

Висновки. 1. Універсальні моделі абстрактних алгоритмів дають змогу вирішити теоретичні проблеми; універсальна SH-модель призначена для розв'язання задач оптимізації характеристик складності апаратно-програмних комп'ютерних засобів.

2. Ключову роль у дослідженні SH-моделей відіграє поняття елементарного перетворювача.

3. Універсальна SH-модель алгоритму складається з двох SH-моделей – функціональної частини і пристрою керування.

4. Вимоги до SH-моделі функціональної частини не збігаються з вимогами до SH-моделі пристрою керування. Якщо для першої – головним є мінімізація часової складності, то для другої – мінімізація апаратної складності.

1. Мальцев А.И. *Алгоритмы и рекурсивные функции.* – М.: Наука, 1986. 2. Трахтенброт Б.А. *Алгоритмы и вычислительные автоматы.* – М.: Сов. радио, 1974. 3. Кузнецов О.П., Адельсон-Вельский Г.М. *Дискретная математика для инженера.* – М.: Энергия, 1980. 4. *Математическая Энциклопедия / Гл. ред. И.М. Виноградов.* – М.: Советская Энциклопедия, 1977. 5. 4. Черкаський М.В. SH-модель алгоритму // *Вісн. Нац. ун-ту “Львівська політехніка”.* – 2001. – № 433. – С. 127–134.

УДК 621

Зб. Щесьяк², М.М. Дорожовець^{1,3}

¹ Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра інформаційно-вимірювальних технологій,

² Політехніка Сьв'єнтокшиска,
факультет Електротехніки, Автоматики і Інформатики, Кельце, Польща,

³ Жешувська політехніка,
кафедра метрології та вимірювальних систем, Жешув, Польща

МЕТОД ПОМНОЖЕННЯ ЧАСТОТИ ВИМІРЮВАЛЬНОГО СИГНАЛУ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ПОЛОЖЕННЯ

© Щесьяк Зб., Дорожовець М.М., 2004

Описано метод покращання точності інкрементальних перетворювачів. Метод полягає на формуванні фазових напруг із заданим зсувом щодо базових сигналів, які виникають на виході вимірювального перетворювача з лінійчастою шкалою. Після їх перетворення у цифрову форму забезпечується п'ятикратне збільшення точності оптоелектронного перетворювача.

A method of increasing the accuracy of incremental transducers has been presented in the paper. The method is based on producing the phase voltages, with assumed phase shift, with respect to the basic signals resulting from the transducer measurement rule. After analog-to-digital conversion, five-time multiplication factor of the photoelectric transducer accuracy is obtained.

Вступ. Для вимірювання лінійних та кутових переміщень щораз ширше застосовуються фотоелектричні інкрементальні перетворювачі. Зменшення кроку квантування переміщення приводу, що співпрацює з цим перетворювачем, можна здійснити точнішою будовою перетворювача. Однак такий шлях супроводжується технологічними проблемами, зокрема пов'язаних з пресійною механікою, а також забезпечення часової та температурної стабільності параметрів механічних елементів під час експлуатації. Інший шлях полягає у використанні відповідного опрацювання вихідних сигналів такого перетворювача [1, 2], що очевидно технологічно простіше.

Метою роботи є підвищення точності фотоелектричних інкрементальних перетворювачів застосуванням електронної інтерполяції (помноження частоти сигналів) та перетворенням їх у цифрову форму.

Метод опрацювання вихідних сигналів перетворювача. Вихідними сигналами фотоелектричного перетворювача положення є два синусоїдальні сигнали, зміщені між собою по фазі на $\frac{1}{4}$ періоду. Період сигналу дорівнює періоду сітки лінійчастоті шкали (так званого лінеалу) цього перетворювача.

Сигнали з перетворювача спочатку підсилюються, а далі інтерполюються. Інтерполяції ґрунтується на використанні сітки резисторів, яка формує додаткові, зміщені за фазою, сигнали з двох синусоїдальних сигналів їх векторним додаванням згідно з наступним описом.

Напругові сигнали з перетворювача мають вигляд

$$\begin{aligned} x &= A \sin \varphi; \\ y &= A \cos \varphi, \end{aligned} \quad (1)$$

де $\varphi=2\pi y/T$ – фаза, при чому A – амплітуда сигналів; y – переміщення; T – період сигналів.

Під час інтерполяції із сигналів x та y формуються сигнали x_1, x_2, x_3 тощо, які мають фазові зміщення відносно сигналу x на кути $\alpha, 2\alpha, 3\alpha$ тощо.

