



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **125713** (13) **C2**  
(51) МПК

**B60L 15/04** (2006.01)  
**B60L 50/40** (2019.01)  
**B60L 50/50** (2019.01)  
**B60W 10/26** (2006.01)  
**H02M 7/162** (2006.01)  
**H02J 7/10** (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО  
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ"

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД**

(21) Номер заявки: **а 2020 05062**

(22) Дата подання заявки: **04.08.2020**

(24) Дата, з якої є чинними  
права інтелектуальної  
власності: **19.05.2022**

(41) Публікація відомостей  
про заявку: **10.12.2020, Бюл.№ 23**

(46) Публікація відомостей  
про державну  
реєстрацію: **18.05.2022, Бюл.№ 20**

(72) Винахідник(и):  
**Плахтій Олександр Андрійович (UA),  
Нерубацький Володимир Павлович (UA),  
Машура Артем Вячеславович (UA),  
Зінченко Олена Євгенівна (UA)**

(73) Володілець (володільці):  
**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО  
ТРАНСПОРТУ,  
майдан Фейєрбаха, 7, м. Харків, 61050 (UA)**

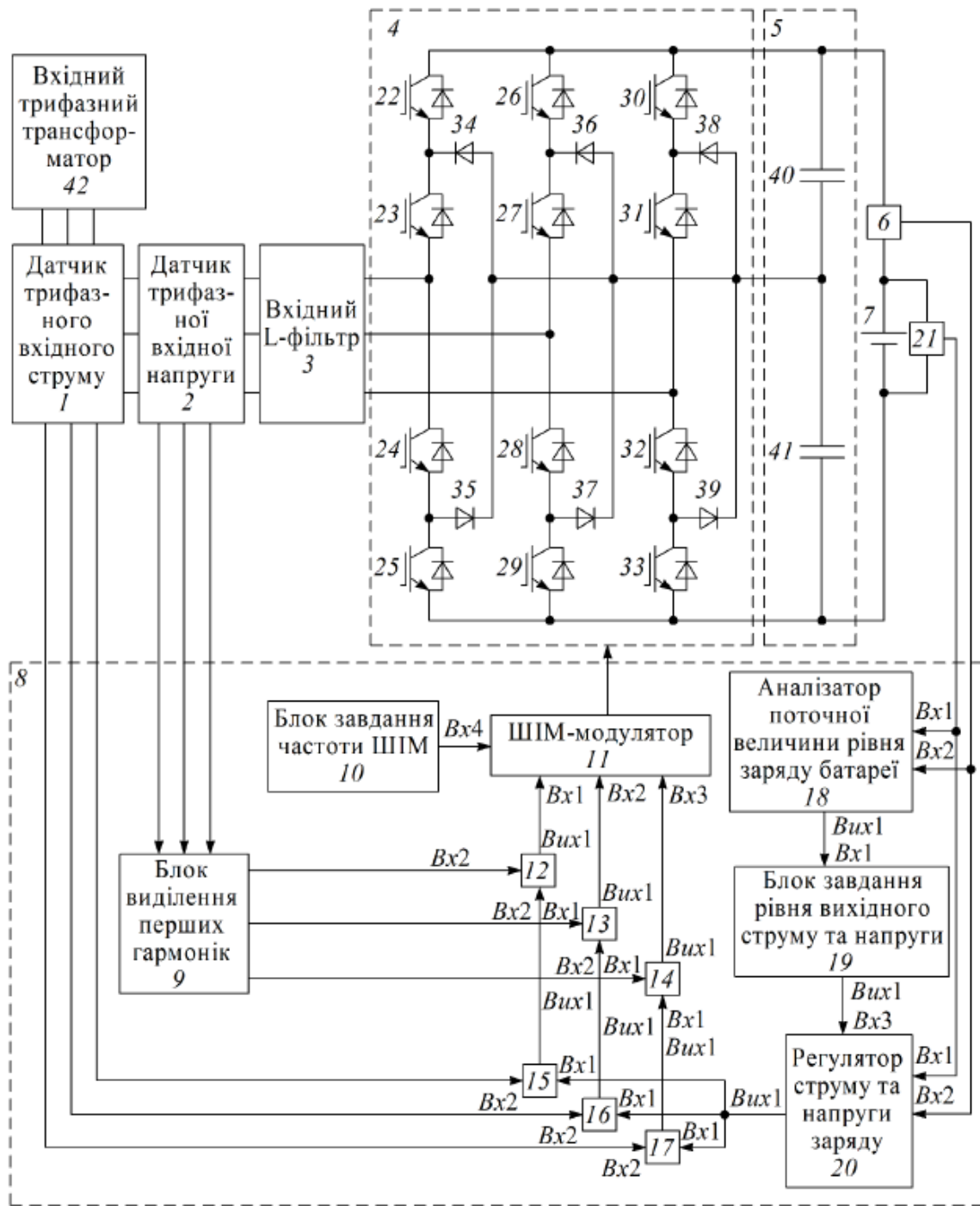
(56) Перелік документів, взятих до уваги  
експертизою:  
UA 109226 C2, 27.07.2015  
US 2004008530 A1, 15.01.2004  
RU 2677217 C1, 15.01.2019  
RU 2395410 C1, 27.07.2010  
JP 2002369308 A, 20.12.2002  
JP 2007228796 A, 06.09.2007  
US 5642270 A, 24.06.1997  
EP 2701274 A1, 26.02.2014  
RU 2013230 C1, 30.05.1994  
UA 61461 U, 25.07.2011

