УКРАЇНА **(19) UA** **(11) 164637** **(13) U**

(51) МПК
H02J 7/35 (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 2026 01741**

(22) Дата подання заявки: **27.03.2026**

(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: **22.10.2026**

(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: **21.10.2026, Бюл.№ 42**

(72) Винахідник(и):
Харжевський Олександр Олегович (UA),
Воловик Андрій Юрійович (UA),
Притула Максим Олександрович (UA)

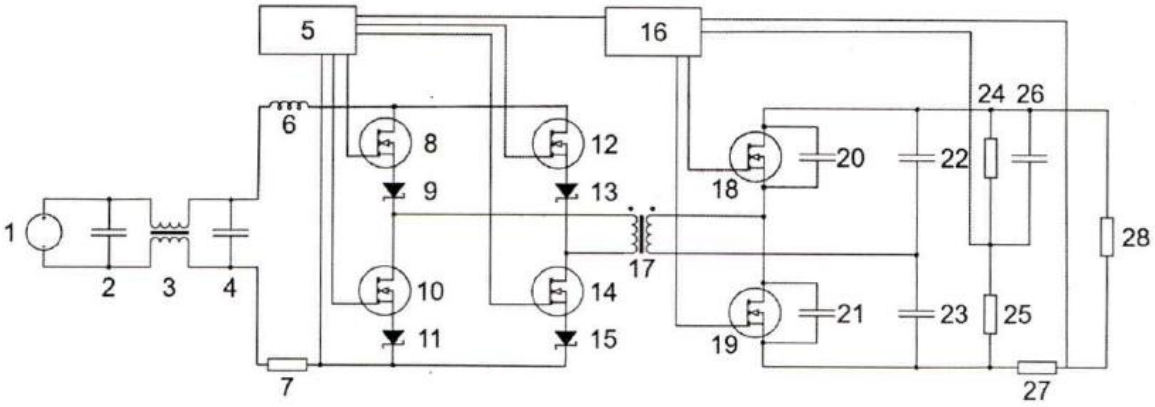
(73) Володілець (володільці):
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,
вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)

(54) ДВОЛАНКОВИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ПОСТІЙНОЇ НАПРУГИ В ПОСТІЙНУ З РОЗДІЛЕНОЮ КОМУТАЦІЄЮ ТА РОЗПОДІЛЕНИМ ДРАЙВЕРНИМ КЕРУВАННЯМ

(57) Реферат:

Дволанковий перетворювач постійної напруги в постійну з розділеною комутацією та розподіленим драйверним керуванням містить силовий індуктивний фільтр, силовий комутатор первинної ланки, який побудований за схемою автономного інвертора струму на базі керованих силових ключів, зі зворотною блокуючою спроможністю на силових діодах. Силовий трансформатор, силовий комутатор вторинної ланки, який побудований за напівмостовою схемою автономного інвертора напруги на базі керованих силових ключів без зворотної блокуючої спроможності, шунтованих снаберними конденсаторами. Вторинна обмотка трансформатора підключена до виводів змінного струму силового комутатора вторинної ланки, далі до вихідного фільтра ємнісного характеру, а вихід перетворювача підключений до навантаження. Роль снаберних дроселів силових ключів силового комутатора первинної ланки може виконувати індуктивність розсіяння силового трансформатора, силовий комутатор первинної ланки використано як автономний інвертор струму за схемою, яка являє собою послідовне сполучення двох силових комутаторів за напівмостовою схемою. Введено перший драйвер керування первинною ланкою та другий драйвер керування вторинною ланкою, які з'єднані між собою ланкою синхронізації, вимірювальні резистори, перший та другий резистори вихідного дільника та фільтруючий конденсатор. Перший драйвер керування підключений до затворів силових ключів та вимірювального резистора первинної ланки, другий драйвер керування підключений до затворів силових ключів та вимірювального резистора вторинної ланки. Другий драйвер керування підключений до вимірювального резистора вторинної ланки, перший та другий резистори вихідного дільника з'єднані послідовно і підключені паралельно навантаженню, а їх спільна точка через фільтруючий конденсатор підключена до входу другого драйвера керування.

