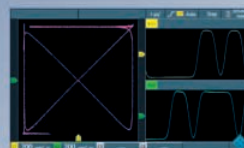
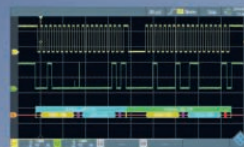
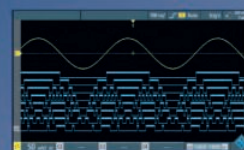


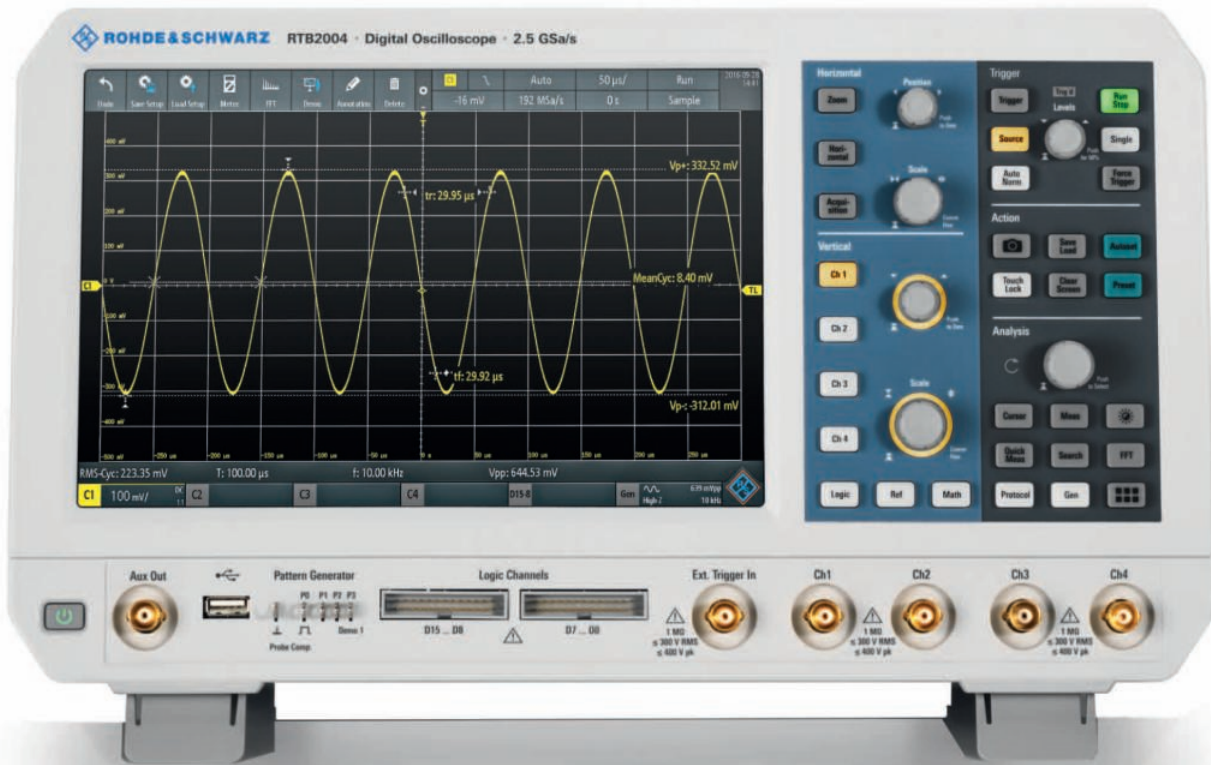
### ПОРТАТИВНИЙ ОСЦИЛОГРАФ R&S®SCOPE RIDER RTH



8 приладів в одному  
портативному корпусі

#### У номері:

- Портативні цифрові осцилографи R&S®Scope Rider RTH10xx
- Цифрові осцилографи Rohde & Schwarz для оснащення учбових лабораторій
- Низькопрофільні драйвери світлодіодів потужністю 150 Вт компанії MEAN WELL
- Ультра компактні DC/DC-перетворювачі малої потужності компанії Resom
- Електронні запобіжники зворотного струму
- Контроль стану діабетиків
- Як піклуватися про літніх близьких
- Наносенсорна технологія для масової швидкої діагностики інфекційних захворювань
- Перехід від носимих контрольних приладів до медичних пристроїв
- Серія стандартів IEC 62443: як захищатися від кібератак



## Цифрові осцилографи змішаних сигналів RTB2004 для учбових лабораторій

### Основні характеристики:

- 4 канали для дослідження аналогових сигналів
- смуга пропускання 70, 100, 200 та 300 МГц різних моделей
- частота дискретизації 1.25 ГГц/канал, 2.5 ГГц у режимі чергування
- 10-розрядний АЦП
- обсяг пам'яті 10 мільйонів відліків на канал
- максимальна чутливість каналу вертикального відхилення 1 мВ
- 10.1" емісійний сенсорний екран, 1280×800 пікселів
- підтримка жестів для масштабування та деталізації сигналів
- 16-канальний логічний аналізатор, частота дискретизації 1.25 ГГц
- можливість синхронізації зовнішніми сигналами
- аналіз сигналів у шинах I2C, SPI, UART/RS-232/RS-422/RS-485, CAN, LIN
- 4-розрядний генератор тестових послідовностей
- генератор сигналів: синус, прямокутні імпульси, меандр, трикутний, пилкоподібний, SinC, експоненціальний, сигнал довільної форми
- реєстрація сигналів у наступних режимах роботи: вибірка, огинаюча, пікове значення, висока роздільна здатність, усереднення результатів вимірювання, огинаюча + пікове значення
- збереження та поповнення бази даних форми сигналу довільної форми
- можливість налаштування інтерфейсу користувача
- розширений набір режимів синхронізації
- виконання основних математичних операцій над сигналами (+, -, \*, /), спектральний аналіз досліджуваних сигналів (ШПФ, 128 тис. точок)
- робота у локальній мережі
- документування у вигляді знімків екрана або налаштувань приладу, які зберігаються на зовнішній Flash-накопичувач
- автоматичний вибір налаштувань по вертикалі, горизонталі та синхронізації для оптимального перегляду активних сигналів

<https://www.rohde-schwarz.com>

**ЕЛЕКТРОННІ  
КОМПОНЕНТИ  
І СИСТЕМИ**2023 липень-вересень  
№ 3 (243)МАСОВИЙ  
НАУКОВО-  
ТЕХНІЧНИЙ  
ЖУРНАЛ**Засновник і видавець:**  
НАУКОВО-ВИРОБНИЧА  
ФІРМА VD MAISЗареєстрований  
Міністерством інформації  
України 24.07.96 г.  
Свідоцтво про реєстрацію:  
серія KB, № 2081Б  
Видається з травня 1996 г.**Директор фірми VD MAIS:**  
В.О. Давиденко**Головний редактор:**  
В.О. Романов**Редакційна колегія:**  
В.О. Давиденко  
В.В. Макаренко  
Д-р Ілля Брондз,  
Norwegian Drug Control  
and Drug Discovery Institute  
(NDCDDI) AS, Ski, Norway**Адреса редакції:**Україна, Київ,  
вул. М. Донца, 6**Тел.:** (0-44) 492-8852, 201-0202**Факс:** (0-44) 202-1110**E-mail:** ekis@vdmajs.ua**Інтернет:** www.vdmajs.ua  
www.ekis.kiev.ua**Адреса для переписки:**

Україна, 03061 Київ, вул. М. Донца, 6

**ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ**В. Макаренко  
**Портативні цифрові осцилографи R&S@Scope Rider RTH10xx ....3**В. Макаренко  
**Цифрові осцилографи Rohde & Schwarz для оснащення  
учбових лабораторій ..... 11****ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ**В. Макаренко  
**Низькопрофільні драйвери світлодіодів потужністю 150 Вт  
компанії MEAN WELL .....20**В. Макаренко  
**Ультра компактні DC/DC-перетворювачі малої потужності  
компанії Resom .....25****НОВІ КОМПОНЕНТИ**В. Макаренко  
**Електронні запобіжники зворотного струму .....31****МЕДИЧНА ЕЛЕКТРОНІКА**В. Романов  
**Контроль стану діабетиків за допомогою носимих пристроїв  
безперервного моніторингу глюкози .....35**В. Романов  
**Як піклуватися про літніх близьких .....37**В. Романов  
**Наносенсорна технологія компанії PINPOINT SCIENCE для  
масової швидкої діагностики інфекційних захворювань ....39**Дж.-Г. Бродерс  
**Перехід від носимих контрольних приладів до медичних  
пристроїв .....42****НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ**В. Романов  
**Технологія 3D Time of Flight підтримує персональне  
фітнес-тренування у домашніх умовах .....46**П. Морган  
**Чи прискорила пандемія COVID-19 революцію в енергетиці? ..48****НА ДОПОМОГУ РОЗРОБНИКУ ЕЛЕКТРОННОЇ АПАРАТУРИ**В. Романов  
**Серія стандартів IEC 62443: як захищатися від кібератак  
на інфраструктурні об'єкти .....53****ТЕХНОЛОГІЇ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ**Г. Мерфі  
**Інтернет речей: що далі? .....58****ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ**В. Романов  
**Безпечний, критично важливий зв'язок потребує нового,  
простого у застосуванні підходу .....61****КОРОТКІ ПОВІДОМЛЕННЯ****Як технологія моніторингу робить опріснення води  
енергоефективним .....63**Перепечатка опублікованих в журналі  
матеріалів допускається з розрешення редакції.  
За рекламну інформацію відповідальність несе  
рекламодавець.

**MEASURING DEVICES**

V. Makarenko  
**Portable digital oscilloscopes R&S®Scope Rider RTH10xx** ..... 3

V. Makarenko  
**Rohde & Schwarz digital oscilloscopes for equipping educational laboratories** ..... 11

**POWER SUPPLIES**

V. Makarenko  
**Low-profile LED drivers with a power of 150 W by MEAN WELL** ..... 20

V. Makarenko  
**Ultra-compact low-power DC/DC converters of the Recom company** ..... 25

**NEW COMPONENTS**

V. Makarenko  
**Electronic reverse current fuses** ..... 31

**MEDICAL ELECTRONICS**

V. Romanov  
**Manage diabetes with continuous glucose monitoring devices** ..... 35

V. Romanov  
**How do you care for aging loved** ..... 37

V. Romanov  
**Pinpoint science: combination infectious diseases through rapid nanosensor technology diagnostics** ..... 39

J.-H. Broeders  
**Transition from Wearable to Medical Devices** ..... 42

**NEW TECHNOLOGIES**

V. Romanov  
**3D time of flight technology enables tempo at-home personalized fitness training** ..... 46

P. Morgan  
**Will Covid-19 accelerate the electrification revolution?** .. 48

**ASK THE APPLICATIONS ENGINEER**

V. Romanov  
**The IEC 62443 Series of Standards: How to Defend Against Infrastructure Cyberattacks** ..... 53

**INTERNET OF THINGS TECHNOLOGIES**

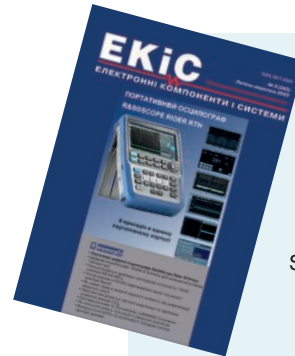
G. Murphy  
**Internet of Things (IoT): What's Next?** ..... 58

**TELECOMMUNICATIONS**

V. Romanov  
**Secure, Mission Critical Communications Require a New, Easy to Implement Approach** ..... 61

**SHORT MESSAGES**

**How condition-based monitoring (CbM) technology makes desalination more energy efficient** ..... 63



**ELECTRONIC COMPONENTS AND SYSTEMS**

July-September 2023  
 No.3 (243)

Scientific and Technical Journal

**Founder and Publisher:**  
 Scientific-Production Firm  
**VD MAIS**

**Director**  
 V.O. Davidenko

**Head Editor**  
 V.O. Romanov

**Editorial Board**  
 V.O. Davidenko  
 V.V. Makarenko  
 Dr. I. Brondz,  
 Norwegian Drug Control  
 and Drug Discovery Institute  
 (NDCDDI) AS, Ski, Norway

**Address:**  
 M. Dontsia Str., 6,  
 03061 Kyiv, Ukraine  
**Tel.:**  
 (380-44) 201-0202,  
 492-8852 (multichannel)

**Fax:**  
 (380-44) 202-1110

**E-mail:**  
 ekis@vdmajs.ua

**Web address:**  
 www.vdmajs.ua  
 www.ekis.kiev.ua  
 Printed in Ukraine



## ПОРТАТИВНІ ЦИФРОВІ ОСЦИЛОГРАФИ R&S®SCOPE RIDER RTH10XX

У статті наведена коротка інформація про цифрові портативні осцилографи серії R&S®Scope Rider RTH1000 компанії Rohde & Schwarz. Ці осцилографи дозволяють здійснювати аналіз як аналогових так і цифрових сигналів. Вони забезпечують функціональність восьми приладів: осцилографа, логічного аналізатора та аналізатора протоколів, реєстратора даних, цифрового мультиметра, аналізатора спектру, аналізатора гармонік і частотоміра, а також спеціальні режими для побудови XY-діаграм, режим розгортання та випробування по масці, що забезпечує можливості необхідні для налагодження будь-яких типів електронних систем.

В. Макаренко

Осцилографи серії R&S®Scope Rider RTH1000 поєднують потужність і функціональність лабораторних осцилографів з форм-фактором і надійністю портативних осцилографів з живленням від батареї, що робить їх ідеальним інструментом для налагодження пристроїв у лабораторіях та аналізу складних проблем у польових умовах.

R&S®Scope Rider RTH1000 перший портативний осцилограф із вбудованою опцією аналізу змішаних сигналів (вісім цифрових каналів) та можливістю проводити аналіз протоколів у цифрових шинах [1, 2]. Фактично цей прилад являє собою цілу вимірвальну лабораторію і поєднує вісім приладів в одному портативному корпусі. Він забезпечує функціональність восьми приладів: осцилографа, логічного аналізатора та аналізатора протоколів, реєстратора даних, цифрового мультиметра, аналізатора спектру, аналізатора гармонік і частотоміра, а також спеціальні режими для побудови XY-діаграм, режим розгортання та випробування по масці, що забезпечує можливості необхідні для налагодження будь-яких типів електронних систем.

Маючи швидкість захоплення до 50 000 осцилограм в секунду, він дозволяє швидко виявити рідкісні помилки та оперативно реагувати на зміни в сигналі. Система синхронізації з великим вибором функцій дозволяє точно виділити потрібні фрагменти аналізованого сигналу.

Займаючи мінімум робочого місця, осцилограф R&S®Scope Rider є ідеальним інструментом навіть для складних завдань, виникаючих під час наукових

### PORTABLE DIGITAL OSCILLOSCOPES R&S®SCOPE RIDER RTH10XX

**Abstract** – The article provides brief information about the R&S®Scope Rider RTH1000 digital portable oscilloscopes from Rohde & Schwarz. These oscilloscopes will allow analysis of both analog and digital signals. They provide the functionality of eight instruments: an oscilloscope, a logic and protocol analyzer, a data logger, a digital multimeter, a spectrum analyzer, a harmonic analyzer, and a frequency meter, as well as special modes for constructing XY plots, an unfolding mode, and a mask test, which provide the capabilities necessary for debugging of any types of electronic systems.

V. Makarenko

досліджень та розробок, а також має необхідні властивості для роботи у польових умовах. Зовнішній вигляд осцилографа R&S®Scope Rider RTH1004 наведено на рис. 1.



**Рис. 1. Зовнішній вигляд осцилографа R&S®Scope Rider RTH1004**

Розташування входів 4-канальних осцилографів показано на рис. 2, а двоканальних – на рис. 3. Двоканальні осцилографи мають вбудований цифровий мультиметр, входи якого розташовані праворуч.

Розташування входів логічного пробника,



**Рис. 2. Розташування входів 4-канальних осцилографів**



**Рис. 3. Розташування входів 2-канальних осцилографів**

роз'єми USB та LAN розташовані на правій боковій стінці осцилографа (рис. 4) [3].

Ізольовані входи для категорії вимірювань 600 В CAT IV дозволяють проводити безпечні вимірювання в будь-яких умовах. Якщо потрібні додаткові заходи безпеки, R&S@Scope Rider можна керувати дистанційно за допомогою веб-браузера через безпроводову мережу, що дозволить користувачеві, що управляє приладом, знаходитися досить далеко від місця вимірювання.

П'ять режимів вимірювання, включаючи вбудований мультиметр (тільки у двоканальних моделях), роблять осцилограф R&S@Scope Rider ідеальним



- 1 – мережевий роз'єм LAN
- 2 – роз'єм USB типу B для дистанційного управління
- 3 – компенсація пробника
- 4 – роз'єм USB типу A для флеш-накопичувача
- 5 – роз'єм логічного пробника

**Рис. 4. Розташування елементів на правій боковій стінці осцилографа**

приладом для роботи в польових умовах.

Компанія Rohde&Schwarz випускає декілька моделей портативних осцилографів. У табл. 1 наведені основні відмінності між різними моделями осцилографів R&S@Scope Rider, а у табл. 2 – діапазони частот аналізу різних моделей.

Основні характеристики осцилографів R&S@Scope Rider:

- максимальна частота дискретизації 5 ГГц
- максимальний обсяг пам'яті 500 тисяч відліків, 50 млн відліків сегментованої пам'яті
- швидкість захоплення даних 50 000 осцилограм/с
- роздільна здатність АЦП 10 біт
- ізольовані входи відповідають категоріям CAT IV 600 В/CAT III 1000 В
- кольоровий сенсорний дисплей 7.0", 800×480 пікселів
- ступінь захисту IP51, відповідно до IEC 60529IP51
- аналіз цифрових сигналів (логічний аналізатор) по 8 каналах, смуга пропускання 250 МГц, частота дискретизації 1.25 ГГц, максимальний обсяг пам'яті 125000 відліків
- чутливість каналу вертикального відхилення від 2 мВ/под. до 100 В/под.
- діапазон зсуву до 200 В
- у 4-канальних моделях функція цифрового мультиметра по кожному з аналогових каналів
- 37 функцій автоматичного вимірювання
- збереження історії та режим сегментованої пам'яті
- аналіз протоколів шин I2C/SPI, UART, CAN/LIN, CAN-FD, SENT
- аналізатор спектру, аналізатор гармонік, частотомір
- безпроводова локальна мережа та Ethernet для

**Таблиця 1. Основні відмінності між різними моделями осцилографів R&S®Scope Rider**

Параметр	Наявність у моделі осцилографа		
Кількість аналогових входів	Модель		
2 + цифровий мультиметр	RTH1002	RTH10x2	–
4	–	RTH10x4	RTH10x4
Смуга пропускання			
Моделі 60, 100, 200, 350, 500 МГц	60 ... 100 МГц	100...500 МГц	200...500 МГц
Модуль роботи з цифровими сигналами (MSO)			
8 цифрових каналів			
Аналіз сигналів цифрових шин			
Синхронізація і декодування I2C/SPI, RS-232/UART	–		
Історія і сегментована пам'ять			
Розширена синхронізація	–	–	
Інші параметри			
Безпроводовий мережевий інтерфейс			
Дистанційне управління через веб-інтерфейс			
Приладдя			
Пробники струму			
Автомобільний адаптер			–
Кейс для транспортування			–
Зарядний пристрій			–

**Таблиця 2. Діапазони частот аналізу різних моделей осцилографів R&S®Scope Rider**

Смуга пропускання					Аналогові входи	Мульти-метр	Цифрові входи
60 МГц	100 МГц	200 МГц	350 МГц	500 МГц			
RTH1002	RTH1012	RTH1022	RTH1032	RTH1052	2		–
RTH1004	RTH1014	RTH1024	RTH1034	RTH1054	4	–	–
RTH1002MSO	RTH1012MSO	RTH1022MSO	RTH1032MSO	RTH1052MSO	2		8
RTH1004MSO	RTH1014MSO	RTH1024MSO	RTH1034MSO	RTH1054MSO	4	–	8

дистанційного керування через Інтернет і швидкого доступу до даних

- просте налаштування параметрів поворотним регулятором (рис. 5)
- великі кнопки для зручності роботи в рукавичках
- нековзна та ударостійка прогумована поверхня
- швидке завершення роботи за рахунок можливості документування одним дотиком
- підтримка карток microSD та підключення по USB (пристрій/хост)
- більше 4 годин роботи від акумулятора.

Повністю панель управління і призначення її елементів наведено в [3, 4].

При налагодженні вбудованих в лабораторії або аналізі складних сигналів у польових умовах прилад R&S®Scope Rider поєднує характеристики та можливості лабораторного осцилографа, а також компактність та міцність працюючого від акумулятора портативного пристрою.

Система цифрової синхронізації має високу чутливість запуску, а 14 типів синхронізації забезпечують широкі функціональні можливості для точного виділення необхідного фрагменту складних сигналів. Завдяки 37 функціям автоматичного виміру прилад R&S®Scope Rider забезпечує функціональність лабораторного осцилографа під час аналізу параметрів сигналу.



Міцний, пило- та вологозахисний корпус

Поворотний регулятор

Можливості підключення: USB, Ethernet та безпроводова мережа

Великі кнопки для зручності роботи в рукавичках

**Рис. 5. Фрагмент панелі управління R&S@Scope Rider**

Осцилограф R&S@Scope Rider підтримує мі-

croSD-карти об'ємом до 32 ГБ, що дозволяє зберігати практично необмежену кількість даних, знімків екрану та файлів налаштувань приладу.

**Безпечні вимірювання в силовій електроніці**

Аналіз сучасних систем електроприводу вимагає вимірювання напруги та струмів обмоток електродвигуна при одночасному аналізі цифрових керуючих сигналів. У таких вимірах ключову роль відіграє безпека вимірів.

Осцилограф R&S@Scope Rider має до чотирьох ізольованих вхідних каналів вимірювальної категорії CAT IV 600 В, що дозволяє безпечно проводити вимірювання у високовольтних електричних колах.

Подвійна ізоляція всіх вхідних каналів, каналу мультиметра<sup>1)</sup> та цифрових інтерфейсів, включаючи логічні канали (опція змішаних сигналів) дозволяє проводити вимірювання у змішаних колах з різними опорними рівнями. Знижено ризик випадкових коротких замикань та забезпечено можливість безпечних вимірювань у високовольтних електричних установках. Можна проводити вимірювання чутливих аналогових чи цифрових керуючих кіл, не жертвуючи безпекою.

Завдяки пасивному охолодженню та герметичному пило- та водостійкому корпусу портативний осцилограф має ступінь захисту IP51 і забезпечує міцність, необхідну для роботи у жорстких польових умовах. Гумова поверхня з великими клавішами полегшує роботу в складних зовнішніх умовах.

Меню вибору інструментів аналізу містить 11 пунктів (рис. 6). З піктограм режимів зрозуміло призначення різних інструментів.



**Рис. 6. Меню вибору інструментів аналізу**



### Аналіз цифрових сигналів

Цифрові сигнали, що управляють, можна аналізувати за допомогою 8-канального логічного аналізатора, який ізольований від аналогових вхідних каналів. R&S®Scope Rider має безпрецедентні серед портативних осцилографів можливості щодо синхронізації та декодування протоколів, забезпечуючи безпосереднє відображення декодованих повідомлень [5].

### Аналіз рідкісних аномалій електричних сигналів

При налагодженні електронних систем часто виникає завдання збирання та аналізу рідкісних аномалій електричних сигналів. Високошвидкісна система збору даних із функцією архіву дозволяє фіксувати, архівувати і здійснювати аналіз рідкісних збоїв сигналів. Маючи частоту захоплення до 50 000 осцилограм на секунду, яка більш ніж у 1000 разів перевищує частоту стандартних портативних осцилографів, прилад R&S®Scope Rider здатний виявляти сигнали, пропущені іншими осцилографами. З його допомогою можуть бути надійно захоплені та проаналізовані навіть рідкісні збої у сигналах.

У режимі архіву та сегментованої пам'яті пристрій автоматично зберігає до 5 000 осцилограм в окремому буфері архіву. У будь-який час можна припинити збір даних і виконати аналіз будь-якої осцилограми з буфера архіву за допомогою всіх функцій, що є в осцилографі. Можна детально аналізувати разові аномалії, які зазвичай пропускаються стандартними портативними осцилографами.

### Логічний аналізатор

При вимірюванні параметрів електроприводу часто необхідно задіяти до чотирьох аналогових вимірювальних каналів, що не залишає вільних каналів контролю цифрових управляючих інтерфейсів. Цифровий логічний пробник (опція змішаних сигналів – MSO) осцилографа R&S®Scope Rider має вісім додаткових цифрових входів для аналізу сигналів, що управляють, корельованих за часом з сигналами аналогових каналів (рис. 7). Маючи смугу пропускання 250 МГц, частоту дискретизації 1,25 ГГц і настроюванні порогові значення цей пробник підходить практично для будь-яких цифрових інтерфейсів.

### Цифровий мультиметр

Двоканальна модель R&S® RTH1002 містить додатково цифровий мультиметр. Він дозволяє проводити вимірювання постійної та змінної напруги, суми постійної та змінної напруги, опору, цілісності кола та ємності, а також струму або температури

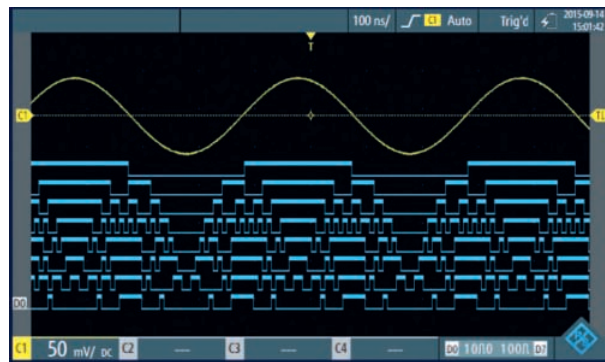


Рис. 7. Синхронний аналіз аналогового сигналу та сигналів керування по цифровій шині

при використанні відповідних датчиків.

Чотириканальна версія пристрою R&S®RTH1004 оснащена функцією цифрового вольтметра на кожному вхідному каналі. У статистиці відображаються мінімальні, усереднені та максимальні значення з відповідними часовими мітками (рис. 8).



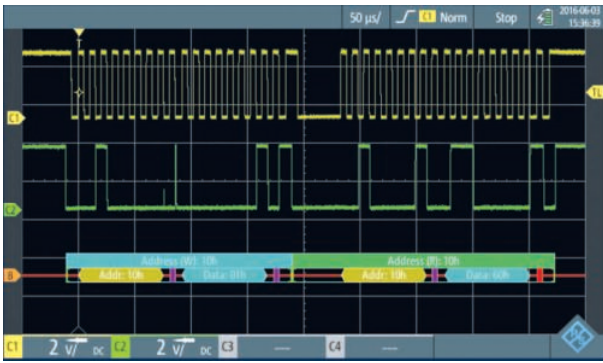
Рис. 8. Відображення вимірюваних мультиметром даних на екрані осцилографа

### Аналізатор протоколів

Послідовні шини часто використовуються для передавання керуючих сигналів. R&S®Scope Rider – це перший гальванічно ізольований портативний осцилограф, який оснащений функціями синхронізації та декодування протоколів для поглибленого пошуку несправностей (рис. 8). Цільовий запуск за протокольними подіями та протокольними даними дозволяє користувачам вибірково захоплювати відповідні події, дані та сигнали. Оскільки осцилограф R&S®Scope Rider підтримує аналіз протоколів послідовних шин I2C/SPI, UART, CAN/LIN, CAN-FD, SENT, то він може бути використаний у звичайних лабораторних, у польових умовах, а також в автомобільному сегменті.

### Реєстратор даних

Поодинокі помилки сигналів датчиків або пооди-



**Рис. 9. Вікно відображення аналізатора протоколів**

нокі збої джерела живлення можуть викликати комплексні збої пристрою без видимих вказівок першо-причини.

Функція довготривалого реєстратора даних осцилографа R&S@Scope Rider дозволяє контролювати до чотирьох основних вимірювань зі швидкістю 1, 2 або 5 вимірювань за секунду для виявлення таких рідкісних збоїв. Великий обсяг пам'яті 2 млн відліків на канал дозволяє вести запис до 23 днів. Екран статистики (рис. 10) відображає інформацію про мінімальні та максимальні значення із зазначенням точного часу.



**Рис. 10. Екран статистики реєстратора даних**

**Режим XY-діаграми**

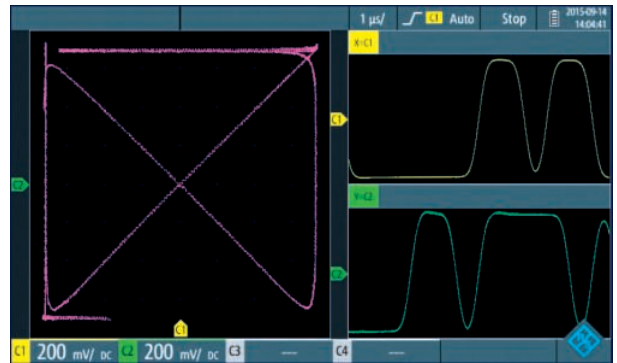
Різницю фаз між двома сигналами можна легко виміряти за допомогою спеціального режиму XY-діаграми, в якому також відображаються порівнювані сигнали (рис. 11).

**Випробування по масці**

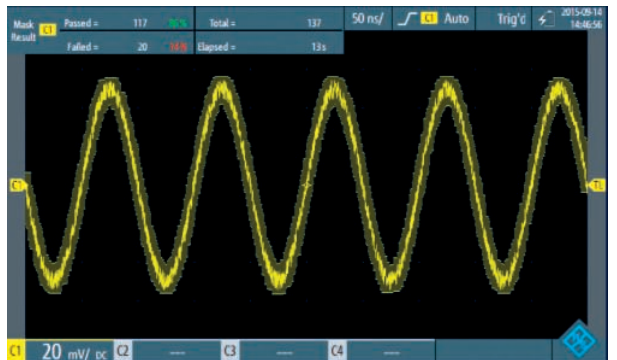
У режимі тестування по масці відображається статистика успішних та неуспішних тестів, також є можливість простого завдання маски на основі тестових сигналів (рис. 12).

**Користувальницькі сценарії**

Опція сценаріїв користувача дає можливість виконувати їх безпосередньо на осцилографі для про-

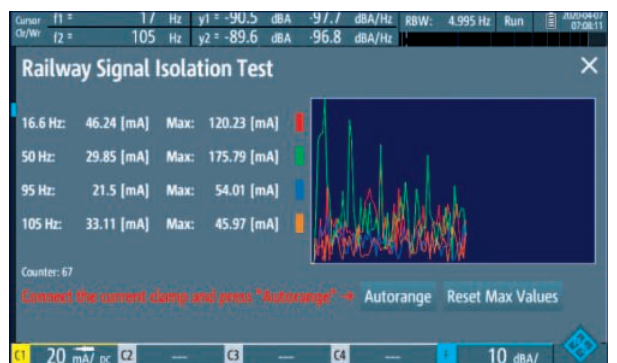


**Рис. 11. Екран осцилограма в режимі XY-діаграми**



**Рис. 12. Екран осцилограма в режимі випробувань по масці**

ведення індивідуальних нестандартних вимірювань (рис. 13). При створенні сценаріїв для керування приладом використовуються стандартні команди SCPI. Зв'язок з оператором забезпечується за допомогою інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу користувача.



**Рис. 13. Екран осцилограма в режимі сценарію користувача**

**Вимірювання коефіцієнта гармонік**

Осцилограф дозволяє вимірювати коефіцієнт гармонік у процентах або у дБ. Основна частота може задаватись користувачем у діапазоні від 10 до

100 Гц. Максимальна кількість виміряних гармонік дорівнює 64. Відображення гістограми до 64 гармонік на одному екрані. Варіанти відображення результатів вимірювання:

- всі гармоніки
- непарні гармоніки
- непарні і кратні 3
- непарні і не кратні 3 або визначені користувачем.

Окрім того на екран виводяться максимальне і мінімальне значення струму, основна частота, повні гармонійні спотворення відносно амплітуди першої гармоніки (THDF) або відносно середньоквадратичного значення (THDR), фазовий зсув відносно першої гармоніки та частота кожної складової.

### Вимірювання спектру сигналу

Лінійна або логарифмічна вісь частот, масштабування осі Y у дБм, дБВ, дБА. Для аналізу задаються наступні параметри:

- центральна частота та діапазон частот (лінійна вісь частот)
- початкова та кінцева частота (логарифмічна вісь частот)
- смуга пропускання
- роздільна здатність
- масштаб по вертикалі.

При аналізі можна використати такі вікна: з плоскою АЧХ у смузі пропускання (Flat-top), Hann, Hamming, Blackman, прямокутне. Тип сліду на екрані: нормальний, макс. утримання, мін. утримання, середній час.

У точці позначеній маркером відображається абсолютна частота та амплітуда або частота та амплітуди відносно еталонного маркера.

Окрім режиму вимірювання спектру доступне швидке перетворення Фур'є (FFT) для одного з вхідних каналів осцилографа. При перетворенні Фур'є на екран виводяться дані аналогічні даним при вимірюванні спектру.

Осцилограф R&S@Scope Rider поставляється з усіма необхідними приладами:

- пробник напруги 500 МГц, 10:1, 600 В CAT IV для кожного вхідного каналу
- джерело живлення з вилками для ЄС, Великобританії та США
- акумуляторна батарея
- ремінець

Крім того, доступний широкий асортимент приладдя:

- пробники напруги 500 МГц, 100:1
- запасний набір приладдя для пробників напруги
- розширений набір деталей для пробників напруги
- токові пробники
- автомобільний адаптер 12 В/24 В
- м'яка сумка для перенесення
- жорсткий захисний транспортний кейс
- зарядний пристрій акумулятора.

Більш детально з характеристиками та правилами роботи з осцилографами R&S@Scope Rider можна ознайомитись у [3, 6].

### ЛІТЕРАТУРА

1. [https://scdn.rohde-schwarz.com/ur/pws/dl\\_downloads/dl\\_common\\_library/dl\\_brochures\\_and\\_datasheets/pdf\\_1/RTH\\_Scope\\_Rider\\_bro\\_ru\\_3607-0517-18\\_v1200.pdf](https://scdn.rohde-schwarz.com/ur/pws/dl_downloads/dl_common_library/dl_brochures_and_datasheets/pdf_1/RTH_Scope_Rider_bro_ru_3607-0517-18_v1200.pdf)
2. [https://www.tme.eu/Document/d1978695d8029f28d74d7f22fcdf6c54/RTH\\_DS.pdf](https://www.tme.eu/Document/d1978695d8029f28d74d7f22fcdf6c54/RTH_DS.pdf)
3. [https://scdn.rohde-schwarz.com/ur/pws/dl\\_downloads/pdm/cl\\_manuals/getting\\_started/1326\\_1561\\_01/RTH\\_GettingStarted\\_ru\\_0303.pdf](https://scdn.rohde-schwarz.com/ur/pws/dl_downloads/pdm/cl_manuals/getting_started/1326_1561_01/RTH_GettingStarted_ru_0303.pdf)
4. [https://scdn.rohde-schwarz.com/ur/pws/dl\\_downloads/dl\\_common\\_library/dl\\_brochures\\_and\\_datasheets/pdf\\_1/Fact\\_sheet\\_-\\_RSScope\\_Rider\\_RTH\\_v2.03.pdf](https://scdn.rohde-schwarz.com/ur/pws/dl_downloads/dl_common_library/dl_brochures_and_datasheets/pdf_1/Fact_sheet_-_RSScope_Rider_RTH_v2.03.pdf)
5. <https://www.batronix.com/shop/oscilloscopes/Rohde-Schwarz-RTH1054.html>
6. [https://scdn.rohde-schwarz.com/ur/pws/dl\\_downloads/dl\\_common\\_library/dl\\_brochures\\_and\\_datasheets/pdf\\_1/RTH\\_Scope\\_Rider\\_dat-sw\\_en\\_3607-0517-22\\_v2700.pdf](https://scdn.rohde-schwarz.com/ur/pws/dl_downloads/dl_common_library/dl_brochures_and_datasheets/pdf_1/RTH_Scope_Rider_dat-sw_en_3607-0517-22_v2700.pdf)

## VD MAIS Друковані плати



- проектування друкованих плат
  - технологічна підготовка виробництва
  - виготовлення будь-якої кількості плат – за стандартом IPC-A-600J
  - проектування та виготовлення трафаретів для нанесення паяльної пасти.
- Сертифікація на відповідність вимогам стандартів ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, IATF 16949:2016 і ISO 13485:2016.
- Ціни оптимальні.

Україна, 03061 Київ, вул. М. Донця, 6  
Тел.: (0-44) 201-0202, 492-8852, факс: (0-44) 202-1110  
e-mail: info@vdmiais.ua, www.vdmiais.ua





## Портативні осцилографи R&S@Score Rider RTH

R&S@Score Rider RTH забезпечує функціональність восьми приладів:

- осцилографа,
- логічного аналізатора,
- аналізатора протоколів
- реєстратора даних
- цифрового мультиметра
- аналізатора спектру
- аналізатора гармонік і частотоміра
- спеціальний режим для побудови XY-діаграм
- режим розгортання та випробування по масці
- користувальницькі сценарії

- максимальна частота дискретизації 5 ГГц
- максимальний обсяг пам'яті 500 тисяч відліків, 50 млн відліків сегментованої пам'яті
- швидкість захоплення даних 50 000 осцилограм/с
- роздільна здатність АЦП 10 біт
- ізольовані входи відповідають категоріям CAT IV 600 V/CAT III 1000 V
- кольоровий сенсорний дисплей 7.0", 800×480 пікселів
- ступінь захисту IP51, відповідно до IEC 60529/IP51
- аналіз цифрових сигналів (логічний аналізатор) по 8 каналах, смуга пропускання 250 МГц, частота дискретизації 1,25 ГГц, максимальний обсяг пам'яті 125000 відліків
- чутливість каналу вертикального відхилення від 2 мВ/под. до 100 В/под.

- діапазон зсуву до 200 В
- у 4-канальних моделях функція цифрового мультиметра по кожному з аналогових каналів
- 37 функцій автоматичного вимірювання
- збереження історії та режим сегментованої пам'яті
- аналіз протоколів шин I2C/SPI, UART, CAN/LIN, CAN-FD, SENT
- аналізатор спектру, аналізатор гармонік, частотомір
- безпроводова локальна мережа та Ethernet для дистанційного керування через Інтернет і швидкого доступу до даних
- просте налаштування параметрів поворотним регулятором

Осцилограф R&S@Score Rider поставляється з усім необхідним приладдям



## ЦИФРОВІ ОСЦИЛОГРАФИ ROHDE & SCHWARZ ДЛЯ ОСНАЩЕННЯ УЧБОВИХ ЛАБОРАТОРІЙ

Цифрові осцилографи початкового рівня серії RTB2000, призначені для оснащення навчальних лабораторій, мають широкий набір функціональних можливостей та дозволяють використовувати їх як індивідуально, так і колективно, при підключенні до локальної мережі.

Вони дають можливість не тільки здійснювати контроль аналогових сигналів по 4 каналах, але і містять вбудований 16-канальний логічний аналізатор, генератор сигналів різної форми і мультиметр. Це дозволяє на базі одного приладу мати універсальний вимірювальний комплекс, що дозволяє проводити аналіз аналогових та цифрових сигналів, вимірювати їх параметри, здійснювати швидке перетворення Фур'є досліджуваних сигналів, проводити аналіз сигналів різних послідовних інтерфейсів та багато іншого.

Дружній інтерфейс та вбудована система навчання дозволяють за короткий термін освоїти роботу з приладом та ознайомитися з його функціональними можливостями. Високі технічні характеристики дозволяють використовувати його у професійних цілях.

*В. Макаренко*

Компанія Rohde&Schwarz випускає осцилографи початкового рівня серії RTB2000 [1]. Що ж мається на увазі під "осцилограф початкового рівня". Це універсальний 4-канальний цифровий осцилограф, який, крім функцій, властивих аналогічним приладам, містить цифровий мультиметр, генератор сигналів різної форми та тестових послідовностей, логічний аналізатор та аналізатор протоколів послідовних шин. Осцилограф дозволяє здійснювати швидке перетворення Фур'є, тестування по масці та тривале захоплення даних. Тобто в одному пристрої фактично міститься ціла вимірювальна лабораторія для дослідження як аналогових так і цифрових сигналів у широкій смузі частот.

Основне призначення такого пристрою, на думку компанії, оснащення навчальних лабораторій. Хоча його параметри не поступаються багатьом продуктам для професійного використання і навіть перевершують їх, а по функціональності та зручності використання аналогів цьому осцилографу немає.

Великий сенсорний дисплей 10.1 дюйма з 10 точками торкання дозволяє здійснювати управління

### ROHDE & SCHWARZ DIGITAL OSCILLOSCOPES FOR EQUIPPING EDUCATIONAL LABORATORIES

**D**igital oscilloscopes entry-level series RTB2000, is designed to equip teaching laboratories have a wide range of functionalities and pozoelyat use them both individually and collectively, when connected to local network.

They provide an opportunity not only to monitor analog signals on 4 channels, but also contain a built-in 16-channel logic analyzer, signal generator various shapes and multimeter. This allows a single instrument to have universal measuring a property that allows for the analysis of analog and digital signals, measure their parameters, to carry out the fast Fourier transform of the test signals, analysis of signals of various serial interfaces and many more.

User-friendly interface and built-in learning system allow you to quickly master the instrument and become familiar with its functionality. High technical characteristics allow to use it for professional purposes.

*V. Makarenko*

всіма режимами роботи не торкаючись кнопок управління, аналогічно керуванню смартфонами і планшетами [2]. Наявність порту USB дозволяє підключати зовнішній Flash-накопичувач та інші пристрої. Наявність порту Ethernet дає можливість використовувати осцилограф як мережевий пристрій: здійснювати керування приладом через мережу, передавати результати вимірювань і виводити отримані на екрані результати на відеопроєктор.

Випускається 2 модифікації осцилографів:

- двоканальний RTB2002
- чотирьохканальний RTB2004.

Додатково встановлювані модулі дозволяють розширити функціональні можливості та частотний діапазон осцилографів (табл. 1).

Зовнішній вигляд чотирьохканального осцилографа RTB2004 наведено на рис. 1.

На передній панелі розташовані органи управління режимами роботи, входи (праворуч наліво) підключення аналогових сигналів (Ch1...Ch4), вхід для підключення джерел зовнішньої синхронізації (Ext. Trigger In), 16 входів для підключення логічних

**Таблиця 1. Модифікації осцилографів RTB2000**

Модель	Смуга пропускання, МГц	Кількість каналів	Частота дискретизації, ГГц	Максимальний обсяг пам'яті, мільйонів відліків на канал	По замовленню модуль MSO, кількість цифрових каналів
R&S®RTB2002	70	2	2.5	20	16
R&S®RTB2004	70	4	2.5	20	16
R&S®RT82002 + RTB-8221	100	2	2.5	20	16
R&S®RT82004 + RTB-8221	100	4	2.5	20	16
R&S®RTB2002 + RTB-8222	200	2	2.5	20	16
R&S®RTB2004 + RTB-8222	200	4	2.5	20	16
R&S®RTB2002 + RTB-8223	300	2	2.5	20	16
R&S®RTB2004 + RTB-8223	300	4	2.5	20	16


**Рис. 1. Зовнішній вигляд чотирьохканального осцилографа RTB2004**

сигналів (Logic Channels), виходи вбудованого генератора тестових послідовностей для демонстрації можливості аналізу сигналів послідовних інтерфейсів P1...P3 (Pattern Generator) та вихід генератора сигналу для налаштування пробників P0 (Probe Compensation). Лівише виходів Pattern Generator розташований роз'єм USB, вихід вбудованого в осцилограф генератора сигналів різної форми (Out) та кнопка включення живлення.

На задній панелі розташовані: роз'єм для підключення шнура живлення та вимикач живлення, роз'єми USB та LAN (Ethernet).

Основні параметри осцилографа RTB2004:

- 4 канали для дослідження аналогових сигналів
- смуга пропускання 70, 100, 200 та 300 МГц для різних моделей
- частота дискретизації 1.25 ГГц/канал, 2.5 ГГц у режимі чергування

- 10-розрядний АЦП
- обсяг пам'яті для зберігання результатів вимірювань 10 мільйонів відліків на канал та 20 мільйонів у режимі чергування 2-х каналів
- частота оновлення 50 000 осцилограм/с
- максимальна чутливість каналу вертикального відхилення 1 мВ
- 10.1" емсійний сенсорний екран, 1280x800 пікселів
- підтримка жестів для масштабування та деталізації сигналів
- 16-канальний логічний аналізатор, частота дискретизації 1.25 ГГц
- можливість синхронізації зовнішніми сигналами
- аналіз сигналів у шинах I2C, SPI, UART/RS-232/RS-422/RS-485, CAN, LIN
- 4-розрядний генератор тестових послідовностей
- генератор сигналів: синус, прямокутні імпульси, меандр, трикутний, пилкоподібний, SinC, експоненціальний, сигнал довільної форми
- реєстрація сигналів у наступних режимах роботи: вибірка, огибаюча, пікове значення, висока роздільна здатність, усереднення результатів вимірювання, огибаюча + пікове значення
- збереження та поповнення бази даних форми сигналу довільної форми

- можливість налаштування інтерфейсу користувача
- розширений набір режимів синхронізації
- виконання основних математичних операцій над сигналами (+, -, \*, /), спектральний аналіз досліджуваних сигналів (ШПФ, 128 тис. точок)
- робота у локальній мережі
- документування у вигляді знімків екрана або налаштувань приладу, які зберігаються на зовнішній Flash-накопичувач
- автоматичний вибір налаштувань по вертикалі, горизонталі та синхронізації для оптимального перегляду активних сигналів.

Для зручності роботи з кількома каналами органи управління виконані з кольоровим маркуванням, яке дозволяє швидко ідентифікувати режим роботи та вибраний канал (рис. 2). Перший канал відображається жовтим кольором підсвічування, другий – зеленим, третій – червоним, а четвертий – фіолетовим. Оскільки органи регулювання зміщення та чутливості є спільними для всіх каналів, то при натисканні на кнопку активації одного з каналів ці органи підсвічуються відповідним кольором. Це дозволяє моментально оцінити налаштування якого каналу включені в цей момент.

Призначення органів управління аналогічне до органів управління будь-яких цифрових осцилографів і докладно описано в [2, 3]. Відзначимо лише



**Рис. 2. Вигляд осцилографа RTB2004 в робочому режимі**

деякі з них (рис. 3).

Кнопка Meas призначена для виклику екранного меню. Екранне меню можна викликати або прибрати з екрана торканням екрана в правому нижньому кутку (блакитний ромб з буквами R і S всередині на рис. 2).

Кнопка Quick Meas – отримання результатів вимірювання каналу, сигналом якого здійснюється синхронізація осцилографа. Результат такого виміру в першому каналі наведено на рис. 4. Знімок екрану на рис. 4 отримано натисканням кнопки Знімок екрану (рис. 3). Для документування результатів вимірювань в осцилографах передбачена можливість запису в пам'ять і на диск знімків екрану і осцилограм (у форматі .png).

Кнопка Search включає екранне меню параметрів пошуку за подією (рис. 5). Інтуїтивно зрозуміло призначення кожного пункту меню, що дозволяє навіть недосвідченому користувачеві правильно встановити параметри пошуку.



**Рис. 5. Меню налаштувань пошуку за подією**

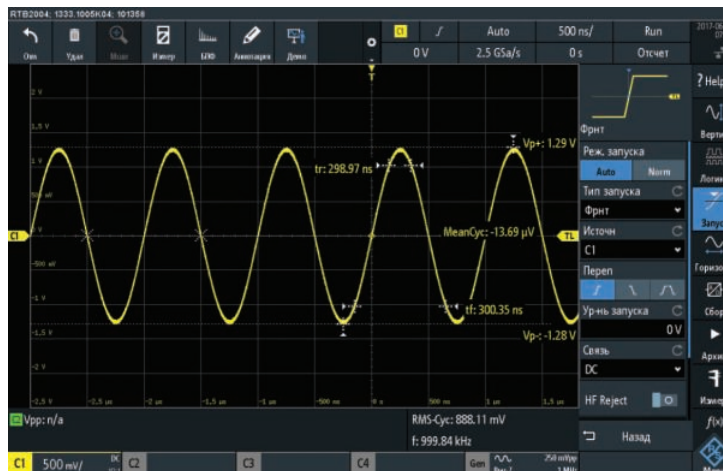
Зупинимося трохи докладніше на параметрах вбудованого генератора сигналів, меню якого викликається натисканням кнопки Gen (рис. 3) або після виклику екранного меню натисканням на піктограму Gen (видна на рис. 4 і 5).

Для сигналів різної форми діапазон частот вихід-



- Знімок екрану і запис на Flash-накопичувач**
- Push to Select:** переміщення курсору і фіксація результатів в момент натискання
- Meas:** виклик екранного меню
- Search:** виклик екранного меню налаштувань пошуку
- QuickMeas:** отримання результатів вимірювань натисканням однієї кнопки

**Рис. 3. Панель управління осцилографом**



**Рис. 4. Результати отримані після натискання кнопки Quick Meas**



них сигналів суттєво відрізняється. Нижче наведено значення максимальної частоти для сигналів різної форми (рис. 6):

- синус – 25 МГц
- SinC – 1 МГц
- прямокутний (меандр) – 10 МГц
- імпульс (з регульованою шпаруватістю) – 10 МГц
- трикутний, пилкоподібний (полярність на вибір) та експоненційний – 1 МГц
- сигнал довільної форми – 1 МГц.



**Рис. 6. Меню вибору форми сигналу вбудованого генератора**

У генераторі передбачено можливість формування модульованих сигналів. Наприклад, для синусоїдального сигналу можна задати амплітудну та частотну модуляцію, амплітудну та частотну маніпуляцію. З іншого боку, можна сформувати ЛЧМ-сигнал чи сигнал з логарифмічним законом зміни частоти. Користувачем задаються час розгортки, початкове і кінцеве значення частоти. Щоб отримати доступ до налаштувань виду модуляції, необхідно меню генератора протягнути вгору по екрану (через велику кількість налаштувань параметрів сигналів, що генеруються, повністю меню на екрані не поміщається).

Окрім стандартних типів модуляції можна використати математичні операції. Приклад модульованого сигналу, отриманого за допомогою операції множення, наведено на рис. 7.

Аналогічні режими роботи та види модуляції доступні всіх форм сигналів.

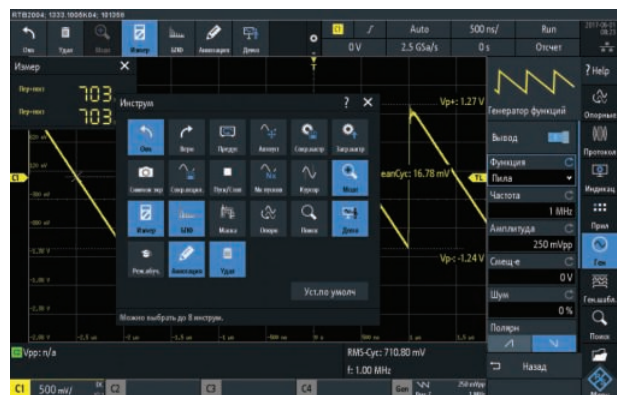
Генератор дозволяє формувати сигнали довільної форми та 4-бітові цифрові послідовності. Сигнали та цифрові послідовності можна імпортувати у вигляді файлів CSV або скопіювати з осцилограм приладу. Перед відтворенням сигналів можна здійснювати попередній перегляд. Можна використовувати попередньо задані цифрові послідовності, на-



**Рис. 7. Приклад модульованого сигналу, отриманого за допомогою операції множення**

приклад, для сигналів шин I2C, SPI, UART та CAN/LIN.

Панель інструментів на екрані осцилографа може налаштовуватись користувачем. Для її налаштування необхідно торкнутися значка Шестерня у центрі панелі і у вікні (рис. 8) вибрати 8 інструментів, які необхідні для роботи найчастіше. Поєднуючи екранну панель інструментів та традиційні органи управління осцилографом можна дуже швидко отримати доступ до будь-яких функцій та налаштувань осцилографа, що значно підвищує зручність роботи



**Рис. 8. Меню налаштування панелі інструментів**

з ним.

Розглянемо коротко деякі функції осцилографа.

### Цифровий вольтметр

Осцилограф R&S®RTB2000 оснащений трирозрядним цифровим вольтметром та шестирозрядним частотоміром по кожному каналу для проведення одночасних вимірювань. Вольтметр дозволяє вимірювати постійну напругу (рис. 9), змінну + постійну (СКЗ) та змінну (СКЗ).

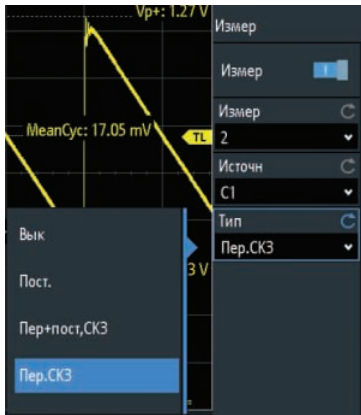


Рис. 9. Меню налаштувань вольтметра

Результати вимірювання відображаються у віконці (рис. 7 у верхньому лівому куті). Зліва відображається режим вимірювань (на рис. 8 – Пост + перем), а праворуч значення вимірюваної величини.

### Аналіз спектру

Функція швидкого перетворення Фур'є (ШПФ) приладу R&S®RTB2000 активується натисканням однієї кнопки та введенням значень центральної частоти та смуги огляду. За рахунок високої продуктивності функції ШПФ в осцилографах R&S®RTB2000 можуть аналізуватися сигнали з кількістю точок до 128 тис. До інших практичних інструментів відносяться курсорні вимірювання функція автоматичного налаштування вимірювання в частотній області.

### Тестування за маскою

Випробування відповідності масці забезпечують швидке виявлення виходу досліджуваного сигналу за допустимі значення. При цих випробуваннях використовується статистичний аналіз відповідності або невідповідності масці, який дозволяє отримати оцінку якості та стабільності випробуваного пристрою. При виході сигналу за межі маски вимір зупиняється і генерується імпульс, який виводиться на вихідний роз'єм AUX-OUT осцилографа.

В результаті забезпечується швидке виявлення аномалій сигналу та несподіваних результатів. Кож-

не порушення може призводити до генерації імпульсу, що виводиться на вихідний роз'єм AUX-OUT приладу R&S®RTB2000. Цей імпульс можна використувати для запуску різних дій у вимірювальній установці.

### Архів та сегментована пам'ять

На додаткове замовлення осцилограф може бути доповнений модулем архіву R&SRRTB-K15, який збільшує обсяг пам'яті з 10 млн. відліків на канал до 160 млн. відліків. Користувачі отримують можливість перегляду попередніх вибірок даних та їх аналізу за допомогою всіх інструментів осцилографа, наприклад, функцій декодування протоколів і використання логічних каналів. У режимі ультрасегментації сигнали перед візуалізацією захоплюються як єдине ціле. Сигнали послідовних шин та імпульсні послідовності записуються практично без переривань.

### Розширення функціональних можливостей під вимоги замовника

Осцилограф R&SRRTB2000 можна налаштувати під необхідні вимоги до модернізації шляхом встановлення програмних ліцензій. Ці можливості відносяться, наприклад, до синхронізації та декодування послідовних протоколів, до режиму архіву та сегментованої пам'яті. Генератор сигналів та тестових послідовностей, а також можливості роботи в змішаному режимі MSO 1) вже вбудовані в прилад та вимагають лише своєї активації. За допомогою ключового коду можна розширити смугу пропускання пристрою до 300 МГц. Усе це значно полегшує проведення модернізації.

### Багатомовна підтримка: вибір з 13 мов

Інтерфейс користувача RTB2000 та оперативно-доступна довідкова система підтримують тринадцять мов (англійська, німецька, французька, іспанська, італійська, португальська, чеська, польська, російська, спрощена та традиційна китайська, корейська та японська). Користувачі можуть змінити мову інтерфейсу під час роботи приладу, вся операція триватиме лише кілька секунд.

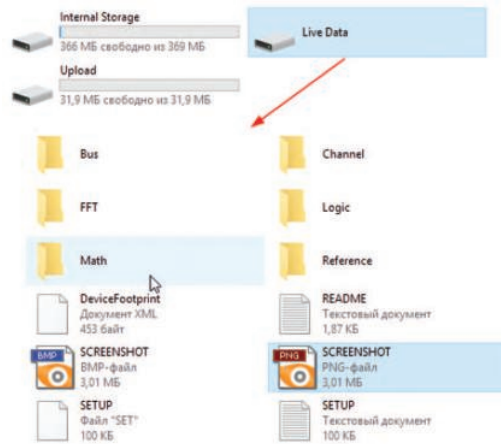
### Захист даних

Функція безпечного стирання дозволяє захищати конфіденційні дані. При її використанні з пам'яті приладу видаляються всі дані користувача і налаштування, включаючи схеми налаштування приладу і осцилограми.

### Можливості підключення зовнішніх пристроїв

Осцилограф RTB2000 може безпосередньо підключатися до ПК через вбудовані USB-порти. Кори-

стувач ПК отримує доступ до пам'яті осцилографа (рис. 10).



**Рис. 10. Структура пам'яті осцилографа доступна користувачу ПК**

Через USB-порт (хост) на Flash-накопичувач можуть передаватися знімки екрана або налаштування приладу. Реалізація протоколу передачі медіаданих (MTP) забезпечує просту інтеграцію. Через порт USB (пристрій) та мережний інтерфейс LAN також можливе дистанційне керування приладом.

Вбудована функція веб-сервера дозволяє користувачам керувати осцилографом та відображати вміст екрана для аудиторії. У прилад входять інтерфейси даних та програмні інтерфейси, наприклад для простої інтеграції в середу MATLAB.

### Пробники для точних вимірів

Для проведення вимірювань прилад комплектується пасивними пробниками напруги. Додатково можуть бути замовлені несиметричні високовольтні пробники, диференціальні та струмові пробники.

Зазначимо ще деякі цікаві особливості приладу. До них можна віднести інструкцію та режим Демо (рис. 7).

### Анотація

При дотyku до піктограми анотація на екран виводиться меню (рис. 11) в якому можна вибрати: олівець, одного з п'яти кольорів, текст (літера T), гумка і щітка.

Олівцем можна нанести вручну написи або значки в будь-якому місці екрану, де розташовується сигналограма. При виборі T на екран виводиться віртуальна клавіатура за допомогою якої можна ввести текст, що пояснює.

Гумка дозволяє видаляти окремі фрагменти анотації, а щітка видаляє анотацію повністю.

У режимі Демо покроково можна переглянути



**Рис. 11. Меню режиму анотація**

результати роботи осцилографа у різних режимах. Меню режиму Демо розбито на 4 підменю: основні функції, додаткові функції, користувацькі (введені користувачем) та USB (завантажені через інтерфейс USB). За замовчуванням останні два підменю порожні та наповнюються в процесі роботи користувачем. Приклад інформації що виводиться на екран в режимі Демо наведено на рис. 12.



**Рис. 12. Приклад інформації що виводиться на екран в режимі Демо**

Основні параметри осцилографів серії RTB2000 наведені у табл. 2.

Більш детальну інформацію про параметри, режими роботи та налаштування осцилографа можна знайти в [2, 3] та на сайті компанії Rohde&Schwarz <https://scdn.rohde-schwarz.com>.

### ЛІТЕРАТУРА

1. [https://www.rohde-schwarz.com/products/test-and-measurement/oscilloscopes/rs-rtb2000-oscilloscope\\_63493-266306.html](https://www.rohde-schwarz.com/products/test-and-measurement/oscilloscopes/rs-rtb2000-oscilloscope_63493-266306.html)



2. [https://scdn.rohde-schwarz.com/ur/pws/dl\\_downloads/pdm/cl\\_manu-als/getting\\_started/1333\\_1605\\_01/RTB\\_GettingStart-ed\\_en\\_09.pdf](https://scdn.rohde-schwarz.com/ur/pws/dl_downloads/pdm/cl_manu-als/getting_started/1333_1605_01/RTB_GettingStart-ed_en_09.pdf)

3. [https://scdn.rohde-schwarz.com/ur/pws/dl\\_downloads/pdm/cl\\_manu-als/user\\_manual/1333\\_1611\\_01/RTB\\_UserManual\\_en\\_12.pdf](https://scdn.rohde-schwarz.com/ur/pws/dl_downloads/pdm/cl_manu-als/user_manual/1333_1611_01/RTB_UserManual_en_12.pdf)

**Таблиця 2. Основні параметри осцилографів серії RTB2000**

<b>Система вертикального відхилення</b>		
Кількість каналів	R&S®RTB2002; R&S®RTB2004	2; 4
Смуга пропускання (на рівні -3 дБ) при 50 Ом	R&S®RTB2002/2004 (с опціями R&S® RTB-B21x, R&S®RTB-B22x и R&S®RTB-B23x)	70 МГц, 100 МГц, 200 МГц, 300 МГц
Время нарастания (расчетное)	R&S®RTB2002/2004 (с опціями R&S® RTB-B21x, R&S®RTB-B22x и R&S®RTB-B23x)	5 нс, 3,5 нс, 1,75 нс, 1,15 нс
Вхідний імпеданс		1 МОм ± 2% и 19 пФ ± 2 пФ
Чутливість по входу	при максимальній смузі пропускання у всіх діапазонах	від 1 мВ/діл до 5 В/діл
Точність підсилення за постійною напругою	зміщення і позиція = 0, максимальна зміна робочої температури ±5 °C після саморегулювання	
	вхідна чутливість > 5 мВ/діл	± 1,5% повної шкали
	вхідна чутливість 5 мВ/діл	± 2% повної шкали
Роздільна здатність АЦП		10 біт, до 16 біт при децимації з високою роздільною здатністю
<b>Система збору даних</b>		
Максимальна частота дискретизації (в режимі реального часу)		1.25 ГГц; 2,5 ГГц
Пам'ять для зібраних даних	стандартна; з опцією R&S®RTB-K15	10 млн відліків; 20 млн відліків з чередуванням; 160 млн відліків сегментованої пам'яті
<b>Система горизонтального відхилення</b>		
Діапазон зміни часу розгортки		вибирається від 1 нс/діл до 500 с/діл
Система синхронізації (запуску)		
Типи запуску	стандартні	за фронтом, за тривалістю, за відеосигналом (PAL, NTSC, SECAM, PAL-M, SDTV 576i, HDTV 720p, HDTV 1080i, HDTV 1080p), за шаблоном, за рядком,
	опція	за послідоною шиною I2C, SPI, UART/RS-232/RS-422/RS-485, CAN/LIN
<b>Функції аналізу та вимірювань</b>		
Швидкі вимірювання (QuickMeas)	при натисканні кнопки виміряні значення неперервно "записуються" на осцилограмі	розмах напруги, позитив. пік, від'ємний. пік, час зростання, час спаду, середнє значення, середньоквадратичне значення, час, період, частота
Математичні операції з сигналом		додавання, віднімання, множення, ділення, ШПФ
<b>Опція MSO</b>		
Цифрові канали		16 (2 логічних пробника)
Частота дискретизації		1,25 ГГц
Пам'ять для зібраних даних		10 млн відліків
<b>Генератор сигналів</b>		
Роздільна здатність, частота дискретизації		14 біт, 250 млн відліків/с
Амплітуда	високий-Z; 50 Ом	від 20 мВ до 5 В (розмах); від 10 мВ до 2,5 В (розмах)
Зміщення постійної складової	високий-Z; 50 Ом	±2,5 В; ±1,25 В
Діапазони частот формуємих сигналів	синусоїдальний	від 0.1 Гц до 25 МГц
	імпульсний/прямокутний	від 0.1 Гц до 10 МГц
	пилкоподібний/трикутний	від 0.1 Гц до 1 МГц
	шумовий	макс. 25 МГц
Довільної форми	частота дискретизації; обсяг пам'яті	макс. 10 млн відліків/с; 16 тис. точок
<b>Загальні дані</b>		
Екран		10,1" WXGA кольоровий TFT-дисплей (1280 × 800 пікселів)
Інтерфейси		USB (хост) с MTP, USB (пристрій), LAN, веб-сервер для дистанційного керування та відображення результатів роботи
Акустичний шум	максимальний рівень звукового тиску на відстані 1 м	28,3 дБ (А)
Габаритні розміри	Ш × В × Г	390 × 220 × 152 мм
Маса		2.5 кг



We make it *possible*

- діапазон робочих температур від -90 до +400 °C
- строк служби 30 років



Суцільнометалеві демпфери



Резинові віброізолятори



Сіліконові віброізолятори



Суцільнометалеві подушки



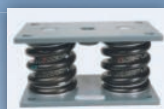
Тросові амортизатори



Малогабаритні суцільнометалеві амортизатори



Шнури ізоляції від електромагнітних хвиль



Пружинні ізолятори

Основним напрямком роботи фірми Hutchinson є виробництво широкого ряду суцільнометалевих демпферів (амортизаторів, віброізоляторів, віброопор), як малогабаритних – для різного роду електронного та навігаційного обладнання, так і великогабаритних – для різних областей застосування.

