

УДК 519.6

О.М.Решетило¹, О.О.Смолянкін¹, І.В.Гніздюк²¹ Луцький національний технічний університет² ПП «Лабораторія Інфобайт»

СТРУКТУРА СУЧАСНОЇ СИСТЕМИ ЗБИРАННЯ ДАНИХ

В роботі проведено аналіз структури сучасної системи збирання даних, вихідних даних для обґрунтування та вибору технічного і програмного забезпечення.

Ключові слова: структура, програмне забезпечення.

Для здійснення збирання даних в сучасних автоматизованих системах управління технологічним процесом (АСУ ТП) використовують персональні комп'ютери (ПК), програмовані логічні контролери (ПЛК), аналого-цифрові перетворювачі (АЦП) та інше спеціалізоване обладнання власної розробки. Вибір комплексу технічного забезпечення для системи збирання даних проводиться на основі відомостей про технологічний процес і обладнання, значень параметрів технологічного процесу та їх відхилення, вимог до системи автоматизації, і типу датчиків та виконавчих механізмів, з врахування плану розміщення обладнання технологічного процесу, відстаней і швидкості передачі інформації, та вимог до точності вимірювання параметрів та часу опитування датчиків. Коректність одержаних результатів визначається компонентами системи збору даних, до яких входять:

- датчики;
- виконавчі механізми;
- пристрої узгодження сигналів;
- шини передачі даних;
- обладнання для збирання даних (програмовані логічні контролери (ПЛК), аналого-цифрові перетворювачі (АЦП) та інше спеціалізоване обладнання);
- персональний комп'ютер;
- спеціалізоване програмне забезпечення.

При виборі складу технічного забезпечення АСУ ТП виходять також з їх вартості, тому структура простої системи збирання даних може включати в себе датчики, виконавчі елементи, системи узгодження сигналів, що під'єднані безпосередньо до одного з портів ЕОМ.

Швидкісні характеристики передачі даних основних шин і портів ПК наведені в таблиці 1.

Таблиця 1.

Швидкісні характеристики передачі даних основних шин та портів ПК

Тип шини/порту	Максимальна пропускна здатність, Мбіт/с (частота МГц x ширина шини в бітах)
Serial port RS-232	0,115
Standard LPT port	0,92 (0,115 x 8)
GPIB IEEE	1/8
ЕСР/ЕРР LPT port	3
USB 1.1/2.0	12/480
Fireware IEEE	400/800
CF Type II/Type III	128/528
PCMCIA	264 (16 x 16)
CardBUS	1056 (33 x 32)
PCI	1056 (33 x 32)
PCI-E(x1/x16)	2048/32768

Послідовний порт RS-232 є стандартною периферією OEM, хоча на сучасних комп'ютерах він зустрічається досить рідко. Дані передаються через порт послідовно, один за одним. Для здійснення двостороннього обміну даними використовується додаткова цифрова лінія. В загальному випадку сюди необхідно додати лінії готовності приймача і джерела, лінію виявлення несучої і т.д. В результаті COM-порт комп'ютера являє собою 9-піновий роз'єм.

На відміну від TTL стандарту рівень логічної одиниці в послідовному порті складає 12 В, а логічного нуля – -12 В. Велика різниця рівнів сигналів забезпечує добру перешкодозахищеність, тому по послідовному інтерфейсу дані можуть передаватися на відстані до 50 метрів.

Можливі два методи передачі даних: синхронний та асинхронний. В першому випадку дані передаються відповідно до тактів опорного сигналу, який передається по окремій цифровій лінії. Цей метод реалізується при передачі даних між цифровими пристроями: мікроконтролерами, цифровими потенціометрами, мікросхемами генераторів і т.д.

В персональному комп'ютері використовується асинхронний режим роботи послідовного порту, при якому обмін даними відбувається на відомій фіксованій частоті. Інформація передається у вигляді байтових послань, кожна з яких містить стартовий біт, який вказує на початок передачі даних, 8 бітів даних, біт контролю парності і одного або півтора біт стоп-бітів.

Біт парності використовується для найпростішого контролю за помилками, він буває трьох видів:

- біт парності не використовується (no parity)
- парний біт - має значення «1», якщо сума бітів послання є парною (Even parity)
- непарний біт - має значення «1», якщо сума бітів послання є непарною (Odd parity).

В паралельному порті (LPT) використовується паралельна передача даних по восьми цифрових лініях (один байт). В даний час цей порт є двонаправленим, тобто можна обмінюватися даними між комп'ютером і пристроєм. При мінімальній конфігурації порту необхідні 11 ліній: 8 – для передачі даних, 2 лінії підтвердження і «земля».

Максимальна дальність передачі даних складає 10 метрів, а швидкість передачі інформації – до 1 Мбіт/с.

GPiB (General Purpose Interface Bus) - шина загального користування була запропонована компанією Hewlett-Packard більше 40 років тому і мала в той час назву HPiB. В СРСР використовувався сумісний аналог - канал загального користування (КЗК). Після затвердження стандарту шини в міжнародному інституті стандартизації їй було присвоєно скорочення IEEE-488.1, а надалі, після ухвалення досконалішого протоколу обміну даними, - назва IEEE-488.2.

Стандарт IEEE-488 дозволяє підключення до однієї шини до 15 приладів. Топологія шини може бути довільною: лінійною, зірковою, деревовидною і т.д. Кожний з пристроїв має свою унікальну реконфігуровану адресу для забезпечення адресного обміну даними.

Один з 15 пристроїв, підключених до шини, повинен здійснювати роль контролера-арбітра. Як правило, в ролі контролера виступає інтерфейсна плата GPiB в комп'ютері. Передача даних відбувається по паралельних лініях з використанням технології Talker - Listener (Передавач - Приймач) і може досягати швидкостей до 8 Мбайт/с. Дані посилаються в пристрій і приймаються назад в символьному ASCII форматі. Велика кількість команд є стандартною для широкого ряду приладів, наприклад команда запиту ідентифікатора пристрою *IDN?. Проте, для повноцінної роботи з пристроєм необхідно знати систему його команд, яка надається його виробником.

В даний час стандартними пристроями з GPiB інтерфейсом є зовнішні модульні осцилографи, спектральні аналізатори, генератори сигналів і т.д.

В даний час широке розповсюдження отримала універсальна послідовна шина USB (Universal Serial Bus). Причина популярності криється в дешевій практичній реалізації і достатній гнучкості архітектури.

В цілому до одного контролера USB може бути підключено до 128 пристроїв. Перша версія Full speed USB (USB 1.1) дозволяла передавати дані з швидкістю до 12 Мбіт/с. Затверджений незабаром стандарт Hi speed USB (USB 2.0) швидше попереднього в 40 разів, що дозволяє використовувати USB шину для передачі оцифрування даних і відеозображення. Фізично USB шина складається з чотирьох провідників: лінія живлення +5 В, «земля» і двох різноспрямованих

ліній даних.

З погляду програміста недоліком USB шини є необхідність написання драйверів для будь-якого пристрою, оскільки стандартних типів пристроїв зі стандартними драйверами не існує. З цієї ж причини виникають складнощі підключення пристрою власними силами: необхідно досконально знати протоколи обміну командами і даними між пристроєм і комп'ютером. Додатковим обмеженням швидкості передачі потокових даних є необхідність використовувати переривання.

Послідовна шина FireWire (IEEE 1394) використовується для підключення пристроїв, що передають великі об'єми даних: відеокамери, жорсткі диски та інше високошвидкісне обладнання. Вперше шина була запропонована компанією Apple в 1990 році, як дешева альтернатива шині SCSI (шина IEEE1394 використовує метод послідовної передачі даних, а SCSI - паралельної передачі).

Інтерфейс FireWire підтримує синхронну та асинхронну передачу даних і надає можливість підключення до 63 пристроїв на один порт. В стандарті IEEE1394a передбачена швидкість передачі даних становить 100, 200 і 400 Мбіт/с. Нова специфікація IEEE1394b підтримує швидкість передачі даних до 800 Мбіт/с.

Для зв'язку використовується 6/4-х жильний мідний кабель або оптоволокно. По одному з шести провідників подається напруга живлення від 8 до 40 В (струм до 1,5 А), що дозволяє відмовитися від джерел живлення в периферійних пристроях, ще один провідник є «землею», а чотири інших у вигляді двох екранованих витих пар використовуються для передачі даних. Для зменшення розміру роз'єму на мобільних пристроях використовується 4-х контактний кабель без провідників живлення.

Кожний пристрій FireWire для підключення інших пристроїв може містити до 6 роз'ємів (частіше всього 3). Довжина сегменту FireWire може досягати 4,5 метрів.

