

СЕКЦІЯ 4

ТЕОРІЯ І ПРОЕКТУВАННЯ ПРИЛАДІВ І СИСТЕМ ВИМІРЮВАННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЕЛИЧИН

УДК 681.253

ВИСОКОЯКІСНА МІКРОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА ВИМІРЮВАННЯ ПОЛОЖЕННЯ ПЛАТФОРМИ СТЕНДА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ АКСЕЛЕРОМЕТРІВ

*Дубінець В.І., Савченко Р.С., Гераїмчук М.Д., Національний технічний університет
України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

Одним з методів підвищення точності навігаційних систем та промислових робіт є поліпшення динамічних та статичних характеристик перетворювачів в ланцюгах зворотного зв'язку. Обговорюється проблема створення мікропроцесорної системи вимірювання положення поворотної платформи стенду для дослідження характеристик акселерометрів.

Робота системи базується на використанні цифрових методів обробки інформації. Вихідний сигнал перетворюється системою у цифровий код і передається в персональний комп'ютер. Завдяки використанню комп'ютера зросла швидкість і зручність обробки інформації, а також збільшилась точність отриманих результатів.

Лабораторний стенд включає в себе поворотну платформу з регульованими приводами по двом осям з допомогою крокових двигунів, пристрій спряження з персональним комп'ютером (ПСПК). Розроблене програмне забезпечення для однокристального мікроЕОМ PIC16F877 на мові Ассемблер „MICROCHIP” та програма-інтерфейс для роботи з ПСПК в середовищі „TURBO PASCAL”. Визначені величини похибок і точність вимірювання. Приводяться дані експерименту по дослідженню акселерометрів.

Розроблена методика проведення експериментальних досліджень, а також методика аналізу результатів цих досліджень.

Ключові слова: акселерометр, стенд, поворотна платформа, MICROCHIP.

УДК 658.512.2.011.67.004:681.586.32

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АКСЕЛЕРОМЕТРОВ – VAV WINAKSEL МПКА

*Беспалов В.А., Дубинец В.И., Гераимчук М.Д., Национальный технический университет
Украины “Киевский политехнический институт”, г. Киев, Украина*

Для проектирования различного рода измерительных преобразователей (ИП) требуется детальное изучение влияния изменения конструктивных параметров данного измерительного преобразователя на его метрологические характеристики, в частности – динамические характеристики. Математическая модель ИП является достаточно сложной, поэтому целесообразно использование вычислительной техники, которая значительно ускоряет процесс проектирования и исследования. Существенное значение, при использовании вычислительной техники, имеет правильный выбор прикладного программного обеспечения для решения той или иной задачи. В случае неверного выбора программного обеспечения процесс проектирования и исследования может затянуться на достаточно длительный промежуток времени, в результате чего могут быть сделаны выводы о нецелесообразности и сложности использования вычислительной техники. Так же нужно отметить, что один программный продукт не может решить всех задач, поэтому нужно использовать несколько программных продуктов, результаты использования которых объединяются в единое целое.

В докладе рассматривается разработка специализированного программного продукта WinAksel МПКА, который может быть основным средством для исследования и оптимизации основных параметров компенсационных акселерометров. Процесс создания программного продукта для исследования и расчета измерительных преобразователей конкретного типа достаточно сложен. Для решения похожих задач проектирования также можно использовать универсальное программное обеспечение, которое позволяет решать довольно широкий спектр задач, но не является адаптированным под конкретные задачи.

Приложение VAB WinAksel МПКА было разработано в визуальной объектно-ориентированной среде программирования Delphi® шестой версии.

Программный продукт имеет объектную структуру. Каждый объект – процедура или функция – выполняет определенные действия и возвращает определенные результаты после своего выполнения или сообщение об ошибке родительскому объекту, который инициировал его выполнение.

Ключевые слова: акселерометр, объектно-ориентированное программирование, оптимизация.

УДК 681.327.1

СУЧАСНИЙ СТАН ТА ШЛЯХИ РОЗВИТКУ СФЕРИ ЗБЕРЕЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ

*Гераїмчук М.Д., Снітко В.В., Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

Розглядаються сучасні пристрої збереження інформації, дані найбільш суттєві характеристики для пристроїв робочого зберігання інформації, її

перенесення та резервування, а також методи та напрямки подальшого їх вдосконалення.

Пристрої для робочого зберігання інформації – накопичувачі на жорстких магнітних дисках (НЖМД) – вінчестери класифікуються за кількістю пластин та їх швидкістю обертання, кількістю головок та щільністю запису інформації. Дані характеристики вінчестерів, приведена динаміка питомої ціни на Мбайт в часі та за об’ємом вінчестера. Вказані перспективні методи виробництва вінчестерів, такі як “поперечний” запис та технології “Pixie Dust” та “NanoCubic”, використання яких може забезпечити щільність інформації до 100 Гбіт на квадратний дюйм.

Наведені вимоги до пристроїв перенесення інформації та розглянуті накопичувачі на гнучких магнітних дисках (НГМД) – дискети, флеш носії та оптичні носії формату компакт-диск з можливістю перезапису. Показані шляхи розвитку оптичних носіїв – поліпшення характеристик носіїв та зміна технології запису та читання інформації, такі як fluorescent multilayer disk та ML-Rom. Наведені найбільш важливі характеристики оптичних носіїв, порівнюються сучасні та майбутні носії. Також розглядаються носії на основі флеш-пам’яті, розділенні їх елементів по типам, розглядаються параметри флеш-карт та флеш-носіїв, вказані їх основні переваги та недолі.

Сформульовані основні вимоги до пристроїв резервування інформації. Розглянуті накопичувачі на магнітних стрічках – стрімери, та вказані шляхи їх подальшого розвитку. Також розглянуті накопичувачі на оптичних та магнітно-оптичних носіях, дані їх переваги та недоліки в зрівнянні з іншими носіями.

Представлено огляд двох перспективних методів: молекулярного та голографічного. Описані схеми роботи пристроїв на їх основі, наведені основні проблеми та можливості цих методів. Аналізується вибір того чи іншого пристрою збереження інформації, виходячи з параметрів накопичувачів та умов застосування. Даються загальні рекомендації до розробок нових пристроїв збереження інформації.

Ключові слова: засоби збереження інформації, носії, накопичувачі, огляд, розвиток.

УДК 621.317

ФІЛЬТРАЦІЯ ВИХІДНОГО СИГНАЛУ ДИНАМІЧНО НАСТРОЮВАНОВОГО ГРАВІМЕТРА АГС

*Безвесільна О.М., Нечай С.О., Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

Інформація про аномалії гравітаційного поля Землі Δg необхідна для корекції систем інерціальної навігації рухомих об’єктів в аерокосмічній галузі, для розвідки корисних копалин та дослідження форми Землі в геології, геодезії,

картографії та інш. Для отримання інформації про Δg використовується авіаційна гравіметрична система (АГС), чутливим елементом якої є гравіметр. Але гравіметр АГС має великі похибки, зумовлені тим, що прилад вимірює проекцію сукупності сигналів на вісь чутливості: корисного сигналу прискорення сили ваги і сигналу перешкоди, що визначається, здебільшого, вертикальним прискоренням літака (яке часто набагато перевищує корисний сигнал).

Тому важливим є вирішення задачі підвищення точності вимірювання прискорення сили ваги (або аномалій Δg) за допомогою гравіметра АГС шляхом усунення впливу вертикального прискорення.

Для цього вирішується проблема фільтрації сигналу гравіметра АГС, яку досі не розглядали.

Вихідний сигнал гравіметра АГС в загальному вигляді можна записати

$$T = \Delta g + \ddot{h} \quad ,$$

тобто вхідний сигнал фільтра складається з сигналів аномалії прискорення сили ваги Δg і вертикального прискорення $\ddot{h}$.

При побудові фільтра врахуємо, що аномалія Δg – низької частоти, тоді як вертикальне прискорення $\ddot{h}$ – високої частоти. У цьому разі застосуємо низькочастотний фільтр з частотою зрізу, яку визначимо у точці перетину спектрів аномалії прискорення сили ваги g і вертикального прискорення $\ddot{h}$.

Ключові слова: гравітаційна аномалія; вертикальне прискорення, гравіметр.

УДК 621.317

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕДІНКИ ДИНАМІЧНО НАСТРОЮВАНОГО ГРАВІМЕТРА ЗА ДОПОМОГОЮ ЦОМ

*Безвесільна О.М., Нечай С.О., Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

Застосування ЦОМ для вирішення прикладних задач дає можливість попередньо, на стадії проектування, оцінити характер поведінки розроблюваного пристрою шляхом дослідження чисельними методами його уточненої математичної моделі. Це, у ряді випадків, дозволяє обійтись без створення макетних зразків і, тим самим, скоротити час від початку проектування до випуску промислових виробів. Основна вимога при проведенні моделювання – найбільш повна і точна відповідність використаної при розрахунках математичної моделі майбутній реальній конструкції.

Метою даної роботи є дослідження за допомогою ЦОМ поведінки динамічно настроюваного гравіметра при впливі на нього збурюючих факторів різного характеру (частоти, амплітуди) і виявлення найбільш небезпечних режимів його роботи.

У рамках цього дослідження необхідно вирішити наступні задачі:

- отримати рівняння руху гравіметра зі змінними коефіцієнтами у вигляді, зручному для моделювання;
- розробити алгоритм та програму розрахунку на ЦОМ і одержати графіки, що відображають характер поведінки гравіметра для різних значень частот і амплітуд збурюючих факторів;
- провести аналіз отриманих результатів моделювання, виявити найбільш небезпечні режими роботи динамічно настроюваного гравіметра і визначити оптимальні значення його власних параметрів.

В роботі отримано наступні нові результати:

- приведено до машинного виду рівняння руху гравіметра, що, на відміну од відомих, містить коефіцієнти, що враховують зсув центра мас від осі обертання; розроблено алгоритм і програму розрахунку на ЦОМ;
- підтверджено основні висновки, зроблені в аналітичному дослідженні: наявність перехресних і кутових збурювань викликає появу коливань з частотою $\dot{\gamma}$ на фоні корисного сигналу, що можуть бути відфільтровані; збільшення амплітуди вхідного сигналу викликає пропорційне збільшення кута відхилення ротора; найбільш небезпечним, з точки зору можливості виникнення резонансу і втрати стійкості, є випадок збігу частоти збурювання з частотою власних коливань;
- визначено вплив власних параметрів динамічно настроюваного гравіметра ζ і k на його поведінку.

Ключові слова: гравіметр.

УДК 621.317

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНО НАСТРОЮВАНОГО ГРАВІМЕТРА

*Безвесільна О.М., Нечай С.О., Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

В рамках конверсії перспективним є використання високопрецизійних приладів систем управління ракет і літаків по іншому призначенню, наприклад – для розвідки корисних копалин за допомогою авіаційної гравіметричної системи (АГС).

Одним з найбільш перспективних для використання в АГС є модифікований динамічно настроюваний гравіметр (ДНГ), сконструйований на основі динамічно настроюваного гіроскопа. Але такий гравіметр не є дослідженим ні в динамічних, ні в статичних умовах.

Тому актуальною є задача експериментальних досліджень динамічно настроюваного гравіметра в динамічних і статичних умовах. Мета роботи – провести дослідження ДНГ в динамічних і статичних умовах та порівняти результати експериментів з результатами аналітичних досліджень.

На першому етапі випробування ДНГ проводились в статичному режимі. Різні значення прискорення сили ваги вздовж осі чутливості гравіметра задавались методом нахилу. При цьому визначався масштабний коефіцієнт каналу вимірювання. Випробування проводились при різних значеннях маятниковості m_l у діапазоні $(1-5) \cdot 10^{-7}$ кг·м (регулювались балансувальними важелями). Вимірювальна інформація знімалась у вигляді амплітуди вихідної напруги на вимірювальному приладі та осцилографі.

Серії вимірювань, проведених у різний час, показали добру повторюваність результатів. Аналіз отриманих даних показав, що вихідний сигнал гравіметра збільшувався пропорційно збільшенню прискорення вздовж осі чутливості та збільшенню маятниковості.

На другому етапі випробування ДНГ проводились у динамічному режимі. Вісь чутливості гравіметра встановлювалась по вертикалі місця. Таким чином створювалось постійне прискорення уздовж осі чутливості, рівне прискоренню сили ваги в даному місці Землі. За допомогою вібростенда задавались коливання у діапазоні частот 5 – 200 Гц та амплітуд віброприскорень від 0,1 g до 2 g. Маятниковість при цьому дорівнювала $1 \cdot 10^{-6}$ кг·м. Найбільше значення вихідний сигнал мав при частотах 10–20 Гц (близьких до частоти власних коливань системи); зі збільшенням частоти коливань амплітуда вихідного сигналу зменшувалась.

Результати експериментів цілком співпадають з висновками, отриманими авторами при аналітичному дослідженні поведінки ДНГ.

Ключові слова: гравіметр; авіаційна гравіметрична система.

УДК 620.1.08

СИСТЕМИ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ДЛЯ НЕВЕЛИКИХ ПРИМІЩЕНЬ

*Гераїмчук М.Д., Бабец В.В., Васильченко Л.П., Національний технічний університет
України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

Однією з невід’ємних сторін розвитку суспільства став антропогенний вплив на природу, який в багатьох випадках має негативний характер.

Внаслідок цього виникла необхідність проведення моніторингу, який передбачає спостереження за змінами стану середовища, прогнозування розвитку цих змін, виробку відповідних дій.

Організація моніторингу повинна вирішувати як локальні задачі спостереження за станом окремих екосистем або їх фрагментів, так і задачі планетарного порядку. Таким чином, екологічний моніторинг повинен відбуватись на різних рівнях: глобальному, національному, регіональному, локальному.

На локальному рівні виникає необхідність створення систем екологічного моніторингу для невеликих приміщень. Бо, як відомо, інтенсивна дія різних факторів оточуючого середовища (температури, вологості, атмосферного тиску і т. д.) буде визначати ефективність відпочинку та праці, зміцнювати або негативно впливати на здоров'я конкретної людини в конкретному місці.

На даний час відомі великогабаритні та дорогі автоматизовані системи контролю, які вирішують задачі лише інспекції по вузькому колу параметрів оточуючого середовища.

Таким чином представляється дуже актуальним створення малогабаритної автоматизованої системи контролю, яка б дозволяла реєструвати ті чи інші параметри навколишнього середовища, слідкувати за їх зміною та спеціальним сигналом попереджувати про небезпеку для життя та здоров'я людини.

В роботі розглядається можливість створення таких систем.

Система призначена для встановлення як в приміщеннях житлових будинків так і промислових підприємств та офісах, медичних установах, застосовується для контролю метеорологічних параметрів (температури, вологості, тиску) та концентрації газів небезпечних для життя людини Система моніторингу багатофункціональна, оперативна (швидкодіюча), легко збираєма та демонтуєма, має невеликі габарити та вагу, мале енергоспоживання, а також невисоку вартість.

В залежності від місця встановлення та за бажанням замовника в системі можуть бути замінені або добавлені датчики та чутливі елементи. Рішення конкретної задачі (необхідний набір параметрів, що контролюються) моніторингу повітряного середовища певної споруди досягається шляхом простої заміни одних сенсорів і чіпа ПЗУ в модулі на інші.

Система побудована на базі мікроконтролера фірми ATMEL Atmega8L. Як індикацію використовують світлодіоди і звукову сирену. Мається можливість комутації зовнішніх пристроїв, наприклад могутньої сирени, клапанів, що перекривають газ, електричних вентиляторів і інших. Електричне живлення пристрою передбачається від промислової мережі перемінного струму. Система призначена для експлуатації при температурі навколишнього середовища від -10°C до $+40^{\circ}\text{C}$.

Працездатність усього пристрою забезпечується програмою, написаною мовою C++ і визначає порядок і правила роботи вузлів і систем приладу.

В якості датчиків використовуються датчики фірми Figaro.

Ключові слова: система, моніторинг, система екологічного моніторингу.

УДК 621.317

ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМУ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МЕХАТРОННИХ СИСТЕМ

Івахів О., Козут Р., Мантошко М., Марець Б., Національний університет

Мехатронна система поєднує в собі дві функційні частини, а саме: механічну (здебільшого це прецизійний виконавчий електромеханічний вузол) та інформаційно-вимірювальну структуру, покликану спілкуватися з об'єктом вимірювання через сукупність своїх сенсорів та формувати за вимірювальною інформацією відповідні стимулюючі дії на виконавчий механізм. Якщо потреби вимірювального експерименту апріорно точно визначені для кожного з етапів роботи об'єкта, тоді в засобах з часовим розділенням каналів та регулярним опитуванням джерел вимірювальної інформації набір програм опитування чітко означений, кожна з програм здебільшого орієнтована на задоволення частотних властивостей сукупності джерел об'єкта вимірювання, такт підсистеми інформаційного забезпечення визначається за теоремою Найквіста-Котельнікова. Підсистема є інформаційно ефективною лише при співпадінні реального стану об'єкта з апріорно очікуваним, і в цьому випадку часто використовуються програмовані системи, які в межах кожної з програм працюють як звичайні регулярні, а перехід до іншої програми здійснюється за таймером чи за зовнішніми командами. Такі засоби при точно відомих моментах зміни етапів роботи об'єкта дещо зменшують семантичну надмірність сукупності джерел, оптимізуючи формати програм опитування.

При апріорній невизначеності моментів зміни цих етапів ефективність таких підсистем зменшується, а тому доцільне адаптивне формування команд на зміну програм опитування за результатами аналізу поточної ситуації. Аналізувати поточну ситуацію на об'єкта вимірювання можливо, відслідковуючи поточну поведінку суми квадратів похибок дискретизування сукупності джерел або суми квадратів відхилень реальної кількості проявів активності джерела від встановленої поточною програмою опитування.

З певною довірчою ймовірністю на підставі порівняння одержаної оцінки з вибраним пороговим значенням формується висновок щодо відповідності поточної програми опитування реальній ситуації на об'єкті. Реальну активність сукупності джерел об'єкта вимірювання протягом інтервалу аналізування можна оцінювати з використанням поліноміальних прогнозерів чи адаптивного комутування.

Проведено імітаційне моделювання різних комбінацій оцінювання поточної поведінки об'єкта та видів аналізування, сформовано рекомендації щодо їх застосування.

Ключові слова: адаптування, багатопрограмний, симулювання, система, теорія.

УДК 681.121.4

СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ ТІЛА ОБТІКАННЯ З ПОТОКОМ СИПУЧОЇ РЕЧОВИНИ

В теперішній час існує проблема економії природних ресурсів, сільськогосподарських продуктів та виробів промисловості. Тому важливе місце в сучасному житті займає витратометрія. Необхідно покращити характеристики існуючих приладів та розробити нові типи.

