

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання самостійних робіт та до підготовки модульного  
контролю

з дисципліни "Пристрої інформаційно-вимірювальної техніки"  
для студентів спеціальності

152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»  
денної та заочної форм навчання

Частина 2.

Методичні вказівки до виконання самостійних робіт та до підготовки модульного контролю з дисципліни "Пристрої інформаційно-вимірювальної техніки" для студентів спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» денної та заочної форм навчання Частина 2 / Укл.: О.В. Василенко, Н.А. Смирнова – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2020. – 81 с.

|                           |                                                                    |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Укладачі:                 | О.В. Василенко, канд. техн. наук, доц.<br>Н.А. Смирнова, ст. викл. |
| Рецензент:                | В.І. Рева доц., канд. фіз.-мат. наук                               |
| Відповідальний за випуск: | А.В. Коротун, канд. фіз.-мат. наук, доц.                           |

Затверджено  
на засіданні кафедри  
мікро- та наноелектроніки

Протокол №4  
від "15" 09 2020 р.

Рекомендовано до видання  
НМК ФРЕТ  
Протокол № 2  
від "24" 09 2020 р.

## ЗМІСТ

|                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП .....                                                   | 5  |
| 1 ЗАСОБИ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ .....                          | 6  |
| 1.1 Засіб вимірювальної техніки .....                         | 6  |
| 1.1.1 Тип засобу вимірювальної техніки .....                  | 6  |
| 1.1.2 Засоби вимірювань .....                                 | 6  |
| 1.1.3 Вимірювальні пристрої .....                             | 7  |
| 1.1.4 Метрологічні характеристики ЗВТ .....                   | 7  |
| 1.2 Датчики та сенсори .....                                  | 8  |
| 1.2.1 Основні характеристики датчиків .....                   | 8  |
| 1.2.2 Вибір датчиків, основні принципи та критерії вибору ... | 11 |
| 1.3 Вимірювальні перетворювачі .....                          | 13 |
| 1.3.1 Загальна характеристика .....                           | 13 |
| 1.3.2 Вимоги до вимірювальних перетворювачів .....            | 14 |
| 1.3.3 Класифікація вимірювальних перетворювачів .....         | 15 |
| 1.4 Вимірювальні установки .....                              | 17 |
| 1.5 Вимірювальні інформаційні системи .....                   | 17 |
| 1.5.1 Основні характеристики ВІС .....                        | 18 |
| 1.5.2 Галузі використання ВІС .....                           | 18 |
| 1.5.3 Види і структури вимірювальних інформаційних систем     | 19 |
| 1.5.4 Основні компоненти вимірювальних інформаційних сис-     |    |
| тем .....                                                     | 20 |
| 1.5.5 Розвиток вимірювальних інформаційних систем .....       | 21 |
| 1.6 Вимірювальні комплекси .....                              | 22 |
| 1.6.1 Вимірювально-обчислювальні комплекси .....              | 23 |
| 1.6.2 Принципи агрегування ВОК .....                          | 24 |
| 1.7 Інформаційно-вимірювальні прилади і системи .....         | 25 |
| 1.7.1 Віртуальні інформаційно-вимірювальні прилади .....      | 25 |
| 1.7.2 Засоби вимірювання та тестування .....                  | 26 |
| 2 ЗРАЗКИ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПРИ-                      |    |
| СТРОЇВ .....                                                  | 27 |
| 2.1 Перетворювач вимірювальний інтелектуальний ПВІ-111 ..     | 27 |
| 2.2 Перетворювачі вимірювальні ПВ-109, ПВП-109, ПВП-485       | 29 |
| 2.3 ШІМ регулятор швидкості двигуна 10-50В 40А 2000Вт         |    |
| PWM оборотів .....                                            | 31 |
| 2.4 Перетворювач вимірювальний типу ПВ-21АС .....             | 32 |

|                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.5 Портативний оптичний і контактний тахометр АТ-8 . . . . .                | 34 |
| 2.6 Мультимонітор якості води WALCOM PHT-027 . . . . .                       | 36 |
| 2.7 Аналізатори якості електроенергії Chauvin Arnoux . . . . .               | 39 |
| 2.8 Високотемпературні калібратори серії TP 28000 HT. . . . .                | 40 |
| 2.9 Високоточний вимірювальний пристрій . . . . .                            | 42 |
| 2.10 Апаратура управління процесом і індикації DA5-IU-2K . .                 | 43 |
| 2.11 Перетворювач інтерфейсу RS-485/RS-232 . . . . .                         | 46 |
| 2.12 Вимірювач-регулятор . . . . .                                           | 47 |
| 2.12.1 Призначення ВР10 . . . . .                                            | 47 |
| 2.12.2 ПІД закон регулювання . . . . .                                       | 47 |
| 2.12.3 Будова і робота перетворювача . . . . .                               | 50 |
| 2.12.4 Параметри регулятора . . . . .                                        | 50 |
| 2.12.5 Особливості регулювання . . . . .                                     | 52 |
| 2.12.6 ПІД регулювання . . . . .                                             | 53 |
| 2.12.7 Порядок роботи . . . . .                                              | 57 |
| 3 ПОБУДОВА ІВС НА БАЗІ СЕРІЇ EASYFAMILY . . . . .                            | 58 |
| 3.1 Універсальна серія easyFamily . . . . .                                  | 58 |
| 3.1.1 Пристрої easyControl . . . . .                                         | 59 |
| 3.1.2 Багатофункціональний дисплей MFD-Titan . . . . .                       | 60 |
| 3.1.3 Розширення системи . . . . .                                           | 61 |
| 3.2 Програмне забезпечення Eaton Automation . . . . .                        | 63 |
| 3.2.1 Galileo . . . . .                                                      | 64 |
| 3.2.2 EasySoft . . . . .                                                     | 64 |
| 3.2.3 Програмування контролерів . . . . .                                    | 65 |
| 3.3 Електронне реле керування EASY-E4-DC-12TC1 . . . . .                     | 67 |
| ГЛОСАРІЙ . . . . .                                                           | 71 |
| ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ . . . . .                                                   | 75 |
| Додаток А Питання для підготовки до модульного контролю .                    | 76 |
| Додаток Б Теми для самостійної роботи. . . . .                               | 78 |
| Додаток В Технічні характеристики електронного реле згідно ЕТІМ 7.0. . . . . | 79 |

## ВСТУП

В даному методичному посібнику розглянуті теоретичні та практичні засади роботи з пристроями вимірювальної техніки.

У першому розділі надано поняття засобу вимірювальної техніки (ЗВТ) та засобу вимірювань. Розглянуто метрологічні характеристики та вимоги до ЗВТ, зокрема датчиків (сенсорів), вимірювальних перетворювачів, вимірювальних установок та вимірювальних інформаційних систем (ВІС). Надано класифікацію, загальні характеристики та принципи їхнього вибору. Види і структури вимірювальних інформаційних систем. Представлено основні компоненти вимірювальних інформаційних систем. Розглянуто питання розвитку вимірювальних інформаційних систем, вимірювальних та вимірювально-обчислювальних комплексів (ВОК), принципи агрегування ВОК.

У другому розділі представлені для вивчення зразки інформаційно-вимірювальних пристроїв, Засоби вимірювання, калібрування та тестування (інтелектуальні вимірювальні перетворювачі калібратори, вимірювачі-регулятори тощо. Надано основи ПД закон регулювання. Розглянуто також і більш специфічні пристрої ВІС.

В третьому розділі надано основну інформацію для вивчення можливостей лабораторного стенда на базі універсальної серії пристроїв автоматизації easyFamily фірми Eaton Automation: пристрої easyControl, багатофункціональний дисплей MFD-Titan. Розглянуто можливості розширення ІВС пристроями easyFamily та програмне забезпечення Eaton Automation. Надано технічні характеристики електронного реле керування easyE4 (Ethernet), яке несе функцію програмованого контролера (ПЛК) та забезпечує реалізацію широкого кола задач автоматизації разом з пристроями easyFamily, в тому числі, зв'язок із SCADA.

Окремо до цих методичних вказівок, які можуть бути використані як розгорнутий конспект лекцій, видано методичні вказівки до практичних/лабораторних робіт, які присвячено розв'язанню практичних завдань: калібрування, оцінки метрологічних характеристик, підготовки пристроїв (засобів) до вимірювання різних характеристик матеріалів та пристроїв (зокрема, приладів та пристроїв мікро- та наноелектронної техніки), організації процесу вимірювання та аналізу результатів вимірювань.

## **1 ЗАСОБИ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ**

### **1.1 Засіб вимірювальної техніки**

Засіб вимірювальної техніки (ЗВТ) – технічний засіб, який застосовується під час вимірювань фізичних величин і має нормовані *метрологічні характеристики*.

Згідно з новим Законом України «Про метрологію та метрологічну діяльність», що набрав чинності 1 січня 2016 року, засоби вимірювальної техніки – засоби вимірювань, вимірювальні системи, матеріальні міри, стандартні зразки та будь-які частини засобів вимірювань або вимірювальних систем, якщо ці частини можуть бути об'єктом спеціальних вимог та окремого оцінювання відповідності.

#### **1.1.1 Тип засобу вимірювальної техніки**

Тип засобу вимірювальної техніки, це сукупність засобів вимірювальної техніки одного і того ж призначення, які мають один і той же принцип дії, однакову будову та виготовлені за однією і тією ж технічною документацією.

До засобів вимірювальної техніки відносяться засоби вимірювань та вимірювальні пристрої.

#### **1.1.2 Засоби вимірювань**

Засіб вимірювальної техніки, який реалізує процедуру вимірювань, має нормовані метрологічні характеристики, котрий відтворює та (або) зберігає одиницю фізичної величини, розмір якої приймається сталим в межах визначеної похибки протягом визначеного інтервалу часу.

За *конструктивним виконанням* засоби вимірювань поділяються на:

- міри фізичних величин;
- вимірювальні прилади;
- вимірювальні перетворювачі;
- вимірювальні установки;
- інформаційно-вимірювальні системи;
- вимірювальний комплекси;
- вимірювально-обчислювальні комплекси.

### 1.1.3 Вимірювальні пристрої

Вимірювальний пристрій – засіб вимірювальної техніки, у якому виконується лише одна із складових частин процедури вимірювання. Наприклад: перетворення, масштабування, порівняння, обчислення сигналу чи інші операції із сигналом.

### 1.1.4 Метрологічні характеристики ЗВТ

Метрологічні характеристики – це характеристики властивостей засобу вимірювань, які нормуються для визначення результату вимірювання і його похибок.

До основних метрологічних характеристик відносяться:

- градуовальна характеристика;
- похибка засобу вимірювальної техніки;
- чутливість;
- варіація показів;
- розмах показів;
- ціна поділки шкали;
- діапазон вимірювань;
- динамічні характеристики (перехідна та імпульсна перехідна функції, амплітудні і фазові характеристики, передавальна функція) тощо.

Засоби вимірювальної техніки в законодавчо регульованій сфері можуть застосовуватися, якщо вони відповідають вимогам щодо точності, встановленим для цих засобів, у певних умовах їх експлуатації.

Законодавчо регульовані засоби вимірювальної техніки дозволяється застосовувати, випускати з виробництва та ремонту та пускати у продаж і видавати напрокат лише за умови, якщо вони пройшли повірку або державну метрологічну атестацію.

Засоби вимірювальної техніки, на які не поширюється державний метрологічний нагляд, дозволяється випускати з виробництва та ремонту лише за умови, якщо вони пройшли калібрування або метрологічну атестацію.

З метою систематизації і раціонального підходу до розробки і використання засобів вимірювальної техніки при автоматизації виробництва побудована Державна система промислових приладів і засобів автоматизації (ДСП), в основу якої покладені визначені системно-технічні принципи.

## 1.2 Датчики та сенсори

*Датчики* – це пристрої, які перетворюють будь-яку фізичну величину, наприклад температуру, яскравість, силу, прискорення і т. п. в форму, зрозумілу людині або машині. З їх допомогою програма мікроконтролера отримує інформацію про навколишнє середовище і на основі її приймає рішення. Датчики бувають дуже різних типів. До мікроконтролеру можна підключити тільки датчики, що мають електричний вихідний сигнал. За електричним вихідним сигналом датчики можна розділити загалом на два типи: *аналогові* і *цифрові*.

В аналоговому датчику при зміні фізичної величини, змінюється і деякий її електричний параметр, зазвичай, це напруга, струм або опір. Так як мікроконтролери це цифрові пристрої, то для надання контролеру інформації аналогового датчика, слід перевести його в цифрову. Для цього в основному використовують інтегровані в мікроконтролери аналогово-цифрові перетворювачі.

Якщо аналоговий датчик вже містить цифровий перетворювач, то його називають цифровим датчиком. Крім оцифрування (дигіталізації), цифрові датчики здатні нормувати інформацію, калібрувати датчики і виконувати безліч інших функцій. Передача даних світла датчика мікроконтролеру може відбуватися декількома способами – в простому випадку логічними сигналами, в складному випадку через якийсь інтерфейс обміну даних.

*Сенсор* (наголос на «е») це синонім слова «датчик». Англійське слово «sensor» походить від латинського кореня *senso*, що означає «відчувати». Основне завдання будь-якого сенсора - реагувати на зовнішні впливи і давати вказівки системі про ці впливи. Найпростіший приклад сенсора – екран смартфона, що реагує на дотики пальців. Такий екран забезпечується датчиком зміни температури, що дозволяє реагувати на найлегші і короткочасні дотики людських пальців.

### 1.2.1 Основні характеристики датчиків

Функціонуючи за своїм прямим призначенням, будь-який датчик може бути схильний до дії самих різних фізичних факторів: температури, тиску, вологості, світла, вібрації, радіації і т. д. При цьому чітко сприймати і вимірювати датчик повинен лише одну конкретну величину, яка називається, стосовно до датчика, природною вимірюваною величиною. Позначимо її буквою «А». Вихідну ж величину датчика позначимо літерою «В».

Тоді функціональна залежність вихідної величини датчика  $B$  від природної вимірюваної величини  $A$ , в статичних умовах, буде називатися статичною характеристикою даного датчика  $S$ .

#### *Статична чутливість датчика*

Серед характеристик будь-якого датчика головною є статична чутливість датчика  $S$ , яка може бути виражена у формі таблиці, графіка або в аналітичному вигляді. Вона виражається як відношення малого збільшення вихідної величини  $B$  до малого приросту відповідної природної вимірюваної величини  $A$  в статичних умовах.

$$S_d = \frac{\Delta B}{\Delta A} = \frac{dB}{dA}. \quad (1.1)$$

Наприклад,  $B/A$  (вольт на ампер), якщо мається на увазі резистивний датчик струму.

Цей вираз схожий з поняттям коефіцієнта посилення для електронних пристроїв, який в принципі можна було б назвати коефіцієнтом чутливості або градієнтом вимірюваної величини.

#### *Динамічна чутливість датчика*

$$S_d = \frac{\Delta B / \Delta t}{\Delta A / \Delta t}. \quad (1.2)$$

Якщо умови роботи датчика не статичні, якщо при змінах спостерігається «інерційність», то мову можна вести про динамічну чутливість датчика  $S_d$ , яка виражається як відношення швидкості зміни вихідної величини датчика до швидкості зміни відповідної природної вимірюваної величини (вхідної величини). Наприклад, вольт в секунду / Ом в секунду, якщо мається на увазі датчик температури, вихідний опір якого змінюється в залежності від вимірюваної температури.

#### *Поріг чутливості датчика*

Мінімальна зміна природної вимірюваної величини, яка здатна привести до реальної зміни вихідної величини датчика, називають порогом чутливості датчика. Наприклад, поріг чутливості датчика температури в 0,5 градуса означає, що менша зміна температури (наприклад на 0,1 градуса) на вихідній величині датчика може зовсім ніяк не відбитися.

### *Нормальні умови експлуатації датчика*

Всі ці параметри, як правило, регламентовані в документації для нормальних умов експлуатації вимірювального приладу. Під нормальними умовами розуміють температуру навколишнього середовища в районі  $+25 \pm 10^\circ \text{C}$ , атмосферний тиск у районі  $750 \pm 30$  мм. рт. ст., відносну вологість повітря в районі  $65 \pm 15\%$ , а також відсутність вібрацій і істотних електромагнітних полів. Допуски щодо відхилень від нормальних умов експлуатації вказуються в документації на прилад.

### *Похибка датчика*

Будь-який датчик має додаткові похибки, які можуть бути викликані зміною зовнішніх умов, їх значним відхиленням від нормальних умов. Дані похибки виражаються в частці (вираженої в відсотках) природної вимірюваної величини, віднесеної до зміни зовнішнього параметра, яка не вимірюється даними датчиком за його призначенням. Наприклад, похибка 1 % на  $10^\circ \text{C}$  температури навколишнього середовища для датчика деформації або похибка 1 % на  $10\text{E}$  зовнішнього магнітного поля для датчика температури.

Сьогодні промисловістю випускаються різні датчики: струму, магнітного поля, температури, тиску, вологості, деформації (тензометричні датчики), радіації, фотометричні, переміщення і т. д. Датчики розрізняються між собою за *технологією виготовлення*:

- твердотільні;
- плівкові;
- МДН (метал-діелектрик-напівпровідник) і т. д.

За *вихідним електричним параметром*:

- резистивні,
- ємнісні,
- індуктивні датчики і т. д.

І хоча фізичних параметрів, які можуть бути виміряні за допомогою датчиків, хоч греблю гати, в основі всіх датчиків так чи інакше лежать напівпровідникові сенсори, що сприймають одне з декількох фізичних впливів та працюють на декількох фундаментальних ефектах, це вплив на напівпровідник:

- 1) магнітного поля;
- 2) тиску або деформації;
- 3) температури, світла;

4) хімічної дії газу тощо.

