

<https://doi.org/10.31891/2219-9365-2024-80-24>

УДК 621.6

КОЛОМІЙЧЕНКО Олег

ДП «УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ»
e-mail: 293.kolomiychenko@gmail.com

ЗАЩЕПКИНА Наталія

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

<https://orcid.org/0000-0001-9397-6632>

e-mail: nanic1604@gmail.com

КОЛОМІЙЧЕНКО Володимир

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

e-mail: 293.kolomiychenko@gmail.com

МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ПРОЛИВНОЇ

Нестача питної води, забруднення повітря та відходи – ці проблеми є найбільш нагальними для українців згідно з результатами роботи Держекоінспекції, опитуванням Інституту Горшеніна, Представництва Фонду ім. Фрідріха Еберта в Україні. Згідно з результатами опитування, в Україні серед екологічних проблем, якими найбільше переймаються респонденти – забруднення водойм та дефіцит питної води (51,0%), зростання кількості побутових та промислових відходів (45,9%) та забруднення атмосферного повітря (38,1%) [1].

Лічильники тепла та води є досить важливими в системі тепло та водопостачання. За допомогою даного засобів вимірювальної техніки, що складаються з витратоміра, обчислювача та датчиків температури, ми можемо контролювати фактичне водоспоживання населення. Встановлення водолічильників суттєво зберігає бюджет. Для правильної роботи лічильників потрібно робити періодичну метрологічну повірку кожні 4 роки.

Проливна установка використовується для вимірювання і контролю рідини, що протікає через витратоміри в одиницю часу. Однак з роками точність проливних установок втрачається, що призводить до похибок в показаннях та не забезпечення роботи на певному рівні, згідно до вимог ДСТУ EN 1434-5:2014. Таким чином, було прийнято рішення щодо модернізації установку пролісної УППР80, яка використовується уповноваженою лабораторією для повірки лічильників води та тепла.

В статті розглянути основні аспекти модернізації та вплив на ефективність її роботи. Модернізація існуючої проливної установки, а саме застосування встановленого сучасного устаткування, що зменшить час метрологічної повірки засобів вимірювальної техніки, відповідатиме методиці повірки ДСТУ EN 1434-5:2014, дозволить мінімізувати вплив дій оператора під час проведення повірки та збільшить точності отриманих результатів.

Ключові слова: лічильники, установка проливна, модернізація, метрологічні показники, метод, похибка, достовірність, екологія.

KOLOMIICHENKO Oleh

DP «UKRMETRTTESTSTANDART»

ZASHCHEPKINA Nataliia, KOLOMIICHENKO Volodumir

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

MODERNIZATION OF THE STRAIT PLANT

Lack of drinking water, air pollution and waste - these problems are the most urgent for Ukrainians according to the results of the work of the State Environmental Inspection, a survey by the Gorshenin Institute, the Representative Office of the Foundation named after Friedrich Ebert in Ukraine. According to the results of the survey, among the environmental problems that respondents are most concerned about in Ukraine are the pollution of water bodies and the shortage of drinking water (51.0%), the increase in the amount of household and industrial waste (45.9%) and atmospheric air pollution (38.1%) [1].

Heat and water meters are quite important in the heat and water supply system. With the help of this measuring equipment, consisting of a flow meter, a calculator and temperature sensors, we can control the actual water consumption of the population. Installation of water separators significantly saves the budget. For the correct operation of meters, periodic metrological verification should be done every 4 years.

The flow unit is used to measure and control the liquid flowing through the flow meters per unit of time. However, over the years, the accuracy of pouring units is lost, which leads to errors in the readings and failure to ensure their operation at a certain level, according to the requirements of DSTU EN 1434-5:2014. Thus, a decision was made to modernize the plant of the УППР80, which is used by the authorized laboratory for checking water and heat meters.

The article considers the main aspects of modernization and the impact on the efficiency of its work. The modernization of the existing pouring plant, namely the use of installed modern equipment, which will reduce the time of metrological verification of measuring equipment, will comply with the verification methodology of DSTU EN 1434-5:2014, will allow minimizing the impact of the operator's actions during the verification and increasing the accuracy of the results obtained.

Key words: counters, overflow installation, modernization, metrological indicators, method, error, reliability, ecology.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ЧИ ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ

Згідно із статтею 20 Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» на ЗВТ, результати вимірювання якими використовуються під час торговельно-комерційних операцій між покупцем (споживачем) і продавцем (постачальником, виробником, виконавцем) у тому числі у сферах побутових і комунальних послуг (лічильники холодної та гарячої води, що встановлено в квартирах), поширюється Державний метрологічний нагляд [2].