Зараз існують такі типи витратомірів сипучої речовини: неперервної дії і дискретної дії. Неперервної дії діляться на масові(стрічкові, шнекові, відцентровані, лоткові і вібрототкові, крильчасті, пелюсткові та інші) та об’ємні(гамма-променеві, гвинтові, лопатні, міточні та інші). Розглядається більш докладна класифікація витратомірів сипучих продуктів.

Деякі типи витратомірів сипучих речовин мають в своєму складі тіла обтікання які контактують з потоком сипучої речовини. Для вивчення взаємодії різних тіл обтікання з потоком сипучої речовини був спроектований і виготовлений стенд, що розглядається.

Стенд складається з рухомої платформи, що рухається по направляючим за допомогою електродвигуна, кронштейна, на якому кріпиться чутливий елемент; до чутливого елемента прикріплюються різноманітні тіла обтікання. На платформу насипається шар сипучої речовини. При русі платформи тіло обтікання взаємодіє з шаром речовини спричинюючи деформацію чутливого елемента. Деформація перетворюється за допомогою мостового вимірювального ланцюга сформованого з чотирьох робочих тензорезисторів. Особливістю стенду є те що інформативний сигнал з тензорезисторів подається на мікроконтролер який підключений до персонального комп’ютера і в послідовному оброблюється за допомогою програмних пакетів(наприклад Lab View). Вихідний сигнал цього типу перетворювача пропорційний масовій витраті сипучої речовини.

За допомогою стенда досліджуються параметри взаємодії різноманітних тіл обтікання з потоком речовини при різних швидкостях потоку, формах поверхні тіла обтікання, типу речовини, динамічні характеристики тощо.

На стенді планується провести послідовність експериментів по дослідженню залежностей між вищезгаданими параметрами та вихідним сигналом. Мета проведення експериментів полягає в отриманні результатів які можуть бути використані при розробці різних приладів та пристроїв в галузях сільськогосподарства, харчової та вугледобувної промисловостей тощо.

Ключові слова: стенд, вимір витрат, сипучі речовини.

УДК 681.2

ЕВОЛЮЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО ПРОЕКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ

ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

*Підгорний О.В., Трембовецька Р.В., Черкаський державний технологічний університет
м. Черкаси, Україна*

Штучні нейронні мережі усе ширше застосовуються в різних галузях обробки інформації, в тому числі і в задачах проектування. При створенні інформаційно-вимірювальних комплексів для дослідження електромеханічних перетворювачів вирішуються питання проектування контрольно-вимірювальної апаратури, яка б мала можливість узгодження з обчислювальними пристроями різного призначення.

До складу інформаційно-вимірювальних комплексів входять первинні вимірювальні перетворювачі та вимірювальні прилади для вимірювання та контролю параметрів різної фізичної природи. Серед яких можна виділити групу спеціального призначення побудованих по схемі “первинний перетворювач-вторинний прилад-пристрій узгодження”.

Тому актуальним є розробка нових методів комп’ютерного та автоматизованого проектування контрольно-вимірювальної апаратури для дослідження електромеханічних перетворювачів.

Відомо, що штучні нейронні мережі мають можливість паралельної обробки інформації та необхідну швидкість отримання результатів обчислень.

В біологічних системах вимірювальний пристрій представляє собою сукупність нейронів-детекторів, що відповідає своїм збудженням на визначений рівень відповідного сигналу. Вихідний сигнал нейронів-детекторів оброблюється командним нейроном, котрий виробляє необхідний сигнал, який відповідає поточній ситуації. Технічним аналогом нейронів-детекторів біологічних систем може служити аналого-цифровий перетворювач, який здійснює квантування вимірюваного сигналу по рівню.

Розглядається задача проектування контрольно-вимірювальної апаратури для дослідження електромеханічних перетворювачів з використанням методів комп’ютерного моделювання на основі еволюційного підходу. Наприклад, використання генетичного алгоритму при виборі структурних характеристик в відсутності точно заданих значень параметрів.

Для вирішення поставленої задачі розроблена структурна схема інформаційно-вимірювального комплексу для дослідження електромеханічних перетворювачів, наприклад, п’єзоелектричного мікродвигуна. Авторами, також розробляється необхідне програмне забезпечення в середовищі MatLab.

Ключові слова: інформаційно-вимірювальний комплекс, штучна нейронна мережа, генетичний алгоритм.

УДК 528.541.4(088.8)

СИСТЕМА ВЕРТИКАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ КООРДИНАТ

ТОЧЕК С ЖИДКОСТНЫМ СТАБИЛИЗАТОРОМ ПОДВЕСНОГО ТИПА

*Сафарян В.А., Киевский институт менеджмента и информационных технологий при
Национальном авиационном университете, г. Киев, Украина*

Для сохранения потенциальных возможностей оптических приборов работающих в условиях подвижного, или не достаточно устойчивого основания используются, так называемые компенсаторы-стабилизаторы оптического изображения.

В частности все современные высокоточные геодезические приборы снабжаются ими для сохранения стабильности положения визирной линии в процессе измерения. Чувствительность современных стабилизаторов настолько высока, что они позволяют исключить влияние не только внешних воздействующих факторов, но и факторов обусловленных погрешностями изготовления деталей и узлов самой измерительной системы.

Разработан экспериментальный образец лазерной системы геометрического контроля ЛаСК-1. Система может быть использована при строительстве высотных объектов и позволяет нивелировать поверхности горизонтально сканирующим лучом и передавать координаты точек с нижнего уровня на верхний, путём вертикального проектирования лазерной или визирной линии.

Особенностью системы ЛаСК-1 является примененный в нём жидкостный стабилизатор подвешенного типа, который позволил повысить точность стабилизации в 1.5-2 раза, по сравнению со стабилизаторами жидкостного типа имеющие жёстко скреплённые сосуды в корпусе прибора, это позволило расширить пределы компенсации стабилизатора, повысить точность проектирования координат точек. Случайная составляющая погрешность компенсации составила $m_k=0.25''$, систематическая погрешность $\sigma_k=2.4''$ на $\pm 10'$ наклона прибора.