**(54) СИСТЕМА ЗАРЯДНОЇ СТАНЦІЇ ДЛЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ**

(57) Реферат:

Винахід належить до силової перетворювальної техніки. Система зарядної станції для електромобілів, яка складається з трифазної трирівневої мостової схеми з фіксованими діодами на повністю керованих силових ключах, 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, ШІМ-модулятор, три суматори, три помножувачі. Додатково введені вхідний трифазний трансформатор, датчик вихідного струму, як навантаження - акумуляторна батарея, блок аналізатора поточної величини рівня заряду батареї, блок задання рівня вихідного струму та напруги, регулятор вихідного струму і напруги та блок задання частоти ШІМ. Технічним результатом є реалізація заряду акумуляторних батарей з синусоїдальною формою вхідних фазних струмів і підвищеним коефіцієнтом потужності.

UA 125713 C2



Фіг. 3

Винахід належить до силової перетворювальної техніки та може бути використаний в системах живлення постійним струмом, у силових випрямних установках, для живлення акумуляторних батарей електромобілів.

5 Відомий діодний випрямляч "Диодный выпрямитель (его варианты)" патент RU 2246169, МПК H02M 07/10, 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 H02M 07/162, опублікований 27.06.2006, прийнятий за прототип. Він складається з блока повністю керованих 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. В систему керування входять генератор пилкоподібної напруги, формувач імпульсів керування, циклічний регістр зсуву, пристрій порівняння фазних напруг і схема вибору увімкнення силових ключів. Причому вихід генератора пилкоподібної напруги підключений до першого вхідного виводу формувача імпульсів керування, до другого вхідного виводу якого підключений вихід датчика випрямленої напруги, а вихідний вивід формувача імпульсів керування підключений до вхідного виводу циклічного регістра 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, який 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 має 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 Найбільш близьким до пристрою, що заявляється, вибраним як прототип, є "Активний трифазний чотириквADRантний випрямляч", патент України номер патенту: 109226. Опублікований 27.07.2015. [<https://uapatents.com/11-109226-aktivnijj-trifaznijj-chotirikvadrantnijj-vipryamlyach.html>]. 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 та системи керування, що 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, при якій перетворювач починає рекуперацію, регулятор режиму рекуперації, 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 і вхідного струму, 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 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 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.

Недоліками цього перетворювача є:

- відсутність гальванічної розв'язки;
- неможливість регулювання заряду акумуляторних батарей;
- 60 - відсутність зворотного зв'язку за струмом;

- низький ККД, що зумовлено високими динамічними втратами потужності в силових ключах у зв'язку з наявністю гістерезисної модуляції в системі керування. При гістерезисній модуляції частота комутації силових ключів є нестабільною і залежить від багатьох факторів: величини струму навантаження, параметрів живильної мережі, параметрів навантаження, величини

5 уставки гістерезису та ін. Крім того високовольтні силові транзистори мають досить обмежені частотні властивості і можуть не відпрацьовувати високочастотні сигнали керування.

Задачею винаходу є підвищення ККД випрямляча та можливість заряду акумуляторних батарей. Підвищення ККД досягається тим, що блок повністю керованих ключів виконано за трифазною трирівневою мостовою схемою (фіг. 1), що зумовлює можливість використання

10 силових транзисторів менших класів з меншими статичними втратами, а також блок ШІМ-модуляції з можливістю задання частоти комутації, що зумовлює зменшення динамічних втрат потужності на силових ключах.