UA 164637 U


5
16
6
8
12
9
13
1
2
3
4
10
14
11
15
17
18
20
22
24
26
28
21
23
25
19
7
27

Корисна модель належить до галузі електроніки та перетворювальної техніки і може бути використана в автоматизованих системах вторинного електроживлення, зокрема у пристроях з підвищеними вимогами до надійності, стабільності та енергоефективності.

Відомий дволанковий напівпровідниковий перетворювач постійної напруги в постійну з розділеною комутацією (див. патент UA № 93763, МПК H02J 7/35, опубл. 10.10.2014, Бюл.№19), який містить вхідний фільтр, силовий комутатор первинної ланки, силовий роздільний трансформатор, силовий комутатор вторинної ланки, вихідний фільтр, а вихід перетворювача підключений до навантаження, при цьому силовий комутатор однієї з ланок виконаний за схемою автономного інвертора напруги на керованих ключах без зворотної блокуючої спроможності, шунтованими зворотними діодами і снаберними конденсаторами, а силовий комутатор іншої ланки - за мостовою схемою автономного інвертора струму на керованих ключах зі зворотною блокуючою спроможністю, і силовий комутатор первинної ланки який виконаний за схемою інвертора струму з вхідним фільтром індуктивного характеру, а вторинної ланки - за схемою інвертора напруги з вихідним ємнісним фільтром, при цьому як силові ключі вторинної ланки використані польові транзистори з ізольованим затвором.

Недоліком такого пристрою є обмежена надійність та складність забезпечення стабільної роботи в перехідних режимах через відсутність ізольованого та узгодженого керування ланками.

За аналог обрано дволанковий напівпровідниковий перетворювач підвищеної вхідної постійної напруги в постійну з розділеною комутацією (патент UA № 97330, МПК H02J 7/35, опубл. 10.03.2015, Бюл.№5), який містить вхідний фільтр індуктивного характеру (подальшому, силовий індуктивний фільтр), силовий комутатор первинної ланки, який побудований за схемою автономного інвертора струму на базі керованих силових ключів зі зворотною блокуючою спроможністю, силовий роздільний трансформатор, силовий комутатор вторинної ланки, який побудований за, наприклад, напівмостовою схемою автономного інвертора напруги на базі керованих силових ключів без зворотної блокуючої спроможності, шунтованими снаберними конденсаторами, причому вторинна обмотка трансформатора підключена до виводів змінного струму силового комутатора вторинної ланки, вихідний фільтр ємнісного характеру, а вихід перетворювача підключений до навантаження, при цьому роль снаберних дроселів силових ключів силового комутатора первинної ланки може виконувати індуктивність розсіяння силового трансформатора, і як силовий комутатор первинної ланки який використано автономний інвертор струму за схемою, яка являє собою послідовне сполучення двох силових комутаторів за мостовою схемою кожен, первинна сторона трансформатора має дві однакові первинні обмотки, а виводи змінного струму кожного з силових мостів силового комутатора первинної ланки приєднані до виводів з цих обмоток.

Недоліком аналогу є відсутність активної гальванічної ізоляції в колах керування та єдиного контуру синхронізації, що ускладнює забезпечення точних часових інтервалів розділеної комутації, знижує завадостійкість і надійність роботи при зміні вхідної напруги та параметрів навантаження.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення дволанкового перетворювача постійної напруги в постійну з розділеною комутацією та розподіленим драйверним керуванням, в якому введення нових елементів та зв'язків забезпечує гальванічну ізоляцію контурів керування, синхронізацію процесів керування комутації силових ключів, зменшення комутаційних витрат та підвищення коефіцієнта корисної дії пристрою, що приводить до підвищення завадостійкості та надійності роботи при зміні вхідної напруги та параметрів навантаження

Поставлена задача вирішується тим, що дволанковий перетворювач постійної напруги в постійну з розділеною комутацією та розподіленим драйверним керуванням, який містить силовий індуктивний фільтр, силовий комутатор первинної ланки, який побудований за схемою автономного інвертора струму на базі керованих силових ключів, зі зворотною блокуючою спроможністю на силових діодах, силовий трансформатор, силовий комутатор вторинної ланки, який побудований за напівмостовою схемою автономного інвертора напруги на базі керованих силових ключів без зворотної блокуючої спроможності, шунтованих снаберними конденсаторами, причому вторинна обмотка трансформатора підключена до виводів змінного струму силового комутатора вторинної ланки, далі до вихідного фільтра ємнісного характеру, а вихід перетворювача підключений до навантаження, при цьому роль снаберних дроселів силових ключів силового комутатора первинної ланки може виконувати індуктивність розсіяння силового трансформатора, силовий комутатор первинної ланки використано як автономний інвертор струму за схемою, яка являє собою послідовне сполучення двох силових комутаторів за напівмостовою схемою, згідно з корисною моделлю, введено перший драйвер керування

