

**Возняк О. М.**

к. т. н., доцент

Штуць А. А.

Асистент

Замрій М. А.

магістрант

**Вінницький національний
аграрний університет.****Wozniak A.**

Ph.D., Associate Professor

Shtuts A.

assistant

Zamrii M.

master's student

**Vinnitsia National Agrarian
University****УДК 681.586.773(035)****DOI: 10.37128/2306-8744-2021-2-8****РОЗРОБКА МІКРОПРОЦЕСОРНОГО
КОНТРОЛЕРА ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ
ЛІНІЙНОГО ПЕРЕМІЩЕННЯ
РУХОМИХ ОРГАНІВ ВИКОНАВЧИХ
МЕХАНІЗМІВ ВІБРАЦІЙНИХ МАШИН**

Контрольно-вимірвальна техніка займає одне з перших місць за широтою й ефективністю застосування МП-засобів. Вбудований у вимірвальний прилад мікропроцесорний пристрій (МПП) розширює його можливості, додає нові якості для вібраційних машин. Такий прилад називається програмувальним (ПрВП); МПП може виконувати такі функції:

- керування (видача керуючої інформації всім компонентам приладу, реконфігурація структури приладу при відмовленнях окремих блоків, формування керуючих сигналів для відображення інформації, переключення різних алгоритмів керування);

- контроль працездатності, вірогідності результатів, діагностику і локалізацію несправностей;

- обробку інформації в цифровій формі (калібрування приладу, розрахунок погрешностей, визначення мінімальних і максимальних значень параметрів, перерахування параметрів, розрахунок миттєвої потужності й енергії сигналу, лінеаризація, стиск інформації, апроксимація, масштабування, нормування, корекція, обчислення допусків, середнього значення, логарифмів, зведення в ступінь, добуття кореня, перетворення форми з фіксованої коми у форму, що плаває і назад);

- організацію зв'язку з людиною-оператором (звільнення від рутинних операцій, наприклад, настроювання, обчислення відхилень та інших; представлення інформації в зручній і доступній для огляду формі; програмна підтримка функціональної клавіатури, що заміняє окремі ручки керування; забезпечення вибору безконфліктного положення перемикачів у приладах зі складним керуванням);

- сполучення зі системою й іншими приладами (реалізація різних інтерфейсних функцій, перетворення форматів даних, адаптація до різних вхідних сигналів).

Для виконання перерахованих функцій необхідна розробка відповідної структури і програмного забезпечення МПУ. Можна реалізувати такі структури для вібраційних машин:

- універсальної мікро-ЕОМ зі стандартною чи спеціальною системою програмування; при цьому блоки вимірвального засобу підключаються як зовнішні пристрої – з використанням адресного простору, відведеного для зовнішніх пристроїв;

- мікро-ЕОМ з обмеженими можливостями (наприклад, обмежений адресний простір – частина шин адреси віддається під адреси блоків вимірвального засобу, при цьому ємність оперативної пам'яті скорочується);



- спеціального призначення – на базі програмувальних БІС чи секційних МП-комплектів зі спеціальним програмним чи мікропрограмним забезпеченням.

Структура першого типу доцільна при розробці складного багатофункціонального вимірювального засобу. Друга має менші можливості, але вимагає і менших апаратних витрат, вона доцільна при побудові вимірювальних засобів з малим числом блоків і вимірювальних функцій. Структура третього типу спрямована на оптимальне рішення вимірювальної задачі, вимагає розробки програмного забезпечення (системи команд, мікрокоманд).

Ключові слова: Система управління, вібраційні машини, мікропроцесор, технологічні процеси, розробка, дослідження, удосконалення, переміщення, виконавчий орган.

Мета даної роботи являє собою розробку мікропроцесорного контролера, призначеного для вимірювання лінійного переміщення рухомих органів виконавчих механізмів для вібраційних машин.

Огляд пристроїв вимірювання лінійних переміщень. Перетворювач положення індуктивний щілинний типу ПИЩ-6-1 призначений для перетворення інформації про місцезнаходження об'єктів, що переміщуються відносно чутливого елемента перетворювача у дискретний електричний сигнал. Максимальна частота спрацьовування перетворювача при активному навантаженні - не менш 1 КГц. Номінальне значення вихідного навантажувального опору при активному навантаженні 330 Ом при напрузі в ланцюзі навантаження 12 В і 680 Ом — при 24 В. Максимальний робочий струм у ланцюзі навантаження - 80 мА.

Перетворювач живиться постійним струмом напругою 12 В. Споживана потужність (без навантаження) - не більш 0,4 В·А.

Система вимірювальна імпульсна фотоелектрична типу ВЕ-106 призначена для перетворення кутового положення вихідного вала в електричний сигнал при вимірі кутових і повздовжніх переміщень виконавчих механізмів металорізальних верстатів із пристроями числового програмного керування. Число вихідних сигналів - шість. Число імпульсів за один оборот вала по I-IV каналах визначається з ряду 1000, 1024, 1250; по V-VI каналах - 1. Максимальна робоча частота по I-IV каналах не менш 50 КГц. Фазовий кут між сигналами для I і III каналів становить $90 \pm 10^\circ$; для I і V каналів - $0 \pm 10^\circ$. Рівень вихідних сигналів при напрузі, що комутується, 15 В і опорі навантаження 1 КОм логічного «0» не більш 1,5 В і логічної «1» не менш 11,5 В.

Перетворювачі вимірювальні лінійних і кутових переміщень типів ПИЛП1 і ПИКП1 призначені для одержання інформації у вигляді аналогового електричного сигналу про лінійне чи кутове чи положення рухомих органів виконавчих механізмів і використовуються в пристроях цифрової індикації й програмного керування у вимірювальній техніці, верстатобудуванні, робототехніці, суднобудуванні і тощо. Принцип дії перетворювачів заснований на зміні індукції між обмотками рухливої і нерухомої частин перетворювача при зміні їхнього взаємного положення. Тип перетворювача — синусно-косинусний. Залежно від способу подачі живлячих напруг вихідними сигналами перетворювачів можуть бути:

1) при подачі живлячої напруги на статор і голівку і зніманні сигналу з ротора і лінійки — сигнал, що змінюється по фазі на 180° при досягненні положення, заданого співвідношенням амплітудних значень, живлячих напругу, і періодично змінюється сигнал, що зміщується по фазі щодо живлячих напругу;

2) при подачі живлячої напруги на ротор і лінійку і зніманні сигналу зі статора і голівки — два періодично змінюючих сигнали, зсунених один відносно другого на 90° .

Основні технічні дані перетворювачів наведено в таблиці 1 і 2.

Перетворювачі кругових переміщень інкрементальні фотоелектричні типів ПИКП2-1Ф, ПИКП2-2Ф призначені для перетворення інформації про величину і напрямок переміщення робочих органів для вібраційних машин, верстатів, приладів та інших в електричний сигнал.



Таблиця 1.

Перетворювачі лінійних переміщень типу ПИЛП1

Модифікація	Габаритні розміри, не більше, мм		Крок обмотки, лінійки, мм	Межа допустимої похибки для класів точності на довжині 170 мм, не більше, мкм			
	лінійки	голівки		3	4	5	6
ПИЛП1-А1 (нормальний)	250x59x10	102x73x10	2	3	7	13	
ПИЛП1-У1 (вузький)	250x30x10	75x35x10	2	—	7	13	28
ПИЛП1-У2 (вузький)	160x30x10	75x35x10	—	—	—	—	—
ПИЛП1-Л (стрічковий)	1100x20x0,5	75x35x10	2	—	—	13	28

Таблиця 2.

