

РОЗРОБКА БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЖИВЛЕННЯ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Досліджено методи перетворення та комутації електричної енергії, розглянуто принципи стабілізації мережевої напруги для порівняння та визначення ключових факторів кожного. Запропоновано концепцію багатофункціонального застосування технології подвійного перетворення енергії для випрямлення, інвертування та стабілізації напруги. Визначено основні вимоги для безпечної експлуатації та довготривалого часу роботи пристроїв з використанням такого підходу.

Ключові слова: стабілізація, інвертор, комутація, подвійне перетворення, мікропроцесорна система, безперебійне живлення.

Abstract

The method of transformation and commutation was investigated, the principles of network voltage stabilization were considered for comparison and determination of the key factors of each of them. The concept of multifunctional use of double energy conversion technology for voltage equalization, inversion and stabilization is proposed. The main requirements for the safe and long-term operation of devices using this principle are defined.

Keywords: stabilization, inverter, switching, double-conversion, microprocessor system, uninterrupted supply.

Вступ

Використання пристроїв захисту побутового обладнання все більше впроваджується як у виробничих підприємствах, так і в звичайних житлових домах. Особливої актуальності ця тема набула останніми роками, коли, внаслідок ворожих атак, ударів по електростанціях, постійних поломках електросистем, аномальні сигнали в мережі призводять до того, що побутова техніка працює в критичних умовах, або ж навіть часто виходить з ладу.

В цілому пристрої захисту можна розділити на категорії:

- Реле напруги – слідкують за напругою в мережі та в разі її виходу за встановлений діапазон відключають споживання.
- Автоматичні вимикачі – захищають обладнання та лінію електропостачання від короткого замикання та перевищення дозволеного струму.
- Стабілізатор напруги регулює коливання вхідної напруги, щоб забезпечити постійну вихідну напругу до підключеного обладнання. Він захищає обладнання від перевищення та зниження напруги за допомогою реле або транзисторів для перемикання між відводами трансформатора для підвищення або зниження рівня напруги. Сучасні стабілізатори використовують мікропроцесори та силову електроніку для швидшого й більш точного регулювання напруги протягом мілісекунд для підтримки стабільного вихідного сигналу в межах 220 В або 230 В для однофазного живлення [1].

До стабілізаторів напруги відносяться:

- Релейні – комутують обмотки трансформатора за допомогою реле таким чином, щоб максимально наблизити вихідну напругу до нормальної.
- Симісторні – подібні до релейних, але комутують за допомогою напівпровідникових ключів (симісторів).
- Ферорезонансні – побудовані на основі трансформатора, який використовує нелінійні магнітні властивості та резонансний контур для забезпечення стабільної вихідної напруги в широкому діапазоні вхідної напруги.
- Електромеханічні (сервоприводні) – змінюють напругу шляхом повороту ковзного

контакту автотрансформатора за допомогою сервоприводу.

- Інверторні (подвійного перетворення) – спочатку випрямляють синусоїдальну змінну напругу, а після цього генерують випрямлену напругу в змінну з необхідними параметрами (амплітуда, частота, фаза).

Метою даної статті є дослідження різних принципів комутації електричної енергії, виявлення особливостей та умов роботи для проектування на їх основі базової схеми системи, яка б виконувала функції різних пристроїв, таких як випрямляч, інвертор та стабілізатор, на базі одного модуля.

Порівняльний аналіз стабілізаторів напруги

Досліджено принцип роботи кожного з наведених типів стабілізаторів.

Симісторний та релейний стабілізатори напруги працюють подібним чином: вони комутують, тобто підключають необхідні котушки багатоступінчастого трансформатора (рис.1 (a)), щоб збільшити або зменшити напругу, за допомогою електронних ключів (реле або симісторів). При цьому стабілізатор працює як дискретний пристрій, з перемиканням на кожен нову котушку напруга змінюється на певну величину, а не лінійно. Також значна частина енергії розсіюється на трансформаторі, який, до того ж, має велику вагу та габарити.

Ферорезонансний стабілізатор напруги виконує свою функцію шляхом мінімізації коливань напруги в його вихідному ланцюзі, що має трансформаторну обмотку, з'єднану послідовно з лінійним дроселем, компенсаційну обмотку, з'єднану послідовно з вихідним ланцюгом, і конденсатор, що створює ферорезонансну схему (рис. 1 (b)). Допоміжна вторинна обмотка з паралельною ємністю необхідна для забезпечення резонансного контуру на частоті напруги живлення. Робота трансформатора базується на ферорезонансній поведінці, пов'язаній із насиченими залізними сердечниками, у яких подальше збільшення струму обмотки призводить до незначного або повного збільшення магнітного потоку. Проте таке джерело живлення дуже чутливе до змін частоти мережі, розсіює більше тепла, ніж звичайні трансформатори, створює більше чутного шуму під час резонансу та є важчим, ніж лінійні регульовані джерела живлення.

