

Список використаних джерел

1. Бурдега В.Ю. Показники якості пошарового розпушування ґрунту удосконаленою зубовою бороною // Механізація сільськогосподарського виробництва: – К.: НАУ, 2003. – Том 14. – С. 259-265.
2. Бурдега В.Ю. Вплив конструктивних параметрів ґрунтообробних робочих органів для пошарового обробітку ґрунту на якість розпушування. // Зб. наук. праць Подільської державної аграрно-технічної академії. “Аграрна наука – селу”, випуск 9. – Кам’янець-Подільський: ПДАТА. – 2001. – С. 442-444.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
4. Ветохин В.И. Обоснование формы и параметров рыхлительных рабочих органов с целью снижения энергозатрат на обработку почвы: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / НПО ВИСХОМ. – М., 1992. – 24 с.
5. Гуков Я.С. Обробіток ґрунту. Технологія і техніка. Механіко-технологічне обґрунтування енергозберігаючих засобів для механізації обробітку ґрунту в умовах України. – К.: Нора-прінт, 1999. – 280 с.
6. Кравчук В.І., Гуков Я.С. Енерговитрати при розпушенні ґрунту механічним способом // Механізація сільськогосподарського виробництва. – К.: НАУ. – 2000. – С. 17-21.
7. Орси́к Л.С. Теоретическое определение тягового сопротивления рабочих органов наклонного типа и их расстановка на раме орудия // Теория и расчет почвообрабатывающих машин. – М.: ВИМ. – 1989. – Том 120. – С. 60-69.

Аннотація. Приведены результаты исследования влияния конструктивно-технологических параметров орудий с изогнутополосовыми зубьями на энергетические показатели, в частности тяговое сопротивление борон на разных типах почв по сравнению с серийными боронами.

Ключевые слова: борона, изогнутополосовой зуб, тяговое сопротивление, обработка, почва

Annotation. The results of research of harrows are resulted with bent staff tooth on the different types of soils.

Keywords: harrow, bent staff tooth, soil, tillage.

УДК 621.317.791:53.088

*І.Д. Гарасимчук, кандидат технічних наук, доцент,
І.Й. Гордійчук, кандидат технічних наук, в. о. доцента,
С.Б. Слободян, кандидат фізико-математичних наук, в. о. доцента,
В.М. Дубік, асистент ПДАТУ*

ВИЗНАЧЕННЯ ПОХИБОК ВИМІРЮВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ВЕЛИЧИН ПРИСТРОЯМИ НА БАЗІ АНАЛОГО-ЦИФРОВИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

Розглянуто види похибок, які зустрічаються при вимірюваннях електричних величин пристроями на базі аналого-цифрових перетворювачів. Виділено параметри, які визначають точність вимірювального пристрою. Розглянуто математичну модель перетворення реального вимірювального пристрою. Показано шляхи експериментального визначення інструментальної похибки цифрових вимірювальних пристроїв.

Ключові слова: дискретизація, квантування, інструментальна похибка, методична похибка, роздільна здатність, аналого-цифровий перетворювач, цифровий вимірювальний пристрій.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Досвід показує, що у виробництві електронного обладнання все більше місця займають виміри. Наприклад, при виробництві мікроелектронних виробів виміри складають до 50% вартості всіх операцій, що виконуються при виготовленні одного приладу. Безсумнівно, що при цьому потрібно використовувати високоточні, як правило, автоматизовані

