



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 109673

(13) U

(51) МПК

H02M 7/53 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

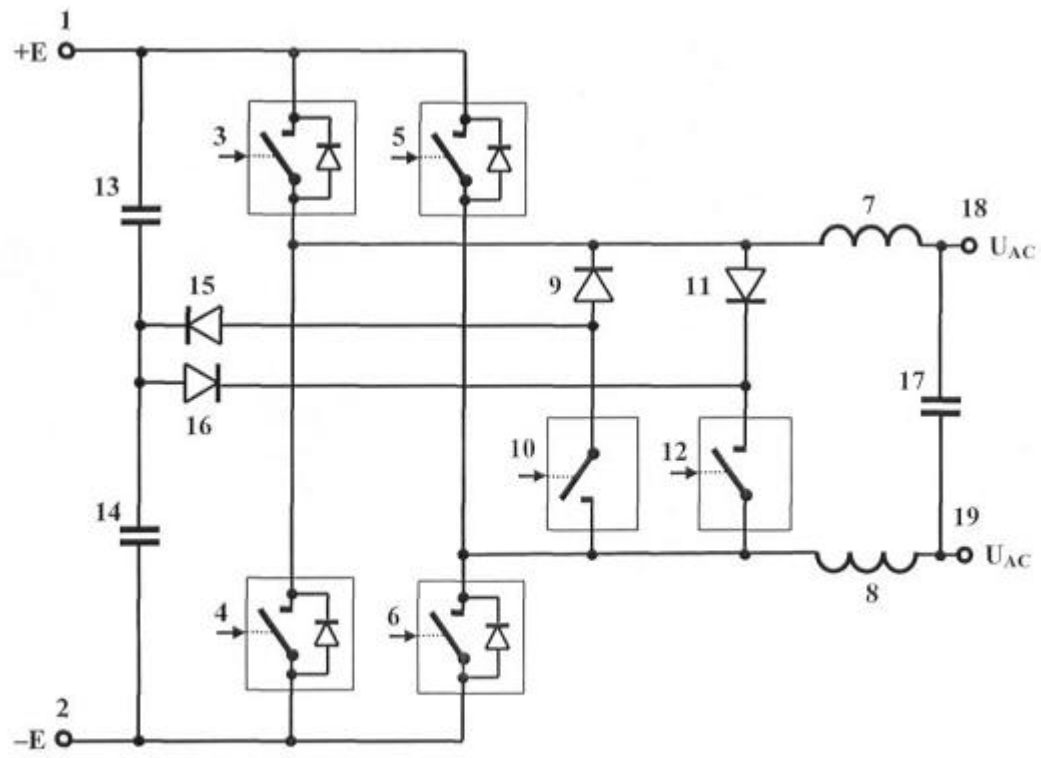
(21) Номер заявки:	u 2016 03205	(72) Винахідник(и):	Колосов Валерій Іванович (UA)
(22) Дата подання заявки:	28.03.2016	(73) Власник(и):	Колосов Валерій Іванович, вул. Гаврилова, 18, кв. 53, м. Запоріжжя, 69118 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель:	25.08.2016		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	25.08.2016, Бюл.№ 16		

(54) ПЕРЕТВОРЮВАЧ ПОСТІЙНОЇ НАПРУГИ В ЗМІННИЙ СТРУМ АБО НАПРУГУ

(57) Реферат:

Перетворювач постійної напруги в змінний струм або напругу містить керований міст, створений з чотирьох керованих односпрямованих ключів з антипаралельними діодами, виводи діагоналі живлення якого підключені, відповідно, до позитивного і негативного вхідних виводів, а кожен з двох виводів вихідної діагоналі моста через дросель з'єднаний з одним із двох вихідних виводів пристрою, між якими приєднаний фільтруючий конденсатор, два ланцюжки з послідовно з'єднаних розділового діода і керованого односпрямованого ключа, які підключені між одним і другим виводами вихідної діагоналі моста, та два послідовно з'єднаних конденсатора, вільні виводи яких підключені до позитивного і негативного вхідних виводів, а точка їх з'єднання підключена до перших виводів двох фіксуючих діодів з протилежними провідними напрямками. В ланцюжках розділові діоди мають між собою протилежні напрямки провідного стану. Провідні напрямки керованих односпрямованих ключів збігаються з провідними напрямками відповідних розділових діодів, ланцюжки підключені до одного з виводів вихідної діагоналі моста вільними виводами розділових діодів, а до другого виводу - вільними виводами односпрямованих ключів. До кожної точки з'єднання розділового діода і керованого односпрямованого ключа підключений другий вивід одного з фіксуючих діодів з напрямком провідного стану, протилежним провідному напрямку розділового діода.

UA 109673 U



Фиг. 2

Корисна модель належить до області електротехніки, а саме до перетворювальної техніки, і може використовуватися при створенні джерел вторинного електроживлення, при перетворенні енергії від вітрогенераторів і сонячних батарей та в інших пристроях силової електроніки.

Відомий перетворювач постійної напруги в змінний струм [1], (Фіг. 5), який містить керований міст, створений з чотирьох керованих односпрямованих ключів з антипаралельними діодами, виводи діагоналі живлення якого підключені, відповідно, до позитивного і негативного вхідних виводів. Кожен з двох виводів вихідної діагоналі моста через дросель з'єднаний з одним із двох вихідних виводів пристрою. Між виводами вихідної діагоналі керованого моста підключений випрямляючий міст з чотирьох діодів. До виводів вихідної діагоналі випрямляючого моста приєднаний керований односпрямований ключ. Між вхідними виводами живлення підключені два послідовно з'єднаних конденсатора, точка з'єднання яких підключена через два фіксуючі діоди до позитивного і негативного виводів вихідної діагоналі випрямляючого моста. При цьому напрямок провідного стану кожного з фіксуючих діодів протилежний напрямку провідного стану діодів випрямляючого моста в точці підключення.

