



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **86511** (13) **U**  
(51) МПК

*H02M 5/02* (2006.01)

*H02J 3/18* (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

<p>(21) Номер заявки: <b>а 2013 08885</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>15.07.2013</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>10.01.2014</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>10.01.2014, Бюл.№ 1</b></p>	<p>(72) Винахідник(и): <b>Сокол Євген Іванович (UA), Тимченко Микола Олександрович (UA), Кривошеєв Сергій Юрійович (UA), Вержановська Марія Ростиславівна (UA), Конопльов Ігор Анатолійович (UA)</b></p> <p>(73) Власник(и): <b>НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ", вул. Фрунзе, 21, м. Харків, 61002 (UA)</b></p>
---	---

**(54) СПОСІБ ПЕРЕТВОРЕННЯ ЗМІННОЇ НАПРУГИ В ЗМІННУ НАПРУГУ ПІДВИЩЕНОЇ ЧАСТОТИ З ОСЛАБЛЕННЯМ ВИСОКОЧАСТОТНИХ ГАРМОНІК СПОЖИВАНОВОГО СТРУМУ**

**(57) Реферат:**

Спосіб перетворення змінної напруги мережі в підвищену частоту з ослабленням високочастотних гармонік споживаного струму, при якому виділяють напівхвилі контрольованих значень вхідного струму і вхідної напруги перетворювача. Як нормуючі значення визначають амплітуди однополярних напівхвиль, визначають інтервал затримки нормованого вхідного струму відносно нормованої вхідної напруги, а коливальна індуктивно-ємнісна ланка, що формує коригуючу напругу, має змінні параметри на час заряду та розряду в інтервалі затримки. З корегуючої напруги формують трансформовані струми в колі з мережею та в колі з навантаженням.

**UA 86511 U**



Корисна модель належить до перетворювальної техніки та може використовуватися в джерелах електроживлення індукційних термічних установок, параметри яких змінюються з часом та при нагріванні, для зниження електромагнітного впливу на інших споживачів електроенергії. Відомо, що основний небажаний вплив створюють ті гармонійні складові струму нелінійного навантаження перетворювача напруги, спектр яких не співпадає з спектром гармонік живлячої напруги.

При аналогічному способі [1, фіг. 2] високочастотні коливання струму, споживаному перетворювачем від мережі змінного струму, ослаблюються за рахунок трансформування в живлячу напругу струму від джерела еталонної напруги.

До недоліку аналогічного способу ставиться те, що частотний спектр струму, споживаного перетворювачем від мережі, ослаблюється обмежено. Недолік аналогічного способу пояснюється тим, що трансформація вищих гармонік струму навантаження в живлячу мережу виконана без керування фільтром еталонного джерела напруги. Контролювання струмів: вхідного, навантаження та трансформованого від джерела еталонної напруги не впливає на роботу цього фільтра.

При способі-прототипі [2] високочастотні коливання струму, споживаного перетворювачем від мережі змінного струму, ослаблюються за рахунок того, що контролюють значення вхідного струму і вхідної напруги перетворювача, синхронізують контрольовані значення з напругою мережі, формують нормуючі значення для контрольованих значень вхідного струму і вхідної напруги, визначають фазовий зсув між вхідним струмом і вхідною напругою, через індуктивний зв'язок з напругою мережі та нелінійним навантаженням перетворювача формують корегуючу напругу в коливальній індуктивно-ємнісній ланці і з частотою, пропорційною фазовому зсуву, підключають корегуючу напругу до напруги мережі.

До недоліку способу-прототипу ставиться те, що частотний спектр струму, споживаного перетворювачем при живленні від однофазної напруги мережі, ослаблюється обмежено. Недолік способу-прототипу пояснюється тим, що при визначенні фазового зсуву в трифазній системі кожна з трьох контрольованих лінійних напруг, а також кожен з трьох фазних струмів споживання враховуються з різними ваговими коефіцієнтами. Тому керування інвертором по способу-прототипу при формуванні корегуючої напруги в однофазній мережі не веде до ефективного ослаблення високочастотних гармонік споживаного струму.