### 1.2.2 Вибір датчиків, основні принципи та критерії вибору

Всі датчики класифікуються за вимірюваним параметром. Крім цього, вони також можуть бути класифіковані як пасивні або активні. У *пасивних* датчиках потужність, необхідна для отримання виходу, забезпечується самим виміряним фізичним явищем (наприклад, температурою), тоді як для *активних* датчиків потрібне зовнішнє джерело живлення.

Крім того, датчики класифікуються як аналогові або цифрові на основі типу вихідного сигналу. *Аналогові* датчики виробляють безперервні сигнали, які пропорційні сприймаємому параметру і зазвичай вимагають аналого-цифрового перетворення перед подачею на цифровий контролер.

*Цифрові* датчики, з іншого боку, виробляють цифрові виходи, які можуть безпосередньо взаємодіяти з цифровим контролером. Часто цифрові виходи виробляються шляхом додавання аналого-цифрового перетворювача в чутливий блок.

Якщо потрібно багато датчиків, більш економічно вибирати прості аналогові датчики і пов'язувати їх з цифровим контролером, оснащеним багатоканальним аналого-цифровим перетворювачем.

Зазвичай вихідний сигнал від датчика вимагає подальшої його обробки (*конвертації*), перш ніж сигнал може бути поданий в контролер. Вихідний сигнал датчика може бути *демодульований*, посилений, відфільтрований та ізолюваний, так що сигнал може бути прийнятий звичайним аналого-цифровим перетворювачем контролера. Вся електроніка інтегрована в одну мікросхему і може бути безпосередньо пов'язана з контролерами.

Виробник датчика зазвичай надає *калібрувальні криві*. Якщо датчики стабільні, то немає необхідності їх перекалібрувати. Проте, датчик повинен бути перекаліброваним після його інтеграції з системою управління. Це по суті вимагає, щоб для датчика був встановлений відомий вхідний сигнал, і щоб його вихідний сигнал реєструвався для встановлення правильного масштабування.

Якщо датчик використовується для вимірювання вхідного сигналу, що змінюється в часі, необхідна *динамічне калібрування*. Використання синусоїдальних входів – найпростіший і надійний спосіб динамічного калібрування.

При виборі відповідного датчика для визначення необхідного фізичного параметра необхідно враховувати ряд статичних і динамічних факторів. Нижче наведено список типових факторів:

1. Діапазон – різниця між максимальним і мінімальним значенням порога вимірювання параметра.
2. Дозвіл – найменша зміна, яку може помітити датчик.
3. Точність – різниця між виміряним значенням та істинним значенням.
4. Прецизійність – можливість повторного вимірювання з заданою точністю.
5. Чутливість – відношення зміни вихідного сигналу до зміни вхідного.
6. Зсув нуля – нульове вихідне значення при нульовому вхідному сигналі.
7. Лінійність – відсоток відхилення від найбільш придатної лінійної калібрувальної кривої.
8. Дрейф нуля – зміна вихідного сигналу з нульового значення за певний період часу при відсутності зміни вхідного сигналу.
9. Час відгуку – часовий інтервал між вхідним і вихідним сигналами.
10. Смуга пропускання – частота, при якій вихідна величина падає на 3 дБ.
11. Резонанс – частота, при якій відбувається пік вихідної величини.
12. Робоча температура – діапазон температур, при якому датчик повинен використовуватися.
13. Мертва зона – діапазон значень вимірювання, який не може виміряти датчик.
14. Відношення сигнал / шум – відношення між амплітудами сигналу і шумом на виході.

Вибір датчика, який задовольняє всім перерахованим вище вимогам до необхідної специфікації, утруднений. Наприклад, вибір датчика положення з точністю до мікрометра в діапазоні одного або декілька метрів виключає більшість датчиків. У багатьох випадках відсутність необхідного датчика вимагає перебудови всієї системи. Якщо ці функціональні фактори будуть задоволені, формують список датчиків. Остаточний вибір датчиків буде залежати від розміру, ступеня формування сигналу, надійності, ремонтпридатності і вартості.

### 1.3 Вимірювальні перетворювачі

*Вимірювальний перетворювач* – вимірювальний пристрій, призначений для формування на своєму виході сигналу, що функціонально зв'язаний із сигналом вимірюваної інформації на вході у формі, зручній для передачі, подальшого перетворення, обробки та збереження.

Вимірювальна операція, яка здійснюється вимірювальним перетворювачем носить назву «*вимірювальне перетворення*».

#### 1.3.1 Загальна характеристика

Вимірювальний перетворювач – елемент системи автоматичного контролю (див. рис. 1.1).

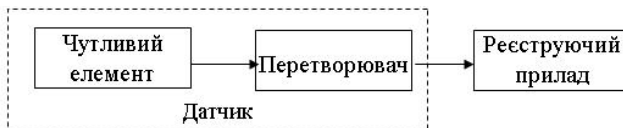


Рисунок 1.1 – Місце вимірювального перетворювача у структурі системи автоматичного контролю

На відміну від вимірювального приладу, сигнал на виході вимірювального перетворювача (вихідна величина) безпосередньо не сприймається спостерігачем. Обов'язкова умова вимірювального перетворення – збереження у вихідному сигналі інформації про кількісне значення вимірюваної величини через забезпечення функціональної залежності (переважно, лінійної) між вимірюваною величиною та сигналом на виході.

У структурі давача зазвичай виділяють вимірювальний перетворювач, що безпосередньо пов'язаний з вимірюваною величиною. *Первинним вимірювальним перетворювачем*, або *чутливим елементом*, називається перетворювач, який першим взаємодіє з об'єктом вимірювання і видає сигнал вимірювальної інформації. Первинний вимірювальний перетворювач у значній мірі визначає основні технічні характеристики давача.

Основні характеристики вимірювальних перетворювачів:

– *номінальна статична характеристика перетворення (градувальна характеристика)* – залежність між інформативними параметрами вхідного і вихідного сигналів;

- *коефіцієнт перетворення* – коефіцієнт пропорційності лінійної залежності вхідного і вихідного сигналів;
- *чутливість* – відношення приросту вихідного сигналу до відповідного йому приросту вхідного сигналу (для випадку лінійної залежності чутливість збігається з коефіцієнтом перетворення);
- *діапазон вимірювань* – різниця граничних величин, що обмежують діапазон вимірюваної величини у якому робота вимірювального перетворювача задовольняє поставленим вимогам. В акустиці, оптиці та деяких інших областях використовується термін *динамічний діапазон*, що визначається виразом:

$$D = 20 \cdot \lg \left( \frac{X_{\max}}{X_{\min}} \right),$$

де  $X_{\max}$  – кінцеве значення діапазону, що визначається допустимим значенням нелінійних спотворень,

$X_{\min}$  – початкове значення діапазону, що удвічі перевищує рівень власних шумів;

- похибка вимірювального перетворення – відхилення результату вимірювання від істинного значення вимірюваної величини.

### 1.3.2 Вимоги до вимірювальних перетворювачів

Для успішного застосування вимірювальні перетворювачі повинні мати:

- високу статичну і динамічну точність роботи, що забезпечує формування вихідного сигналу з мінімальними спотвореннями;
- високу вибірковість – сенсор повинен реагувати лише на зміну тієї величини, для виміру якої він призначений;
- стабільність характеристик у часі;
- відсутність впливу навантаження у вихідному колі на режим роботи вхідного ланцюга;
- високу надійність при роботі в несприятливих умовах навколишнього середовища;
- повторюваність характеристик (взаємозамінність);
- просту і технологічну конструкцію;
- зручний монтаж та обслуговування;
- низьку вартість.

### 1.3.3 Класифікація вимірювальних перетворювачів

#### *За принципом дії*

Принцип роботи вимірювального перетворювача може базуватись на використанні практично будь-яких фізичних явищ. Задача полягає в розробці на основі цих явищ принципів дії перетворювачів і доведення їх до конкретних методів та конструкцій, що забезпечували б, у першу чергу, необхідні метрологічні характеристики в заданих умовах застосування. У зв'язку з широким використанням передачі сигналів у вигляді електричних величин класифікація перетворювачів за видом сигналу може бути зведена до наступних видів:

- перетворення електричних величин в електричні (подільники напруги і струму, вимірювальні трансформатори, вимірювальні підсилювачі струму і напруги);
- перетворення неелектричних величин в електричні (термопари, терморезистори, тензорезистори, фотоеlementи, реостати, ємнісні та індуктивні датчики переміщення і т. д.);
- перетворення електричних величин в неелектричні (механізми електровимірювальних приладів, що перетворюють величину сили струму чи напруги у відхилення стрілки чи світлового променя, датчики ультразвукових витратомірів і т. д.);
- перетворення неелектричних величин в неелектричні (пневматичні вимірювальні перетворювачі, важелі, зубчасті передачі, мембрани, сільфони, оптичні системи тощо).

#### *За виглядом функції перетворення*

За виглядом функції перетворення вимірювальні перетворювачі поділяють на чотири великі групи:

- *масштабні*, що змінюють в певну кількість разів розмір вхідної величини без зміни її фізичної природи;
- *функціональні*, що однозначно функціонально перетворюють вхідну величину зі зміною природи вхідної величини або без її зміни;
- *операційні*, які виконують над вхідною величиною математичні операції вищого порядку – диференціювання чи інтегрування за часовим параметром.
- *модельні* – у випадку, якщо роль перетворювача виконує цифрова модель. У цьому випадку пару "чутливий елемент – перетворювач" називають *м'який датчик*.

*В залежності від виду вихідного сигналу*

- аналоговий вимірювальний перетворювач – вимірювальний перетворювач, що перетворює одну аналогову величину (аналоговий вимірювальний сигнал) в іншу аналогову величину (вимірювальний сигнал);
- аналого-цифровий вимірювальний перетворювач – вимірювальний перетворювач, призначений для перетворення аналогового вимірювального сигналу у цифровий код;
- цифро-аналоговий вимірювальний перетворювач – вимірювальний перетворювач, призначений для перетворення числового коду вимірюваного сигналу в аналогову величину.

*За характером перетворення вхідної величини у вихідну*

- *параметричні*, до яких відносять резистивні, індуктивні, трансформаторні і ємнісні перетворювачі. Їх широко використовують для перетворення неелектричних величин (переміщення, зусилля, тиску, температури та ін.) у електричні величини (напругу, струм, частоту та ін.);
- *генераторні* перетворювачі перетворюють вхідні величини в електрорушійну силу. Вони не потребують енергії додаткових джерел живлення, оскільки використовують енергію вхідного сигналу. Найбільшого поширення набули індукційні, термоелектричні, п'єзоелектричні, фотоелектричні перетворювачі;
- *частотні* перетворювачі бувають позиційні і коливальні. Позиційні частотні перетворювачі мають зазвичай укріпленій на осі ротора об'єкта профільований диск, який при своєму обертанні модулює сигнал у колі параметричного перетворювача або генерує сигнал у вихідному колі. В коливальних частотних перетворювачах використовуються властивості коливальних систем різної фізичної природи;
- *фазові* перетворювачі перетворюють вхідну величину у фазовий зсув вихідної змінної напруги. Відлік фазового зсуву ведеться від опорної напруги, якою найчастіше береться напруга живлення. Використовуються фазові перетворювачі для вимірювання як електричних, так і неелектричних величин.

## 1.4 Вимірювальні установки

*Вимірювальна установка* (англ. *measuring device*) – сукупність функціонально об'єднаних засобів вимірювань (вимірювальних приладів, вимірювальних перетворювачів) та допоміжних пристроїв; призначена для вироблення сигналів вимірювальної інформації у формі, зручній для безпосереднього сприйняття спостерігачем, розташована в одному місці.

Вимірювальне устаткування – сукупність функціонально об'єднаних засобів вимірювань (вимірювальних приладів, вимірювальних перетворювачів) та допоміжних пристроїв; призначена для вироблення сигналів вимірювальної інформації у формі, зручній для безпосереднього сприйняття спостерігачем, розташована в одному місці.

## 1.5 Вимірювальні інформаційні системи

*Вимірювальна інформаційна система* (BIC) – сукупність засобів вимірювальної техніки, засобів контролю, діагностування та інших технічних засобів, об'єднаних для створення сигналів вимірювальної та інших видів інформації з метою надання її споживачеві (в тому числі в АСК) у потрібному вигляді.

За ГОСТ 8.437-81: інформаційно-вимірювальна система – сукупність функціонально об'єднаних вимірювальних, обчислювальних та інших допоміжних технічних засобів для отримання вимірювальної інформації, її перетворення, обробки з метою представлення споживачу (в тому числі введення в АСУ) в необхідному вигляді або автоматичного здійснення логічних функцій контролю, діагностування, ідентифікації.

Основне призначення BIC – цілеспрямоване оптимальне проведення вимірювального процесу і забезпечення суміжних систем вищого рівня достовірною інформацією. Виходячи з цього основні функції BIC такі:

- отримання вимірювальної інформації з об'єкту дослідження;
- обробка, передача і подання вимірювальної інформації оператору або ЕОМ;
- запам'ятовування і зберігання вимірювальної інформації;
- формування керувальних впливів управління процесом вимірювання.

### 1.5.1 Основні характеристики ВІС

Вимірювальна інформаційна система є складним об'єктом техніки, що має ряд характеристик, основними з яких є інформаційні і метрологічні. Основні *інформаційні характеристики* такі:

- параметри інформаційного потоку від об'єкта на систему в цілому та на її окремі елементи;
- продуктивність елементів ВІС;
- необхідні ємкості запам'ятовувальних пристроїв ВІС.

Основними метрологічними характеристиками ВІС є *точність* та *достовірність* вимірювань.

Найпоширенішою є класифікація ВІС за *функціональною ознакою*, за якою вони реалізуються у вигляді:

- вимірювальних систем;
- систем автоматичного контролю;
- систем технічного діагностування;
- систем розпізнавання образів (ідентифікації);
- систем телевимірювання.

В системи технічної діагностики, автоматичного контролю та розпізнавання образів ВІС входить як підсистема.

### 1.5.2 Галузі використання ВІС

До основних сфер використання інформаційних-вимірювальних систем відносяться:

- інженерні системи життєзабезпечення людини (тепло-, газо-, електро- і водопостачання, каналізація, вентиляція тощо);
- контроль та керування технологічними процесами;
- контроль та керування рухомими об'єктами;
- моніторинг навколишнього середовища;
- контроль якості продукції;
- випробування та діагностика складної техніки;
- автоматизація наукових досліджень;
- метрологічні випробування засобів вимірювання тощо.

Приклад:

Інформаційно-вимірювальна система промислового робота – система, що забезпечує сприйняття та оброблення інформації про зовнішнє середовище, в якому функціонує робот, і внутрішньої інформації про стан вузлів, механізмів та систем робота за ДСТУ 2879-94.

### 1.5.3 Види і структури вимірювальних інформаційних систем

Залежно від виконуваних функцій ІВС реалізуються у вигляді систем:

- вимірювальних (ІС);
- автоматичного контролю (САК);
- технічної діагностики (СТД);
- розпізнавання образів (ідентифікації) (СРО);
- телевимірювальних систем (ТВС).

Залежно від способу організації передачі інформації між функціональними блоками (вузлами) (ФБ) розрізняють:

- ланцюжкову;
- радіальну і
- магістральну структури ІВС.

У СТД, САК, СРО вимірювальна система входить як підсистема.

Будь-яка вимірювальна інформаційна система з необхідними функціональними можливостями, технічні та інші характеристики у вирішальній мірі визначаються *об'єктом дослідження*, для якого дана система створюється.

Призначення вимірювальної інформаційної системи можна визначити як цілеспрямоване оптимальне ведення вимірювального процесу і забезпечення суміжних систем вищого рівнів достовірної інформації. Виходячи з цього основні функції вимірювальної інформаційної системи такі:

- отримання вимірювальної інформації від об'єкта дослідження,
- її обробка, передача, подання інформації оператору і (або)

ЕОМ,

- запам'ятовування,
- відображення і
- формування керуючих впливів.

Ступінь досягнення функцій прийнято характеризувати за допомогою критеріїв виміру. Вимірювальні інформаційні системи оптимізують за багатьма частковим критеріям, таким як точність, стійкість, надійність, пропускна здатність, адаптивність, складність, економічність та ін.

#### **1.5.4 Основні компоненти вимірювальних інформаційних систем**

Склад і структура конкретної ІВС визначається загальними технічними вимогами, встановленими ГОСТом, і приватними вимог, що містяться в технічному завданні на її створення.

Вимірювальна інформаційна система повинна управляти вимірювальним процесом або експериментом відповідно до прийнятого критерію функціонування;

- виконувати покладені на неї функції відповідно до призначення і мети;

- володіти необхідними показниками і характеристиками точності, надійності і швидкодії;

- відповідати економічним вимогам, що пред'являються до способів і форми подання інформації, розміщення технічних засобів;

- бути пристосованою до функціонування з вимірювальними інформаційними системами суміжних рівнів ієрархії і іншими ІВС і ІВК, тобто мати властивості технічної, інформаційної та метрологічної сумісності;

- допускати можливість подальшої модернізації та розвитку та ін.

Процесом функціонування ІВС (як і будь-якої іншої технічної системи) є цілеспрямоване перетворення вхідної інформації у вихідну. Це перетворення виконується або автоматично комплексом технічних засобів (КТЗ) (технічним забезпеченням), або спільно-оперативним персоналом і КТЗ в складних ІВС, ІВК, вимірювально-керуючих системах (ВКС).

Щоб люди і комплекс технічних засобів могли функціонувати оптимально, необхідні відповідні інструкції і правила. Це завдання виконує організаційне забезпечення.

Математичне, програмне та інформаційне забезпечення входить до складу тільки ІВС, ІВК і ВКС з цифровим обчислювальним комплексом.

*Математичне забезпечення* – це моделі і розрахункові алгоритми.