Електромеханічні трансформатори працюють практично в лінійному режимі (з великою частотою дискретизації). Вони базуються на тому ж принципі, що й релейні, тобто на властивостях трансформатора перетворювати змінну напругу, проте замість багатоступінчастого використовується автотрансформатор, який регулюється за допомогою сервопривідного двигуна (рис. 1(c)). При цьому до ваги та розмірів трансформатора додається також двигун, що робить пристрій досить габаритним, а рухомі його частини піддаються зношенню.

Необхідно використовувати кінцеві вимикачі на обох крайніх кінцях автотрансформатора, щоб уникнути приводу двигуна склоочисника за межі діапазону [2].

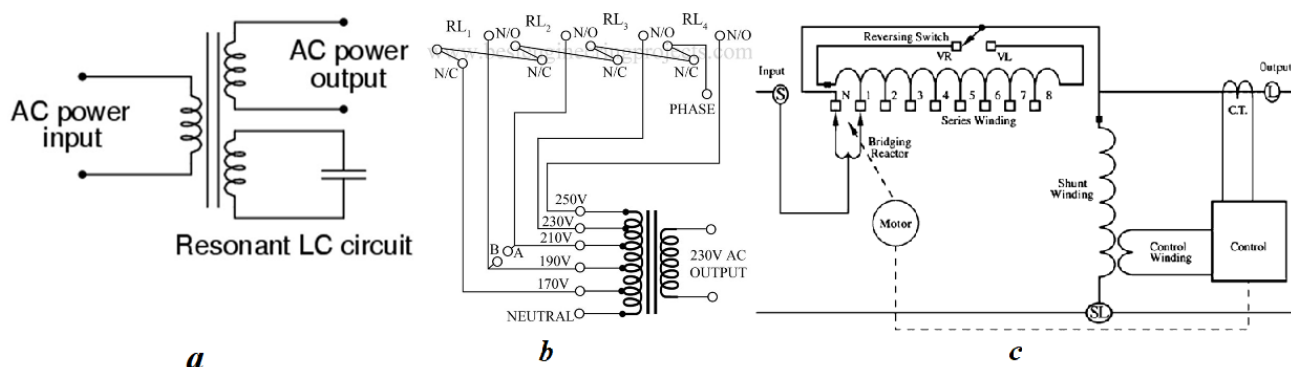


Рисунок 1 – Схеми стабілізаторів напруги

Інверторний (або стабілізатор подвійного перетворення) складається з чотирьох основних частин: вхідний фільтр для усунення завад мережі, випрямляч (перетворювач змінної напруги в постійну), інвертор (зворотне перетворення у змінну напругу) та вихідний фільтр для згладжування шумів, що виникають при інвертуванні (рис.2). Такий стабілізатор має практично миттєву реакцію на зміну вхідної напруги, оскільки форма та амплітуда напруги формується всередині нього. Цей ти набагато легший та менший за ті, які розглядалися вище, у ньому немає

механічних частин, які б могли створювати шум чи зношуватися. Головним недоліком є ціна на комплектуючі.

Отже з розглянутих варіантів найкращим є інверторний стабілізатор. Його схема досить схожа на схему зарядної станції (рис.3), відповідно пропонується спроектувати його так, щоб він був універсальним пристроєм і міг використовуватися не тільки для стабілізації напруги, а також для роботи в режимі UPS, при підключенні до нього зовнішніх акумуляторів. Для зарядки акумуляторів буде задіяна система випрямлення напруги, а для живлення від них – система формування синусоїдального сигналу.

При такому подвійному перетворенні принципово виключаються будь-які спотворення, а амплітуда вихідного сигналу повністю стабілізована і становить 220; загальний ККД досягає 97% [3].

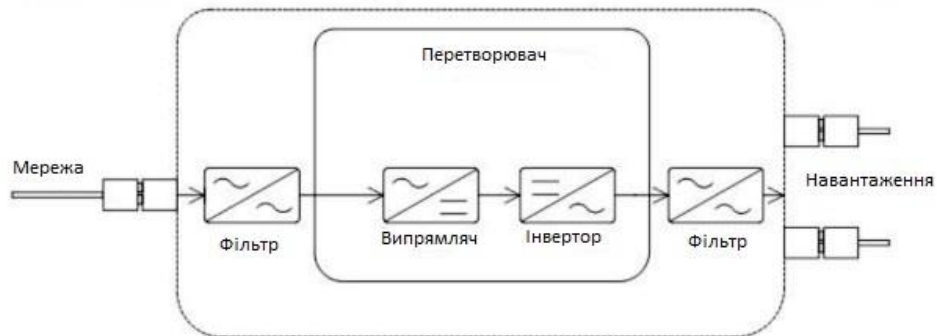


Рисунок 2 – Схема стабілізатора подвійного перетворення

Розбір засобів реалізації зарядної станції

Чим ДБЖ відрізняється від інвертора: інвертор — це зручний перетворювач потужності, який може перетворювати постійний струм у змінний, як мережеве живлення для звичайних електричних приладів. Принцип роботи такий же, як і в імпульсному джерелі живлення, але частота коливань знаходиться в певному діапазоні. Джерело безперебійного живлення, — це системне обладнання, яке з'єднує батарею з головним блоком і перетворює постійний струм на живлення від мережі через головний інвертор та інші схеми модуля. Він в основному використовується для забезпечення стабільного та безперебійного живлення для одного комп'ютера, системи комп'ютерної мережі тощо [4].

