



## XLC-MA

# Компактні LED-драйвери 25-60 Вт з бездротовим диммінгом Matter

- Вхідна напруга живлення 100-305 В AC або 155-400 VDC
- Діапазон «диммінгу» від 0.1 до 100%
- Споживання без навантаження <0.5 Вт
- Діапазон робочих температур від -25 до 90°C
- Пластиковий корпус, пристрій Class II
- Гарантія 5 років

Компанія SEA — офіційний дистриб'ютор MEAN WELL на території України



**SEA**

ІННОВАЦІЇ ТА  
ЕФЕКТИВНІСТЬ

Україна, 02094, м. Київ, вул. Краківська, 13-Б  
тел./факс: +38 044 330-00-88  
[info@sea.com.ua](mailto:info@sea.com.ua), [www.sea.com.ua](http://www.sea.com.ua)



# Моторизовані перемикачі навантаження MLBS CO 800-1250 A

Розширення серії моторизованих перемикачів навантаження MLBS CO 3P та 4P виконання на струми 800 та 1250 А. Можуть бути використані як перемикачі для автоматичного або ручного вводу резерву.



- Кількість полюсів - 3P, 4P;
- Діапазон струмів - 800, 1250 А;
- Напруга живлення - 230 В АС;
- Рукоятка в комплекті;
- Захисні кришки;
- З'єднувальні містки.



Використання MLBS із контролерами АВР ATSC25 дозволяє створити систему контролю напруги та автоматичного включення резерву в системах "Мережа-Мережа" і "Мережа-Генератор".

За детальною інформацією  
звертайтеся до спеціалістів  
компанії ETI Україна

**ETI Україна**

04128, м. Київ, вул. Мрії 19  
тел. +38 (044) 494-21-80, 82  
[www.eti.ua](http://www.eti.ua)

**ETI**  
SWITCH TO  
A SAFE FUTURE

International Electrotechnical Magazine  
**ЕЛЕКТРИК**  
 Міжнародний Електротехнічний Журнал

Науково-популярний журнал  
 Видається з січня 2000 р.  
**4/2025 (265) квітень.**  
 Періодичність – 12 разів на рік  
 Зареєстрований Державною реєстраційною  
 службою України  
 Серія КВ № 02.12.2011г.

**Засновник**  
 ДП «Видавництво Радіоаматор»  
 Київ, «Радіоаматор»

Головний редактор  
 electrik\_@ukr.net

**Редакційна колегія:**  
 А.Ю. Саулов (голова)  
 А.Н. Кравченко, д.т.н., професор  
 Н.П. Власюк  
 А.Г. Зьзюк  
 А.В. Кравченко  
 З.А. Салахов

**Адреса редакції:**  
 Київ, вул. Краківська, 13А

Для листів:  
 lat@ukr.net  
 066 271 35 94  
[http:// www.electrician.com.ua](http://www.electrician.com.ua)

Соц. мережі   

**Видавник: ДП «Видавництво «РадіоАматор»**  
 С.В. Латись, директор, lat@ukr.net  
 тел. 066 271 35 94

**Реклама:**  
 тел. 066 271-35-94, lat@sea.com.ua

**Передплата та реалізація:**  
 lat@ukr.net  
 066 271 35 94

**Адреса видавництва «Радіоаматор»**  
 Київ, Краківська, 13А

Підписано до друку 30.04.2025 р.  
 Дата виходу у світ 05.05.2025 р.  
**Формат 60x84 / 8. Умов. друк. арк. 3,46**  
**Обл. вид. арк. 4,62.**

**Підписні індекси:**  
 ДП «Преса» (для України):  
 для приватних осіб 22901, 8045;  
 Загальний наклад по країнам СНГ та ЄС: 6500 прим.  
 Ціна договірна.

**Надруковано** з комп'ютерного набору  
 в типографії видавництва «Аврора-Принт»  
 м. Київ, вул. Причальна, 5. Тел.: (044) 550-92-44

Реферується ВІНИТИ.  
 Журнал «Електрик. Міжнародний  
 електротехнічний журнал», м. Київ.  
 Видавництво «Радіоаматор»,  
 Україна, м. Київ, вул. Краківська, 13А.

Повне або часткове переддрукування матеріалів в інших  
 виданнях можливе лише за письмовою згодою ДП  
 «Видавництво Радіоаматор». За зміст реклами  
 и об'яв несе відповідальність рекламодавець.  
 Точка зору редакції журналу може не збігатися  
 з точкою зору авторів статей.

© Видавництво «Радіоаматор», 2025



### Дорогі друзі!

Головні теми цього номеру нашого журналу це: виробництво електроенергії, датчики, електропривід та електричні шафи.

У статті «Інновації в сучасній електроніці по виробництву нових типів АКБ» (автор Андрій Кашкаров) розглядаються інноваційні рішення у галузі підвищення гнучкості, енергоємності та стійкості акумуляторів до перепадів температур.

Звертаємо вашу увагу на статтю «Досвід малої генерації в республіці Вірменія» (автор Андрій Миколаїв). Проблема малої гідроенергетики вкрай актуальна для всіх країн світу: як для лідерів, так і для економік, що розвиваються. Досвід Вірменії у цій царині може і повинен бути дуже цікавим в Україні для забезпечення стійкого електропостачання. Тим більш що гірські райони Західної України мають багато спільного з рельєфом Республіки Вірменія.

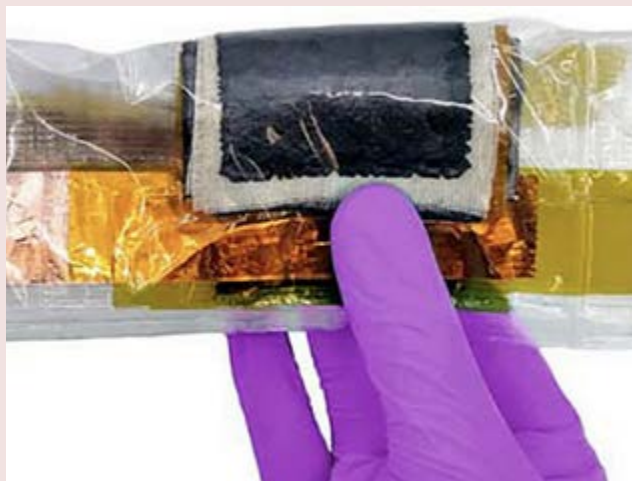
В даний час зі змістом усіх статей з номерів журналу «Електрик. Міжнародний електротехнічний журнал» за 2022, 2023 та 2024 роки можна безкоштовно ознайомитись на сайті журналу <http://www.electrician.com.ua>.

Для цього треба зайти в розділ «Новини» сайту, вибрати новину про вихід номера журналу «Електрик», що вас цікавить, і перейти за посиланням, яке міститься в конкретній новині. Також зі змістом номерів журналу можна ознайомитись в розділі «Архів» сайту.

Аналогічно можна ознайомитись зі змістом статей номерів журналу «Радіо Компоненти» за той самий період.

### Редколегія журналу «Електрик. Міжнародний електротехнічний журнал».





- 1 Від редакції
- 2 Зміст

### Техніка та технології

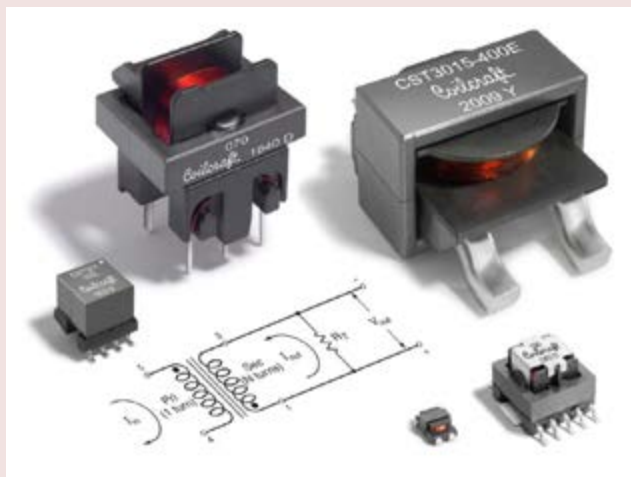
- 4 Системна безпека в автоматизації
- 8 Fibox – світовий лідер у галузі корпусних рішень, що ставить дизайн та інновації на перший план усієї своєї діяльності.
- 12 Інновації в сучасній електроніці по

виробництву нових типів АКБ  
 Андрій Кашкаров

- 15 SPC-618WE. Новий панельний ПК для інтелектуальних середовищ підвищеної безпеки
- 16 Інженерні рішення для керування безщітковими двигунами

### Виробництво та ресурси

- 20 Трансформатори контролю струму для джерел живлення з імпульсним режимом



24 Досвід малої генерації в республіці  
Вірменія  
Андрій Миколаїв

27 Гнучкі струмопровідні елементи TFT для  
електронних пристроїв, що носяться  
Андрій Кашкаров

### Інженерні рішення

30 Варіанти з'єднання алюмінієвих та мідних  
проводів  
Андрій Сидоренко

36 Візитниця



Power Reliability: Запобігання відмовам і простоям.

## Системна безпека в автоматизації

Суніт Саран, продуктовий маркетинг джерел живлення,  
Phoenix Contact Power Supplies GmbH, Падерборн, Німеччина  
Айріс Шапер, технічний письменник,  
Phoenix Contact GmbH & Co. KG, Бломберг, Німеччина

Ступінь електрифікації, мережевої взаємодії та автоматизації зростає, а отже, зростає і потреба в надійному електропостачанні та рішеннях для моніторингу. Інтегруючи комплексну концепцію електропостачання, фахівці з автоматизації можуть захистити себе від збоїв у роботі системи.

Надійне рішення для електропостачання складається з захисту від перенапруг, електроживлення, захисту пристроїв і моніторингу енергоспоживання в поєднанні з відповідною технологією вимірювання (фото).

Зростання населення та зміна клімату створюють серйозні виклики для суспільства та економіки в усьому світі. Як ми можемо забезпечити більшу кількість людей енергією і водночас захистити клімат? З технічної точки зору, є лише одна відповідь: All Electric Society, або Всеелектричне суспільство. Ця концепція описує майбутнє, в якому електрична енергія, вироблена з відновлюваних джерел, буде доступна в усьому світі як основний вид енергії в достатній кількості та за доступними цінами для всіх. Це базується на електрифікації, об'єднанні в мережі та автоматизації всіх секторів економіки та інфраструктури.

### Потреба в надійних рішеннях для постачання зростає

Зміна клімату не лише змінює наше енергопостачання та призводить до більш нестабільної доступності електроенергії, але й генерує частіші та інтенсивніші погодні екстремальні явища. Обидва фактори підвищують ймовірність перебоїв у роботі мережі, перенапруг та пов'язаних з ними системних збоїв (рис. 1).

Крім того, сучасні енергосистеми запроєктовані як перспективні. За координації їхньої роботи зазвичай відповідає низка контролерів, блоків управління та головних комп'ютерів, які працюють за допомогою різноманітних



Рис. 1



реле, датчиків, кінцевих вимикачів та камер. Керуючі програми обробляють високоавтоматизовані рутини. Це означає, що сучасні системи є не лише високоєфективними, але й дуже чутливими та сприйнятливими до перешкод.


Навіть для швидкозмінних споживчих товарів одна година незапланованого простою може коштувати 36 000 євро, а для систем в автомобільному секторі ці витрати стрімко зростають до 2.3 млн. євро на годину. Тому необхідно уникати простоїв за будь-яких обставин. Тим більше, проектувальники повинні покладатися на комплексну концепцію захисту при розробці системи, особливо для рішення з електропостачання обладнання. Надійне рішення для електроживлення складається з захисту від перенапруги, електроживлення, захисту пристроїв і моніторингу енергоспоживання в поєднанні з відповідною вимірювальною технікою.

### Аналіз та оптимізація за допомогою даних

Дані про застосування стають все більш важливими, як для моніторингу загальної поведінки системи, так і для інтеграції даних безпосередньо в технологічний процес. Інтеграція даних в процес дозволяє, наприклад, виявити підвищене енергоспоживання і, відповідно, повзучий знос на ранній стадії. Прилади для вимірювання енергії EMpro від Phoenix Contact можуть збирати всі значення електричних характеристик і надавати їх через дисплей пристрою або комунікаційний інтерфейс. Незалежно від того, чи є мережа живлення змінного струму однофазною, двофазною або трифазною, чи потрібно вимірювати постійний струм або використовуються звичайні трансформатори струму: портфоліо EMpro пропонує різноманітні версії.

Що стосується змінного струму, то серія EMpro може збирати всі електричні характеристики, такі як напруга, струм, потужність і енергія, у вигляді передньої панелі



Empowering the All Electric Society 

## Рішення для електропостачання як серце електрифікованого світу

Для реалізації візії All Electric Society важливо, щоб ключові сектори енергетики, промисловості, інфраструктури та мобільності були забезпечені електроенергією. Рішення для електропостачання від Phoenix Contact представлені в усіх секторах All Electric Society, надійно постачаючи електроенергію для застосувань у різних галузях промисловості.

Детальніше:  
ТОВ "Фенікс Контакт"  
<https://www.phoenixcontact.com/uk-ua/power-reliability>



Рис.2

для дверей шафи керування або у вигляді версії на DIN-рейку, і відображати їх на дисплеї пристрою (рис.2). Звичайні трансформатори струму, а також подальша установка за допомогою котушок Роговського дуже прості у виконанні. Різноманітні протоколи зв'язку забезпечують правильне рішення для будь-якого поширеного застосування. На додаток до стандартних протоколів, таких як Modbus/TCP, Modbus/RTU, Profinet і Ethernet IP, Phoenix Contact також пропонує інтерфейс REST API. Всі записані значення можуть бути прочитані через комунікаційні інтерфейси.

#### Модульний підхід для кожного застосування

Маючи стільки цінних даних, захист цих даних має бути першорядним. Відповідна система захисту від перенапруги надає дані про цей захист – через вбудований контакт дистанційної індикації. Серія продуктів VAL SPP з посиленою ізоляцією для додаткової безпеки користувача та системи забезпечує надійний захист. Пряма реакція на перенапругу захищає резервний запобіжник та всю систему. Швидке відключення забезпечує високий рівень експлуатаційної безпеки.

Контролер також повинен бути забезпечений електроенергією – надійно і з достатньою потужністю для відповідного застосування. Тут також можна збирати та обробляти багато важливих даних:

- Як використовується джерело живлення?
- Яка кількість робочих годин?

#### Все з одних рук

Модульна концепція Power Reliability пропонує глобально доступну, швидку в установці та індивідуально розширювану систему для забезпечення безпеки системи в цілому.

Безмежні можливості. Модульна концепція забезпечує безпечне, індивідуальне рішення для кожної системи (рис.3).



Рис.3

- *Захистити.* Захистити системи від перенапруг, коротких замикань і високочастотних перешкод за допомогою пристроїв захисту від перенапруг і пристроїв захисту, а також фільтрів.
- *Живлення.* Надійне живлення системи за допомогою DC/DC перетворювачів, AC/DC блоків живлення, інверторів, модулів резервування та ДБЖ.
- *Вимірюйте.* Записувати параметри електричної системи за допомогою пристроїв моніторингу енергії, щоб виявити помилки на ранній стадії та розробити заходи з підвищення ефективності.



Power Reliability

PHOENIX  
CONTACT

- Чи в нормі трифазне живлення на стороні змінного струму?

Трифазне джерело живлення Quint 4 може передавати всю цю інформацію, наприклад, через інтерфейс IO-Link.

Джерела живлення лінійки продуктів Quint Power характеризуються надійною вихідною стороною, надійним входом і, в даному випадку, превентивним моніторингом функцій. Це забезпечує ранній моніторинг та локалізацію помилок. У модульному підході з джерелом безперебійного живлення ця система є рішенням для будь-яких вимог до буферизації.

### Комунікативне рішення

Джерело безперебійного живлення (ДБЖ) характеризується інтелектуальним керуванням акумулятором за допомогою технології IQ, вдосконаленим керуванням навантаженням і комунікаційними інтерфейсами. ДБЖ відстежує вихідну напругу, напругу акумуляторів і пов'язані з ними струми, а також надійно визначає залишковий термін служби і буферний час. Потім він передає ці дані до системи верхнього рівня. Таке надання даних означає, що систему можна оптимально контролювати і забезпечувати живленням. Тільки за допомогою цих даних можна гарантувати, що система продовжуватиме жити в разі виникнення помилки.

