

11. AVR ATmega Xmega Bootloader - chip45boot2 [Electronic resource] – Access mode: http://www.chip45.com/avr_bootloader_atmega_xmega_chip45boot2.php

References

1. Panis'ko A. Laboratornyye komplekсы dlya razrabotchikov i uchebnykh zavedeniy / Novosti elektroniki №14, 2007 [Elektronnyy resurs] // Rezhim dostupa: <http://www.terraelectronica.ru/files/mail/s071126.pdf>
2. Brodin V. Perevozchikov P. Apparato-programmnyy kompleks na baze universal'nogo laboratornogo stenda dlya izucheniya 8-, 16- i 32-razryadnykh mikrokontrollerov / Komponenty i tekhnologii № 8, 2008 [Elektronnyy resurs] // Rezhim dostupa: http://www.kit-e.ru/assets/files/pdf/2008_08_154.pdf
3. Programno-aparatnyy kompleks "EV8031/AVR" / Ofitsiyinyy sayt PMP «Open System» [Yelektroniy resurs] // Rezhim dostupu: <http://opensys.com.ua/Stend/Ev8031>
4. Laboratorniy stendi dlya vivchennya mikroprotsesornoї tekhniki na bazi AVR-mikrokontroleriv firmi ATMEL // Ofitsialnyy sayt kompanii TOV «Uchbovo-naukoviy tsentr «Pallada» [Yelektroniy resurs] - Rezhim dostupu: <http://pallada.vinnitsa.com/products/prod05.html>
5. Sesin A.A., Roytburg Y.U.S., Prentsel' A.A. Poleznaya model' № 126865 «Uchebno-laboratornyy stend dlya prakticheskogo izucheniya mikrokontrollerov» // [Elektronnyy resurs] // Rezhim dostupa: <http://poleznayamodel.ru/model/12/126865.html>
6. ATmega16A 8-bit Microcontroller with 16K Bytes In-System Programmable Flash DATASHEET [Electronic resource] – Access mode: http://www.atmel.com/Images/Atmel-8154-8-bit-AVR-ATmega16A_Datasheet.pdf
7. Alfavitno-tsifrovyye inditsiruyushchiye ZHK-moduli na osnove kontrollera HD44780 [Elektronnyy resurs] // Rezhim dostupa: <http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/lcd/chips/hd44780/start.htm>
8. SD Standard Overview [Electronic resource] – Access mode: <https://www.sdcard.org/developers/overview/>
9. FAT File System [Electronic resource] – Access mode: <https://technet.microsoft.com/en-us/library/cc938438.aspx>
10. USB 2.0 Specification [Electronic resource] – Access mode: http://www.usb.org/developers/docs/usb20_docs/
11. AVR ATmega Xmega Bootloader - chip45boot2 [Electronic resource] – Access mode: http://www.chip45.com/avr_bootloader_atmega_xmega_chip45boot2.php

Рецензія/Peer review : 16.1.2015 р.

Надрукована/Printed :24.1.2015 р.

Стаття рецензована редакційною колегією

УДК 004.7

С.М. БАБЧУК

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ВИБІР СПЕЦІАЛІЗОВАНОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ У ВИБУХОБЕЗПЕЧНИХ ЗОНАХ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Визначено, що ефективним напрямком модернізації існуючих автоматизованих систем управління технологічними процесами, які розміщені у вибухобезпечних зонах, є впровадження спеціалізованих комп'ютерних мереж. В результаті проведеного аналізу існуючих спеціалізованих комп'ютерних мереж встановлено мережі, які мають найкращі характеристики з певного напрямку та вказано основні їх особливості.

В результаті проведеної роботи створена методична база для вибору спеціалізованої комп'ютерної мережі для модернізації існуючих АСУ ТП у вибухобезпечній зоні.

Отримані під час дослідження результати створюють умови для правильного вибору необхідної спеціалізованої комп'ютерної мережі спеціалістами служб КВП і А та керівництвом підприємств, що сприятиме прийняттю ефективних рішень щодо подальшої модернізації АСУ ТП підприємства.

Ключові слова: спеціалізовані комп'ютерні мережі, промислові мережі, HART-протокол, Interbus, CAN, WorldFIP, EtherNet/IP, автоматизовані системи управління технологічними процесами, АСУ ТП.

S. BABCHUK

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

SELECTION OF SPECIALIZED COMPUTER NETWORK SYSTEMS FOR AUTOMATION IN EXPLOSION- PROOF ZONE OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

Determined that the effective direction of upgrading existing automated process control systems, placed in explosion-proof zone is the introduction of specialized computer networks. The analysis of existing specialized networks established networks that have the best performance from a certain direction and indicated their main features.

As a result of the work created by methodical selection for specialized computer network to upgrade existing APCS in explosion-proof zone.

Obtained from the survey results create the conditions necessary for the correct choice of specialized computer network specialists and automated services and management companies, which will facilitate effective solutions to further modernization APCS company.

Keywords: specialized computer networks, industrial networks, HART-protocol, Interbus, CAN, WorldFIP, EtherNet / IP, automated process control systems.

Постановка проблеми

Промисловість є одним із найважливіших структурних елементів національної економіки і має одне з ключових значень у забезпеченні економічної та політичної безпеки країни, її економічної незалежності, підвищенні добробуту населення. Вона є провідною галуззю економіки України, оскільки забезпечує всі галузі економіки знаряддями праці, сировиною і матеріалами. Від того, як працює промисловість, багато в

чому залежить функціонування всієї економіки. Тому темпи зростання, рівень розвитку і структура промисловості є найважливішими показниками не тільки кількісної, а й якісної характеристики економіки, а також життєвого рівня населення [1].

Нові смні ринки збуту, характеризуються високою конкуренцією, що вимагає високої якості продукції, впровадження новітніх технологій і високої ефективності виробництва [2]. В зв'язку з вищевказаним перед промисловими підприємствами України стоїть актуальне питання модернізації виробничих потужностей.

Важливою складовою частиною сучасних підприємств є система автоматизації керування технологічними процесами та виробництвами. Тому одним з основних напрямків модернізації виробничих потужностей підприємства є модернізація систем автоматизації.

Протягом багатьох років автоматизовані системи управління технологічними процесами будувалися по традиційній централізованій схемі, у якій був один потужний обчислювальний пристрій і величезна кількість кабелів, за допомогою яких здійснювалося підключення датчиків і виконавчих механізмів. Такий стан був спричинений високою ціною на електронно-обчислювальну техніку та відносно низьким рівнем автоматизації виробництва. На сьогоднішній день у цього підходу практично не залишилося прихильників. Такі недоліки централізованих автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУ ТП), як великі витрати на кабельну мережу й допоміжне устаткування, складний монтаж, низька надійність і складна реконфігурація, зробили їх у багатьох випадках абсолютно неприйнятними як економічно, так і технологічно [3]. В умовах бурхливо зростаючого виробництва мікропроцесорних пристроїв альтернативним рішенням стали системи автоматизації на базі спеціалізованих комп'ютерних мереж (fieldbus), що складаються з багатьох вузлів, обмін між якими здійснюється цифровим способом.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

В 1984 році Міжнародна Електротехнічна Комісія почала процес розробки єдиного універсального стандарту спеціалізованої цифрової мережі. Були визначені вимоги для відкритої спеціалізованої мережі, пристроїв віддаленого введення/виведення, контролерів і т.д. Ставилось завдання, щоб така універсальна мережа забезпечувала комунікаційні запити на всіх рівнях багаторівневої системи автоматизації. Для рішення зазначеного завдання була отримана безліч ініціатив і пропозицій. Але тільки через 14 років Міжнародна Електротехнічна Комісія випустила проект специфікації IEC61158 - кандидат на універсальну мережу. Фахівці відразу відзначили, що це рішення вже сильно застаріло й немає ніякого сенсу продовжувати над ним роботу. Голосування по даному проекту, проведене 30 вересня 1998 року, дало очікуваний негативний результат. Тому Міжнародна Електротехнічна Комісія відмовилася від подальшого пошуку рішення первинного завдання, яке полягало у створенні єдиної універсальної спеціалізованої цифрової мережі.

Наприкінці 90-х років ХХ століття кілька десятків спеціалізованих комп'ютерних мереж міцно закріпилися на ринку спеціалізованих мереж. В зв'язку з цим було запропоновано створити стандарт, здатний підтримати багатофункціональні рішення в області промислового зв'язку для найрізноманітніших галузей застосування в якій ввійшли б кілька спеціалізованих комп'ютерних мереж. Така пропозиція знайшла розуміння як з боку основних компаній виробників, так і більшості системних інтеграторів у різних країнах. Беручи до уваги сформовану об'єктивну реальність, Комітет Міжнародної Електротехнічної Комісії оформив цю пропозицію у вигляді стандарту промислової управляючої мережі IEC 61158 напередодні нового тисячоріччя. Позиція прихильників цього рішення зводилася до одного, але найбільш вагомого твердження – області застосування спеціалізованих комп'ютерних мереж є настільки широкі й вимоги до них настільки різноманітні, що серйозно говорити про "єдину міжнародну мережу" не доводиться. Результати голосування (80% - за) підтвердили правильність зробленої пропозиції. Про стандарт IEC 61158 можна сказати, що це багатофункціональний (багатомережевий) стандарт, орієнтований на різні області застосування. Стандарт IEC 61158 спочатку включав вісім незалежних комунікаційних технологій. В 2000 році були зроблені доповнення до стандарту IEC 61158 і тепер він охоплює комунікаційні технології:

- Foundation Fieldbus H1;
- ControlNet;
- Profibus;
- P-NET;
- Foundation Fieldbus High Speed Ethernet;
- SwiftNet;
- WorldFIP;
- Interbus;
- Profinet;
- Profibus FMS.

Крім того, існує можливість, що в найближчому майбутньому до переліку спеціалізованих цифрових мереж, які входять в міжнародний стандарт IEC 61158 можуть ввійти нові мережі.

В даний час в світі виробляється і експлуатується близько сотні спеціалізованих цифрових мереж.

Наявність на ринку різноманітних наборів програмно-апаратних рішень дозволяє вирішити технологічні проблеми практично будь-якого виробництва. Тому для підприємств практично повністю

втратили зміст власні розробки в цій області. Спроба заощадити засоби за рахунок внутрішніх ресурсів у більшості випадків обертається створенням громіздких, ненадійних, несумісних і дорогих в обслуговуванні систем.

Крім того, можна вважати закінченою дискусію про найкращу мережу. Зараз уже очевидно, що жодна з існуючих сьогодні спеціалізованих мереж не стане єдиною. Різноманітність вимог автоматизуючих технологічних процесів не може бути вирішена одним універсальним і економічно оптимальним рішенням. Питання повинно ставитись наступним чином: тільки належне структурування комплексу АСУ ТП і вибір оптимальних рішень для конкретних технологічних ділянок може забезпечити прорив підприємства на новий рівень якості й ефективності виробництва.

Крім вищевказаного, аналіз останніх досліджень і публікацій свідчить, що інформації про вищевказані мережі та десятки інших які виробляються і використовуються в світі у вітчизняних джерелах інформації практично не має. Недостатньо такої інформації і в інших країнах. Тому, кінцевому користувачу дуже складно самостійно здійснити оптимальний вибір необхідної для його потреб спеціалізованої комп'ютерної мережі.

Формулювання завдання дослідження

В зв'язку з вищевказаним, метою досліджень було визначення основних напрямків модернізації існуючих автоматизованих систем управління технологічними процесами, які розміщені у вибухобезпечних зонах новими системами автоматизації технологічних процесів і виробництв на базі спеціалізованих комп'ютерних мереж. Також, одним із завдань досліджень було створення методичної база для вибору спеціалістами промислових підприємств спеціалізованої комп'ютерної мережі, яка має стати основою модернізованої АСУ ТП.

Визначення основних напрямків модернізації існуючих автоматизованих систем управління технологічними процесами, які розміщені у вибухобезпечних зонах

Як правило більшість існуючих систем автоматизації використовують аналогові датчики та виконавчі механізми. Сьогодні багато промислових підприємств України мають певні труднощі з обіговими коштами та фінансуванням подальшого розвитку виробничих потужностей і з впровадженням новітніх технологій. В такому випадку для модернізації наявних систем автоматизації таких підприємств можна запропонувати впровадження HART-протоколу [4, 5].

Американською компанією Rosemount був розроблений протокол HART (Highway Addressable Remote Transducer). HART-протокол заснований на методі передачі даних за допомогою частотної модуляції, при цьому цифровий сигнал накладається на аналоговий струмовий сигнал.

