

СУЧАСНІ МЕТОДИ СТАБІЛІЗАЦІЇ НАПРУГИ У МАЛИХ ПРИВАТНИХ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖАХ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі розглянуто сучасні підходи до стабілізації напруги в малих приватних електромережах. Проаналізовано причини коливань напруги в побутових мережах та наведено порівняння найбільш поширених типів стабілізаторів: релейних, сервопривідних та інверторних. Визначено їхні переваги, недоліки та сфери застосування у сучасних умовах енергодефіциту.

Ключові слова: стабілізація напруги, електромережа, інвертор, релейний стабілізатор, сервопривідний стабілізатор.

Abstract

The paper discusses modern approaches to voltage stabilization in small private electrical networks. The causes of voltage fluctuations in household grids are analyzed, and the most common types of stabilizers—relay, servo, and inverter—are compared. Their advantages, disadvantages, and application areas under modern energy deficit conditions are defined.

Keywords: voltage stabilization, electrical grid, inverter, relay stabilizer, servo stabilizer.

Актуальність стабілізації напруги в приватних електромережах зростає через перевантаження енергосистеми, нерівномірність навантаження та використання генераторів і сонячних станцій. Коливання напруги можуть призводити до зниження ресурсу побутової техніки, втрати енергоефективності та аварійних режимів роботи обладнання.

Основними причинами нестабільності напруги є:

- перевантаження трансформаторів;
- значні пускові струми електродвигунів;
- використання довгих повітряних ліній;
- робота автономних джерел енергії з непостійною потужністю.

Серед сучасних методів стабілізації напруги найпоширенішими є релейні, сервопривідні та інверторні стабілізатори.

Релейні стабілізатори мають високу швидкість перемикавання, низьку ціну та підходять для більшості побутових приладів. Недоліками є ступінчаста форма регулювання та характерні клацання при роботі реле.

Сервопривідні стабілізатори забезпечують плавне регулювання напруги завдяки використанню автотрансформатора з моторним приводом. Перевагами є низькі спотворення та висока точність. Основний недолік — менша швидкість і наявність механічного зносу.

Інверторні стабілізатори є найбільш сучасними та ефективними. Вони працюють на основі подвійного перетворення енергії:

$$AC \rightarrow DC \rightarrow AC,$$

Це забезпечує ідеальну синусоїду вихідної напруги, мінімальні втрати та майже миттєве реагування на відхилення. Такі стабілізатори сумісні з генераторами та рекомендовані для чутливої техніки.

Ефективність роботи стабілізатора напруги визначається рівнем відхилення вихідної напруги та здатністю забезпечувати стабільну потужність для навантаження. Активна потужність у побутовій електромережі визначається за формулою:

$$P = U \cdot I \cdot \cos\varphi,$$

а відхилення напруги оцінюється співвідношенням:

$$\Delta U = \frac{U_{max} - U_{nom}}{U_{nom}} \cdot 100\%.$$

Зменшення значення ΔU свідчить про ефективну роботу стабілізатора напруги. Порівняльні характеристики наведено на Рисунку 1.

Тип стабілізатора	Точність, %	Швидкість реагування, мс	Рівень шуму, дБ	Орієнтовна ціна, грн
Релейний	5–8	20–40	30–45	2500–6000
Сервопривідний	2–3	200–500	20–30	7000–15000
Інверторний	1–2	2–5	15–25	12000–30000

Рис. 1. Порівняння типів стабілізаторів напруги

Сучасні інверторні системи часто поєднуються з акумуляторами, утворюючи домашні енергокомплекси. Вони забезпечують стабільність напруги навіть при повному зникненні мережі.

Отже, на основі проведеного аналізу можна зробити висновок, що ефективна стабілізація напруги у малих приватних електромережах потребує комплексного підходу, який враховує особливості навантаження, рівень коливань та вимоги до якості живлення. Серед доступних рішень найбільш універсальними залишаються релейні та сервопривідні стабілізатори, тоді як інверторні системи забезпечують найвищу точність і швидкість реагування, що робить їх оптимальними для сучасних умов енергодефіциту. Вибір конкретного методу стабілізації має ґрунтуватися на поєднанні технічних характеристик, вартості обладнання та вимог до надійності електроживлення, що дозволяє забезпечити стабільну роботу побутових приладів і підвищити загальну енергоефективність приватної мережі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Аналіз стійкості стабілізатора напруги на високочастотних магнітних підсилювачах з врахуванням інтервальної невизначеності параметрів їх осердь — Яськів В. (та співавт.). Журнал «Енергозбереження. Енергетика. Енергоаудит», 2023.
2. Експериментальне дослідження електромагнітної сумісності імпульсного стабілізатора напруги на основі високочастотних магнітних підсилювачів — Яськів В., Гурник О., Домнін І. (2025).
3. On Stability, Ancillary Services, Operation, and Security of Smart Inverters — Hossen T., Sadeque F. (2021).

Коробейнікова Ольга Андріївна — студентка групи ІКІ-25мс, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м.Вінниця. e-mail: olhakor2006@gmail.com

Науковий керівник: **Мартинюк Володимир Валерійович** — канд. техн. наук, доцент кафедри загальної фізики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Korobeinikova Olha A. — Department of Information Technologies and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: olhakor2006@gmail.com

Supervisor: **Martyniuk Volodymyr V.** — Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of general Physics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia