



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **127045** (13) **C2**
(51) МПК
H02M 1/14 (2006.01)
H02J 3/01 (2006.01)
G05F 1/10 (2006.01)

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

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

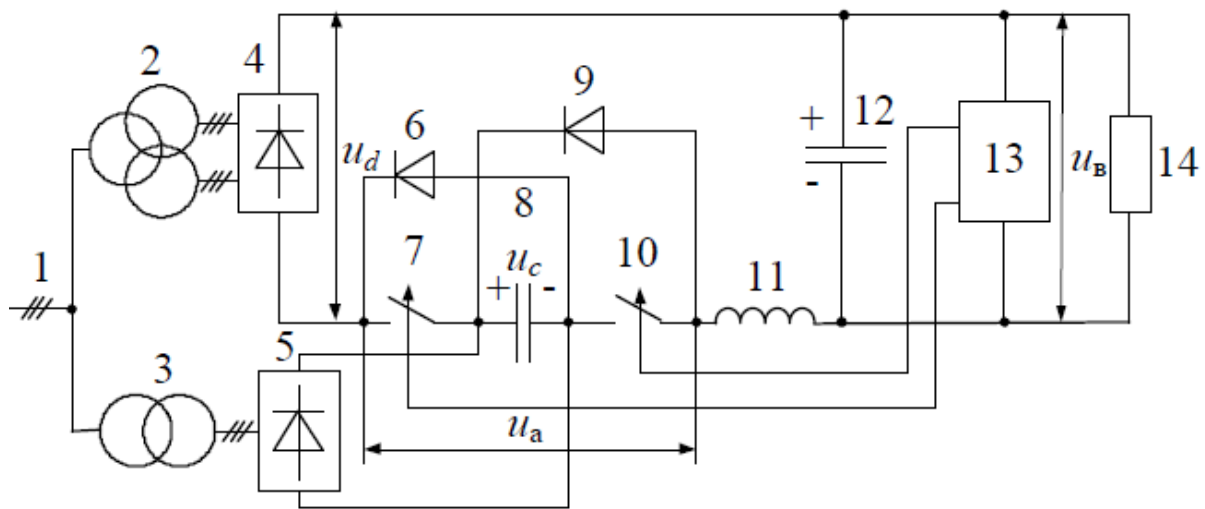
<p>(21) Номер заявки: а 2021 02611</p> <p>(22) Дата подання заявки: 18.05.2021</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 23.03.2023</p> <p>(41) Публікація відомостей про заявку: 11.08.2021, Бюл.№ 32</p> <p>(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 22.03.2023, Бюл.№ 12</p> <p>(72) Винахідник(и): Семененко Олександр Іванович (UA), Семененко Юрій Олександрович (UA), Супрун Олександр Данилович (UA), Одєгов Микола Миколайович (UA)</p> <p>(73) Володілець (володільці): УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ, майдан Фейєрбаха, 7, УкрДУЗТ, НДЧ, м. Харків-50, 61050 (UA)</p> <p>(74) Представник: РЕКТОР ПАНЧЕНКО СЕРГІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ</p>	<p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: Гончаров Ю.П. Минимизация фильтрового оборудования тяговых подстанций с помощью вольтодобавочного преобразователя/ Ю.П. Гончаров, В.В. Замаруев, В.В. Ивахно// Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. В. Лазаряна. - 2009. - Вип. 27. - С. 56-60 Семененко Ю.А. Стабілізація та активна фільтрація випрямленої наруги в замкненій структурі/ Ю.А. Семененко// Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. - 2016. - Вип. 166. - С. 131-140 Гончаров Ю.П. Аномальные и переходные режимы преобразователя вольтодобавочного типа для тяговых подстанций постоянного тока/ Ю.П. Гончаров, В.В. Замаруев, В.В. Ивахно, Н.В. Панасенко, В.В. Божко [та ін.]// Вісник Дніпроп - Вип. 27. - С. 61-66 Гончаров Ю.П. Система электроснабжения контактной сети постоянного тока с продольной линией повышенного напряжения/ Ю.П. Гончаров, Н.В. Панасенко, В.Н. Козачок [и др.]// Наука и прогресс транспорта. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. В. Лазаряна. - 2008. - № 20. - С. 42-48 Гончаров Ю.П. Перетворювач з вольтодобавкою на повністю керованих напівпровідникових приладах для тягових підстанцій постійного струму/ Ю.П. Гончаров, М.В. Панасенко, В.В. Божко// Електротехніка і Електроенергетика. - 2007. - № 2. - С. 4-11 Самсонкин В.М. Энергоэффективный преобразовательный агрегат с функциями фильтрации гармоник выходного напряжения тяговой подстанции системы электроснабжения постоянного тока напряжением 3 кВ / В.М. Самсонкин, Н.В. Панасенко, В.В. Божко, Ю.П. Гончаров [и др.]//Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. В. Лазаряна. - 2008. - Вип. 20. - С. 66-72 US 10511220 B2, 17.12.2019 US 8670260 B2, 11.03.2014 RU 2599732 C1, 10.10.2016 US 2008239770 A1, 02.10.2008 US 7787267 B2, 31.08.2010</p>
---	--