Исследования прибора позволили определить её относительную среднеквадратическую погрешность $1/T=M_{в.п.}/H=1/75000$ и классифицировать прибор как “Технический”. Класс прибора можно повысить, изменив увеличение его оптической системы с 20^x до 30^x . Масса прибора с лазером ЛГН-207Б и блоком питания, не более 6.6 кг. Габаритные размеры (320×170×260).

Ключевые слова: погрешность, прибор, компенсаторы-стабилизаторы.

УДК 621.396.001

ТЕПЛОВА МОДЕЛЬ ВИПРОМІНЮВАЧА ЗВУКУ ДИНАМІЧНОГО ТИПУ

*Чеховський С.А., Ващишак С.П., Піндус Н.М., Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна*

Дослідження в прикладній електроакустиці здебільшого направлені на

удосконалення конструкції динамічних випромінювачів звуку (ВЗ), які б привели до підвищення коефіцієнта корисної дії (ККД) та потужності, розширення діаграми направленості, розширення смуги відтворення в область низьких частот, покращення рівномірності амплітудно-частотної (АЧХ) та фазочастотної (ФЧХ) характеристик.

Нами встановлено на ККД та рівень вихідного звукового тиску найсуттєвіший вплив має температура звукової котушки. Для того, щоб дослідити АЧХ, ФЧХ, та інші параметри ВЗ, доцільним є побудова математичних моделей динамічних випромінювачів звуку.

Метою такого математичного моделювання ВЗ даного типу є визначення характеру розподілу температур в об’ємі повітряного зазору звукової котушки (ЗК). При цьому досліджувався вплив конструктивних параметрів ЗК на процес теплопередачі з метою вибору такого варіанту конструкції, який забезпечує мінімальний її нагрів.

Для математичного моделювання теплових характеристик випромінювача звуку застосовано апарат електроакустичних аналогій.

Моделювання теплофізичних процесів при роботі випромінювача звуку динамічного типу здійснено на основі схеми заміщення теплових потоків, яка дозволила аналітично дослідити теплові та енергетичні характеристики випромінювачів, зокрема рух теплових потоків в зазорі між звуковою котушкою і магнітом. Для цього елемента випромінювача отримана система рівнянь, яка характеризує вказані теплові характеристики.

Для розробки конструкції ВЗ з мінімальними тепловими втратами здійснено перехід від рівнянь математичної моделі до реальних елементів конструкції. З цією метою побудована еквівалентна тепла схема електродинамічного випромінювача звуку, в основі якої лежить подібність між рівняннями, що описують коливні явища різної фізичної природи – механічні і електричні.

Ключові слова: математична модель, випромінювач звуку, температура.

УДК 535.5:621.38

ЗАСОБИ МОДУЛЯЦІЇ ПОЛЯРИЗОВАНОГО СВІТЛА В АСТРОНОМІЧНІЙ АПАРАТУРІ

¹⁾Відьмаченко А.П., ¹⁾Неводовський Є.П., ¹⁾Неводовський П.В., ²⁾Гераїмчук М.Д.,
²⁾Дубинець В.І., ²⁾Петренко С.Ф., ¹⁾Головна астрономічна обсерваторія НАН України,
м. Київ, Україна, ²⁾Національний технічний університет України “Київський політехнічний
інститут”, м. Київ, Україна

Фотометрія, спектрометрія та поляриметрія є основними способами досліджень небесних тіл в астрономії. Поляризаційний метод серед них є найбільш інформативним, але і найскладнішим щодо його реалізації.

Приймачі світла в оптичному діапазоні чутливі лише до змін інтенсивності досліджуваного потоку і не реагують на стан його поляризації. З іншого боку, стан поляризації потоку світла повністю описується набором чотирьох параметрів Стокса, які залежать від його інтенсивності. Тому всі поляриметри базуються на відповідному перетворенні вектора Стокса. Для таких перетворень використовуються поляризаційні модулятори світла, які змінюють поляризаційну залежність інтенсивності досліджуваного випромінювання з часом.

Принципово поляризаційні модулятори, в залежності від способу управління ними, можна поділити на ті, в яких електричний сигнал змінює оптичні параметри середовища, та в яких оптичні параметри змінюються за допомогою механічної переорієнтації оптичного елемента.

Найбільш простим та розповсюдженим є модулятор, який складається з двох поляроїдних елементів один з яких нерухомий, а інший обертається відносно першого. При цьому вимірювання проводяться, або у вибраний з великою точністю момент часу, або коли один із поляриметричних елементів повертається відносно нерухомого і установлюється з точністю у декілька кутових хвилин на заданому куті повороту. Недоліки цих методів ґрунтуються на труднощах забезпечення високої точності прив'язки по часу у першому випадку, і позиційної установки по куту у другому.

В роботі розглянуто основні схеми, типи і конструкції поворотних приводів, які використовуються при розробці поляризаційних модуляторів. Зважаючи на необхідну точність вимірів поляризації зроблено висновок про перспективність використання п'єзодвигунів з порожнинним ротором при конструюванні поляризаційних модуляторів.

Ключові слова: поляризація, модулятори світла, п'єзодвигун.

УДК 621.382.049.77

ЦИФРОВОЙ СЛЕДЯЩИЙ ПРИВОД НА ОСНОВЕ ЦСП TMS320F243

*Панасюк А.В., Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина*

Платформа цифровых сигнальных процессоров (ЦСП) серии TMS320C24x фирмы Texas Instruments представлена семейством недорогих 16-разрядных DSP-процессоров, предназначенных для применения, прежде всего в цифровых системах управления оборудованием, электродвигателями и т.п. Реализация на одном кристалле функции высокопроизводительного ЦСП и специализированного управляющего микроконтроллера, а также наличие встроенного 10-разрядного АЦП, 16х16 умножителя, высокоскоростных CAN, SPI и SCI интерфейсов с портами параллельного ввода-вывода позволило существенно расширить его функциональные возможности и область его применения. Оптимизированный микроконтроллерный блок управления ЦСП

обеспечивает все функции по организации ШИМ и ввода-вывода для управления всеми типами электродвигателей, что и предопределило его применение в разрабатываемой системе управления приводом.

В состав системы управления приводом, помимо исполнительного элемента двигателя, входят также сервоусилитель на базе мощных коммутирующих инверторов, который управляется оценочным модулем на основе вышеупомянутого ЦСП TMS320F243.

