



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **104474** (13) **C2**  
(51) МПК (2014.01)  
**H02M 3/22** (2006.01)  
**H02M 3/00**  
**H02M 7/00**  
**G05F 1/00**

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД**

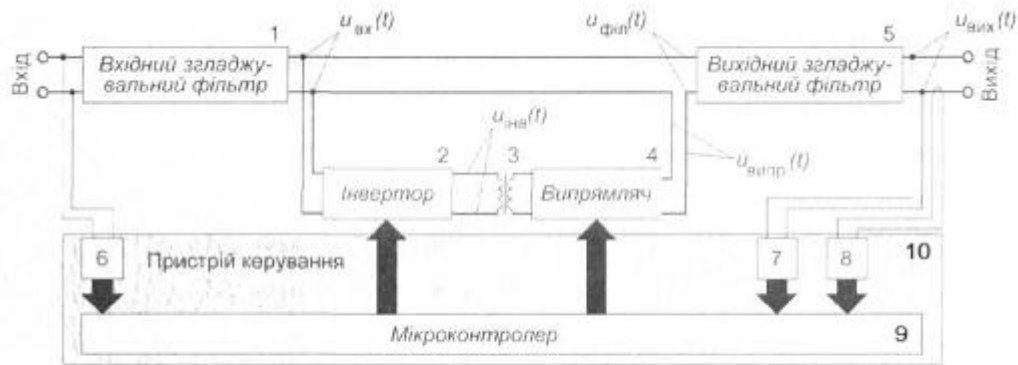
<b>(21)</b> Номер заявки: <b>а 2012 01079</b>	<b>(72)</b> Винахідник(и): <b>Дігол Сергій Олександрович (UA),</b> <b>Русу Олександр Петрович (UA)</b>
<b>(22)</b> Дата подання заявки: <b>02.02.2012</b>	<b>(73)</b> Власник(и): <b>Дігол Сергій Олександрович,</b> Французький бульвар, 60, кв. 38, м. Одеса, 65058 (UA), <b>Русу Олександр Петрович,</b> вул. Бородинська, 115, м. Одеса, 65120 (UA)
<b>(24)</b> Дата, з якої є чинними права на винахід: <b>10.02.2014</b>	<b>(74)</b> Представник: <b>Ротнер Світлана Едуардівна, реєстр.</b> <b>№361</b>
<b>(41)</b> Публікація відомостей про заявку: <b>12.08.2013, Бюл.№ 15</b>	<b>(56)</b> Перелік документів, взятих до уваги експертизою: Б.Ю. Семенов. Силовая электроника от простого к сложному. М: СОЛОН-Пресс. 2005, стр. 343-356 Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры. Справочник под ред. Г.С. Найвельта. М: Радио и связь. 1986, стр. 360-368 RU 63619 U1; 27.05.2007; EP 1258978 A2; 20.11.2002; RU 2420855 C1; 10.06.2011; RU 2414802 C1; 20.03.2011; RU 2325752 A2; 20.11.2002; RU 203116533 A; 20.12.2004; SU 991559 A1; 23.01.1983; SU 1192066 A1; 15.11.1985;
<b>(46)</b> Публікація відомостей про видачу патенту: <b>10.02.2014, Бюл.№ 3</b>	

**(54) СПОСІБ ПЕРЕТВОРЕННЯ НАПРУГИ ТА ПЕРЕТВОРЮВАЧ НАПРУГИ****(57) Реферат:**

Винахід належить до електротехніки, зокрема до перетворювальної техніки, і може бути використаний у перетворювачах напруги електричної енергії, які не потребують гальванічної розв'язки вхідних та вихідних кіл: перетворювачах, формувачах, стабілізаторах, коректорах, нормалізаторах постійної або змінної напруги, джерелах вторинного електроживлення, системах дистанційного та розподіленого електроживлення та електропостачання тощо. Спосіб полягає у перетворенні вхідної напруги у послідовність високочастотних імпульсів, амплітуда яких пропорційна модулю вхідної напруги, а тривалість пропорційна модулю різниці між вхідною та вихідною напругами перетворювача, подальшого випрямлення та згладжування, причому вихідна напруга формується як додаток вхідної напруги на напруги випрямлених високочастотних імпульсів, полярність яких залежить від знаку перетворення напруги.

