



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **109226** (13) **C2**  
(51) МПК  
*H02M 7/162* (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД**

<p>(21) Номер заявки: <b>а 2014 05779</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>29.05.2014</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: <b>27.07.2015</b></p> <p>(41) Публікація відомостей про заяву: <b>25.09.2014, Бюл.№ 18</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>27.07.2015, Бюл.№ 14</b></p>	<p>(72) Винахідник(и): <b>Щербак Яків Васильович (UA), Плахтій Олександр Андрійович (UA)</b></p> <p>(73) Власник(и): <b>УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ, пл. Фейєрбаха, 7, м. Харків-50, 61050 (UA)</b></p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: RU 2467462 C1, 20.11.2012 RU 2279178 C1, 27.06.2006 UA 102041 C2, 27.05.2013 UA 47631 C2, 15.07.2002 UA 66628 C2, 17.05.2004 RU 2321147 C1, 27.03.2008 US 4499534 A, 12.02.1985 DE 3738181 A1, 18.05.1989 JPН 099628 A, 10.01.1997</p>
--	--

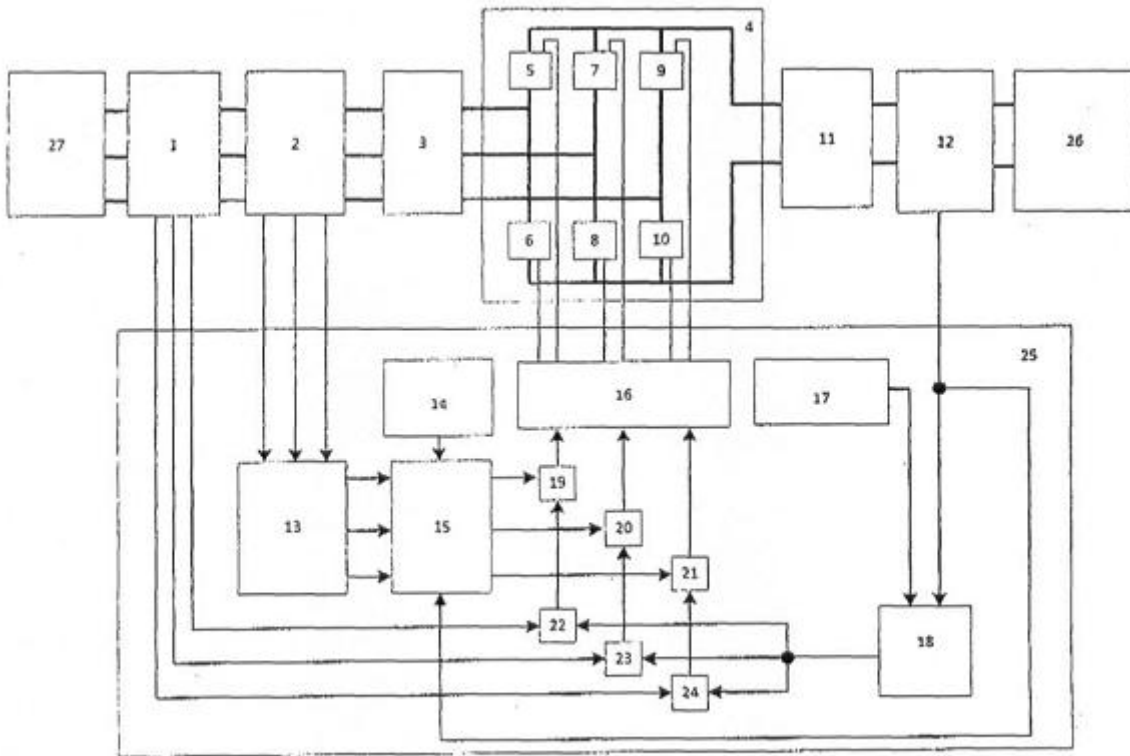
**(54) АКТИВНИЙ ТРИФАЗНИЙ ЧОТИРИКВАДРАНТНИЙ ВИПРЯМЛЯЧ**

**(57) Реферат:**

Активний трифазний чотириквдратний випрямляч належить до силової перетворювальної техніки і може бути використане для живлення електроприводів постійного струму, у складі перетворювачів частоти для живлення електроприводів змінного струму, в системах електроживлення постійним струмом, в силових випрямних установках, які живляться від джерел електричної енергії обмеженої потужності. Випрямляч складається з блока повністю керованих силових ключів, зібраних за трифазною мостовою схемою, вхідного фільтра, вихідного фільтра, датчика вихідної напруги, блока датчиків вхідних фазних напруг, блока датчиків вхідних фазних струмів та системи керування, до складу якої входять блок виділення перших гармонік, блок задання рівня напруги, при якій перетворювач починає рекуперацію, регулятор режиму рекуперації, блок задання вихідної напруги, регулятор вихідної напруги, контролер керування ключами, три суматори, три помножувачі. Причому вихідний сигнал датчика вихідної напруги подається на перший вхід регулятора режиму рекуперації та на перший вхід регулятора вихідної напруги, на другий вхід регулятора вихідної напруги подається вихідний сигнал блока задання рівня вихідної напруги, вихідний сигнал якого подається на перші входи трьох помножувачів, на другі входи трьох помножувачів подаються вихідні сигнали блока датчиків фазних струмів, на другий вхід регулятора режиму рекуперації подається вихідний сигнал блока задання рівня енергії рекуперації, у той час вихідні сигнали блока датчиків вхідних фазних напруг подаються на вхід блока виділення перших гармонік, вихідні сигнали блока виділення перших гармонік подаються на третій, четвертий та п'ятий регулятори режиму рекуперації, вихідні сигнали помножувачів подаються на перші входи суматорів, а на другі входи суматорів подаються вихідні сигнали регулятора режиму рекуперації, вихідні сигнали суматорів подаються на контролер керування ключами, вихідні сигнали якого подаються на шість повністю керованих силових ключів. Технічним результатом винаходу є реалізація режиму активного випрямлення з синусоїдальною формою фазних струмів та коефіцієнтом потужності, близьким до одиниці, реалізація режиму рекуперації з синусоїдальною

UA 109226 C2

формою фазних струмів та високим коефіцієнтом потужності, забезпечення високої стійкості системи керування до наявності вищих гармонік у живильній мережі.



