

**ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

На правах рукопису

Тирса Віра Валентинівна

**МЕТОДИ ПОБУДУВАННЯ ВИСОКОТОЧНИХ
ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ЧАС - КОД**

Спеціальність: 05.13.08 - обчислювальні машини, системи та мережі, елементи та пристрої обчислювальної техніки та систем керування

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Харків - 1996



AB 34.717

Дисертація є рукопис

Робота виконана в Харківському Державному
автомобільно-дорожньому технічному університеті.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Алексієв Олег Павлович.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Діденко Константин Іванович

кандидат технічних наук, с. н. с.
Стадник Петро Омелянович

Провідна організація: Державне науково-виробниче об'єд-
нання "Метрологія", м. Харків

Захист відбудеться "30" травня 1996 р. о 14³⁰ годині на
засіданні спеціалізованої вченої ради Д 02.09.06 у Харківському
державному політехнічному університеті
(310002, м. Харків, МСП, вул. Фрунзе 21).

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Харківського
державного політехнічного університету.

Автореферат розісланий "26" квітня 1996 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

 Кізілов В. У.



Загальна характеристика роботи

Актуальність теми: На сучасному етапі розвитку автоматизації виробництва на перший план висувуються системи, у контурі управління котрих знаходиться ЦОМ, або мікропроцесор. Крім того, досить багато первинних чутливих та вимірювальних пристроїв систем автоматичного управління, наприклад, оптичні локатори, або датчики верстатів с ЧПУ на вході мають часто безперервний сигнал, а на виході цифровий його еквівалент, код. Таким чином, у сучасних комп'ютеризованих системах широко застосовуються перетворювачі безперервних величин у цифрові та навпаки. Здебільшого їх називають аналого-цифровими та цифроаналоговими перетворювачами (АЦП і ЦАП стосовно). Багато АЦП у своїй основі мають часово-імпульсне перетворення сигналів (ЧІП).

Головні вимоги, що ставляться до АЦП, у тому числі і ЧІП; є точність та швидкодія. Удосконалення цих характеристик є центральним напрямком досліджень у галузі отримання, перетворення і обробки інформації. Значний внесок у розв'язання проблем підвищення точності та швидкодії АЦП зробили школи Е. І. Гітиса, А. І. Кондалєва, П. В. Орнатського, В. Б. Смолова, О. П. Стахова, Ю. М. Туза, М. П. Цапенка, Б. І. Швецького, В. М. Шляндіна та інш.

Проблеми підвищення точності і швидкодії вирішувались за рахунок удосконалення технології виготовлення електронних елементів, введення надлишковості - застосування структурних методів, використання досягнень комп'ютеризації в галузі автоматичної обробки інформації. Останнє давало змогу широкого застосування принципу осереднення. Вичерпання можливостей технології примушує використовувати структурну надлишковість та осереднення.

Структурна надлишковість, що полягає у створенні двох паралельних каналів перетворення невідомої та зразкової величин у відношення двох кодів, дозволяє реалізувати принцип інваріантності (принцип двохканальності академіка Б. М. Петрова), завдяки якому можливо позбавитись систематичних похибок ЧП.

Принцип осереднення значень перетворюваної величини застосовується давно. При цьому робиться припущення, що випадкові похибки перетворення розподіляються за нормальним (Гаусовим) законом і арифметична середина точніша за результат поодинокого перетворення у \sqrt{n} (n - кількість перетворень). Але, як відомо, кількість перетворень, що ведуть до зниження випадкових похибок, дуже обмежена. При чому, зростання точності в \sqrt{n} приводить до зниження швидкодії у n раз. Тому дуже доцільна розробка методів перетворення, завдяки яким методичні похибки окремих перетворень розподіляються рівномірно. Осереднення таких перетворень підвищує точність у n раз. Використання таких осереднень у купі з принципом двохканальності, дає змогу побудувати ЧП повторюваних відрізків часу з похибками коло 10^{-13} с, та часом перетворення значно меншим за 1 с.