**UA 104474 C2**

Перетворювач напруги джерела первинного електроживлення в задану напругу іншого рівня складається з вхідного згладжувального фільтра, вхід якого підключений до джерела первинного живлення, інвертора, вхід якого підключений до виходу вхідного згладжувального фільтра, а вихід, за допомогою трансформатора до входу випрямляча, вихідного згладжувального фільтра, вихід якого підключений до навантаження, пристрою керування, причому вихід випрямляча включений послідовно з виходом вхідного згладжувального фільтра та входом вихідного згладжувального. Технічним результатом що досягається даним винаходом є зменшення загальної потужності перетворюваної енергії та рівня високочастотних пульсацій вихідної напруги, зменшення маси, габаритів та вартості перетворювача та зменшення втрат електричної енергії у цілому.



Фіг. 3

Взаємозв'язана група винаходів належить до електротехніки, зокрема до перетворювальної техніки, і може бути використана у перетворювачах напруги електричної енергії, які не потребують гальванічної розв'язки вхідних та вихідних кіл: перетворювачах, формувачах, стабілізаторах, коректорах, нормалізаторах постійної або змінної напруги, джерелах вторинного електроживлення, системах дистанційного та розподіленого електроживлення та електропостачання тощо. На практиці існує ряд задач перетворення величини напруги джерела первинного електроживлення, які не потребують обов'язкового перетворення повної потужності та гальванічної розв'язки вхідних та вихідних кіл. Так, наприклад, у стабілізаторах змінної напруги промислової мережі практично необхідно змінювати рівень напруги джерела первинного електроживлення (промислової мережі) у діапазоні  $\pm 30\%$ , що забезпечить рівень вихідної напруги 220 В у діапазоні вхідної напруги 154-286 В без гальванічної розв'язки вхідних та вихідних кіл. Іншим практичним прикладом вказаної задачі є системи бортового живлення транспорту, у яких часто виникає потреба у перетворенні напруги бортової мережі (як правило 12 або 24 В) у напругу іншого рівня (як правило: 24 в 12 В або 12 в 24 В) без гальванічної розв'язки вхідних та вихідних кіл.

Відомим є спосіб перетворення електричної енергії постійного струму, що полягає у перетворенні вхідної напруги джерела первинного електроживлення на високочастотні імпульси змінної полярності за допомогою інвертора, подальшого перетворення амплітуди імпульсів за допомогою високочастотного трансформатора, випрямлення за допомогою випрямляча та згладжування високочастотних пульсацій за допомогою згладжувального фільтра (Б.Ю. Семенов. Силовая электроника от простого к сложному. М: СОЛОН-Пресс. 2005, стр. 343-356; Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры. Справочник под ред. Г.С. Найвельта. М: Радио и связь. 1986, стр. 360-368). Регулювання електричної енергії при такому способі в перетворювачах відбувається за рахунок зміни відносної тривалості високочастотних імпульсів (широтно-імпульсна модуляція) або за рахунок зміни частоти імпульсів (частотно-імпульсна модуляція) на основі вимірів вихідної напруги пристроєм керування.

Найбільш близьким технічним рішенням по більшості суттєвих ознак, вибраних як прототип, є спосіб перетворення змінної напруги (Патент на корисну модель Російської Федерації RU, 63619 U1, опубл. 25.12.2006, заявка на корисну модель РФ 2006145845/22.), що полягає у перетворенні синусоїдальної напруги за допомогою інвертора у послідовність високочастотних імпульсів змінної полярності модульованих по амплітуді та тривалості, з подальшим їх випрямленням та згладжуванням високочастотних пульсацій, що дозволяє отримати на виході вихідного згладжувального фільтра синусоїдальну напругу частоти джерела первинного електроживлення. Амплітуда вихідної напруги пропорційна відносній тривалості високочастотних імпульсів, а фаза може змінюватися на протилежну при зміні фази роботи ключів синхронного випрямляча.

