

**ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ ДВОНАПРЯМЛЕНИХ ЗАРЯДНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ  
ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ КОНЦЕПЦІЇ ДВОСТОРОННЬОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБМІНУ  
«VEHICLE –TO - GRID» У РАЗІ ПІДКЛЮЧЕННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ  
ДО ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ ЗАГАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

**А.Ф. Жаркін<sup>1\*</sup>**, чл.-кор. НАН України, **В.О. Новський<sup>1\*\*</sup>**, докт. техн. наук,  
**О.П. Западничук<sup>2</sup>**, канд. наук з держ. упр., **В.В. Мартинов<sup>1\*\*\*</sup>**, канд. техн. наук

<sup>1</sup> Інститут електродинаміки НАН України,

пр. Перемоги, 56, Київ, 03057, Україна,

e-mail: [novsky@ied.org.ua](mailto:novsky@ied.org.ua)

<sup>2</sup> Секція прикладних проблем НАН України,

вул. Володимирська, 54, Київ, 01030, Україна

*Розглянуто основні аспекти побудови потужного двонапрявленого зарядного перетворювача для реалізації концепції двостороннього енергетичного обміну «Vehicle-to-grid» («V2G») у разі підключення електромобільного транспорту до електричної мережі загального призначення з метою забезпечення передачі електроенергії від розподільної мережі до тягових акумуляторних батарей електромобілів і гібридів для їхнього зарядження, та в зворотному напрямку – від батарей в зовнішню електричну мережу для вирівнювання добового графіка навантаження. Наведено основні технічні рішення зазначеного двонапрявленого перетворювача у складі потужних зарядних станцій електромобілів і гібридів. Бібл. 9, рис. 3, табл. 1.*

**Ключові слова:** електромобіль, тягова акумуляторна батарея, зарядна станція, двонапрявлений перетворювач, електрична мережа.

**Вступ.** Перехід на масове використання електромобілів (ЕМ) – глобальний світовий тренд, зокрема, це стосується й України, де на 01.01.2020 рік за даними МВС України зареєстровано 18401 ЕМ і 17638 гібридів. Про швидкі темпи зростання їхньої кількості в країні свідчить той факт, що у 2018 році було придбано 5,3 тис. ЕМ – майже вдвічі більше, ніж роком раніше. У зв'язку з цим потребують значного розвитку мережі зарядних станцій (ЗС), які дозволятимуть ефективно експлуатувати дані транспортні засоби по всій території України. Міністерство інфраструктури України з 2019 року працює над інноваційними проектами створення мережі швидких зарядних станцій в діапазоні потужностей від 50 кВт до 150 кВт на автомагістралях Харків-Київ-Львів-Чоп та Київ-Одеса-Рені [1].

Сьогодні практично всі ЕМ мають реальний міжзарядний пробіг близько 150 км, що задовольняє їхніх власників у разі експлуатації електромобілів в міських умовах або ж у невеликій віддаленості від міста з урахуванням однієї з головних переваг ЕМ – можливості рекуперації енергії під час гальмування. Інша ситуація виникає у випадках експлуатації ЕМ на міжміських трасах, де в даний час єдиним реальним способом забезпечення ефективного зарядження тягової акумуляторної батареї (ТАБ) електромобілів є установка станцій «швидкої зарядки» по шляху руху ЕМ. Такі ЗС, наприклад, «Tesla Supercharger» потужністю 135 кВт (для ЕМ «Tesla» з ТАБ напругою 400 В і енергоємністю 90 кВт•год), можуть заряджати протягом 20 хвилин ТАБ до 50% від його максимальної енергоємності струмом зарядження 337,5 А, за 40 хвилин – до 80% струмом зарядження 270 А, а інші 20% часу зарядження розтягуються на більший термін задля підвищення надійності роботи ТАБ [2].

