

3. Zvarych R., Masna O. Green energy transition in the concept of post-war reconstruction of Ukraine. *Herald of economics*. 2023. No. 3. P. 170.

Abstract: *The paper provides a generalized analysis of the current state of Ukraine's energy sector and identifies the main directions of its transformation in the context of military operations, economic challenges, and global trends in the transition to "green" energy. The structural problems of the energy system, the level of the country's provision of fuel and energy resources, the consequences of armed aggression for infrastructure, and the prospects for the restoration of the industry are highlighted. The need for a transition to highly efficient energy-saving technologies, diversification of energy sources, and active investment in the development of renewable and nuclear energy is substantiated.*

Keywords: *energy sector, energy security, energy efficiency, renewable energy, investments, sustainability, development strategy.*

Науковий керівник:

Садовий О.С.

*Канд. фіз.-мат. наук, доцент
кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки
Миколаївський національний аграрний університет*

УДК 621.31

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНЕ КЕРУВАННЯ ГІБРИДНИМ ІНВЕРТОРОМ В УМОВАХ НЕСТАБІЛЬНОЇ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ

Волкодав Софія

здобувачка вищої освіти спеціальності 141 Електроенергетики,
електротехніки та електромеханіки

Харківський національний університет міського господарства імені О. і М.
Бекетова

м. Харків, Україна

Анотація: *У даній роботі розглядались принципи побудови та алгоритми керування гібридним інвертором, здатним стабільно функціонувати при значних коливаннях мережевої напруги. Проведено аналіз впливу розширення діапазону вхідної напруги на ефективність перетворення енергії та надійність роботи системи. Запропоновано адаптивну схему керування, що забезпечує автоматичне перемикавання режимів живлення та оптимізацію енергоспоживання залежно від параметрів мережі. Отримані результати можуть бути використані при проектуванні автономних і гібридних енергосистем для підвищення їх стійкості та енергоефективності.*

Ключові слова: *гібридні інвертори, коливання напруги, електромережа.*

У зв'язку зі складною енергетичною ситуацією в Україні та частими коливаннями напруги в побутових і промислових мережах актуальним

завданням є розроблення інверторів, здатних забезпечувати стабільне енергоживлення навіть при значних відхиленнях параметрів мережі. Стандартне відхилення напруги, відповідно до [1, 2], становить $230\text{ В} \pm 10\%$, однак у реальних умовах експлуатації напруга може змінюватися в ширшому діапазоні. Метою роботи є створення гібридного інвертора, який здатен функціонувати при коливаннях напруги в межах $230\text{ В} \pm 30\%$, зберігаючи стабільність вихідних параметрів і високу енергоефективність.

Розроблена концепція базується на інтеграції високоефективної DC–DC підсистеми типу buck–boost із силовим інверторним модулем і батарейним блоком, що дає змогу компенсувати як зниження, так і перевищення рівня напруги без втрати якості вихідної синусоїди. Пропонується модульна архітектура, у якій кожен силовий модуль реалізує комбінацію понижувального/підвищувального перетворювача та H-моста. Подібні підходи, як Y-інвертор і каскадні buck–boost рішення, демонструють високу ефективність для широкого діапазону вхідних напруг [3, 4].

Основним елементом схеми є високочастотний двонаправлений DC–DC конвертор, який працює між шиною батареї та DC-шиною інвертора. При виході напруги мережі за межі $\pm 10\%$ він автоматично активується, забезпечуючи підтримання постійного рівня живлення інвертора. Сучасні двонаправлені топології з високим коефіцієнтом підсилення (High-Gain Bi-Directional Converters) дозволяють забезпечити роботу при напрузі вхідного сигналу від 120 до 320 В [5, 6].

Алгоритм керування включає адаптивний регулятор напруги та струму, який поєднує grid-following і grid-forming режими. Завдяки прогнозним фільтрам і логіці автоматичного перемикання між режимами інвертор стабільно працює навіть при різких коливаннях або зникненні напруги в мережі. Система керування розроблена з урахуванням вимог стандартів IEC 62109, IEC 62116 та EN 50160 [1, 7, 8].

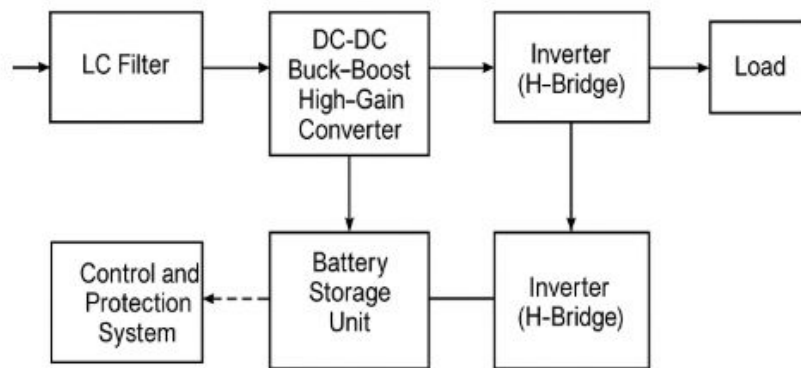


Рис. 1. – Запропонована архітектура гібридного інвертора

Таблиця 1. - Порівняльна таблиця: традиційний інвертор vs запропонована гібридна архітектура

Характеристика	Традиційний інвертор	Запропонована гібридна архітектура
Діапазон робочої вхідної напруги	Зазвичай $230\text{ В} \pm 10\%$ (207–253 В).	Розширений: 160–300 В ($230\text{ В} \pm 30\%$).
Стабілізація DC-шини	Переважно відсутня, залежить від мережевої напруги.	Є стабілізація за рахунок високоефективного двонаправленого DC–DC buck–boost перетворювача.

