

РОЗРОБКА МОБІЛЬНОЇ СИСТЕМИ НЕЗАЛЕЖНОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ

В.А. Бородай, О.Р. Ковальов, А.Я. Швидько
(Україна, Дніпро, ДВНЗ «Національний гірничий університет»)

Наявність територій України із нестабільною роботою систем промислової енергетики вимагає використання в цивільній сфері джерел незалежного живлення. Аналіз побутових споживачів енергії, які забезпечують мінімум життєвих потреб, при знеструмленні від промислової мережі, ставить обладнання за пріоритетами так - холодильники, освітлення, телевізійні та радіоприймачі. Потрібна потужність для зазначеного комплексу споживачів, за умови використання енергозберігаючих технологій, може коливатись у межах 0,3...0,8 кВт.

У якості первинних аварійних систем живлення такої потужності можуть використовуватись генератори із приводом від двигунів внутрішнього згоряння з орієнтовною вартістю 4...14 тис. грн., повітряні генератори – 6...15 тис. грн., комплекти сонячних систем від 50 тис. грн. Окрема вартість інверторів такого класу складає приблизно 3,5...17 тис. грн. Виходячи із огляду вартості мобільного електрообладнання можливо стверджувати, що існуючі системи є мало доступними для середнього споживача. Тому розробка більш дешевих та надійних систем незалежного електропостачання є актуальною науковою та практичною задачею.

Вирішити проблему електропостачання, за таких умов, пропонується при використанні автомобільних акумуляторних батарей із поновленням заряду, або від промислової мережі із простим адаптером, або від бортової автомобільної системи енергоживлення. Зважаючи на те, що побутові прилади розраховані на змінну напругу 220 В частоти 50 Гц, структура нової системи живлення (рис.1) повинна містити блоки підвищення напруги від 12 до 220 В, перетворювач, який створює із отриманої постійної напруги змінну, та блок стабілізації вихідної координати при хаотичній зміні навантаження. Тому роботу над мобільною системою електропостачання малої потужності слід розділити на такі задачі:

- розробка моделей кожного окремого блока, їх налагодження та дослідження;
- експериментальне визначення потрібних реактивних елементів блоку підвищення напруги;
- вибір елементної бази, розробка печатних плат і виконання монтажних робіт;
- поетапне складання реальної системи із налагодженням автоматичної системи стабілізації напруги;
- обкатка системи на відмову та виконання робіт по ергономіці кінцевого продукту.

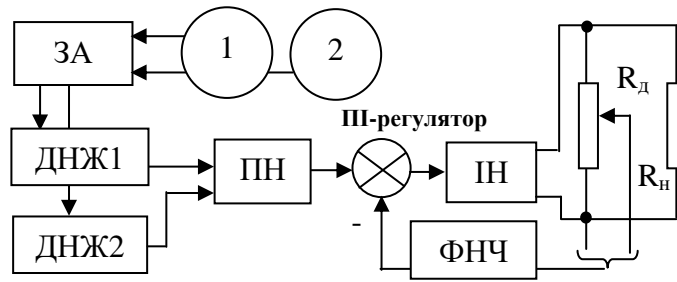


Рис. 1. Функціональна схема джерела

ДНЖ – акумулятор; ЗА – зарядний адаптер; 1, 2 – промислова та авто мережа; ПН – підвищувач напруги; ІН – інвертор напруги; ФНЧ – фільтр низької частоти; R_d – давач напруги; R_n – навантаження

Перший етап – створення моделей блока підвищення напруги акумуляторної батареї до рівня напруги промислової мережі та блока її інвертування [1]. Для вирішення цієї задачі використано компонент електронної лабораторії Multisim із складу пакету National Instruments. Результуючу модель перетворювача напруги наведено на рис.2.

До складу модуля 1 (рис.2 а) входить генератор прямокутних імпульсів із вихідною частотою 100 Гц. Його побудовано на RS – тригері із постійною часу 0,0075 с., яка визначається вхідними ємностями і резисторами зворотного зв'язку. Правильність роботи перезаряду ємностей визначається зворотними діодами, які увімкнено паралельно до резисторів зворотного зв'язку.