- Згідно із статтею 28 Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» засоби вимірювальної техніки (лічильники холодної та гарячої води, що встановлено в квартирах), що перебувають в експлуатації і на які поширюється Державний метрологічний нагляд, підлягають періодичній повірці з встановленим міжповірочним інтервалом. Позитивні результати повірки встановлюють факт, що похибка засобів вимірювальної техніки не вийшла за допустимі границі, і засіб вимірювальної техніки визнається придатним до застосування. Якщо періодичну повірку не проведено, то похибка таких засобів вимірювальної техніки є невідомою і згідно з пунктом 1 статті 10 Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» результати вимірювань такими засобами вимірювальної техніки для комерційних операцій (розрахунку) використані бути не можуть. Тобто покази таких лічильників води не можна урахувати для розрахунків за спожиту воду. [3]

- Згідно із статтею 28 Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» підприємства, організації та фізичні особи зобов'язані своєчасно (з урахуванням установлених міжповірочних інтервалів) подавати засоби вимірювальної техніки на повірку. [3]

- Згідно з пунктом 32 «Правил надання послуг з централізованого опалення, постачання холодної та гарячої води і водовідведення», затверджених Постановою Кабінету Міністрів України від 21.07.2005 № 630 Виконавець зобов'язаний контролювати установлені міжповірочні інтервали. При цьому під Виконавцем розуміється суб'єкт господарювання, предметом діяльності якого є надання житлово-комунальних послуг, а саме послуг з централізованого опалення, постачання холодної та гарячої води і водовідведення [4-6].

Стационарна проливна установка забезпечує протікання через прилад заданого об'єму води з заданою витратою. Об'єм води, що пройшла через установку, вимірюється за допомогою еталонних пристроїв і порівнюється з об'ємом води по приладу, що повіряється. Перевірка (в більшості випадків) здійснюється на 3-х витратах (номінальному, перехідному, мінімальному), які залежать від типу та діаметра лічильника води, що повіряється.

СТАН ПРОБЛЕМИ ТА ЇЇ РОЗВ'ЯЗАННЯ

Вирішуючи завдання оцінки всіх складових похибок, нестабільності потоку, враховуючи особливості проведення атестації установок, а саме, необхідність атестації лише за місцем експлуатації, встановлено, що найефективнішим методом оцінки похибки установки проливної, невизначеності вимірювань, що проводяться лабораторією, є міжнародний досвід застосування еталонів порівняння у вигляді витратомірів-лічильників з високою стабільністю метрологічних характеристик. Еталони порівняння, при достовірній математичної обробки отриманої вимірювальної інформації, можуть враховувати всі джерела похибок і дати комплексну оцінку точності вимірювання проливною установкою.

Істотною перевагою такого методу є знаходження еталону порівняння, випробуваного приладу, який знаходиться на проливній установці, тобто вплив факторів на них однаковий. Крім цього еталон порівняння сприймає всі ці впливи в комплексі, відповідно властивостям конкретному методу, режиму та умовам вимірювання, комбінаціям, які відбувається в реальних умовах. Еталон порівняння враховує величини, які важко піддаються оцінці, але дають у сумі значний внесок у похибку установки.

За останні чотири роки фахівці ДП «Укрметрестандарт» провели 230 метрологічних атестацій робочих еталонів-проливних установок. Атестовано 135 установок. З них 50 установок – щороку.

Зі ста тридцяти п'яти установок забраковано 19, змінено діапазони вимірювання об'ємної витрати на 39 установках. Після експертизи на 32 установках проведено реконструкцію гідравлічної частини зі заміною складових частин (насоси, збірні баки, витратоміри-лічильники тощо). На рис. 1 зображено графік метрологічних атестацій проливних установок в Україні.

Незважаючи на важку економічну ситуацію в країні, і зокрема в міських водоканалах та тепломережах, за останній рік постачальникам побутових послуг було поставлено умови щодо необхідності створення сучасної нової метрологічної бази.

Першою установкою, яка була проаналізована - УППР80 (рис. 2). Будова установки: бак з водою на 1000 літрів, два еталонні баки на 700 та 50 літрів, еталонні витратоміри ЕМПР (3 штуки), електродвигун АТВ 20 кВт, контролер, частотний перетворювач.

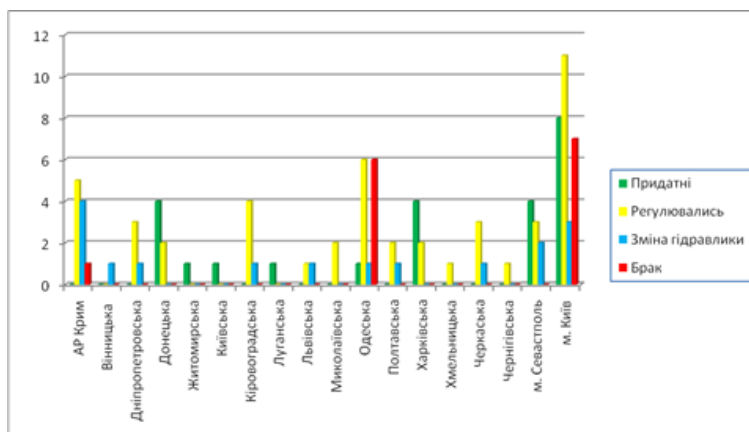


Рис. 1. Графік метрологічних атестацій проливних установок в Україні



Рис.2. Проливна установка УПНР80

При повірці, витратоміри встановлюються на робочу ділянку паралельно лінії з еталонними витратомірами. Програмно, за допомогою частоти, яка передається на частотний перетворювач, що керує обертами двигуна, задається певна витрата води в метрах кубічних на годину. Відповідно до заданої витрати, відкриваються задвижки з баку на 1000 літрів і задвижки на робочу ділянку. Вода циркулює через витратоміри, що повіряються та еталонні витратоміри. Еталонні витратоміри через імпульсні виходи підключені до контролера станції. Таким чином, програма фіксує витрату рідини на витратомірах. На рис. 3 зображено еталони ЕМІР, на рис. 4 – еталони endress+hauser.