Електронні багатоканальні автоматичні вимикачі не тільки вибірково захищають підключене навантаження від перевантаження та короткого замикання, але й можуть

бути оптимально адаптовані до підключеного навантаження за допомогою регульованого номінального струму та дистанційно ввімкнені. Крім того, доступна така інформація, як струм, що протікає по кожному каналу, що дозволяє відстежувати потік енергії до найдрібніших деталей.

Система автоматичних вимикачів Saragos є ще одним блоком в цьому модульному підході і пропонує можливість підключення джерела живлення Quint 4 через інтерфейс системної шини. Це означає, що дані обох пристроїв можуть бути доступні централізовано, наприклад, через інтерфейс Profinet.

### Підсумок

Комплексні рішення для всіх галузей промисловості та секторів забезпечують надійність постачання та високу доступність системи. Модульний системний підхід може бути використаний для створення детальної прозорості, а також протидії простоям і високим витратам на електроенергію.

### Більше інформації

[www.phoenixcontact.com/power-reliability](http://www.phoenixcontact.com/power-reliability)

### Література:

1. Більше гроз та екстремальних погодних явищ: Інформаційний документ, Конгрес з екстремальних погодних умов, Німецька метеорологічна служба: [www.dwd.de/DE/klimaumwelt/aktuelle\\_meldungen/210922/Faktenpapier-Extremwetterkongress\\_download.pdf](http://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/aktuelle_meldungen/210922/Faktenpapier-Extremwetterkongress_download.pdf)



**Серії HEP**  
100-1000 Вт  
Безвентиляторні блоки живлення для суворих умов експлуатації

- Безвентиляторне виконання і повністю герметичний корпус
- Висока ефективність
- Широкий діапазон робочих температур
- Витримують вібрації до 10G
- Модель з вихідною напругою 100 В (серія HEP-1000)
- 6 років гарантії

**Компанія SEA — авторизований дистриб'ютор MEAN WELL на території України**

**SEA** | ІННОВАЦІЇ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ | **НАМ 30 РОКІВ**

Україна, 02094, м. Київ, вул. Краківська, 13-Б  
тел.: +38 044 291-00-41, факс: +38 044 291-00-42  
info@sea.com.ua, www.sea.com.ua

Маючи скандинавське коріння та штаб-квартиру у Фінляндії (див. **фото**) з 1966 року, ми створюємо надійні та провідні в галузі продукти та рішення, що захищають системи розподілу електроенергії, управління та електронні пристрої від впливу несприятливих умов навколишнього середовища.

## Fibox – світовий лідер у галузі корпусних рішень, що ставить дизайн та інновації на перший план усієї своєї діяльності.

(Стаття надана компанією Мікроприлад)

Спираючись на майже 60-річний досвід роботи в галузі, компанія Fibox стала справжнім піонером у галузі корпусних рішень, зберігаючи при цьому вірність своїм фінським корінням та простому скандинавському дизайну виробів. Будучи розробником першої у світі модульної шафи, виготовленої методом лиття під тиском з полікарбонатного пластику (PC), компанія Fibox стала ініціатором початку нової ери у виробництві електричних щитів.

Випуск наших модульних пластикових корпусів став першим свого роду для низьковольтних розподільчих щитів електроенергії. Наша місія – об'єднати надійний світовий бренд Fibox та технічне лідерство з цінностями та рішеннями, які наші партнери та клієнти продемонстрували як фактори, що сприяють їх власним досягненням. У міру розвитку компанії Fibox ми також розробляємо та виробляємо механічні корпуси із пластику та алюмінію на замовлення. Крім того, ми пропонуємо повністю протестовані електричні та автоматизовані системи, включаючи ті, які стоять за сучасною технологією заряджання електромобілів, автомобільним опаленням та багатьом іншим.

До лінійки корпусів FIBOX відносяться більше 800 різних стандартних корпусів з PC, пластику ABS, скловолокна та алюмінію. Fibox є промисловим лідером у розробці нових продуктів та технологій для від-



ливання термопластикових корпусів. Компанія Fibox вважає технологію виливки важливою частиною розробки продукції. Наприклад, у корпусі FIBOX MNX вперше було використано процедуру заливання ущільнення в корпус у процесі виливки самого корпусу. Завдяки цьому процесу заливка ущільнення виконується точно, що гарантує чудовий клас захисту такого корпусу. FIBOX є єдиним виробником, який застосував цю технологію під час виробництва корпусів.

Всі продукти, які виробляє FIBOX, є екологічно чистими та розраховані на тривалий термін служби. При цьому ми приділяємо велику увагу ефективності, дозволяючи нашій планеті зберігати більше енергії та ресурсів.

Продовжуючи історію компанії Fibox і зберігаючи прихильність до інновацій та технічного лідерства, ми не забуваємо про наших клієн-

тів та унікальні потреби кожного з них. Саме завдяки вкладу нашої клієнтської бази, що розширюється по всьому світу, ми можемо безперешкодно впроваджувати інновації, створюючи нові продукти та нові послуги з високою доданою вартістю.

Ще одним прикладом є застосування компанією FIBOX технології кількох повзунків під час створення форми. Незважаючи на те, що форми такого типу є дорожчими, для замовників великих партій продукції вони стали рентабельним альтернативним варіантом модифікації стандартних корпусів відповідно до певних вимог.

*Діяльність FIBOX поділяється на дві офіційні комерційні структури:*

- Fibox Enclosures, що займається розробкою, виробництвом, розповсюдженням та продажем корпусів та корпусних систем;

# ПАРТНЕРСТВО В ЕЛЕКТРОНІЦІ



## ПРОДУКЦІЯ ВИСОКИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Датчики  
Клеми Wago  
Електронні компоненти  
Сенсорні панелі  
TFT-дисплеї  
Маркувальні вироби  
Крокові двигуни



**ТОВ МІКРОПРИЛАД**

офіс 101, вул. Омеляна Пріцака 4, м. Київ, 03142, Україна  
тел.: 380 44 392 93 86 (багатоканальний), факс: 380 44 392 93 87  
email: sales@micropribor.com.ua  
[www.micropribor.com.ua](http://www.micropribor.com.ua)



- Fibox Plastic & Aluminium Mechanics, що спеціалізується на розробці пластикових виробів та точних багатокомпонентних прес-форм і має потужності для надання послуг із випуску великих партій продукції.

В даний час компанією FIBOX, яка тепер є приватною, розроблено понад 17 лінійок продуктів різних розмірів. Вийшовши з групи Fiskars у 1991 р., FIBOX суттєво розширила виробництво та створила нові центри обслуговування та маркетингових послуг. У компанії шість виробничих майданчиків: три у Фінляндії та по одному в Німеччині, Кореї та США. Є також 10 сервісних центрів, розташованих у Європі, США, Китаї та Кореї. В інших регіонах світу компанія FIBOX має партнерів-дистриб'юторів, які допомагають задовольнити попит на продукцію FIBOX, що зростає у світі.

FIBOX розробила складну систему підтримки якості, що гарантує клієнтам надійність та цілісність продукції та послуг. Усі аспекти діяльності компанії FIBOX, від проектування та розробки продукції до виробництва та доставки продукції, спрямовані на забезпечення високого рівня виробництва.

У 1992 р. FIBOX Oy Ab отримала сертифікат якості ISO 9001:2000 за свою роботу. Компанія FIBOX на свій розсуд надає третім особам свої висновки для тестування та оцінки. Наразі такими є компанії UL, FIMKO, DNV, LR тощо. Корпуси FIBOX відповідають стандарту EN 60529.

Робити якісні продукти ще краще – ось що робить Fibox. Це те, що Fibox робитиме і надалі. Все це є частиною підтримки нашого світового технічного лідерства та щиро-

го прагнення створення рішень, що відрізняють бізнес наших клієнтів. Незалежно від застосування, Fibox пропонує повний асортимент високоякісних корпусів з безліччю функцій, призначених для захисту електричних та електронних компонентів і систем, які допомагають підтримувати світ у робочому стані.

#### **Fibox Group: використання високоякісних та індивідуальних рішень в області корпусів, що підходять для край складних умов**

За матеріалами The Silicon Review

«Наше гасло – «Fibox – втілення інновацій», і хоча інновації в наших продуктах мають для нас ключове значення, наші продукти також захищають інновації наших клієнтів».

Тапані Ніємі, генеральний директор Fibox Group, дав ексклюзивне інтерв'ю The Silicon Review про те, як його компанія захищає найважливіші інвестиції та інновації своїх клієнтів щодня, щороку та кожне десятиліття.

Ось короткий зміст інтерв'ю.

**Питання:** Що стало мотивацією для створення Fibox Group?

**Відповідь:** Fiskars, фінський конгломерат, хотів диверсифікувати свій бізнес із виробництва пластикових корпусів у 1991 році, і нинішнє керівництво викупило його, оскільки на ринку був великий потенціал та чітке бачення того, що він може зрости у успішний та глобальний бізнес. Завдяки нашим скандинавським корінням та головному офісу у Фінляндії ми створюємо надійні та провідні в галузі продукти та рішення, захищаючи розподільні пристрої, системи управління та електронні пристрої від суворих навколишніх елементів та середовищ.

**Питання:** Чи можете ви коротко розповісти про ваші послуги?

**Відповідь:** Ми розробляємо та виробляємо «нержавіючі» корпуси з полікарбонату для суворих та складних умов. Ми виробляємо панелі керування та корпуси з термопластику за індивідуальним замовленням. Ми також активно розробляємо та виробляємо станції заряджання електромобілів. Ми пропонуємо послуги партнерам із рішень для пластикової механіки під конкретного клієнта на першому рівні. Ці послуги охоплюють весь життєвий цикл рішень для клієнтів, від розробки концепції до виробництва та безперебійного постачання на ваше підприємство. Ми також розробляємо, виробляємо та поставляємо високоякісні електричні та автоматизовані системи для вимогливих виробників обладнання.

**Питання:** Наскільки важливими є інновації для того, що ви робите у Fibox Group?

**Відповідь:** Вони є основою розробки нашої продукції. Наш слоган – «Fibox – здійснення інновацій», і хоча інновації в наших продуктах є для нас ключовими, наші продукти також захищають інновації наших клієнтів. Наприклад, для Інтернету речей та телекомунікацій потрібні високі частоти для швидкої, безпечної та надійної передачі даних. Це означає, що матеріали, що захищають ці пристрої, повинні мати хорошу прозорість для радіочастот, що дозволяє радіосигналам проходити через охоплювальні матеріали без переривання. Це дозволяє вбудовувати антени всередину корпусів Fibox та захищати їх від зовнішніх загроз.

**Питання:** У яких найскладніших умовах вам доводилося працювати? Що дозволяє продуктам Fibox витримувати такі суворі умови?

**Відповідь:** Більшість наших продуктів відноситься до категорії для важких умов експлуатації, а це означає, що корпуси з полікарбонату Fibox можуть витримувати великі навантаження. Таким чином, ви отримуєте «сталевий» корпус але із меншою вагою! Вони створені для складних промислових умов із потенційно сильними хімікатами,



різкими перепадами температур, УФ-випромінюванням та вологістю, і це лише деякі з них. Корпуси Fibox є довговічними і міцними, і їх можна використовувати в екстремальних умовах, таких як шахти, сонячні електростанції або морські судна. Можна сказати, що продукти Fibox, принаймні, найкращі на ринку для складних умов!

**Питання:** Екологічні проблеми займають перше місце у списку, коли йдеться про роботу Fibox. Які кілька точок входу враховуються перед вибором типу матеріалу, який використовується для проекту?

**Відповідь:** Ми не займаємось одноразовим пластиковим бізнесом!

Пластик має погану репутацію, але ми повинні розрізнити пластикові відходи та довговічний, багаторазовий, переробний та цінний полікарбонат Fibox, який ми використовуємо! Він дуже міцний, і в залежності від сфери застосування та використання ми вирішуємо, який матеріал або продукт підходить найкраще, і найчастіше полікарбонат є ідеальним. Наші полікарбонати підлягають вторинній переробці, і ми використовуємо якнайбільше надлишкового та переробленого матеріалу при виробництві.

**Питання:** Нині це ринок претендентів. Зараз складніше, ніж будьколи, залучати та наймати найкращих кандидатів. Як ви визначаєте

**Тапані Ніємі** – засновник і генеральний директор Fibox Group. Г-н Ніємі працював у Fibox з самого початку і відіграв важливу роль у перетворенні Fibox на глобально успішну компанію.

Він каже: «Полікарбонат Fibox надміцний і придатний для вторинної переробки. Ми використовуємо у виробництві якнайбільше надлишкового та переробленого матеріалу».

кваліфікованих людей?

**Відповідь:** На наших заводах складно знайти робочу силу, і саме тому ми вкладаємо значні кошти в автоматизацію та робоче середовище. Щоб любити і бути мотивованим, вам потрібно мати пристрасть до цих продуктів і цього бізнесу.

**Питання:** Які три основні навички, на вашу думку, необхідні успішному генеральному директору?

**Відповідь:** Важливими є запозятливість, справедливість і велика частка фінського «сису» (фінська рішучість, наполегливість).

**Питання:** Чи є у вас нові послуги, готові до запуску?

**Відповідь:** Зараз популярна заміна іржавих сталевих корпусів на полікарбонат, і ми дотримуємося цієї тенденції. У багатьох додатках метал був замінений термопластиком, і більшість життєво важливих та критичних деталей (наприклад, деталі автомобілів та літаків, а також електричні корпуси), як і раніше, виготовляються з полікарбонату. Крім того, ми запустили бізнес із зарядки електромобілів. Спочатку у Фінляндії, але незабаром розширимося на Європу, і ми очікуємо, що це буде для нас успішним бізнесом.

**Питання:** Що чекає на вашу компанію та її клієнтів у майбутньому? На Вас чекають захоплюючі події?

**Відповідь:** Як завжди наші клієнти можуть розраховувати на високу якість. Ми пропонуємо нові рішення та послуги, щоб допомогти їм зростати і ставати кращими у своєму бізнесі.



Серед сучасних трендів виділяється пошук інноваційних рішень у галузі підвищення гнучкості, енергоємності та стійкості акумуляторів до перепадів температур, зі збільшенням кількості циклів заряд/розряд та зменшення ваги та форм-фактору АКБ.

## Інновації в сучасній електроніці по виробництву нових типів АКБ

Андрій Кашкаров

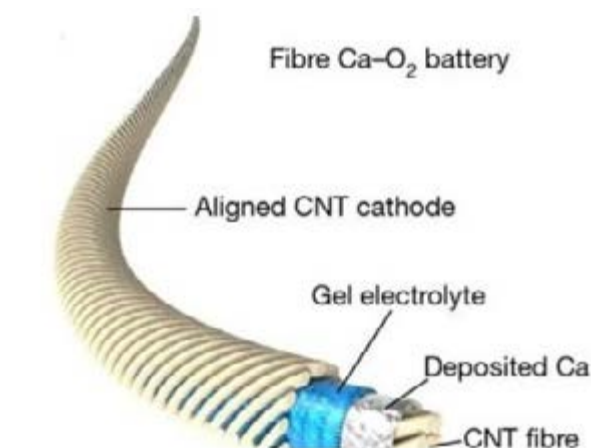
Стоять важливі завдання збільшення тривалості та якості життя через удосконалення медичних електронних технологій, зниження забруднення навколишнього середовища та збільшення використання чистої та стійкої енергії, отримання корисних копалин екологічним методом та розщеплення органічних речовин – відходів життєдіяльності, у тому числі в агропромисловому комплексі (АПК). В огляді представлені новинки електроніки та технологій у цих галузях.

### Проблематика, тренди та інновації

Поточна проблематика також показує, що розумний «електронний» одяг – новий тренд. Це не тільки сукні, що світяться, або елементи одягу, але й джерела живлення поки невеликої потужності, втім, вже придатні для зарядки стільникового телефону. Акумулятори вже доступні у бляшці пояса для одягу з виходом на роз'єм USD3.0.

Колись людству доведеться відмовитися від використання літєвих батарей через обмеженість запасів деяких металів та матеріалів на Землі. Однак є й інша причина – невирішені питання безпеки використання літєвих акумуляторів. Навпаки, кальцієві акумулятори вважаються безпечнішими і є альтернативою літєвим. Особливо перспективними вважаються кальцієво-кисневі акумулятори.

У процесі використання акумулятора кисень береться з повітря, що збільшує здатність накопичення енергоємності та знижує потребу у зберіганні кисню всередині



батарей. Тому кальцієвий акумулятор може становити реальну конкуренцію літєвим батареям.