Мета досліджень полягає у створенні методів та пристроїв високоточного часово-імпульсного перетворення інформації, у котрих органічно сполучаються принцип інваріантності для позбавлення систематичних та принцип осереднення для пониження випадкових похибок перетворень.

Поставлена мета досягається рішенням наступних задач:

1. Розробити методи та структури ЧП, використовуючих осереднення при випадкових та регулярних сполученнях перетворюваних інтервалів часу та шкал квантуючих імпульсів. Про-

аналізувати методичні похибки квантування та час перетворення інформації.

2. Дослідити поведінку інструментальних похибок ЧП при випадкових та регулярних сполученнях перетворюваних інтервалів часу та шкал квантуючих імпульсів.

3. Дослідити поведінку методичних і інструментальних похибок осереднених результатів перетворення при організації ЧП по збігу стартових і стопових імпульсів з імпульсами квантування.

Методи досліджень опираються на аналіз похибок перетворення інформації, теорію чисел та теорію ймовірностей, математичне моделювання процесів перетворення аналог-час-код та методи наближення іраціональних чисел раціональними та підхідними дробами.

Наукова новизна полягає у розробці теоретичних питань осереднення результатів перетворень, методичні похибки котрих розподіляються рівномірно;

- розробці моделі двохканального аналого-цифрового перетворення інформації, що опирається на наближення результату перетворення підхідними дробами та принцип інваріантності;

- у доказі обмеженості точності перетворення періодичних інтервалів часу рівнем репродукування еталонів частоти і часу;

- у показі принципової обмеженості точності виміру довжини обмеженістю точності вимірювання часу;

- у показі причин виникнення випадкових похибок перетворення часу і характеру часткового руйнування ними точності, що могла бути досягнута розробленими методами.

Практична цінність досліджень полягає у тому, що розроблені методи та пристрої перетворення інформації можуть бути

зразу використані при інженерному проектуванні цифрових датчиків, різноманітних вимірювачів геометрії деталей у машинобудуванні, металургії, тощо. Перетворювачі "кут-час-код", використані у вимірювачі великих діаметрів; перетворювачі "відстань-зсув фази-час-код" у вимірювачі товщини металевого прокату.

Використання результатів роботи.

Основні положення та висновки використані при проектуванні перетворювачів "кут-код" та "відстань-код", що розроблялись для НДІАчормет м. Дніпропетровськ. Вказані перетворювачі НДІАчормет застосовані у розробках вимірювачів діаметрів труб великого перерізу, та залізничних вагонних колісних пар; у системах вимірювання товщини прокату чорних металів.

У навчальному процесі матеріали дисертації використовуються при читанні лекційного курсу "Метрологія та технологічні вимірювання галузі", при проведенні практичних занять з метрології, курсового та дипломного проектування із студентами спеціальностей 7.092.501 - автоматизація технологічних процесів та виробництв; 7.092.206 - електрообладнання автомобілів і тракторів.

Апробація роботи. Положення дисертації та результати досліджень доповідались і обговорювались на I Українській науково-технічній конференції "Метрологічне забезпечення в галузі електричних, магнітних та радіотехнічних вимірювань" (м. Харків, НПО "Метрологія", 1994 р.); III науково-технічній конференції "Контроль і управління в технічних системах" (КУТС - 95) (Вінницький ДТУ та ІК ім. В.М.Глушкова НАН України, вересень 1995 р.); щорічних студентських та викладацьких науково-технічних конференціях

Харківського Державного автомобільно-дорожнього технічного університету протягом 1992-1995 р.р.

Публікації. По темі дисертації опубліковано 2 статті; депоніровано 1 рукопис, мається 3 тези доповідей.

Структура та обсяг дисертації.

Дисертація складається із вступу, 4-х глав, висновків, списку використаних джерел із 99 найменувань, 5 додатків. Основний обсяг роботи 140 стор., 42 малюнки. Обсяг додатків 11 стор. Усього 165 стор.

Зміст роботи

У вступі обґрунтовано актуальність теми досліджень, показано наукову новизну та практичну значимість отриманих результатів, викориснання одержаних рішень. Приведено коротку анотацію глав дисертаційної роботи.

У першій главі зроблено аналітичний огляд особливостей ЧП безперервних величин у цифрові еквіваленти. Показана спільність ЧП електричних сигналів, плоских кутів, відстаней, а також їх відзначність. Показані причини виникнення методичних та інструментальних похибок перетворення аналог-час-код. Зокрема розглянуто похибки квантування, нестабільності частот, наявності теплового шуму, похибки від нечіткого формування стартових та стопових імпульсів; похибки прив'язки стартового (стопового) імпульсу до шкали квантуючих імпульсів та похибки нелінійності розгортвочої функції.

Далі доведено, що систематичні похибки перетворення можуть бути практично повністю виключені з результату перетворення в разі застосування двохканального одночасного перетворення еталонної та спостерігаємої величин. Це стає можливим завдяки тому, що у двохканальних перетворювачах цілком

реалізується принцип інваріантності (принцип двохканальності Б. М. Петрова).

Показано, що випадкові похибки перетворення мають різні ймовірнісні розподіли, а пошуки суматорного розподілу двохканальних ЧПП через композицію законів розподілів неможливі. Тому для одержання суматорного розподілу доцільно використати метод Монте-Карло. Зниження випадкових похибок можливо через осереднення незалежних результатів перетворень. Показано обмеженість підвищення точності за рахунок осереднення результатів, що розподіляються нормально.

Лисновки, що зроблені по першій главі, дозволили сформулювати мету досліджень, а також поставити задачі, які потрібно вирішити для досягнення мети.

Друга глава присвячена розгляду осереднень багаторазово повторюваних результатів перетворень у одно- та двохканальних ЧПП при класичному квантуванні повторюваних інтервалів часу. На прикладі автоматичного лазерного дальноміру (АЛД) для малих відстаней побудовано імпульсну модель ЧПП.

Час загаввання відбитого лазерного імпульсу АЛД

$$t_x = 2D/c,$$

де D - відстань від АЛД до об'єкту, $c = 299.792.458$ м/с - швидкість расповсюдження електромагнітного випромінювання у вакуумі.

Для малих відстаней підходить тільки безперервне випромінювання лазера з синусоїдальною модуляцією, тоб-то фазовий спосіб вимірювання. Формування імпульсних послідовностей, при цьому, дає імпульсну модель ЧПП, яку показано на рис. 1. Якщо частота перетворень $f_p = 1 / T_p$ (T_p - період перетворення) і частота квантування $f_0 = 1 / T_0$ досить стабільні, то у n_1 випадках відліки мають значення N , а у n_2

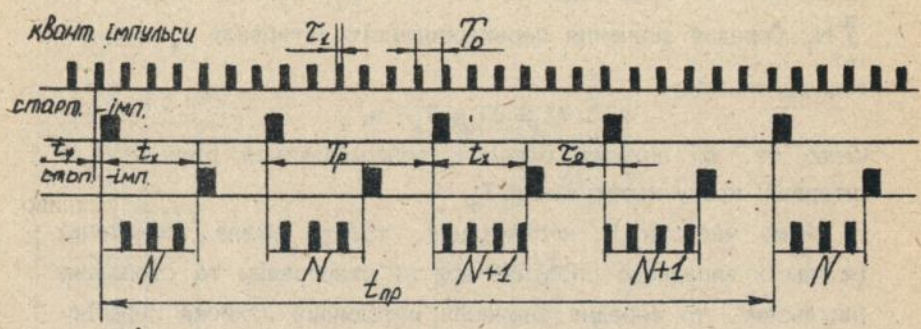


Рисунок 1.

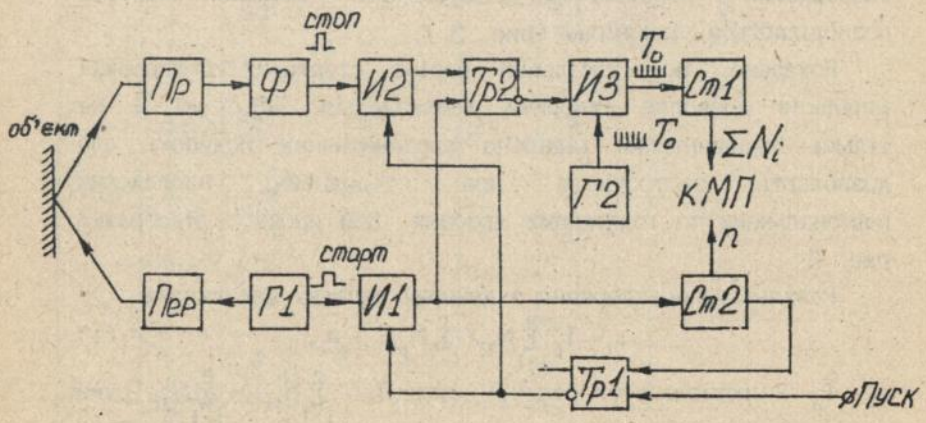


Рисунок 2.

випадках $N+1$. Сума відліків за $n = n_1 + n_2$ осереднень буде $\sum_{i=1}^n N_i$. Середнє значення перетвореного інтервалу t_x має методичну похибку

$$\Delta t_x \leq \Delta T_0 = T_0 / n,$$

через те, що похибки відліків розподіляються рівномірно у інтервалі кроку квантування T_0 .

Якщо частота f_p нестабільна, тоб-то шкала квантурних імпульсів випадково сполучається зі стартовими та стоповими імпульсами, то середнє значення методичної похибки перетворення інтервалу t_x

$$\Delta t_x = T_0 / \sqrt{n}.$$

Інструментальні похибки, що виникають при осередненні, мають систематичний та випадковий характер. Причина їх виникнення полягає у збігу імпульсів квантування зі стартовими та стоповими імпульсами. Дано аналіз та оцінку інструментальних похибок. Розглянуто методи організації, та структурні схеми одноканальних ЧП, що працюють за принципом осереднення перетворень, методичні похибки котрих розподіляються рівномірно (рис. 2.)

Показано, що стабільний період стартових (стопових) імпульсів дозволяє створити двохканальні ЧП, які є не тільки інваріантними відносно систематичних похибок, але дозволяють застосувати при осередненні наближення раціональними та підхідними дробами. Цей процес відображує рис. 3.

Результат перетворення в даному випадку має вигляд

$$x_i = T_p \frac{\sum_{i=1}^n N_{li}}{\sum_{i=1}^n N_{pi}} = T_p \alpha_n, \quad (1)$$

де T_p - період розгортаючої функції, $\sum_{i=1}^n N_{li}$, $\sum_{i=1}^n N_{pi}$ суми квантурних імпульсів, що відповідають перетвореній величині t_x , та амплітудному значенню розгортаючої функції стосов-

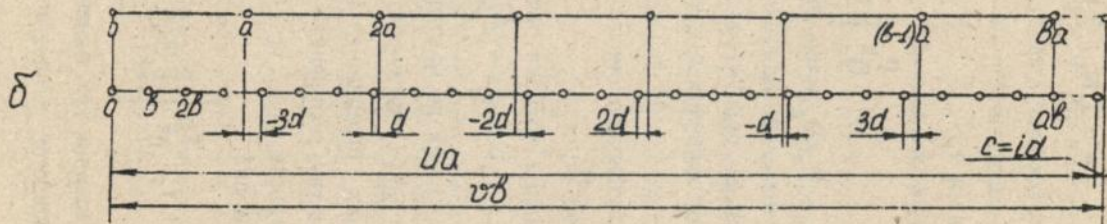
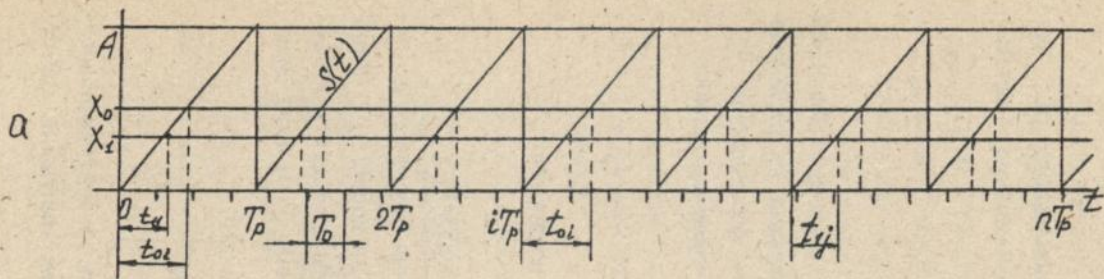


Рисунок 3.

но.

Показано, що при певних умовах можна знайти

$$\alpha_n = \frac{\sum_{i=1}^n N_{1i}}{\sum_{i=1}^n N_{pi}} = P_n / Q_n,$$

де P_n / Q_n - підхідний дріб до ірраціонального α , яке відображує в сукупності з A , розглянутому випадку "істинне" значення x_1 .

З теорії чисел відомо, що

$$\left| \alpha - \frac{P_n}{Q_n} \right| \leq \frac{1}{Q_n Q_{n+1}}.$$

Значення $\alpha_n = P_n / Q_n$ може бути скільки завгодно близьким α , але збіг квантуєчих імпульсів зі стартовими та стоповими імпульсами частково руйнує високу точність перетворення ЧП. Так, для ЧП повторюваних відрізків часу методична похибка

$$\Delta T = 1 / f_o f_p t_{оср},$$

де $t_{оср}$ - час осереднення. При $f_o = 10^7 \text{Гц}$, $f_p = 10^4 \text{Гц}$, $t_{оср} = 1 \text{с}$, $\Delta T = 10^{-11} \text{с}$.

Інструментальна похибка обчислюється по формулі

$$\Delta t_x = \sqrt{\frac{2\pi}{\pi f_o f_p t_{оср}}},$$

і при $\tau = 10^{-6} \text{с}$, і тих же частотах, $t_x = 6.36 \cdot 10^{-11} \text{с}$.

У третій главі розглянуто осереднення перетворень для ЧП повторюваних інтервалів часу що засновані на збігу імпульсів. Спочатку розглянуто ЧП, що використовують поодинокі збіги імпульсів (рис. 4.) і осереднення. Результат перетворення має вигляд:

$$t_x = \frac{T_o}{n} \left[\frac{\sum_{i=1}^n N_{2i}}{\sum_{i=1}^n n_{1i}} - \frac{\sum_{i=1}^n n_{2i}}{\sum_{i=1}^n N_{1i}} \right].$$

Крок квантування тут знижено до T_o/n , а інструментальна похибка, обумовлена кінцевою тривалістю імпульсів збігу, становить

$$\Delta t_x = \tau / \sqrt{n}.$$

При $\tau = 10^{-9}$ с, $f_0 = 10^7$ Гц; $f_p = 10^4$ Гц; $t_{\text{оср}} = 1$ с; $n = f_c =$
 $= 2\tau f_0 f_p = 2 \cdot 10^{-9} \cdot 10^7 \cdot 10^4 = 2 \cdot 10^2$ $\Delta t = 10 / \sqrt{2 \cdot 10^2} = 7.07 \cdot 10^{-12}$ с.

Аналіз похибок осереднення у ЧП, заснованих на наблизенні підхідними дробами та на збігу імпульсів, показує, що то є два рівноточних методи. Значення кванта часу при осередненні в обох випадках знижується з T_0 до T_0/n . Зона невизначеності та інструментальні похибки в обох випадках обумовлені тривалістю імпульсів збігу.

Організація поодинокого і непоодинокого збігу імпульсів (рис. 4.) дозволяє застосувати у часово-імпульсному перетворенні так званий різнице-періодний квант:

$$\Delta T = |T_1 - T_2| \ll \tau.$$

Його значення може бути спільномірним з τ і значно меншим τ . Це два-три десятичних порядки. У цьому другому випадку збіг імпульсів утворює пакет імпульсів збігу. Кількість імпульсів у пакеті

$$N_n = 2\tau f_p / f_1 f_2,$$

де f_1 - основна, f_2 - допоміжна частоти.

Зсув фаз, що утворюється між пакетами в обох каналах перетворювача дорівнює зсуву фаз на високій частоті f_1 між імпульсами основними і загаяними. Пакети імпульсів, що утворюються в першому і другому каналах, виконують роль стартових та стопових пакетів стосовно. Лічба імпульсів частоти f_2 між пакетами у двох каналах протягом n осереднень дає код $\sum_{i=1}^n N_{\psi_i}$. Одночасно іде лічба імпульсів частоти f_2 між першим (нульовим) та n -м стартовим (стоповим) пакетами, що утворює код $\sum_{i=1}^n N_{\rho_i}$. Тоді результат перетворення

$$t_x = T_1 \frac{\sum_{i=1}^n N_{\psi_i}}{\sum_{i=1}^n N_{\rho_i}} \quad (2)$$

Під формули (1) формула (2) відрізняється тільки множителем перед дробом. В (1) множник був T_p , а тут T_1 .

Оскільки $T_1 < T_p$, то це свідчить про те, що перетворення засноване на збігу імпульсів пакетами має більшу точність за перетворення шляхом наближення підхідними дробами.

Дійсно, організація ЧП з виродженими пакетами (рис. 5.) дає змогу забезпечити рівномірний розподіл результатів перетворення повторюваних відрізків часу, і через те одержати високу точність. Інструментальні похибки перетворення за цим методом становлять $\Delta t_x = 1.78 \cdot 10^{-13}$ с.

Четверта глава цілком присвячена застосуванню розроблених ЧП.

Поперше розглядається використання двохканального ЧП, у перетворювачах "кут-час-код", що побудовані по гоніометричному методу. Датчиками, що завдають межі плоского кута, тут використано мініатюрні автоколіматори. Реальні перетворювачі "кут-час-код" мають похибки 4 кутових секунди. Перетворювачі "кут-час-код", застосовані у цифрових вимірниках діаметрів труб, розроблено на замовлення НДІАчормет, м. Дніпропетровськ. Схема вимірника діаметрів приведена на рис. 5. Найменші вимірювані діаметри зовнішні $D_{\min} = 0.155d$, внутрішні $D_{\min} = 2.155d$. Діапазон великих діаметрів необмежений. Значення діаметру обчислюється по формулі

$$D = d(\sec \varphi/2 - 1).$$

Тут φ - кут, що знаходиться за допомогою перетворювача "кут-час-код" розташованого усереднені центрального ролика. При $\Delta\varphi = 4''$, що забезпечується перетворювачем, ΔD становить одиниці мікрометрів на малих діаметрах, і десяти долі міліметра при $D = 1000$ мм.

Дуже важлива задача - вимірювання товщини прокату чорних металів під час його виробництва. Вимірвач, що виконує таку роботу автоматично, є датчиком, що дає інформацію на введення зворотного зв'язку в системах прокату. Вимірвач являє собою два фазових дальноміри, що розташовані по обидві сторони прокату. Дальноміри працюють синхронно, мають спільні частоти і використовують для вимірювання ЧП, фазометри що працюють по збігу імпульсів з утворенням вироджених пакетів. Похибки одного каналу становлять теоретично 15 мкм. Практично 15...80 мкм. Але можна очікувати, що при синхронній роботі двох дальномірів похибки будуть менші за 10 мкм, бо результат виміру двома синхроннодіючими дальномірами обчислюється по формулі

$$\delta = \frac{c}{2T_2} \left[\frac{\sum_{i=1}^{2n} N_{\varphi i2}}{\sum_{i=1}^n N_{p i2}} - \frac{\sum_{i=1}^{2n} N_{\varphi i1}}{\sum_{i=1}^n N_{p i1}} \right] - \theta.$$

Тут перший і другий дробі є результатами ЧП у першому та другому каналах, θ - товщина калібру, що періодично вводиться в зону вимірювання замість прокату. Перший дріб відображує вимірювання прокату, другий - калібру. Коди, що утворюють дробі сильно корельовані, і тому при одніманні дробів, внаслідок кореляції похибок, останні віднімаються, а не складаються, як то має місце при нульовій кореляції.