Рис.3. Еталони ЕМІР



Рис.4. Еталони endress+hauser

Контролер виконує функцію автоматичної підтримки витрат. Програма оброблює дані з еталонних витратомірів і витратомірів, які повірялися. Такий метод вимірювання називається об'ємний. Програма порівнює об'єм води, який пройшов через еталон і об'єм та витратомір який повірявся. На основі цих даних визначається похибка вимірювань. Якщо витратоміри які повіряються вийшли за межі допустимої похибки в 4%, вони калібруються програмним забезпеченням за допомогою зміни коефіцієнтів в більшу або меншу сторону, в залежності від знаку похибки. Після проведення аналізу роботи установки проливної УППР80 було прийняте рішення про її модернізацію. Причина – некоректна робота частотного перетворювача, який встановлено в комплекті зі станцією (УППР 80), наводки на мережу, що призвело до значної похибки.

Проаналізувавши необхідність перевірки лічильників та стандартні методи перевірки було поставлено задачу модернізація проливної установки шляхом заміни контролера на сучаснішу модель SIEMENS SIMATIC S7-1200.

Сімейство S7-1200 є серією програмованих логічних контролерів (ПЛК), за допомогою яких можна вирішувати широкий спектр завдань автоматизації. Компактна конструкція, низька вартість та потужний набір команд роблять S7-1200 дуже придатним для безлічі додатків в області управління. Різні моделі S7-1200 та інструментальні засоби програмування на основі Windows забезпечують гнучкість, яка необхідна для вирішення задач автоматизації.

Програмований логічний контролер (ПЛК) S7-1200 (рис.5) забезпечує гнучкість та забезпечує достатню потужність для управління широким колом пристроїв, що підтримують потреби в автоматизації. Компактна конструкція, гнучка конфігурація та потужний набір команд, сприяє тому, що S7-1200 є чудовим рішенням для управління широким спектром програм. CPU об'єднує в компактному корпусі мікропроцесор, вбудований блок живлення, вхідні та вихідні ланцюги, утворюючи потужний ПЛК.

Після завантаження програми CPU відбувається контроль та керування пристроями у розробленому додатку. CPU контролює входи та змінює виходи відповідно до логіки програми користувача, яка може включати булеві логічні операції, рахунок, відлік часу, складні математичні операції та зв'язок з іншими інтелектуальними пристроями.

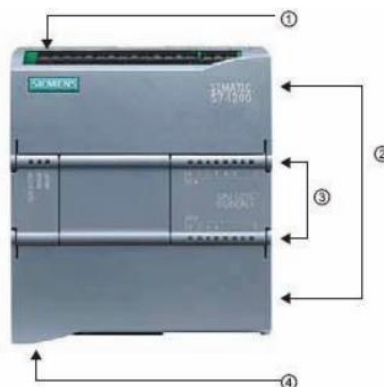


Рис. 5. Програмований логічний контролер S7-1200: 1 –роз'єм живлення; 2 –змінний клемний блок для підключення користувача, гніздо для картки пам'яті; 3 - світлодіоди стану для вбудованих входів/виходів; 4 – роз'єм PROFINET (на нижній стороні CPU)

Принципова схема ПЛК наведена на рис. 6.

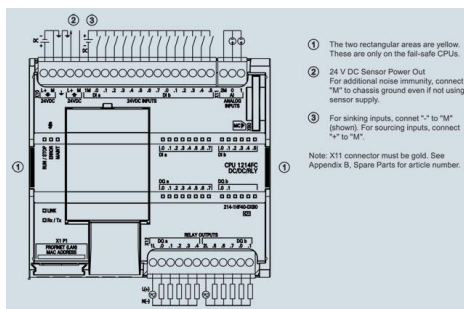


Рис.6. Принципова схема ПЛК

Характеристики Характеристики ПЛК S7-1200 наведені в табл. 1. Види комунікаційних модулів наведені в таблиці 2.

Таблиця 1

Характеристики ПЛК S7-1200

Характеристика	CPU1211C	CPU1212C	CPU1214C
Фізичний розмір (мм)	90 x 100 x 75		110 x 100 x 75
Користувальницька пам'ять	-робоча		
пам'ять	25 Кбайт	1 Мбайт	50 Кбайт
пам'ять	-завантажувальна		Мбайт
пам'ять	-збережена пам'ять		Кбайта
Локальні вбудовані входи/ виходи			
Цифрові	6 входів/4 виходи	8 входів/6 виходи	14 входів/10 виходи
Аналогові	2 входи	2 входи	2 входи
Величина образу процесу	1024 байта входів (I) та 1024 байта виходів (Q)		
Бітова пам'ять (M)	4096 байт		8192 байта
Додаткові сигнальні модулі	Немає	2	8
Сигнальна плата	1		
Комунікаційні модулі	3 (лівостороннє розширення)		
Імпульсні виходи	2		
Карта пам'яті	Карта пам'яті Simatic		
Тривалість збереження часу для годинника реального часу	10 днів / 6 днів мінімум при 40 °C		
PROFINET	1 комунікаційний порт для зв'язку з Ethernet		
Швидкість виконання арифметичних операцій	18 мкс/команду		
Швидкість виконання булевих операцій	0,1 мкс/команду		