Недоліком відомого перетворювача є збільшені статичні втрати потужності, тому що на стадії провідного стану керованого односпрямованого ключа в діагоналі випрямляючого моста втрати складаються з втрат в трьох елементах: в односпрямованому ключі і двох діодах. Крім того, комутація струму в випрямляючому мосту з односпрямованим ключем виконується на підвищеній частоті комутації односпрямованих ключів керованого місту, що невиправдано збільшує динамічні втрати потужності.

Найбільш близьким за технічною суттю та конструктивними ознаками до нового технічного рішення, що пропонується, є перетворювач постійної напруги в змінний струм або напругу [2] (Фіг. 1).

Перетворювач містить керований міст, створений з чотирьох керованих односпрямованих ключів A, B, C, D з відповідними антипаралельними діодами DA, DB, DC, DD, виводи діагоналі живлення якого підключені до позитивного 1 і негативного 2 вхідних виводів, два ланцюжки з послідовно з'єднаних розділового діода і керованого ключа DE-E і DF-F, які підключені між виводами 5, 6 вихідної діагоналі моста, два дроселі L_1 , L_2 , виводи кожного з яких підключені, відповідно, між одним з виводів 5, 6 вихідної діагоналі моста і одним з вихідних виводів 3, 4 пристрою та вхідний конденсатор C_1 , підключений між вхідними виводами 1, 2.

Недоліком відомого перетворювача є недостатній рівень зниження струму синфазної завади. В цьому пристрої зниження рівня синфазної завади досягається шляхом розірвання гальванічного зв'язку між вхідними і вихідними виводами на стадії неспроможного стану всіх односпрямованих ключів A, B, C, D. В цей час струм дроселів L_1 , L_2 замикається через один з ланцюжків DE-E або DF-F і таким чином вихідні виводи 3, 4 виявляються відокремленими від вхідних виводів 1, 2.

Але така відокремленість стає причиною розбіжності потенціалів між вхідною і вихідною частинами пристрою відносно загального потенціалу заземлення. Виникаюча різниця потенціалів заряджає паразитну ємність між цими частинами. Далі настає провідний стан односпрямованих ключів A, D або B, C з перезарядом паразитної ємності, який і формує струм синфазної завади.

Наявність струму синфазної завади потребує додаткових елементів фільтрації, що ускладнює пристрій та збільшує його габарити і вагу.

Задачею корисної моделі є зниження рівня струму синфазної завади шляхом взаємної фіксації потенціалів вхідної і вихідної частин перетворювача.

Поставлена задача досягається тим, що перетворювач постійної напруги в змінний струм або напругу містить керований міст, створений з чотирьох керованих односпрямованих ключів з антипаралельними діодами, виводи діагоналі живлення якого підключені, відповідно, до позитивного і негативного вхідних виводів, а кожен з двох виводів вихідної діагоналі моста через дросель з'єднаний з одним із двох вихідних виводів пристрою, між якими приєднаний фільтруючий конденсатор. Пристрій також містить два ланцюжки з послідовно з'єднаних розділового діода і керованого односпрямованого ключа, які підключені між одним і другим виводами вихідної діагоналі моста, та два послідовно з'єднаних конденсатора, вільні виводи яких підключені до позитивного і негативного вхідних виводів, а точка їх з'єднання підключена до перших виводів двох фіксуючих діодів з протилежними провідними напрямками.

Перетворювач відрізняється тим, що в ланцюжках розділові діоди мають між собою протилежні напрямки провідного стану, а провідні напрямки керованих односпрямованих ключів збігаються з провідними напрямками відповідних розділових діодів. Ланцюжки підключені до одного з виводів вихідної діагоналі моста вільними виводами розділових діодів, а до другого виводу - вільними виводами односпрямованих ключів, причому до кожної точки з'єднання

розділового діода і керованого односпрямованого ключа підключений другий вивід одного з фіксуючих діодів з напрямком провідного стану, протилежним провідному напрямку розділового діода.

Досягнення нового технічного результату полягає у тому, що:

- 5 - зрівнювання потенціалів вхідної і вихідної частин пристрою на кожному періоді комутації ключів забезпечується тільки двома фіксуючими діодами та новим розташуванням елементів в двох існуючих ланцюжках;
- відсутній вплив фіксуючих діодів на рівень статичних і динамічних втрат потужності в елементах пристрою, які зберігаються такими ж, як в прототипі;
- 10 - відсутня потреба елементів додаткової фільтрації синфазної завади.

На підставі вищевказаного можна зробити висновок, що сукупність суттєвих ознак, яка запропонована в формулі корисної моделі, є необхідною та достатньою для досягнення нового технічного результату.

- 15 Запропонований перетворювач (Фіг. 2) містить вхідні позитивний (+E) і негативний (-E) виводи 1, 2 для під'єднання джерела живлення, керований міст з чотирьох керованих односпрямованих ключів з антипаралельними діодами 3, 4, 5, 6, два дроселі 7, 8, два ланцюжки, перший з яких створений послідовним з'єднанням розділового діода 9 і керованого односпрямованого ключа 10, а другий - з розділового діода 11 і керованого односпрямованого ключа 12, два послідовно з'єднаних конденсатора 13, 14, два фіксуючих діоди 15, 16 та
- 20 фільтруючий конденсатор 17, підключений між вихідними (U_{AC}) виводами 18, 19.