При виборі вказаних способів загальна потужність перетворюваної енергії, потужність інвертора, що формує високочастотні імпульси, трансформатора, що перетворює їх амплітуду, дорівнює потужності навантаження. Оскільки втрати електричної енергії при перетворенні, маса, габарити та вартість перетворювача напряму залежать від величини перетворюваної енергії, це призводить до погіршення техніко-економічних показників перетворювача: зниження коефіцієнта корисної дії, підвищення маси, габаритів та вартості пристрою.

Відомі перетворювачі напруги, що містять у своєму складі високочастотний трансформатор, первинна обмотка якого підключена до джерела первинного електроживлення через двотактний інвертор, що перетворює напругу джерела первинного електроживлення на високочастотні імпульси змінної полярності, а вторинна обмотка трансформатора через випрямляч та вихідний згладжувальний фільтр підключена до навантаження (Б.Ю. Семенов. Силовая электроника от простого к сложному. М.: СОЛОН-Пресс. 2005, стр. 343-356; Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры. Справочник под ред. Г.С. Найвельта. М.: Радио и связь. 1986, стр. 360-368).

Найбільш близьким технічним рішенням по більшості суттєвих ознак, вибраних як аналог, є перетворювач постійної напруги (Патент на корисну модель Російської Федерації RU, 63619 U1, опубл. 25.12.2006, заявка на корисну модель РФ 2006145845/22.), що містить вхідний згладжувальний фільтр, до виходу якого підключено інвертор, що перетворює електричну енергію первинного електроживлення на високочастотні імпульси змінної напруги, трансформатор, первинна обмотка якого підключена до виходу інвертора, а вторинна через випрямляч та вихідний згладжувальний фільтр підключена до навантаження, пристрій керування на основі мікроконтролера, до складу якого входить датчик вхідної напруги. Загальними суттєвими ознаками відомого та корисної моделі, що заявляється, є наявність вхідного згладжувального фільтра, вхід якого підключений до джерела первинного живлення,

інвертора, вхід якого підключений до виходу вхідного згладжувального фільтра, а вихід, за допомогою трансформатора до входу випрямляча, вихідного згладжувального фільтра, вихід якого підключений до навантаження, пристрою керування.

Відомий перетворювач містить випрямляч, що підключений безпосередньо до входу вихідного згладжувального фільтра. При такому підключенні загальна потужність перетворюваної енергії, потужність інвертора та трансформатора, дорівнює потужності навантаження. Оскільки втрати електричної енергії, маса, габарити та вартість перетворювача напряму залежать від величини перетворюваної енергії, це призводить до погіршення техніко-економічних показників перетворювача: зниження коефіцієнта корисної дії, підвищення маси, габаритів та вартості пристрою.

В основу першого із групи винаходів поставлено задачу удосконалення способу перетворення напруги шляхом формування вихідної напруги як додатка вхідної напруги та високочастотних імпульсів потрібної полярності, що забезпечить підвищення техніко-економічних показників перетворювачів: зменшення маси, габаритів та вартості та підвищення коефіцієнта корисної дії.

Задача другого із групи винаходів полягає у створенні перетворювача напруги джерела первинного електроживлення в напругу іншого рівня з підвищеними техніко-економічними показниками: зменшеною масою, габаритами та вартістю та підвищеним коефіцієнтом корисної дії шляхом модифікації структурної схеми перетворювача, за рахунок чого відбувається перетворення лише частини електричної енергії.