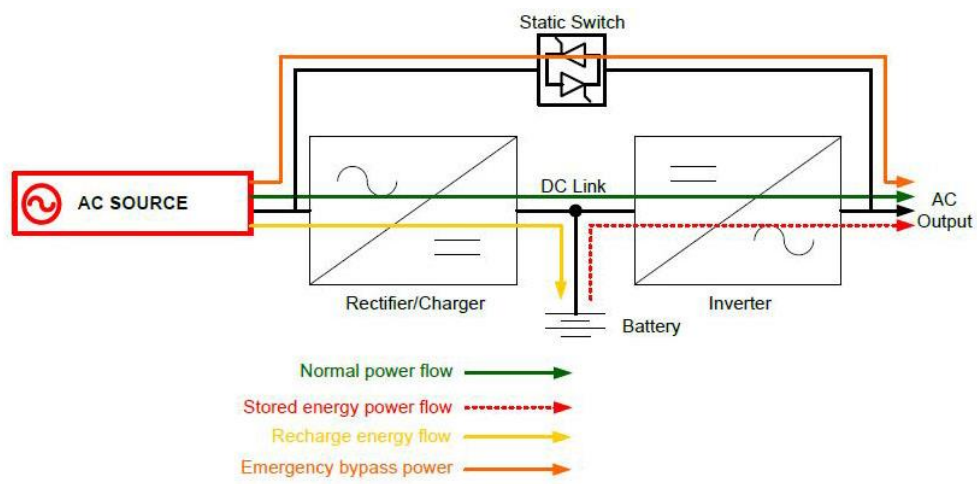


Рисунок 3 – Принцип подвійного перетворення енергії в зарядній станції

Для безпечного керування необхідно між мережею та блоком управління реалізувати гальванічну розв'язку, наприклад комутувати високу напругу через оптрони. Для спрощення живлення кожної з плат управління буде спільне з одного імпульсного блоку живлення.

Відображення поточної інформації та введення параметрів користувачем буде здійснюватися з окремої плати через сенсорний HMI дисплей за допомогою USART.

Передача даних на сервер відбуватиметься за допомогою плати wi-fi модуля ESP8266 або ESP32, встановленої в режим точки доступу, або робочої станції, з AVR мікроконтролером, в який буде записано необхідну web сторінку.

Висновки

Розглянуто різні типи стабілізаторів (симісторний, релейний, електромеханічний, ферорезонансний та інверторний), досліджено їхні особливості та з'ясовано, що найкращими характеристиками володіє інверторний стабілізатор. В процесі аналізу виявлено, що принцип роботи такого стабілізатора подібний до зарядної станції, тому вирішено спроектувати універсальний пристрій, що буде виконувати функції стабілізатора, зарядного пристрою для акумуляторів та інвертора для резервного живлення електроустаткування. Відповідно останніх два режими можна об'єднати в систему типу UPS. Також необхідно визначити параметри та робочі умови такого пристрою (ємність акумуляторів, діапазон вхідної напруги, максимальна потужність і т.п.).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. What Is The Use of Voltage Stabilizer. URL: <https://www.scribd.com/document/520624142/voltage-stabilizer> (дата звернення: 10.03.2024).
2. Servo Type AC Voltage Stabilizer. URL: <https://www.deepakumaryadav.in/2021/06/Servo%20Type%20AC%20Voltage%20Stabilizer.html> (дата звернення: 12.03.2024).
3. Стабілізатори напруги URL: <https://corelamps.com/elektromontazhne-obladnannia/stabilizatory-napruhy> (дата звернення: 01.03.2024).
4. What is the difference between UPS and inverters? URL: <https://www.xindun-power.com/industry-news/difference-between-ups-and-inverter-and-stabilizer.html> (дата звернення: 13.03.2024).

Попов Богдан Олександрович — студент групи ІАКІТ-196, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: bpopov570@gmail.com

Науковий керівник: **Кулик Ярослав Анатолійович** – к.т.н., доцент кафедри Автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій, Факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: kulyk.y.a@vntu.edu.ua

Popov Bogdan O. — Department of Intellectual Information Technology and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail : bpopov570@gmail.com

Supervisor: **Kulyk Yaroslav A.** - Ph.D., associate professor of the Department of Automation and Intelligent Information Technologies, Faculty of Intelligent Information Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: kulyk.y.a@vntu.edu.ua