



УКРАЇНА

(19) UA (11) 40772 (13) U
(51) МПК (2009)
H02J 3/01
H02J 3/18
H02J 3/26

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ДЖЕРЕЛО ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ ДЛЯ ТРИФАЗНОГО НАВАНТАЖЕННЯ, ОБЛАДНАНОГО НЕЙТРАЛЬНИМ ВИВОДОМ

1

(21) u200813253

(22) 17.11.2008

(24) 27.04.2009

(46) 27.04.2009, Бюл.№ 8, 2009 р.

(72) ВОЛКОВ ОЛЕКСАНДР ВАСИЛЬОВИЧ, UA,
ВОЛКОВ ВОЛОДИМИР ОЛЕКСАНДРОВИЧ, UA

(73) ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ, UA

(57) 1. Джерело електроживлення для трифазного навантаження, обладнаного нейтральним виводом, що містить трифазний випрямляч, виконаний по мостовій схемі, реактор і трифазну живильну мережу змінної напруги, зв'язану своїми трьома фазними клеммами відповідно із трьома фазними виводами зазначеного трифазного навантаження, яке **відрізняється** тим, що в нього уведено датчик струму, блок компараторів, два повністю керованих напівпровідникових силових ключі, два формувачі імпульсів, конденсатор, другий реактор, виконаний трифазним, і два діоди, зустрічно паралельно кожному з яких підключені по одному зі згаданих силових ключів, зв'язаних своїми керуючими входами через перший і другий формувачі імпульсів з першим і другим виходами блока компараторів, при цьому трифазна мережа живлення змінної напруги виконана з нейтральним проводом, обладнаним нейтральною клемою, випрямляч своїм трифазним входом зв'язаний через другий реактор із трьома фазними клеммами мережі

2

живлення, своїм вихідним позитивним полюсом випрямляч підключений до одного з виводів конденсатора й до катода першого діода, а своїм вихідним негативним полюсом випрямляч приєднаний до іншого виводу конденсатора й до анода другого діода, анод першого діода й катод другого діода з'єднані разом і зв'язані через перший реактор з нейтральним виводом навантаження й першим входом датчика струму, у якому другий вхід підключений до нейтральної клеми мережі живлення, а вихід - до входу блока компараторів.

2. Джерело електроживлення за п.1, яке **відрізняється** тим, що трифазний випрямляч виконаний у вигляді активного випрямляча, обладнаного блоком керування, виходи якого пов'язані з керуючими входами активного випрямляча.

3. Джерело електроживлення за п.1, яке **відрізняється** тим, що в нього додатково уведено третій реактор, виконаний трифазним, і другий, третій та четвертий конденсатори, приєднані одними зі своїх виводів до нейтральної клеми мережі живлення, при цьому кожна із трьох фазних клем мережі живлення зв'язана через третій реактор з одним з фазних виводів другого реактора й одним з фазних виводів трифазного навантаження, а кожен з інших виводів другого, третього й четвертого конденсаторів підключені до одного з фазних виводів трифазного навантаження.

Корисна модель відноситься до галузі електротехніки, конкретно - до мереж електропостачання.

Відомо з [1] пристрій для електроживлення трифазного навантаження, приєднаного своїми трьома фазними виводами відповідно до трьох фазних клем трифазної трипровідної мережі живлення змінної напруги, що містить блок керування й трифазний активний фільтр, виконаний у вигляді трифазного реактора, трифазної мостової схеми активного випрямляча, конденсатора й наванта-

ження постійного струму, причому, в активному випрямлячі трифазний вхід зв'язаний через трифазний реактор із трьома фазними клеммами трипровідної мережі живлення, два виходи підключені до з'єднаних між собою паралельно конденсатора й навантаження постійного струму, а керуючий вхід пов'язаний з виходом блоку керування.

Перевагами відомого пристрою є ефективна компенсація ним потужності спотворення і реактивної потужності, які споживаються із трифазної трипровідної мережі живлення нелінійним або ак-

(13) U

(11) 40772

(19) UA

тивно-реактивним трифазним навантаженням, а також рівномірне струмове завантаження (симетрування фазних струмів мережі) трифазної трипровідної мережі живлення при живленні від її несиметричного трифазного навантаження. До недоліку відомого пристрою належить його застосування тільки для трифазної трипровідної змінної напруги мережі, що живить трифазне навантаження без нейтрального виводу. Зокрема, при живленні від трифазної чотирипровідної мережі живлення несиметричного трифазного навантаження, обладнаного нейтральним виводом, у відомому пристрої в значній мірі погіршується ефективність компенсації активним фільтром потужності спотворення і реактивної потужності такого навантаження, а також - фактично не відбувається симетрування фазних струмів мережі. Як наслідок, це призводить до додаткових електричних втрат у трифазній чотирипровідній мережі живлення (силовому трансформаторі, кабельній лінії) через появу несиметрії в мережних фазних струмах і впливу ненульового струму, що протікає в нейтральному проводі, а також - від згаданого збільшення споживання з мережі живлення потужності спотворення і реактивної потужності (які призводять, у свою чергу, до додаткового струмового завантаження трифазної чотирипровідної мережі).