В основу корисної моделі поставлена задача - ослаблення високочастотних коливань, кратних частоті мережі, що сформовані нелінійним навантаженням перетворювача частоти, в струмі, споживаному перетворювачем від мережі змінного напруги.

Задача вирішується за рахунок того, що в відомому способі перетворення змінної напруги в змінну напругу підвищеної частоти з ослабленням високочастотних гармонік споживаного струму, при якому контролюють значення вхідного струму і вхідної напруги перетворювача, синхронізують контрольовані значення з напругою мережі, формують нормуючі значення для контрольованих значень вхідного струму і вхідної напруги, визначають фазовий зсув між вхідним струмом і вхідною напругою, через індуктивний зв'язок з напругою мережі та нелінійним навантаженням перетворювача формують корегуючу напругу в коливальній індуктивно-ємнісній ланці і з частотою, пропорційною фазовому зсуву, підключають корегуючу напругу до напруги мережі, що відрізняється тим, що виділяють напівхвилі контрольованих значень вхідного струму і вхідної напруги перетворювача, як нормуючі значення визначають амплітуди однополярних напівхвиль, визначають інтервал затримки нормованого вхідного струму відносно нормованої вхідної напруги, коливальну індуктивно-ємнісну ланку формують із змінними параметрами на час заряду та розряду в інтервалі затримки, з корегуючої напруги формують трансформовані струми в колі з мережею та в колі з навантаженням.

При пошуку в патентній та науково-технічній літературі не виявлено об'єктів з ознаками, подібними до відмінних ознак технічного рішення, що заявляється, на підставі чого можна зробити висновок про відповідність його критерію "суттєві відмінності".

Запропонований спосіб реалізований наступним чином.

На фіг. 1 наведено функціональну схему, що реалізує запропонований спосіб, перетворення частоти напруги мережі з ослабленням високочастотних гармонік споживаного струму.

На фіг. 2 приведені часові діаграми напруг і струмів в конденсаторах коливальної індуктивно-ємнісної ланки при формуванні коригуючої напруги.

На фіг. 3 приведені часові діаграми струмів в первинній, вторинній та третій обмотках силового трансформатора напруги мережі та вихідний струм перетворювача підвищеної частоти. На діаграмах 2, 3 встановлено загальний час моделювання 0,12 с, а початок корекції частотного спектра та ослаблення високочастотних гармонік встановлено через 0,06 с з початку моделювання.

На фіг. 4, 5 приведені спектрограми струму, споживаного перетворювачем підвищеної частоти до та після підключення корегуючої напруги.

5 Силовий трансформатор (фіг. 1) з основною обмоткою 1, обмоткою 2, що понижує напругу, та обмоткою 3, що підвищує напругу, через датчик 4 вхідного струму підключений до змінної напруги живлення частоти мережі 5. До діагональних ключових елементів 6, 7, а також 8, 9 мостової схеми через обмотку 2 підключена трансформована напруга мережі 5. Вихід мостової схеми з однополярною імпульсною напругою подано до коливальної ланки навантаження, що складається з реактора 10, конденсатора 11 та активного опору 12, включених послідовно.

10 Керуючі виводи ключових елементів 6, 9 типу MOSFET підключені до генератора 13 через парафазні виводи 14, 15. Частота генератора 13 налаштована на формування в елементі 12 імпульсів струму з частотою 20-тої гармоніки частоти мережі 5.

До датчика вхідного струму 4 та датчика 16 напруги мережі 5 підключено обчислювач 17 активної та реактивної потужності перетворювальної системи, з індикацією значень на дисплеї 18.

15 Вихідний сигнал датчика 4 поданий в канал формування опорної напруги, вихідний сигнал датчика 16 поданий в канал формування контрольованого вхідного струму. В кожному з каналів визначається модуль сигналу (блоки 19, 20), фронт на спад сигналу (блоки 21, 22 і 23, 24), блоки 25, 26 визначають амплітуду півхвилі вхідної напруги, блоки 27, 28 визначають амплітуду півхвилі вхідного струму. Блоки 29, 30 формують нормоване значення опорної напруги, блоки 20 31, 32 формують нормоване значення вхідного струму. Блок 33 визначає різницю нормованих значень напруги та струму, а пороговий елемент 34 визначає інтервал затримки спаду вхідного струму відносно вхідної напруги.

25 Обмотка 3 силового трансформатора через компенсуючий конденсатор 35 і перемикач 36, що встановлює початок корекції частотного спектру, підключена до діагональних ключових елементів 37, 38, а також 39, 40 мостової схеми. Вихід мостової схеми з однополярною імпульсною напругою подано до накопичувального конденсатора 41. Керуючі виводи ключових елементів 38, 39 типу IGBT підключені до порогового елемента 34.

На фіг. 2 перша діаграма показує півхвилі контрольованих значень вхідного струму і вхідної напруги перетворювача з блоків 30, 32, для них в якості нормуючих значень визначені амплітуди однополярних півхвиль в блоках 26, 28.

Друга діаграма визначає інтервал затримки нормованого вхідного струму відносно нормованої вхідної напруги пороговим елементом 34.

35 Коливальну індуктивно-ємнісну ланку 3, 35, 40 формують із змінними параметрами на час заряду та розряду в інтервалі затримки, Третя та четверта діаграми показують напругу і струм компенсуючого конденсатора 35; п'ята та шоста діаграми показують напругу і струм накопичуючого конденсатора 40; Корегуюча напруга з конденсаторів 35, 40 формує трансформовані струми в колі з мережею та в колі з навантаженням через обмотку 3 трансформатора.

40 Параметри індуктивно-ємнісних елементів 3, 35 визначені за умови компенсації реактивних складових струму обмотки 1 на частоті мережі (діаграми 3, 4 на фіг. 2), а також за умови компенсації реактивних складових струму обмотки 2 на частоті 20- тої гармоніки мережі. Параметри елемента 41 визначені за умови того, що його розряд в інтервалі затримки в нормованому вхідному струмі відносно нормованої вхідної напруги поповнюється струмом обмотки 3 в решту напівперіоду напруги мережі (діаграма 5 на фіг. 2).

45 На фіг.3 представлено: перша діаграма - струм обмотки 1, вхідний струм, споживаний від мережі; друга діаграма - струм обмотки 2, вхідний струм, споживаний перетворювачем частоти на елементах 6, 7, 8, 9; третя діаграма - струм обмотки 3, вхідний струм, споживаний перетворювачем на елементах 35-41 для корекції частотного спектра струму обмотки 1; четверта діаграма - струм коливальної ланки навантаження, що складається з реактора 10, конденсатора 11 та активного опору 12. Цей струм сформовано елементами 6, 9 під дією керуючих імпульсів генератора 13 та некерованими елементами 7, 8.

Запропонований спосіб у порівнянні із способом-прототипом має наступні відмінності й переваги.

55 У пристрої, що реалізує спосіб - прототип, встановлено коливальну індуктивно-ємнісну ланку з фіксованими параметрами, та стабілізовано напругу на накопичувальному конденсаторі, а безпосередня реалізація в однофазній системі фазових перетворень контрольованих значень вхідного струму та вхідної напруги перетворювача не дає ефективного результату для визначення частоти підключення корегуючої напруги до входу перетворювача.

60 Запропонований спосіб, за рахунок того, що коливальну індуктивно-ємнісну ланку 3, 36, 40 формують із змінними параметрами на час заряду та розряду в інтервалі затримки вхідного

струму відносно вхідної напруги, а з корегуючої напруги формують трансформовані струми обмотки 1 в колі з мережею 5 та струм обмотки 2 в колі з нелінійним навантаженням, яким виступає перетворювач частоти, дозволяє системі перетворення напруги частоти мережі ослабити високочастотні коливання, кратні частоті мережі, що сформовані нелінійним навантаженням 10, 11, 12 перетворювача частоти, в струмі, споживаному перетворювачем від мережі.