Перетворювачі кутових переміщень типу ПИКП1

Модифікація	Габаритні розміри (діаметр x довжина), не більше, мм	Число пар полюсів	Межа допустимої похибки для класів точності, не більше, кутс			
			3	4	5	6
ПИКП1-А1	100 x 16,2	180	—	—	30	60
ПИКП1-А2	130 x 16,2		—	15	30	—
ПИКП1-А3	178 x 16,2		5	15	—	—

Принцип дії перетворювача заснований на модуляції світлового потоку растровим сполученням, що складається з рухливого і нерухомого лімбів з рівними кутовими кроками і сполученими центрами. Модульований переміщенням світловий потік на фотоприймачі перетворюється в аналоговий електричний сигнал і надходить в електронний блок, у якому відбувається перетворення аналогового сигналу в цифровий.

Стандартне число імпульсів на один оборот вала - 1000, 2500, 5000 (ПИКП2-1Ф); 1000, 2500 (ПИКП2-2Ф). Найбільша частота обертання вала 6000 об/хв (ПИКП2-1Ф), 10000 об/хв (ПИКП2-2Ф).

Рівень вихідних сигналів: логічної «1» - не менш 2,4 В; логічного «0» не більш 0,8 В. Навантажувальна здатність- 50 мА.

Перетворювач живиться постійним струмом напругою (+5 В) - (-5 В). Струм споживання по каналі +5 В- не більш 150 мА, по каналі - 5 В-не більш 50 мА.

Датчики переміщення фотоелектричні ПДФ-3 і ПДФ-5 призначені для перетворення шляху (кута повороту) робочих органів промислових механізмів у число імпульсів і кутової швидкості в частоту проходження імпульсів. Дія вимикача заснована на появі фотоструму в приймачі випромінювання під

впливом падаючих на нього променів. Основними деталями вимикача є рухливий і нерухомий диски з прорізами, що у парі створюють обтюраційне растрове сполучення.

Вихідні сигнали вимикача - дві серії імпульсів по двох роздільних каналах. Число імпульсів навпаки в кожній серії дорівнює 600 (ПДФ-3); 250, 600, 1000, 1024, 1500, 2000 чи 2500 (ПДФ-5). Імпульси двох серій зсунені відносно один одного на 90 електричних градусів. Кожна серія імпульсів представлена в прямому й інверсному вигляді. У датчиках передбачений нульовий імпульс, що також представлений у прямому й інверсному вигляді.

Максимальна частота обертання вхідного вала вимикача визначається максимальною частотою проходження імпульсів, але не повинна перевищувати 3000 об/хв (ПДФ-3) і 4000 об/хв (ПДФ-5). Максимальна частота імпульсів -100 КГц.

Рівень вихідних сигналів: логічної «1» не менш 22 В; логічного «0» не більш 3 В. Максимальний струм навантаження дорівнює 30 мА при мінімальному опорі 720 Ом.

Вимикач живиться постійним струмом напругою 24 В. Споживаний струм- не більш 250 мА.

Обґрунтування вибору пристрою вимірювання. Відповідно до вимог, вихідний



сигнал пристрою вимірювання має бути частотним і змінюватись в межах 0 до 100 КГц. Таким вимогам відповідають перетворювачі вимірювальні лінійних і кутових переміщень типів ПИЛП1 і ПИКП1. Оберемо в якості пристрою вимірювання перетворювач типу ПИЛП1-Л, який призначений для вимірювання переміщень у діапазоні 0 до 1100 мм.

Розробка структури МК та вибір варіанту реалізації. Можливі варіанти структурної побудови МК відрізняються один від одного методом обробки сигналів, тобто підсистемою аналогового введення даних. До основних функцій цієї підсистеми відносять:

- нормалізація та підсилення

сигналу;

- фільтрація;
- послаблення;
- зміщення рівнів;
- різноманітні перетворення;
- комутація сигналів;
- аналогово-цифрове

перетворення.

Найбільш поширені структури підсистем з послідовною та паралельною обробкою сигналів.

На рисунку 1 наведено приклад реалізації МК з послідовною підсистемою збирання даних.

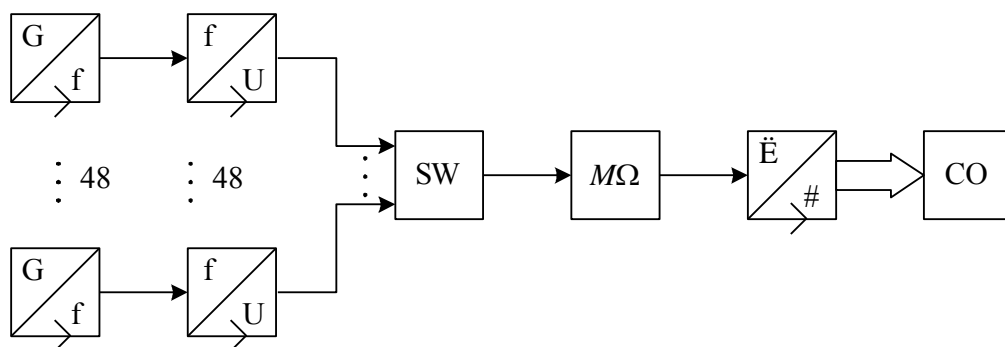


Рис. 1. МК із послідовною підсистемою збирання даних

В даному випадку використовується єдиний АЦП для всіх вхідних сигналів. Така схема є більш економною на відміну від структури з паралельним введенням даних, в якій АЦП стоїть у кожному каналі, оскільки в загальному випадку аналоговий комутатор вимагає менших затрат, чим декілька АЦП. Але за необхідності наступної обробки сигналів на ЕОМ в інформаційно-вимірювальному контролері із такою структурою підсистеми збору даних може виникнути похибка, обумовлена неодноточною вибіркою значень вхідних сигналів різних каналів і неоднаковим часом встановлення в перемикаємих каналах через різницю опорів ліній зв'язку. Крім того, існують труднощі в балансуванні

диференційних входів підсилювача для пригнічення синфазних завад, а також у забезпеченні необхідної частоти дискретизації АЦП, так як вона залежить від кількості каналів.

Якщо часовий зсув між окремими каналними сигналами в процесі вимірювань неприпустимий, то необхідно використовувати окремий АЦП в кожному каналі. Така схема (Рис. 2) отримала назву МК із паралельною підсистемою збору даних. Запуск перетворювачів в даному випадку здійснюється одночасно одним і тим же тактовим імпульсом. В цьому випадку зсув між каналами буде визначатися лише розкидом часових параметрів окремих АЦП.

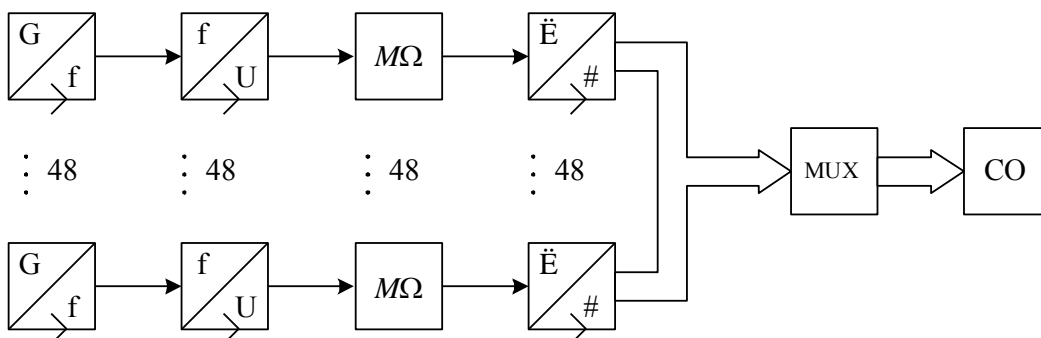


Рис. 2. МК із паралельною підсистемою збирання даних. Схема структурна.