Найбільш близьким по технічній сутності (по призначенню й сукупності загальних технічних ознак) до запропонованого пристрою є джерело електроживлення з [2], що містить трансформатор, до виводів кінців вторинних обмоток якого підключене навантаження, а початки обмоток підключені до діодного моста, до полюсів якого приєднаний реактор, причому, реактор обладнаний середнім виводом, до якого приєднана нейтраль навантаження. Відоме джерело електроживлення являє собою пристрій, що реалізує із трифазної трипровідної мережі (за допомогою трифазного силового трансформатора, трифазного випрямляча, виконаного у вигляді діодного моста, й реактора, обладнаного середнім виводом) трифазну чотирипровідну мережу живлення змінної напруги, від якої одержує живлення трифазне навантаження, обладнане нейтральним виводом. Перевагою даного пристрою є згладжування (демпфірування) пульсацій фазних струмів навантаження, що відбувається в ньому, при стрибкоподібній зміні опорів навантаження або фазних напруг мережі трифазної трипровідної мережі живлення.

До недоліків відомого пристрою (що проявляється при живленні від нього несиметричних, нелінійних і активно-реактивних навантажень, обладнаних нейтральним виводом) відноситься значна асиметрія фазних струмів мережі (практично повторює асиметрію струмів трифазного навантаження) і збільшене споживання з мережі живлення потужності спотворення і реактивної потужності. Це, у свою чергу, призводить до додаткових електричних втрат у трифазній трипровідній живильній мережі й трансформаторі. Інший недолік властивий відомому пристрою при живленні від нього трифазного нелінійного навантаження (наприклад, виконаної у вигляді трифазної нульової діодної

або тиристорної схеми випрямляча, зв'язаної своїм виходом через навантаження постійного струму з нейтральним виводом), що характеризується протіканням через її фазні й нейтральний виводи постійних складових струму. Цей недолік полягає в необхідності збільшення розміру (осердя) магнітопроводу силового трансформатора (щоб уникнути його насичення від впливу зазначених постійних складових струму навантаження, що протікають по вторинних обмотках силового трансформатора), що, у свою чергу, призводить до збільшення загальних габаритів і вартості силового трансформатора, а також - усього відомого джерела електроживлення в цілому.

В основі корисної моделі поставлене завдання симетрування фазних струмів мережі трифазної чотирипровідної мережі змінної напруги при живленні від її несиметричного трифазного навантаження, обладнаного нейтральним виводом, а також зменшення до нуля постійних складових у фазних струмах мережі й струму, що протікає в нейтральному проводі мережі живлення. За рахунок цього забезпечується відповідно зменшення електричних втрат у трифазній чотирипровідній мережі живлення (силовому трансформаторі, кабелі) і зменшуються габарити силового трансформатора.

Рішення даного завдання досягається тим, що джерело електроживлення для трифазного навантаження, обладнаного нейтральним виводом, що містить трифазний випрямляч, виконаний по мостовій схемі, реактор і трифазну мережу живлення змінної напруги, зв'язану своїми трьома фазними клемми відповідно із трьома фазними виводами зазначеного трифазного навантаження, додатково уведений датчик струму, блок компараторів, два повністю керованих напівпровідникових силових ключі, два формувачі імпульсів, конденсатор, другий реактор, виконаний трифазним, і два діоди, зустрічно паралельно кожному з яких підключені по одному зі згаданих силових ключів, зв'язаних своїми керуючими входами через перший і другий формувачі імпульсів з першим і другим виходами блоку компараторів, при цьому трифазна мережа змінної напруги обладнана нейтральним проводом, з'єднаним з клемою, випрямляч своїм трифазним входом зв'язаний через другий реактор із трьома фазними клемми живильної мережі, своїм вихідним позитивним полюсом випрямляч підключений до одного з виводів конденсатора й до катода першого діода, а своїм вихідним негативним полюсом випрямляч приєднаний до іншого виводу конденсатора й до анода другого діода, анод першого діода й катод другого діода з'єднані разом і зв'язані через перший реактор з нейтральним виводом навантаження й першим входом датчика струму, у якого другий вхід підключений до нейтральної клемми мережі живлення, а вихід - до входу блоку компараторів.