Роботи по створенню вимірвача проводились по заказу ПІІАчормет малим підприємством "Сканатор", що протягом трьох років функціонує при кафедрі автоматики ХАДІ.

Заключення

Реферована робота присвячена створенню та дослідженню прецизійних часово імпульсних перетворювачів, використовуваних осереднення, принцип двохканальності академіка Б. М. Пет-

рова та метод збігу регулярних послідовностей імпульсів. До числа основних результатів, одержаних в дисертації слід віднести наступне:

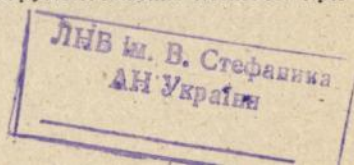
1. Показано, що мета роботи, сформульована у першій главі може бути досягнута лише при використанні методів осереднення, у яких стартові (стопові) імпульси рівномірно переміщуються відносно шкали квантуючих імпульсів. За рахунок такого переміщення похибки перетворення у ЧП стають сумірними з рівнем репродукування еталонів часу. При класичному осередненні, коли стартовий і стоповий сигнали випадково накладаються на шкалу квантуючих імпульсів, згадана точність перетворення недосяжна при скільки завгодно великій кількості осереднюваних результатів.

2. Створено структури ЧП, що використовують вказані осереднення; детально досліджені їхні методичні та інструментальні похибки. Вказано шляхи мінімізації інструментальних похибок, доведення їх до значень, сумірних з методичними похибками.

3. У роботі детально проаналізовано шляхи отримання та використання нових методів квантування часу: квантування при продинокх збігах імпульсів та різнице-періодне квантування. Показано, що кванти часу, створені на цій основі на декілька порядків менші за кванти часу при класичному квантуванні.

4. Показано, що двохканальні структури ЧП можна створити як при класичному так і різнице-періодному квантуванні. У сукупності з методом збігу такі структури ЧП працюють по методу наближення перетворюваної величини підхідним дробом. Ці обставини особливо вигідно використовувати у перетворювальних "кут-час-код".

5. Аналіз методичних та інструментальних похибок при ЧП



з різнице-періодним квантуванням дозволив дістати можливості зменшення впливу нестабільності початкових частот на результат перетворення при осередненні. Встановлено, що усунути вплив нестабільності початкових частот на результати ЧП можливо тільки за допомогою методу осереднення, вибравши значення різницевої частоти згідно з умовами, що визначаються нестабільністю початкових частот. У підсумку цей аналіз дозволив встановити, що осереднення при ЧП з різнице-періодним квантуванням на два десятичних порядки точніше, чим ЧП з осередненням по методу наближення підхідними дробами і осередненням при поодиноких збігах імпульсів.

6. У експериментальній частині роботи, для перевірки основних теоретичних побудов, було розглянуто перетворювачі, "кут-час-код", у яких в частині механічній та оптичній використано гоніометричний принцип побудови, а в частині часово-імпульсного перетворення - метод наближення раціональними дробами, які при певних умовах перетворюються на підхідні, що являють собою найкращі наближення. Такі перетворювачі не мають у собі елементів із складною технологією виготовлення, можуть бути реалізованими на серійно вироблюваних приладах; завдяки відсутності ексцентриситету.

7. На основі вказаних перетворювачів для НДІАчормет, м. Днепропетровськ, створено автоматичні вимірники зовнішніх та внутрішніх діаметрів для широкого діапазону значень: від десятків міліметрів до метрів, з похибками, що становлять тисячні та десяті долі міліметра.