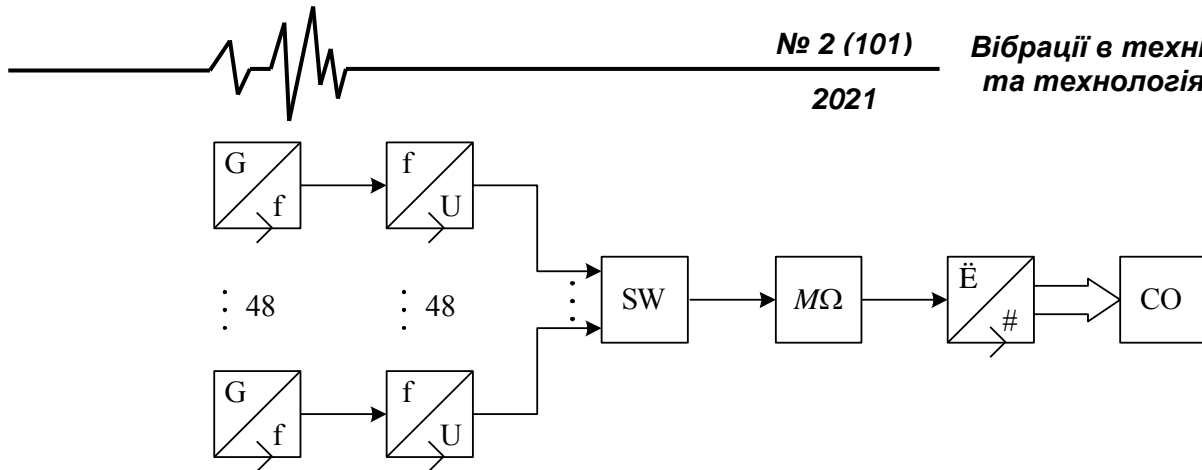


Рис. 3. МК із послідовною підсистемою збирання даних від датчиків з високим рівнем сигналу. Схема структурна.

Сигнали аналогових датчиків низького рівня зазвичай підлягають комутації після попередньої аналогової обробки (підсилення, фільтрації, нормалізації). Сигнали аналогових датчиків високого рівня можуть підлягати аналоговій комутації до підсилення (Рис. 3). Ця схема найбільш економічна і тому отримала

широке розповсюдження. В такій схемі зазвичай використовують загальний для всіх програмований вимірювальний підсилювач, який управляється за допомогою мікропроцесора, що входить в склад МК. Якщо датчики є однотипними, то можна застосовувати звичайний підсилювач.

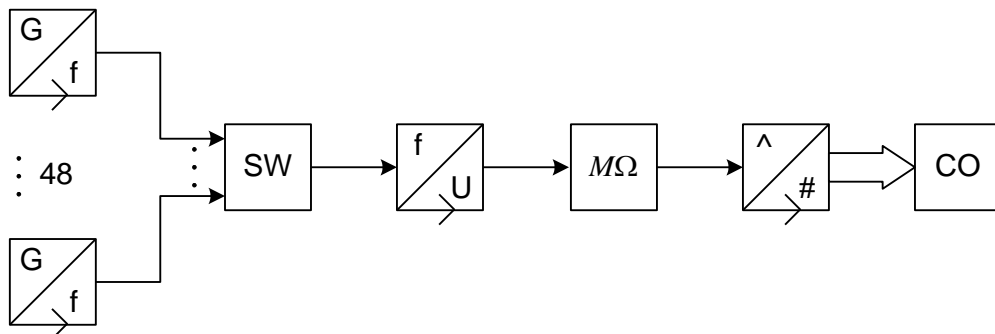


Рис. 4. МК із послідовною підсистемою збирання даних від датчиків з високим рівнем сигналу та з перенесеним перетворювачем “частота-напруга”. Схема структурна.

Відповідно до обраного типу первинного перетворювача обираємо в якості варіанту реалізації МК із послідовною підсистемою введення сигналів від аналогових датчиків. Так як вихідний сигнал датчика – частота змінної напруги, а її амплітуда є достатньою для комутації, то перетворювач частота-напруга ставимо після аналогового мультиплексу (Рис. 4). Це зменшить кількість компонентів і зробить пристрій дешевшим. Такий варіант структури буде забезпечувати достатню якість і швидкість перетворення.

Вибір елементної бази. При розробці мікроконтролера, згідно зі структурною схемою, необхідно застосувати такі пристрої, як аналоговий комутатор, перетворювач “частота-напруга”, пристрої вибірки-зберігання, аналого-цифровий перетворювач та пристрій управління комутатором.

Аналогові ключі являють собою один із найпростіших різновидів аналого-цифрових схем. Керуються такі ключі дискретними сигналами, а перемикають безперервні сигнали. Виконуються інтегральні аналогові

ключі, як правило, на основі МОН-транзисторів. МОН-транзистори в даному випадку зручні тим, що, по-перше, у відкритому стані можуть пропускати струм в обох напрямках і при цьому в каналі відсутні паразитні джерела напруг, по-друге, коло керування МОН-транзистора електрично ізольоване від сигнального кола. Опір каналу відкритого ключа складає 10...100 Ом. Якість закритого ключа характеризують струмом витікання, який для МОН-перемикачів зазвичай знаходиться в діапазоні 0,1...100 мА. До таких ключів відносяться мікросхеми серій КР590, КР591. Керування ключами відбувається від цифрових мікросхем серій ТТЛ та КМОН.

Основними характеристиками АЦП є: роздільна здатність, точність та швидкодія. Роздільна здатність визначається розрядністю і максимальним діапазоном вхідної аналогової напруги (повною шкалою), точність – абсолютною похибкою повної шкали, нелінійністю і диференційною нелінійністю. Швидкодія АЦП характеризується часом перетворення, тобто інтервалом від моменту



заданої зміни сигналу на вході до появи на виході усталеного коду.

За структурою АЦП діляться на два типи: із застосуванням ЦАП і без них. До першого типу відносяться АЦП спостерігальні, розгортальні, порозрядного урівноваження. В інтегральному виконанні реалізовані АЦП розгортального типу. АЦП, який розгортає, перетворює аналоговий сигнал в цифровий послідовно, починаючи з молодшого значущого розряду до цифрового коду на виході, відповідного рівню вхідної аналогової напруги АЦП. До цього типу можна віднести АЦП послідовного наближення з лічильником. Представниками АЦП цього типу є ІС КР572ПВ1, К1113ПВ1, К1108ПВ1 та ін.

Обмін з комп'ютером буде проводитись по паралельному інтерфейсі типу Centronics, для якого тип вихідних каскадів для усіх сигналів – ТТЛ. Отже, пристрій керування роботою аналогових комутаторів необхідно розробляти із застосуванням ТТЛ елементів.

Розробка модуля аналогової комутації. Модуль аналогової комутації має забезпечувати функцію вибору одного з сорока восьми датчиків. Інтегральної схеми, яка б

мала таку кількість вхідних каналів, немає, тому потрібно виконати синтез такого пристрою. Промисловістю випускається мікросхема типу КР591КН3, яка здійснює комутацію 16 каналів. Отже, варто використати три таких ІС плюс ще один комутатор, який реалізовував би вибір одного з трьох каналів. В якості пристрою, що виконує цю функцію, в проекті використано ІС типу КР590КН3, яка містить два блоки комутації чотирьох каналів в один.

Для управління комутаторами необхідний 6-розрядний двійковий лічильник. Для цього використано двійковий лічильник типу К555ІЕ19, що містить два чотирирозрядних лічильника. Щоб збільшити розрядність лічильника, треба їх послідовно об'єднати. Перші чотири розряди подаються на адресні входи комутаторів DA1...DA3, а 5 і 6 розряди - на перших два розряди DA4. Ці ж розряди поступають на дешифратор, зібраний на елементах 2АБО-НІ, який містить 4 виводи. Перші три виходи підключені до відповідних входів E DA1...DA3 і визначають роботу цих ІС. Високий рівень дозволяє роботу мікросхеми, низький – забороняє.

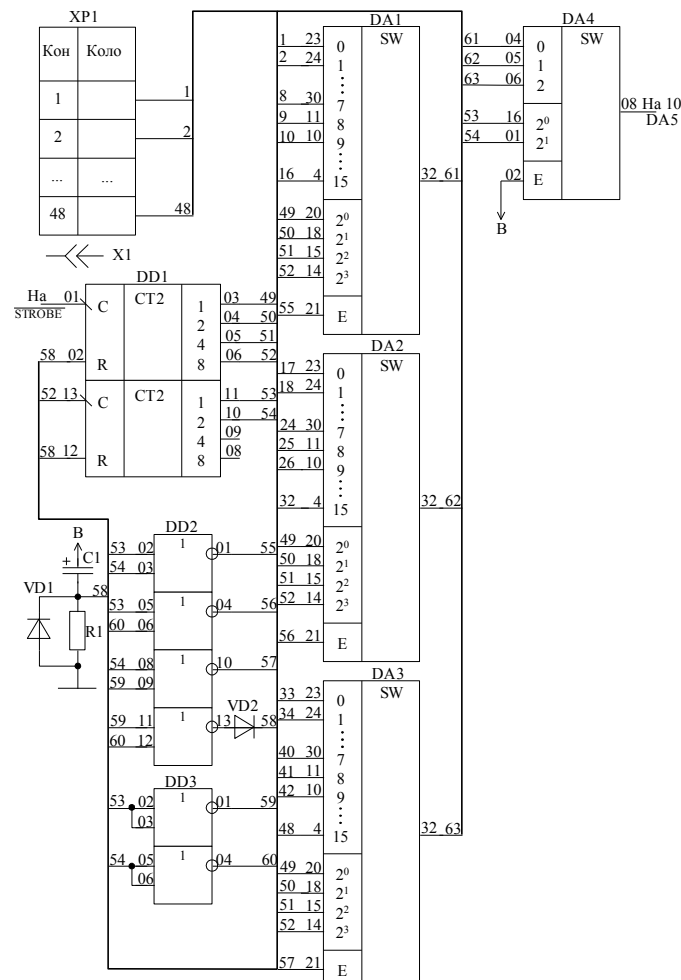


Рис. 5. Аналоговий комутатор 48 в 1. Схема електрична принципова.



Дешифратор зібраний на двох ІС типу К555ЛЕ1 і являє собою звичайний перетворювач двійкового коду в десятковий. Після того, як буде опитано всі 48 датчиків, на четвертому виводі дешифратора, з'єднаного із входом R лічильника, з'являється рівень логічної одиниці, який скидає лічильник.

На елементах $C1, R1, VD1, VD2$ зібрано схему початкового скидання лічильника після вмикання живлення контролера. Вона формує імпульс позитивної напруги, прикладеної до виводу R лічильника $DD1$.

Тривалість імпульсу залежить від номіналів $C1, R1$ і визначається за формулою:

$$\tau = 0.69R1 \cdot C1. \quad (1)$$

Приймемо $\tau = 100$ мс, $C1 = 10$ мкФ.
Тоді:

$$R1 = \frac{\tau}{0.69 \cdot C1}; \quad (2)$$

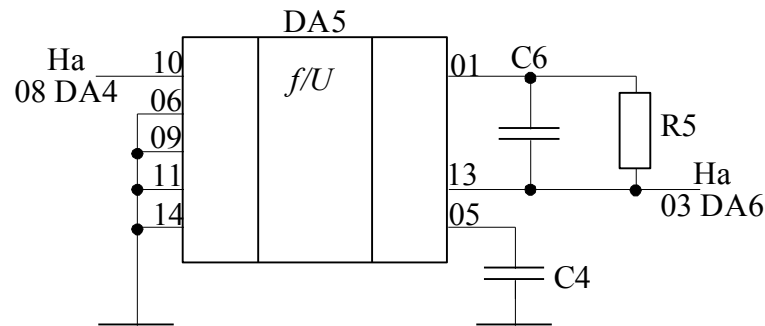


Рис. 6. Схема включення мікросхеми КР1108ПП1 в режим перетворювача «частота-напруга». Схема електрична принципова

В даному курсовому проекті мікросхема КР1108ПП1 використовується в якості перетворювача частота-напруга. Значення номіналів навісних елементів при різних значеннях частоти вхідного сигналу наведена в таблиці 3.

Таблиця 3
Номінали навісних елементів КР1108ПП1

$f_c, \text{КГц}$	10	100	500
$R5, \text{КОм}$	40,2	40,2	20,1
$C4, \text{пФ}$	3600	300	2x47
$C6, \text{мкФ}$	0,1	0,1	0,1

Згідно з технічним завданням, вихідний сигнал датчика змінюється в діапазоні $0 \div 100$ КГц. Отже, номінали навісних елементів, приведені до ряду Е24, будуть такими:
 $R5 = 39 \text{ КОм}, C4 = 300 \text{ пФ}, C6 = 0,1 \text{ мкФ}$.

$$R1 = \frac{0.1}{0.69 \cdot 10 \cdot 10^{-6}} = 144.93 (\text{КОм}). \quad (3)$$

З ряду Е24 номінальних опорів резисторів обираємо опір $R1$ рівним 150 КОм. Тип резисторів, застосовуваних у даному курсовому проекті – С2-23-0,25. Діоди $VD1, VD2$ виберемо типу КД522Б.

На вхід 01 $DD1$ поступають тактові імпульси, які формуються програмним забезпеченням контролера.

Розробка перетворювача «частота-напруга». Розроблені спеціальні мікросхеми, які відносяться до високоточних АЦП, що здійснюють перетворення напруги в частоту і навпаки. Мікросхема КР1108ПП1 перетворює позитивні та негативні рівні напруги ± 10 В в імпульси прямокутної форми з каліброваною тривалістю, а також служить для перетворення частоти в напругу.

Напруга на виході $DA5$ змінюється від 0 до

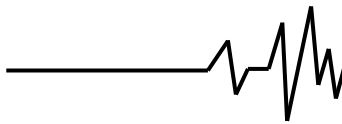
$$U = K \cdot R5 \cdot C4 \cdot f_c, \quad (4)$$

де $K=7 \div 8$.
Отже,

$$U = 7 \cdot 39000 \cdot 300 \cdot 10^{-12} \cdot 100 \cdot 10^3 = 8.19 (\text{В}) \quad (5)$$

Конденсатори в пристрої використаємо типу К21-9, К10У-5.

Розробка модуля аналого-цифрового перетворення. В модулі АЦП використано інтегральний АЦП послідовного наближення, у склад якого входять всі вузли, необхідні для реалізації аналого-цифрового перетворення типу, К1108ПВ1.



