

Тарасенко М.М.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Николайчук М.Я.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

РОЗРОБКА І ТЕСТУВАННЯ АЛГОРИТМІВ ДИСТАНЦІЙНОГО ОПОВІЩЕННЯ ОПЕРАТОРІВ ГАЗОРОЗПОДІЛЬНИХ СТАНЦІЙ З ФУНКЦІЯМИ АВАРІЙНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ НА ОСНОВІ GSM-КОМУНІКАЦІЇ

Створення і експлуатація систем диспетчерського керування газорозподільними станціями передбачає комплексне вирішення окремих інженерно-технічних і наукових задач.

Об'єктом досліджень є інформаційні процеси при забезпеченні режимів контролю і керування технологічним обладнанням газорозподільних станцій.

В роботі вирішуються задачі розроблення і тестування алгоритмів дистанційного оповіщення операторів газорозподільних станцій з функціями аварійної сигналізації на основі GSM-комунікації.

Перевагою реалізованих рішень дистанційного оповіщення операторів газорозподільних станцій є застосування сучасних апаратно-програмних засобів та інформаційних технологій з урахуванням специфіки та умов експлуатації технологічного обладнання об'єктів керування.

Розроблено апаратно-програмні засоби диспетчерського інтерфейсу системи керування газорозподільною станцією на основі PLC і SCADA з функціональністю дистанційного оповіщення операторів, що функціонує в режимі реального часу.

Особливостями розробленої підсистеми дистанційного оповіщення операторів газорозподільних станцій є розширена функціональність за рахунок інтеграції режимів і алгоритмів аварійної сигналізації про вихід технологічних параметрів за встановлені межі на основі глобальної GSM-комунікації.

Додатково підсистема дистанційного оповіщення операторів газорозподільних станцій забезпечує резервне живлення електронних компонентів, а також передбачає можливість розширення і модернізації.

Розроблена підсистема дистанційного оповіщення операторів газорозподільних станцій реалізована і експлуатується на технологічних об'єктах газотранспортної системи.

В результаті реалізації запропонованих алгоритмів дистанційного оповіщення операторів газорозподільних станцій підвищено надійність і техніко-економічні показники при експлуатації технологічного обладнання.

В статті наведено результати створення і експлуатації систем диспетчерського керування газорозподільними станціями на основі комплексного вирішення окремих інженерно-технічних і наукових задач.

В роботі вирішено задачі розроблення і тестування алгоритмів дистанційного оповіщення операторів газорозподільних станцій з функціями аварійної сигналізації на основі GSM-комунікації.

Досліджено інформаційні процеси при забезпеченні режимів контролю і керування технологічним обладнанням газорозподільних станцій.

Вказано на переваги реалізованих рішень дистанційного оповіщення операторів газорозподільних станцій на базі сучасних апаратно-програмних засобів та інформаційних технологій з урахуванням специфіки та умов експлуатації технологічного обладнання.

Розроблено алгоритм оповіщення операторів газорозподільних станцій і прикладне програмне забезпечення на мові FBD стандарту IEC 61131-3.

Розширено функціональність підсистеми дистанційного оповіщення операторів газорозподільних станцій за рахунок інтеграції алгоритмів голосового оповіщення і режимів роботи аварійної сигналізації на основі GSM-комунікації.

Розроблено диспетчерський інтерфейс системи керування газорозподільною станцією на основі PLC і SCADA з функціональністю дистанційного оповіщення операторів, що функціонує в режимі реального часу.

Для підсистеми дистанційного оповіщення операторів газорозподільних станцій забезпечено резервне живлення електронних компонентів, а також передбачено можливість розширення і модернізації.

Розроблена підсистема дистанційного оповіщення операторів газорозподільних станцій реалізована і експлуатується на технологічних об'єктах газотранспортної системи.

В результаті реалізації запропонованих алгоритмів дистанційного оповіщення операторів газорозподільних станцій підвищено надійність і техніко-економічні показники при експлуатації технологічного обладнання.

Ключові слова: газорозподільна станція, диспетчерське керування, алгоритми оповіщення, PLC, SCADA, GSM-комунікація.

Постановка проблеми. Розвиток сучасних технологій та технологічного обладнання досягли рівня, при якому автоматизація виробничих процесів стає необхідністю, яка відіграє вирішальну роль у питаннях продуктивності, якості, безпечного та безаварійного функціонування технологічних об'єктів. Сучасні системи управління на основі PLC (Programmable Logic Controller) здатні вирішувати завдання управління, в тому числі в газовій промисловості.

Надійне та безпечне постачання газу споживачам України є одним із пріоритетних та стратегічних завдань для виробничих підрозділів оператора газотранспортної системи України. Вирішення вищевказаної задачі забезпечується впровадженням організаційних та технічних заходів, в тому числі і підвищенням рівня надійності роботи технологічного обладнання діючих газорозподільних станцій (ГРС).

Морально застаріле та фізично зношене обладнання ГРС потребує технічного переоснащення, реконструкції та модернізації. Разом з тим, реконструкції підлягають в основному всі ГРС, які забезпечують газопостачання споживачів, незалежно від типу та значимості об'єкту споживання.

Результат вищеперерахованих заходів направлений насамперед на:

- підвищення ефективності використання технологічного обладнання на ГРС;
- захисту технологічного обладнання ГРС при аварійних ситуаціях та надійності керування процесом транспортування газу;
- забезпечення систем керування верхнього рівня достовірною та оперативною інформацією про хід технологічних процесів у режимі реального часу;
- попередження аварійних ситуацій за рахунок своєчасного їх виявлення.

В даній роботі, вказані задачі вирішуються і реалізуються на сучасних апаратно-програмних засобах світового виробника «Phoenix Contact» [...] і впроваджені на діючих об'єктах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Аналіз поточного стану САК ГРС вказує на комплексність науково-технічних задач при створенні та експлуатації таких систем. При цьому, застосування уніфікованих апаратно-програмних засобів на базі PLC і SCADA, ефективних алгоритмів і прикладного програмного забезпечення на основі сучасних інформаційних технологій є пріоритетним напрямком.