Сигнали керування на канали двохтактного підсилювача потужності пропускаються через дільник частоти на два, побудований на D-тригері. Необхідний рівень струму через первинну обмотку трансформатора вдалось отримати завдяки побудові підсилювачів потужності за схемою складавого увімкнення транзисторів. У зв'язку із тим, що підсилювачі працюють на активно-реактивне навантаження колекторно-емітерний перехід охоплено зворотнім діодом. Додатково первинне джерело підключено через діоди для зменшення впливу на всі елементи кола первинної обмотки трансформатора. Коефіцієнт передачі першого каскаду трансформації дорівнює 8, а другого 6. Для захисту силових кіл першого і другого каскаду трансформації послідовно з навантаженням увімкнено резистори номіналом 0,1 Ом. Результуюча напруга на виході трансформаторного блоку 3 представлено міандром 1 рис.2 б, а кінцева випрямлена напруга лінією 2. Вигляд зовнішніх характеристик при зміні навантаження ілюструють можливість отримання при даному схемному рішенні потужності близько 0,8 кВт. Зниження напруги джерела при навантаженні не виходить за межі встановлені стандартами для промислових мереж. Моделювання блоку перетворювача напруги на жаль не відображає впливу частоти на елементи трансформації. Як наслідок, зорієнтуватись щодо масо-габаритних показників для реальної системи неможливо. Є очевидним, що цю задачу слід вирішувати на подальших етапах розробки.

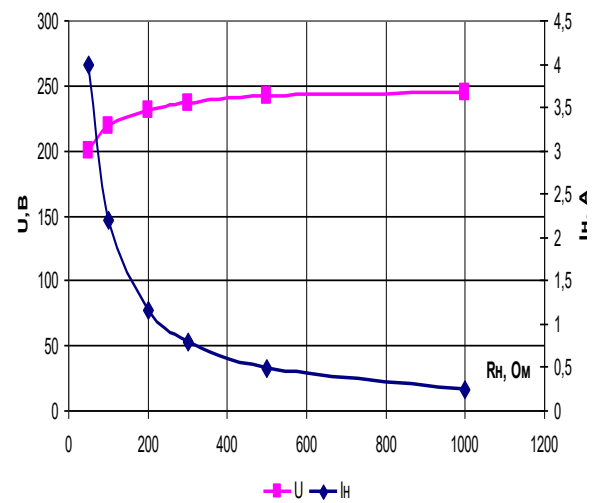
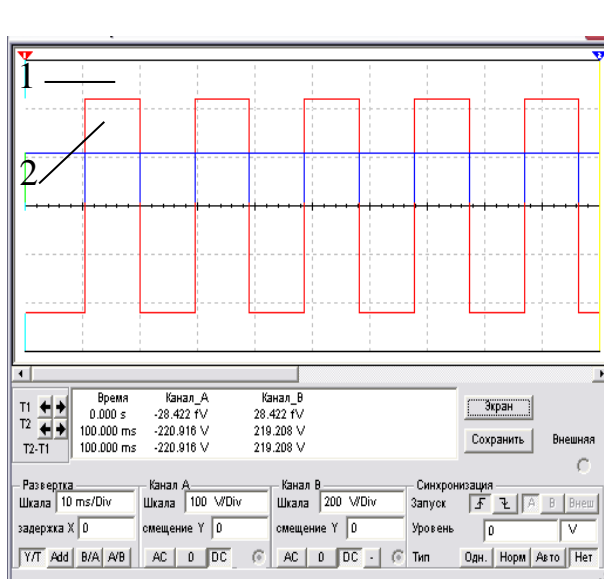
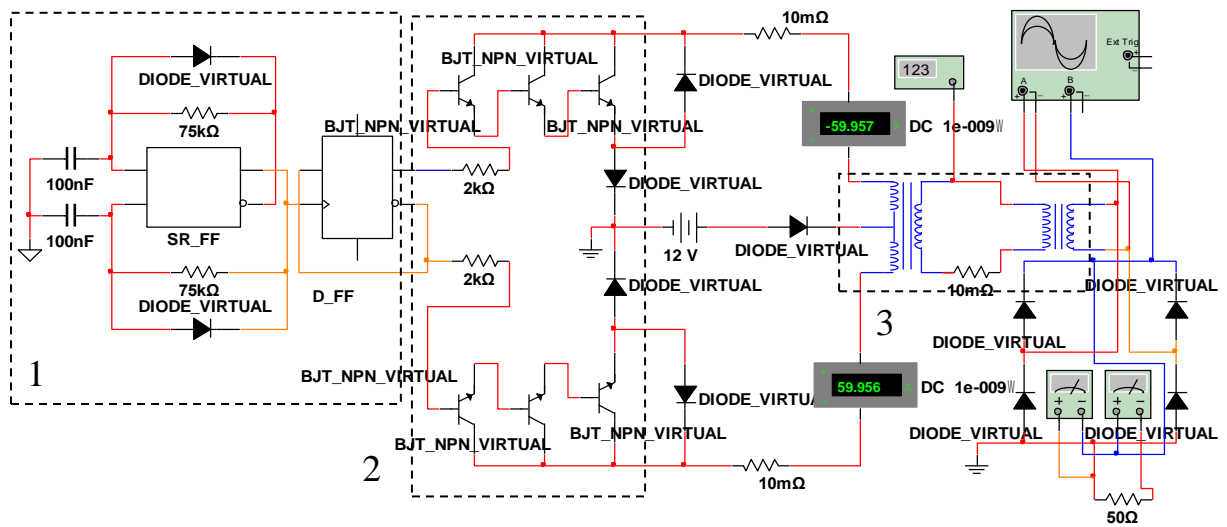