Фиг. 2

Винахід належить до силової перетворювальної техніки і може бути використаний в системах живлення постійним струмом, у силових випрямних установках, для живлення електроприводів постійного струму, у складі перетворювачів частоти.

5 Відомий діодний випрямляч "Диодный выпрямитель (его варианты)" патент RU 2246169, МПК H02M07/10, опублікований 10.02.2005. Основними складовими елементами випрямляча є діодний трифазний міст, фільтрові конденсатори та обмежувач пускового струму між середньою точкою фільтрових конденсаторів та нейтраллю мережі. Недоліками такого випрямляча є великі масогабаритні показники реактивних елементів фільтра, низька якість випрямленої напруги (високий рівень пульсації), відсутність можливості регулювання, стабілізації та рекуперації, а також низький коефіцієнт потужності, зумовлений високим рівнем вищих гармонік струму, що споживається з живильної мережі. Останні недоліки зумовлюють низький рівень електромагнітної сумісності зазначеного випрямляча з живильною мережею та навантаженням.

10 Відомий трифазний керований випрямляч "Трёхфазный управляемый выпрямитель", патент RU 2279178, МПК H02M07/162, опублікований 27.06.2006, прийнятий за прототип. Він складається з блока повністю керований силових ключів, зібраних за трифазною мостовою схемою, вхідного і вихідного фільтра, трьох датчиків вхідної напруги, датчика вихідної напруги і системи керування. У блоці силових ключів як ключі використовуються повністю керовані напівпровідникові прилади. У систему керування входять генератор пилкоподібної напруги, формувач імпульсів керування, циклічний реєстр зсуву, пристрій порівняння фазних напруг і схема вибору увімкнення силових ключів. Причому вихід генератора пилкоподібної напруги підключений до першого вхідного виводу формувача імпульсів управління, до другого вхідного виводу якого підключений вихід датчика випрямленої напруги, а вихідний вивід формувача імпульсів управління підключений до вхідного виводу циклічного реєстра зсуву, що має три вихідних виводи, якими він підключений до трьох з шести вхідних виводів схеми вибору включення вентилів, до інших трьох вхідних виводів схеми вибору включення вентилів підключені вихідні виводи пристрою порівняння фазних напруг, яке трьома своїми вхідними виводами підключено до фазних провідників живильної мережі, а шість вихідних виводів схеми вибору включення вентилів через пристрій узгодження з'єднані з керуючими виводами силових вентилів блока силових вентилів. Пристрій споживає струм синусоїдальної форми та високий коефіцієнт потужності. Однак недоліками трифазного керованого випрямляча є відсутність можливості реалізації рекуперації (перетікання енергії від споживача, навантаження, до живильної мережі) та відносно ненадійна система керування випрямляча при умові роботи з мережею з високим вмістом вищих гармонік.

15 20 25 30 35 40 45 50 55 Найбільш близьким до пристрою, що заявляється, вибраним як прототип, є трифазний активний випрямляч "Трёхфазный активный выпрямитель", патент RU 2467462, МПК H02M07/217, опублікований 20.11.2012. Трифазний активний випрямляч, що складається з блоку силових вентилів, зібраних за трифазною мостовою схемою на повністю керованих вентилях транзисторах, датчика випрямленої напруги і системи управління, на вході він забезпечений датчиками вхідних фазних струмів, а система управління забезпечена обчислювачем неспостережуваних координат електроприводу, двома джерелами постійного струму, блоком перемноження, лінійним регулятором випрямленої напруги, релейними регуляторами активної та реактивної енергії, визначником фазового сектора і блоком вибору вектора напруги, причому вхідні виводи обчислювача з'єднані з датчиками вхідних фазних струмів і вихідними виводами блоку вибору вектора напруги і датчиком випрямленої напруги, а вихідні виводи з першими вхідними виводами релейних регуляторів активної і вихідні виводи з першими вхідними виводами релейних регуляторів активної і реактивної енергії та визначником фазового сектора, вихідний вивід блока визначення фазового сектора з'єднаний з першим вхідним виводом блока вибору вектора напруги, другий вхідний вивід релейного регулятора реактивної енергії з'єднаний з джерелом постійного струму, а вихідний вивід з другим вхідним виводом блоку вибору вектора напруги, вхідні виводи лінійного регулятора випрямленої напруги з'єднані з джерелом постійного струму і датчиком випрямленої напруги, а вихідний вивід з першим вхідним виводом блока перемноження, другий вхідний вивід якого з'єднаний з датчиком випрямленої напруги, вихідний вивід блока перемноження з'єднаний з другим вхідним виводом релейного регулятора активної енергії, вихідний вивід якого з'єднаний з третім вхідним виводом блока вибору вектора напруги, а вихідні виводи блока вибору вектора напруги з'єднані з керуючими висновками транзисторів. Причому лінійний регулятор випрямленої напруги виконаний у вигляді пропорційно-інтегрального регулятора, а релейні регулятори активної і реактивної енергії виконані у вигляді двопозиційних релейних регуляторів з гістерезисною петлею без зони нечутливості. Недоліком цього перетворювача є відсутність можливості

реалізації рекуперації, а також ненадійна робота системи керування при наявності вищих гармонік в живильній мережі.

Задачею винаходу є реалізація режиму активного випрямлення з синусоїдальною формою фазних струмів та коефіцієнтом потужності, близьким до одиниці, реалізація режиму рекуперації з синусоїдальною формою фазних струмів та високим коефіцієнтом потужності та стійкість системи керування до наявності вищих гармонік у живильній мережі. Ця задача вирішується тим, що активний трифазний чотириквadrантний випрямляч, який складається з блока повністю керованих силових ключів, зібраних за трифазною мостовою схемою, вхідного фільтра, вихідного фільтра, датчика вихідної напруги, блока датчиків вхідних фазних напруг, блок датчиків вхідних фазних струмів та системи керування, до складу якої входять блок виділення перших гармонік, блок задання рівня напруги, при якій перетворювач починає рекуперацію, регулятор режиму рекуперації, блок задання вихідної напруги, регулятор вихідної напруги, контролер керування ключами, три суматори, три помножувачі, причому вихідний сигнал датчика вихідної напруги подається на перший вхід регулятора режиму рекуперації та на перший вхід регулятора вихідної напруги, на другий вхід регулятора вихідної напруги подається вихідний сигнал блока задання рівня вихідної напруги, вихідний сигнал якого подається на перші входи трьох помножувачів, на другі входи трьох помножувачів подаються вихідні сигнали блока датчиків фазних струмів, на другий вхід регулятора режиму рекуперації подається вихідний сигнал блока задання кількості енергії, яка рекуперується, у той час вихідні сигнали блока датчиків вхідних фазних напруг подаються на вхід блока виділення перших гармонік, вихідні сигнали блока виділення перших гармонік подаються на третій, четвертий та п'ятий вхід регулятора режиму рекуперації, вихідні сигнали помножувачів подаються на перші входи суматорів, а на другі входи суматорів подаються вихідні сигнали регулятора режиму рекуперації, вихідні сигнали суматорів подаються на контролер керування ключами, вихідні сигнали якого подаються на шість повністю керованих силових ключів. Регулятор вихідної напруги може бути виконаний на основі пропорційно-інтегрального, пропорційно-інтегрально-диференціального або фази-регулятора. Контролер керування ключами може бути виконаний як релейні регулятори із гістерезисною зоною нечутливості, або як таблиця стану комутаційних положень ключів.

Винахід пояснюється кресленнями:

Фіг. 1 - Схема активного трифазного чотириквadrатного випрямляча;

Фіг. 2 - Структурна схема активного трифазного чотириквadrантного випрямляча;

Фіг. 3 - Сигнали в системі керування активного трифазного чотириквadrантного випрямляча;

Фіг. 4 - Форма фазних струмів та напруг фази А; сигнал керування на ключі 5 та 6 (VT1 та VT2 згідно з позначенням ключів з фіг. 1);

Фіг. 5 - Комп'ютерна Matlab-модель активного трифазного чотириквadrантного випрямляча;

Фіг. 6 - Осцилограми фазних струмів, фазних напруг та вихідної напруги у режимі пуску отримані при моделюванні системи у пакеті Matlab;

Фіг. 7 - Осцилограма переходу з режиму активного випрямлення в режим рекуперації, отриманої при моделюванні системи у пакеті Matlab.

Активний трифазний чотириквadrантний випрямляч (див. фіг. 2) складається з блока силових ключів 4, зібраних за трифазною мостовою схемою на повністю керованих силових ключах 5, 6, 7, 8, 9, 10, вхідного L-фільтра 3, вихідного фільтра 11, датчика вихідної напруги 12, блока датчиків вхідних фазних напруг 2, блока датчиків вхідних фазних струмів 1 та системи керування 25. Активний трифазний чотириквadrантний випрямляч живиться від трифазної електричної мережі 27. До випрямляча підключено навантаження 26. До складу системи керування 25 входять: блок виділення перших гармонік 13, блок задання рівня напруги, при якій перетворювач починає рекуперацію 14, регулятор режиму рекуперації 15, контролер керування ключами 16, блок задання рівня вихідної напруги 17, регулятор вихідної напруги 18, три суматори 19, 20, 21 та три помножувачі 22, 23, 24.

Вихідний сигнал датчика вихідної напруги 12 подається на перший вхід регулятора режиму рекуперації 15 та на перший вхід першого регулятора вихідної напруги 18, на другий вхід регулятора вихідної напруги 18 подається вихідний сигнал блока задання рівня вихідної напруги 17. На другий вхід регулятора режиму рекуперації 15 подається вихідний сигнал блока задання рівня напруги, при якій перетворювач починає рекуперацію 14. Вихідний сигнал регулятора вихідної напруги 18 подається на перші входи помножувачів 22, 23, 24, на другі входи помножувачів 22, 23, 24 подаються вихідні сигнали блока датчиків фазних струмів 1. Причому на помножувач 22 подається сигнал фази А, на помножувач 23 подається сигнал фази В, на помножувач 24 подається сигнал фази С. Вихідні сигнали блока датчиків фазних напруг 2 подаються на входи блока виділення перших гармонік 13. Вихідний сигнал блока виділення

перших гармонік 13 подається на третій, четвертий та м'ятій вхід регулятора режиму рекуперації 15. Вихідні сигнали регулятора режиму рекуперації 15 подаються на другі входи суматорів 19, 20 та 21. Причому з регулятора режиму рекуперації 15 на суматор 19 подається сигнал фази А, на суматор 20 подається сигнал фази В, на суматор 21 подається сигнал фази С. Вихідні сигнали помножувачів 22, 23, 24 подаються на перші входи суматора 19, 20 та 21. Вихідні сигнали суматорів 19, 20 та 21 подаються на контролер керування ключами 16, вихідні сигнали якого подаються на шість повністю керованих силових ключів 5, 6, 7, 8, 9, 10. Підключено активний трифазний чотириквadrантний випрямляч до трифазної мережі змінного струму 27.

10 На фіг. 3 наведено сигнали в системі керування активним трифазним чотириквadrантним випрямлячем. Позиції на фігурі 3:

$U_c$  - сигнал вихідної напруги випрямляча з датчика вихідної напруги 12 (див. фіг. 2);

$U_{sa}$ ,  $U_{sb}$ ,  $U_{sc}$  - сигнали миттєвих значень фазних напруг з блока датчиків фазних напруг 2 (див. фіг. 2);

15  $U_{sa1}$ ,  $V_{sb1}$ ,  $U_{sc1}$  - сигнали миттєвих значень перших гармонік фазних;

$i_{sa}$ ,  $i_{sb}$ ,  $i_{sc}$  - сигнали миттєвих значення фазних струмів випрямляча з блока датчиків фазних струмів (див. фіг. 2);

$i_{sa}^*$ ,  $i_{sb}^*$ ,  $i_{sc}^*$  - сигнал задання форми фазних струмів випрямляча;

$i_{a\_am}$ ,  $i_{b\_am}$ ,  $i_{c\_am}$  - сигнал масштабованих миттєвих значень фазних струмів;

20  $\Delta i_a$ ,  $\Delta i_b$ ,  $\Delta i_c$  - сигнали неузгодженості фазних струмів;

$U_{out}^*$  - сигнал задання рівня вихідної напруги випрямляча з блока 14 (див. фіг. 2);

$U_{recup}^*$  - сигнал задання рівня вихідної напруги випрямляча, при якій випрямляч переходить в режим рекуперації з блока 14 (див. фіг. 2).