Вказана проблематика висвітлена, як в наукових періодичних виданнях, так і в технічній документації виробників апаратно-програмних засобів систем автоматизованого керування технологічними об'єктами, регламентах та нормативно-правовій базі.

В роботі [1] проведено огляд бездротових і супутникових послуг M2M/IoT в інтелектуальних мережах «Smart Grids». Показано переваги сучасних бездротових технологій до покоління 5G та супутникових комунікацій. Наведено функціональні рішення на базі SCADA. При цьому в не наведено результатів проектування компонентів систем [1] контролю і керування розподіленими об'єктами на базі уніфікованих апаратно-програмних засобів.

В [2] наведено результати проектування системи керування польовими станціями газопостачання на основі PLC і сучасних GSM-комунікацій. Вказано на недоліки застосування апаратно-програмних засобів різних виробників і запропоновано «cloud» топологію з централізованим сервером на основі уніфікованої SCADA. В [2] залишились не вирішеними задачі голосового оповіщення операторів польових станцій газопостачання.

В публікації [3] наведено результати розроблення і дослідження інтелектуальної системи IoT на базі SCADA дистанційного моніторингу гібридної потужності для на станції керування газопроводом природного газу. Розроблено диспетчерський інтерфейс на базі SCADA. Забезпечено резервне живлення компонентів системи від альтернативного джерела сонячної енергії.

Апаратне забезпечення розробки виконано на основі мікроконтролера ESP32-WROOM-32, що не забезпечує вимоги до уніфікації та надійності систем критичної інфраструктури.

В роботі [4] розробляється система моніторингу та контролю технологічних параметрів кластера в установці закачування газу під високим тиском на основі SCADA GALBA®. Перевагою запропонованого рішення є дистанційне керування і параметрування інтелектуального запірного клапану на базі HART-протоколу, а також розроблений алгоритм керування і статистичний аналізу даних. Робота є об'ємною і додатково містить елементи імітаційного моделювання. Не вирішеним є питання голосового оповіщення операторів і технічного персоналу про нештатні ситуації в процесі експлуатації системи.

Робота [5] стосується моніторингу використання бездротових сенсорних мереж в газорозподільних мережах. Виконано моделювання різних протоколів маршрутизації для розгорнутих бездротових сенсорних мереж газорозподільних трубопроводів, що надає цінну інформацію про роботоздатність, продуктивність та інші важливі параметри системи. В [5] особлива увага приділена розрахунку оптимального розміщення вузла приймача шляхом моделювання різних протоколів передавання даних на основі реальних географічних локацій вузлів, реальних рівнів потужностей і енергоспоживання різними процесами в бездротових сенсорних мережах.

На основі проведеного аналізу можна узагальнити, що створення САК технологічними об'єктами повинно базуватись на основі сучасних уніфікованих апаратно-програмних засобів (PLC і SCADA) та інформаційних технологій і мати розширену функціональність, в тому числі дистанційне голосове оповіщення диспетчерів і операторів промислових технологічних об'єктів [6–7].

Постановка завдання. Метою роботи і проведених дослідно-конструкторських робіт є створення та тестування підсистеми дистанційного оповіщення операторів газорозподільних станцій на основі сучасних апаратно-програмних засобів та інформаційних технологій.

Досягнення визначеної мети забезпечить підвищення оперативності контролю і керування, показників надійності експлуатації технологічного обладнання в системах диспетчерського керування газорозподільними станціями, а також розширить їх функціональність за рахунок інтеграції алгоритмів дистанційного оповіщення операторів.

Для досягнення мети необхідно вирішити наступні задачі:

- визначити технологічні параметри, що підлягають включенню в алгоритми дистанційного оповіщення операторів газорозподільних станцій
- розробити і реалізувати алгоритми дистанційного оповіщення операторів газорозподільних станцій;
- розробити апаратно-програмні засоби підсистеми дистанційного оповіщення операторів газорозподільних станцій;
- дослідити режими роботи та інформаційні процеси при реалізації алгоритмів і підсистеми дистанційного оповіщення операторів газорозподільних станцій.

Виклад основного матеріалу.

Аналіз технологічного об'єкту та визначення задач дослідження

Газорозподільна станція (ГРС) – об'єкт, що входить до складу магістрального або промислового газопроводу, розрахованого на роботу при робочому тиску від 1.2 до 7.4 МПа. ГРС призначені для забезпечення газом промислових, комунально-побутових підприємств і населення, а також власних потреб підприємств газонафтового комплексу. До функцій ГРС також входить очищення природного газу від механічних домішок і рідини, редукування тиску газу до заданої величини (0.3–1.2 МПа) і підтримання його з необхідною точністю, вимірювання кількості поданого споживачам газу та одоризації природного газу перед подачею споживачам (рис. 1).

ГРС знаходяться на балансі спеціалізованих газотранспортних або газовидобувних підприємств.

Основними складовими ГРС є вузли перемикавання, очищення, підігрівання, редукування, вимірювання та одоризації газу.

Технологічна схема ГРС забезпечує їх надійну роботу без втручання обслуговуючого персоналу, для чого до її складу входять додаткові захисні пристрої, які забезпечують безперебійну роботу ГРС у разі виходу з ладу основних регульовальних засобів (рис. 2).

Одним з пріоритетних напрямків впровадження систем автоматизованого керування (АСК) на ГРС є система передачі даних та оповіщення (ПДО), що забезпечує працездатність, з одночасним повідомленням про відмови на диспетчерський рівень по існуючим резервованим каналах зв'язку (наприклад, по каналах диспетчерського зв'язку та мобільного зв'язку GSM).

Таким чином для реалізації ПДО необхідно визначити технологічні параметри САК ГРС і виділити з них найбільш критичні, які будуть реалізовані системою ПДО.

ГРС може функціонувати в режимі САК з функціями ПДО, або в режимі ПДО. Для режиму ПДО визначено наступний перелік аварійних сигналів (табл. 1).