UA 127045 C2

(54) ВОЛЬТОДОДАТКОВИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ДЛЯ АКТИВНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ ТА СТАБІЛІЗАЦІЇ ВИХІДНОЇ НАПРУГИ ПЕРЕТВОРЮВАЛЬНОГО АГРЕГАТУ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

(57) Реферат:

Винахід належить до силової електроніки і може бути використаний у перетворювальних агрегатах постійного струму тягових підстанцій залізниць і метрополітенів та в інших потужних джерелах енергії постійного струму, в яких потрібно забезпечувати фільтрацію та стабілізацію випрямленої напруги. Вольтододатковий перетворювач використовується у складі потужних перетворювальних агрегатів постійного струму для забезпечення активної фільтрації та стабілізації вихідної напруги. Складається вольтододатковий перетворювач з двох некерованих і двох керованих двоопераційних силових ключів, зібраних за однофазною мостовою схемою. В діагональ мосту увімкнений ємнісний накопичувач енергії, який отримує енергію заряду від трифазного мостового випрямляча. Вольтододатковий перетворювач приєднується послідовно до основного багатопульсного випрямляча перетворювального агрегату і з постійної напруги ємнісного накопичувача енергії формує імпульсну напругу. Вихідним LC-фільтром виділяється напруга для активної компенсації змінної складової напруги основного випрямляча та компенсації відхилень постійної складової напруги відносно заданого значення. З напруги основного випрямляча та напруги компенсації на виході перетворювального агрегату формується відфільтрована та стабілізована напруга постійного струму. Вольтододатковий перетворювач має спрощену конструкцію порівняно з відомими.



Фіг. 1

Винахід належить до силової електроніки і може бути використаний у перетворювальних агрегатах постійного струму тягових підстанцій залізниць і метрополітенів та в інших потужних джерелах енергії постійного струму, в яких потрібно забезпечувати фільтрацію та стабілізацію випрямленої напруги.

5 Відома схема перетворювального агрегату постійного струму, в якій для стабілізації вихідної напруги застосовується послідовно увімкнений з основним дванадцятипульсним діодним випрямлячем тиристорний вольтододатковий перетворювач [Хворост М.В. Базові положення теорії випрямлячів-стабілізаторів напруги для перетворювальних агрегатів головних тягових підстанцій метрополітенів з повздовжньою лінією постійного струму / М.В. Хворост. - Київ: Научн.-техн. сборник "Коммунальное хозяйство городов". Техніка, 2004. - № 60. - С. 236-247]. Як вольтододатковий перетворювач автором запропоновано використовувати фазокерований трифазний мостовий випрямляч напруги на одноопераційних тиристорах. На виході перетворювального агрегату застосований пасивний фільтр для приглушення гармонік випрямленої напруги, який складається із аперіодичного Г-подібного та декількох резонансних (режекторних) LC-фільтрів, налаштованих на частоти гармонік випрямленої напруги. Реактивна потужність перетворювального агрегату з таким вольтододатковим перетворювачем значно менша, ніж у перетворювального агрегату з керованими дванадцятипульсними випрямлячами без вольтододатка.

20 Недоліками аналога є: коефіцієнт потужності перетворювального агрегату з фазокерованим вольтододатком нижче значення, яке необхідно забезпечувати згідно сучасних вимог міжнародних стандартів з якості енергії; складність будови та значна установлена потужність силових пасивних фільтрів перетворювального агрегату; в умовах великих навантажень та несиметрії трифазної напруги живлення перетворювальний агрегат з фазокерованим вольтододатком не гарантує необхідний за сучасними вимогами ступінь фільтрації низькочастотних гармонік випрямленої вихідної напруги.