Перша поставлена задача вирішується тим, що в способі перетворення напруги в задану напругу іншого рівня, що полягає у тому, що вхідну напругу перетворюють у послідовність високочастотних імпульсів за допомогою інвертора, після чого їх випрямляють випрямлячем та згладжують високочастотні пульсації за допомогою згладжувального фільтра, на виході якого отримують вихідну напругу заданого рівня, відповідно до корисної моделі, вихідну напругу формують як додаток вхідної напруги та напруги випрямлених високочастотних імпульсів, тривалість яких пропорційна модулю різниці між вхідною та вихідною напругами перетворювача, а полярність залежить від знака перетворення напруги, причому при необхідності збільшення напруги формують імпульси, полярність яких збігається з полярністю вхідної напруги, а при необхідності зменшення напруги - імпульси з полярністю, протилежною полярності вхідної напруги. Формування вихідної напруги як додатка вхідної напруги та випрямлених високочастотних імпульсів зменшує загальну потужність перетворюваної енергії та рівень високочастотних пульсацій вихідної напруги, оскільки частина енергії надходить у навантаження безпосередньо від джерела первинного електроживлення. Це дозволяє використовувати інвертор та трансформатор меншої потужності, а вихідний згладжувальний фільтр з меншим коефіцієнтом згладжування, що призводить до зменшення маси, габаритів, вартості перетворювача та зменшення втрат електричної енергії у цілому. Можливість зміни полярності випрямлених імпульсів дозволяє без зміни схеми перетворювача перетворювати як постійну, так і змінну напругу, а також як підвищувати, так і зменшувати рівень вхідної напруги, що в свою чергу додатково розширює галузь використання даного способу.

Друга поставлена задача вирішується тим, що перетворювач напруги джерела первинного електроживлення в задану напругу іншого рівня складається з вхідного згладжувального фільтра, вхід якого підключений до джерела первинного живлення, інвертора, вхід якого підключений до виходу вхідного згладжувального фільтра, а вихід, за допомогою трансформатора до входу випрямляча, вихідного згладжувального фільтра, вихід якого підключений до навантаження, пристрою керування. У запропонованій корисній моделі вихід випрямляча включений послідовно з виходом вхідного згладжувального фільтра та входом вихідного згладжувального фільтра, випрямляч може бути побудований на основі керованих комутуючих елементів з двосторонньою провідністю. Включення виходу випрямляча послідовно з виходом вхідного згладжувального фільтра та входом вихідного згладжувального фільтра дозволяє зменшити загальну потужність перетворюваної енергії, оскільки частина енергії надходить у навантаження безпосередньо від джерела первинного електроживлення. Це призводить до зменшення маси, габаритів та вартості інвертора, трансформатора та підвищення коефіцієнта корисної дії перетворювача у цілому, оскільки зменшуються витрати електричної енергії при перетворенні. Це також призводить до зменшення величини високочастотних пульсацій перетвореної напруги, що в свою чергу призводить до зменшення маси, габаритів та вартості вхідних та вихідних згладжувальних фільтрів. Використання випрямляча, побудованого на основі керованих комутуючих елементів з двосторонньою провідністю, дозволяє перетворювати рівень як постійної, так і змінної напруги, як в сторону його підвищення, так і в сторону зниження. При цьому напрям міні рівня (підвищення або

зниження) напруги джерела первинного електроживлення у цьому випадку залежить лише від алгоритму керування комутуючими елементами випрямляча, що додатково розширює галузь використання перетворювачів даного класу. У випадку, коли перетворювач призначений для перетворення постійної напруги і напрям зміни рівня (зниження або зменшення) напруги заздалегідь відомий і у процесі роботи не змінюється (тільки підвищення або тільки зниження), як силові комутуючі елементи випрямляча можливо використовувати некеровані силові елементи, наприклад напівпровідникові діоди, що додатково підвищить техніко-економічні показники перетворювача.

Суть винаходу пояснюється кресленнями. На Фіг. 1 зображені діаграми роботи при перетворенні постійної напруги. На Фіг. 2 зображені діаграми роботи при перетворенні змінної напруги. Блок-схема практичної побудови перетворювача, що працює за даним способом, наведено на Фіг. 3.

Заявлений спосіб реалізують наступним чином.

