

МІСЬКИЙ ЕЛЕКТРИЧНИЙ ТРАНСПОРТ ■
ЗАЛІЗНИЦІ ■ МЕТРОПОЛІТЕН ■
ПРОМИСЛОВІСТЬ

СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ТА ЗАХИСТУ ТЯГОВОЇ МЕРЕЖІ

Зі збільшенням транспортного потоку і скороченням інтервалу руху рухомого складу виникає все більша потреба в інтелектуальних мікропроцесорних пристроях релейного захисту, що призначені для захисту контактних мереж від перевантажень і струмів коротких замикань. Для цих цілей фахівці компанії «Плутон» розробили інноваційну **систему моніторингу і захисту тягової мережі SMTN-3**, яка представляє третє покоління захисних пристроїв, що базуються на передових технологіях.

Система моніторингу і захисту тягової мережі серії SMTN-3 здійснює:

- захист тягової мережі від струмів короткого замикання і неприпустимих перевантажень;
- моніторинг параметрів тягового енергопостачання в режимі реального часу;
- накопичення даних про аварійні процеси;
- надання даних протягом мінімального часу оперативному персоналу для подальшого аналізу.

ВІДПОВІДНІСТЬ МІЖНАРОДНИМ СТАНДАРТАМ

Система моніторингу і захисту тягової мережі SMTN-3 виробництва ПрАТ «Плутон» успішно пройшла типові випробування на відповідність стандартам Міжнародної Електротехнічної Комісії (International Electrotechnical Commission) (IEC) у випробувальному центрі Aucoteam GMBH (м. Берлін, Німеччина).

Система моніторингу і захисту тягової мережі відповідає міжнародним стандартам:

- IEC 60068-2 («Кліматичні випробування»);
- IEC 60255-21 («Електричні реле — частина 21: Вібрації, удари, сейсмічна стійкість»);
- IEC 60255-26 («Вимірювальні реле і системи захисту - частина 26: Вимоги до електромагнітної сумісності»).

ОБЛАСТІ ЗАСТОСУВАННЯ

SMTN-3 використовується в розподільчих пристроях тягових підстанцій:

- міського електричного транспорту;
- метрополітену;
- залізниць;
- промислових підприємств;
- підприємств гірничодобувної промисловості.



МОЖЛИВОСТІ СИСТЕМИ

Захист тягових мереж забезпечується шляхом безперервного контролю динаміки зміни струму і напруги в тяговій мережі. У разі перевищення заданих параметрів захисних функцій система подає команду на відключення швидкодіючого вимикача.

SMTN-3 забезпечує наступні експлуатаційні можливості:

- **вимірювання** величини і форми струму та напруги в тяговій мережі в різних режимах, в тому числі і при короткому замиканні в лінії;
- **захист** тягової мережі від струмів короткого замикання, в тому числі від малих струмів віддалених коротких замикань і перевантажень;
- **осцилографування і запис** в довготривалу пам'ять форми і величини струмів та напруг при коротких замиканнях (виявлення одного із захистів аварійного процесу в тяговій мережі);
- **зберігання і відображення** осцилограм, а також **передачу в систему верхнього рівня** (або в персональний комп'ютер) даних для подальшого аналізу;
- **завдання внутрішньої конфігурації** (введення захистів, вибір захисних характеристик, кількість ступенів захисту і т. д.) програмним способом;
- місцеве і дистанційне **введення, зберігання і відображення уставок захистів**;
- зберігання **двох наборів уставок** і переключення наборів уставок по зовнішньому сигналу;
- **зберігання і видачу** інформації про кількість і час спрацьовування захистів;
- **аналіз** розподілу струмів між катодними розподільчими пристроями.



▲ Модулі системи SMTN-3

ПЕРЕВАГИ:

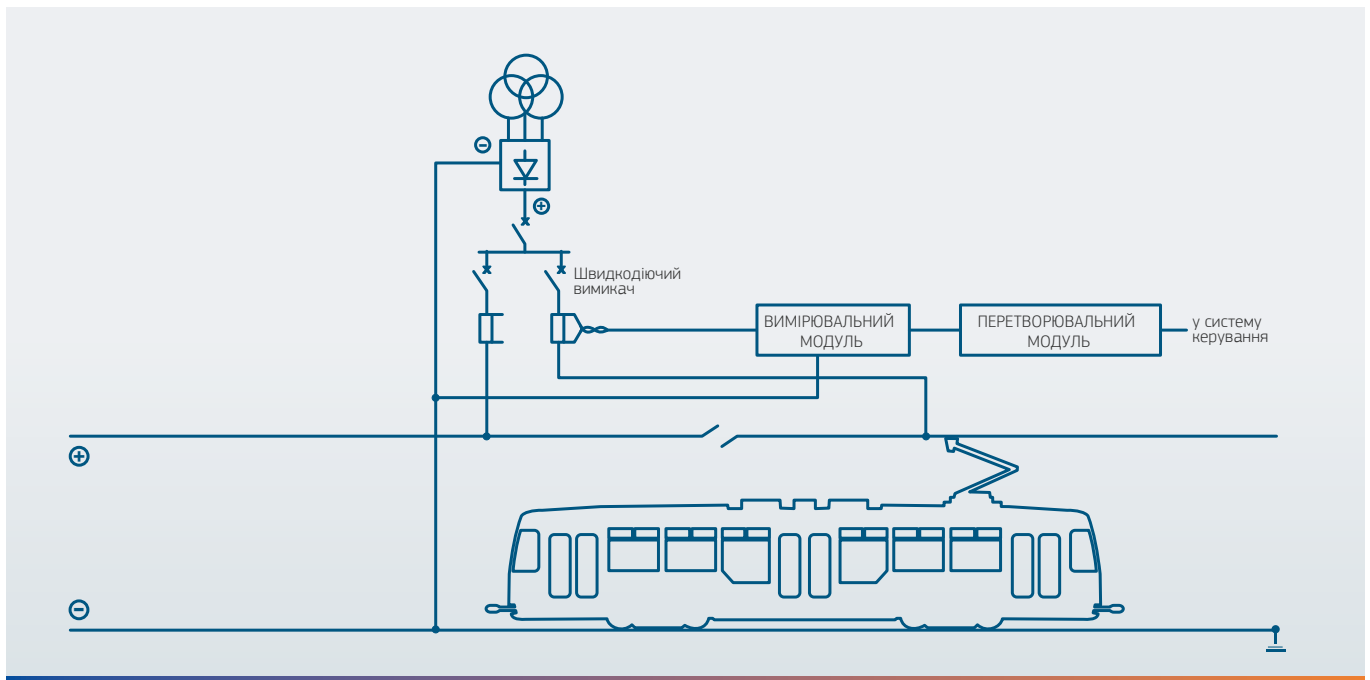
- захист тягової мережі від струмів короткого замикання та неприпустимих перевантажень;
- віддалений доступ до даних за допомогою Ethernet та Web-інтерфейсу;
- висока надійність та велика обчислювальна потужність;
- швидкодія та висока точність вимірювання величин;
- відповідність міжнародним стандартам.

МОДУЛІ СИСТЕМИ

SMTN-3 виконаний у вигляді набору окремих модулів, що кріпляться безпосередньо на DIN-рейку та з'єднуються між собою:

- **модуль вимірювальний** з дільником напруги розміщується в зоні високої напруги (шинний відсік);
- **модуль процесорний** розміщується в зоні низької напруги (відсік керування).

Модуль вимірювальний та модуль процесорний з'єднуються між собою за допомогою оптичного кабеля, який забезпечує передачу інформації між модулями, а також гальванічну розв'язку між високовольними вимірювальними колами та вторинними колами.

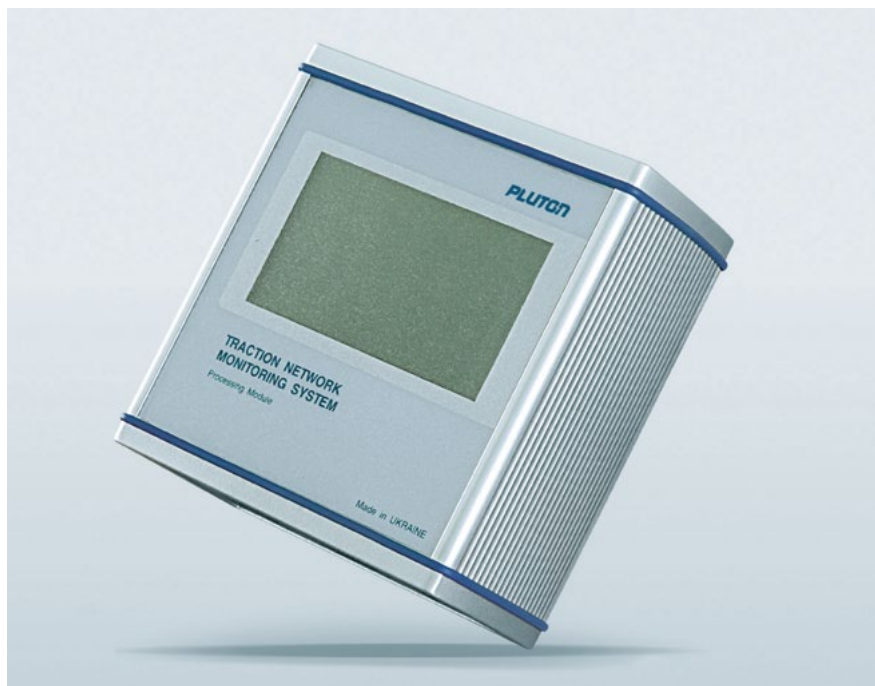


▲ Функціональна схема



▲ Модулі системи SMTN-3 у складі розподільчого пристрою постійного струму

ФУНКЦІЇ КОМПОНЕНТІВ СИСТЕМИ



▲ Модуль процесорний

Модуль процесорний

Модуль процесорний виконує обробку всіх даних, що отримані від модуля вимірювального та інших додаткових модулів, а також від дискретних входів. Модуль процесорний складається з декількох обчислювальних систем, що пов'язані між собою інформаційними шинами.

Основні функції:

- первинна обробка та накопичення поточної інформації від модуля вимірювального;
- нормалізація значень струму і напруги;
- діагностика і контроль отриманих даних від модуля вимірювального на достовірність;
- захисні функції (аналіз даних від модуля вимірювального згідно алгоритмам захистів);
- формування сигналів на аварійне відключення комутаційних апаратів відповідно до функцій захистів;
- реєстрація та зберігання даних про аварійні процеси тягової мережі;
- протоколювання подій системи;
- зберігання налаштувань системи;
- самодіагностика системи;
- зв'язок з системою верхнього рівня автоматизованої системи керування тяговою підстанцією;
- доступ до зміни і налаштування параметрів системи за допомогою інтерфейсу «Людина-Машина» (HMI).

Модуль вимірювальний

Модуль вимірювальний безпосередньо підключений до первинних датчиків вимірювання струму і напруги. Датчиком струму є резистивний елемент силового кола (шунт). Датчиком напруги є резистивний дільник напруги, що знаходиться всередині вимірювального модуля, і призначений для зниження напруги, що вимірюється, до рівня, прийнятного для подальшої обробки в електронних модулях.

Основні функції:

- узгодження з первинними датчиками (шунти, дільники напруги);
- гальванічна розв'язка низьковольтних кіл від високого потенціалу тягової мережі за допомогою імпульсного блоку живлення;
- перетворення аналогових вхідних електричних величин для їх узгодження з інтерфейсами модуля процесорного;
- попередня фільтрація вхідного сигналу на основі аналогових і цифрових фільтрів;
- передача перетворених даних аналогових вхідних електричних величин в модуль процесорний за допомогою оптичного кабелю.



▲ Модуль вимірювальний

ЗАХИСНІ ФУНКЦІЇ

SMTN-3 забезпечує безперебійну надійну роботу системи і фільтрацію від помилкових спрацьовувань і виконує наступні захисні функції:

- струмове відсічення;
- струмовий захист з витримкою часу;
- захист по швидкості наростання струму;
- спрямований захист по приросту струму;
- захист максимальної напруги;
- захист мінімальної напруги;
- ампер-секундний захист;
- резервування відмов вимикача.

ДОДАТКОВІ ФУНКЦІЇ

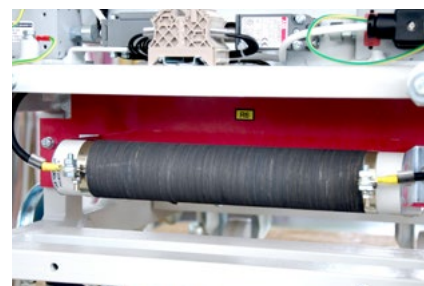
Опційно система комплектується наступними системами (модулями), що розширюють функціональний діапазон системи в цілому:

- системою вимірювання опору лінії;
- системою контролю ізоляції кабелю.

Система контролю ізоляції кабелю постійно контролює опір ізоляції кабелю і у разі її погіршення видає попереджувачий сигнал відключення швидкодіючого вимикача.

Система контролю ізоляції кабелю призначена для вимірювання величин опору внутрішньої і зовнішньої ізоляції кабелю в тягових мережах напругою до 1000 V постійного струму.

Передача даних між системою контролю ізоляції кабелю і центральним блоком системи SMTN-3 здійснюється за допомогою оптичного волокна. Крім того, оптичне волокно здійснює гальванічну розв'язку між модулями систем, що забезпечує безпечне використання пристрою.



▲ Система вимірювання опору лінії

Система вимірювання опору лінії дозволяє визначити опір лінії перед включенням швидкодіючого вимикача з видачею заборони на включення швидкодіючого вимикача, в разі якщо опір лінії нижчий за параметр уставки.



▲ Система контролю ізоляції кабелю

РЕЄСТРАЦІЯ ПОДІЙ ТА ПАРАМЕТРІВ

SMTN-3 формує і зберігає наступні записи:

- журнал подій;
- журнал збоїв;
- записи аварійного осцилографа.

Записи зберігаються на енергонезалежному твердотільному носії даних, що гарантує збереження даних при порушенні живлення пристрою, а також високу надійність.

Система SMTN-3 забезпечує формування та зберігання записів аварійного осцилографа. Формування запису аварійного осцилографа здійснюється при спрацьовуванні однієї із захисних функцій.

При спрацьовуванні однієї із захисних функцій формуються і зберігаються два записи аварійного осцилографа:

- «Швидкий слід»;
- «Повільний слід».

Записи аварійного осцилографа містять в собі:

- осцилограму струму і напруги, що формується безпосередньо з вимірних величин (період дискретизації 50 μ S для «Швидкого сліду» і 100 ms для «Повільного сліду»);
- графік стану дискретних входів і виходів на всій тривалості запису осцилограм струму і напруги;
- астрономічний час формування сліду;
- вид захисту, що спрацював;
- уставки захистів, при яких відбулося спрацьовування.

Довжина осцилограм «Швидкого сліду» і «Повільного сліду» фіксована і містить в собі 2048 значень струму і напруги.

Глибина охоплення за часом кожного запису становить:

- для «Швидкого сліду» — 100 ms;
- для «Повільного сліду» — 100 s.

Осцилограми «Швидкого сліду» і «Повільного сліду» містять в собі послідовні значення струму і напруги до спрацьовування однієї з захисних функцій (далі «Передісторія») і після спрацьовування однієї з захисних функцій (далі «Післяісторія»).

Кількість значень струму і напруги в «Передісторії» для кожного сліду окремо є параметром, що налаштовується, та може бути змінена за допомогою уставок.

SMTN-3 зберігає в собі до 200 записів аварійних процесів. При перевищенні цього ліміту новий запис буде збережено замість найстарішого запису.

Системою SMTN-3 також реєструються максимальні значення струму і напруги. При перевищенні нових вимірних значень струму або напруги, зареєстрованих раніше, нові значення записуються на місце старих. Порівняння відбувається незалежно для каналів струму та напруги.

Зафіксовані максимальні значення можуть бути обнулені, при цьому цикл реєстрації нових максимальних значень почнеться заново.

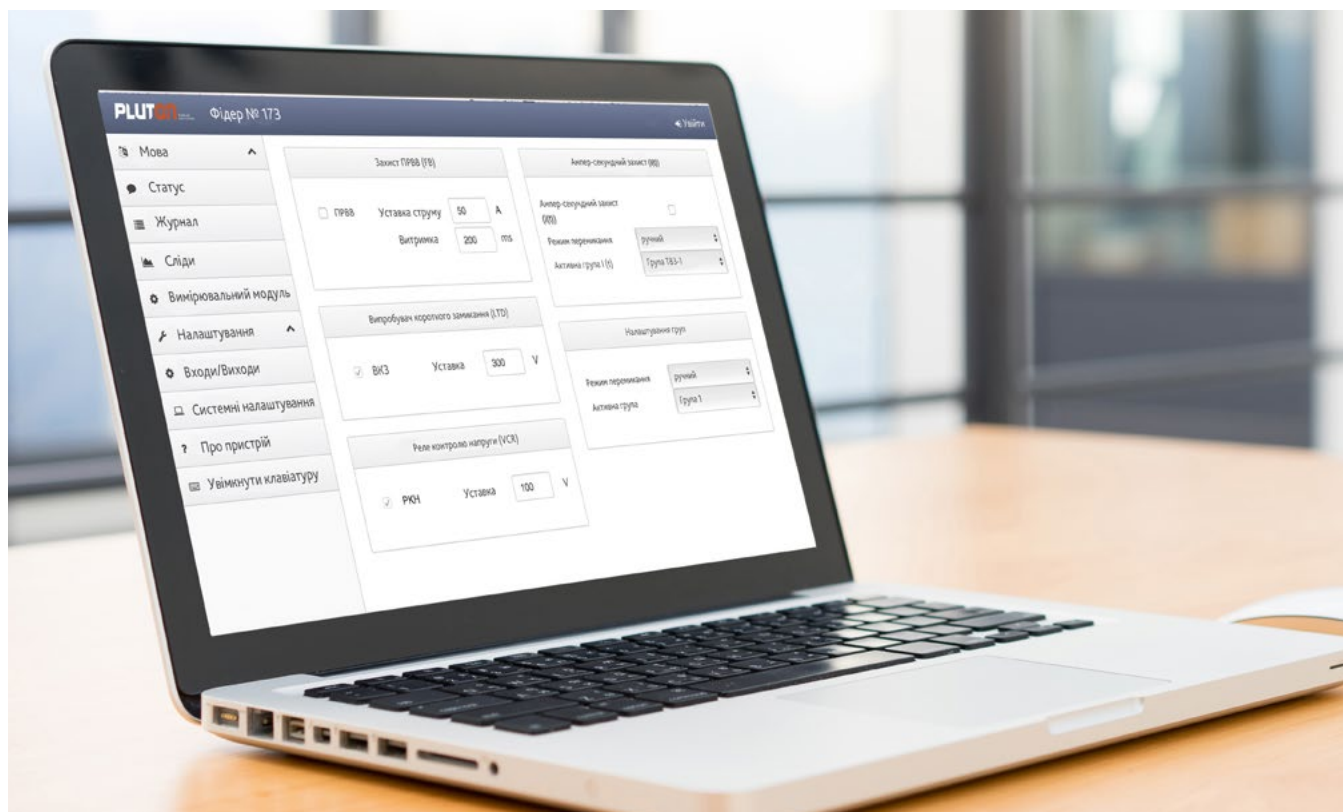


▲ HMI-інтерфейс на екрані панельного комп'ютера

Аварійні записи можуть бути переглянуті за допомогою Web-інтерфейсу, зчитані системою верхнього рівня через інтерфейс Ethernet або збережені на зовнішній USB-диск для подальшого аналізу за допомогою ПК.



▲ Доступ до даних системи



▲ Налаштування параметрів в Web-інтерфейсі

НАЛАШТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ

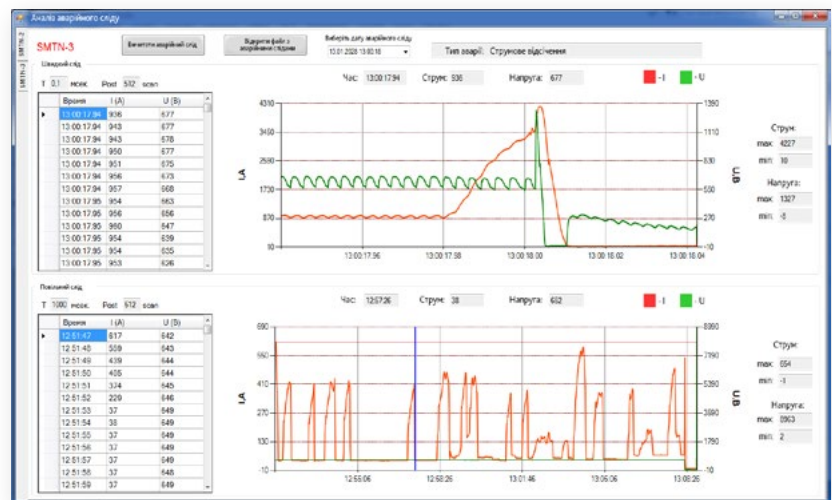
В системі SMTN-3 передбачені наступні методи налаштування параметрів як самої системи, так і параметрів захисних функцій:

- місцевий інтерфейс «Людина-Машина» на основі РКІ з сенсорним екраном;
- віддалений інтерфейс «Людина-Машина» на основі Web-технологій;
- віддалений доступ до пристрою за допомогою протоколу Modbus TCP/IP, для систем верхнього рівня і систем керування електро-постачанням і т.п.