Всі вироби мають широкий діапазон статичного навантаження і стійкі до впливу агресивного середовища, зберігають свої характеристики в діапазоні температур від -90 до +400 °C. Строк служби не менше 30 років.

Робочим тілом демпферів є металева подушка, виготовлена з нержавіючої CrNi сталюї арматурної проволочки.

**VD MAIS**

ДИСТРИБ'ЮЩА +  
КОНТРАКТНЕ  
ВИРОБНИЦТВО

VD MAIS – авторизований торговельний представник фірми Hutchinson Stop-Choc GMBH & Co. KG (Німеччина) в Україні

тел.: (044) 201-0202, [info@vdmαιs.ua](mailto:info@vdmαιs.ua), [www.vdmαιs.ua](http://www.vdmαιs.ua)

## НИЗЬКОПРОФІЛЬНІ ДРАЙВЕРИ СВІТЛОДІОДІВ ПОТУЖНІСТЮ 150 Вт КОМПАНІЇ MEAN WELL

У статті наведена коротка інформація про світлодіодні драйвери компанії MEAN WELL з вихідною потужністю 150 Вт. Надтонкий дизайн, широкий діапазон вхідної напруги та робочих температур, високий ступінь захисту робить ці драйвери незамінними для використання у побутових пристроях, системах декоративного підсвічування та системах реклами.

В. Макаренко

Компанія MEAN WELL випустила серію світлодіодних драйверів SLD-150 потужністю 150 Вт (рис. 1). Драйвери можуть працювати від мережі як змінного так і постійного струму. Діапазон вхідної напруги змінного струму від 120 до 305 В. Випускаються моделі з вихідною напругою 12, 24 і 56 В. Драйвери з вихідною напругою 12 і 24 В можуть працювати в режимах стабілізації постійної вихідної напруги або постійного вихідного струму, а з напругою 56 В – в режимі постійної вихідної потужності і забезпечують регулювання вихідної напруги в діапазоні 30...56 В. Драйвери випускаються у пластиковому корпусі класу II.

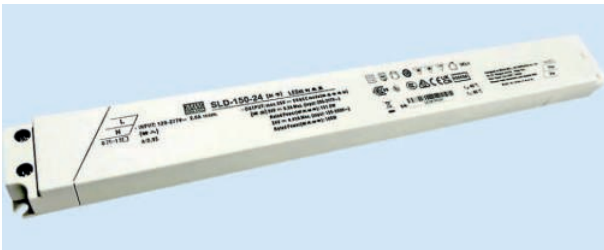


Рис. 1. Зовнішній вигляд драйвера SLD-150

Моделі з вихідною напругою 12 і 24 В призначені для управління світлодіодними стрічками постійної напруги або використання в побутових пристроях, а драйвери з вихідною напругою 56 В – для використання зі світлодіодними світловими панелями. Завдяки високому ККД (до 93%) з відводом тепла без використання вентиляторів при вільній конвекції повітря ці драйвери можуть працювати в діапазоні температур від -25 до 85 °С.

Безпечна наднизька вихідна напруга (SELV) та гальванічна розв'язка між мережею живлення та виходом роблять цю серію драйверів найбільш безпечною для побутовоо використання. Серія SLD-150

### LOW-PROFILE LED DRIVERS WITH A POWER OF 150 W BY MEAN WELL

**Abstract** – The article provides brief information about MEAN WELL LED drivers with an output power of 150 W. Ultra-slim design, wide range of input voltage and operating temperatures, high degree of protection make these drivers indispensable for use in household appliances, decorative lighting systems and advertising systems.

V. Makarenko

відповідає нормам EN61347, EN60335-1 електробезпеки побутових пристроїв. Світлодіодні драйвери MEAN WELL SLD-150 мають багато систем захисту, зокрема від короткого замикання, перенапруги, перевантаження та перегріву.

Низький профіль добре підходить для використання у вивісках і системах декоративного освітлення.

Для драйверів на 12 і 24 В визначається не тільки величина вихідної напруги, але і максимальне значення вихідного струму. Перемикання з режиму стабілізації напруги в режим стабілізації струму здійснюється автоматично, коли струм на виході досягає максимального значення. Цю поведінку драйверів ілюструє графік на рис. 2.

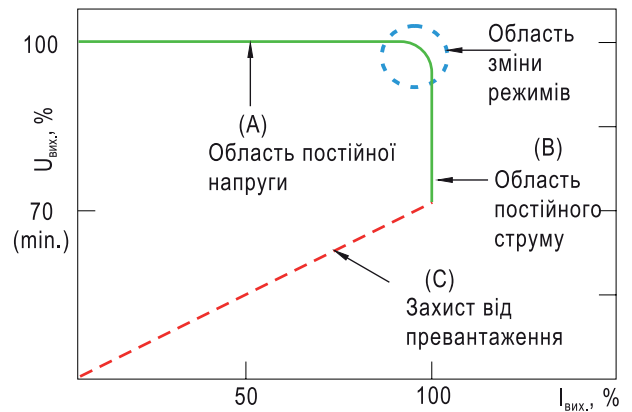
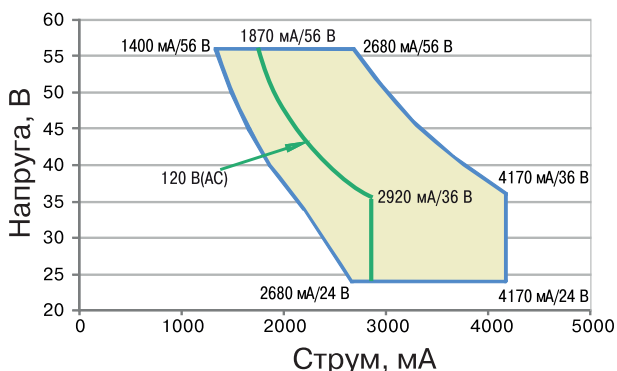


Рис. 2. Режими роботи драйверів SLD-150 з вихідною напругою 12 і 24 В

Як впливає з графіка на рис. 2, доки значення вихідного струму менше максимального, драйвер працює в режимі стабілізації напруги (область А на графіку). Але коли вихідний струм досягає максимального значення, драйвер переходить у режим стабілізації струму (область В на графіку), а вихідна

напруга стає рівною падінню напруги на навантаженні при такому значенні струму. При цьому необхідно, щоб напруга на виході була не нижче 70% номінальної вихідної напруги драйвера. В іншому випадку захист від перевантажень спрацює, і драйвер перейде в режим під назвою *hiccup mode* (область С на графіку). Слово *hiccup* у перекладі з англійської означає "гикавка". Щоб зрозуміти, звідки взялася така дивна назва, треба усвідомити логіку роботи драйвера у цьому режимі. Як тільки схема захисту зафіксує перевантаження, вона негайно вимикає драйвер, внаслідок чого вихідні струм та напруга знижуються до нуля (пунктирна лінія на графіку). Через деякий час (близько секунди) драйвер запускається знову. Якщо проблема перевантаження залишилася, знову спрацює захист і драйвер вимкнеться. Через секунду він знову запуститься і знову відключиться і так буде відбуватися до нескінченності, поки причина навантаження не буде усунена.

Драйвери з вихідною напругою 56 В працюють у режимі стабілізації вихідної потужності. Це означає, що драйвер буде прагнути підтримувати задану потужність навантаження за умови, що вона не перевищує максимальної. Напруга на світлодіодах дуже слабо залежить від струму. Тому, у разі навантаження на лінійку світлодіодів стабілізація потужності фактично означає стабілізацію струму. Драйвери з вихідною напругою 56 В поставляються із заданим номінальним значенням вихідного струму. Але це значення можна регулювати. Для цієї мети служить вбудований змінний резистор, який розташовується під кришкою, що знімається з правого боку поряд з вихідними клемми. Робочі області драйверів SLD-150 наведені на рис. 3.



**Рис. 3. Робочі області драйверів SLD-150**

Виникає резонне питання – навіщо взагалі треба було робити світлодіодні драйвери з такими складними режимами роботи? Чому не зробити стандарт-

ний варіант зі стабілізацією вихідного струму? Проста відповідь на це запитання може звучати так – через прагнення універсальності [3]. Як зазначалося вище, мала товщина корпусу драйверів передбачає створення плоских світильників. А це не лише стельові світильники. Це можуть бути вивіски, що світяться, рекламні панелі з підсвічуванням, світильники для вітрин і багато іншого. І не у всіх цих випадках застосовуються суто світлодіодні зборки, яким потрібне саме живлення постійним струмом. У ряді випадків застосовуються пристрої на базі світлодіодів із вбудованою схемою живлення, для яких потрібна постійна напруга. Характерний приклад – світлодіодні стрічки, які мають у складі найпростіше джерело струму або навіть просто струмообмежувальний резистор, і яким для роботи потрібне звичайне джерело постійної стабілізованої напруги. Саме тому в лінійку драйверів SLD включені прилади на 12 і 24 В зі стабілізацією по напрузі, так як ці дві напруги дуже часто застосовуються для живлення світлодіодних стрічок. Що стосується драйверів на 56 вольт, то прагнення універсальності проявляється в широкому діапазоні вихідних струмів, що дозволяє обійтися одним типом драйвера замість цілої серії приладів на різні струми.

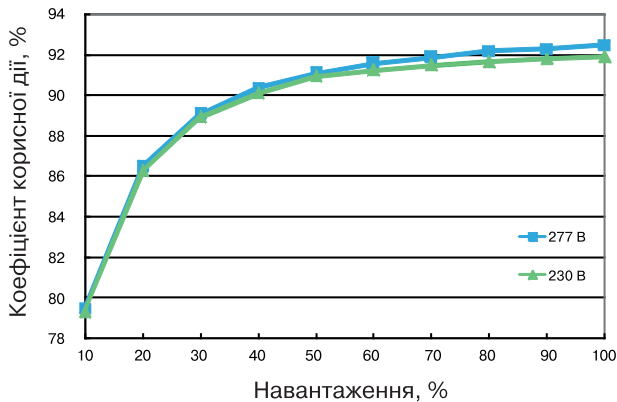
Слід згадати ще один важливий параметр драйверів SLD, який безпосередньо впливає на область застосування світлодіодних світильників на їх базі. Це коефіцієнт пульсацій вихідного струму. Як відомо, світлодіод це безінерційний прилад і його світловий потік практично прямо пропорційний струму через нього. Тому відносна величина пульсацій світлового потоку світлодіодного світильника точно відповідатиме пульсаціям струму живлення. Згідно з нормативними актами, що регламентують якість світла для приміщень різних категорій, найжорсткіші вимоги обмежують допустиму величину пульсацій світлового потоку на рівні 5%. Цій вимозі повністю відповідають драйвери SLD на 56 вольт – згідно з технічною документацією, величина пульсацій номінального струму не перевищує 5%. Їх можна застосовувати без обмежень абсолютно у будь-яких додатках. А ось для драйверів на 12 та 24 В цей параметр не нормується. Натомість у технічній документації наводяться пульсації по напрузі (максимальні величини). Вони мають такі значення: для драйверів на 12 В – 180 мВ (1.5% від номіналу), для драйверів на 24 В – 240 мВ (1% від номіналу). Незважаючи на те, що світлодіоди мають нелінійну вольт-амперну характеристику (ВАХ), при таких незначних відносних змінах напруги (в районі одного відсотка), мож-



на вважати, що на цій невеликій ділянці ВАХ вони поведуться як звичайні опори, тобто мають лінійну залежність струму від напруги. Отже, пульсації вихідного струму відповідатимуть пульсаціям напруги, тобто не перевищуватимуть 1.5%. Отже, ці драйвери можуть застосовуватися без обмежень за рівнем пульсацій.

Структурна схема драйверів SLD-150 наведена на рис. 4.

Драйвери містять вбудований активний коректор коефіцієнта потужності (PF). При вхідній напрузі 277 В та навантаженні 100% коефіцієнт  $PF \geq 0.92$ , ККД – до 93%, споживана потужність за відсутності навантаження менше 0.5 Вт. Графік залежності ККД від величини навантаження та вхідної напруги наведе-

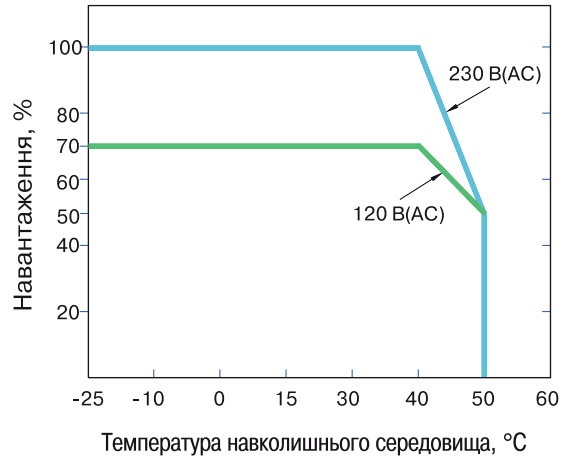


**Рис. 5. Залежності ККД від величини навантаження та вхідної напруги**

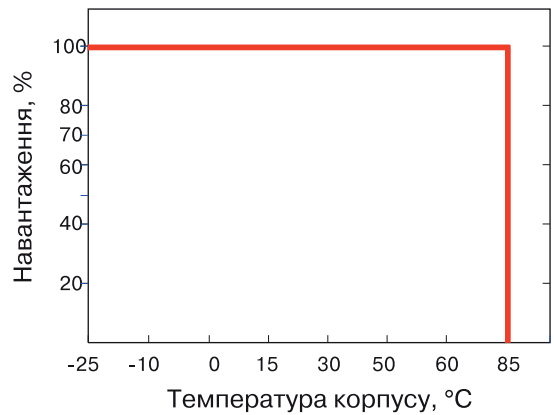
дено на рис. 5.

Драйвери можуть експлуатуватися за температури корпусу -25...85 °С без використання примусового обдування. Залежність величини навантаження від температури навколишнього середовища та температури корпусу наведена на рис. 6.

Параметри драйверів з вихідною напругою 12 і



**а)**



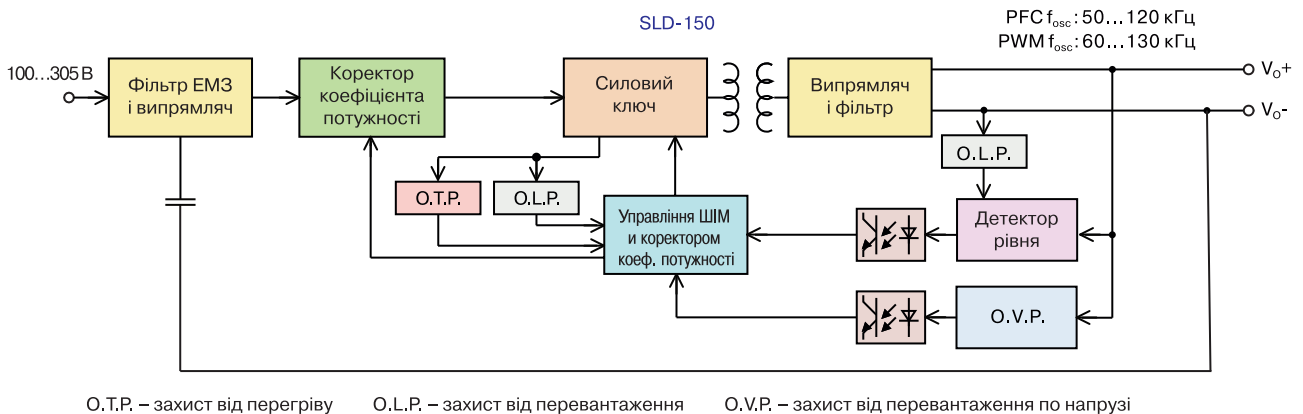
**б)**

**Рис. 6. Графіки залежності величини навантаження від температури навколишнього середовища (а) та температури корпусу (б)**

24 В наведені у табл. 1.

Параметри драйверів SLD-150 з вихідною напругою 56 В у багатьох пунктах співпадають з параметрами драйверів у табл. 1. Параметри що відрізняються наведені нижче:

- номінальний вихідний струм 4 А



О.Т.Р. – захист від перегріву    О.Л.Р. – захист від перевантаження    О.В.Р. – захист від перевантаження по напрузі

**Рис. 4. Структурна схема драйверів SLD-150**



Таблиця 1. Характеристики драйверів SLD-150 з вихідною напругою 12 та 24 В

Модель		SLD-150-12	SLD-150-24	
Вихід	Постійна напруга	12 В	24 В	
	Діапазон регулювання	8.4...12 В	16.8...24 В	
	Номінальний струм	12 А	6.3 А	
	Номінальна потужність	144 Вт	151.2 Вт	
	Пульсації і шум (max.)	180 мВ(п-п)	240 мВ(п-п)	
	Відхилення напруги	±4.0%	±3.0%	
	Діапазон регулювання	±0.5%	±0.5%	
	Час старту	500 мс/80 мс 115/230 В(AC)		
	Час вимикання (тип.)	10 мс/230 В(AC),		
Вхід	Вхідна напруга	120...305 В(AC), 170...431 В(DC)		
	Частота мережі	47... 63 Гц		
	Коефіцієнт потужності (PF)	PF≥0.95/230 В(AC), PF≥0.92/277 В(AC) при повному навантаженні		
	Коефіцієнт гармонік (THD)	THD <10% при навантаженні ≥60%/230 В(AC); при навантаженні ≥75%/277 В(AC)		
	ККД (тип.)	92%	93%	
	Змінний струм	1 А/230 В(AC), 0.8 А/277 В(AC)		
	Пусковий струм	65 А/230 В(AC)		
	Струм витоку	<0.35 мА/ 294 В(AC)		
	Споживана потужність	<0.5 Вт		
Захист	Макс. струм (% від тип.)	95...108%		
	Макс. вихідна напруга	14...17 В		
	Захист від перегріву	вимкнення вихідної напруги		
Наволишне середовище	Діапазон роб. температур	-25...85 °C		
	Макс. температура корпусу	85 °C		
	Відносна вологість	20 ... 95% без конденсації		
	Температура зберігання	-40 ... +80 °C		
	Температурний коефіцієнт	±0.03%/°C (0 ... 50 °C)		
Вібрації	10 ... 500 Гц, 2G 12 хв./1 цикл, період 72 хв. по осях X, Y, Z			
Безпека та EMC	Безпека	ENEC BS EN/EN61347-1, BS EN/EN61347-2-13, BS N/EN62384, EN60335-1 EAC TP TC 004, GB19510.1, GB19510.14		
	Міцність ізоляції	3.86 кВ(AC), 100 МОм/5 кВ/25 °C/70% RH		
	Емісія EM3	Параметр	Стандарт	Тестовий рівень
		Кондуктивні та випромінювані завади	BS N/EN55015(CISPR15)/EN55014, GB/T17743	—
		Гармоніки струму	BS EN/EN61000-3-2, GB/T17625.1	клас С при навантаженні >60%
Пульсації напруги	BS EN/EN61000-3-3	—		
EM3 імунітет	BS EN/EN61000-4-2...BS EN/EN61000-4-6, BS EN/EN61000-4-8, BS EN/EN61000-4-11			
Інше	MTBF *	2883.5 тис. год. мін. Telcordia SR-332 (Bellcore), 298.8 тис. год. мін. MIL-HDBK-217F (25 °C)		
	Розміри	330×35×22 мм		

\* MTBF – Середній розрахунковий час між відмовами.

- діапазон зміни вихідного струму 2680~4170 мА
- вихідна напруга 24...56 В
- вихідна потужність 151.2 Вт
- пульсації вихідного струму не більше 5%.

Компанія MEAN WELL наділила драйвери SLD унікальними властивостями. Низький профіль та лінійна конструкція роблять ці драйвери незамінними там, де потрібний тонкий або вузький корпус. А наявність своєрідних режимів роботи робить їх справді універсальними, дозволяючи використовувати з будь-якими, у тому числі і з нетрадиційними світлодіодними джерелами світла, такими як світлодіодні стрічки. Все це створює умови для найширшого застосування драйверів сімейства SLD у всіх сферах світлодіодних додатків – від декоративного підсвічування та рекламних щитів до повноцінних світильників офісного та виробничого застосування. Гарантійний строк 5 років свідчить про високу надійність цих

пристроїв.

Більш детальну інформацію про характеристики драйверів серії SLD можна знайти у [1].

## ЛІТЕРАТУРА

1. [https://www.meanwell.com/Upload/PDF/led\\_s.pdf](https://www.meanwell.com/Upload/PDF/led_s.pdf)
2. <https://www.meanwell.com/webapp/product/search.aspx?prod=SLD-150>
3. И. Елисеев Уникальность – в универсальности: светодиодные драйверы MEAN WELL семейства SLD / <https://www.compel.ru/lib/148276>



[ VD MAIS: 5000 кв.м друківаних плат за рік ]

# ДРУКОВАНІ ПЛАТИ

▪ ВИРОБНИЦТВО

**VD MAIS – найбільший постачальник друківаних плат на ринку України**

**7 аргументів** на користь друківаних плат, що постачаються VD MAIS:

- принцип “все з одних рук”
- стабільне положення фірми на ринку друківаних плат
- висока кваліфікація спеціалістів
- вибір перевірених фірм-виробників в залежності від специфіки замовлення
- технічний супровід проекту при монтажі SMD-компонентів
- мінімізація ціни за рахунок об’єднання замовлень
- сертифікація систем екологічного менеджменту і менеджменту якості фірми відповідно до вимог стандартів ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, IATF 16949:2016 і ISO 13485:2016
- надання документації по вихідному контролю друківаних плат

VD MAIS

ДИСТРИБ’ЮЦІЯ + КОНТРАКТНЕ ВИРОБНИЦТВО

тел.: (044) 220-0101, [info@vdmiais.ua](mailto:info@vdmiais.ua), [www.vdmiais.ua](http://www.vdmiais.ua)

VD MAIS

PCB Professionally

## УЛЬТРА КОМПАКТНІ DC/DC-ПЕРЕТВОРЮВАЧІ МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ КОМПАНІЇ RECOM

У статті наведена коротка інформація про малогабаритні модулі компанії *Recom* у корпусі QFN. Завдяки використанню технології *flip-chip* модулі мають високу питому потужність і не потребують зовнішніх радіаторів для відведення тепла. Широкий діапазон вхідної напруги від 4 до 36 В дозволяє використовувати ці модулі від вхідної шини живлення 5, 12, 15 або 24 В.

*В. Макаренко*

### ULTRA-COMPACT LOW-POWER DC/DC CONVERTERS OF THE RECOM COMPANY

**Abstract** – The article provides brief information about *Recom*'s small-sized modules in a QFN package. Thanks to the use of *flip-chip* technology, the modules have a high specific power and do not require external radiators for heat removal. A wide input voltage range from 4 to 36 V allows these modules to be used from a 5, 12, 15 or 24 V input bus.

*V. Makarenko*

Модулі серії RPX використовують нову технологію *flip-chip*, що дозволяє значно збільшити питому потужність та відведення тепла.

Нові силові модулі RPX-1.0, RPX-1.5 та RPX-2.5 компанії RECOM забезпечують високу питому потужність у корпусі QFN з покращеним тепловідведенням у робочому діапазоні температур до 85 °C при природній конвекції повітря. Модулі з вихідним струмом 1 і 1.5 А у корпусі 3×5×1.6 мм працюють при вхідній напрузі від 4 до 36 В, дозволяючи використовувати нестабілізовані шини живлення 5, 12, 15 та 24 В. Вихідна напруга встановлюється за допомогою 2-х резисторів у діапазоні від 0.8 до 30 В [1].

Модулі з вихідним струмом 2.5 А випускаються у корпусі QFN розміром 4×4.5×2 мм працюють в діапазоні вхідної напруги від 4.5 до 28 В забезпечуючи функціонування від вхідної шини живлення 5, 12, 15 або 24 В. Вихідна напруга може бути встановлена в діапазоні від 1.2 до 6 В з використанням 2-х резисторів.

Основні особливості модулів:

- силовий модуль з технологією 3D монтажу та інтегроване котушкою індуктивності в мініатюрному корпусі QFN
- корпус із оптимізованим відведенням тепла забезпечує роботу при температурах до +105 °C без примусового охолодження
- версії з вихідним струмом 1, 1.5 чи 2.5 А
- вхідна напруга від 4 до 36 В DC
- налаштований за допомогою двох резисторів вихід
- постійно високий ККД у широкому діапазоні навантажень (5-100%);
- широкий діапазон робочих температур від -40 до +105 °C при повному навантаженні;

- ККД до 91%, немає потреби в радіаторах
- вбудовані системи захисту від КЗ, перевантаження, перегріву та від зниженої напруги (з регульованим рівнем спрацьовування)
- фільтр класу ЕМЗ А або В.

У табл. 1 наведено перелік модулів серії RPX у корпусі QFN [2-7].

**Таблиця 1. Модулі серії RPX у корпусі QFN**

Модель	Вихідний струм, А	Вхідна напруга, В	Вихідна напруга, В
RPX-0.5Q	0.5	4.0...36.0	0.8...34
RPX-1.0	1	4.0...36.0	0.8...24
RPX-1.5	1.5	4.0...36.0	0.8...24
RPX-1.5Q	1.5	4.0...36.0	0.8...30
RPX-2.5	2.5	4.5...28.0	1.2...6
RPX-4.0	4.0	3.8...36.0	1...7

Розглянемо більш детально характеристики модуля RPX-1.0 [2], зовнішній вигляд якого наведено на рис. 1.



**Рис. 1. Зовнішній вигляд модуля RPX-1.0**



Типова схема включення RPX-1.0 наведена на рис. 2.

Вихідна напруга задається дільником R3, R4. Розрахувати опір R4 при заданному R3 можна за формулою

$$R_4 = R_3 / (V_{OUT} / V_{FB} - 1),$$

де  $V_{FB} = 0.807$  В.

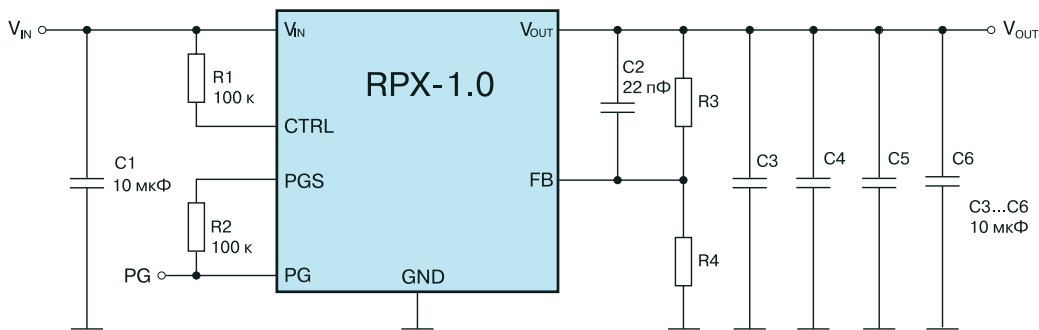
Опір резистора R3 рекомендується обирати 75 кОм при значенні вихідної напруги більше 1 В. У [2] наведено приклад розрахунку для вихідної напруги 1.5 В. У табл. 2 наведені розраховані опори резистора R4 (ряд E96) для різних значень вихідної напруги.

**Таблиця 2. Значення опору резистора R4 для різних значень вихідної напруги**

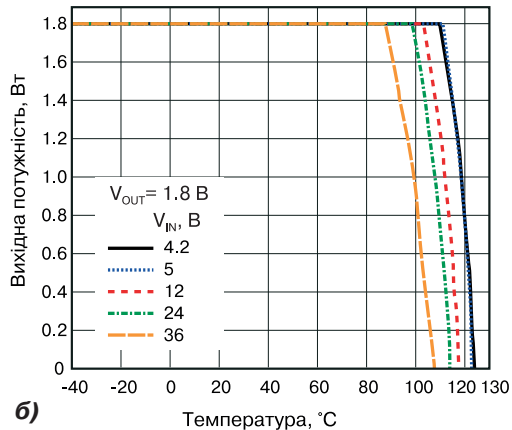
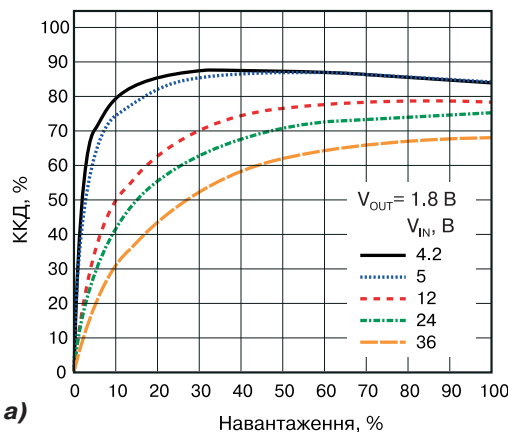
V <sub>OUT</sub> , В	1.5	1.8	2.5	3.3	5	12	24
R4, кОм	86.6	60.4	35.7	24.3	14.3	5.36	2.61

Основні параметри модуля RPX-1.0:

- частота комутації силового ключа DC/DC-перетворювача від 450 до 2200 кГц



**Рис. 2. Типова схема включення модуля RPX-1.0**



**Рис. 4. Графіки залежності ККД від навантаження (а) вихідної потужності від температури (б) модуля RPX-1.0 при вихідній напрузі 1.8 В**



**Рис. 3. Безпечна робоча область модуля RPX-1.0**

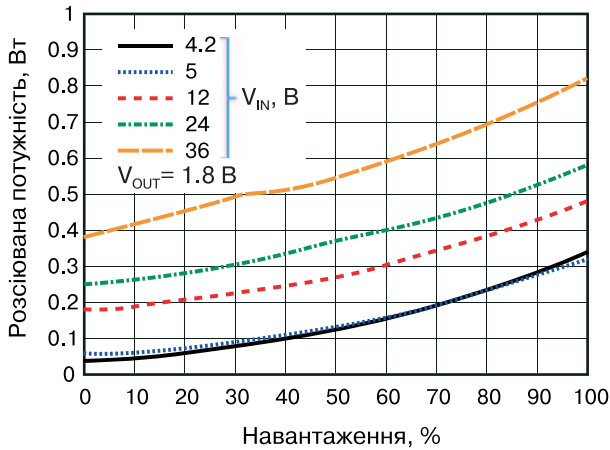
- температура кристалу від -40 до 125 °С
- тепловий коефіцієнт корпус-навколишнє середовище 46 °К/Вт
- спрацьовування захисту від перегріву при температурі кристалу 170 °С (автоматичне відновлення роботи після охолодження до припустимої робочої температури).

