



УДК 330.341.1:62

INNOVATIVE RANGE OF SPARE PARTS FOR FREQUENCY CONVERTERS AND ASSESSMENT OF THEIR QUALITY

ІННОВАЦІЙНИЙ АСОРТИМЕНТ ЗАПЧАСТИН ДЛЯ ЧАСТОТНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ТА ОЦІНКА ЇХ ЯКОСТІ

Trishkina Nina / Трішкіна Н.І.

к.е.н., as. prof., / к.е.н., доцент,

ORCID: 0000-0002-1883-3540

Khmelnytskyi Cooperative Trade and Economic Institute

Хмельницький кооперативний торговельно-економічний інститут

Kucheruk Nadiya / Кучерук Н.І.

teacher / викладач

Khmelnytskyi Cooperative Trade and Economic Institute

Хмельницький кооперативний торговельно-економічний інститут

Анотація. У статті досліджено класифікацію частотних перетворювачів. Проаналізовані інноваційні тенденції розвитку асортименту в сфері частотних перетворювачів та досліджено структуру асортименту запчастин для частотних перетворювачів, які представлені на ринку. Визначені показники якості частотних перетворювачів та запропоновані методи щодо оцінки їх якості. В результаті дослідження теоретичних та практичних аспектів аналізу інноваційного асортименту запчастин для частотних перетворювачів та оцінювання їх якості були зроблені висновки, що частотні перетворювачі – це пристрої, які змінюють частоту електричної напруги для регулювання швидкості обертання електродвигунів змінного струму; інновації у сфері частотних перетворювачів пов'язані з розвитком цифрових технологій, штучного інтелекту та енергоефективності; на ринку представлений широкий асортимент частотних перетворювачів таких брендів, як ABB, Siemens, Schneider Electric, INVT; структура асортименту характеризується переважанням трифазних частотними перетворювача середнього та високого класу потужності; якість частотних перетворювачів забезпечується відповідальними виробниками, проведенню передпродажної перевірки обладнання, дотриманню умов зберігання та логістики, також ця продукція сертифікована за міжнародними стандартами якості та безпеки.

Ключові слова: асортимент, бренд, виробник, інновації, технології, частотний перетворювач, якість.

Вступ.

Сучасний розвиток промисловості тісно пов'язаний із впровадженням енергоефективних технологій та автоматизацією виробничих процесів. Одним із ключових елементів такої автоматизації є частотні перетворювачі, які забезпечують регулювання швидкості обертання електродвигунів, зменшення енерговитрат та підвищення надійності експлуатації обладнання. Як і будь-яка складна електронна система, частотні перетворювачі потребують регулярного технічного обслуговування та своєчасної заміни окремих компонентів.



В умовах постійного технічного прогресу на ринку з'являються новітні інноваційні запчастини для частотних перетворювачів, які характеризуються покращеними технічними характеристиками, довшим строком служби та підвищеною ефективністю. Саме тому вивчення асортименту таких запчастин, а також розробка критеріїв їх оцінювання з точки зору якості, надійності та економічної доцільності є актуальним і практично значущим завданням.

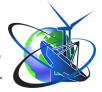
Основний текст.

Сучасна промисловість неможлива без ефективного управління електродвигунами, адже вони є ключовими елементами в багатьох технологічних процесах. Часом, щоб досягти бажаних результатів, необхідно не просто використовувати двигуни, а й оптимізувати їх роботу. Одним з найважливіших засобів у цій справі є частотні перетворювачі, які забезпечують регулювання швидкості обертання, моменту та інших параметрів електродвигунів. Це надає можливість підвищення ефективності виробництв та зниження витрат на енергію.

Ринок запчастин для частотних перетворювачів в Україні формується під впливом низки економічних, технічних, геополітичних та регуляторних факторів. Частотні перетворювачі широко використовуються в промисловості, агросекторі, енергетиці, водопостачанні, вентиляційних системах, комунальному господарстві та інших галузях. Відповідно, попит на комплектуючі та запчастини для їх обслуговування та ремонту залишається стабільно високим.