Основные задачи ЦСП в системе управления приводом:

- Запуск, останов, инвертирование направления вращения двигателя;
- Контроль скорости вращения;
- Контроль точности перемещения выходного вала привода;
- Фильтрация аналоговых управляющих сигналов;
- Контроль тока, потребляемого обмотками двигателя.

Изготовлен и представлен действующий макет привода.

Ключевые слова: ЦСП, электродвигатель, цифровое управление, следящий привод.

УДК 621.383

РЕАЛИЗАЦИЯ КОНЦЕПЦИИ СКВОЗНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В CAD/CAM/TDM ADEM

*Табак В.З., Национальный технический университет Украины «Киевский
политехнический институт», г. Киев, Украина*

CAD/CAM/TDM ADEM – интегрированная система, условно разделенная на три основных модуля: ADEM CAD (конструкторская часть), ADEM CAM (технологическая часть – подготовка управляющих программ) и ADEM TDM (подготовка полных комплектов конструкторской и технологической документации).

Модуль ADEM CAD является частью интегрированной системы, созданной как инструмент конструктора-проектанта, работающего с нечеткой геометрией, когда конечный вид изделия формируется непосредственно в ходе работы над проектом. Этим определяются характерные особенности идеологии проектирования и создания конструкторской документации, заложенные в систему. В отличие от большинства обычных систем для создания чертежей, работа в ADEM основывается на создании интеллектуальных комплексных элементов, обладающих рядом параметрически управляемых свойств.

Система объединяет в едином конструкторском пространстве все известные методы геометрического проектирования: плоское двумерное моделирование; черчение и оформление конструкторской документации; твердотельное пространственное моделирование; поверхностное моделирование; подготовка

геометрической модели для механообработки, включая автоматический пересчет размеров на середину ширины поля допуска.

Модуль ADEM CAM является частью интегрированной системы и включает ряд подсистем, совместно функционирующих в едином технологическом пространстве:

- подготовка управляющих программ (УП) с использованием любых видов геометрических данных, плоских эскизов, чертежей, поверхностей, твердых тел и их комбинаций;
- полная ассоциативность геометрической и технологической моделей, автоматическое отслеживание в УП изменений, внесенных конструктором;
- динамическое моделирование процесса обработки с возможностью задания сложной заготовки (штамповка, литье) и сравнения результата обработки с математической моделью;
- генерация постпроцессоров для всех типов стоек с ЧПУ при помощи модуля ADEM GPP;
- библиотека готовых постпроцессоров (более 200 наименований) для большинства российских и зарубежных стоек с ЧПУ, возможность доработки и корректировки постпроцессоров;
- листопробивка с параметрами вибровысечки, контролем остаточного припуска, нахлеста, выхода перед и после;
- электроэрозия 2- и 4-координатная, коррекция подачи в углах и контроль величины недореза с последующей доработкой после перезахвата;
- токарная обработка по схемам: черновое, предварительное, смещенное, прорезка, контурное, черновая прорезка;
- формирование переходов точить, расточить, отрезать, подрезать, нарезать резьбу (токарный);
- задание токарных переходов с моделированием объемов управляемого припуска для каждого перехода;
- создание собственной библиотеки токарных резцов с точным моделированием режущей кромки и заданием настроечной точки;

Модуль ADEM TDM является частью интегрированной системы и предназначен для автоматического формирования комплектов конструкторской и технологической документации в формате, определяемом пользователем:

- разработка и оформление конструкторской документации: чертеж, спецификация, пояснительная записка и т.д.;
- разработка и оформление технической документации: технологических процессов, карт наладки, ведомости материалов, ведомости оснастки и т.д.;
- специализированный технологический язык, позволяющий реализовать любые прикладные алгоритмы: заполнение выходных форм, организация поиска в базе данных, расчет режимов резания, нормирование и т.д. Язык имеет как стандартные операторы (операторы присваивания, сравнения, организации

циклов и др.), так и специализированные (операторы работы с базами данных, форматирования, загрузки эскизов и др.);

- выходные формы и карты любой конфигурации: в соответствии с ЕСКД, ЕСТД, стандартом предприятия и др. Подготовка карт осуществляется в модуле ADEM CAD;

- нормативно-справочная информация хранится в таблицах базы данных; Структура таблиц не ограничивается ADEM TDM, поэтому можно использовать как вновь созданные таблицы базы данных, так и уже существующие на предприятии. Имеется возможность формировать SQL-запросы к базам данных, разработанных с помощью СУБД различного типа: FoxPro, MS Access, Paradox и др.;

- возможность обмена информацией с другими системами через текстовый файл.

Благодаря вышеперечисленным возможностям ADEM используется для массового оснащения машино- и приборостроительных предприятий на основных и подготовительных этапах проектирования и производства и рекомендован для подготовки специалистов на кафедре приборостроения в Национальном техническом университете Украины «КПИ».

Ключевые слова: CAD, CAM, TDM, проектирование, производство, компьютер, прибор.

УДК 621.383

КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ВАЛА И ВАЛА-ШЕСТЕРНИ В СРЕДЕ MECHANICAL DESKTOP POWER PACK

*Табак В.З., Национальный технический университет Украины «Киевский
политехнический институт», г. Киев, Украина*

Программная среда Mechanical Desktop Power Pack обеспечивает возможность конструирования и расчета валов и валов-шестерен при помощи модуля проектирования валов, который служит для проектирования тел вращения (осей и валов). Процесс проектирования происходит путем последовательного дополнения участков валов и осей слева направо, причем в любом месте вала можно добавить, удалить или изменить его часть. Для начала проектирования из меню либо из командной строки вызывают модуль проектирования валов, определяют начало и конец вала, после чего в окне Shaft generator создают конструкцию вала из прямоугольных, конических, резьбовых, шлицевых и цилиндрических участков, а также участков под ключ и с шестерней, которая изготавливается заодно с валом. В возможности модуля входит снятие фасок на торцевых участках вала, прорезание канавок, галтельное сопряжение соседних участков, штриховка, разрыв и сечение вала в указанной зоне. При создании шлицевых и резьбовых участков вала обеспечен

выбор профиля с учетом требований ГОСТ 1139-80 и ГОСТ 180-75. После окончания проектирования вала окно Shaft generator закрывают, а спроектированный вал сохраняют в требуемом каталоге.