Можливість підвищення/пониження напруги	Лише частково (через активний PFC або AC–DC), слабка компенсація провалів.	Повноцінний режим Buck–Boost: стабільна робота навіть при глибоких просіданнях та перенапругах.
Робота при зникненні напруги мережі	Може вимикатися або переходити в аварійний режим.	Автономний режим (grid-forming) забезпечує повноцінне живлення від батареї.
Наявність батарейного блоку	У більшості класичних інверторів відсутній або використовується тільки в UPS-режимі.	Інтегрований Energy Storage Unit з двонаправленим DC–DC.
Принцип формування вихідної напруги	Робота тільки в режимі grid-following.	Два режими: grid-following і grid-forming з автоматичним перемиканням.
Стійкість до коливань мережі	Низька або середня — залежить від якості мережі.	Висока — компенсація відхилень у широкому діапазоні напруг.
Енергоефективність	85–92 % для звичайних рішень.	>94 % завдяки оптимізованому перетворювачу високої частоти.
Швидкодія реакції на зміни напруги	Обмежена, може виникати просідання виходу.	Швидка реакція за рахунок прогнозних фільтрів і адаптивних алгоритмів керування.
Топологія	Простий AC–DC + інвертор (H-bridge).	Модульна архітектура: AC–DC → DC–DC Buck–Boost → DC-шина → інвертор + батарея.
Стандарти безпеки та мережевої взаємодії	Базова відповідність EN/IEC.	Підтримка IEC 62109, IEC 62116, EN 50160 та алгоритмів антиострівного режиму.
Якість синусоїди (THD)	Середня, залежить від фільтра.	Покращена, THD < 3 % завдяки оптимізованому LC-фільтру та стабільній DC-шині.
Надійність при нестабільній мережі	Може вимикатися або працювати нестабільно.	Забезпечує безперервне живлення навіть при глибоких провалах і перенапругах.

Запропонована архітектура гібридного інвертора забезпечує розширений діапазон вхідних напруг (160–300 В) завдяки використанню високоефективного двонаправленого DC–DC buck–boost перетворювача, що стабілізує DC-шину та підвищує енергоефективність системи. Інтеграція батарейного блоку та реалізація комбінованих режимів grid-following і grid-forming забезпечують надійну роботу в умовах значних коливань або зникнення мережевої напруги. У порівнянні з традиційними інверторами запропоноване рішення демонструє вищу стійкість, ширший функціональний діапазон і відповідність сучасним стандартам електробезпеки, що підтверджує його доцільність для застосування в нестабільних електроенергетичних середовищах.

Список використаних джерел

1. IEC 60038:2019. Standard Voltages. — International Electrotechnical Commission.
2. EN 50160:2010. Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems. — CENELEC.
3. Antivachis M., Bortis D. Three-phase buck-boost Y-inverter with wide DC input voltage range. — APEC Conference Proceedings, 2023.
4. Wu W., Ji J., Blaabjerg F. Aalborg Inverter: A buck–boost type grid-connected inverter topology. — IEEE Transactions on Power Electronics, 2021.

5. Gholami Z., et al. Bidirectional wide range and high voltage gain buck–boost converter. — IET Power Electronics, 2024.
6. Divya R., Kannan P. High Gain Non-Isolated Bidirectional Converter for Renewable Integration. — Renewable Energy Journal, 2022.
7. IEC 62109:2016. Safety of power converters for use in photovoltaic power systems.
8. Дудик А. М., Гуменюк О. В. Магнітопроводи трансформаторів зі стрічкової сталі: технологічні особливості та ефективність. — Електротехніка і електромеханіка, № 4, 2021. — С. 22–27.
9. Comparison of Active Power Losses of Single-Phase Electromagnetic Static Devices by Radial Electromagnetic System / O. Sadovoy et al. 2022 IEEE 4th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES), Kremenchuk, Ukraine, 20–23 October 2022. 2022. URL: <https://doi.org/10.1109/mees58014.2022.10005760>

Abstract. *This paper examines the design principles and control algorithms of a hybrid inverter capable of operating stably under significant fluctuations in grid voltage. The influence of extending the input voltage range on energy conversion efficiency and system reliability was analyzed. An adaptive control scheme is proposed that enables automatic switching between power supply modes and optimizes energy consumption depending on grid parameters. The obtained results can be applied in the design of autonomous and hybrid energy systems to improve their stability and energy efficiency.*

Keywords: *Hybrid inverters, voltage fluctuations, power grid.*

Науковий керівник:

Костенко І.О.

канд., техн. наук, доцент кафедри альтернативної електроенергетики та електротехніки

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Харків.

УДК 621.315.2.016.2:621.315.616.9

ПРОГНОСТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ ІЗОЛЯЦІ СИЛОВИХ КАБЕЛІВ ІЗ ЗШИТОГО ПОЛІЕТИЛЕНУ

Дякону В'ячеслав

здобувач вищої освіти спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Миколаївський національний аграрний університет

м. Миколаїв, Україна

Анотація: *У роботі розглянуто питання підвищення надійності кабельних ліній електропередачі середньої напруги шляхом прогнозування залишкового*