

НАПІВПРОВІДНИКОВІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ

УДК 621.314

DOI: <https://doi.org/10.15407/publishing2022.62.034>

РОЗВИТОК ПРИНЦИПІВ ПОБУДОВИ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ МАГНІТНО-НАПІВПРОВІДНИКОВИХ ІМПУЛЬСНИХ ПРИСТРОЇВ СИЛОВОЇ ПЕРЕТВОРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

В.В. Голубєв*, канд. техн. наук, **В.І. Зозульов****, канд. техн. наук,
Ю.В. Маруня***, канд. техн. наук, **А.І. Сторожук**

Інститут електродинаміки НАН України,
пр. Перемоги, 56, Київ, 03057, Україна
e-mail: dep8ied@ied.org.ua

Розглянуто на конкретних прикладах принципи побудови та вдосконалення магнітно-напівпровідникових пристроїв силової перетворювальної техніки з використанням комплексного синтезу їхніх елементів, ключів, вузлів та структур. Наведено переваги синтезованих напівпровідникових, магнітних та магнітно-напівпровідникових ключів; комбінованих випрямлячів однофазного живлення; автотрансформаторних багаторівневих інверторів напруги; перетворювачів напруги з буферним вузлом вхідного струму; вузлів компресії імпульсів із подвоєнням напруги та таких, що формують вихідні спеціалізовані імпульси; структури магнітно-напівпровідникового генератора імпульсів, зібраної із зазначених складових. Встановлено, що до цих переваг порівняно з відомими аналогами належать поліпшені ККД, якість вхідної електроенергії, ефективність використання імпульсного електроживлення навантаженнями, спрощення та розширення функціональних можливостей синтезованих об'єктів. У підсумку одержано матеріали, на основі яких визначено доцільним подальше використання та опрацювання представленої комплексного синтезу щодо інших об'єктів досліджень магнітно-напівпровідникових імпульсних пристроїв силової перетворювальної техніки. Бібл. 9, рис. 8.

Ключові слова: Магнітно-напівпровідниковий імпульсний пристрій, вузол компресії імпульсів, DC/DC перетворювач, комбінований випрямляч, комплексний синтез.

Вступ. Магнітно-напівпровідникові імпульсні пристрої (МНІП) силової перетворювальної техніки (ПТ) базуються на поєднанні в них ключів різних видів: напівпровідникових, магнітних та комбінованих із згаданих загальновідомих. Для розвитку та вдосконалення МНІП пропонуються оригінальні ключі цих трьох видів, а також представлено вдосконалені МНІП імпульсні пристрої. Ці об'єкти досліджень застосовуються за умов формування ними високовольтних (до 50 кВ), сильнострумів імпульсів мікро-та наносекундних діапазонів. Водночас МНІП мають порівняно низький ККД та погіршену електромагнітну сумісність (ЕМС) з джерелами їхнього живлення. До того ж для МНІП є проблемними питання щодо ефективного використання окремими їхніми споживачами електроімпульсного живлення. За підсумками авторських напрацювань у цьому напрямку досліджень визначено, що найбільш перспективним для МНІП є комплексна побудова їхніх структур із використанням елементів, ключів та вузлів, які попередньо підібрані та/або створені саме взаємодоповнюючими щодо досягнення найбільш прийнятної розвитку та вдосконалення МНІП, тобто, відповідно їхньому комплексному синтезу (КС). У цій роботі розглядаються вступні аспекти підходів, методів та засобів такого КС на прикладах їхньої реалізації та переваги перед відомими аналогами. *Актуальність роботи* визначається тим, що МНІП, широко застосовуючись в засобах сучасних електроімпульсних технологій, мають відносно низький ККД із пониженими відповідними показниками якості та погіршену ЕМС. Тому помітне поліпшення цих показників якості МНІП є своєчасним та необхідним.

Метою роботи є обґрунтування розвитку та вдосконалення МНІП силової перетворювальної техніки з використанням прикладів комплексного синтезу пропонувананих складових

вих МНП, реалізація якого сприятиме поліпшенню опрацьованих показників якості МНП, а також ефективності використання імпульсного електроживлення окремими навантаженнями МНП.

Обґрунтування та результати досліджень.