Система зарядної станції для електромобілів, яка складається з трифазної трирівневої мостової схеми з фіксованими діодами на повністю керованих силових ключах, 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

15 виділення перших гармонік, ШІМ-модулятор, три суматори, три помножувачі, та містить вхідний трифазний трансформатор, датчик вихідного струму, як навантаження - акумуляторна батарея, блок аналізатора поточної величини рівня заряду батареї, блок задання рівня вихідного струму та напруги, регулятор вихідного струму і напруги, блок задання частоти ШІМ, причому вихідний сигнал датчика вихідної напруги подається на перший вхід аналізатора поточної величини рівня заряду батареї та на перший вхід регулятора струму і напруги заряду, вихідний сигнал датчика вихідного струму подається на другий вхід аналізатора поточної величини рівня заряду батареї та на другий вхід регулятора струму і напруги заряду, сигнал з аналізатора поточної величини рівня заряду батареї подається на перший вхід блока задання рівня вихідного струму і напруги,

20 на третій вхід регулятора струму та напруги заряду подається сигнал з блока задання рівня вихідного струму і напруги, вихідний сигнал регулятора струму та напруги заряду подається на перші входи трьох помножувачів, на другі входи трьох помножувачів подаються вихідні сигнали блока датчиків фазних струмів, 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 другі входи суматорів, вихідні сигнали помножувачів подаються на перші входи суматорів, вихідні сигнали суматорів подаються на перший, другий та третій входи ШІМ-модулятора, на четвертий вхід ШІМ-модулятора подається сигнал з блока задання частоти ШІМ, вихідні сигнали ШІМ-модулятора подаються на дванадцять повністю керованих силових

25 ключів.

Винахід пояснюється такими кресленнями:

Фіг. 1 - Схема активного трифазного трирівневого випрямляча системи зарядної станції для електромобілів;

Фіг. 2 - Структурна схема системи зарядної станції для електромобілів;

Фіг. 3 - Принципова схема системи зарядної станції для електромобілів;

Фіг. 4 - Сигнали в системі керування системи зарядної станції для електромобілів;

Фіг. 5 - Процеси модуляції в контролері керування силовими ключами з формуванням сигналів керування транзисторами одного плеча фази А (транзистори VT1-VT4 згідно з позначенням ключів на фіг. 1).

Ця задача вирішується тим, що система зарядної станції для електромобілів (фіг. 2, фіг. 3) складається з вхідного трифазного трансформатора 42, трифазної трирівневої мостової схеми активного випрямляча з фіксованими діодами 4 (див. фіг. 1) на повністю керованих силових ключах 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33 та діодів 34, 35, 36, 37, 38, 39, вхідного L-фільтра 3, вихідного C-фільтра 5, який складається з конденсаторів 40 і 41, датчика вихідної

45 напруги 21, датчика вихідного струму 6, блока датчиків вхідних фазних напруг 2, блока датчиків вхідних фазних струмів 1 та системи керування 8. Активний трифазний трирівневий мостовий випрямляч живиться від вхідного трифазного трансформатора 42. До випрямляча підключено навантаження - акумуляторна батарея 7. До складу системи керування 8 входять: блок виділення перших гармонік 9, блок задання частоти ШІМ 10, ШІМ-модулятор 11, аналізатор поточної величини рівня заряду батареї 18, блок задання рівня вихідного струму і напруги 19, регулятор струму та напруги заряду 20, три суматори 12, 13, 14, та три помножувачі 15, 16, 17. Вихідний сигнал датчика вихідного струму 6 подається на другий вхід аналізатора поточної величини рівня заряду батареї 18 і на другий вхід регулятора струму та напруги заряду 20, на третій вхід регулятора струму та напруги заряду 20 подається вихідний сигнал блока задання

50 рівня вихідного струму і напруги 19. Вихідний сигнал датчика вихідної напруги 21 подається на

60

перший вхід аналізатора поточної величини рівня заряду батареї 18 та на перший вхід регулятора струму та напруги заряду 20. Сигнал з аналізатора поточної величини рівня заряду батареї 18 подається на перший вхід блока задання рівня вихідного струму і напруги 19. Вихідний сигнал регулятора струму та напруги заряду 20 подається на перші входи помножувачів 15, 16, 17, на другі входи помножувачів 15, 16, 17 подаються вихідні сигнали блока датчиків фазних струмів 1. Причому на помножувач 15 подається сигнал фази А, на помножувач 16 подається сигнал фази В, на помножувач 17 подається сигнал фази С. Вихідні сигнали блока датчиків фазних напруг 2 подаються на входи блока виділення перших гармонік 9. Вихідні сигнали блока виділення перших гармонік 9 подаються на другі входи суматорів 12, 13 та 14. Причому з блока виділення перших гармонік 9 на суматор 12 подається сигнал фази А, на суматор 13 подається сигнал фази В, на суматор 14 подається сигнал фази С. Вихідні сигнали помножувачів 15, 16, 17 подаються на перші входи суматорів 12, 13, 14. Вихідні сигнали суматорів 12, 13, 14 подаються на перший, другий та третій входи ШІМ-модулятора 11, сигнал з блока задання частоти ШІМ подається на четвертий вхід ШІМ-модулятора, вихідні сигнали якого подаються на дванадцять повністю керованих силових ключів 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33.

На фіг. 4 наведено сигнали в системі керування активним трифазним трирівневим випрямлячем. Позиції на фіг. 4 такі:

$U_c$  - сигнал вихідної напруги випрямляча з датчика вихідної напруги 21 (див. фіг. 2);

$I_c$  - сигнал вихідного струму випрямляча з датчика вихідного струму 6 (див. фіг. 2);

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

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

$i_{sa}, i_{sb}, i_{sc}$  - сигнали миттєвих значень фазних струмів випрямляча з блока датчиків фазних струмів 1 (див. фіг. 2);

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

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

Регулювання струму та напруги заряду реалізовується за допомогою регулятора струму та напруги заряду 20, блока задання рівня вихідного струму і напруги 19, аналізатора поточної величини рівня заряду батареї, який згідно з сигналами напруги і струму виявляє значення заряду батареї та подальшими регуляторами вибирає режим заряду, суматорів 12, 13, 14 та помножувачів 15, 16, 17. Сигнал з датчика вихідної напруги 21 та сигнал з датчика вихідного струму 6 подаються на аналізатор поточної величини рівня заряду батареї 18 та на регулятор струму та напруги заряду 20. Вихідний сигнал аналізатора поточного значення рівня заряду батареї 18 подається на вхід блока задання рівня вихідного струму та напруги 19, з якого сигнал подається на вхід регулятора струму та напруги заряду 20. Вихідний сигнал регулятора 20  $e_{pi}$  та сигнали фазних струмів  $i_{sa}, i_{sb}, i_{sc}$  подаються на суматори 12, 13, 14. Вихідні сигнали блока суматорів  $i_{a\_am}, i_{b\_am}, i_{c\_am}$  повторюють форму фазних струмів.

Активний трифазний трирівневий мостовий випрямляч працює таким чином. Сумматори 12, 13 та 14 розраховують різницю сигналів, 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 сумматорів 12, 13, 14  $\Delta i_a, \Delta i_b, \Delta i_c$  представляють миттєву різницю (відхилення) миттєвих значень фазних струмів та напруг від їх сигналів задання та подаються на ШІМ-модулятор 11. Частота ШІМ завдається за допомогою блока задання частоти ШІМ 10, сигнал з якого передається на ШІМ-модулятор 16. Сигнали з ШІМ-модулятора ідуть до силових ключів 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33.

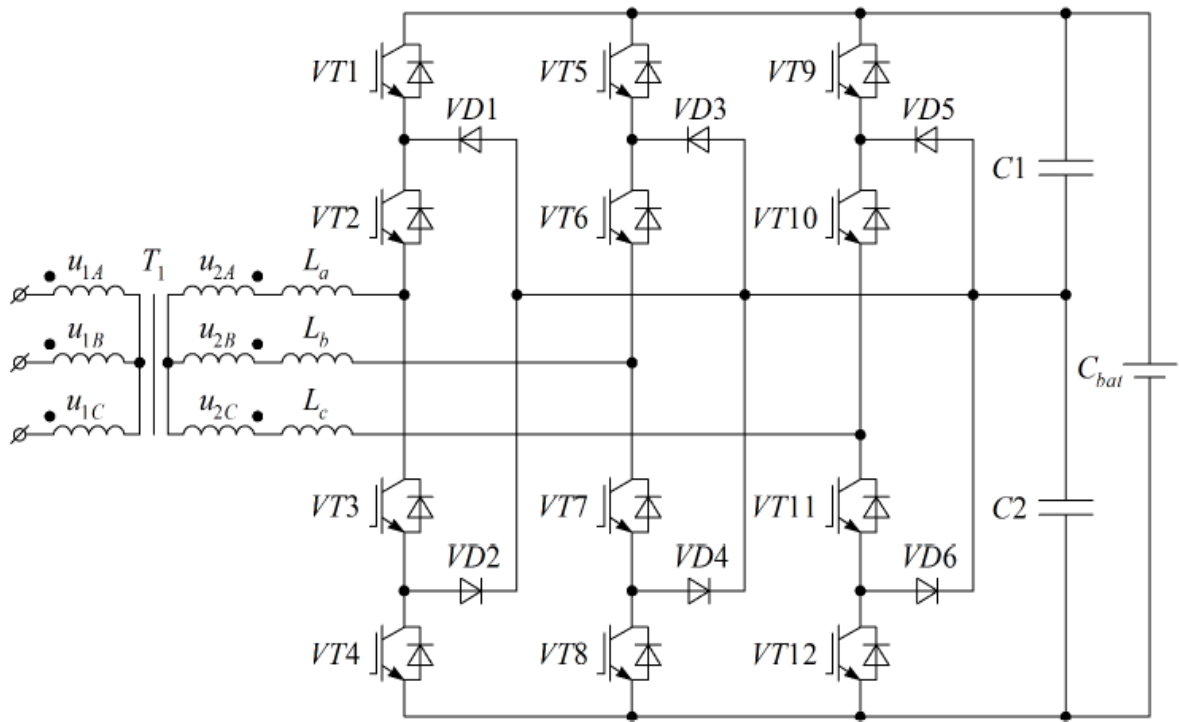
У пакеті Matlab було розроблено імітаційну модель системи зарядної станції для електромобілів. Модель підтверджує працездатність запропонованої системи. Осцилограми процесу модуляції в контролері керування силовими ключами з формуванням сигналів керування транзисторами одного плеча фази А (транзистори VT1-VT4 згідно з позначенням ключів на фіг. 1) наведено на фіг. 5.

