

# Захист пристрою під час тестування від пошкоджень, пов'язаних з електроживленням

Адаптований переклад українською та технічне редагування:

Віктор Бутирін, директор, Юнітест

E-mail: Victor\_Butyrin@unitest.com

**Якщо ви хочете досягти своїх цілей, дотримуючись термінів і бюджету, важливо захистити пристрої від пошкоджень під час тестування. Якщо ризик пошкодження пристрою є предметом значного занепокоєння, під час планування тестування слід врахувати стратегії та обладнання, що дають змогу знизити цей ризик. Вибір джерела живлення з вбудованими функціями захисту, такими як захист від перенапруги чи перевищення струму, дуже важливий для безпеки пристрою та дає можливість скоротити інвестиції в розробку системи тестування шляхом зменшення загальної кількості системного обладнання. У цій статті розглядається, як перевірені методи автоматично захищають ваш тестований пристрій від ушкоджень.**

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Контроль вихідної напруги та струму джерела живлення для запобігання перенапруги тестованого пристрою в умовах, наближених до відмови, вимагає швидкої та ефективної реакції на різні ситуації. Основними причинами відмови тестованого пристрою є перевантаження за напругою і струмом, деякі з яких можуть бути дуже нетривалі, а деякі — тривати аж до того моменту, поки не будуть виявлені.

Перевантаження за напругою або струмом можуть відбуватися з різних причин, зокрема:

- відмова внутрішньої схеми може призвести до підвищення вихідної напруги до небажаного рівня;
- наявність декількох джерел енергії, наприклад, ще одного джерела живлення або акумулятора;
- розімкнуте з'єднання сенсорного проводу;
- локальне зчитування напруги замість дистанційного;
- відмова контролера системи або помилка програмування;

- відмова джерела напруги, що працює в режимі постійної напруги паралельно з одним або кількома джерелами, що працюють у режимі постійного струму;
- протидія умові перевантаження за напругою шляхом замикання накоротко вихідних терміналів джерела живлення, що призводить до стрибка струму розряду з тестованого пристрою;
- велике значення пускового струму тестованого пристрою;
- надлишковий струм в результаті перевантаження тестованого пристрою;
- надлишковий струм, пов'язаний із близькою або фактичною відмовою в схемі тестованого пристрою;
- коротке замикання проводки в системі тестування.

## ЗАХИСТ ВІД НАДЛИШКОВИХ НАПРУГИ ТА СТРУМУ

Захист тестованого пристрою від надлишкової або невідповідної напруги

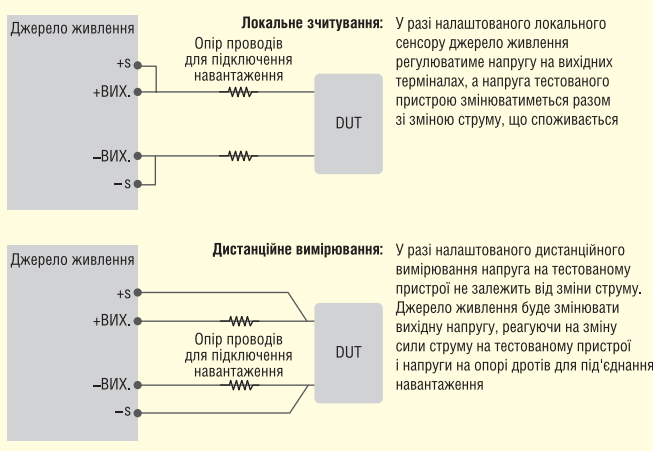
і струму живлення може бути забезпечено за допомогою джерела живлення, що має розширені функції захисту і покращену систему реакції на ці події.

## Захист від умов перевантаження за напругою (ЗПН)

Програмований ЗПН дистанційного зчитування з сенсорів з функціями виявлення пошкоджених або під'єднаних у зворотному порядку сенсорів напруги та керованого вимкнення виходу джерела живлення може допомогти захистити тестований пристрій від впливу надлишкової напруги (рис. 1).