А. Вступні визначення комплексного синтезу (КС) стосовно проектування МНП. Такий КС є розвинутим та поліпшеним варіантом загальновідомого синтезу пристроїв силової перетворювальної техніки. Значення «синтез» – це процес об'єднання в одному об'єкті раніше відокремлених і різних компонентів. Наприклад таких, де функціонування складових об'єкта синтезу пов'язано з їхніми реконфігурацією, перебудовою чи декомпозицією. Для складових цих об'єктів не є обов'язковим їхній попередній підбір аналогічно комплексному синтезу. Це призводить до багатоваріантного пошуку найліпшого варіанта об'єкта синтезу, який не завжди є оптимальним. А за представленим комплексним синтезом об'єктів їхні складові обов'язково попередньо відібрані або/та заново створені саме взаємодоповнюючими між собою та в підсумку – для об'єкта синтезу в цілому. Це сприяє помітному поліпшенню функціональних можливостей та пріоритетних параметрів елементів, ключів, вузлів та структур МНП. Приклади використання такого комплексного синтезу відображаються представленими в цій роботі розробленими елементами, ключами та структурами МНП.

Б. Комплементарний транзисторний ключ з повним тиристорним керуванням.

Відома спрощена схемна модель регенеративного ключа, складеного з двох комплементарних транзисторів, який функціонує як тиристор [1]. Недоліком цього ключа є те, що він замикається тільки за зміни полярності силового струму та має більш високе спадання напруги в його провідному стані внаслідок протікання силового струму через два транзистори. На рис. 1 наведено доопрацьовану схему цього регенеративного ключа. У ній (+) є анодом А моделі тиристора, а емітер $VT2$ є його катодом К (-), емітер $VT1$ утворює четвертий електрод $+U_s$, призначений для підключення до нього сервісного джерела живлення напругою $+U_s$. Такий ключ визначено як VTS -транзистор з повним (щодо його увімкнення-вимкнення) тиристорним керуванням. Внаслідок зазначених змін досягаються нові властивості біполярного VTS -транзистора ($VTS-BT$): силовим транзистором залишається тільки $VT2$, а $VT1$ стає слабкострумовим; $VTS-BT$ включається та виключається короткими слабкострумовими сигналами в будь-який момент його функціонування зі збереженням регенеративності цього ключа; за інших рівних умов спадання напруги на $VTS-BT$ зменшується до $\approx 30 \dots 50\%$. Крім того, є можливість замінити біполярний силовий транзистор $VT2$ на польовий або $IGBT$ -транзистор, що помітно збільшує частотні можливості $VTS-MOS$, $VTS-IGBT$. Макети в дискретному виконанні цих трьох видів ключів пройшли випробування й підтвердили свою працездатність як автономно, так і в складі зарядного вузла магнітно-напівпровідникового генератора імпульсів (МНГІ). На науково-технічні рішення щодо цих ключів одержано відповідні патенти України на винахід (№119343 Н03К 17/60, №134858 Н03К 17/00), а також розглянуто їхнє порівняння та основні переваги відносно тиристорів та GTO -тиристорів.

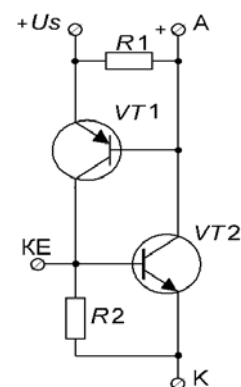


Рис. 1

В. Комплементарний транзисторний ключ, що має чотири електроди (патент №118904 Н03К 17/00). На рис. 2 наведено змінену макромодель $IGBT$ -транзистора з чотирма електродами, два з яких підключено до датчика R_d та баластного резистора R_b . За таких умов створений потенціал зміщення $+E_{зм}$ компенсує частково спадання напруги на транзисторі $VT2$. Завдяки цьому спадання напруги на силовому транзисторі $VT1$ знижується в межах до $\approx 0,5 \dots 0,8$ В порівняно з $IGBT-3L$.