Віддаленим інтерфейсом «Людина-Машина» на основі Web-технологій є інтегрований Web-сервер в кожному модулі процесорном SMTN-3. Він не вимагає встановлення додаткового програмного забезпечення на комп'ютері. Цей інтерфейс використовується для конфігурації, відображення та аналізу даних, що накопичені системою SMTN-3.

Зв'язок з Web-сервером SMTN-3 може здійснюватися через кабель Ethernet або за допомогою підключення через ПК, планшетний комп'ютер або смартфон. Для роботи з Web-сервером SMTN-3 потрібен тільки встановлений Web-браузер на пристрої.

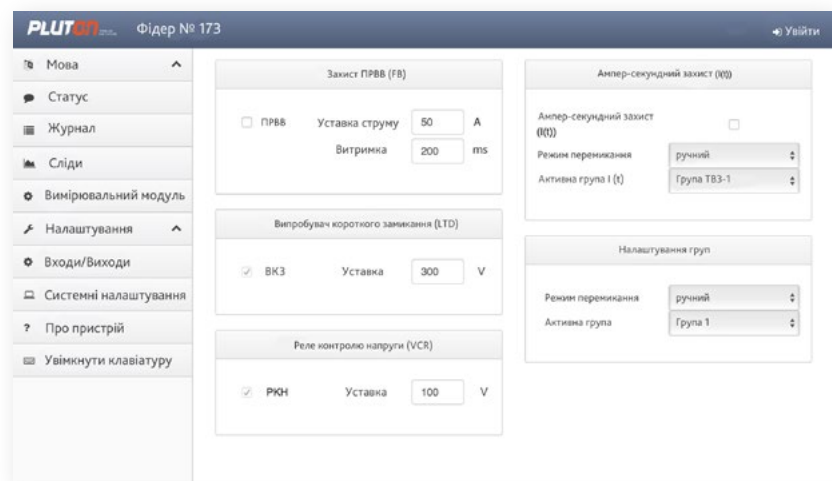
Інтерфейс «людина-машина» виконаний англійською та українською мовами. Інтерфейс також може бути виконаний іншими мовами.



▲ Віддалений перегляд аварійних записів



▲ Графік швидкого сліду в Web-інтерфейсі



▲ Екран налаштувань параметрів в Web-інтерфейсі

ОСНОВНІ ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ І ЗАХИСТУ ТЯГОВОЇ МЕРЕЖІ

Найменування параметру	Од. вим.	Значення
Основні параметри		
Кількість вимірювальних каналів струму	шт.	1
Кількість вимірювальних каналів напруги	шт.	1
Тип датчика струму		Шунт
Діапазон вимірювання напруги силового кола	V	-2000 ... +2000* -8000 ... +8000*
Діапазон вхідної напруги, для каналу вимірювання струму силового кола (напруга створюється постійним струмом на шунт)	V	-0,5 ... +0,5
Діапазон вимірювання струму, де: I _{sh} — номінальний струм шунта; U _{sh} — падіння напруги на шунт при номінальному струмі	A	$I_{\max} = \pm \frac{0.4 \cdot I_{sh}}{U_{sh}}$
Період дискретизації вимірюваних величин	μS	50
Похибка вимірювання струму, не більше, від I _{sh}	%	0,5
Похибка вимірювання напруги, не більше, від діапазону вимірювання	%	0,5
Електрична міцність ізоляції між силовим колом і колом живлення вимірювального модуля, не менше	kV	10 (30)*
Вимірювані величини		
	-	Струм (канал струму) Напруга (канал напруги) Потужність (розраховується) Енергія (розраховується) Випробувальний струм (канал ВКЗ)
Зовнішні сигнали		
Кількість швидкодіючих дискретних виходів	шт.	5
Призначення дискретних виходів	-	Видача сигналів налаштовується окремо для кожного виходу при спрацьовуванні однієї або декількох захисних функцій
Кількість дискретних входів	шт.	5
Призначення дискретних входів	-	Налаштовується окремо для кожного входу: контроль стану ШВ; сигнал зовнішнього відключення; синхронізація часу.
Джерело живлення		
Номінальна оперативна напруга	V	5; 12; 24; 48; 110; 220 ≈ 110; 220
Максимальна споживана потужність системи SMTN-3, не більше	W	15
Допустимі тривалі відхилення напруги	%	-15 ... +10
Інтерфейси зв'язку		
Інтерфейс передачі даних	-	Ethernet
Протоколи передачі даних	-	Web-технології Modbus TCP/IP
Надійність		
Середня наробка на відмову пристрою (MIL-HDBK-217F)	годин	100 000
Повний середній термін служби (за умови проведення необхідних технічних заходів з обслуговування)	років	25

