



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **128176** (13) **C2**  
(51) МПК

*H02J 3/26* (2006.01)

*H02J 3/12* (2006.01)

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

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД**

|   |   |
|---|---|
| <p>(21) Номер заявки: <b>a 2021 07369</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>17.12.2021</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: <b>25.04.2024</b></p> <p>(41) Публікація відомостей про заявку: <b>27.04.2022, Бюл.№ 17</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: <b>24.04.2024, Бюл.№ 17</b></p> | <p>(72) Винахідник(и):<br/><b>Нерубацький Володимир Павлович (UA),<br/>Плахтій Олександр Андрійович (UA),<br/>Гордієнко Денис Анатолійович (UA),<br/>Щербак Яків Васильович (UA),<br/>Фетюхіна Людмила Вікторівна (UA),<br/>Костенко Іван Олександрович (UA),<br/>Даніл'ян Вадим Олегович (UA)</b></p> <p>(73) Володілець (володільці):<br/><b>УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ<br/>УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО<br/>ТРАНСПОРТУ,</b><br/>майдан Фейєрбаха, 7, м. Харків-50,<br/>61050 (UA)</p> <p>(74) Представник:<br/><b>(РЕКТОР УНІВЕРСИТЕТУ) ПАНЧЕНКО<br/>СЕРГІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ</b></p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:<br/>RU 175607 U1, 12.12.2017<br/>RU 131916 U1, 27.08.2013<br/>WO 2021036147 A1, 04.03.2021<br/>UA 94401 U, 10.11.2014<br/>CN 204720987 U, 21.10.2015<br/>CN 113224776 A, 06.08.2021<br/>CN 107370152 A, 21.11.2017</p> |
|---|---|

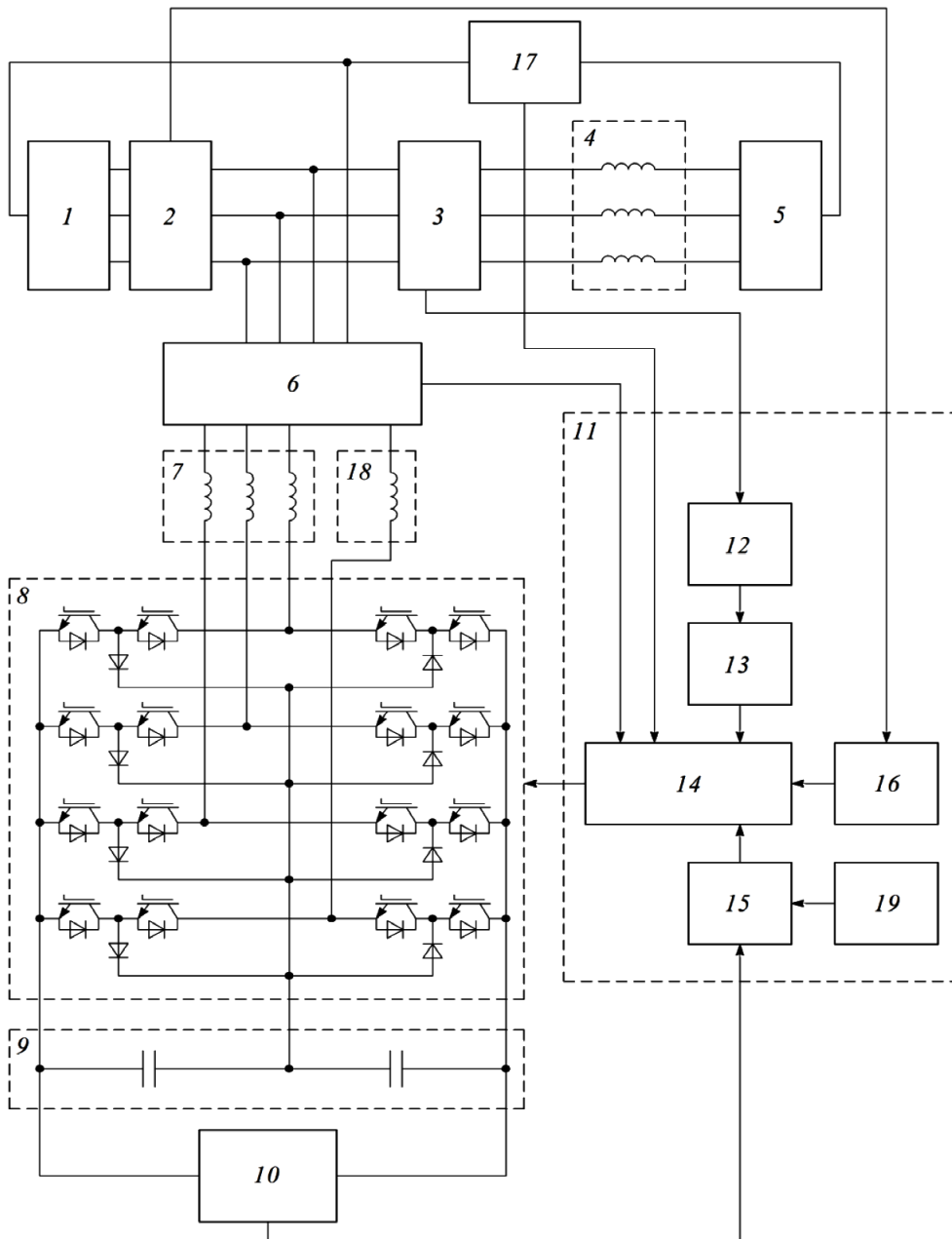
**(54) ТРИФАЗНИЙ ТРИРІВНЕВИЙ СИЛОВИЙ АКТИВНИЙ ФІЛЬТР ДЛЯ ТРИФАЗНОЇ ЧОТИРИПРОВІДНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ**