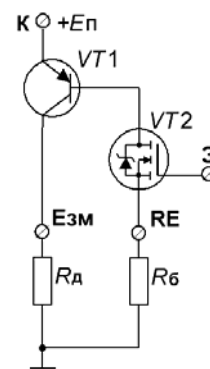


Рис. 2

Г. DC/DC перетворювачі з буферним вузлом (БВ) вхідного струму. У цьому перетворювачі (рис. 3) постійної напруги (ППН) об'єднано буферний вузол із поздовжнім транзисторним ключем ППН. За результатами такого комплексного синтезу досягнуто: унеможливлення після розі-

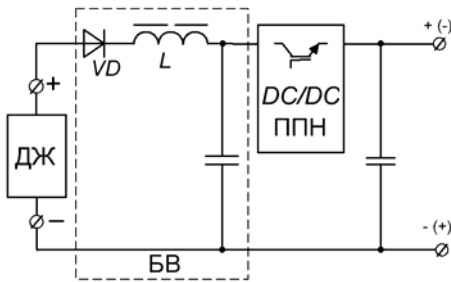


Рис. 3

мкнення ключа ППН обриву його вхідного струму та стрибка напруги на виході ППН; поліпшення якості електроенергії на виході ППН та зменшення динамічних втрат енергії на його ключі. Досліджено також два варіанти знижувальних DC/DC перетворювачів, у яких осердя буферного вузла об'єднане з осердям перетворювачів, та підвищувальний DC/DC перетворювач з буферним вузлом вхідного струму, поздовжнім ключем ППН і додатковим дроселем (патент №138357 Н02К 3/00).

Д. Автотрансформаторний двозонний регулятор змінної напруги. При регулюванні змінної напруги особливе місце займають широкодіапазонні перетворювачі змінної напруги і струму, тому що їхні високі техніко-економічні показники (точність стабілізації, швидкодія, якість вихідної енергії) суперечать їхнім високим масо-габаритним показникам та мінімальній вартості. Усунення цієї суперечності залежить від оптимального вибору структури силової частини, алгоритму керування та елементної бази перетворювача.

Точність стабілізації та якість вихідної енергії змінного струму вимагають використання силових схем, що дають змогу розділяти весь діапазон регулювання на зони, в межах яких може здійснюватися точне та якісне регулювання напруги вгору та вниз від номінального її значення або від напруги мережі. З цією метою зазвичай застосовуються трансформатори, що працюють на основній частоті [2–4] або на підвищеній – типу модулятор-демодулятор [5]. Перші мають великі маси та габарити, а другі (типу електронного трансформатора) – ще й підвищену складність.

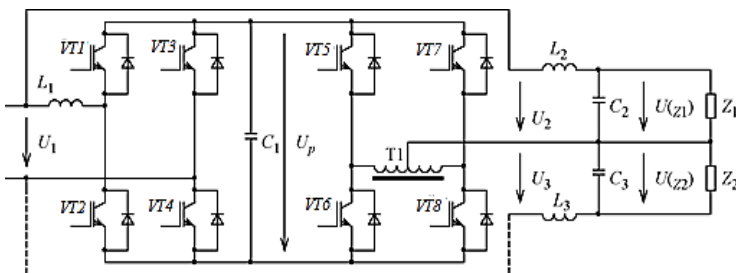


Рис. 4

На рис. 4 наведено пропонувану принципову схему силової частини двозонного (трирівневого) перетворювача змінної напруги інверторного типу, побудованого на основі високо-частотного автотрансформатора з мінімально можливою кількістю ключових елементів.

Крім автотрансформатора Т1 з середньою точкою перетворювач містить реверсивний випрямляч (РВ) зі зворотними транзисторами $VT1 \dots VT4$, інвертор (ІН) на транзисторах $VT5 \dots VT8$ зі зворотними діодами, вхідний дросель $L1$ і буферний конденсатор $C1$ проміжної ланки (ПЛ). На рис. 4 також показано рівноцінні варіанти підключення одного або двох одночасно вихідних фільтрів $L2, C2$ та $L3, C3$ з подальшим під'єднанням до них будь-якого виду (активних, реактивних) навантажень $Z1$ та $Z2$.

Автотрансформатор Т1 з середньою точкою дає змогу додатково створити третій рівень, внаслідок чого весь діапазон імпульсного регулювання розділяється на дві зони, що сприяє суттєвому підвищенню якості вихідної енергії та точності регулювання вихідної напруги (струму). РВ може виконувати кілька функцій: скидати (рекуперувати) в мережу зайву енергію навантаження (здійснювати безпосередній зв'язок проміжної ланки з мережею), формувати вхідний струм, підвищувати або формувати напругу ПЛ пульсуючої або постійної напруги. Якщо РВ працює в режимі підвищення напруги ПЛ, весь діапазон і зони регулювання пропорційно розширюються. Крім того, у цьому режимі рівень підвищення напруги ПЛ і розширення зон регулювання може змінюватися протягом періоду напруги мережі за будь-яким законом.

