



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **153476** (13) **U**
(51) МПК
H02M 07/10 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

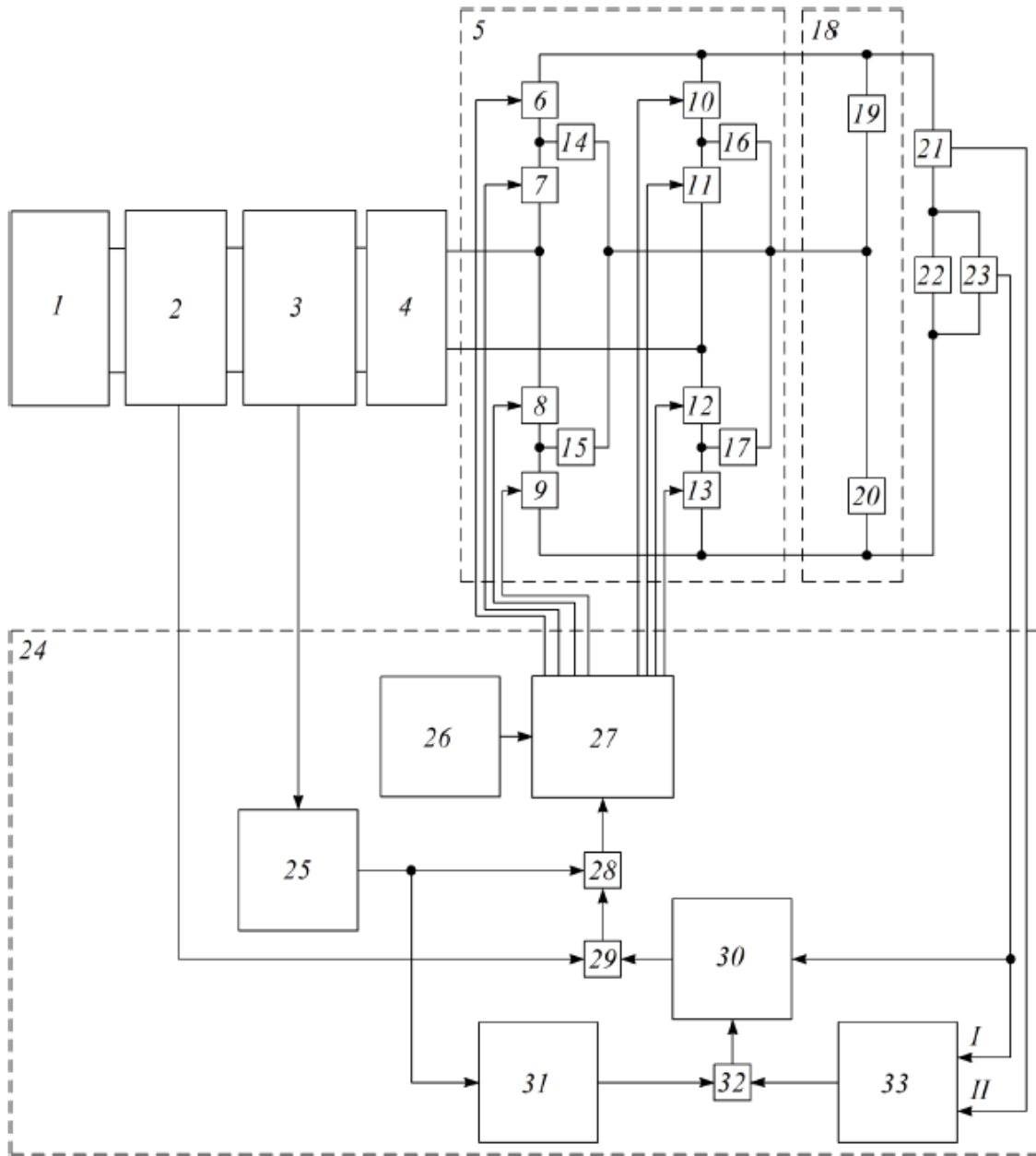
(21) Номер заявки: u 2022 05010	(72) Винахідник(и): Нерубацький Володимир Павлович (UA), Плахтій Олександр Андрійович (UA), Гордієнко Денис Анатолійович (UA)
(22) Дата подання заявки: 26.12.2022	(73) Володілець (володільці): УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ, майдан Фейербаха, 7, м. Харків-50, 61050 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 13.07.2023	(74) Представник: РЕКТОР - ПАНЧЕНКО СЕРГІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 12.07.2023, Бюл.№ 28	