Для зменшення потужності спотворення і реактивної потужності, споживаних трифазним навантаженням з живильної мережі, у джерелі електроживлення по п. 1 трифазний випрямляч виконаний у вигляді активного випрямляча, обладнаного бло-

ком керування, виходи якого пов'язані з керуючими входами активного випрямляча.

Для згладжування пульсацій фазних струмів чотирипровідної мережі живлення в джерело електроживлення по п. 1 додатково уведено третій реактор, виконаний трифазним, і другий, третій і четвертий конденсатори, під'єднані одними зі своїх виводів до нейтральної клеми мережі живлення, при цьому кожна із трьох фазних клем мережі живлення зв'язана через третій реактор з одним з фазних виводів другого реактора й одним з фазних виводів трифазного навантаження, а кожен з інших виводів другого, третього й четвертого конденсаторів підключені до одного з фазних виводів трифазного навантаження.

Введення в запропонований пристрій наступних нових елементів: датчика струму, блоку компараторів, двох повністю керованих силових ключів, двох формувачів імпульсів, конденсатора, другого реактора й двох діодів, - дозволило за рахунок функціонування цих елементів (у взаємодії між собою й іншими елементами пристрою), по-перше, виключити протікання струму в нейтральному проводі мережі живлення й, по-друге, симетрувати струми (здійснити приблизно рівномірне струмове навантаження) для фазних проводів чотирипровідної мережі змінної напруги, що живить несиметричне трифазне навантаження, обладнане нейтральним виводом. Це, у свою чергу, призводить до зменшення габаритів силового трансформатора (через виключення постійної складової в фазних струмах мережі) і зниження електричних втрат у трифазній чотирипровідній мережі живлення (зокрема, її силовому трансформаторі й кабелях).

Таким чином, нові ознаки при взаємодії з відомими ознаками забезпечують появу нових технічних властивостей. Зокрема, шляхом введення нових елементів і їх зв'язків розроблене джерело електроживлення для трифазного навантаження, обладнаного нейтральним виводом, якому властиві згадані вище нові технічні якості. Це забезпечує всій заявленій сукупності ознак пристрою відповідність критерію «новизна».

Відомий аналог (зокрема, реверсивний широтно-імпульсний перетворювач постійної напруги) з [3], що також містить (у своєму складі) наступні ознаки запропонованого пристрою, що відрізняються від прототипу: «два повністю керованих напівпровідникових силових ключі, реактор і два діоди, зустрічно паралельно кожному з яких підключені по одному зі згаданих силових ключів, ... своїм вихідним позитивним полюсом випрямляч підключений ... до катода першого діода, а своїм вихідним негативним полюсом випрямляч приєднаний ... до анода другого діода, анод першого діода, і катод другого діода з'єднані разом і зв'язані через ... реактор ...». Однак, у зазначеному аналогу перераховані технічні ознаки виконують зовсім іншу функцію (ніж у запропонованому пристрої), і, зокрема, - регулювання двополярної напруги на навантаженні постійного струму.

Інших аналогів, які містять ознаки, що відрізняються від прототипу, не знайдено; запропоноване рішення явно не впливає з рівня техніки. Ви-

ходячи з вище викладеного, можна зробити висновок, що запропоноване технічне рішення задовольняє критерію «винахідницький рівень».

Ідея винаходу пояснюється кресленнями:

на Фіг.1 - функціональна схема джерела електроживлення для трифазного навантаження, обладнаного нейтральним виводом;

на Фіг.2 - функціональна схема джерела електроживлення зі зменшеними потужністю спотворення й реактивною потужністю, що споживається з мережі живлення;

на Фіг.3 - функціональна схема джерела електроживлення зі згладженими фазними струмами мережі.