Транзистори $VT3, VT4$ реверсивного випрямляча включаються по черзі з частотою мережі в усіх режимах роботи регулятора. Транзистори $VT1, VT2$ перемикаються в РВ із частотою мережі в знижувальному режимі роботи регулятора та з підвищеною частотою – у режимі підвищення напруги.

Вхідний дросель $L1$ необхідний для роботи регулятора в підвищувальному режимі та з метою обмеження пускового струму. Буферний конденсатор $C1$ служить для накопичення енергії та передачі її на навантаження в режимі підвищення напруги, попереднього прийому енергії від навантаження та скидання її в мережу в режимі рекуперації, а також часткового згладжування пульсацій напруги ПЛ.

На рис. 5 і 6 наведено результати моделювання трирівневого регулятора в режимі зниження напруги. На часових діаграмах показано наступні епюри: сигнали управління верхніми за схемою транзисторами $VT1, VT3, VT5, VT7$ (нижні мають інверсні сигнали управління відносно верхніх), вхідна напруга $U1$ (напруга мережі) і напруга на затискачах автотрансформатора $UT1$, напруга проміжної ланки UP , вихідні напруги $U2, U3$ та напруги на навантаженнях $U2(Z1), U3(Z2)$. Якщо алгоритм керування транзисторами $VT5, VT7$ замінити алгоритмом керування транзисторами $VT6, VT8$ і навпаки, то поміняються місцями епюри вихідних напруг і напруг на навантаженнях.

Зміна шпаруватості сигналів керування цими транзисторами призводить до збільшення напруги на затискачах одного з навантажень і пропорційного зменшення напруги на інших, тому що сума цих напруг дорівнює напрузі мережі $U(Z1)+U(Z2)=U1$. За рівності шпаруватостей обидві напруги складають половину напруги мережі $U(Z1) = U(Z2) = (U1) / 2$.

Описаний вище двозонний перетворювач змінної напруги може бути використаний як джерело реактивної потужності, якщо до одних вихідних затискачів під'єднати навантаження індуктивного характеру, а до других – ємнісного.

Застосування подібних структур багатозонного перетворення напруг і струмів доцільно й при живленні від джерел постійного струму.

Залежно від параметрів вихідної напруги джерела живлення цей регулятор доцільно вводити в структуру (див. далі на рис. 8) замість блоків 1 та 2.

Е. Комбіновані випрямлячі (КВ) однофазного електроживлення (патент № 120400 Н02М 7/00). Варіанти КВ базуються на синтезі схем випрямлення Латура та Греца – керованих та некерованих. За результатами такого синтезу досягнуто покращення таких основних показників: підвищення випрямленої напруги мережі ~ 220 В із можливістю її регулювання в межах $\approx 300\dots 600$ В; формування в зазначених межах заданих для КВ їхніх зовнішніх характеристик – від властивих для схеми Греца до спецнавантажень. Крім того, керовані КВ спроможні оптимально підключатись до відновлюваних джерел електроживлення (ВДЕ), стабілізувати їхню напругу та напругу мережі. Водночас збільшення напруги за допомогою КВ удвічі співрозмірно збільшує ККД пристроїв, що живляться від КВ. До того ж КВ має рівні зі схемою випрямлення Греца обмеження щодо споживання потужності від однофазної мережі.