© Жаркін А.Ф., Новський В.О., Западничук О.П., Мартинов В.В., 2020

ORCID ID: \* <https://orcid.org/0000-0001-5996-0901>; \*\* <https://orcid.org/0000-0003-3857-7027>;

\*\*\* <https://orcid.org/0000-0003-2184-0394>

В останні роки у світі достатньо широко впроваджується сучасна концепція енергетичного обміну «*Vehicle-to-grid*» (*V2G*) або «електромобіль - в - мережу», яка передбачає підключення електромобілів до загальної мережі не тільки для підзарядки тягової акумуляторної батареї, але і для відбору та передачі «зайвої» електроенергії ТАБ в розподільну мережу [3, 4]. Концепція «*V2G*» дозволяє використовувати ТАБ електромобілів і гібридів як розподілену систему збереження (накопичення) електроенергії, тобто ТАБ може використовуватись як для накопичення енергії у періоди високого рівня генерації енергії у системі, так і постачання її у мережу в періоди низького рівня генерації. У цьому випадку у власників ЕМ під час використання «*V2G*» з'являється можливість продавати електроенергію в енергосистему в години, коли ЕМ не використовується, і заряджати його в години, коли електроенергія дешевша, оскільки у багатьох країнах (у т.ч. і в Україні) вартість електроенергії залежить від часу доби і відповідним чином тарифікується. *V2G*-концепція зараз широко розвивається у США («*Google*», «*Tesla*»), Англії та Японії («*Nissan*», «*Enel*») та інших країнах [5-7].

З урахуванням сучасного рівня і перспектив розвитку, в першу чергу, акумуляторобудування та його перспектив в напрямку значного збільшення кількості зарядно-розрядних циклів, наприклад, літій-йонних, літєвих і гелевих акумуляторів та їхнє здешевлення, а також відповідної оптимізації «зеленого» тарифу для відновлюваної енергетики, зазначена концепція є прийнятною у цілому і для України. Слід зазначити, що «*Vehicle-to-grid*» дає змогу інтегрувати ЕМ в електромережі та, зокрема, підвищити частку використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). У цьому випадку є можливість підключати ТАБ електромобіля до власного будинку, наприклад, «інтелектуального» та використовувати таке з'єднання для безперебійного електроживлення будинку або офісу.

Основною ланкою системи «*V2G*» є двонапрявлений зарядний перетворювач (ДНЗП), який дозволяє змінювати напрямок передачі електроенергії: або від накопичувача електроенергії – ТАБ електромобіля до трифазної мережі, або навпаки – від мережі до ТАБ. Відомі двонаправлені перетворювачі (ДНП) використовуються, в основному, в системах накопичення енергії (СНЕ) згідно концепції «*Energy Storage System*» для балансування режимів електричних мереж, зокрема, з ВДЕ.

На сьогодні існує багато топологій побудови інверторів ДНП, одну з яких наведено на рис. 1. Практично всі такі топології можна об'єднати загальною властивістю, а саме – вони є інверторами напруги, оскільки їхні силові перемикаючі елементи підключені до проміжної мережі постійного струму, що потребує специфіки комутації силових перемикаючих елементів.

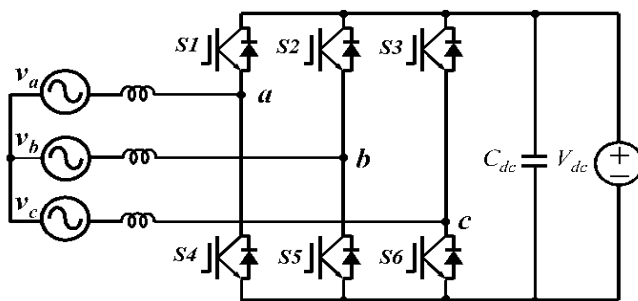


Рис. 1

Через кінцеву швидкодію останніх (транзисторів і діодів), що працюють з насиченням, їхній час вимикання зазвичай завжди більше часу включення. Оскільки комутація транзисторів і діодів в стійці мостового інвертора відбувається одночасно, можуть існувати значні проблеми, пов'язані з виникненням наскрізних струмів під час порушення режиму модуляції або збоїв у роботі від впливу потужних електромагнітних завад та ін. Для виключення критичних режимів роботи силових перемикаючих елементів ДНП з живленням від джерела постійної напруги, необхідно викорис-

товувати спеціальні алгоритми управління, що унеможлиблює виникнення наскрізних струмів, або використовувати структури побудови силового перетворювача, які здатні запобігати виникненню аварійних режимів з вище означених причин.