(54) ОДНОФАЗНИЙ ТРИРІВНЕВИЙ ГІБРИДНИЙ СОНЯЧНИЙ ІНВЕРТОР З ФІКСУЮЧИМИ ДІОДАМИ

(57) Реферат:

Однофазний трирівневий гібридний сонячний інвертор з фіксуєчими діодами, який складається з блока датчика вхідної фазної напруги, блока датчика вхідного фазного струму, вхідного фільтра, блока повністю керованих силових ключів, вихідного фільтра, датчика вихідної напруги та системи керування. Інвертор додатково містить датчик напруги сонячних панелей, датчик струму сонячних панелей, блок повністю керованих силових ключів побудовано за однофазною трирівневою мостовою схемою з фіксуєчими діодами, вихідний фільтр зібрано з двох конденсаторів з середньою точкою, а до складу системи керування додатково входить блок задання частоти комутації, блок виділення першої гармоніки вхідної напруги, контролер керування ключами, суматор, помножувач, регулятор струму, генерованого до електричної мережі, дільник, блок визначення середньоквадратичного значення і трекер точки максимальної потужності сонячних панелей, причому вихідний сигнал датчика вхідного струму подається на перший вхід помножувача, а на його другий вхід подається вихідний сигнал регулятора струму, генерованого до електричної мережі, вихідний сигнал датчика вхідної напруги подається до блока виділення першої гармоніки, вихідний сигнал блока виділення першої гармоніки подається на перший вхід суматора та на вхід блока визначення середньоквадратичного значення, а на другий вхід суматора подається вихідний сигнал помножувача, вихідний сигнал суматора подається на вхід контролера керування ключами, вихідні сигнали якого подаються на блок силових ключів, вихідний сигнал з датчика напруги сонячної панелі подається на перший вхід трекера точки максимальної потужності сонячної панелі, на другий вхід трекера точки максимальної потужності сонячної панелі подається вихідний сигнал датчика струму сонячних панелей, вихідний сигнал трекера точки максимальної потужності сонячних панелей подається на перший вхід дільника, а на його другий вхід подається вихідний сигнал з блока визначення середньоквадратичного значення, вихідний сигнал дільника подається на вхід регулятора струму, генерованого до електричної мережі.

UA 153476 U



Фиг. 2

Корисна модель належить до силової перетворювальної техніки і може бути використана для перетворення електричної енергії постійного струму сонячних панелей в електричну енергію змінного струму і передачі електричної енергії в електричну мережу або для створення автономної системи живлення.

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. Він складається з блока повністю керованих силових ключів, зібраних за трифазною мостовою схемою, вхідного та вихідного фільтрів, трьох датчиків вхідної напруги, датчика вихідної напруги і системи керування. У блоці силових ключів як ключі використовуються повністю керовані напівпровідникові прилади. До системи керування входять генератор пилкоподібної напруги, формувач імпульсів керування, циклічний реєстр зсуву, пристрій порівняння фазних напруг і схема вибору увімкнення силових ключів. 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 за умови роботи з мережею з високим вмістом вищих гармонік.

25 Як найближчий аналог вибрано "Активный трифазный четырехквadrantный выпрямляч", патент України номер 109226. Опубліковано: [27.07.2015](https://uapatents.com/11-109226-aktivnijj-trifaznijj-chotirikvadrantnijj-vipryamlyach.html). [\[https://uapatents.com/11-109226-aktivnijj-trifaznijj-chotirikvadrantnijj-vipryamlyach.html\]](https://uapatents.com/11-109226-aktivnijj-trifaznijj-chotirikvadrantnijj-vipryamlyach.html). Активний трифазний чотириквadrantний 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 завдання вихідної напруги, блок завдання рівня напруги, при якій перетворювач починає рекуперацію, регулятор режиму рекуперації, регулятор вихідної напруги, контролер керування ключами, три суматори, три помножувачі.

30 Недоліками цього перетворювача є:

- відсутність можливості передання електроенергії від сонячних панелей до електричної мережі;
- 40 - нестабільність процесу рекуперації при динамічних змінах потужності, яку потрібно рекуперувати. Це зумовлено тим, що режим рекуперації вмикається за умовою перевищення вихідної напруги вище зазначеного рівня. Крім цього, відсутність в системі керування датчика вихідного струму випрямляча та відсутність регулятора режиму рекуперації зумовлює відсутність в системі керування даних щодо значення миттєвої потужності, яку необхідно рекуперувати, що призводить до нестабільності процесу рекуперації;
- 45 - низький ККД, що зумовлено високими динамічними втратами потужності в силових ключах, які зумовлені 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 уставки гістерезису та ін. Крім цього, високовольтні силові транзистори мають досить обмежені частотні властивості і можуть не відпрацьовувати високочастотні сигнали керування;
- 50 - відсутність можливості роботи від однофазної електричної мережі.