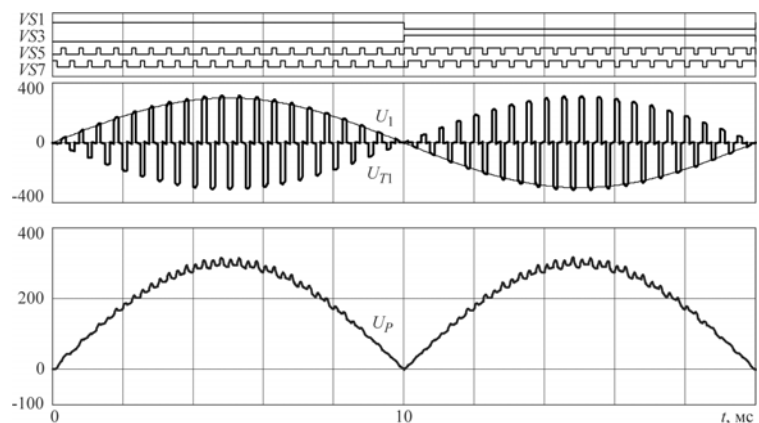


Рис. 5

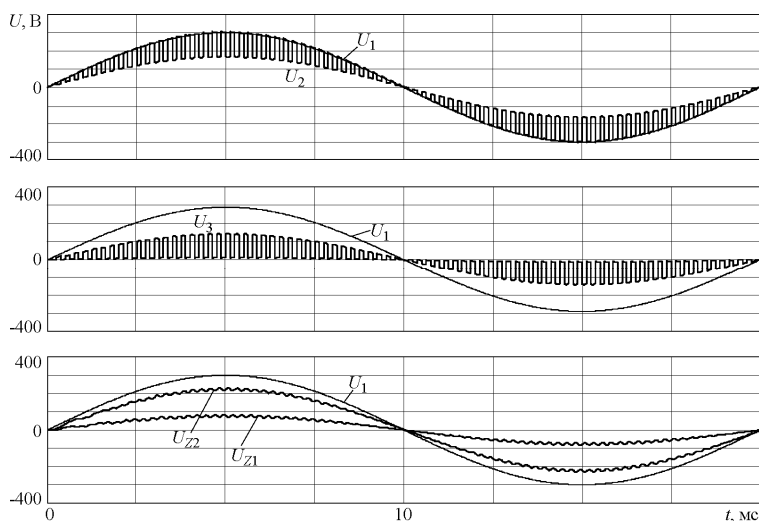


Рис. 6

Ж. Вузол компресії імпульсів з подвоєнням напруги (ВКІ-2U). У цьому вузлі (рис. 7) підвищувальний перетворювач напруги ($L1, VT1$) об'єднаний з перезарядним ВКІ ($VT2, VD, C2, C3, L2$). Ключ $VT1$ перетворювача використовується також для ВКІ, а струм дроселя $L2$ після запирання ключа $VT1$ замикається через існуючі елементи ВКІ – $C3, w1(T), VD$, тобто без введення додаткових елементів. Такий підхід у цілому спрощує синтезований ВКІ-2U порівняно з відомим аналогом [6], водночас він має більші функціональні можливості вдвічі збільшувати напругу – за допомогою підвищувального ППН та з подальшим її подвоєнням розглянутим вузлом. Крім того, за допомогою ключів $VT1, VT2$ досягається регулювання (стабілізація) напруги на виході ПН та первинній обмотці трансформатора Т. У підсумку

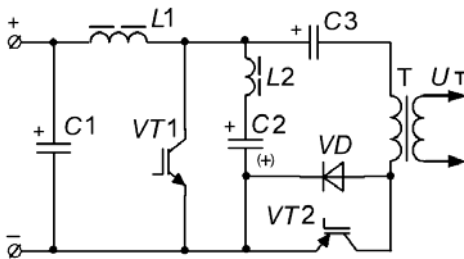


Рис. 7

ВКІ-2U вигідно застосовувати в першому вузлі МНГІ, що сприяє підвищенню ККД, спрощенню найбільш затратного трансформатора Т, зменшенню ємності накопичувальних конденсаторів до ($C2, C3$ на рис. 7) та після трансформатора Т. Це в свою чергу дає змогу збільшити компресію імпульсів струму, сформованих МНГІ, та мінімізувати його ВКІ.

3. Магнітно-напівпровідникові ключі (МН-ключі). Магнітні та напівпровідникові ключі (М- та Н-ключі) мають свої переваги та недоліки в певних умовах застосування.

За умови їхнього об'єднання в одному МН-ключі вони взаємодоповнюють один одного таким чином, що варіанти МН-ключів мають нові позитивні властивості. МН-ключі є першоосновою МНПП, які за своєю специфікою застосовуються в тих сферах, де вони є найбільш вигідними щодо інших пристроїв силової ПТ. Крім систематизації раніше запропонованих МН-ключів [6], розглянуто їхні нові варіанти в поєднанні з переривниками струму. Ці ключі є ефективними при формуванні мікро-та наносекундних імпульсів в високовольтних ланках МНПП.