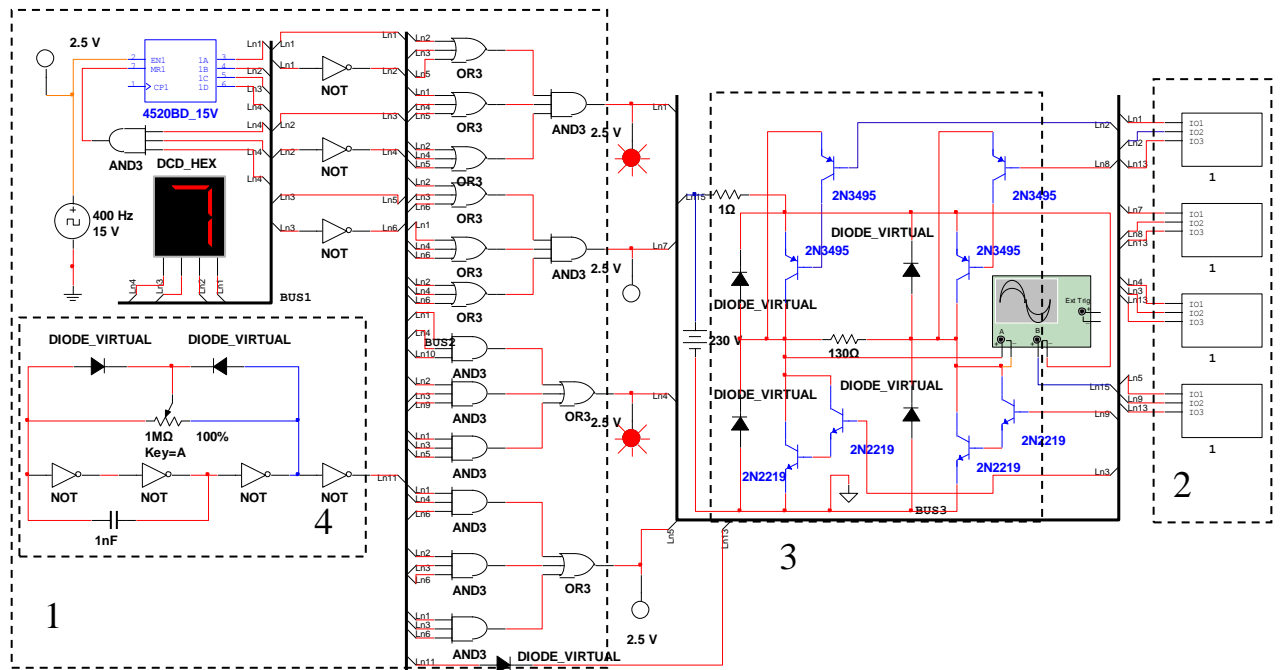
Рис.2. Модель блоку підвищення напруги.

