

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА

УДК 621-926

DOI <https://doi.org/10.32782/EIS/2023-104-3>

ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ DC-AC ІНВЕРТОРА ІЗ СИНУСОЇДНОЮ ФОРМОЮ ВИХІДНОЇ НАПРУГИ

Бородай Валерій Анатолійович,

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри електропривода
Національного технічного університету «Дніпровська політехніка»
ORCID ID: 0000-0002-6788-0562

Нестерова Ольга Юріївна,

кандидат педагогічних наук,
завідувач кафедри філософії і педагогіки
Національного технічного університету «Дніпровська політехніка»
ORCID ID: 0000-0002-5952-4664

Боровик Роман Олексійович,

старший викладач кафедри електропривода
Національного технічного університету «Дніпровська політехніка»
ORCID ID: 0000-0002-5230-7747

Розглянуто особливості побудови розподільника імпульсів керування DC-AC інвертора із синусоїдною формою вихідною напруги, питання модуляції сигналів керування силових ключів із несучою синусоїдною напругою, принципи та реалізацію синхронізації вихідної напруги інвертора з напругою модуляції для забезпечення максимуму схожості середніх значень синтезованої широтно-імпульсним способом вихідної напруги, випробувано та досліджено модель інвертора. А також надано рекомендації щодо реалізації схемного рішення та способів налагодження з використанням можливостей САПР MULTISIM компанії "NATIONAL INSTRUMENTS".

***Ключові слова:** автономне джерело, електронна лабораторія САПР MULTISIM, інвертор DC-AC синусоїдної форми вихідної напруги, розподільник імпульсів, синхронізація складників системи.*

Borodai Valerii, Nesterova Olha, Borovyk Roman. Features of modeling a DC-AC inverter with a sinusoidal output voltage waveform

The paper considers the peculiarities of constructing a DC-AC inverter control pulse divider with a sinusoidal output voltage waveform, the issues of modulating the control signals of power switches with a sinusoidal voltage, the principles and implementation of synchronizing the inverter output voltage with the modulation voltage to ensure maximum similarity of the average values of the output voltage synthesized by the pulse width modulation method, and tests and investigates the inverter model. Recommendations on the implementation of the circuit solution and debugging methods using the capabilities of the MULTISIM CAD system by NATIONAL INSTRUMENTS are also given.

***Key words:** autonomous source, electronic laboratory of CAD MULTISIM, DC-AC inverter of sinusoidal output voltage, pulse distributor, synchronization of system components.*

Вступ. Гостра потреба в живленні побутових споживачів в умовах військового стану зумовлює необхідність для промислових виробників повернутись до проблеми розроблення та побудови простих і ефективних незалежних аварійних систем електропостачання. За розгляду такої проблематики також постало питання щодо споживачів першої необхідності, які є засобами забезпечення життєдіяльності людини. До

першої категорії таких побутових споживачів варто віднести помпи котлів опалення, приводи холодильних і морозильних камер, освітлення помешкань, живлення засобів зв'язку. Водночас до початку розроблення варто зорієнтуватися щодо бажаної потужності джерела автономного живлення. За даними [1; 2], належна потужність переліченого комплексу споживачів коливається в межах 0,8–1,6 кВт.

До аналізу відомих засобів аварійних джерел були включені:

- економічні інверторні генератори малої потужності та більш потужні з гіршими показниками ефективності;
- автономні джерела електропостачання, які базуються на хімічних накопичувачах енергії (далі – АКБ);
- джерела, які використовують альтернативні засоби видобутку енергії.

За досить високої надійності механічні генератори мають декілька недоліків: висока вартість кВт/год виробленої енергії; викиди забруднюючих газів; високий рівень шуму, що не завжди може задовольняти потенційного споживача.

Автономні джерела на АКБ мають більшу можливість щодо автоматизації процесу електропостачання і водночас меншу собівартість одиниці згенерованої енергії порівняно з попереднім способом.

Альтернативні джерела характеризуються головною перевагою, яка полягає у відсутності первинного носія енергії, але за вимоги високої початкової капітальної ціни обладнання.

За очевидних переваг систем електропостачання на АКБ і можливості регулярної підзарядки батарей від промислової мережі аварійна система такого типу може стати пріоритетною.

Невід'ємною складовою частиною системи електропостачання, яка базується на хімічних накопичувачах енергії, є DC-AC перетворювачі напруги, особливість традиційної конструкції яких забезпечує утворення змінної напруги прямокутної форми, що для деяких споживачів є неприпустимим. Тому для надання їм необхідної якості живлення варто експлуатувати системи із синусоїдальною формою вихідної напруги.

Мета роботи – здійснити розробку та дослідження системи аварійного електропостачання на базі АКБ джерела з більш ефективним способом інвертування для формування синусоїдальної форми вихідної напруги, що гарантовано забезпечить бажану якість електроенергії для всіх побутових приладів без винятку.