Вивід діагоналі живлення моста, створений з'єднанням керованих односпрямованих ключів 3, 5, підключений до позитивного вхідного виводу 1, а вивід із з'єднанням односпрямованих ключів 4, 6 - до негативного вхідного виводу 2.

- 25 Вивід вихідної діагоналі моста, створений з'єднанням керованих односпрямованих ключів 3, 4, підключений через дросель 7 до одного вихідного виводу 18, а вивід із з'єднанням односпрямованих ключів 5, 6 - до другого вихідного виводу 19.

- В ланцюжках розділові діоди 9, 11, а також односпрямовані ключі 10, 12 мають між собою протилежний напрямок провідного стану. Ланцюжки підключені вільними виводами розділових діодів 9, 11 до одного виводу вихідної діагоналі моста, створеного з'єднанням керованих
- 30 односпрямованих ключів 3, 4, а вільними виводами односпрямованих ключів 10, 12 - до другого виводу із з'єднанням односпрямованих ключів 5, 6.

Вільні виводи послідовно з'єднаних конденсаторів 13, 14 приєднані до вхідних виводів 1, 2, а точка їх з'єднання підключена до перших виводів двох фіксуючих діодів 15, 16 з протилежними провідними напрямками.

- 35 Другий вивід фіксуючого діоду 15 підключений до точки з'єднання розділового діода 9 і керованого ключа 10, а другий вивід фіксуючого діоду 16 - до точки з'єднання розділового діода 11 і керованого ключа 12. При цьому провідні напрямки фіксуючого діоду 15 і розділового діода 9, а також фіксуючого діоду 16 і розділового діода 11 - протилежні.

На кресленнях приведені наступні зображення.

- 40 Фіг. 1 - схема пристрою, що використовується як прототип.

Фіг. 2 - схема запропонованого пристрою.

Фіг. 3 - часові діаграми, що пояснюють роботу запропонованого пристрою:

а - напруга (U_{AC}) на вихідних виводах 18, 19 запропонованого пристрою або напруга мережі змінного струму при приєднанні вихідних виводів до неї;

- 45 б - сигнали керування ключів 3, 6;
- в - сигнал керування ключем 10;
- г - сигнали керування ключів 4, 5;
- д - сигнал керування ключем 12;
- е - струми ключів 3, 6 і 4, 5;
- 50 ж - струми ключів 10 і 12;
- з - струм дроселів 7, 8.

Фіг. 4 - схема приєднання до перетворювача джерела живлення (сонячної батареї) і навантаження (мережі змінного струму).

- 55 Фіг. 5 - спрощена схема пристрою, яка пояснює зрівнювання потенціалів вхідної і вихідної частин на різних інтервалах комутації ключів: позитивна півхвиля напруги між вихідними виводами 18, 19 та інтервал провідного стану ключів 3, 6, 10.

Фіг. 6 - спрощена схема пристрою, яка пояснює зрівнювання потенціалів вхідної і вихідної частин на різних інтервалах комутації ключів: позитивна півхвиля напруги між вихідними виводами 18, 19 та інтервал провідного стану ключа 10.

Фіг. 7 - спрощена схема пристрою, яка пояснює зрівняння потенціалів вхідної і вихідної частин на різних інтервалах комутації ключів: негативна півхвиля напруги між вихідними виводами 18, 19 та інтервал провідного стану ключів 4, 5, 12.

Фіг. 8 - спрощена схема пристрою, яка пояснює зрівняння потенціалів вхідної і вихідної частин на різних інтервалах комутації ключів: негативна півхвиля напруги між вихідними виводами 18, 19 та інтервал провідного стану ключа 12.

Процес перетворення в запропонованому пристрої (Фіг.2) виконується шляхом передачі енергії від джерела живлення постійної напруги на вхідних виводах 1, 2 до виходів 18, 19, де відтворюється синусоїдальна форма струму або напруги. Цей процес складається з почергового формування позитивних і негативних півхвиль синусоїдальної форми.

При формуванні позитивної півхвилі вихідного струму (Фіг. 3а) ключі 4, 5, 12 встановлюються в непровідний стан (Фіг. 3г, 3д), ключ 10 - в провідний стан (Фіг. 3в), а ключі 3, 6 комутуються широтно-імпульсно-модульованим (ШИМ) сигналом з синусоїдальним законом керування (Фіг. 3б).

Кожен період комутації T складається з двох послідовних інтервалів t_1 і t_2 (Фіг. 3б). На першому інтервалі t_1 ключі 3, 6 переходять в провідний стан, завдяки чому відбувається накопичення енергії в дроселях 7,8 від джерела живлення за рахунок протікання наростаючого струму по колу: вхідний вивід 1, ключ 3, дросель 7, вихідний вивід 18, навантаження (не показано), вихідний вивід 19, дросель 8, ключ 6, вхідний вивід 2.

На другому інтервалі комутації t_2 (Фіг. 3б) ключі 3, 6 переходять в непровідний стан, чим припиняється струм від джерела живлення, а накопичена енергія дроселів 7, 8 виводиться спадаючим в них струмом по колу: вихідний вивід 19, дросель 8, ключ 10, діод 9, дросель 7, вихідний вивід 18, навантаження (не показано).

Формування негативної півхвилі вихідного струму (Фіг. 3а) відбувається аналогічним чином, але на цьому відрізку часу в непровідний стан встановлюються ключі 3, 6, 10 (Фіг. 3б, 3в), а ключі 4, 5 комутуються ШІМ сигналом з синусоїдальним законом керування (Фіг. 3г).