Існує кілька категорій перетворювачів частоти, кожна з яких має свої особливості та сфери застосування. Вибір відповідного типу пристрою прямо впливає на продуктивність і надійність систем автоматизації. Залежно від специфіки завдань, що стоять перед підприємством, важливо розуміти переваги різноманітних видів частотних перетворювачів. Це дозволить не тільки поліпшити технічні результати, але й зменшити операційні витрати.

Основні категорії частотних перетворювачів можна класифікувати за призначенням: промислові, побутові та спеціалізовані.



- ❖ Промислові перетворювачі зазвичай мають широкий діапазон потужності і функціональності, що робить їх універсальними для різноманітних застосувань.
- ❖ Побутові моделі зазвичай простіші і доступніші за ціною, але можуть не мати всіх функцій, необхідних для складних виробничих процесів.
- ❖ Спеціалізовані частотні перетворювачі розроблені для конкретних завдань, таких як управління насосами або вентиляторами, і можуть включати додаткові можливості.

При виборі частотного перетворювача важливо звернути увагу на його категорії, такі як однофазні та трифазні моделі. Однофазні перетворювачі зазвичай використовуються в побутових приладах і малих промислових установках, тоді як трифазні моделі забезпечують більш потужне та стабільне живлення для великих промислових механізмів.

Частотні перетворювачі, також відомі як інвертори або регулятори частоти, стали невід'ємною частиною сучасної промисловості. Вони забезпечують ефективне управління електродвигунами, дозволяючи здійснювати точне регулювання швидкості та моменту обертання. Існує кілька основних типів частотних перетворювачів, кожен з яких має свої особливості, переваги та сфери застосування.

Що стосується основних типів інверторів, вони також можуть бути розділені на кілька категорій: струмові, напругові та з резистивним навантаженням. Струмові інвертори забезпечують високу точність контролю і стабільність роботи двигуна, тоді як напругові моделі пропонують простоту інтеграції в існуючі системи. Інвертори з резистивним навантаженням підходять для застосувань з низькими вимогами до продуктивності. Вибір між цими типами залежить від специфічних потреб вашого бізнесу та технічних характеристик обладнання.

Одним із найбільш поширених типів є перетворювачі на базі модульованого ширини імпульсів (PWM). Цей метод забезпечує високу ефективність і точність регулювання частоти, що робить його ідеальним для використання в промислових умовах. Застосування таких перетворювачів особливо актуально в



системах автоматизації виробництв, де необхідно досягати оптимальних робочих характеристик електродвигунів [1].

Інший важливий тип – це частотні перетворювачі з векторним керуванням. Вони забезпечують більш високу динаміку та точність управління, що є критично важливим у випадках, коли потрібна максимальна продуктивність і контроль над процесами. Векторне регулювання дозволяє досягати значної економії енергії, що підвищує загальну ефективність обладнання та знижує експлуатаційні витрати.

Особливо варто зазначити перетворювачі з функцією рекуперації енергії. Ці пристрої не лише споживають електричну енергію, але й повертають її назад у мережу під час гальмування або зменшення навантаження. Це відкриває нові можливості для автоматизації процесів у промисловості, адже дозволяє значно знизити витрати на електроенергію та підвищити екологічну ефективність виробництв.

Частотні перетворювачі є важливими компонентами в сучасній автоматизації та електропостачанні. Основні типи цих перетворювачів можна поділити на асинхронні та синхронні.

➤ Асинхронні перетворювачі, як правило, є більш поширеними завдяки своїй простоті в експлуатації та високій надійності. Вони використовують обертові магнітні поля для генерування обертового моменту, що робить їх відмінним вибором для багатьох промислових застосувань.

➤ Синхронні ж перетворювачі, хоч і дорожчі, але забезпечують кращу точність регулювання частоти та швидкості обертання, що може бути критично важливим у специфічних умовах.

Вибір відповідного типу частотного перетворювача залежить від конкретних вимог до автоматизації та особливостей виробничого процесу. Розуміння різниць між цими пристроями, їх перевагами та недоліками допоможе фахівцям максимально ефективно використовувати технології для покращення продуктивності та надійності електродвигунів у промислових умовах. Опанування цих знань – ключ до успішної реалізації проектів у сфері



автоматизації [1].