FireWire підтримує автовизначення Plug-n-play, «гаряче» включення та ізохронний режим роботи, що забезпечує гарантовану смугу пропускання для підключених пристроїв. Подібно контролерам SCSI, контролери FireWire можуть самостійно обробляти більшість операцій вводу-виводу, не займаючи час процесора, що досягається за допомогою передачі даних з використанням прямого доступу до пам'яті.

Великою перевагою шини FireWire, в порівнянні з USB, є наявність стандартизованих протоколів обміну даними між периферійними пристроями і персональним комп'ютером. В даний час розроблено більше 50 міжнародних стандартів. Одним із стандартів обміну даними по шині FireWire є протокол DCAM, що створений для передачі некомпресованого відеосигналу, що дозволяє використовувати для роботи з пристроями уніфіковане програмне забезпечення, наприклад, пакет LabVIEW з модулем IMAQ for IEEE1394.

Сучасну реалізацію каналів аналогового вводу розглянемо на прикладі схеми типової багатофункціональної плати National Instruments PCI-6040E (рис. 1). Для спрощення вважатимемо, що є лише один канал вводу аналогових даних (рис. 2). Сигнал, що при цьому вимірюється, і «земля» подаються на входи програмованого підсилювача (ПП) з програмно змінним коефіцієнтом підсилення, тоді підсилений сигнал поступає на вхід аналого-цифрового перетворювача (АЦП). Результат вимірювання рівня напруги записується в буфер (FIFO), звідки через інтерфейс PCI шини зчитується з використанням переривань або прямого доступу до пам'яті.

Сьогодні найбільш поширена класифікація аналого-цифрових перетворювачів, що відображає часовий процес перетворення: послідовний, паралельний або послідовно-паралельний.

АЦП паралельного типу містить дільник, що складається з набору послідовно включених резисторів з однаковим опором R , компараторів D_0 і кодуючої логіки. На один з входів кожного з компараторів подається опорна напруга $U_{оп}$, що знімається з дільника. Другі входи компараторів з'єднані та на них подається вхідна напруга $U_{вх}$. В кожному компараторі вона порівнюється з опорним сигналом, що знімається з вузлів резистивного дільника. Число можливих кодових комбінацій (а отже, число компараторів) рівне $2^m - 1$, де m — число розрядів АЦП. АЦП прямого перетворення володіють найвищою швидкістю, яка визначається швидкістю компараторів і затримками в логічному дешифраторі. Недоліком їх є необхідність великої кількості компараторів.

© О.М.Решетило, О.О.Смолянкін, І.В.Гніздюк

Так, для 8-розрядного АЦП потрібно 255 компараторів. Це утрудняє реалізацію багаторозрядних (більше 6...8-ми розрядів) АЦП в інтегральному виконанні. Крім того, точність перетворення обмежується точністю та стабільністю кожного компаратора і резистивного дільника. Проте, на основі даного принципу створюють найбільш швидкодійні АЦП з часом перетворення в межах десятків і навіть одиниць наносекунд, але обмеженої розрядності (не більше восьми розрядів).

Ще кілька років тому апаратна реалізація системи управління і контролю залежала від конкретної задачі. Нові рішення в області автоматизації - програмовані контролери для автоматизації (Programmable Automation Controller, PAC) - володіють набагато більшою гнучкістю і функціональністю, ніж розроблені схеми.

National Instruments CompactRIO належить до класу програмованих контролерів для автоматизації. Контролери PAC розроблені для використання в розподілених контрольно-вимірвальних системах і є інтегрованими в одному корпусі засобами вводу-виводу аналогових та цифрових сигналів, числової обробки даних, обміну даними із зовнішнім обладнанням. Технологія PAC дозволяє об'єднати в одному компактному пристрої переваги програмованих логічних контролерів PLC (компактність, надійність, режим реального часу) і персональних комп'ютерів (висока продуктивність додатків, гнучкість і відносна простота програмування).

