

Скакун О.В.

Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз
Служби безпеки України

Воскресенський В.Б.

Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз
Служби безпеки України

ПИТАННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ВИБОРУ БЮДЖЕТНОЇ МОДЕЛІ ЦИФРОВОГО ОСЦИЛОГРАФА ДЛЯ ПОТРЕБ ВИПРОБУВАЛЬНОГО ЦЕНТРУ ІСТЕ СБУ (ІЗ ДОСВІДУ ПРАКТИЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ)

Стаття присвячена аналізу оптимального вибору осцилографа цифрового для потреб Випробувального центру Українського науково-дослідного інституту спеціальної техніки та судових експертиз СБ України. Наведений перелік видів випробувань, послуги з яких надає Випробувальний центр, використовуючи певні засоби вимірювальної техніки. Виконаний аналіз останніх публікацій з актуальних питань щодо аргументацій вибору засобів вимірювальної техніки та рекомендацій з їх використання під час виконання вимірювань.

У статті розглядається завдання дооснащення Випробувального центру Українського науково-дослідного інституту спеціальної техніки та судових експертиз СБ України сучасними засобами вимірювальної техніки універсального призначення виробництва провідних світових компаній – цифровими запам'ятовуючими осцилографами – для забезпечення точності, правильності, відтворюваності та збіжності вимірювань у разі випробувань. Вибір приладів пропонується виконувати за критерієм «ціна/якість» та за градацією «універсальне призначення/вузькоспеціалізоване призначення». Наданий опис найбільш пріоритетних критеріїв, якими потрібно керуватися у разі вибору цифрових осцилографів. Наведені загальні теоретичні положення щодо специфіки функціонування цифрових засобів вимірювальної техніки. Подані визначення осцилографа та класифікація видів осцилографів, спрощена функціональна схема побудови цифрового осцилографа. Розглянуто переваги та недоліки сучасних моделей цифрових осцилографів.

Також з метою реалізації оптимального вибору бюджетної моделі цифрового осцилографа у статті виконано порівняння основних функціональних можливостей моделей осцилографів RTH1022 від Rohde&Schwarz (Німеччина), UTD4202C виробництва корпорації UNI-Trend Technology Limited (Китай) та SDS1202X+, що випускається фірмою Siglent Technologies Co., Ltd (Китай).

Ключові слова: цифрові вимірювальні прилади, квантування (дискретизація), осцилограф цифровий, бюджетна модель, переваги та недоліки цифрових осцилографів, виробники цифрових осцилографів, смуга пропускання, кількість каналів, частота дискретизації.

Постановка проблеми. Автори статті в публікації [1] вже акцентували увагу на тому, що Випробувальний центр Українського науково-дослідного інституту спеціальної техніки та судових експертиз Служби безпеки України (ВЦ ІСТЕ СБУ) акредитований Національним агентством з акредитації України як єдиний орган з оцінки відповідності (ООВ) у структурі Служби безпеки України, рівень розвитку якого забезпечує оцінювання відповідності продукції за нормами стандартів Європи. Окрім того, діяльність ВЦ ІСТЕ СБУ відповідає вимогам Закону України від 15.01.2015 № 124-VIII «Про технічні регламенти та оцінку відповідності». Станом на гру-

день 2021 року ВЦ ІСТЕ СБУ проводить такі види випробувань, як:

– оцінка відповідності функції законного перехоплення інформації з телекомунікаційних мереж із комутацією каналів/пакетів; оцінка відповідності функції блокування доступу до визначеного (ідентифікованого) інформаційного ресурсу (сервісу) в телекомунікаційних мережах; блокування протоколів, додатків та URL-адрес; доступ до визначеного (ідентифікованого) інформаційного ресурсу (сервісу) з шифруванням та за максимальної кількості ознак; ідентифікація потоків даних на основі застосування сигнатур; локальна фіксація пошкодження технічних засобів для блокування доступу до визначеного (іден-

тифікованого) інформаційного ресурсу (сервісу) в телекомунікаційних мережах; *відсутність ознак* об'єктів блокування доступу у разі аварійної зупинки мережних комплектів технічних засобів для блокування доступу до визначеного (ідентифікованого) інформаційного ресурсу (сервісу) в телекомунікаційних мережах; *перезавантаження* в автоматичному режимі програмного забезпечення мережних комплектів технічних засобів для блокування доступу до визначеного (ідентифікованого) інформаційного ресурсу (сервісу) в телекомунікаційних мережах;

– *стійкість продукції* до дії підвищеної та зниженої температури; *стійкість продукції* до дії підвищеної відносної вологості; *міцність продукції* під час транспортування; *безпека використання продукції* (вимірювання значення напруги пробую та опору ізоляції).