прилади. Особливе значення мають виміри при експлуатації сучасних електронних систем. Це породжує проблему створення високоточних засобів вимірювання, які повинні бути недорогими і в той же час відповідати жорстким вимогам умов використання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми. Науково-технічний прогрес пов'язаний з впровадженням у народне господарство країни все більш складних, автоматизованих машин, станків, технологічних процесів, систем зв'язку та керування [1]. У більшості вони базуються на використанні електроніки та радіоелектроніки. Будь-яке електронне обладнання може бути розроблене та виготовлене тільки з використанням багатьох типів засобів вимірювання електричних величин: напруги та сили струму, частоти та фази електромагнітних коливань, їх спектральних характеристик та багатьох інших характеристик та параметрів [2, 3]. Останнім часом широке застосування отримали мікропроцесори, вбудовані у вимірювальні пристрої, що дозволяє автоматизувати значну кількість операцій: установку нуля, калібрування, самоперевірку, вибір границі вимірювань, багатократне вимірювання параметру, обробку результатів вимірювання і можливість наступної індикації як середнього значення вимірюваного параметра [4, 5].

Постановка завдання. Завданням даної роботи є обґрунтування режимів функціонування малогабаритної багатоканальної системи з похибкою вимірювань не більше 0,001%, яка дозволяла би працювати з любым типом датчиків. Маються на увазі датчики температури (металеві, діодні, напівпровідникові, газові), тиску, концентрації розчинів, переміщення, деформації тощо. Система повинна виконувати багатоканальне вимірювання комплексу вхідних параметрів (опір, напруга, коефіцієнт передачі) при певних початкових умовах давача та розрахунок вихідних вимірюваних величин згідно комплексу вимірювань.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дискретизація вимірювального сигналу супроводжується кодуванням інформації, яке полягає у тому, що кожному дискретному значенню ставиться у відповідність певна кодова комбінація, представлена у двійково-десятковому кодах. При цьому дискретизація сигналу, або перетворення сигналу у цифровий код, реалізується за допомогою аналого-цифрового перетворювача (АЦП) та є процесом вимірювання, що складеться з ряду операцій порівнювання вимірюваної величини з набором еталонних дискретних величин.

Головною особливістю дискретизації сигналу є те, що за рахунок кінцевого часу одного перетворення та невизначеності моменту його закінчення не видається можливим отримати однозначне співвідношення між значенням відліку та моментами часу, до яких їх слід віднести. Таким чином, при дискретизації змінних в часі сигналів виникають динамічні похибки, для оцінки яких вводять поняття невизначеності.

При рівномірній дискретизації виникають амплітудні похибки, які називають апертурними, що кількісно рівні приросту сигналу впродовж апертурного часу, рівного кроку дискретизації T_n . Для оцінки амплітудних похибок використовують синусоїдальний вимірний сигнал $X(t) = X_m \sin \omega t$, для якого максимальна похибка $\Delta X_a / X_m = T_n$. Якщо прийняти, що для m -розрядного АЦП з розрядністю 2^m апертурна похибка не повинна перевищувати кроку квантування по рівню ΔX_a , то між частотою синусоїдального сигналу $f = \omega / 2\pi$, апертурним часом (кроком дискретизації T_n) та відносною апертурною похибкою існує співвідношення. Основні параметри АЦП можна розділити на дві групи: які характеризують статичну точність та динамічну точність.

Параметри, що характеризують статичну точність, визначають роботу АЦП при дискретизації квазіпостійних фізичних величин. До цих параметрів відносяться: похибки квантування, інструментальна похибка (похибка зміщення нуля, похибка коефіцієнта передачі, не лінійність), часова нестабільність, роздільна здатність, діапазон вимірювальних величин, вхідний опір.

Функція перетворення реального цифрового вимірювального пристрою (ЦВП) відрізняється від функції перетворення ідеального квантування тим, що вона може мати зміщення від функції перетворення ідеального квантування та дійсний розмір кроку квантування, може відрізнитись від нормального. Тому характеристика перетворювача реального ЦВП може бути представлена формулою:

$$Y = qxInt \left[(X + a) / q_c + 0.5 \operatorname{sig} (X + a) \right], \quad (1)$$

де q_c – дійсна сходинка квантування;

a – зміщення нульового рівня від реального.