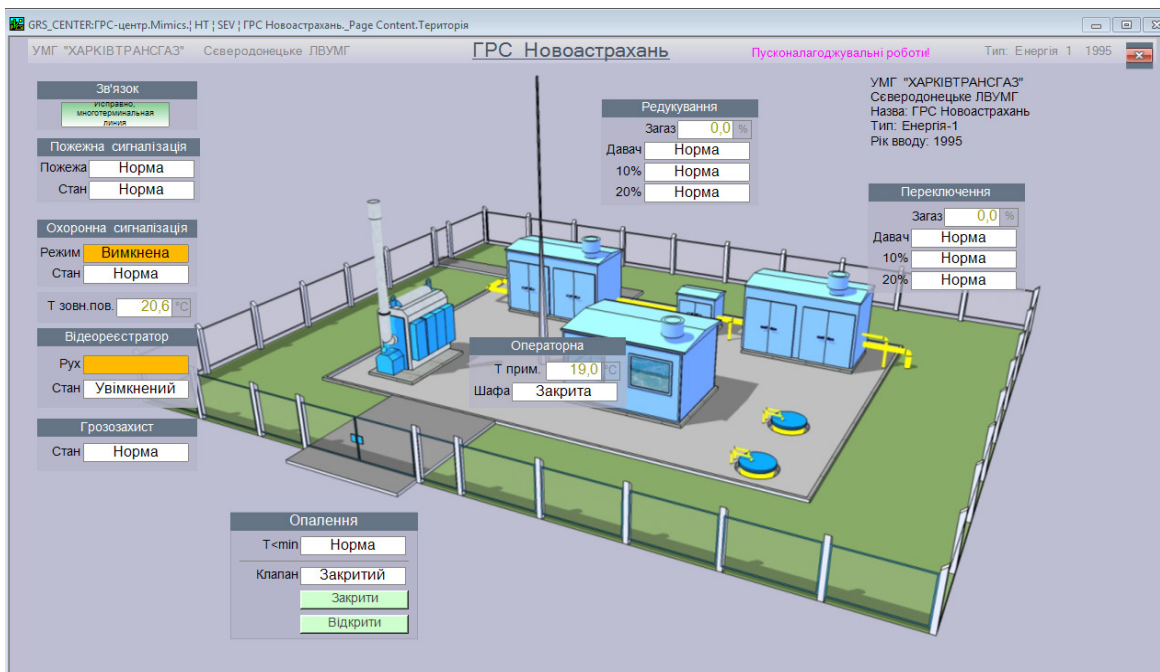


Рис. 1. Мнемосхема структури ГРС

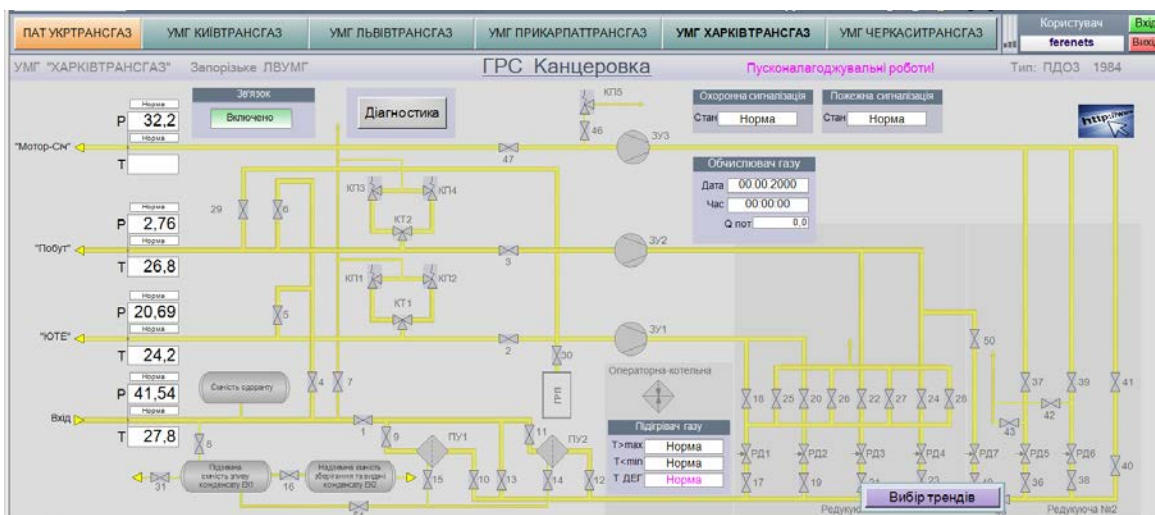


Рис. 2. Технологічна схема газорозподільної станції

Таблиця 1
Перелік аварійних сигналів ГРС

| № сигналу | Найменування сигналу | Тип сигналу |
|-----------|---------------------------------|-------------|
| 1 | перевищення тиску на вході ГРС | дискретний |
| 2 | пониження тиску на вході ГРС | дискретний |
| 3 | перевищення тиску на виході ГРС | дискретний |
| 4 | пониження тиску на виході ГРС | дискретний |
| 5 | пожежа на ГРС | дискретний |
| 6 | загазованість на ГРС вище 10% | дискретний |
| 7 | загазованість на ГРС вище 20% | дискретний |
| 8 | аварія підігрівача | дискретний |
| 9 | аварія одоризаційної установки | дискретний |
| 10 | несанкціоноване проникнення | дискретний |

Продовження таблиці 1

| № сигналу | Найменування сигналу | Тип сигналу |
|-----------|---|-------------|
| 11 | відсутнє основне живлення | дискретний |
| 12 | відсутній зв'язок | дискретний |
| 13 | температура теплоносія котла вище норми | дискретний |
| 14 | температура теплоносія котла нище норми | дискретний |
| 15 | тиск газу на вході ГРС | аналоговий |
| 16 | тиск газу на виході ГРС | аналоговий |
| 17 | температура газу на вході ГРС | аналоговий |
| 18 | температура газу на виході ГРС | аналоговий |

Розроблення підсистеми передачі даних та дистанційного оповіщення операторів ГРС

Блок передачі даних та оповіщення (ПДО) призначений для використання на діючих технологічних об'єктах та на об'єктах, що підлягають реконструкції та модернізації, а також на об'єктах, що проєктуються.