Ефективність пристрою, що реалізує пропонований спосіб, пояснюють діаграми на фіг. 4, 5. Сумарний коефіцієнт спотворення синусоїдальної форми вхідного струму (THD) до корекції (фіг. 4) становить 3,12 %, в тому числі від 20-тої гармоніки 2,56 %. Співвідношення активної і реактивної потужності, визначене обчислювачем 17, становить  $P/Q=9476/7435$ , кут зсуву становить 38 град. або 0,66 рад.

Після корекції сумарний коефіцієнт спотворення синусоїдальної форми вхідного струму (THD) (фіг. 5) становить 0,84 %, в тому числі від 20-тої гармоніки 0,19 %, а від 3-тої гармоніки 0,78 %, приблизно як і до корекції. Співвідношення активної і реактивної потужності  $P/Q=10050/6426$ , кут зсуву становить 32 град. або 0,57 рад.

Позитивний ефект при реалізації пропонованого способу полягає в зниженні сумарного коефіцієнта спотворення синусоїдальної форми вхідного струму та ослабленні процентного вмісту основної високочастотної гармоніки, що генерується нелінійним навантаженням перетворювача частоти, а також в корекції фазового зсуву і підвищенні коефіцієнта потужності перетворювача.

Джерела інформації:

1. Патент Российской Федерации RU 2320067 С2 МПК6 H02M5/00. Способ повышения эффективности использования электрической энергии / Машкин А.Г., Машкин В.А. Опубл. 20.01.2007, Бюл.№3.

2. Патент Российской Федерации RU 2413350 С1 МПК6 H02J3/18. Способ компенсации высших гармоник и коррекции коэффициента мощности сети / Абрамович Б.Н., Полищук В.В., Сычев Ю.А. Опубл. 27.02.2011, Бюл. № 6.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб перетворення змінної напруги в змінну напругу підвищеної частоти з ослабленням високочастотних гармонік споживаного струму, при якому контролюють значення вхідного струму і вхідної напруги перетворювача, синхронізують контрольовані значення з напругою мережі, формують нормуючі значення для контрольованих значень вхідного струму і вхідної напруги, визначають фазовий зсув між вхідним струмом і вхідною напругою, через індуктивний зв'язок з напругою мережі та нелінійним навантаженням перетворювача формують корегуючу напругу в коливальній індуктивно-ємнісній ланці і з частотою, пропорційною фазовому зсуву, підключають корегуючу напругу до напруги мережі, який **відрізняється** тим, що виділяють напівхвилі контрольованих значень вхідного струму і вхідної напруги перетворювача, як нормуючі значення визначають амплітуди однополярних напівхвиль, визначають інтервал затримки нормованого вхідного струму відносно нормованої вхідної напруги, коливальну індуктивно-ємнісну ланку формують із змінними параметрами на час заряду та розряду в інтервалі затримки, з корегуючої напруги формують трансформовані струми в колі з мережею та в колі з навантаженням.