*Програмне забезпечення* гарантує конкретну реалізацію обчислювальних алгоритмів і алгоритмів функціонування системи, охоплює коло рішень, пов'язаних з розробкою і експлуатацією програм.

*Інформаційне забезпечення* визначає способи і конкретні форми інформаційного відображення стану об'єкта дослідження у вигляді документів, діаграм, графіків, сигналів для їх подання обслуговуючому персоналу і ЕОМ для подальшого використання в управлінні.

Всю систему в цілому охоплює метрологічне забезпечення.

Технічні засоби ІВС складаються з наступних блоків:

- 1) множина первинних вимірювальних перетворювачів (датчиків);
- 2) множина вторинних вимірювальних перетворювачів;
- 3) множина елементів порівняння - мір;
- 4) блоку цифрових пристроїв;
- 5) множина елементів опису - норм;
- 6) множина перетворювачів сигналу, засобів відображення, пам'яті та ін.

Блоки 1.6 використовують в цифрових ІС; блоки 1, 2, 3 і 6 – в аналогових ІС.

При наявності в складі ІВС ЕОМ інформація до ЕОМ може надходити безпосередньо від пристроїв обробки і (або) зберігання.

### **1.5.5 Розвиток вимірювальних інформаційних систем**

У розвитку вимірювальних інформаційних систем можна відзначити ряд поколінь.

*Перше покоління* – формування концепції ІВС: системна організація спільної автоматичної роботи засобів отримання, обробки і передачі кількісної інформації. Системи першого покоління - це системи в основному централізованого циклічного отримання вимірювальної інформації з елементами обчислювальної техніки на базі дискретної напівпровідникової техніки.

*Друге покоління* (1970-ті роки) – використання адресного збору інформації, обробка інформації за допомогою вбудованих ЕОМ. Елементну базу представляють мікроелектронні схеми малої і середньої ступені інтеграції. Цей період характерний рішенням ряду питань теорії систем в рамках теорії випадкових процесів і математичної статистики, тому його прийнято називати періодом стохастичності.

*Третє покоління* характеризується широким введенням в ІВС великих інтегральних схем (ВІС), мікропроцесорів і мікропроцесорних наборів, мікроЕОМ і промислових функціональних блоків, суміс-

них між собою за інформаційними, метрологічними, енергетичними і конструктивними характеристикам, а також створенням розподілених ІВС. Цей період характерний тим, що з'явилися адаптивні ІВС.

*Четверте покоління* – поява гнучких програмованих ІВС, що перебудовуються, в зв'язку з розвитком системотехніки і обчислювальної техніки. В елементній базі різко зростає частка інтегральних схем великої та надвеликої ступеня інтеграції.

*П'яте покоління* набирає силу і входить в життя народного господарства – це інтелектуальні та віртуальні ІВС, побудовані на базі ПЕОМ, а також сучасного математичного і програмного забезпечення.

## 1.6 Вимірювальні комплекси

*Комплекс вимірювальний* (рос. *комплекс измерительный*, англ. *measuring complex*) – набір вимірювальних приладів автоматичної дії з самописцями або іншими реєструвальними пристроями, об'єднаних у єдиний агрегат для одночасного виконання вимірювань декількох параметрів.

Вимірювальними комплексами є, наприклад, апаратура станції СІ, що виконує знімання профілю провідників і запис ширини колії провідників у вертикальних шахтних стволах; колієвимірювальний комплекс ПКШ, що виконує запис поздовжнього профілю колії, ширини колії й перевищення рейки над рейкою (див. рис. 1.2).

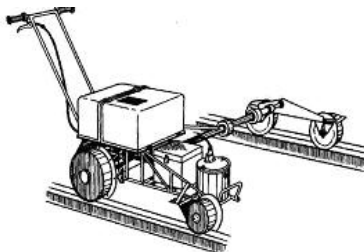


Рисунок 1.2 – Рейкоконтрольний комплекс ПКШ-2

### 1.6.1 Вимірювально-обчислювальні комплекси

*Вимірювально-обчислювальний комплекс (ВОК)* – автоматизований засіб вимірювань, що має у своєму складі мікропроцесори (МП) з необхідним периферійним обладнанням, вимірювальні і допоміжні пристрої, керовані від МП, та програмне забезпечення комплексу і призначений для виконання у складі вимірювальної системи конкретного завдання з вимірювання.

Незалежно від галузі застосування ВОК повинні виконувати такі функції:

- визначення та контроль метрологічних характеристик первинних вимірювальних перетворювачів;
- обробка сигналів, що надходять від первинних вимірювальних перетворювачів;
- перетворення значень параметрів вхідних сигналів у значення величин.
- управління процесом вимірювань;
- управління впливами на об'єкт вимірювання;
- формування оперативного, змінного, добового та ін. звітів і подання їх оператору у заданій формі;
- створення та ведення архівів звітів та журналів подій з можливістю перегляду і друку;
- подання оператору результатів вимірювання в заданій формі;
- формування, відображення та друк протоколів повірки та контролю.

Для виконання покладених функцій ВОК повинен забезпечувати сприйняття, перетворення і обробку сигналів від первинних вимірювальних перетворювачів (датчиків або приладів), управління ними та іншими компонентами, що входять до складу ВОК, а також вироблення нормалізованих сигналів впливу на об'єкт вимірювання, оцінку точності вимірювань і представлення результатів вимірювань у стандартній формі.

До складу ВОК входять технічні й програмні компоненти. Програмні компоненти включають в себе системне і загальне прикладне програмне забезпечення.

Залежно від конкретних вимог проектуються однорівневі і багаторівневі ВОК. У однорівневих ВОК все вимірювальне периферійне обладнання сполучене безпосередньо з інтерфейсом центрального

процесора. У багаторівневих ВОК обчислювальна потужність розподілена між різними рівнями.

### 1.6.2 Принципи агрегування ВОК

Створення нових ВОК зазвичай ведеться шляхом агрегування (компонування з обмеженого числа уніфікованих функціональних частин: деталей, блоків, вузлів або приладів). Для забезпечення агрегування важливе значення має сумісність, яка поділяється на інформаційну, енергетичну, конструктивну, метрологічну, експлуатаційну та за надійністю і котра реалізується шляхом використання спільного інтерфейсу.

Інтерфейс регламентує правила обміну усіма видами інформації між пристроєм, що утворюють якусь систему. Він включає в себе апаратні засоби і протокол (сукупність правил, які єдині принципи взаємодії підсистем.).

Стосовно до ВОК інтерфейс забезпечує інформаційну сумісність апаратних засобів, що входять до комплексу. Основні класифікаційні ознаки інтерфейсів:

- за *способом з'єднання* засобів вимірювань і автоматизації інтерфейси поділяються на:
  - о магістральні,
  - о радіальні,
  - о послідовні (ланцюжкові),
  - о змішані;
- за *способом передачі* інформації інтерфейси поділяються на:
  - о паралельні,
  - о послідовні,
  - о паралельно-послідовні;
- за *принципом обміну* інформацією:
  - о синхронні,
  - о асинхронні;
- за *режимом передачі* інформації інтерфейси бувають:
  - о дуплексні — з двосторонньою одночасною передачею,
  - о симплексні — з двосторонньою почерговою передачею,
  - о з односторонньою передачею.

## **1.7 Інформаційно-вимірювальні прилади і системи**

### **1.7.1 Віртуальні інформаційно-вимірювальні прилади**

Поняття «віртуальні прилади» (Virtual Instruments) з'явилося на стику вимірювальної, інформаційної та комп'ютерної техніки. Віртуальний інформаційно-вимірювальний прилад або система – це комп'ютер, оснащений набором апаратних і програмних засобів, що виконує функції інформаційно-вимірювального приладу або системи, максимально наближений до вирішення завдання. У наукових дослідженнях, діагностичних, статистичних та інтелектуальних системах комп'ютери використовуються для вирішення завдань управління вимірювальними експериментами, збору, реєстрації, обробки і систематизації даних, подання та зберігання результатів спостережень. При цьому частина функцій і операцій здійснюється не апаратно, а програмно за допомогою персонального комп'ютера. Апаратна інформаційно-вимірювальна частина приладів і систем реалізується в конструктиві стандартної плати і автономного модуля комп'ютера. Функції, що передаються комп'ютеру, зазвичай пов'язані з організацією взаємодії користувача і комп'ютера зі звичною для користувача атрибутикою – панелі, ручки управління, тобто в цьому випадку робота з віртуальними приладами (ВП) виявляється аналогічної роботи з традиційними приладами і пультами управління.

Інформаційні технології вивели вимірювальну техніку на новий рівень, що дозволяє швидше і з меншими затратами розробляти інформаційно-вимірювальні прилади і системи різної складності: від вимірювання параметрів до введення та обробки відеозображень з передачею результатів через зовнішню мережу на будь-які відстані. Поява вимірювальних інформаційних приладів і систем із застосуванням віртуальних технологій пов'язана:

- з широким розповсюдженням персональних комп'ютерів, що мають високу швидкодію, великі обсяги пам'яті, практично необмежені графічні можливості, що дозволяють створити функціонуючі в реальному масштабі часу віртуальні вимірювальні пристрої, з високим ступенем подібності, які відтворюють поведінку тих чи інших фізичних приладів і систем;

- створенням автоматизованих інформаційно-вимірювальних систем різного призначення, таких як автоматизовані системи науко-

вих досліджень (АСНД) і комплексних випробувань (КВ), фізичні і космічні об'єкти і ін.;

–можливістю реалізації в досить компактній формі приладів і модулів;

–появою вимірювального програмування (ВП), під яким розуміється програмування для інформаційно-вимірювальної техніки і систем, що дозволяє їй проводити вимірювання, контроль, діагностування або розпізнавання образів, включаючи функції збору, передачі, обробки, представлення вимірювальної інформації і управління вимірювальним експериментом.

### **1.7.2 Засоби вимірювання та тестування**

Функціональні можливості добре знайомих традиційних вимірювальних приладів задані їх виробником, і змінити число каналів досить проблематично. А так як ніякий виробник не в змозі охопити все різноманіття реальних завдань, це в значній мірі ускладнює підбір оптимального комплексу обладнання з необхідними параметрами і його налаштування. Віртуальний прилад знімає це обмеження. Основою стали відкриті, а значить, доступні всім розробникам і виробникам стандарти на універсальне обладнання, що дозволяє вибирати кращі з існуючих на ринку рішень і компонувати з них спеціалізовані системи.

*Віртуальний прилад* (ВП) являє собою комбінацію комп'ютера, універсальних апаратних засобів введення–виведення сигналів і спеціалізованого програмного забезпечення (ПЗ), яке, власне, і визначає конфігурацію і функціонування закінченої системи. По суті, в руках творця системи – конструктор, з якого навіть не досвідчений в комп'ютерних технологіях інженер або дослідник може побудувати вимірювальний прилад будь-якої складності. В цьому випадку, скоріше, вимоги завдання і відповідне цьому ПЗ, а не можливості приладу визначають функціональні характеристики закінченого приладу.

## 2 ЗРАЗКИ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ

### 2.1 Перетворювач вимірювальний інтелектуальний ПВІ-111

Призначений для вимірювального перетворення по восьми каналах сигналів первинних перетворювачів температури: термоперетворювачів опору, термоелектричних перетворювачів або первинних перетворювачів інших фізичних величин в цифровий код.

Перетворювач ПВІ-111 разом (рис. 2.1, *а* і *б*) [1] з первинними перетворювачами може працювати як самостійний засіб передачі вимірювальної інформації на ПК, або в складі багатоканальних пристроїв контролю і регулювання температури та інших фізичних величин. Його технічні характеристики представлено в Табл. 2.1.



Рисунок 2.1 – Перетворювач вимірювальний інтелектуальний ПВІ-111  
*а* – зовнішній вигляд; *б* – сенсорна панель

Вимірювальний перетворювач укомплектований програмним забезпеченням для збору вимірювальних даних та керування налаштуваннями приладу.

Додатково перетворювач може комплектуватись графічною сенсорною панеллю оператора.

Зв'язок по виходу перетворювача здійснюється через інтерфейс RS232 або RS485. При побудові інформаційних мереж з використанням декількох перетворювачів ПВІ-111 їх виходи з'єднуються паралельно.

Перетворювач виконаний в пластмасовому корпусі для кріплення на DIN-рейку.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики

|                                                                                                            |                                                                          |                                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Номінальна статична характеристика перетворення (НСХ) застосовуваних первинних перетворювачів температури: |                                                                          |                                                   |
| – термоперетворювачів опору                                                                                |                                                                          | 50М, 100М, 50П, 100П (Pt100), Pt500, Pt1000 і ін. |
| – термоелектричних перетворювачів                                                                          |                                                                          | К, L, В, Т, J і ін.                               |
| Границя допустимої основної зведеної похибки вимірювального перетворення, %                                |                                                                          | $\pm(0,1...0,25)$                                 |
| Час опитування всіх семи каналів, не більше, с                                                             |                                                                          | 8                                                 |
| Довжина лінії зв'язку по виходу перетворювача, не більше, м                                                | для інтерфейсу RS232                                                     | 50                                                |
|                                                                                                            | для інтерфейсу RS485                                                     | 1200                                              |
| Напруга живлення, В                                                                                        | від мережі змінного струму частотою 50 Гц (з додатковим блоком живлення) | $220_{-33}^{+22}$                                 |
|                                                                                                            | від джерела постійного струму                                            | 7...15                                            |
| Потужність споживання, не більше, Вт                                                                       |                                                                          | 2                                                 |
| Температура навколишнього повітря, °С                                                                      | для звичайного виконання                                                 | від –10 до +50                                    |
|                                                                                                            | для спеціального виконання                                               | від –40 до +60                                    |

## 2.2 Перетворювачі вимірювальні ПВ-109, ПВП-109, ПВП-485

Призначені для перетворення аналогових сигналів найбільш поширених типів терморезистивних та термоелектричних перетворювачів у уніфікований струмовий сигнал, або в цифровий код, який передається по послідовному інтерфейсу RS485.

Перетворювачі ПВП-109 (рис. 2.2) зі струмовим виходом доступні також у перепрограмовуваних модифікаціях [1]. Їх технічні характеристики представлено в Табл. 2.2.



Рисунок 2.2 – Зовнішній вигляд перетворювачів вимірювальних ПВ-109, ПВП-109 і ПВП-485



Рисунок 2.3 – Різні варіанти форми перетворювачів

ПВП-485 можуть бути переконфігуровані в процесі роботи на будь-який з доступних типів НСХ через інтерфейс RS485 з використанням протоколу Modbus.

Перетворювачі округлої форми (рис. 2.3) можна розміщати у пластикових та металевих комутаційних головках термперетворювачів серій 1088 та ТОП-109. Вимірювальні перетворювачі прямокутної форми вбудовуються в прямокутний пластиковий корпус Z65 або ін. Також доступні конструкти-

вні виконання для кріплення на DIN-рейку.

Перетворювачі доступні для замовлення як без корпусу (для заміни аналогів в корпусах), так і в відповідному корпусі, а також в комплекті з первинним перетворювачем серій ТОП-109, ТОМ-109, ТОН-109 та ін. Комплект вимірювального перетворювача з первинним перетворювачем температури маркується буквою Т в кінці запису типу. Наприклад, ПВП-109Т.

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики

|                                                         |                 |                                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------------------------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Тип НСХ                                                 |                 | Термоопори: Pt100, Pt500, Pt1000 (з $W_{100}=1,385$ );<br>50П, 100П (з $W_{100}=1,391$ ); 50М, 100М.<br>Термопари: ХА (К), ХК (L), ПП (S), ПР (В), ЗК (J) та сигнали ін. давачів |
| Вихід                                                   |                 | Струмовий 4–20 мА, 0–5 мА, 0–20 мА (можливо 0–10 В)<br>Цифровий RS-485                                                                                                           |
| Клас точності                                           |                 | 0,2...0,25 для терморезистивних термоперетворювачів<br>0,4...0,5 для термоелектричних термоперетворювачів                                                                        |
| Наявність гальванічного розділення між входом і виходом |                 | Для варіантів на DIN-рейку                                                                                                                                                       |
| Схема приєднання первинного перетворювача               |                 | двопровідна, трипровідна або чотирипровідна                                                                                                                                      |
| Робочий діапазон температур навколишнього середовища    |                 | –40...60 °С (типово)                                                                                                                                                             |
| Напруга живлення                                        | ПВ-109, ПВП-109 | 12...36 В (можливо 220 В, 50 Гц для варіантів на DIN-рейку)                                                                                                                      |
|                                                         | ПВП-485         | 5–12 В                                                                                                                                                                           |

### 2.3 ШІМ регулятор швидкості двигуна 10-50В 40А 2000Вт PWM оборотів

Досить часто для керування вимірюваннями використовують мехатронні системи, із широтно-імпульсним принципом керування (ШІМ). Даний широтно-імпульсний модулятор (рис. 2.4) [2] призначений для зміни швидкості обертання двигуна постійного струму без втрати потужності на валу двигуна.



Рисунок 2.4 – Зовнішній вигляд широтно-імпульсного модулятора

Технічні характеристики:

Потужність: 10–50 В;

Номинальний струм: 40 А (максимальний вихідний струм);

Частота: 12000 Гц;

Потужність двигуна 0,01–2000 Вт:

- при напрузі 12 В – максимальна потужність 480 Вт;
- при напрузі 24 В – максимальна потужність 960 Вт;
- при напрузі 36 В – максимальна потужність 1440 Вт;
- при напрузі 50 В – максимальна потужність 2000 Вт;.

Регулювання швидкості обертання: 5–100 %.

Розмір корпусу регулятора: прибіл. 12,5 × 5,5 × 4 см .

## 2.4 Перетворювач вимірювальний типу ПВ-21АС

Основним застосуванням перетворювача вимірювального ПВ-21АС (рис. 2.5) [3] є керування технологічними процесами в автоматизованих системах на атомних електростанціях та інших об'єктах промисловості.



Рисунок 2.5 – Зовнішній вигляд перетворювача вимірювального ПВ-21АС

Перетворювач призначений для:

- вимірювання і перетворення сигналів первинних перетворювачів, а саме термоперетворювачів опору, перетворювачів термоелектричних, вимірювальних перетворювачів з уніфікованими вихідними сигналами постійного струму і напруги в уніфіковані сигнали постійного струму;
- індикації поточного значення вимірюваної величини в фізичних одиницях;
- багатопозиційного регулювання вимірюваної величини;
- функціональної та аварійної сигналізації;
- живлення зовнішніх вимірювальних перетворювачів з уніфікованим сигналом та інших пристроїв від вмонтованого блоку живлення;
- передачі результатів вимірювання через інтерфейс RS-485 по протоколу MODBUS.

Основні функції та особливості:

- простота налаштування завдяки виведенню текстової інформації на символному дворядковому індикаторі;
- підключення термоперетворювачів опору за 3-х провідною схемою, таких як: 50M, 100M, 50П, 100П, Pt50, Pt100;
- підключення перетворювачів термоелектричних градування: L(XK), J(ЗК), К(ХА), S(ПП), R(ПП), N(НН), В(ПР), А-1(ВР);
- вхідні сигнали постійного струму 0...5 мА, 0...20 мА або 4...20 мА;
- вхідні сигнали напруги постійного струму 0...100. 0...1000 мВ;
- вихідні сигнали постійного струму 0...5 мА, 0...20 мА або 4...20 мА з можливістю зміни масштабу діапазону;
- всі вхідні і вихідні кола гальванічно розв'язані між собою;
- можливість підключення термоперетворювача опору для компенсації холодних спайв перетворювачів термоелектричних;
- три канали регулювання з незалежним налаштуванням кожного каналу на спрацювання виконавчих реле за будь-якою з трьох установок;
- вмонтований блок живлення напругою 12В (ПВ-21-01АС) або 24В (ПВ-21-02АС);
- діагностика та сигналізація вимірювального каналу.

Призначення роз'ємів на задній панелі перетворювача вимірювального ПВ-21АС представлено на рис. 2.6, а його технічні характеристики в Табл. 2.3.

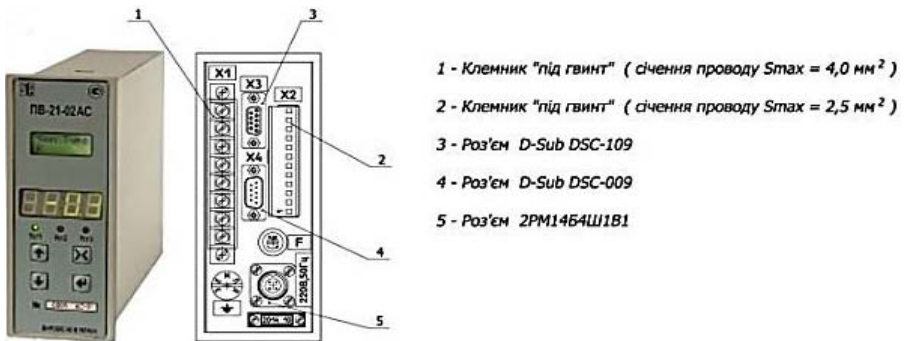


Рисунок 2.6 – Призначення роз'ємів на задній панелі перетворювача вимірювального ПВ-21АС

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики

|                                                              |                                    |
|--------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Напруга живлення АС:                                         | 220 В (–44 В, +33 В),<br>(50±1) Гц |
| Потужність, не більше, ВА                                    | 10                                 |
| Клас безпеки                                                 | 2Н                                 |
| Категорія сейсмостійкості                                    | 1                                  |
| Середній термін служби, не менше, років                      | 12                                 |
| Спосіб кріплення                                             | щитовий монтаж                     |
| Температура навколишнього середовища, ° С                    | від –10 до 50                      |
| Маса, не більше, кг                                          | 1,8                                |
| Вологість навколишнього середовища при температурі +35 °С, % | 95                                 |
| Корпус металевий. Габаритні розміри, мм                      | 244 × 160 × 65 см                  |

## 2.5 Портативний оптичний і контактний тахометр АТ-8

До числа найбільш поширених приладів в машинобудівній і транспортній галузі відносяться тахометри. Скрізь, де задіяні механізми та обладнання, прилад буде корисним. Це вимірювач, здатний встановити лінійну швидкість поверхонь, а також частоту обертання рухомих, під час включення, робочих деталей.

Тахометр корисний тим, що допомагає оцінити технічний стан механізму навіть під час його функціонування. Він дозволяє оцінити ефективність роботи, проаналізувати технічний стан робочих елементів, їх термін служби, ступінь зносу, час до капітального, поточного ремонту або повної заміни. За допомогою вимірювача користувач зможе встановити найбільш підходящі для експлуатації умови, проконтролювати їх дотримання.

Існує багато недорогих професійних портативних тахометрів різних типів. Головними відмінностями моделей виступають: принцип роботи приладу, спосіб відображення отриманих результатів, спосіб застосування, метод вимірювань, компанія-виробник, ціновий діапазон моделі.

### *Особливості імпульсних тахометрів*

Імпульсні тахометри широко застосовуються для вимірювання частоти обертання рухомих частин механізмів, установок, двигунів, і

т.д. Принцип їх роботи полягає в підрахунку частоти імпульсів, що надходять з спеціальних датчиків протягом певного заданого тимчасового інтервалу. Датчики передають короткий імпульс після кожного повороту досліджуваного об'єкта, при цьому механізм переривання і створення імпульсів може бути найрізноманітніший (механічний, оптичний, електричний і т.д.).

Загалом, можна сказати, що всі тахометри працюють за принципом підрахунку імпульсів.

Індуктивні датчики (які ще називають магніто-індуктивними, електричними) застосовують явище електромагнітної індукції. Наприклад, для підрахунку оборотів двигуна внутрішнього згоряння, використовують індуктивний датчик, який приєднується до високовольтного проводу свічки запалювання двигуна. Електричні імпульси, що створюють іскру в свічці, індукують змінне електромагнітне поле, яке в свою чергу, індукує електрорушійну силу на клемі котушки датчика. Частота зміни ЕРС відповідає шуканій частоті обертів двигуна.

Тахометр АТ-8 (2 в 1) (рис. 2.7) [4] розрахований на оперативне й точне вимірювання частоти обертання деталей машин, гвинтів, пропелерів і т.д. Його технічні характеристики представлено в Табл. 2.4.



Рисунок 2.7 – Тахометр АТ-8

Великий LCD-дисплей легко читається, а меню приладу просте у використанні.

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики

|                                                      |              |                                      |
|------------------------------------------------------|--------------|--------------------------------------|
| Діапазон вимі-<br>рювання                            | контакт.     | від 2 до 20000 об/хв                 |
|                                                      | безконтактно | від 2 до 99999 об/хв                 |
| Похибка                                              |              | 0,05 %                               |
| Відстань до об'єкта вимірювання                      |              | 50 до 500 мм                         |
| Час спрацьовування                                   |              | 0,5 секунд (понад 120 обертів на хв. |
| Пам'ять                                              |              | max, min, останнє значення           |
| Джерело живлення                                     |              | 9 В «крона»                          |
| Можливість підключення до джерела напруги 6 В, 45 мА |              |                                      |
| Габарити                                             |              | 160×60×44 мм                         |
| Вага                                                 |              | 160 г                                |

## 2.6 Мультимонітор якості води WALCOM PHT-027

Мультимонітор якості води WALCOM PHT-027 (рис. 2.8) [5] – це сучасний прилад для вимірювання основних параметрів води: активність вільних іонів водню (рН), окислювально-відновного потенціалу (ОВП), питомої електропровідності, мінералізації (TDS) і температури (С, F).

PHT-027 оснащений зовнішнім змінним електродом рН, що підключається через BNC роз'єм, і електродом EC/TDS/CF.

Монітор якості води одночасно вимірює кислотність, електропровідність, загальну мінералізацію та температуру рідини. Усі вимірювання відбуваються в режимі реального часу. Результати вимірювання датчиків виводяться чіткими символами на три великих РК-дисплеї із підсвічуванням. Збір та аналіз даних може здійснюватися шляхом підключення мультимонітора до ПК (за допомогою USB 2.0).

WALCOM PHT-027 складається з головного контролера і електродів, які підключені за допомогою екранованих проводів наднизького опору. Передня частина корпусу під дисплеями поділена на три сектори з позначенням одиниць вимірювання, діапазоном вимірювання та спеціальними регульовальними опорами для калібрування точності кожного параметра. Таким чином забезпечується можливість контролю водного середовища одночасно за трьома параметрами.



Рисунок 2.8 – Мультимонітор якості води WALCOM PHT-027

Ергономічний дизайн приладу дає змогу використовувати мультимонітор як у промислових умовах (науково-дослідні лабораторії, фармацевтика, гідропоніка, садівництво, сільське господарство), так і в побуті (визначення якості питної води, якості води в басейнах та акваріумах).

Особливості та технічні характеристики мультимонітора якості води WALCOM PHT-027 представлено в табл. 2.5.

Комплектація мультимонітора якості води WALCOM PHT-027:

- мультимонітор якості води WALCOM PHT-027;
- мережевий адаптер 220 В;

- калібрувальна викрутка;
- рН-електрод;
- ОВП-електрод;
- ЕС/TDS-електрод;
- докладна інструкція з експлуатації;
- кейс для зберігання та транспортування.

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики мультимонітора якості води WALCOM PHT-027

|                                                                              |                               |
|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Три великих РК-дисплеї з підсвічуванням.                                     |                               |
| Вбудований сенсор для автоматичної компенсації температури (від 0 до 50 °C). |                               |
| Можливість калібрування і перевірки точності параметрів ЕС, TDS, CF, рН, °C. |                               |
| Діапазон вимірювання кислотності                                             | 0,00...14.00 рН               |
| Діапазон вимірювання окислювально-відновного потенціалу ОВП                  | -1999...+1999 mV              |
| Діапазон вимірювання питомої електропровідності                              | 0...19990 мкСм/см             |
| Діапазон вимірювання мінералізації                                           | 0...19990 ppm                 |
| Діапазон вимірювання температури                                             | 0...+70 °C                    |
| Ціна поділки                                                                 | 0,01 рН; 1 mV; 10 ppm; 0,1 °C |
| Вбудований сенсор для автоматичної компенсації температури                   | 0...50 °C                     |
| Точність вимірювання рН                                                      | ±0,1 рН                       |
| Точність вимірювання ОВП                                                     | ±3 mV                         |
| Точність вимірювання ЕС/TDS                                                  | ±2 %                          |
| Точність вимірювання температури                                             | ±1 °C                         |
| Електрод рН                                                                  | хлорсрібний                   |
| Електрод ОВП                                                                 | платиновий                    |
| Електрод ЕС/TDS                                                              | платиновий                    |
| Основне джерело живлення                                                     | адаптер для мережі 220В       |
| Автономне джерело живлення                                                   | 4 батарейки LR44              |

## 2.7 Аналізатори якості електроенергії Chauvin Arnoux



Рисунок 2.9 – Аналізатори якості електроенергії

Пристрій (рис. 2.9) [6] призначений для виконання вимірів, аналізу, тестування електричних систем. Його технічні характеристики представлено в Табл. 2.6.

*Вимірює:*

- частоту,
- гармонійні частоти,
- пасивну потужність,
- активну потужність,
- уявну потужність,
- напругу АС,
- струм АС (із струмовими щипцями),
- струм DC (із струмовими щипцями),
- пусковий струм,
- швидкість обертання,
- імпеданс,
- температуру (опція),
- коефіцієнт пересуви потужності (DPF),
- коефіцієнт потужності.

*Властивості:*

- автоматичне вимикання;

- показ напрямку чергування фаз;
- реєстрація даних;
- автоматичне розпізнання різних датчиків струму;
- вимір струму, залежний від датчика.

*Обладнання:*

- батареї;
- вимірювальні насадки;
- крокодильчики 2 шт.;

- програмне забезпечення Power Analyser Transfer;
- оптокабель для USB;
- вимірювальні проводи (2 шт.).

*Опціональне оснащення:*

- тахометричний щуп СА-1711.

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики

|                                         |                           |
|-----------------------------------------|---------------------------|
| Тип мірника                             | аналізатор якості енергії |
| Вид вжитого дисплея                     | LCD, підсвітлювальний     |
| Діапазон вимірювання напруги АС         | 6...600 В                 |
| Діапазон вимірювання частоти            | 40...70 Гц                |
| Тест безперервності кола                | акустична сигналізація    |
| Маса з батареєю                         | 880 г                     |
| Джерело живлення                        | 6 батарей 1,5В LR6 (AA)   |
| Відповідність стандарту                 | EN61010 600V CAT III      |
| Клас герметичності                      | IP54                      |
| Ступінь забруднення                     | 2                         |
| Розміри                                 | 211×108×60 мм             |
| Вимірювання дійсної ефективної величини | True RMS                  |

## 2.8 Високотемпературні калібратори серії TP 28000 НТ

Калібратор температури призначений для високоточного відтворення температури і використовується для перевірки і калібрування температурних датчиків, що нормують перетворювачі, біметалеві та манометричні термометри, ртутно-скляні термометри, поверхневі датчики температури, як в лабораторії, так і поза нею. Всі моделі калібраторів мають високу стабільність і простоту використання.

Калібратори серії TP 28000 НТ (рис. 2.10) покривають діапазон високої температури до 1300 ° С і це все при чудовій стабільності і точності [7]. При розробці цієї серії калібраторів досягнення верхньої межі вимірювань по DIN стояло на першому місці. Для цього були використані особливі матеріали і методики.

Його температурний діапазон роботи представлений на рис. 2.11, а інших калібраторів – на рис. 2.12.



Рисунок 2.10 – Калібратор серії TP 28000 HT. Модель TP 28 850 E

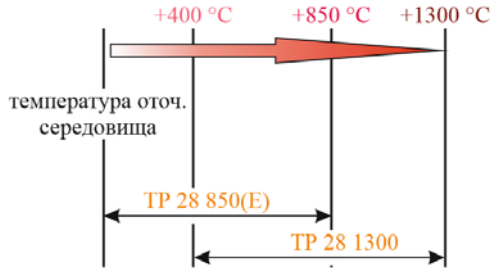


Рисунок 2.11 – Температурний діапазон роботи калібратора серії TP 28000 HT модель TP 28 850 E

Характеристики моделі TP 28 850 E:

- діапазон оточ. середовища ... 850 °C;
- дозвіл  $\pm 0,1$  °C;
- похибка  $\pm 0,5$  °C;
- стабільність  $\pm 0,05$  °C.

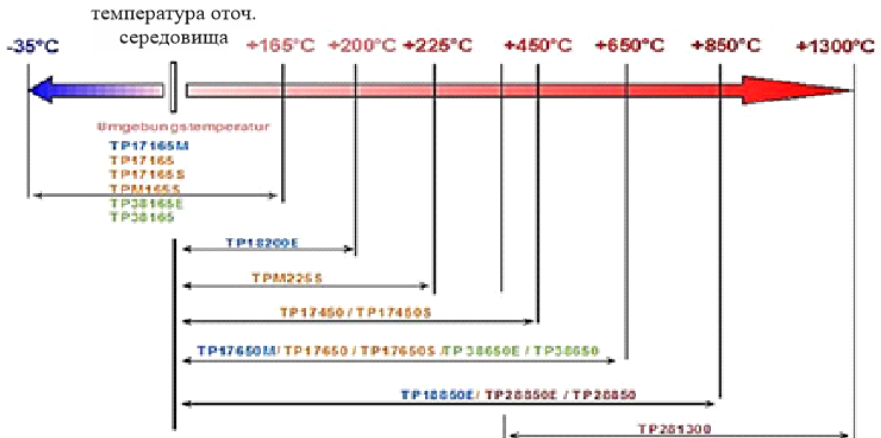


Рисунок 2.12 – Температурні діапазони роботи калібраторів різних серій

## 2.9 Високоточний вимірювальний пристрій

TTScan (рис. 2.13) [8] – це 8 каналний сканер, який управляється за допомогою ПК і програмного забезпечення SIKA. Одночасно здатний калібрувати до 8 датчиків.

Отже, TTScan представляє унікальну економію часу при калібруванні.

TTScan може комбінуватися з кожним сухоблочним калібратором або ванною для рідини. Крім цього може бути приєднаний зовнішній еталонний датчик, що додатково збільшує цінність.



Рисунок 2.13 – SIKA калібратор

Кожен SIKA калібратор індивідуально калібрується і має відповідний сертифікат перевірки.

За бажанням клієнта необхідні точки температури можуть бути внесені в калібрування.

На SIKA є акредитована РТВ лабораторія DKD для температури, тиску і електричних нормованих сигналів.

*Високоточні калібратори серії TP 38000 (рис. 2.14) означають високу ефективність і комфортне керування.*

Графічний дисплей і 10-кнопкова клавіатура відносяться до базового оснащення.

Об'єкт перевірки може бути приєднаний для обробки до TP 38000: TC, RTD, mA і контроль вимикачів знаходяться в розпорядженні, додаткові прилади не потрібні.



а) Серія TP 38 000 E. Модель TP 38 650 E:

- діапазон оточ. серед. ... 650 °C
- дозвіл  $\pm 0,01$  °C
- похибка  $\pm 0,2$  °C
- стабільність  $\pm 0,05$  °C

б) Серія TP 38 000 E. Модель TP 38 650 E:

вимірювальний пристрій – доукомплектування

в) Серія TP 38 000. Модель TP 38 165:

- діапазон  $-35 \dots 165$  °C
- дозвіл  $\pm 0,01$  °C
- похибка  $\pm 0,1$  °C
- стабільність  $\pm 0,05$  °C

Рисунок 2.14 – Високоточні калібратори серії TP 38000

Підключення зовнішнього, еталонного датчика робить можливим точність як у лабораторного калібратора.

Серія TP 38000 Sika в сукупності з ПК є заощаджує час незалежної калібральної системою.

## 2.10 Апаратура управління процесом і індикації DA5-IU-2K

Пристрій управління процесом та індикації (рис. 2.15), технічні характеристики яких наведено в Табл. 2.7, [9] має наступні особливості:

- 2 регульованих граничних значення;
- 2 релейних вихода;
- робота з допомогою клавіатури;

- програмовані характеристики;
- скидання виходів, автоматичне, ручне або з зовнішнім сигналом;
- з'єднання за допомогою гвинтового затиску;
- допоміжний вихід потужності для датчиків (тільки DA5-ME-2K-V);
- ступінь захисту IP65 відповідно до DIN EN 60529 (фронтальної частини);
- удароміцність відповідно до DIN EN 60068-2-27;
- вібростійкість відповідно до DIN EN 60068-2-6;
- придушення системного дзижчання.



Рисунок 2.15 – Апаратура управління процесом та індикації DA5-IU-2K

Функція DA5-ME-C дозволяє здійснювати просту візуальну інспекцію експлуатаційним і технічним персоналом. Він перетворює вихідний сигнал аналогового датчика в легку для читання форму для цієї мети.

В залежності від завдання або настройки, може відображатися значення: 4...20 мА або 0...100 %.

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики

| Загальні техн. вимоги          | DA5-IU-2K-C                                                   |                              | DA5-IU-2K-V |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------|
| Попередній вибір               | подвійний                                                     |                              |             |
| Зберігання даних               | зберігання 10 <sup>6</sup> циклів /10 років, EEPROM           |                              |             |
| Програмування                  | меню, що керується Клавіатурою                                |                              |             |
| Індикатори / оперативні засоби |                                                               |                              |             |
| Тип                            | 7-сегментний світлодіодний дисплей, червоний                  |                              |             |
| Число декад                    | 5                                                             |                              |             |
| Індуковане значення            | висота цифр 14,2 мм                                           |                              |             |
| Попередній перегляд            | висота цифр 14,2 мм                                           |                              |             |
| Інтервал дисплеїв              | –19 999...99 999                                              |                              |             |
| Десяткова точка                | вільно регульована                                            |                              |             |
| Дозвіл                         | 14 біт                                                        |                              |             |
| Масштабний коефіцієнт          | за допомогою характеристичної кривої по 24 пар значень        |                              |             |
| Скидання                       | вручну або зовнішнім способом                                 |                              |             |
| Блокування ключем              | з «високим» рівнем, на клемі «KEY»                            |                              |             |
| Електричні характеристики      |                                                               |                              |             |
| Робоча напруга                 | 10...30 В DC                                                  | 90...260 В AC                |             |
| Споживана потужність           | 2 Вт                                                          | 7 ВА                         |             |
| Вихід                          |                                                               |                              |             |
| Реле                           | 2×250 В AC/<br>300 В DC, 3 А                                  | 2×250 В AC/<br>300 В DC, 3 А |             |
| Живлення датчика               | –                                                             | 24 В DC, 100 мА              |             |
| Вхід                           |                                                               |                              |             |
| Імпеданс                       | >1 МΩ для вимірювання напруги<br><50 Ω для вимірювання струму |                              |             |
| Аналоговий вольтів вхід        | 0...10 В / 2...10 В DC, –10...10 В DC                         |                              |             |
| Аналоговий струмовий вхід      | 0...20 мА / 2...20 мА                                         |                              |             |
| Механічні характеристики       |                                                               |                              |             |
| Підключення                    | 8/11-штир. роз'єми зі знімним гвинтовим затискачем            |                              |             |
| Маса                           | 220 г                                                         |                              |             |

## 2.11 Перетворювач інтерфейсу RS-485/RS-232



Рисунок 2.15 – Перетворю-  
вач RS-485/RS-232

Перетворювач інтерфейсу RS-485/RS-232 [10] призначений для взаємного перетворення електричних сигналів інтерфейсів RS-232 і RS-485 в напівдуплексному режимі роботи в інформаційних мережах ВІС. Використовується для організації зв'язку між різними пристроями, з вмонтованими інтерфейсом RS-232, але в якості середовища передачі використовується інтерфейс RS-485.

Зовнішній вигляд наведений на рис. 2.15, технічні характеристики – у Табл. 2.8.

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики

|                                                  |                                              |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Тип пристрою                                     | апаратура передачі даних (DCE)               |
| Тип з'єднання інтерфейсу RS-232                  | роз'єм DB9                                   |
| Тип з'єднання інтерфейсу RS-485                  | колодка з різьбовим з'єднанням, (3 контакти) |
| Загальна довжина лінії RS-232                    | 5 м (залежить від швидкості передачі)        |
| Загальна довжина лінії RS-485                    | 1 000 м                                      |
| Швидкість передачі, бод                          | 19200 і менше                                |
| Пробивна напруга гальванічної розв'язки          | 1,5 кВ                                       |
| Живлення В, Гц                                   | $220^{+22}_{-33}$ , $50 \pm 1$               |
| Габаритні розміри (Ш, В, Г)                      | 68 × 65 × 90 (під DIN-рейку)                 |
| Маса, не більше, кг                              | 0,5                                          |
| Умови експлуатації                               |                                              |
| Температура навколишнього середовища, °С         | від -10 до +50                               |
| Відносна вологість повітря при температурі 25 °С | не більше 80 %                               |
| Атмосферний тиск, кПа                            | від 84 до 106,7                              |

## 2.12 Вимірювач-регулятор

### 2.12.1 Призначення ВР10

Регулятор призначений для вимірювання, автоматичного регулювання і сигналізації температури або інших фізичних величин різних технологічних процесів. Можлива реалізація регулювання в режимі таймера. Його технічні характеристики наведено у Табл. 2.8 [11].

Регулятор має три закони регулювання:

- двопозиційний з можливістю сигналізації виходу вимірюваної величини за встановлені межі (або, навпаки, входження її в задані межі);
- трипозиційний;
- пропорційно-інтегрально-диференціальний (ПІД) з можливістю сигналізації виходу вимірюваної величини за встановлені межі (або, навпаки, входження її в задані межі).

Вихід регулятора є двоканальний (в одноканальному регуляторі для двопозиційного та ПІД регулювання другий канал використовується для сигналізації) і реалізується з двох однакових або різних варіантів виходів (вихідних сигналів):

- контакти електромагнітного реле потужністю 100 Вт або більше при напрузі комутації 220 В частотою 50 Гц;
- вихід оптосимістора з максимальним значенням комутованих напруги 600 В і струму 1 А (тривалість 100 мкс) (перемикання відбувається при "переході через нуль" значення змінної напруги) або трифазний оптосимісторний вихід;
- транзисторний ключ з максимальним значенням комутованих напруги 30 В і струму 50 мА (або більше);
- активний комутований вихід з вихідним сигналом не менше 5 мА або 10 В;
- аналоговий вихід 0–5, 0–20 або 4–20 мА;
- вихід симістора на 5 А або більше (обумовлюється замовленням) при 220 (380) В.

### 2.12.2 ПІД закон регулювання

В регуляторі з комутованим виходом реалізується імпульсним сигналом, в якому змінною є шпаруватість імпульсів (наявна широтно-імпульсна модуляція). Можлива реалізація одноканального виходу регулятора, при якому відсутня сигналізація і трипозиційне регулю-

вання.

Таблиця 2.8 – Технічні характеристики

|                                                                                            |                                                          |                                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Діапазон зміни вимірювальної температури, °С:                                              | для НСХ типу К                                           | від мінус 50 до 1250                                                                                  |
|                                                                                            | для НСХ типу L                                           | від мінус 50 до 600                                                                                   |
|                                                                                            | для НСХ типу В                                           | від 300 до 1600                                                                                       |
|                                                                                            | для НСХ типу S                                           | від 0 до 1300                                                                                         |
|                                                                                            | для НСХ типу J                                           | від мінус 100 до 750                                                                                  |
|                                                                                            | для НСХ типу 50М, 100М                                   | від мінус 50 до 150                                                                                   |
|                                                                                            | для НСХ типу 50П, 100П (Pt100), Pt500, Pt1000            | від мінус 50 до 600                                                                                   |
| Максимально можливий діапазон індикації для уніфікованого сигналу                          |                                                          | від мінус 999 до 9999                                                                                 |
| Границя допустимої абсолютної похибки регулятора, °С:                                      | для НСХ типу К, L, S, J                                  | $\pm 2$                                                                                               |
|                                                                                            | для НСХ типу В                                           | $\pm 3$                                                                                               |
|                                                                                            | для НСХ типу 50М, 100М, 50П, 100П (Pt100), Pt500, Pt1000 | $\pm (1+0,005ITI)$ або $(0,5+0,001ITI)$ або $\pm (0,1+0,001ITI)$                                      |
| Границя допустимої основної зведеної похибки вимірювання уніфікованого сигналу, %          |                                                          | $\pm 0,25$ або $\pm 0,1$ або $\pm 0,05$                                                               |
| Число десяткових розрядів індикації                                                        |                                                          | 4 або 2х3 або 6                                                                                       |
| Ціна найменшого розряду при індикації температури, °С                                      |                                                          | 0,1 або 1 (для термоелектричних перетворювачів); 0,01, або 0,1, або 1 (для термоперетворювачів опору) |
| Додаткова похибка від зміни температури навколишнього повітря на 10 °С                     |                                                          | не перевищує 0,5 границі допустимої основної похибки                                                  |
| Опір кожного проводу трипровідної лінії зв'язку з термоперетворювачем опору, не більше, Ом |                                                          | 50 для Pt500, Pt1000, 5 для інших                                                                     |
| Вхідний опір, не менше,                                                                    |                                                          | 1 МОм                                                                                                 |

Продовження Таблиці 2.8

|                                                                                                                        |                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Вхідний опір потенціального (0-10 В) і частотного входу, не менше, кОм                                                 | 35                                       |
| Вхідний опір струмового входу, не більше, Ом:                                                                          | – для 0 – 5 мА 500<br>– для 4 –20 мА 125 |
| Живлення, В, Гц                                                                                                        | 220 +22, 50±1<br>або постійна 12...36    |
| Потужність споживання, не більше, Вт                                                                                   | 2                                        |
| Ступінь захисту по передній панелі                                                                                     | IP54                                     |
| Електричний опір ізоляції між гальванічно розділеними колами, не менше, МОм                                            | 20                                       |
| Електрична ізоляція кіл живлення та виходу відносно інших кіл, витримує напругу частотою 50 Гц (ефективне значення), В | 1500                                     |
| Середній час роботи до відмови, з врахуванням технічного обслуговування, не менше, год                                 | 40000                                    |
| Середній термін служби, не менше, років                                                                                | 10                                       |
| Маса, не більше, кг                                                                                                    | 1                                        |

Регулятор працює в комплекті з первинними перетворювачами:

– термоперетворювачем опору з умовним позначенням номінальної статичної характеристики перетворення (НСХ) 50М, 100М, 50П, 100П (Pt100), Pt500, Pt1000 або ін.

– термоелектричним перетворювачем з НСХ ХА(К), ХК(Л), ПП(С), ПР(В), ЖК(І) або ін;

– перетворювачем з уніфікованим вихідним сигналом постійного струму 0–5 мА, 4–20 мА, 0–20 мА, 0–0,1 В, 0–1 В, 0–10 В або імпульсного сигналу амплітудою  $24 \text{ В} \pm 30 \%$  і частотою 0–10000 Гц з можливістю задання початкового і кінцевого значення шкали індикації. Залежність: лінійна або відповідає температурній зміні е.р.с. вибраної термопари (НСХ: ХА(К), ХК(Л) або ін.)

Для варіанту з струмовим входом в регуляторі передбачений вихід +24 В з максимальним струмом 20 мА для живлення перетворювача з уніфікованим вихідним сигналом.

### 2.12.3 Будова і робота перетворювача

Зовнішній вигляд основних конструктивних виконань регулятора наведено в Табл. 2.9.

Таблиця 2.9 – Зовнішній вигляд основних конструктивних виконань регулятора

| Основні конструктивні виконання                                                                                                        |                                                                                                          |                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| щитовий ВР-10Щ                                                                                                                         | настінний ВР-10В                                                                                         | настільний ВР-10Л                                                                                      |
|  <p>72 x 55 x 80<br/>(розміри вікна в щиті 67x49)</p> |  <p>90 x 65 x 43</p>    |  <p>80x155x192</p>    |
| на DIN-рею ВР-10Р                                                                                                                      | вставний блок ВР-10Б                                                                                     |                                                                                                        |
|  <p>70 x 90 x 65</p>                                 | <p>вигляд спереду</p>  | <p>вигляд збоку</p>  |
|                                                                                                                                        | 60 x 80 x 20                                                                                             |                                                                                                        |

На передній панелі регулятора розміщені цифрові індикатори для відображення вимірюваних значень і службових символів, два світлодіоди для відображення стану вихідних каналів, дві кнопки для виставлення необхідних параметрів і режимів роботи регулятора.

### 2.12.4 Параметри регулятора

В таблиці 2 наведено назви параметрів регулятора, їх символічне позначення на індикаторі і діапазон значень цих параметрів.

Таблиця 2.10 – Параметри регулятора

| Назва параметру                                                                                                                                                           | Символічне позначення | Діапазон значень                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Закон регулювання (крім виконання для роботи з засувками)                                                                                                                 | Func                  | 2 __ □, 2 __ □, Pid □, Pid □, РУЧН                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Тип HX перетворювача (вхідного сигналу)                                                                                                                                   | tYPE                  | K, L, S, B, U<br>(відповідно K, L, S, B);<br>C100, C100, 50M, 100M, P100<br>(відповідно 50M, 100M, 50П з<br>W <sub>100</sub> =1,391, 100П з W <sub>100</sub> = 1,391, 100П з<br>W <sub>100</sub> = 1,385)<br>0-4, 4-20, FrEc<br>(відповідно 0-5 мА або 0-10, 4-20 мА,<br>0-10000 Гц) |
| Положення десяткової крапки (коми) при ідентифікації перетвореного уніфікованого вхідного сигналу (тільки для лінійної залежності між індикацією і уніфікованим сигналом) | Pnt                   | B 1-му, 2-му, 3-му або 4-му розряді                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Уставка верхньої границі діапазону індикації при вимірюванні уніфікованого вхідного сигналу                                                                               | t_Hi                  | -999 ... 9999, причому<br>(t_Hi – t_Lo) ≥ 100                                                                                                                                                                                                                                        |
| Уставка нижньої границі діапазону індикації при вимірюванні уніфікованого вхідного сигналу                                                                                | t_Lo                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Зона нечутливості при регулюванні засувками                                                                                                                               | C_nc                  | 1-100 °C                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Уставка значення регулювання                                                                                                                                              | to                    | діапазон вимірювання                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Діапазон пропорційності при ПІД-регулюванні або зона повернення при двопозиційному регулюванні                                                                            | C_Pr                  | 1-255 °C                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Уставка верхнього значення сигналізації                                                                                                                                   | tSHi                  | діапазон вимірювання, причому                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Уставка нижнього значення сигналізації                                                                                                                                    | tSLo                  | tSHi ≥ tSLo+1                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Період імпульсного сигналу при ПІД регулюванні або в ручному режимі                                                                                                       | P__t                  | 1-100 с                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Уставка значення коефіцієнта потужності в ручному режимі або максимального його значення при ПІД-регулюванні                                                              | Out                   | 0-100%                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Стала часу диференціювання                                                                                                                                                | td                    | 0 - 255 с                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Стала часу інтегрування                                                                                                                                                   | ti                    | 0,00 - 9,99 хв, причому при 0,00 інтегральна складова виключена                                                                                                                                                                                                                      |
| Час виходу температури на уставку значення регулювання                                                                                                                    | SPEd                  | 0÷255хв                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Уставка початкового значення коефіцієнта потужності (при температурі ≤ t1)                                                                                                | Out1                  | 0÷100%                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Уставка значення температури при початковому коефіцієнті потужності                                                                                                       | t1                    | діапазон вимірювання, °C                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Уставка кінцевого значення коефіцієнта потужності (при температурі ≥ t2)                                                                                                  | Out2                  | Out1÷100%                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Уставка значення температури при кінцевому коефіцієнті потужності                                                                                                         | t2                    | t1÷ діапазон вимірювання, °C                                                                                                                                                                                                                                                         |

### 2.12.5 Особливості регулювання

В регуляторі можливе використання таймера, який працює в одному з двох режимів (рис. 2.16):

а) таймер не прив'язаний до уставки  $t_o$ , реалізований окремим каналом;

б) регулятор підтримує задане значення вимірюваної величини на певному проміжку часу, який виставляється в параметрі ЧАС. Тривалість проміжку ЧАС відраховується від моменту досягнення вимірюваною величиною значення заданої. Після закінчення цього часу значення таймера обнуляється і для запуску нового процесу регулювання необхідно знову встановити певне значення для таймера.

Якщо в регуляторі відсутні таймер або вимкнений режим таймера, то регулятор постійно працює в режимі підтримки заданого значення.

Нижче описано закони регулювання.

Двопозиційне регулювання:

а) режим "збільшення" (символічне позначення на індикаторі: Func  $\rightarrow 2\_ \uparrow$ )

| Вимірювана величина<br>№ каналу | $T \leq t_o - C\_Pr$                                                                                                                        | $t_o - C\_Pr < T < t_o$       | $T \geq t_o$ |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|--------------|
| Канал 1 (регулювання)           | Вімкнений                                                                                                                                   | Збереження попереднього стану | Вімкнений    |
| Канал 2 (сигналізація)          | Вімкнений при $T \leq t_{SLo}$ ; $T \geq t_{SHi}$ , вимикання відбувається з запізненням на величину, яка становить ціну найменшого розряду |                               |              |

б) режим "збільшення" (символічне позначення на індикаторі: Func  $\rightarrow 2\_ \square$ )

| Вимірювана величина<br>№ каналу | $T \leq t_o$                                                                                                                                | $t_o < T < t_o + C\_Pr$       | $T \geq t_o + C\_Pr$ |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------|
| Канал 1 (регулювання)           | Вімкнений                                                                                                                                   | Збереження попереднього стану | Вімкнений            |
| Канал 2 (сигналізація)          | Вімкнений при $T \leq t_{SLo}$ ; $T \geq t_{SHi}$ , вимикання відбувається з запізненням на величину, яка становить ціну найменшого розряду |                               |                      |

*Примітка.* Для ліквідації впливу однієї з уставок сигналізації її необхідно «загнати» до крайнього свого значення (наприклад,  $tSLo$  до мінімального,  $tSHi$  до максимального).

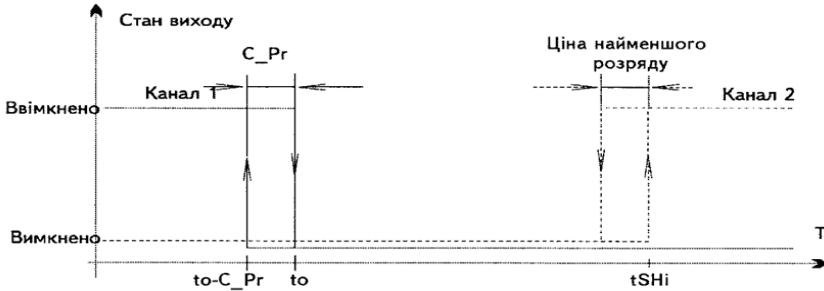


Рисунок 2.16 – Позначення вимірюваних величин

Трипозиційне регулювання (для одноканального регулятора) Реалізується в режимі двопозиційного регулювання з використанням каналу 2 для другого виконавчого пристрою регулювання.

### 2.12.6 ПД регулювання

Регулювання відбувається шляхом широтно-імпульсної модуляції його вихідного сигналу (при наявності комутаційного виходу) або зміни величини уніфікованого сигналу (при наявності аналогового виходу). Тривалість ввімкненого стану протягом періоду  $P_t$  імпульсного сигналу або величина уніфікованого сигналу залежить від відхилення виміряної величини  $T$  відносно заданої  $to$  та параметрів ПД регулювання: діапазону пропорційності  $C_{Pr}$ , постійних часу диференціювання  $td$  та інтегрування  $ti$ .

Математичний опис ПД закону регулювання наведено в ДСТУ 3462-1996.

В регуляторі реалізовано два випадки ПД закону регулювання: ПД «збільшення» і ПД «зменшення» (символічне позначення:  $Pid \sqsupset$  і  $Pid \sqsubset$ ).

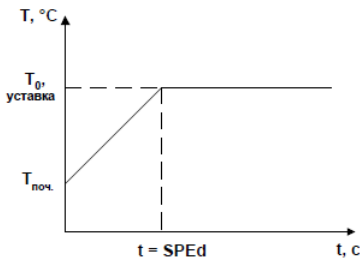
При ПД «збільшенні» («зменшенні») усереднена за період  $P_t$  потужність, що подається на об'єкт регулювання, буде максимальною при  $T \leq to - C_{Pr}$  ( $T \geq to + C_{Pr}$ ) і зменшується в діапазоні про-

порційності при наближенні до уставки  $t_0$ . Для обмеження максимальної потужності значення коефіцієнта Out можна вибрати відмінним від 100 %.

Частковим випадком ПД регулювання є пропорційний (П), пропорційно-інтегральний (ПІ), пропорційно-диференціальний (ПД) закони регулювання. Для виключення відповідної складової регулювання: диференціальної для ПІ, інтегральної для ПД і обох для П закону регулювання необхідно вибрати параметр  $td=0$  або/та  $ti=0,00$ .

Час виходу на уставку значення регулювання

Зміна значення уставки регулювання температури з часом (за лінійним законом), при умові, що параметр  $SPEd > 0$ , показана на рис. 2.17.

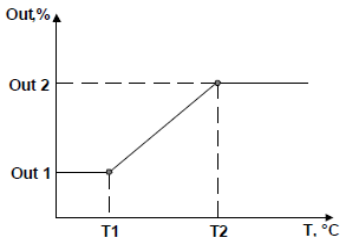


$$T_0(t) = T_{\text{поч}} + \frac{T_0 - T_{\text{поч}}}{SPEd} \cdot t \text{ для } t = 0 + SPEd$$

$$T_0(t) = T_0 \text{ для } t \geq SPEd$$

Рисунок 2.17 – Зміна значення уставки регулювання з часом

Керування потужністю вихідного сигналу при ПД-регулюванні. Для покращення якості ПД-закону в регуляторі передбачено зміну коефіцієнта потужності залежно від вимірюваної величини, що зображено на рис. 2.18.



$$Out(T) = Out1 + \frac{Out2 - Out1}{T2 - T1} \cdot (T - T1), \text{ для } T1 < T < T2;$$

$$Out(T) = Out1 \text{ для } T < T1;$$

$$Out(T) = Out2 \text{ для } T > T2;$$

Рисунок 2.18 – Керування потужністю вихідного сигналу при ПД-регулюванні

Регулювання засувками відрізняється від ПДД регулювання тим, що на каналі 1 реалізовано два виходи, один з яких працює як ПДД «збільшення», а інший - ПДД «зменшення». Крім того, введена зона нечутливості, яка розташована симетрично відносно  $t_0$ , в межах від  $t_0 - C_{nc}$  до  $t_0 + C_{nc}$ .

Режим ручного регулювання (Func = РУЧН). В цьому режимі можна задавати значення коефіцієнта потужності Out (у % від максимальної) і період повторення імпульсного сигналу  $P\_t$ .

Особливості індикації вимірюваної величини, що лінійно залежить від уніфікованого вхідного сигналу. В регуляторі з входами для уніфікованих сигналів нижню і верхню границю діапазону індикації можна виставляти за допомогою клавіатури. При цьому слід врахувати ще і положення десяткової крапки. Наприклад, для уніфікованого сигналу 4–20 мА, який відповідає індикації тиску 0,00–10,00 МПа, уставки будуть наступними: положення десяткової крапки Pnt в 3-му розряді;  $t\_Hi = 10,00$ ,  $t\_Lo = 00,00$ . Залежність між вхідними та індикованим сигналом лінійна.

У варіанті з використанням сигналізації канал ввімкнений при  $T \leq t_{SLo}$  і  $T \geq t_{SHi}$ , вимикання відбувається з запізненням на величину найменшого розряду. Сигналізацію можна реалізувати тільки в одноканальному регуляторі.

Порядок дії при підготовці до роботи наступний:

- провести монтаж - встановлення регулятора;
- під'єднати до регулятора первинний перетворювач і виконавчі пристрої відповідно до схеми зовнішніх з'єднань для термоперетворювачів опору і термоелектричних перетворювачів (рис. 2.19), для перетворювачів з уніфікованим вихідним сигналом (рис. 2.20), для двоканальних регуляторів (рис. 2.21). Для регулятора з одним входом на роз'ємі і одним потужним виходом схема зовнішніх з'єднань або фрагменти її можуть бути нанесені на задній панелі регулятора;
- підключити регулятор до електромережі;
- при наявності двопровідної лінії зв'язку з термоперетворювачем опору, скоректувати початок діапазону вимірювання.

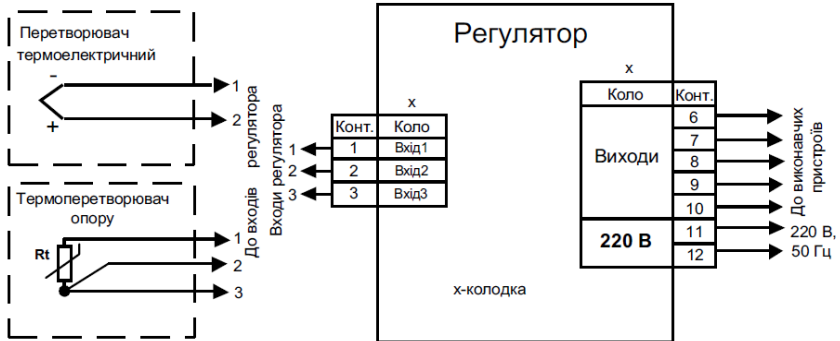


Рисунок 2.19 – Схема зовнішніх з'єднань для термоперетворювачів опору і термоелектричних перетворювачів

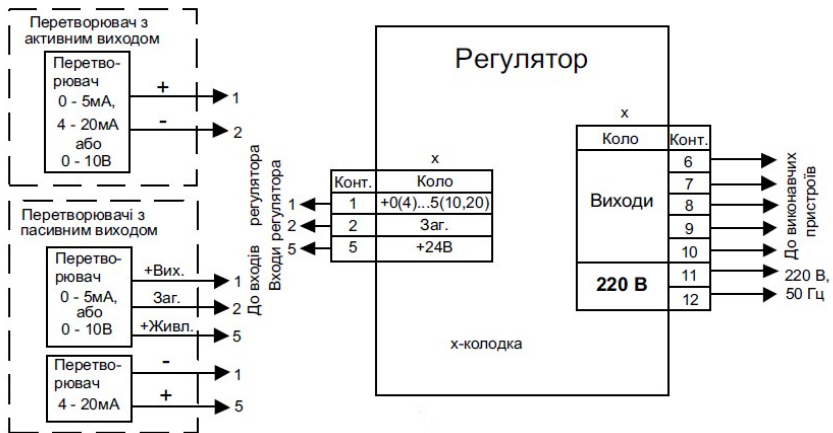


Рисунок 2.20 – Схема зовнішніх з'єднань для перетворювачів з уніфікованим вихідним сигналом

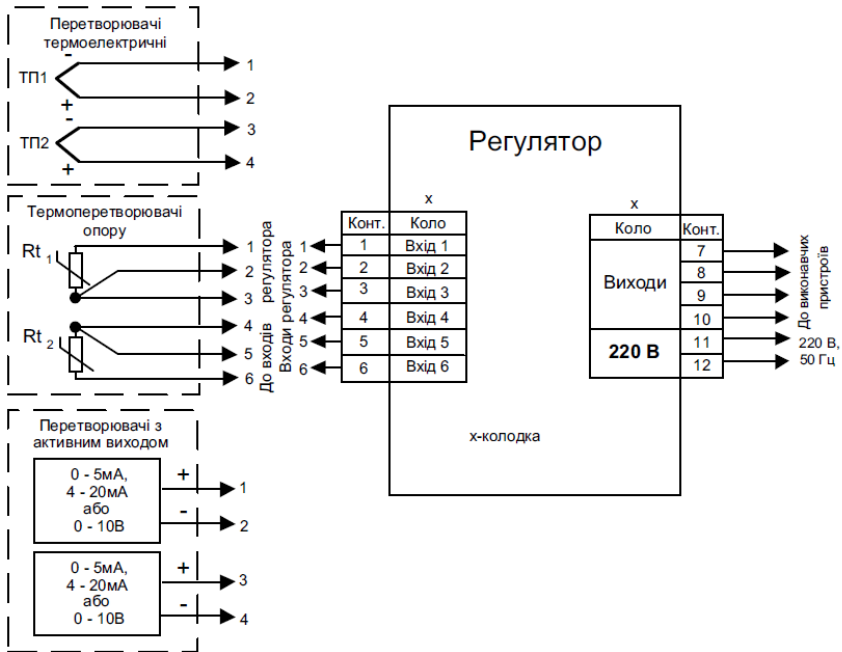


Рисунок 2.21 – Схема зовнішніх з'єднань для двоканальних регуляторів

### 2.12.7 Порядок роботи

Після вмикання регулятора в електромережу проходить тестування його вузлів. По завершенні тесту регулятор переходить в режим роботи за призначенням. При цьому здійснюється індикація виміряних значень.

#### *Примітки:*

1. При виході вимірюваної величини за верхнє її значення на індикаторі висвітлюється символ «— — —» і вимикаються вихідні канали регулятора.
2. При виході вимірюваної величини за нижнє її значення на індикаторі висвітлюється символ «\_ \_ \_ \_» і вимикаються вихідні канали регулятора.
3. За допомогою кнопок клавіатури можна зробити зміну параметрів регулятора.

## 3 ПОБУДОВА ІВС НА БАЗІ СЕРІЇ EASYFAMILY

### 3.1 Універсальна серія easyFamily

Серія easyFamily є узгодженою універсальною системою від реле керування easyRelay і багатофункціонального дисплея MFD-Titan до реле керування безпеки easySafety і компактного ПЛК easyControl (рис. 3.1, 3.2). В основі пристроїв лежить загальний принцип, і, в залежності від модифікації, вони розраховані на вирішення завдань керування різної складності. Пристрої easyFamily функціональні і прості в експлуатації. Завдяки своїй багатофункціональності, вони є оптимальним рішенням для використання в багатьох областях застосування (промисловість, автоматизація будівель, торгівля та ін.).



Рисунок 3.1 – Пристрої серії easyFamily

Рисунок 3.2 – Пристрої серії easyFamily, поєднані SmartWire-DT

#### 3.1.1 Пристрої easyControl

Основу цієї серії складають програмовані реле на основі контролерів easyControl. Пристрої easyControl оптимально підходять в якості

компактних ПЛК для реалізації завдань малої і середньої автоматизації. Є можливість підключення до мережі easyNet через вбудований інтерфейс CANopen. За допомогою вбудованої системи Ethernet можна реалізувати сервер OPC (Open Platform Communications – уніфікований інтерфейс для керування об'єктами автоматизації та технологічними процесами) та мережеве програмування. Програмування сумісно зі стандартом IEC 61131-3 і здійснюється через XSoft CoDeSys-2. Пристрої easyRelay і easyControl можливо дистанційно програмувати через Ethernet, а також доступ до них через OPC.

Контролер easyControl в корпусі реле керування забезпечує експлуатаційні показники ПЛК. При наявності потужного процесора і великого обсягу пам'яті, можна використовувати даний пристрій для реалізації малих і середніх проектів автоматизації. Завдяки універсальним опціям зв'язку через easyNet, CANopen і Ethernet відкривається широкий діапазон областей застосування. Є можливість підключення до систем керування більш високого рівня через комунікаційні модулі AS-i, CANopen, Profibus, DeviceNet.

### 3.1.2 Багатофункціональний дисплей MFD-Titan

За допомогою дисплея MFD-Titan забезпечується вивід тексту, гістограм, графічних зображень, а також введення значень. Дисплей можна використовувати для зручного виведення діагностичних повідомлень або для параметризації додатку (рис. 3.3). Програмування сумісно зі стандартом IEC 61131-3 і здійснюється через XSoft CoDeSys-2.

Завдяки модулям входу / виходу для вимірювання температур, до багатофункціонального дисплею MFD-Titan можна безпосередньо підключити датчики Pt100, Ni1000. Ці модулі мають дозвіл 12 біт і регульований діапазони температур. Отже, дисплей ідеально підходить для засобів контролю температури.

Дисплей MFD-Titan можна використовувати як модуль керування, настройки і візуалізації (MFD-CP8 / CP10), або в якості дистанційного текстового дисплея (MFD-CP4). Використовуючи систему easyNet, на дисплей MFD-Titan можна виводити інформацію з усіх учасників мережі.

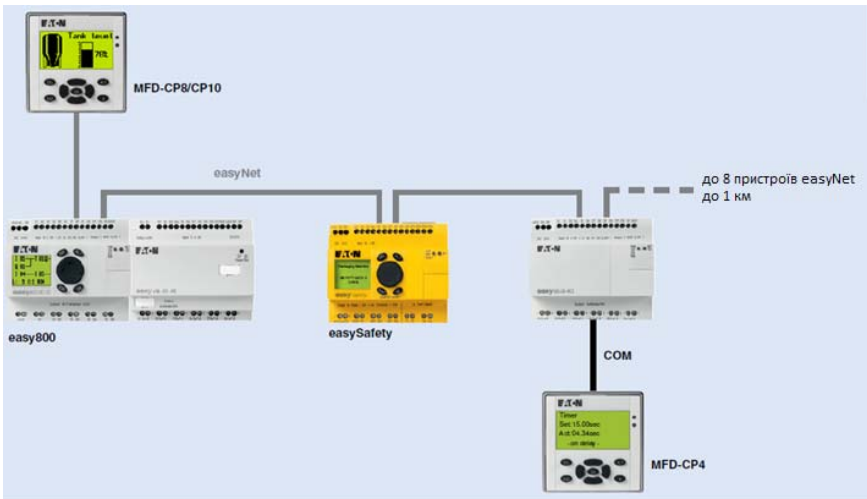


Рисунок 3.3 – Підключення багатофункціонального дисплея

За допомогою дисплея MFD-Titan здійснюється візуалізація процесу керування автоматизованими системами, наприклад, для відображення повідомлень про помилки і стан обладнання.

Дисплей складається з модуля індикації і керування, модуля джерела живлення / ЦП і модуля входів / виходів. Клас захисту IP65 означає, що дисплей можна використовувати в агресивних навколишніх середовищах.

### 3.1.3 Розширення системи

Розширення здійснюється двома способами: місцевим і дистанційним через CANopen (рис. 3.4). Для розширення можна використовувати децентралізовані модулі CANopen EC4E. До них можна також підключити додаткові розширення. Тестовий дисплей можна підключити до пристрою easyControl через модулі CANopen (MFD-CP4-CO) або послідовно (MFD-CP4).