Таблиця 2

Види комунікаційних модулів

Модуль		Тільки ввід	Тільки вивід	Комбінація введення та виведення
Сигнальний модуль (SM)	Цифровий	8 входів пост. струму	8 виходів пост. струму 8 релейних виходів	8 входів пост струму / 8 виходів пост струму 8 релейних виходів
		16 входів пост. струму	16 виходів пост. струму 16 релейних виходів	16 входів пост струму / 16 виходів пост струму / 16 релейних виходів
	Аналоговий	4 аналогових входи 8 аналогових входів	2 аналогових входи 4 аналогові входи	4 аналогових входи / 2 аналогові виходи
Сигнальна плата (SB)	Цифрова	-	-	2 входи пост струму / 2 виходи пост струму
	Аналогова	-	1 аналоговий вихід	-
Комунікаційний модуль (CM)				
RS 485				
RS 232				

S7-1200 пропонує ряд сигнальних модулів та сигнальних плат для розширення можливостей CPU. Є можливість встановлювати додаткові комунікаційні модулі підтримки інших протоколів зв'язку.

Програмне забезпечення STEP 7 Basic (рис.7) надає у розпорядження користувача зручне середовище для розробки, редагування та контролю логіки, необхідної для управління розробленим додатком, включаючи інструментальні засоби для управління та конфігурування всіх пристроїв у проекті, таких як ПЛК та пристрої людинно-машинного інтерфейсу.

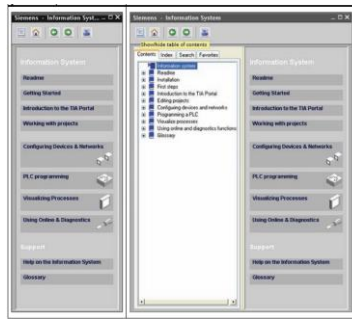


Рис. 7. Огляд програмного забезпечення

Для зручності та ефективності в розробці керуючої програми для програми STEP 7 Basic надає у розпорядження дві мови програмування (LAD та FBD), а також забезпечує інструментальними засобами для створення та конфігурування пристроїв людино-машинного інтерфейсу у проекті.

В таблицях 4,5 наведено технічні характеристики ЧП. На рис.8 наведені габаритні розміри ЧП.

Таблиця 4

Технічні характеристики ЧП

Варіант плати 6L3216-5BE17-5VC0	Середня видна потужність		
	370Вт	550Вт	750Вт
Діапазон робочих температур, °С	-10 до + 40		
Максимальні витрати радіатора, W	24	27	31
Максимальні витрати контролю, W	9,25	9,25	9,25
Рекомендований термічний опір радіатора, K/W	1,8	1,5	1,2
Рекомендований вихідний струм, A	1,3	1,7	2,2

Таблиця 5

Різновиди ЧП за потужністю

Компоненти	Номінальна вихідна потужність	Номінальний вхідний струм	Номінальний вихідний струм	Номінальний струм 480 В при 4кГц/40 С	Номер статті	
					Нефільтрований	Фільтрований
FSA (Без вентилятора)	0,37 kW	1,7 A	1,3 A	1,3 A	6SL3210-5BE13-7UV0	6SL3210-5BE13-7UV0
	0,55 kW	2,1 A	1,7 A	1,6 A	6SL3210-5BE15-5UV0	6SL3210-5BE15-5UV0
	0,75 kW	2,6 A	2,2 A	2,2 A	6SL3210-5BE17-5UV0	6SL3210-5BE17-5UV0
	0,75 kW	2,6 A	2,2 A	2,2 A	-	6SL3216-5BE17-5UV0
FSA (З одним вентилятором)	1,1 kW	4,0 A	3,1 A	3,1 A	6SL3210-5BE21-1UV0	6SL3210-5BE21-1UV0
	1,5 kW	5,0 A	4,1 A	4,1 A	6SL3210-5BE21-5UV0	6SL3210-5BE21-5UV0
	2,2 kW	6,4 A	5,6 A	4,8 A	6SL3210-5BE22-2UV0	6SL3210-5BE22-2UV0
FSB (З одним вентилятором)	3,0 kW	8,6 A	7,3 A	7,3 A	6SL3210-5BE23-0UV0	6SL3210-5BE23-0UV0
	4,0 kW	11,3 A	8,8 A	8,24 A	6SL3210-5BE24-0UV0	6SL3210-5BE24-0UV0
FSC (З одним вентилятором)	5,5 kW	15,2 A	12,5 A	11 A	6SL3210-5BE24-5UV0	6SL3210-5BE25-5UV0
FSD (З двома вентиляторами)	7,5 kW	20,7 A	16,5 A	16,5 A	6SL3210-5BE27-5UV0	6SL3210-5BE27-5UV0
	11 kW	30,4 A	25 A	21 A	6SL3210-5BE31-1UV0	6SL3210-5BE31-1UV0
	15 kW	38,1 A	31 A	31 A	6SL3210-5BE31-5UV0	6SL3210-5BE31-5UV0
FSE (З двома вентиляторами)	18,5 kW	45 A	38 A	34 A	6SL3210-5BE31-8UV0	6SL3210-5BE31-8UV0
	22 kW	54 A	45 A	40 A		
	22 kW	54 A	45 A	40 A	6SL3210-5BE32-2UV0	6SL3210-5BE32-2UV0
	30 kW	72 A	60 A	52 A		

Перетворювач частоти (ПЧ) SIEMENS 6SL32105BE315CV0 від компанії siemens чудово підійде для керування насосом в проливній установці. Частотні перетворювачі даного типу є дуже надійними, простими

в експлуатації та функціональними. Цей перетворювач перекриває весь обсяг задач з керування насосом. Саме ця модифікація ЧП укомплектована фільтром на вході та виході. Фільтр – це дуже важливий елемент для коректної роботи ПЧ та інших приладів, що знаходяться в лабораторії.

