

СЕКЦІЯ 4
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, ТЕОРІЯ І ПРОЕКТУВАННЯ
СИСТЕМ ВИМІРЮВАННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЕЛИЧИН, МІКРО І
НАНОПРИСТРОЇВ

УДК 681.586.773

MODELLING OF PIEZOELECTRIC TRANSDUCERS FOR INDUSTRIAL
MONITORING

Bazilo C., Bondarenko M., Bondarenko Yu., Medianyuk V.
Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine
E-mail: maxxium23@gmail.com

Currently leading manufacturers of electronic components serially produced a rather extensive list of elements, in which various MEMS are included, such as various accelerometers, which are produced by millions of copies, resonators and electrical signals filters implemented on the their basis, transformers and other microminiature electromechanical systems [1].

MEMS produced by means of microsystem technology have much in common with conventional piezoelectric elements, i.e. not of microscopic size, which are made of piezoelectric ceramics. A distinctive feature between MEMS and conventional piezoelectric elements is a method of working surfaces covering by electrodes. In MEMS partial working surfaces covering by electrodes is usually used, when only part of the polarized ferroelectric surface is covered with a metal film. This method of covering by electrodes makes it possible to excite in volume of MEMS several types of elastic vibrations [2].

Currently, there are no reliable and valid methods of constructing of mathematical models of piezoelectric transducers for industrial monitoring, which could be used as a theoretical basis for calculating characteristics and parameters of this class of functional elements of modern piezoelectronics. In most papers the described methods of transducers simulation are mostly based on the use of equivalent electrical circuits and it does not allow analysing stress-strain state of solids with piezoelectric effects. The method of physical and mechanical constants of piezoceramic materials determination for industrial monitoring to obtain informative and reliable quantitative estimates of parameters of the physical condition of piezoelectric element is proposed by authors [3].

Manipulating the geometrical parameters of surfaces covering by electrodes, you can manage energy oscillatory processes in MEMS, i.e. create conditions where one type of oscillatory motions will dominate over the rest in amplitude of the elastic displacement vector of material particles. The final goal of mathematical modelling of vibrating piezoelectric elements is a qualitative and quantitative description of characteristics and parameters of existing electrical and elastic fields. It is clear that to obtain informative and reliable quantitative estimates of parameters of the physical

condition of piezoelectric element is not possible without reliable data on the values of the physical and mechanical constants of materials.

Keywords: piezoelectric element, partial covering, microelectromechanical structures, mathematical modelling.

References

- [1] V. Varadan, K. Vinoy, K. Jose, RF MEMS and their applications. *John Wiley & Sons Ltd*, 2002.
- [2] O. Petrishchev, C. Bazilo, et al. “Principles of calculation of piezoelectric elements with surfaces partial covering by electrodes”, *Visnyk of Cherkasy State Technological University*, 3, pp.47–55, 2014.
- [3] C. Bazilo, Yu. Bondarenko, et al. “Modelling of piezoelectric transducers for environmental monitoring” in *10th International Conference Environmental Engineering: electronic conference proceedings*, Vilnius, Lithuania, 2017.

УДК 677.005: 621.333.6

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ІНЖЕНЕРНОГО МЕТОДУ ПРОЕКТУВАННЯ ПРИВОДІВ ОВМ НА БАЗІ ЗУБЧАСТО-ВАЖІЛЬНИХ ПЛАНЕТАРНИХ МЕХАНІЗМІВ

Неймак В. С., Смутко С. В., Лісевич С. П.

Хмельницький національний університет, Хмельницький, Україна

E-mail: nejmakvit@gmail.com, svsmutko@gmail.com, lisevichsv@gmail.com

Для проектування приводів ОВМ на базі зубчасто-важільних планетарних механізмів обрано методику [1].

На першому етапі проектування необхідно вибрати структурну схему механізму, яка відтворює необхідну траєкторію руху робочого органу. Далі для обраної схеми потрібно прийняти параметри, що забезпечують вид та форму са-телітної кривої.