На першому інтервалі t_1 (Фіг. 3г) ключі 4, 5 знаходяться в провідному стані, а накопичення енергії в дроселях 7, 8 відбувається наростаючим струмом з протилежним ніж при позитивній півхвилі напрямком по тому ж колу за участю ключів 4, 5.

При переході ключів 4, 5 в непровідний стан на другому інтервалі комутації t_2 (Фіг. 3г) накопичена енергія дроселів 7, 8 виводиться спадаючим в них струмом того ж напрямку в колі, де задіяні ключ 12 і діод 11.

Для обох півхвиль змінної вихідної напруги теоретична форма струму через ключі 3, 6 і 4, 5 представлена на Фіг. 3е, а через ключі 10 і 12 - на Фіг. 3ж.

На Фіг. 3з наведена приблизна форма струму в дроселях 7, 8, який одночасно є вихідним струмом запропонованого пристрою.

У разі відтворення напруги синусоїдальної форми на виході перетворювача при активно-реактивному характері навантаження змінюється процес комутації ключів. При формуванні позитивних півхвиль додатково комутується ключ 12 сигналом інверсним по відношенню до ШІМ сигналу, яким керуються ключі 3, 6, а при негативних півхвилях - односпрямований ключ 10 комутується сигналом інверсним до керуючого ШІМ сигналу ключів 4, 5. Реактивний струм навантаження при провідному стані ключів 10, 12 накопичує енергію в дроселях 7, 8 і ця енергія повертається до джерела живлення струмом через антипаралельні діоди ключів 3, 6 або 4, 5.

Для розгляду процесів, зв'язаних з виникненням струму синфазної завади, звернемося до схеми підключення (Фіг. 4), в якій до вхідних виводів 1, 2 запропонованого перетворювача 21 приєднано джерело живлення (сонячна батарея) 20, а до вихідних виводів 18, 19 - навантаження у вигляді мережі змінного струму 22. Одна з ліній мережі традиційно приєднана до заземлення (GND), тому між виводами джерела живлення 20 і заземленням існують розподілені паразитні ємності 23, 24. Струм I_G , виникаючий в ємностях 23, 24 під впливом комутаційних процесів є струмом синфазної завади, який здатний порушити роботу інших зовнішніх пристроїв.

З метою спрощення аналізу механізму зниження струму синфазної завади поділимо умовно схему перетворювача (Фіг. 2) на вхідну і вихідну частини.

Вхідна частина містить елементи, зв'язані з вхідними виводами 1, 2: конденсатори 13, 14 та ключі 3, 4, 5, 6.

Вихідна частина складається з елементів, зв'язаних з вихідними виводами 18, 19, а саме, фільтруючого конденсатора 17, дроселів 7, 8 розділових діодів 9, 11 та ключів 10, 12.

Вхідна і вихідна частини з'єднуються фіксуючими діодами 13, 14.

Представимо на Фіг. 5 взаємодію вхідної 25 і вихідної 26 частин у вигляді чотирьох спрощених схем, де елементи з провідним станом замінені перемичками, а непровідні -

виключені. Для частоти комутації з періодом T вихідні виводи 18, 19 закорочуються фільтруючим конденсатором 17 і тому на схемах замкнуті перемичкою.

При формуванні позитивної півхвилі вихідного струму на інтервалі t_1 перемичками 3,6 (як провідним станом ключів 3, 6) (Фіг. 5) підключаються між вхідними виводами 1, 2 з напругою E послідовно з'єднані дроселі 7, 8. В умовах рівності індуктивності дроселів 7 і 8 на них виникає однакове падіння напруги $E/2$. Одночасно напруга живлення E поділяється в рівній пропорції між рівними по ємності паразитними конденсаторами 23, 24. В результаті різниця потенціалів між точкою з'єднання дроселів 7, 8, яка заземлена, і точкою з'єднання конденсаторів 23, 24 теоретично дорівнює нулю і струм синфазної завади відсутній.

На інтервалі t_2 перемичками 9, 10 (як провідним станом діода 9 і ключа 10), встановлюється (Фіг. 6) коло протікання струму дроселів 7, 8. При цьому потенціал точки з'єднання перемичок дорівнює потенціалу заземлених вихідних виводів 18, 19. З боку вхідних виводів 1, 2 різниця потенціалів між точками з'єднання конденсаторів 13, 14 і конденсаторів 23, 24 відсутня по причині рівного поділення ними напруги живлення E до рівня $E/2$.

В разі відсутності фіксуючого діода 15 (як у прототипі) вхідна 25 і вихідна 26 частини на інтервалі t_2 стають відокремленими і між точками з'єднання конденсаторів 13, 14 і перемичок діода 9 і ключа 10 за цей час виникає розбіжність потенціалів. На черговому інтервалі t_1 різниця потенціалів викликає перезаряд конденсаторів 23, 24 і виникнення струму I_G синфазної завади.

Наявність фіксуючого діода 15 (Фіг. 6) дозволяє у разі зниження потенціалу його катода відносно анода з'єднати на інтервалі t_2 вхідну 25 і вихідну 26 частини перетворювача провідним станом цього діода та запобігти розбіжності потенціалів.

При формуванні негативної півхвилі вихідної напруги на інтервалах t_1 (Фіг. 7) і t_2 (Фіг. 8) проходять аналогічні процеси. Відмінність полягає в тому, що на інтервалі t_1 перемичками 4, 5 інвертується струм дроселів 7, 8, який на інтервалі t_2 замикається перемичками діода 11 і ключа 12. Вхідна 25 і вихідна 26 частини перетворювача з'єднується провідним станом фіксуючого діоду 16 у разі збільшення потенціалу його аноду відносно катода.

