



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **151229** (13) **U**
(51) МПК
H02J 3/26 (2006.01)

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

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2021 07370	(72) Винахідник(и): Нерубацький Володимир Павлович (UA), Плахтій Олександр Андрійович (UA), Гордієнко Денис Анатолійович (UA), Щербак Яків Васильович (UA), Фетюхіна Людмила Вікторівна (UA), Костенко Іван Олександрович (UA), Даніл'ян Вадим Олегович (UA)
(22) Дата подання заявки: 17.12.2021	(73) Володілець (володільці): УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ, майдан Фейєрбаха, 7, м. Харків-50, 61050 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 23.06.2022	(74) Представник: (РЕКТОР УНІВЕРСИТЕТУ) ПАНЧЕНКО СЕРГІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 22.06.2022, Бюл.№ 25	

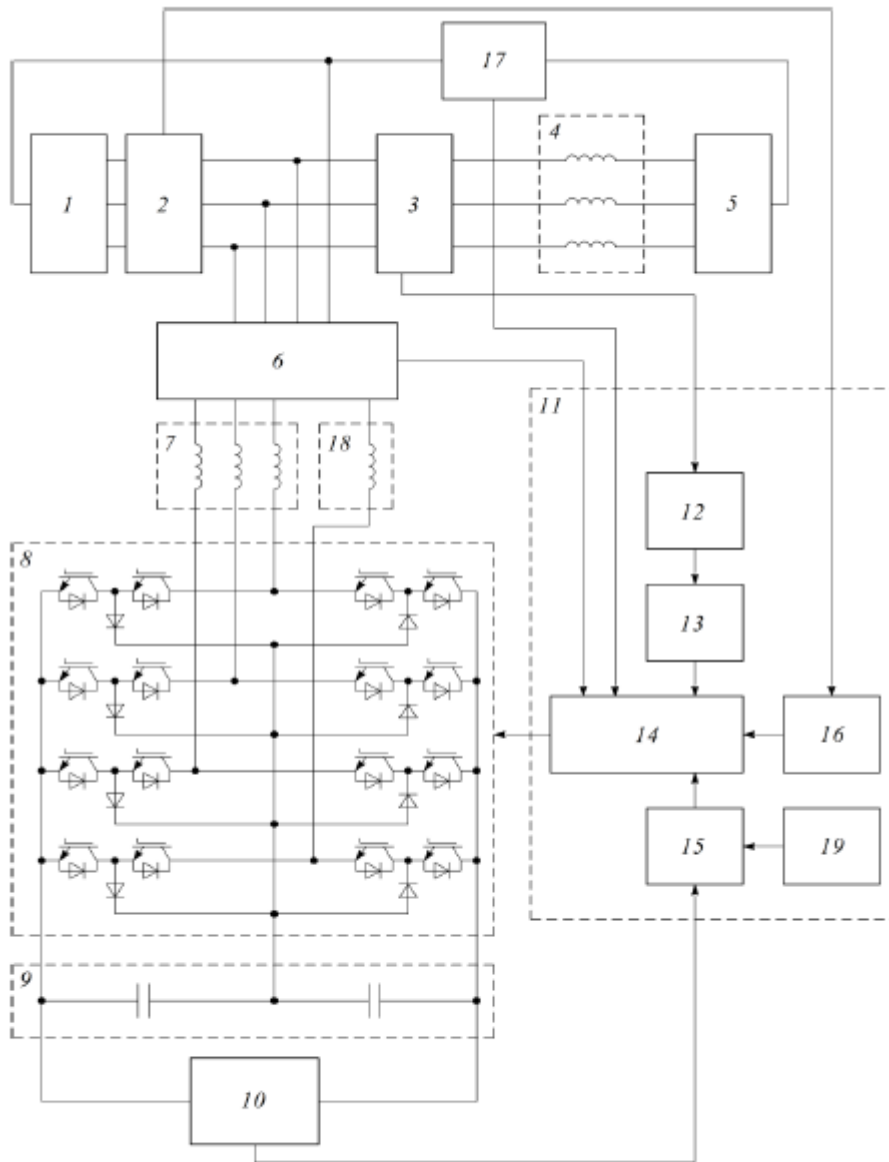
(54) ТРИФАЗНИЙ ТРИРІВНЕВИЙ СИЛОВИЙ АКТИВНИЙ ФІЛЬТР ДЛЯ ТРИФАЗНОЇ ЧОТИРИПРОВІДНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ

(57) Реферат:

Трифазний трирівневий силовий активний фільтр для трифазної чотирипровідної електричної мережі, який складається з датчика струму навантаження, системи керування, датчика струмів фільтра, трьох вхідних фазних реакторів, трифазної стійки інвертора фільтра, ємнісного накопичувача. Причому трифазну стійку інвертора фільтра виконано на базі схеми трирівневого чотирифазного автономного інвертора напруги з фіксуючими діодами, ємнісний накопичувач зібрано на двох послідовних конденсаторах, середня точка яких підключена до середньої точки фазної стійки інвертора, до ємнісного накопичувача підключено датчик напруги ємнісного накопичувача, крім цього трифазний трирівневий силовий активний фільтр містить датчик струму нульового проводу, реактор нульового проводу, блок датчиків напруги мережі, блок реакторів навантаження, а система керування додатково містить аналізатор спектра, блок задання частоти комутації силових транзисторів, блок виділення перших гармонік, регулятор напруги, блок задання напруги конденсатора фільтра та контролер керування ключами, причому вихідний сигнал датчика струму навантаження подається на вхід аналізатора спектра, вихідний сигнал аналізатора спектра подається на вхід блока задання частоти комутації силових транзисторів, вихідний сигнал блока задання частоти комутації силових транзисторів подається на перший вхід контролера керування ключами, вихідний сигнал датчика ємнісного накопичувача подається на перший вхід регулятора вихідної напруги, на другий вхід регулятора вихідної напруги подається вихідний сигнал блока задання напруги конденсатора фільтра, вихідний сигнал регулятора напруги конденсатора подається на другий вхід контролера керування ключами, вихідний сигнал датчика напруги мережі подається на вхід блока виділення перших гармонік, вихідний сигнал блока виділення перших гармонік подається на третій вхід контролера керування ключами, вихідний сигнал датчика струму нульового проводу подається на четвертий вхід контролера керування ключами, вихідний сигнал датчика струму фільтра

UA 151229 U

подається на п'ятий вхід контролера керування силовими ключами, вихідний сигнал блока керування силовими ключами реалізує керування силовими транзисторами моста фільтра.



Фиг. 1

Корисна модель належить до силової перетворювальної техніки та може бути використана в трифазних системах електропостачання для змінного струму з метою компенсації вищих гармонік струму та реактивної складової потужності.

5 Відомий трифазний активний силовий фільтр (патент RU 131916 U1, H02J 3/16 (2006.01) H02J 3/18 (2006.01) H02J 3/26 (2006.01) 2013 р.), який складається з трифазного мостового інвертора напруги на повністю керованих напівпровідникових ключах із зустрічно-паралельними діодами, з'єднаного виходами з мережею послідовно через датчик струму фільтра і фазні реактори, ємнісного накопичувача на стороні постійного струму, півмостового інвертора на повністю керованих напівпровідникових ключових елементах із зустрічно-паралельними діодами, паралельно з'єднаного з трифазним мостовим інвертором напруги на стороні постійного струму та виходом підключеного до нульової лінії мережі, датчика струму навантаження, з'єднаного входами з мережею, а виходами - з нелінійним навантаженням, та системи керування, реалізованої на мікропроцесорі, входи якої підключені до виходу датчика струму навантаження та виходу датчика струму фільтра, а виходи - до керуючих виводів напівпровідникових ключових елементів. Однак, при використанні зазначеного фільтра значення сумарного коефіцієнта гармонічних складових струму, що формується в мережі, залишається значним, і, як наслідок, якість формованого в мережі струму низька. Крім цього, відсутній блок задання чи стабілізації частоти комутації силових ключів, внаслідок чого відбуваються досить значні втрати потужності.

20 Найбільш близьким до пристрою, що заявляється, вибраним як найближчий аналог, є трифазний активний силовий фільтр "Трёхфазный активный силовой фильтр" патент RU 2017108954U, МПК H02J 3/26, опублікований 12.12.2017, який містить трифазний мостовий інвертор напруги на повністю керованих напівпровідникових ключових елементах з зустрічно-паралельними діодами, з'єднаний виходами з мережею послідовно через датчик струму фільтра і фазні реактори діодами, паралельно з'єднаний з трифазним мостовим інвертором на стороні постійного струму та виходом підключений до нульової лінії, датчик струму навантаження, з'єднаний входами з мережею, а виходами - з нелінійним навантаженням, систему керування, реалізовану на мікропроцесорі, входи якої підключені до виходу датчика струму і виходу датчика струму фільтра, а виходи - до керуючих напівпровідникових ключових елементів, додатково введений блок оперативної пам'яті, вхід і вихід якого підключені до системи керування.