Тобто ці сигнали можна описати залежностями :

$$\begin{aligned} x &= A \sin \varphi; \\ x_1 &= x \cos \alpha + y \sin \alpha = A \sin(\varphi + \alpha); \\ x_2 &= x \cos 2\alpha + y \sin 2\alpha = A \sin(\varphi + 2\alpha). \end{aligned} \quad (2)$$

Спираючись на наведені вище вирази, можна підібрати значення опорів відповідних подільників для сигналів x, y . Зокрема опори цих подільників можна визначити згідно із виразами

$$R_1 = \frac{R}{|\sin \alpha|} \quad \text{та} \quad R_2 = \frac{R}{|\cos \alpha|}, \quad (3)$$

де R – деякий опір віднесення, прийнятий за базовий для сигналу.

У таблиці наведено значення опорів резисторів для подільників сигналів для різних кутів при базовому опорі у $R=20$ кОм.

Вибір значень опорів резисторів для подільників сигналів

Кут α [°]	0	18	36	54	72	90	108	126	144	162
$\sin \alpha$	0,000	0,309	0,588	0,809	0,951	1,000	0,951	0,809	0,588	0,309
$\cos \alpha$	1,000	0,951	0,809	0,588	0,309	0,000	-0,309	-0,588	-0,809	-0,951
R1 [кОм]		64,72	34,02	24,72	21,02	20,00	21,02	24,72	34,02	64,72
R2 [кОм]	20,00	21,02	24,72	34,02	64,72		64,72	34,02	24,72	21,02
Кут α [°]	180	198	216	234	252	270	288	306	324	342
$\sin \alpha$	0,000	-0,309	-0,588	-0,809	-0,951	-1,000	-0,951	-0,809	-0,588	-0,309
$\cos \alpha$	-1,000	-0,951	-0,809	-0,588	-0,309	0,000	0,309	0,588	0,809	0,951
R1 [кОм]		64,72	34,02	24,72	21,02	20,00	21,02	24,72	34,02	64,72
R2 [кОм]	20,00	21,02	24,72	34,02	64,72		64,72	34,02	24,72	21,02

Напряга на цьому подільнику становить

$$U_d = A_1(\sin \varphi R_1 + \cos \varphi R_2). \quad (4)$$

де A_1 – амплітуда сигналу з додатковим зміщенням фази.

Після урахування (3) і наступних перетворень (4) отримаємо

$$U_d = A_1 \sin(\varphi + \alpha). \quad (5)$$

Інтерполяція сигналів. Далі для спрощення опису методу прийнято, що вихідні сигнали мають сталі частоти (періоди), що відображає випадок руху приводу зі сталою швидкістю. У

запропонованому методі на першому етапі сигнали з перетворювача підсилюються та інвертуються, в результаті чого формуються чотири сигнали: \sin , \cos , $-\sin$, $-\cos$. Після цього відповідні сигнали інтерполюються у такий спосіб, щоб утворилося двадцять синусоїдних сигналів, зміщених між собою на 18 градусів.

Засади підбору вихідних сигналів подільників для окремих частин періоду показано на рис. 1.

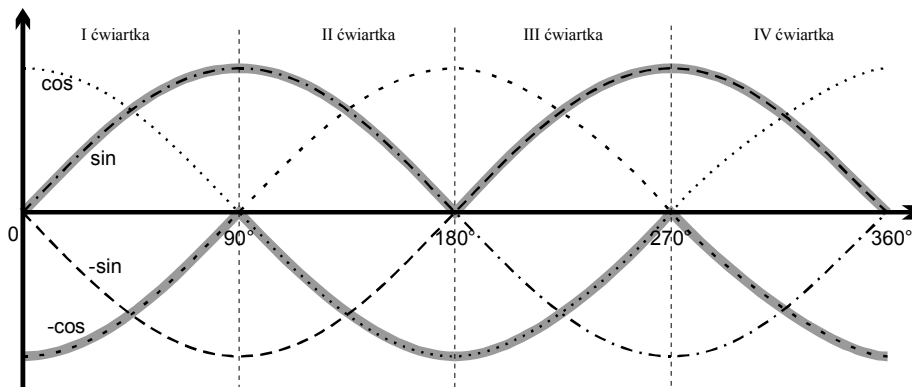


Рис. 1. Підбір сигналів для інтерполяції на послідовних частинах періоду вихідного сигналу

Важливим є те, щоб сигнали, які вибираються для інтерполяції, завжди мали миттєві значення протилежних знаків у кожній чверті періоду. Для цього у першій чверті ($0-90^\circ$) використовуються сигнали \sin і $-\cos$, у другій чверті ($90-180^\circ$) – сигнали \sin і \cos , у третій чверті ($180-270^\circ$) – сигнали $-\sin$ і \cos та сигнали $-\sin$ і $-\cos$ – у четвертій чверті ($270-360^\circ$). Сигнали попадають до двадцяти резистивних подільників з підібраними такими значеннями, щоб на їх виходах сформувалося двадцять синусоїдальних сигналів, зміщених відносно себе на 18° . Для кутів $0, 90, 180, 270$ градусів не відбувається інтерполяція і до подальшого опрацювання вибираються сигнали $-\sin, \cos, \sin, -\cos$.