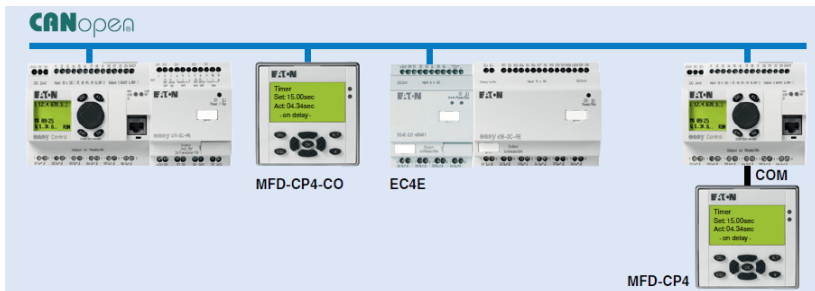


Рисунок 3.4 – Дистанційне розширення через CANopen

Базові пристрої серії easyFamily можуть бути розширені входами / виходами як централізовано, так і розподілено. У разі централізованого розширення, є цифрові і аналогові модулі розширення easy4 ... і easy6 ... . Розширення за допомогою EASY202-RE передбачає два додаткових релейних вихода. З'єднувальний модуль EASY200-EASY і простий двопровідний кабель довжиною до 30 м представляють собою альтернативний варіант розподіленого з'єднання цифрових модулів розширення. Пристрої з вбудованими інтерфейсами для організації мережі easyNet можна легко підключати між собою. Блоки живлення easyPower забезпечують подачу надійного живлення до пристроїв.

Вони оптимально підходять для серії easyFamily за своїми функціональними можливостями і конструкцією.

Крім зв'язку через easyNet (рис. 3.5), можливий обмін даними з системами автоматизації вищого рівня (рис. 3.6). Для цього є комунікаційні модулі для підключення до AS-i, PROFI-BUS-DP, CANopen і DeviceNet. За допомогою пристрою EASY209-SE є можливість підключити пристрої easyRelay і дисплей MFD-Titan до мережі Ethernet.

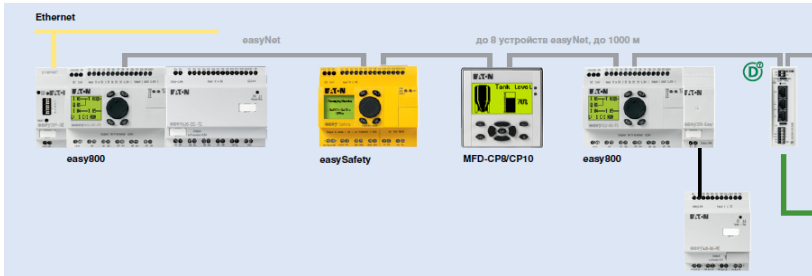


Рисунок 3.5 – Підключення пристроїв easyFamily через мережу easyNet

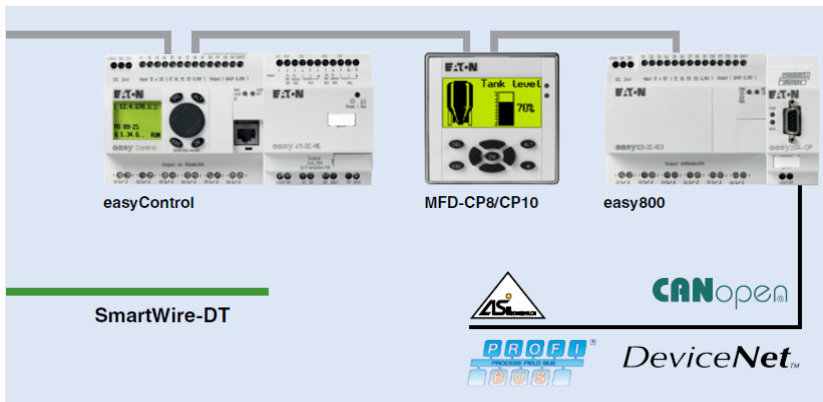


Рисунок 3.6 – Обмін даними із системами автоматизації більш високого рівня

Схема маршрутизації конфігурованих мереж easyNet за допомогою сенсорної панелі XV показана на рис. 3.7. Можлива також передача даних пристроїв серії easy в ПЛК.

Рисунок 3.7 – Маршрутизація мереж easyNet за допомогою сенсорної панелі XV

### **3.2 Програмне забезпечення Eaton Automation**

Програмне забезпечення (ПЗ) від Eaton Automation для програмування та візуалізації систем автоматики:

GALILEO – сучасне інтерактивне ПО для розробки візуального інтерфейсу, це багатофункціональне середовище розробки для застосувань, близьких до машин і технологічних процесів в машинобудуванні і промисловості.

XSoft-CoDeSys-2 – ПО для програмування на мовах стандарту IEC 61131-3: опрацьовані технічні характеристики, просте у використанні і поширене в застосуванні з компонентами різних виробників автоматики.

I / O Assistant – ПО для конфігурації XI / ON: I / O Assistant - універсальний інструмент інтерактивного планування і реалізації системи XI / ON.

### 3.2.1 Galileo

Високоєфективне програмне забезпечення візуалізації Galileo допомагає користувачу розробляти проекти для сенсорних панелей (рис. 3.8).

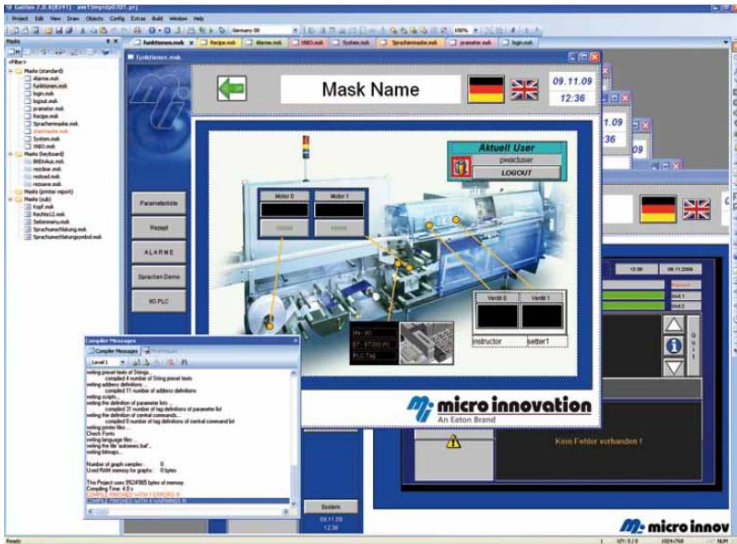


Рисунок 3.8 – Програмне середовище Galileo

### 3.2.2 EasySoft

Візуалізація для дисплея MFD-Titan створюється за допомогою екранного редактора програми easySoft-Pro шляхом створення масок. Можуть бути легко додані і відредаговані тестові повідомлення, введення та виведення значень, повідомлення про помилки, графіка і т.п. Легко створювати робочі меню, а так само є можливість привласнювати індивідуальні функції клавішам.

Програмне забезпечення easySoft (рис. 3.9) дає можливість швидкого доступу до програмування пристроїв easyRelay і дисплея MFD-Titan. Створення схеми з'єднань здійснюється за допомогою простої релейно-логічної схеми. Функції "перетягування" спрощують створення зв'язку між контактами і котушками. Парне меню вибору дозволяє здійснити швидку параметризацію функціональних блоків.

Програмне забезпечення easySoft-Pro було розширено додаванням конфігуратора SmartWire-DT. При використанні конфігуратора, лінія SmartWire-DT створюється включенням всіх пристроїв. Надалі компонентам SmartWire-DT присвоюються операнди. Це можна зробити вручну або автоматично, у міру необхідності.

*a*

Рисунок 3.9 – ПЗ easySoft: *a*

### 3.2.3 Програмування контролерів

Всі контролери xSystem Eaton програмуються за допомогою XSoft-CoDeSys-2 (рис. 3.10) в програмному забезпеченні CoDeSys.

до-  
ому

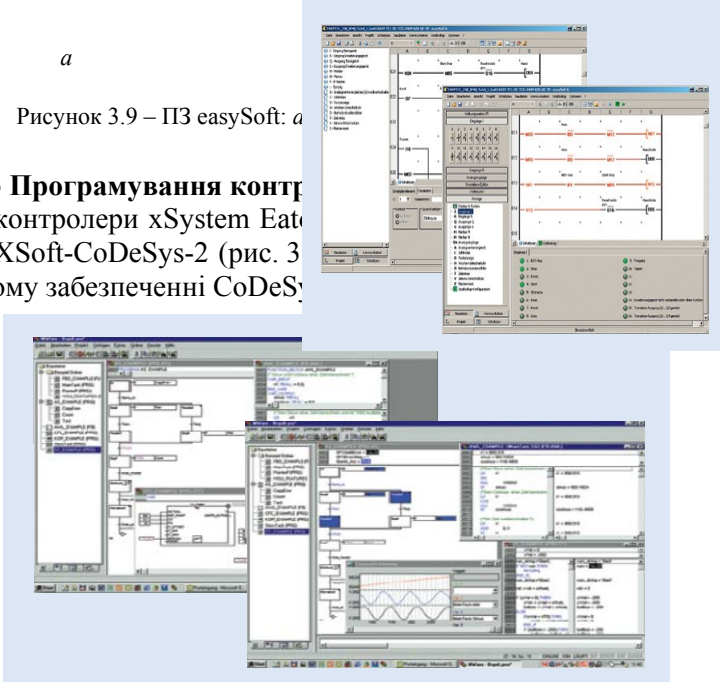


Рисунок 3.10 – XSoft-CoDeSys-2

Повноцінно укомплектовані технічні можливості, простота використання і поширеність цього ПЗ (рис. 3.11) в компонентах автоматики різних виробників, гарантують успішне програмування. **Eaton Automation** надає готові бібліотеки для програмування контролерів в середовищі XSoft-CoDeSys-2 для деяких застосувань.



Рисунок 3.11 – Можливості XSoft-CoDeSys-2

### ***Мови програмування контролерів в XSoft-CoDeSys-2***

Список інструкцій (IL) і структурований текст (ST)

Діаграма функціональних блоків (FBD)

Схема з функціональних блоків, що вільно визначаються /

Схема послідовних функцій (CFC)

Логічні діаграми (LD)

Схема послідовних функцій (SFC)

Розглянемо більш детально технічні характеристики сучасного електронного реле керування **easyE4** фірми **Eaton Automation**, яке лежить в основі дослідного стенду для проведення частки практичних та лабораторних робіт по даному курсу. Означений пристрій є частиною **easyFamily** та ядром для побудови автоматизованих систем керування та інформаційно-вимірювальних систем.

### 3.3 Електронне реле керування EASY-E4-DC-12TC1



Електронне реле керування easyE4 (розширюваний, Ethernet), 24 В пост. струму (DC), входів цифрових: 8, з них можна використати як аналогові: 4, транзисторні виходи.

Габарити 71,5 x 90 x 58.

Має монохромний дисплей 6х16, годинник реального часу, клавіатура тощо. Програмне забезпечення: EASYSOFT-SWLIC/easySoft 7.

Технічні характеристики реле наведено в Табл. 3.1, загальний вигляд – на рис. 3.12.

Рисунок 3.12 – Загальний вигляд реле

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики EASY-E4-DC-12TC1

| Електроживлення                          |       |   |                    |
|------------------------------------------|-------|---|--------------------|
| Номінальна напруга                       | $U_e$ | B | 24 DC (-15/+20%)   |
| Припустимий діапазон                     | $U_e$ |   | 20.4 - 28.8 V DC   |
| Залишкова пульсація                      |       | % | $\leq 5$           |
| Захист від невірної полярності           |       |   | так                |
| Вхідний струм                            |       |   | до 80 мА при $U_e$ |
| Запобіжник                               |       | A | $\geq 1A$ (T)      |
| Цифрові входи 24 В DC                    |       |   |                    |
| Кількість                                |       |   | 8                  |
| Входи, що можна використати як аналогові |       |   | 4 (I5, I6, I7, I8) |
| Індикація стану                          |       |   | LCD-Display        |

|                                        |                |       |                                                             |
|----------------------------------------|----------------|-------|-------------------------------------------------------------|
| Номінальна напруга                     | U <sub>e</sub> | B, DC | 24                                                          |
| Вхідна напруга                         |                | B, DC | Стан 0: $\leq 5$ (I1 - I8)<br><br>Стан 1: $\geq 15$ (I1–I8) |
| Вхідний струм при статусі 1            |                | мА    | 3,3 (I1–I4)<br>1,8 (I5–I8)                                  |
| Час затримки                           |                | мс    | 20                                                          |
| Довжина проводу                        |                | М     | 100 (не екранований.)                                       |
| <b>Частотний лічильник</b>             |                |       |                                                             |
| Кількість                              |                |       | 4 (I1, I2, I3, I4)                                          |
| Частота лічби                          |                | кГц   | $\leq 5$                                                    |
| форма імпульсів                        |                |       | Прямокутник                                                 |
| Співвідношення імпульс-пауза           |                |       | 1:1                                                         |
| Довжина дроту                          |                | М     | $\leq 20$ (екранований)                                     |
| <b>Інкrementальний лічильник даних</b> |                |       |                                                             |
| Кількість входів лічильників           |                |       | 2 (I1 + I2, I3 + I4)                                        |
| діапазон значень                       |                |       | от –2147483648 до +2147483647                               |
| Частота лічби                          |                | кГц   | $\leq 5$                                                    |
| форма імпульсів                        |                |       | Прямокутник                                                 |
| Зсув сигналу                           |                |       | 90°                                                         |
| Співвідношення імпульс-пауза           |                |       | 1:1                                                         |

|                              |                |        |                                   |
|------------------------------|----------------|--------|-----------------------------------|
| Довжина проводу              |                | М      | $\leq 20$ (екранований)           |
| <b>Швидкі цифрові входи</b>  |                |        |                                   |
| Кількість                    |                |        | 4 (I1, I2, I3, I4)                |
| діапазон значень             |                |        | Від -2147483648<br>до +2147483647 |
| Частота лічби                |                | кГц    | $\leq 10$                         |
| форма імпульсів              |                |        | Прямокутник                       |
| Співвідношення імпульс-пауза |                |        | 1:1                               |
| Довжина дроту                |                | М      | $\leq 20$ (екранований.)          |
| <b>Аналогові входи</b>       |                |        |                                   |
| Кількість                    |                |        | 4 (I5, I6, I7, I8)                |
| <b>Транзисторні виходи</b>   |                |        |                                   |
| Кількість                    |                |        | 4                                 |
| Номінальна напруга           | U <sub>e</sub> | B, DC  | 24                                |
| Залишкова пульсація          |                | B      | $\leq 5$                          |
| Припустимий діапазон         | U <sub>e</sub> | B, DC  | 20.4 - 28.8 V DC                  |
| Струм живлення               |                | мА     | тип./макс. 15                     |
| <b>Ethernet</b>              |                |        |                                   |
| Швидкість передачі даних     |                | MBit/s | 10/100                            |
| Підключення                  |                |        | Штекер RJ45, 8 конт.              |
| Вид проводу                  |                |        | CAT5                              |

*Попередження:* у випадку зворотної полярності підключення на виході відбудеться коротке замкнення!

Технічні характеристики згідно ЕТІМ 7.0 наведено в Додатку В.  
Загальний вигляд пристрою із розмірами вказаний на рис. 3.13.

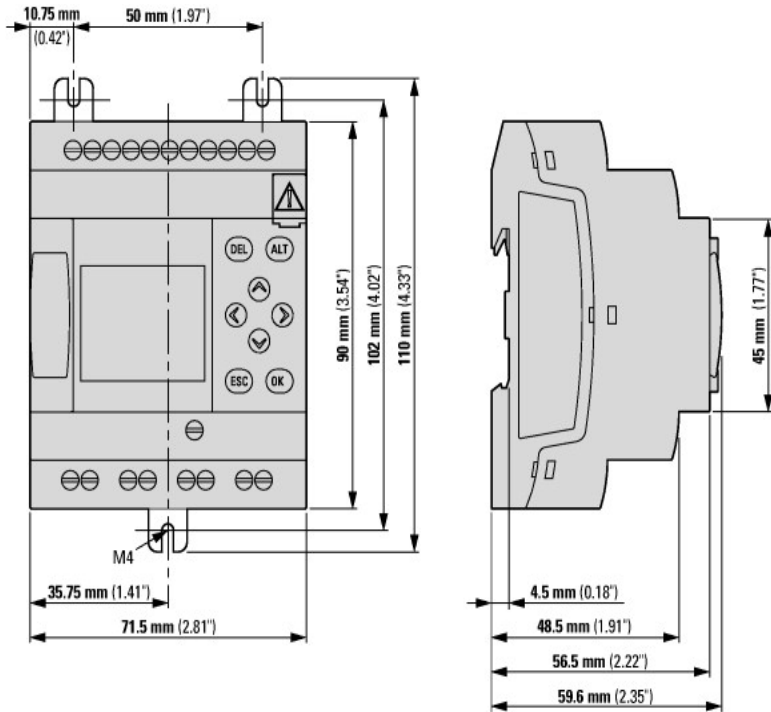


Рисунок 3.13 – Габаритні розміри реле

## ГЛОСАРІЙ

*Абсолютна похибка вимірювання* – абсолютна різниця між результатом вимірювання та істинним значенням вимірюваної величини. Розмірність абсолютної похибки є такою ж, як і у вимірюваної величини. Є ознакою якості вимірювання величини. Величина похибки залежить від умов проведення вимірювання: засобу вимірювання, умов вимірювання тощо.

*Алгоритм діагностики* – сукупність приписів, що ведуть до правильного виконання технічного процесу в будь-якому пристрої або сукупності пристроїв (системі).

*Безперервний сигнал* – сигнал, що описується безперервною функцією часу.

*Віртуальний інформаційно-вимірювальний прилад або система* – це комп'ютер, оснащений набором апаратних і програмних засобів, що виконує функції інформаційно-вимірювального приладу або системи, максимально наближений до вирішення завдання.