И. Магнітно-напівпровідникові вузли (МН-вузли) та пристрої (МН-пристрої) на основі МН-ключів. Вищезазначені властивості МН-ключів сприяють цілеспрямованому та результативному синтезу МН-вузлів та МН-пристроїв силової ПТ. Як приклад реалізації КС розглянуто основні з них:

1) регулятор напруги змінного струму (патент № 124091 Н02М 5/00). За його реалізації досягається новий результат: при повному керуванні вхідної напруги, напруга на навантаженні за своєю формою мінімально відрізняється від вхідної; кількість керованих напівпровідникових ключів зменшено з чотирьох (як у відомих аналогів [7]) до двох;

2) варіанти магнітно-діодних (дросельних і трансформаторних) уніполяризаторів ("випрямлячів") біполярних імпульсів. За їхньої реалізації досягається новий результат – більш вигідно "випрямляти" біполярні високовольтні (10...20 кВ і більше) імпульси мікро- та наносекундної тривалості з елементами: два дроселі та один діод ($2L+VD$) або два трансформатори та один діод ($2T+VD$), що більш доцільно, ніж у схемах із чотирма діодами ($4VD$), як у відомих аналогів [7]. Причому за умов більш високих напруг і особливо великих потужностей варіант $2L+VD$ або $2T+VD$ є практично безальтернативним;

3) МН-інвертор компресійних імпульсів [6]. Тут за допомогою лише одного силового напівпровідникового ключа (НП-ключа), двох дросельних магнітних ключів (М-ключів) та двох слабкострумівих ключів формуються біполярні компресійні імпульси. Відомі рішення аналогів [7] передбачають використання чотирьох силових НП-ключів або двох НП-ключів з двома конденсаторами, а також ВКІ.

І. Приклад комплексного синтезу структури магнітно-напівпровідникового генератора імпульсів (МНГІ) – високовольтних мікро- та наносекундних діапазонів. Для представлення розвитку принципів побудови та вдосконалення МНГІ згідно з авторською роботою [8] та з розглянутими вище рішеннями, на рис. 8 наведено структурну схему МНГІ з поліпшеною ефективністю щодо його основних параметрів та навантаження.

На рис. 8 позначено: 1 – комбінований випрямляч Латура-Греца (ЛГ); 2 – перетворювач DC/DC напруги (ППН); 3 – вузол компресії імпульсів з подвоєнням напруги (ВКІ- $2U$) та з ключем VTS ; 4 – імпульсний трансформатор T_i ; 5 – вузол компресії імпульсів з двообмотковим дроселем (ВКІ- $L/2w$); 6 – ВКІ, що формує цуг із двох вихідних імпульсів (ВКІ-Ц/2I); 7 – навантаження Н у вигляді газорозрядної трубки (ГРТ) лазера на парах міді (ЛПМ) та інших лазерів на парах металів (ЛПМт).

МНГІ за структурною схемою, зображеною на рис. 8, пропонується в основному для збудження ЛПМ та ЛПМт, для яких цуг із двох імпульсів є найбільш радикальним щодо під-

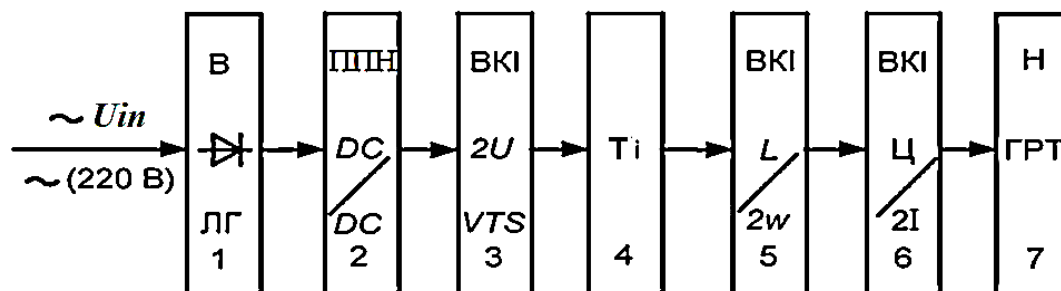


Рис. 8

вищення їхнього ККД [9]. За певного масштабування електричних параметрів цього МНГІ рекомендується його застосування для інших нових електроімпульсних технологій [6]. Враховуючи переваги вузлів 1–6 та їхнє об'єднання за принципами комплексного синтезу в блок-схемі (рис. 8), її реалізація передбачає найсприятливіший розвиток та удосконалення МНГІ за їхніми інтегральними показниками включно з підвищенням ККД, якості вхідної електроенергії, ефективності використання імпульсного електроживлення ЛПМ, ЛПМт та інших засобів сучасних електроімпульсних технологій.