Точність, правильність, відтворюваність та збіжність вимірювань під час випробувань забезпечуються застосуванням сучасних засобів вимірювальної техніки (ЗВТ). На жаль, ВЦ ІСТЕ СБУ ще неповною мірою укомплектований такими засобами. З метою поліпшення якісних показників вимірювань під час випробувань шляхом отримання, запам'ятовування та оброблення додаткових результатів, одержаних від приладів (також аналітичних) із розширеними (інколи унікальними) функціональними можливостями, необхідне подальше оснащення ВЦ ІСТЕ СБУ сучасними та надсучасними ЗВТ, які виготовлені провідними світовими компаніями.

У разі певних обмежень у фінансуванні найбільш оптимальними критеріями вибору сучасних ЗВТ є: «ціна/якість» та «універсальне призначення/вузькоспеціалізоване призначення». Виконуючи процедури закупівель ЗВТ перевагу потрібно віддавати приладам універсального призначення. Аргументами щодо закупівлі та застосування вузькоспеціалізованих ЗВТ є унікальність їх параметрів. Концепція розвитку системи метрологічного забезпечення у сфері оборони на період до 2015 року та на перспективу до 2025 року [2] в питаннях вибору ЗВТ рекомендує спиратись на системний підхід.

З метою ефективного розвитку ВЦ ІСТЕ СБУ щодо виконання завдань вимірювань технічних параметрів продукції, яка проходить випробування, опрацьовується питання його додаткового оснащення найбільш сучасними ЗВТ універсального призначення виробництва провідних світових виробників. Одним з актуальних завдань є максимально оптимізований вибір бюджетної

моделі лабораторного цифрового осцилографа зі смугою пропускання 200 МГц [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемні питання вибору та застосування сучасних моделей осцилографів досліджували такі вітчизняні науковці, як Ю. Бобало, Л. Недоступ, М. Кіселичник, О. Надобко [4], Д. Нестерчук, С. Квітка, С. Галько [5], Ю. Гнусов, В. Тулупов, В. Пересічанський [6], М. Тимчук [7], В. Яковлев [8] та інші. Вагомий внесок у розроблення методів та шляхів оптимального застосування ЗВТ (також і осцилографів) зробили зарубіжні вчені. Заслужують на увагу ґрунтовні праці В. Дьяконова [3], А. Афонського та В. Дьяконова [9; 10], А. Дедюхіна [11], В. Терешкова, Ф. Цветкова, А. Лабинцева [12] та В. Чінкова [13]. Наявний великий обсяг інших публікацій, які мають інформаційно-довідковий та рекламний характер. Як правило, вони розміщені на електронних ресурсах провідних компаній різних країн, що спеціалізуються на наукових дослідженнях, розробці, випробуванні, виробництві та (або) постачанні різноманітних ЗВТ, також і цифрових осцилографів [14; 15; 16; 17].

Постановка завдання. Мета статті – створити лаконічні описи та надати ґрунтовні рекомендації щодо аналізу та критеріїв вибору бюджетної моделі цифрового осцилографа для потреб ВЦ ІСТЕ СБУ.

Виклад основного матеріалу. Термін «осцилограф» утворений від визначень «осциллум» – коливання та «графо» – пишу. Звідси походить і призначення цього ЗВТ – відтворювати на екрані приладу характеристики, що відображають форми різноманітних коливань.

Осцилограф – один із найпоширеніших вимірювальних приладів, що використовується в багатьох галузях науки, промисловості та надання послуг. Це пояснюється тим, що візуальне спостереження процесів на екрані приладу дає досліднику великий обсяг корисної інформації. Останні двадцять років стали етапом інтенсивного розвитку осцилографів. Із засобів для спостереження і якісного дослідження процесів вони перетворилися на засоби вимірювань з високими метрологічними характеристиками.

Ці багатофункціональні ЗВТ стали справді масовими приладами, які широко використовуються в багатьох сферах діяльності суспільства. Приклад класифікації видів осцилографів наданий на рис. 1.

Загальні принципи побудови цифрових осцилографів. Функціонування більшості цифрових

вимірювальних приладів базується на перетворенні безперервної (аналогової) вимірювальної величини в дискретну (цифрову). Виняток становлять прилади, які призначені для вимірювання дискретних величин (лічильники числа імпульсів, лічильники ядерних частинок та ін.). Процес цифрового кодування безперервної величини є сукупністю квантування (дискретизації) цієї величини за рівнем і за часом.

У цифрових вимірювальних приладах відбувається автоматичне перетворення вхідної вимірювальної величини у цифровий код. Автоматизм перетворення вимірювальної величини у цифровий код є визначальною ознакою таких засобів вимірювальної техніки.

Спрощена функціональна схема побудови цифрового осцилографа показана на рис 2. Досліджуваний сигнал, пройшовши дільник (Д) і аналоговий підсилювач з малою вихідною напругою (А), надходить на схему вибірки (СВ) і аналогово-цифровий перетворювач (АЦП). Для цього сигнал $u(t)$ представляється рядом рівномірно розподілених у часі вибірок u_1, u_2, \dots, u_N , які представляються у цифровій формі і розміщуються в пристрої пам'яті цифрового осцилографа. Такий осцилограф є запам'ятовуючим. Такі прилади часто називають цифровими запам'ятовуючими осцилографами (ЦЗО).