В роботі [8] показано застосування перетворювачів даного типу (рис. 1) як інтерфейсу між мережею змінного струму і накопичувачем енергії для керування двонаправленим потоком енергії, причому він також може підтримувати потік реактивної енергії.

В ІЕД НАН України вже було створено трифазний інверторний модуль ДНП потужністю 300 кВт, що призначений для застосування у складі СНЕ в електричних мережах з СЕУ під час використання літій-залізо-фосфатних акумуляторних батарей великої енергоємності, технічні характеристики якого відповідають світовому рівню. Величина і напрямок передавання енергії, якої обмінюється СНЕ і електрична мережа, визначається сигналами, що формуються системою управління ДНП, а зміна напрямку передачі енергії відбувається за рахунок переводу його трифазного інвертора в інверторний або в випрямний режим [9].

**Мета роботи** полягає у розробленні потужного двонапрявленого зарядного перетворювача з високими енергетичними показниками задля забезпечення електромагнітної сумісності в системі електропостачання загального призначення для практичної реалізації концепції двостороннього енергетичного обміну «*Vehicle-to-grid*» під час підключення електромобілів до розподільної мережі для забезпечення ефективної передачі енергії від неї до тягової акумуляторної батареї електромобіля та у протилежному напрямку.

**Матеріали досліджень.** В роботі пропонується застосовувати в системах «*V2G*» модифікований варіант зазначеного трифазного інверторного модуля ДНП з удосконаленою силовою частиною та новими алгоритмами управління з урахуванням, зокрема, іншої концепції побудови трифазного двонапрявленого інвертора та специфічних режимів «зарядження – розрядження» ТАБ електромобілів під час роботи зазначених ДНЗП.

На рис. 2 наведено структурну схему силової частини ДНЗП, що складається з двох основних вузлів: двонапрявленого підвищувально-знижувального перетворювача напруги (ПЗПН) і трифазного інвертора напруги (ТІН). Перший з них необхідний для формування зарядного струму ТАБ під час його зарядження та узгодження рівня постійної напруги ТАБ з шиною живлення інвертора при її розрядженні, а другий – перетворює за допомогою ПЗПН постійну напругу ТАБ на трифазну напругу в режимі передачі електроенергії до мережі, або навпаки – здійснює зарядження ТАБ у режимі відбору енергії від електричної мережі низької та середньої напруг.

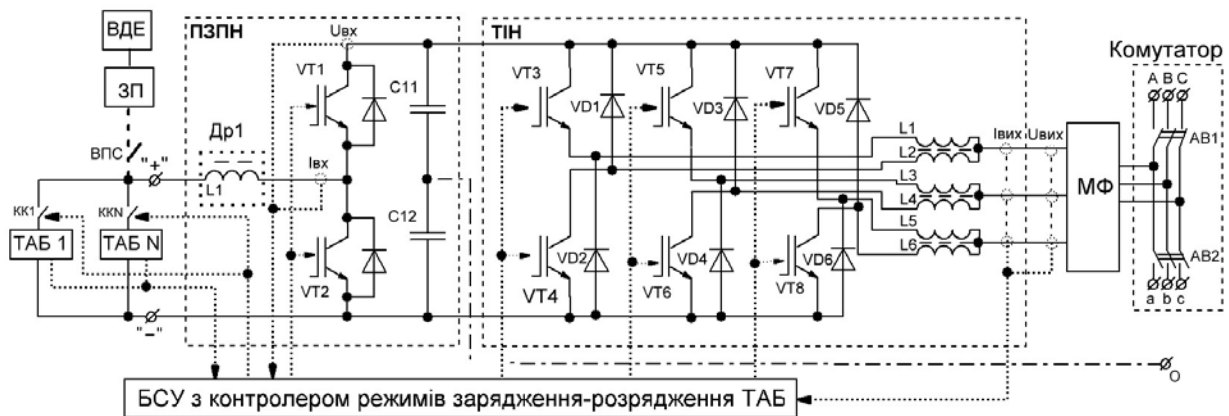


Рис. 2

Особливістю схемного рішення такого ТІН є те, що він виконаний на основі трифазного несиметричного інвертора, який складається з трьох напівмостових двотактних несиметричних інверторів з двообмотковими магнітозв'язаними дроселями  $L1 - L6$ , що не змінюють напрямку магнітного потоку у разі перемагнічування вихідного підвищувального трансформатора, та має дві головні позитивні якості: по-перше, усуваються наскрізні струми, оскільки силові ключі не підключено послідовно в кожному фазному плечі; по-друге, розсіювання енергії в процесі зворотного відновлення силового ключа значно скорочується, оскільки не існує контуру протікання струму через внутрішній діод силових ключів.

У такому двонапрявленому інверторі через те, що в ланку постійного струму послідовно з транзисторами напівмостового інвертора включено струмообмежувальні дроселі, у разі відключення інвертора вимикаються відповідні діоди  $VD1--VD6$  та здійснюється ефективне обмеження струму під час коротких замикань у навантаженні ТІН, тобто енергія, накопичена в дроселях, повертається у вхідний конденсатор  $C1$  повз первинне коло вихідного підвищувального трансформатора, не розсіваючись в тепло і не підтримуючи його струм. Двонапрявлений ТІН працює як активний випрямляч з примусовим формуванням синусоїдального струму, коли енергія передається від мережі змінного струму до джерела постійного струму, та навпаки – генерує трифазну систему напруг, коли енергія передається від ТАБ електромобіля до розподільної мережі [9].

ДЗНП містить трифазний міст, зібраний на *IGBT*-модулях з інтегрованими швидкодіючими зворотними діодами, має дроселі на стороні постійного і змінного струмів та забезпечує: двосторонній обмін енергією з мережею; близький до синусоїдального вхідний струм трифазної мережі; мож-

ливість отримання близького до одиниці коефіцієнта потужності; регулювання і стабілізацію напруги (струму) для зарядження ТАБ. Автоматичні вимикачі (АВ1-АВ2), вимикач постійного струму (ВПС) та керовані ключі (КК) призначені для перемикання кіл змінного і постійного струму, а зарядний пристрій (ЗП) заряджає за необхідності ТАБ від ВДЕ. Для додаткового забезпечення ЕМС слугує мережевий фільтр (МФ) – трифазний дволанковий «синусний»  $LC$ -фільтр, що поліпшує сумарний коефіцієнт гармонічних спотворень (або  $THD_I$ ). Комутатор необхідний для підключення ДЗНП через підвищувальний трансформатор 0,4/6 -10 кВ до мережі середньої напруги та/або додаткової мережі низької напруги.

Напруга ТАБ конвертується двонапрямленим ПЗПН в стабілізовану підвищену напругу проміжної шини (700 В) з ємнісним накопичувачем, яка служить буфером між пульсуючою вихідною і постійною вхідною напругою. Завдяки його достатньо великій ємності ДЗНП має високу миттєву перевагуювальну спроможність і нечутливість вихідної напруги до перехідних процесів у навантаженні. Ключі обох перетворювачів комутуються на частоті 20 кГц, а введення фіксованої затримки на включення транзистора після його відключення, що раніше проводив струм, додатково гарантує відсутність наскрізних струмів в стійці моста. Ця обставина є особливо цінною під час проектування інверторів з підвищеними вимогами до електромагнітної сумісності, тому що високочастотні завади, які формуються в паразитних ємностях та індуктивностях монтажу за наскрізних струмів, у цьому випадку відсутні.