Характеристика HART-мережі:

- різновиди – аналогові (4-20мА) і цифрові;
- живлення й дані через пару провідників;
- фізичне середовище – RS-232;
- двополярний частотно-модульований сигнал – “1” - 1200 Гц, “0” - 2200 Гц;
- топологія – “зірка”, “магістраль”;
- доступ (максимальна кількість пристроїв) – 1 ведучий й 2 ведені пристрої (стандартний режим), 15 ведених і 2 ведучих пристроїв (багатоточковий режим з віддаленим живленням);
- режими – асинхронний, синхронний;
- довжина лінії – 100 м – “зірка” (багатоточковий режим), 1500-3000 м – “магістраль” (стандартний режим);
- розмір пакета даних – 25 байт;
- швидкість передачі даних – 1200 біт/с;
- цикл відновлення даних (пакет) – 500 мс, 330 мс;
- ймовірність помилки передачі даних – 10^{-5} ;
- контрольна сума для пакета;
- контроль парності кожного байта;
- тип лінії – екранована вита пара;
- виконання – стандартне, вибухозахищене;
- команди – універсальні, типові, специфічні;
- мова DDL (Device Description Language) для конфігурування й налагодження.

Частотно-модульований сигнал є двополярним і при використанні відповідної фільтрації не спотворює основний аналоговий сигнал 4-20 мА.

HART-протокол може використатися у двох режимах роботи:

- стандартний варіант (з'єднання “прилад-прилад”);
- багатоточковий режим (15 ведених пристроїв можуть з'єднуватися паралельно двопрвідною лінією з двома ведучими пристроями).

Стандартний варіант – з'єднання “прилад-прилад”, тобто безпосереднє з'єднання приладу низової автоматики (датчика, виконавчого механізму, перетворювача) і не більше двох ведучих пристроїв. У якості первинного ведучого пристрою використовується пристрій зв'язку з об'єктом або програмований логічний

контролер (ПЛК). У якості вторинного застосовується портативний HART-термінал або персональний комп'ютер з HART-модемом. При цьому аналоговий сигнал є однонапрямленим (наприклад, від датчика до ПЛК або від ПЛК до виконавчого механізму), а цифрові сигнали можуть передаватися й прийматися як від ведучого, так і від веденого пристрою.

При багатоточковому режимі 15 ведених пристроїв можуть з'єднуватися паралельно двопровідною лінією з тими ж двома ведучими пристроями. При цьому здійснюється тільки цифровий зв'язок. Сигнал постійного струму 4 мА забезпечує допоміжне живлення ведених приладів по сигнальних лініях.

На великих промислових підприємствах об'єкти автоматизації можуть бути розподілені на великих відстанях один від одного і на великій площі. В такому випадку доцільно розглянути можливість побудови модернізованої системи автоматизації на базі спеціалізованої комп'ютерної мережі Interbus [6, 7].

Мережа Interbus була розроблена фірмою Phoenix Contact в 1984 році й швидко здобула міцні позиції в сфері розподілених АСУ ТП завдяки цілому ряду цікавих структурних рішень. Насамперед, слід зазначити, що максимальна відстань, яку може охоплювати ця промислова мережа складає 13 кілометрів. Для мереж, фізичний рівень яких відповідає стандарту RS-485, цей показник максимальний, і забезпечується він завдяки ретрансляції сигналу в кожному вузлі. Максимальна кількість вузлів 512, відстань між вузлами до 400 метрів, використовується кабель Belden 3119A. Вузлі-ретранслятори утворюють основу топології Interbus, кінцеві ж пристрої підключаються до додаткових кільцевих сегментів, у яких живляча напруга передається разом з даними. Довжина додаткових сегментів може становити до 200 метрів (для їх прокладання використовується звичайна неекранована вита пара). Таким чином, цифрова мережа Interbus є хорошим рішенням для уніфікованої автоматизації виробництва, компоненти якого територіально рознесені на велику відстань.

У випадку коли необхідно керувати дуже великою кількістю вузлів на відносно не великій відстані (до 1 км) доцільно розглянути можливість побудови модернізованої системи автоматизації на базі спеціалізованої комп'ютерної мережі CAN [8]. Основною перевагою даної спеціалізованої комп'ютерної мережі є те, що в даній мережі на відміну від інших мереж не має теоретичного обмеження на кількість вузлів, які входять у склад даної мережі. Таким чином, на базі даної мережі можна створити системи з дуже великою кількістю вузлів.

У середині вісімдесятих років ХХ століття фірма Robert Bosch Gmb запропонувала власний варіант мережі контролерів для вирішення проблеми розростання проводки автомобілів. Стандарт одержав назву Controller Area Network (CAN).

Ряд оригінальних і ефективних технічних рішень, покладених в основу CAN-протоколу фірмою Bosch, а також наступні роки "випробування" CAN-мереж у самих різних умовах експлуатації забезпечили CAN світове визнання, закріплене в 1993 році в міжнародному стандарті ISO 11898. На сьогоднішній день стандарт ISO 11898 поряд із сучасною специфікацією Bosch CAN 2.0 A / B є базовим документом розроблювачів CAN-пристроїв.

В 2000 році прийнятий стандарт ISO 15765 (діагностика в мережі CAN). Він пропонує обов'язкову наявність у всіх автомобілях, що експлуатуються в країнах ЄЕС, наявність CAN-сумісного порту для уніфікованої діагностики систем автомобіля, що забезпечують екологічну безпеку й безпеку руху.

Електроніка автомобілів "Мерседес", працює саме по цьому протоколу. В даний час час CAN-мережі активно застосовуються в різних сферах - від пральних машин до космічних апаратів. Протокол CAN визначає тільки перші два рівні моделі ISO/OSI - фізичний і каналний. На основі цього протоколу реалізована велика кількість інших багатофункціональних мереж, таких як CANOpen, DeviceNet, SDS і ін. Кількість вузлів промислових мереж, що працюють на основі CAN, обчислюється десятками мільйонів. Практично в кожного великого виробника мікроконтролерів є виріб з CAN-інтерфейсом. Широкому поширенню CAN сприяють його численні переваги, серед яких:

- простота конфігурування й масштабування мережі, відсутність теоретичних обмежень на кількість вузлів;
- невисока вартість як самої мережі, так і її розробки;
- високий ступінь надійності й "живучості" мережі, завдяки розвиненим механізмам виявлення помилок, повтору помилкових повідомлень, самоізоляції несправних вузлів, нечутливості до електромагнітних перешкод;
- підтримка різноманітних фізичних середовищ передачі даних, від витої пари до оптоволокна й радіоканалу;
- ефективна реалізація режиму реального часу;
- висока швидкість передачі даних (до 1 Мбіт/с при довжині лінії 60 м);
- максимальна відстань між вузлами - до 1 км.

При створенні складних АСУ ТП може виникнути ситуація коли необхідно забезпечити гібридний тип доступу до шини (централізований / децентралізований). В такому випадку доцільно розглянути можливість побудови модернізованої системи автоматизації на базі спеціалізованої комп'ютерної мережі WorldFIP [9].

Мережа WorldFIP (World Factory Instrumentation Protocol) розроблена на основі французького стандарту, відомого як NFC46-600 або FIP. Його розробив консорціум компаній, що роблять польові пристрої, у яких використовується система повідомлень. Мережа WorldFIP задовольняє вимогам реального

часу. Головні члени консорціуму - Honeywell, Baily Controls, Cegelec, Allen Bradley, Telemecanique, Electricity de France, Elf.

Мережа побудована на гібридному (централізованій / децентралізованій) доступі до шини й для передачі даних використовує режим ширококомовних повідомлень (broadcast). Контроль забезпечується з боку центрального вузла мережі (central unit), що називається “арбітром”. Основний потік даних організований як набір окремих змінних, кожна з яких ідентифікована своїм ім'ям. Будь-яка змінна, оброблена в одному вузлі-передавачі, може бути прочитана всіма вузлами-приймачами одночасно. Використання режиму широкого мовлення дозволяє не присвоювати кожному пристрою унікальної мережевої адреси.

Функції керування деяким процесом можуть розподілятися між різними пристроями на шині. Це можливо тому, що всі “приймачі” одночасно приймають однакові змінні, а час відновлення даних і їхня передача строго контролюються.

Сьогодні всі комп'ютерні мережі на верхньому рівні управління підприємством базуються на технології EtherNet. Тому, зручно і економічно вигідно коли спеціалізована мережа на базі якої побудована АСУ ТП теж використовує за основу технологію EtherNet. Тоді в силу їх “спорідненості” з комп'ютерними мережами верхнього рівня не потрібні додаткові витрати на підготовку професіоналів, що забезпечують їх експлуатацію. Цю роботу можуть із успіхом виконувати (і це підтверджується на практиці) фахівці, що забезпечують експлуатацію комп'ютерних мереж верхнього рівня. Це дозволяє скоротити терміни впровадження систем АСУ ТП й спрощує процедури їх експлуатації, що в загальному підсумку приводить до загального зниження витрат на створення або модернізацію АСУ ТП. Тому починаючи з моменту створення в 2000 році по даний час все частіше впроваджується спеціалізована комп'ютерна мережа Industrial Ethernet (EtherNet/IP). Вищевказаному також сприяє той факт, що специфікація EtherNet/IP є загальнодоступною і розповсюджується безкоштовно [10, 11].

Industrial Ethernet (EtherNet/IP) – стандартизований (IEEE 802.3 і 802.11) варіант Ethernet для застосування в промисловості. Мережа із процедурою доступу CSMA/CD. Industrial Ethernet звичайно використовується для обміну даними між програмованими контролерами, програмованими контролерами й системами візуалізації.

EtherNet/IP базується на протоколах Ethernet, CIP, IP, TCP, UDP і розширює комунікаційний стек для застосування в промисловій автоматизації. Друга частина назви “IP” означає “Industrial Protocol” (промисловий протокол). Протокол EtherNet/IP (Industrial Ethernet Protocol) був розроблений групою ODVA при активній участі компанії Rockwell Automation в кінці 2000 року на основі комунікаційного протоколу CIP (Common Interface Protocol). На додаток до типових функцій протоколів HTTP, FTP, SMTP і SNMP, EtherNet/IP забезпечує передачу критичних до часу доставки даних між керуючим пристроєм і пристроями введення/виведення.

Надійність передачі некритичних до часу даних (конфігурації, завантаження/вивантаження програм) забезпечується стеком TCP, а критична до часу доставка циклічних даних керування буде здійснена через стек UDP. Для спрощення настройки мережі EtherNet/IP, більшість стандартних пристроїв автоматизації мають в комплекті певні, заздалегідь зконфігуровані файли (EDS). Cipsync є розширенням комунікаційного протоколу CIP і реалізує механізми синхронізації часу в розподілених системах на основі стандарту IEEE 1588.

EtherNet/IP - це відкритий промисловий мережевий стандарт, який використовує стандартні мікросхеми EtherNet і фізичне середовище передачі інформації. Технологія EtherNet/IP розвинулася завдяки високому попиту на додатки по управлінню через Ethernet. Цей стандарт також бере за основу вимоги промислового керування по функціональній сумісності різних продуктів по управлінню через EtherNet.

EtherNet/IP є відкритою мережею, оскільки використовує стандарт Ethernet IEEE 802.3, набір протоколів TCP/IP, стандартний промисловий протокол (Common Industrial Protocol - CIP), а також інформаційний протокол і протокол введення/виведення в режимі реального часу, які використовують мережі Devicenet і ControlNet.

Основна відмінність EtherNet/IP від “звичайного” полягає в додатковому захисті фізичного середовища передачі (у промислових умовах для реалізації шинної топології використовується триаксальний кабель, а для топології “зірка” - вита пара з подвійним екрануванням) або ж використовується найменш піддане зовнішньому електромагнітному впливу оптичне середовище передачі - оптоволоконний кабель.

Висновки

За результатами проведених досліджень встановлено, що ефективним напрямком модернізації існуючих автоматизованих систем управління технологічними процесами, які розміщені у вибухобезпечних зонах, є впровадження спеціалізованих комп'ютерних мереж. В результаті проведеного аналізу існуючих спеціалізованих комп'ютерних мереж встановлено мережі (в тому числі які ввійшли в міжнародний стандарт IEC 61158), які мають найкращі характеристики з певного напрямку та вказано основні їх особливості.

В результаті проведеної роботи створена інформаційна та методична база для вибору спеціалізованої комп'ютерної мережі для модернізації існуючих АСУ ТП у вибухобезпечній зоні.

Отримані під час дослідження результати створюють умови для правильного вибору необхідної спеціалізованої комп'ютерної мережі спеціалістами служб КВП і А та керівництвом підприємств, що сприятиме прийняттю ефективних рішень щодо подальшої модернізації АСУ ТП підприємства.