У загальному випадку дійсне значення сходинки квантування може бути представлено у вигляді деякої функції величини, що вимірюється:

$$q_c = q[1 + \beta(X)] , \quad (2)$$

де $\beta(X) \ll 1$ – деяка, в загальному випадку нелінійна, функція вимірюваної величини X . Зміщення також може бути нелінійною функцією вимірюваної величини:

$$a = \alpha(X) , \quad (3)$$

Відкинувши з (1, 2) величини другого порядку, отримуємо після перетворення вираз для функції перетворення реального ЦВП:

$$Y = q \operatorname{Int} \left\{ (1 - \beta(X) + \alpha(X)) / q + 0,5 \operatorname{sign} [1 - \beta(X) + \alpha(X)] \right\} , \quad (4)$$

$$Y = q \operatorname{Int} [X / q + 0,5 \operatorname{sign} X] . \quad (5)$$

З (4) та (5) видно, що реальний сигнал може бути завжди представлений у вигляді еквівалентної схеми, на якій аналоговий перетворювач має нелінійну в загальному випадку функцію перетворення:

$$X' = [1 - \beta(X)] X + \alpha(X) . \quad (6)$$

Така функція може мати розриви, а квантування має ідеальну функцію перетворення.

Отже, будь-які відмінності функції перетворення реального квантування від функції перетворення ідеального квантування можуть бути представлені на еквівалентній схемі шляхом відповідного викривлення функції перетворення аналогового перетворювача, інакше кажучи, всі складові похибки ЦВП можуть бути приведені до його входу.

Після перетворень, що аналогічно виконані при доведенні формули, отримуємо з врахуванням (5) і (6) вираз похибки реального ЦВП:

$$\Delta = Y - X = X \beta(X) + \alpha(X) + 0,5 q \operatorname{sign} X' - q \operatorname{Fr} [X' / q + 0,5 \operatorname{sign} X'] = \beta(X) + \alpha(X) + \Delta'_{\text{met}} , \quad (7)$$

де Δ'_{met} – похибка ідеального квантування, передана як функція X' .

Перші дві складові повністю визначаються властивостями елементів схеми ЦВП, інакше кажучи являють собою інструментальну складову Δ'_{ins} похибки ЦВП, яка буде рівною:

$$\Delta'_{\text{ins}} = X \beta(X) + \alpha(X) . \quad (8)$$

Остання складова (7) Δ'_{met} може розглядатись як методична похибка ЦВП, оскільки його присутність зумовлена тільки квантуванням вимірюваної величини по рівню. Дійсно, з (7) випливає, що:

$$\operatorname{Lim} \Delta'_{\text{met}} = 0 . \quad (9)$$

Екстремальні значення методичної похибки ЦВП не залежать від властивостей елементів схеми та визначаються номінальним значенням кроку квантування, вони рівні по модулю $0,5q$.

Похибки, подібні Δ'_{met} , називаються „схемними”, чим підкреслюється, що їх властивості визначаються „схемою” (принципом дії) засобу виміру та вони є однаковими для всіх екземплярів засобів виміру даного типу. Похибки, зумовлені неідеальністю елементів схеми (інструментальні) конкретних екземплярів засобів вимірів, називають „технологічними”, підкреслюючи тим самим, що їх джерелом є не властивості схеми, а властивості конкретної її реалізації.

На рисунку 1 штриховою лінією показана номінальна функція перетворення ЦВП та функція перетворення ідеального квантування, суцільною лінією – функція перетворення реального ЦВП, побудована у відповідності з (4). Крива, що з'єднує центри площадок функцій перетворення реального ЦВП, є функцією перетворення аналогового перетворювача по еквівалентній схемі.

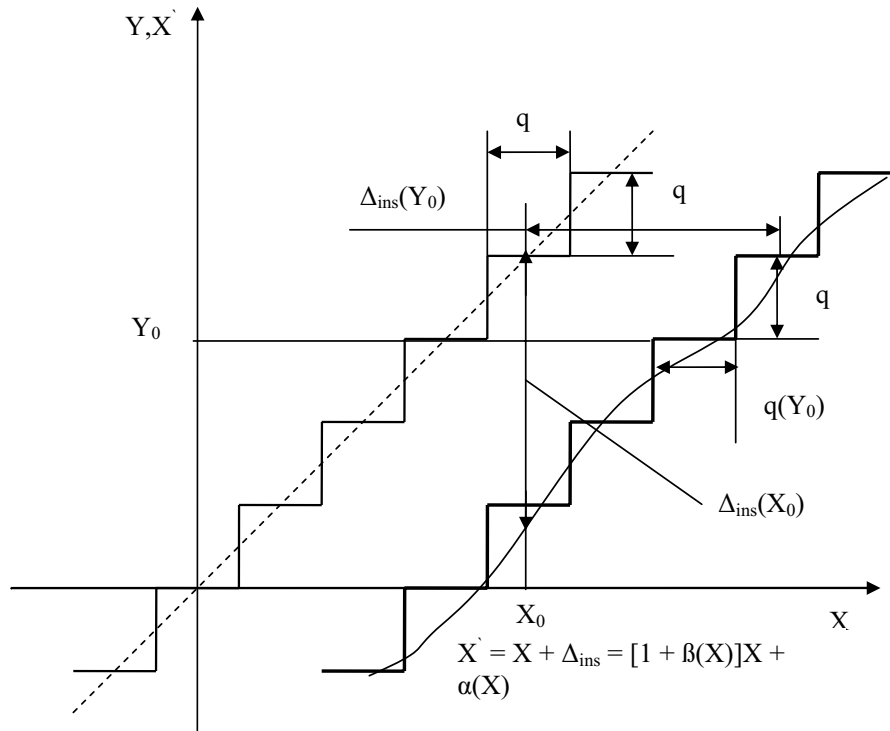


Рис. 1. Графічна інтерпретація інструментальної та методичної складових похибок.

З рисунка видно, що інструментальна складова $\Delta'inst$ похибки реальної функції перетворення відносно функції перетворення ідеального квантування може розглядатись як нерозривна функція $\Delta'inst(x)$ величини, що вимірюється, або як точкова функція $\Delta'inst(Y)$ значень реального ЦВП, або вихідного коду АЦП.

На основі (1), (4), (7) функція перетворення реального ЦВП може бути представлена формулою:

$$Y = q \operatorname{Int} \left[\left(X + \Delta_{inst}(X) \right) / q + 0,5 \operatorname{sign} \left(X + \Delta_{inst}(X) \right) \right] \quad (10)$$

Експериментальне визначення $\Delta'inst(x)$, або визначення інструментальної похибки ЦВП, приведеної до його виходу, в загальному випадку неможливо, оскільки неможливий відлік пробних частин кванту за показаннями реального ЦВП. Експериментальне визначення інструментальної похибки ЦВП $\Delta'inst(Y)$ при заданому показанні Y_0 , інакше кажучи, приведеної до його входу, теж неможливе, оскільки неможливо зафіксувати факт співвідношення вхідної величини X середині заданої площадки на функції перетворення реального ЦВП, особливо при явищі диференційної нелінійності або розривів функції. Тому при експериментальних дослідженнях ЦВП необхідно приймати за оцінку $\Delta \approx inst$ зміщення однойменних границь (лівих чи правих) $X_l(Y_0)$ або $X_r(Y_0)$ площадок, що відповідають одному й тому ж показнику ідеального квантування і реального ЦВП. Іншими словами, за інструментальну похибку ЦВП при вимірюваннях приймається зміщення положення дійсної границі переходу показників $Y_0 \cdot q$ в Y_0 від положення цієї границі на функції перетворення ідеального квантування.

Висновки. У роботі досліджено процес вимірювання у вимірювальних системах, які базуються на застосуванні аналого-цифрових перетворювачів.