У більшості застосувань в області машинобудування та виробництва промислового обладнання сьогодні потрібні індивідуальні рішення з приводною технікою з можливістю автоматизації простих процесів руху та базовими вимогами. З компактним перетворювачем частоти SINAMICS V20 від Siemens для таких завдань пропонується просте та економічне рішення. SINAMICS V20 характеризується швидким введенням в експлуатацію, простотою управління, надійністю та економічною ефективністю. Витрати на проектування та введення в експлуатацію, а також вартість залишаються на мінімально можливому рівні. SINAMICS V20 ідеально відповідає цим вимогам.

Для підвищення енергоефективності перетворювач використовує метод керування з автоматичним зменшенням потоку для оптимізації енергоспоживання. Крім цього, він відображає поточну витрату енергії і пропонує безліч інших вбудованих функцій енергозбереження.

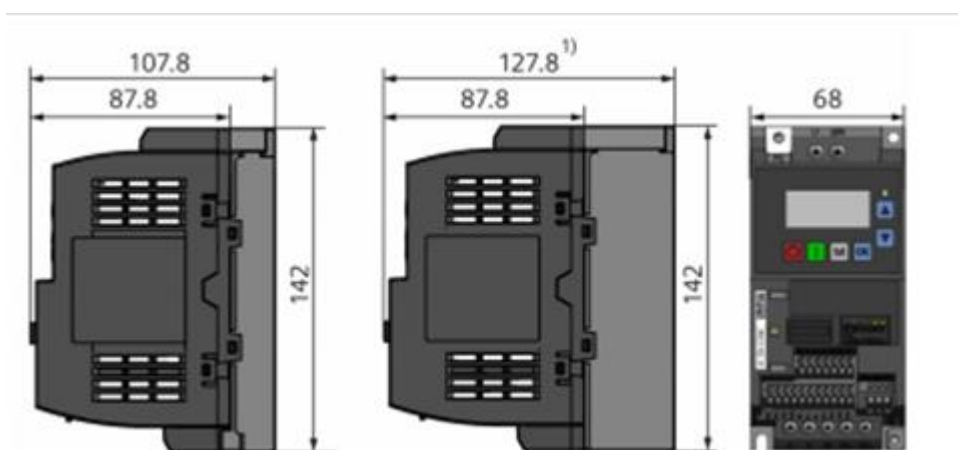


Рис. 8. Габаритні розміри ЧП

ЧП Siemens також має важливу функцію, яка потрібна для коректної роботи проливної установки, а саме автоматичне регулювання та підтримка заданої витрати на установці шляхом підвищення частоти.

Таким чином, коли набирається певний об'єм води в бак і стовбчик води давить на лінію з насосом, не впливатиме на вимірювання, бо ЧП буде збільшувати вихідну частоту на насос і витрата під час всього вимірювання буде стабільною.

Комунікаційний модуль – це невід'ємний елемент в системі, з його допомогою будуть пов'язані ЧП, контролер та ПК з програмним забезпеченням через RS485. Даний модуль забезпечує швидку та стабільну передачу даних між всіма елементами системи (рис. 10). Характеристика наведена в табл. 6.



Рис.9. Комунікаційний модуль SIEMENS 6ES7241-1CH30-1XB0

Таблиця 6

Характеристика Комунікаційний модуль SIEMENS 6ES7241-1CH30-1XB0

Тип продукту	CB 1241 RS 485
Вхідний струм, мА	50
Потіжність,Вт	1,5
Макс. довжина кабелю	1000 м
Функція діагностики	є
Клас захисту	IP 20
Матеріал	Пластик
Розміри,мм	38x62x21

Після проведених досліджень та аналізу модулів, які приймали участь в роботі станції, було виявлено ряд проблем, а саме: не стабільна робота насосу, через перетворювач частоти, значна похибка показів лічильників. То му була розроблена структурна схема вимірювальної системи (рис.10).

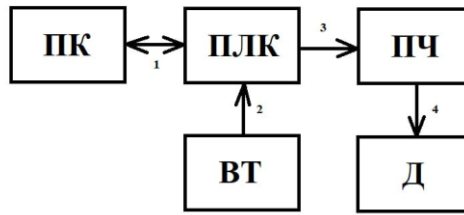


Рис. 10. Структурна схема вимірювальної системи:

ПК - персональний комп'ютер, ПЛК – програмований логічний контролер, ПЧ – перетворювач частоти, ВТ – витратоміри, Д – двигун. Типи з'єднань: 1 – RS-485, 2 – імпульсні/частотні входи, 3 – RS-495, 4 – мідний провідник ізолюваний сталевим екраном.