Десятирозрядний АЦП К1108ПВ1 (Рис. 7) може працювати як із зовнішнім, так і з внутрішнім тактовим генератором. У першому випадку на вхід С подаються тактові імпульси з виходу ЕЗЛ інвертора (рівні -0,9; -1,7 В), а в другому цей вхід з'єднується з загальним проводом ємністю 25 пФ. Ця ємність може бути збільшена у випадку, якщо потрібно знизити частоту тактового генератора і відповідно збільшити час перетворення. Замість ємності може бути включений кварцовий резонатор, що має резонансну частоту, приблизно рівну 13,6 МГц.

Усі цифрові входи АЦП К1108ПВ1, за винятком входів С і V, розраховані на роботу з цифровими ТТЛ-схемами. Вхід С, як уже згадувалося, оперує із сигналами, характерними для ЕЗЛ-схем. Вхід V дозволяє використовувати АЦП як у повному десятирозрядному режимі (час перетворення 0,9 мкс), так і в укороченому вісьмирозрядному (час перетворення 0,75 мкс). У першому випадку вхід V варто з'єднати з цифровою землею, а в другому — із джерелом живлення U_{n2}^- , що видає напругу -5,2 В. Мікросхема має два виводи, що відповідають напрузі живлення -5,2 В: вивід 15 — живлення аналогової частини і вивід 12 — живлення цифрової частини АЦП.

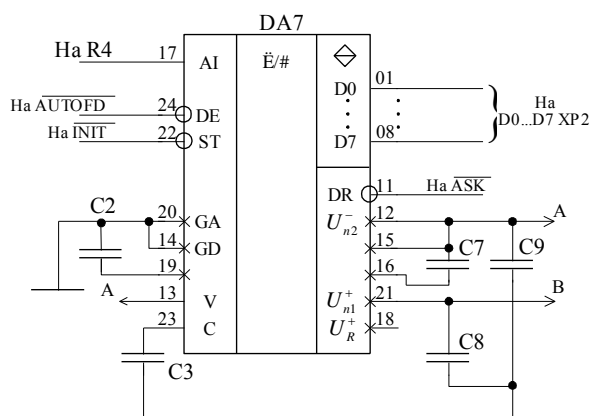


Рис. 7. Включення АЦП типу К1108ПВ1. Схема електрична принципова .

У розглянутому перетворювачі наявне внутрішнє джерело опорної напруги $2,5 \pm 0,1$ В. Для частотної корекції цього джерела потрібно включити конденсатор ємністю 0,47 мкФ між виводом 19 мікросхеми і землею. Опорну напругу U_R можна зняти з виводу 18 і використовувати, наприклад, для зсуву початкового рівня вхідного підсилювача, але споживаний цим ланцюгом струм не повинний перевищувати 1 мА. Внутрішнє джерело U_R

має відносний температурний коефіцієнт напруги $\pm(30 \div 100) \cdot 10^{-6}$. Якщо точність внутрішнього джерела U_R виявляється недостатньою, то можна використовувати зовнішнє, більш точне джерело, що приєднується до виводу 18 мікросхеми. При цьому для відключення внутрішнього джерела необхідно з'єднати вивід 19 через резистор 0,1 КОм з землею.

Кодові виходи АЦП можуть бути переведені у високоомний стан подачею

одиночного сигналу на вхід \overline{DE} . Для частотної корекції внутрішнього ОП і для зниження вихідного опору джерел живлення необхідно приєднати конденсатори до виводів мікросхеми 12, 15, 16, 21. Для циклічної роботи перетворювача варто вхід запуску \overline{ST} з'єднати з землею. Вихід «готовність даних» \overline{DR} використовується для синхронізації системи зчитування вихідного коду АЦП. У процесі чергового перетворення на кодовому виході АЦП присутній код, що відповідає результату попереднього перетворення.

Вхідна напруга АЦП К1108ПВ1 може

$$\frac{8U_R}{7}$$

змінюватися в діапазоні від 0 до $\frac{7}{8} U_R$, тобто від нуля до приблизно 3 вольт. Вхідний струм АЦП складає 5 мА.

Для більш простого спряження АЦП із комп'ютером через 8-ми розрядну шину даних паралельного порту, використовуємо властивість даного АЦП переключатись у 8-ми розрядний режим перетворення. Для цього під'єднаємо вивід 13 до джерела напруги -5,2 В. Для роботи АЦП застосуємо внутрішній тактовий генератор, для чого вивід 23 через ємність 25 пФ з'єднаємо із землею.

Розробка пристрою вибірки зберігання. В якості схеми вибірки-зберігання можна використати мікросхему К1100СК2 – пристрій вибирання та зберігання аналогового сигналу, який запам'ятовує за командою, що надходить на логічний вхід S_1 , миттєве значення U_{BX} та підтримує постійне значення на виході $U_{ВИХ}$. Схема включення К1100СК2 наведена на рисунку 8. Логічна одиниця рівня ТТЛ на вході керування S_1 відповідає режиму вибирання, логічний нуль – режиму зберігання. Ємність конденсатора С5 вибирається рівною 1000 пФ.

На виході пристрою вибірки зберігання стоїть резистивний подільник напруги, зібраний на елементах $R4, R6$. Коефіцієнт підсилення подільника визначається як:



$$K_{II} = \frac{R6}{R4 + R6}. \quad (6)$$

Прийmemo $R6 = 10 \text{ КОм}$. Тоді:

$$R4 = R6 \frac{1 - K_{II}}{K_{II}}; \quad (8)$$

$$R4 = 10^4 \frac{1 - 0.35}{0.35} \approx 18 (\text{КОм}). \quad (9)$$

Застосування подільника викликано необхідністю узгодження за рівнем сигналу пристрою перетворення "частота напруга" ($U_{\text{max}} = 8.19 \text{ В}$) і входом АЦП ($U_{\text{max}} = 2.85 \text{ В}$). Таким чином, коефіцієнт підсилення повинен дорівнювати:

$$K_{II} = \frac{2.85}{8.19} = 0.35. \quad (7)$$

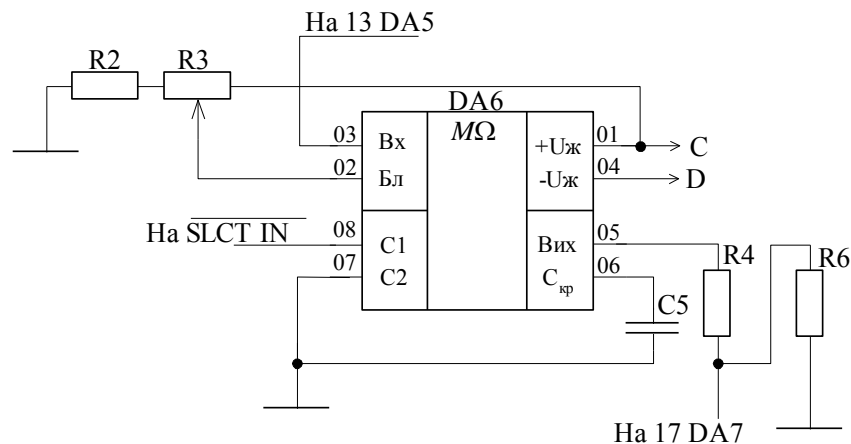


Рис. 8 – Пристрій вибірки зберігання K1100CK2. Схема електрична принципова.

Розробка інтерфейсу. Інтерфейс Centronics завдяки простоті спряження і зручності програмування широко використовується для підключення до персонального комп'ютера нестандартних зовнішніх пристроїв. Але використання саме цього інтерфейсу для зв'язку пристрою з комп'ютером повинно бути обґрунтованим і враховувати цілий ряд обмежень.