25 Активний трифазний чотириквadrантний випрямляч працює наступним чином. Суматори 19, 20 та 21 розраховують різницю сигналів миттєвих значень перших гармонік фазних напруг  $i_{sa}^*$ ,  $i_{sb}^*$ ,  $i_{sc}^*$ , які по суті є сигналами задання форми і фази форми фазних струмів, та сигналів масштабованих фазних струмів  $i_{sa}$ ,  $i_{sb}$ ,  $i_{sc}$ . Вихідні сигнали суматорів 19, 20, 21  $\Delta i_a$ ,  $\Delta i_b$ ,  $\Delta i_c$  представляють миттєву різницю (відхилення) миттєвих значень фазних струмів від їх сигналів задання та подаються на контролер керування ключами 16.

30 Контролер керування ключами має задану величину гістерезису, за допомогою якої формується синусоїдальна форма спожитого струму випрямляча. Контролер керування ключами працює згідно з наступною логікою:

Опис фази фази А

35 Якщо сигнал миттєвого значення фазного струму фази А більше сигналу задання фазного струму на величину гістерезису ( $i_{a\_am} - i_{sa}^* > hyst$ ), тоді на ключ 5 подається сигнал відкриття, а на ключ 6 подається сигнал закриття. При цьому миттєве значення струму зменшується. Коли сигнал миттєвого значення фазного струму менше сигналу задання фазного струму на величину гістерезису ( $i_{a\_am} - i_{sa}^* < -hyst$ ), тоді на ключ 5 подається сигнал закриття, а на ключ 6 сигнал відкриття. При цьому миттєве значення струму фази А зростає.

40 Опис фази фази В

45 Якщо сигнал миттєвого значення фазного струму фази В більше сигналу задання фазного струму на величину гістерезису ( $i_{b\_am} - i_{sb}^* > hyst$ ), тоді на ключ 7 подається сигнал відкриття, а на ключ 8 подається сигнал закриття. При цьому миттєве значення струму зменшується. Коли сигнал миттєвого значення фазного струму менше сигналу задання фазного струму на величину гістерезису ( $i_{b\_am} - i_{sb}^* < -hyst$ ), тоді на ключ 7 подається нуль тобто сигнал закриття, а на ключ 8 одиниця тобто сигнал відкриття. При цьому миттєве значення струму зростає.

Опис фази фази С

50 Якщо сигнал миттєвого значення фазного струму фази С більше сигналу задання фазного струму на величину гістерезису ( $i_{c\_am} - i_{sc}^* > hyst$ ) тоді на ключ 9 подається сигнал відкриття, а на ключ подається 10 сигнал закриття. При цьому миттєве значення струму зменшується. Коли сигнал миттєвого значення фазного струму менше сигналу задання фазного струму на величину гістерезису, ( $i_{c\_am} - i_{sc}^* < -hyst$ ) тоді на ключ 9 подається сигнал закриття, а на ключ 10 сигнал відкриття. При цьому миттєве значення струму зростає.

55 Форма фазного струму буде повторювати форму фазної напруги з максимальним відхиленням на величину заданного значення гістерезису. Таким чином при заданні достатньо малої величини гістерезису форма фазного струму буде синфазною з формою фазної напруги та буде мати практичну синусоїдальну форму. Графічне зображення принципу роботи активного випрямляча наведено на фіг. 4.

60 Регулювання вихідної напруги реалізовується за допомогою регулятора вихідної напруги 18, блока задання рівня вихідної напруги 17, суматорів 19, 20, 21 та помножувачів 22, 23, 24.

Сигнал з датчика вихідної напруги 12  $U_c$  та сигнал з блока задання рівня вихідної напруги 17  $U_{out}^*$  подаються на регулятор вихідної напруги 18. Вихідний сигнал регулятора 18  $e_{PI}$  та сигнали фазних струмів  $i_{sa}$ ,  $i_{sb}$ ,  $i_{sc}$  подаються на помножувачі 22, 23, 24. Вихідні сигнали блока помножувачів  $i_{a\_am}$ ,  $i_{b\_am}$ ,  $i_{c\_am}$  повторюють форму фазних струмів, проте з амплітудою 5  
необхідною для забезпечення необхідного рівня вихідної напруги  $U^{*out}$ . При незмінному значенні навантаження збільшення амплітуди фазних струмів призводить до збільшення вихідної напруги, і відповідно зменшення амплітуди фазних струмів веде до зменшення фазних напруг. Функцію регулювання вихідної напруги виконує регулятор 18.

Перехід із режиму випрямлення в режим рекуперації та з режиму рекуперації в режим 10  
випрямлення реалізується за допомогою регулятора режиму рекуперації 15. На регулятор режиму рекуперації 15 подається вихідний сигнал датчика вихідної напруги  $U_c$  та сигнал задання величини вихідної напруги, при якій перетворювач входить в режим рекуперації ( $U^*recup$ ). У випадку, якщо рівень вихідної напруги менше сигналу задання рівня напруги рекуперації ( $U_c < U^*recup$ ), вихідні сигнали регулятора режиму рекуперації 15 15  
дорівнюють вхідним сигналам. Внаслідок чого сигнали задання фазних струмів  $i_{sa}^*$ ,  $i_{sb}^*$ ,  $i_{sc}^*$  будуть синфазними з сигналами фазних напруг  $U_{sa}$ ,  $U_{sb}$ ,  $U_{sc}$ .