Розрахунки та вимірювання проводилися згідно ДСТУ 9109:2021 та ДСТУ 9111:2021. Температура в зворотному потоці має бути $(50 \pm 5) ^\circ\text{C}$ для систем нагрівання і $(15 \pm 5) ^\circ\text{C}$ для систем охолодження. Значення різниці температур, що відповідає $\Delta\theta_{max}$, може бути зменшено до значення, щоб температура в прямому потоці не перевищувала максимального значення. Для забезпечення прискорення виконання операції перевірки приладу зазвичай наявний тестовий режим. Однак принаймні один тест рекомендовано виконувати в робочому режимі. Еталонне значення об'єму V_e визначити за показами проливної установки.

Еталонне значення температури в подавальному θ_{1_e} та зворотному θ_{2_e} трубопроводах визначити за показами еталонних термометрів у складі термостата.

Еталонне значення кількості теплоти Q_e визначити одним із двох способів:

1) за формулами:

— у разі встановлення перетворювача витрати в подавальному трубопроводі:

$$Q_e = \frac{1}{V(\theta_{1_e})} \cdot V_e \cdot [h(\theta_{1_e}) - h(\theta_{2_e})]; \quad (1)$$

— у разі встановлення перетворювача витрати в зворотному трубопроводі:

$$Q_e = \frac{1}{V(\theta_{2_e})} \cdot V_e \cdot [h(\theta_{1_e}) - h(\theta_{2_e})]; \quad (2)$$

де $V(\theta_{1_e})$, $V(\theta_{2_e})$ - питомий об'єм води за температури в подавальному та зворотному трубопроводах, відповідно;

$h(\theta_{1_e})$, $h(\theta_{2_e})$ - питома ентальпія води за температури в подавальному та зворотному трубопроводах, відповідно;

$$Q_e = V_e \cdot k \cdot (\theta_{1_e} - \theta_{2_e}),$$

де k — тепловий коефіцієнт.

Значення теплового коефіцієнта k для води обчислювали згідно з ДСТУ EN 1434-1.

Відносна похибка приладу в разі вимірювання об'єму теплоносія v , у відсотках, визначається формулою:

$$\delta_v = \frac{(V_{BK} - V_{BP}) - V_e}{V_e} \cdot 100.$$

Визначення відносною похибки приладу в разі вимірювання кількості теплоти Q , у відсотках,:

$$\delta_Q = \frac{(Q_{BK} - Q_{BP}) - Q_e}{Q_e} \cdot 100.$$

Визначення абсолютною похибки приладу в разі вимірювання температури $\Delta\theta$:

$$\Delta\theta_1 = \theta_{1_B} - \theta_{1_e}$$

$$\Delta\theta_2 = \theta_{2_B} - \theta_{2_e}$$

Було виконане всі операції для всіх тестів. Результат операції перевірки вважають позитивним, якщо:

а) відносна похибка приладу в разі вимірювання кількості теплот знаходиться в межах:

$$- \pm (2 + 0.01 \cdot \frac{q_p}{q} + 4 \cdot \Delta\theta_{min}/\Delta\theta) \%, \text{ але в границях } \pm 10 \% \text{ для класу точності 1;}$$

$$- \pm (3 + 0.02 \cdot \frac{q_p}{q} + 4 \cdot \Delta\theta_{min}/\Delta\theta) \%, \text{ але в границях } \pm 10 \% \text{ для класу точності 2;}$$

$$- \pm (4 + 0.05 \cdot \frac{q_p}{q} + 4 \cdot \Delta\theta_{min}/\Delta\theta) \%, \text{ але в границях } \pm 10 \% \text{ для класу точності 3;}$$

б) відносна похибка приладу в разі вимірювання об'єму теплоносія міститься в границях:

$$- \pm (1 + 0,01 \cdot \frac{q_p}{q}) \%, \text{ але в границях } \pm 5 \% \text{ для класу точності 1;}$$

- $\pm \left(2 + 0,02 \cdot \frac{q_p}{q}\right) \%$, але в границях $\pm 5 \%$ для класу точності 2;
- $\pm \left(3 + 0,05 \cdot \frac{q_p}{q}\right) \%$, але в границях $\pm 5 \%$ для класу точності 3;

в) абсолютна похибка приладу в разі вимірювання температури теллоносія знаходиться в межах наведених в експлуатаційному документі на прилад.

Установлено для кожного теста за допомогою магазинів опору, що імітують претворювачі температури в подавальному та зворотному трубопроводах, значення опору, яке відповідно до номінальних статичних характеристик застосованих перетворювачів температури відповідає таким температурам:

— для систем нагрівання:

а) $\Delta\theta_{min} \leq \Delta\theta \leq 1.2\Delta\theta_{min}$;

б) $10K \leq \Delta\theta \leq 20K$;

в) $\Delta\theta_{max} - 5K \leq \Delta\theta \leq \Delta\theta_{max}$;

— для систем охолодження:

а) $\Delta\theta_{min} \leq \Delta\theta \leq 1.2\Delta\theta_{min}$;

б) $0.8\Delta\theta_{max} \leq \Delta\theta \leq \Delta\theta_{max}$, але менше ніж 15 К,

де $\Delta\theta_{max}$ - максимальна різниця температур.