## ЗПН з дистанційним керуванням

Тестований пристрій, що споживає значну кількість струму через довгі дроти живлення з відносно високими опорними, може створювати великі перепади напруги на виводах. Без дистанційного зчитування отримання потрібної напруги на тестованому пристрої може вимагати налаштування вихідної напруги джерела живлення для компенсації перепаду напруги на виводах під час споживання пристроєм максимального струму. Якщо струм, що споживається пристроєм, переривається або значно знижується, в результаті може створюватися напруга, що перевищує допустиму. Дистанційний ЗПН забезпечує конфігуруємий ЗПН, який налаштовується на основі напруги на виводах сенсорів. Контроль схемою захисту напруги на виводах сенсорів замість напруги вихідного терміналу забезпечує більшу точність контролю напруги безпосередньо на навантаженні. Функція локального захисту від перевантаження за напругою забезпечує додатковий захист. Вона відстежує запрограмоване



**Рис. 1. Локальне та дистанційне вимірювання захисту від перевантаження за напругою**

налаштування захисту від перевантаження за напругою і спрацює, якщо напруга на вихідних терміналах «+» і «-» підіймається на більш ніж 1 В + 10% від номінальної напруги пристрою вище за програмованого налаштування захисту від перевантаження за напругою.

### Виявлення пошкоджених або підключених у зворотному порядку сенсорів напруги

Якщо дистанційні сенсори вмикаються під час під'єднання виводів сенсорів джерела живлення до тестованого пристрою в точці, до якої під'єднано дроти живлення, важливо переконатися, що з'єднання виводів сенсорів виконано коректно. Якщо один або кілька виводів сенсорів не підключені або несправні та відсутній будь-який захист від сенсорів напруги, напруга на тестованому пристрої може підвищуватися до несподіваних і потенційно шкідливих рівнів. Для захисту від втрати здатності до дистанційного зчитування напруги джерела живлення Keysight Advanced Power System (APS) виконують перевірку на предмет розімкнутих виводів на одному або обох сенсорних дротах перед увімкненням і протягом усього часу тестування. Функція безперервної діагностики виводів сенсорів дає змогу джерелу живлення реагувати на переривання сигналу зчитування під час тестування. Пристрій реагує на умову відмови протягом приблизно 50 мкс. Крім виявлення розімкнутих виводів сенсорів, функція виявлення несправностей сенсорів джерела живлення вимкне вихід, якщо зчитувальні виводи випадково замкнуть накоротко або якщо дроти буде під'єднано у зворотному порядку. Зверніть увагу, що, як і раніше, важливо переконатися в належному під'єднанні

сенсорних дротів, оскільки функція захисту не може виявляти неправильно під'єднані зчитувальні виводи, не вмикаючи вихід, на короткий час спричиняючи непередбачуване підвищення напруги.

Цю функцію також можна вимкнути, якщо вона створює небажані перебої в роботі пристрою, що тестується, або якщо конфігурація виводів чи динаміка навантаження призводять до помилкового спрацювання системи. Якщо функцію виявлення пошкоджень виводів джерела живлення APS не ввімкнено й один або обидва сенсорні виводи не під'єднано перед увімкненням, джерело живлення буде продовжувати працювати. Напруга на вихідних терміналах у цьому разі становитиме приблизно на 1% більше запрограмованого значення.

### Послідовне та кероване вимкнення виходу (без шунту)

Для деяких тестованих пристроїв швидке коротке замикання виходу джерела живлення з використанням шунту буде достатнім або єдиним дієвим методом захисту від перевантаження за напругою. Для захисту від перевантаження за напругою інших пристроїв необхідний більш керований підхід. Конструкція вихідного каскаду потужності джерела живлення APS дає змогу вимкати вихід для полегшення послідовного керованого зупинення. Вимкнення виходу джерела живлення замість замикання накоротко вихідного каскаду за допомогою шунтувального вентиля може допомогти захистити деякі типи пристроїв, що тестуються, від пошкодження.

Коротке замикання виходу джерела живлення може призвести до споживання надлишкового шкідливого струму перевантаження з тестованого пристрою,