Можливості реалізації різних протоколів інформаційного обміну між персональним комп'ютером і пристроєм зв'язку з об'єктом через паралельний порт невеликі. Незначна кількість сигнальних ліній цього інтерфейсу і обмежені можливості його програмування не дозволяють реалізувати обмін у режимах переривань чи прямого доступу до пам'яті. Практично доводиться використовувати обмін інформацією з програмним управлінням. У свою чергу, завдяки цьому, швидкість інформаційного обміну не може бути великою і залежить від швидкодії комп'ютера. Тому спряження через паралельний порт пристроїв, які призначені для оброблювання чи передавання інформації в реальному масштабі часу (пристрої введення зображень, звукові системи тощо), не має сенсу. Крім того, залежність швидкості інформаційного обміну

від швидкодії комп'ютера робить надто складною реалізацію швидкісних синхронних протоколів зв'язку.

Обмеження на довжину лінії зв'язку між пристроєм, підключеним до інтерфейсу Centronics, та персональним комп'ютером визначає, що вона не повинна перевищувати 1,5-2 метри.

Це однією особливістю інтерфейсу Centronics є відсутність на його з'єднувачі шин живлення (наявна лише "земля"). Це означає, що пристрій повинен мати власне зовнішнє джерело живлення.

До складу більшості комп'ютерів входить лише один паралельний порт, до якого підключається принтер. Але для більшості систем автоматизації принтер не є необхідним периферійним пристроєм. А наявність простих та дешевих комутаторів для підключення до одного паралельного порту двох пристроїв робить цей недолік несуттєвим.

Важливою перевагою інтерфейсу Centronics є його розповсюдженість - він присутній у кожному комп'ютері. Це забезпечується його уніфікованістю, оскільки на всіх комп'ютерах він працює однаково (правда, з різною швидкістю).

Для підключення зовнішнього пристрою



до паралельного порту не потрібно відкривати системний блок комп'ютера, тому що з'єднувач розташований на задній панелі. Потрібно тільки підключити кабель.

Перевагою інтерфейсу Centronics є простота його програмування на будь-якому рівні. В більшості мов програмування є стандартні команди та процедури взаємодії з принтером, які легко використовувати і для програмування розроблюваного пристрою. З точки зору програмування Centronics вміщує три програмне доступні регістри, і тому не виникає труднощів з написаним підпрограм та процедур.

Інтерфейс Centronics може використовуватися для спряження з комп'ютером відносно нескладних пристроїв, до яких не пред'являються жорсткі вимоги щодо швидкості обміну даними і довжини лінії зв'язку.

Інтерфейс Centronics (а відповідно і паралельний порт персонального комп'ютера) орієнтований на підключення принтера. Підтвердженням цього є назва сигналів інтерфейсу (автоматичне переведення паперу), PE (кінець паперу) тощо. Але під час розроблення нестандартних пристроїв для підключення до інтерфейсу Centronics його сигнали можуть використовуватися досить вільно.

Сигнали інтерфейсу можна розподілити на чотири основні групи:

- восьмирозрядна шина даних для виведення даних з комп'ютера (сигнали D0... D7);
- чотирирозрядна шина управління для виведення сигналів з комп'ютера ();
- п'ятирозрядна шина стану для зчитування сигналів до комп'ютера (, BUSY, PE, SLCT та);
- шина "земля".

Всі сигнали програмне доступні, що дозволяє реалізувати досить вільні протоколи інформаційного обміну в межах їх набору і швидкодії комп'ютера.

Шина даних за звичайних умов є однонаправленою, що дозволяє використовувати її тільки на виведення. Для введення даних необхідно використовувати сигнали п'ятирозрядної шини стану. Таким чином, розрядність інформаційного обміну при читанні обмежена п'ятьма лініями.

При встановленні в одиничний стан п'ятого біту регістра управління, шина даних стає двонаправленою і, відтак, вище вказана незручність зникає.

Для зв'язку розроблюваного пристрою із комп'ютером необхідно виділити 13 ліній: 9 ліній для введення інформації в комп'ютер, 4 – на виведення.

Шина даних МК підключається

безпосередньо до шини даних паралельного інтерфейсу. Для введення в комп'ютер сигналу "Кінець перетворення" використаємо лінію Для виведення з комп'ютера сигналів "Пуск АЦП", сигналів управління лічильником та пристроєм вибірки зберігання, використаємо чотирирозрядну шину управління. Вивід назначимо для виведення сигналу управління, виводи для управління лічильником, переведення у вимірювальний стан АЦП, пуском АЦП відповідно.

Розрахунок похибки вимірювання мікроконтролера. Похибка вимірювання мікроконтролера визначається кроком дискретизації АЦП. На вході АЦП напруга змінюється в діапазоні від 0 до 2,85 В, а на 8-розрядному виході дискретизується в 255 значень. Зміна напруги на вході, при якій на виході АЦП відбувається зміна знаку в молодшому розряді, дорівнює:

$$\frac{2.85}{255} = 0.0112(B). \quad (10)$$

Така зміна напруги на вході АЦП викликається зміною частоти імпульсів на вході DA5 рівною:

$$\frac{0.0112 \cdot 100000}{2.85} = 393(\Gamma\text{ц}). \quad (11)$$

Відповідно, така зміна частоти на виході датчика зумовлена зміною положення чутливого елемента на:

$$\frac{393 \cdot 1100}{100000} = 4.32(\text{мм}). \quad (12)$$

Отже, похибка вимірювання мікроконтролера становить 4,32 мм.

Висновки

В результаті виконання даної роботи було розроблено контролер, призначений для вимірювання лінійного переміщення рухомих органів виконавчих механізмів для вібраційних машин. За обраною структурою пристрою було побудовано схему електричну принципову, розроблено програмне забезпечення. Похибка вимірювання складає 4,32 мм. При необхідності зменшення похибки вимірювання можна рекомендувати збільшити розрядність АЦП. Так використання 10-розрядного АЦП зменшує похибку до 1,2 мм. Але при цьому ускладниться розробка пристрою, так як виникне потреба в мультиплексовані шини даних.



Список використаних джерел

1. Гутников В.С. Интегральная электроника в измерительных устройствах. Л.: Энергоатомиздат. 1988. 235 с.
2. Компанець М.М. Мікроелектронні елементи автоматики та вимірювальної техніки / Навчальний посібник. Вінниця: ВДТУ. 1999. 205 с.
3. Лихтциндер Б.Я. Микропроцессоры и вычислительные устройства в радиотехнике. К.: Вища школа. 1988. 367 с.
4. Кулик А.Я. Проектування мікропроцесорних засобів автоматики. Під загальною редакцією А.Я. Кулика Навчальний посібник. Вінниця: ВДТУ. 2001. 235 с.
5. Черенкова В.В. Промышленные приборы и средства автоматизации. Л.: Машиностроение. 1987. 320 с.
6. Самофалов К.Г. Микропроцессоры. К.: Техника. 1989. 300 с.
7. Терещук Р.М. Полупроводниковые приемно–усилительные устройства. К.: Наукова думка. 1987. 258 с.
8. Конохов Н.С., Медников Ф.М., Нечаевский М.Л., Электромагнитные датчики механических величин. М.: Машиностроение. 1987. 275 с.
9. Евтихийев Н.Н., Купершмидт Я.А., Папуловский В.Ф., Скугоров В.Н. Измерение электрических и неэлектрических величин. М.: Энергоатомиздат. 1990. 234 с.
10. Осадчий Е.П. Проектирование датчиков для измерения механических величин. М.: Машиностроение. 1979. 170 с.
11. Лиманов И.А. Электромагнитные преобразователи перемещений. М.: Энергия. 1976. 250 с.
12. Зарипов М.Ф., Лиманов И.А. Индуктивные датчики с улучшенными метрологическими характеристиками. М.: Энергия. 1974. 125 с.
13. Келим Ю.М. Электромеханические и магнитные элементы систем автоматики. М.: Высшая школа. 1991. 305 с.
14. Комарова М.А. Использование ЛРТ-порта ПК для ввода/вывода информации. М.: ИТ Пресс. 2006. 160 с.
15. Лаврентьев Б.Ф., Аналоговая и цифровая электроника. Йошкар-Ола: МарГТУ. 2000. 155 с.
16. Иванов М.Т. Теоретические основы радиотехники. М.: Высшая школа. 2002. 306 с.
17. Новиков Ю.В. Основы цифровой схемотехники. Базовые элементы и схемы. Методы проектирования. М.: Мир. 2001. 379 с.
18. Волович Г.И. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств. М.: Издательский дом «Додэка-XXI». 2005. 528 с.