На схемі вказані такі позначення: Д – дільник; А – аналоговий підсилювач; СВ – схема

вибірки; АЦП – аналогово-цифровий перетворювач; ЗП – запам'ятовуючий пристрій; ЦАП – цифро-аналоговий перетворювач; РКІ – рідкокристалічний індикатор; Ліч – лічильник імпульсів; ГТІ – генератор тактових імпульсів.

Важливим параметром цифрового осцилографа є об'єм пам'яті. Цифрові дані із пам'яті можуть бути записані на магнітні диски у вигляді файлів, зберігатись на них необмежено довгий час і використовуватись у мірі необхідності. Цифрові дані, які вилучаються із пам'яті, подаються на цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП) і можуть знову бути перетворені в аналоговий сигнал, але трансформований у часі. Він відображається на електроннопроменевої трубі (ЕПТ) або рідкокристалічному індикаторі (РКІ). У разі застосування цифрового РКІ, ЦАП може і не знадобитись. Для створення розгортки зазвичай використовують тактовий генератор і лічильник імпульсів. Останній керує адресами вибірки цифрових даних із пам'яті.

Іншим важливим параметром АЦП є частота його роботи (частота вибірки). У разі складних форм досліджуваних сигналів вона повинна бути в десятки або і у сотні разів вищою за частоти повторення періодичного сигналу.

Параметри цифрових запам'ятовуючих осцилографів. Розглянемо переваги та недоліки сучасних моделей ЦЗО, які відображені в таблиці 1.

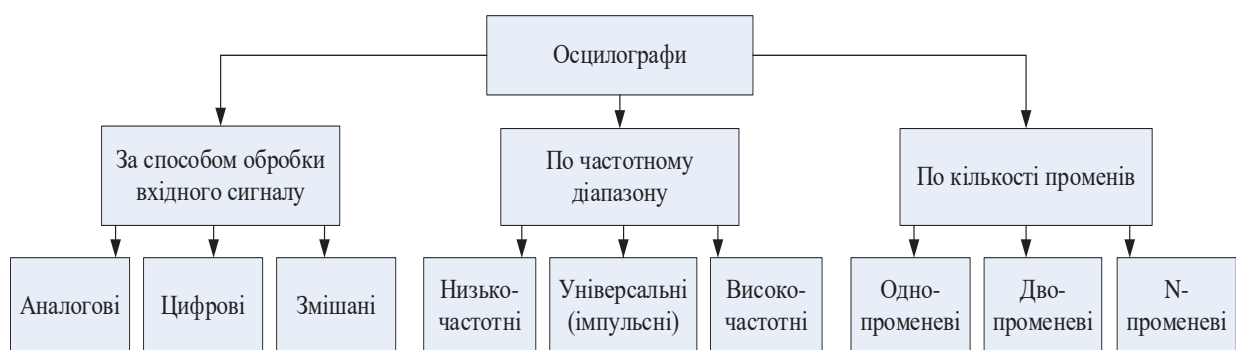


Рис. 1. Приклад класифікації осцилографів

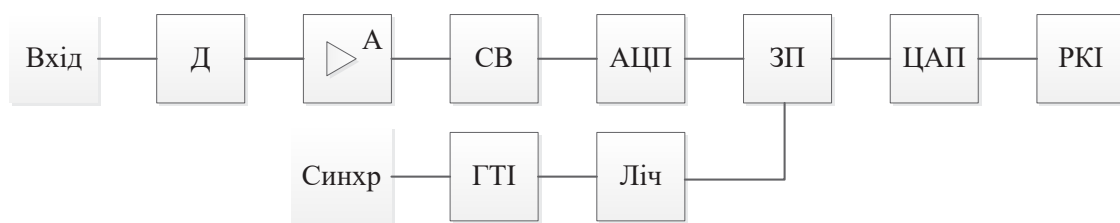


Рис. 2. Спрощена функціональна схема ЦЗО

Натепер ринок сучасних цифрових осцилографів пропонує велику кількість приладів від різноманітних виробників з широким спектром можливостей, тому вибір навіть такого відомого кожному інженеру приладу виявляється непростим, тривалим і трудомістким завданням.

Найбільш важливою характеристикою, яку необхідно враховувати, є смуга пропускання, оскільки саме вона визначає діапазон сигналів, які зможе відобразити осцилограф.

Необхідна смуга пропускання визначається в основному швидкістю наростання фронтів сигналу, який потрібно дослідити. Інженерам не часто доводиться досліджувати чисто синусоїдальні сигнали, а навпаки, доводиться працювати із сигналами, які містять вищі гармоніки, частота яких перевищує частоту основної гармоніки сигналу. Таким чином, якщо осцилограф не буде забезпечувати достатню смугу пропускання, то замість чітких та крутих фронтів будуть простежуватись сильно округлені перепади сигналу. А це, своєю чергою, негативно відобразиться на точності та достовірності вимірювань.