Багатофункціональна система управління (БСУ) складається з блоку управління  $IGBT$ -модулів та їхнього захисту, блоку контролерів режимів роботи і температури силових модулів та ін. Контролер режимів «зарядження–розрядження ТАБ» здійснює в режимі «online» моніторинг значень його вхідних і вихідних режимних параметрів, а також відповідних параметрів ТАБ для оптимізації процесів зарядження–розрядження ТАБ. До складу пристроїв БСУ входить універсальний керуючий контролер, що забезпечує реалізацію алгоритмів управління, блоки зворотних зв'язків трифазного інвертора і ПЗПН. Блоки вимірювання і перетворення узгоджують сигнали з датчиків струму та напруги і вхідні рівні сигналів контролера режимів, а також його вихідні і вхідні сигнали для драйверів силових ключів. Крім того, БСУ має багатофазні ШІМ-модулятори, блок формування еталонного сигналу і синхронізації. У зв'язку з тим, що вимірюються миттєві та діючі значення струмів і напруг, а також завдяки застосуванню спеціально розроблених алгоритмів управління в колі зворотного зв'язку, в залежності від вимірюваних сигналів досягається більша швидкодія системи управління. Завдання параметрів і візуалізація вимірюваних значень здійснюються за допомогою індикаторів контролера режимів і температури силових модулів, водяне охолодження – за витрат води у середньому 12 л/хв. в номінальних режимах роботи.

Режим зарядження ТАБ і акумулювання енергії відбувається шляхом випрямлення напруги мережі та регулювання значення її зарядного струму. Для передачі реактивної енергії різниця фазового кута між струмом і напругою повинна знаходитись в межах від нуля до 180 ел. град. Тому ДЗНП не тільки дозволяє змінювати напрямок передачі електроенергії залежно від режиму роботи, але і виконує функцію активного коректора коефіцієнта потужності (АККП) для підвищення його значення практично до одиниці та забезпечення електромагнітної сумісності споживачів мережі. На виході трифазного інвертора в обох напрямках передачі енергії формуються струми практично синусоїдальної форми (значення СКГС або  $THD_I$  становить менше 3%) при забезпеченні одночасно з високим ККД необхідних параметрів якості електроенергії на стороні розподільної мережі.

На рис. 3, а наведено осцилограми кривих струмів мережі в кожній з фаз інвертора експериментального зразку ДЗНП в одному з робочих режимів (струм зна-

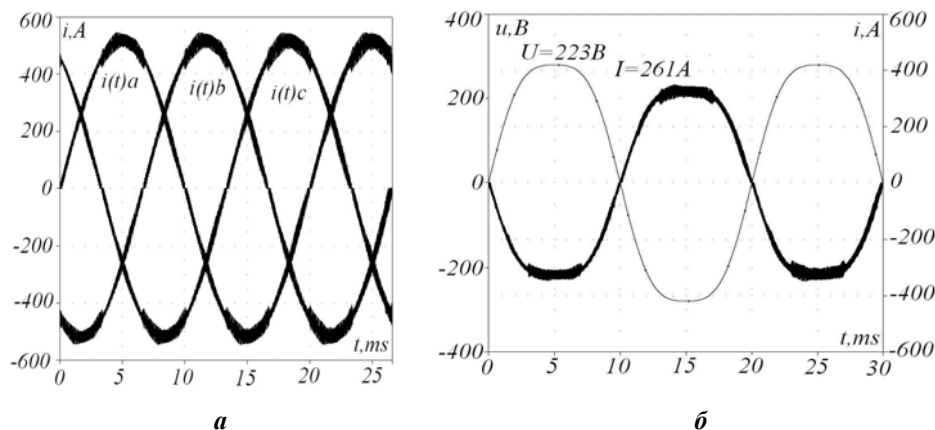


Рис. 3

ходиться у фазі з напругою мережі, що відповідає передачі енергії від мережі до інвертора під час зарядження ТАБ і діючому значенні струму мережі у 370 А).