- Блок ПДО виконує наступні основні функції:
- автоматичне вимірювання аналогових сигналів;
 - автоматична реєстрація дискретних сигналів;
 - організація обміну даними систем верхнього рівня із зовнішніми підсистемами;
 - збір аварійних та попереджувальних сигналів та передача їх на верхній рівень;
 - голосове оповіщення оператора про спрацювання кожного з каналів сигналізації;
 - резервування каналів передачі даних з автоматичним перемиканням між ними;
 - забезпечення резервного живлення блоку ПДО при відсутності основного джерела живлення.

ПДО забезпечує автоматичне вимірювання аналогових сигналів від вимірювальних перетворювачів з вихідними сигналами постійного струму в діапазоні від 4 до 20 мА і перетворення їх в абсолютні значення фізичної величини контрольованих параметрів.

ПДО функціонує в безперервному режимі роботи, автоматично (без постійної присутності персоналу).

Програмно-технічні засоби комплексу виконані у вигляді окремих функціонально і конструктивно завершених пристроїв, які компонуються на монтажну панель і встановлюються в уніфіковані несучі конструкції.

ПДО розташована безпосередньо на території технологічного об'єкту, виконує в автоматичному режимі збір інформації про значення параметрів газового потоку (температури та тиску газу), виконує попередню обробку отриманої інформації, перетворює змінену інформацію в кодоване повідомлення і у відповідь на отриману з диспетчерського пункту (ДП) команду опитування відсилає це повідомлення у канал зв'язку.

ПДО забезпечує збір сигналів охоронної системи та інших аварійних сигналів, формує сигнал на ввімкнення сигналізації та сигналу «аварія загальна».

Алгоритм обробки інформації передбачає такі режими збору даних:

- опитування (у тому числі на вимогу) всієї інформації про технологічні параметри за цифровими і аналоговими сигналам, збере-

ження в оперативній пам'яті і вивід інформації за запитом;

- виявлення попередження або аварії за цифровими або аналоговими сигналами, збереження інформації в оперативній пам'яті, виведення на звукову сигналізацію;

- виявлення значних відхилень технологічних параметрів за цифровими або аналоговими сигналами, збереження інформації в оперативній пам'яті, виведення на звукову сигналізацію.

Алгоритм і режими роботи забезпечуються функціональним програмним забезпеченням, яке встановлюється при виготовленні кожної підсистеми ПДО.

Алгоритм роботи підсистеми дистанційного оповіщення операторів ГРС

Режими роботи забезпечуються функціональним програмним забезпеченням ПДО за алгоритмом наведеним на рис. 3. При виникненні визначеної аварійної ситуації САК ГРС формується дискретний сигнал, який надходить на відповідний GSM-модуль (один з його каналів оповіщення).

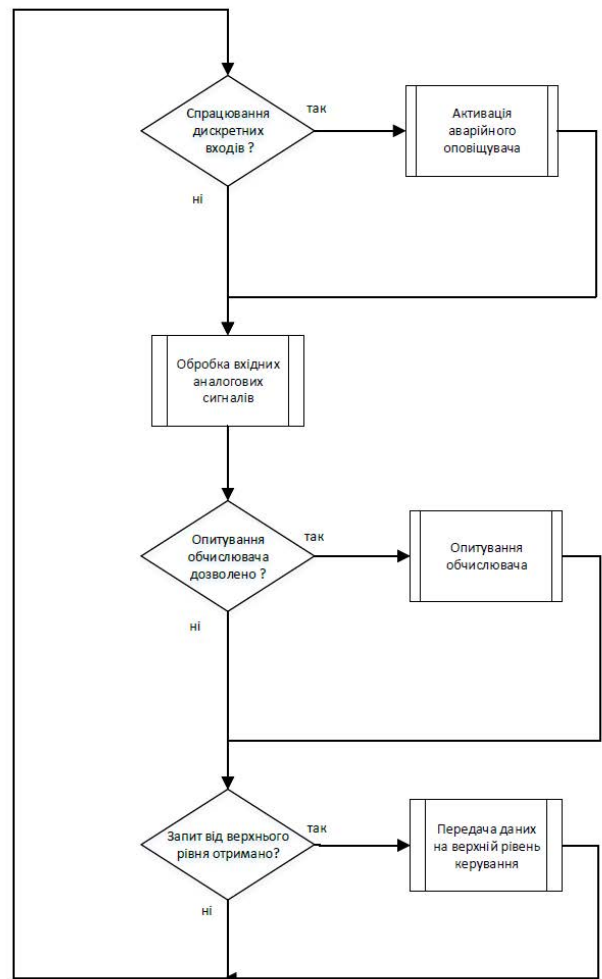


Рис. 3. Алгоритм функціонування підсистеми передачі даних і оповіщення

Під час отримання вищевказаного сигналу сигналу ПДО запускає виконання наступного алгоритму:

- дозвін на перший запрограмований номер:
- в разі не підтвердження прийняття голосового виклику абонентом № 1, програма виконує повторний дозвін на номер даного абоненту;
- в разі, якщо абонент № 1 повторно не підтвердив прийняття голосового виклику, алгоритм знову виконує повторний дозвін на номер даного абоненту;
- при не підтвердженні прийняття голосового виклику втретє абонентом № 1, алгоритм починає дозвін на запрограмований номер абонента № 2;
- в разі не підтвердження прийняття голосового виклику абонентом № 2, алгоритм виконує повторний дозвін на номер даного абоненту;
- при не підтвердженні прийняття голосового виклику втретє абонентом № 2, алгоритм починає дозвін на запрограмований номер абонента № 3.
- в разі не підтвердження прийняття голосового виклику абонентом № 3, алгоритм виконує повторний дозвін на номер даного абонента;
- в разі, якщо абонент № 3 повторно не підтвердив прийняття голосового виклику, алгоритм знову виконує повторний дозвін на номер даного абоненту.
- при не підтвердженні прийняття голосового виклику втретє абонентом № 3, алгоритм починає дозвін на запрограмований номер абонента № 1.