а) схема моделі; б) часові діаграми на виході, масштаб 1 – 100 В/діл., 2 – 200 В/діл.; в) зовнішні характеристики

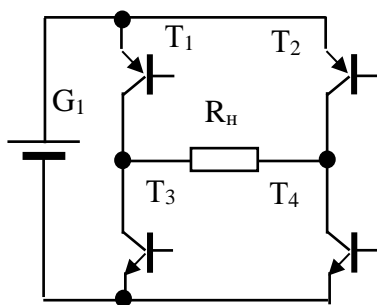
Другий етап досліджень – розробка блоку інвертора однофазної напруги розрахункової потужності (рис.3). Компоненти, що входять до складу інвертора розділено таким чином: розподільник імпульсів – 1 (рис.3 а); проміжні підсилювачі – 2 для узгодження потужності між розподільником і силовим блоком; підсилювач потужності – 3; генератор прямокутних імпульсів із змінною шпаруватістю – 4.

Розподільник імпульсів містить генератор прямокутної напруги, вихід з якого заведено на чотирьох розрядний лічильник із непарним модулем та скидом у початковий стан при наявності коду бінарної вісімки. Такий код лічильника потрібен для створення умов відпрацювання таблиці істинності (рис.3 в). Запропонована послідовність імпульсів надає співвідношення 1:3 тривалості нульового стану або раціональної більшої вихідної напруги інвертора на навантаженні при одночасному уникненні режиму КЗ силових ключів 3 при перехресному перемиканні плечей моста. Частота тактового генератора розподільника визначена на рівні 400 Гц, оскільки лічильник

виконує функцію дільника частоти на 8, що забезпечує на виході інвертора стабільну частоту у 50 Гц. Схема узгодження 2, крім передачі імпульсів керування потрібного рівня напруги, виконує функцію широтно-імпульсної модуляції роботи силових ключів 3. Ця функція зарезервована для подальшого створення системи автоматичної стабілізації вихідної координати інвертора. Силовий блок 3 побудовано на складаних схемах транзисторів різної провідності, що відповідає особливостям стикування схем узгодження і підсилення потужності. Усі силові ключі охоплено зворотними діодами захисту від перенапруги.



а



б

№ п.	Вхідні сигнали			Вихідні сигнали			
	X ₀	X ₁	X ₂	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
0	0	0	0	1	1	0	0
1	1	0	0	0	1	0	1
2	0	1	0	0	1	0	1
3	1	1	0	0	1	0	1
4	0	0	1	1	1	0	0
5	1	0	1	1	0	1	0
6	0	1	1	1	0	1	0
7	1	1	1	1	0	1	0

в

Рис.3. Модель блоку інвертування напруги.

а)схема моделі; б)силова схема інвертора; в)таблиця істинності розподільника

Вигляд часових діаграм (рис.4) наглядно показує працездатність

однофазного інвертора напруги. При його роботі на активне навантаження отримана потужність складає приблизно 0,9 кВт. Розподільник імпульсів спроектовано так, що система одночасно забезпечує раціональний рівень напруги на навантаженні при умові уникнення режиму КЗ при переході із позитивного на негативний напівперіод вихідної величини.