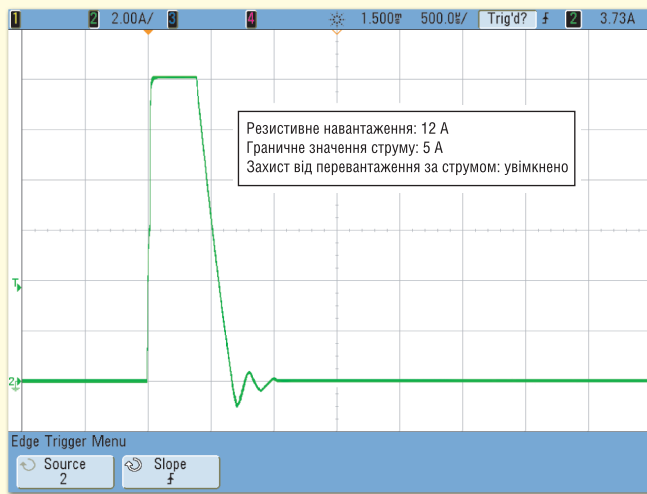
якщо після виявлення та усунення умови перевантаження за напругою на ньому зберігається значний заряд. Якщо джерело живлення не перебуває в стані захисту від перевантаження за напругою або струмом, а його напругу необхідно швидко знизити, щоб захистити тестований пристрій, можливість поглинати струм може забезпечити швидке зниження напруги за допомогою споживання струму обсягом до 10% від номінального значення джерела. Для швидшого зниження напруги можна додати зовнішній розсіювач потужності, здатний споживати до 100% від номінального значення струму джерела живлення. Ви можете налаштувати внутрішнє навантаження і зовнішній розсіювач на потрібний рівень струму.

### ЗАХИСТ ВІД УМОВ ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ ЗА СТРУМОМ

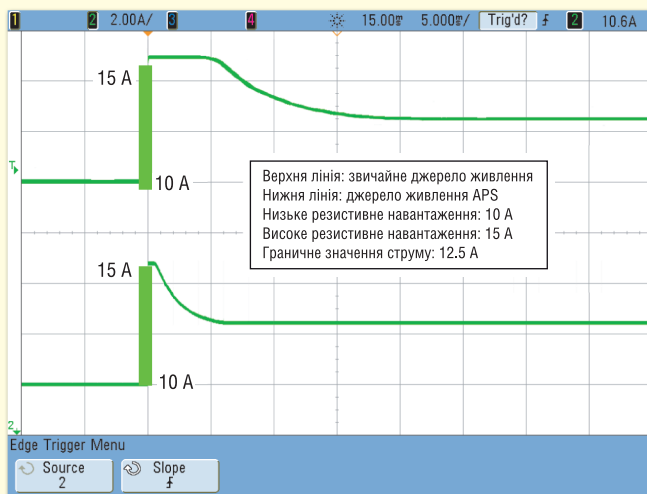
Захист від перевантаження за струмом допомагає захистити тестований пристрій від споживання надлишкового струму. У джерелах живлення APS ця функція програмується користувачем і може бути як вимкнена, так і ввімкнена. Якщо функцію ввімкнено, вихід буде вимкнено, коли струм на виході досягне граничного значення. Якщо тестований пристрій споживає, або очікується, що він буде споживати миттєві стрибки струму, здатні перевищити граничне значення, спрацювання захисту від перевантаження за струмом може бути програмно відкладено на 0–0.255 с, щоб уникнути помилкового виконання. На рисунку 2 показано знімок із джерела живлення APS, на якому струм навантаження швидко підвищився з 0 до 12 А. Граничне значення струму — 5 А, захист від перевантаження за струмом увімкнено. Вихід джерела живлення APS відключається менш ніж за 500 мкс, і значення вихідного струму повертається до 0. На рисунку 3 порівнюються захист від перевантаження за струмом і час встановлення джерела живлення загального призначення (верхня лінія) і джерела живлення APS (нижня лінія). Модель APS працює на порядок швидше.

### Швидкість реакції на умови, що швидко змінюються

Для забезпечення надійного захисту тестованого пристрою джерелу живлення необхідні: функція контролю в режимі реального часу і швидка реакція на



**Рис. 2. Захист від перевантаження за струмом джерела живлення APS вимикає вихід**



**Рис. 3. Порівняння функцій обмеження струму**

виникнення умов відмови. Коли струм або напруга, що подаються на тестовий пристрій, досягають неприпустимих умов або виходять за межі встановленого діапазону робочих режимів, може знадобитися негайна реакція. Контроль у режимі реального часу в поєднанні з системою запуску APS забезпечує швидший відгук порівняно з використанням зовнішніх інструментів, як-от струмовий шунт, вольтметр, кабельна розводка і контролер.

### ЗАХИСТ ВІД ПОРУШЕННЯ ЗВ'ЯЗКУ МІЖ КОНТРОЛЕРОМ І ДЖЕРЕЛОМ ЖИВЛЕННЯ

Коли безпека тестованого пристрою пов'язана з роботою програми (application) на зовнішньому контролері, а програма або контролер припи-

няють працювати належним чином, для захисту тестованого пристрою можна використовувати сторожовий таймер виходу джерела живлення APS. У складних тестованих пристроях, що виконують функції, які залежать від часу, коли параметри джерела живлення системи тестування потрібно налаштувати відповідним чином, несправна програма або контролер можуть завдати шкоди.