Функціональна схема джерела електроживлення на Фіг.1 містить: трифазне навантаження 1, обладнане нейтральним виводом 2, трифазний випрямляч 3, перший реактор 4 і трифазну чотирипровідну мережу живлення змінної напруги 5, зв'язану своїми трьома фазними клемами 6, 7 і 8 відповідно із трьома фазними виводами 9, 10 і 11 зазначеного трифазного навантаження 1. Також дана схема джерела електроживлення на Фіг.1 містить: датчик струму 12, блок компараторів 13, два повністю керованих напівпровідникових силових ключі 14 і 15 (наприклад, типу IGBT, MOSFET, GTO або IGCT), два формувачі імпульсів 16 і 17, конденсатор 18, другий реактор 19, виконаний трифазним, та два діоди 20 і 21, зустрічно паралельно кожному з яких підключені по одному зі згаданих силових ключів 14 і 15, зв'язаних своїми керуючими входами через перший 16 і другий 17 формувачі імпульсів з першим і другим виходами блоку компараторів 13. При цьому трифазна мережа змінної напруги 5 обладнана нейтральним проводом, з'єднаним з клемою 22, випрямляч 3 своїм трифазним входом зв'язаний через другий реактор 19 із трьома фазними клемами 6, 7 і 8 мережі живлення 5, своїм вихідним позитивним полюсом випрямляч 3 підключений до одного з виводів конденсатора 18 і до катода першого діода 20, а своїм вихідним негативним полюсом випрямляч 3 приєднаний до іншого виводу конденсатора 18 і до анода другого діода 21. Анод першого діода 20 і катод другого діода 21 з'єднані разом і зв'язані через перший реактор 4 з нейтральним виводом 2 навантаження 1 і першим входом датчика струму 12, у якого другий вхід підключений до нейтральної клеми 22 мережі живлення 5, а вихід - до входу блоку компараторів 13. У якості одного з можливих варіантів своєї реалізації трифазний випрямляч 3 у схемі на Фіг.3 показаний виконаним як трифазна мостова діодна схема (яка складається з діодів 23-28).

Функціональна схема джерела електроживлення на Фіг.2, що забезпечує зменшення споживання навантаженням з мережі живлення потужності спотворення і реактивної потужності, містить всі ті ж елементи, показані раніше на Фіг.1, але в ній трифазний випрямляч 3 виконаний (у якості іншого можливого свого варіанта) у вигляді трифазної мостової схеми активного випрямляча 29. Останній обладнаний блоком керування 30, виходи якого пов'язані з керуючими входами зазначеного активного випрямляча 29. При цьому зазна-

чений активний випрямляч 29 реалізований на діодах 23-28, з'єднаних між собою по трифазній мостовій схемі, а зустрічно паралельно кожному зі згаданих діодів підключені повністю керовані напівпровідникові силові ключі 31-36 (наприклад, типу IGBT, MOSFET, GTO або IGCT). Керуючі входи зазначених силових ключів 31-36 є керуючими входами активного випрямляча 29.

Функціональна схема джерела живлення на Фіг.3, що забезпечує згладжування фазних струмів мережі, містить (крім елементів, показаних раніше на Фіг.1) додатково третій реактор 37, виконаний трифазним, і другий 38, третій 39 і четвертий 40 конденсатори, під'єднані одними зі своїх виводів до нейтральної клеми 22 живильної мережі. При цьому кожна із трифазних клем 6, 7 і 8 мережі живлення зв'язана через третій реактор 37 з одним з фазних виводів другого реактора 19 і одним з фазних виводів 9, 10 і 11 трифазного навантаження 1, а кожний з інших виводів другого 38, третього 39 і четвертого 40 конденсаторів підключений до одного з фазних виводів трифазного навантаження 1. Трифазна чотирипровідна мережа живлення змінної напруги 5 містить у своєму складі трифазний силовий трансформатор 41, у якого одні з фазних виводів вторинних обмоток з'єднані між собою в «зірку» і зв'язані загальною точкою свого з'єднання з нейтральною клемою 22 мережі живлення 5, а інші фазні виводи вторинних обмоток цього трансформатора 41 зв'язані відповідно із клемами 6, 7 і 8 трифазної чотирипровідної мережі живлення 5.

Показане на функціональній схемі на Фіг.1 джерело електроживлення функціонує таким чином. При живленні симетричного трифазного навантаження 1 від симетричних мережних фазних напруг (що надходять на навантаження 1 із клем 6, 7 і 8 трифазної чотирипровідної мережі змінної напруги 5) струм I_{NH} у нейтральному виводі 2 навантаження 1 дорівнює нулю: $I_{NH}=0$. Також, очевидно, що при цьому дорівнює нулю струм I_N , що протікає в нейтралі (клема 22) мережі живлення: $I_N=0$, що контролюється датчиком струму 12. При порівнянні зазначеного нульового вихідного сигналу датчика струму 12 (що надходить на вхід блоку компараторів 13) зі значеннями уставок: $+\Delta I^*$ і $-\Delta I^*$ цього блоку виконується наступне співвідношення:

$$-\Delta I^* < I_N < +\Delta I^* \quad (1)$$

де значення згаданих уставок різнополярні й близькі по амплітуді до нуля (зокрема, наприклад, складають менше (1-2)% від номінального значення фазних струмів мережі). При даному співвідношенні (1) блок компараторів 13 формує на обох своїх виходах сигнали, рівні лог. «0», які забезпечують (через формувачі імпульсів 16 і 17) закриті стани силових ключів 14 і 15, а, отже, - відсутність струму ($I_p=0$) через перший реактор 4.