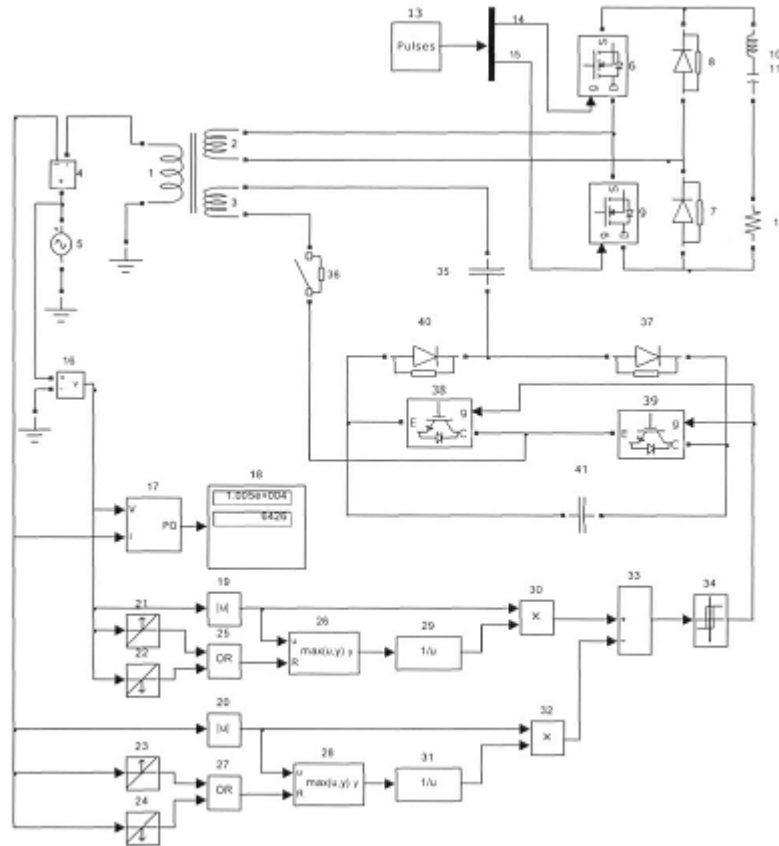


Fig. 1

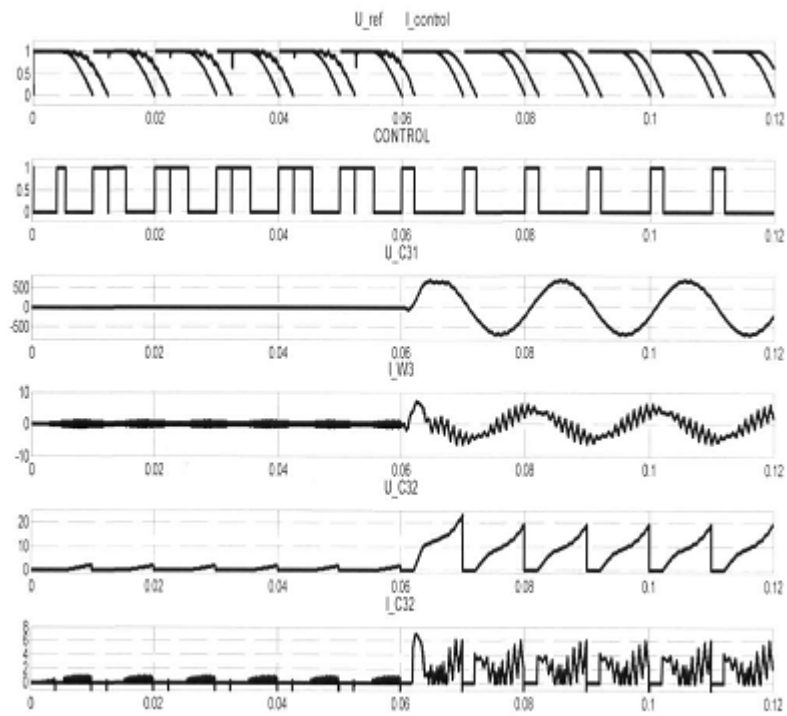
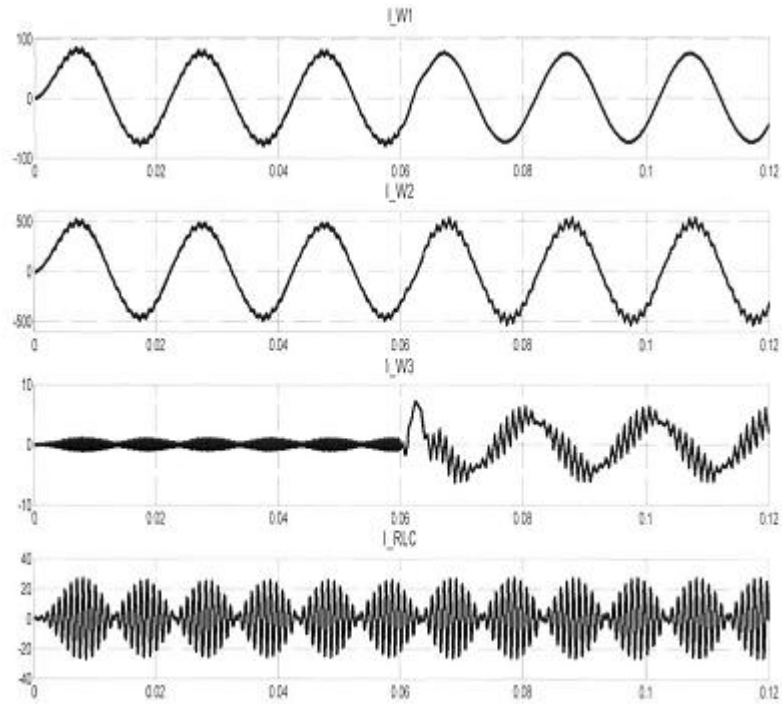
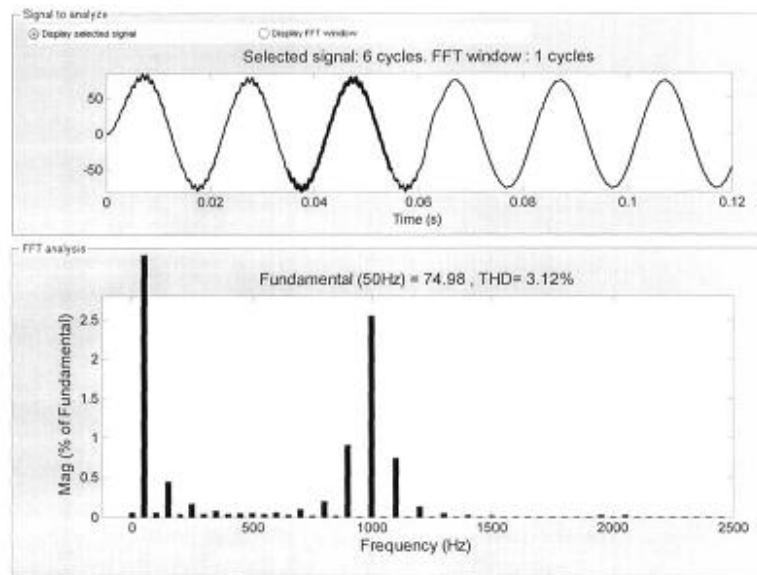