Висновки. Щодо розглянутих елементів, вузлів, пристроїв та структури МНГІ визначено спільні для них властивості, які побудовані на основі комплексного синтезу (КС). Об'єкти КС мають бути обов'язково взаємодоповнюючими з урахуванням пріоритетних для КС показників (параметрів, функцій тощо), причому таким чином, щоб були досягнуті нові та/або покращені показники. З'ясовано відмінності функціонування, нові та покращені показники якості синтезованих ключів, вузлів, структур пристроїв: 1) транзистор з повним тиристорним керуванням (VTS) має тільки один силовий транзистор (біполярний, $IGBT$, польовий) зі зменшеним спаданням напруги до $\approx 30\dots 50\%$ та керується (увімкнено – вимкнено) слабко-струмовими короткими сигналами; 2) магнітно-напівпровідникові ключі (МН-ключі) є найбільш вигідними й навіть безальтернативними при формуванні потужних високовольтних імпульсів мікро- та наносекундної тривалості; 3) комбіновані випрямлячі однофазного живлення (наприклад, від мережі ~ 220 В) спроможні підвищувати вихідну напругу в межах $\approx 300\dots 600$ В згідно з заданими зовнішніми характеристиками практично для всіх можливих навантажень та сприяють підвищенню ККД цих навантажень; 4) DC/DC перетворювачі напруги з буферним вузлом вхідного струму та автотрансформаторні двозонні регулятори напруги сприяють покращенню якості вхідної та вихідної електроенергії й зменшенню динамічних втрат на їхніх ключах; 5) вузли компресії імпульсів з двообмотковими дроселями (ВКІ- $2Lw$), з подвоєнням напруги (ВКІ- $2U$) та з ключем VTS сприяють підвищенню ККД МНГІ; 6) структура МНГІ, що побудована з використанням вищезгаданих ключів та вузлів, відповідає найсприятливішому розвитку принципів побудови та удосконаленню МНГІ за його інтегральними показниками включно з підвищенням ККД, якості вхідної електроенергії, ефективності використання імпульсного електроживлення навантаженнями та в підсумку – спрощенню МНГІ. Визначено доцільність та подальший напрямок розвитку комплексного синтезу пристроїв силової перетворювальної техніки.

Роботу виконано за держбюджетною темою «Дослідження та розробка спеціалізованих магнітно-напівпровідникових імпульсних пристроїв силової електроніки та засобів їх живлення від відновлювальних джерел енергії порівняної потужності та зі смарт-керуванням» (шифр «Домен-2»), КПКВК 6541030.

1. Ирвинг М. Готтлиб. Источники питания. Инверторы. Конвертеры. Линейные и импульсные стабилизаторы. Пер. с англ. М.: Постмаркет, 2002. 544 с.
2. Singh D. Hoft R.G. Microcomputer Controlled Single Phase Cy. IEEE transactions on industrial electronics and control instrumentation. Vol. IECI-2., No 3. August 1978. DOI: <https://doi.org/10.1109/TIECI.1978.351558>
3. Патент RU 142160, опубл. 20.06.2014. Бюл. №17.
4. Патент RU 2680146 C1, опубл. 18.02.2019. Бюл. № 5.
5. Кобзев А.В. Многозонная импульсная модуляция. Теория и применение в системах преобразования параметров электрической энергии. Новосибирск: Наука, 1979. 304 с.
6. Волков И.В., Зозульов В.И., Шолох Д.А. Магнитно-полупроводниковые устройства преобразовательной техники. К.: Наук. Думка, 2016. 230с.
7. Сенько В.І., Панасенко М.В., Сенько Є.В., Юрченко М.М., Сенько Л.І., Ясінський В.В. Електроніка і мікросхемотехніка. Том 4. К.: Каравела, 2012. 641 с.
8. Волков І.В., Зозульов В.І., Голубев В.В., Пашченко В.В. Сторожук А.І. Оптимізація структурних вузлів магнітно-напівпровідникових імпульсів. *Пр. Ін-ту електродинаміки НАН України*. 2019. Вип. 46. С. 65–74. DOI: <https://doi.org/10.15407/publishing2019.53.065>
9. Герасимов В.А., Герасимов В.В. Исследование лазера на парах меди при накачке цугами затухающих синусоидальных импульсов возбуждения. *Журнал техн. физики*. 2011. Вып. 1. С. 153–156. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1063784211010105>