Особливістю технології є виробництво акумуляторів у вигляді ниток, які можна використовувати для тканинних матеріалів. Що відкриває нові можливості для створення нових компактних і гнучких пристроїв, що носяться, і «розумного одягу». Вигляд гнучкого акумулятора, включеного в одяг, показаний на фото.

Дослідники з Фуданьського університету в Шанхаї (КНР) розробили кальцієву батарею, що перезаряджається, яку можна вплітати в волокна (волокнисті матеріали, включаючи і текстиль) з метою забезпечити електроживлення електронних пристроїв. З реалізацією цієї можливості стають реальними сукні та костюми, які самі є акумуляторами енергії – від різних джерел: світла, тер-

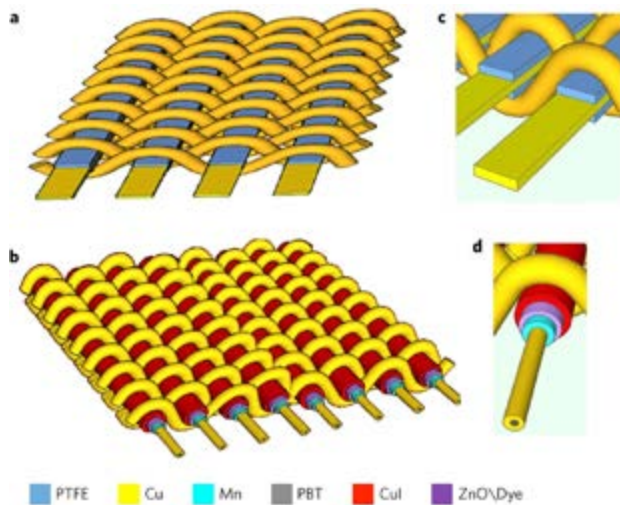


Рис. 1



Рис. 2

тя, вологості тілі людини, що збільшується від руху та за допомогою виділень від потових залоз та іншими можливостями. У розробці використовували кальцієві та вуглецеві нанотрубки для створення батареї, термін служби якої значно перевищує термін служби кальцієвих батарей ранньої розробки.

### Чому кальцій замінить технологію літєвих батарей

Кальцій-кисневі ( $\text{CaO}_2$ ) батареї теоретично можуть забезпечувати високу енергетичну ємність за рахунок відновлення кисню до сполук оксиду кальцію за умови низького розряду так само, як натрієві батареї. Це дозволяє уникнути ризиків безпеки, пов'язаних з літій-іонними батареями в тканинах, які постійно рухаються, і тому можуть бути вразливими для порушення ізоляції і навіть короткого замикання в електричному ланцюзі живлення. Лише деякі електроліти дозволяють забезпечити роботу АКБ з металізованим кальцієвим анодом з високою відновлювальною здатністю та киснем.

Акумуляторна батарея на основі  $\text{CaO}_2$  здатна перезаряджатися протягом 700 циклів при кімнатній температурі зроблена на основі ретельно підбраного електроліту – іонної рідини з кальцієвим анодом і вуглецевими нанотрубками в якості катода. Акумулятор показав високу стійкість і був спресований в гнучкі волокна, які вплетені в гнучке джерело живлення для систем наступного покоління (рис.1).

Однак у акумуляторів є проблема у ньому при використанні утворюється «мертвий баласт» у вигляді оксиду кальцію. Оксид не можна перетворити назад на чистий кальцій без сильного нагріву, що робить зарядку акумулятора скрутною.

На рис.2 представлена розробка дослідників з Х'юстонського університету, які спроекували прототип літій-іонної батареї, що повністю розтягується, на тканинній основі. Вони використовували провідну срібну тканину як платформу і струмознімач. Такі розробки дозволять створювати техніку, що розтягується, і розумний одяг, а також інтерактивні датчики здоров'я і імплантовані біосенсори.

Звичайні батареї мають жорсткість, яка обмежує пластичність розробок, в них використовується рідкий електроліт, що викликає побоювання щодо безпеки. Традиційні органічні рідкі електроліти легко спалахують і можуть призвести до вибуху батарей. Якщо застосувати багаторазово сплетену тканину на основі частинок срібла, що механічно деформується і розтягується, вийде бата-

рея на базі мініатюрного суперконденсатора та електропровідних ниток з вакуумним напилюванням, обгорнутих в полімерну плівку. Матеріал схожий на звичайні тканинні нитки, але вони є зберігачами електроенергії, що цілком підходить для живлення біосенсорів, що носяться (рис.3).

При цьому забезпечені шляхи електропровідності, які необхідні для нормального функціонування електродів батареї. Причому за п'ять років, що минули з 2020 року, гнучкі АКБ, що вбудовуються в одяг, розробили більше 20 концернів. На рис.4 видно білу нитку – вплетений у звичайну тканину акумулятор.

У 2021 році інженери Массачусетського технологічного інституту представили літій-іонний акумулятор товщиною кілька сотень мікрон і довжиною 140 метрів. Вони інтегрували літій усередину волокна із захисним покриттям, а також впровадили гелеві електроди та гелевий електроліт.

Три роки тому прорив у галузі «безмасових» акумуляторів зробили розробники з Технологічного університету Чалмерса (Швеція), запропонувавши ідею вдосконалення акумуляторів дуже малої ваги в електромобілях, смартфонах, електролітаках та в інших пристроях, при цьому без втрати властивостей АКБ запасати енергію. Корпус якого витримує значні фізичні навантаження, недоступні для звичайної літєвої батареї.

Катод такого акумулятора виготовлений із вуглецю, а анод — із фольги із сполуки літію та фосфату-заліза. У «безмасовому» акумуляторі з вуглепластику роль несучої (структурної) конструкції грають навіть електроди та електроліт, яким просочена склотканина, що розділяє електроди і також зміцнює корпус АКБ.

У майбутньому планується зробити з вуглецю також анод, додатково підвищивши міцність акумулятора, застосувати в АКБ тонке розділювальне скловолокно з просоченням електролітом. Це додатково дозволить збільшити робочий струм та швидкість заряду. А поки що токсичні «вічні хімікати» або ПФАС (PFAS), що застосовуються в літій-іонних акумуляторах для переходу на «чисту енергію», становлять серйозну загрозу навколишньому середовищу та здоров'ю людини.

Можна отримати з бур'янів (борщівника) матеріал, придатний для виготовлення анодів натрій-іонних батарей, що швидко поширюється. Це представляється як альтернатива літій-іонним акумуляторам, бо літій виступає не скрізь, і він зростає в ціні. Акумулятори будуть вироблятися на основі бур'яну, вони набагато дешевші у



Рис.3

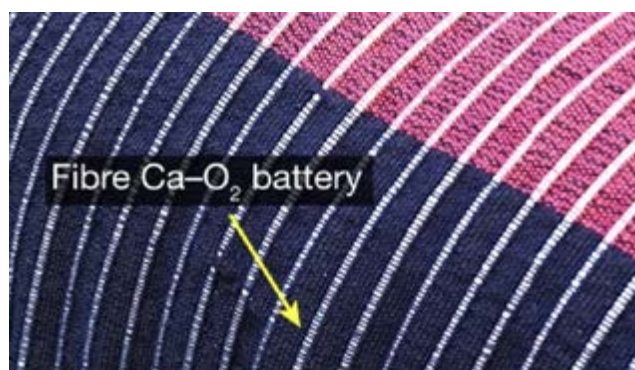


Рис.4



Рис.5

виробництві, а використовувати їх можна в різних сферах електронної промисловості, включаючи об'єкти транспорту та електробуси.

Одне з перспективних питань вдосконалення одягу як акумуляторів електрики – отримання чи поновлення їх енергії від зовнішніх джерел. Так, проблеми умовно малої питомої потужності та високої вартості застарілих фотоелектричних технологій з низьким рівнем освітленості вирішуються при створенні потужних сонячних елементів, що збирають енергію навіть за слабого освітлення, у тому числі за допомогою лінз-коліматорів. Наприклад, односторонній сонячний елемент LLI (для приміщень з низькою освітленістю) у порівнянні з удосконаленим елементом LLI Bifacial, що збирає енергію одночасно з фронтальної та тильної сторони сонячного елемента, вже вважається анахронізмом.

У програмах збору енергії в IoT критично важливими факторами є продуктивність акумулятора та промисловий дизайн. Цим об'ґрунтовується інтерес розробників до удосконалення акумуляторних батарей різного форм-фактора та матеріалів, у той час як інтерес до одноразових автономних джерел живлення (батарей), незважаючи на їхнє продовження виробництва та затребуваність задля електронних пристроїв, помітно падає рік у рік. Найближче майбутнє визначається розробці продуктів стійкого живлення для необслуговуваних електронних пристроїв.

При тривалому невикористанні в холодну пору року акумуляторні батареї рекомендується зберігати окремо від засобів індивідуальної мобільності, але не через небезпеку мимовільного руйнування (вибуху), а з інших причин. Окремо акумулятор займає у зберіганні менше місця, і його зручно переносити чи помістити в окрему коробку, ящик, нішу у приміщенні. Акумуляторну батарею, створену із застосуванням кальцію, вже можливо буквально «сплести» для накопичення та віддачі (отримання) електроенергії. На рис.5 представлена така АКБ з ємністю поки що лише до 1.5 Ач.

### Висновки

XXI і наступні століття бачаться століттями триумфального розвитку мікроелектроніки на планеті. Електронні пристрої швидко зменшуються у розмірах. «Розумними» стали не лише комп'ютери, телефони, сервіси та додатки з ШІ, але навіть одяг, у який буквально шиті електронні пристрої з відновлюваними джерелами енергії, причому вони не втрачають функціональності навіть після прання.

## ЕЛЕКТРОННІ КОМПОНЕНТИ



- Пасивні компоненти
- Електромеханіка
- Інтегральні мікросхеми
- Дискретні напівпровідникові компоненти
- Силкові напівпровідникові пристрої, модулі
- Датчики (сенсори)
- Конектори



Україна, 02094, м. Київ, вул. Краківська, 13-Б  
тел./факс: +38 044 330-00-88  
info@sea.com.ua, www.sea.com.ua

Advantech випускає перший вибухозахищений сенсорний ПК серії SPC-600 із сертифікатами IECEx/ATEX Zone і Class I Division II (C1D2).

# SPC-618WE. Новий панельний ПК для інтелектуальних середовищ підвищеної небезпеки

(Матеріал надано ПРОКСИС™)

Новинка оснащена сучасним процесором Intel® Core™ i7 13-го покоління і спеціалізованою ударостійкою сенсорною панеллю, спеціально розробленою для промислових середовищ із підвищеним ризиком, включно для нафтогазової, хімічної та фармацевтичної галузі. Оскільки Індустрія 4.0 сприяє зростанню попиту на високопродуктивні обчислення в небезпечних зонах, SPC-618WE являє собою комплексне рішення, що поєднує передові обчислювальні можливості з надійними функціями безпеки.

## Високопродуктивні обчислення – інтелектуальні операції в небезпечних умовах

SPC-618WE оснащений десятиядерним процесором 13-го покоління Intel® Core™ i7-1365URE, інтегрованим із 32 ГБ високошвидкісної пам'яті DDR5 і твердотільним накопичувачем промислового класу sTLC, що дає змогу виконувати інтелектуальні операції, зберігаючи водночас вибухобезпечність. Така високопродуктивна конфігурація сприяє цифровій трансформації у вибухонебезпечних зонах, підтримуючи такі вимогливі додатки, як моніторинг процесів у реальному часі та багатопараметричний аналіз на хімічних заводах, візуальний контроль за допомогою штучного інтелекту на фармацевтичних виробничих лініях та аналітика великих даних на нафтопереробних заводах. Використання новітньої процесорної платформи також забезпечує довгострокову доступність продукту, допомагаючи клієнтам мінімізувати майбутні витрати на модернізацію та обслуговування.



## Комплексний захист, що перевершує промислові стандарти

Спираючись на сертифікати вибухонебезпечних зон, компанія Advantech домоглася глобального визнання на вибухобезпечних ринках завдяки сертифікатам IECEx/ATEX Zone 2/22 і C1D2 на SPC-618WE. Продукт оснащений безпечними елементами промислового класу, включно з сенсорною панеллю із загартованого скла з технологією PCAP, яка проходить суворі випробування на ударостійкість і має ступінь захисту від проникнення IP66. Він надійно працює за температур від -20 до +60°C, відповідаючи суворим вимогам різних небезпечних середовищ.

## Глобальна система сертифікації для розгортання по всьому світу

Численні сертифікати SPC-618WE забезпечують безперешкодну інтеграцію в небезпечні додатки на основних світових ринках. Компанія Advantech планує розширити лінійку продуктів серії SPC-600 у другій половині 2024 року, представивши дисплеї різних розмірів, щоб

надати клієнтам більш комплексні рішення.

SPC-618WE є значною віхою в лінійці вибухозахищених продуктів Advantech, встановлюючи нові стандарти обчислювальної продуктивності та безпеки в небезпечних промислових середовищах. Це інноваційне рішення дозволяє клієнтам прискорити цифрову трансформацію, забезпечуючи при цьому безпеку роботи в складних умовах.

ПРОКСИС™  
04073, Київ,  
вул. Сирецька, 5  
+380 (67) 327-5977  
+380 (50) 317-5977  
+380 (44) 467-5977  
+380 (44) 599-5977  
sales@proxis.ua



Нові безщіткові двигуни постійного струму (BLDC) більш ефективні, тихіші й завдяки значно меншому механічному зносу, термін їх служби збільшується в шість разів.

# Інженерні рішення для керування безщітковими двигунами

(Матеріал надано Компанією SEA)

## Розробка швидкого керування двигуном – апаратне забезпечення

Треба відмітити, що правильне управління BLDC може залишатися проблемою, особливо якщо спробувати застосувати складний алгоритм керування. На щастя, з поширенням двигунів зростає і кількість інструментів розробки, що дозволяють швидко розробляти та налагоджувати прототи-типи.

Існує безліч плат для спрощення інтеграції датчиків, пам'яті та елементів керування введенням, наприклад, від MikroElektronika. Їх Clicker 4 призначений для управління двигунами BLDC, пропонуючи недорогий, але універсальний роз'єм входу для прототипування з використанням інтерфейсу mikroBUS, що добре зарекомендував себе.

Невід'ємною частиною плати є мікроконтролер TMPM4KNFYAFG від Toshiba з 32-розрядним ядром Arm® Cortex®-M4 з чотирма периферійними пристроями, які забезпечують практично «встановив та забув» підтримку векторного керування двигуном на основі датчиків та без датчиків.

Advanced Vector Engine Plus (A-VE+) – це високоінтегрований прискорювач векторного управління для перетворення осей та координат, просторової векторної модуляції та апаратного пропорційно-інтегрального (PI) управління. Після налаштування цей периферійний пристрій може працювати практично автономно.

Удосконалене програмоване керування двигуном (A-PMD) спрощує керування завдяки безлічі інноваційних варіантів імпульсної модуляції. Він також забезпечує безпечну роботу із



можливістю виявлення позаштатних функцій.

Вхідна схема удосконаленого еncoderа (A-ENC32) підтримує як холлівські, так і інкрементні еncoderи для шести режимів роботи в додатках, керованих датчиками.

Нарешті, 12-бітний аналого-цифровий перетворювач (АЦП) підтримує моніторинг струму та напруги, автономно запускаючи сигнал від діапазону сигналів модуля A-PMD.

Крім того, TMPM4KNFYAFG включає безліч типових периферійних пристроїв мікроконтролера, а також засоби самодіагностики для відповідності стандартам функціональної безпеки, таким як IEC 60730 клас B.

Плата оснащена чотирма роз'ємами mikroBUS зі стандартними для галузі контактами для забезпечення функціональності, починаючи від входів датчиків та бездротового підключення до поворотних еncoderів

та зовнішньої пам'яті. Понад 400 плат підтримують цей стандарт і доступно понад 1300 плат Click.

## Управління двигуном BLDC без необхідності використання MCU

Безщіткові двигуни постійного струму (BLDC) мають багато переваг у порівнянні з колекторними двигунами постійного струму, включаючи їх здатність забезпечувати більший крутний момент при тому ж форм-факторі, генерувати менше електричного і звукового шуму і вимагати значно меншого обслуговування.

Однак комутація повинна здійснюватися за допомогою електроніки, що збільшує складність конструкції, включаючи необхідність знати кут повороту ротора. Фізичні датчики доступні, але вони збільшують обсяг і вартість, тому цей підхід зазвичай не є кращим. Існують й інші підходи, хоча часто вони вимагають мікроконтролера та розробки

коду, що подовжує час розробки.