Построенный с помощью модуля проектирования валов вал, вал-шестерню или любой другой симметричный контур, может быть рассчитан в Mechanical Desktop Power Pack с целью определения нагрузок на подшипник, шестерню и тело вала. Для выполнения расчета вызывают модуль Shaft calculation, указывают местоположение неподвижных или подвижных опор, места приложения точечных, распределенных сил или крутящих моментов и получают эпюры изгибающих моментов относительно осей Y и Z, прогибов относительно этих же осей, крутящего момента относительно оси X и угла закручивания относительно той же оси. Численными результатами, отображаемыми в виде таблицы, являются запас прочности, предел текучести, модуль Юнга, материал, максимальный прогиб в точке, максимальный изгибающий момент в точке, максимальный крутящий момент в точке, максимальный угол закручивания в точке, максимальное эквивалентное напряжение в точке.

Проектирование валов и валов-шестерен приборов в среде Mechanical Desktop Power Pack внедрено в учебный процесс кафедры приборостроения Национального технического университета Украины “КПИ” в курсах учебных дисциплин Системы САЕ/CAD/CAM и Конструирование элементов приборов в системе Автокад.

Ключевые слова: вал, вал-шестерня, проектирование, прибор.

УДК 621.383

СОВМЕСТНАЯ РАБОТА НАД ПРОЕКТОМ В AUTODESK INVENTOR

Табак В.З., Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

При создании проектно-конструкторской документации наиболее эффективной представляется совместная работа группы конструкторов над проектом. Для обеспечения такой работы с использованием программной среды Autodesk Inventor, компьютеры членов рабочей группы объединяют в сеть, а файлы проекта делают доступными для всех членов группы. Для этого на объединенных сетью компьютерах членов рабочей группы определяют набор рабочих каталогов для хранения файлов проекта, а связь разработчиков организуют используя программу Microsoft NetMeeting.

Для проекта необходимы четыре набора рабочих каталогов, описание которых заносится в файл путей проекта:

Workspace (Путь рабочего каталога). Каталог на каждом компьютере, используемый в качестве индивидуального рабочего каталога, в котором конструктор сохраняет новые файлы по умолчанию.

Local Search Paths (Пути локального поиска). Каталоги локального комп'ютера, доступні тільки конструктору-власнику комп'ютера.

Workgroup Search Paths (Пути поиска для робочих груп). Каталоги мережних комп'ютерів, доступні для всіх конструкторів робочої групи.

Library Search Paths (Пути поиска библиотек). Каталоги мережних комп'ютерів, в яких розміщуються стандартні бібліотечні деталі.

Після того як на кожному комп'ютері мережі створені каталоги для зберігання файлів проекту, визначають наступні права доступу членів робочої групи до цих каталогів: Workspace на кожному локальному комп'ютері (заборона загального доступу), Local Search Paths (повний доступ для обраних конструкторів), Workgroup Search Paths (повний доступ для всіх конструкторів), Library Search Paths (повний доступ для конструкторів-учасників бібліотеки і тільки читання для інших конструкторів групи).

Для спільної роботи в Autodesk Inventor вибирають інструмент Add Participant (Додати учасника). На екрані першого конструктора з'явиться пропозиція почекати відповідь. На екрані другого конструктора з'явиться запрошення прийняти участь в спільній роботі. Якщо запрошення приймається (Асепт), то далі один з учасників приймає на себе управління робочим сеансом вибором команди Request Control (Управління запитом) з меню Control (Управління). В цьому випадку другий з учасників передає управління, клікаючи по кнопці Асепт. В подальшому на екрані другого учасника відображаються результати діяльності першого до того моменту, поки перший не завершить роботу вибором команди Release Control (Передача управління) з меню Control.

Ключові слова: комп'ютер, мережа, проектування, прилад.

УДК 534.232.4

ПРОСТОРОВА ЕНЕРГОСИЛОВА СТРУКТУРА П'ЄЗОПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

*Шарапов В.М., Мусієнко М.П., Державний технологічний університет, м. Черкаси,
Україна, (тел. 0472/432349, e-mail: sharapov@mail.chiti.uch.net)*

У гідро- та електроакустиці, вимірювальній та випробувальній техніці широке застосування знайшли п'єзокерамічні перетворювачі (ПП).

Просторова енергосилова структура ПП може бути описана трьома векторами – вектором поляризації P , вектором діючої на п'єзоелемент сили F , а також вектором напруженості електричного поля вихідного сигналу E .

Традиційні ПП, в яких усі три вектори паралельні (рис.1,а), є коливальними системами з високою добротністю та вузьким робочим діапазоном частот (рис.1,б). Якщо залишити вектор поляризації P незмінним, а напрямки двох інших змінювати, то можна одержати 9 комбінацій взаємного розташування векторів. Наприклад, якщо вектор F перпендикулярний векторам P та E , то такий

перетворювач називають поперечним (рис.1,в,г). Якщо вектор E перпендикулярний векторам P та F (рис.1,д), то такий перетворювач буде являти собою диференційний ланцюг з інерційними властивостями та широким робочим діапазоном частот (рис.1,е). Він був названий авторами доменно-дисипативним ПП. Якщо вектори E та F перпендикулярні вектору P (рис.1,ж), то такий перетворювач названий поперечним доменно-дисипативним ПП. Він має найбільшу лінійність АЧХ та найширший робочий діапазон частот (рис.1,з).