ПДО забезпечує голосове оповіщення що найменше трьох абонентів для своєчасного виявлення аварійних ситуацій за рахунок своєчасного оповіщення за наступним алгоритмом:

При отриманні аварійного сигналу система здійснює дзвінок черговому оператору ГРС, якщо дзвінок прийнято, система відтворює голосове повідомлення, яке відповідає аварійному сигналу. Для квітування сигналу необхідно в тональному режимі набрати відповідну комбінацію клавіш на мобільному терміналі. Набір номера чергового оператора здійснюється три рази. Якщо оператор ГРС не відповідає, система три рази здійснює набір чергового диспетчера, у разі якщо черговий диспетчер не відповідає, система три рази здійснює набір номера начальника служби ГРС або іншого абонента, номер якого занесено в пам'ять ПДО. Якщо третій абонент не відповідає система починає відпрацювання алгоритму з початку.

Система збирає інформацію про 16 дискретних сигналів і 4 гальванічно розв'язаних аналогових сигнали (тиск газу на вході, тиск газу на

виході, температура газу на вході, температура газу на виході). Інформація повинна передаватися на верхній рівень в режимі «on-line» резервованими та захищеними каналами GSM. Для зв'язку з підсистемами ГРС система має прозорий перетворювач IP-RS232/RS485 трьох інтерфейсів.

Розроблення апаратно-програмних засобів підсистеми дистанційного оповіщення операторів газорозподільних станцій

Апаратно-програмні засоби підсистеми дистанційного оповіщення операторів газорозподільних станцій розроблені на базі ILC 151 GSM/GPRS [8] та інструментального програмного забезпечення «PC Worx» німецького виробника «Phoenix Contact» [9].

Після створення проекту виконано вибір ILC 151 GSM/GPRS (рис. 4).

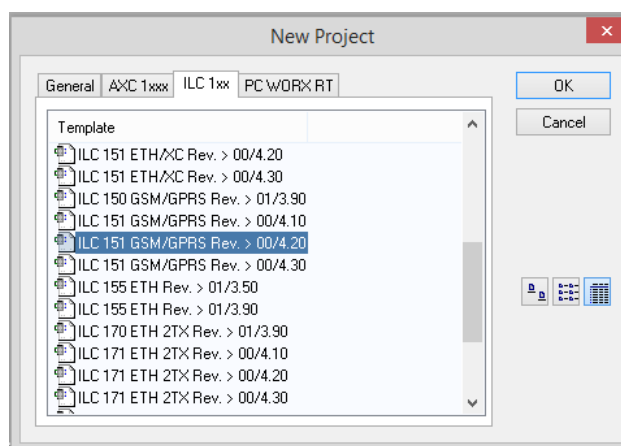


Рис. 4. Процедура вибору ILC 151 GSM/GPRS в «PC Worx»

Для з'єднання з PLC ILC 151 GSM/GPRS необхідно в проекті задати мережеві параметри, а також виконати конфігурування і параметрування апаратних засобів проекту на базі ILC 151 GSM/GPRS в «PC Worx» наведена на рис. 5.

На рис. 6 наведено тесту проекту в розділі «Communication» через команду «Test» в режимі «on-line».

Прикладне програмне забезпечення підсистеми ПДО

Прикладне програмне забезпечення підсистеми ПДО реалізовано на основі розробленого алгоритму засобами мови програмування FBD (Function Block Diagram) стандарту IEC 61131-3 [10].

Прикладне програмне забезпечення підсистеми ПДО включає:

- програмні блоки первинної обробки аналогових і цифрових сигналів визначених технологічних параметрів САК ГРС;

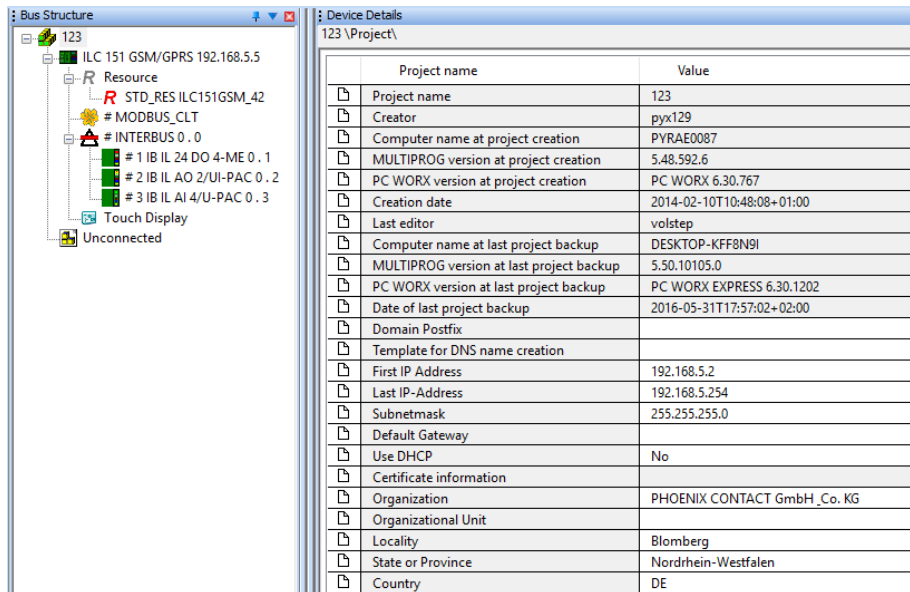


Рис. 5. Процедура конфігурування параметрування проекту на базі ILC 151 GSM/GPRS в «PC Worx»