Цей винахід реалізує заряд акумуляторних батарей з синусоїдальною формою вхідних фазних струмів та високим коефіцієнтом потужності близьким до одиниці та забезпечує гальванічну розв'язку акумуляторної батареї з живильною мережею.

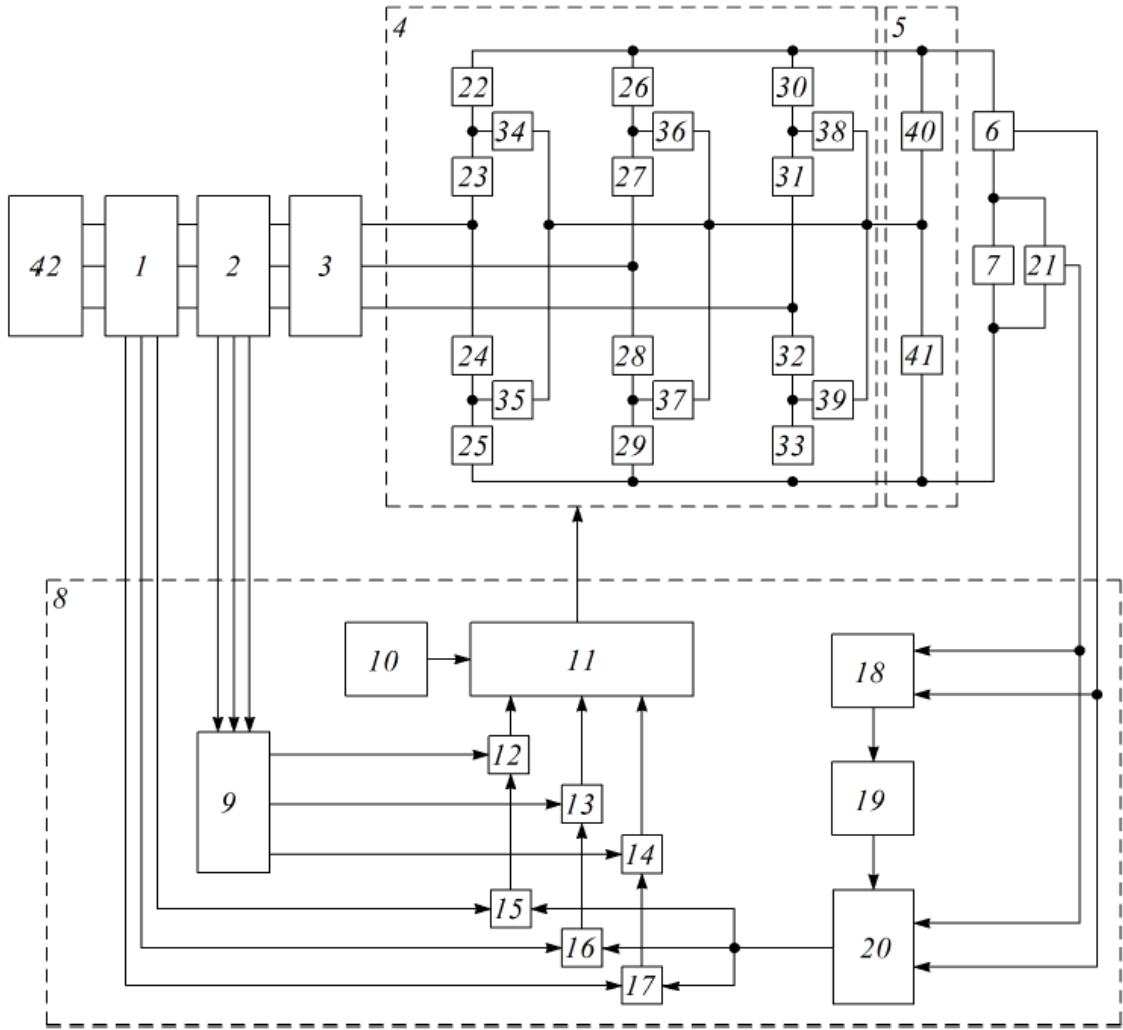
#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Система зарядної станції для електромобілів, яка складається з трифазної трирівневої мостової схеми з фіксованими діодами на повністю керованих силових ключах, вхідного фільтра, вихідного фільтра, датчика вихідної напруги, блока датчиків вхідних фазних напруг, блока