У випадку, якщо рівень вихідної напруги більший сигналу задання рівня напруги, при якій 20  
починається рекуперація ( $U_c > U^*recup$ ), вихідні сигнали регулятора режиму рекуперації 15 будуть інверсними вхідним сигналам. Внаслідок чого сигнали задання фазних струмів  $i_{sa}^*$ ,  $i_{sb}^*$ ,  $i_{sc}^*$  будуть синусоїдальними, проте будуть зсунуті на 180 ел. град, тобто будуть протифазними сигналам фазних напруг  $U_{sa}$ ,  $U_{sb}$ ,  $U_{sc}$ . Фазні струми будуть повторювати форму фазних напруг, але будуть зсунуті на 180 електричних градусів, причому енергія буде перетікати від навантаження 26 до трифазної електричної мережі 27.

При умові коли рівень вихідної напруги менший сигналу задання рівня напруги при якій 25  
починається рекуперація ( $U_c < U^*recup$ ) вихідні сигнали регулятора режиму рекуперації 15 будуть дорівнювати вхідним сигналам. Внаслідок чого сигнали задання фазних струмів  $i_{sa}^*$ ,  $i_{sb}^*$ ,  $i_{sc}^*$  будуть синусоїдальними синфазними з сигналам фазних напруг  $U_{sa}$ ,  $U_{sb}$ ,  $U_{sc}$ . Форма фазних струмів буде повторювати форму фазних напруг без зсуву по фазі, причому енергія буде перетікати від трифазної електричної мережі 27 до навантаження 26.

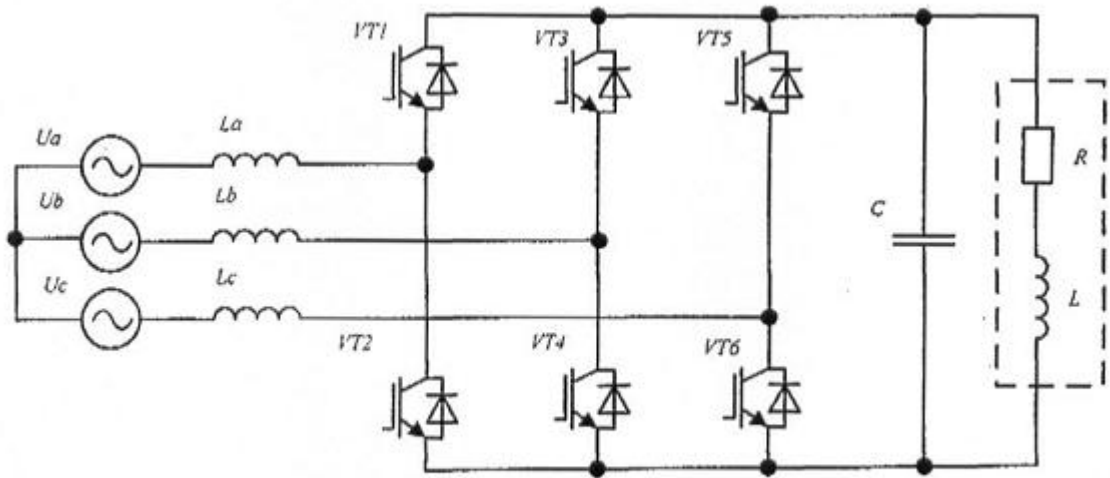
Цей винахід дозволить виконати реалізацію режиму активного випрямлення з 30  
синусоїдальною формою фазних струмів та високим коефіцієнтом потужності, реалізацію режиму рекуперації з синусоїдальною формою фазних струмів та високим коефіцієнтом потужності та забезпечити високу стійкість системи керування до наявності вищих гармонік у живильній мережі.

У пакеті Matlab була розроблена імітаційна модель активного трифазного 35  
чотириквadrантного випрямляча. Модель підтверджує працездатність запропонованої системи. Осцилограми фазних струмів, фазних напруг та вихідної напруги отримані при моделювання системи у пакеті Matlab у режимі пуску наведено на фігурі 5. Осцилограми фазних струмів, фазних напруг та вихідної напруги отримані при моделювання системи у пакеті Matlab при 40  
переході з режиму активного випрямлення в режим рекуперації зображено на фігурі 6.