Література

1. Біла, С. О. Структурна політика в перехідній економіці України: теоретико-методологічний аспект [Текст] / С. О. Біла // Вісник Української Академії державного управління. – 1999. – № 1. – С. 107–117.
2. Безтілесна, Л.М. Механізм забезпечення сталої конкурентоспроможності великого промислового підприємства [Текст] / Л. М. Безтілесна // Економіст. – 2012. – С. 38–43.
3. Бабчук, С. М. Метод ідентифікації спеціалізованих комп'ютерних мереж для об'єктів нафтогазового комплексу [Текст] / С. М. Бабчук // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – Т. 3, № 4 (63). – С. 48–51.
4. Guochen, A. Design of Intelligent Transmitter Based on HART Protocol [Text] / A. Guochen, M. Zhiyong, M. Hongtao, S. Bingdong // Intelligent Computation Technology and Automation. – 2010. – Vol. 2. – P. 40–43.
5. Pereira, J. HART protocol analyser based in LabVIEW [Text] / J. Pereira, O. Postolache, P. Girao // Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications. – 2003. – P. 174–176.
6. Hui, L. Research and application on INTERBUS operator terminal [Text] / L. Hui, Z. Hao, P. Daogang // Computer Science and Information Technology. – 2009. – P. 309–312.
7. Cavalieri, S. Definition of a fault recovery protocol compliant with Interbus-S standard [Text] / S. Cavalieri // Industrial Electronics. – 2003. – P. 821–823.
8. Bertoluzzo, M. Application protocols for safety-critical CAN-networked systems [Text] / M. Bertoluzzo, G. Buja // Power Electronics and Motion Control. – 2010. – Vol. 15. – P. 1–6.
9. Liang, G. A Kind of Communication Simulation System for WorldFIP Field Intelligent Control Network [Text] / G. Liang, G. Yang // Informatics in Control, Automation and Robotics. – 2009. – P. 385–389.
10. Zhang, L. Research of EtherNet/IP and development of its network node [Text] / L. Zhang, N. Xie // Consumer Electronics, Communications and Networks. – 2012. – P. 486–489.
11. Ping, L. Ethernet/IP Analysis [Text] / Journal of Yangtze University. – 2010. – Vol. 7, № 1. – P. 254–255.

References

1. Bila, S. O. Strukturna polityka v perexidnij ekonomici Ukrayiny: teoretyko-metodologichnyj aspekt [Tekst] / S. O. Bila // Visnyk Ukrayinskoyi Akademiyi derzhavnogo upravlinnya. – 1999. – # 1. – S. 107–117.
2. Beztillesna, L.M. Mexanizm zabezpechennya staloyi konkurentospromozhnosti velykogo promyslovogo pidpryyemstva [Tekst] / L. M. Beztillesna // Ekonomist. – 2012. – S. 38–43.
3. Babchuk, S. M. Metod identyfikaciyi specializovanykh kompyuternykh mrezhz dlya obyektiv naftogazovogo kompleksu [Tekst] / S. M. Babchuk // Vostochno-Evropskyy zhurnal peredovykh texnologij. – 2013. – T. 3, # 4 (63). – S. 48–51.
4. Guochen, A. Design of Intelligent Transmitter Based on HART Protocol [Text] / A. Guochen, M. Zhiyong, M. Hongtao, S. Bingdong // Intelligent Computation Technology and Automation. – 2010. – Vol. 2. – P. 40–43.
5. Pereira, J. HART protocol analyser based in LabVIEW [Text] / J. Pereira, O. Postolache, P. Girao // Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications. – 2003. – P. 174–176.
6. Hui, L. Research and application on INTERBUS operator terminal [Text] / L. Hui, Z. Hao, P. Daogang // Computer Science and Information Technology. – 2009. – P. 309–312.
7. Cavalieri, S. Definition of a fault recovery protocol compliant with Interbus-S standard [Text] / S. Cavalieri // Industrial Electronics. – 2003. – P. 821–823.
8. Bertoluzzo, M. Application protocols for safety-critical CAN-networked systems [Text] / M. Bertoluzzo, G. Buja // Power Electronics and Motion Control. – 2010. – Vol. 15. – P. 1–6.
9. Liang, G. A Kind of Communication Simulation System for WorldFIP Field Intelligent Control Network [Text] / G. Liang, G. Yang // Informatics in Control, Automation and Robotics. – 2009. – P. 385–389.
10. Zhang, L. Research of EtherNet/IP and development of its network node [Text] / L. Zhang, N. Xie // Consumer Electronics, Communications and Networks. – 2012. – P. 486–489.
11. Ping, L. Ethernet/IP Analysis [Text] / Journal of Yangtze University. – 2010. – Vol. 7, № 1. – P. 254–255.

Рецензія/Peer review : 14.1.2015 р.

Надрукована/Printed :24.1.2015 р.

Стаття рецензована редакційною колегією