Основний зміст роботи. Первинна акумуляторна батарея зазвичай має початковий заряд рівня 13,7 вольт. Живлення ж побутових споживачів вимагає рівень діючої напруги в 220 В. Щоби забезпечити дотримання зазначених умов, інвертор, що проектується, має живитись постійною напругою у 300 В. У розробці, що пропонується, питання збільшення напруги від 13,7 до 300 В не розглядається, тому перейдемо одразу до розроблення моделі інвертора напруги.

Як згадувалось, перетворення виконується завдяки інвертору, де з постійної напруги 300

В формується зміна напруга 220 В частоти 50 Гц. Запропонована схемна реалізація інвертора (рис. 1) містить: 1 – розподільник імпульсів керування; 2 – силовий модуль (транзисторний міст із складаних схем); 3 – підсилювачі потужності доведення рівня сигналу виходу розподільника до потрібного рівня напруги на базах транзисторів; 4 – систему синхронізації; 5 – генератор регульованої шпаруватості.

Генератор тактових імпульсів у 500 Гц готує вхідні сигнали розподільника шляхом заповнення лічильника. Комбінаційна схема під час заповнення лічильника виконує відпрацювання таблиці перемикань силових ключів блока 2 (рис. 1), які далі синтезують із підвищеної напруги 300 В змінну напругу.

Властивістю роботи інвертора є необхідність відпрацювання синхронізації сигналу опорної напруги (блок 4) з роботою розподільника імпульсів 1. Із цією метою у блоці 4 використано однопороговий компаратор з опорною напругою у 3,6 В. Завдяки йому кожне зниження синусоїдної опорної напруги на вході генератора регульованої шпаруватості забезпечує наявність управління ключами силового блока через підсилювачі потужності 3, які призначені для підвищення вихідної напруги розподільників до рівня, необхідного для гарантованого управління силовими ключами. На керівні сигнали розподільника також впливає сигнал модуляції з генератора регульованої шпаруватості 5. Його особливістю є функціональна залежність шпаруватості від напруги на вході. Для формування синусоїдальної середньої напруги на виході інвертора на кожному кроці модуляції за входом генератора 5 потрібно подавати синусоїдальну опорну напругу частотою 100 Гц, щоби забезпечити модуляцію кожної напівхвилі як у позитивний, так і в негативний бік. Водночас опорну напругу треба пропустити через міст вирівнювання, щоби мати пульсуючу напругу керування та додатково зсунути її на +4 В. Це забезпечить правильне керування генератором шпаруватості.

Результуючий сигнал синхронізації стає дійсним за умови наявності додаткового сигналу на виході другого плеча перетворювача. Скид лічильника може виконуватись або сигналом синхронізації, або сигналом примусового скиду з дешифратора контролю непарного модуля рахунку. Результати побудови та дослідження демонструються на рисунку 2. Аналіз отриманих діаграм дає підстави стверджувати, що модульований сигнал відповідає вимогам, які було закладено на початку розробки аварійної системи електропостачання.