Частотний діапазон, в якому знаходяться досліджувані сигнали, також зумовлює смугу пропускання осцилографа, але меншою мірою, ніж тривалість фронтів. У сучасних цифрових осцилографах максимальна частота, яку вони можуть відобразити, визначається тактовою частотою системи. Якщо сигнали мають «пологі» fronti (від 500 пікосекунд та більше), то для нормального відображення таких сигналів осцилограф повинен мати смугу пропускання, як мінімум, у 2–3 рази вищу, ніж частота сигналу. Для більш «крутих» фронтів частота сигналу менше впливає на вимоги до смуги пропускання осцилографа.

Окрім цього, визначаючись зі смугою пропускання, треба враховувати й можливі майбутні вимоги до приладу. Але перед тим, як придбати осцилограф, необхідно ретельно проаналізувати характер майбутньої діяльності, щоб визначитись, які функції він повинен буде виконувати, та зупинитись на тій оптимальній моделі, яка дозволить вимірювати ефективніше і точніше.

Провідні виробники сучасних цифрових осцилографів. Одними з провідних виробників

Таблиця 1

Переваги та недоліки сучасних ЦЗО

№ з/п	Параметри цифрових запам'ятовуючих осцилографів	
	Переваги цифрових осцилографів	Недоліки цифрових осцилографів
1	Малий коефіцієнт підсилення вхідних підсилювачів, їх мала вихідна напруга	Відсутній
2	Широка смуга пропускання вхідних підсилювачів	Чутливість до імпульсних та високочастотних наведень (характерна також і для аналогових осцилографів)
3	Цифрова форма подання сигналу	Наявність шумів квантування, втрата інформації між вибірками
4	Застосування замість електронно-променевої трубки (ЕПТ) плоского рідкокристалічного індикатора (РКІ) з точковою побудовою зображень	Кінцева геометрична роздільна здатність і відносно висока вартість РКІ, спостереження осцилограм з дрібними сходишками
5	Перетворення часового масштабу у разі відображення сигналу і відсутність високошвидкісної аналогової розгортки	Втрата інформації про значну частину сигналу і необхідність у спеціальних рішеннях для усунення цього недоліку
6	Отримання осцилограм як після нульового відліку часу, так і до нього	Відсутній
7	Запам'ятовування осцилограм після їх побудови і направлення (вивід) на РКІ	Відсутній
8	Програмна реалізація низки функцій, наприклад, функції спектрального аналізу	Відсутній
9	Автоматизація налагодження осцилографа, зберігання декількох налаштувань	Відсутній
10	Автоматизоване вимірювання великої кількості параметрів сигналів	Відсутній
11	Підключення до комп'ютера, можливість керування осцилографом від комп'ютера, запис у файл осцилограм	Відсутній
12	Зменшення габаритів і ваги внаслідок відмови від громіздкої ЕПТ та високовольних джерел живлення	Відсутній

сучасних ЗВТ, у тому числі ЦЗО, є такі фірми, як Rohde&Schwarz, Tektronix&Keithley Inc., Keysight Technologies, Teledyne LeCroy тощо. Найвищий ціновий сегмент цих осцилографів передбачає максимальні можливості щодо розширеного діапазону частот, підвищеної розрядності, зниження за рахунок цього рівня квантування, збільшення чіткості та точності, наявність сенсорного керування, портативність тощо. Але від цього великою мірою залежить і їхня вартість.

Оптимальною альтернативою є бюджетний сегмент цифрових лабораторних осцилографів, який передбачає діапазон частот до 200 МГц як вищеназаних виробників, так і інших, наприклад GW INSTEK, SIGLENT Technologies Co. Ltd, Uni-Trend Technology Limited, які доволі успішно конкурують зі світовими брендами і не поступаються ані якістю виконання, ані надійністю, ані функціоналом, проте вигідно відрізняються власною вартістю. Приклад класифікації виробників цифрових осцилографів поданий у таблиці 2.

Класифікація цифрових осцилографів. Осцилограф завжди був основним робочим приладом для тих, хто займається розробкою, виготовленням або ремонтом електронного обладнання. ЦЗО захоплює, зберігає та відображає сигнали. Він може відображати високошвидкісні періодичні або неперіодичні сигнали, що надходять на кілька вхідних каналів, щоб відшукати короточасні глітчї або перехідні процеси.

Осцилограф може виміряти частоту сигналу; спотворення, що вносяться несправним компонентом, рівень шумів, зміну шуму в часі і безліч

інших параметрів. Приклад класифікації видів цифрових осцилографів поданий на рис. 3.

Критерії вибору цифрових осцилографів.

Автори пропонують розглянути найбільш важливі та доцільні критерії вибору [18].