*Вимірювальна інформаційна система (ІВС)* – сукупність функціонально об'єднаних вимірювальних, обчислювальних та інших допоміжних технічних засобів для отримання вимірювальної інформації, її перетворення, обробки з метою представлення споживачеві (в тому числі введення в АСУ) в необхідному вигляді або автоматичного здійснення логічних функцій вимірювання, контролю, діагностування, ідентифікації (розпізнавання зразків).

*Вихід* – частина ІВС або пристрою, блоку, ланки, що входить до нього, яка відповідно до алгоритму функціонування безпосередньо впливає на подальший пристрій.

*Вимірювальна система* – ІВС, призначена для функцій вимірювання та зберігання інформації. Вимірювальна система встановлює відповідність між вимірюваною величиною і заходом. Під заходом (мірою) розуміють засіб вимірювань, призначений для відтворення фізичної величини заданого розміру. Наприклад, мірою є резистор, який відтворює опір певного розміру з відомою похибкою.

*Вхід* – частина ІВС або пристрою, блоку, ланки, що входить до нього, на який безпосередньо подається вплив ззовні (по відношенню до даного пристрою, блоку, ланці).

*Дискретний сигнал* – сигнал, що описується дискретною функцією часу.

*Датчик, сенсор* – вимірювальний пристрій у вигляді конструктивної сукупності одного або декількох вимірювальних перетворювачів величини, що вимірюється і контролюється, та котрий виробляє вихідний сигнал, зручний для дистанційного передавання, зберігання та використання у системах керування і має нормовані метрологічні характеристики.

*Інтелектуальні вимірювальні системи* – системи, що виконують функції вимірювання і контролю в реальному масштабі часу одночасно безлічі експериментальних величин.

*Загальне програмне забезпечення* – частина програмного забезпечення ІВС технологічного процесу, що представляє собою сукупність програм, які поставляються в комплекті із засобами обчислювальної техніки.

*Інформація* (в широкому сенсі) – відомості про об'єкт, які отримані в результаті взаємодії з ним. Інформація передається за допомогою сигналів, які відображають характеристики об'єкта. *Інформаційне середовище* – системно організована сукупність засобів передачі даних, інформаційних ресурсів, протоколів взаємодії, апаратно-програмного і організаційно-методичного забезпечення, орієнтована на задоволення потреб користувачів в інформаційних послугах і ресурсах.

*Інформаційне забезпечення* – сукупність системи класифікації та кодування технологічної та техніко-економічної інформації, сигналів, що характеризують стан об'єкта, масивів даних і документів, необхідних для виконання всіх функцій ІВС.

*Канал зв'язку* – сукупність ліній зв'язку та технічних пристроїв на передавальній і приймальній частинах системи. Модульна конструкція дозволяє здійснювати відносно розширення існуючої системи шляхом введення додаткових модулів і, нарешті, перетворення її в систему засобів супервізорного або цифрового управління вимірювальним експериментом шляхом включення в неї ПЕОМ.

*Комплекс технічних засобів* – сукупність обчислювальних і керуючих пристроїв, засобів перетворення, відображення і реєстрація сигналів, пристроїв передачі та обробки сигналів і даних, виконавчих пристроїв, достатня для виконання всіх функцій ІВС.

*Математичне забезпечення* – сукупність методів, математичних моделей і алгоритмів, необхідних для виконання функцій ІВС, що подаються в заданій формі.

*Метрологічні характеристики* – це характеристики технічних властивостей засобу вимірювань, які впливають на результат вимірювання. Для кожного типу засобу вимірювань встановлюють свої метрологічні характеристики.

Характеристики, що встановлюються нормативно-технічними документами, називаються *нормованими метрологічними характеристиками*, а ті, що визначаються експериментально – *дійсними метрологічними характеристиками*. Номенклатура метрологічних характеристик, правила вибору комплексів нормованих метрологічних характеристик для засобів вимірювань і способи їх нормування визначені в ДСТУ ГОСТ 8.009:2008.

*Надійність ІВС* – здатність системи виконувати функції, зберігаючи експлуатаційні показники в установлених межах протягом інтервалу часу при заданих умовах експлуатації.

*Норма* – встановлені межі допустимої зміни параметра, задані зазвичай за допомогою аналогових або цифрових установок - нижня межа (НП) і верхня межа (ВП):  $220 \pm 10 \dots 15 \text{ В}$ .

*Організаційне забезпечення* – сукупність описів функціональної, технічної та організаційної структур, інструкцій і регламентів для оперативного персоналу, що забезпечує задане функціонування.

*Оперативний персонал* – оператори, які здійснюють управління вимірювальним експериментом в складі ІВС, і експлуатаційний персонал. До експлуатаційного персоналу відносяться інженери, змінні чергові оператори та інші, що забезпечують правильність функціонування комплексу технічних засобів. Ремонтний персонал ІВС в оперативний персонал не входить.

*Похибка вимірювання* (англ. *measurement error*) – відхилення результату вимірювання від істинного значення вимірюваної фізичної величини.

*Пристрій зв'язку з об'єктом* – сукупність пристроїв отримання і перетворення сигналів вимірювання і контролю, комутації каналів передачі сигналів і виконавчих пристроїв.

*Програмне забезпечення* – сукупність програм, що забезпечує реалізацію функцій системи вимірювань і контролю процесом або вимірювальним експериментом, заданий функціонування комплексу технічних засобів ІВС і пропоноване розвиток системи. До загального програмного забезпечення відносяться програми для автоматизації

розробки програм, компонування програмного забезпечення, організаційні питання щодо функціонування обчислювального комплексу і інші службові і стандартні програми.

*Сигнал* – обумовлений (заздалегідь домовлений) стан або зміна стану параметра, що відображає інформацію, яка міститься у впливі.

*Система* – безліч взаємопов'язаних елементів, кожен з яких пов'язаний прямо або непрямо з кожним іншим елементом, а дві будь-яких підмножини не можуть бути незалежними, не порушуючи цілісність, єдність системи.

*Система автоматичного контролю* – система, що встановлює відповідність між станом об'єкта контролю і заданими нормами.

*Системи технічної діагностики* – системи автоконтролю, в яких встановлюється не тільки факт працездатності, але і визначається місце знаходження відмови, а також здійснюється локалізація несправностей. Це досягається спеціальними методами і способами пошуку несправностей, що реалізуються алгоритмами діагностики.

*Система розпізнавання образів* – система для автоматичного розпізнавання друкованих, рукописних і фотографованих знаків, текстів, малюнків і схем, для розпізнавання звуків і мови, команд, що передаються голосом, для виявлення деяких ситуацій в складних технічних комплексах, таких як критичний або аварійний стан і т. д.

*Система телевимірювання* – сукупність технічних засобів на прийомних і передавальних сторонах і каналах зв'язку для автоматичного вимірювання одного або ряду параметрів на відстані.

*Спеціальне програмне забезпечення* – частина програмного забезпечення, що представляє собою сукупність програм, що розробляються при створенні системи, і включає програми реалізації її функцій. Спеціальне програмне забезпечення ІВС розробляється на базі і з використанням програм загального програмного забезпечення.

*Сумісність ІВС* – можливість взаємопов'язаного функціонування ІВС різних рівнів і різного функціонального призначення.

*Технічне забезпечення* – комплекс технічних засобів, призначених для забезпечення роботи вимірювальної інформаційної системи.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

1. Перетворювач вимірювальний інтелектуальний ПВІ-111 Перетворювачі вимірювальні ПВ-109, ПВП-109 і ПВП-485 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://prom.ua/p16692890-peretvoryuvach-vimiryuvalnij-intelektualnij.html>
2. ШІМ регулятор швидкості двигуна 10-50В 40А 2000Вт PWM обертів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://prom.ua/ua/p900214211-shim-regulyator-skorosti.html>
3. Перетворювач вимірювальний типу ПВ-21АС [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://thermo.lviv.ua/ru/product/peretvoryuvach-vymiryuvalnyj-typu-pv-21-as/>
4. Портативний оптичний і контактний тахометр АТ-8 (2 в 1) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://simvolt.ua/mpulsn/>
5. Мультимонітор якості води WALCOM PHT-027 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://simvolt.ua/multimontor-yakost-vodi-walcom-pht-027.html>
6. Аналізатори якості електроенергії Chauvin Arnoux [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.tme.eu/ua/katalog/analizatori-iakosti-elektroenergiyi\\_112628/](https://www.tme.eu/ua/katalog/analizatori-iakosti-elektroenergiyi_112628/)
7. Високотемпературні калібратори серії ТР 28000 НТ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://prompribor.com.ua/ru/pages/894/>
8. Високоточний вимірювальний пристрій [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.kck.ua/dir/control\\_devices.html](https://www.kck.ua/dir/control_devices.html)
9. Преобразователи и счетчики Pepperl+Fuchs Цифровой индикатор DA5-IU-2K-C [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://bratsk.promtekservis.ru/katalog/promyshlennaya-elektronika/Pepper-Fuchs/promyshlennye-datchiki/preobrazovateli-i-schetchiki/cifrovoj-indikator-DA5-IU-2K-C.html>
10. Перетворювач RS-485/RS-232 ТзОВ «Термомір» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://thermomir.com.ua>
11. Вимірювач-регулятор ВР10 ТзОВ «Термомір» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://thermomir.com.ua>

## Додаток А

### Питання для підготовки до модульного контролю

1. Поняття «Засіб вимірювальної техніки».
2. Типи засобів вимірювальної техніки.
3. Що таке засоби вимірювань.
4. Поняття «Вимірювальні пристрої».
5. Метрологічні характеристики ЗВТ.
6. Датчики та сенсори.
7. Основні характеристики датчиків.
8. Вибір датчиків, основні принципи та критерії вибору.
9. Вимірювальні перетворювачі.
10. Вимоги до вимірювальних перетворювачів.
11. Класифікація вимірювальних перетворювачів.
12. Вимірювальні установки.
13. Вимірювальні інформаційні системи.
14. Основні характеристики ВІС.
15. Галузі використання ВІС.
16. Види і структури вимірювальних інформаційних систем.
17. Основні компоненти вимірювальних інформаційних систем.
18. Розвиток вимірювальних інформаційних систем.
19. Вимірювальні комплекси.
20. Вимірювально-обчислювальні комплекси.
21. Принципи агрегування ВОК.
22. Інформаційно-вимірювальні прилади і системи.
23. Віртуальні інформаційно-вимірювальні прилади.
24. Засоби вимірювання та тестування.
25. Перетворювач вимірювальний інтелектуальний.
26. Технічні характеристики вимірювальних перетворювачів (взя-ти за зразок ПВ-109).
27. ШІМ регулятор швидкості двигуна.
28. Портативний оптичний і контактний тахометр АТ-8.
29. Мультимонітор якості води WALCOM PHT-027.
30. Аналізатори якості електроенергії Chauvin Arnoux.
31. Високоточний вимірювальний пристрій (будова і робота).

32. Перетворювач інтерфейсу RS-485/RS-232.
33. ПД закон регулювання.
34. Адаптація параметрів ПД закону регулювання для проектування оптимальних траєкторій вмикання пристроїв/підсистем IBC/АСК.
35. ПД закон та поняття стійкості системи.
36. Універсальна серія пристроїв автоматизації на базі easyFamily Eaton Automation.
37. Пристрої easyControl.
38. Багатофункціональний дисплей MFD-Titan.
39. Розширення IBC пристроями easyFamily.
40. Програмне забезпечення Eaton Automation.
41. Програмування контролерів: програмне забезпечення.
42. Програмування контролерів: мови програмування.
43. Програмування контролерів: дискретна математика / алгебра Буля.
44. Програмування контролерів: основні закони алгебри Буля.
45. Елементи мови Релейних Діаграм (LD).
46. Примітиви LD для елементарних логічних функцій.
47. Проектування комбінаційних пристроїв на мові LD.
48. SCADA: призначення, класифікація, основи проектування в SCADA.
49. Використання SCADA в IBC/АСК.
50. Використання SCADA с пристроями easyFamily Eaton Automation.

## **Додаток Б**

### **Теми для самостійної роботи**

1. Проаналізуйте, в яких курсах / дисциплінах, ви використовували вимірювальні пристрої, класифікуйте їх.
2. Проаналізуйте метрологічні характеристики вимірювальних пристроїв, які були використані в ході лабораторних робіт в попередніх курсах / дисциплінах.
3. Проаналізуйте, які вимірювальні пристрої мають бути використані в системі SMART HOUSE.
4. Проаналізуйте, які вимірювальні пристрої мають бути використані в системі SMART CITY.
5. Проаналізуйте, які вимірювальні пристрої мають бути використані в системі захисту від несанкціонованого доступу, в охоронній системі.
6. Проаналізуйте, які вимірювальні пристрої мають бути використані в системі клімат-контролю.
7. Які вимірювальні пристрої є в автомобілі із ДВЗ?
8. Які вимірювальні пристрої є в електромобілі?
9. Як IBC зазвичай пов'язані із системами автоматичного керування (САК)? Побудуйте структурну схему САК, виділіть в ній IBC.
10. Намалюйте тракт перетворення інформації в САК/IBC: від датчиків до SCADA.

## Додаток В

### Технічні характеристики електронного реле згідно ЕТІМ 7.0

| PLC's (EG000024) / Logic module (EC001417)<br>Programmable logic control (SPS) / Logic module (ecl@ss10.0.1-27-24-22-16 [AKE539014]) |   |             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------|
| Supply voltage AC 50 Hz                                                                                                              | V | 0 - 0       |
| Supply voltage AC 60 Hz                                                                                                              | V | 0 - 0       |
| Supply voltage DC                                                                                                                    | V | 20.4 - 28.8 |
| Voltage type of supply voltage                                                                                                       |   | DC          |
| Switching current                                                                                                                    | A | 0.5         |
| Number of analogue inputs                                                                                                            |   | 4           |
| Number of analogue outputs                                                                                                           |   | 0           |
| Number of digital inputs                                                                                                             |   | 8           |
| Number of digital outputs                                                                                                            |   | 4           |
| With relay output                                                                                                                    |   | No          |
| Number of HW-interfaces industrial Ethernet                                                                                          |   | 1           |
| Number of interfaces PROFINET                                                                                                        |   | 0           |
| Number of HW-interfaces RS-232                                                                                                       |   | 0           |
| Number of HW-interfaces RS-422                                                                                                       |   | 0           |
| Number of HW-interfaces RS-485                                                                                                       |   | 0           |
| Number of HW-interfaces serial TTY                                                                                                   |   | 0           |
| Number of HW-interfaces USB                                                                                                          |   | 0           |
| Number of HW-interfaces parallel                                                                                                     |   | 0           |
| Number of HW-interfaces Wireless                                                                                                     |   | 0           |
| Number of HW-interfaces other                                                                                                        |   | 1           |
| With optical interface                                                                                                               |   | No          |
| Supporting protocol for TCP/IP                                                                                                       |   | Yes         |
| Supporting protocol for PROFIBUS                                                                                                     |   | No          |
| Supporting protocol for CAN                                                                                                          |   | No          |
| Supporting protocol for INTERBUS                                                                                                     |   | No          |
| Supporting protocol for ASI                                                                                                          |   | No          |
| Supporting protocol for KNX                                                                                                          |   | No          |
| Supporting protocol for MODBUS                                                                                                       |   | Yes         |
| Supporting protocol for Data-Highway                                                                                                 |   | No          |

|                                                     |  |      |
|-----------------------------------------------------|--|------|
| Supporting protocol for DeviceNet                   |  | No   |
| Supporting protocol for SUCONET                     |  | No   |
| Supporting protocol for LON                         |  | No   |
| Supporting protocol for PROFINET IO                 |  | No   |
| Supporting protocol for PROFINET CBA                |  | No   |
| Supporting protocol for SERCOS                      |  | No   |
| Supporting protocol for Foundation Fieldbus         |  | No   |
| Supporting protocol for EtherNet/IP                 |  | No   |
| Supporting protocol for AS-Interface Safety at Work |  | No   |
| Supporting protocol for DeviceNet Safety            |  | No   |
| Supporting protocol for INTERBUS-Safety             |  | No   |
| Supporting protocol for PROFIsafe                   |  | No   |
| Supporting protocol for SafetyBUS p                 |  | No   |
| Supporting protocol for other bus systems           |  | No   |
| Radio standard Bluetooth                            |  | No   |
| Radio standard WLAN 802.11                          |  | No   |
| Radio standard GPRS                                 |  | No   |
| Radio standard GSM                                  |  | No   |
| Radio standard UMTS                                 |  | No   |
| IO link master                                      |  | No   |
| Redundancy                                          |  | No   |
| With display                                        |  | Yes  |
| Degree of protection (IP)                           |  | IP20 |
| Basic device                                        |  | Yes  |
| Expandable                                          |  | Yes  |
| Expansion device                                    |  | No   |
| With timer                                          |  | Yes  |
| Rail mounting possible                              |  | Yes  |
| Wall mounting/direct mounting                       |  | Yes  |
| Front build in possible                             |  | Yes  |
| Rack-assembly possible                              |  | No   |
| Suitable for safety functions                       |  | No   |
| Category according to EN 954-1                      |  | None |
| SIL according to IEC 61508                          |  | None |

|                                       |  |    |           |
|---------------------------------------|--|----|-----------|
| Performance level acc. EN ISO 13849-1 |  |    | None      |
| Appendant operation agent (Ex ia)     |  |    | No        |
| Appendant operation agent (Ex ib)     |  |    | No        |
| Explosion safety category for gas     |  |    | None      |
| Explosion safety category for dust    |  |    | None      |
| Width                                 |  | mm | 71.5      |
| Height                                |  | mm | 90        |
| Depth                                 |  | mm | 58        |
| <b>Апробації</b>                      |  |    |           |
| UL File No.                           |  |    | E205091   |
| UL Category Control No                |  |    | NRAQ/7    |
| North America Certification           |  |    | UL listed |