На щастя, існують контролери двигунів із високим ступенем інтеграції, які можуть працювати без мікроконтролера (MCU).

Доступно кілька типів двигунів BLDC: ті, що генерують трапецієподібну зворотну ЕРС, зазвичай називаються двигунами BLDC, а ті, що генерують синусоїдальну хвилю, відомі як синхронні двигуни з постійними магнітами (PMSM). Тип можна визначити, подивившись форму вихідного сигналу при обертанні ротора вручну.

Двигуни з постійними магнітами (PMSM) переважають в тих випадках, коли потрібна менша пульсація крутного моменту, а також тихіша робота і вищий ККД. Однак для швидшого керування двигуном BLDC просто потрібна подача більшого струму на котушки, а для PMSM більш високі швидкості обертання вимагають подачі на котушки синусоїдальної хвилі вищої частоти. Для розрахунку форми синусоїдального сигналу (це складний в обчислювальному відношенні процес) зазвичай потрібен високопродуктивний процесор, програмована вентильна матриця (FPGA) або пристрій з апаратним прискоренням.

Сьогодні високоінтегровані рішення без мікроконтролерів забезпечують просте налаштування керування двигуном із постійними магнітами без необхідності використання датчиків ротора. Одним із таких пристроїв є синусоїдальний попередній драйвер Toshiba TC78B011FTG для бездатчикового керування трифазним безщітковим двигуном. Працюючи від 5.5 до 27 В (абсолютний максимум 30 В), пристрій ідеально підходить для керування двигунами з конфігурацією трикутника або зірки у вентиляторах, насосах і портативних вакуумних пристроях.

Робота налаштовується через інтерфейс I2C, налаштування зберігаються в незалежній пам'яті (NVM), що дозволяє програмувати під час виробництва. Швидкість двигуна можна встановити через I2C, ШІМ або аналоговий вхід. Управління гальмуванням та напрямком задається через вхідні контакти або I2C.

### Безсенсорне керування двигунами по орієнтації поля із забез-



Рис. 1

### печенням низького рівня шуму за допомогою передового апаратного та програмного забезпечення

Поширеність безщіткових двигунів постійного струму (BLDC) продовжує зростати, оскільки продовжують з'являтися нові сфери їх застосування. За даними, зібраними компанією Grand View Research, глобальний ринок BLDC відчуватиме сукупний річний темп зростання (CAGR) приблизно 6,6% у період з цього моменту до 2027 року. Це означатиме, що до кінця 2027 року його вартість становитиме близько 27 млрд. USD на той період.

Оскільки BLDC становлять значну частину загального споживання електроенергії у світі, забезпечення ефективної роботи має першорядне значення. Електронна комутація BLDC дозволяє досягти значної економії енергії. Хоча системи на основі датчиків можуть забезпечити високоєфективне керування двигуном BLDC, вони не завжди підходять. У дуже великій кількості випадків такий підхід буде заборонено через гостру нестачу місця або бюджетні проблеми. Натомість бездатчикове управління досягається за рахунок вимірювання наведеної зворотної ЕРС.

Завдяки поле-орієнтованому управлінню (FOC) можна забезпечити магнітне поле статора, що плавно обертається. У цілому, ця методологія означає, що пульсації крутного моменту зводяться до мінімуму. Таким чином, система не зазнає небажаних механічних навантажень і видає низь-

кий рівень акустичних шумів.

Існує чотири основні етапи FOC. Вони полягають у наступному:

- Вимір фактичного струму, що проходить в обмотках статора.
- Генерація сигналу помилки шляхом порівняння виміряного струму з необхідним струмом.
- Посилення сигналу помилки з метою створення коригувальної напруги.
- Модуляція коректуючої напруги на клеммах двигуна.

Завдяки цьому контуру зворотного зв'язку, що постійно оновлюється, двигун може працювати безперебійно. Однак слід зазначити, що точне визначення положення ротора без використання датчиків (наприклад, пристроїв Холла) може виявитися скрутним, і це особливо вірно, коли обертається ротор на низьких швидкостях.

Робота на таких низьких швидкостях впливає на здатність алгоритмів FOC розраховувати яку комутацію необхідно застосувати. Методи, покликані компенсувати це, означатимуть, що багато початкових переваг використання FOC, на жаль, будуть втрачені – через застосування високочастотних сигналів, що викликають пульсації крутного моменту, які потім призводять до виникнення акустичного шуму і вібрацій всередині системи. Це призводить до зниження ефективності. Крім того, наявність цих високочастотних сигналів може бути проблематичним з точки зору електромагнітної сумісності (EMC).

Поява мікроконтролера Toshiba



Рис.2

M4K (MCU) є важливим кроком вперед в ефективному керуванні двигунами BLDC. У цьому пристрої реалізована запатентована технологія компанії Advanced Vector Engine Plus IP (A-VE+), яка виконує всі математичні розрахунки, необхідні для ефективного безсенсорного FOC.

Ще одним нововведенням є технологія вдосконаленого програмованого драйвера двигуна (A-PMD). A-PMD

означає, що вихідні сигнали ШІМ двигуна можуть генеруватися з використанням окремих несучих з широтно-імпульсною модуляцією, призначених кожній фазі двигуна. Отже, більше немає потреби в подачі високочастотних сигналів, коли двигун працює на низьких швидкостях (тим самим усуваючи вже зазначені проблеми вібрації та шуму). Рішення M4K з підтримкою A-VE+ також потребує дуже невеликих

витрат на обробку після завершення робіт із початкового налаштування.

Компанія Toshiba опублікувала технічний документ, де детально описується цей новітній підхід до FOC.

За матеріалами Toshiba.

Компанія SEA з 1990 року займається оптовою торгівлею на ринку України електронними компонентами для промислових підприємств. У програму поставок входять як пасивні компоненти (резистори, конденсатори, індуктивності, варистори, кварцові резонатори, розрядники, роз'єми, запобіжники, комутаційні вироби та ін.), так і активні компоненти (мікросхеми, транзистори, діоди, діодні мости, світлодіоди, рідкокристалічні індикатори, оптоприлади, запобіжники, датчики та ін.).

**Компанія SEA займається поставанням продукції Toshiba на територію України. Для того, щоб купити електронні компоненти або отримати кваліфіковану консультацію, зверніться в офіс Компанії SEA за телефоном: +38 (044) 330-00-88 або по e-mail: info@sea.com.ua.**

## ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА та КАБЕЛЬНО-ДРОТОВА ПРОДУКЦІЯ

- ▣ Клеми на DIN рейку
- ▣ Системи маркування
- ▣ Польова кабельна розводка
- ▣ Встановлювальні та монтажні проводи
- ▣ Пристрої для захисту від перенапруг
- ▣ Релейні модулі
- ▣ Промислова автоматизація
- ▣ Клеми і роз'єми для друкованих плат
- ▣ Пристрої для перетворення сигналів

- ▣ Силові та контрольні кабелі
- ▣ Кабельні муфти та з'єднувачі
- ▣ Електромонтажний інструмент
- ▣ Корпуси та аксесуари
- ▣ Автоматичні низьковольтні вимикачі
- ▣ Контактори і реле
- ▣ Пристрої захисного відключення (ПЗВ)
- ▣ Вимикачі для електропроводок
- ▣ Низькочастотні кабелі для передачі даних



**SEA**

ІННОВАЦІЇ ТА  
ЕФЕКТИВНІСТЬ



Україна, 02094, м. Київ, вул. Краківська, 13-Б  
тел./факс: +38 044 330-00-88  
info@sea.com.ua, www.sea.com.ua

**DRL-12**

**AS-225**

«F&F» AS-225

10s 90s 0% 100%  
T<sub>ON</sub> U T<sub>OFF</sub>  
50s 50%

U: 9÷30 V DC  
I: 4 A

CE

IN CEN OUT LED - +

Каскадне включення освітлення • [www.es.ua](http://www.es.ua) • «F&F»

інверторні  
стабілізатори напруги

**quant.in.ua**

упереджувальний  
захист

QUANT

Точні вимірювання струму в схемі часто необхідні для обмеження перевантаження струмом, оптимізації роботи схеми та керування силовими ланцюгами.

# Трансформатори контролю струму для джерел живлення з імпульсним режимом

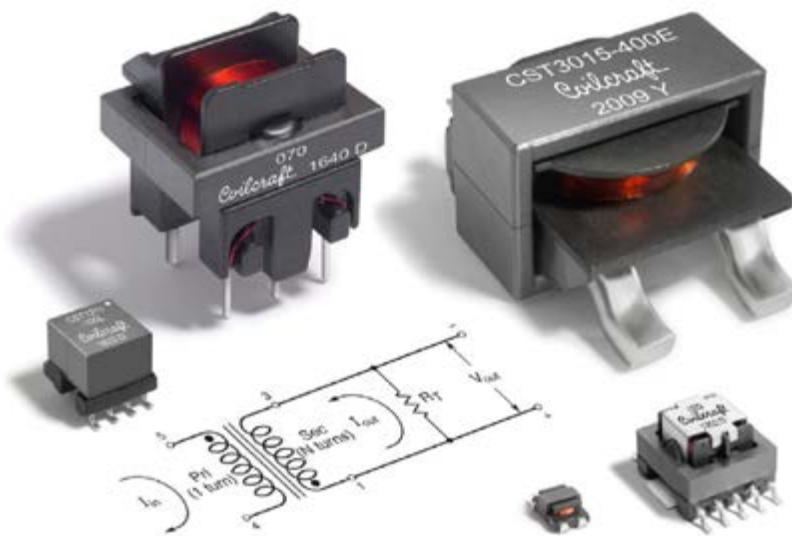
(Матеріал надано Компанією CEA)

Розробники часто використовують трансформатори струму для вимірювання високочастотного змінного струму різних форм, включаючи безперервний та дискретний синусоїдальний, трикутний, трапецієподібний, випрямлений або імпульсний струм у діапазоні від 1 до 100+ ампер, забезпечуючи при цьому гальванічну розв'язку. Розв'язка запобігає утворенню контурів заземлення і необхідна у високовольтних ланцюгах для уникнення шумових перешкод між мережами керування та силовими ланцюгами.

Трансформатори струму часто використовуються в системах керування джерелами живлення з імпульсним режимом (SMPS) для моніторингу середнього або пікового струму, необхідного для прийняття рішень щодо роботи та захисту схеми.

Трансформатори струму вимірюють високі рівні струму, при цьому розсіюючи менше потужності, ніж методи резистивного вимірювання, і можуть використовуватися на вищих частотах, що перевищують 1 МГц. Діапазон використовуваних частот залежить від чутливості схеми до похибки вимірювання та фазового кута на частоті, що цікавить.

У цьому обговоренні коефіцієнт трансформації – це відношення числа витків вторинної обмотки до первинної, тому «вищий коефіцієнт трансформації» вказує на більше число витків вторинної обмотки. Трансформатори струму зазвичай пропонуються в деякому діапазоні коефіцієнтів трансформації, причому вищі коефіцієнти забезпечують краще співвідношення сигнал/шум у



схемі керування, ніж резистивне вимірювання.

Трансформатори контролю струму створюють змінний струм у вторинній обмотці, пропорційний струму, що проходить через первинну обмотку. Струм у вторинній обмотці перетворюється «навантажувальним» резистором або узгоджувальним резистором ( $R_T$ ) у низьку напругу, яку можна легко виміряти в схемі (рис.1).

Типовий готовий трансформатор контролю струму має первинну обмотку з одним витком і вторинну обмотку з великою кількістю витків. Змінний струм, що проходить через первинну обмотку, створює магнітне поле, яке індукується у вторинній обмотці. Це поле створює напругу на вторинній обмотці та на резисторі  $R_T$ . З первинною обмоткою з одним витком падіння напруги ( $V_{out}$ ) на  $R_T$  пропорційне струму через первинну обмотку ( $I_{pri}$ ) за такою формулою:

$$V_{out} = (I_{pri} \times R_T) / N_{sec}$$

де  $N_{sec}$  – кількість витків вторинної обмотки.

Тому вибір узгоджувального резистора важливий для встановлення правильної максимальної вихідної напруги, що відповідає максимально очікуваному первинному струму.

## Обнулення осердя

Діод, підключений послідовно з вторинною обмоткою трансформатора струму, встановлює магнітний потік осердя на нуль після кожного циклу. Це рекомендується для застосувань з високим робочим циклом. Діод створює напругу на вторинній обмотці для скидання магнітного потоку осердя, одночасно ізолюючи цю напругу від схеми керування.

Також можна використовувати стабілітрон для запобігання перенапрузі на вторинній обмотці. Без діода для обнулення магнітного потоку,

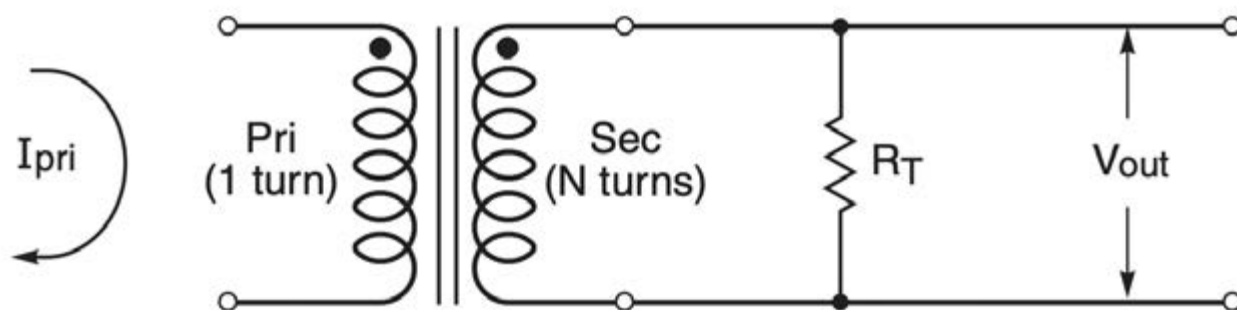


Рис. 1

потік буде накопичуватися з кожним циклом, що призведе до насичення осердя і заниження виміряного струму. Занижений виміряний струм змусить контролер ще більше збільшити струм, що може призвести до пошкодження схеми.

**Точність трансформатора струму**

Точність трансформаторів струму визначається як відсоткова похибка у вигляді спаду форми кривої струму, яка з'являється на вторинній обмотці. Розрахунок відсоткової похибки залежить від характеристик трансформатора та умов його експлуатації. Отже, це не є фіксованим значенням для певного трансформатора. Для імпульсу струму (або наростання) відсоткова похибка визначається як:

$$\%error = (I_{max} / I_{sec}) \times 100,$$

де  $I_{max}$  – максимальне значення, досягнуте наприкінці імпульсу

$I_{sec}$  – струм вторинного намагнічування ( $I_{pr} / N_{see}$ ).

Це рівняння враховує номінальне значення вторинної індуктивності намагнічування, яка зазвичай має допуск  $\pm 20\%$ . Тому відсоткова похибка може бути визначена як діапазон або найгірше значення при певному первинному струмі.

**Балансування вимог до конструкції**

Навіть при найкращих конструкціях закони фізики встановлюють практичні обмеження для досягнення цілей проєктування. Для інженерів це означає, що можуть виникати компроміси між розміром компонентів, обробкою струму та ефективністю. Оптимізація конструкції полягає в балансуванні цих іноді конкуруючих параметрів, щоб досягти всіх цілей проєктування при досягненні найкращих результатів для кожної критичної вимоги.

Готові трансформатори струму зазвичай доступні з різними коефіцієнтами трансформації для кожного розміру корпусу. Вплив вибору нижчого коефіцієнта трансформації порівняно з вищим узагальнено в

табл.1, яка передбачає вибір із серії готових трансформаторів із однаковим розміром корпусу для всіх варіантів у серії. Максимальний номінал вимірюваного струму однаковий для всіх коефіцієнтів трансформації в межах серії.

У цьому аналізі також передбачається, що кожен  $R_T$  вибирається для забезпечення вихідної напруги 1 В на 1 А вхідного струму для вибраного коефіцієнта трансформації. Це забезпечує найкращу можливу частотну смугу пропускання завдяки узгодженню імпедансів джерела та навантаження.