Вхідну напругу джерела первинного електроживлення  $u_{вх}(t)$  за допомогою інвертора перетворюють на високочастотні імпульси змінної полярності  $u_{інв}(t)$ . Необхідну амплітуду імпульсів  $u_{інв}(t)$  формують за допомогою трансформатора, а тривалість формують пропорційною модулю різниці між вхідною  $u_{вх}(t)$  та вихідною  $u_{вих}(t)$  напругами перетворювача за допомогою пристрою керування. Далі високочастотні імпульси змінної полярності випрямляють випрямлячем, після чого вони стають однополярними, полярність яких формують за допомогою пристрою керування. При необхідності збільшення напруги  $u_{вх}(t)$  полярність імпульсів  $u_{випр}(t)$  формують таким чином, щоб вона збігалася з полярністю вхідної напруги  $u_{вх}(t)$ . Етапи перетворення напруги у даному випадку зображено на Фіг. 1 та Фіг. 2 у секціях "підвищення напруги". При необхідності зменшення напруги полярність імпульсів  $u_{випр}(t)$  формують таким чином, щоб вона була протилежна полярності вхідної напруги  $u_{вх}(t)$ . Етапи перетворення напруги у даному випадку зображено на Фіг. 1 та Фіг. 2 у секціях "зниження напруги". Якщо немає необхідності зміни вхідної напруги, високочастотні імпульси не формують, і вихідна напруга дорівнює вхідній. Етапи перетворення напруги у даному випадку зображено на Фіг. 1 та Фіг. 2 у секціях "напруга не змінюється". Однополярні імпульси  $u_{випр}(t)$  додають до вхідної напруги  $u_{вх}(t)$ , в результаті чого на вході вихідного згладжувального фільтра формують напругу  $u_{фил}(t)$ , яка є додатком вхідної напруги  $u_{вх}(t)$  та  $u_{випр}(t)$ . Пульсації вихідної напруги  $u_{вих}(t)$  згладжують згладжувальним фільтром. Високочастотні пульсації вхідного струму згладжують за допомогою вхідного згладжувального фільтра.

Як показано на Фіг. 3, перетворювач напруги містить в своєму складі вхідний згладжувальний фільтр 1, вхід якого підключений безпосередньо до входу перетворювача, інвертор 2, вхід якого підключений до виходу вхідного згладжувального фільтра 1, трансформатор 3, до первинної обмотки якого підключений вихід інвертора 2, випрямляч 4, побудований на основі силових комутуючих елементів з двосторонньою провідністю, до виходу якого підключена вторинна обмотка трансформатора 3. Вихід випрямляча 4 підключений послідовно з виходом вхідного згладжувального фільтра 1 вихідний згладжувальний фільтр 5. Вихід вихідного згладжувального фільтра 5 підключений до виходу перетворювача. Пристрій керування містить у своєму складі датчики вхідної 6 та вихідної 7 напруги, а також датчик вихідного струму 8. Керування силовими ключами інвертора та випрямляча може відбуватися програмним способом за допомогою мікроконтролера 9.

Перетворювач працює таким чином.

Електрична енергія джерела первинного електроживлення з вхідною напругою  $u_{вх}(t)$  з виходу вхідного згладжувального фільтра 1 надходить до входу інвертора 2, який перетворює її на високочастотні імпульси змінної полярності  $u_{інв}(t)$ , амплітуда яких пропорційна модулю амплітуди вхідної напруги, а тривалість пропорційна модулю величини зміни (збільшення або зменшення) вхідної напруги. У випадку, коли необхідності перетворення напруги немає (наприклад, якщо за даною схемою побудовано стабілізатор напруги промислової мережі, і її поточне значення знаходиться у допустимих межах) високочастотні імпульси на виході інвертора відсутні.

Високочастотні імпульси з виходу інвертора 2 через трансформатор 3 надходять до випрямляча 4, який працює за наступним правилом:

1. У випадку, коли необхідно підвищити рівень вхідної напруги  $u_{вх}(t)$ , полярність імпульсів  $u_{випр}(t)$  на виході випрямляча 4 співпадає з полярністю вхідної напруги  $u_{вх}(t)$ . У цьому випадку напруга на вході  $u_{фил}(t)$  вихідного згладжувального фільтра 5 є додатком вхідної напруги  $u_{вх}(t)$  та випрямлених високочастотних імпульсів напруги  $u_{випр}(t)$ , що призводить до підвищення рівня вихідної напруги  $u_{вих}(t)$  відносно вхідної.