Сфера частотних перетворювачів є динамічною й активно трансформується під впливом новітніх технологій, глобального тренду на енергоефективність, цифровізацію та автоматизацію виробництва. Частотні перетворювачі сьогодні – це не лише пристрої для регулювання швидкості електродвигунів, а й складні інтелектуальні системи з функціями моніторингу, самодіагностики, дистанційного керування та інтеграції в промислові мережі [2].

Сучасні частотні перетворювачі все частіше оснащуються мікропроцесорами, вбудованими контролерами, датчиками та інтерфейсами для обміну даними. Основні інновації в цьому напрямку:

- **Інтеграція з IoT (Internet of Things)** – перетворювачі підключаються до хмарних сервісів або локальних мереж, що дозволяє в режимі реального часу відслідковувати навантаження, стан двигуна, аварійні сигнали.
- **Дистанційна діагностика та оновлення ПЗ** – можливість моніторити та обслуговувати пристрій без фізичного втручання, що зменшує простой.
- **Підтримка протоколів зв'язку** – Ethernet/IP, Profinet, Modbus TCP тощо, для інтеграції в автоматизовані системи управління (SCADA, PLC).

Зважаючи на глобальні енергетичні виклики, частотні перетворювачі нового покоління мають підвищений ККД та знижені втрати енергії:

- **Автоматичне регулювання навантаження** відповідно до поточних потреб споживача.
- **Вбудовані енергозберігаючі алгоритми** (наприклад, функції плавного пуску, утримання моменту тощо).
- **Рекуперація енергії** – повернення надлишкової енергії в мережу або її повторне використання (актуально для ліфтових систем, конвеєрів) [3].

Інженери працюють над зменшенням габаритів та ваги перетворювачів без втрати потужності:

- ✓ **нові IGBT-модулі та силові елементи** з високою щільністю струму;
- ✓ **модульна конструкція** – дозволяє легко обслуговувати або модернізувати окремі блоки (керування, живлення, охолодження);



✓ **компактні однофазні або малопотужні частотні перетворювачі** для побутових і напівпрофесійних застосувань.

Сучасні інноваційні частотні перетворювачі включають:

- ❖ **фільтри гармонік** для зменшення впливу на електромережу;
- ❖ **функції активного пригнічення пульсацій напруги та струму;**
- ❖ **підтримку динамічної компенсації реактивної потужності.**

Нові моделі враховують жорсткі вимоги до безпеки персоналу і обладнання:

- **інтеграція SIL-рівнів безпеки (Safety Integrity Level);**
- **вбудовані захисні реле, аварійні відключення, моніторинг температури;**
- **високий ступінь захисту корпусу (IP55, IP66) для важких умов експлуатації** [4].

Силові модулі на основі **карбіду кремнію (SiC)** або **нітриду галію (GaN)** дають змогу зменшити втрати на перемикання, підвищити частоту роботи, зменшити габарити радіаторів і підвищити ефективність.

Частотні перетворювачі нового покоління проєктуються з урахуванням:

1. **зниження вуглецевого сліду при виробництві;**
2. **рециклінг компонентів;**
3. **використання безсвинцевих матеріалів** та енергоощадних технологій виробництва.

Інноваційні тенденції в сфері частотних перетворювачів значно розширюють їх функціональність, підвищують енергоефективність та рівень автоматизації. Сучасні частотні перетворювачі – це «розумні» пристрої, здатні не лише керувати електродвигунами, а й інтегруватися в комплексні системи управління підприємствами. Подальші розробки спрямовані на цифрову трансформацію, екологічність, надійність та адаптивність до вимог Індустрії 4.0 [3].

Основними виробниками частотних перетворювачів є **ABB** (Швейцарія), **Siemens** (Німеччина), **Danfoss** (Данія), **Mitsubishi Electric** (Японія), **Omron** (Японія), **Lenze** (Німеччина), **Allen Bradley / Rockwell Automation** (США).

Асортимент частотних перетворювачів за брендами та його характеристика



представлені в табл. 1.