Найменування параметру	Од. вим.	Значення
Конструкція		
Ступінь захисту модулів у відп. до DIN VDE 0470 та EN 60529 або IEC 529	-	IP 3X
Охолодження	-	природне, повітряне
Тип кріплення модулів	-	DIN-рейка (TH 35, EN 50022)
Захисні функції		
Код ANSI	50 76 59 27 49 BF	Струмове відсічення Струмовий захист з витримкою часу Захист по швидкості наростання струму Направлений захист по приросту струму Захист максимальної напруги Захист мінімальної напруги Ампер-секундний захист Резервування відмов вимикача
Період обробки даних алгоритмами захисних функцій	µS	50
Кількість груп уставок	-	2
Функції вимірювання та реєстрації		
Вимірювані величини	-	Струм Напруга Потужність Енергія Лічильник комутацій ШВ Випробувальний струм (канал ВКЗ)
Кількість осцилограм, що записуються при виникненні аварійної події **	шт.	2 «Швидкий слід» «Повільний слід»
Ширина охоплення записів аварійного осцилографа	-	Графік струму; Графік напруги; Графік стану дискретних входів і виходів; Астрономічний час; Вид захисту, що спрацював.
Глибина охоплення записів аварійного осцилографа	points	2048 (для кожної вимірюваної величини)
Частота дискретизації сигналів в запису «Швидкий слід»	kHz	20
Період дискретизації сигналів в запису «Повільний слід»	Hz	10
Глибина охоплення за часом запису «Швидкий слід»	ms	100
Глибина охоплення за часом запису «Повільний слід»	s	100
Глибина охоплення за часом передісторії *** в запису «Швидкий слід»	points	Налаштовується 0 - 2048
Глибина охоплення за часом запису передісторії *** в запису «Повільний слід»	points	Налаштовується 0 - 2048
Кількість збережених записів аварійного осцилографа	-	200
Місцеві інтерфейси взаємодії з людиною		
	-	РКІ з сенсорним екраном або світлодіодний елемент індикації і керування
Умови експлуатації		
Діапазон робочих температур навколишнього повітря	°C	+ 1 ... + 60
Відносна вологість повітря, при температурі (Верхнє значення)	%	60, 20 °C (80, 25 °C)

* залежно від виконання модуля вимірювального для застосування в міському електричному транспорті з напругою тягової мережі до 1000 V або для застосування на залізничному транспорті з напругою тягової мережі до 4000 V