На рис. 3, б наведено осцилограми кривих струмів і напруги мережі (струм знаходиться у протифазі з напругою мережі, що відповідає передаванню енергії від ТАБ за допомогою інвертора до низьковольтної мережі) за діючих значень фазної напруги 223 В і струму 261 А та роботі ДНЗП на локальну електромережу (ЛЕМ) обмеженої потужності (розподільний трансформатор типу ТМ-160/10/0,4) за наявності вираженої третьої гармоніки з огляду на підключення до фідерів ЛЕМ суттєво нелінійних навантажень.

У таблиці наведено основні технічні показники розробленого експериментального зразку ДНЗП на боці змінного (з.с.) та постійного (п.с.) струмів.

Параметри ДНЗП на боці з.с.	
$P_{\text{НОМ}}$	275 кВт
$U_{\text{НОМ}}$	230/400 В+10%-15%
$I_{\text{НОМ}}$	700 А
$f_{\text{НОМ}}$	50 Гц +2%/-4%
СКГС ( $THD_i$ )	$\leq 3\%$
ККД при $P_{\text{НОМ}}$	$\geq 98\%$
Power factor	$\geq 0,99$
Параметри ДНЗП на боці п.с.	
$U_{\text{НОМ}}$	400 В
$I_{\text{МАКС}}$	700 А

На основі запропонованого технічного рішення силової частини та системи управління з програмним забезпеченням у складі експериментального зразку ДНЗП (за необхідності можлива комплектація розробленим блоком комунікації з системою SCADA, яка слугує для забезпечення роботи ДНЗП в режимі реального часу під час збору, оброблення, відображення та архівування інформації про режими електричної мережі) можна вже на сьогодні розробити відповідні технічну і конструкторську документацію для створення дослідного зразка ДНЗП, який буде значно дешевим від світових аналогів таких пристроїв при досягненні кращих технічних характеристик, що дасть змогу сприяти розвитку та поширенню в Україні зазначеної концепції «Vehicle-to-grid». У цьому випадку енергетичні компанії отримують можливість істотно підвищити ефективність

функціонування енергосистеми, короткочасно використовуючи накопичену енергію ТАБ для згладжування пікового навантаження добового графіка енергоспоживання в системах розподілу середньої та низької напруги. Це буде сприяти стабільній роботі енергосистеми, зокрема, з урахуванням генерації енергії від ВДЕ за наявності достатньо високих «зелених» тарифів на таку електроенергію, яка, зокрема, постачається від тягових акумуляторних батарей електромобілів і гібридів з метою забезпечення для їхніх власників відповідної рентабельності у разі реалізації даної концепції.

Необхідно зазначити, що розроблений ДНЗП можна ефективно застосовувати не тільки для реалізації концепції «V2G», а також у складі потужних зарядних станцій – для швидкого зарядження ТАБ електромобілів і гібридів від електричної мережі загального призначення аналогічно, наприклад, ЗС «Tesla Supercharger», але із забезпеченням у двічі більших значень зарядних струмів та, відповідно, значно менших значень часу зарядження ТАБ.

### Висновки.

Запропоновано для практичної реалізації концепції двостороннього енергетичного обміну «Vehicle-to-grid» застосувати розроблений в ІЕД НАН України потужний двонапрявлений зарядний перетворювач, який забезпечує передачу енергії до тягових акумуляторних батарей електромобілів під час їхнього зарядження від розподільної мережі, а також у протилежному напрямку – від батарей у зовнішню електричну мережу, короткочасно використовуючи накопичену енергію в ТАБ для згладжування пікового навантаження в енергосистемі.

Наведено основні технічні рішення силової частини і багатофункціональної системи управління запропонованого двонапрявленого зарядного перетворювача з високими енергетичними показниками для зарядження і розрядження тягових акумуляторних батарей електромобілів і гібридів із забезпеченням електромагнітної сумісності в системі електропостачання загального призначення.