30 Найбільш близьким аналогом перетворювача, що заявляється, і вибраним як прототип є вольтододатковий перетворювач на двоопераційних приладах для активної фільтрації та стабілізації вихідної напруги перетворювального агрегату постійного струму, приєднаний послідовно до основного діодного багатопульсного випрямляча, що живиться від вторинної обмотки трифазного трансформатора, первинна обмотка якого приєднана до трифазної мережі змінного струму, має систему керування, на вхід якої, як сигнал зворотного зв'язку, подається напруга перетворювального агрегату з конденсатора вихідного аперіодичного фільтру, а вихідні сигнали подаються для керування силовими ключами перетворювача [Гончаров Ю.П. Минимизация фильтрового оборудования тяговых подстанций с помощью вольтодобавочного преобразователя / Ю.П. Гончаров, В.В. Замаруев, В.В. Ивахно, Р.И. Любич, Н.В. Панасенко - Дніпропетровськ: Вісник ДНУЗТ ім. В. Лазаряна, 2009. - Вип. 27. - С. 56-60]. Вольтододатковий перетворювач призначений для роботи у складі перетворювальних агрегатів тягових підстанцій постійного струму і є трифазним мостовим випрямлячем напруги на двоопераційних силових ключах із знакозмінною напругою, що працює в режимі широтно-імпульсної модуляції та забезпечує активну фільтрацію та стабілізацію напруги перетворювального агрегату. При цьому суттєво знижується реактивна потужність системи і забезпечується підвищення коефіцієнта потужності.

45 У вольтододатковому випрямлячі напруги запроновано застосувати шість силових ключів на IGBT, що розраховані на максимальний струм перетворювального агрегату та амплітуду змінної напруги живлення, яка дорівнює половині робочої напруги основного випрямляча. Такий варіант реалізації вольтододаткового перетворювача має складну конструкцію та високу вартість. До складу кожного силового ключа крім IGBT входять послідовно з'єднаний з ним діод та зустрічно паралельний діод, які захищають транзистор від зворотної напруги. Наявність послідовного діода призводить до збільшення втрат енергії в силових ключах, що знижує ефективність застосування вольтододаткового перетворювача.

50 Недоліками прототипу є: збільшені втрати енергії в ключах та зниження надійності через складність конструкції вольтододаткового перетворювача; застосування у вольтододатковому випрямлячі напруги шести високовольтних силових ключів на IGBT призводить до високої вартості пристрою в цілому.

55 Задачею винаходу є спрощення конструкції вольтододаткового перетворювача та зниження його вартості.

Поставлена задача вирішується наступним чином:

60 Пропонується застосувати в складі перетворювальних агрегатів більш простий за будовою вольтододатковий перетворювач на базі ємнісного накопичувача енергії постійного струму. Вольтододатковий перетворювач, що входить до перетворювального агрегату постійного

струму, схема якого наведена на фіг. 1, складається з двох некерованих (діодних) силових ключів 6 і 9 та двох керованих двоопераційних одноквadrантних силових ключів 7 і 10, зібраних за однофазною мостовою схемою. Керовані двоопераційні одноквadrантні силові ключі 7 і 10 можуть бути реалізовані на двоопераційних тиристорах (IGCT) або транзисторах (IGBT). В
 5 діагональ мосту увімкнений ємнісний накопичувач 8, який отримує енергію заряду з указаною на схемі полярністю від діодного трифазного мостового випрямляча 5, що живиться від трифазного трансформатора 3, приєднаного до трифазної мережі змінного струму 1. Таким чином, кількість застосованих силових ключів, втрати енергії в них і вартість вольтододаткового перетворювача на базі ємнісного накопичувача енергії нижче, ніж у вольтододаткового
 10 трифазного випрямляча на двоопераційних приладах. Вольтододатковий перетворювач, реалізований на силових ключах 6, 7 та 9, 10 (фіг. 1), приєднаний послідовно до основного діодного багатопульсного (шести- або дванадцятиімпульсного) випрямляча 4, що отримує напругу живлення від основного трифазного трансформатора 2, приєднаного до трифазної мережі змінного струму 1. Напруга перетворювального агрегату, що є сумою напруг випрямляча 4 і вольтододаткового перетворювача 6, 7 та 9, 10, через вихідний аперіодичний фільтр, який
 15 складається із реактора 11 і батареї конденсаторів 12, подається до навантаження 14 та системи керування 13.