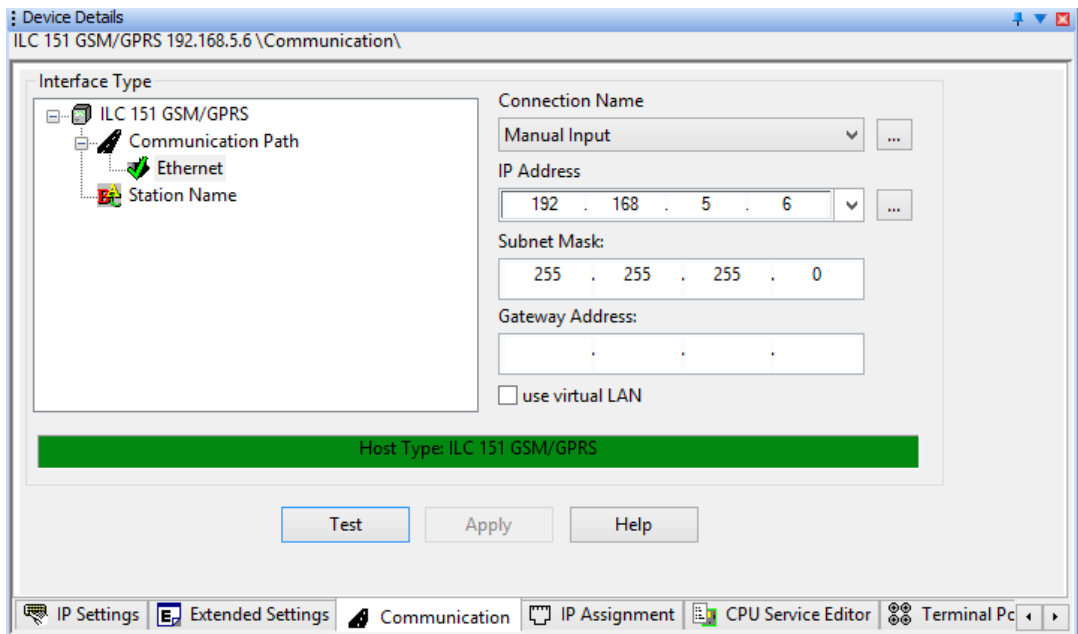


Рис. 6. Результати тесту проекту в розділі «Communication» через команду «Test» в режимі «on-line»

- програмні блоки керування виконавчими механізмами технологічного об'єкту.
- програмні блоки формування протоколів обміну даними між компонентами САК ГРС;
- програмні блоки GSM-комунікації на різних рівнях САК ГРС, в тому числі для задач ПДО.

GSM-функції ILC 151 GSM/GPRS в «PC Worx»

GSM-функції ILC 151 GSM/GPRS в «PC Worx» використовуються для передачі даних в GSM-мережах мобільного зв'язку. Дані передаються за допомогою функціональних IP-блоків (табл. 2).

Таблиця 2

Призначення функціональних блоків GPRS

| Функціональний блок | Призначення |
|---------------------|---|
| «GPRS_CONNECT» | GPRS-комунікація активується/деактивується |
| «MOBILE_CONNECT» | параметрування і діагностики модему, вбудованого в ILC 151 GSM/GPRS |
| «IP_CONNECT» | управління IP-комунікацією через «time-out» |

Функціональний блок «GPRS_CONNECT» (рис. 7) використовується для активації/деактивації GPRS-комунікації в мережі GSM.

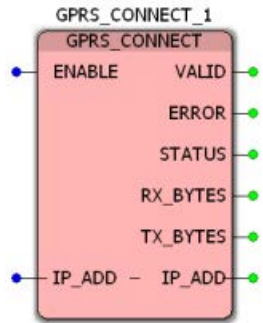


Рис. 7. Функціональний блок «GPRS_CONNECT»

Після реєстрації в мережі GSM через активовану функцію блоку «GPRS_CONNECT» з визначеними параметрами, дані можуть передаватися в мобільній мережі на базі протоколів TCP/IP.

Використання GPRS-комунікації реєструється у провайдера мобільного зв'язку за допомогою модему, вбудованого в ILC 151 GSM/GPRS. Після конфігурації ILC 151 GSM/GPRS, це може бути зроблено автоматично за допомогою функціонального блоку «MOBILE_CONNECT» або «Properties GSM в «PC Worx» (рис. 8).

Функціональний блок «MOBILE_CONNECT» використовується для параметрування і діагностики модему, який вбудований в ILC 151 GSM/GPRS.

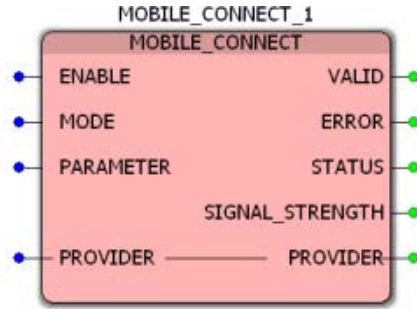


Рис. 8. Функціональний блок «MOBILE_CONNECT»

Модем завжди активований після параметрування ILC 151 GSM/GPRS була з напругою живлення.

Функціональний блок забезпечує наступну діагностичну інформацію:

- відомості про реєстрацію SIM-карти мобільного оператора GSM-комунікації;
- рівень сигналу підключення в мобільній GSM-мережі;
- поточний постачальник послуг мобільної GSM-комунікації.

Параметри, необхідні для встановлення з'єднання в GSM-мережі мобільного зв'язку можуть бути вказані в «PC Worx» за допомогою функції програмного блоку «MOBILE_CONNECT» або через вкладку «Extended Settings» (рис. 9).