В основу корисної моделі поставлена задача створити пристрій, що дасть можливість передачі електричної енергії постійного струму від сонячних панелей до електричної мережі змінного струму з забезпеченням коефіцієнта потужності, близького до одиниці, та підвищення ККД перетворювача за рахунок зниження динамічних втрат в силових транзисторах. Підвищення ККД досягається тим, що блок повністю керованих ключів виконано за трирівневою однофазною мостовою схемою, зібраною на повністю керованих транзисторах зі зворотніми діодами (фіг. 1), що зумовлює можливість використання силових транзисторів менших класів з меншими статичними та динамічними втратами, а також блок ШІМ-модуляції з можливістю

завдання частоти комутації, що зумовлює зменшення динамічних втрат потужності на силових ключах.

Поставлена задача вирішується тим, що однофазний трирівневий гібридний сонячний інвертор з фіксуючими діодами, який складається з блока датчика вхідної фазної напруги, блока датчика вхідного фазного струму, вхідного фільтра, блока повністю керованих силових ключів, вихідного фільтра, датчика вихідної напруги та системи керування. Інвертор додатково містить датчик напруги сонячних панелей, датчик струму сонячних панелей, блок повністю керованих силових ключів побудовано за однофазною трирівневою мостовою схемою з фіксуючими діодами, вихідний фільтр зібрано з двох конденсаторів з середньою точкою, а до складу системи керування додатково входить блок завдання частоти комутації, блок виділення першої гармоніки вхідної напруги, контролер керування ключами, суматор, помножувач, регулятор струму, генерованого до електричної мережі, дільник, блок визначення середньоквадратичного значення і трекер точки максимальної потужності сонячних панелей, причому вихідний сигнал датчика вхідного струму подається на перший вхід помножувача, а на його другий вхід подається вихідний сигнал регулятора струму, генерованого до електричної мережі, вихідний сигнал датчика вхідної напруги подається до блока виділення першої гармоніки, вихідний сигнал блоку виділення першої гармоніки подається на перший вхід суматора та на вхід блока визначення середньоквадратичного значення, а на другий вхід суматора подається вихідний сигнал помножувача, вихідний сигнал суматора подається на вхід контролера керування ключами, вихідні сигнали якого подаються на блок силових ключів, вихідний сигнал з датчика напруги сонячної панелі подається на перший вхід трекера точки максимальної потужності сонячної панелі, на другий вхід трекера точки максимальної потужності сонячної панелі подається вихідний сигнал датчика струму сонячних панелей, вихідний сигнал трекера точки максимальної потужності сонячних панелей подається на перший вхід дільника, а на його другий вхід подається вихідний сигнал з блока визначення середньоквадратичного значення, вихідний сигнал дільника подається на вхід регулятора струму генерованого до електричної мережі.

Суть корисної моделі пояснюють креслення, де:

фіг. 1 - Схема підключення силової частини однофазного трирівневого гібридного сонячного інвертора з фіксуючими діодами до однофазної електричної мережі змінного струму;

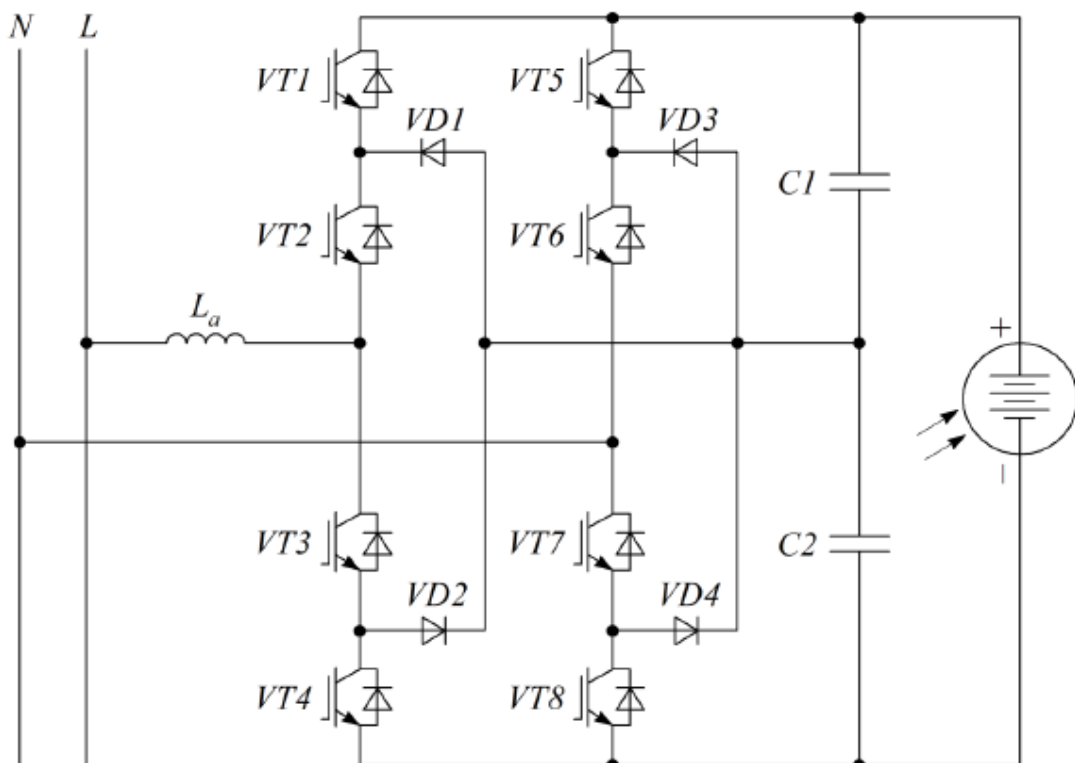
фіг. 2 - Структурна схема однофазного трирівневого гібридного сонячного інвертора з фіксуючими діодами.