Одночасно із цим на входи трифазного випрямляча 3 (виконаного, наприклад, по мостовій діодній схемі) надходять через трифазний реактор 19 із клем 6, 7 і 8 мережі живлення 5 трифазні напруги мережі, внаслідок чого на виході випрямляча 3 формується постійна (випрямлена) напруга з полярністю, показаної на Фіг.1. До зазначеного значення постійної напруги заряджається конденса-

тор 18, підключений на виході випрямляча 3. Оскільки струм I_p через реактор 4 дорівнює нулю, то при розглянутому симетричному трифазному навантаженні 1 струми, що протікають у нейтралі мережі живлення 5 і в нейтралі навантаження 1, залишаються рівними нулю: $I_N=I_{NH}=0$.

При виникненні несиметрії у фазних струмах навантаження 1 (наприклад, викликаній асиметрією опорів різних фаз зазначеного навантаження) у нейтральному виводі 2 трифазного навантаження 1 протікає ненульове значення струму: $I_{NH} \neq 0$. При цьому за позитивні напрямки струмів I_N , I_{NH} і I_p , що течуть відповідно в нейтралі мережі, нейтралі навантаження й реакторі 4, приймемо їхні напрямки, показані стрілками в схемі на Фіг.1. У свою чергу, ненульове значення I_{NH} струму в нейтралі навантаження 1 викликає (при закритих силових ключах 14 і 15) появу ненульового значення струму I_N в нейтралі мережі: $I_{NH} \neq 0$, що контролюється датчиком струму 12.

У результаті порівняння на вході компаратора 13 зазначеного значення струму I_N , що протікає в нейтралі мережі, із заданими уставками: $+\Delta I^*$ і $-\Delta I^*$ блоку компараторів 13 можливе виконання однієї з наступних умов:

$$\Delta I_N \geq +\Delta I^*, \text{ при } \Delta I_N > 0 \quad (2)$$

або

$$\Delta I_N \leq -\Delta I^*, \text{ при } \Delta I_N < 0 \quad (3)$$

Нехай, наприклад, виконується умова (2), що відповідає напрямкам протікання струмів I_N , I_{NH} і I_p , які показані у схемі на Фіг.1. При наявності умови (2), у блоці компараторів 13 на першому виході формується сигнал лог. «1», а на другому виході - сигнал лог. «0», що забезпечує відкритий стан силового ключа 14 і закритий стан силового ключа 15. При даних станах силових ключів 14 і 15 до реактора 4 прикладається (через відкритий силовий ключ 14) напруга від позитивного вихідного полюса випрямляча 3. Внаслідок цього через реактор 4 відбувається наростання струму I_p (що протікає від позитивного вихідного полюса випрямляча 3 крізь силовий ключ 14 та реактор 4 до загальної точки М з'єднання датчика 12 і нейтралі 2 навантаження 1). При цьому в даному вузлі М схеми на Фіг.1 струм I_p протікає в напрямку, зустрічному току I_N , що протікає в нейтралі мережі живлення 5.

Як тільки зазначений струм I_p у реакторі 4 досягає значення струму I_{NH} , що протікає в нейтралі навантаження 1, струм I_N , який протікає в нейтралі мережі живлення 5, стане рівним нулю, внаслідок чого знову виконається умова (1) на вході блоку компараторів 13. Після цього обидва вихідні сигнали блоку компараторів 13 стають рівними лог. «0», що викликає (через формувачі імпульсів 16 і 17) закриті стани силових ключів 14 і 15. Електроушійна сила (ЕРС) самоіндукції реактора 4 змінить свій знак на протилежний (показаному в схемі на Фіг.1), внаслідок чого відкриється діод 21 і буде відбуватися спадання струму I_p через реактор 4 по ланцюгу: негативний вихідний полюс випрямляча 3 - відкритий діод 21 - реактор 4 - вузол М. При цьому конденсатор 18 служить для виключення перенапруг на силовому ключі 14 (або 15), що закривається, оскільки в зазначеному конденсаторі

відбувається нагромадження частини електромагнітної енергії, що віддається реактором 4 при спаданні через нього струму при закритті згаданих силових ключів 14 (або 15).

Після закінчення деякого часу (що залежить від значень напруги на вихідних полюсах випрямляча 3 і індуктивності реактора 4) відбудеться спадання струму I_p через реактор 4 до значення, рівного: $I_{NH} - \Delta I$. Після цього порушується умова (1) і знову починає виконуватися співвідношення (2), що призводить (як показано раніше) до відкриття силового ключа 14. Після цього робота розглянутого пристрою повторюється.