Вищий коефіцієнт трансформації в тому ж розмірі корпусу призводить до вищого опору вторинної обмотки та  $R_T$ , що знижує ефективність. Однак аналіз рівняння для  $V_{out}$  показує, що вищий коефіцієнт трансформації вимагає нижчого первинного намагнічуючого струму для того ж  $V_{out}$ , що покращує ефективність. Вищий коефіцієнт трансформації (більше витків вторинної обмотки) також означає нижчу щільність потоку, що призводить до менших втрат в осерді, тоді

Таблиця 1.

Нижчий коефіцієнт трансформації	Вищий коефіцієнт трансформації
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Вищий первинний намагнічуючий струм</li> <li>• Нижча ефективність</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Нижчий первинний намагнічуючий струм</li> <li>• Покращена ефективність</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Нижчий опір вторинної обмотки і <math>R_T</math></li> <li>• Покращена ефективність</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Вищий опір вторинної обмотки і <math>R_T</math></li> <li>• Нижча ефективність</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Вища щільність потоку</li> <li>• Вищі втрати в осерді</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Нижча щільність потоку</li> <li>• Нижчі втрати в осерді</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Нижча індуктивність розсіювання</li> <li>• Покращена ефективність</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Вища індуктивність розсіювання</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Нижча ефективність</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Вищий опір вторинної обмотки і <math>R_T</math></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Вища щільність потоку</li> <li>• Нижчий струм насичення</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Нижча щільність потоку</li> <li>• Вищий струм насичення</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Нижча точність</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Вища точність</li> </ul>

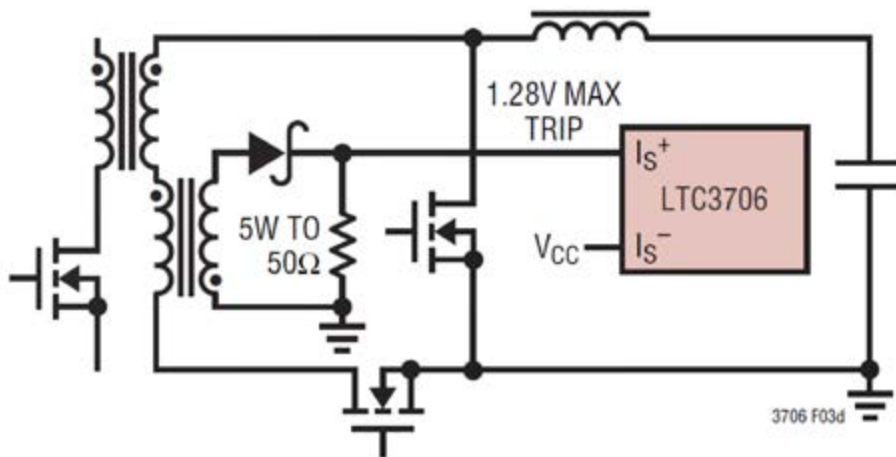


Рис. 1

як вища індуктивність розсіювання при високому коефіцієнті трансформації призводить до більших втрат в осерді та меншої ефективності.

При вимірюванні високого струму щільність намагнічувального потоку осердя повинна бути достатньо високою, щоб уникнути насичення осердя. Це вимагає достатньо великого розміру осердя і достатньої кількості витків, обидва з яких суперечать вимозі до меншого розміру компонента. Добре спроектовані трансформатори струму збалансують потребу в найменшому розмірі та найвищій можливій ефективності, уникаючи насичення при передбачуваному робочому струмі та частоті. Типова комбінація низького  $V_{out}$  та великої кількості витків вторинної обмотки призводить до низької щільності потоку, тому насичення осердя зазвичай не є проблемою для готових трансформаторів струму.

Вищий коефіцієнт трансформації забезпечує вищу точність, а також створює нижчу щільність потоку, що допомагає уникнути насичення та знижує втрати в осерді, що покращує ефективність (табл.1). Зеленим кольором у табл.1 виділено переваги, а червоним недоліки трансформаторів.

### Приклади застосування трансформаторів струму

Рис.2 ілюструє вимірювання струму у вторинній обмотці ізоляційного трансформатора за допомогою трансформатора контролю струму з використанням контролера синхронного прямого перетворювача на вторинній стороні LTC3706.

Проект Texas Instruments TIDM-02009, що пройшов оцінку концепції безпеки ASIL D, з високошвидкісною тягою та двонаправленою DC-DC конверсією для застосувань у гібридних електромобілях (HEV) та електромобілях (EV), використовує два трансформатори струму Coilcraft CST2010-100L. Модуль двонаправленого DC/DC перетворювача призначений для зарядки акумулятора низької напруги (12 В) від високовольтної (400/600 В) шини акумулятора при роботі в прямому напрямку і для попередньої зарядки конденсатора шини постійного струму в зворотному напрямку. DC/DC перетворювач використовує техніку керування піковим струмом (PCMC). Трансформатор струму Coilcraft CST2010-100L має коефіцієнт трансформації 1:100 і використовується для вимірювання струму первинної індуктивності для керування PCMC.

### Вибір трансформатора струму

Вибір відповідного готового трансформатора контролю струму для застосування починається з визначення:

- Максимального струму, який потрібно виміряти.
- Частота сигналу струму, яку потрібно виміряти.
- Робочий цикл вимірюваної форми струму, яку потрібно виміряти.
- Бажаної вихідної напруги на резисторі RT.

Інструмент Coilcraft Current Transformer Finder значно спрощує процес вибору. Цей онлайн-ресурс

допомагає швидко знайти найкращий трансформатор струму для вашого застосування та включає розрахунки щільності потоку, щоб забезпечити правильний розмір вибраного трансформатора і уникнути насичення осердя.

### Висновок

Вибір найкращого готового трансформатора контролю струму для моніторингу струму в джерелі живлення має свої виклики. Ці виклики можна подолати, розуміючи компроміси у розмірі компонентів, ефективності та точності. Вибір значно спрощується за допомогою онлайн-інструментів вибору, таких як Coilcraft Current Transformer Finder.

Джерело: [coilcraft.com](http://coilcraft.com)

Компанія SEA з 1990 року займається гуртовою торгівлею на ринку України електронними компонентами для промислових підприємств. У програму постачання входять як пасивні компоненти (резистори, конденсатори, індуктивності, варистори, кварцові резонатори, розрядники, роз'єми, запобіжники, комутаційні вироби та ін.), так і активні компоненти (мікросхеми, транзистори, діоди, діодні мости, світлодіоди, рідкокристалічні індикатори, оптоприлади, запобіжники, датчики та ін.).

Для того, щоб купити електронні компоненти або отримати кваліфіковану консультацію, зверніться в офіс Компанії SEA за телефоном: +38(044)330-00-88 або по e-mail: [info@sea.com.ua](mailto:info@sea.com.ua).



- ПРОСТИЙ МОНТАЖ БЕЗ ІНСТРУМЕНТІВ
- ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧА КОНСТРУКЦІЯ
- ПРОФЕСІЙНИЙ МОНИТОРИНГ



website  
PDU RITTAL



## ВАРІАНТИ ВИКОНАННЯ PDU:

### PDU BASIC

КОМПАКТНИЙ БАЗОВИЙ РОЗПОДІЛЮВАЧ ЖИВЛЕННЯ ДЛЯ ІТ-СИСТЕМ.

### PDU METERED

ПОФАЗНИЙ ВИМІР ЕНЕРГІЇ, ТОБТО ПОТУЖНІСТЬ ВСІЄЇ ІТ-ШАФИ.

### PDU METERED PLUS

ВИМІРЮВАННЯ ЕНЕРГІЇ ПО РОЗЕТКАМ, ТОБТО ВИМІР ПОТУЖНОСТІ ОКРЕМИХ СПОЖИВАЧІВ.

### PDU SWITCHED

ФУНКЦІЯ ВИМІРЮВАННЯ ПО ФАЗАМ ТА КЕРОВАНІ ОКРЕМО РОЗЕТКИ.

### PDU MANAGED

HIGH-END ІТ-ШАФА, ЕЛЕКТРОРОЗПОДІЛ ІЗ ФУНКЦІЯМИ ВИМІРЮВАННЯ ТА КОНТРОЛЮ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ КОЖНОЇ РОЗЕТКИ.

Проблема малої гідроенергетики вкрай актуальна для всіх країн світу: як для лідерів, так і для економік, що розвиваються.

## Досвід малої генерації в республіці Вірменія

Андрій Миколаїв, м. Київ

І практика, і теорія показують, що для сталої роботи складної енергосистеми помітна частка електроенергії, що генерується, повинна припадати на малі електростанції потужністю до 30 МВт. В даному аспекті чималий інтерес представляє досвід розвитку малої гідроенергетики Республіки Вірменія.

### Особливості малої гідроенергетики у світі

До малої гідроенергетики відносять гідроелектростанції (ГЕС), потужність яких не перевищує 30 МВт, а потужність одиничного гідроагрегату становить менше 10 МВт.

1. Мікро-ГЕС (потужність від 1.5 до 100 кВт);
2. Малі ГЕС (потужність від 100 кВт до 30 МВт).

*Серед переваг малих гідроелектростанцій (МГЕС) експерти виділяють:*

- позитивне суспільне ставлення внаслідок мінімальної шкоди екології порівняно з великими ГЕС;
- сприятливий вплив МГЕС на регіональний розвиток та стимулювання бізнесу за рахунок ринку малої гідроенергетики.

Природні умови, характерні для більшої частини рівнинної України, можуть забезпечити вироблення електроенергії на МГЕС, що повністю задовольняє потреби районів, економіка яких орієнтована на сільгоспвиробництво.

Потенційні джерела енергії для малої гідроенергетики – це невеликі річки, струмки, природні перепади висот на озernih водоскидах та на зрощувальних каналах іригаційних систем. Нішею екосистеми МГЕС, як очевидно, можливо водопостачання промисловості міст та ін. У системах водопостачання на ділянках траси з великою різницею позначок поверхні замість різноманітних спеціальних споруд: шахтних сполучень, енергогасників та ін., можуть бути побудовані мікро-ГЕС. Якщо витрата води



становить в межах від 5 до 100 л/с, їх потужність може досягати від 20 кВт до 100 кВт.

Рентабельність МГЕС забезпечується з допомогою спрощення схеми їх управління (наприклад, з допомогою баластного навантаження), і навіть завдяки роботі майже без обслуговуючого персоналу. Ефективність МГЕС може бути підвищена також за рахунок багатоцільового використання її споруд, а також при видачі потужності до місцевої мережі (за відсутності довгих ліній електропередач).

*МГЕС мають три основні компоновання. Перші дві з них – основні, а третя є поєднанням перших двох:*

1. Гребельне компоновання.
2. Дериваційне компоновання.
3. Змішане (гребельно-дериваційне) компоновання.

Гребельне компоновання (рис.1) вимагає створення напорі води завдяки будівництву греблі. Грунтова або бетонна гребля перегороджує русло річки, і тим самим створює як необхідний напір води, так і потрібний запас цієї води (у вигляді ставка або водосховища). Такі компоновання застосовуються на рівнинних територіях, тому що у цих річок порівняно малі ухили, це не дозволяє прорити відвідний (дериваційний) канал, який би з'єднав дві ділянки річки з різними відмітками і створив натиск.

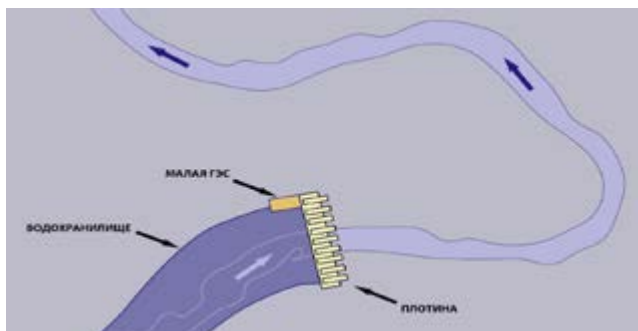


Рис.1

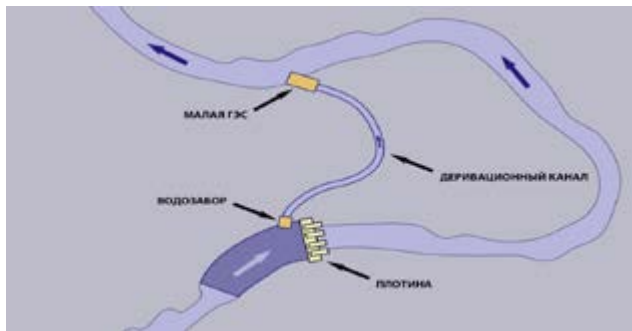


Рис.2



Рис.3



Рис.4



Рис.5

Дериваційне компонування (рис.2) не вимагає створення напору шляхом будівництва високої греблі. Зазвичай зводиться зовсім невелика гребля, що дозволяє забрати воду з річки та направити її в дериваційний канал. Дериваційний канал прокладається з ухилом пологішим, ніж у річці. Через певну відстань канал повертається до річки, але, за рахунок меншого ухилу, на вищій відмітці. Тому вода з дериваційного каналу скидається назад у річку вже при суттєвому натиску. Таке компонування застосовується у гірських районах. Іноді дериваційний канал скидає воду в іншу річку в сусідній долині – у цьому випадку говорять про перекидання стоків річок.

Змішане компонування являє собою поєднання греблевої та дериваційної компоновок. Для створення напору змішане компонування передбачає будівництво як греблі, так і дериваційного каналу.

Як очевидно з вищесказаного, для розробки проекту МГЭС основним чинником, під час виборів компоновок малих ГЕС, є ландшафтні умови: рівнинні, передгірні чи гірські.

### Загальна характеристика електроенергетики Республіки Вірменія

Станом на 1 січня 2024 року загальна встановлена потужність генеруючих джерел Вірменії становила 2878.7 МВт, у тому числі:

1. ААЕС – 407.5 МВт; Розданська ТЕС – 410 МВт;
2. 5-й енергоблок Розданської ТЕС – 467 МВт;
3. 1-й енергоблок Єреванської станції – 228,6 МВт, Воротанський каскад ГЕС – 404,2 МВт;
4. Севано-Разданський каскад ГЕС – 561.4 МВт (рис.3 - рис.5);
5. Малі електростанції (потужністю до 30 МВт) на відновлюваних джерелах – близько 400 МВт, у тому числі 380 МВт – малі ГЕС.

На фотографіях Розданської ГЕС показані водоводи (рис.3), будівля машинного залу (рис.4), підстанція (рис.5).

### Особливості малої гідроенергетики у Вірменії

Як відомо, Республіка Вірменія – це гірська країна, і малих річок із великими перепадами рівнів у ній дуже ба-

гато. Такий ландшафт створює добрі умови для будівництва малих ГЕС. Проте, гідропотенціал великих, середніх і малих річок Вірменії залишався мало затребуваним до останнього часу. Так у 1997 року було лише 13 малих ГЕС, причому в повному працездатному стані.

З метою прискореного освоєння гідропотенціалу малих річок, на початку 2000-х років було вжито систему заходів щодо економічного стимулювання створення МГЕС, що включає:

- встановлення спеціального тарифу на електроенергію, що виробляється малими ГЕС. Для кожної малої ГЕС тариф встановлюється індивідуально з огляду на вартість її спорудження в конкретних умовах з урахуванням необхідності повернення залучених кредитів.
- фіксування тарифу на 15 років, що забезпечує гарантію окупності та прибутковості станції.
- оперативне вирішення питань приєднання МГЕС до мережі

Результати з'явилися досить швидко, про що свідчать такі цифри:

- 2001 року у Вірменії було 23 малих ГЕС;
- до 2006 року функціонувало вже 46 малих ГЕС, ще 51 станція перебувала на етапі будівництва;
- станом на 1 січня 2009 року, працювало 70 малих ГЕС загальною потужністю 89 МВт та сукупним виробленням 300 млн. кВт\*год на рік;
- до середини 2011 року вже працювало 108 МГЕС загальною потужністю 130 МВт та виробленням 450 млн. кВт\*год енергії на рік. Будується ще 65 малих ГЕС.

Станом на 1 жовтня 2020 року в Республіці Вірменія функціонує 188 МГЕС сумарної встановленої потужності 382 МВт.

Машинний зал МГЕС показано на рис.6, а елемент водозабору – на рис.7.

### Техноценнологічний аналіз структури МГЕС Республіки Вірменія

Бурхливий розвиток розподіленої енергетики Республіки Вірменія відповідає зростаючому попиту на



Рис.6

електроенергію. Навіть у період пандемії зростання вироблення електроенергії склало 1.5% у річному обчисленні. Така позитивна динаміка попиту електроенергію – потужний стимул виникнення нових підприємств генерації, зокрема, та МГЕС у тому числі. У разі ринкових економік поява нових промислових виробництв, зокрема підприємств електроенергетики – це стихійний процес. Наскільки керована ця стихійність? І чи вимагає цей стихійний процес керування? Це питання дуже важливе, тому що відповідь на нього забезпечує стабільність розвитку як електроенергетики країни, так і всієї економіки.