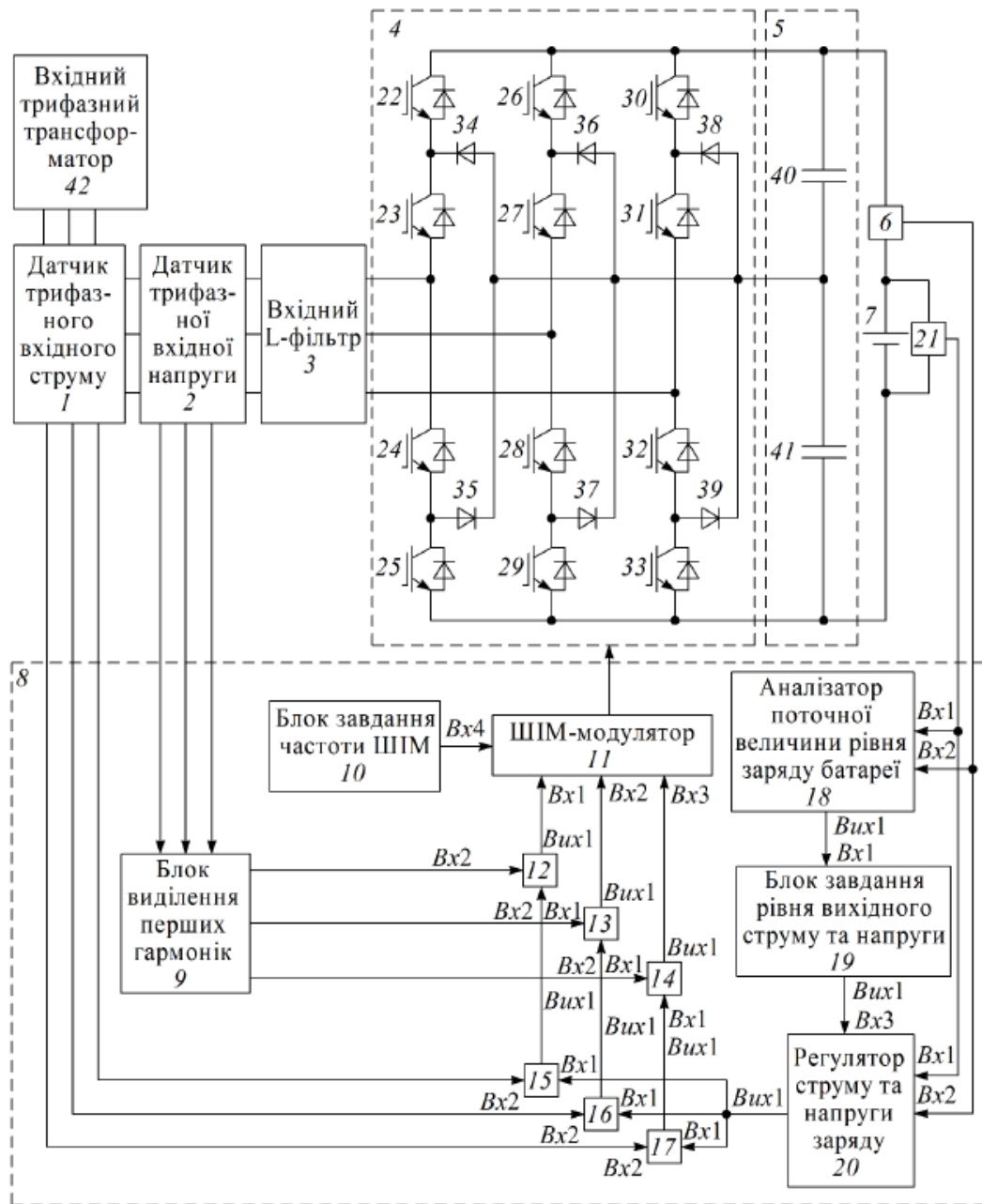
датчиків вхідних фазних струмів та системи керування, до складу якої входять блок виділення перших гармонік, ШІМ-модулятор, три суматори, три помножувачі, яка **відрізняється** тим, що містить вхідний трифазний трансформатор, датчик вихідного струму, як навантаження - акумуляторну батарею, блок аналізатора поточної величини рівня заряду батареї, блок задання рівня вихідного струму та напруги, регулятор вихідного струму і напруги, блок задання частоти ШІМ, причому вихідний сигнал датчика вихідної напруги подається на перший вхід аналізатора поточної величини рівня заряду батареї та на перший вхід регулятора струму і напруги заряду, вихідний сигнал датчика вихідного струму подається на другий вхід аналізатора поточної величини рівня заряду батареї та на другий вхід регулятора струму і напруги заряду, сигнал з аналізатора поточної величини рівня заряду батареї подається на перший вхід блока задання рівня вихідного струму і напруги, на третій вхід регулятора струму та напруги заряду подається сигнал з блока задання рівня вихідного струму і напруги, вихідний сигнал регулятора струму та напруги заряду подається на перші входи трьох помножувачів, на другі входи трьох помножувачів подаються вихідні сигнали блока датчиків фазних струмів, 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 другі входи суматорів, вихідні сигнали помножувачів подаються на перші входи суматорів, вихідні сигнали суматорів подаються на перший, другий та третій входи ШІМ-модулятора, на четвертий вхід ШІМ-модулятора подається сигнал з блока задання частоти ШІМ, вихідні сигнали ШІМ-модулятора подаються на дванадцять повністю керованих силових ключів.