Далі кожен сигнал попадає до одного із двадцяти компараторів (рис. 2), який змінює форму сигналу на прямокутну, при чому зміна стану наступає в місцях переходів вихідних сигналів через нульовий рівень. Завдяки цьому формуються двадцять прямокутних сигналів, зміщених поміж собою на $1/20$ періоду (18°) (рис. 3). Ці сигнали поперемінно розділяють на дві групи так, щоб у групі кожен наступний сигнал був зміщеним на $1/10$ періоду відносно попереднього. Сформовані дві групи по десять сигналів зі зміщенням на $1/10$ періоду в кожній групі та на $1/20$ періоду відносно іншої групи показані на рис. 2 та 3.

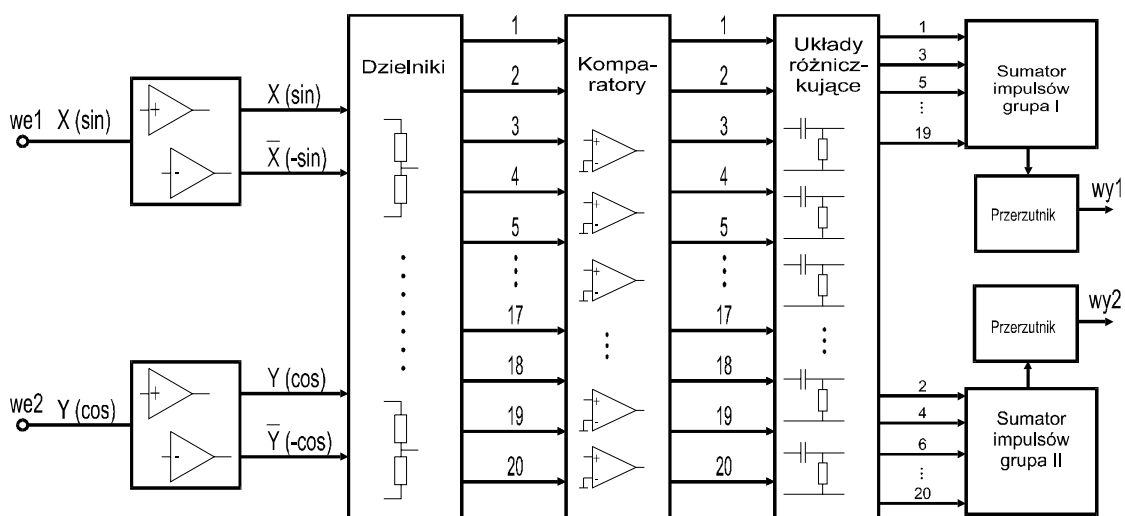


Рис. 2. Блок-схема пристрою інтерполяції та цифрового перетворення сигналів перетворювача