8. Для тогож НДІАчормет створено і експериментально перевірено автоматичний швидкодійний вимірник товщини прокату чорних металів, маючих в своїй основі два паралельно діючих

оптичних фазових локатори, вимірюючих відстані до верхньої та нижньої поверхень рухомого прокату. У кожному з локаторів використано двохканальні ЧІП, що діють по збігу імпульсів. Оцінка похибок кожного з локаторів підтвержена експериментально і становить десятки мікрометрів.

Основний зміст роботи відображено у публікаціях:

1. Алексеев О. П., Тьрса В. В. Алгоритм двухканального время-импульсного измерения по методу приближения рациональными дробями. Вестник ХГАДТУ, №1, 1994. - с. 62-64.

2. Тьрса В. В. Анализ погрешностей аналого-цифрового преобразователя для системы измерения профиля железнодорожного рельса. // Междуз. сб. науч. трудов / ХГАЖТ. Применение микропроцессоров в автоматике. 1995 г., №27, с. 27-30.

3. Зиборов А. И., Набхан Айман, Тьрса В. В. Моделирование процессов в измерительных устройствах, работающих на последовательностях импульсов заданной формы в пакете Math Cad. В кн. "Метрологія в електроніці". / Тези доповідей І Української н.-тех. конференції "Метрологічне забезпечення в галузі електричних, магнітних та радіотехнічних вимірювань". Харків, НПО "Метрологія", 12-14 октября 1994 г. - с. 315-316.

4. Бурцева Л. П., Тьрса В. В. О моделировании двухканальных время-импульсных преобразователей. В кн. Контроль и управление в технических системах. / Тезисы третьей научно-технической конференции. Винница. Изд. Винницкого гос. тех. университета. 1995. С. 50.

5. Тьрса В. В. и др. Использование метода Монте-Карло для определения погрешностей результатов косвенных измерений. / Тезисы третьей научно-технической конференции. Винница. Изд. Винницкого гос. тех. университета. 1995. С. 286.

6. Использование метода Монте-Карло для определения погрешностей результатов косвенных измерений / Васильева В.В., Тырса В.В., Шапошникова Е.П.; Харьк. гос. автомоб.-дор. техн. ун-т - Харьков, 1995. - 11 с. - Деп. в ГНТБ Украины 10.05.95, №1008 - Ук 95.

Summary

Tyrsa V.V. High-precision information time-pulse transducers. Manuscript dissertation applicated for scientific degree technical science candidate on speciality 05.13.08. - Computers and computing systems, elements and devices of computer technique and control systems; Kharkov state polytechnical university. Kharkov, 1996.

Present dissertation contain the research of one- and two-channel high-precision time-pulse transducers (TPT), employ different methods of homohenizing, invariant principle, irrational numbers approximation by suitable fractions, difference-period quantumation for precision increase.

Is shown how to use present TPT on practice.

Аннотация

Тырса В.В. Высокоточные время-импульсные преобразовательные информации: Диссертация в виде рукописи на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.08 - вычислительные машины, системы и сети, элементы и устройства вычислительной техники и систем управления. Харьковский государственный политехнический университет. Харьков 1996 г.

Защищается диссертация в которой содержатся исследования одно- и двухканальных высокоточных ВИП, использующих для повышения точности различные методы осреднения, принцип инвариантности, приближения иррациональных чисел подходящими дробями, разностно-периодное квантование. Показано использование разработанных ВИП на практике.

Ключові слова: часово-імпульсні перетворювачі, осереднення, інваріантність, підхідні дробі, квантування, похибки.

Под. к печ. Формат 60x80 1/16. Бумага тип. Н
Печать офсетная. Усл. печ. л. 1.0 Усл.кр.-отт. Уч.-изд.л.
Изд. N Тираж 110. экз. Зак. N 403, Бесплатно

ХГАДТУ 310078 Харьков, ул. Петровского, 25

ХАРЬКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНИЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
РЕДАКЦИОННО-ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ОТДЕЛ



AB 34.717

AB 34.717