Для визначення загальної похибки механізму використано відому методику [2], що полягає у складанні математичної моделі механізму. У ній положення веденої ланки механізму S виражено як функцію параметрів, які можуть мати первинні похибки, наприклад: q_1 – координати ведучої ланки; q_2 – розміри ведучої ланки; q_3 – положення ланок; q_n – інші параметри.

$$S = f(q_1, q_2, \dots, q_n). \quad (1)$$

Якщо параметри q_1, q_2, \dots, q_n вважати змінними, а їх приріст (невеликі відхилення від номінальних значень) первинними похибками, то вираз повного диференціалу функції багатьох змінних має вигляд:

$$dS = \frac{\partial f}{\partial q_1} dq_1 + \frac{\partial f}{\partial q_2} dq_2 + \dots + \frac{\partial f}{\partial q_n} dq_n. \quad (2)$$

Вираз (2) можна представити як похибку положення веденої ланки (знак диференціалу замінюють знаком похибки), що є сумою декількох доданків – власних похибок:

$$\Delta S = \frac{\partial f}{\partial q_1} \Delta q_1 + \frac{\partial f}{\partial q_2} \Delta q_2 + \dots + \frac{\partial f}{\partial q_n} \Delta q_n, \quad (3)$$

де $\Delta q_1, \Delta q_2, \dots, \Delta q_n$ – первинні похибки параметрів q_1, q_2, \dots, q_n .

Величина власної похибки визначається величиною первинної похибки Δq параметра і коефіцієнта впливу (частинної похідної функції по параметру $\partial f / \partial q$).

Ключові слова: зубчасто-важільний планетарний механізм, похибка положення механізму.

Література

- [1] В. С. Карелин, *Проектирование рычажных и зубчато-рычажных механизмов: Справочник*. Москва: Машиностроение, 1986.
- [2] К. И. Заблонский, *Прикладная механика. Учеб. пособие для вузов*. Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1979.

УДК 621.382.3

ВЛАСТИВОСТІ ФОСФІДА ІНДІЯ ПРИ ІМПУЛЬСНОМУ РЕЖИМІ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ

Борс В. О., Саурова Т. А.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

E-mail: viva199798@gmail.com, t.a.saurowa@gmail.com

Проведено дослідження властивостей фосфіду індія при імпульсному режимі електричного поля; проаналізовано ефект «сплеску» дрейфової швидкості носіїв заряду.

З використанням релаксаційних рівнянь збереження імпульсу, енергії і концентрації виконано чисельний аналіз впливу параметрів імпульсу напруженості електричного поля на часовий і просторовий розподіл дрейфової швидкості. Для амплітуд прямокутного імпульсу характерних слабким і сильним полям з однаковим значенням дрейфової швидкості представлено графіки зміни дрейфової швидкості при стрибкоподібному збільшенні напруженості електричного поля, а також динаміки заселеності долин, електронної температури, часу релаксації імпульсу і енергії.

Показано, що стрибкоподібна зміна «сильного» електричного поля в фосфіді індію призводить до короткочасного «сплеску» швидкості дрейфу. З результатів чисельного експерименту отримано, що збільшення напруженості електричного поля призводить до збільшення пікових значень швидкості дрейфу, що супроводжується скороченням тривалості «сплеску».

Показано, що тривалість імпульса електричного поля не впливає на величину «сплеску» і швидкість дрейфу релаксаційних процесів.

Проведено теоретичне дослідження реакції на трапецеїдальний імпульс сильного електричного поля. Із результатів моделювання випливає, що збіль-

шення тривалості фронту імпульсу електричного поля призводить до зменшення пікових значень «сплеску».

Проведено порівняльний аналіз впливу балістичних ефектів на дрейфові процеси в фосфіді індія і арсеніді галія.

Результати чисельного моделювання розширюють інформацію про динамічні властивості фосфиду індія.

Ключові слова: фосфід індію, імпульсні властивості, ефект «сплеску» дрейфової швидкості.

Література

- [1] V. Moskaliuk, *Physics of Electron Processes. Dynamic Processes: Textbook*, Kyiv: Politehnika, 2004.
- [2] Физико-технический институт им. А.Ф.Иоффе Российской Академии Наук. [Электронный ресурс]. Доступно: <http://www.ioffe.ru/SVA/NSM/Semicond/InP/bandstr.html>
- [3] В. О. Москалюк, В. І. Тимофеев, А. В. Федяй, *Надшвидкодуючі прилади електроніки*. Київ: Політехніка, 2014.
- [4] М. Шур, *Современные приборы на основе арсенида галлия: Пер. с англ.* Москва: Мир, 1991.