1. *Смуга пропускання.* Системна смуга пропускання визначає головну здатність осцилографа вимірювати аналоговий сигнал – максимальний діапазон частот, в якому забезпечується точне вимірювання. *Вибираючи смугу пропускання, необхідно керуватися «правилом п'ятикратного перевищення».*

2. *Час наростання.* Для точного захоплення швидких перехідних процесів осцилограф повинен бути швидкодіючим. Чим менше час наростання осцилографа, тим точніше він передає тонкі деталі швидких перепадів. *Час наростання осцилографа повинен бути у 5 разів меншим за мінімальну тривалість фронту досліджуваного сигналу.*

3. *Узгоджені пробники.* Вибір пробників залежить від пристроїв і сигналів, з якими працюють. Смуга пропускання пробника повинна відповідати смузі пропускання осцилографа, і при цьому пробник не повинен створювати зайве навантаження на ланцюги пристрою, який тестується. *Доцільно використовувати пробники і осцилографи одного виробника. Осцилографи середнього цінового діапазону повинні мати вхідну ємність не більше 10 пФ.*

4. *Якісні вхідні канали.* Цифрові осцилографи оцифровують сигнал, який надходить на вхідні аналогові канали, а потім зберігають і відображають отримані значення. Два або чотири аналогові канали дозволяють вимірювати і порівнювати часові

Таблиця 2

Приклад класифікації виробників цифрових осцилографів

Виробники цифрових осцилографів		
Фірми країн Європи	Компанії США	Фірми країн Азії
Rohde&Schwarz (Німеччина)	Tektronix&Keithley Inc.	Good Will Instek (Тайвань)
CHAUVIN ARNOUX (Metrix) (Франція)	Fluke Corporation	EZ Digital (Південна Корея)
Velleman Instruments (Бельгія)	Keysight Technologies Inc.	Hitachi (Японія)
АКИП (Росія)	Teledyne LeCroy	Yokogawa Electric Corporation (Японія)
АКТАКОМ (Росія)		OWON (Китай)
ELTESTA (Литва)		Hantek Electric Co., Ltd (Китай)
		Uni-Trend Technology Limited (Китай)
		RIGOL Technologies, Inc. (Китай)
		Siglent Technologies Co., Ltd (Китай)