В результаті потенціал вхідної 25 частини відносно заземлення в разі розбіжності коригується в напрямку збільшення на позитивній півхвилі і в напрямку зменшення на негативній півхвилі формування вихідного струму.

Таким чином, наявність фіксуючих діодів 15, 16, підключених до ланцюжків з новим розташуванням розділових діодів 9, 11 і відповідних ключів 10, 12, дозволяють підтримувати рівність потенціалів вхідної 25 і вихідної 26 частини перетворювача відносно заземлення на окремих інтервалах комутації в кожному періоді сформованого на виході синусоїдального струму або напруги. Досягнута рівність потенціалів забезпечує суттєву мінімізацію струму I_G синфазної завади.

Запропонований перетворювач має такі переваги:

- зниження рівня струму синфазної завади;
- зберігання рівня статичних і динамічних втрат потужності в елементах пристрою, такими ж, як в прототипі;

- відсутність потреби елементів додаткової фільтрації синфазної завади. Експериментальний зразок запропонованого перетворювача постійної напруги у змінну напругу виготовлений на Науково-виробничому підприємстві "Імпульс" (м. Запоріжжя). Проведено випробування зразку перетворювача з потужністю до 1000 Вт, яке підтвердило працездатність запропонованого пристрою та вказані переваги відносно прототипу.

Джерела інформації:

1. Tan Kheng Suan Freddy, Nasrudin A. Rahim, Wooi-Ping Hew Comparison and Analysis of Single-Phase Transformerless Grid-Connected PV Inverters // IEEE Transactions on Power Electronics, October, 2014. - Vol. 29, No. 10. - P. 5358-5369.

2. H. Schmidt, C. Siedle, and J. Ketterer Inverter for transforming a DC voltage into an AC current or an AC voltage // Europe Patent 1 369 985 (A2), May 15, 2003.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Перетворювач постійної напруги в змінний струм або напругу, що містить керований міст, створений з чотирьох керованих односпрямованих ключів з антипаралельними діодами, виводи діагоналі живлення якого підключені, відповідно, до позитивного і негативного вхідних виводів, а кожен з двох виводів вихідної діагоналі моста через дросель з'єднаний з одним із двох вихідних виводів пристрою, між якими приєднаний фільтруючий конденсатор, два ланцюжки з послідовно з'єднаних розділового діода і керованого односпрямованого ключа, які підключені між одним і другим виводами вихідної діагоналі моста, та два послідовно з'єднаних конденсатора, вільні

- 5 виводи яких підключені до позитивного і негативного вхідних виводів, а точка їх з'єднання підключена до перших виводів двох фіксуючих діодів з протилежними провідними напрямками, який **відрізняється** тим, що в ланцюжках розділові діоди мають між собою протилежні напрямки провідного стану, а провідні напрямки керованих односпрямованих ключів збігаються з провідними напрямками відповідних розділових діодів, ланцюжки підключені до одного з виводів вихідної діагоналі моста вільними виводами розділових діодів, а до другого виводу - вільними виводами односпрямованих ключів, причому до кожної точки з'єднання розділового діода і керованого односпрямованого ключа підключений другий вивід одного з фіксуючих діодів з напрямком провідного стану, протилежним провідному напрямку розділового діода.

