкФ 800 В,  $L4=L5=L6=250$  мкГн 25 А, фіг. 2), схему керування 6 (на фіг. 2 показана умовно). З'єднання елементів електричної схеми виконано відповідно до фіг. 2. Частота перемикавання інвертора VT1-VT6 становить 5 кГц, інвертора VT7-VT12-48 кГц. Для спрощення схеми керування мінусові шини живлення інверторів з'єднані між собою.

Пристрій працює в такий спосіб.

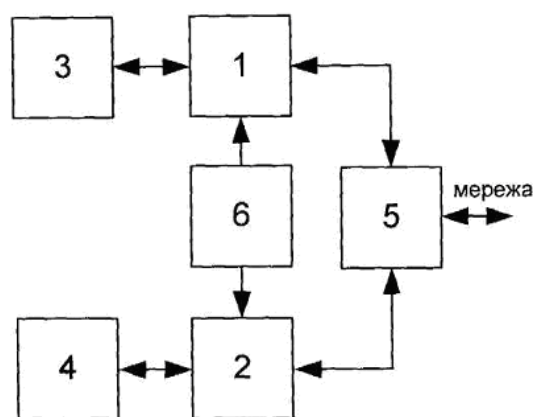
Інвертор 1 (VT1-VT6) працює як паралельний АФ, причому його вихідним струмом є струм в дроселях L1-L3. Для цього інвертора можливе застосування будь-якого відомого методу керування для паралельних АФ. В наведеному пристрої застосовано т.н. SDM-метод формування струму задання і ШІМ регулятор струму з місцевою петлею зворотного зв'язку.

Робота інвертора VT1-VT6 супроводжується пульсаціями струму дроселів L1-L3, розмах яких становить до 13 А. Це призводить до появи на конденсаторах C4-C6 пульсацій напруги з частотою перемикавання (5 кГц). Ці пульсації мають розмах до 40 В. Щоб не допустити їхнього проникнення у мережу, інвертор на VT7-VT12 формує вихідну напругу, яка дорівнює напрузі пульсацій на C4-C6, але зі зворотним знаком. Результатом цього є те, що струм пульсацій замикається не через мережу, а через інвертор VT7-VT12. Фактично, цей допоміжний інвертор (VT7-VT12) є гібридним активним фільтром, що усуває похибки регулювання основного інвертора VT1-VT6.

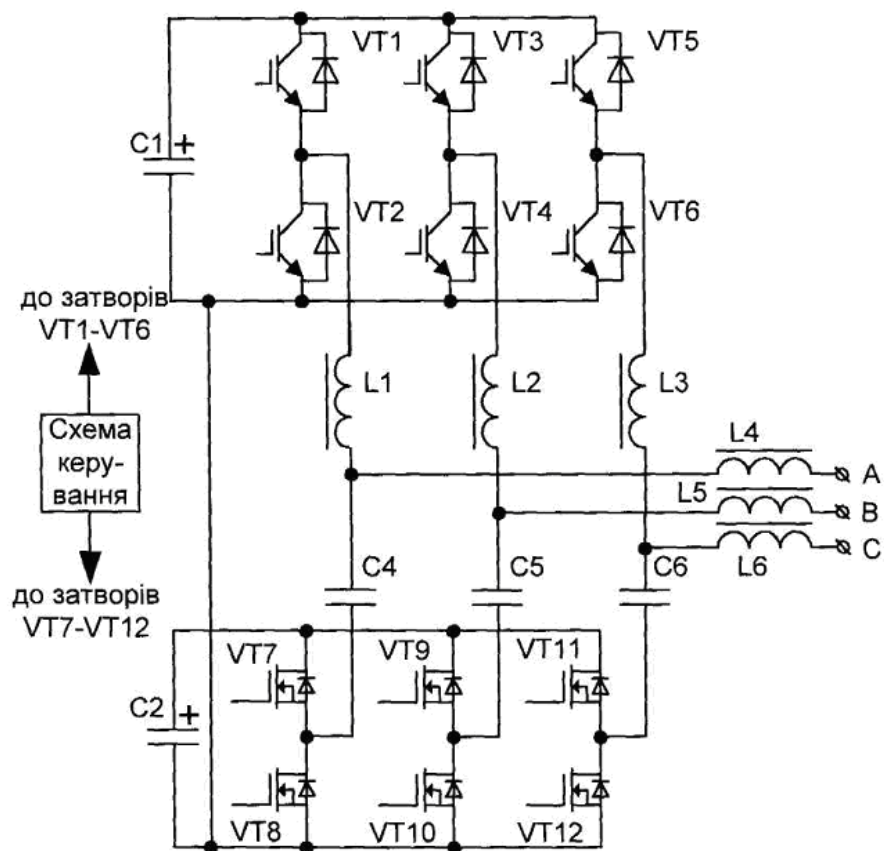
Інвертор 2 (VT7-VT12) має знижену напругу живлення (70 В), що дозволяє виконати його на MOSFET транзисторах (замість IGBT) і значно підвищити частоту комутації при збереженні рівня комутаційних втрат. Крім того, знижена напруга живлення полегшує фільтрацію шкідливих складових вихідної напруги на частоті комутації. В наведеному випадку максимальна залишкова амплітуда пульсацій вихідного струму АФ (струм дроселів L4-L6) становить 0,8 А на частоті 48 кГц.

Стабілізація напруги живлення VT7-VT12 здійснюється класичним для АФ методом - регулюванням активної потужності цього інвертора.

Застосування запропонованого схемного рішення паралельного активного фільтра дозволить підвищити якість фільтрації вищих гармонік нелінійних навантажень, знизити рівень електромагнітних завад та підвищити якість напруги мережі живлення.



Фіг. 1



Фіг. 2