Фіг. 1

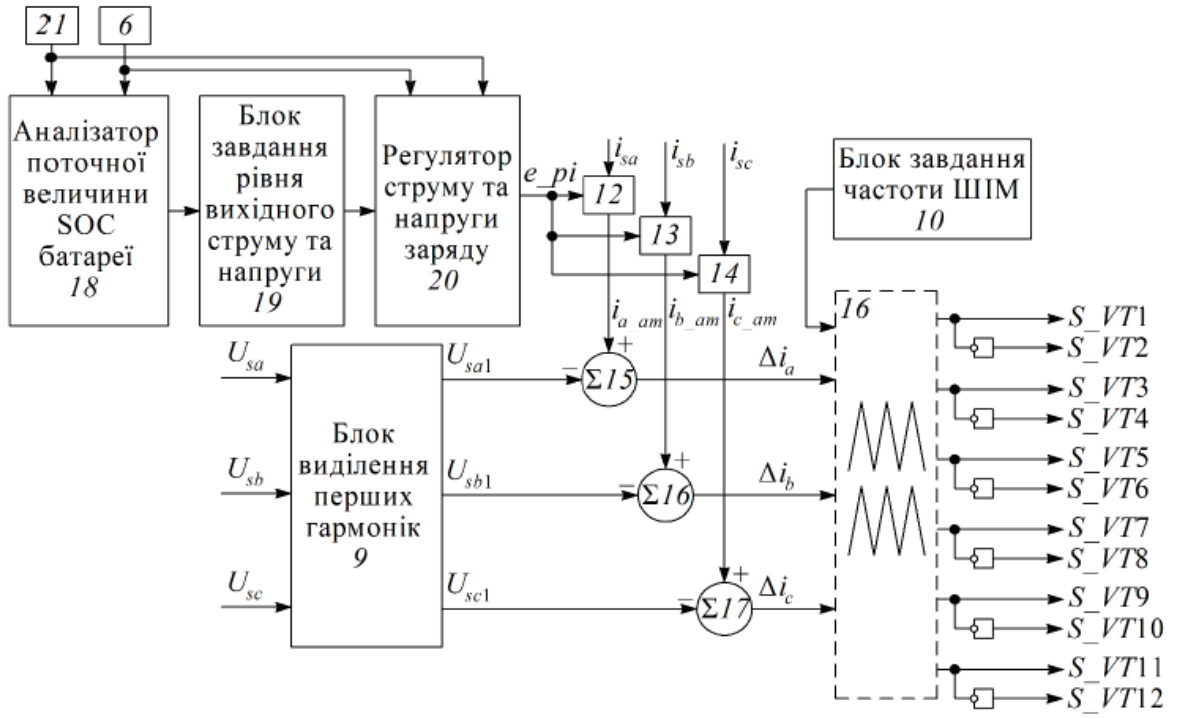


Фиг. 2