** під аварійною подією розуміється спрацювання одного із захистів

*** передісторія — це графік значень виміряних величин до виникнення аварійної події

ТИПОВІ ВИПРОБУВАННЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ І ЗАХИСТУ ТЯГОВОЇ МЕРЕЖІ

Найменування параметру	Стандарт	Примітка
Електричні випробування	МЭК 255-5	-
Випробування на відповідність ЕМС		
Напруга радіоперешкод на клеммах живлення	IEC 60255-26 CIS PR 22, class A	Діапазон частот: (0,15 — 30) MHz
Напруженість поля радіоперешкод	IEC 60255-26 CIS PR 22, class A	Діапазон частот: (30 — 6000) MHz Вимірювальна відстань: 3 м
Стійкість до радіочастотного електромагнітного поля	IEC 60255-26 IEC 61000-4-3	Діапазон частот: (80 — 1000) MHz, Напруженість поля: 10 V/m
Стійкість до кондуктивних перешкод, наведених радіочастотними електромагнітними полями	IEC 60255-26 IEC 61000-4-6	Діапазон частот: (0,15 — 80) MHz Напруга перешкод: 10 V
Стійкість до впливу наносекундних імпульсів	IEC 60255-26	Амплітуда випробувальних імпульсів: - сигнальні лінії та лінії живлення — ± 4 kV - лінії зв'язку — ± 2 kV Частота повторення імпульсів — 5 kHz Випробувальний імпульс: 5/50 ns
Стійкість до електростатичних розрядів (ESD)	IEC 60255-26 IEC 61000-4-2	Повітряний розряд — ± 8 kV Контактний розряд — ± 6 kV
Стійкість до мікросекундних імпульсних перешкод	IEC 60255-26 IEC 61000-4-5	Випробувальний імпульс: 1,2/50 μ S Амплітуда випробувальних імпульсів: - сигнальні лінії та лінії живлення: «дріт-дріт» — ± 2 kV «дріт-земля» — ± 4 kV - лінії зв'язку: «дріт-земля» — ± 4 kV
Стійкість до магнітного поля промислової частоти	IEC 60255-26 IEC 61000-4-8	Напруженість магнітного поля: 100 A/m
Стійкість до провалів і відключення живлення	IEC 60255-26 IEC 61000-4-11	Провали напруги: $U_{жив. min}$ — 30 % (500 ms) $U_{жив. min}$ — 60 % (200 ms) Відключення живлення: - 20 ms
Стійкість до затухаючих коливальних хвиль	IEC 60255-26 IEC 61000-4-18	Частота: 1 MHz Сигнальні лінії та лінії живлення: - «дріт-дріт» — 1 kV - «дріт-земля» — 2.5 kV Лінії зв'язку: - «дріт-земля» — 1 kV

Найменування параметру	Стандарт	Примітка
Механічні випробування		
Стійкість до впливу синусоїдальної вібрації	IEC 60068-2-6 IEC 60255-21-1	Частота: 2-200 Hz; Амплітуда прискорення 20 m/s ² (2 g) Швидкість розгортки: 1 октава/min Тривалість: 20 циклів/вісь У 3 ортогональних осях
Стійкість до впливу одиночних ударів	IEC 60068-2-27 class 2	Амплітуда прискорення — 100 m/s ² (10g); Тривалість імпульсу — 11 ms, 3 удари по кожному з 6 напрямків
Стійкість до впливу тривалих ударів	IEC 60068-2-27 class 1	Амплітуда прискорення — 100 m/s ² (10g); Тривалість імпульсу — 16 ms, 1000 ударів по кожному з 6 напрямків
Транспортування і зберігання	IEC 60255-21-2 IEC 60068-2-27	У вертикальній площині: - 750 m/s ² , 6 ms, 200 ударів - 150 m/s ² , 11 ms, 2000 ударів - 100 m/s ² , 11 ms, 8800 ударів У горизонтальних площинах: - 120 m/s ² , 11 ms, 400 ударів
Стійкість до вільного падіння	IEC 60068-2-31	Висота 1 m 3 6 сторін
Кліматичні випробування		
Випробування Ad: Холод, в робочому стані	IEC 60068-2-1	- 10 °C Витримка: 72 h.
Випробування Ab: Холод, в неробочому стані	IEC 60068-2-2	+ 60 °C Витримка: 72 h.
Випробування Bd: Сухе тепло, в робочому стані	IEC 60068-2-2	+ 60 °C Витримка: 72 h.
Випробування Bd: Сухе тепло, в неробочому стані	IEC 60068-2-2	+ 60 °C Витримка: 72 h.
Випробування Nb: Повільна зміна температури	IEC 60068-2-14	Мінімальна температура — 10 °C Максимальна температура + 55 °C Витримка: 3 h. 2 цикли
Випробування Cab: Вологе тепло. Постійний режим	IEC 60068-2-78	Температура: + 55 °C Вологість: 93 % Витримка: 96 h.
Випробування Db: Вологе тепло. Циклічний режим	IEC 60068-2-30	+ 25 °C/ 95 % -> +55 °C/ 93 % Витримка: 12 h. 2 цикли + 55 °C/ 93 % -> +25 °C/ 95 % Витримка: 12 h. 2 цикли

E-mail: info@pluton.ua
www.pluton.ua