Досі всі перспективні схеми розвитку електроенергетичних систем формуються від досягнутого. Але помилковість такого підходу показала реальне життя на прикладі Росії: гігантоманія та суперцентралізація зробили ЄНЕС «колом на глиняних ногах». Аварія на підстанції «Чагіно» з наступним блекаутом у кількох регіонах – реальна ознака патології цього колоссу.

Альтернативою зазначеного принципу формування схем розвитку електроенергетики є техноценологічний підхід Б.І. Кудріна.

1. Між типами генеруючих станцій має дотримуватися цілком певне співвідношення «великі/середні/дрібні». Матеріальна база електроенергетичної системи повинна спиратися на різноманітність потужностей та типів генераторів отримання електричної енергії; тобто кожна країна/регіон повинні окрім великих електростанцій, будувати і безліч маленьких. Так, у США в Каліфорнії після грандіозної енергетичної кризи наприкінці 1990-х років було ухвалено закон, який передбачає, що до 2017 р. 20% енергії має надходити з альтернативних джерел генерації. Велика ГЕС, хоч як це дивно, неспроможна забезпечити всі потре-

Распределение МГЭС Армении  
по мощностям

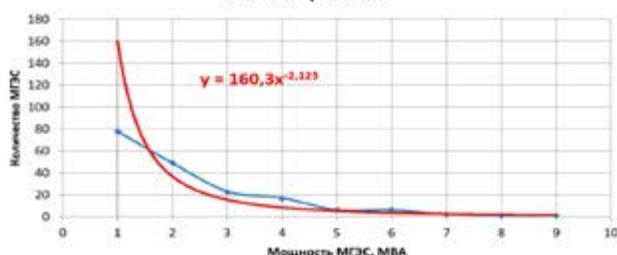


Рис.8



Рис.7

би. Лікарні, великі магазини, об'єкти оборонного комплексу тощо вимагають, щоб існувала й невелика електроенергетика. А в СРСР у 1960-х роках знищили понад 6 тисяч малих електростанцій, кожна в кілька мегават потужності.

2. Принцип цінологічної децентралізації має бути затверджений нормативно на державному рівні. Це дозволить локалізувати аварію шляхом відключення навантажень диспетчерами нижнього рівня.

Автор проаналізував структуру МГЕС. Спочатку методами кластерного аналізу всі станції було згруповано за близькими потужностями. А потім були побудовані розподіли цих груп щодо зменшення кількості МГЕС у групі відповідних потужностей.

На рис.8 представлені результати: реальний розподіл та апроксимація. Як очевидно з графіків, теорія техноценозів професора Б.І. Кудріна блискуче підтверджується і у разі комплексу малих ГЕС Республіки Вірменія (РВ): у структурі малих ГЕС РВ має місце співвідношення «великі/середні/дрібні». Але величезна користь техноценологічного аналізу у тому, що він свідчить про стійкість техноценоза (у разі комплексу МГЭС країни) у розвитку.

Не заглиблюючись у теоретичний аналіз наведених результатів, з їхньої основи можна стверджувати, що з сталого розвитку як енергосистеми Вірменії загалом, максимально ефективного електропостачання всіх споживачів, необхідно зробити структуру МГЭС раціональнішою. У першому наближенні очевидно, що більш ефективною буде структура, в якій є більше МГЕС потужністю менше 2 МВт, а також більше станцій із встановленою потужністю понад 5 МВт.

### Висновки

Позитивний досвід застосування малих ГЕС у Республіці Вірменія підтверджує загальносвітовий тренд ширшого використання розподіленої енергетики задоволення постійно зростаючої потреби у електроенергії. Проте, структура «спільноти» МГЕС для забезпечення сталої роботи енергосистеми повинна задовольняти техноценологічним вимогам – має дотримуватися цілком певного співвідношення «великі/середні/дрібні».

Гірські райони Західної України мають багато спільного з рельєфом Республіки Вірменія. Тому досвід РВ по будівництву МГЕС може і повинен бути дуже цікавим для України задля забезпечення стійкого електропостачання особливо в умовах війни.

У статті розповідається про те, як «гнучка» електроніка застосовується в електронних датчиках, шлейфах та пристроях накопичення даних, що призводить до значного інтересу до нових технологій та матеріалів.

## Гнучкі струмопровідні елементи TFT для електронних пристроїв, що носяться

Андрій Кашкаров

Гнучкі термоелектричні пристрої можна зручно носити на шкірі, як це майже непомітні та ефективні перетворювачі тепла на електрику – на основі різниці температур між людським тілом та навколишнім повітрям. Їх також можна використовувати в обмеженому просторі. Наприклад, любителі полювання, риболовлі, шахтарі, полярники, геологи, або мешканці в умовах «перепадів» опалення в холодну пору року. До останнього часу застосовували такі «особисті засоби захисту» як теплий одяг, термобілизна, термоноски, каталітичні грілки на основі хімічної реакції (фото).

### Особливості та переваги

У гнучких формах розміщені тонкоплівкові напівпровідники, здатні зберігати високу продуктивність при низьких температурах до  $-50^{\circ}\text{C}$ . Вони можуть працювати на пластикових підкладках, у тому числі складаються, згортаються, і при тому зберігати стабільну продуктивність при багаторазовому механічному згині. За такими розробками – майбутнє інтелектуальних пристроїв сучасної електроніки.

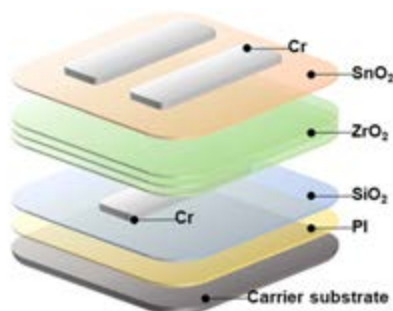


Рис. 1



Багатофазні процеси виробництва покриття у рідкому стані, підходять для недорогого масового виробництва. Використовується тепло, що виділяється всередині матеріалу під час рідкого процесу для виробництва оксидних плівок без підвищення зовнішньої температури до  $+250^{\circ}\text{C}$ . Також нова високопродуктивна пластикова піна, розроблена на основі сироваткових білків, може витримувати екстремальні температури краще, ніж багато поширених термопластиків, виготовлених з нафти.

Так було розроблено новий тип тонкоплівкового транзистора на пластиковій підкладці. За результатами випробування такий елемент продемонстрував стабільну роботу у тестах на вигин понад 5000 циклів. Тому датчик на основі тонкоплівкового напівпровідника визнаний придатним і перспективним для широкого застосування в електроніці та пристроїв наступного покоління.

### Інноваційні плівки для високопродуктивних TFT

Гнучкі оксидні тонкоплівкові транзистори (TFT) з використанням напівпровідника  $\text{SnO}_2$  та діелектри-

ка high-k  $\text{ZrO}$  за старою технологією сформовані за допомогою золь-гель-процесів та впливу горіння. Спосіб припускав екзотермічну реакцію палива та окислювачів для отримання високоякісних оксидних плівок без великого зовнішнього нагріву. Плівки, отримані за допомогою горіння, мали аморфну структуру з високою часткою кисню, що сприяло низькому струму витоку і не залежних від частоти діелектричних властивостей. TFT, виготовлені на гнучких підкладках з використанням синтезу горіння, мали непогані електричні характеристики, включаючи польову рухливість, підпоріговий розмах і відношення струму вмикання/вимикання ( $1.13 \times 10^6$ ) при низькій робочій напрузі 3 В.

### Предтечі нової розробки

Серед напівпровідникових «кандидатів» для гнучких TFT, полімери мають обмеження через низьку рухливість і відносно погану стійкість до навколишнього середовища, викликану властивостями води і кисню, незважаючи на їх низьку температуру обробки і стабільну механічну гнучкість.

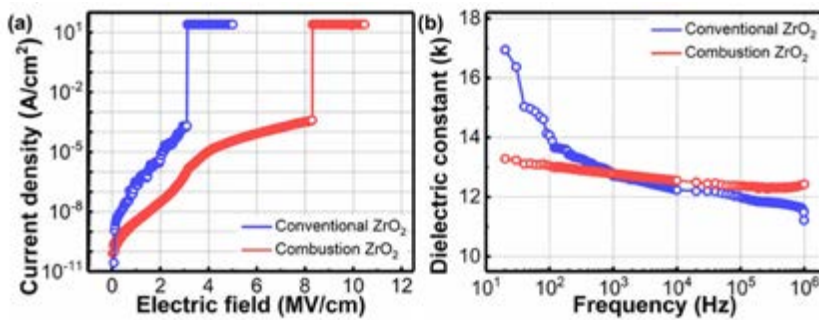


Рис.2

Навпаки, оксиди металів вважаються перспективними матеріалами для каналів TFT через високу рухливість носіїв (навіть в аморфній фазі) і чудової оптичної прозорості, що приписується їх унікальній орбітальній структурі і широким забороненим зонам

Тому вони визнані привабливими матеріалами для розробки додатків наступного покоління, таких як дисплеї з високою роздільною здатністю і високою частотою кадрів, а також високопродуктивна прозора і гнучка електроніка. Зокрема інтерес до гнучких оксидних TFT помітно зріс з розробкою гнучких TFT з використанням a-IGZO, що призвело до значних успіхів в індустрії дисплеїв з активною матрицею.

В останні кілька років дослідження нових оксидів металів, які не включають рідкісні елементи In і Ga в a-IGZO, при досягненні вищої рухливості TFT, дуже актуальні.

Оскільки у виробництві TFT використовуються рідкі прекурсори, можна гнучко маніпулювати складом зольгель розчину для отримання бажаних характеристик оксидних плівок. Ці інноваційні методи поширюються на оксидні електроди. У випадках, коли потрібні потрібні (або четвертинні) сполуки або легування, наприклад, для оксидних електродів, можна комбінувати різні прекурсори для синтезу розчину та виготовляти повністю оброблені розчином оксидні TFT. Незважаючи на потенціал процесів у розчині, розкладання органічних лігандів в оксидних плівках, оброблених золь-гель-методом, і щільна структура мереж оксидів металів передбачають високотемпературний процес відпалу при температурі 400°C або вище, що, як правило, несумісне з виробництвом гнучких підкладок.

Нова технологія дозволяє виробляти високоякісні оксидні плівки за низьких температур без необхідності використання додаткових систем. Крім того, забезпечує гнучкість зміни складу розчину або його інтеграції з іншими низькотемпературними методами виготовлення для отримання додаткових ефектів.

Тому в якості нових діелектричних шарів були запропоновані high-k діелектрики, що дозволяють знизити робочу напругу і накопичення носіїв високої щільності за рахунок високих значень ємності. Наприклад, оксиди high-k, оброблені золь-гелем забезпечують роботу при відносно низькій напрузі та поділяють виробничий процес з оксидними напівпровідниками.

Поліпшено продуктивність та експлуатаційну стабільність тонкопліткових транзисторів InGaSnO (IGTO), оброблених розчином, шляхом утворення комплексів Sn-O. Методом магнетронного розпилення створені тонкопліткові транзистори на основі аморфного Zn-Al-Sn-O (без індію). Також серед перспективних методів – зміна джерела енергії, селективна подача енергії в локалізовані області та зниження температури перетворення на оксиди. Синтез горіння є хімічним процесом, який використовує внутрішню енергію, що генерується в результаті екзотермічної реакції доданого органічного палива та окислювача в прекурсорі, що дозволяє усунути органічні залишки та сприяє переходу до оксидних плівок навіть при знижених зовнішніх температурах. А в інновації гнучких тонкопліткових транзисторів InGaZnO вдалося підвищити термоелектричні характеристики плівок на основі одношарових вуглецевих нанотрубок за рахунок раціональної потрібної обробки.

## Електричні властивості та особливості нових струмопровідних плівок

TFT працюють при низькій напрузі збудження 3 В з низьким струмом витоку затвора приблизно 10<sup>-9</sup> А, демонструючи придатність для роботи оксидних TFT при низькій напрузі, завдяки присутності аморфної фази і оксиду. Найнижча частота, яку дослідники змогли виміряти, становить 20 Гц. Високочастотна залежність, що типово спостерігається в діелектричних проникності через гідроксильних груп і рухомих іонів в оброблених розчином діелектриках, може призвести до переоцінки рухливості TFT з діелектриками high-k.

Рухливість оксидних TFT може бути отримана шляхом множення рухливості, отриманої за допомогою звичайних методів, масштабний коефіцієнт. Масштабні коефіцієнти для розглянутого типу струмопровідних плівок становлять 0.59 при низькому V<sub>gs</sub> і 0.89 при високому V<sub>gs</sub> (напруга гістерези) відповідно. Морфологія поверхні плівок, отримана за допомогою вимірювань атомно-силової мікроскопії (АСМ), ці висновки цілком підтверджує, як і середньоквадратична шорсткість (RMS) при товщині плівок 0.563 нм, що вказує на дуже гладку поверхню.

Умовна гладкість поверхні елемента допомагає покращити рух електронів (носіїв) і одночасно запобігає погіршенню характеристик провідності пристрою, викликане проникненням на межі діелектрико-напівпровідник.

Така важлива електрична характеристика як стабільність також є вирішальним фактором у продуктивності TFT та враховується при практичному використанні оброблених у розчині оксидних TFT. При позитивному напрузі зміщення (PBS) та негативному напрузі зміщення (NBS), зсув під впливом часу буде різним. Протягом часу 3600 с, що розглядається для моніторингу стабільності більшості оксидних TFT, нові струмопровідні плівки показали зсув 0.22 при PBS і -0.18 при NBS. Таким чином, зсув V<sub>th</sub> викликаний NBS відносно менше в порівнянні з PBS. На відміну від NBS, де в першу чергу зазнає впливу на межі

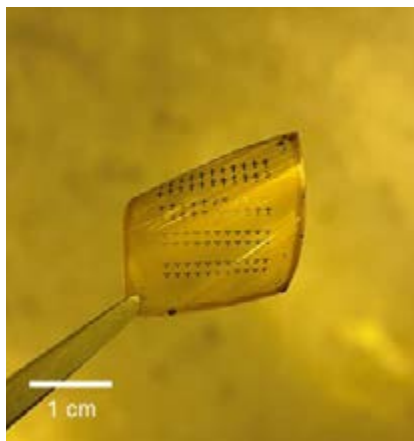


Рис.3

діелектрик-напівпровідник, PBS викликається додатковою дією кисню, що поглинається через зворотний канал в умовах навколишнього середовища.

Електричні характеристики цих елементів наведено на [рис.2](#).

#### Процес виготовлення гнучких TFT-транзисторів

Деталі фотоструктурованих плівок  $ZrO_2$  і структури MIS показані на [рис.3](#).

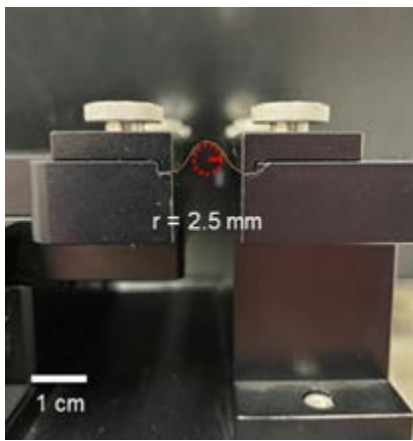


Рис.4

Гнучкі TFT  $ZrO_2 / SnO_2$  виготовляють на підкладках PI. Перед нанесенням покриття PI полівініловий спирт (PVA) використовувався як жертвний шар на підкладці-носії для полегшення від'єднання PI. Розчин, приготований шляхом розчинення 0.1 г PVA 40 мл. DI води наносився методом центрифугування на підкладку-носії при 2000 об/хв протягом 30 с, а потім висушувався при  $110^\circ C$  протягом 90 с.

Механічна стабільність гнучких TFT-дисплеїв визначається наступ-

ним. Для гнучких TFT важливо мати стабільні електричні характеристики при механічній нарузі. Щоб порівняти механічну гнучкість, що змінюється в залежності від розмірів пристрою, дослідники застосували повторювану розтягуючу напругу з радіусом вигину 2.5 мм протягом 5000 циклів до гнучких TFT, як показано на [рис.4](#), і потім спостерігали зміни в їх електричних характеристиках.