Безпечна робоча область модуля наведена на рис. 3. Параметри модуля дещо змінюються в залежності від вихідної напруги. На рис. 4 наведені

графіки залежності ККД від навантаження (а) вихідної потужності від температури (б) модуля RPX-1.0 при вихідній напрузі 1.8 В і різних значеннях вхідної напруги.

Графіки залежності розсіюваної модулем RPX-1.0 потужності при вихідній напрузі 1.8 В наведені на рис. 5.

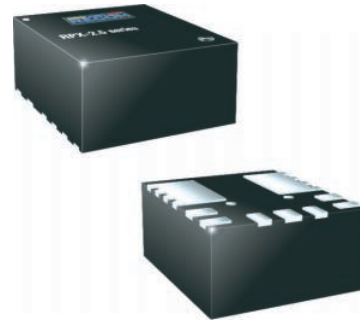
Аналогічні графіки для вихідної напруги 24 В наведені на рис. 6 і 7.



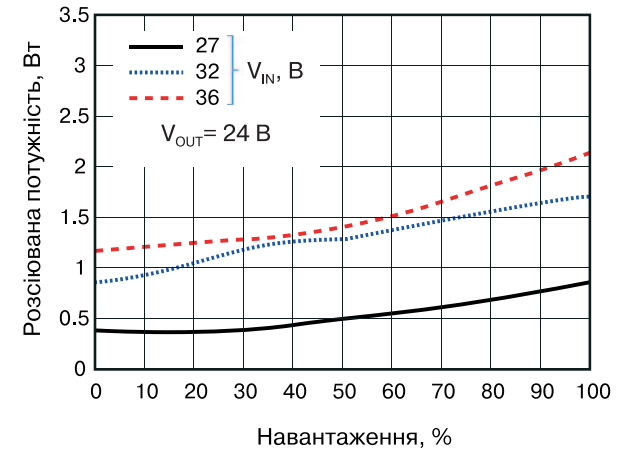
**Рис. 5. Графіки залежності розсіюваної модулем RPX-1.0 потужності при вихідній напрузі 1.8 В**

Порівнюючи параметри модуля при різних значеннях вихідної напруги, можна зробити висновок, що максимальний ККД 95% відсотків досягається при максимальній вихідній напрузі. При вихідній напрузі 1.8 В ККД не перевищує значення 88% і це потрібно враховувати при виборі модуля для застосування. Розсіювання модулем потужність теж залежить від значення вихідної напруги, що ілюструють графіки на рис. 5 та 7.

Для порівняння розглянемо основні параметри модуля RPX-2.5, зовнішній вигляд якого наведений

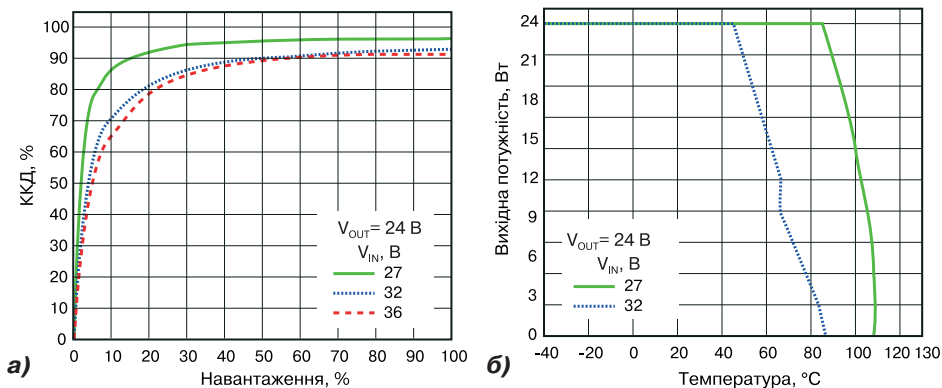


**Рис. 8. Модуль RPX-2.5**



**Рис. 7. Графіки залежності розсіюваної модулем RPX-1.0 потужності при вихідній напрузі 24 В**

на рис. 8 [6]. Це понижувальний DC/DC-перетворювач із вбудованою котушкою індуктивності у корпусі QFN розміром 4.5×4×2 мм (найменший у своєму класі).



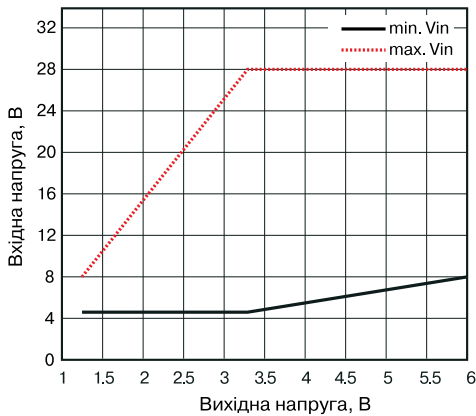
**Рис. 6. Графіки залежності ККД від навантаження (а) вихідної потужності від температури (б) модуля RPX-1.0 при вихідній напрузі 24 В**

до 6 В, вихідний струм до 2.5 А. Модуль має вбудовані системи захисту від короткого замикання, перевантаження вихідного струму, пониженої вихідної напруги та перегрівання.

Основні параметри модуля:

- вхідний струм в режимі вимкнення не більше 1.6 мкА
- струм споживання в режимі сну не більше 2 мкА
- час вмикання не більше 6 мс
- частота комутації силових ключів 550...1000 кГц (750 кГц типове значення)
- пульсації вихідної напруги не більше 20 мВ (від піку до піку) у смузі аналізу 20 МГц.

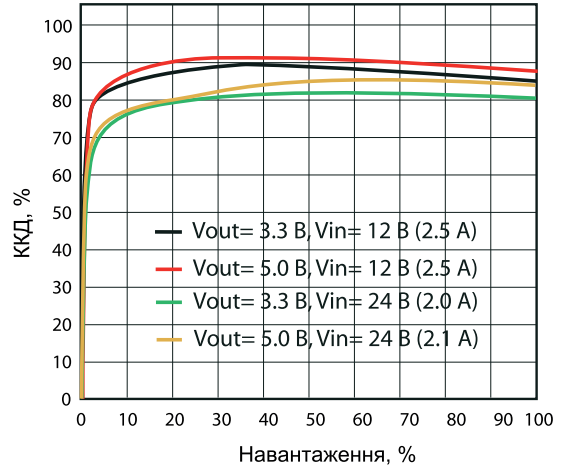
Схема включення модуля наведена на рис. 9. Безпечна робоча область модуля RPX-2.5 наведена на рис. 10.



Типові умови експлуатації		
$V_{IN}, B$	$V_{OUT}, B$	$I_{OUT}, A$
24	5	2
24	3.3	2.1
12	5	2.5
12	3.3	2.5
5	3.3	2.5
5	1.2	2.5

**Рис. 10. Безпечна робоча область модуля RPX-2.5**

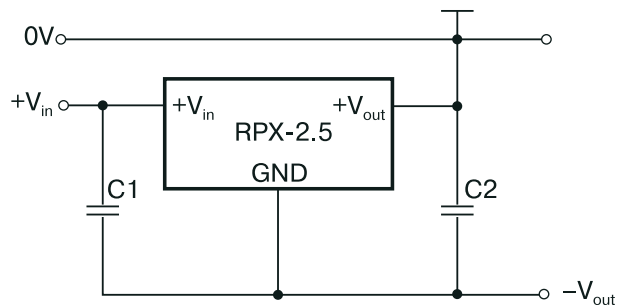
Графіки залежності ККД від навантаження при різних значеннях вхідної та вихідної напруги наведені на рис. 11.



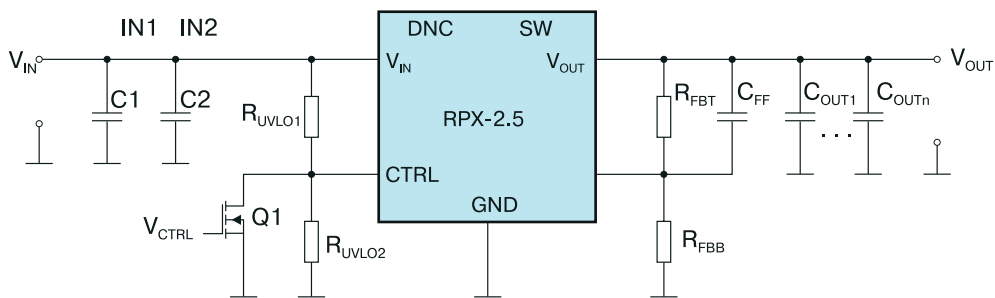
**Рис. 11. Графіки залежності ККД від навантаження при різних значеннях вхідної та вихідної напруги**

У [6] наведені рекомендовані значення опорів резисторів  $R_{UVLO}$  (рис. 9) для різних значень спрацьовування системи захисту від зниженої напруги та формули для розрахунку резисторів  $R_{FBT}$  та  $R_{FBB}$ , що встановлюють вихідну напругу модуля.

Модуль можна використовувати для формування від'ємної напруги як показано на рис. 12.



**Рис. 12. Схема включення RPX-2.5 для формування від'ємної напруги**



**Рис. 9. Рекомендована схема включення модуля RPX-2.5**



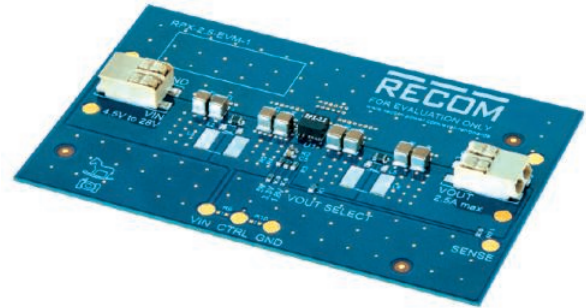
Схема включення RPX-2.5 з фільтром електромагнітних завад (ЕМЗ) наведена на рис. 13.

Більш детально про призначення та розрахунок елементів схеми можна дізнатись у [6]. З параметрами інших модулів серії RPX можна ознайомитись у [3-7].

Для більш детального ознайомлення з параметрами модулів компанія Recom пропонує налагоджувальні модулі без корпусу (рис. 14). Наприклад, для дослідження властивостей RPX-2.5 пропонується модуль RPX-2.5-EVM-1 [8].

Цей модуль дозволяє сформувати на виході одне з трьох значень напруги – 1.8, 3.3 або 5 В, як показано на принциповій схемі модуля (рис. 15).

Порядок роботи з модулем RPX-2.5-EVM-1 детально наведений у [8]. Компанія Recom випускає налагоджувальні модулі для кожного з модулів серії RPX [1].

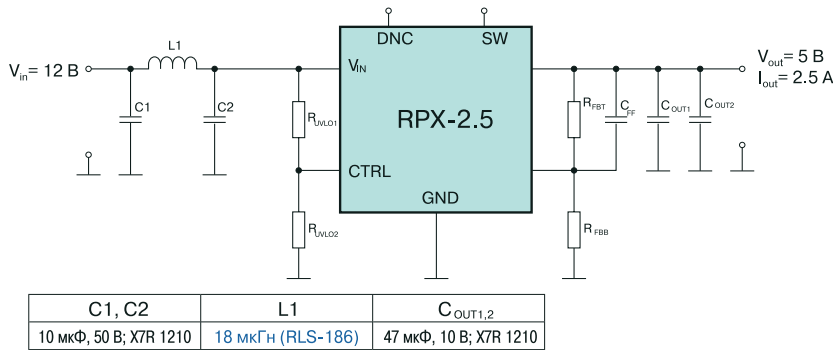


**Рис. 14. Налаштовувальний модуль RPX-2.5-EVM-1**

**ЛІТЕРАТУРА**

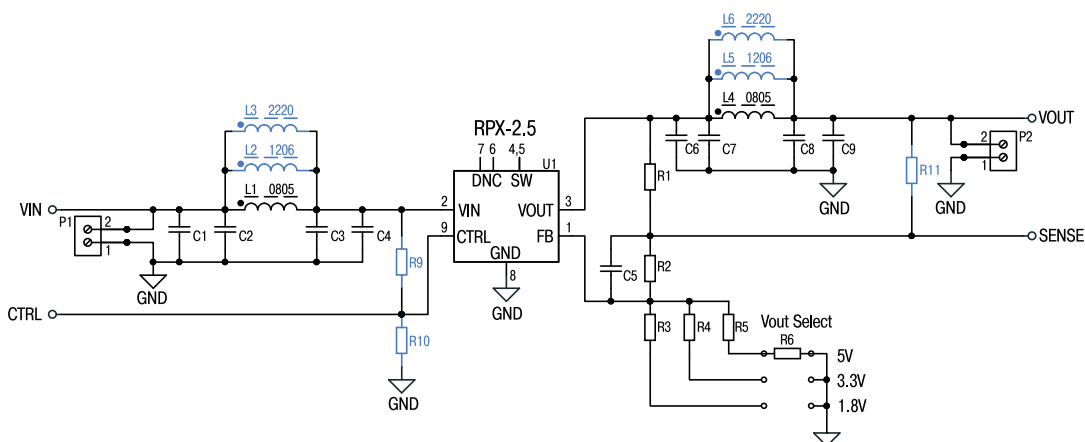
1. <https://recom-power.com/ru/powermodules.html>

- 4.&utm\_source=aac&utm\_medium=mail&utm\_campaign=newsletter
- 2. [https://g.recomcdn.com/media/Datasheet/pdf/.flsfm97X/.t949edc23fade0802fd02/Datasheet-334/RPX-1\\_0.pdf](https://g.recomcdn.com/media/Datasheet/pdf/.flsfm97X/.t949edc23fade0802fd02/Datasheet-334/RPX-1_0.pdf)
- 3. [https://g.recomcdn.com/media/Datasheet/pdf/.f1yzm97X/.t7952c5bea4e9401c29a8/Datasheet-335/RPX-1\\_5.pdf](https://g.recomcdn.com/media/Datasheet/pdf/.f1yzm97X/.t7952c5bea4e9401c29a8/Datasheet-335/RPX-1_5.pdf)
- 4. <https://g.recomcdn.com/media/Datasheet/pdf/.frdV01FY/.t99edbe768ef1ec44536b/Datasheet-531/RPX->



При вказаних на схемі номіналах виконується відповідність стандарту EN55032

**Рис. 13. Схема включення RPX-2.5 з фільтром ЕМЗ**



**Рис. 15. Принципова схема налаштувального модуля RPX-2.5-EVM-1**

1\_5Q.pdf

5. [https://g.recomcdn.com/media/Datasheet/pdf/.frdV01FY/.t99edbe768ef1ec44536b/Datasheet-531/RPX-1\\_5Q.pdf](https://g.recomcdn.com/media/Datasheet/pdf/.frdV01FY/.t99edbe768ef1ec44536b/Datasheet-531/RPX-1_5Q.pdf)

6. [https://g.recomcdn.com/media/Datasheet/pdf/.fmjmSoRX/.tbad7fe03ade2d7ad5981/Datasheet-314/RPX-2\\_5.pdf](https://g.recomcdn.com/media/Datasheet/pdf/.fmjmSoRX/.tbad7fe03ade2d7ad5981/Datasheet-314/RPX-2_5.pdf)

7. [https://g.recomcdn.com/media/Datasheet/pdf/.f6i0q97X/.t5e9ce26ad2de08cb6b70/Datasheet-461/RPX-4\\_0.pdf](https://g.recomcdn.com/media/Datasheet/pdf/.f6i0q97X/.t5e9ce26ad2de08cb6b70/Datasheet-461/RPX-4_0.pdf)

8. [https://g.recomcdn.com/media/Datasheet/pdf/.fF-pJlI2W/.t832f9b1934035b481c03/Datasheet-317/RPX-2\\_5-EVM-1.pdf](https://g.recomcdn.com/media/Datasheet/pdf/.fF-pJlI2W/.t832f9b1934035b481c03/Datasheet-317/RPX-2_5-EVM-1.pdf)

## Імпульсні регулятори Ресом серій R78xx – найефективніша заміна лінійних стабілізаторів












- ККД до 96%, не потребують тепловідводів
- постійний вихідний струм від 0.5 до 2 А
- вхідна напруга від 4.5 до 42 В (в залежності від моделі)
- вихідна напруга 1.2...15 В (в залежності від моделі)
- діапазон робочих температур від -40 до 70 °С
- захист від перегріву
- захист від короткого замикання на виході
- виводи для монтажу у отвори, гнучкі та жорсткі
- виводи на торці або з вигином на 90°
- ряд моделей для поверхневого монтажу
- сумісність по виводах з лінійними стабілізаторами у корпусі TO220
- позитивна і негативна вихідна напруга

**VD MAIS**  
 ДИСТРИБ'ЮЦІЯ +  
 КОНТРАКТНЕ  
 ВИРОБНИЦТВО

**VD MAIS – офіційний дистриб'ютор компанії Rescom в Україні**

тел.: (044) 201-0202, [info@vdmiais.ua](mailto:info@vdmiais.ua), [www.vdmiais.ua](http://www.vdmiais.ua)

## VD MAIS

### Друковані плати



- проектування друкованих плат
- технологічна підготовка виробництва
- виготовлення будь-якої кількості плат:
  - ГОСТ 23752-79
  - за стандартом IPC-A-600J
- проектування та виготовлення трафаретів для нанесення паяльної пасти.

Сертифікація на відповідність вимогам стандартів ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, IATF 16949:2016 і ISO 13485:2016.

Ціни оптимальні.

Україна, 03061 Київ, вул. М. Донця, 6  
 Тел.: (0-44) 201-0202, 492-8852, факс: (0-44) 202-1110  
 e-mail: [info@vdmiais.ua](mailto:info@vdmiais.ua), [www.vdmiais.ua](http://www.vdmiais.ua)

## VD MAIS

### Розробка та серійне виробництво електроніки



- розробка електричних схем
- проектування та виготовлення друкованих плат
- комплектація виробів електронними компонентами та конструктивами
- контрактне виробництво (за стандартом IPC-A-600J):
  - автоматизований монтаж SMD-компонентів, автоматизована серктивна пайка компонентів, що монтуються у отвори
  - виготовлення дослідних зразків виробів
  - дрібно- та великосерійне виробництво
  - багаторічний досвід розробки і виробництва
  - гарантія якості.

Сертифікація на відповідність вимогам стандартів ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, IATF 16949:2016 і ISO 13485:2016.

Ціни оптимальні.

Україна, 03061 Київ, вул. М. Донця, 6  
 Тел.: (0-44) 201-0202, 492-8852, факс: (0-44) 202-1110  
 e-mail: [info@vdmiais.ua](mailto:info@vdmiais.ua), [www.vdmiais.ua](http://www.vdmiais.ua)

## ЕЛЕКТРОННІ ЗАПОБІЖНИКИ ЗВОРОТНОГО СТРУМУ

У статті наведено коротку інформацію про ІМС електронних запобіжників, що випускаються компанією Vishay. Ці пристрої виконують кілька функцій – захист від короткого замикання, обмеження пускового струму, захист від перенапруги та зниженої напруги, захист від перегріву та зворотних струмів. Малі габарити, широкий температурний діапазон дозволяють використовувати ці запобіжники в автомобільній промисловості.

V. Макаренко

### ELECTRONIC REVERSE CURRENT FUSES

*Abstract – The article provides brief information about the IC of electronic fuses manufactured by Vishay. These devices perform several functions - short-circuit protection, inrush current limitation, overvoltage and undervoltage protection, overheating protection and reverse current protection. Small dimensions, wide temperature range allow these fuses to be used in the automotive industry.*

V. Makarenko

Захист джерел живлення від перевантаження струмом необхідний для запобігання їх виходу з ладу і, як наслідок, відмови систем, які вони живлять. Автомобільна, промислова та авіаційна електроніка повинна виживати та працювати в умовах стрибків напруги, характерних для їх режимів роботи. Традиційний захист від перенапруги (OVP – Over Voltage Protection) та перевантаження по струму (OCP – Over Current Protection) заснований на конденсаторах, обмежувачах перехідної напруги (TVS), запобіжниках, діодах та котушках індуктивності, але ці рішення або мають великі габарити і низьку точність, або виходять із ладу (перегорають) при тривалій несправності. Крім того, час спрацьовування таких пристроїв часто виявляється неприпустимо великим.

Електронні запобіжники (eFuse) забезпечують розширені функції захисту та більш високий рівень контролю параметрів у електричних колах порівняно із звичайними одноразовими запобіжниками. На додаток до функції захисту від короткого замикання запобіжники eFuse забезпечують придушення перенапруги в електричних колах, мають регульований захист від перевантаження струмом і дозволяють контролювати швидкість наростання струму для мінімізації пускових струмів, а також містять систему захисту від перегріву – термовимикач (OTP – Over Temperature Protection). Деякі моделі додатково включають функцію блокування зворотного струму. Швидке відключення несправної підсистеми від загальної шини живлення дозволяє решті підсистем продовжувати роботу без перезавантаження або переходу в автономний режим.

Одним з головних компонентів, що забезпечують високу продуктивність eFuse, є вбудований контро-

лер і силовий польовий МОП-транзистор з опором відкритого каналу, що не перевищує кілька десятків мОм. Під час нормальної роботи дуже низький опір транзистора дозволяє сформувати вихідну напругу трохи менше ніж вхідна напруга запобіжника.

На відміну від пасивних запобіжників, eFuse постійно контролює струм, що протікає, і коли він досягає встановленого порогового рівня, спрацьовує захист від короткого замикання. При спрацьовуванні функціонуюча схема захисту знижує струм практично до нуля, а щодо швидкості – в порівнянні з часом спрацьовування 1 с і більше для звичайних запобіжників, eFuse розриває ланцюг за 150...300 нс. Такий малий час реакції знижує навантаження компонентів схеми та підвищує стійкість до незворотних збоїв.

Порівняно з одноразовими запобіжниками eFuses скорочують витрати на технічне обслуговування та час ремонту. Ці елементи дозволяють встановити два способи реагування після закінчення збою – автоматичне повернення в нормальний режим роботи або блокування, яке знімається при подачі зовнішнього сигналу. До того ж, захист від перенапруги та тепловий захист, що забезпечується eFuse, не може бути забезпечений за допомогою звичайних запобіжників.

Електронні запобіжники з обмежувачами перенапруги з низьким струмом спокою забезпечують надійний захист автомобільних джерел живлення відповідно до стандартів ISO 7637-2 та ISO 16750-2.

В автомобільних джерелах живлення часто мають місце перехідні процеси, що створюють значні кидки напруги, які можуть легко вивести з ладу бортову електроніку. Виробники автомобілів незалежно один від одного розробляли стандарти та



процедури випробувань, щоб запобігти виходу з ладу чутливої електроніки при таких подіях. Однак останнім часом виробники автомобілів об'єднали зусилля з міжнародною організацією зі стандартизації (ISO) для розробки стандартів ISO 7637-2 та ISO 16750-2, що описують можливі перехідні процеси та регламентують методи тестування для їхньої імітації [1].

Хоча стандарт ISO 7637 в основному є специфікацією електромагнітної сумісності, до 2011 року він також включав перехідні процеси, пов'язані з якістю електроживлення. У 2011 році ті розділи, які стосуються якості електропостачання, а не електромагнітної сумісності, були перенесені до стандарту ISO 16750 "Дорожні транспортні засоби – умови довілля та випробування електричного та електронного обладнання" у другій із п'яти частин "Частина 2: Електричні навантаження".

У той час як більшість виробників, як і раніше, дотримуються своїх власних специфікацій та вимог, а не приймають ISO 7637-2 та ISO 16750-2 повністю, спостерігається тенденція до більш точної відповідності стандартам ISO, при цьому специфікації виробників відповідають міжнародним стандартам із незначними змінами.

Стандарти ISO 7637-2 та ISO 16750-2 містять специфікації як для систем 12, так і для систем 24 В. Розглянемо особливості роботи схем захисту в різних режимах.

Одноканальні електронні запобіжники SIPQ32433A та SIPQ32433B від компанії Vishay об'єднують декілька функцій керування та захисту. Вони захищають як джерела живлення, так і вихідні схеми, підключені до виходу, від перевантажень, коротких замикань, стрибків напруги та надмірних пускових струмів [1].

Обмеження вихідного струму можна встановити

за допомогою одного зовнішнього резистора. Порогові рівні захисту вхідної напруги ( $V_{IN}$ ) від перенапруги та блокування від зниження напруги можна встановити за допомогою декількох зовнішніх резисторів. Параметри пускового струму можна встановити за допомогою одного зовнішнього конденсатора плавного пуску.

Після вимкнення через неполадки, які можна виявити, SIPQ32433A зафіксує вимикач живлення в розімкненому стані, а сигнал Power Good (PGD) залишиться на низькому рівні. Запобіжник можна перезапустити, скинувши напругу на вході EN (Enable) або  $V_{IN}$ .

Запобіжник SIPQ32433B автоматично повторить спробу, якщо немає спрацювання систем OTP або OVP. Час затримки повтору в 32 рази перевищує час плавного запуску, встановлений за допомогою конденсатора CSS підключеного до входу SS (рис. 1).

SIPQ32433 сертифіковані для застосування в автомобілях відповідно до специфікації AEC-Q100 зі стрес-тестів, контролю продуктивності для відповідності жорстким умовам експлуатації в кінцевому застосуванні.

Основні параметри SIPQ32433:

- діапазон робочих частот переходу від  $-40$  до  $+125$  °C (відповідає 1 класу приладів)
- класифікація чутливості до електростатичного розряду (ESD) HBM (Human Body) класифікації ESD рівень 2 (від 2000 до 4000 В)
- відповідає CDM (Charged Device Model) ESD, рівень класифікації C4B, метод 2 (від 500 до 1000 В)
- діапазон вхідної напруги від 2.8 до 22 В
- максимальна вхідна напруга 28 В
- типовий внутрішній опір у робочому стані 78 мОм
- діапазон налаштування обмеження струму (OCP) від 0.3 А до 4.5 А

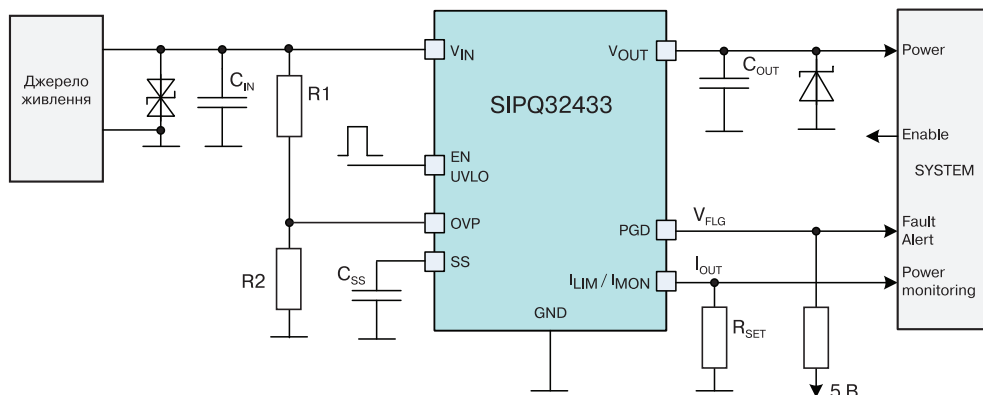
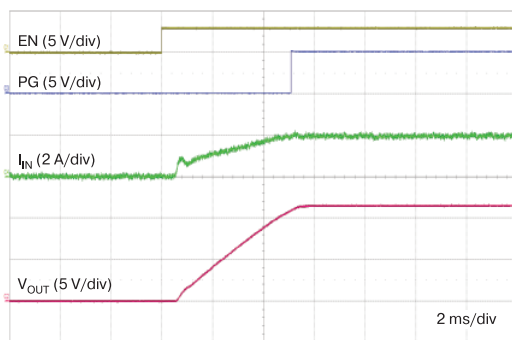


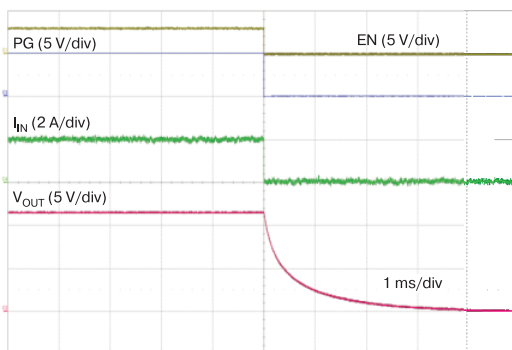
Рис. 1. Схема підключення електронних запобіжників SIPQ32433

- точність спрацювання системи обмеження струму  $\pm 8\%$
- швидка реакція системи захисту від короткого замикання
- запуск ОСР без зовнішнього струму
- програмована швидкість увімкнення
- затримка включення 190 мкс
- регульований рівень OVP і фіксований OVP 24 В для  $V_{IN}$
- регульований рівень порогу відключення під напругою  $U_{VLO}$  (Under voltage lock-out threshold)
- захист від перегріву (OTP)
- відповідність стандарту безпеки IEC 62368-1 2018, сертифіковано 2020/A11, E531343-A6001-СВ-1
- корпус TDFN10 3x3 мм (для автомобільних датків, що відповідають вимогам АЕС-Q100).

На рис. 2 наведені часові діаграми сигналів на входах та виходах SIPQ32433 в режимі включення (рис. 2,а) та виключення (рис. 2,б) при вхідній напрузі  $V_{IN} = 12$  В, опорі навантаження 6 Ом, вихідній ємності  $C_{OUT} = 47 \times 3$  мкФ,  $C_{SS} = 133$  нФ,  $R_{SET} = 2.49$  кОм.



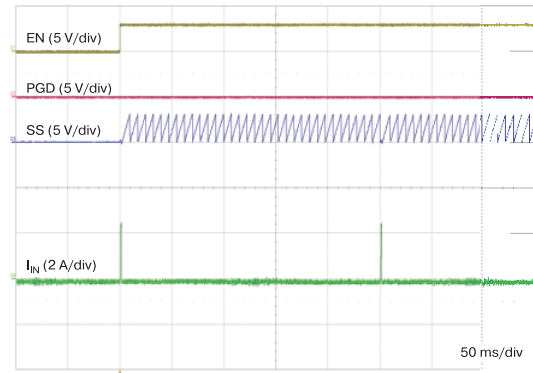
а)



б)

**Рис. 2. Часові діаграми сигналів на входах та виходах SIPQ32433A в режимі включення (а) та виключення (б) при вхідній напрузі  $V_{IN} = 12$  В, опорі навантаження 6 Ом, вихідній ємності  $C_{OUT} = 47 \times 3$  мкФ,  $C_{SS} = 133$  нФ,  $R_{SET} = 2.49$  кОм**

На рис. 3 наведені часові діаграми сигналів на входах та виході SIPQ32433В при включенні і короткому замиканні на виході.



**Рис. 3. Часові діаграми сигналів на входах та виході SIPQ32433В при включенні і короткому замиканні на виході**

Як випливає з рис. 3, електронний запобіжник автоматично перевіряє наявність короткого замикання на виході і періодично (через кожні 32 періоди сигналу на вході SS) намагається включити польовий транзистор. Під час включення (тривалість приблизно 5 мс) стрибок струму складає приблизно 2 А. Як тільки КЗ на виході буде усунене запобіжник SIPQ32433В переходить в робочий режим автоматично.

