

УДК 681.518.3

Д.П. Орнатский, к.т.н.

**СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ АНАЛОГОВИХ ІНТЕРФЕЙСІВ
ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ**

Національний авіаційний університет, м. Київ

Розглядаються особливості сучасного етапу інтелектуалізації аналогових інтерфейсів інформаційно-вимірювальних систем. Показані переваги запропонованого способу побудови таких інтерфейсів і наводяться результати математичного і фізичного моделювання, які підтверджують його більш високі техніко-економічні показники.

Ключові слова: аналоговий інтерфейс, інтелектуалізація засобів вимірювальної техніки, заводозахисність.

Вступ

Сьогодні питання, пов'язані з проектуванням та застосуванням технічних пристроїв, що забезпечують формування сигналів вимірювальної інформації про параметри об'єктів дослідження, їх передачу та введення в комп'ютер, перетворюються в окремий науковий напрямок у зв'язку з бурхливим впровадженням засобів автоматизації на їх основі в найрізноманітніші галузі людської діяльності. Цьому сприяють також удосконалення та мікромініатюризація електронних пристроїв, мікропроцесорної техніки, елементної бази.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

У ДСТУ 2681 «Метрологія» (терміни та визначення) ключовим поняттям відповідно є вимірювальний канал, що використовується для визначення вимірювальної системи, яка розглядається в першу чергу як «сукупність вимірювальних каналів для створення сигналів вимірювальної інформації про декілька вимірювальних фізичних величин у вигляді, придатному для автоматичної обробки». Таким чином, вимірювальний канал розглянутий, як сукупність засобів вимірювання, що містить первинні вимірювальні перетворювачі, вимірювальні перетворювачі, засоби зв'язку та аналого-цифрового перетворення. Проте чітке поняття «аналоговий інтерфейс» у вітчизняній літературі відсутнє. Водночас означення «аналоговий інтерфейс» вживається насамперед одним з провідних вчених у галузі інформаційно-вимірювальних систем [1]. Відомо, що це означення відповідає поняттю “signal conditioning” в зарубіжній літературі.

Враховуючи все вищезазначене, «аналоговий інтерфейс» визначимо як сукупність засобів вимірювальної техніки, що є складовою частиною вимірювального каналу між первинним вимірювальним перетворювачем та аналого-цифровим перетворювачем.

Таким чином, аналогові інтерфейси інформаційно-вимірювальних систем є одним з найбільш важливих складових частин вимірювальних систем, що визначають їх метрологічні характеристики. Вони також є джерелом інформації про різноманітні параметри об'єкту дослідження. Інтенсивне впровадження засобів обчислювальної техніки у вимірювальну техніку визначає стійку тенденцію до інтелектуалізації аналогових інтерфейсів, відкриває нові перспективи підвищення їх ефективності.

Розглянемо функції, що виконуються аналоговими інтерфейсами:

- ✓ масштабне перетворення;
- ✓ фільтрація;
- ✓ компенсація температури холодних спаїв термопар;
- ✓ ізолювання;
- ✓ лінеаризація характеристик датчиків;
- ✓ ініціалізація пасивних датчиків;
- ✓ корекція похибок;
- ✓ вимірювальне перетворення;
- ✓ мультиплексування;
- ✓ передача вимірювальної інформації.

Інтелектуалізація аналогових інтерфейсів додала їм наступні додаткові функції такі, як автокалібровка, самодіагностика, інформаційні функції, управління параметрами

вимірювального каналу.

Масштабне перетворення - одна з основних функцій аналогового інтерфейсу, тому що забезпечує підвищене співвідношення сигнал-шум на вході аналого-цифрового перетворювача при наявності лінії зв'язку між передавальною та приймальною частинами аналогового інтерфейсу (основне підсилення сигналу при цьому відбувається в передавальній частині аналогового інтерфейсу в безпосередній близькості від датчика).

Розглянемо класифікацію АІ ІВС на основі наступних класифікаційних при знаків: тобто:

✓ першою класифікаційною ознакою являється тип електричного сигналу – носія вимірювальної інформаційної тобто є сигналом вимірювальної інформації для передавальної частини аналогового інтерфейсу, по цьому признаку аналогові інтерфейси розподіляються на аналогові тобто в яких вимірювальні сигнали є безперервними в часі та за значенням та аналого-дискретні тобто безперервні за значенням та дискретні в часі (імпульсні модульовані сигнали).