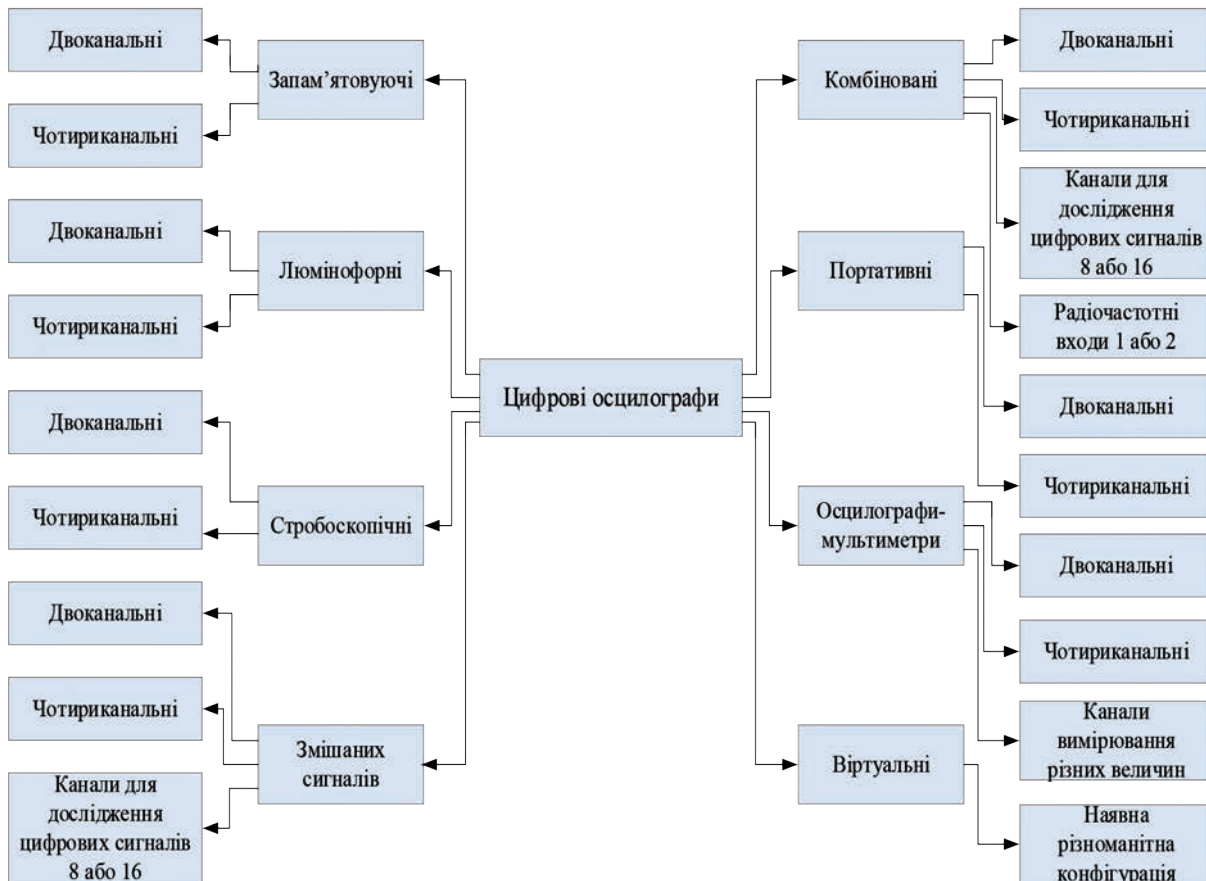


Рис. 3. Приклад класифікації цифрових осцилографів

характеристики сигналів аналогових пристроїв, тоді як для налагодження цифрової системи, яка використовує паралельну передачу даних, може знадобитись 8, 16, а можливо, й більше додаткових каналів. Осцилографи змішаних сигналів пропонують додаткові цифрові канали, які відображають тільки два логічних рівня і можуть представляти їх у вигляді сигналу шини. Комбіновані осцилографи (MDO) мають окремий РЧ вхід для виконання високочастотних вимірювань у частотній області.

5. Велика частота дискретизації. Точність відображення сигналу залежить від частоти дискретизації і від методу інтерполяції, який використовується. Частота дискретизації (число вибірок за секунду) визначає кількість дрібних деталей сигналу, які може захопити і відобразити осцилограф. Частота дискретизації повинна не менше ніж у 5 разів перевищувати найвищий частотний складник вимірюваного сигналу.

6. Гнучка система запуску. Система запуску забезпечує зображення і дозволяє виділяти конкретні фрагменти складних сигналів. Запуск дозволяє почати горизонтальну розгортку з потрібної

точки сигналу. Під час однократного запуску відбувається захоплення по всіх каналах одночасно. Всі осцилографи забезпечують запуск по фронту, і більшість – по тривалості імпульсу. Чим ширший вибір умов запуску, тим вища гнучкість використання осцилографа. Запуск по заданих умовах дозволяє виділити певну ділянку осцилограма і виявити аномалії.

7. Велика довжина запису. Довжина запису – це число точок, з яких складається зареєстрована осцилограма. Осцилограф має обмежений об'єм пам'яті для запису вибірок. Сучасні осцилографи дозволяють вибирати довжину запису, оптимізувати рівень деталізації. Осцилограф загального призначення може зберігати більше 2000 точок. Але для пошуку причин аномалій у складних послідовних потоках даних краще використовувати осцилограф з цифровим люмінофором (DPO) з довжиною запису 1 млн точок або більше. Для реєстрації перехідних процесів або пошуку неперіодичних сигналів треба вибирати осцилограф, який поєднує велику довжину запису з високою швидкістю поновлення осцилограм.

8. Потужна система навігації і аналізу. Осцилографи з довжиною запису у мільйони точок

Приклад порівняння основних характеристик бюджетних моделей цифрових осцилографів

№ з/п	Фірма та країна виробник	Модель	Смуга пропускання, МГц	Максимальна частота дискретизації, Гвиб/с	Кількість каналів	Орієнтовна вартість, грн
1	Rohde & Schwarz (Німеччина)	RTH1022	200	1 (в реальному часі)	2	184 000,00 (повна комплектація)
2	Uni-Trend Technology Limited (Китай)	UTD4202C	200	1 (в реальному часі)	2	44 400,00 (повна комплектація)
3	Siglent Technologies Co., Ltd (Китай)	SDS1202X+	200	1 (в реальному часі)	2	25 000,00 (повна комплектація)

можуть виконувати захоплення протягом тривалого часу, що дуже важливо для дослідження складних сигналів. **Функція масштабування і панорамування** дозволяє розтягувати потрібну ділянку осцилограми та переміщувати вікно огляду назад і вперед по шкалі часу. **Функція відтворення і паузи** автоматично переміщує вікно огляду по осцилограмі. **Маркери** дозволяють позначати конкретні події. **Функція пошуку і маркування** дозволяє переглядати всю захоплену осцилограму і автоматично відзначати появу певних подій. **Розширений пошук** дозволяє визначати різні критерії, що аналогічні умовам запуску, у відповідності до яких будуть автоматично виявлятися і позначатися події у захопленому сигналі.

9. **Автоматичні вимірювання сигналу.** Автоматичні вимірювання спрощують отримання точних чисельних значень параметрів сигналу. **Результати автоматичних вимірювань виводяться на екран у вигляді чисельних значень і мають більшу точність, ніж безпосередні вимірювання по координатній сітці.** Можна також написати власні формули для виконання математичних операцій.

10. **Розширена підтримка додатків.** Найкращі осцилографи мають прикладне програмне забезпечення для діагностики оптичних і електричних схем та тестувань на відповідність стандартам.