В [1] можна знайти функціональну схему запобіжника і велику кількість графіків залежності вхідного струму та часових діаграм сигналів на входах та виходах мікросхеми в різних режимах роботи,

Розрахувати опір резисторів дільника R1, R2 що зумовлює рівень порогу відключення від перевищення вхідної напруги (OVP) можна за формулою

$$R_1/R_2 = (V_{IN}(OVP) - 1.2 \text{ В})/1.2 \text{ В},$$

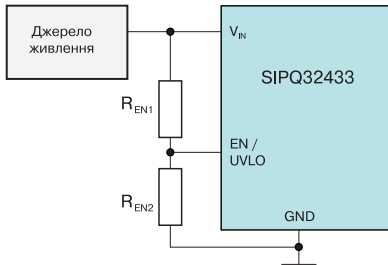
де  $V_{IN}(OVP)$  – напруга спрацювання системи захисту OVP.

Опір резисторів повинен бути достатньо великим, щоб мінімізувати постійний витік від джерела живлення до загального проводу через резисторний дільник. У той же час струм через дільник має бути значно більшим, ніж струм витіку на входи OVP. Загальний опір резисторів дільника напруги не повинен перевищувати 2.5 МОм.

У разі перевищення напруги на вході (яке зазвичай становить 24 В) пристрій вимикає вихід. Поки фіксується перевищення напруги на вході, пристрій залишається вимкненим. Коли вхідна напруга повернеться до нормального робочого діапазону, при-

стрій спробує нормально запуститися.

Для встановлення рівня спрацьовування системи захисту від зниження вхідної напруги нижче заданого рівня використовується дільник  $R_{EN1}$ ,  $R_{EN2}$  (рис. 4).



**Рис. 4. Підключення дільника для встановлення рівня захисту від зниження напруги**

Розрахувати опори резисторів дільника можна за формулою

$$R_{EN1} = R_{EN2}(V_{IN} - V_{UVPR})/V_{UVPR},$$

де  $V_{UVPR}$  – напруга спрацьовування системи захисту.

Пусковий струм виникає, коли перемикач вмикається на велику вихідну ємність. Якщо пусковий струм не контролюється, це може пошкодити вхідні роз'єми та/або призвести до падіння системного живлення, що призведе до неочікуваних перезапущів в іншому місці в системі.

SIPQ32433A і SIPQ32433B забезпечують інтегрований контроль швидкості наростання вихідного сигналу для керування пусковим струмом під час запуску. Це досягається шляхом примусу  $V_{OUT}$  слідувати напрузі на конденсаторі плавного пуску. Джерело постійного струму 5 мкА заряджає конденсатор  $C_{SS}$ , генеруючи лінійну напругу наростання на цьому конденсаторі.

Пусковий струм пропорційний ємності навантаження та швидкості наростання вихідної напруги. Для розрахунку можна використати наступне рівняння

$$S_R(\text{В/МС}) = I_{INRUSH}(\text{МА})/C_{OUT}(\text{МКФ}),$$

$$T_{SS} = V_{IN}C_{OUT}/I_{INRUSH},$$

де  $S_R$  – швидкість наростання вихідної напруги,  $I_{INRUSH}$  – пусковий струм,  $C_{OUT}$  – ємність навантаження.

Швидкість наростання вихідної напруги залежить від ємності  $C_{SS}$ , яку можна розрахувати за формулою

$$C_{SS} = 9I_{SS}/S_R.$$

SIPQ32433A і SIPQ32433B активно відстежують струм, що протікає через запобіжник, і забезпечують швидку реакцію на умови перевищення струму шляхом його активного регулювання до заданої межі. Обмеження струму встановлюється підключенням резистора між контактом  $I_{LIM}$  і загальним проводом. Розрахувати  $R_{SET}$  можна розрахувати за формулою

$$R_{SET} = 10300 \cdot 0.6 \text{ В}/I_{LIM},$$

де  $I_{LIM}$  – струм обмеження.

Блокування зворотного струму відбувається у випадку коли вихідна напруга  $V_{OUT}$  стає більше ніж вхідна  $V_{IN}$  на 20 мВ (типове значення), запобіжник вимикається.

Як тільки  $V_{OUT}$  падає нижче порогу відновлення (20 мВ зазвичай), запобіжник вмикається без плавного пуску. Коли перемикач є вимкнено, струм блокується в обох напрямках.

Більш детальну інформацію про особливості та параметри запобіжників можна знайти в [1].

## ЛІТЕРАТУРА

1. <https://www.vishay.com/docs/62096/sipq32433.pdf>

**VD MAIS**  
Вимірювальні пристрої

- осцилографи ▪ генератори
- логічні аналізатори
- аналізатори спектра
- вимірювачі параметрів відеосигналів
- джерела живлення ▪ частотоміри
- мультиметри ▪ тепловізори
- вібриметри



**Дистрибуція та прямі поставки:**  
Tektronix, Fluke, Keithley? Rohde @ Schwarz  
Hameg, Uni-Trend

Україна, 03061 Київ, вул. М. Донця, 6  
Тел.: (0-44) 201-0202, 492-8852, факс: (0-44) 202-1110  
e-mail: info@vdmmais.ua, www.vdmmais.ua

**VD MAIS**  
Електромеханічні компоненти і компоненти систем автоматизації

- низьковольтна комутаційна апаратура
- програмовані логічні контролери та комп'ютери, програмне забезпечення
- шафи ▪ кейти ▪ роз'єми ▪ корпуси
- вентилятори ▪ інструмент ▪ кабельна продукція ▪ СКС ▪ системи маркування



**Дистрибуція та прямі поставки:**  
Acme-Portable, AMP Netconnect, Belden, Dopla, Eaton, EBM-Papst, HARTING, Hoffman, Kroy, Lapp Group, Molex, Phoenix Contact, Rittal, Schroff, Siemens, TE Connectivity, TKD, Wago

Україна, 03061 Київ, вул. М. Донця, 6  
Тел.: (0-44) 201-0202, 492-8852, факс: (0-44) 202-1110  
e-mail: info@vdmmais.ua, www.vdmmais.ua

# КОНТРОЛЬ СТАНУ ДІАБЕТИКІВ ЗА ДОПОМОГОЮ НОСИМИХ ПРИСТРОЇВ БЕЗПЕРЕРВНОГО МОНІТОРИНГУ ГЛЮКОЗИ

## MANAGE DIABETES WITH CONTINUOUS GLUCOSE MONITORING DEVICES

Стаття підготовлена за інформаційними матеріалами компанії Meiqi.

*V. Романов*

Abstract – The article was prepared based on the informational materials of the Meiqi company.

*V. Romanov*

Носимі пристрої безперервного моніторингу рівня глюкози в крові мають суттєвий вплив на життя мільйонів діабетиків у всьому світі. Для діабетиків першого типу пальцеві тестові смужки є зараз найпоширенішим способом індивідуального тестування рівня глюкози в крові. Їх застосовують до 7 разів на день у залежності від стану пацієнта-діабетика. Це необхідно для того, щоб отримати значення рівня цукру в крові в реальному часі. На жаль, цей показник не визначає динаміки зміни рівня цукру в крові діабетика протягом певного часу (в інтервалах між вимірами). Таким чином, пацієнт не усвідомлює, зростає цукор чи знижується в інтервалі між вимірами, тобто не має дієвого розуміння, необхідного для належного вирішення проблеми. Але тепер у діабетиків з'явилася можливість позбавитися від незручностей, пов'язаних з багаторазовими пальцевими тестами за допомогою одноразових тест-смужок. Мінімально інвазивний безперервний моніторинг рівня цукру в крові є зручнішим, ефективнішим і доступнішим способом активного контролю рівня цукру в крові. Провідний китайський виробник пристроїв для безперервного моніторингу рівня глюкози в крові компанія Meiqi розробила компактний, не-

дорогий, довговічний пристрій Meiqi Gen 3 з низьким енергоспоживанням (рис. 1).

За останніми даними в світі налічується до 463 мільйонів дорослих діабетиків. Витрати на їх лікування складають до 760 міль'ярдів доларів на рік. Слід мати на увазі, що понад 79% зареєстрованих діабетиків проживає у бідних країнах.

Зараз у медичній практиці починають відходити від вимірів рівня цукру за допомогою тестових смужок. Відбувається перехід на безперервний моніторинг цього показника. Компанія Meiqi є однією з провідних китайських компаній у цій галузі. У Китаї налічується понад 125 мільйонів хворих на цукровий діабет. Щоб задовольнити цей щорічно зростаючий ринок, Meiqi розробила вже наступне покоління носимого пристрою Meiqi Gen 3 (рис. 1). Пристрій містить мініатюрний сенсор, введений під шкіру пацієнта-діабетика для безперервного вимірювання рівня цукру в крові протягом дня, який надсилає результати вимірів на смартфон або розумний годинник для подальшої передачі їх у хмару. Ця інформація в реальному часі допомагає діабетикам швидко регулювати свою фізичну активність, споживання їжі або рівень інсуліну, а також допомагає запобігти виник-

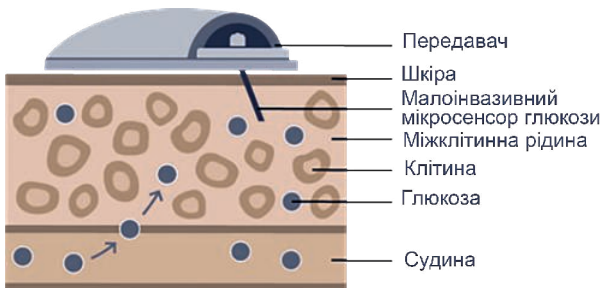


**Рис. 1. Безперервний моніторинг рівня глюкози у крові**



ненню важкої гіперглікемії або епізодів низького рівня цукру в крові, що може призвести до швидких фатальних наслідків. Економічні переваги пристрою також цілком реальні. Крім економії на голках і тест-смужках, яка є значною протягом життя пацієнта, безперервні дані, отримані від такого монітору, допомагають пацієнтам успішно контролювати небажані симптоми та уникнути додаткових витрат на медичні процедури або відвідування лікаря. Таким чином, монітор дає пацієнтам можливість керувати власним здоров'ям і у разі необхідності змінювати спосіб харчування або час прийому ліків, одночасно забезпечуючи кращу якість життя.

Пристрій містить мікросенсор, рис. 2, який зазвичай прикріплюється до руки, щоб постійно контролювати рівень глюкози в рідині. Це тонкий шар рідини, яка оточує клітини тканини безпосередньо під шкірою. Монітор визначає загальні тенденції та закономірності рівня глюкози цілодобово і передає ці дані через хмару до відповідних медичних центрів.



**Рис. 2. Принцип дії мікросенсору у складі монітору рівня цукру в крові**

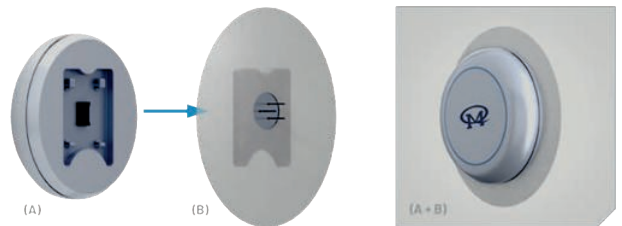
Оскільки медицина переходить від реактивної до більш прогностичної, пошук відповідного досвіду обробки сигналів для впровадження цієї технології є важливим. Перехід до медицини 4 П (рис. 3), тобто прогнозованої та персоналізованої, стає неможливим без застосування безперервного моніторингу. Маючи точні клінічні дані щодо рівня глюкози, пацієнти мають змогу вводити відповідну дозу інсуліну, що допомагає запобігти подальшим діабетичним ускладненням, таким як пошкодження кровоносних судин, захворювання серця, інсульт, захворювання нирок і діабетична кома. Крім того, дані моніторингу поступають в хмару, щоб надати детальну інформацію про рівень глюкози за дні, тижні та місяці, яку медичні працівники використовують для прийняття оптимальних рішень щодо ефективного лікування діабету. Пальцевий тест не може забезпечити такий рівень точності та обсяг даних.

Новий мікросенсор пристрою Meiqi Gen 3 наведе-



**Рис. 3. Приклад персоналізації в медицині 4 П**

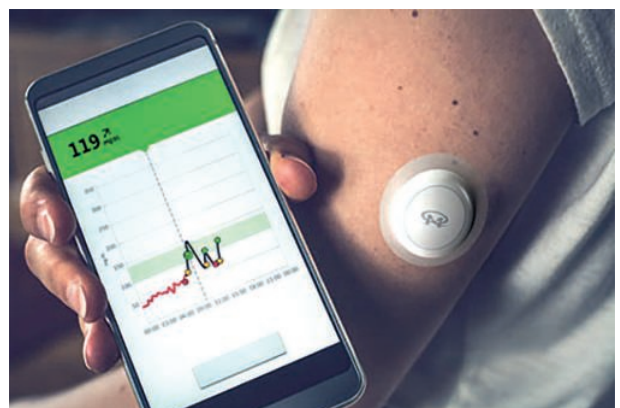
дено на рис. 4. Повний склад монітору показано на рис. 5 і 6.



**Рис. 4. Склад мікросенсору глюкози Meiqi Gen 3: передавач з батареєю (A), змінний мікросенсор (B)**



**Рис. 5. Клінічний монітор Meiqi Gen 3**



**Рис. 6. Індивідуальний монітор пацієнта Meiqi Gen 3**

Мікросенсор і передавач плюс реєстратор, які наведені на рис. 4, призначені для лікарень для скасування та зберігання даних про рівень глюкози пацієнта під час перебування у лікарні.

Індивідуальний монітор Meiqi Gen 3 наведено на рис 6. Він містить мікросенсор з передавачем. Щоб передавати дані у віддалений медичний центр пацієнти використовують додаток для смартфонів для сканування своїх даних про рівень глюкози вдома.

## ВИСНОВКИ

Розвиток мікроелектроніки в світі дозволив ус-

пішно подолати перехід від тест-смужок для виміру рівня глюкози в крові до малоінвазивних мікросенсорів, які забезпечують безперервний моніторинг даного параметру. Це дає можливість пацієнтам-діабетикам ефективно керувати власним здоров'ям і у разі необхідності змінювати спосіб харчування, фізичну активність або час прийому ліків, забезпечуючи в цілому кращу якість життя.

## ЯК ПІКЛУВАТИСЯ ПРО ЛІТНІХ БЛИЗЬКИХ

### HOW DO YOU CARE FOR AGING LOVED

Стаття підготовлена за інформаційними матеріалами компанії CarePredict.

В. Романов

Abstract - The article was prepared based on the informational materials of the CarePredict company.

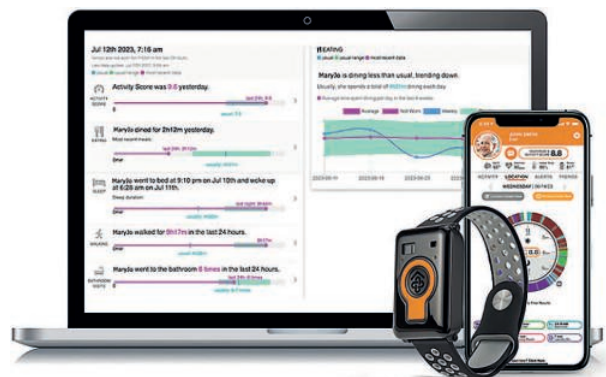
V. Romanov

На сьогодні для багатьох сімей немає можливості взяти батьків похилого віку у свій власний дім, щоб пильніше стежити за ними, оскільки більшості людей не вистачає фінансових ресурсів, медичних знань або часу, щоб присвятити своїм близьким повний або навіть частковий догляд. Проте багато хто вважає, що не добре поміщати близьку людину у заклад для догляду за пацієнтами похилого віку чи будинок престарілих, коли вона ще майже здатна жити самостійно. Носимі цифрові засоби охорони здоров'я, такі як пристрої моніторингу стану здоров'я компанії CarePredict Tempo™, можуть стати рішенням для догляду за близькими літніми людьми.

- населення Землі старше 60 років у 2030 досягне 17 %
- кількість людей у США, яким щодня виповнюється 65 років, становить 10 тисяч осіб
- компанія CarePredict, США, штат Флорида, розробляє системи моніторингу стану здоров'я, які призначені для покращення якості життя людей похилого віку
- носимі монітори цієї компанії збирають дані про стан здоров'я літньої людини в режимі реального часу, що дає змогу членам сім'ї чи опікунам отримувати оперативну інформацію про стан здоров'я своїх підопічних (Виделить цветом)

Носимий пристрій для моніторингу стану здоров'я Tempo компанії CarePredict може спостерігати за пацієнтом незалежно від його місцезнаходження:

спальня, кухня чи ванна кімната. Завдяки обробці даних штучним інтелектом, пристрій Tempo (рис. 1) допомагає сім'ям або опікунам літніх пацієнтів виявляти незначні зміни у їх поведінці, такі як менше споживання їжі, поганий сон або малорухливий спосіб життя. Таким чином, платформа Tempo, яка доступна на настільних комп'ютерах і мобільних пристроях, відображає поведінкові тенденції, які можуть допомогти виявити проблеми зі здоров'ям, перш ніж вони стануть серйознішими.

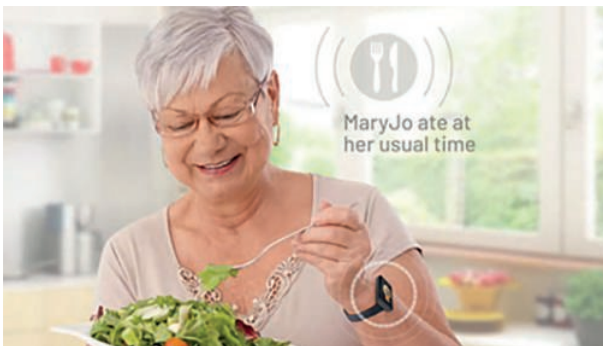


**Рис. 1. Платформа Tempo, яка відображає поведінкові тенденції літньої людини**

Цифрова платформа охорони здоров'я компанії CarePredict використовує носимі сенсори, які відстежують поведінку та відхилення фізіологічних показників літнього пацієнта. Система, яка використо-

ується в закладах для проживання людей похилого віку та приватних будинках, спирається на сенсори, алгоритми глибокого навчання та прогнозу аналітику, щоб надати опікунам або лікарям практичну інформацію. Ці дані можуть допомогти їм заздалегідь передбачити серйозні захворювання, такі як інфекційні хвороби, депресію або ризик падіння. Пристрій Tempo Series 3 для домашнього використання отримав нагороди CES Innovation Award у категорії цифрових носимих пристроїв протягом останніх трьох років.

Носимий пристрій Tempo додатково може розпізнавати жести для дистанційної ідентифікації різних дій літнього пацієнта, наприклад, коли він підносить виделку до рота (рис. 2). Більше того, вивчаючи щоденний ритм дій такого пацієнта, пристрій може виявляти та повідомляти лікаря про зміни в його поведінці для забезпечення своєчасного медичного втручання. Пацієнт, крім того, має можливість натиснути кнопку на пристрої, щоб зв'язатися з лікарем або членом сім'ї.



**Рис. 2. Приклад розпізнавання жестів**

Основні параметри та особливості монітору стану здоров'я CarePredict Tempo Series 3

Носимий монітор стану здоров'я CarePredict Tempo Series 3 відстежує щоденні дії людини похилого віку за допомогою сенсорів, розміщених у будинку. Якщо щось у розпорядку літньої людини змінюється, близькі отримують практично у реальному часі відповідне повідомлення. Це дає можливість визначити ризики для здоров'я включно падіння чи серцевий напад. Так, наприклад якщо людина похилого віку проводить більше часу в ліжку, вона зазвичай страждає від депресії, якщо уникає кухні, вона може потребувати допомоги в приготуванні їжі або нагадуванні часу для її прийому. Носимий пристрій Tempo Series 3 компанії CarePredict включає традиційні функції, які часто зустрічаються в сучасних медичних системах оповіщення, такі, наприклад, як ви-

явлення падіння. Для цього у будинку розміщують відповідні сенсори, так звані маяки, для того, щоб відстежувати переміщення літньої людини у приміщенні. Ці сенсори, крім того, відстежують поведінку та активність людини похилого віку. Tempo Series 3 сумісний з мережею Wi-Fi і його можна використовувати з пристроями на основі ОС типу iOS або Android. Пристрій також відстежує частоту серцевих скорочень за допомогою пульсоксиметра. Крім того, Tempo Series 3 визначає звички літньої людини, а саме коли вона, наприклад, їсть, спить, готує їжу або приймає ванну. Також можна дистанційно спостерігати за допомогою ультрафіолетового сенсора скільки часу літня людина проводить, наприклад, на сонці. Це допомагає відстежувати різні типи поведінки літньої людини та визначити потенційні медичні проблеми, такі як депресія чи недоїдання. Таким чином, цей монітор стану здоров'я, виконаний у вигляді медичного браслету, який має автономне живлення, забезпечує двосторонній зв'язок, оцінює активність, має сумісність з Wi-Fi, виявляє падіння, забезпечує сумісність з приладами на базі ОС iOS і Android, вимірює частоту серцевих скорочень. Вбудована у монітор система штучного інтелекту робить прогнози щодо потенційних ризиків для здоров'я на основі відповідного алгоритму. На відміну від аналогів Tempo Series 3 допомагає близьким літньої людини виявляти потенційні медичні проблеми, а не просто попереджає про екстремальні ситуації, такі як падіння чи серцевий напад. Крім того, пристрій забезпечує двосторонній зв'язок, що дає можливість літнім людям постійно залишатися під наглядом близьких чи опікунів.

Слід додати, що, програма CarePredict TouchPoint пропонує членам сім'ї дані в режимі реального часу та статистику одним натисканням кнопки (рис. 3). Це дає близьким літньої людини детальне уявлення про її поточний стан і про те, чи відбулися якісь три-



**Рис. 2. Приклад розпізнавання жестів**

вожні зміни в її поведінці, як, наприклад, пропуск приймання їжі або менша фізична активність, ніж вона була раніше. Створення такої складної, але простої у використанні системи моніторингу стану здоров'я потребувало використання цілого ряду базових технологій і засобів: точних сенсорів, енергоефективних електронних компонентів, відповідного прикладного забезпечення і т.п. Носимі пристрої сімейства Tempo відрізняються компактністю, працюють від батареї, мають тривалий час безперервної роботи.

### ВИСНОВКИ

Завдяки розвитку медичної галузі все більше лю-

дей можуть жити повноцінним життям у свої золоті роки. У той же час за даними Всесвітньої організації охорони здоров'я та Організації об'єднаних націй старіння населення в світі відбувається швидше, ніж підрастає нове покоління для підтримки літніх людей. Як задовольнити потреби старіючого населення під час такої демографічної зміни, коли умовних опікунів стає значно менше, ніж їхніх підопічних? Відповідь на це дають нові цифрові технології, завдяки яким з'являються інноваційні пристрої, такі як портативні монітори Tempo. На нашу думку, подібні монітори стану здоров'я в недалекому майбутньому відіграватимуть важливу роль у обслуговуванні людей похилого віку.

## НАНОСЕНСОРНА ТЕХНОЛОГІЯ КОМПАНІЇ PINPOINT SCIENCE ДЛЯ МАСОВОЇ ШВИДКОЇ ДІАГНОСТИКИ ІНФЕКЦІЙНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ

### PINPOINT SCIENCE: COMBINATION OF INFECTIOUS DISEASES THROUGH RAPID NANOSENSOR TECHNOLOGY DIAGNOSTICS

Стаття підготовлена за матеріалами зарубіжних публікацій.

*V. Романов*

Abstract - The article was prepared based on materials from foreign publications.

*V. Romanov*

Нещодавні події, пов'язані із загрозою глобальної пандемії COVID-19, визначили нагальну потребу в ефективних методах масового скринінгу для стримування поширення мікробних патогенів. Сучасна медична практика діагностики ознак інфекційних захворювань не може у реальному часі виявити безсимптомні чи передсимптомні інфекції, а також не завжди може відрізнити смертельний коронавірус від менш небезпечних для життя респіраторних захворювань. Крім того, багато діагностичних методів тестування можуть бути неточними або надто повільними для отримання швидкого діагнозу.

Інноваційна біотехнологічна компанія Pinpoint Science запропонувала нове рішення цієї проблеми, що використовує портативну наносенсорну технологію діагностики для точного визначення патогенів менш ніж за одну хвилину. Застосування нової технології компанії Pinpoint Science з оригінальними наносенсорами спрямоване на діагностику інфекційних захворювань людини, на спостереження за патогенами в сільському господарстві, тваринництві, ветеринарії та дикій природі, а також на виявлення

мікробного забруднення в харчовій промисловості. Технологія забезпечує виявлення патогенів менш ніж за одну хвилину, використовуючи недорогий, простий портативний зчитувач і одноразові картриджі з наносенсорами, без необхідності лабораторних досліджень, ампліфікації чи підготовки зразків. На сьогодні задача компанії полягає у просуванні на ринок точної діагностичної платформи на базі наносенсорної технології, яка дозволить рятувати життя, а також у розробці ефективного методу масового скринінгу на наявність різноманітних мікробних патогенів у живих організмах.

Мікробні збудники, включаючи віруси та бактерії, є причиною мільйонів смертей на рік. Протягом останнього століття боротьба з інфекційними захворюваннями досягла численних успіхів, включаючи викорінення натуральної віспи та майже ліквідацію кору, епідемічного паротиту та правця. Але вірусні епідемії та пандемії все ще трапляються, впливаючи на життя та економіку населення земної кулі (рис. 1).

Сучасні методи виявлення інфекційних захворювань займають від 15 хвилин до 4 годин — це надто





**Рис. 1. Життя в умовах пандемії**

повільно, щоб контролювати поширення або стримувати пандемію, яка швидко розвивається. Крім того, сучасні тести часто є не дуже точними і дорогими та вимагають лабораторного часу, навченого персоналу і складної підготовки зразків (рис. 2, 3).



**Рис. 2. Технологія сучасної діагностики, яка триває від 15 хвилин до 4 годин**



**Рис. 3. Приклад сучасного тестування, яке є неефективним для масового скринінгу**

Масові перевірки симптомів сьогодні, як правило, спрямовані на спостереженні температури та кашлю, та не дають можливості виявити випадки без симптомів, або розрізнити види респіраторних захворювань. Для скринінгової перевірки, наприклад, населення США потрібні інші типи тестування. Потрібні тести, які швидко і точно виявляють антигени.

Стартап компанії Pinpoint Science (США) у галузі охорони здоров'я запропонував ефективне рішення

для масового тестування та діагностики в пунктах догляду, який включає простий у використанні портативний зчитувач із вбудованим картриджем з наносенсором, рис. 4. Пристрій може швидко виявляти біомаркери, такі як антитіла та антигени, і швидко ідентифікувати специфічні мікробні патогени, відповідальні за захворювання. Він здатний отримувати точні результати в польових умовах, не потребуючи для цього лабораторії, медичного персоналу та підготовки зразків.

Масові перевірки симптомів сьогодні, як правило, спрямовані на спостереженні температури та кашлю, та не дають можливості виявити випадки без симптомів, або розрізнити види респіраторних захворювань. Для скринінгової перевірки, наприклад, населення США потрібні інші типи тестування. Потрібні тести, які швидко і точно виявляють антигени.

Стартап компанії Pinpoint Science (США) у галузі охорони здоров'я запропонував ефективне рішення для масового тестування та діагностики в пунктах догляду, який включає простий у використанні портативний зчитувач із вбудованим картриджем з наносенсором (рис. 4). Пристрій може швидко виявляти біомаркери, такі як антитіла та антигени, і швидко ідентифікувати специфічні мікробні патогени, відповідальні за захворювання. Він здатний отримувати точні результати в польових умовах, не потребуючи для цього лабораторії, медичного персоналу та підготовки зразків.



**Рис. 4. Картридж з вбудованим наносенсором**

Технологія, що лежить в основі нової наносенсорної діагностики, розроблена головним науковим співробітником компанії Pinpoint Science Надером Пурмандом, професором біомолекулярної інженерії Каліфорнійського університету в Санта-Крузі.

«Ми почали працювати над наносенсорною технологією за кілька років до появи COVID-19, і націлювалися на грип у людей і вірус катаральної хвороби у тварин за допомогою тесту на основі наносен-

сорів, та діагностики з використанням антитіл або синтетичних молекул для виявлення та вимірювання специфічних білків для ідентифікації інфекції. Ми віримо, що наша платформа збереже свою цінність для людства навіть після пандемії COVID-19», — відмітила Ліза Даймонд, генеральний директор компанії Pinpoint Science.

Зараз компанія Pinpoint Science співпрацює з компанією ADI у створенні серійних зчитувачів на базі контролеру ADuCM355. Нова наносенсорна технологія працює у покроковому режимі: на першому кроці картридж з наносенсором вставляється у зчитувач (рис. 5), на другому кроці у картридж з наносенсором вставляється тестовий тампон з біоматеріалом (зразком крові, слини чи носових виділень), як показано на рис. 6, на третьому кроці протягом хвилини з'являється індикація результатів тестування, рис. 7. Якщо лівий індикатор стане синім, тест позитивний, якщо правий індикатор стане білим, тест негативний. Результати тестування можуть також відобразитися на планшеті.



**Рис. 5. Крок 1: картридж з наносенсором вставляється у зчитувач**

Наносенсори картриджа призначені для визначення специфічних маркерів інфекційних захворювань, якими є вірусні і бактеріальні білки та антитіла



**Рис. 6. Крок 2: у картридж з наносенсором вставляється тестовий тампон з біоматеріалом пацієнта**



**Рис. 7. Крок 3: індикація результатів тестування через хвилину після вставлення у картридж тампону з біоматеріалом пацієнта**

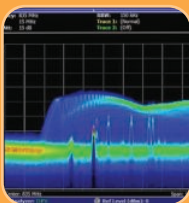
пацієнта. Результати тестування відображаються на зчитувачі чи планшеті менш ніж за одну хвилину.

## ВИСНОВКИ

Нова біосенсорна технологія компанії Pinpoint Science робить можливим швидке тестування населення з високою точністю і спрямована для таких застосувань, як діагностика на вірусну чи бактеріальну інфекцію у польових умовах, вдома чи у лікарні, масовий скринінг на пандемію, оцінку стану здоров'я тварин та визначення безпеки харчових продуктів.

## VD MAIS

### Вимірювальні пристрої



- осцилографи ▪ генератори ▪
- логічні аналізатори
- аналізатори спектра
- вимірювачі параметрів відеосигналів
- джерела живлення ▪ частотоміри
- мультиметри ▪ тепловізори
- віброметри

Дистрибуція та прямі поставки:  
Tektronix, Fluke, Keithley? Rohde @ Schwarz  
Nameg, Uni-Trend

Україна, 03061 Київ, вул. М. Донця, 6  
Тел.: (0-44) 201-0202, 492-8852, факс: (0-44) 202-1110  
e-mail: info@vdmmais.ua, www.vdmmais.ua

## VD MAIS

### Контрактне виробництво електроніки

(по стандарту IPC-A-610)



- автоматизований монтаж ЕП/Ю-компонентів (до 2.5 млн на добу)
- автоматизоване селективне паяння компонентів, що монтуються в отвори
- монтаж прототипів друкованих плат
- 100% автоматичний оптичний контроль якості монтажу
- виготовлення дослідних зразків виробів
- дрібно- та великосерійне виробництво
- 10-річний досвід контрактного виробництва
- гарантія якості

Сертифікація на відповідність вимогам стандартів ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, IATF 16949:2016 і ISO 13485:2016.

Ціни оптимальні.

Україна, 03061 Київ, вул. М. Донця, 6  
Тел.: (0-44) 201-0202, 492-8852, факс: (0-44) 202-1110  
e-mail: info@vdmmais.ua, www.vdmmais.ua

## ПЕРЕХІД ВІД НОСИМИХ КОНТРОЛЬНИХ ПРИЛАДІВ ДО МЕДИЧНИХ ПРИСТРОЇВ \*

### TRANSITION FROM WEARABLE TO MEDICAL DEVICES

У статті розглянута платформа-прототип багатофункціонального носимого медичного пристрою, який за допомогою прикладного програмного забезпечення може бути використаний у спортивній медицині, у моніторингу стану здоров'я людей похилого віку, для визначення стану військових і т.п.