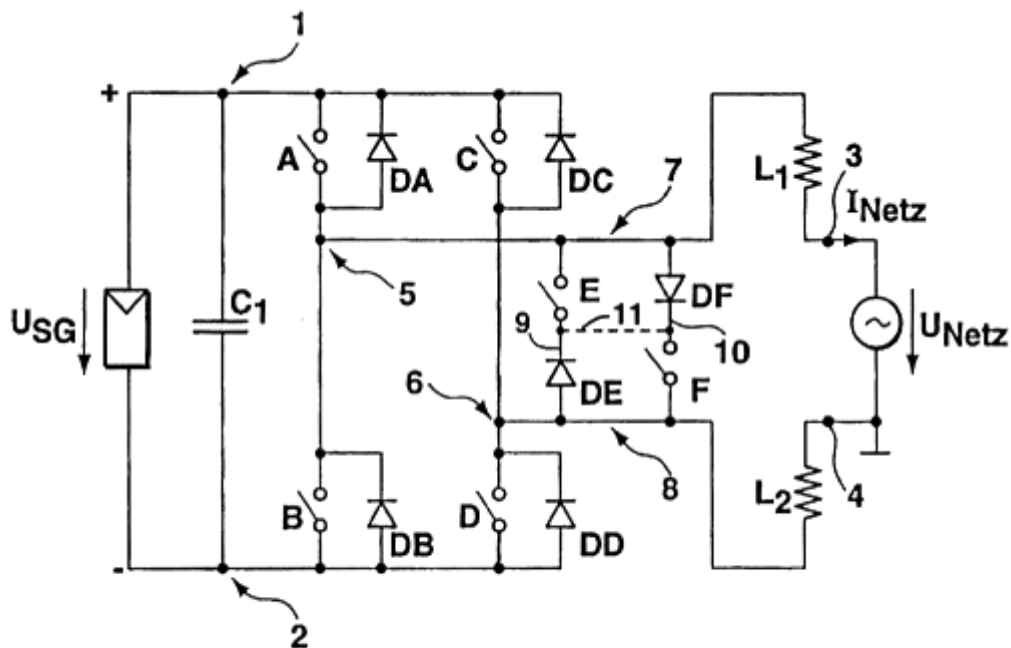
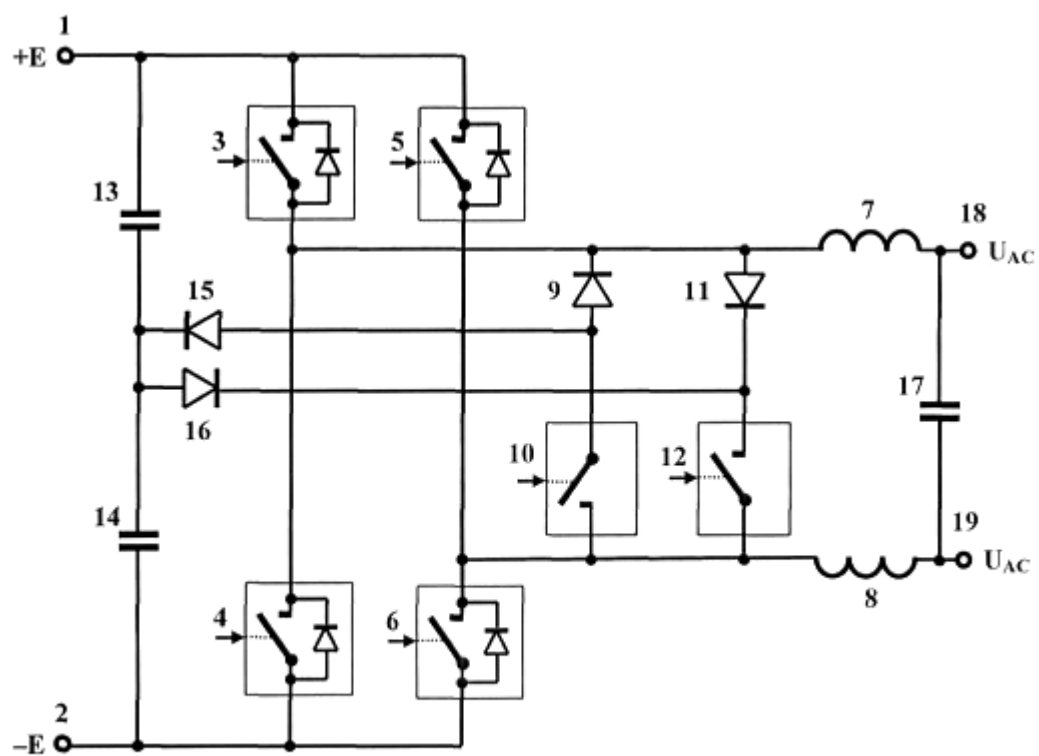
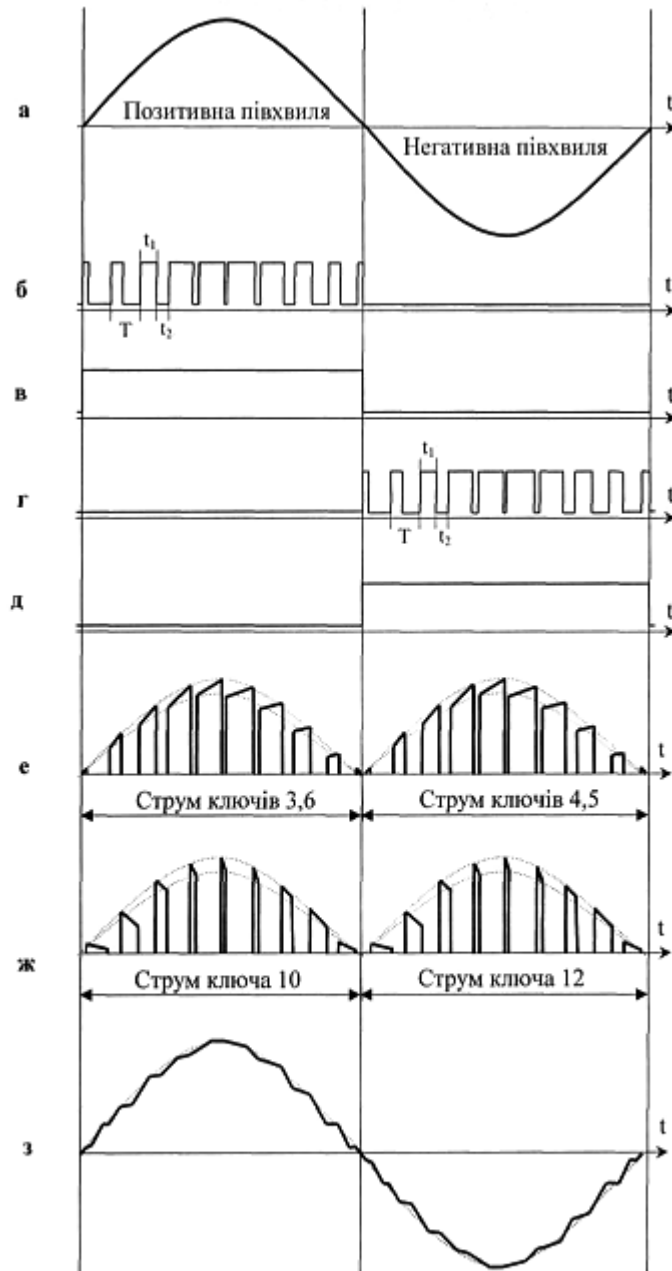