УДК 681.121

ВПЛИВ ВНУТРІШНЬОЇ ПОВЕРХНІ МІРНОЇ ТРУБКИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛІВКОВОГО ВИТРАТОМІРА

Теплюх З. М., Ділай І. В., Парнета О. З., Кубара І.–Р. З.

Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна

E-mail: atxp2010@gmail.com, divlv@ukr.net, ozpatxp@ukr.net, kaffakaffa32@gmail.com

Мірна трубка (МТ) є основним елементом плівкового витратоміра, що визначає його метрологічні та експлуатаційні характеристики, зокрема точність та діапазон вимірювання. Основна її функція – набирання заданої положеннями фіксаторів дози газу з допомогою прошовхуваної газом рідинної плівки. При цьому плівка може рухатися вздовж МТ лише за наявності шару плівкоутворюючої рідини (ПР) на внутрішній поверхні МТ. Якість вимірювання витрати газу плівковим витратоміром суттєво залежить від властивостей ПР (поверхневий натяг, густина і в'язкість), від особливостей внутрішньої поверхні МТ (шорсткість, змочуваність), а також від часу існування плівки на внутрішній поверхні МТ.

З метою забезпечення стабільності шару ПР нами досліджено вплив матування внутрішньої поверхні МТ плівкового витратоміра на його метрологічні та експлуатаційні характеристики. Внутрішню поверхню МТ матували хімічним способом з допомогою плавикової (фтористоводневої) кислоти в суміші з фтористим натрієм.

Дослідження гладкої та матової МТ з метою їх порівняння полягало у вимірюванні електричного опору R шару ПР, що утворюється на внутрішній поверхні МТ витратоміра внаслідок її повного змочення. Як ПР використовували

ли водний розчин шампуню (1:10) (за об'ємом), а також розчин синтанолу в етиленгліколі (17 %). Довжина МТ витратоміра становила 390 мм, діаметр МТ становив 20 мм, температура середовища 18 °С. Збільшення електричного опору шару ПР на внутрішній поверхні МТ свідчило про зменшення товщини цього шару, тобто його висихання і стікання. Вимірювання електричного опору шару ПР на внутрішній поверхні гладкої та матової МТ показали, що матова поверхня забезпечує стабільність шару протягом часу, у декілька разів більшого, ніж гладка поверхня. Встановлено, що через 3 доби шар ПР всередині матової трубки залишився практично незмінним, а всередині гладкої трубки - повністю висох ($R = \infty$).

Обґрунтований вибір ПР та МТ з матовою внутрішньою поверхнею, застосування пристрою відведення плівок на виході трубки, автоматичних фіксаторів положення плівки, а також належне калібрування МТ забезпечує побудову високоточного плівкового витратоміра, придатного для аналітичних вимірювань (загальна похибка вимірювання може не перевищувати 0,1 %).

Ключові слова: плівковий витратомір, плівкоутворююча рідина, матування, змочуваність поверхні.

УДК 621.317.7

ІНДУКТИВНІ ІНКРЕМЕНТНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ЛІНІЙНИХ ВЕЛИЧИН

Безвесільна О. М., Котляр С. С.

Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, Київ, Україна

E-mail: o.bezvesilna@gmail.com, s.tkachenko@kpi.ua

Інкрементні перетворювачі, або енкодери вимірюють невеликі прирости вимірюваної координати при переміщенні вимірювача (звідси їх назва, increment – приріст), і підсумовують їх, отримуючи величину переміщення. Перевага таких перетворювачів принципова відсутність нелінійності характеристики і необмежені діапазони вимірювання.

У вимірювальній техніці і на верстатах з ЧПУ на даний час випускають і широко застосовують декілька типів лінійних і кутових енкодерів, одні з найпоширеніших - індуктивні. Індуктивні енкодери мають лінійність лише 0,2% від кроку Т, проте вони доволі чутливі до впливу паразитних ємностей.

У більшості випадках для точних вимірювань ручного мобільного переносного електронного інструменту (мікрометри, штангенциркулі, індикатори) застосовують ємкісні і індуктивні енкодери. Саме поява і випуск надійних лінійних і кутових енкодерів сприяли розвитку верстатів з ЧПУ, КВМ і багатьох приладів для координатних вимірювань, дозволяючи забезпечити повну автоматизацію роботи верстата або приладу.