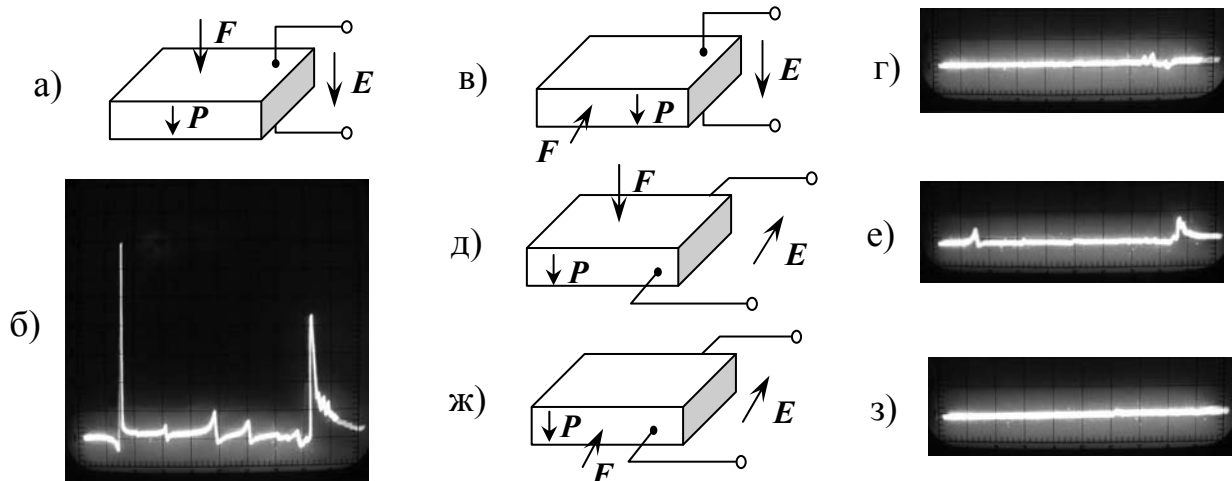


Рисунок 1. Типи ПП та їх амплітудно-частотні характеристики (АЧХ):
а – традиційний та його АЧХ (д); б – поперечний та його АЧХ (е); в –
доменно-дисипативний та його АЧХ (ж); г – поперечний доменно-
дисипативний та його АЧХ (з)

Таким чином, підбираючи напрямки векторів P , F та E , з одного п'єзоелемента можна синтезувати 27(!) варіантів ПП із принципово відмінними властивостями.

За результатами розробки отримано більш 10 патентів України.

Ключові слова: п'єзоперетворювач, вектори поляризації, сили та електричного поля вихідного сигналу.

УДК 681.2.084

ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИЙ ТЕНЗОРЕЗИСТОРНИЙ ВИМІРЮВАЛЬНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ СИЛИ

Корнева Ю.О., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Нижче висвітлюються окремі положення щодо створення високотемпературного тензорезисторного вимірювального перетворювача сили класу точності 0,1 з верхньою межею робочих температур 200°C. Створення перетворювача такого типу є актуальним, адже на теперішній час на металургійних підприємствах застосовуються перетворювачі сили, які мають

дещо нижчий діапазон робочих температур або в яких використана система примусового охолодження перетворювача.

Для задоволення вимог що до точності вимірювання при діапазоні температур 20...200°C був проведений ретельний аналіз матеріалу пружного елемента перетворювача, адгезійного та тензочутливого матеріалів тензорезисторів.

Незалежність нормального модуля пружності (модуля Юнга) від температури була визначальною при виборі *матеріалу пружного елемента* високотемпературного перетворювача є його. Таку властивість мають так звані елінварні сплави, що відносяться до феромагнетиків. Відносна нечутливість модуля Юнга цих сплавів до температури обумовлена явищем магнітострикції, що спостерігається при температурах нижче температури Кюрі. Для перетворювача з робочою температурою до 200°C було вибрано сплав 44НХТЮ, температура Кюрі якого є вищою за верхню межу робочого діапазону температур.

Властивості *адгезійного матеріалу* мають значний вплив на властивості тензорезистора, тому для забезпечення сталості коефіцієнту тензочутливості і відтворюваності вимірювальних характеристик при підвищенні температури необхідно проводити термічну обробку наклеєних тензорезисторів для остаточної полімеризації адгезиву. Причому температура полімеризації повинна перевищувати максимальну робочу температуру на 20-80°C. Такий вимозі задовольняє клей ВС-350, температура полімеризації якого 350°C.

В якості *тензочутливого матеріалу* тензорезисторів було вибрано константан, що зберігає задовільні метрологічні характеристики у необхідному діапазоні температур.

Для корекції температурних змін в початковому та робочому коефіцієнтах передачі перетворювача до мостової схеми з чотирма робочими тензорезисторами були включені мідні термозалежні опори.

Ключові слова: вимірювання, перетворювач, тензорезистор, сила, температура.

УДК 621.52

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ЧИСЛА ПОВТОРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ НА СОРТИРОВОЧНЫХ УСТРОЙСТВАХ ПРИ СЕЛЕКТИВНОЙ СБОРКЕ

Копп В.Я., Скидан А.А., Филипович О.В., Балакин А.И., Севастопольский национальный технический университет, г.Севастополь, Украина

Одним из основных этапов селективной сборки является сортировка, включающая в себя контроль параметров деталей и разбивку их на селективные группы. Априорной информацией является значение предельной погрешности средства измерения, приводящееся для всего диапазона измерений в паспортных данных. Влиять на точность измерений без изменения конструкции

прибора можно, изменяя число повторных измерений, что приводит к изменению дисперсии результата измерений, но снижает производительность выпуска продукции. Поэтому число измерений, а значит и объем снимаемой информации должен быть минимально необходимым для требуемой точности измерений.

Предлагается увеличить объем априорной информации, что позволит упростить выбор минимально необходимого числа повторных измерений, и, следовательно, повысить производительность процесса. Если протестировать измерительный прибор и определить дисперсию его погрешности измерений, а также выделить часть дисперсии, приходящуюся на наиболее важный интервал, то можно значительно снизить априорную энтропию.

При заданной доверительной вероятности качества измерений необходимое значение дисперсии может быть определено только на основе известного закона распределения случайной величины (СВ). СВ, которой является погрешность измерения при n повторах является композицией n одинаковых СВ, плотность распределения которых определяется как свертка n -го порядка этих величин, что делает задачу крайне сложной. Поэтому предложено оценивать верхнюю границу (наихудшее значение) на основе максимума дифференциальной энтропии.

Задача ставится следующим образом: определить максимум безусловной дифференциальной энтропии помехи (что определяет минимум информации необходимой для обеспечения требуемой точности измерений) при ограничениях на пределы изменения СВ, ее дисперсию, а также на часть дисперсии, приходящуюся на край диапазона, определяемый разработчиком.

Задача решается вариационным методом. При данной постановке плотность распределения получается разрывной. При необходимости для устранения разрыва вводится добавочное условие его отсутствия. Приводится специальный алгоритм определения множителей Лагранжа, сводящий задачу к одномерному поиску.

Предложенный метод позволяет получать требуемую точность результата измерений без конструктивных вмешательств в устройство прибора за счет оптимального выбора числа повторных измерений.

Ключевые слова: повторные измерения, доверительная вероятность, дифференциальная энтропия, вариационный метод, множители Лагранжа.