2. У випадку, коли необхідно знизити рівень вхідної напруги  $u_{вх}(t)$ , полярність імпульсів  $u_{випр}(t)$  на виході випрямляча 4 протилежна полярності вхідної напруги  $u_{вх}(t)$ . У цьому випадку напруга на вході  $u_{фл}(t)$  вихідного згладжувального фільтра 5 є різницею вхідної напруги  $u_{вх}(t)$  та напруги випрямлених високочастотних імпульсів  $u_{випр}(t)$ , що призводить до зниження рівня вихідної напруги  $u_{вих}(t)$  відносно вхідної.

3. У випадку, коли вихідна напруга інвертора дорівнює нулю (пауза між імпульсами або немає необхідності змінювати вхідну напругу) комутуючі елементи випрямляча 4 підключають вихідний згладжувальний фільтр 5 безпосередньо до вхідного згладжувального фільтра 1. У цьому випадку напруга на вході  $u_{фл}(t)$  вихідного згладжувального фільтра дорівнює напрузі на виході вхідного згладжувального фільтра  $u_{вх}(t)$ . Вихідний згладжувальний фільтр 5 усуває високочастотні пульсації напруги на виході перетворювача. Необхідні сигнали керування комутуючими елементами інвертора 2 та випрямляча 3 формуються пристроєм керування на основі інформації з датчиків вхідної 6 та вихідної 7 напруг, а також з датчика вихідного струму 8.

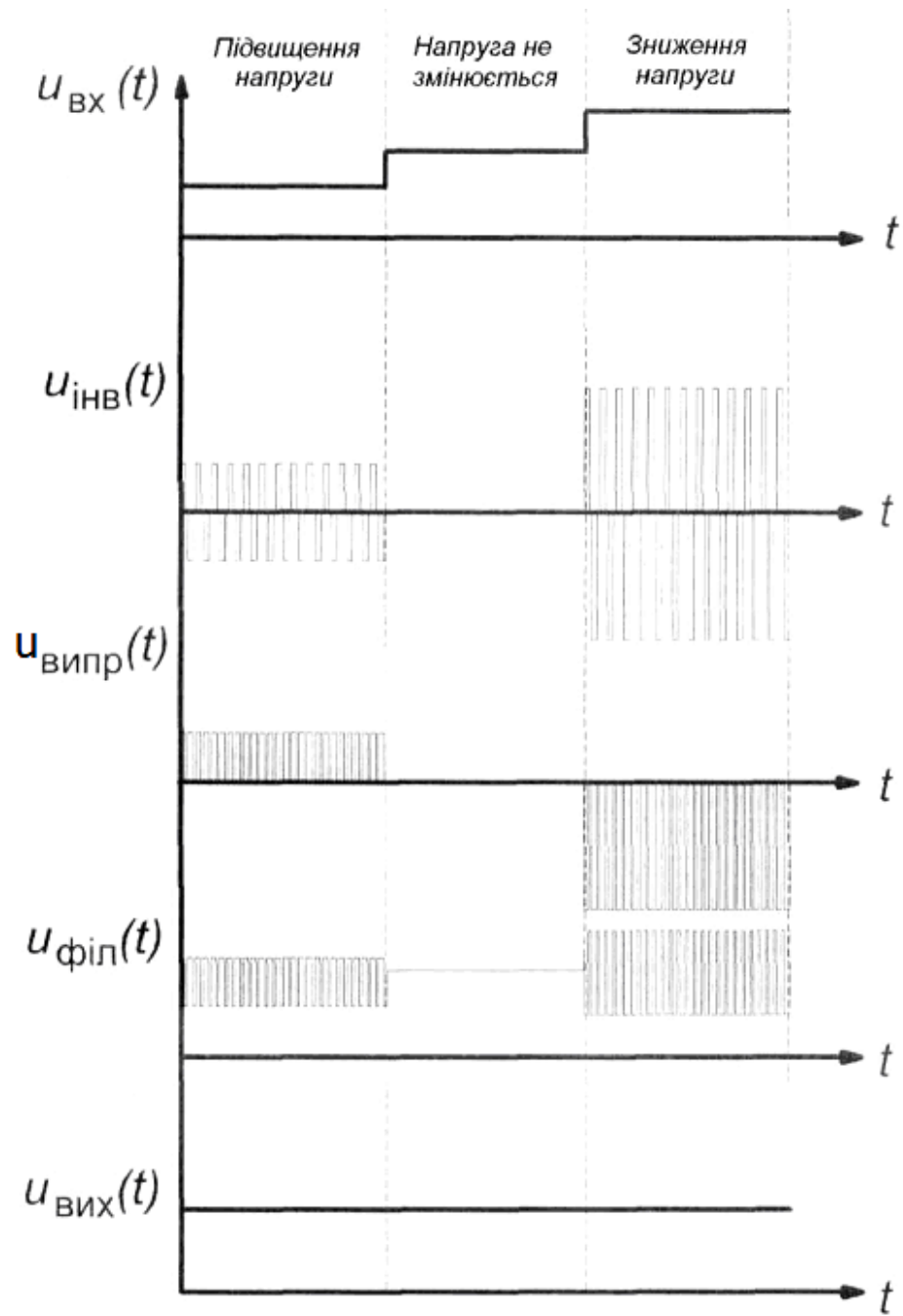
Інвертор та випрямляч можуть бути побудовані за відомими схемами (наприклад, мостова, або схема із виводом середньої точки трансформатора). У якості ключів інвертора можуть використовуватися керовані ключі як з двосторонньою, так і з односторонньою провідністю. У останньому разі на вході інвертора при перетворенні змінної напруги потрібен додатковий випрямляч.