Дж.-Г. Бродерс

**Abstract** – The article deals with a prototype platform of a multifunctional wearable medical device, which, with the help of appropriate application software, can be used in sports medicine, for monitoring the health of the elderly, for determining the condition of military personnel, etc.

J.-H. Broeders

Населення світу старіє, і все більше людей потребують медичної допомоги, що значно впливає на загальні витрати на медичне обслуговування. Через цю ситуацію влада та медичні страхові компанії приділяють більше уваги профілактиці, обізнаності про стан здоров'я та спосіб життя пацієнтів. Це викликало стрімкий розвиток засобів моніторингу життєво важливих фізіологічних параметрів людини. Саме тому за останні кілька років доходи компаній, що займаються виробництвом розумних медичних годинників та інших подібних засобів для моніторингу цих параметрів, суттєво зросли.

Купівля медичних годинників і вимірювання фізіологічних параметрів людини ще не означає покращання якості життя. Здоровий спосіб життя полягає у стеженні за певними фізіологічними параметрами протягом тривалого періоду часу, що дає змогу використовувати їх для покращення здоров'я. Цей моніторинг може допомогти людині краще зрозуміти, як працює її власний організм та як можна зменшити витрати на підтримку здоров'я в довгостроковій перспективі.

Стаття написана на основі нової носимої платформи компанії Analog Devices, яка наведена на рис. 1. Компанія Analog Devices не є виробником кінцевих продуктів для медичного застосування. Однак цю платформу створено як прототип, щоб допомогти розробникам нових медичних засобів пришвидшити процес їх доведення до ринку, зробити їх розумнішими і точнішими та придатними для професійного застосування у медицині.



**Рис. 1. Розумний медичний годинник для моніторингу фізіологічних параметрів людини**

Широкий спектр життєво важливих параметрів людини можна виміряти за допомогою носимого пристрою. Залежно від загальної мети, певні параметри є більш важливими для вимірювання, ніж інші. Розташування носимого пристрою на тілі людини має суттєве значення для того, який параметр можна виміряти, а який ні. Найбільш вживаним місцем для цього є зап'ястя. Люди звикли носити пристрій на зап'ясті, тому на ринку багато медичних пристроїв, таких як розумні годинники та наручні прилади. Крім вимірювання на зап'ясті, носимі пристрої можуть бути розташовані на голові людини. Наприклад, навушники та вкладиші з вбудованими сенсорами для вимірювання таких параметрів, як частота серцевих скорочень, насичення крові киснем або температура тіла. Третє вживане місце для розта-

\* Broeders J.-H. Transition from Wearable to Medical Devices. Technical article. [www.analog.com](http://www.analog.com). Переклад з англійської та коментарії В. Романова.

шування носимих пристроїв є груди. Носимі монітори серцевого ритму першого покоління були розташовані навколо нагрудного ремня, і цей спосіб вимірювання біопотенціалів і на сьогодні залишається найбільш точним та розповсюдженим методом.

Зараз замість ремня віддають перевагу спеціальним електронним накладкам на грудях, оскільки ремінь не дуже зручний у носінні. Деякі виробники вже поставляють на ринок інтелектуальні чи смарт-накладки для моніторингу життєво важливих параметрів людини.

Залежно від місця розташування пристрою обирають технологію зчитування даних. Для визначення частоти серцевих скорочень вимірювання біопотенціалу є однією з найстаріших технологій. Ці сигнали досить потужні, і їх легко отримати за допомогою двох або більше електродів. Для цього підходу застосовують нагрудний ремінь або навушники. Однак виміряти біопотенціали в одній точці, наприклад на зап'ясті, майже неможливо. Для одноточкового вимірювання більш придатна оптична технологія. Світло від світлодіода поступає в тканину людини, а його відбиття в результаті кровотоку в артеріях вимірюється за допомогою фотодатчика. З цього оптичного сигналу можна виділити потрібну інформацію про стан здоров'я користувача. Це на перший погляд проста технологія. Однак є кілька і факторів впливу, які можуть ускладнити отримання валідних даних, наприклад, у процесі руху людини або під впливом зовнішніх природних факторів.

Платформа переносних пристроїв GEN II компанії Analog Devices, рис. 1, містить більшість із наведених технологій. Пристрій призначений для носіння на зап'ясті, хоча його також можна носити на ремені як смарт-накладку. Пристрій працює від акумуляторної батареї та містить необхідні компоненти для вимірювання біопотенціалів, оптичного вимірювання частоти пульсу, вимірювання біоімпедансу, відстеження руху та вимірювання температури тіла.

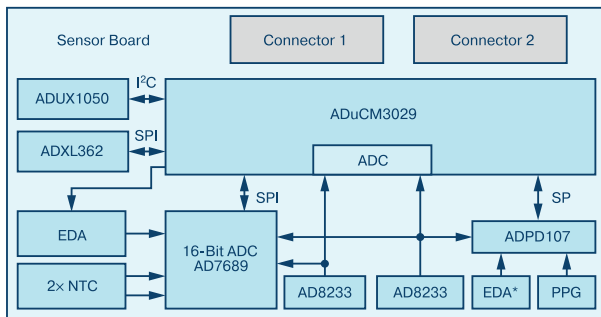
Задача такої носимої системи полягає в тому, щоб мати можливість легко вимірювати кілька життєво важливих фізіологічних параметрів людини. Пристрій може одночасно вимірювати декілька параметрів та зберігати результати а вбудованій пам'яті або надсилати їх через бездротове з'єднання на інтелектуальний пристрій, а саме мобільний телефон або планшет. Оскільки вимірювання усіх параметрів виконується одночасно, це дає можливість визначати кореляцію між кількома вимірними параметрами. Розробники носимих медичних пристроїв постійно шукають нові технології, програми та алго-

ритми для виявлення захворювань на ранніх стадіях, щоб мінімізувати негативні наслідки або пошкодження організму, які можуть виникнути на пізніх стадіях.

Нова носима система компанії Analog Devices є унікальним пристроєм завдяки поєднанню вбудованих медичних сенсорів, потужного процесора та бездротового зв'язку. Оптична система побудована на базі аналогового інтерфейсу ADPD107 та використовується для виміру фотоплетизмограми, ЕКГ і частоти серцевих скорочень. Один електрод на задній частині пристрою знімає електропотенціал з руки, а другий електрод у верхній частині пристрою знімає електропотенціал при його торканні іншою рукою. У такий спосіб забезпечується замикання електричного ланцюга. Електроди на задній стороні пристрою виконують подвійну функцію. Крім вимірювання ЕКГ, їх можна використовувати для вимірювання шкірної електроактивності, яка пов'язана з провідністю шкіри, що може змінюватися через емоції, викликані внутрішніми або зовнішніми подразниками. Годинник GEN II здатний визначити хвилинну зміну провідності. Пристрій забезпечує високий рівень точності при мінімальній потужності споживання. І останнє, але не менш важливе те, що у пристрій інтегровано датчик температури для вимірювання температури тіла та 3-осьовий MEMS-акселерометр для відстеження руху. Рух завжди є важливим показником, оскільки частота серцевих скорочень, або частота дихання залежать від фізичної активності людини. Частота серцевих скорочень 140 ударів на хвилину є нормальною, коли людина бігає, але якщо вона становить 140 ударів на хвилину у стані спокою, то це є причиною для приймання відповідних медичних заходів. Процесор ADuCM3029 із наднизьким енергоспоживанням інтегровано у пристрій для збору даних від сенсорів і запуску алгоритмів обробки даних. На рис. 2 наведено структурну схему системи збору даних від відповідних медичних сенсорів на базі процесора ADuCM3029.

Для частоти серцевих скорочень потрібне вимірювання ЕКГ або фотоплетизмограми. Випадки використання, коли потрібні багаторазові вимірювання, включають керування стресом або постійний моніторинг артеріального тиску. Емоційний стан можна виміряти шляхом спостереження за змінами провідності шкіри. Якщо необхідно поєднати його з моніторингом інших параметрів, таких як частота серцевих скорочень і варіабельність серцевого ритму, важливість вимірювання значно зростає. Температуру



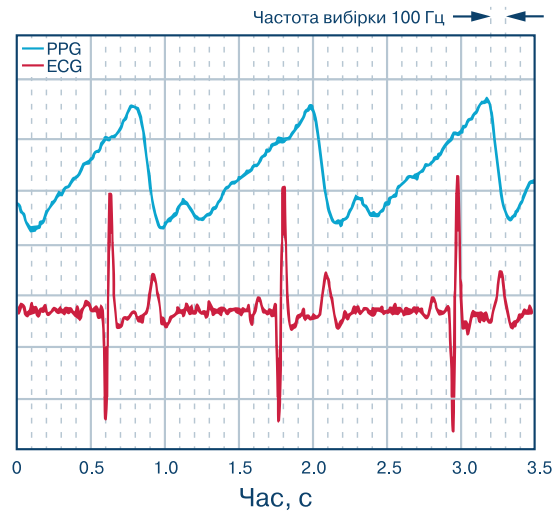


**Рис. 2. Структурна схема системи збору даних від медичних сенсорів на базі процесора ADuCM3029.**

шкіри також можна включити як додаткову вхідну інформацію для визначення стресу. Моніторинг артеріального тиску є ще одним важливим випадком використання розумного медичного годинника. Це важливий параметр, але більшість таких систем засновані на манжетах, які важко інтегрувати в систему безперервного використання. Однак існують певні непрямі методи, які можна використовувати для вимірювання артеріального тиску без застосування манжети. Один з таких методів базується на використанні швидкості наростання пульсової хвилі. На рис. 3 показані діаграми вимірювання ЕКГ у поєднанні з плетизмограмою за допомогою розумного годинника.

**ВИСНОВКИ**

Таким чином, розумний медичний годинник GEN II має багато вбудованих вискоелективних сенсорів. Це робить його дуже привабливим для компаній



**Рис. 3. Кардіограма та плетизмограма, виміряні розумним медичним годинником**

і виробників, які зосереджуються на розробці носимих медичних пристроїв різного призначення, а саме для людей похилого віку, хронічно хворих пацієнтів, спортсменів, військових і т. і. Слід відзначити, що кілька фізіологічних параметрів людини можна вимірювати одночасно, а за допомогою відповідного прикладного програмного забезпечення можна підтримувати різні варіанти застосування. Цей пристрій, як прототип, допоможе розробникам і виробникам пришвидшити виконання особистої розробки, перевірити та протестувати свої алгоритми і програми для конкретних застосувань. Деякі функції цього годинника вже сьогодні відповідають вимогам медичних стандартів, інші ще потребують удосконалення.

**VD MAIS**  
**Устаткування та матеріали для монтажу/демонтажу електронних компонентів (ЕК)**

- паяльне та ремонтне обладнання
- системи очищення повітря
- пристрої трафаретного друку
- системи встановлення компонентів
- паяльні печі: конвекційного та селективного паяння, паяння хвилею
- випробувальне обладнання
- системи візуального контролю
- координатно-фрезерні верстати
- технологічні матеріали монтажу ЕК
- засоби антистатичного захисту

**Дистрибуція та прямі поставки:**  
 AIM, Bernstein, Charleswater, Electrolube, Essentec, KIC, Kolver, LPKF, Magic Ray, Miele, Nordson, Optilia, PACE, PDT, Hanwha, Seho, TWS, Vision, Weiss

Україна, 03061 Київ, вул. М. Донця, 6  
 Тел.: (0-44) 201-0202, 492-8852, факс: (0-44) 202-1110  
 e-mail: info@vdmiais.ua, www.vdmiais.ua

**VD MAIS**  
**Електронні компоненти і системи**

- мікросхеми • датчики • оптоелектроніка
- джерела живлення • драйвери світлодіодів
- резонатори і генератори
- дискретні напівпровідники
- пасивні компоненти
- НВЧ-компоненти
- системи безпроводового зв'язку

**Дистрибуція та прямі поставки:**  
 Analog Devices, Bluetechinix, Créé, DDC, Dynex, Fordata, Foryard, Gaia, Geyer, IXYS, Kendell, Kingbright, Ledil, Littlefuse, Mean Well, Microsemi, Omron, Recom, Siti, Sonitron, Suntan, Tellit, Vacuumschmelze, Xilinx, Yitran

Україна, 03061 Київ, ул. М. Донця, 6  
 тел.: (0-44) 201-0202, 492-8852, факс: (0-44) 202-1110  
 e-mail: info@vdmiais.ua, www.vdmiais.ua

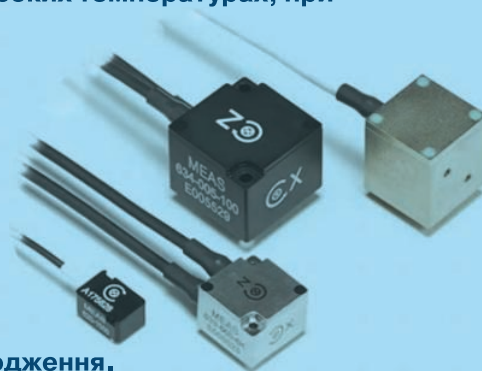


## Датчики TE Connectivity для систем промышленного Интернета вещей

Датчики выпускаются в разных форм-факторах и обеспечивают высокую точность и надежность измерений в экстремальных условиях, при высоких температурах, при влиянии масла, броду та пыли

### Датчики:

- положення
- вологості повітря
- контролю температури
- швидкості потоку повітря
- тиску і контролю рівня води
- п'єзорезистивні тензодатчики сили і маси
- п'єзоелектричні і ємнісні датчики вібрацій
- систем опалення, вентиляції, кондиціонування і охолодження.



<https://www.te.com>



VD MAIS – офіційний дистриб'ютор компанії TE Connectivity в Україні  
тел.: (044) 201-0202, [info@vdmαιs.ua](mailto:info@vdmαιs.ua), [www.vdmαιs.ua](http://www.vdmαιs.ua)

# ТЕХНОЛОГІЯ 3D TIME OF FLIGHT ПІДТРИМУЄ ПЕРСОНАЛЬНЕ ФІТНЕС-ТРЕНУВАННЯ У ДОМАШНІХ УМОВАХ

## 3D TIME OF FLIGHT TECHNOLOGY ENABLES TEMPO AT-HOME PERSONALIZED FITNESS TRAINING

Стаття підготована за матеріалами іноземних публікацій.

Abstract – The article was prepared based on materials from foreign publications.

*V. Романов*

*V. Romanov*

Під час пандемії COVID-19 люди ізолювали себе, щоб залишатися в безпеці, усуваючи соціальні контакти, зокрема особисті тренування в тренажерних залах. Для це означало повну відсутність тренувань, що призвело до збільшення ваги та погіршення загального стану здоров'я та самопочуття.

З метою створення системи віртуального тренажерного зала для індивідуальних занять компанія Темпо (США) розробила перший такий домашній зал Tempo Studio із віртуальним персональним тренером. Повна система тренувань у такому залі вимагає розпізнавання глибини 3D і побудована вона на базі технології часу прольоту (ToF), яка здатна у реальному часі вимірювати положення людини, що тренується, та відстежувати її швидкі рухи.

Технологія часу прольоту (ToF) – це метод вимірювання відстані між датчиком і об'єктом, заснований на різниці в часі між випромінюванням сигналу та його поверненням до датчика після відбиття від об'єкта. (Виделити цветом)

Щоб створити таку систему, компанія Темпо об'єднала зусилля науковців з фітнесу, докторів наук з фізіології та сертифікованих персональними тренерів. Персональні завдання такої системи створені за допомогою штучного інтелекту, який забезпечує зворотній зв'язок у реальному часі та розробляє плани та програми тренувань. Щоб забезпечити краще відстеження положення людини, що тренується, зйомки за допомогою технології ToF з високою роздільною здатністю не гірше одного мегапікселя, компанія Темпо співпрацювала з компанією Analog Devices. Рішення з високою точністю та низькою затримкою забезпечує покращений зворотний зв'язок для більш ефективного тренування для любителів фітнесу по всьому світу. Спираючись на думку, згідно з якою персональні тренування змінюють життя людини, компанія Темпо переосмислила інду-

стрію домашнього фітнесу завдяки зростаючому набору передових технологічних виробів на базі штучного інтелекту, які орієнтовані на велику кількість користувачів. На ринок виведена перша у форматі 3D персональна домашня система фітнесу компанії Темпо з високою роздільною здатністю і частотою кадрів (рис. 1).



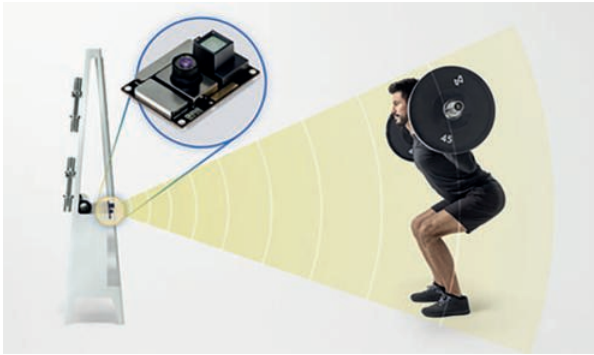
**Рис. 1. Приклад занять с віртуальним тренером**

Система дає можливість відстежувати положення та швидкі рухи тренажера за допомогою підвищеної глибини та точності. Таким чином, ця система покращує здоров'я та фізичну форму спортсменів різного профілю: боксерів, штангістів, а також тренерів та любителів йоги за допомогою віртуального персонального тренера, який надає у реальному часі чіткі вказівки та коригувальні поради.

Вхід компанії Темпо у фітнес-індустрію розпочався з персоналізованих систем тренувань у тренажерних залах, а потім з виробів для тренування вдома. Зараз, починаючи з 2019 року, компанія Темпо запропонувала нове фітнес-рішення наступного покоління, для цього вона розробила власну 3D-камеру на основі базової технології ToF компанії Analog Devices. Ця камера має високу роздільну здатність і містить мегапіксельний датчик глибини (рис. 2).

Віртуальний тренажерний зал для персонального фітнес-тренування компанії Темпо забезпечує



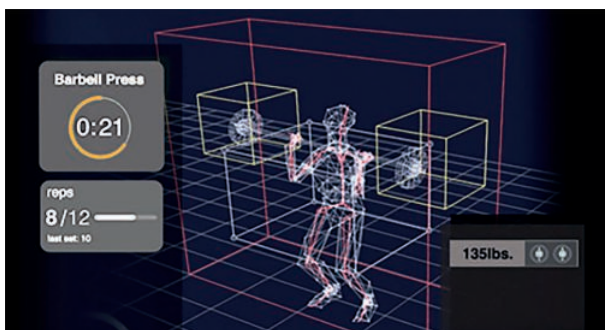


**Рис. 2. 3D-камера компанії Темро на основі технології ToF**

такі можливості:

- необхідну відстань від камери ToF до людини, що тренується
- визначення точного положення (рук, ніг, тулубу, голови) та швидких рухів людини, що виконує вправи
- підтримує точне положення і швидке переміщення тренажера.

Камера ToF працює наступним чином. Вона вимірює відстань, відбиваючи промінь світла від людини, що тренується, назад до датчика. Потім камера вимірює часову затримку між випромінюванням світла та моментом, коли датчик отримує відбите світло. Цей процес схожий на ультразвукове вимірювання відстані. Камера може створювати карти глибини високої роздільної здатності з точністю, подібною до камер RGB (рис. 3). Штучний інтелект і 3D-сенсор відстежують якість виконання вправ та надають відгук під час тренування.



**Рис. 3. Принцип роботи камери ToF при тренуванні**



Компоненти компанії Analog Devices забезпечують надвисоку роздільну здатність у мільйони пікселів для сцени навчання. Це дає змогу точно визначити, наприклад, де знаходиться штанга та де руки того, хто тренується, від-

носно інших частин тіла. Такий тонкий рівень деталізації дозволяє віртуальному тренеру зі штучним інтелектом визначити, чи правильно виконуються вправи.



Слід відзначити, що існує два способи відтворити глибину сцени. Перший – за допомогою програмного забезпечення. Другий – через апаратну вибірку. Компанія Темро скористалася перевагами апаратної технології компанії Analog Devices. IMC ADSD3500 дозволяє досягти малої затримки та високої частоти кадрів.



3D-камера віртуального тренажеру створена на базі технології безперервної хвилі компанії Analog Devices і забезпечує найвищу продуктивність на ринку на сьогодні. Камера відрізняється високою надійністю і точністю при обробці інформації про глибину навіть у великому просторі із поверхнями з високим ступенем відбиття та рухомими об'єктами.



Технологія ToF здатна досягти швидкості до 40 кадрів в секунду. Висока частота кадрів допомагає усунути розмиття та точно визначити положення різних елементів у сцені під час руху того, хто тренується. З менш потужною системою ToF, та нижчою роздільною здатністю та частотою кадрів важко побачити панель вправ або її позиціонування через швидкість руху. Відстань до камери також може бути важливою вимогою, оскільки деякі подібні системи мають обмежений просторовий діапазон.

За допомогою компанії можна отримати розумний віртуальний тренажерний зал (рис. 4) в якому відстежується, аналізується та корегується віртуальними тренерами у реальному часі виконання фізичних вправ. Штучний інтелект вивчає тіло того, хто



**Рис. 4. Розумний віртуальний тренажерний зал компанії Темро**



тренується, і у разі потреби надає рекомендації щодо виконання вправ (рис.5). На сьогодні це практично єдиний розумний тренажерний зал із вбудованим штучним інтелектом.



**Рис. 5. Розумний тренажерний зал з вбудованим штучним інтелектом**

## ВИСНОВКИ

Потреби у розумних тренажерних залах для домашнього використання в світі постійно зростають. За прогнозом компанії Business Research Company світовий ринок зростання онлайн-фітнесу у 2026 році досягне 79 мільярдів доларів США. Одне з провідних місць у виробництві розумних тренажерних залів для широких верств населення займає компанія Tempo. У її тренажерних залах використана найсучасніша елементна база, передові комп'ютерні технології, ToF камери нового покоління, включно компоненти штучного інтелекту. У розумному залі компанії Tempo персональний віртуальний тренер не тільки покаже, як треба виконувати різні фізичні вправи, але відкоригує помилки під час тренування.

## ЧИ ПРИСКОРИЛА ПАНДЕМІЯ COVID-19 РЕВОЛЮЦІЮ В ЕНЕРГЕТИЦІ? \*

### WILL COVID-19 ACCELERATE THE ELECTRIFICATION REVOLUTION?

У публікації аналізуються екологічні проблеми в світі та вплив на них розвитку енергетичної галузі.

П. Морган

Abstract - The publication analyzes ecological problems in the world and the impact on them of the development of the energy industry.

P. Morgan

Супутникові та наземні зображення Індійського субконтиненту до поширення пандемії COVID-19 (рис.1) і після того, як для 1,3 мільярда громадян країни було видано загальнонаціональний наказ залишатися вдома (рис. 2). Зміна людської діяльності значно скоротилася, що призвело до зменшення забруднюючих викидів і чистішого та здоровішого повітря. (Джерело фотографій: NASA, Scientific Visualization Studios).

Завдяки багатомісячним зобов'язанням залишатися вдома, світ зазирнув у перспективу того, що буде при різкому скороченні вуглецевих викидів. З меншою кількістю автомобілів на дорогах, човнів у воді та літаків у небі наш десятиліттями шкідливий вплив на навколишнє середовище став набагато очевиднішим. Фотографії та відео про вплив на на-



**Рис. 1. Індійський субконтинент до пандемії COVID-19: 2017-2019**



**Рис. 2. Індійський субконтинент після пандемії COVID-19: березень - квітень, 2020**

\* Morgan P. Will Covid-19 accelerate the electrification revolution? Скорочений переклад з англійської та коментарі В. Романова.

вколишнє середовище до та після пандемії стали «вірусною» сенсацією. Мешканці провінції Пенджаб в Індії вперше за 30 років побачили Гімалаї з відстані 150 миль [1] через зменшення забруднення повітря, а морське життя, яке роками не бачили у водних шляхах Венеції, знову повернулося [2], оскільки рух човнів і забруднення води у місті практично було припинено. У Пекіні, Нью-Йорку та Парижі викиди двоокису вуглецю, чадного газу та закису азоту значно знизилися. Хоча призупинення транспорту та транспортної інфраструктури на невизначений термін в ім'я цілісності навколишнього середовища є неможливим рішенням і, безсумнівно, завдасть шкоди світовій економіці, обіцянка електрифікованого майбутнього з нейтральним викидом вуглецю дозволяє нам мати надію на краще майбутнє.

**Електромобілі в епіцентрі електрифікації.** Якби в Лос-Анджелесі були електромобілі та електробуси, повітря було б чистим щодня, – стверджує Лія Стокс, доцент університету з Каліфорнії. У центрі світового поштовху до більш стійкого, електрифікованого майбутнього, як стверджує автор публікації, знаходиться електромобіль.

За даними Всесвітнього економічного форуму «до 2030 року на дорогах в світі буде 215 мільйонів електричних пасажирських транспортних засобів. Це означає зростання нових продажів електричних пасажирських транспортних засобів на 23% щороку з 2018 по 2030 рік». З огляду на те, що темпи впровадження електромобілів у всьому світі зростатимуть такими швидкими темпами протягом наступного десятиліття, попит на допоміжні технології продовжуватиме теж зростати. Майже кожен регіон світу оновив свої стимули для електромобілів. Зараз настав час прискорити впровадження нової технології електрифікації, але це не станеться відразу. У всій екосистемі електрифікації все ще існує багато бар'єрів для впровадження електромобілів. «До 2030 року глобальний попит на батареї становитиме 2523 гігават-години, причому 2333 гігават-години вироблятимуть батареї для електромобілів».

**Всесвітній економічний форум** відмітив, що сучасна інфраструктура електромережі практично не спроможна відповідати зростаючим вимогам, які постануть із збільшенням кількості електромобілів на дорогах. Крім того, електричні транспортні засоби ще не досягли паритету за ціною та продуктивністю з транспортними засобами з двигуном внутрішнього згоряння для того, щоб викликати суттєве підвищення попиту серед споживачів. Виробники автомобілів все ще шукають більш ефективний і

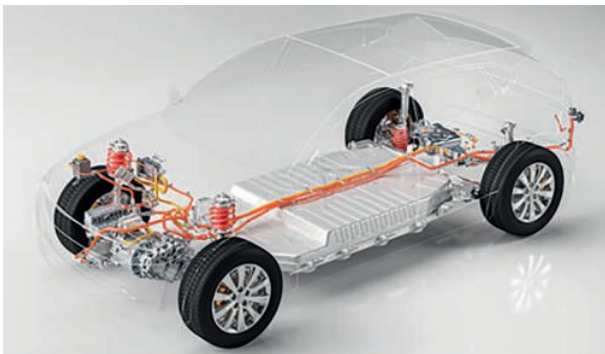
рентабельний спосіб електрифікації у своїх автопарках. Нарешті, сьгоднішні програми переробки та повторного використання акумуляторів електромобілів недостатньо економічні та ефективні, щоб виправдати широке впровадження. Без повторного використання та переробки акумуляторів для електромобілів багато цих виробів все ще потрапляють на звалища.

**Інфраструктура електрифікації майбутнього: системи накопичення енергії, нові технології акумуляторних батарей.** В останні роки накопичення енергії стало важливим центром уваги для фахівців, чому сприяло прогнозоване зростання кількості електромобілів та інших технологій електрифікації. Оскільки світ все більше залежить від електрифікації, навантаження на існуючу енергосистему може бути значним. Системи накопичення енергії дозволяють стабілізувати сучасну мережу, використовуючи великі батареї як буфер для накопичення непікової енергії, виробленої з відновлюваних джерел, і роблячи енергію доступною в будь-який час, особливо під час високого або пікового попиту, включаючи зарядку електромобілів. Системи зберігання енергії можуть використовувати багато буферів, розміщених поблизу точки навантаження, тому існуюча мережа може постачати більше енергії без додаткових ліній електропередач або електростанцій, зменшуючи витрати, пов'язані з модернізацією інфраструктури. За прогнозами у 2030 році 65% доданої ємності накопичувачів буде використано для підтримки змінних відновлюваних джерел енергії в мережу та надання різноманітних мережевих послуг; 30% на підтримку житлових, комерційних та промислових об'єктів; і 5% на підтримку інфраструктури електромобілів.

Формування та випробування батареї є важливою частиною процесу виробництва батареї для електромобілів, оскільки саме тоді визначається, чи відповідатиме батарея критичним критеріям продуктивності та безпеки. Процес формування та тестування складається з надзвичайно точного виміру струму та напруги протягом 24-36 годин. Ускладнення і без того складного формування та випробування батареї пов'язане з додатковими викликами через нові хімічні процеси в батареях. Ці процеси вимагають більш високого рівня точності вимірювань у найважчих виробничих умовах.

40% – це приблизний відсоток вартості акумуляторної батареї електромобіля (рис. 3). Відомо, що хімічні елементи акумуляторів, такі як фосфат літію і заліза (LiFePO), набувають все більшого значення.

Хоча хімічні речовини на основі кобальту можуть забезпечити на 10-20% більшу щільність енергії, ніж LiFePO<sub>4</sub>, слід відзначити, що кобальт має високу екологічну токсичність. Крім того, за поточних темпів використання кобальту його світові запаси можуть бути вичерпані до 2030 року, у той же час батареї на базі LiFePO<sub>4</sub> мають нижчу вартість, є безпечнішим і повністю перевірені у виробництві, оскільки широко використовуються більше 10 років. Сучасні електромобілі мають запас ходу від 60 до 400 миль залежно від моделі транспортного засобу, час заряджання складає від 30 хвилин до 12 годин залежно від типу зарядного пристрою автомобіля. Електромобіль чудово підходить для коротких дистанцій або приміських поїздок, де транспортний засіб можна заряджати вдома. Проте запас ходу та час зарядки є важливими факторами для розширення автомобільного ринку. Крім того, враховуючи 10-кратне зростання ринку електромобілів протягом наступного десятиліття, зростає потреба в ефективній системі керування батареями для їх моніторингу та підтримки.



**Рис. 3. Конструкція типового електромобіля**

Електронні системи управління акумуляторною батареєю електромобіля вимагають високої точності, гарантованої в загальних умовах експлуатації протягом повного терміну служби автомобіля, щоб максимізувати запас ходу електромобіля на одній зарядці.

Акумуляторна батарея електромобіля (рис. 4) складається із сотень або тисяч окремих акумуляторних елементів, які працюють разом. У міру того, як живлення надходить до акумуляторної батареї або виходить з неї, цими елементами потрібно точно управляти, щоб забезпечити максимальний діапазон заряду. Крім того, хоча електронна система управління коштує лише частину вартості батареї, вона є головним фактором у визначенні запасу ходу, безпеки та вартості автомобіля. Наприклад, щоб за-

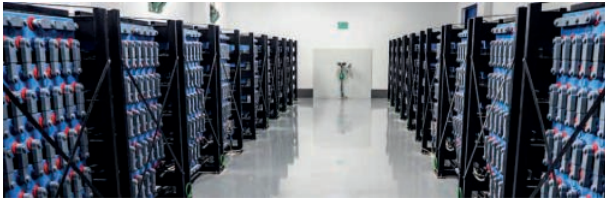


**Рис. 4. Типова акумуляторна батарея електромобіля**

безпечити максимальну корисну ємність батареї протягом повного терміну служби автомобіля, точність повинна бути гарантована в усіх умовах експлуатації та суворих середовищах, включаючи екстремальні температури, а також магнітні та електричні перешкоди, протягом повного терміну служби електромобіля. Найсучасніша точність таких систем становить 2 мВ, що має бути гарантовано на кожній комірці батареї від 400 В до 800 В. Щоб забезпечити безпеку, електронна система повинна бути розроблена так, щоб повністю відповідати всім стандартам безпеки, які постійно розвиваються та вдосконалюються. Ці стандарти вимагають розробки інноваційної архітектури акумуляторів. Зараз в акумуляторних батареях почала використовуватися нова бездротова технологія. Побудована на основі існуючих компонентів дротової системи управління бездротова система управління батареями нещодавно розроблена компанією Analog Devices і анонсована у співпраці з компанією General Motors. Вона усуває потребу в джгути провідів, який з'єднує елементи батареї, що зберігає витрати на розробку, а також пов'язані з цим механічні проблеми та складність виготовлення джгута провідів. Це також дозволяє конструкції акумуляторної батареї стати модульною та масштабованою, щоб її можна було використовувати в різних конструкціях автомобілів. Крім того, оскільки кожен модуль батареї є бездротовим, дані про його параметри можна збирати та зберігати з моменту формування елемента, що дозволяє обчислювати стан працездатності батареї. Це забезпечує більш ефективне повторне використання (або другий термін служби), наприклад, під час зберігання, переробки або інших застосувань батареї, зменшуючи загальні витрати для виробника та власника автомобіля та обмежуючи вплив на навколишнє середовище.

