



УКРАЇНА

(19) UA (11) 57064 (13) U  
(51) МПК (2011.01)  
H02J 3/01

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

### (54) ФІЛЬТРОКОМПЕНСУЮЧИЙ ПРИСТРІЙ

1

(21) u201008664

(22) 12.07.2010

(24) 10.02.2011

(46) 10.02.2011, Бюл.№ 3, 2011 р.

(72) ДОМНІН ІГОР ФЕЛІКСОВИЧ, КАЙДА ОЛЕНА  
ОЛЕКСАНДРІВНА

(73) ІНСТИТУТ ІОНОСФЕРИ

(57) Фільтрокомпенсуючий пристрій, підключений паралельно живильній мережі, що містить інвертор напруги, перший вхід якого зв'язаний з живильною мережею, двомостовий випрямляч, реактор, підключений паралельно до першого виходу двомостового випрямляча, накопичувач енергії, що підключений паралельно інвертору напруги та двомостовому випрямлячу і зв'язаний з виходом інвертора напруги і другим виходом двомостового випрямляча, датчик напруги, що підключений паралельно накопичувачу енергії, а також систему обробки та формування сигналів, один з виходів якої зв'язаний з другим виходом інвертора напруги,

2

а другий її вихід підключений до другого входу двомостового випрямляча, який відрізняється тим, що він додатково обладнаний контуром регулювання рівня вищих гармонік струму живильної мережі, що містить підключений до живильної мережі датчик струму, перший вихід якого зв'язаний з першим входом двомостового випрямляча, а другий його вихід з'єднаний з входом блока вимірювання амплітуд, перший блок порівняння, перший вхід якого з'єднаний з виходом блока вимірювання амплітуд, а до другого його входу підключений блок задання допустимої величини гармоніки, при цьому вихід першого блока порівняння через блок регулятора амплітуди вибраної гармоніки з'єднаний з першим входом другого блока порівняння, до другого входу якого підключений вихід датчика напруги, а вихід другого блока порівняння через регулятор напруги зв'язаний з входом системи обробки та формування сигналів.

Корисна модель відноситься до промислової електроніки, зокрема до пристроїв підвищення якості та ефективності використання електроенергії, і може бути використана в системах електропостачання промислових підприємств для одночасного вирішення задач компенсації реактивної потужності та покращення гармонічного складу струму живлячої мережі.

У процесі широкого впровадження силових електронних перетворювачів у різні галузі техніки виникла проблема їхнього негативного впливу на якість електричної енергії живлячої мережі. Причиною цього являється нелінійний та імпульсний характер процесів перетворення електроенергії за допомогою ключових елементів, дискретно керуючих потоками електричної енергії. У результаті роботи ключових елементів відбувається викривлення струмів у ланцюгах змінного струму й крім активної потужності, споживаної з мережі (або переданої в мережу) з'являється реактивна потужність, обумовлена фазовим зсувом основних гармонік струму й напруги, і потужність викривлення,

що характеризується наявністю у повному струмі вищих гармонік.

Відсутність контролю за якістю електроенергії й відповідності її встановленим нормам призводять до неможливості нормального функціонування багатьох електроспоживачів, зокрема радіоелектронних пристроїв, обчислювальної техніки, електронної медичної апаратури.

Проблема негативного впливу перетворювачів на живлячу мережу і на якість електричної енергії дуже актуальна в цей час. Одним з ефективних шляхів рішення проблем електромагнітної сумісності споживачів з живлячою мережею та якості електроенергії є створення спеціалізованих систем поліпшення електромагнітної сумісності й зменшення негативного впливу споживачів на живлячу мережу.

Створення багатофункціональних фільтрокомпенсуючих пристроїв дозволяє реалізувати комплексний підхід до рішення проблеми підвищення якості електроенергії живлячої мережі й відповідності її стандартам. Відомо, що при створенні подібних пристроїв існує необхідність розробки сис-

(13) U

(11) 57064

(19) UA

тем керування й регулювання, застосування яких забезпечувало б виконання вимог до якості електроенергії живлячої мережі й оптимальних умов функціонування силового обладнання.

Відомим є трифазний компенсатор реактивної потужності [патент РФ N2239271, МПК<sup>6</sup> H02J3/16], підключений паралельно живлячій мережі й трифазному навантаженню, який містить силовий інверторний блок, що включає в себе послідовно з'єднані трифазний трансформатор, блок автономних інверторів напруги й джерело реактивної потужності, систему керування, що включає в себе контур регулювання рівня середньої реактивної потужності, за допомогою якої здійснюється компенсація реактивної потужності за рахунок зменшення до нуля сигналу потужності основної частоти в змінних складових активної й реактивної потужностей.