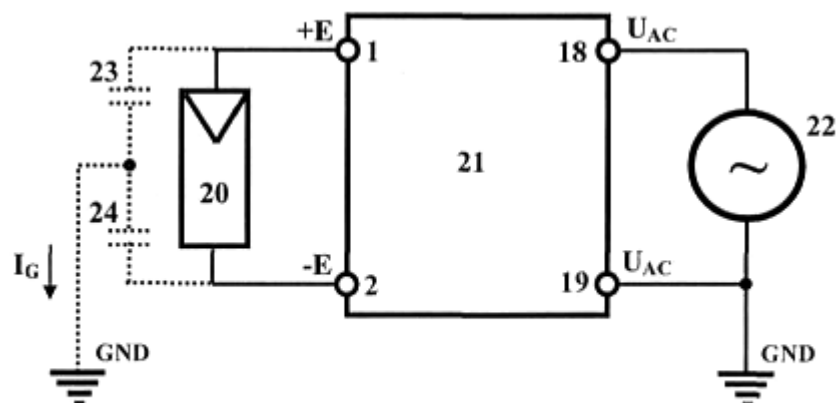
Fig. 1



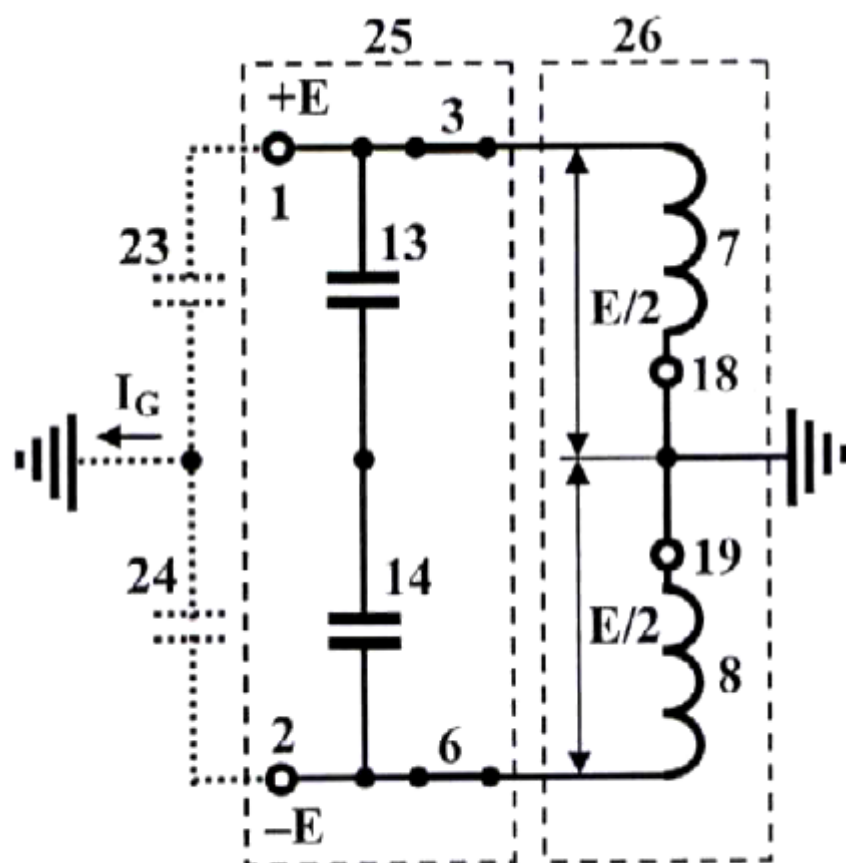
Фиг. 2



Фиг. 3



Φir. 4



Φir. 5

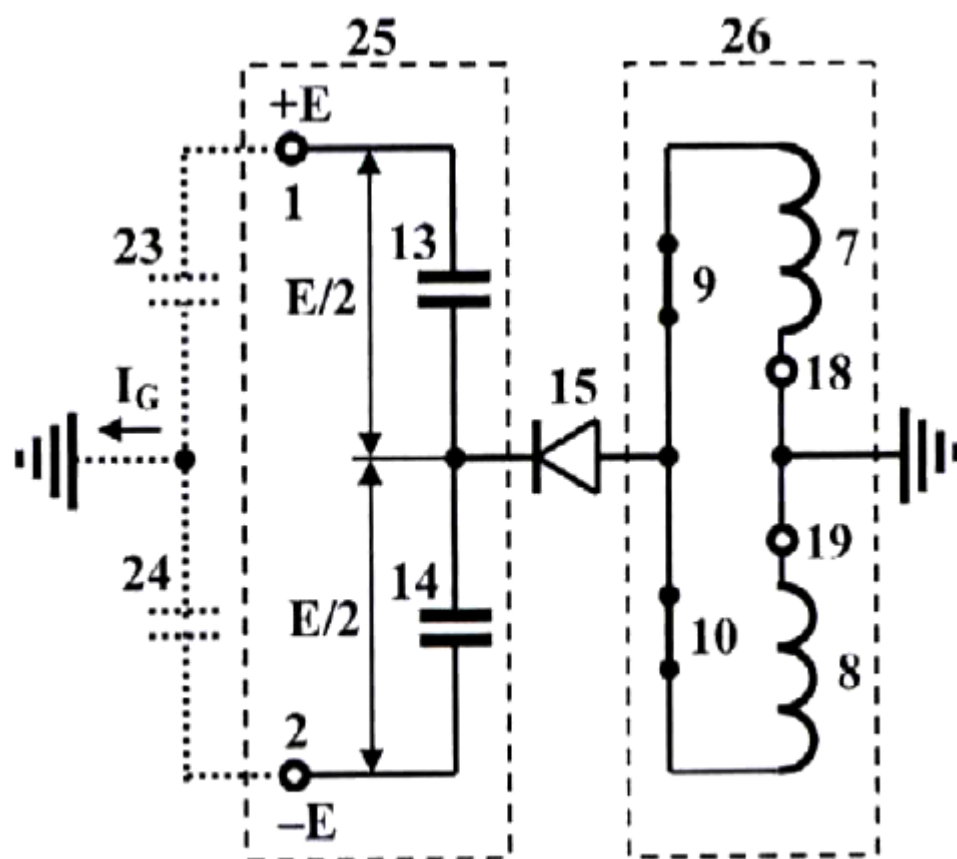


Fig. 6

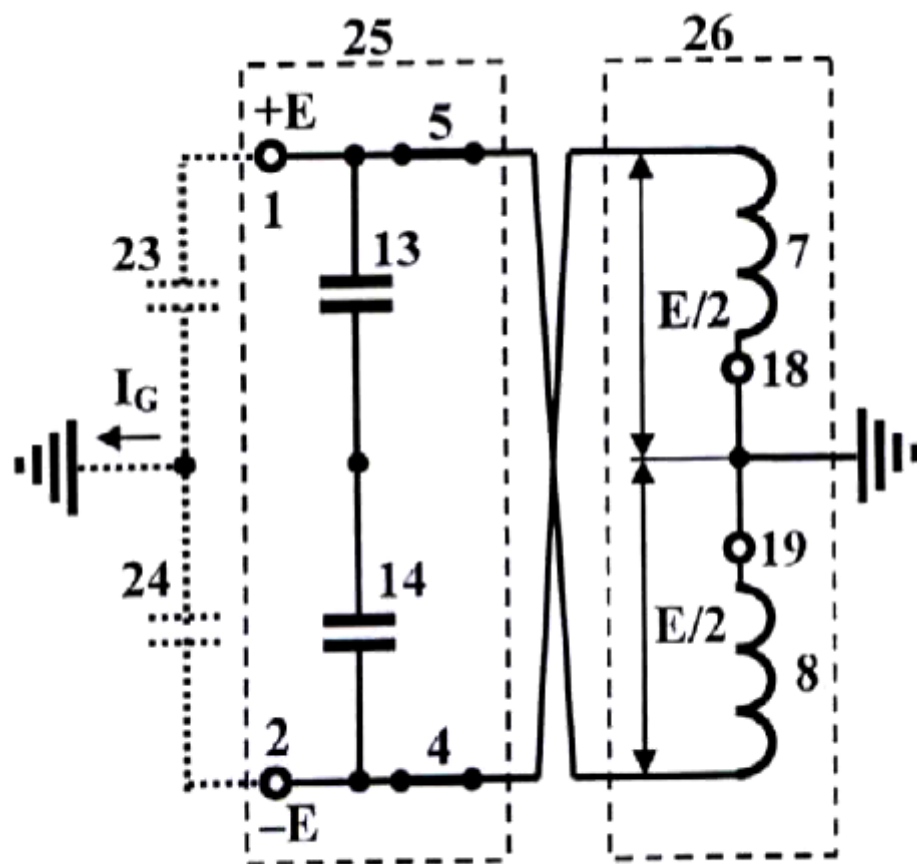