Недоліками такого активного фільтра є відсутність можливості стабілізації напруги на конденсаторі фільтра, внаслідок чого можливий зрив режиму процесу компенсації вищих гармонік та реактивної потужності (при зниженні напруги на конденсаторі нижче за амплітудне значення лінійної напруги мережі), при перенарузі можливий вихід з ладу, необхідність високої частоти комутації силових ключів, що призводить до досить великих значень динамічних втрат потужності.

40 В основу корисної моделі поставлено задачу створити пристрій, який буде компенсувати реактивну потужність в трифазній чотирипровідній електричній мережі; компенсувати вищі гармонічні складові нелінійного та імпульсного навантаження; регулювати та стабілізувати напругу на конденсаторі фільтра, чим буде досягнуто стабільний режим корекції коефіцієнта потужності; регулювати частоту комутації силових ключів залежно від спектра вищих гармонік нелінійного навантаження, чим досягається зниження динамічних втрат в силових ключах фільтра. Крім цього, застосування трирівневої мостової схеми дозволить при тій же частоті комутації силових транзисторів досягти силовим фільтром значно кращого ефекту формування форми струму, заданої системою керування. При цьому застосування трирівневої мостової схеми у порівнянні з дворівневою схемою, що наведено в найближчому аналогу, дозволяє застосувати силові транзистори меншого класу напруги, які мають менші значення статичних і динамічних втрат потужності, за рахунок чого досягається зниження власних втрат потужності в силовому активному фільтрі.

50 Поставлена задача вирішується тим, що трифазна стійка інвертора фільтра реалізована на базі схеми трирівневого автономного інвертора напруги з фіксуючими діодами, ємнісний накопичувач реалізовано на двох послідовних конденсаторах, середня точка яких підключена до середньої точки фазної стійки інвертора, до ємнісного накопичувача підключено датчик напруги ємнісного накопичувача, крім цього система блок датчиків напруги мережі, блок реакторів навантаження, а система керування додатково містить аналізатор спектра, блок задання частоти комутації силових транзисторів, блок виділення перших гармонік, регулятор напруги, блок задання напруги конденсатора фільтра та контролер керування ключами, причому вихідний сигнал датчика струму навантаження подається на вхід аналізатора спектра, 60 вихідний сигнал аналізатора спектра подається на вхід блока задання частоти комутації

5 силових транзисторів, вихідний сигнал блока задання частоти комутації силових транзисторів подається на перший вхід контролера керування ключами, вихідний сигнал датчика ємнісного накопичувача подається на перший вхід регулятора вихідної напруги, на другий вхід регулятора вихідної напруги подається вихідний сигнал блока задання напруги конденсатора фільтра, вихідний сигнал регулятора напруги конденсатора подається на другий вхід контролера керування ключами, вихідний сигнал датчика напруги мережі подається на вхід блока виділення перших гармонік, вихідний сигнал блока виділення перших гармонік подається на третій вхід контролера керування ключами, вихідний сигнал якого реалізує керування силовими транзисторами моста фільтра. Принцип компенсації вищих гармонік та реактивної складової 10 потужності полягає у тому, що трифазний дворівневий силовий активний фільтр здатен споживати з мережі форму струму, що задана системою керування. Система керування визначає з форми струму нелінійного навантаження суму миттєвих значень вищих гармонік струмів і реактивної складової потужності та формує такий струм фільтра з від'ємним знаком. Таким чином, у точці підключення буде відбуватися компенсація вищих гармонік та реактивної 15 складової струму нелінійного навантаження.

Суть корисної моделі пояснюється кресленням, де наведена структурна схема трифазного трирівневого силового активного фільтра для трифазної чотирипровідної електричної мережі.