Однак, недоліком цього пристрою є неможливість керування рівнем вищих гармонік струму живлячої мережі, що призвело б до покращення гармонічного складу струму живлячої мережі, усунення потужності викривлення, додаткових втрат активної потужності. Тому, виникає проблема використання даного перетворювача для поліпшення електромагнітної сумісності й зменшення негативного впливу споживачів на живлячу мережу.

Відомий також фільтрокомпенсуючий пристрій [Домнин И.Ф., Жемеров Г.Г., Сокол Е.И. Перспективы применения полупроводниковых компенсаторов реактивной мощности в сетях электроснабжения промышленных предприятий // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск «Силовая электроника та енергоефективність».- 2002.- Ч.2.- С. 37-43], який підключений паралельно живлячій мережі і містить блок інвертора напруги, накопичувач, двомостовий випрямляч, реактор, прогнозу систему керування, яка має канал керування двомостовим випрямлячем та канал керування інвертором та регулює рівень середньої реактивної потужності в точці підключення фільтрокомпенсуючого пристрою до живлячої мережі.

Недоліком цього пристрою є неможливість одночасного вирішення завдань компенсації реактивної потужності та керування рівнем вищих гармонік струму живлячої мережі, що не забезпечує високі енергетичні характеристики фільтрокомпенсуючого пристрою та призводить до збільшення активних втрат електроенергії.

Найбільш близьким по суті до запропонованого є фільтрокомпенсуючий пристрій [Домнин И.Ф. Прямое цифровое управление фильтрокомпенсирующим устройством // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск «Силовая электроника та енергоефективність».- 2006.- Ч.1.- С. 49-53] підключений паралельно живлячій мережі, що містить інвертор напруги, перший вхід якого зв'язаний з живлячою мережею, двомостовий випрямляч, реактор, підключений паралельно до першого виходу двомостового випрямляча, накопичувач енергії, що підключений паралельно інвертору напруги та двомостовому випрямлячу і зв'язаний з виходом інвертора напруги і другим виходом двомостового випрямляча, датчик напруги, що підключений па-

ралельно накопичувачу енергії, а також систему обробки та формування сигналів, один з виходів якої зв'язаний з другим входом інвертора напруги, а другий її вихід підключений до другого входу двомостового випрямляча. Крім того, вихід датчика напруги підключений до входу системи обробки та формування сигналів.

Цей фільтрокомпенсуючий пристрій має прогнозно-гістерезисну систему керування, яка складається з каналу керування двомостовим випрямлячем та каналу керування інвертором напруги та регулює рівень середньої реактивної потужності в точці підключення фільтрокомпенсуючого пристрою до живлячої мережі шляхом компенсації реактивної потужності за рахунок зменшення до нуля сигналу потужності основної частоти в змінних складових активної й реактивної потужностей. Розрахунок прогнозованих процесів у компенсаторі реалізується за допомогою сучасних теорій потужності шляхом обчислення середнього й миттєвого значень активної й реактивної потужності в точці підключення фільтрокомпенсуючого пристрою до живлячої мережі.

Недоліком відомого пристрою є неможливість усунення потужності викривлення внаслідок відсутності керування рівнем вищих гармонік струму живлячої мережі, що призводить до перевантаження елементів силової схеми і додаткових втрат потужності даного пристрою а також інших навантажень та не забезпечує виконання вимог до якості електроенергії живлячої мережі й оптимальних умов функціонування силового обладнання, внаслідок чого вищевказаний відомий пристрій має обмежене застосування.

В основу корисної моделі поставлено задачу удосконалити фільтрокомпенсуючий пристрій шляхом керування рівнем вищих гармонік струму живлячої мережі, що забезпечить покращення гармонічного складу струму живлячої мережі та високі енергетичні характеристики фільтрокомпенсуючого пристрою.

Відповідно до запропонованої корисної моделі ця задача вирішується тим, що фільтрокомпенсуючий пристрій, підключений паралельно живлячій мережі що містить інвертор напруги, перший вхід якого зв'язаний з живлячою мережею, двомостовий випрямляч, реактор, підключений паралельно до першого виходу двомостового випрямляча, накопичувач енергії, що підключений паралельно інвертору напруги та двомостовому випрямлячу і зв'язаний з виходом інвертора напруги і другим виходом двомостового випрямляча, датчик напруги, що підключений паралельно накопичувачу енергії, а також систему обробки та формування сигналів, один з виходів якої зв'язаний з другим входом інвертора напруги, а другий її вихід підключений до другого входу двомостового випрямляча, згідно корисної моделі додатково обладнаний контуром регулювання рівня вищих гармонік струму живлячої мережі, що містить підключений до живлячої мережі датчик струму, перший вихід якого зв'язаний з першим входом двомостового випрямляча, а другий його вихід з'єднаний з входом блоку вимірювання амплітуд, перший блок порівняння, перший вхід якого з'єднаний з виходом