Якщо ж у результаті несиметрії струмів у трифазному навантаженні 1 струм I_{NH} , що протікає в нейтралі 2 цього навантаження, не дорівнює нулю й негативний, то на вході блоку компараторів 13 виконується інше співвідношення (3). У цьому випадку функціонування запропонованого пристрою відбувається аналогічно раніше розглянутому з наступними відмінностями: по-перше, всі згадані струми I_N , I_{NH} й I_p мають напрямок, протилежний показаному у схемі на Фіг.1; по-друге, для співвідношення (3) присутні: сигнал лог. «0» на першому й сигнал лог. «1» на другому виходах блоку компараторів 13, - у результаті чого закритий (через формувач імпульсів 16) силовий ключ 14 і відкривається (через формувач імпульсів 17) силовий ключ 15; по-третє, при відкритому даному силовому ключі 15 до реактора 4 прикладається (крізь відкритий силовий ключ 15) напруга від негативного вихідного полюса випрямляча 3; по-четверте, після закінчення деякого часу (коли спаде негативної полярності струм I_p у реакторі 4 до значення струму I_{NH} , що протікає в нейтралі навантаження 1) знову виконається умова (1) і силовий ключ 15 закриється, після чого до реактора 4 прикладається через відкритий діод 20 напруга від позитивного полюса випрямляча 3.

У результаті вище описаного функціонування пристрою на Фіг.1 у ньому автоматично підтримується співвідношення (1), а, отже, - приблизно рівним нулю значення струму I_N , що протікає в нейтралі мережі живлення 5:

$$I_N \approx 0 \quad (4)$$

(оскільки, як спочатку наголошено, близькі до нуля використовувані уставки: $|+\Delta I^*| \approx 0$ і $|-\Delta I^*| \approx 0$ - для блоку компараторів 13). Умова (4) підтримується за рахунок здійснюваної в вузлі М автоматичної компенсації поточного значення струму I_{NH} , що протікає в нейтралі несиметричного трифазного навантаження 1:

$$I_p \approx I_{NH} \quad (5)$$

Причому, ця компенсація здійснюється шляхом примусової подачі в вузол М (крізь реактор 4) струму I_p , який зустрічно направлений й дорівнює за амплітудою вказаному струму I_{NH} .

За рахунок впливу даної компенсації (і, зокрема, внаслідок протікання при цьому додаткової складової струму, рівної I_p , по ланцюзі: один з вихідних полюсів (позитивний або негативний) випрямляча 3 - відкритий силовий ключ 14 (або 15) - реактор 4 - датчик струму 12 - нейтраль мережі - фазні проводи мережі живлення 5 - реактор 19 - відкриті діоди випрямляча 3), у свою чергу, симет-

руються діючі значення I_{Ad} , I_{Bd} , I_{Cd} фазних струмів мережі I_A , I_B , I_C :

$$I_{Ad} \approx I_{Bd} \approx I_{Cd} \quad (6)$$

У запропонованому джерелі електроживлення на Фіг.1, на відміну від пристрою-прототипу, при живленні несиметричного трифазного навантаження, обладнаного нейтральним виводом, по-перше, виключається протікання ненульового струму в нейтралі трифазної чотирипровідної мережі змінної напруги (у тому числі - протікання постійних складових струму в мережних фазних струмах, коли вони втримуються у фазних струмах трифазного навантаження), а також, по-друге, симетруються діючі значення струмів мережі трифазної чотирипровідної мережі живлення. Це, у свою чергу, зменшує електричні втрати в зазначеній мережі живлення (за рахунок симетрування її фазних струмів і виключення струму в нейтралі мережі) і знижує габарити й вартість застосовуваного в ній силового трансформатора (за рахунок виключення протікання постійних складових струмів у його вторинних обмотках, дозволяючи цим зменшити габарити осердя зазначеного трансформатора).

Джерело електроживлення, зображене функціональною схемою на Фіг.2 що забезпечує зменшення споживання навантаженням з мережі живлення потужності спотворення і реактивної потужності, функціонує аналогічно розглянутому пристрою на Фіг.1 з наступною відмінністю: блок керування 30 впливає своїми вихідними сигналами на керуючі входи силових ключів 31-36 активного випрямляча 29 таким чином, що одночасно: по-перше, підтримує на рівні заданого значення вихідну напругу трифазного випрямляча 3 (з полярністю, показаною на Фіг.2); по-друге, наближає форму споживаних фазних струмів мережі до синусоїдальної; по-третє, забезпечує фазове зрушення між фазними напругами мережі й струмами, яке дорівнює нулю; по-четверте, здійснює точне симетрування (з відмінністю менш $\pm 1\%$) фазних струмів мережі [1].