Перші характерні для систем в яких реалізовані інформаційно-вимірювальні системи з децентралізованою архітектурою тобто для кожної вимірювальної величини існує окремий вимірювальний канал та в іншому випадку характерним є централізована архітектура коли завдяки мультиплексуванню вимірювальних сигналів, яке може бути реалізовано, як в передавальній частині аналогового інтерфейсу так і на вході аналого-цифрового перетворювача, відбувається дискретизація вимірювальних сигналів. До першого типу сигналів вимірювальної інформації відносять так звані сигнали інтенсивності – струм або напруга та модульовані гармонійні сигнали, до другого – імпульсні модульовані сигнали. Струм використовується сьогодні переважно більшістю в якості сигналу вимірювальної інформації у випадках коли відстань між системою збору даних та об'єктом вимірювань знаходиться в межах від декількох метрів до сотен метрів, тобто для розподілених систем. У випадках безпосередньої близькості датчиків фізичних величин та системи збору даних (менше декількох метрів) використовується напруга в якості сигналу вимірювальної інформації. Частота в якості інформативного параметру вимірювального сигналу, не знаходить сьогодні розповсюдження (за винятком інформаційно-вимірювальних систем з радіоканалом або з оптоволоконним кабелем) не зважаючи на свої відомі переваги через обмеження завадозахищеності притаманне використовуваним сьогодні частотним демодулятором на основі «конденсаторного» частотоміру та недостатньої швидкодії відновлювальних фільтрів на основі аналогових фільтрів або інтегруючих – ітераційних перетворювачів з пристроями «вибірка-запам'ятовування».

Для сучасних аналогових інтерфейсів інформаційно-вимірювальних систем характерні наступні засоби зв'язку:

- двопровідні лінії зв'язки, по яких передаються як вимірювальні сигнали, так і сигнали ініціалізації резидентної частини аналогових інтерфейсів, в цьому випадку найбільшого поширення набув струмовий уніфікований сигнал в діапазоні 4-20 ма;
- трипровідні лінії зв'язки, в яких струм живлення резидентної частини і вихідний струм вимірювального перетворювача передаються по окремих проводах;
- чотирипровідні лінії зв'язки, в яких контур живлення і контур вихідного сигналу ізольовані один від одного, причому це ізолювання реалізується в передавальній частині аналогового інтерфейсу;
- шини для підключення до ПК за допомогою інтерфейсів RS 232, RS 485.

Для перших двох засобів зв'язку реалізація елементів аналогового інтерфейсу істотно спрощується завдяки тому, що ряд універсальних приемо-передаючих вимірювальних перетворювачів для уніфікованих вимірювальних сигналів постійного струму випускається фірмою Vint-brown у вигляді інтегральних мікросхем, що забезпечують їм широке застосування в автоматизованих системах управління виробничими процесами.

Чотирипровідні лінії зв'язку використовуються як правило для вимірювальних перетворювачів загального застосування з потенційними вихідними сигналами (0-5в, 0-10в).

У засобах передачі цифровій інформації у зв'язку із стійкою тенденцією інтелектуалізації польового устаткування можна відзначити два напрями:

- постачання вимірювальних перетворювачів вбудованими цифровими контроллерами для узгодження з універсальними мережевими інтерфейсами;

- об'єднання технологій передачі аналогової і цифрової інформації по одній лінії зв'язку.

У першому випадку для взаємодії вимірювальних перетворювачів і контроллерів/систем введення-виводу найбільшого поширення набули такі протоколи як CAN, PROFIBUS-PA, Foundation Fieldbus H1, Interbus, Devicenet, LON, As-i.

Постановка завдання

У другому випадку забезпечується можливість обміну цифровою інформацією, використовуючи стандартну мережу з HART-протоколом [2]. У цій мережі цифрові сигнали передаються по тій же лінії зв'язку, що і аналогові. Для передачі цифровій інформації HART-протокол використовує принцип частотної модуляції: логічна одиниця відповідає одному повному періоду частоти 1200 Гц, а логічний нуль - двом періодам синусоїди 2200 Гц. Цифровий і аналоговий сигнали передаються по одній парі проводів шляхом простого накладення HART на струмову петлю.

До недоліків таких систем можна віднести:

обмеження смуги аналогових сигналів близько 10 Гц у зв'язку з необхідністю розділення з низькочастотним цифровим сигналом [3];
топология мережі - зірка.