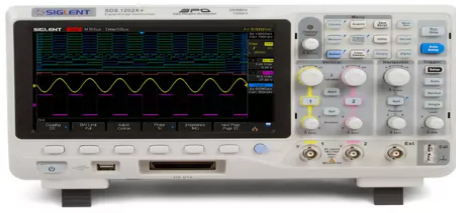
11. **Просте керування з чітким відкликом.** Осцилографи повинні бути прості в керуванні навіть для недосвідчених користувачів. **Інтерфейс користувача дає істотний внесок під час рішення інженерних задач.** Функції, які часто використовуються, повинні мати окремі органи керування. **Осцилограф повинен мати швидкий і чіткий відклик на органи керування, надавати декілька способів керування.** Вбудована довідкова система повинна дати зручні підказки, а інте-

лектуальна система меню забезпечити простий доступ до функцій і контекстних команд.

12. **Інтерфейси та можливості розширення.** Підключення осцилографа до комп'ютера або передача даних через змінні носії дозволяє виконувати розширений аналіз, спрощує документування і обмін результатами вимірювань. **Порти дисплея, принтера і LAN дозволяють інтегрувати осцилограф у вимірювальну систему: порт Ethernet для підключення до локальної мережі і відповідне програмне забезпечення дозволяють робити знімки екрана, реєструвати осцилограми і результати вимірювань; через хост-порт USB можливе швидке та просте збереження даних, роздруківка результатів вимірювань або підключення USB-клавіатури; порт пристрою USB забезпечує просте підключення до ПК або безпосередню роздруківку на принтері; порт VGA дозволяє виводити зображення екрана осцилографа на монітор або проектор.**

З метою реалізації оптимального вибору бюджетної моделі цифрового осцилографа виконаємо порівняння їх основних функціональних можливостей згідно з таблицею 3.

Найвищий ціновий сегмент осцилографів передбачає максимальні можливості щодо розширеного діапазону частот, підвищення розрядності, зниження за рахунок цього рівня квантування, підвищення чіткості та точності, наявність сенсорного керування, портативність тощо. Але від цього великою мірою залежить і їхня вартість. Оптимальною альтернативою, протестованою на практиці, є бюджетний сегмент цифрових лабораторних осцилографів, який передбачає діапазон частот до 200 МГц. Наприклад, SIGLENT SDS1202X+ успішно конкурує зі світовими брендами; не поступається ні якістю виконання, ні надійністю, проте вигідно відрізняється власною вартістю.



Цифровий осцилограф SDS1202X+

SDS1202X+ [17] є подальшим розвитком високоефективних осцилографів серії SDS1000X, модернізація яких торкнулася як апаратної частини, так і програмного забезпечення, результатом якої став ще більш функціонально досконалий осцилограф.

Для користувачів, яким важлива наявність вбудованих логічного аналізатора (16 каналів) та функціонального генератора (до 25 МГц), найкращим рішенням буде модель SDS1202X+.

SDS1202X+ – цифровий осцилограф з технологією SPO (суперфосфор), має смугу пропускання 2 x 200 МГц, швидкість вибірки 1 ГВ/с, об'єм пам'яті 14 млн точок/канал (у разі роботи 2-х каналів), швидкість захоплення осцилограм: 100 тис. форм/с (звичайний режим) / 400 тис. форм/с (режим сегментованої вибірки – важливий параметр, що підвищує ймовірність захоплення швидких сплесків (викидів) і так званих ілюзор-

них сигналів з низькою ймовірністю повторення), розширеною системою синхронізації, декодуванням IIC, SPI, UART, CAN, LIN, RS232, колірною градацією частоти повторення осцилограм, високою чутливістю 500 мкВ/поділ., функція швидкого перетворення Фур'є дозволяє обробляти до 1 млн точок. І все це у стандартній комплектації без необхідності закупівлі опцій. Для виконання вимірювальних завдань, які вимагають гальванічної розв'язки каналів, пропонується опція ISFE.

Висновки. На базі аналізу викладеного матеріалу можна зробити такі висновки: 1) лише оптимальний вибір бюджетної моделі цифрового осцилографа дозволить коректно виконати завдання додаткового оснащення сучасним приладом ВЦ ІСТЕ СБУ; 2) у разі вибору цифрового осцилографа доцільно керуватися 12 критеріями, викладеними у статті; 3) рекомендується використовувати бюджетні моделі ЗВТ виробництва провідних компаній країн Азії; 4) бажано мати можливість оновлення та розширення функцій цифрового осцилографа, що дозволить ініціювати його нові функціональні можливості.

Отже, з урахуванням викладених у статті матеріалів цифровий осцилограф моделі SDS1202X+ виробництва фірми Siglent Technologies Co. Ltd. (Китай) може бути рекомендований для дооснащення ВЦ ІСТЕ СБУ.