На проливній установці було проведено вимірювання за допомогою еталонних витратомірів. Проведення вимірювань нормаволося згідно ДСТУРозстановка точок необхідна для вказівки граничних переломних перерізів при апроксимації декількома прямими. Граничні перерізи ділять весь діапазон витрати на піддіапазони, кожен із яких апроксимується однією прямою методом найменших квадратів. Крапки розставлені вручну використовуються при ручному режимі апроксимації. Щоб помітити перетин як граничний, необхідно поставити "прапорець" у стовпці "Точка" градувальної характеристики. Не має значення, чи всі вимірювання в перерізі позначені точкою, достатньо однієї точки в будь-якому рядку, що належить перерізу, Приклад графіка наведено на рисунку 11.

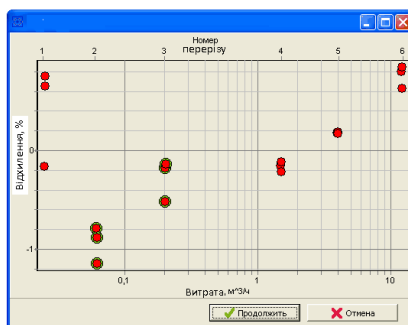


Рис. 11. Графік градувальної характеристики

Після аналізу графіку проводилась апроксимація двома прямими і відхилення від 0 корегується додатковими коефіцієнтами. Графіки служать візуальної оцінки похибки і перегляду характеристики приладу. У вікно графіків передаються дані із усіх пакетів документа.

При переміщенні курсора по полю графіка у рядку статусу відображаються координати точки графіка, на яку вказує курсор. Приклад на рисунку 12.

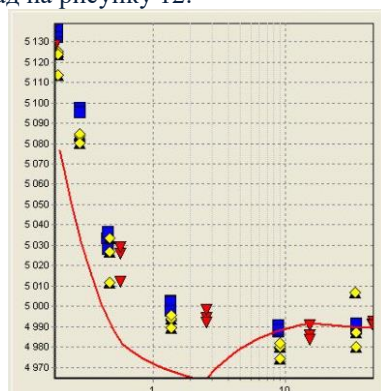


Рис.12. Графік залежності коду АЦП від витрати

Було проведено вимірювання на станції до модернізації за допомогою еталонного витратоміра, результати показань та похибок надані на рисунку 13.

Протокол повірки перетворювача витрати

Номер приладу 80802000 Ду: 25 Тип: PROMASS 83

A=

B=

F=

Точка	№пер.	Міра	V _{гр} (л)	t, °C	T _{гр} (сек)	Q _{гр} (м3/ч)	N _{вим} (мм)	T _{вим} (сек)	F _{вим} (Гц)	N _{вим} (мм)	Q _{вим} (м3/ч)	V _{вим} (л)	dQ (%)	dV (%)
Мірний-IV	203.561	21.75	72.995	10.039						20360	203.600	-100.00	-4.89	
Мірний-IV	203.561	21.75	73.159	10.017						20367	203.670	-100.00	-4.92	
Мірний-IV	203.561	21.75	72.930	10.048						20375	203.750	-100.00	-4.98	
Мірний-IV	203.563	22.00	147.254	4.977						20358	203.580	-100.00	-4.82	
Мірний-IV	203.563	22.00	147.335	4.974						20356	203.560	-100.00	-4.84	
Мірний-IV	203.563	22.00	147.279	4.976						20366	203.660	-100.00	-4.86	
Мірний-IV	203.563	22.05	280.980	2.608						20367	203.670	-100.00	-3.28	
Мірний-IV	203.563	22.05	280.453	2.613						20359	203.590	-100.00	-3.36	
Мірний-IV	203.563	22.05	280.997	2.608						20361	203.610	-100.00	-3.45	
Мірний-III	49.894	22.15	93.162	1.928						4989	49.890	-100.00	-4.28	
Мірний-III	49.894	22.15	91.970	1.953						4986	49.860	-100.00	-4.32	
Мірний-III	49.894	22.15	92.018	1.952						4987	49.870	-100.00	-4.38	
Мірний-III	49.895	22.25	128.008	1.403						4985	49.850	-100.00	-4.62	
Мірний-III	49.895	22.25	123.120	1.459						4984	49.840	-100.00	-4.68	
Мірний-III	49.895	22.25	123.707	1.452						4985	49.850	-100.00	-4.72	
Мірний-III	49.895	22.30	369.362	0.486						4984	49.840	-100.00	-4.58	
Мірний-III	49.895	22.30	361.618	0.497						4983	49.830	-100.00	-4.61	
Мірний-III	49.895	22.30	360.050	0.499						4984	49.840	-100.00	-4.69	

Кількість вимірювань: 18 Трив.: 20.00

Повірку провів _____, Коломійченко В.О. Дата: 01.02.2024

Рис. 13. Протокол повірки еталонного витратоміра до модернізації

Коли всі графіки були побудовані і внесені поправочні коефіцієнти, відмічено значне покращення в показах витратоміра, після проведення цих процедур, далі можна повірити прилад, та формувати протокол повірки на нього (рис 14).