Індуктивні енкодери (рис. 1) вигідно відрізняються невеликою потужністю, що споживається для зчитування інформації зі шкали приладу. Тому індуктивні енкодери найбільш зручні для застосування у вимірювальних системах з жорсткими обмеженнями на споживану потужність. Їх широко використовують в ручному вимірювальному інструменті з цифровим відліком і компактними елементами живлення.

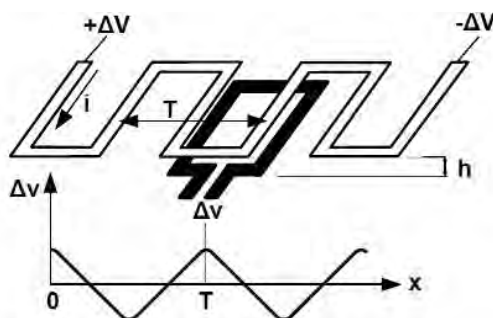


Рис. 1. Спрощена схема індуктивного енкодера, де Δv – змінна напруга, що подається і знімається з електродів перетворювача; T – крок, період змінної напруги; h – відстань між електродами.

Ключові слова: індуктивний енкодер, електрод, координати.

УДК 681.2

ВИМІРЮВАННЯ МАЛИХ КУТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ЛАЗЕРНОГО ГІРОСКОПА

Безвесільна О. М., Нечай С. О., Котляр С. С.

Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, Київ, Україна

E-mail: o.bezvesilna@gmail.com, prilad@ukr.net, s.tkachenko@kpi.ua

Точність використання лазерних гіроскопів у навігаційних системах оцінюється їх дрейфом за довгі проміжки часу та виражається у градусах за годину.

Використання лазерних гіроскопів в автоматизованій кутовимірювальній техніці різного призначення має свої особливості. Частіше вимірюють малі кути в динамічному режимі, наприклад, кути між близько розташованими зірками, віхами, при вимірюванні показників заломлення оптичних середовищ, кутів деяких оптичних деталей (у тому числі багатогранних призм). При вимірюванні малих кутів (десятки і сотні кутових секунд) за невеликі проміжки часу, співвимірні з періодом флуктуації параметрів лазерного гіроскопа, похибка вимірювання відрізняється від похибки, отриманої при великому значенні часу вимірювання. Наприклад, середнє квадратичне відхилення похибки вимірювання кута $90''$ (час вимірювання 0,3 мс) в 3 рази менше, ніж кута 180° (час вимірювання 2 с). Також суттєво зменшується систематична складова похибки.

В кутовимірювальній техніці часто зводять вимірювання великих кутів до вимірювання різниці між вимірюваним і опорним кутами, щоб прийти до вимі-

рювання малих кутів. Опорним може бути кут між двома відліковими системами (наприклад, автоколіматорами, мікроскопами, телескопами та інш.). Якщо замість двох відлікових пристроїв застосовувати простіші елементи, це й ще і знижує вартість та спрощує установку.

Ключові слова: лазерний гіроскоп, кутвимірювальна техніка.

УДК 620.178.5.05

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ПРУЖИННОГО ПІДВІСУ ВІБРОСТЕНДА

¹⁾Дубінець В. І., ²⁾Соловей Є. О., ²⁾Пиц Р. Л.

¹⁾Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, Київ, Україна; ²⁾НВФ «Промвitech» Київ, Україна,
E-mail: vidubinets@ukr.net, info@promvitech.com.ua