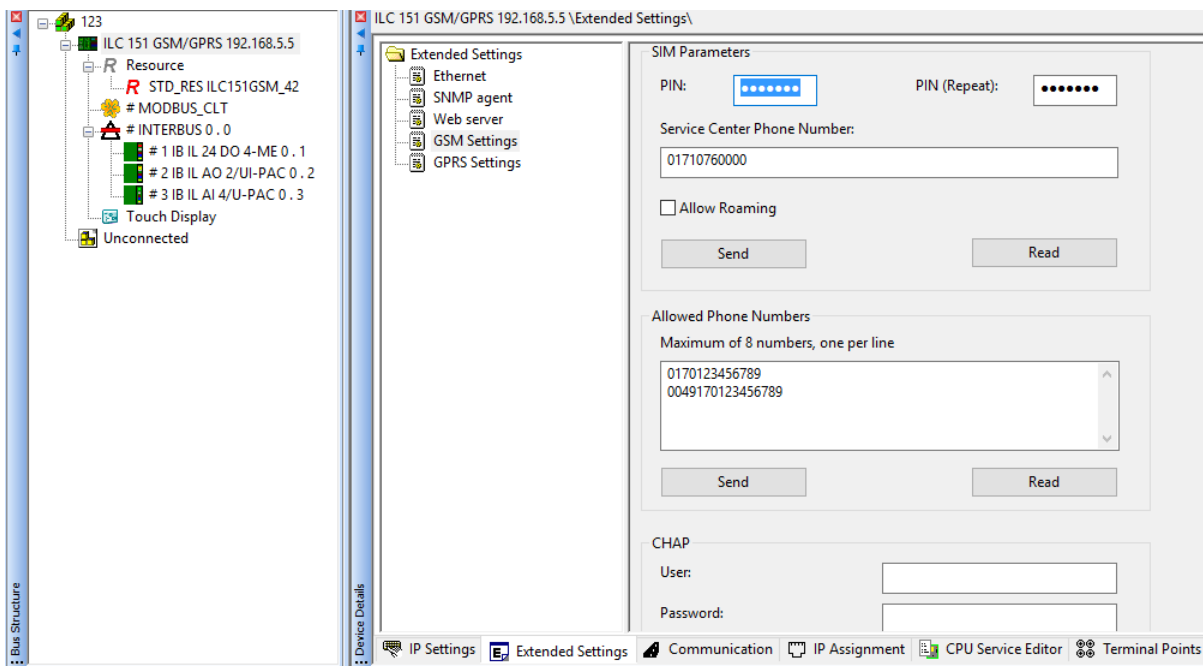


Рис. 9. Параметрування GSM-комунікації за допомогою функції програмного блоку «MOBILE_CONNECT» в «PC Worx»

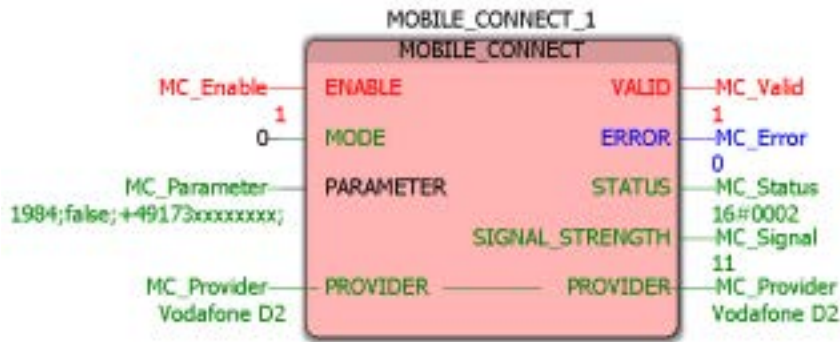


Рис. 10. Тестування і діагностика GSM/GPRS-комунікації

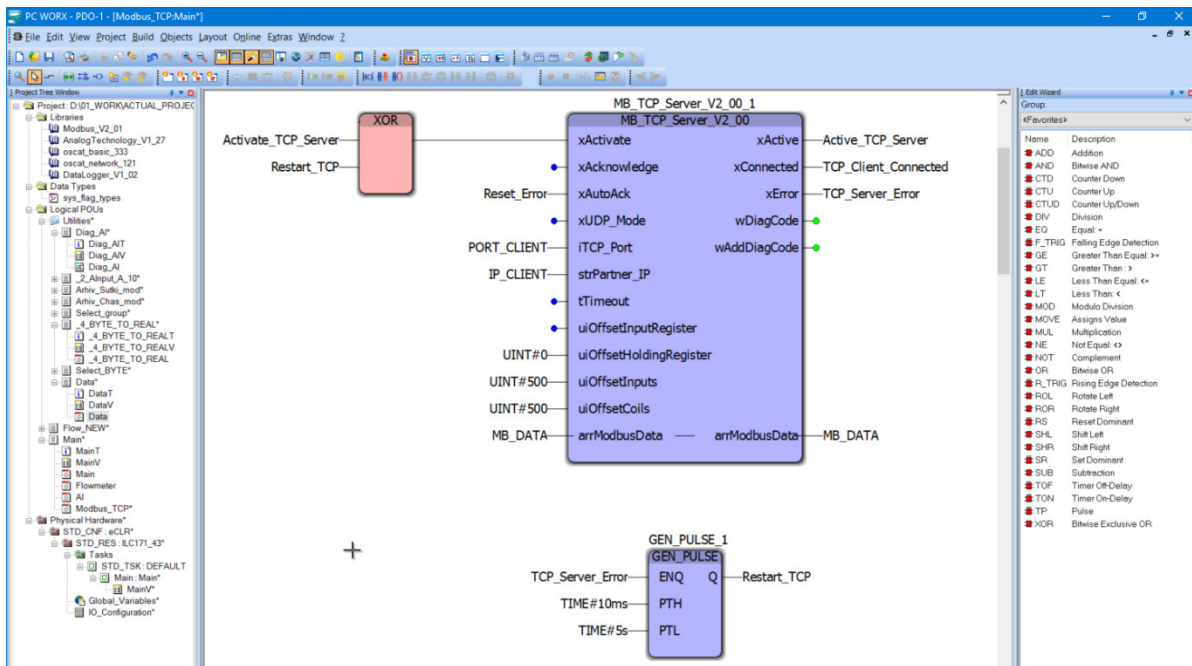


Рис. 11. Фрагмент прикладної програми реалізації ModBus TCP-комунікації для обміну даними між компонентами САК ГПС

Тестування і діагностика GSM/GPRS комунікації

Успішна реєстрація в мережі мобільного зв'язку GSM позначається сигналом «TRUE» на виході «VALID» при сигналі «TRUE» на вході «ENABLE» (рис. 10).

На рис. 11 наведено фрагмент прикладної програми реалізації ModBus TCP-комунікації для обміну даними між компонентами САК ГПС.

Таким чином, запропоновані, реалізовані і апробовані рішення підсистеми дистанційного оповіщення операторів ГПС можуть мати розвиток в напрямку застосування розроблених алгоритмів і апаратно-програмних засобів для інших промислових технологічних об'єктів.

Висновки.

1. На основі аналізу об'єкту керування та вимог до його функціональності і технічних характе-

стик визначено найбільш критичні технологічні параметри САК ГПС, що будуть реалізовані підсистемою передачі даних і оповіщення.

2. Виконано дослідно-конструкторські роботи з розроблення уніфікованих апаратно-програмних засобів системи дистанційного оповіщення операторів газорозподільних станцій з можливістю розширення і модернізації на базі PLC і SCADA.

3. Розроблено і реалізовано алгоритми передачі даних і дистанційного оповіщення операторів ГПС про 16 дискретних сигналів і 4 аналогових сигнали на базі GSM-комунікації. Основною перевагою реалізованого алгоритму є можливість автоматичного дистанційного оповіщення до трьох абонентів у вигляді голосового повідомлення і формування сигналу «загальна аварія».