*Роботу виконано за рахунок коштів бюджетного відомчого замовлення НАН України (КПКВК 6541030): наукова робота №: ПП-27-17 “Розробка теоретичних засад і рекомендацій по створенню високоефективних систем заряду накопичувачів енергії електромобільного транспорту з урахуванням вимог забезпечення електромагнітної сумісності з системою електроживлення” (шифр «Параметр- 5), державний реєстраційний номер 0116U008455.*

1. HEVCars. URL: <https://hevcars.com.ua/glava-ukrenergo-elektromobili-pozitivno-vliyyayut-na-energosistemu/16.11.2018> (дата звернення: 15.01.2020).
2. Tesla Supercharger. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Tesla\\_Supercharger](https://uk.wikipedia.org/wiki/Tesla_Supercharger) (дата звернення: 22.12.2019).
3. Electric vehicles will help the shift toward EU's green transport future. 2019. European Environment Agency. URL: <https://www.eea.europa.eu/highlights/electric-vehicles-will-help-the/download.pdf>. (дата звернення: 15.01.2020).
4. European Environment Agency. Electric vehicles from life cycle and circular economy perspectives. Transport and Environment Reporting Mechanism (TERM). Report EAA, 2018. 74 p. URL: <https://www.eea.europa.eu/publications/electric-vehicles-from-life-cycle> (дата звернення: 15.01.2020).
5. «Nissan» и «Enel» запускают революционный проект «Vehicle-to-grid» в Великобритании: «Новости Nissan». 2016/05/10. URL: <https://russia.nissannews.com/ru-RU/releases/release-145211-nissan-enel-vehicle-to-grid> (дата звернення: 25.01.2020).
6. Uddin K., Jackson T., Widanage D., Chouchelamane G., Jennings P., Marco J. On the possibility of extending the lifetime of lithium-ion batteries through optimal V2G facilitated by an integrated vehicle and smart-grid system. *Energy*. August, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j. Energy.2017.04.116>
7. Бешта А.С., Азюковский А.А., Худолій С.П., Худолій С.С., Балахонцев О.В. Техніко-економічне обґрунтування технології когенерації із використанням електромобілів. *Електротехніка та електроенергетика*. 2019. № 3. С. 42-51.
8. Hao Qian. A high-efficiency grid-tie battery energy storage system. Dissertation submitted to the faculty of the Virginia Polytechnic Institute of PhD diss.: Electrical Engineering. Blacksburg, Virginia. 2011. 150 p.
9. Zharkin A., Novskiy V., Martynov V. Powerful Unified Inverter Modules for Energy Storage Systems. IEEE 6th International Conference on *ENERGY SMART SYSTEMS (IEEE ESS)*. 2019. Pp. 144-149.

УДК 629.113-83

#### **ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ДВУНАПРАВЛЕННЫХ ЗАРЯДНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ КОНЦЕПЦИИ ДВУХСТОРОННЕГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБМЕНА «VEHICLE-TO-GRID» ПРИ ПОДКЛЮЧЕНИИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА К ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СЕТЯМ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ**

**А.Ф. Жаркин<sup>1</sup>**, чл.-корр. НАН Украины, **В.А. Новский<sup>1</sup>**, докт. техн. наук, **А.П. Западничук<sup>2</sup>**, канд. наук по гос. упр., **В.В. Мартынов<sup>1</sup>**, канд. техн. наук,

<sup>1</sup> **Институт электродинамики НАН Украины,**  
**пр. Победы, 56, Киев, 03057, Украина,**  
**e-mail: [novsky@ied.org.ua](mailto:novsky@ied.org.ua),**

<sup>2</sup> **Секция прикладных проблем НАН Украины,**  
**ул. Владимирская, 54, Киев, 01030, Украина.**

*Рассмотрены основные аспекты построения мощного двунаправленного зарядного преобразователя для реализации концепции двустороннего энергетического обмена «Vehicle-to-grid» («V2G») при подключении электро-мобильного транспорта к электрической сети общего назначения для обеспечения передачи электроэнергии от распределительной сети тяговых аккумуляторных батарей электромобилей и гибридов для их зарядки и в обратном направлении – из батарей во внешнюю электрическую сеть для выравнивания суточного графика нагрузки. Приведены основные технические решения указанного двунаправленного преобразователя в составе мощных зарядных станций электромобилей и гибридов. Библи. 9, рис. 3, табл. 1.*

**Ключевые слова:** электромобиль, тяговая аккумуляторная батарея, зарядная станция, двунаправленный преобразователь, электрическая сеть.