Сторожовий таймер може допомогти пом'якшити наслідки такої несправності. Сторожовий таймер виходу переводить усі виходи в режим захисту за відсутності активності вхідних/вихідних команд SCPI на інтерфейсах керування (USB, LAN, GPIB) протягом періоду часу, зазначеного користувачем. Значення затримки сторожового таймера може бути встановлено в межах від 1 до 3600 секунд із кроком підвищення в 1 с. Під час постачання джерел жив-

лення APS із заводу сторожовий таймер налаштовують на вимкнення виходів після відсутності активності вводу/виходу протягом 60 с. Після закінчення цього періоду часу виходи буде вимкнено. У разі переходу до умов захисту внаслідок відсутності активності вводу/виходу можна використовувати інтелектуальну систему запуску джерела живлення APS для запуску інших інструментів або сигналу тривоги в системі тестування (якщо система має аварійну сигналізацію). Також може бути налаштоване вимкнення всієї системи тестування.

Внутрішній контрольний таймер джерела живлення APS усуває необхідність у виготовленому на замовлення незалежному зовнішньому або такому, що працює на базі ПК, сторожовому таймері, який контролює діяльність вхідних/вихідних команд ПК. Він також зменшує складність і ризики системи тестування.

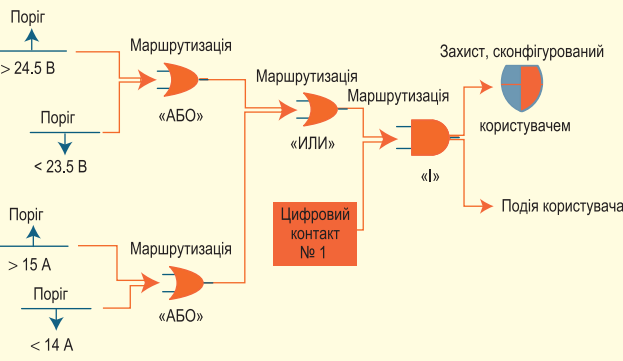
### Швидке припинення тестування в разі виникнення умов, що викликають сумніви

Інтелектуальна система запуску джерела живлення APS призначена для приймання та надсилання тригерів. Вхідний тригер може увімкнути або вимкнути вихід, викликати перехід до нового налаштування вихідної напруги/струму або запустити вимірювання. Вихідний тригер може запустити дію іншого інструменту на випробувальному стенді. Використання комбінацій вхідних і вихідних тригерів для контролю джерела живлення і синхронізації з системою тестування може допомогти захистити тестовий пристрій. Для визначення умови захисту в джерелах живлення APS набір вхідних сигналів від підсистем стану, запуску та цифрових портів можна поєднувати з логічними операторами «!», «АБО», «НЕ». Наявність доступу до сигналів реального часу всередині джерела живлення може сприяти зменшенню часу реагування на умови тестування, що викликають сумніви, порівняно із системою захисту тестованого пристрою, яка залежить від зовнішніх вольтметрів, амперметрів, струмових шунтів і контролерів.

На рисунку 4 показано приклад інтелектуальної системи запуску APS, яка створює сигнал для запуску визначеної користувачем події або спеціальної події захисту.

### Контроль і реакція на події в реальному часі для захисту тестованого пристрою

Покращена система вимірювання та інтелектуальна система запус-



**Рис. 4.** Приклад інтелектуальної системи запуску APS, яка створює сигнал для запуску визначеної користувачем події або спеціальної події захисту

ку джерела живлення APS може допомогти знизити ризики тестування завдяки малому часу реагування та меншій складності системи тестування. Щоб досягти рівня керування виходом, еквівалентного рівню джерел живлення APS, потрібна індивідуальна або дискретна система вимірювання, що містить у собі струмовий шунт, один або кілька вольтметрів, кабельне розведення і контролер із програмним забезпеченням і драйверами. Однак реагування на умову відмови під час використання зовнішнього обладнання для вимірювання та керування здійснюватиметься повільніше.