Вирішення поставленого завдання

Від вказаних недоліків вільний аналоговий інтерфейс [4] на основі диференційно-струмових структур, які дозволяють формувати на передаючому кінці диференційні і синфазні сигнали для різного типу інформації, що передається, який працює зі стандартними датчиками. Наприклад, диференційні сигнали можуть бути використані для передачі аналогової інформації, а синфазні – цифрової. При цьому вони можуть знаходитись в одній і тій самій смузі частот, розширених за рахунок більш ефективного їх розділення на приймаючому кінці вимірювальним підсилювачем з диференційно-струмовими входами. Такий інтерфейс може працювати зі звичайними датчиками і з допомогою універсальних інтелектуальних інтерфейсних блоків забезпечити безліч найбільш корисних властивостей, передбачених стандартами IEEE 1451.2.

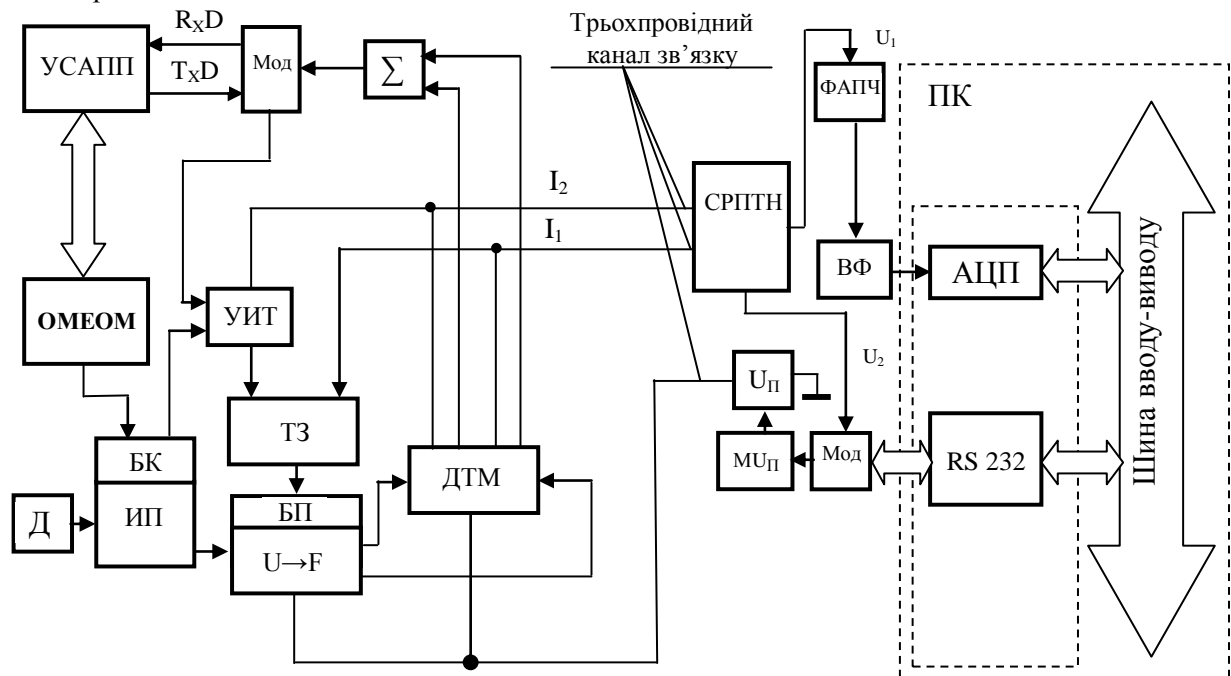


Рис.1. Структурна схема інтелектуального аналогового інтерфейсу для багатоточкових інформаційно-вимірювальних систем.

На рис. 1 представлена структурна схема припущеного інтерфейсу. В основі побудови такого інтерфейсу лежить трьохпровідний аналоговий інтерфейс, запропонований в [5]. Його основними структурними елементами є трьохпровідний канал зв'язку, на передаючому кінці якого для живлення резидентної частини використовується струмове дзеркало СЗ, в одному з