**Друге життя акумуляторної батареї електромобіля** (рис. 5). За прогнозом розвитку глобального ринку зберігання енергії очікується, що до 2035 року загальний ринок накопичувачів енергії зросте

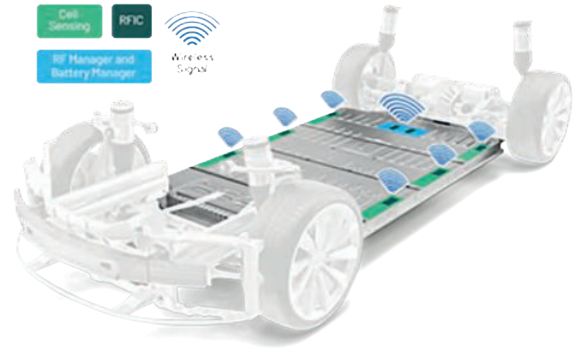




**Рис. 5. Зберігання акумуляторних батарей електромобілів для повторного використання**




до 546 мільярдів доларів щорічного доходу. Незважаючи на те, що електромобілі рекламуються як екологічна альтернатива двигунам внутрішнього згорання та викопному паливу, у них є очевидна ахіллесова п'ята: що робити з півтонною батареї, коли вона більше не може містити достатньо заряду для живлення автомобіля? Сьогодні переробка є більш поширеним варіантом, тобто процесом відновлювання деяких, але не всіх сировинних матеріалів, а саме таких як кобальт і літій. Переробка є дорогою, нерегульованою та не має чітко визначеного ланцюжка поставок. Інститут енергетичних досліджень очікує, що до 2025 року у світі буде накопичено понад 3,4 мільйона викинутих акумуляторів електромобілів, порівняно з приблизно 55 тисячами минулого року. Альтернатива переробці, або, точніше, проміжний крок, з'являється у формі повторного використання батарей. Коли заряд літій-іонної батареї транспортного засобу знижується до 70-80% від початкової ємності заряду, як правило, це відбувається після восьми-десяти років експлуатації, вона більше не може жити автомобіль і потребує заміни. Зростаюча пропозиція цих знятих з експлуатації акумуляторів створює абсолютно нові ринкові можливості, які називають сектором батарей другого терміну служби або акумуляторів другого терміну служби. Застосування батареї другого терміну служби може додати ще п'ять-десять корисних років, але в кінцевому підсумку цей термін служби визначатиметься тим, наскільки добре з батареєю поводитися під час основного використання. Технологія бездротової системи керування батареєю забезпечує постійне збирання даних про акумулятор, передає та зберігає дані у хмарі, що робить її ідеальним інструментом для зберігання даних. Завдяки бездротовій технології батарея дозволяє зберігати дані акумулятора безпосередньо в елементах акумулятора перед їх використанням у транспортному засобі (рис. 6). Під час експлуатації автомобіля виконуються обчислення, щоб зрозуміти стан працездатності батареї, і ці дані можна постійно оновлювати відповідно до умов водіння та навколишнього се-

редовища, щоб зрозуміти, скільки робочого часу залишилося в акумуляторній батареї, що знаходиться у експлуатації у транспортному засобі. Це дозволяє встановити залишкову вартість акумуляторної батареї, що визначає напрямок для наступного терміну служби елементів батареї.



**Рис. 6. Технологія вимірювання та передавання даних про стан елементів акумуляторної батареї**

Перед тим, як батарею буде направлено до повторного використання, ці дані можуть бути використані для оцінки вартості батареї при повторному використанні. За прогнозом компанії McKinsey & Company пошук застосувань для цих все ще корисних батарей дуже важливий і може зрештою, навіть, допомогти знизити вартість зберігання, щоб забезпечити подальшу інтеграцію відновлюваної енергії в мережі [3]. Акумуляторні батареї електромобілів можна направити на другий термін експлуатації, якщо вони більше не відповідають стандартам продуктивності для електромобілів. Оскільки світ швидко рухається до більш екологічно стійких застосувань, важливо враховувати наслідки та бар'єри, які існують у всій екосистемі електрифікації. Зосередження лише на одній сфері не принесе плодів більш екологічного майбутнього. Ось деякий перелік інновацій у використанні акумуляторних батарей для автомобілів:

-  Високоточне інтегроване тестування максимізує продуктивність батареї, а бездротова передача даних зменшує складність тестування на 50%.
-  Управління запасами акумуляторних елементів на складі за допомогою моніторингу їх параметрів дозволяє подовжити термін служби акумуляторної батареї в цілому на 30%.
-  Розроблений та сертифікований моніторинг параметрів акумуляторної батареї дозволяє підтримувати найвищий рівень безпеки та надійності електромобіля (ASIL D).





Набір бездротових рішень в акумуляторній батареї дозволяє виробникам транспортних засобів застосовувати модульний підхід і гнучкість у конструкції батарейних блоків без перепроектування та складання нових джгутів.



Високоточні вимірювання параметрів елементів батареї збільшують запас ходу автомобіля до 15% завдяки збільшенню корисної ємності акумулятора.



Підтримка детального моніторингу параметрів окремих елементів батареї протягом усього терміну її служби спрощує технічне обслуговування.



Бездротова технологія компанії Analog Devices забезпечує додаткову швидкість оцінки залишкової вартості батареї, водночас знижуючи вартість збирання акумулятора для другого терміну служби на 15%.



Забезпечується можливість вторинного використання батареї електромобіля для підведення електроенергії до раптово відключених від мережі інфраструктурних об'єктів.

Дані про стан у часі акумуляторної батареї використовуються для сертифікації її при повторному використанні. Наприклад, за допомогою безпечної зарядки потужністю 350 кВт старі батареї електромобілів можна використовувати для накопичення сонячної енергії для живлення автономних громад.

Відомо, що електроенергія займає одне з центральних місць в житті кожної людини. Лікарні, школи, будинки, вуличне освітлення та зв'язок залежать від надійного постачання електроенергії. Тепер, більше ніж століття тому, як перші електричні дроти перетнули наші міста, енергетична галузь переживає другу революцію — таку, яка сформує не лише нову паливну суміш, що живить мережу, але й саму

систему розподілу електроенергії — від централізованої до децентралізованої. У кінцевій меті лежить здоров'я нашої планети та нас самих. Як стверджують екологи, забруднення повітря твердими частинками скорочує середню тривалість життя людей у всьому світі майже на 2 роки.

## ВИСНОВКИ

Спалювання викопного палива для виробництва електроенергії чи тепла є причиною приблизно половини забруднень в світі, викликаних глобальним потеплінням [4]. Підготовка акумуляторних батарей для електромобілів до другого терміну служби може допомогти зменшити екологічну токсичність. Електромобілі, які з часом замінюють транспортні засоби, що витрачають газ, можуть знизити забруднення повітря в містах на 50-90%. Таким чином, відновлюване електрифіковане майбутнє пропонує кожній людині шанс на здоровіше життя та реалізацію свого потенціалу у чистішому середовищі.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Rob Picheta. People in India can see the Himalayas for the first time in 'decades,' as the lockdown eases air pollution. CNN, April 9, 2020.
2. Melissa Locker. Video Captures Gliding Jellyfish Visible in Venice's Canals as Italy Remains on Lockdown. Time, April 22, 2020.
3. Second-Life EV Batteries: The Newest Value Pool in Energy Storage, McKinsey & Company, April 30, 2020.
4. David Biello. How to Solve Global Warming: It's the Energy Supply. Scientific American, April 14, 2014.

## VD MAIS

### Друковані плати



- проектування друкованих плат
  - технологічна підготовка виробництва
  - виготовлення будь-якої кількості плат:
    - ГОСТ 23752-79
    - за стандартом IPC-A-600J
  - проектування та виготовлення трафаретів для нанесення паяльної пасти.
- Сертифікація на відповідність вимогам стандартів ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, IATF 16949:2016 і ISO 13485:2016.
- Ціни оптимальні.

Україна, 03061 Київ, вул. М. Донця, 6  
Тел.: (0-44) 201-0202, 492-8852, факс: (0-44) 202-1110  
e-mail: info@vdmiais.ua, www.vdmiais.ua

## VD MAIS

### Електромеханічні компоненти і системи автоматизації



- низьковольтна комутаційна апаратура
- програмовані логічні контролери та комп'ютери, програмне забезпечення
- шафи • крейти • роз'єми • корпуси
- вентилятори • інструмент • кабельна продукція • СКС • системи маркування

Дистрибуція та прямі поставки:  
Aste-Portable, AMP Netconnect, Belden, Dopl, Eaton, EBM-Papst, HARTING, Hoffman, Kroy, Lapp Group, Molex, Phoenix Contact, Rittal, Schroff, Siemens, TE Connectivity, TKD, Wago

Україна, 03061 Київ, вул. М. Донця, 6  
Тел.: (0-44) 201-0202, 492-8852, факс: (0-44) 202-1110  
e-mail: info@vdmiais.ua, www.vdmiais.ua

# СЕРІЯ СТАНДАРТІВ IEC 62443: ЯК ЗАХИЩАТИСЯ ВІД КІБЕРАТАК НА ІНФРАСТРУКТУРНІ ОБ'ЄКТИ

## THE IEC 62443 SERIES OF STANDARDS: HOW TO DEFEND AGAINST INFRASTRUCTURE CYBERATTACKS

У статті розглянуто особливості стандартів серії IEC 62443. Стаття підготована за матеріалами зарубіжних публікацій.

V. Романов

*Abstract - The article examines the features of the IEC 62443 series of standards. The article was prepared based on materials from foreign publications.*

V. Romanov

У статті досліджуються основні особливості серії стандартів IEC 6244, призначених для забезпечення кібербезпеки та захисту критичної інфраструктури від хакерських атак. Стандарти цієї серії пропонують високий рівень безпеки, однак це створює кілька проблем для розробників, яким потрібно отримати на свій виріб відповідний сертифікат з кібербезпеки. Організація кібербезпеки для компонентів промислових автоматизованих систем управління (IACS – Industrial automated control systems) на рівні IEC дозволяє досягти цілей сертифікації для таких систем.

Незважаючи на потенціал все більш витончених кібератак, у промислових автоматизованих системах управління до останнього часу не поспішали вживати належних заходів до кібербезпеки. Частково це сталося через відсутність загальних рекомендацій для розробників та операторів таких систем. Серія стандартів IEC 62443 пропонує шлях до більш безпечної промислової інфраструктури, але компанії виробники повинні навчитися орієнтуватися в її складності та розуміти ці нові виклики, щоб успішно використовувати її.

Цифровізація критично важливих інфраструктур, таких як водорозподіл, каналізація та електромережі, забезпечила безперебійний доступ до них у повсякденному житті. Однак кібератаки є однією з причин збоїв у роботі цих систем, і очікується, що у майбутньому вони будуть зростати [1]. Індустрія 4.0 потребує застосування датчиків, виконавчих механізмів, шлюзів і агрегаторів з високим рівнем зв'язку. Розширене підключення цих засобів збільшує ризик потенційних кібератак, роблячи заходи кібербезпеки більш критичними, ніж будь-коли. Створення таких організацій, як Агентство з кібербезпеки та безпеки інфраструктури у США (CISA – Cybersecurity and Infrastructure Security Agency), підтверджує важ-

ливість захисту критичної інфраструктури та забезпечення її стійкості проти можливих кібератак [2].

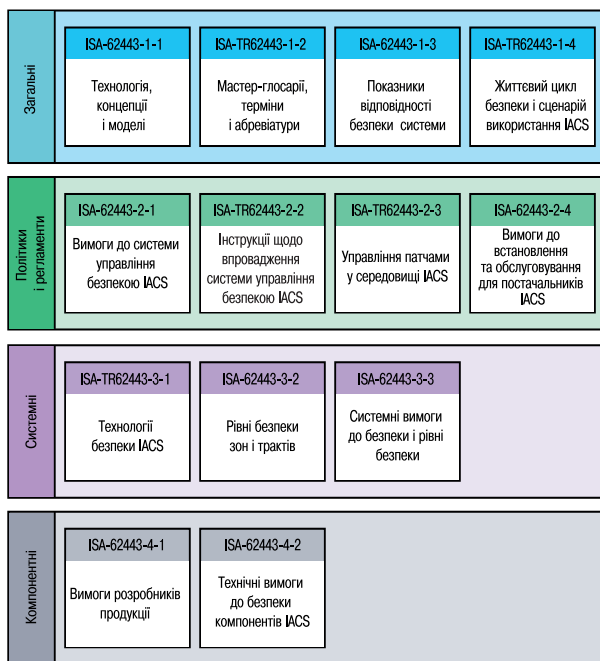
Кібератака Stuxnet у 2010 році показала вразливість промислових інфраструктур [3]. Ця атака стала першою у світі кібератакою, яка довела, що такі атаки можуть успішно виводити зі строю промислові автоматизовані системи управління, такі як IACS. Подальші атаки підтвердили усвідомлення того, що промислова інфраструктура може бути пошкоджена через дистанційні атаки, спрямовані на певний тип обладнання.

Державні установи, комунальні підприємства, користувачі автоматизованих систем IACS та виробники обладнання швидко зрозуміли, що такі системи необхідно захищати від кібератак. Хоча уряди та користувачі, природно, схилилися до організаційних заходів в організації безпеки, виробники обладнання досліджували можливі апаратні та програмні засоби протидії кібератакам. Слід відмітити, що впровадження заходів безпеки відбувається повільно через:

- складність інфраструктури
- різні інтереси та проблеми зацікавлених сторін
- різноманітність реалізації і доступних опцій
- відсутність конкретних цілей захисту.

Загалом, зацікавлені сторони зіткнулися з невідповідністю щодо оптимального рівня кібербезпеки, який би збалансував захист із витратами. Міжнародне товариство з автоматизації (ISA – Society for Automation) створило робочі групи для розробки спільних посилань в рамках ініціативи ISA99, що врешті призвело до розробки серії стандартів IEC 62443. Цей набір стандартів організовано за чотирма рівнями та категоріями, як показано на рис. 1. Завдяки широкій сфері застосування стандарти серії IEC 62443 охоплюють організаційні проблеми, процедури, оцінку ризиків і безпеку апаратних і про-

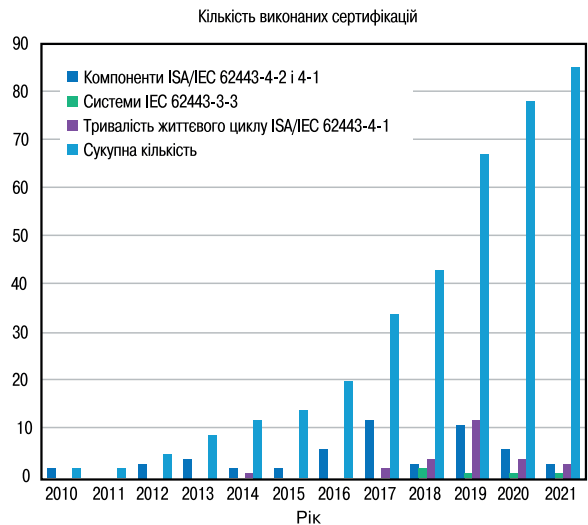
грамних компонентів автоматизованих систем управління. Повний обсяг цих стандартів робить їх унікальними для адаптації систем захисту від кібератак до сучасних систем автоматизації. Крім того, міжнародне товариство ISA застосувало комплексний підхід до вирішення інтересів усіх зацікавлених сторін, залучених до розробки, створення та експлуатації систем автоматизації управління IACS. Загалом питання кібербезпеки різняться для цих зацікавлених сторін. Наприклад, якщо крадіжка IP адреси, непокоїть оператора виробничого процесу, то виробник обладнання може бути занепокоєним захистом алгоритму штучного інтелекту (AI). Крім того, оскільки автоматизовані системи управління можуть бути дуже складними, важливо враховувати весь спектр їх безпеки. Самих процедур недостатньо, якщо вони не підтримуються безпечним обладнанням, тоді як надійні компоненти марні, якщо їх безпечно використання належним чином не визначено процедурами.



**Рис. 1. Структура комплексного стандарту з кібербезпеки IEC 62443**

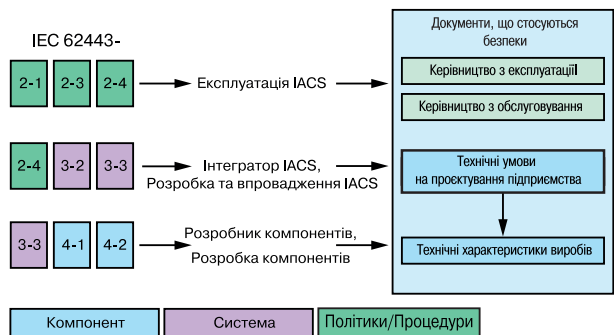
Діаграма на рис. 2 показує рівень впровадження стандартів серії IEC 62443 через необхідність сертифікації систем автоматизації управління. Як і очікувалося, цей стандарт, визначений ключовими зацікавленими сторонами галузі систем управління, прискорив впровадження заходів кібербезпеки.

IEC 62443 є комплексним і ефективним стандартом з кібербезпеки, але його складність досить велика. Сам документ має майже 1000 сторінок. Отри-



**Рис. 2 Кількість процедур сертифікації за стандартами серії IEC 62443 [4]**

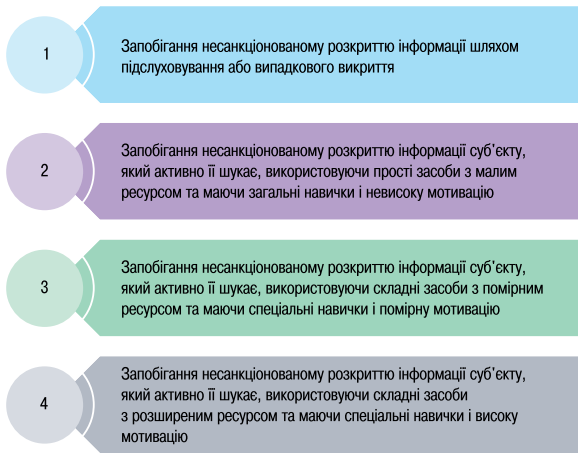
мання чіткого розуміння протоколів кібербезпеки вимагає відповідного навчання. Кожен розділ у IEC 62443 слід розуміти як частину цілого, оскільки всі розділи взаємозалежні, як показано на рис. 3. Наприклад, згідно зі стандартом IEC 62443-4-2 необхідно провести оцінку ризику, спрямовану на всю автоматизовану систему IACS, а її результати обумовлюватимуть рішення, які визначають цільові рівні безпеки для обладнання [5].



**Рис. 3. Рівні процесів сертифікації**

Проектування обладнання, сумісного з стандартами серії IEC 62443. Найвищий рівень кібербезпеки вимагає впровадження апаратного забезпечення. Стандарти серії IEC 62443 визначають рівні безпеки, як показано на рис. 4.

Стандарт IEC 62443-2-1 вимагає проведення оцінки ризиків безпеки. У результаті цього процесу кожному компоненту призначається цільовий рівень безпеки (SL-T). Згідно з рисунками 1 і 3, деякі частини стандарту стосуються процесів і процедур, тоді як стандарти IEC 62443-4-1 і IEC 62443-4-2 сто-



**Рис. 4. Рівні безпеки згідно з стандартами серії IEC 62443**

суються безпеки компонентів. Типи компонентів згідно з стандартом IEC 62443-4-2 – це програмні додатки, хост-пристрої, вбудовані пристрої та мережеві пристрої. Для кожного типу компонента стандарт IEC 62443-4-2 визначає рівень безпеки (SL-C) на основі вимог до компонента (CR) і вимог до вдосконалення (RE), яким вони відповідають. У табл. 1 підсумовано рівні безпеки SL-A, SL-C, SL-T та визначено їх співвідношення.

Розглянемо це на прикладі програмованого логічного контролера (ПЛК), підключеного до мережі. Безпека мережі вимагає автентифікації ПЛК таким чином, щоб він не міг стати входом для атак. Добре відома технологія — це автентифікація на основі відкритого ключа. Стосовно стандарту IEC 62443-4-2:

- рівень 1 не розглядає криптографію з відкритим ключем
- рівень 2 вимагає загальноприйнятих процесів, таких як перевірка підпису сертифікатів
- рівні 3 і 4 вимагають апаратного захисту закритих ключів, які використовуються в процесі автентифікації.

Починаючи з рівня безпеки 2, потрібно використовувати багато функцій безпеки, включаючи механізми, засновані на криптографії, що містить секретні або особисті ключі. Для рівнів безпеки 3 і 4 у багатьох випадках необхідний апаратний захист функцій безпеки або криптографії. Саме тут розробники компонентів отримують вигоду від вже готових ІМС безпеки, вбудовуючи такі основні механізми, як:

- безпечне зберігання ключів
- захист від бічних атак
- команди, які підтримують такі функції, як:
  - шифрування повідомлень
  - обчислення цифрового підпису
  - перевірку цифрового підпису.

ІМС безпеки звільняють розробників компонентів автоматизованих систем управління від додаткового проектування відповідних апаратних засобів безпеки. Ще одна перевага використання мікросхем безпеки полягає в тому, що вони мають вбудовану ізоляцію між функціями загального призначення та спеціальними функціями безпеки. Міцність функцій безпеки легше оцінити, коли безпека зосереджена в елементі, а не розповсюджена на всю систему. Завдяки ізоляції також зберігається перевірка функції безпеки для модифікацій програмного та/або апаратного забезпечення компонентів. Оновлення можна виконувати без необхідності перевірки (переоцінки) повної функції безпеки.

Таким чином, постачальники захищених мікросхем можуть реалізувати надзвичайно потужні методи захисту, недоступні на рівні друкованої плати чи системи. Це стосується захищеної пам'яті EEPROM або флеш-пам'яті, або фізичної неклонованої функції (PUF) в ІМС мікропроцесора, яка може досягти найвищого рівня стійкості до найскладніших кібератак. Загалом, мікросхеми безпеки є чудовою основою для підтримки кібербезпеки системи у ці-

**Таблиця 1. Рівні безпеки SL-A, SL-C, SL-T**

	Цільовий рівень безпеки	Можливий рівень безпеки	Досягнутий рівень безпеки
Умовне позначення	(SL-T)	(SL-C)	(SL-A)
Визначення	Рівень безпеки обладнання має досягати відповідного до оцінки ризиків рівня системи в цілому	Рівень безпеки обладнання відповідає вимогам до компонентів CR згідно з стандартом IEC 62443-4-2	Рівень безпеки, якого досягло обладнання
Цільове значення	SL-T ≥ рівень безпеки, визначений за оцінкою ризику	SL-C ≥ SL-T	SL-A ≥ SL-T



лому.

Фізична неклонована функція ФНФ або PUF — це фізичний об'єкт, який для певних умов забезпечує фізично визначений «цифровий відбиток» і який служить унікальним ідентифікатором для мікросхем, таких як, наприклад, мікропроцесор. Функції ФНФ застосовуються в мікросхемах у разі високих вимог до кібербезпеки, наприклад, у криптографії.

Індустрія 4.0 передбачає розгортання великої кількості периферійних пристроїв. Вхідні та вихідні пристрої систем автоматизації управління включають сенсори, виконавчі механізми, маніпулятори роботів, ПЛК з модулями вводу-виводу тощо. Кожен периферійний пристрій підключено до мережевої інфраструктури і він стає потенційною точкою входу для хакерів. Причому атаки не тільки зростають пропорційно кількості пристроїв, але різноманітний склад пристроїв розширює кількість напрямків таких атак. Враховуючи існуючі платформи, багато напрямків атак несуть підвищений ризик як для кінцевих пристроїв, так і для периферійних. Наприклад, у складній системі автоматизації управління не всі сенсори або виконавчі механізми надходять від одного постачальника, також вони мають різні структури, різні компоненти, включно мікроконтролери, різні операційні системи або комунікаційні стеки. Кожна структура має свої слабкі місця. Як наслідок, системи автоматизації управління піддаються всім вразливостям, як показано в [7]. Більше того, завдяки розвитку промислового Інтернету речей IoT щодо впровадження більшої кількості інтелектуальних пристроїв [8], в таких системах є пристрої з прийняття автономних системних рішень. Тому ще важливіше переконатися, що апаратному та програмному забезпеченню у таких автономних пристроях можна довіряти, оскільки ці властивості мають важливе значення для підтримки безпечної роботи системи в цілому. Слід звернути увагу і на те, що захист інтелектуальної власності від крадіжки, наприклад, алгоритмів штучного інтелекту, є поширеним фактором, який може стати причиною відповідного захисту і який підтримує ІМС безпеки.

Крім того, недостатня кібербезпека системи автоматизації управління може негативно вплинути на функціональну безпеку. Взаємодія функціональної безпеки та кібербезпеки складна, і обговорення її заслуговує окремої статті, але на сьогодні можна виділити наступне:

- функціональна безпека електричних/електронних/програмованих електронних систем згідно з стандартом IEC 61508 вимагає проведення аналізу

ризиків кібербезпеки на основі стандартів серії IEC 62443

- незважаючи на те, що стандарт IEC 61508 зосереджується в основному на аналізі безпеки та ризиків, він зобов'язує виробників проводити подальший аналіз загроз безпеці та вразливості, коли кібербезпека є важливою системною функцією.

Стандарт з кібербезпеки IEC 62443-4-2 визначає конкретні вимоги до цих систем, такі як механізми захисту від зловмисного коду, безпечні оновлення мікропрограми, захист від несанкціонованого фізичного втручання і т. і. Досягнути цілей кібербезпеки згідно з стандартами серії IEC 62443 можливо за допомогою безпечних автентифікаторів, які, наприклад, пропонує компанія Analog Devices, і які розроблені для забезпечення вимог цих стандартів з урахуванням простоти впровадження та економічності. До таких засобів слід віднести ІМС із фіксованими функціями, які постачаються з повним стеком програмного забезпечення для головного процесора. При використанні таких захищених компонентів системні розробники можуть зосередитися на проектуванні системи автоматизації і контролю в цілому. Захищені автентифікатори є основою довіри, підтримують безпечно зберігання ключів і конфіденційних даних, що відображають стан обладнання, наприклад, хеші мікропрограм. Вони мають повний набір криптографічних функцій, включаючи автентифікацію, шифрування, безпечно зберігання даних, керування життєвим циклом і безпечно завантаження/оновлення даних. Технологія фізично неклонованої функції ChipDNA™ (PUF) використовує природні випадкові варіації в процесах виробництва пластин для генерації криптографічних ключів замість того, щоб зберігати їх у традиційній пам'яті EEPROM Flash. Хакерське проектування цих мікросхем за допомогою електронного мікроскопа та мікрозондування для вилучення ключів технологічно неможливе. Жодна технологія за межами спеціальних ІМС не може досягти такого рівня кіберстійкості. Захищені автентифікатори дозволяють розробникам отримувати сертифікати на виконані розробки автоматизованих систем управління [9].

Захищені автентифікатори є найкращим варіантом для високого рівня кібербезпеки. Вони економлять зусилля на дослідженнях і розробках, пов'язаних з додатковим перепроектуванням пристрою для забезпечення відповідної кібербезпеки. Наприклад, вони не потребують заміни основного мікроконтролера. Захищені автентифікатори DS28S60 і MAXQ1065 задовольняють усім рівням вимог стан-

дарту IEC 62443-4-2, як показано на рис. 5. Ключові параметри цих автентифікаторів наведено у табл. 2.

**Таблиця 2. Основні параметри IMC DS28S60 та MAXQ1065**

Найменування параметру	Значення параметру
Робоча температура	-40...105 °C
Хост інтерфейс	SPI (IMC в стадії розробки)
Напруга живлення	1.62...3.63 В
Максимальний струм споживання	3 мА
Типовий струм спокою (25 °C)	0.4 мА
Струм споживання при відключеній напрузі живлення (25 °C)	100 нА

Компоненти систем автоматизації управління, які вже містять мікроконтролер із функціями кібербезпеки для відповідності вимогам стандарту IEC 62443-4-2, також мають переваги від захищених автентифікаторів для отримання ключів і сертифікатів. Такий підхід захищає ключі, що зберігаються в мікроконтролерах від незаконного вилучення за допомогою засобів налагодження, таких як JTAG.

## ВИСНОВКИ

Прийнявши серію стандартів з кібербезпеки IEC 62443, розробники та користувачі систем автоматизації управління створили шлях до надійної та безпечної інфраструктури. Захищені автентифікатори є

основою захищених компонентів, сумісних зі стандартами IEC 62443, які потребують надійної апаратної безпеки. Виробники оригінального обладнання можуть впевнено проектувати свої системи автоматизації управління, розуміючи, що безпечні автентифікатори допоможуть їм отримати необхідні сертифікати на їх нову продукцію.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Lorenzo Franceschi-Bicchierai. Ransomware Gang Accessed Water Supplier's Control System. Vice, August 2022.
2. Protecting Critical Infrastructure. Cybersecurity and Infrastructure Security Agency.
3. Bruce Schneier. The Story Behind The Stuxnet Virus. Forbes, October 2010.
4. ISASecure CSA Certified Components. ISASecure.
5. Patrick O'Brien. Cybersecurity Risk Assessment According to ISA/IEC 62443-3-2. Global Cybersecurity Alliance.
6. ATT&CK Matrix for Enterprise. MITRE ATT&CK®.
7. Cybersecurity Alerts & Advisories. Cybersecurity and Infrastructure Security Agency.
8. Ian Beavers. Intelligence at the Edge Part 1: The Edge Node. Analog Devices, Inc., August 2017.
9. Trust Your Digital Certificates—Even When Offline. Design Solutions, No.56, May 2017.

Функції безпеки автентифікатора	Високий рівень вимог згідно з стандартами IEC 62443	SL1	SL2	SL3	SL4
ECDSA/ HMAC/AES MAC	Комунікаційна цілісність	X	X	X	X
Безпечне завантаження	Системна цілісність: завантажувальна прошивка, сконфігурована цілісність даних	X	X	X	X
Шифрування AES	Конфіденційність даних (в режимах спокою і передачі)	X	X	X	X
Перевірка ECDSA	Автентифікація користувача	X	X	X	X
Підпис/Перевірка ECDSA	Автентифікація приладу		X	X	X
Визначений механізм для ECDSA/SHA/AES	Апаратна реалізація автентифікації			X	X
x.509 Сертифікат перевірки	Сертифікована автентифікація на базі стандарту PKI		X	X	X
Підпис ECDSA	Захист аудиторської інформації		X	X	X
Підпис ECDSA	Багатофакторна автентифікація користувача			X	X
Зовнішній вхід для втручання	Виявлення та протидія спробам несанкціонованого втручання			X	X
Оновлення прошивки IMC з захистом плюс системи	Безпечне оновлення модуля і системи захисту		X	X	X
Пам'ять с захистом на базі технології ChipDNA	Безпечне апаратне зберігання закритих ключів			X	X

**Рис. 5. Функції захищених автентифікаторів, які відповідають вимогам IEC 62443**

## ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ: ЩО ДАЛІ? \*

## INTERNET OF THINGS (IOT): WHAT'S NEXT?

У статті дається короткий прогноз розвитку технології Інтернету речей від сенсора до хмари.