DEVELOPMENT OF CONSTRUCTION PRINCIPLES AND IMPROVEMENT OF MAGNETIC-SEMICONDUCTOR PULSE DEVICES OF POWER CONVERSION TECHNOLOGY

V.V. Golubev, V.I. Zozulev, Yu.V. Marunia, A.I. Storozhuk

Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine,
pr. Peremohy, 56, Kyiv, 03057, Ukraine e-mail: dep8ied@ied.org.ua

The principles of construction and improvement of magnetic-semiconductor devices of power converter technology using a complex synthesis of their elements, keys, nodes, and structures are considered in specific examples. The advantages are presented: synthesized semiconductor, magnetic and magnetic-semiconductor switches; combined single-phase power supply rectifiers; autotransformer multilevel voltage inverters; voltage converters with input current buffer node; pulse compression units with voltage doubling and generating special output pulses; the structure of a magnetic-semiconductor pulse generator assembled from the indicated components. It is shown that these advantages in comparison with known analogs include improved efficiency, quality of input electricity, efficient use of pulsed power supply by loads, simplification, and expansion of the functionality of the synthesized objects. As a result, materials were obtained. It was determined that it would be expedient to use and develop the presented complex synthesis concerning other objects of research of magnetic-semiconductor pulse devices of power converter technology. Ref. 9, fig. 8.

Keywords: Magnetic-semiconductor pulse device, pulse compression unit, DC/DC converter, combined rectifier, complex synthesis

1. Irving M. Gottlieb. Power sources. Inverters. Converters. Linear and impulse stabilizers. Per. from English. Moskva: Postmarket, 2002. 544 p.
2. Singh D. Hoft R.G. Microcomputer Controlled Single Phase Cy. IEEE transactions on industrial electronics and control instrumentation. Vol. IECI-25. No 3. August 1978. DOI: <https://doi.org/10.1109/TIECI.1978.351558>
3. Patent RU 142160, publ. 06/20/2014. Bull. No 17. (Rus)
4. Patent RU 2680146 C1, publ. 18.02.2019. Bull. No 5. (Rus)
5. Kobzev A.V. Multizone pulse modulation. Theory and application in systems for converting electrical energy parameters. Novosibirsk: Nauka, 1979. 304 p. (Rus)
6. Volkov I.V., Zozulov V.I., Sholokh D.A. Magnetic-semiconductor devices of converting technology. Kyiv: Nauk. dumka, 2016. 230 p. (Ukr)
7. Senko V.I., Panasenko M.V., Senko E.V., Yurchenko M.M., Senko L.I., Yasinsky V.V. Electronics and microcircuit engineering. Volume 4. Kyiv: Karavela, 2012. 641 p. (Ukr)
8. Volkov I.V., Zozulov V.I., Golubev V.V., Pashchenko V.V., Storozhuk A.I. Optimization of structural units of magnetic-semiconductor pulses. *Pratsi Instytutu Elektrodynamiky Natsionalnoi Akademii Nauk Ukrainy*. 2019. Vol. 46. Pp. 65–74. (Ukr) DOI: <https://doi.org/10.15407/publishing2019.53.065>
9. Gerasimov V.A., Gerasimov V.V. Investigation of a copper vapor laser pumped by trains of damped sinusoidal excitation pulses. *Zhurnal tekhn. fiziki*. 2011. Iss. 1. Pp. 153–156. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1063784211010105> (Rus)

Надійшла: 07.07.2022

Прийнята: 10.07.2022

Submitted: 07.07.2022

Accepted: 10.07.2022