4. Розроблено і протестовано прикладне програмне забезпечення для ILC 151 GSM/GPRS на мові програмування FBD, зокрема застосовані програмні функціональні блоки «GPRS_CONNECT» і «MOBILE_CONNECT» для управління GSM-комунікацією.

Список літератури:

1. Sohraby, K., Minoli, D., Occhiogrosso, B., & Wang, W. (2017). A Review of Wireless and Satellite-Based M2M/IoT Services in Support of Smart Grids. *Mobile Networks and Applications*, 23(4), 881–895. <https://doi.org/10.1007/s11036-017-0955-1>.
2. JiYuLei Dai, Jun Hu, Kai Shu, and Honbo Zhou "Field gas supply station monitoring based on software-defined PLC edge server", *Proc. SPIE 12702, International Conference on Intelligent Systems, Communications, and Computer Networks (ISCCN 2023)*, 127022V (16 June 2023); <https://doi.org/10.1117/12.2679696>.
3. Waqas, M.; Jamil, M. Smart IoT SCADA System for Hybrid Power Monitoring in Remote Natural Gas Pipeline Control Stations. *Electronics* 2024, 13, 3235. <https://doi.org/10.3390/electronics13163235>.
4. Ronceros, C.; Medina, J.; Vásquez, J.; León, P.; Fernández, J.; Urday, E. Supervision and Control System of the Operational Variables of a Cluster in a High-Pressure Gas Injection Plant. *Processes* 2023, 11, 698. <https://doi.org/10.3390/pr11030698>.
5. Abbas, Z., Anjum, M. R., Younus, M. U., & Chowdhry, B. S. (2021). Monitoring of Gas Distribution Pipelines Network Using Wireless Sensor Networks. *Wireless Personal Communications*, 117(3), 2575–2594. <https://doi.org/10.1007/s11277-020-07997-6>.
6. Сучасні та інноваційні технології в безпеці газопостачання: монографія / В. С. Сідак, В. М. Супонев, Ю. Ф. Броневський; за заг. ред. В. С. Сідака; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 433 с. ISBN 978-966-695-368-4.
7. Павлов К.В., Павлова О.М., Коротя М.І. Регулювання діяльності регіональних газорозподільних підприємств України: монографія / К.В. Павлов, О.М. Павлова, М.І. Коротя. – Луцьк: СПД Гадяк Жанна Володимирівна, друкарня «Волиньполіграф», 2020. – 256 с. ISBN 978-617-7843-03-9.
8. ILC 151 GSM/GPRS. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.phoenixcontact.com/uk-ua/produkcija/controller-ilc-151-gsm-gprs-2700977>.
9. PC Worx. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.phoenixcontact.com/global-search/search?q=pcworx&_locale=uk-UA&_realm=ua.
10. IEC 61131-3. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://web.archive.org/web/20160729192745/http://www.plcsystems.ru/catalog/SCADAPack/doc/IEC61131%20User%20and%20Reference%20Manual_April_22_2008.pdf.

Tarasenko M.M., Nykolaychuk M.Ya. DEVELOPMENT AND TESTING OF REMOTE NOTIFICATION ALGORITHMS OF OPERATORS OF GAS DISTRIBUTION STATIONS WITH EMERGENCY ALARM FUNCTIONS BASED ON GSM-COMMUNICATION

The creation and operation of dispatching control systems for gas distribution stations involves the complex solution of separate engineering, technical and scientific problems.

The object of research is information processes in the provision of modes of monitoring and control of the technological equipment of gas distribution stations.

The work solves the problems of developing and testing algorithms for remote notification of operators of gas distribution stations with emergency signaling functions based on GSM-communication.

The advantage of implemented solutions for remote notification of operators of gas distribution stations is the use of modern hardware and software tools and information technologies, taking into account the specifics and conditions of operation of technological equipment of control objects.

The hardware and software tools of the supervisory interface of the gas distribution station control system based on PLC and SCADA with the functionality of remote notification of operators operating in real time have been developed.

Features of the developed subsystem for remote notification of operators of gas distribution stations are expanded functionality due to the integration of modes and algorithms of emergency signaling on the departure of technological parameters beyond the established limits based on global GSM-communication.

In addition, the subsystem of remote notification of operators of gas distribution stations provides backup power for electronic components, and also provides for the possibility of expansion and modernization.

The developed subsystem for remote notification of operators of gas distribution stations is implemented and operated at technological facilities of the gas transportation system.

As a result of the implementation of the proposed algorithms for remote notification of operators of gas distribution stations, reliability and technical and economic indicators during the operation of technological equipment have been increased.

The article presents the results of the creation and operation of supervisory control systems for gas distribution stations based on the complex solution of separate engineering, technical and scientific problems.

The work solves the tasks of developing and testing algorithms for remote notification of operators of gas distribution stations with emergency signaling functions based on GSM-communication.

The information processes in the provision of modes of monitoring and control of the technological equipment of gas distribution stations were researched.

The advantages of implemented solutions for remote notification of operators of gas distribution stations based on modern hardware and software tools and information technologies are indicated, taking into account the specifics and operating conditions of technological equipment.

An algorithm for alerting operators of gas distribution stations and application software in the FBD language of the IEC 61131-3 standard have been developed.

The functionality of the subsystem of remote notification of operators of gas distribution stations has been expanded due to the integration of voice notification algorithms and modes of operation of emergency signaling based on GSM-communication.

The supervisory interface of the gas distribution station control system based on PLC and SCADA with the functionality of remote notification of operators operating in real time has been developed.

For the subsystem of remote notification of operators of gas distribution stations, backup power supply of electronic components is provided, as well as the possibility of expansion and modernization is provided.

The developed subsystem for remote notification of operators of gas distribution stations is implemented and operated at technological facilities of the gas transportation system.

As a result of the implementation of the proposed algorithms for remote notification of operators of gas distribution stations, reliability and technical and economic indicators during the operation of technological equipment have been increased.

Key words: *gas distribution station, supervisory control, notification algorithms, PLC, SCADA, GSM-communication.*