Виконання зазначених функцій активним випрямлячем 29 у джерелі електроживлення на Фіг.2 стає здійсненним завдяки тому, що, на відміну від пристрою-аналога з [1], запропонованим джерелом електроживлення (за рахунок дії у ньому згаданої автоматичної компенсації) виключене протікання ненульового струму в нейтралі мережі живлення. Внаслідок цього зазначена трифазна чотирипровідна мережа змінної напруги фактично наведена (з урахуванням автоматичної підтримки значення струму в нейтральному проводі мережі рівним нулю) до трифазної трипровідної мережі живлення змінної напруги (без нейтрального проводу). У даної штучно отриманої (шляхом застосування зазначеної автоматичної компенсації) трифазної трипровідної мережі активний випрямляч 29 із блоком керування 30 ефективно здійснює згідно [1] відзначені вище завдання: підтримку на рівні заданого значення вихідної постійної напруги випрямляча, наближення форми споживаних струмів мережі до синусоїдальної, підтримку нульового фазового зрушення між фазними струма-

ми й напругами мережі; точне симетрування фазних струмів мережі.

За рахунок цього в джерелі електроживлення з функціональною схемою на Фіг.2 забезпечується, у свою чергу, зниження споживаних (нелінійним або активно-реактивним трифазним навантаженням) з живильної мережі потужності спотворення (внаслідок наближення форми фазних струмів мережі до синусоїдальної) і реактивної потужності (через забезпечення нульового фазового зрушення між фазними струмами й напругами мережі).

Джерело електроживлення, зображене функціональною схемою на Фіг.3, що забезпечує згладжування фазних струмів мережі, функціонує аналогічно розглянутому пристрою на Фіг.1 з наступною відмінністю. За допомогою конденсаторів 38-40 (які являють собою, як відомо, малий реактивний опір для високочастотних складових струмів) здійснюється перерозподіл цих високочастотних складових струму (що протікають у реакторах 4 і 19 і характеризуються частотою, приблизно рівною 5-10 кГц) з мережі живлення 5 у ланцюзі зазначених конденсаторів 38-40. Зазначений перерозподіл високочастотних складових струму відбувається тому, що реактивний опір реактора 37 (для даних високочастотних складових струму) характеризується набагато більшим (перевищуючим в 10 разів) значенням, ніж реактивний опір конденсаторів 38-40. При цьому згадані високочастотні складові струму викликані в реакторі 4 від дії високої частоти перемикавання силових ключів 14 і 15, а в реакторі 19 (для варіанта виконання трифазного випрямляча 3 у вигляді активного випрямляча 29, обладнаного блоком керу-

вання 30, відповідно схемі на Фіг.2) - від високої частоти перемикавання силових ключів 31-36 зазначеного активного випрямляча 29.

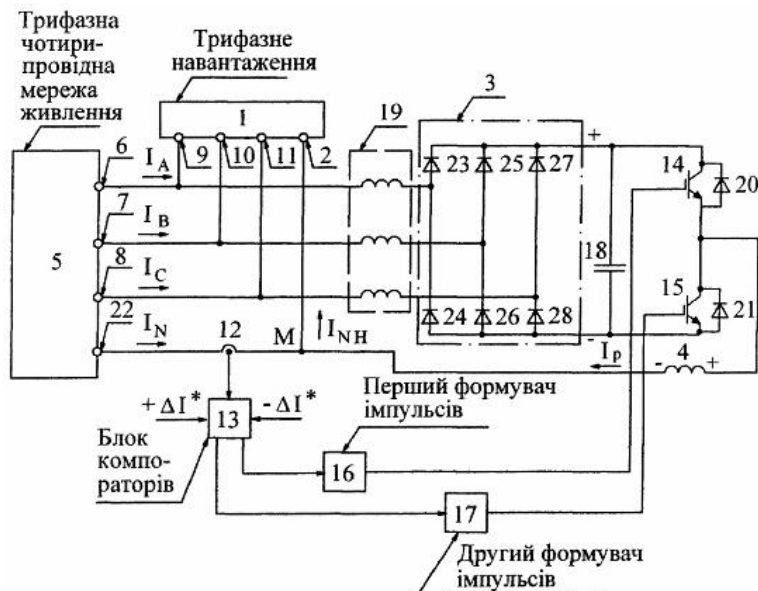
За рахунок здійснення в джерелі електроживлення зі схемою на Фіг.3 відзначеного перерозподілу високочастотних складових струмів вони практично виключені з фазних струмів мережі (тобто, дані фазні струми мережі - згладжені). Таке згладжування фазних струмів мережі дозволяє, у свою чергу, додатково зменшити електричні втрати в трифазній чотирипровідній мережі живлення (які викликані впливом згаданих високочастотних складових струмів) і виключити їхній негативний вплив (у вигляді скорочення терміну служби ізоляції) на силовий трансформатор 41 і кабелі живильної мережі 5, що з'єднують первинні й вторинну трифазні обмотки силового трансформатора 41 відповідно з первинним джерелом живлення: 3~U₁, 50 Гц і згаданими клемми 6, 7, 8 і 22 трифазної чотирипровідної мережі живлення 5.