## FEATURES OF CONSTRUCTION OF BI - DIRECTIONAL CHARGING CONVERTERS FOR REALIZATION OF THE CONCEPT OF BILATERAL ENERGY-EXCHANGE “VEHICLE-TO-GRID” IN DISTRIBUTION NETWORKS

A.F. Zharkin, V.O. Novskiy, O.P. Zapadynchuk, V.V. Martinov

<sup>1</sup>Institute of Electrodynamics National Academy of Sciences of Ukraine,  
Peremohy, 56, Kyiv, 03057. Ukraine,

e-mail: [novsky@ied.org.ua](mailto:novsky@ied.org.ua),

<sup>2</sup>Section of applied problems National Academy of Sciences of Ukraine,  
Vladimirskaya St., 54, Kyiv, 01030, Ukraine.

*Aspects of the practical implementation of Vehicle-to-grid (V2G) technology for bi-directional energy exchange when connecting electric vehicles to a public electric network based on the use of the designed powerful bi-directional charging converter are considered. It is intended to the transmission of electric power from the distribution network to traction batteries of electric vehicles or hybrids for their charging and vice versa - from batteries to public electric network in order to smooth out the daily load schedule. The main technical solutions and features of the practical implementation of designed semiconductor converter that can use as part of powerful charging stations of electric vehicles and hybrids are presented. References 9, figures 3, table 1.*

**Keywords:** electric car, traction battery, charging station, bi-directional converter, electrical network.

1. HEVCars. URL: <https://hev cars.com.ua/glava-ukrenergo-elektromobili-pozitivno-vliyyut-na-energosistemu/16.11.2018> (accessed: 15.01.2020). (Rus)
2. Tesla Supercharger. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Tesla\\_Supercharger](https://uk.wikipedia.org/wiki/Tesla_Supercharger) (accessed: 22.12.2019). (Ukr)
3. Electric vehicles will help the shift toward EU's green transport future. 10 December 2019. European Environment Agency. URL: <https://www.eea.europa.eu/highlights/electric-vehicles-will-help-the/download.pdf>. (accessed: 15.01.2020).
4. European Environment Agency. Electric vehicles from life cycle and circular economy perspectives. Transport and Environment Reporting Mechanism (TERM). Report EAA, 2018. 74 p. URL: <https://www.eea.europa.eu/publications/electric-vehicles-from-life-cycle> (accessed: 15.01.2020).
5. Nissan and Enel launch groundbreaking Vehicle-to-grid project in UK. *Nissan News*. 2016. (Rus) URL: <https://russia.nissannews.com/ru-RU/releases/release-145211-nissan-enel-vehicle-to-grid> (accessed: 25.01.2020).
6. K.Uddin, T. Jackson, D.Widanage, G. Chouchelamane, P. Jennings, J. Marco. On the possibility of extending the lifetime of lithium-ion batteries through optimal V2G facilitated by an integrated vehicle and smart-grid system. *Energy*. August, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.04.116>
7. Beshta A.S., Aziukovski A.A., Khudolii E.P., Khudolii S.S., Balakhontsev O.V. Technical and economic justification of cogeneration technology with the use of electromobile. *Elektrotehnika ta elektroenergetyka*. 2019. No 3. Pp. 42-51. (Ukr).
8. Hao Qian. A high-efficiency grid-tie battery energy storage system. Dissertation submitted to the faculty of the Virginia Polytechnic Institute of PhD diss.: Electrical Engineering. Blacksburg, Virginia. 2011. 150 p.
9. Zharkin A., Novskiy V., Martynov V. Powerful Unified Inverter Modules for Energy Storage Systems. IEEE 6th International Conference on *ENERGY SMART SYSTEMS (IEEE ESS)*. 2019. Pp. 144-149.

Надійшла 28.02.2020

Остаточний варіант 21.04.2020