Проаналізовано методи зниження похибок вимірювань та непрогнозовані негативні впливи та завади на результати вимірів.

Описані основи методів розрахунку вимірювань електричних величин. Приділена увага експериментальному визначенню інструментальної похибки цифрових вимірювальних пристроїв.

У перспективі можливе впровадження приладів, алгоритми дії яких розглянуто та запропоновано в даній роботі, у народне господарство для проведення високоточних вимірювань електричних величин.

Список використаних джерел

1. Вострокнутов Н.Н. Цифровые измерительные устройства. Теория погрешностей, испытания, поверка / Н.Н. Вострокнутов – М.: Энергоиздат, 1990. – 320 с.
2. Шлыков Г.П. Определение интервальных значений погрешности цифрового измерения через параметры реальных ступеней квантования / Г.П.Шлыков // Сб. науч. труд. Пензенского политех. ин-та. – Пенза: ППИ, 1982.
3. Сушко А.Ф. Поиск максимальной погрешности кодо-импульсных АЦП / А.Ф. Сушко, В.И. Капустников, В.В. Васильев // Метрология. – 1984. – № 11.
4. MSC1210 Precision ADC with 8051 Microcontroller and Flash Memory Evaluation.
5. Russell Anderson. Programming the MSC1210 / Application Report (SBAA076A) – 1986.

***Аннотація.** Рассмотрены виды погрешностей, которые встречаются при измерениях электрических величин устройствами на базе аналого-цифровых преобразователей. Выделены параметры, которые определяют точность измерительного устройства. Рассмотрена математическая модель превращения реального измерительного устройства. Показаны пути экспериментального определения инструментальной погрешности цифровых измерительных устройств.*

***Ключевые слова:** дискретизация, квантование, инструментальная погрешность, методическая погрешность, разрешающая способность, аналого-цифровой преобразователь, цифровое измерительное устройство.*

***Abstract.** The types of errors which meet at measurements of electric sizes devices on the base of analog-digital transformers are considered in this article. Parameters which determine exactness of measuring device are selected. The mathematical model of transformation of the real measuring device is considered. The ways of experimental determination of instrumental error of digital measurings devices are rotined*

***Keywords:** diskretizaciya, quantum, instrumental error, methodical error, resolvent ability, analog-digital transformer, digital measuring device.*

УДК 678.026.3.004.14.621.7,

***В.П. Дудчак,** кандидат технічних наук, доцент,*

***Т.В. Дудчак,** кандидат с.-г. наук,*

***В.М. Новацький, В.В. Морозов, В.С. Лебідь,** асистенти ПДАТУ*

ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ ПІДШИПНИКІВ КОВЗАННЯ ЗАГЛИБЛЮВАЛЬНИХ ЕЛЕКТРОНАСОСІВ ПОЛІМЕРНИМИ КОМПОЗИЦІЙНИМИ МАТЕРІАЛАМИ

Викладені результати досліджень зносостійкості радіальних підшипників ковзання заглиблювальних насосів, розроблена технологія їх відновлення, визначені найбільш характерні відмови заглиблювальних насосів, виробництву запропоновані ремонтні розміри радіальних підшипників.

***Ключові слова:** радіальні підшипники ковзання, насос, відновлення*

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Проблема води – одна з найбільш гострих проблем і вона не може бути вирішена тільки за рахунок поверхневих джерел. Частка підземних вод не перевищує 6,5% і стримується дефіцитом свердловинних електронасосів, їхнім низьким ресурсом роботи.

Свердловинний електронасос через особливості умов роботи не може бути підданий огляду, ревізії і регулюванню в ході експлуатації. При виникненні першого ж відмовлення електронасос замінюється новим чи з ремонту. Для заміни електронасоса необхідно демонтувати систему трубопроводів зі свердловини глибиною 30...250 м, а потім усе змонтувати в зворотному порядку. Це вимагає великих матеріальних витрат і часу.