Пристрій працює наступним чином. Вольтододатковий перетворювач 6, 7 та 9, 10 з напруги u_c ємнісного накопичувача 8 (фіг. 1) формує імпульсну напругу u_a з частотою широтно-імпульсної модуляції, форму якої показано на діаграмі напруг фіг. 2. Для формування
 20 прямокутних імпульсів напруги u_a позитивної полярності вмикаються керовані силові ключі 7 і 10 вольтододаткового перетворювача (фіг. 1). При формуванні нульової паузи напруги u_a керований силовий ключ 10 вимикається, діодний силовий ключ 9 природно вмикається і проводить струм разом з силовим ключем 7. Для зміни знака імпульсів напруги u_a керовані
 25 силові ключі 7 і 10 вимикаються, а природно ввімкнені діодні силові ключі 6 та 9 (фіг. 1) формують прямокутні імпульси негативної полярності. В інтервалі нульової паузи напруги u_a керований силовий ключ 10 вмикається, закривається при цьому діодний силовий ключ 9, і проводить струм разом з діодним силовим ключем 6.

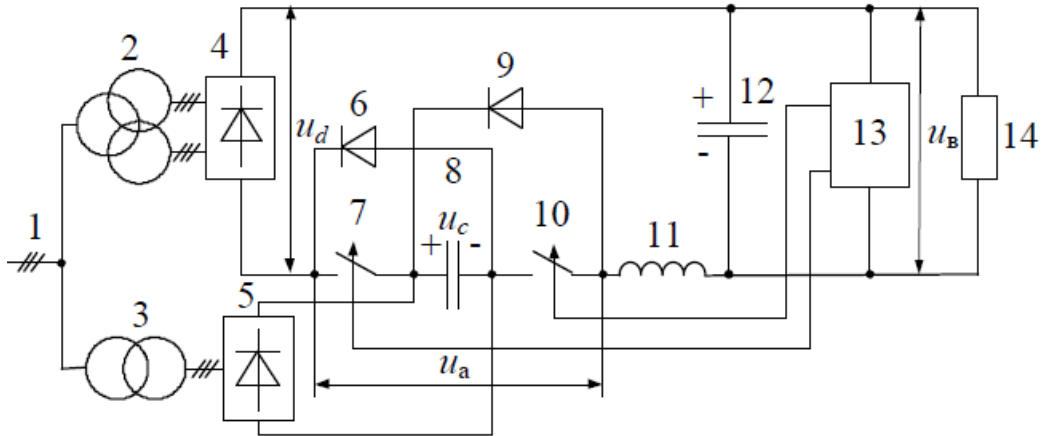
З імпульсної напруги u_a вихідним фільтром 11, 12 виділяється сукупність усереднених на
 30 періоді широтно-імпульсної модуляції значень - гладка складова, яка показана штриховою лінією і позначається u_{ar} на діаграмі напруг фіг. 2. Змінна складова u_{ar} для забезпечення компенсації змінної складової напруги u_d (фіг. 3) основного випрямляча 4 (фіг. 1) повторює її форму і є протифазною. Напруга u_{ar} має також постійну складову U_{a0} (фіг. 2), яка формується для компенсації відхилень постійної складової випрямленої напруги U_{d0} (фіг. 3) відносно
 35 заданого значення, чим забезпечується стабілізація вихідної напруги. Таким чином, на конденсаторі аперіодичного фільтра 12 (фіг. 1) з напруги основного випрямляча u_d (фіг. 3) та напруги u_{ar} (фіг. 2), яку можна назвати напругою компенсації, формується відфільтрована та стабілізована напруга на виході перетворювального агрегату u_b .

Вольтододатковий перетворювач знижує реактивну потужність перетворювального агрегату
 40 і забезпечує коефіцієнт потужності не нижче 0,98 при застосуванні дванадцятиімпульсної схеми основного випрямляча, що відповідає сучасним вимогам міжнародних стандартів з якості енергії. Оскільки придушення низькочастотних гармонік випрямленої напруги u_d відбувається в основному за рахунок активної фільтрації шляхом компенсації змінної складової u_d вольтододатковим перетворювачем, вихідний фільтр потрібен лише для придушення гармонік
 45 напруги й струму з частотою широтно-імпульсної модуляції та вищих гармонік. Це значно зменшує масу та габаритні розміри вихідного фільтра у порівнянні зі звичайним перетворювальним агрегатом, де потрібно відфільтровувати низькочастотні гармоніки напруги та струму. У вольтододаткового трифазного випрямляча на двоопераційних приладах, вибраного як прототип, подібні переваги знижає наявність низькочастотних гармонік у складі
 50 вихідної напруги, зумовлених живленням вольтододаткового випрямляча від трифазної змінної напруги мережі.