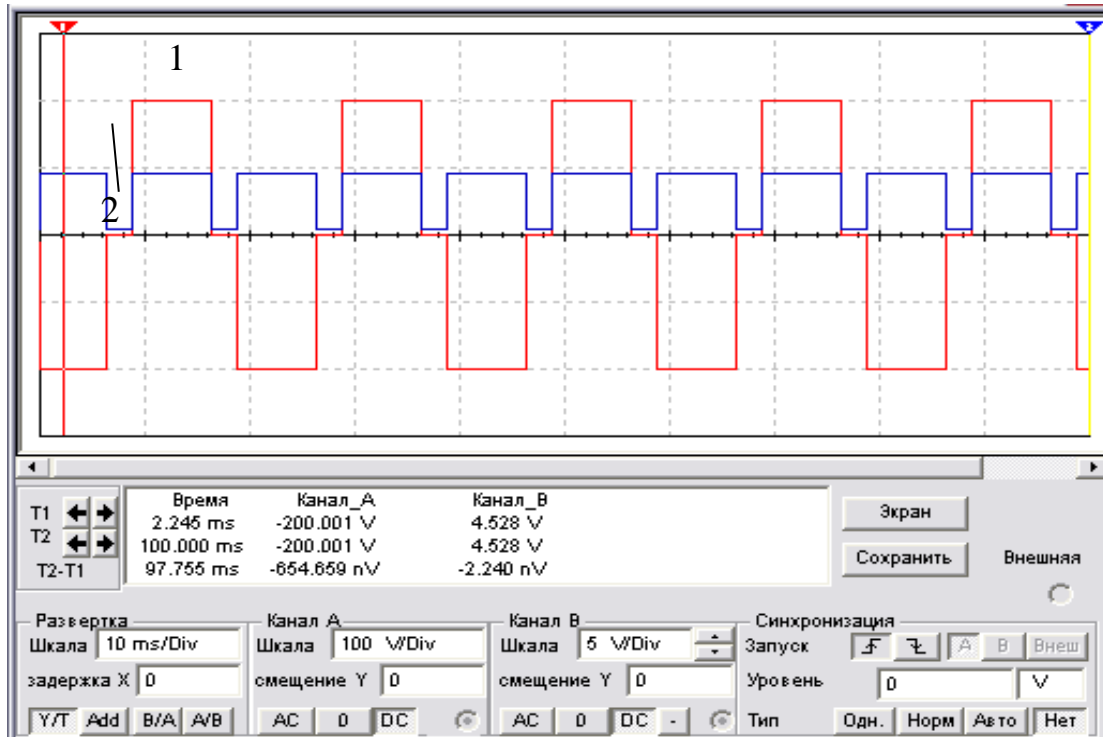


Рис.4. Часові діаграми інвертора:

1 – напруга навантаження (масштаб 100 В/діл.) ; 2 – струм навантаження (масштаб 5 А/діл.)

Для розробки автоматичної системи стабілізації вихідної величини у запропонованому інверторі планується встановити замість генератора прямокутної напруги 4 (рис.3 а) широтно-імпульсну систему фазового управління (СІФУ) [2] із координатно-фазовим регулюванням шпаруватості. Додатково систему слід оздобити пропорційно-інтегральним (ПІ) регулятором, що досить добре узгоджується із СІФУ. У якості зворотного зв'язку слід використувувати датчик, який може представляти собою дільник напруги з'єднаний з регулятором через фільтр низької частоти. Як згадувалось раніше, завдання створення автоматизованої системи стабілізації напруги на навантаженні є наступним завданням.

З комплексу проведених дослідів можна зробити такі висновки:

- забезпечення життєдіяльності індивідуального споживача у випадку відключення від промислової мережі вимагає використання систем незалежного електропостачання;

- до побутових приладів, які надають мінімальні потреби проживання, слід віднести холодильники, освітлення та апаратуру засобів масової інформації;

- недоступність для пересічного споживача існуючих мобільних джерел живлення вимагає розробки систем електропостачання потужності близько 0,8 кВт;

- запропоноване схемне рішення блоку підвищення первинної напруги до рівня промислової мережі може реалізувати потужність 0,8 кВт;

- зниження напруги на виході блока трансформації при зміні навантаження не виходить за межі встановлені стандартами;

- модель перетворювача напруги не відображає вплив частоти на елементи трансформації, як наслідок, зорієнтуватись щодо масо-габаритних показників та базової частоти реальної системи утруднено і цю задачу планується вирішити на подальших етапах розробки;

- при проектуванні розподільника імпульсів інвертора напруги встановлено, що для отримання раціонального значення на виході, співвідношення тривалості нульового і максимального значення вихідної величини повинно складати 1:3 забезпечуючи також уникнення умов КЗ джерела при перемиканні ключів силового блоку;

- бажаної потужності підвищувача напруги та інвертора можливо досягти у випадку використання схем складових транзисторів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ:

1. Бородай В.А. Моделирование систем импульсно-фазового управления преобразовательных устройств /В.А. Бородай, А.Р. Ковалев // Гірн. Електромеханіка та автоматика: Наук. – техн. зб. – 2015 – Вип. 94. – С 64 – 69.
2. Бородай В.А. Широтно-импульсный регулятор с координатно-фазовым управлением скважности /В.А. Бородай, А.Р. Ковалев // Гірн. Електромеханіка та автоматика: Наук. – техн. зб. – 2015 – Вип. 95. – С 54 – 58.