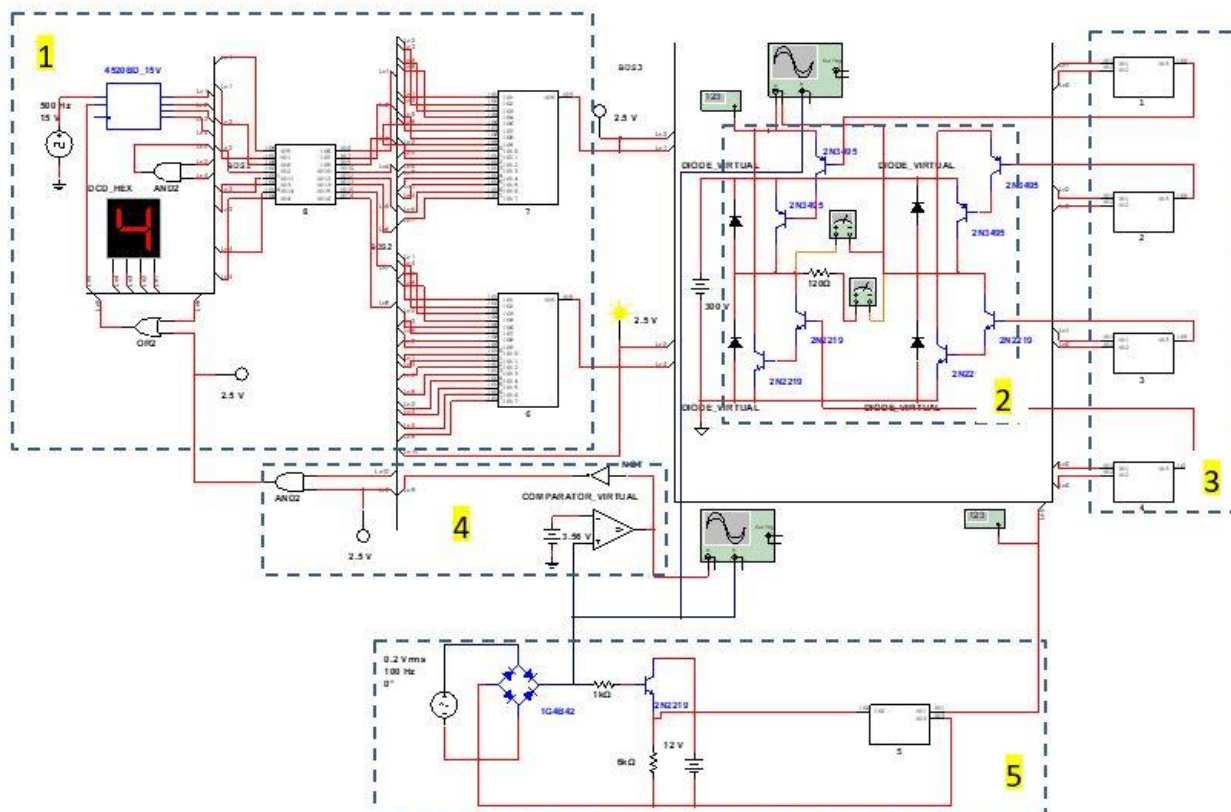
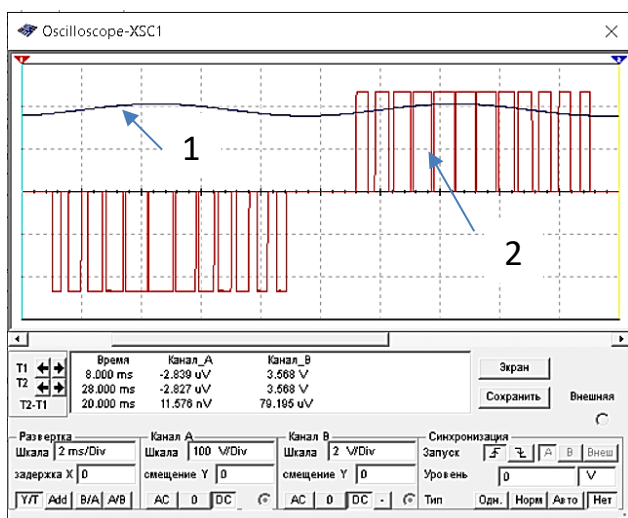


Рис. 1. Інвертор формування однофазної синусоїдної напруги



1 – опорна напруга модулювання, масштаб 2 В/діл;

2 – напруга на виході перетворювача, масштаб 100 в/діл.

Рис. 2. Результати моделювання інвертора синусоїдної вихідної напруги

Наукова новизна роботи полягає в розробленні оригінальної послідовності перемикачів ключів силової частини схеми, необхідної тривалості пауз між перемикачними плечей транзисторних ключів розподільника імпульсів (рис. 1, блок 1), системи синхронізації із синусоїдною опорною напругою (рис. 1, блок 4) та надання рекомендацій щодо кількісних параметрів опорних напруг керування генератором регульованої шпаруватості та

компаратора синхронізації та рівнів частоти генераторів, які задіяно в інверторі (рис. 1).

Висновки. Розроблення та дослідження системи аварійного електропостачання забезпечить більш досконалі способи підвищення напруги й інвертування для отримання синусоїдної форми вихідної напруги, яка гарантуватиме необхідну якість електричної енергії для живлення задекларованого переліку споживачів.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Бородай В.А., Ковальов О.Р. Моделювання систем імпульсно-фазового керування перетворювальних приладів. *Семінар Наукової ради з проблеми «Наукові основи електроенергетики»*. Київ : Інститут електродинаміки, 2019. С. 11.
2. Бородай В.А., Ковальов О.Р. Результати попередньої проробки аварійно-резервної системи електропостачання обмеженої потужності. *Гірнична електромеханіка та автоматика* : науково-технічний збірник. Дніпро : Національний гірничий університет, 2017. № 29. С. 3–7.

REFERENCES:

1. Borodai, V.A., Kovalev, O.R. (2019). Modeljuvannja system impul'sno-fazovogo keruvannja peretvorjuval'nyh prykladiv [Modeling of pulse-phase control systems of converting devices]. *Seminar of the Scientific Council on the problems "Scientific foundations of electric power engineering"*. Kyiv: Institute of Electrodynamics. P. 11 [in Ukrainian].
2. Borodai, V.A., Kovalev, O.R. (2017). Rezul'taty poperedn'oi' prorobky avarijno-rezervnoi' systemy elektropostachannja obmezhenoi' potuzhnosti [The results of the preliminary design of the emergency backup power supply system of limited capacity]. *Mining electromechanics and automation* : Scientific and technical collection. Dnipro : National Mining University, 2017. № 29 P. 3–7 [in Ukrainian].