плечей якого ввімкнене управляюче джерело струму УДС. Він формує вхідний струм струмового дзеркала. Вихідний струм струмового дзеркала поступає в блок живлення БЖ, забезпечуючи живлення усієї резидентної частини інтерфейсу. При цьому цифрова частина передаючої частини аналогового інтерфейсу включає однокристальний мікроконтролер, виконаний по CMOS-технології, наприклад типу TS87C52X2 фірми TEMIC, що являється версією однокристальних мікро-ЕОМ типу 80C51. Споживання цього контролера не перевищує 1,8 мА при тактовій частоті 1 МГц і напруги живлення 5 В. Це дозволяє за допомогою управляючого джерела струму УДС, який управляється мікроконтролером через блок корекції БК, забезпечити «сплячий» режим аналогової секції передаючої частини інтерфейсу при ввімкненні живлення, наприклад, затримкою включення живлення аналогової секції передаючої частини інтерфейсу (на час ініціалізації мікроконтролера) і включення управляючого джерела струму УДС в режим малого струму (для живлення тільки цифрової частини). Це забезпечить знеструмлення аналогової секції передаючої частини інтерфейсу до тих пір, поки не надійде команда від ведучого пристрою – ПК або HART-комунікатора. Таким чином може бути реалізована шинна архітектура мережі.

Інформаційний сигнал при цьому створюється за допомогою диференційно-струмового модулятора ДСМ, з'єднаного своїми виходами безпосередньо з диференційними лініями каналу зв'язку. Синфазні струми формуються за допомогою управляючого джерела напруги живлення U_{II} , розміщеного на передаючому кінці інтерфейсу, що підключається до третього (загального) проводу каналу зв'язку.

Розділення диференційних і синфазних сигналів на приймаючому кінці здійснюється за допомогою сумо-різного перетворювача струм-напруги СРПСН, при цьому вихідна напруга СРПСН U_1 пропорційна різниці струмів I_1 і I_2 , що протікають у диференційних лініях каналу зв'язку. Вихідна напруга СРПСН U_2 пропорційна сумі струмів I_1 і I_2 . Різниця струмів I_1 і I_2 формується на передаючому кінці інтерфейсу пропорційно інформаційному аналоговому сигналу за допомогою послідовного ланцюга перетворення вихідного сигналу датчика Д, вимірювального перетворювача ВП і частотного модулятора $U \rightarrow f$, що формує дві протифазні трикутні напруги, частота яких пропорційна вихідному сигналу датчика. Ці напруги поступають на диференційні управляючі входи диференційно-струмового модулятора ДСМ, що створює струми I_1 і I_2 у каналі зв'язку. На приймаючому кінці вихідна напруга U_1 , яка формується за допомогою СРПСН, пропорційна різниці струмів I_1 і I_2 , буде мати трикутну форму і частоту, пропорційну вимірюваному параметру.

Напруга U_1 поступає далі на широкополосну систему ФАПЧ, описану в [6], що забезпечує слідкування частоти місцевого гетеродіна за частотою вхідного сигналу. Це забезпечує зниження порогу завадостійкості, що притаманне звичайним системам зв'язку з частотною модуляцією, що використовують, як правило, синусоїдальну форму сигналу і рівного 10-13 дБ. Використання у якості місцевого гетеродіна вимірювального перетворювача напруга-частота з імпульсним зворотним зв'язком дозволяє відмовитись від традиційного ФНЧ на його вході, за рахунок чого швидкодія системи збільшується приблизно у 1000 разів.

Для відновлення форми вимірювального сигналу вихідний сигнал перетворювача напруга-частота з імпульсним зворотним зв'язком поступає на вхід відновлювального фільтра ВФ [7], який виконаний на основі ітераційних інтегруючих перетворювачів, що забезпечує високу точність і швидкодію відновлення початкового сигналу.

Цифрова інформація передається по тому же каналу зв'язку за допомогою стандартних модемів «Мод» у відповідності зі стандартом BELL 202 у напівдуплексній формі, що дозволяє управляючій системі отримати від польового пристрою 2-4 цифрових повідомлення у секунду. При цьому аналогові вхідні сигнали модему, розташованого на передаючому кінці інтерфейсу, формуються за допомогою суматора Σ , що складає напруги, пропорційні частини струмів I_1 і I_2 , збалансовані по диференційній складовій, що формуються за допомогою диференційно-струмового модулятора ДСМ. Вихідний аналоговий сигнал модему передаючої частини надходить на управляючий вхід управляемого джерела струму УДС, визиваючи синфазні зміни частоти струмів I_1 і I_2 за допомогою струмового дзеркала СД. Ці зміни виділяються на приймаючому кінці за допомогою сумо-різностного перетворювача струм-напруга СРПСН, що формує вихідну напругу U_2 , пропорційну сумі струмів I_1 і I_2 , які надходять на аналоговий вхід модему приймаючої частини інтерфейсу. Таким чином, передача цифрової інформації від