Джерела інформації:

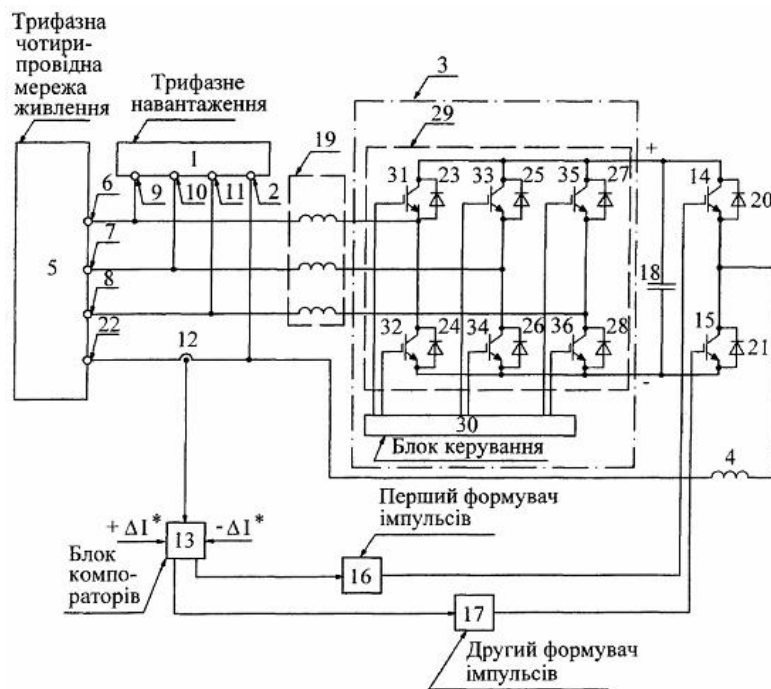
1. Волков А.В., Волков В.А. Компенсация мощности искажения и реактивной мощности посредством активного фильтра с прогнозируемым релейным управлением // Электротехника. - 2008. - №3. - С.2 -10.

2. Патент России №RU 2253174 С1. Источник электропитания и трехфазная нагрузка. МКИ H02J3/01. БИ №15, 2005.

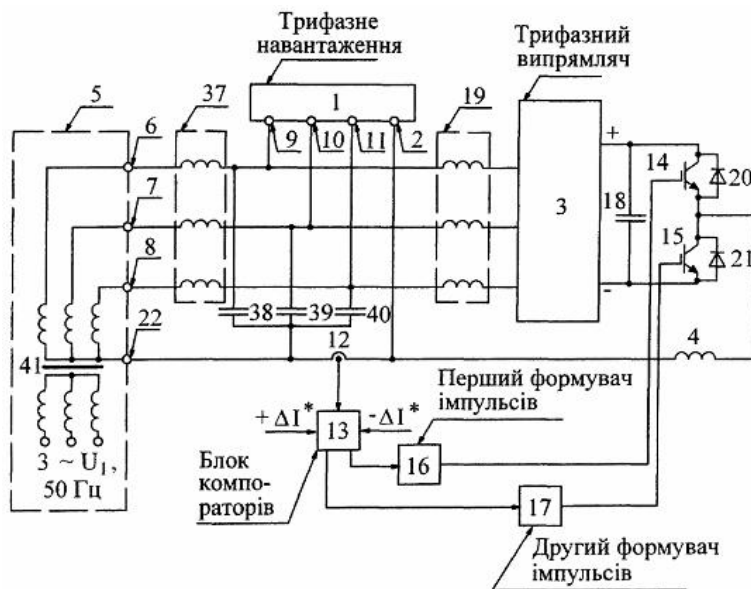
3. Г.С.Зиновьев. Основы силовой электроники: учеб. пособие. - Изд. 2-е, испр. и доп. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003. -С.336, рис.7.1.5,6.



Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3