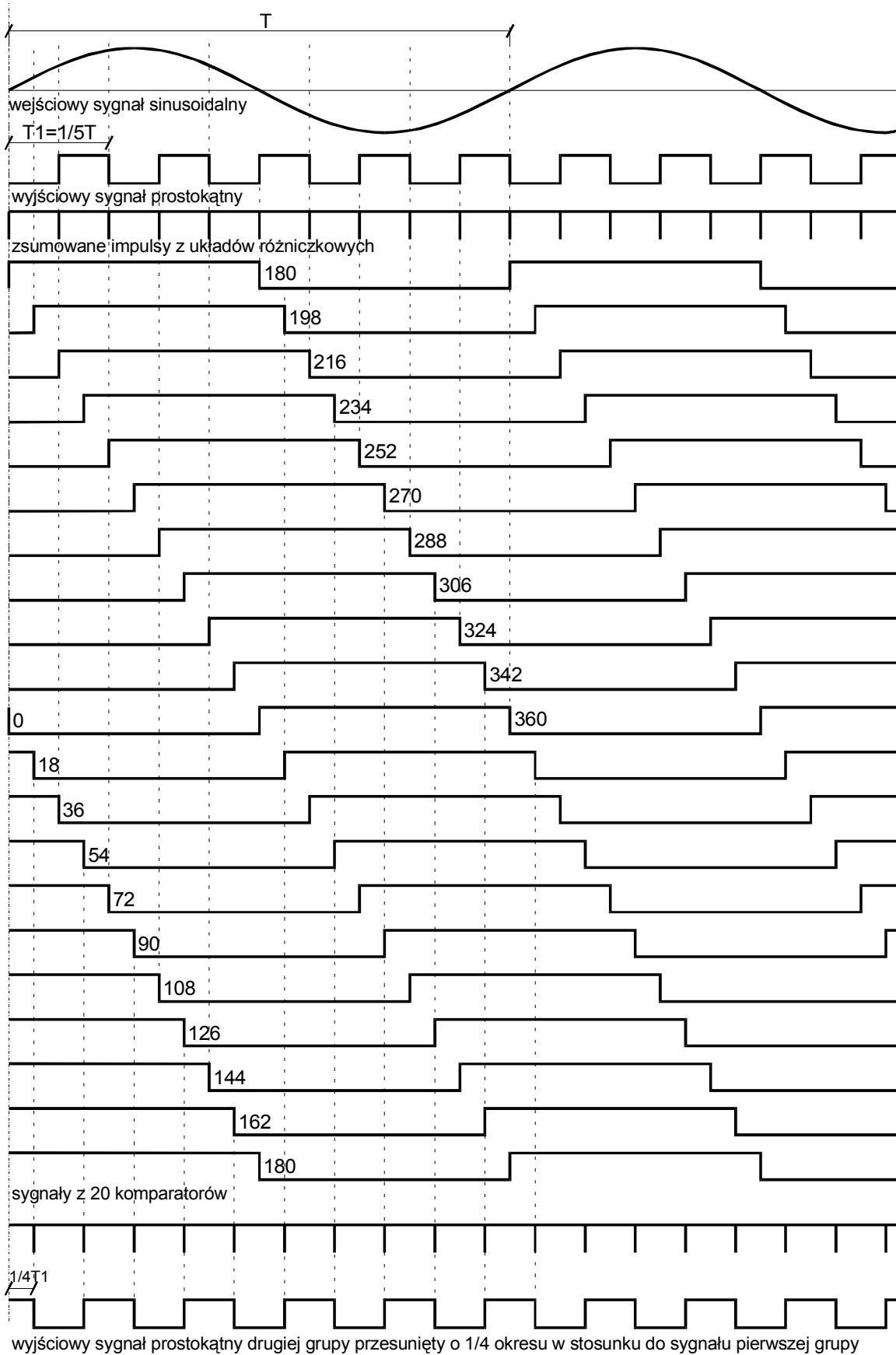


Рис. 3. Часові діаграми сигналів після інтерполяції

Наступним етапом є здійснення диференціювання сигналів так, щоб з кожного сигналу сформувався лише один імпульс протягом періоду. Тобто з однієї групи сформується десять імпульсів, які ділять один період вихідного сигналу на десять рівних частин за умови, що частота вхідних сигналів є сталою. Імпульси із двох груп підсумовуються у дві імпульсні послідовності з частотою, яка у десять разів більша за частоту вхідної послідовності (рис. 2, 3). Вони використовуються як тактові імпульси для JK-тригерів, встановлених у такий спосіб, щоб кожен імпульс вхідного тактового сигналу спричиняв зміну стану тригера на протилежну. Створені таким чином дві симетричні прямокутні послідовності мають у п'ять разів більшу вихідну частоту, тобто на один період вхідного синусоїдального сигналу припадає п'ять періодів вихідного прямокутного сигналу. Два вихідні сигнали зміщені один відносно одного на $1/4$ періоду, а знак зміщення залежить від напрямку зміщення сигналів, яке визначається напрямком руху перетворювача.

Висновки. Аналіз запропонованого методу дає можливість сформулювати такі висновки:

1. Зменшення кроку квантування переміщення приводу, з яким співпрацює оптоелектричний інкрементальний перетворювач, можна здійснити спеціальним опрацюванням його вихідних сигналів, що технологічно є простішим порівняно з механічним вдосконаленням конструкції перетворювача, що має технологічні обмеження.

2. Запропонований метод електронної інтерполяції (помноження частоти сигналів) та цифрового перетворення вихідних сигналів оптоелектричного перетворювача дає можливість збільшити точність аналого-цифрового перетворення положення приводу.

3. Опрацьований метод є універсальним, оскільки п'ятикратне збільшення частоти не відображає граничної можливості цього методу, у такий самий спосіб можна отримати іншу шкалу збільшення частоти сигналу. Обмеженнями ефективності методу є лише рівень завад у вихідному сигналі перетворювача.

1. *Szcześniak Zb. Elektroniczne metody zwiększania dokładności przetworników położenia stosowanych w automatyzacji procesów technologiczny. Opracowanie (PŚk nr 7.09) Politechnika Świętokrzyska w Kielcach 1999 r.* 2. *Szcześniak Zb., Sikora K., Pizoń A., Stefański T. Projekt Badawczy KBN, "Napędy hydrauliczne z zaworami o działaniu ciągłym sterowane mikroprocesorowo". Opracowanie wykonane w Politechnice Świętokrzyskiej, Kielce Etap II, 1993 r.*