резидентної частини до ПК здійснюється по ланцюгу: однокристална мікро-ЕОМ (ОМЕОМ), універсальний синхронно-асинхронний прийомопередавач (УСАПП), модем передаючої частини (Мод), управляєме джерело струму (УДС), сумо-різностний перетворювач струм-напруга (СППЧ), модем приймаючої частини (Мод), інтерфейс RS232C. Передача цифрової інформації у зворотному напрямку відбувається по ланцюгу: інтерфейс RS232C, модем приймаючої частини (Мод), модулятор джерела живлячої напруги (МУ_П), джерело живлячої напруги (У_П), диференційно-струмовий модулятор (ДСМ), суматор (Σ), модем передаючої частини (Мод), універсальний синхронно-асинхронний прийомопередавач (УСАПП), однокристална мікро-ЕОМ (ОМЕОМ). Така структура дозволяє забезпечити напівдуплексний режим обміну інформацією між персональним комп'ютером і резидентною частиною інтелектуального аналогового інтерфейсу. Передаюча цифрова інформація в інтелектуальних інтерфейсах являється, як правило, службовою, наприклад – характеристики датчика, час здійснення найближчої необхідної корекції вимірювального каналу, результати самодіагностики і т.і.

Фізичне моделювання включало в себе дослідження достовірності передачі різних модулюючих функцій типу: прямокутник, трикутник, синусоїда, в умовах впливу адитивного білого шуму у смузі пропускання каналу. При цьому частота несучої була рівна 1 кГц, смуга коливання частотно-модульованого сигналу – 800 Гц, співвідношення сигнал/шум на вході ФАПЧ – 6 дБ. Похибка нелінійної функції перетворювача приймаючої частини аналогового інтерфейсу – менше 0,05%.

Висновки

Таким чином, запропонований інтелектуальний аналоговий інтерфейс має наступні переваги:

- більш висока точність і заводозахисність;
- використання одного і того ж каналу зв'язку для передачі аналогової і цифрової інформації в одній і тій самій смузі частот;
- можливість використання топології мережа – шина;
- на порядок більш широка смуга корисного сигналу.
- можливість роботи без модемів і частотної модуляції корисного сигналу (при обмежених відстанях) завдяки ефективному розділенню синфазного і диференційного сигналів у більш широкій смузі частот за допомогою диференційно-струмових структур [8].

Було проведено фізичне і математичне моделювання елементів описаного інтерфейсу, що підтвердило його високі техніко-економічні показники.

Список літературних джерел

1. Цапенко М.П. Измерительные информационные системы. – М.: Энергоиздат, 1985. – 425 с.
2. Корнова Т.Л. HART-протокол и другие коммуникационные технологии, применяемые в России. Датчики и Системы №6, 2004 г., стр. 41-48.
3. Уолт Кестер, Билл Честнат, Грейсон Кинг. Интеллектуальные датчики. АВТЭК Санкт-Петербург. <http://www.autexspb.da.ru>.
4. Квасников В.П., Орнатский Д.П. Интеллектуальный аналоговый интерфейс для многоточечных информационно-измерительных систем. Перша міжнародна науково-практична конференція «Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси ПРТК-2008», Збірка тез, Київ, НАУ, 2008.
5. Трипровідний аналоговий інтерфейс. МПК G06F13/00/ Бабак В.П., Орнатський Д.П. Патент № 74738 (UA) Опубл. 16.01.2006, Бюл. №1.
6. Аналоговий інтерфейс для сполучення первинних перетворювачів з мікро-ЕОМ, вимірювальний перетворювач і двотактний підсилювач потужності для використання у інтерфейсі. Орнатський Д.П. Патент № 68451 (UA) Опубл. 16.08.2004, Бюл. №8
7. Відновлювальний фільтр. Орнатський Д.П. Куц Ю.В., Бороденко І.А., Борковська Л.О. Патент № 23151 (UA) від 10.05.2007.
8. Орнатский Д.П., Виничук О.А., Нимченко Т.В. Дифференциально-токовые структуры в аналоговых интерфейсах информационно-измерительных систем. Праці Міжнародної науково-практичної конференції «Обробка сигналів і негауссівських процесів», ЧДТУ, Тези доповідей. 2007 р., м. Черкаси.