**(57) Реферат:**

Винахід належить до силової перетворювальної техніки і може бути використаний для активної компенсації реактивної потужності та вищих гармонік в трифазних чотирипровідних електричних мережах. 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, трифазну стійку інвертора фільтра реалізовано на базі схеми трирівневого чотирифазного 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 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. Технічним результатом, що заявляється даним винаходом, є підвищення

UA 128176 C2

стабільності режиму корекції коефіцієнта потужності, зниження динамічних втрат в силових ключах фільтра.



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

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.

Найбільш близьким до пристрою, що заявляється, обраним як прототип, 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.

В основу винаходу поставлено задачу створити пристрій, який буде компенсувати реактивну потужність в трифазній чотирипровідній електричній мережі; компенсувати вищі гармонічні складових 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 прототипі, 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.

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 блоку 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 якого реалізує керування силовими транзисторами моста фільтра. Принцип компенсації вищих гармонік та реактивної складової 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 складової струму нелінійного навантаження.

Винахід пояснюється кресленням: Структурна схема трифазного трирівневого силового активного фільтра для трифазної чотирипровідної електричної мережі.

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 складається з двох конденсаторів, датчика напруги ємнісного накопичувача 10 та системи керування 11, до складу якої входять аналізатор спектра 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.

Запропонований пристрій працює наступним чином: 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 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.

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 зниження динамічних втрат в силових ключах фільтра.

## ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Трифазний трирівневий силовий активний фільтр для трифазної чотирипровідної електричної мережі, який містить датчик струму навантаження, систему керування, датчик струмів фільтра, три вхідні фазні реактори, трифазну стійку інвертора фільтра, ємнісний накопичувач, 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 датчик напруги ємнісного накопичувача, при цьому 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, який через блок задання частоти комутації силових транзисторів з'єднаний з контролером керування ключами, до входів якого підключені блок виділення перших гармонік та регулятор вихідної напруги, вхід якого з'єднаний з виходом блока задання напруги конденсатора фільтра, причому

5 система керування виконана з можливістю подачі вихідного сигналу датчика струму навантаження на вхід аналізатора спектра, далі 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

10 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 контролера керування силовими ключами реалізує керування силовими транзисторами моста фільтра.