#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

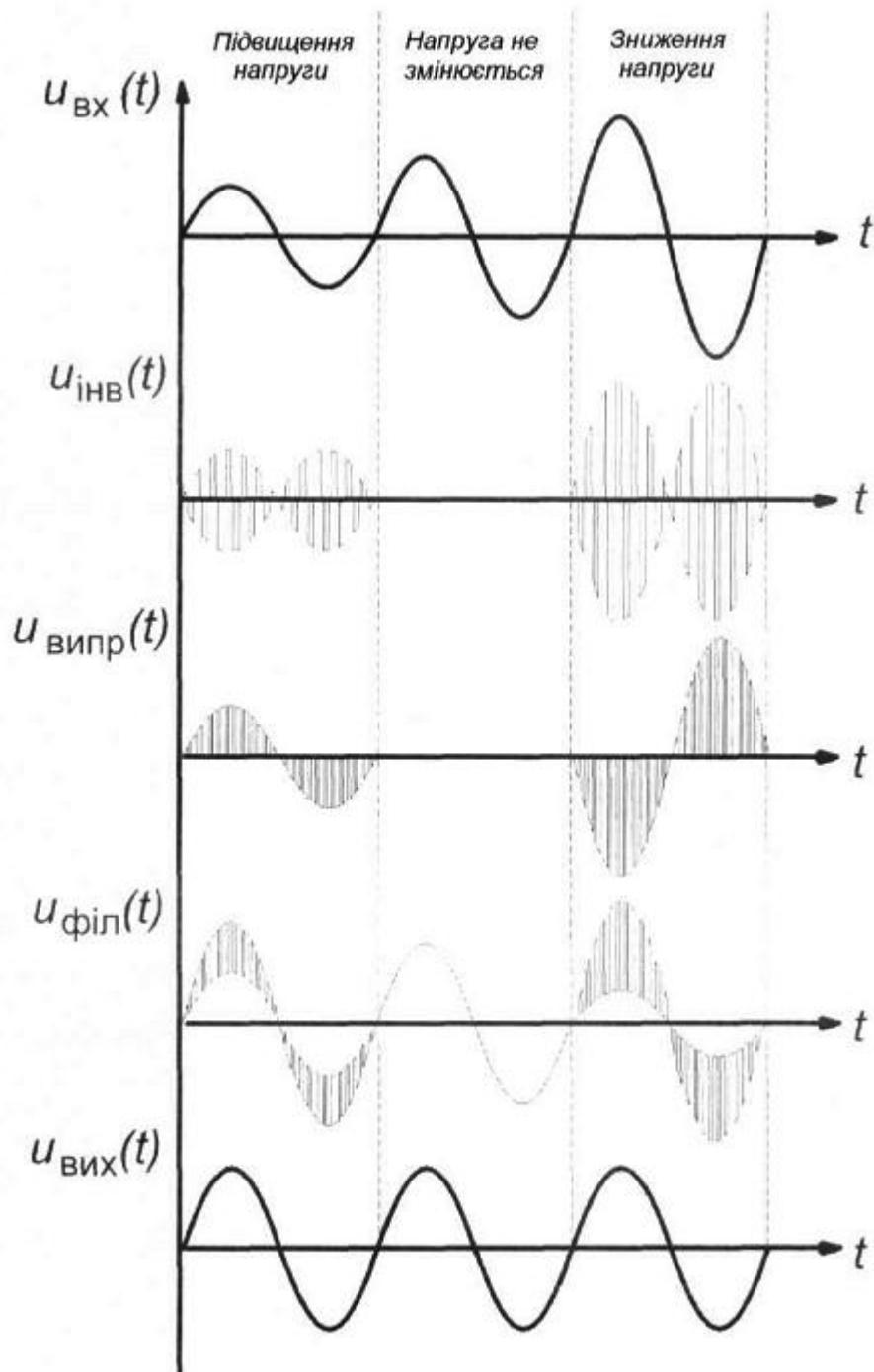
1. Спосіб перетворення напруги в задану напругу іншого рівня, що полягає у тому, що вхідну напругу перетворюють у послідовність високочастотних імпульсів за допомогою інвертора, після чого їх випрямляють випрямлячем та згладжують високочастотні пульсації за допомогою згладжувального фільтра, на виході якого отримують вихідну напругу заданого рівня, який **відрізняється** тим, що вихідну напругу формують як додаток вхідної напруги та напруги випрямлених високочастотних імпульсів, тривалість яких пропорційна модулю різниці між вхідною та вихідною напругами перетворювача, а полярність залежить від знака перетворення напруги, причому при необхідності збільшення напруги формують імпульси, полярність яких збігається з полярністю вхідної напруги, а при необхідності зменшення напруги - імпульси з полярністю, протилежною полярності вхідної напруги.