первинною ланкою та другий драйвер керування вторинною ланкою, які з'єднані між собою ланкою синхронізації, вимірювальні резистори, перший та другий резистори вихідного дільника та фільтруючий конденсатор, при цьому перший драйвер керування підключений до затворів силових ключів та вимірювального резистора первинної ланки, другий драйвер керування підключений до затворів силових ключів та вимірювального резистора вторинної ланки, при цьому другий драйвер керування підключений до вимірювального резистора вторинної ланки, перший та другий резистори вихідного дільника з'єднані послідовно і підключені паралельно навантаженню, а їх спільна точка через фільтруючий конденсатор підключена до входу другого драйвера керування.

Суть корисної моделі пояснює креслення, на якому зображено схему дволанкового перетворювача постійної напруги в постійну з розділеною комутацією та розподіленим драйверним керуванням.

Джерело вхідної постійної напруги 1 підключене до вхідного конденсатора 2, який через індуктивність 3 з'єднаний з конденсатором 4, утворюючи вхідний фільтр, вихід якого підключений до силового індуктивного фільтра 6 мостової схеми первинної ланки, утвореної силовими ключами 8, 10, 12, 14 із зворотними діодами 9, 11, 13, 15. У спільному колі первинної ланки встановлено вимірювальний резистор 7.

Виводи мостової схеми первинної ланки підключені до первинної обмотки силового трансформатора 17, вторинна обмотка якого з'єднана з напівмостовою схемою вторинної ланки, утвореною силовими ключами 18 і 19. Паралельно ключам 18 і 19 підключені снаберні конденсатори 20 і 21 відповідно. У спільному колі вторинної ланки встановлено вимірювальний резистор 27.

До виходу вторинної ланки підключено вихідний ємнісний фільтр, утворений конденсаторами 22 і 23. Паралельно вихідним шинам підключено дільник напруги, утворений резисторами 24 і 25, а паралельно верхньому плечу дільника підключено фільтруючий конденсатор 26. Навантаження 28 підключене до вихідних клем перетворювача.

Перший драйвер керування 5 підключений до керуючих затворів силових ключів 8, 10, 12, 14 та до вимірювального резистора 7, другий драйвер керування 16 підключений до керуючих затворів силових ключів 18 і 19, до вимірювального резистора 27, і до дільника напруги, утвореного резисторами 24 і 25 із фільтруючим конденсатором 26, при цьому перший 5 та другий 16 драйвери керування з'єднані між собою для забезпечення синхронізації роботи первинної та вторинної ланок перетворювача.

Дволанковий перетворювач постійної напруги в постійну з розділеною комутацією та розподіленим драйверним керуванням функціонує за принципом чергування інтервалів накопичення та передачі енергії з використанням мостової схеми первинної ланки та напівмостової схеми, синхронного випрямлення, у вторинній ланці. Керування силовими ключами реалізовується драйверами 5 та 16, які формують узгоджені керуючі імпульси з регульованими паузами між перемиканнями, забезпечуючи відсутність наскрізних струмів у плечах мосту та мінімізацію комутаційних втрат.

Вхідна напруга фільтрується вхідним конденсатором 2. Індуктивність 3 разом із конденсатором 4 утворює вхідний фільтр, що зменшує високочастотні пульсації струму, обмежує електромагнітні завади та стабілізує напругу на вході мостової схеми. Основним елементом накопичення енергії є силовий індуктивний фільтр 6, увімкнений послідовно у первинному колі перед мостовою схемою. Саме в силовому індуктивному фільтрі 6 відбувається накопичення магнітної енергії під час інтервалу, коли первинна обмотка силового трансформатора 17 від'єднана від джерела, а також формування струму, що визначає режим передачі потужності.