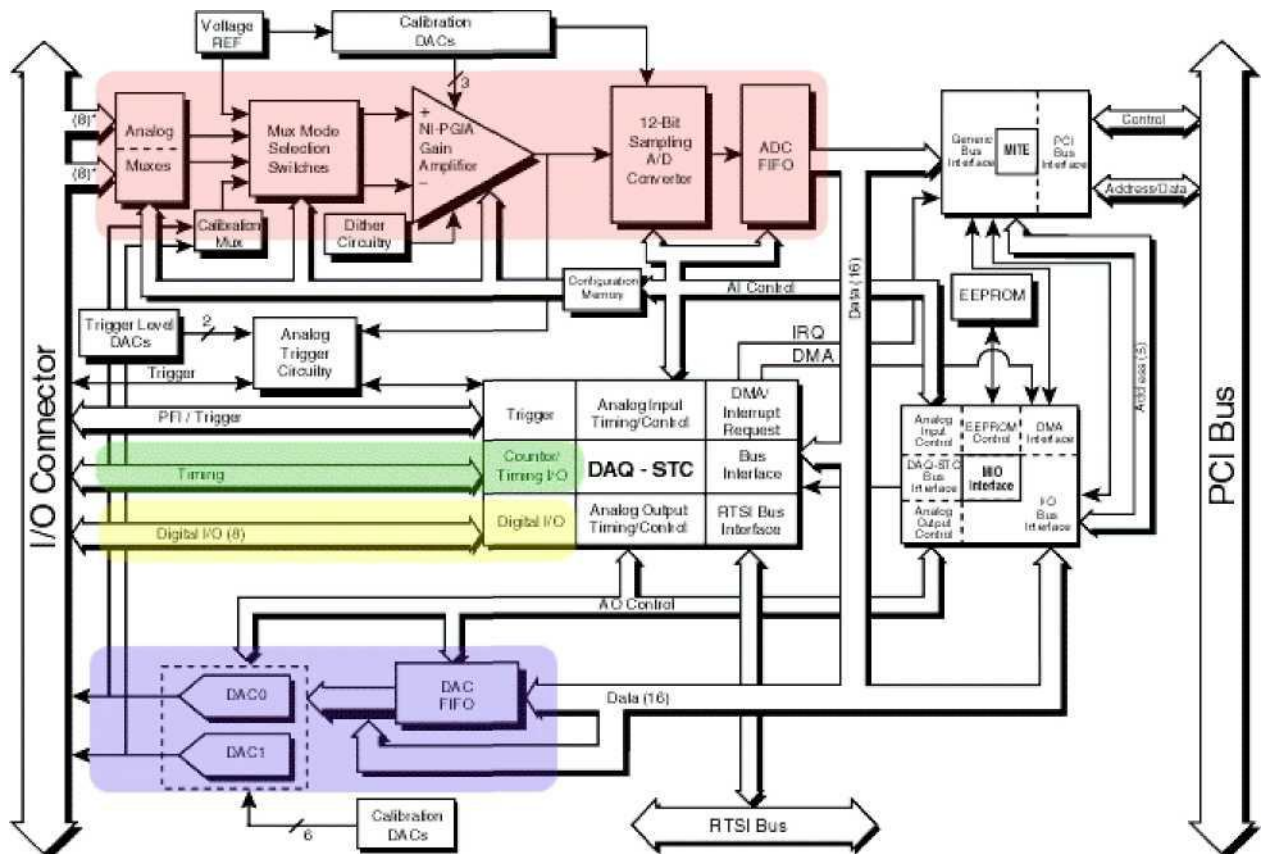


Рис.1. Типова схема плати вводу-виводу National Instruments PCI-6040E

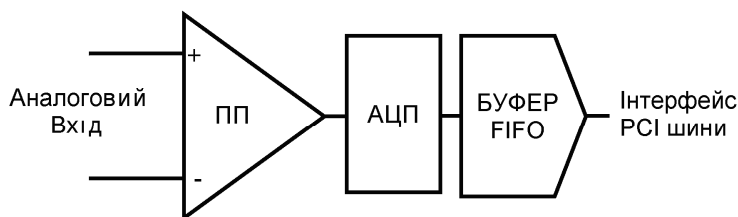


Рис.2. Типова схема одноканального аналогового вводу

Програмне забезпечення перетворює персональний комп'ютер і устаткування збирання даних в завершену систему збору, аналізу та відображення даних.

Правильний вибір операційної системи комп'ютера дозволяє досягти максимальної ефективності і задовольнити потреби системи збирання даних. На цей вибір впливають багато чинників, такі як досвід і вимоги розробників та кінцевих користувачів, економічна ефективність впровадження системи автоматизації, сумісність апаратних засобів, наявних в наявності комп'ютерів, з вибраною операційною системою, а також наявність необхідного програмного забезпечення під цю операційну систему. Традиційно поширені операційні системи Mac OS, відомі своїм простим графічним інтерфейсом користувача, а також Windows 2000 і Windows XP - популярні 32-розрядні операційні системи із зручним інтерфейсом користувача, розширеним управлінням живленням та підтримкою технології Plug&Play. Крім того, для підвищення надійності і функціональності у ряді додатків дуже перспективним є застосування операційних систем реального часу (ОСРЧ).