Г. Мерфі

Abstract - The article provides a brief forecast of the advanced technology of the Internet of Things from the sensor to the cloud.

G. Murphy

Технологія Інтернету речей вже викликала ажіотажний попит у світі завдяки зростанню кількості впроваджених систем з чисельними сенсорами. Дивлячись у майбутнє, доцільно розглянути деякі причини успіху цієї нової технології. Тенденції подальшого розвитку Інтернету речей, переш за все, пов'язані з економічною вигодою цієї технології для кінцевого споживача. При цьому треба враховувати прогнозовану тенденцію до збільшення терміну служби акумуляторних батарей у таких системах до кількох років. Відомо, що у будь-якій бездротовій системі на базі Інтернету речей передача даних є досить енергозатратною, тобто потребує споживання високого рівня енергії. Критичним фактором технології Інтернету речей у майбутньому стає здатність працювати безпечно та надійно протягом тривалого часу. Тому успішний розвиток технології Інтернету речей у майбутньому буде визначатися ключовими показниками ефективності, такими як надійність сенсорів та тривалість безперебійної роботи. Аналітики прогнозують, що недорогі системи розробки зараз є на піку завищених очікувань. Автор публікації вважає, що такі нескладні платформи Інтернету речей (рис. 1) заповнять масовий ринок протягом наступних декілька років. Це будуть диференційовані або спеціалізовані високоточні сенсори

вання високого рівня енергії. Критичним фактором технології Інтернету речей у майбутньому стає здатність працювати безпечно та надійно протягом тривалого часу. Тому успішний розвиток технології Інтернету речей у майбутньому буде визначатися ключовими показниками ефективності, такими як надійність сенсорів та тривалість безперебійної роботи. Аналітики прогнозують, що недорогі системи розробки зараз є на піку завищених очікувань. Автор публікації вважає, що такі нескладні платформи Інтернету речей (рис. 1) заповнять масовий ринок протягом наступних декілька років. Це будуть диференційовані або спеціалізовані високоточні сенсори

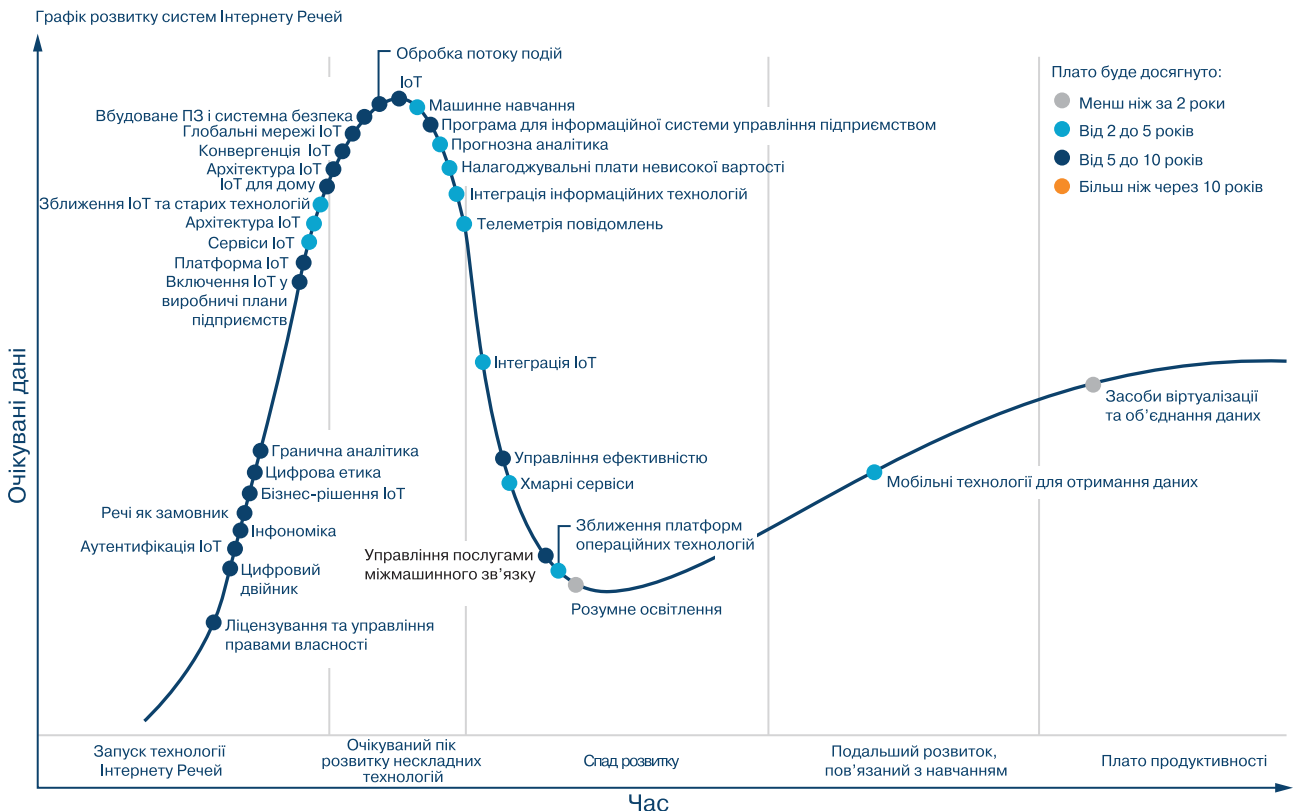
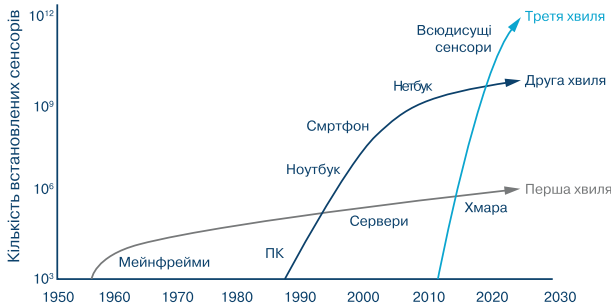


Рис. 1. Графік розвитку систем Інтернету речей у найближчі декілька років

\*Murphy G. Internet of Things (IoT): What's Next? [www.analog.com](http://www.analog.com).  
Скорочений переклад з англійської та коментар В. Романова.

та вимірювальні канали, які переміщують ринок Інтернету речей у майбутнє протягом наступних двох-п'яти років.

Хвилі цифровізації світу наведені на рис. 2.



**Рис. 2. Три хвилі цифровізації світу**

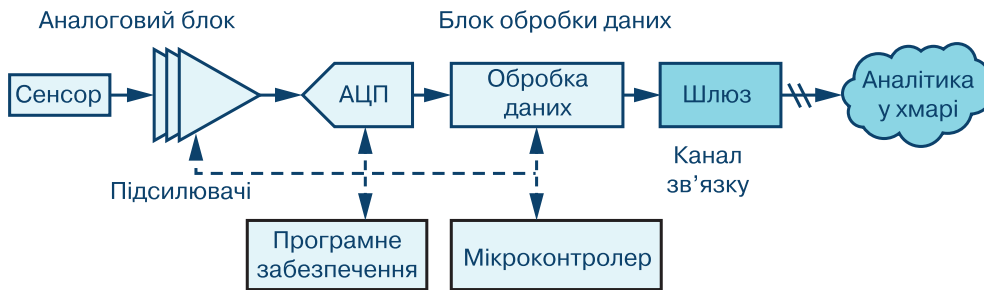
Одним із ключових процесів для системи Інтернету речей є перетворення аналогового сигналу в цифровий код. Чим краще це буде зроблено, тим надійнішими та кориснішими будуть дані.

Найефективнішим є розгортання системи Інтернету речей для отримання даних, які використовуються для визначення змін. Найкраща зміна – це та, яка приносить найбільшу цінність для кінцевого користувача, наприклад, підвищення ефективності чи безпеки на фабриці, де машинне навчання не лише визначає, коли в майбутньому може знадобитися прогнозне технічне обслуговування машини,

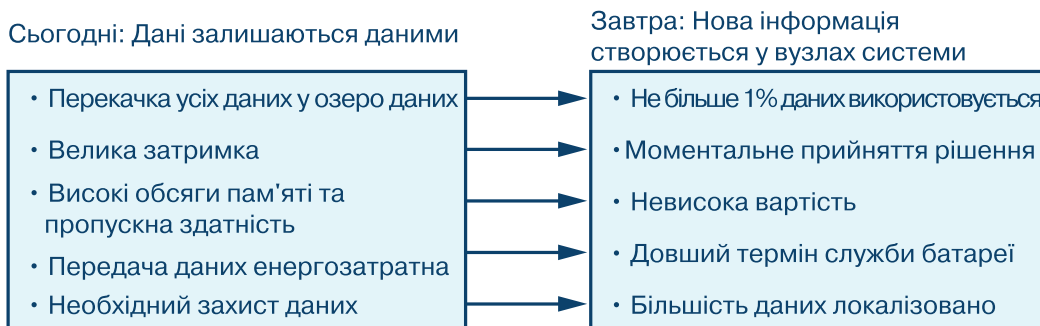
але також визначає механізми або деталі, які перш за все будуть потребувати заміни або ремонту. Таким чином, перший етап роботи будь-якої системи Інтернету речей полягає в тому, щоб виміряти і перетворити сигнали в реальному часі в аналітичні дані (рис. 3).

Те, наскільки добре це буде зроблено, створить основу для подальшого успіху нової технології. Найуспішніші системи Інтернету речей будуть вимірювати та аналізувати дані на рівні, якого не може досягти жодна сучасна система. Значна частина застосувань Інтернету речей потребуватиме інтелектуальної підтримки. Це пов'язане з низкою факторів, включаючи недостатню пропускну здатність каналів, обмеження швидкості передачі даних для безпомилкової їх передачі в хмару або проблеми, викликані затримкою відповіді з хмари. Таким чином, у вузлі системи, на проміжному шлюзі та в хмарі може бути декілька циклів керування. Хмара дозволить агрегувати дані для великої кількості сенсорів, і на основі цих даних будуть регулюватися параметри. Припускають, що фактично буде використовуватися лише 1% хмарних даних, що зменшує кількість загроз безпеці для системи у цілому та забезпечує більш надійне збереження даних.

Розумне розподілення та вбудовування алгоритмів попередньої обробки даних у сенсори дозволяє виділяти найважливіші дані в реальному часі безпосередньо на виході сенсора (рис. 4).



**Рис. 3. Від сенсора до хмари**



**Рис. 4. Розподіл функцій Інтернету речей сьогодні і в майбутньому**



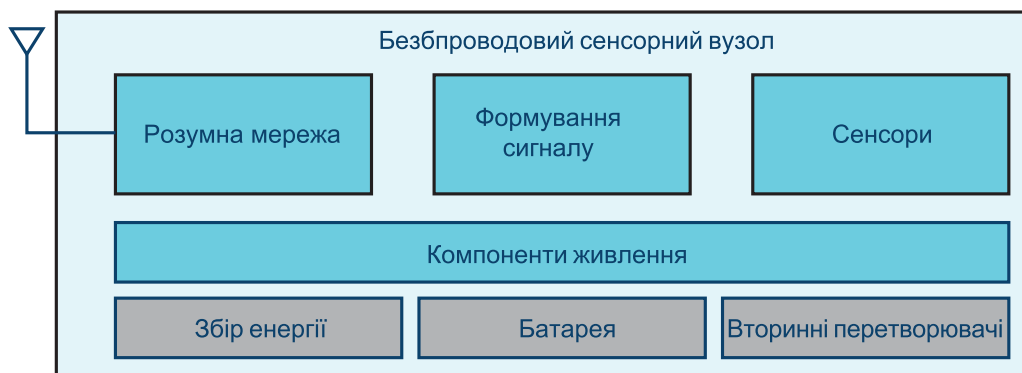
Алгоритми, вбудовані в інтелектуальні сенсори, та в хмарі, дозволяють розширити інтерпретацію отриманих даних. Це дає можливість прогнозувати та передбачати майбутню поведінку системи. Прискорення впровадження технології Інтернету речей у критично важливих проєктах залежить від здатності створювати захищені системи, а інтелектуальне розділення процесів у таких системах дозволяє це зробити. Хмарні обчислення дають можливість отримувати результати за допомогою великої кількості отриманих від сенсора даних і прив'язки окремих показань сенсорів відповідно до часу, місця розташування та показників інших сенсорів. Ці дві частини включають здатність виявляти зміни в даних (наприклад, зниження продуктивності машини) і здатність створювати цифрового двійника, який є програмною моделлю фізичного механізму, наприклад, двигуна або системи. Такі цифрові двійники можна використовувати для прогнозованого ремонту обладнання або планування виробничих процесів. Ця частина технології Інтернету речей буде характеризуватися появою великої кількості нових сенсорів у найближчі роки та можливістю їх масштабної комерціалізації та розповсюдження за рахунок програмного забезпечення та нових послуг. У промисловій автоматизації активний моніторинг машин та виробничих механізмів може радикально підвищити ефективність їх роботи та ефективного втручання в реальному часі, а у хмарі інформацію з кількох систем на кількох виробництвах можна агрегувати, аналізувати та застосовувати для покращення продуктивності у та-

кій галузі у цілому. Отже, розумне розподіл функцій у системі Інтернету речей може підвищити ефективність використання хмари.

Важливим компонентом Інтернету речей є бездротова мережа. Переважна більшість об'єктів підключатиметься до хмари за допомогою радіоканалу. Багато сенсорів буде мати автономне живлення від акумуляторів або енергозбирачів, тому ефективна робота таких систем буде найважливішим фактором їх роботи (рис. 5). Бездротові мережі вже зараз мають вирішальне значення для транспортування інтелекту від сенсора до хмари.

## ВИСНОВКИ

Надійна робота стане найважливішою властивістю систем Інтернету речей у майбутньому. Це, перш за все, стосується комунікаційних мереж, у складі такої технології, які необхідні для транспортування інтелекту від сенсора до хмари. Користувачі в ідеалі отримують нову технологію з невисокою вартістю, малим енергоспоживанням і малою затримкою даних. Буде також передбачена можливість масштабування Систем Інтернету речей за допомогою майже необмеженого використання сенсорів. Здатність створити надійну мережу від сенсора до хмари, незалежну від бездротового протоколу, буде основана на, перш за все, високій її надійності в жорстких умовах експлуатації, включаючи дію електромагнітних завад, за допомогою вбудованих додаткових (альтернативних) каналів для подолання таких перешкод.



- Застосування у жорстких умовах експлуатації
- Синхронізація вибору каналів та самодіагностика
- Надійний захист включно шифрування та автентифікацію
- Розумні сенсорні вузли

**Рис. 5. Надійні мережі Інтернету речей**

# БЕЗПЕЧНИЙ, КРИТИЧНО ВАЖЛИВИЙ ЗВ'ЯЗОК ПОТРЕБУЄ НОВОГО, ПРОСТОГО У ЗАСТОСУВАННІ ПІДХОДУ

## SECURE, MISSION CRITICAL COMMUNICATIONS REQUIRE A NEW, EASY TO IMPLEMENT APPROACH

Стаття підготована за результатами останніх розробок у галузі військового зв'язку.

V. Романов

Abstract - The article was prepared based on the results of the latest developments in the field of military communications.

V. Romanov

**Захист критичних комунікацій.** Системи критичного зв'язку поширені в аерокосмічній та оборонній промисловості. Багато з них є критично важливими. Особливо слід відмітити голосовий зв'язок, наприклад, в управлінні військовими підрозділами, надійність і безпека якого рятує життя бійцям, надаючи їм ситуаційну обізнаність у бойових діях. Простота використання, мініатюрні розміри, мала вага та потужність, швидкі терміни розробки нових критично важливих систем зв'язку є необхідними умовами при їх створенні. Мінімізація габаритних показників та потужності має важливе значення в оперативних умовах, щоб зменшити навантаження на бійця (рис. 1) і оптимізувати ефективність військових систем зв'язку у цілому. Деякі захищені критично важливі комунікаційні програми включають військовий радіозв'язок, безпілотні системи передачі даних і командні канали для управління. Ефективний підхід до розробки вбудованої безпеки може допомогти системним інтеграторам і виробникам засобів військового зв'язку вирішувати важливі вимоги до їх захисту.



Рис. 1. Військові з засобами зв'язку

**Військовий радіозв'язок.** Попит на тактичні ра-

діостанції, які оперативно доставляються бійцям, викликає потребу у модулях ефективного шифрування. Нові розробки тактичного радіообладнання включають прості у використанні вбудовані рішення безпеки.

Історично склалося так, що розробники трактів радіочастотного сигналу були поглинені ефективним компонуванням плат та зусиллями з обробки сигналів, що вимагало значного інженерного досвіду та часу для створення цих засобів. Мініатюризація досягалася шляхом вибору найбільш ефективних електронних компонентів і матеріалів корпусу. Альтернативний підхід до зменшення габаритів і потужності включає інтеграцію радіочастотних систем безпосередньо в конструкцію сигнального ланцюга. Наприклад, удосконалення включає новий радіочастотний приймач-передавач із прямим перетворенням і програмовану вентиляну матрицю FPGA, попередньо сконфігуровану як частину сучасного сигнального тракту. Нові приймачі в поєднанні з FPGA-технологією та ефективними і перевіреними функціями безпеки можуть скоротити час для створення безпечної системи зв'язку. ПЛІС типу FPGA можуть включати вузли обробки і шифрування сигналів, а також інтерфейс для програмування функцій безпеки, який забезпечує доступ до зашифрованого трафіку, керування ключами, безпечного завантаження, безпечного оновлення та безпечного зберігання даних. Загалом, такий підхід до проектування полегшує інтеграцію компонентів радіочастотного тракту і функцій безпеки в систему безпечного зв'язку, одночасно використовуючи перевірені ланцюги радіочастотних сигналів і функції безпеки.

Окрім розробки, засоби військового зв'язку потребують тривалого часу на сертифікацію шифрування через відповідні агентства національної безпеки (NSA). У США, наприклад, це NSA або Націо-

нальний інститут стандартів і технологій (NIST). Тривалість сертифікації, як правило, складає від 18 до 24 місяців. Тому такі установи доцільно долучати до сертифікації на початку процесу розробки шифрування з сумісними з ними алгоритмами шифрування та супровідною документацією, а також шляхом надання їм модулів безпеки, які прості у використанні та інтеграції. Сучасні вбудовані рішення безпеки захищають увесь сигнальний тракт військового зв'язку за допомогою відповідного апаратного забезпечення та криптографічних технологій на основі програмного забезпечення. Крім того, нові рішення включають пакети безпеки для вже існуючого апаратного забезпечення або вбудованих модулів шифрування на основі FPGA. Таким чином, сигнальний тракт військового зв'язку включає програмно-визначене радіо (SDR) наступного покоління, для якого потрібен високочастотний приймач-передач, FPGA та вбудовану систему шифрування. Вбудовану систему шифрування доцільно розробляти та сертифікувати паралельно з розробкою апаратури SDR. Крім того, використання раніше сертифікованих модулів шифрування може суттєво скоротити час сертифікації та впровадження нової технології військового зв'язку.

**Безпілотні системи.** Безпілотні системи включають безпілотні літальні апарати (БЛА), роботи і автономні тактичні транспортні засоби (рис. 2). Безпілотні системи, як правило, містять сенсори, відеокамери та системи зв'язку для отримання та передачі інформації. Інформація передається до наземної станції управління, або командного центру чи пристрою дистанційного керування. Це робить незахищені безпілотні системи вразливими до кібератак. Зловмисник може захопити віддалену платформу, маскуючись під законний пристрій дистанційного керування, або маніпулювати даними сенсорів і відеоданими. Відповідно, критичні комунікаційні та командно-контрольні канали повинні бути захищені, щоб запобігти кібератакам.

Рішення безпеки для зв'язку та командних каналів включають вбудоване програмне забезпечення для існуючого обладнання, вбудовані модулі шифрування, захищені модулі тракту радіочастотних сигналів і вбудовані модулі безпеки. Подібні нові та прості у використанні рішення, які зменшують габарити, потужність та час проектування системи військового зв'язку в цілому, розроблені компанією Analog Devices. Таким виробом, доступним для захисту критично важливих систем зв'язку, є система Sypher™ Ultra, яка зменшує складність реалізації



Рис. 2. Безпілотний літальний апарат

функцій безпеки в сімействі Xilinx® Zynq® UltraScale+™ MPSoC (ZUS+) FPGA. Функції безпеки Sypher Ultra включають безпечне завантаження, безпечне оновлення, безпечне зберігання ключів, безпечні дані для шифрування трафіку та безпечні дані в режимі спокою. Ці функції ізолюють конфіденційні криптографічні операції, захищають IP та зв'язок, керують ідентифікацією пристрою та дозволяють надійно розповсюджувати оновлення програмного забезпечення. Функції безпеки Sypher Ultra можуть бути реалізовані за допомогою еталонного програмного забезпечення/прошивки, API, графічного інтерфейсу користувача (GUI) і посібників користувача.

## ВИСНОВКИ

Військові системи зв'язку та канали передачі даних є прикладами критично важливого зв'язку, який необхідно надійно захищати. Ефективний підхід до розробки вбудованих засобів захисту у таких системах може допомогти системним інтеграторам і виробникам засобів військового зв'язку забезпечити необхідні вимоги до їх безпеки. Додаткову інформацію щодо рішень безпеки військового зв'язку можна отримати на сайті [analog.com/securitysolutions](http://analog.com/securitysolutions).

## VD MAIS

### Електронні компоненти і системи



- мікросхеми • датчики • оптоелектроніка
- джерело живлення • драйвери світлодіодів
- резонатори і генератори
- дискретні напівпровідники
- пасивні компоненти
- НВЧ-компоненти
- системи безпроводового зв'язку

Дистрибуція та прямі поставки:  
Analog Devices, Bluetech, Créé, DDC, Dypex, Fordata, Foryard, Gaia, Geyer, IXYS, Kendeil, Kingbright, Ledil, Littlefuse, Mean Well, Microsemi, Omron, Recom, Siti, Sonitron, Suntan, Tellit, Vacuumschmelze, Xilinx, Yitran

Україна, 03061 Київ, ул. М. Донца, 6  
тел.: (0-44) 201-0202, 492-8852, факс: (0-44) 202-1110  
e-mail: info@vdmais.ua, www.vdmais.ua

# ЯК ТЕХНОЛОГІЯ МОНІТОРИНГУ РОБИТЬ ОПРІСНЕННЯ ВОДИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИМ

## HOW CONDITION-BASED MONITORING (CBM) TECHNOLOGY MAKES DESALINATION MORE ENERGY EFFICIENT

Якби ми могли б пити воду безпосередньо з океану (рис. 1) наслідки для сільського господарства, сталого розвитку та глобальної якості життя були б приголомшливими, але зараз для цього потрібно витратити багато електроенергії. Технологія опріснення води є високоенергоємною, а її впровадження потребує великих витрат часу та ресурсів. Тому будь-яке підвищення енергоефективності такої технології було б на сьогодні великим досягненням. Відповідно до аналітичного звіту Глобального інституту водних ресурсів за 2019 рік приблизно 1% населення світу залежить від опрісненої води для задоволення своїх щоденних потреб, причому очікується, що до 2025 року ця кількість населення зросте до 14%. Оскільки все більше країн зазнають впливу сильної посухи в результаті зміни клімату, опріснення води ставатиме все більш і більш необхідним. Щоб задовольнити попит на технологію опріснення води, необхідно спростити впровадження цієї технології, підвищити її надійність та енергоефективність. Моніторинг стану води (condition-based monitoring – CbM) може суттєво допомогти це реалізувати. Є багато подібних систем, які використовуються у промисловому виробництві. Багато компаній займаються розробками відповідних технологій. Одним з прикладів такої розробки є платформа OtoSense™ компанії Analog Devices, що свідчить про нові можливості підвищення ефективності систем опріснення води. OtoSense — це технологічна платформа, яка створена для безперервного й точного моніторингу стану машин та іншого важливого обладнання. Вона накопичує дані про стан машини з більшою швидкістю та точністю, ніж будь-яка інша сенсорна платформа. Дані обробляються за допомогою штучного інтелекту з метою виявлення, прогнозування та запобігання вразливим подіям, покращуючи час безвідмовної роботи та якість, одночасно зменшуючи витрати на обслуговування та простої складного виробничого обладнання. Це надзвичайно потужний інструмент для широкого спектру можливих застосувань.

Зараз система Otosense використовується у тестуванні опріснювальних насосів для того, щоб пе-



*Рис. 1. Опріснена вода з океану*

реконатися в їх працездатності та надійності. Слід відзначити, що у системі Otosense енерговитратні тести виконуються на 23% швидше та потребують набагато менше енергії. При доопрацюванні ці тести можуть виконуватися на 50% швидше. Використання меншої кількості енергії для забезпечення доступу до свіжої питної води є лише одним із прикладів потенційного впливу моніторингу на здешевлення технології опріснення води. Відомо, що п'ятдесят відсотків світової електроенергії використовується для живлення електродвигунів. Застосування технології моніторингу CbM для забезпечення максимальної ефективності роботи машин може не тільки спростити процес опріснення води та зменшити відповідні енергозатрати, але й загалом допоможе скоротити глобальні викиди вуглекислого газу на 15% у галузях промисловості, включаючи енергетику, виробництво, сільське господарство та транспорт. Вища продуктивність, покращена якість, менші витрати на технічне обслуговування та зменшення споживання енергії – все це сприяє економічній ефективності досить коштовної технології опріснення води. З цього випливає, що такий моніторинг потенційно може перетворити досить дорогі проектні рішення на потенційно життєздатні. Крім того, широке використання технології моніторингу CbM в опрісненні води допоможе уповільнити і негативні зміни клімату. Таким чином, ця важлива технологія не лише зможе покращити життя людей, але й суттєво відновити здоров'я планети.

Платформа OtoSense™ збирає дані у режимі реального часу від розумних сенсорів інтелектуально-го двигуна та обробляє їх у хмарному середовищі паралельно з використанням машинного навчання.



**Особливості платформи OtoSense™:**

Платформа OtoSense™ забезпечує аналіз умов експлуатації обладнання та визначає потреби в його обслуговуванні

Завдяки запатентованій аналітиці прогнозовано-го технічного обслуговування обладнання платформа OtoSense™ може ідентифікувати та усувати несправності до того, як вони вплинуть на роботу обладнання, що контролюється

П'ять розумних сенсорів контролюють як динамічні параметри обладнання, так і умови його експлуатації

Сенсори можуть аналізувати динамічні парамет-

ри низьковольтних (<1000 В) 3-фазних асинхронних двигунів, що відповідає номінальній потужності в діапазоні від 0,37 до 500 кВт.

Розумні сенсори надають дані про рівень вібрацій, температуру та магнітне поле з високою точністю

Дані від сенсорів з результатами діагностики та рекомендаціями доступні через мобільний додаток, хмару та інформаційну панель

Дані від сенсорів зберігаються у хмарному середовищі, що запобігає їх втраті через збій живлення.

Розумні сенсори мають автономне батарейне живлення.



За мотивами картини  
В.О. Тропіліна  
"Кружевниця"

[Від ремесла до мистецтва]

## ДРУКОВАНІ ПЛАТИ

### ■ проектування

#### Проектування друкованих плат у НВФ VD MAIS – це:

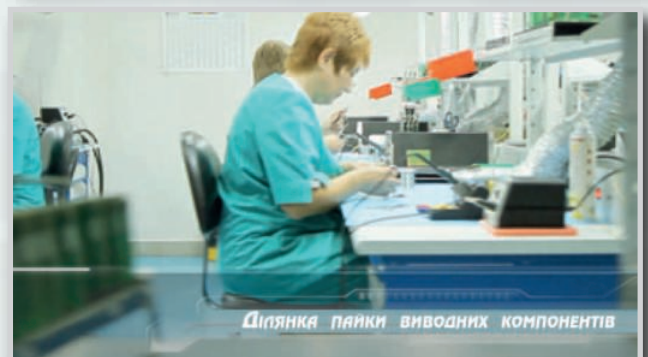
- багаторічний досвід конструювання і знання специфіки:
  - розробки електронних пристроїв
  - технології виробництва друкованих плат
  - різних систем проектування CAD-CAM (P-CAD, Mentor Graphics, CAM-350 и пр.)
- використання всіх можливостей виробника друкованих плат і контрактного виробництва VD MAIS

Системи екологічного менеджменту і менеджменту якості фірми сертифіковані на відповідність вимогам стандартів ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, IATF 16949:2016 і ISO 13485:2016

**VD MAIS**  
ДИСТРИБ'ЮЦІЯ +  
КОНТРАКТНЕ  
ВИРОБНИЦТВО

тел.: (044) 201-0202, info@vdmiais.ua, www.vdmiais.ua

**VD MAIS**  
PCB Professionally



## КОНТРАКТНЕ ВИРОБНИЦТВО ЕЛЕКТРОНІКИ

Повний цикл контрактного виробництва електроніки:

- проектування та виготовлення друкованих плат та трафаретів за стандартом IPC-A-600J
- комплексне постачання комплектуючих елементів
- автоматизований монтаж компонентів за технологією SMT та THT, включаючи монтаж у азотному середовищі, відповідно до стандарту IPC-A-610G (до 2 500 000 SMD-компонентів на добу)
- монтаж друкованих плат будь-якої складності при серійному та дрібносерійному виробництві
- нанесення лазерного маркування на друковані плати
- 100% автоматичний оптичний контроль якості монтажу
- внутрішньосхемний контроль готових виробів
- нанесення акрилових, силіконових, поліуретанових конформних (захисних) покриттів
- проведення кліматичних випробувань
- проведення механічних випробувань на вібростенді
- різання та зачистка проводів, обтискання контактів, виготовлення кабельних джгутів.

Система менеджменту якості фірми сертифікована на відповідність вимогам стандартів ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, IATF 16949:2016 і ISO 13485:2016.

Автоматизована паяння вивідних компонентів виконується на установці селективного паяння PowerSelective виробництва компанії SEHO. Паяння виконується міні-хвилью в азотному середовищі. Швидкість паяння 1...5 секунди на точку. Швидкість паяння роз'ємів 3 мм за секунду.

Україна, 03061, Київ,  
вул. Михайла Донця, 6

тел./факс: (044) 201-0202, (057) 719-6718, (0562) 319-128, (095) 283-8246,  
(048) 734-1954, (095) 274-6897, info@vdmais.ua; www.vdmais.ua

# EKіC

ЕЛЕКТРОННІ КОМПОНЕНТИ І СИСТЕМИ

Науково-технічний журнал.  
Призначений для розробників  
та виробників електронної  
та електротехнічної апаратури,  
засобів телекомунікацій, комп'ютерних  
та керуючих систем, промислової  
та транспортної електроніки.  
Видається із 1996 року.  
Засновник та видавець журналу –  
НВФ VD MAIS.

## НВФ VD MAIS

### Центральний офіс:

**03061 Київ**  
вул. М. Донця, 6  
Тел.: (+38-044) 201-0202, 492-8852  
Факс: (+38-044) 202-1110  
E-mail: [info@vdmajs.ua](mailto:info@vdmajs.ua)  
[http:// www.vdmajs.ua](http://www.vdmajs.ua)

**Ukraine**  
03061 Kyiv, M. Dontsia St. 6  
tel.: (+38-044) 201-0202, 492-8852  
fax: (+38-044) 202-1110