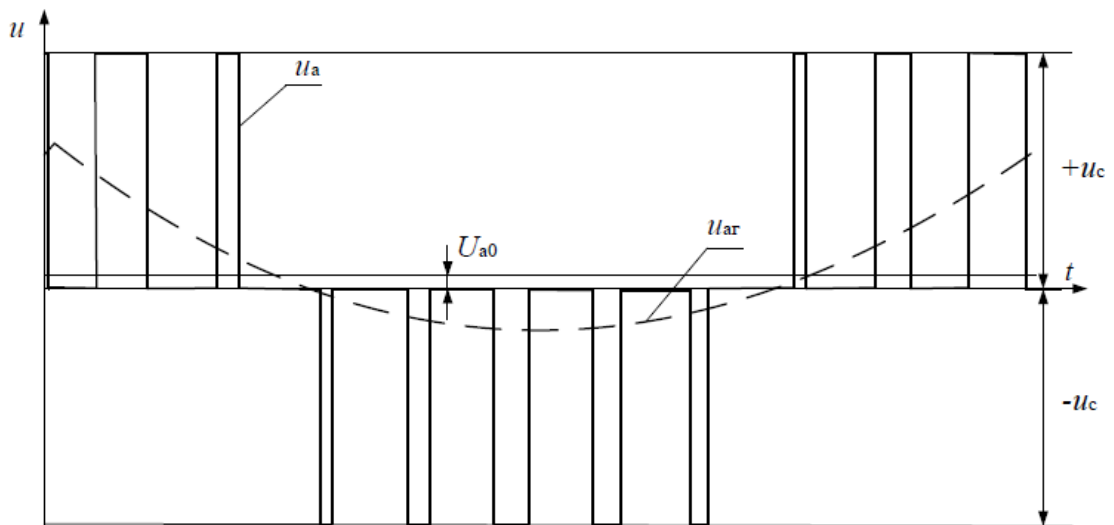
ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

55 Вольтододатковий перетворювач для активної фільтрації та стабілізації вихідної напруги перетворювального агрегату постійного струму, що приєднаний послідовно до основного діодного багатопульсного випрямляча, що живиться від вторинної обмотки трифазного трансформатора, первинна обмотка якого приєднана до трифазної мережі змінного струму, має систему керування, на вхід якої, як сигнал зворотного зв'язку, подається напруга
 60 перетворювального агрегату з конденсатора вихідного аперіодичного фільтра, а вихідні сигнали

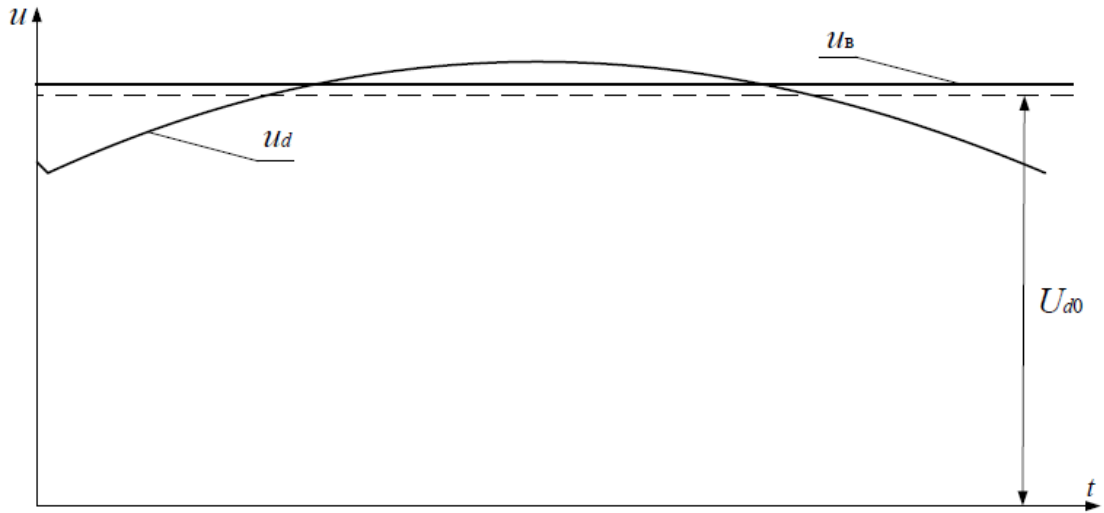
- 5 подаються для керування силовими ключами перетворювача, який **відрізняється** тим, що складається з двох некерованих і двох керованих двоопераційних силових ключів, зібраних за однофазною мостовою схемою, в діагональ якої увімкнений конденсатор ємнісного накопичувача енергії постійного струму, яку він отримує від додаткового діодного трифазного мостового випрямляча, що живиться від вторинної обмотки трифазного трансформатора, первинна обмотка якого приєднана до трифазної мережі змінного струму.



Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3