Без керуючого програмного забезпечення устаткування збирання даних коректно не працюватиме, тому в більшості додатків збирання даних використовуються спеціалізовані програмні драйвери. Драйвери є програмним забезпеченням, що дозволяє безпосередньо керувати пристроями збирання даних, інтегруючи їх з ресурсами персонального комп'ютера, такими як пам'ять, переривання процесора і переривання драйвера пристрою. Драйвери усувають необхідність в складному низькорівневому програмуванні устаткування, надаючи користувачу простий та зрозумілий інтерфейс.

Зростаючі можливості і удосконалення устаткування збирання даних і комп'ютерів підкреслюють важливість і цінність розроблених драйверів. Правильно вибраний драйвер може забезпечити оптимальне поєднання гнучкості і продуктивності, при цьому скоротивши час розробки додатку.

Стрімкий розвиток мікропроцесорної техніки зумовив розвиток інформаційних технологій, в яких взаємодія між оператором і технологічним процесом здійснюється за допомогою програмного забезпечення автоматизованої системи керування технологічним процесом (АСУ ТП) верхнього рівня, що отримало загальну назву SCADA-система.

SCADA-система – це система збирання даних і оперативного диспетчерського управління, що функціонує у складі АСУ ТП конкретного технологічного об'єкта [1, 2].

Вона забезпечує виконання наступних функцій:

- збирання даних про контрольований технологічний процес;
- зберігання, обробка і візуалізація даних на екрані монітора автоматизованого робочого місця оператора;
- зберігання історії процесу;
- автоматичне управління технологічним процесом на основі зібраних даних і критеріїв, виконання яких забезпечує найбільшу ефективність та безпеку технологічного процесу;
- реєстрація аварійних сигналів, видача повідомлень про несправності та аварійні ситуації, оповіщення чергового персоналу;
- формування звітів та обмін даними з АСУ підприємством (ERP системою).

Найбільш популярними серед SCADA-систем на українському ринку промислової автоматизації є: Trace Mode компанії AdAstra (Росія), WinCC компанії Siemens (Німеччина), Genie, Genie DAQ і Genesis32 компанії Iconics (США) [3], iFIX компанії Intellution (США), InTouch компанії Wonderware (США), FactoryLink компанії United States Data Co. (США), RealFlex компанії BJ. Software System (США), Sitex компанії Jade Software (Англія), Bridgeview (Labview) компанії National Instruments, Simplicity компанії GE Fanuc Automation (Росія), IGSS компанії Seven Technologies (Данія), Image компанії Технолінкс (Росія), RSViewer компанії Rockwell Software Inc. (США), Контур (Україна) [4, 5, 6, 7].

Переважна більшість SCADA-систем реалізована на платформах Windows, що обумовлює їх максимальну відкритість і масштабованість, однак мінімальна частота оновлення даних, в даному випадку, не може бути менше 50 мс, що пов'язано з інтервалом таймеру операційної системи

Windows. У випадку коли мінімальна частота опитування датчиків повинна бути меншою даного значення, в проектах можна використати асемблерні вставки, однак надійність системи управління залишається низькою, що пов'язано з низькою надійністю операційної системи Windows. Тому все більш очевидним стає застосування SCADA-систем, що орієнтовані на роботу в операційних системах реального часу, таких, як наприклад QNX та RealTime.

У SCADA-системах основним механізмом, що використовується для зв'язку із іншим програмним забезпеченням залишається механізм DDE. Однак через обмеження за продуктивністю і надійності він не зовсім придатний для обміну інформацією в реальному масштабі часу. Замість DDE механізму було запропоновано ефективніший і надійніший засіб передачі даних між процесами OLE (Object Linking and Embedding включення і вбудовування об'єктів). На базі OLE з'явився новий стандарт OPC (OLE for Process Control), що орієнтований на ринок промислової автоматизації. Новий стандарт не тільки дозволяє об'єднувати різні системи управління і контролю на рівні об'єктів, але й усуває необхідність використання різного нестандартного устаткування та відповідних комунікаційних програмних драйверів.