20 Запропонований пристрій - трифазний трирівневий силовий активний фільтр для трифазної чотирипровідної електричної мережі живиться від трифазної чотирипровідної електричної мережі 1 і складається з датчика напруги мережі 2, датчика струму навантаження 3, блока реакторів навантаження 4, які підключені до нелінійного навантаження 5, датчика струму фільтра 6, датчика струму нульового проводу 17, блока реакторів фільтра 7, реактора нульового проводу 18, чотирифазного трирівневого інвертора 8, що складається з шістнадцяти повністю керованих транзисторів та восьми фіксуючих діодів, ємнісного накопичувача 9, що 25 складається з двох конденсаторів, датчика напруги ємнісного накопичувача 10 та системи керування 11, до складу якої входять аналізатор спектру 12, блок задання частоти комутації силових транзисторів 13, контролер керування ключами 14, регулятор вихідної напруги 15, блок виділення перших гармонік 16, блок задання напруги конденсаторів ємнісного накопичувача 19.

30 Запропонований пристрій працює наступним чином: вихідний сигнал датчика струму навантаження подається на вхід аналізатора спектру, вихідний сигнал аналізатора спектру подається на вхід блока задання частоти комутації силових транзисторів, вихідний сигнал блока задання частоти комутації силових транзисторів подається на перший вхід контролера керування ключами, вихідний сигнал датчика ємнісного накопичувача подається на перший вхід регулятора вихідної напруги, на другий вхід регулятора вихідної напруги подається вихідний 35 сигнал блока задання напруги конденсатора фільтра, вихідний сигнал регулятора напруги конденсатора подається на другий вхід контролера керування ключами, вихідний сигнал датчика напруги мережі подається на вхід блока виділення перших гармонік, вихідний сигнал блока виділення перших гармонік подається на третій вхід контролера керування ключами, вихідний сигнал датчика струму нульового проводу подано на четвертий вхід контролера керування ключами, вихідний сигнал датчика струму фільтра подано на п'ятий вхід контролера керування силовими ключами, вихідний сигнал блока керування силовими ключами реалізує керування силовими транзисторами моста фільтра.

45 Технічні результати при використанні запропонованого пристрою є: можливість компенсації реактивної потужності в трифазній чотирипровідній електричній мережі; можливість компенсації вищих гармонічних складових нелінійного та імпульсного навантаження; можливість регулювання та стабілізації напруги на конденсаторі фільтра, чим досягається стабільний режим корекції коефіцієнта потужності; можливість регулювання частоти комутації силових ключів залежно від спектра вищих гармонік нелінійного навантаження, чим досягається 50 зниження динамічних втрат в силових ключах фільтра.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Трифазний трирівневий силовий активний фільтр для трифазної чотирипровідної електричної мережі, який складається з датчика струму навантаження, системи керування, датчика струмів 55 фільтра, трьох вхідних фазних реакторів, трифазної стійки інвертора фільтра, ємнісного накопичувача, який **відрізняється** тим, що трифазну стійку інвертора фільтра виконано на базі схеми трирівневого чотирифазного автономного інвертора напруги з фіксуючими діодами, ємнісний накопичувач зібрано на двох послідовних конденсаторах, середня точка яких підключена до середньої точки фазної стійки інвертора, до ємнісного накопичувача підключено 60 датчик напруги ємнісного накопичувача, крім цього трифазний трирівневий силовий активний

5 фільтр містить датчик струму нульового проводу, реактор нульового проводу, блок датчиків
 напруги мережі, блок реакторів навантаження, а система керування додатково містить
 аналізатор спектра, блок задання частоти комутації силових транзисторів, блок виділення
 10 перших гармонік, регулятор напруги, блок задання напруги конденсатора фільтра та контролер
 керування ключами, причому вихідний сигнал датчика струму навантаження подається на вхід
 аналізатора спектра, вихідний сигнал аналізатора спектра подається на вхід блока задання
 частоти комутації силових транзисторів, вихідний сигнал блока задання частоти комутації
 силових транзисторів подається на перший вхід контролера керування ключами, вихідний
 15 сигнал датчика ємнісного накопичувача подається на перший вхід регулятора вихідної напруги,
 на другий вхід регулятора вихідної напруги подається вихідний сигнал блока задання напруги
 конденсатора фільтра, вихідний сигнал регулятора напруги конденсатора подається на другий
 вхід контролера керування ключами, вихідний сигнал датчика напруги мережі подається на вхід
 блока виділення перших гармонік, вихідний сигнал блока виділення перших гармонік подається
 на третій вхід контролера керування ключами, вихідний сигнал датчика струму нульового
 проводу подається на четвертий вхід контролера керування ключами, вихідний сигнал датчика
 струму фільтра подається на п'ятий вхід контролера керування силовими ключами, вихідний
 сигнал блока керування силовими ключами реалізує керування силовими транзисторами моста
 фільтра.