#### Висновки

Проривні технології вирішують актуальні технічні завдання щодо створення гнучких термоелектричних пристроїв, що перетворюють тепло тіла людини на електроенергію. Розробка електронних датчиків-перетворювачів температури, руху та потовиділення шкірного покриву людини в електричний струм, створена у формі гнучкої плівки, зможе замінити звичні акумулятори смартфонів, а із застосуванням ефекту Пельтьє навіть забезпечувати внутрішнє охолодження електронних чіпів та мікроскладань електронних пристроїв.

## НАБЛИЖАЄМО ЕНЕРГЕТИКУ МАЙБУТНЬОГО СЬОГОДНІ



**XVII МІЖНАРОДНА  
СПЕЦІАЛІЗОВАНА ВИСТАВКА  
ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ, ЕКОЛОГІЇ,  
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ**

# EcoEnergy Expo

**14–16 жовтня 2025**



Місце проведення:  
МВЦ, м. Київ,  
Броварський пр-т, 15,  
станція метро «Лівобережна»

Контакти:  
☎ +38 (095) 268-05-84  
✉ [lyudmila@iec-expo.com.ua](mailto:lyudmila@iec-expo.com.ua)  
🌐 [www.iec-expo.com.ua](http://www.iec-expo.com.ua)



Навіть електрики-початківці знають, що з'єднувати мідь з алюмінієм не можна. Але чому не можна? Як можна? Які способи найкращі та найгірші? Які у цих способів з'єднання є плюси та мінуси?

## Варіанти з'єднання алюмінієвих та мідних проводів

Андрій Сидоренко, м. Запоріжжя

Але для початку – коли може знадобитися така сполука? Здавалося б, можна легко уникнути проблем, просто зробивши всю електропроводку з кабелів із мідною струмопровідною жилою. Адже ПУЕ (п. 7.1.34) каже, що: «У будинках слід застосовувати кабелі та проводи з мідними жилами».

Так воно так, але реальність часто розходиться з правилами і звичайні люди не завжди готові змінювати всю алюмінієву електрику у себе в квартирі на мідь. Звісно, це дуже бажано, але життя вносить свої корективи – під час капітального ремонту чи невеликих переробок інколи немає коштів та сил повністю переходити на мідь. Люди обходяться мінімумом, який дозволяє бюджет, – додають пару групових ланцюгів або «навішують» додаткові розетки на наявні лінії.

Ось тут і починаються проблеми.

### Чому скручування мідь + алюміній = погана ідея

Пряме з'єднання алюмінієвих та мідних дрітків може викликати проблеми через відмінності у їхніх фізичних властивостях. Одна з проблем полягає в тому, що алюміній та мідь мають різні коефіцієнти теплового розширення. До чого це спричиняє? Будь-яке з'єднання (як і будь-який провідник) при проходженні електричного струму неминуче нагрівається. Коли струм припиняється, з'єднання остигає. За роки роботи процес нагрівання-охолодження може повторитися тисячі разів. У результаті скручування «розслабиться», її механічні та електричні властивості погіршаться.

Друга проблема полягає в електрхімічних процесах, які відбуваються на стику двох металів з різними ступенями окиснення. За наявності кисню і навіть невеликої

присутності вологи утворюється гальванічна пара. В результаті при протіканні струму шар оксиду збільшується. Отже, збільшується і перехідний опір.

В обох випадках деструктивні зміни – це незворотний та лавиноподібний процес, який можна описати словами «далі буде лише гірше».

У результаті перехідний опір збільшується настільки, що при перебігу струму може виникнути значний перегрів, а це призведе в кращому випадку до втрати контакту, в гіршому – до пожежі.

### Як покращити з'єднання

#### Декапування

Це означає хімічне чи механічне очищення поверхні металів від оксидів. Жилу можна перед застосуванням зачистити механічним (ніж, наждачка, тканина) або хімічним способом (наприклад, зубною пастою, оцтом тощо). Однак для алюмінію ця порада є наскільки актуальною, настільки й марною – оксид на його поверхні з'являється практично миттєво після очищення. Тому в особливо важливих місцях використовують контактну (токопровідну) пасту, яка витісняє вологу і тим самим перешкоджає окисненню. Якщо кабель пролежав кілька років у сирому неопалювальному приміщенні, перевірка чистоти поверхні жили – перше, що потрібно зробити перед його використанням. Тому будь-який кабель має термін придатності.

#### Герметизація

Вода з домішками відіграватиме роль електроліту в гальванопарі, а це значно прискорить хімічні процеси у поєднанні. Тому так важливо не шкодувати ізолянту або термоусадку, яка захищатиме з'єднання. В особливо тяжких випадках з'єднання заливають електротехнічним компаундом.

*Зменшення температурних та механічних впливів*



Тут все просто – якщо скручування працює нерухомо і при стабільній температурі, воно за інших рівних умов пропрацює довше, ніж скручування, яке бовтається просто неба.

#### Обмеження струму

Багато хто під цим розуміє слова «я в цю розетку нічого потужного підключати не буду». Але так не буває – все одно рано чи пізно підключать. Тому є інший спосіб правильно вибрати номінал автоматичного вимикача, який обмежить навантаження.

#### Правильний вибір перерізу

Правило корелюється з попереднім пунктом – переріз має бути достатнім для того, щоб за номінального навантаження кабель грівся мінімально. Слід зазначити, що з'єднання завжди гріється більше через перехідний опір.

Але все це напівзаходи. Як же роблять на практиці?

### Які бувають з'єднання міді та алюмінію

Існує багато способів з'єднання алюмінієвих проводів з мідними: прості та складні, правильні та не дуже, швидкі та трудомісткі. Зараз зробимо невеликий огляд сполук, які трапляються в житті.

Була проведена робота (результати наприкінці статті), з випробування 16 різних з'єднань.

І перше з них – звичайне скручування.

Розповідаю реальну історію. Три роки тому була куплена дачка в са-

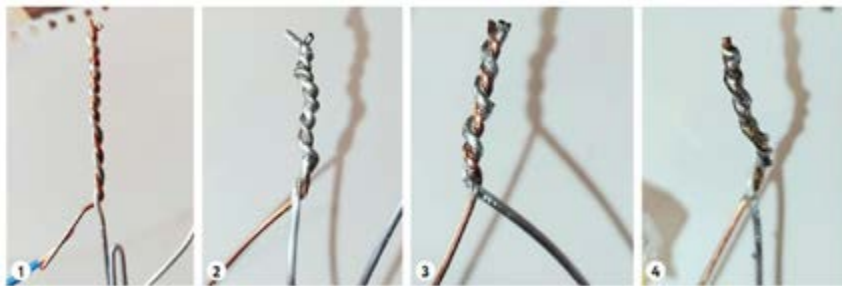


Рис.1

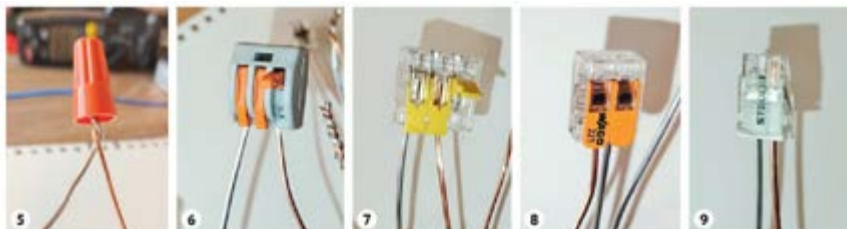


Рис.2

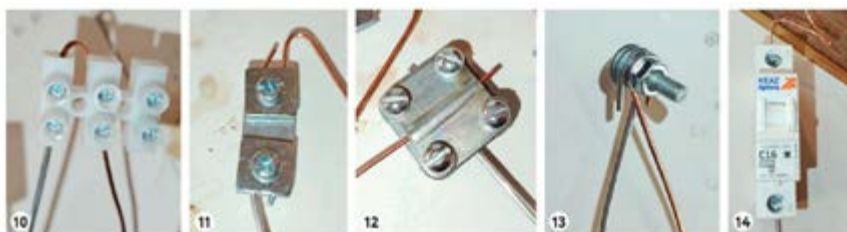


Рис.3

довому товаристві. Там давно ніхто не жив, тож електрику на опорі було відключено. Місцевий електрик, поліз на пазурах підключати мій будинок до повітряної лінії. Введення від колишнього господаря мені дісталось з мідною жилою.

І як підключив мене до голого алюмінію наш садовий електрик? Наплювавши на всю теорію, він просто взяв і пасатижами туго намотав мідні жили на алюміній. Мідну жилу він зачистив приблизно на 60 см, довжина намотування вийшла близько 20 см. І все працює досі, навіть з урахуванням навантаження, іноді споживання на місяць буває до 150 кВт·год.

Чому досі все працює? Тут склалися три фактори – туга намотування, природне охолодження та велика площа контакту.

У випробуваннях брали участь 4 види скруток (рис.1):

1. Проста (гола) скрутка. Це скрутка така, довжиною близько 4 см, затягнута пасатижами без фанатизму. Мабуть, це найгірше з'єднання.

2. Скрутка алюмінієвої жили та лудженої мідної жили. Мідна жила об-

лужена припоєм ПОС-61 з каніфоллю.

3. Скрутка лудженої алюмінієвої жили та голої мідної жили. Алюмінієва жила облужена припоєм ПОС-61 з каніфоллю, попередньо оброблена флюсом для алюмінію Ф-64.

4. Скрутка з повним пропаюванням, також з флюсом Ф-64. З цим флюсом скручування чудово пропаялося, тим самим забезпечивши механічну міцність, захист від попадання вологи, а за рахунок припою – мінімальний перехідний опір.

У всіх випробуваннях беруть участь мідні жили з номінальним перерізом 1.5 мм<sup>2</sup> і алюмінієві жили 2.5 мм<sup>2</sup>.

#### Пружинні затискачі

Особливість цих клем – постійна дія пружини на провідники. Притискання стабілізує з'єднання з механіки та перехідного опору. Пружина використовується не проста, а термостійка – вона не змінює своїх властивостей при численних перепадах температури, викликаних перебігом струму.

У випробуванні брали участь 5 пружинних клем (рис.2):

5. ЗІЗ-3 на 5.5 мм<sup>2</sup> (з'єднувальний ізолюючий затискач) «Юпітер». Фак-

тично це скручування, на яке щільно накручена пружина. Напрошується аналогія з лудженим скручуванням – там скручування «тримає» припій.

6. СМК-222 ІЕК – багаторазова будівельно-монтажна клема. Призначена для з'єднання тільки мідних проводів, тому що не має контактної пасти всередині.

7. СМК-228 ІЕК. Те саме, тільки більш сучасний дизайн і компактні розміри.

8. WAGO-221. Те саме, але виробництво WAGO.

9. СМК-722 – клеми одноразові, з контактною пастою. У мене в випробуваннях був аналог Stekker LD2273-242. Застосовуються для з'єднання міді та алюмінію.

Відомо що для з'єднання алюмінієвих жил призначені лише одноразові клеми з пастою. Однак було вирішено перевірити, як поведуться багаторазові клеми, які повинні працювати тільки з міддю. Як виявилось, такий експеримент був марним – результати здивували.

Гвинтові клеми, або з'єднання через «посередника»

Особливість таких сполук – у них мідь та алюміній не стикаються одна з одною. Завжди є якийсь посередник. Крім того, для підключення потрібно скористатися викруткою Testovalis такі клеми, рис.3:

10. Гвинтова клема. Саме, на мій погляд, кволе з'єднання. Жила утримується у внутрішній тонкостінній латунній гільзочці мініатюрним гвинтиком. Проблема цих клем, що вони найдешевші, і люди на це купуються, отримуючи проблему. Головний параметр таких клем, який вводить домашніх електриків в оману, – площа перетину. Думаючи, що це переріз жили, купують клеми з перетином 2,5 мм<sup>2</sup> на жили з таким самим перерізом. Але вказаний перетин – це переріз отвору внутрішньої гільзи!

11. Клемний термінал (блок затискачів) типу ТВ-4504 (Terminal Block). З нього був вийнятий один полюс, решта застосована для підключення випробувального трансформатора. Одна з найкращих сполук. Жила притискається потужним гвинтом через потужну шайбу. Контактна пластина має рифлення.

12. Стиск відгалужувальний У739, часто званий «Горіх». Чесно кажучи,

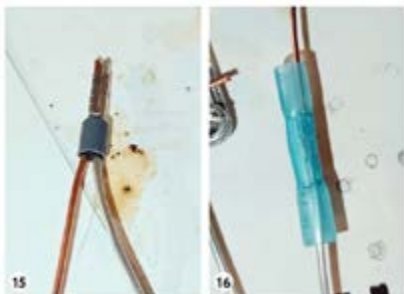
кlemi типу ТВ-4504 та «Горіх» – мій вибір, коли потрібна особлива надійність. Мінус у них, оскільки це сталь, вони не люблять впливу вологи. «Горіх» надійніший, оскільки в ньому жили тримаються чотирма гвинтами. Це з'єднання можна вважати підпружиненим, оскільки використовуються гровера, а притискні пластини також можна вважати пружними.

13. З'єднання через гвинт або болт. Тут між жилами прокладається шайба. Проблема в тому, що шайби, які зараз є у продажу, оцинковані. А цинк вступає в хімічну реакцію і з алюмінієм, і з міддю.

14. Автомат (автоматичний вимикач). Зараз всі виробники однаково допускають підключення і мідних, і алюмінієвих жил. Тому з'єднання через автомат – вважаю, чудовий вихід! Плюс – додатковий захист від навантаження. Мінус – великий габарит та необхідність встановлення боксу (щитка) з ДИН-рейкою.

#### Опресування

Сенс опресування – щільно затиснути жили (разом або окремо) за допомогою гільзи. Для цього треба використовувати спеціальний інструмент – кримпер (для невеликих перерізів) або прес-кліщі. Перевірені такі гільзи, **рис.4**:

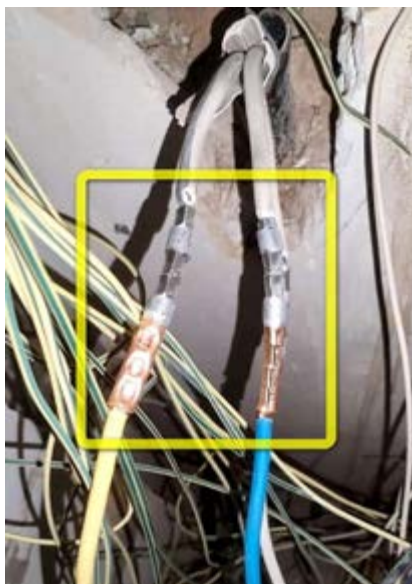


**Рис.4**

15. Наконечник-гільза НШВИ на 4 мм<sup>2</sup>. Обтиснув я його кримпером Кпірех, а потім додатково обтискними кліщами ІЕК КО-04Е. Чесно кажучи, такий наконечник призначений для багатодротяних жил, але в моєму випадку можна додатково затиснути його в гвинтовий затискач.

16. Сполучна гільза LD300-1525. Провідники у цих гільзах обтискаються кримпером.

Чесно кажучи, обидві ці сполуки (15 та 16) виглядають кволими. Я віддаю перевагу з'єднанню за допомогою більш потужних гільз, напри-



**Рис.5**

клад ГАМ (гільза алюмінієва). Гільза має дві частини: алюмінієву та мідну, після обтиску пресом виходить приблизно таке з'єднання, **рис.5**.

Існують також гільзи мідні луджені типу ГМЛ. Можливість їхньої повноцінної експлуатації з алюмінієвими жилами для мене під питанням, але кажуть, що спосіб робочий.

#### Випробування сполук алюмінію з міддю

Суть експерименту проста: чим краще з'єднання, тим менше у нього перехідний опір, тим менше на ньому падає напруга і тим менше воно гріється. Температура з'єднання мідного та алюмінієвого дроту, по суті, це кінцевий результат, за яким можна порівнювати різні види з'єднань. Ще один параметр – стабільність результату. У процесі випробувань, які тривали кілька годин, я кілька разів нагрів-остудив випробувальний ланцюг та дивився, як змінюються параметри. В середині випробування на ланцюг впливав «соляний



**Рис.6**

туман», але особливо він не вплинув. Мабуть, потрібно було повністю опустити з'єднання в солону воду, але це було б занадто відірвано від реальності.