Однофазний трирівневий гібридний сонячний інвертор з фіксуючими діодами (фіг. 2) живиться від однофазного джерела живлення 1 і складається з таких елементів: датчика вхідного струму 2, датчика вхідної напруги 3, вхідного дроселя 4, однофазної трирівневої мостової схеми з фіксованими діодами 5, зібраних на IGBT або MOSFET транзисторах 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 та фіксуючих діодах 14, 15, 16, 17, вихідного ємнісного фільтра 18, який складається з конденсаторів 19 та 20, датчика струму сонячних панелей 21, датчика напруги сонячної панелі 23, системи керування 24 і блока сонячних панелей 22. До складу системи керування активного випрямляча 24 входять: блок виділення першої гармоніки вхідної напруги 25 (може бути реалізований як смуговий фільтр або фільтр низьких частот), блок завдання частоти комутації 26, контролер керування ключами 27, суматор 28, помножувач 29, регулятор струму, генерованого до електричної мережі 30, дільник 32, блок визначення середньоквадратичного значення 31 і трекер точки максимальної потужності сонячних панелей 33.

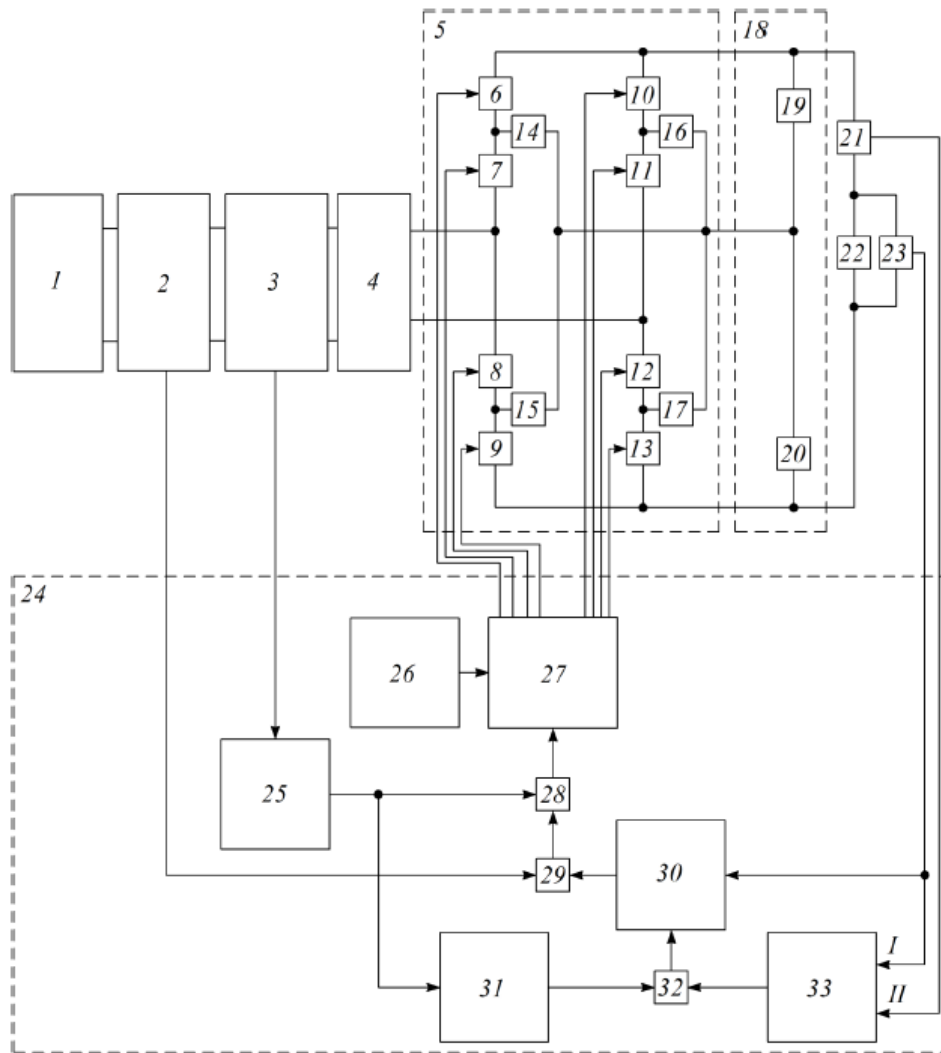
Вихідний сигнал датчика вхідного струму 2 подається на перший вхід помножувача 29, а на його другий вхід подається вихідний сигнал регулятора струму, генерованого до електричної мережі 30. Вихідний сигнал датчика вхідної напруги 3 подається до блока виділення першої гармоніки 25. Вихідний сигнал блоку виділення першої гармоніки 25 подається на перший вхід суматора 28 та на вхід блока визначення середньоквадратичного значення 31, а на другий вхід суматора 28 подається вихідний сигнал помножувача 29. Вихідний сигнал суматора 28 подається на вхід контролера керування ключами 27, вихідні сигнали якого подаються на блок силових ключів 5, а саме на силові транзистори 6-13. Вихідний сигнал з датчика напруги сонячної панелі 23 подається на перший вхід трекера точки максимальної потужності сонячної панелі 33 та на регулятор струму, генерованого до електричної мережі 30. Вихідний сигнал датчика струму сонячних панелей 21 подається на другий вхід трекера точки максимальної потужності сонячної панелі 33. Вихідний сигнал трекера точки максимальної потужності сонячних панелей 33 подається на перший вхід дільника 32, а на його другий вхід подається вихідний сигнал з блока визначення середньоквадратичного значення 31. Вихідний сигнал дільника 32 подається на вхід регулятора струму, генерованого до електричної мережі 30.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