2. Перетворювач напруги джерела первинного електроживлення в задану напругу іншого рівня, який складається з вхідного згладжувального фільтра, вхід якого підключений до джерела первинного живлення, інвертора, вхід якого підключений до виходу вхідного згладжувального фільтра, а вихід, за допомогою трансформатора, до входу випрямляча, вихідного згладжувального фільтра, вихід якого підключений до навантаження, пристрою керування, який **відрізняється** тим, що вихід випрямляча включений послідовно з виходом вхідного згладжувального фільтра та входом вихідного згладжувального фільтра.

3. Перетворювач напруги за п. 2, який **відрізняється** тим, що випрямляч побудований на основі керованих комутуючих елементів з двосторонньою провідністю.

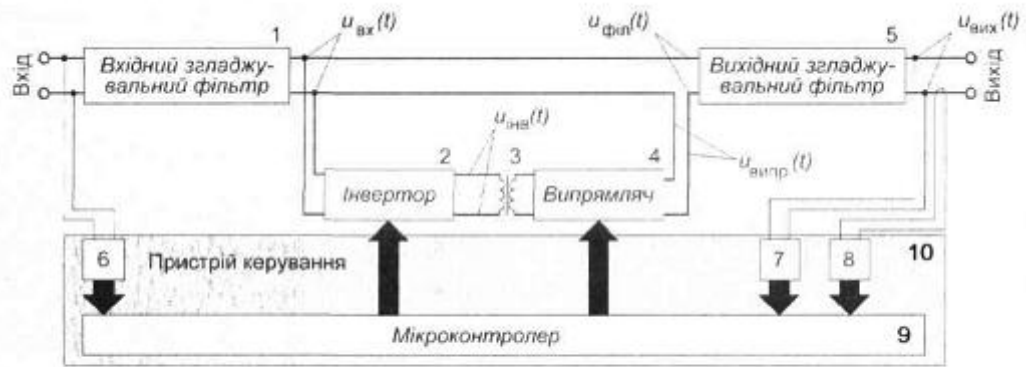


Фіг. 1



Фіг. 2





Фіг. 3

Комп'ютерна верстка Л. Литвиненко

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601