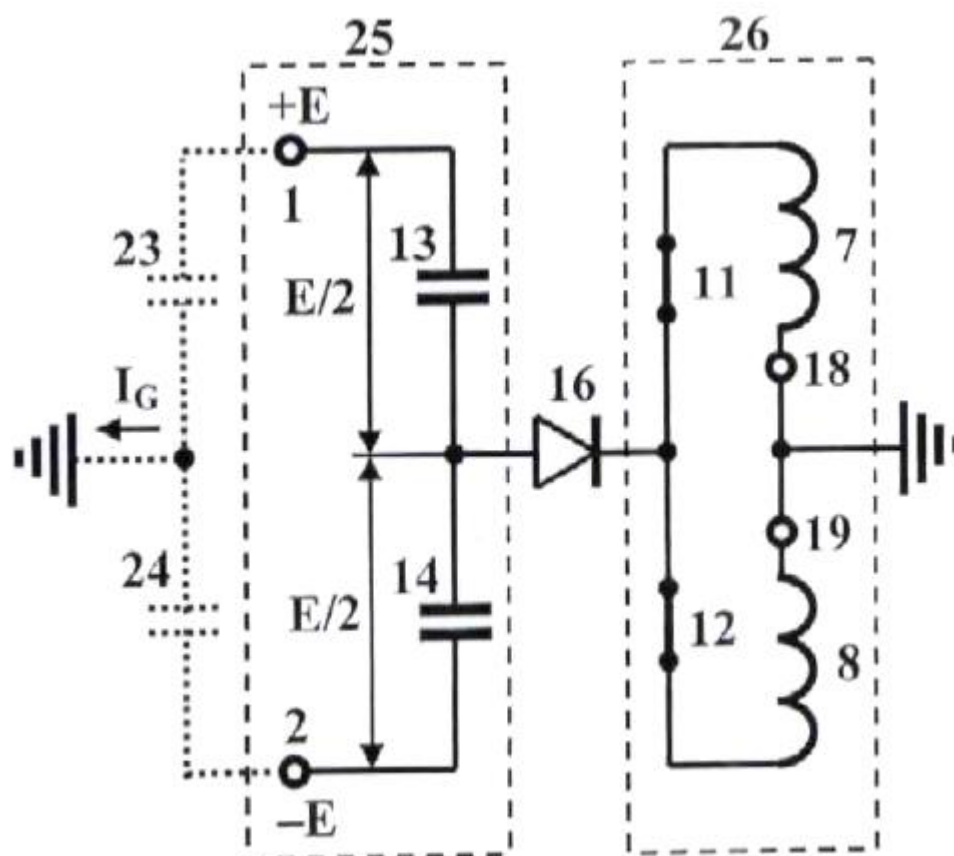


Fig. 7



Фиг. 8

Комп'ютерна верстка Л. Ціхановська

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

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