Коли під час циклу тестування створюється внутрішній тригер, це може бути критично важливим для безпеки вашого тестованого пристрою з погляду синхронізації із системою тестування або події сигналу на іншому тестовому обладнанні. Джерела живлення APS можуть створювати тригери для наборів внутрішніх подій. До таких подій належать: зміна стану з CV на CC, перехід виходу в кінцеве значення і зміна вимірної величини виходу на конкретне значення, що перевищує встановлений поріг або виходить за межі конкретного діапазону. Захист тестованого пристрою не завжди залежить від активації захисту від перевантаження за напругою або струмом. Якщо тестований пристрій має працювати в межах встановленого діапазону значень напруги та/або струму, а фактично виміряна робоча точка виходить за межі цього діапазону або потрапляє на конкретне значення, це може свідчити про несправність пристрою. Щоб захистити пристрій, джерело живлення може створити тригер для переходу в стан захисту, зміни налаштувань напруги/струму або запуску необхідних дій устаткування випробувального стенда, наприклад, застосування інших джерел живлення та навантажень.

Джерела APS можуть взаємодіяти з іншим обладнанням на випробувальному стенді та навіть із тестованим пристроєм, якщо він може приймати або створювати тригерні сигнали. З погляду захисту тестованого пристрою, якщо умови цього пристрою або іншого обладнання випробувального стенда вказують на наближення потенційно небезпечної умови, джерела живлення APS можуть прийняти тригер, здатний увімкнути або вимкнути вихід або змінити налаштування вихідної напруги чи струму.

## ВИСНОВОК

Джерело живлення має швидко й ефективно реагувати на різні ситуації, щоб уникнути пошкодження тестованого пристрою за умов відмови або близьких до неї. Вибір джерела живлення з вбудованими розширеними функціями захисту — найкращий спосіб уникнути пошкодження тестованого пристрою, пов'язаного з потужністю, і скоротити інвестиції в розробку системи тестування завдяки зменшенню загальної кількості системного обладнання. Джерела живлення Advanced Power System пропонують контроль у режимі реального часу та інтелектуальну систему запуску, забезпечуючи швидкий відгук порівняно з використанням зовнішніх інструментів.

**Більш детальну інформацію щодо продукції компанії Keysight Technologies можна отримати, звернувшись до офіційного дистриб'ютора в Україні — компанії Юнітест:**

**04053, м. Київ,  
вул. Олеса Гончара, 6,  
тел. +38 (044) 272-60-94,  
e-mail: web@unitest.com,  
http://unitest.com**

## ГЕНЕРАТОР ВЕКТОРНИХ СИГНАЛІВ ДЛЯ ШИРОКОСМУГОВИХ БАГАТОКАНАЛЬНИХ ЗАСТОСУВАНЬ

Компанія **Keysight Technologies, Inc.** представляє новий компактний чотириканальний генератор векторних сигналів (VSG), здатний генерувати сигнали до 8.5 ГГц зі смугою модуляції 960 МГц на канал. N5186A MXG — це високопродуктивний VSG наступного покоління в портфоліо генераторів сигналів Keysight серії X, що забезпечує створення численних, індивідуально складних сигналів, необхідних для широкосмугових багатоканальних застосувань в умовах щільної зайнятості спектру частот.

Технології бездротового зв'язку і радіолокації, що розвиваються, вимагають частотного покриття в більш високому частотному діапазоні з використанням складних схем модуляції, таких як MIMO, формування променя і мультиплексування, для максимізації пропускної здатності даних. Для тестування цих додатків потрібні прилади для генерації сигналів, які підтримують відмінну якість модуляції при роботі з великою смугою пропускання. Для досягнення вищих частот, більшої пропускної здатності і складніших схем модуляції інженерам-розробникам мереж і конструкторам зазвичай потрібно більше місця на стенді для додаткового випробувального обладнання і пристосувань.

Keysight N5186A MXG вирішує цю проблему шляхом спрощення складних налаштувань за допомогою меншої кількості зовнішніх підключень і до чотирьох каналів в компактному форм-факторі 2U. Оскільки N5186A MXG є першим у світі генератором сигналів з вбудованим рефлектометром, він забезпечує надзвичайно точні сигнали для пристрою, що тестується (DUT).

Забезпечуючи стабільні та повторювані результати, генератор векторних сигналів N5186A MXG є ідеальним рішенням для різноманітних комерційних та аерокосмічних оборонних застосувань. Спеціальні інтегральні схеми (ASIC) ЦАП MXG використовують DDS для передачі точних сигналів, щоб мінімізувати спотворення і відповідати новим стандартам проектування компонентів і модулів. Крім того, вбудований рефлектометр прискорює процес налаштування, коригуючи відповідність DUT, що дозволяє скоротити час тестування.

<https://www.keysight.com>