Список літератури:

1. Скакун О.В., Воскресенський В.Б., Сивобородько А.В. Питання оптимального вибору мультиметра цифрового для потреб випробувального центру (з досвіду практичної діяльності). *«Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського»*. Серія «Технічні науки». Том 32 (71). № 4, 2021, с. 32–39.
2. Концепція розвитку системи метрологічного забезпечення у сфері оборони на період до 2015 року та на перспективу до 2025 року : затверджена наказом Міністра оборони України від 18.01.2010 № 12.
3. Дьяконов В.П. Современная осциллография и осциллографы. *Серия «Библиотека инженера»*. Москва : СОЛОН-Пресс, 2010. 320 с.: ил.
4. Бобало Ю.Я., Недоступ Л.А., Киселичник М.Д., Надобко О.В. Осциллографы та методи вимірювання радіотехнічних величин : навчальний посібник. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2014. 88 с.
5. Нестерчук Д.М., Квітка С.О., Галько С.В. Основи метрології та засоби вимірювань : навчальний посібник. Мелітополь : Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2017. 256 с.
6. Гнусов Ю.В., Тулупов В.В., Пересічанський В.М. Метрологія та вимірювання : навчальний посібник. Харківський національний університет внутрішніх справ, 2019. 125 с.
7. Тимчук Н.Н. Цифровые запоминающие осциллографы серии DSO5000В от Hantek. *Радиокомпоненты. Для практического использования*. № 3 (61), 2011, с. 38–39.
8. Яковлев В.А. Осциллографы. Основные принципы измерений. Часть 4. *Измерительные приборы и системы*. № 4, 2008, С. 54–60.
9. Афонский А.А., Дьяконов В.П. Измерительные приборы и массовые электронные измерения. Москва : Солон-Пресс, 2007. 544 с.
10. Афонский А.А., Дьяконов В.П. Электронные измерения в нанотехнологиях и микроэлектронике / под ред. проф. В.П. Дьяконова. Москва : ДМК Пресс, 2011. 688 с.
11. Дедюхин А.А. Цифровые осциллографы компании Good Will Instruments Co. Ltd. *Метрология и измерительная техника в связи*, № 3, 2003.

12. Терешков В.В., Цветков Ф.А., Лабынцев А.В. Цифровые осциллографы: теоретические основы применения : учебное пособие / Под ред. В.В. Терешкова. Таганрог : Изд-во ЮФУ, 2013. 84 с.
13. Чинков В.Н. Цифровые измерительные приборы : учебник. Москва : МО, 1992. 506 с.
14. Контрольно-измерительное оборудование. Каталог 2016/2017. URL: <http://www.rohde-schwarz.ru>.
15. Електронний ресурс компанії "VD MAIS". URL: <http://www.vdmais.ua>.
16. Електронний ресурс фірми «Еталон-Прибор». URL: <http://www.etalonpribor.com.ua>.
17. Електронний каталог продукції Siglent Technologies Co., Ltd. URL: <http://www.gtest.com.ua>.
18. URL: <https://oscillograf.com.ua>.

Skakun O.V., Voskresenskiy V.B. THE QUESTION OF THE OPTIMAL CHOICE OF A DIGITAL OSCILLOSCOPE FOR THE NEEDS OF THE TEST CENTER (FROM PRACTICAL EXPERIENCE)

The article is devoted to the analysis of the optimal choice of digital oscilloscope for the needs of the Testing Center of the Ukrainian Research Institute of Special Equipment and Forensic Science of Ukraine. The list of types of tests, the services of which are provided by the Test Center, using certain means of measuring equipment. The analysis of the last publications on actual questions concerning arguments of a choice of means of measuring equipment and recommendations concerning their use at performance of measurements is executed.

The article considers the task of equipping the Test Center of the Ukrainian Research Institute of Special Equipment and Forensic Science of Ukraine with modern measuring instruments of universal purpose, manufactured by leading world companies – digital storage oscilloscopes, to ensure accuracy, correctness, reproducibility and convergence of measurements. The choice of devices is proposed to be performed according to the criterion "price/quality" and according to the gradation "universal purpose/highly specialized purpose". The description of the most priority criteria which should be guided at a choice of digital oscilloscopes is given. The general theoretical provisions concerning specificity of functioning of digital means of measuring equipment are resulted. Definitions of the oscilloscope and classification of types of oscilloscopes, the simplified functional scheme of construction of the digital oscilloscope are given. The advantages and disadvantages of modern models of digital oscilloscopes are considered.

Also, in order to implement the optimal choice of budget model of digital oscilloscope, the article compares the main functionality of oscilloscope models RTH1022 from Rohde & Schwarz (Germany), UTD4202C manufactured by UNI-Trend Technology Limited (China) and SDS1202X+, manufactured by Siglent Technologies Co. Ltd (China).

Key words: digital measuring instruments, quantization (sampling), digital oscilloscope, budget model, advantages and disadvantages of digital oscilloscopes, manufacturers of digital oscilloscopes, bandwidth, number of channels, sampling frequency.