Протокол повірки перетворювача витрати

Номер приладу 80802000 Ду: 25 Тип: PROMASS 83

A=

B=

F=

Точка	№пер.	Міра	V _{гр} (л)	t, °C	T _{гр} (сек)	Q _{гр} (м3/ч)	N _{вим} (мм)	T _{вим} (сек)	F _{вим} (Гц)	N _{вим} (мм)	Q _{вим} (м3/ч)	V _{вим} (л)	dQ (%)	dV (%)
Мірний-IV	203.561	21.75	72.995	10.039						20360	203.600	-100.00	0.02	
Мірний-IV	203.561	21.75	73.159	10.017						20367	203.670	-100.00	0.05	
Мірний-IV	203.561	21.75	72.930	10.048						20375	203.750	-100.00	0.09	
Мірний-IV	203.563	22.00	147.254	4.977						20358	203.580	-100.00	0.01	
Мірний-IV	203.563	22.00	147.335	4.974						20356	203.560	-100.00	0.00	
Мірний-IV	203.563	22.00	147.279	4.976						20366	203.660	-100.00	0.05	
Мірний-IV	203.563	22.05	280.980	2.608						20367	203.670	-100.00	0.05	
Мірний-IV	203.563	22.05	280.453	2.613						20359	203.590	-100.00	0.01	
Мірний-IV	203.563	22.05	280.997	2.608						20361	203.610	-100.00	0.02	
Мірний-III	49.894	22.15	93.162	1.928						4989	49.890	-100.00	-0.01	
Мірний-III	49.894	22.15	91.970	1.953						4986	49.860	-100.00	-0.07	
Мірний-III	49.894	22.15	92.018	1.952						4987	49.870	-100.00	-0.05	
Мірний-III	49.895	22.25	128.008	1.403						4985	49.850	-100.00	-0.09	
Мірний-III	49.895	22.25	123.120	1.459						4984	49.840	-100.00	-0.11	
Мірний-III	49.895	22.25	123.707	1.452						4985	49.850	-100.00	-0.09	
Мірний-III	49.895	22.30	369.362	0.486						4984	49.840	-100.00	-0.11	
Мірний-III	49.895	22.30	361.618	0.497						4983	49.830	-100.00	-0.13	
Мірний-III	49.895	22.30	360.050	0.499						4984	49.840	-100.00	-0.11	

Кількість вимірювань: 18 Трив.: 20.00

Повірку провів _____, Коломійченко В.О. Дата: 20.04.2024

Рис.14. Протокол повірки еталонного витратоміра після модернізації

ВИСНОВКИ З ДАНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ РОЗВІДОК У ДАНОМУ НАПРЯМІ

Після проведених досліджень та аналізу модулів, які приймали участь в роботі станції, було виявлено ряд проблем, а саме: не стабільна робота насосу, через перетворювач частоти, значна похибка показів лічильників, з причини неякісної роботи контролера станції. Після заміни цих компонентів проливна установка стала працювати коректно, похибки при вимірюванні стали мінімальні, близько 1%, що є хорошим результатом.

При дослідженні лічильника отримані відхилення від 0 на всьому діапазоні вимірювань та відмічено нестабільну похибку, яка коливалася від додатніх до від'ємних значень. Після внесення поправочних коефіцієнтів та калібрування приладу відмічено покращення в його показаннях, які коливаються в межах 0 – 0.13%, в сформованому протоколі видно, що похибка відповідає всім стандартам і складає 0.13% при допуску 4% між витратомірами.

Література

1. Урядовий квартал. Код доступу: <https://www.kmu.gov.ua/news/u-derzhkoinspekciyi-nazvali-top-3-ekologichni-problemi-v-ukrayini>
2. Про затвердження Методики повірки лічильників води з механічним відліковим пристроєм номінальних діаметрів DN10, DN15, DN20 на місці експлуатації та внесення зміни до Порядку проведення повірки законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що перебувають в експлуатації, та оформлення її результатів/ НАКАЗ МІНІСТЕРСТВО ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ УКРАЇНИ 23.12.2016 No 2129 .
3. МЕТОДИКА повірки лічильників води з механічним відліковим пристроєм номінальних діаметрів DN10, DN15, DN20 на місці експлуатації / Наказ Міністерства економічного розвитку і торгівлі України 23.12.2016 No 2129.
4. ДСТУ 9111:2021 Метрологія. Теплообчислювачі складені. Методика повірки
5. Закон України ' «Про метрологію та метрологічну діяльність»». <https://ips.ligazakon.net/document/T141314>
6. Лабунський В. Удосконалення методу повірки лічильників води/ В.Лабунський, Н.Зашепкіна, А.Лабунська// Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. №2. - 2023.с.43-49.

References

1. Government quarter/ Access mode: <https://www.kmu.gov.ua/news/u-derzhkoinspekciyi-nazvali-top-3-ekologichni-problemi-v-ukrayini>
2. On the approval of the Methodology for verification of water meters with a mechanical measuring device of nominal diameters DN10, DN15, DN20 at the place of operation and the introduction of changes to the Procedure for verification of legally regulated measuring equipment in operation and registration of its results/ ORDER OF THE MINISTRY OF ECONOMIC DEVELOPMENT AND TRADE OF UKRAINE 23.12.2016 No. 2129.
3. PROCEDURE for verifying water meters with a mechanical measuring device of nominal diameters DN10, DN15, DN20 at the place of operation / Order of the Ministry of Economic Development and Trade of Ukraine 23.12.2016 No. 2129.
4. DSTU 9111:2021 Metrology. Heat calculators are folded. Verification method
5. Law of Ukraine "On metrology and metrological activity". <https://ips.ligazakon.net/document/T141314>
6. Labunsky V. Improvement of the water meter verification method/ V. Labunskyi, N. Zashchepkina, A. Labunskaya// Measuring and computing technology in technological processes. No. 2. - 2023. p. 43-49.