Таблиця 1 – Характеристика асортименту частотних перетворювачів за брендами

№ з/п	Бренд	Характеристика
1	ABB	Пропонує широкий спектр частотних перетворювачів з високою надійністю та енергоефективністю. Підтримка різних протоколів зв'язку дозволяє легко інтегрувати їх у різні системи автоматизації.
2	Allen Bradley	Відомі своєю гнучкістю в налаштуванні та інтеграцією з контролерами Rockwell Automation, що робить їх зручними для комплексних автоматизованих систем.
3	Danfoss	Відзначаються компактністю та енергоефективністю. Вбудовані фільтри зменшують електромагнітні завади, що важливо для чутливих систем.
4	Mitsubishi	Пропонують високоточне керування та надійність, що робить їх придатними для застосувань, де потрібна висока точність і стабільність.
5	Omron	Зручні в налаштуванні та добре інтегруються з автоматизованими системами, що робить їх популярними в різних галузях промисловості.
6	Lenze	Спеціалізуються на конвеєрних системах, пропонуючи модульні рішення, які легко адаптуються до конкретних потреб виробництва.
7	Siemens	Пропонують широкий спектр частотних перетворювачів з можливістю інтеграції в TIA Portal, що забезпечує зручне програмування та моніторинг.

Авторська розробка

Представлені в таблиці 1 бренди – ABB, Siemens, Danfoss, Mitsubishi Electric, Allen Bradley, Omron, Lenze – мають сертифікацію ISO 9001 та відповідають міжнародним стандартам якості (IEC, UL, CE, RoHS).

Представлені виробники приділяють особливу увагу:

- 1) тестуванню на енергоспоживання та ефективність;
- 2) стійкості до коливань напруги в електромережі;
- 3) тепловому захисту і тривалості експлуатації;
- 4) захисту від пилу, вологи та вібрацій (ступінь IP);
- 5) електромагнітній сумісності та безпеці;

Оцінка якості частотних перетворювачів здійснюється за критеріями представленими в табл. 2.



Таблиця 2 – Критерії оцінки якості частотних перетворювачів на рівні підприємства

Критерій	Зміст
Функціональна стабільність	Перевірка роботи при змінних навантаженнях, збереження заданих параметрів
Надійність у роботі	Середній термін служби – 10–15 років (залежно від моделі та умов)
Енергоефективність	Високий ККД (до 98%), мінімальні втрати електроенергії
Сервісопридатність	Наявність змінних модулів, фільтрів, прошивок
Гарантія від виробника	12–36 місяців, залежно від бренду
Захист і безпека	Відповідність міжнародним стандартам IP20–IP65, наявність вбудованого захисту
Відгуки клієнтів	Позитивні оцінки роботи частотників у вентиляційних, насосних системах

Авторська розробка

Підприємства які займаються частотними перетворювачами постійно ведуть моніторинг якості через:

- перевірку сертифікатів відповідності та походження товару;
- співпрацю з сервісними партнерами для діагностики та ремонту;
- тестування перетворювачів перед постачанням на об'єкт;
- надання технічного супроводу клієнтам – підбір параметрів, консультації з налаштування.

Клієнти підприємств використовують частотні перетворювачі у різних сферах: водопостачання, HVAC-системи, харчова промисловість, деревообробка. За відгуками споживачів:

- продукція ABB і Siemens демонструє високу точність регулювання та мінімальний рівень аварій;
- Danfoss відзначається простотою інтеграції та зручністю в експлуатації;
- Mitsubishi та Omron показують стабільність при високих навантаженнях і в умовах змінного середовища.

Частотні перетворювачі, вище вказаних брендів, відповідають вимогам сучасного промислового ринку щодо енергоефективності, надійності, функціональності та безпеки. Забезпечення контролю якості та сервісної



підтримки дозволяє зберігати довіру клієнтів та підтримувати свою репутацію надійного партнера в галузі автоматизації.

Якість частотних перетворювачів залежить не лише від виробника, але й від внутрішніх процедур підприємства щодо контролю, обслуговування та підбору обладнання. З метою підвищення рівня якості доцільно впровадити такі заходи:

1. Удосконалення процедур приймального контролю:

- ✓ запровадження технічної перевірки партій обладнання після отримання (заміри напруги, струму, температури);
- ✓ ведення журналу тестувань і діагностики з реєстрацією дефектів.

2. Підвищення рівня технічної підтримки клієнтів:

- ✓ надання послуг інженера-консультанта для налаштування та пуску в експлуатацію частотного перетворювача;
- ✓ створення бази знань (інструкції, відео, шаблони конфігурацій);
- ✓ онлайн-підтримка через сайт або месенджери.