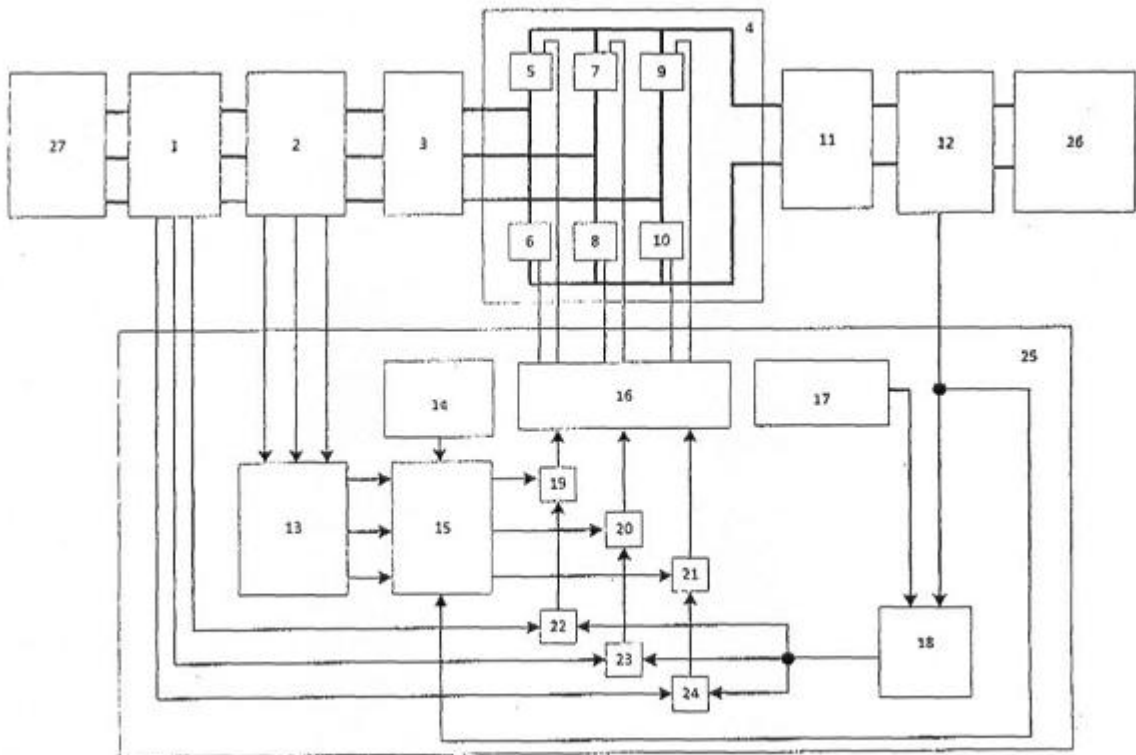
#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Активний трифазний чотириквadrантний випрямляч, який складається з блока повністю 45  
керованих силових ключів, зібраних за трифазною мостовою схемою, вхідного фільтра, вихідного фільтра, датчика вихідної напруги, блока датчиків вхідних фазних напруг та системи керування, який **відрізняється** тим, що додатково містить блок датчиків вхідних фазних струмів, а до складу системи керування додатково входять блок виділення перших гармонік, блок задання вихідної напруги, блок задання рівня напруги, регулятор режиму рекуперації, 50  
регулятор вихідної напруги, контролер керування ключами, три суматори, три помножувачі, причому вихід датчика вихідної напруги з'єднаний з першим входом регулятора режиму рекуперації та з першим входом регулятора вихідної напруги, а другий вхід регулятора вихідної напруги з'єднаний з блоком задання рівня вихідної напруги, вихід якого з'єднаний з першими входами трьох помножувачів, а другі входи трьох помножувачів з'єднані з виходами блока 55  
датчиків фазних струмів, другий вхід регулятора режиму рекуперації з'єднаний з виходом блока задання рівня напруги, при цьому вихід блока датчиків вхідних фазних напруг з'єднаний з входом блока виділення перших гармонік, а вихід блока виділення перших гармонік з'єднаний з третім, четвертим та п'ятим входом регулятора режиму рекуперації, виходи помножувачів з'єднані з першими входами суматорів, а другі входи суматорів з'єднані з виходом регулятора

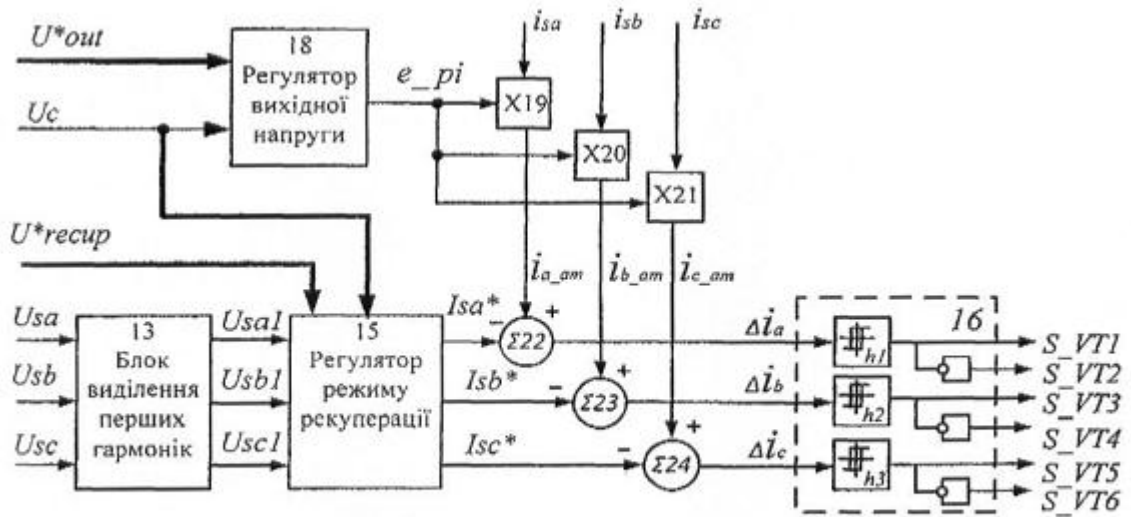
режиму рекуперації, виходи суматорів з'єднані з контролером керування ключами, виходи якого з'єднані з блоком повністю керованих силових ключів.



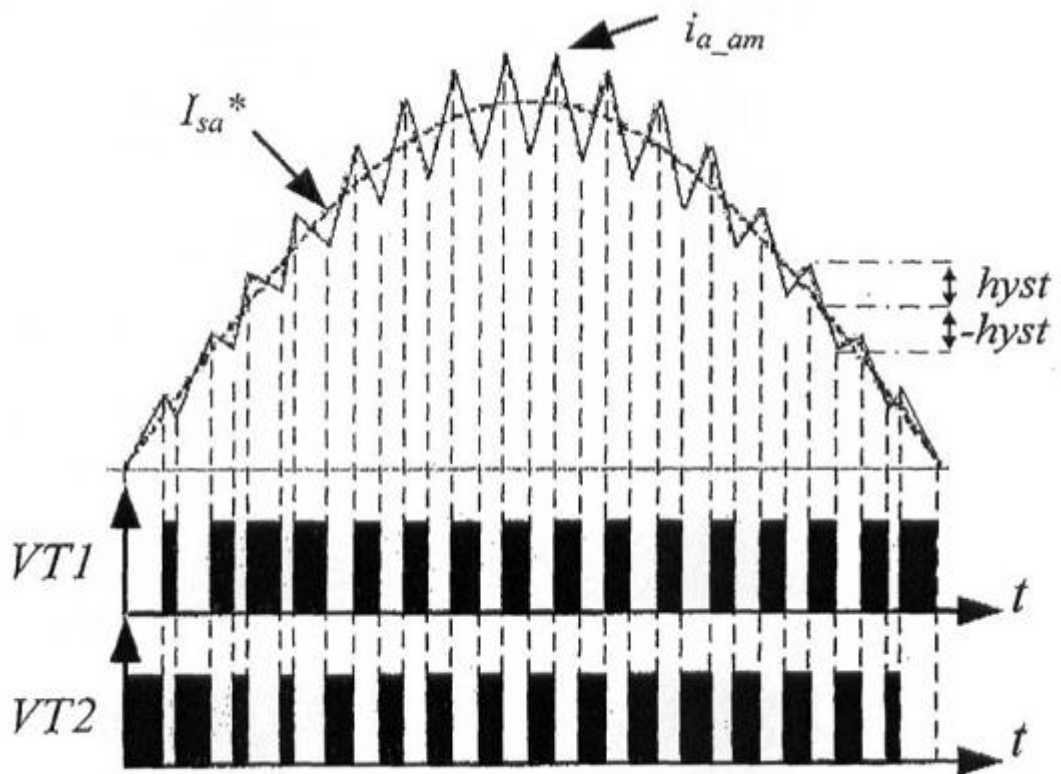
Фиг. 1



Фиг. 2

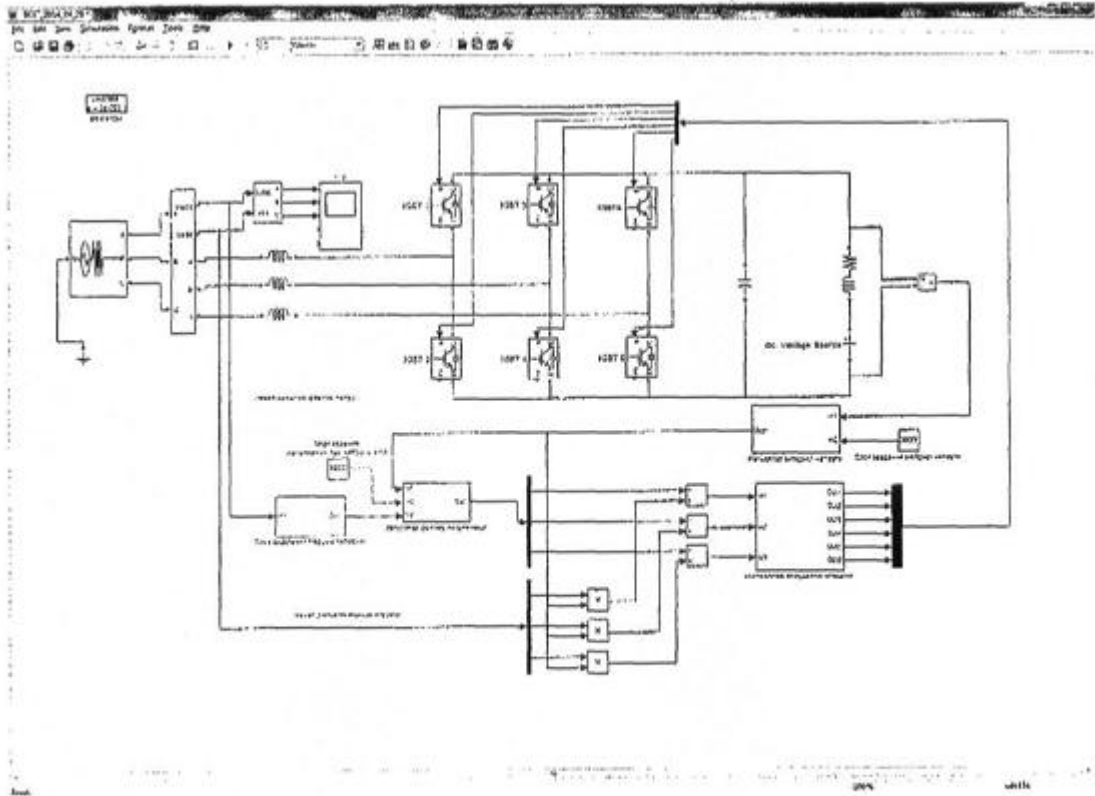


Фиг. 3

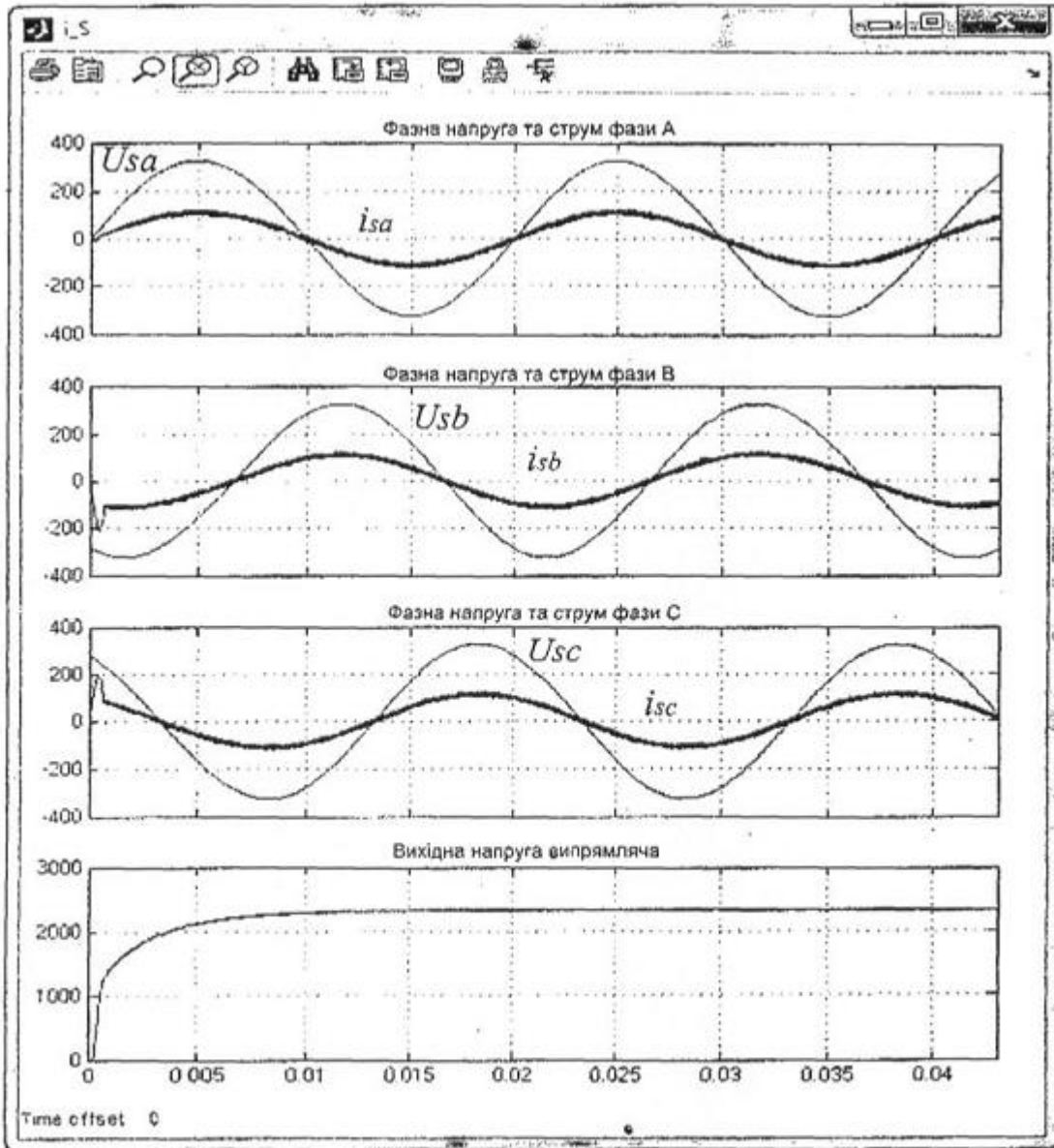


Фиг. 4

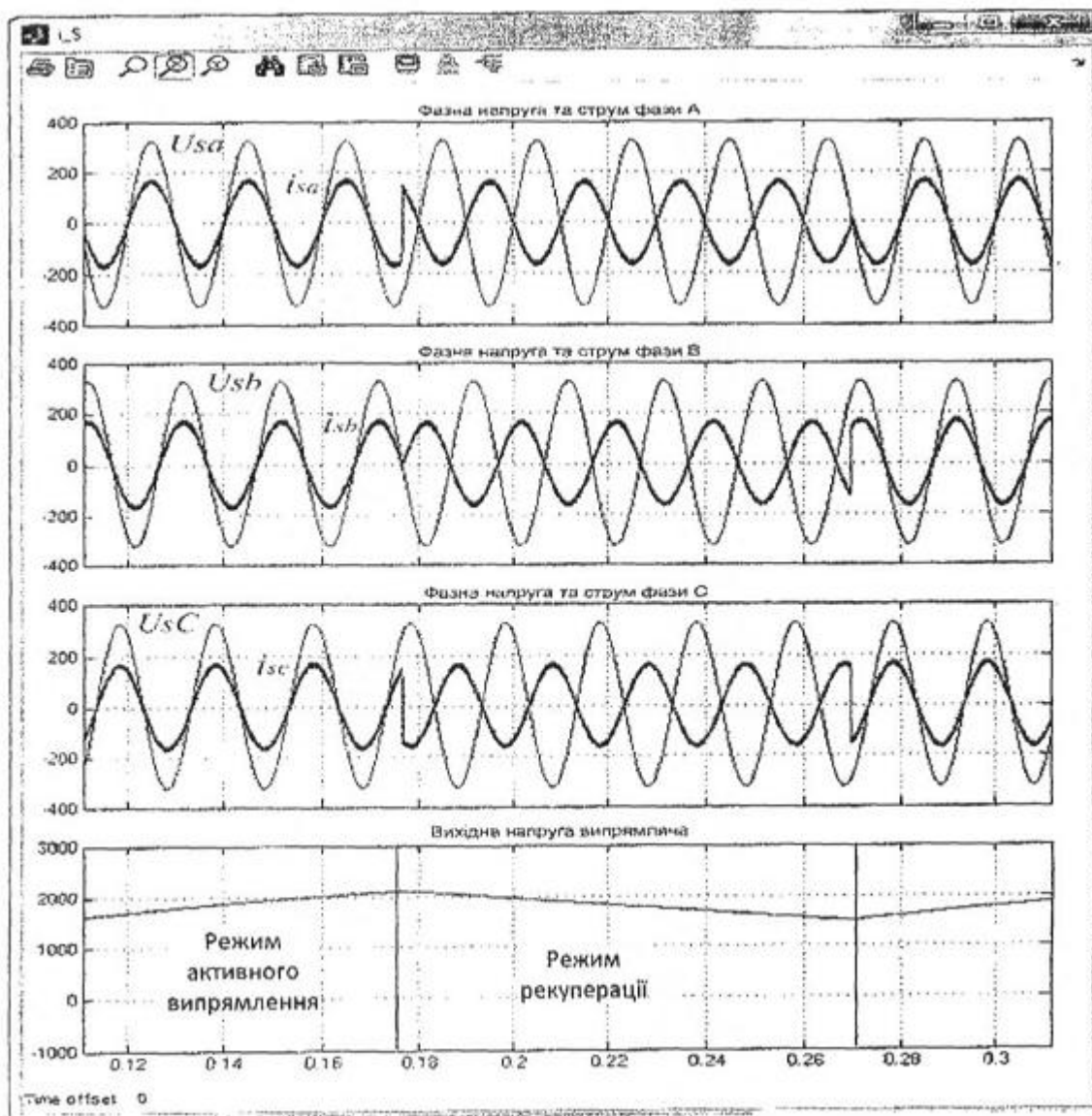




Фиг. 5



Фиг. 6



Фіг. 7

Комп'ютерна верстка Д. Шеверун

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

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