Більшість з SCADA-систем є контейнерами, які повідомляють ActiveX про події, що відбулися. Будь-які ActiveX-об'єкти можуть завантажуватися в систему розробки і використовуватися при створенні прикладних програм. Управління ActiveX-об'єктами здійснюється за допомогою даних, методів і функцій подій, що властиві вибраному об'єкту.

Будь-яка система управління, яка дозволяє створювати панель керування оператора, повинна допускати можливість спілкування з людиною на його рідній мові. Тому дуже важлива можливість використання в системі шрифтів кирилиці, вводу/виводу системних повідомлень українською та російською мовами, переклад документації. Для російських систем ця проблема взагалі відсутня, оскільки вони розроблялися з російським інтерфейсом. Для багатьох зарубіжних продуктів проблема русифікації значною мірою знімається, якщо вони використовують набори шрифтів Windows. Частина зарубіжних систем мають переклади документації російською мовою (наприклад InTouch). Оскільки з технічної точки зору проблем з русифікацією немає, то проблема лишається лише в якості цієї процедури.

Вартість SCADA систем, на перший погляд, здається достатньо високою. При цьому механізм визначення ціни у різних фірм-розробників різний: вартість InTouch, наприклад, залежить від кількості змінних, що використовуються в проекті, що розробляється; вартість Simplicity визначається кількістю каналів вводу/виводу, які повинна підтримувати система; пакет FactoryLink має високу базову вартість, однак не має обмежень по кількості каналів. При оцінці вартості SCADA-системи враховуються мінімальні і рекомендовані ресурси комп'ютера, необхідні для її установки. При цьому в деяких системах, наприклад, WinCC кількість допустимих змінних безпосередньо залежить від кількості доступної оперативної пам'яті ПК.

Всі системи можна вважати відкритими, тобто такими, що забезпечують можливість доповнення функціями власної розробки, які мають відкритий протокол для розробки власних драйверів, розвинену мережеву підтримку, можливість включення ActiveX-об'єктів і доступність до стандартних баз даних. Впровадження SCADA-систем в системи комплексної автоматизації забезпечує точне та своєчасне отримання інформацію на будь-якому рівні виробництва.

Більшість сучасних комп'ютерів забезпечують хороші показники надійності, однак вони також виходять з ладу, особливо при експлуатації у жорстких виробничих умовах. Якщо будь-які компоненти виробничого процесу є критично важливими (або весь процес), або вартість зупинки виробництва дуже висока, виникає необхідність побудови резервуваних систем. У цих системах вихід з ладу одного компонента, який забезпечує резервування, не спричиняє зупинку всієї системи.

На сьогоднішній день існують наступні методи резервування системи збирання даних:

- архітектура Клієнт-Сервер;
- дублювання Сервера Вводу-Виводу;
- резервування на рівні задач;
- застосування Виділеного сервера файлів;
- резервування мережі;
- резервування зв'язку з контролерами.

В останній час загальна увага провідних компаній-виробників приділяється якості технічної підтримки та навчання користувачів, на концентрацію і якість додаткових комплексних послуг з освоєння та впровадження кінцевої системи управління, тобто на скорочення витрат системних інтеграторів і користувачів на створення проектів та зменшення вартості супроводу системи автоматизації. Саме ці показники сьогодні, в основному, впливають на рейтинг і ринковий успіх тієї чи іншої структури сучасної системи збирання даних, які навіть важливіші, ніж її вартість.

1. Локотков А. Что должна уметь система SCADA. // Современные технологии автоматизации. – № 3. – 1998. – с. 44-46.
2. Бевз А., Хохловский В. Системы верхнего уровня для отображения информации и управления. // Современные технологии автоматизации. – № 3. – 1998. – с. 17-25.
3. Локотков А. GENESIS 32: нечто больше, чем просто SCADA-система. // Современные технологии автоматизации. – № 3. – 1998. – с. 72-81.
4. Бунин Владимир, Анопренко Валентин, Ильин Алексей, Салова Ольга, Чибисова Наталия, Якушев Алексей. SCADA-системы: проблемы выбора // Современные технологии автоматизации. – № 4. – 1999.
5. Куцевич Н.А., канд. техн. наук, ЗАО "РТСофт". SCADA-системы. Взгляд со стороны. // PCWeek. – № 33. – 1999.
6. Куцевич Н.А. SCADA-системы: проблемы тестирования. // Мир Компьютерной Автоматизации. – № 1. – 2000.
7. Куцевич Н.А. SCADA-системы, или муки выбора. Мир Компьютерной Автоматизации. – № 3. – 2000.