5 Однофазний трирівневий гібридний сонячний інвертор з фіксуєчими діодами, який складається з блока датчика вхідної фазної напруги, блока датчика вхідного фазного струму, вхідного фільтра, блока повністю керованих силових ключів, вихідного фільтра, датчика вихідної напруги та системи керування, який **відрізняється** тим, що містить датчик напруги сонячних панелей, датчик струму сонячних панелей, блок повністю керованих силових ключів побудовано за
 10 однофазною трирівневою мостовою схемою з фіксуєчими діодами, вихідний фільтр зібрано з двох конденсаторів з середньою точкою, а до складу системи керування додатково входить блок задання частоти комутації, блок виділення першої гармоніки вхідної напруги, контролер керування ключами, суматор, помножувач, регулятор струму, генерованого до електричної мережі, дільник, блок визначення середньоквадратичного значення і трекер точки максимальної
 15 потужності сонячних панелей, причому вихідний сигнал датчика вхідного струму подається на перший вхід помножувача, а на його другий вхід подається вихідний сигнал регулятора струму, генерованого до електричної мережі, вихідний сигнал датчика вхідної напруги подається до блока виділення першої гармоніки, вихідний сигнал блока виділення першої гармоніки подається на перший вхід суматора та на вхід блока визначення середньоквадратичного значення, а на другий вхід суматора подається вихідний сигнал помножувача, вихідний сигнал суматора подається на вхід контролера керування ключами, вихідні сигнали якого подаються на блок силових ключів, вихідний сигнал з датчика напруги сонячної панелі подається на перший
 20 вхід трекера точки максимальної потужності сонячної панелі, на другий вхід трекера точки максимальної потужності сонячної панелі подається вихідний сигнал датчика струму сонячних панелей, вихідний сигнал трекера точки максимальної потужності сонячних панелей подається на перший вхід дільника, а на його другий вхід подається вихідний сигнал з блока визначення середньоквадратичного значення, вихідний сигнал дільника подається на вхід регулятора струму, генерованого до електричної мережі.



Фиг. 1



Фиг. 2