блоку вимірювання амплітуд, а до другого його входу підключений блок завдання допустимої величини гармоніки, при цьому вихід першого блоку порівняння через блок регулятора амплітуди вибраної гармоніки з'єднаний з першим входом другого блоку порівняння, до другого входу якого підключений вихід датчика напруги, а вихід другого блоку порівняння через регулятор напруги зв'язаний з входом системи обробки та формування сигналів.

Включення доданого контуру регулювання рівня вищих гармонік струму живлячої мережі, що містить підключений до живлячої мережі датчик струму, перший вихід якого зв'язаний з першим входом двомостового випрямляча, а другий його вихід з'єднаний з входом блоку вимірювання амплітуд, перший блок порівняння, перший вхід якого з'єднаний з виходом блоку вимірювання амплітуд, а до другого його входу підключений блок завдання допустимої величини гармоніки, при цьому вихід першого блоку порівняння через блок регулятора амплітуди вибраної гармоніки з'єднаний з першим входом другого блоку порівняння, до другого входу якого підключений вихід датчика напруги, а вихід другого блоку порівняння через регулятор напруги зв'язаний з входом системи обробки та формування сигналів, дозволяє покращити гармонічний склад струму живлячої мережі, забезпечити сталість вибраного параметру, тобто рівня вищих гармонік струму живлячої мережі, незалежно від зміни параметрів навантаження, тим самим забезпечити високі енергетичні характеристики фільтрокомпенсуючого пристрою та оптимальні умови функціонування силового обладнання.

Суть корисної моделі пояснюється ілюстраціями:

- Фіг.1. - схема фільтрокомпенсуючого пристрою;

- Фіг.2. - діаграми, що пояснюють принцип керування рівнем вибраної сьомої гармоніки струму живлячої мережі (б) зміною напруги на накопичувачі (а);

- Фіг.3. - діаграма перехідного процесу зміни амплітуди вибраної сьомої гармоніки струму мережі живлення при збільшенні середньої реактивної потужності в живлячій мережі в момент часу t1.

Запропонований фільтрокомпенсуючий пристрій, що зображений на Фіг.1 та підключений паралельно живлячій мережі, містить інвертор 1 напруги на IGBT транзисторах, перший вхід якого зв'язаний з живлячою мережею, двохмостовий випрямляч 2, реактор L, підключений паралельно до першого виходу двомостового випрямляча 2, накопичувач 3 енергії, в якості якого використаний конденсатор інвертора 1 напруги; накопичувач 3 енергії, підключений паралельно інвертору 1 напруги та двомостовому випрямлячу 2 і зв'язаний з виходом інвертора 1 напруги і другим виходом двомостового випрямляча 2, датчик 4 напруги, що підключений паралельно накопичувачу 3 енергії, а також систему 5 обробки та формування сигналів, один з виходів якої зв'язаний з другим входом інвертора 1 напруги, а другий її вихід підключений до другого входу двомостового випрямляча 2; контур регулювання рівня вищих гармонік струму жи-

влячої мережі містить підключений до живлячої мережі датчик 6 струму, перший вихід якого зв'язаний з першим входом двомостового випрямляча 2, а другий його вихід з'єднаний з входом блоку 7 вимірювання амплітуд; перший блок порівняння БП1, перший вихід якого з'єднаний з виходом блоку 7 вимірювання амплітуд, а до другого його входу підключений блок 8 завдання допустимої величини гармоніки, при цьому вихід першого блоку порівняння БП1 через блок 9 регулятора амплітуди вибраної гармоніки з'єднаний з першим входом другого блоку порівняння БП2, до другого входу якого підключений вихід датчика 4 напруги, а вихід другого блоку порівняння БП2 через регулятор 10 напруги зв'язаний з входом системи 5 обробки та формування сигналів.