19. Угрюмов Е. П. Цифровая схемотехника. СПб.: БХВ-Петербург. 2004. 528 с.
20. Ратхор Т.С. Цифровые измерения. Методы и схемотехника. М.: Техносфера. 2004. 376 с.
21. Котюк А.Ф. Датчики в современных измерениях. М.: Радио и связь. 2006. 96 с.
22. Белов А.В. Конструирование устройств на микроконтроллерах. СПб.: Наука и Техника. 2005. 256 с.
23. Микушин А.В. Занимательно о микроконтроллерах. СПб.: БХВ-Петербург. 2006. 432 с.
24. Бабич Н.П., Жуков И.А. Основы цифровой схемотехники. М.: Изд. Додэка-XXI. 2007. 224 с.
25. Никамин В.А. Аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи. М.: Техносфера. 2003. 145 с.
26. Гёлль П. Как превратить персональный компьютер в измерительный комплекс. М.: ДМК Пресс. 2001. 144 с.
27. Гусев В.Г. Электроника и микропроцессорная техника. М.: Высшая школа. 2005. 237 с.

References

1. Hutnykov V.S. (1988). Yntehralnaia elektronika v yzmeritelnykh ustroystvakh [Integral electronics in measuring devices] *Enerhoatomyzdat*. 235 p. [in Russian].
2. Kompanets M.M. (1999). Mikroelektronni elementy avtomatyky ta vymiriuvальноi tekhniki [Microelectronic elements of automation and measuring equipment] *Navchalnyi posibnyk*. VDTU 205 p. Vinnytsia [in Ukrainian].
3. Lykhttsynder B. Ia. (1988). Mykroprotsessory vichyslytelnie ustroystva v radyotekhnike [Microprocessors and computing devices in radio engineering] *Vyshcha shkola*. 367 p. [in Russian].
4. Kulyk A. Ia. (2001). Proektuvannia mikroprotsesornykh zasobiv avtomatyky [Design of microprocessor automation]. *Navchalnyi posibnyk*. VDTU. 235 p. Vinnytsia [in Ukrainian].
5. Cherenkova V. V. (1987). Promishlennye prybory y sredstva avtomatyzatsyy [Industrial devices and automation equipment]. *Mashynostroenye*. 320 p. [in Russian].
6. Samofalov K.H. (1989). Mykroprotsessori [Microprocessors]. *Tekhnika*. 300 p. [in Russian].
7. Tereshchuk R. M. (1987). Poluprovodnykovie pryemno–uslytelnie ustroystva [Semiconductor Receiving and Amplifying Devices]. *Naukova dumka*. 258 p. [in Russian].
8. Koniukhov N. S., Mednykov F. M., Nechaevskiy M.L. ЭИ (1987). Elektromahnytnie



datchyky mekhanycheskykh velychyn [Electromagnetic sensors for mechanical quantities]. *Mashynostorenye*. 1987. 275 p. [in Russian].

9. Evtykhyev N. N., Kupershmydt Y. A., Papulovskiy V. F., Skuhorov V. N. (1990). Izmerenye elektrycheskykh y neeetrycheskykh velychyn [Measurement of electrical and non-electrical quantities]. *Enerhoatomyzdat*. 234 p. [in Russian].

10. Osadchyi E. P. (1979). Proektyrovanye datchykov dlia yzmereniya mekhanycheskykh velychyn [Design of sensors for measuring mechanical quantities.]. *Mashynostroenye*. 170 p. [in Russian].

11. Lymanov Y. A. (1976). Elektromahnytnie preobrazovately peremeshcheni. [Electromagnetic displacement transducers]. *Enerhyia*. 250 p. [in Russian].

12. Zarypov M. F., Lymanov Y. A. (1974). Induktyvnie datchyky s uluchshennymy metrolohycheskymy kharakterystykamy [Inductive sensors with improved metrological characteristics]. *Enerhyia*. 125 p. [in Russian].

13. Kelym Yu. M. (1991). Elektromekhanicheskiye y mahnytnie Elementy system avtomatyky [Electromechanical and magnetic elements of automation systems]. *Visshaia shkola*. 305 p. [in Russian].

14. Komarova M. A. (2006). Ispolzovanye LPT-porta PK dlia vvoda/vivoda ynformatsyy [Using LPT-port of PC for input / output of information]. *NT Press*. 160 p. [in Russian].

15. Lavrentev B. F. (2000). Analohovaia y tsyfrovaia elektronika [Analog and digital electronics]. *MarHTU*. 155 p. Yoshkar-Ola. [in Russian].

16. Ivanov M. T. (2002). Teoreticheskiye osnovi radyotekhniky [Theoretical foundations of radio engineering]. *Visshaia shkola*. 306 p. [in Russian].

17. Novykov Yu. V. (2001). Osnovy tsyfrovoy skhemotekhniky. Bazovye elementi y skhemi. Metodi proektyrovaniya [Fundamentals of digital circuitry. Basic elements and schemes]. 379 p. [in Russian].

18. Volovych H. Y. (2005). Skhemotekhnika analohovikh y analoho-tsyfrovikh elektronnykh ustroystv [Circuitry of analog and analog-digital electronic devices]. *Yzdatelskiy dom «Dodeka-XXI st.»*. 528 p. [in Russian].

19. Uhrimov E. P. (2004). Tsyfrovaia skhemotekhnika [Digital circuitry]. *SPb.: BKhV-Peterburh*. 528 p. [in Russian].

20. Ratkhor T. S. (2004). Tsyfrovie yzmereniya. Metodi y skhemotekhnika [Digital measurements. Methods and circuitry]. *Tekhnosfera*. 376 p. [in Russian].

21. Kotiuk A. F. (2006). Datchyky v sovremennykh yzmereniakh [Sensors in modern dimensions]. *Radyo y sviaz*. 96 p. [in Russian].

22. Belov A. V. (2005). Konstruyrovanye ustroystv na mykrokontrollerakh [Designing devices based on microcontrollers]. *Nauka y Tekhnika*. 256 p. [in Russian].

23. Mykushyn A. V. (2006). Zanymatelno o mykrokontrollerakh [Interestingly about microcontrollers.]. *BKhV-Peterburh*. 432 p. [in Russian].

24. Babych N. P., Zhukov Y. A. (2007). Osnovy tsyfrovoy skhemotekhniky [Fundamentals of digital circuitry.]. *Yzd. Dodaka-XXI*. 224 p. [in Russian].