3. Впровадження системи контролю рекламацій:

- ✓ аналіз причин відмов за допомогою статистики гарантійних звернень;
- ✓ формування рекомендацій щодо вдосконалення підбору моделей для різних умов.

4. Покращення умов зберігання і транспортування:

- ✓ забезпечення захисту від вологи, перепадів температури та механічних впливів;
- ✓ маркування і контроль залишків на складах з урахуванням термінів придатності окремих компонентів.

5. Організація навчання персоналу:

- ✓ проведення технічних семінарів від виробників;
- ✓ постійне підвищення кваліфікації співробітників із нових моделей, інтерфейсів, стандартів.

6. Сертифікація відповідно до ДСТУ/ІЕС:

- ✓ впровадження стандартів ISO 9001 у сфері роботи з електротехнічним обладнанням;



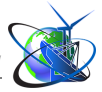
✓ оцінка відповідності частотних перетворювачів вимогам ДСТУ EN 61800-3 та ДСТУ EN 61800-5-1.

Висновки.

Аналіз асортименту частотних перетворювачів виявив, що на ринку пропонується широкий спектр частотних перетворювачів від провідних світових виробників – ABB, Siemens, Danfoss, Mitsubishi Electric, Omron та інших. Це дає змогу підприємствам-посередникам гнучко реагувати на потреби клієнтів та забезпечувати індивідуальний підхід до кожного замовлення. Аналіз структури асортименту показав, що продукція класифікується за різними критеріями: потужністю, функціональними можливостями, рівнем захисту, типом керування та галуззю застосування. Такий підхід дозволяє задовольняти запити як малих виробництв, так і великих промислових підприємств. Досліджуючи якість частотних перетворювачів встановлено, що на ринку реалізується лише сертифікована продукція, яка відповідає міжнародним стандартам безпеки та надійності. Приділяється значна увага гарантійному та післягарантійному супроводу, наявності технічної документації та підтримці клієнтів.

Література:

1. Основні типи частотних перетворювачів – як правильно обрати для ваших потреб? UkrPromMotor. 08.11.2024. URL: <https://ukrprommotor.com.ua/blog/osnovni-tipi-chastotnih-peretvoryuvachiv---yak-pravilno-obrati-dlya-vashih-potreb#osnovni-vidi-chastotnih-peretvoryuvachiv-yak-vibrati> (дата звернення: 02.06.2025).
2. Новітні розробки та інновації в частотних перетворювачах INVT. Голос Сокальщини. 26.04.2024. URL: <https://golossokal.com.ua/porady/novitni-rozrobky-ta-innovatsii-v-chastotnykh-peretvoriuvachakh-invt.html> (дата звернення: 02.06.2025).
3. Перетворювачі частоти – нові правила гри в майбутньому. UkrPromMotor. 26.01.2024. URL: <https://ukrprommotor.com.ua/blog/> (дата звернення: 02.06.2025).
4. Сучасні перетворювачі частоти в системах електропривода : навч. посіб.



М. В. Загірняк, Т. В. Коренькова Точка, 2017. 206 с., А. П. Калінов, А. І. Гладир, В. Г. Ковальчук. 2-ге вид., перероб. і допов. Харків : Точка, 2017. 206 с.

Abstract. *The article studies the classification of frequency converters. The innovative trends in the development of the range in the field of frequency converters are analyzed and the structure of the range of frequency converters presented on the market is studied. The quality indicators of frequency converters are determined and measures are proposed to assess their quality. As a result of the study of the theoretical and practical aspects of the analysis of the innovative range of spare parts for frequency converters and the assessment of their quality, the conclusions were drawn that frequency converters are devices that change the frequency of the electric voltage to regulate the speed of rotation of AC electric motors; innovations in the field of frequency converters are associated with the development of digital technologies, artificial intelligence and energy efficiency; the market presents a wide range of frequency converters of such brands as ABB, Siemens, Schneider Electric, INVT; the structure of the range is characterized by the predominance of three-phase frequency converters of medium and high power class; The quality of frequency converters is ensured by responsible manufacturers, pre-sales inspection of equipment, compliance with storage and logistics conditions, and these products are also certified according to international quality and safety standards.*

Key words: *assortment, brand, manufacturer, innovation, technology, frequency converter, quality.*