Пристрій працює таким чином:

Фільтрокомпенсуючий пристрій підключають паралельно живлячій мережі, фазові струми та напруги якої надходять до інвертора 1 напруги, двомостового випрямляча 2 і датчика 6 струму. Навантаженням двомостового випрямляча 2 є реактор L. На двомостовий випрямляч 2 надходять сигнали керування з системи 5 обробки та формування сигналів, в якій відбувається зменшення до нуля сигналу потужності основної частоти в змінних складових активної й реактивної потужностей; двомостовий випрямляч компенсує середню реактивну потужність живлячої мережі; інвертор напруги виводить комутаційну енергію в живлячу мережу а також фільтрує вищі гармоніки живлячої мережі згідно з сигналами керування, що надходять з системи 5 обробки та формування сигналів. Доданий контур регулювання рівня вищих гармонік струму живлячої мережі керує рівнем напруги на ємнісному накопичувачі 3 енергії фільтрокомпенсуючого пристрою наступним способом. Датчик струму 6 вимірює поточний рівень вищих гармонік струму в точці підключення фільтрокомпенсуючого пристрою до живлячої мережі. З датчика 6 струму сигнал надходить на блок 7 вимірювання амплітуд, сигнал з виходу якого порівнюється у першому блоці порівняння БП1 з сигналом з блоку 8 завдання допустимої величини гармоніки. Сигнал з виходу першого блоку порівняння БП1 надходить на блок 9 регулятора амплітуди вибраної гармоніки, сигнал на виході якого пропорційний амплітуді вибраної гармоніки, рівень якої треба привести до заданого рівня. Цей рівень, наприклад, може складати 5% від амплітуди першої гармоніки. Сигнал з виходу блока 9 регулятора амплітуди вибраної гармоніки порівнюється у другому блоці порівняння БП2 з сигналом з виходу датчика 4 напруги. Сигнал з виходу другого блоку порівняння надходить на вхід блока 10 регулятора амплітуди, який визначає необхідний рівень напруги на конденсаторі інвертора 1 напруги. Таким чином, відбувається підтримка напруги на конденсаторі інвертора 1 напруги на рівні необхідному для забезпечення припустимого рівня вищих гармонік у струмі живлячої мережі, що сприяє забезпеченню високих енергетичних характеристик фільтрокомпенсуючого пристрою.

За допомогою Matlab моделі фільтрокомпенсуючого пристрою була досліджена залежність

амплітуди вибраної сьомої гармоніки струму мережі від величини напруги на конденсаторі накопичувача з енергії.

На Фіг.2а наведена діаграма зміни напруги на конденсаторі накопичувача 3 енергії, діаграма на Фіг.2б відповідає зміні амплітуди сьомої гармоніки струму мережі живлення. Керування рівнем сьомої гармоніки струму живлячої мережі та досягнення її заданому рівню, який в даному випадку дорівнює 5%, відбувається завдяки зміні напруги на ємнісному накопичувачі 3 енергії.

Діаграма на Фіг.3 підтверджує той факт, що заявлений фільтрокомпенсуючий пристрій з додатним контуром регулювання рівня вищих гармонік струму живлячої мережі дозволяє забезпечити сталість вибраного параметра незалежно від зміни параметрів навантаження, а саме при збільшенні

середньої реактивної потужності в живлячій мережі в момент часу  $t_1$ , рівень сьомої гармоніки залишається не змінним.

Завдяки керуванню рівнем вищих гармонік струму живлячої мережі, запропонована корисна модель фільтрокомпенсуючого пристрою забезпечує покращення гармонічного складу струму живлячої мережі, виконання вимог до якості електроенергії живлячої мережі, а також високі енергетичні характеристики фільтрокомпенсуючого пристрою. Її використання дає можливість у процесі компенсації реактивної потужності зменшити рівень генерованих у мережу вищих гармонік струму у 3-5 разів, зменшити активні втрати електроенергії, вирішити проблему електромагнітної сумісності з мережею конкретного споживача.