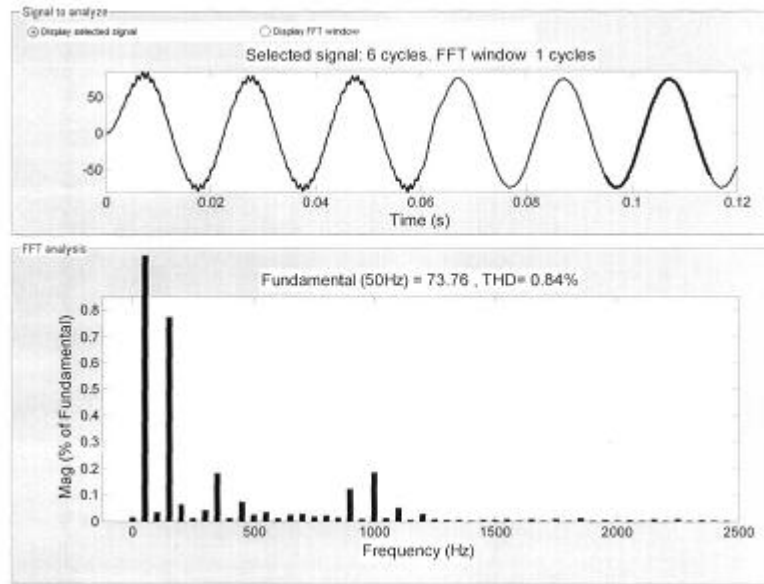
Fig. 2



**Fig. 3**



**Fig. 4**



**Фіг. 5**

---

Комп'ютерна верстка В. Мацело

---

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

---

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601