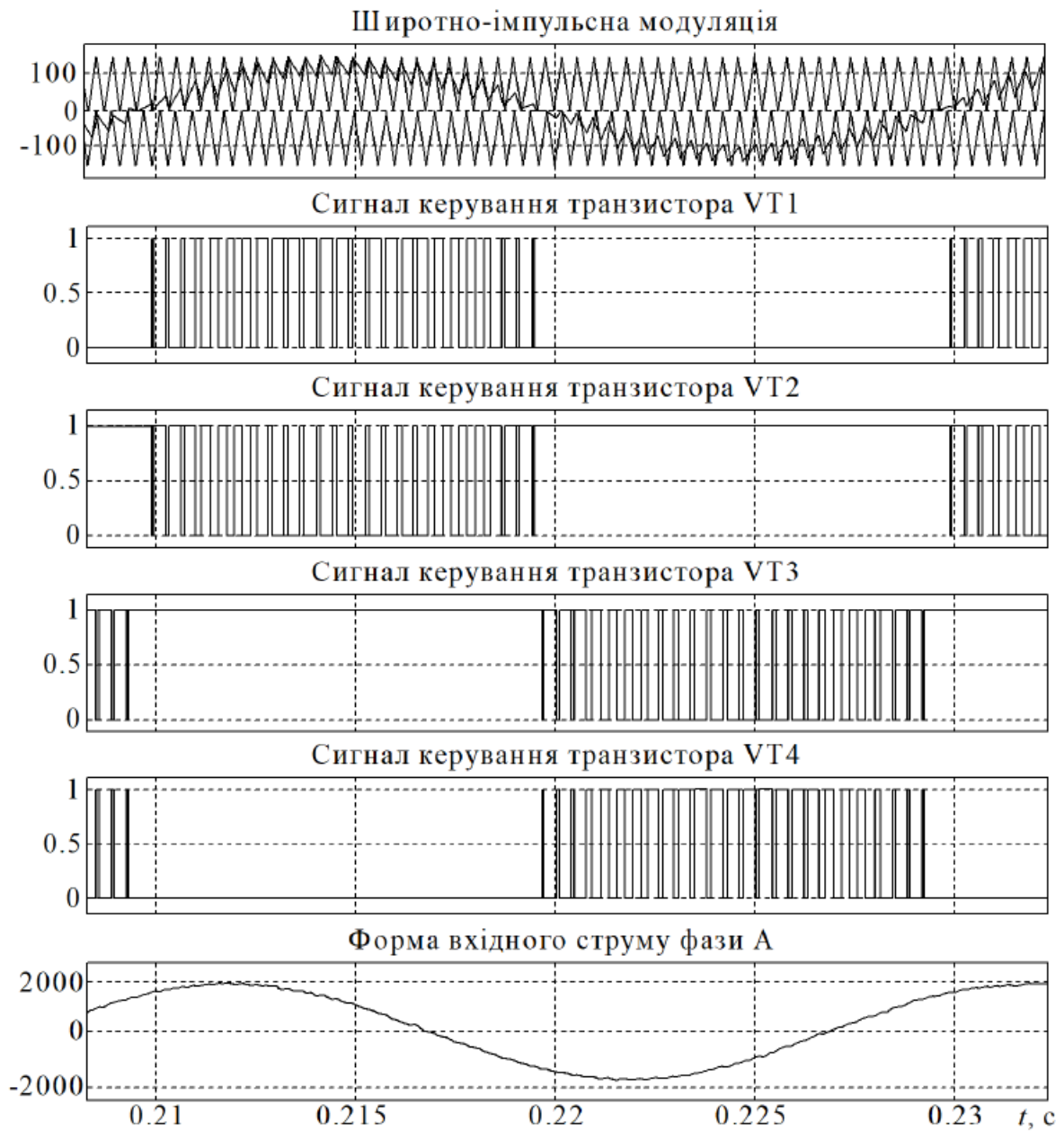


Фіг. 3





Фіг. 4



Фіг. 5