У мостовій схемі первинної ланки силові ключі 8 та 14 вмикаються попарно, тоді як силові ключі 10 та 12 у цей момент вимкнені. При подачі імпульсу на силові ключі 8 та 14 одночасно знімається імпульс з силових ключів 10 та 12, і навпаки. Такий алгоритм забезпечує почергове прикладання до первинної обмотки силового трансформатора 17 напруги різної полярності, формуючи змінну складову, необхідну для передачі енергії через силовий трансформатор 17.

Перший драйвер керування 5 формує сигнали для силових ключів 8, 10, 12 та 14 з урахуванням їх потенціалів. Для зворотних діодів 9 та 13 силових ключів використовується другий драйвер керування 16, тобто ізольоване або плаваюче керування, відносно драйвера керування 5, що дозволяє коректно формувати напругу затвор-витік незалежно від миттєвого рівня напруги на первинній обмотці. Вводиться технологічна пауза між вимиканням однієї пари силових ключів і вмиканням іншої, що запобігає короткому замиканню плечей мосту. Другий драйвер керування 16 здійснює керування силовими ключами 18 та 19 вторинної ланки, синхронізуючи їх із роботою первинного мосту та реалізуючи режим синхронного випрямлення.

Вимірювальний резистор 7 розташований у спільній шині первинної ланки забезпечує вимірювання струму, що протікає через силовий індуктивний фільтр 6 і мостову схему. Сигнал з вимірювального резистора 7 надходить до першого драйвера керування 5 для реалізації обмеження струму, формування режиму стабілізації та захисту від перевантаження. У вторинному колі вимірювальний резистор 27 виконує функцію контролю струму навантаження 28, а також може використовуватися для формування зворотного зв'язку по струму.

На початку напівперіоду, коли ввімкнені силові ключі 8 та 14, струм протікає від позитивного виводу джерела вхідної постійної напруги 1 через конденсатор 2, індуктивність 3, конденсатор 4, силовий індуктивний фільтр 6, силовий ключ 8, зворотний діод 9, первинну обмотку силового трансформатора 17, силовий ключ 14, зворотний діод 15, вимірювальний резистор 7 до негативного виводу джерела. У цей інтервал енергія, накопичена в силовому індуктивному фільтрі 6, передається до силового трансформатора 17 та далі у вторинну ланку. Струм вторинної обмотки протікає через силовий ключ 18, вимірювальний резистор 27 та заряджає конденсатори 22 і 23, які формують вихідну напругу для навантаження 28. Фільтруючий конденсатор 26 додатково зменшує пульсації напруги при вимірюванні вихідного рівня напруги.

Після примусового вмикання силових ключів 10 та 12 струм починає перерозподілятися між плечами мостової схеми. Індуктивність розсіяння силового трансформатора 17 обмежує швидкість зміни струму, забезпечуючи плавний характер комутації. На короткому інтервалі напруга на первинній обмотці наближається до нуля, що створює умови для мінімізації втрат при вимиканні силових ключів 8 та 14. їх вимикання відбувається при близькому до нуля струмі, що знижує динамічні втрати.

Після завершення комутації починається інтервал накопичення енергії в силовому індуктивному фільтрі 6. У цей момент первинна обмотка силового трансформатора 17 фактично від'єднана від джерела вхідної постійної напруги If а струм від джерела вхідної постійної напруги 1 циркулює через індуктивність 3, конденсатор 4, силовий індуктивний фільтрі 6, силовий ключ 12, зворотний діод 13, первинну обмотку силового трансформатора 17, силовий ключ 10, зворотний діод 11, вимірювальний резистор 7 до негативного виводу джерела. Енергія в магнітному полі силового індуктивного фільтра 6 зростає, тоді як передача енергії до вторинної сторони тимчасово припиняється. Саме силовий індуктивний фільтр 6 визначає форму струму та величину переданої потужності в наступному інтервалі передачі.