Як випробувальний трансформатор використовувався накальний трансформатор від лампового радіо «Латвія». На холостому ходу він видає близько 7.5 В. Щоб результати експерименту були яскраво виражені, я взяв від нього максимальний короткочасний струм – 20 А. Щоб отримати такий струм і підтримувати його на потрібному рівні, напруга на трансформатор подавалася через ЛАТР SUNTEK (**рис.6**). Інакше струм був би невідомо яким, і сильно залежав від навантаження.

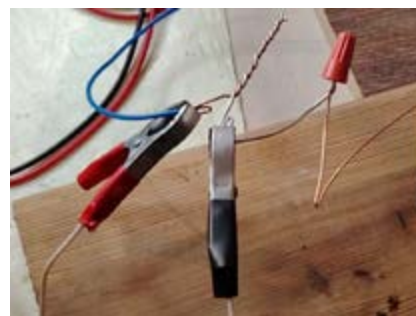
У процесі випробувань «несподівано» втрутилася зміна струму при нагріванні – за ті кілька хвилин, доки проводився черговий цикл навантаження з'єднань, струм встигав знизитися з 20 до 16 А. Але цього цілком вистачало, щоб з'єднання добре «просмажилися». Смажився і трансформатор, іноді до легкого димку. Зміну струму я враховував під час обробки результатів.

Очевидно, що чим нижче напруга на з'єднанні, тим якісніше з'єднання і тим менше воно нагрівається. Тому якість з'єднання оцінювалась лише за напругою.

#### Результати випробувань

Знаючи напругу, можна легко розрахувати кількість тепла, що виділяється. Втім, нам не потрібно знати точну температуру чи кількість джоулів, що виділяються кожним з'єднанням. Все пізнається порівняно, чим зараз і займемося.

Проаналізуємо отримані дані за пунктами, **табл.1**. Найкращі результати виділені зеленим, найгірші – червоним кольором. Зверніть увагу



**Рис.7**

Таблиця 1

Виды соединений			Напряжение, мВ	
			1	2
Скрутки	1	Простая (голая) скрутка алюминиевой и медной жилы	59	122
	2	Скрутка алюминиевой и луженой медной жилы	55	54
	3	Скрутка луженой алюминиевой жилы и медной жилы	44	43
	4	Скрутка с полной пропайкой, с флюсом Ф-64	49	43
Пружинные	5	СИЗ-3	58	52
	6	СМК-222	118	126
	7	СМК-228	62	89
	8	WAGO-221	63	73
	9	СМК-722 (Stekker)	131	156
Винтовые	10	Винтовая клемма	69	64
	11	Клемный терминал (блок зажимов) типа ТВ	69	69
	12	Сжим ответвительный У739 «Орех»	49	49
	13	Соединение через винт и шайбы	99	103
	14	Автоматический выключатель	239	245
	15	Наконечник-гильза НШВИ	61	59
	16	Соединительная гильза LD300	52	50

– опір деяких з'єднань після випробувань навіть зменшився. Напевно, тут виник ефект зварювання або дифузії.

1. Просте скручування – лідер антирейтингу. Крім того, що її опір значно збільшився наприкінці випробування, він ще був дуже нестабільним. При проміжних вимірах напруга сильно стрибала – до 500 мВ. Вимірювання показано на **рис.7**.

2, 3. Лудіння дозволяє значно покращити контакт. Причому це стосується і лудіння мідної жили, і лудіння алюмінію. Зрозуміло, що таке скручування потрібно ретельно промивати від залишків флюсу і герметизувати.

4. Скрутка, вкрита шаром припою, показала себе теж непогано. Але вона показала б себе ще краще, якби я попередньо облудив мідь та/або алюміній і тільки потім їх скрутив і облудив ще раз.

5. Проста скрутка, «скріплена» ЗІЗ, показала себе напрочуд добре. З'ясувалося, що пружина не тільки

тримає скрутку, але й виконує роль неактивного проміжного металу, який додатково відмінно з'єднує мідь з алюмінієм.

6. СМК-222 з важелем не призначені для алюмінію, тому результат був не дивний.

7. Але СМК-228, який, за ідеєю, має такі самі характеристики, чудово себе показав.

8. Ще краще показав себе пружинний затискач WAGO-221. Однак, як і у випадку зі СМК-228, ці клеми не зобов'язані працювати в запропонованих умовах. Тому їх можна похвалити, але використовувати на цій підставі не треба.

9. СМК-722 – особлива розмова. Використовувалися клеми з пастою від бренду Stekker. Однак не всі клеми з пастою однакові. Stekker показав погані результати, особливо враховуючи, що він створений для таких з'єднань. У результаті використовувалася паста СМК-722 ІЕК. Результат відмінний – перехідна напруга не перевищила 50 мВ і була

стабільною. Тому Stekker використовувати не слід.

10. Гвинтова клема показала напрочуд відмінні результати. Але це особливо не тішить – вони дуже відрізняються за якістю від бренду до бренду, а попався навіть на зовнішній вигляд непоганий екземпляр.

11. Найстабільніший і передбачуваний результат. Не знаю, чому у ТВ-4504 опір вищий, ніж у «Горіха». Можливо, через покриття металу?

12. «Горіх» без коментарів – це найкраще з'єднання за надійністю. Що цікаво, «Горіх» нагрівався набагато менше за інші сполуки. Навіть жили, якими я підключав різні клеми, грілися значно сильніше. Справа в тому, що «Горіх» – це ще й великий радіатор, що розсіює тепло.

13. З'єднання через шайбу показало себе гірше, ніж я очікував. Мабуть, метал має покриття, що погано контактує.

14. Автомат – відмінне рішення. Але треба врахувати, що, як і будь-яке з'єднання, його клеми потрібно



Рис.8

протягати. До речі, його клеми також непогано відводять тепло. Крім того, якщо хочете додатково зменшити перехідний опір, рекомендується збільшувати площу перерізу однопровід-

ної жили, складаючи її вдвічі (рис.8).

15. Наконечник НШВИ не призначений для таких з'єднань, але показав себе непогано. Однак на реальних об'єктах застосовувати його не рекомендуємо.

16. Сполучна гільза під кримпер теж хороший варіант, але рекомендувати його не будемо.

#### Рейтинг з'єднань

Насамкінець склав особистий рейтинг автора. Він заснований як на вищеписаних випробуваннях, а й у особистому досвіді.

У табл.2 п'ять категорій, кожна з яких має оцінку від 1 до 5.

Випробування – оцінка пройдених випробувань, на основі даних попередньої таблиці. Зверніть увагу – у рядку 9 розміщена клемма СМК-722 ІЕК.

Надійність – стабільність з'єднання, його довговічність. Рівень спокою, який у вас буде після того, як ви його зробите.

Габарити – що менше розмір з'єднання за цією категорією, то вище в нього бал. Тому у скруток така висока оцінка, а у «Горіха» та автомата – така низька.

Складність – технологічність, рівень підготовки монтажника, кількість інструментів, витрачене на з'єднання часу. Тому скручування та WAGO (СМК) такі популярні в народі – на те, щоб зачистити ізоляцію і скрутити жили (або надіти на них WAGO), потрібно всього кілька секунд.

Застосування – це особиста думка автора щодо застосування на практиці, на основі попередніх оцінок.

Пара зауважень по табл.2. Йдеться лише про з'єднання жил: алюміній 2.5 мм<sup>2</sup> та мідь 1.5 мм<sup>2</sup>. Усі з'єднання мають бути зроблені з повним дотриманням технологій та ґрунтуватися на нормативно-технічній документації та рекомендаціях виробників.

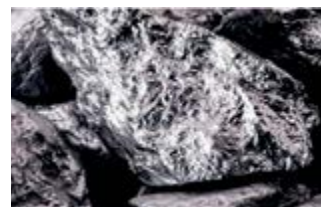
Таблиця 2.

Види соединений		Оценка по шкале от 1 до 5				
		Испытания	Надежность	Габариты	Сложность	Применение
Скрутки	1	Простая скрутка	1	1	5	1
	2	Скрутка алюм. + луж. медь	4	3	5	4
	3	Скрутка луж. алюм. + медь	5	3	5	5
	4	Скрутка луженая	5	3	5	5
Пружинные	5	СИЗ-3	4	3	4	2
	6	СМК-222	1	1	4	1
	7	СМК-228	3	1	4	1
	8	WAGO-221	3	1	4	1
	9	СМК-722 (ІЕК)	5	4	4	1
Винтовые	10	Винтовая клемма	4	2	3	2
	11	Блок зажимов типа ТВ	4	5	2	2
	12	Сжим У739 «Орех»	5	5	1	3
	13	Соединение через шайбу	2	2	2	5
	14	Авт. выключатель	4	5	1	2
	15	Наконечник-гильза НШВИ	4	3	3	4
	16	Соединительная гильза	5	3	3	4



# ІХ МІЖНАРОДНА СПЕЦІАЛІЗОВАНА ВИСТАВКА MINING & MINERALS EXPO

ТЕХНОЛОГІЇ, ОБЛАДНАННЯ, МАТЕРІАЛИ ДЛЯ  
ГІРНИЧОДОБУВНОЇ ТА ВУГІЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ



**14-16 ЖОВТНЯ 2025**



**Місце проведення:**  
МВЦ, м. Київ,  
Броварський пр-т, 15,  
станція метро «Лівобережна»

**Контакти:**

+38 (095) 268-05-84  
lyudmila@iec-expo.com.ua  
www.iec-expo.com.ua





ІННОВАЦІЇ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ

НАМ 30 РОКІВ

м. Київ, вул. Краківська, 13-Б  
тел. +38 (044) 291-00-61  
sea.com.ua, info@sea.com.ua

**Постачання:** Електронні компоненти • Джерела живлення • Світлодіодна продукція та оптоелектроніка • Обладнання для енергетики • Електротехнічна продукція  
Кабельно-провідникова продукція • Обладнання для промислової автоматизації  
Вимірвальні прилади • Паяльне обладнання та матеріали для пайки • Сонячна енергетика

**Виробництво:** Світлофори та технічні засоби керування дорожнім рухом • Паркувальне обладнання і системи • Система управління нитьм освітленням • Система диспетчеризації ліфтів  
Плати зі світлодіодними для LED освітлення • WIM - системи динамічного зважування транспортних засобів

**Послуги:** Конструктивні розробки • Проектування та виготовлення друкованих плат  
Контрактне виробництво • Модернізація та обслуговування парківігі

Харків: kharkiv@sea.com.ua    Дніпро: dnipro@sea.com.ua





### ВСЕ ДЛЯ СИЛОВОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ ТА АВТОМАТИКИ

діоди, тиристори, триоди, IPM, IGBT;  
джерела струму та напруги LEM;  
запобіжники BUSSMANN;  
конденсатори електричні ВПС, тлівові, високовольтні;  
резистори середньої та великої потужності;  
напіпровідникові, електромеханічні реле;  
вентилятори радіальні та центробіжні;  
обладнання для шафліс;  
кварцові вимірячі, датчі тиску, рівня, вологості;  
світлові та звукові сигналізатори;  
UV та IR промислові лампи PHILIPS.

Для пошти: 04211, Київ-211, а/с 97  
E-mail: kiev@dacpol.com, www.dacpol.com  
Тел./факс: (380 44) 501 93 44, GSM: (380 50) 447 39 12





+38 (068) 418-91-28 Viber, Telegram  
sales@discon.ua www.discon.ua



ІGBT та SiC модулі

Найбільший склад вентиляторів в Україні





Охолоджувальний профіль

300x80x1500 мм, ширина до 300 мм, та більше.  
Лідер у виробництві охолоджувального алюмінієвого профілю





Доставка товару зі світових інтернет магазинів



200 W  
300 W




5B (40A, 60A) для світлодіодних екранів




Наше підприємство виготовляє високоякісні масляні і сухі трансформатори, що гарантують надійне і безвідмовне електропостачання з низькими втратами.

Тел. +38(0382)78-93-07  
Тел. +38(0382)78-94-50  
Факс. +38(0382)71-79-93  
e-mail: sales@transf.com.ua

29015, Україна,  
м. Хмельницький,  
проспект Миру, 101-Б  
www.transf.com.ua




### «Компанія ОЛЬВІЯ»

Корпуса пластиків. Клавіатура півкова. Кабельно-провідникова продукція.

[044].503.3323    [044].599.7550    [067] 504-7654    korpus.kiev@gmail.com  
ICQ#: 258-782-777    korpus.kiev.ua

Україна, г. Київ, ул.Ушинського, 4.






ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ПРОДУКЦІЯ



**Shopellectric**  
Ми поставимо те, що вам потрібно



+380 99 652 00 46  
shopellectric.com



VII Міжнародна спеціалізована виставка  
низьковольтної електротехніки  
та електроніки

# ELECTRO INSTALL 2025

**Жовтень 14–16**

Місце проведення:

**МІЖНАРОДНИЙ  
ВИСТАВКОВИЙ ЦЕНТР**



Україна, м. Київ, Броварський пр-т, 15

тел.: +38 (095) 268-05-84

e-mail: [lyudmila@iec-expo.com.ua](mailto:lyudmila@iec-expo.com.ua)

[www.iec-expo.com.ua](http://www.iec-expo.com.ua)



Київ Травень 27-29  
Україна 2025



Виставка систем охорони та безпеки

# Expert Security

БЕЗПЕКА ЗОВСІМ ПОРЯД



МІСЦЕ ПРОВЕДЕННЯ:  
м. Київ, Броварський пр-т, 15  
станція метро «Лівобережна»



+38 (050) 403-66-91  
+38 (050) 770-36-75



expert@iec-expo.com.ua



www.expert-security.com.ua



# Моторизовані перемикачі навантаження MLBS CO 800-1250 A

Розширення серії моторизованих перемикачів навантаження MLBS CO 3P та 4P виконання на струми 800 та 1250 А. Можуть бути використані як перемикачі для автоматичного або ручного вводу резерву.



- Кількість полюсів - 3P, 4P;
- Діапазон струмів - 800, 1250 А;
- Напруга живлення - 230 В АС;
- Рукоятка в комплекті;
- Захисні кришки;
- З'єднувальні містки.



Використання MLBS із контролерами АВР ATSC25 дозволяє створити систему контролю напруги та автоматичного включення резерву в системах "Мережа-Мережа" і "Мережа-Генератор".

За детальною інформацією  
звертайтеся до спеціалістів  
компанії ETI Україна

**ETI Україна**

04128, м. Київ, вул. Мрії 19  
тел. +38 (044) 494-21-80, 82  
[www.eti.ua](http://www.eti.ua)

**ETI**  
SWITCH TO  
A SAFE FUTURE

27-29 травня 2025



XXI МІЖНАРОДНА СПЕЦІАЛІЗОВАНА ВИСТАВКА

# ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ / ПОЖТЕХ



Генеральний  
медіа-партнер:



Генеральний  
інформаційний партнер:



МІСЦЕ ПРОВЕДЕННЯ:  
м. Київ, Броварський пр-т, 15  
станція метро «Лівобережна»

+38 (050) 770-36-75

+38 (050) 403-66-91

✉ [protech@iec-expo.com.ua](mailto:protech@iec-expo.com.ua)

🌐 [www.fire-expo.com.ua](http://www.fire-expo.com.ua)



# VIII Міжнародна спеціалізована виставка технологій, обладнання та матеріалів для аддитивного виробництва та 3D друку



## Addit EXPO 3D



Актуально  
для 3D стоматології

**27–29**  
**травня**  
**2025**



МІСЦЕ ПРОВЕДЕННЯ:  
м. Київ, Броварський пр-т, 15  
станція метро «Лівобережна»



+38 (095) 268-05-87



plast@iec-expo.com.ua,  
helen@iec-expo.com.ua

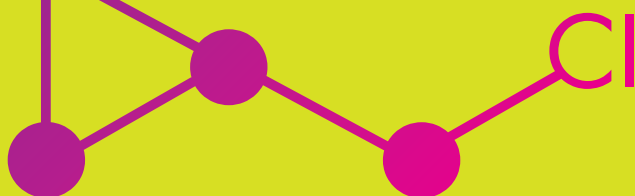


www.iec-expo.com.ua



plast  
EXPO UA

XVI Міжнародна спеціалізована виставка  
технологій та обладнання для переробки  
полімерів



**27–29**  
**травня**  
**2025**

Генеральний інформаційний партнер: 



**МІСЦЕ ПРОВЕДЕННЯ:**  
м. Київ, Броварський пр-т, 15  
станція метро «Лівобережна»



+38 (066) 921-47-51



plast@iec-expo.com.ua,  
1212@iec-expo.com.ua



www.iec-expo.com.ua