25. Nykamyn V. A. (2003). Analoho-tsyfrovie y tsyfro-analohovie preobrazovately [Analog-to-digital and digital-to-analog converters]. *Tekhnosfera*. 145 p. [in Russian].

26. Hëll P. (2001). Kak prevratyt personalnii kompiuter v yzmeritelnyy kompleks [How to turn a personal computer into a measuring complex]. *DMK Press*. 144 p. [in Russian].

27. Husev V. H. (2005). Elektronika y mykroprotsessornaia tekhnika [Electronics and microprocessor technology]. *Visshaia shkola*. 237 p. [in Russian].

РАЗРАБОТКА МИКРОПРОЦЕССОРНОГО КОНТРОЛЛЕРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЛИНЕЙНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПОДВИЖНЫХ ОРГАНОВ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ ВИБРАЦИОННЫХ МАШИН

Контрольно-измерительная техника занимает одно из первых мест по широте и эффективности применения МП-средств. Встроенный в измерительный прибор микропроцессорное устройство (МПП) расширяет его возможности, добавляет новые качества для вибрационных машин. Такой прибор называется программируемым (ПРУП) МПП может выполнять следующие функции:

- управление (выдача управляющей информации всем компонентам прибора, реконфигурация структуры прибора при отказах отдельных блоков, формирование управляющих сигналов для отображения информации, переключение различных алгоритмов управления);

- контроль работоспособности, достоверности результатов, диагностики и локализацию неисправностей;

- обработку информации в цифровой форме (калибровки прибора, расчет погрешностей, определение минимальных и максимальных значений параметров, перечисление параметров, расчет мгновенной мощности и энергии сигнала, линеаризация, сжатие информации, аппроксимация,



масштабирование, нормирования, коррекция, вычисления допусков, среднего значения, логарифмов, возведение в степень, добывания корня, преобразование формы с фиксированной запятой в форму, плаваает и обратно);

- организацию связи с человеком-оператором (освобождение от рутинных операций, например, настройки, вычисления отклонений и других, представление информации в удобной и доступной для осмотра для человека форме; программная поддержка функциональной клавиатуры, заменяющая отдельные ручки управления, обеспечение выбора бесконфликтного положения переключателей в приборах со сложным управлением) - сочетание с системой и другими приборами (реализация различных интерфейсных функций, преобразования форматов данных, адаптация к различным входных сигналов).

Для выполнения перечисленных функций необходима разработка соответствующей структуры и программного обеспечения МПУ. Можно реализовать такие структуры для вибрационных машин:

- универсальной микро-ЭВМ со стандартной или специальной системой программирования; при этом блоки измерительного средства подключаются как внешние устройства - с использованием адресного пространства, отведенного для внешних устройств;

- микро-ЭВМ с ограниченными возможностями (например, ограничен адресное пространство - часть шин адреса отдается под адреса блоков измерительного средства, при этом емкость оперативной памяти сокращается)

- специального назначения - на базе программируемых БИС или секционных МП-комплектов со специальным программным или микропрограммного обеспечения.

Структура первого типа целесообразна при разработке сложного многофункционального измерительного средства. Вторая имеет меньшие возможности, но требует меньших аппаратных затрат, она целесообразна при построении измерительных средств с малым числом блоков и измерительных функций. Структура третьего типа направлена на оптимальное решение измерительной задачи, требует разработки программного обеспечения (системы команд, микрокоманд).

Ключевые слова: система управления, вибрационные машины, микропроцессор, технологические процессы, разработка, исследование,

совершенствование, исполнительный орган.

перемещение,

DEVELOPMENT OF A MICROPROCESSOR CONTROLLER FOR MEASURING THE LINEAR MOVEMENT OF MOVING BODIES OF VIBRATION EXECUTIVE MECHANISMS

Control and measuring equipment is one of the first places in terms of breadth and efficiency of MP-tools. The microprocessor device (MPP) built into the measuring device expands its possibilities, adds new qualities for vibrating machines. Such a device is called programmable (PrVP); WFP can perform the following functions:

- control (issuance of control information to all components of the device, reconfiguration of the structure of the device in case of failures of individual units, the formation of control signals to display information, switching different control algorithms);

- control of efficiency, reliability of results, diagnostics and localization of malfunctions;

- digital information processing (calibration of the device, calculation of errors, determination of minimum and maximum values of parameters, enumeration of parameters, calculation of instantaneous power and signal energy, linearization, information compression, approximation, scaling, normalization, correction, calculation of tolerances, average values, logs, exponentiation, root extraction, transformation of a form from a fixed comma into a floating form and back);

- organization of communication with the human operator (exemption from routine operations, such as adjustment, calculation of deviations, etc.; presentation of information in a convenient and accessible for human view form; software support for a functional keyboard that replaces individual control knobs; ensuring the choice of conflict-free position of switches in devices with difficult control);

- connection with the system and other devices (implementation of various interface functions, conversion of data formats, adaptation to various input signals).

To perform these functions requires the development of an appropriate structure and software MPU. You can implement the following structures for vibrating machines:

- universal micro-computer with standard or special programming system; the units of the measuring instrument are connected as external devices - using the address space allocated for external devices;

- micro-computers with limited capabilities (for example, limited address space - part of the address bus is given to the addresses of the units



of the measuring instrument, while the capacity of RAM is reduced);

- special purpose - on the basis of programmable LSI or sectional MP-sets with special software or firmware.

The structure of the first type is expedient at development of difficult multipurpose measuring means. The second has fewer features, but requires less hardware, it is useful when building measuring instruments with a small number of

blocks and measuring functions. The structure of the third type is aimed at the optimal solution of the measurement problem, requires software development (command systems, microcommands).

Keywords: *Control system, vibrating machines, microprocessor, technological processes, development, research, improvement, movement, executive body.*

Відомості про авторів

Возняк Олександр Миколайович – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Електроенергетики, електротехніки та електромеханіки» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, email: alex.voz1966@gmail.com).

Штуць Андрій Анатолійович – асистент кафедри «Електроенергетики, електротехніки та електромеханіки» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, email: shtuts1989@gmail.com).

Замрій Михайло Анатолійович – магістрант 1 року навчання спеціальності «208 Агроінженерія», Інженерно-технологічного факультету Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: zamrij99@gmail.com).

Возняк Александр Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Электроэнергетики, электротехники и электромеханики» Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, email: alex.voz1966@gmail.com).

Штуць Андрей Анатольевич - ассистент кафедры «Электроэнергетики, электротехники и электромеханики» Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, email: shtuts1989@gmail.com).

Замрий Михаил Анатольевич - магистрант 1 года обучения специальности «208 Агроинженерия», Инженерно-технологического факультета Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, e-mail: zamrij99@gmail.com).

Voznyak Oleksandr – candidate of technical sciences (Ph.D in Engeneering), Associate Professor of the Department of Electric Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics of Vinnitsa National Agrarian University (3 Soniachna St., Vinnitsa, 21008, Ukraine, email: andriyvymysh1966@gmail.com).

Andrii Shtuts - Assistant Professor, Department of Electric Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics, Vinnitsa National Agrarian University (3, Solnechna str., Vinnitsa, 21008, Ukraine, email: shtuts1989@gmail.com).

Zamrii Mykhailo - 1st year master's student majoring in 208 Agroengineering, Faculty of Engineering and Technology, Vinnitsia National Agrarian University (3 Sonyachna Street, Vinnitsia, 21008, Ukraine, e-mail: zamrij99@gmail.com).