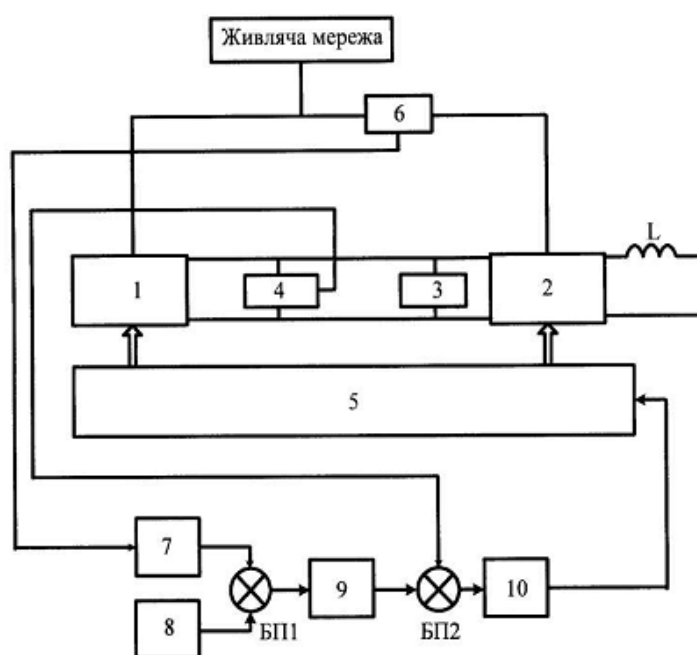


Fig. 1

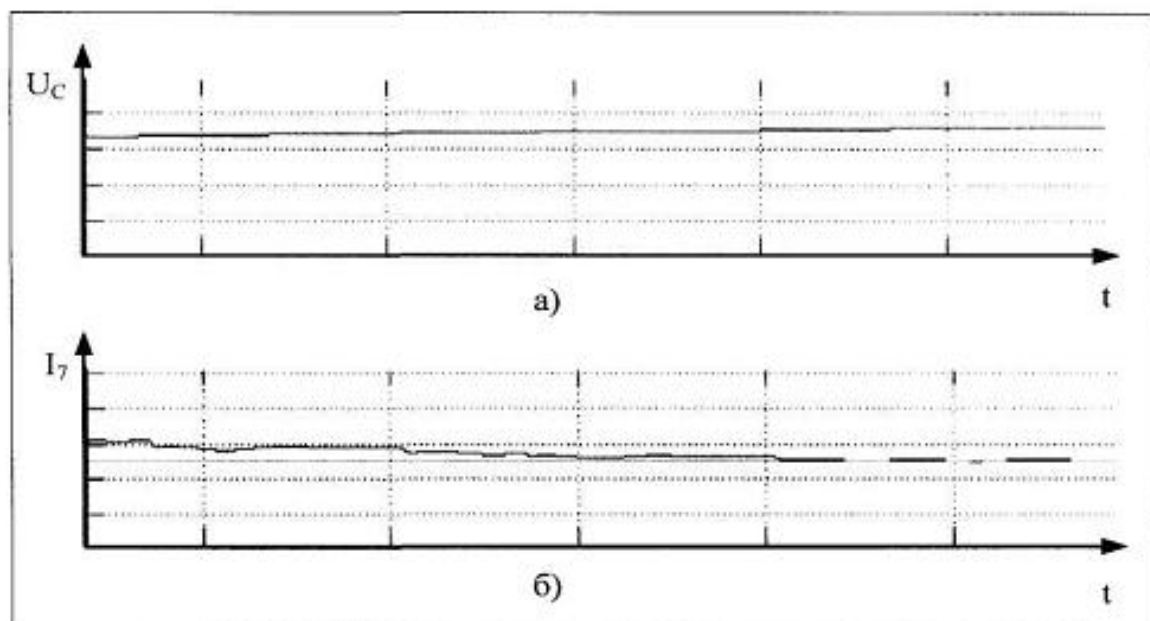


Fig. 2

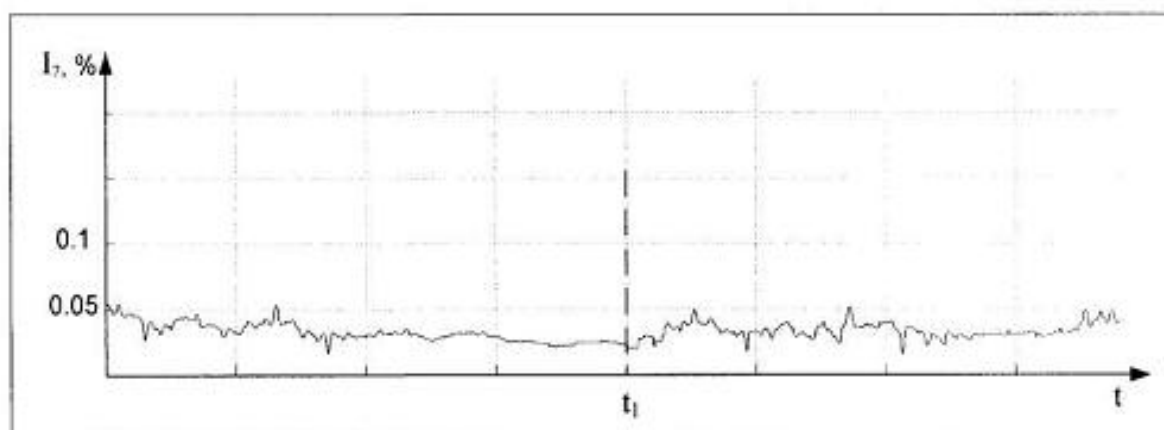


Fig. 3