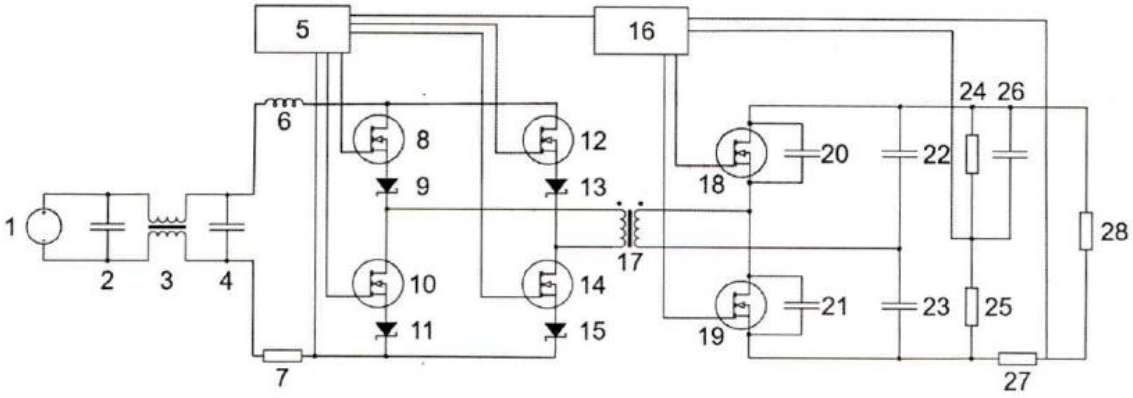
У вторинній ланці силові ключі 18 та 19 забезпечують синхронне випрямлення. Снаберні конденсатори 20 та 21 виконують функцію снаберних ємностей, обмежуючи швидкість наростання напруги при вимиканні ключів та зменшуючи перенапруги. Резистори 24 та 25 можуть формувати подільник напруги для вимірювання вихідного рівня та реалізації стабілізації. У режимі зміни напрямку струму силовий ключ 19 забезпечує циркуляцію струму вторинної обмотки, а при його вимиканні енергія перерозподіляється між снаберними конденсаторами 20 та 21, що додатково зменшує комутаційні втрати. Таким чином, на всіх інтервалах роботи, окрім комутаційних, напруга на вимкнених силових ключах первинної ланки визначається напругою на конденсаторах 22 та 23 та коефіцієнтом трансформації силового трансформатора 17.

Розподілене драйверне керування з використанням блоків 5 та 16, контроль струмів через вимірювальні резистори 7 та 27 та реалізація алгоритму розділеної комутації забезпечують рівномірний розподіл напруги між силовими ключами, зменшення втрат перемикання, підвищення допустимого рівня вхідної напруги та стабільну роботу перетворювача у широкому діапазоні навантажень.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Дволанковий перетворювач постійної напруги в постійну з розділеною комутацією та розподіленим драйверним керуванням, який містить силовий індуктивний фільтр, силовий комутатор первинної ланки, який побудований за схемою автономного інвертора струму на базі керованих силових ключів, зі зворотною блокуючою спроможністю на силових діодах, силовий трансформатор, силовий комутатор вторинної ланки, який побудований за напівмостовою схемою автономного інвертора напруги на базі керованих силових ключів без зворотної блокуючої спроможності, шунтованих снаберними конденсаторами, причому вторинна обмотка трансформатора підключена до виводів змінного струму силового комутатора вторинної ланки, далі до вихідного фільтра ємнісного характеру, а вихід перетворювача підключений до навантаження, при цьому роль снаберних дроселів силових ключів силового комутатора первинної ланки може виконувати індуктивність розсіяння силового трансформатора, силовий комутатор первинної ланки використано як автономний інвертор струму за схемою, яка являє

собою послідовне сполучення двох силових комутаторів за напівмостовою схемою, який **відрізняється** тим, що введено перший драйвер керування первинною ланкою та другий драйвер керування вторинною ланкою, які з'єднані між собою ланкою синхронізації, вимірювальні резистори, перший та другий резистори вихідного дільника та фільтруючий конденсатор, при цьому перший драйвер керування підключений до затворів силових ключів та вимірювального резистора первинної ланки, другий драйвер керування підключений до затворів силових ключів та вимірювального резистора вторинної ланки, при цьому другий драйвер керування підключений до вимірювального резистора вторинної ланки, перший та другий резистори вихідного дільника з'єднані послідовно і підключені паралельно навантаженню, а їх спільна точка через фільтруючий конденсатор підключена до входу другого драйвера керування.



Комп'ютерна верстка А. Крижанівський

ДО "Український національний офіс інтелектуальної власності та інновацій", вул. Дмитра Годзенка, 1, м. Київ – 42, 01601