Відсутність достовірної інформації про вібраційний стан динамічних об'єктів, призводить до руйнування силових установок, турбоагрегатів, авіаційних двигунів. Механічна енергія випромінюється такими механізмами в навколишнє середовище, її кількість визначається за допомогою п'єзоакселерометрів і характеризує стан агрегату. Основна вимога до засобів повірки та градування – можливість експериментально визначати з необхідною точністю і в необхідному діапазоні всі метрологічні характеристики акселерометрів. Серед взаємопов'язаних динамічних характеристик п'єзоакселерометрів найбільшого поширення набули амплітудночастотні і фазочастотні, що зумовлено високою точністю і відносною простотою експериментального їх визначення [1]. Для отримання частотних характеристик акселерометрів необхідно відтворювати прискорення, що змінюються по гармонійному закону. Вібростенд вітчизняного виробництва НВФ «Промвitech» ВСВ-131А, має високі метрологічні характеристики, але він дозволяє відтворювати вібрацію лише 3-х значень: 45 Гц, 64 Гц, 79.6 Гц. Дані частоти є приємними для калібрування датчиків які використовуються на газотурбінних генераторах, але для калібрування більшого спектру датчиків такій діапазон частот дуже вузький. Відсутність вітчизняного вібростенду з широким частотним діапазоном від 25 Гц до 10 кГц, діапазоном прискорень-до 10 g, вантажопідйомністю - до 2000g та основною похибкою $\pm 5\%$, є актуальною проблемою [2]. Аналіз конструкції вібростенду показав необхідність проведення оптимізації пружинного підвісу, який виконаний у вигляді двох дископодібних профільованих пружин між якими знаходиться пустотілий циліндр який імітує корпус котушки. Для моделювання використовувався пакет Solid Works. Параметри які оптимізувались були: напруження яке виникає в пружинах, переміщення підвісу та резонансні частоти. Результати статичного моделювання представлені у вигляді епюр для переміщення, напруження та деформації. При оптимізації параметрів підвісу зверталась увага на розподілення напруження по поверхні пружин до критичного значення за рахунок зміни їх геометричних параметрів, профільованих пазів та матеріалів.

Дан аналіз їх впливу на максимальне переміщення якоря. Проведено динамічні дослідження на резонансні частоти.

Ключові слова: вібростенд, пружинний підвіс, переміщення, напруження, п'єзоакселерометр.

Література

- [1] А. Г. Волченко, Д. В. Корнев, “Исследование калибровочных способностей переносных вибростендов”, *Законодательная и прикладная метрология*, №5, с. 5-8, 2013.
- [2] Р. Л. Піц, В. І. Дубінець, “Портативний вібростенд”, на *XIV наук.-практ. конф. студ., аспір. та молодих вчених Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні*, Київ, 2018, с. 359-362.

УДК 62-599

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ФИКСАЦИИ ПОВОРОТНО-АРРЕТИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

Нікітін О. К., Толочко Т. О.

Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, Київ, Україна

E-mail: vargin_@ukr.net

Решение многих задач, возникающих при проектировании и создании навигационного оборудования, связано с изучением узлов точной механики, обладающих высокой точностью и надежностью. Одним из таких устройств является поворотной-арретирующее устройство (ПАУ), предназначенное для установки, реверсирования и фиксации в требуемом положении блока измерительных преобразователей, используемых в навигационных системах. Особенно широкое применение ПАУ находят в платформенных инерциальных навигационных системах. Одним из основных требований, предъявляемых к ПАУ, является обеспечение в течение всего срока эксплуатации данного устройства точной фиксации блока измерительных преобразователей. Угловые отклонения данного блока от требуемого положения (или иначе, погрешности фиксации), при заданных условиях эксплуатации, не должны превышать максимально допустимых отклонений, определяемых точностными характеристиками всей системы измерения навигационных параметров.

В докладе приведена методика и результаты натурных экспериментальных исследований по определению влияния количества циклов фиксации и нагрева ПАУ на параметры угловой фиксации блока измерительных преобразователей.

Испытанию был подвергнут макет ПАУ, включающий корпус, фиксатор углового положения корпуса и электропривод обеспечивающий поворот корпуса на требуемый угол.

Для обеспечения необходимого режима работы ПАУ использовался специальный блок управления. Влияние нагрева всего ПАУ на фиксированное положение корпуса изучалось при естественном свободном конвективном охлаждении и выдержке при температуре 80°C. Нагрев осуществлялся в термошкафу.

Измерения температуры осуществлялось терморезисторами. Для определения углового положения использовался автоколлиматор.

Результаты:

1. Максимальная ширина рассеивания фиксированных угловых отклонений корпуса ПАУ составила ± 2 угловых минуты.

2. При снижении температуры элементов макета ПАУ было определено, что корпус блока измерительных преобразователей, при отсутствии поворотов и внешних механических воздействий, изменяет свое угловое положение. Наибольшее отклонение составило 26 угловых секунд.

Ключевые слова: поворотно-арретирующее устройство, поворот, фиксация, циклы наработки, остывание, измерение.

УДК 004.75

ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗДРОТОВОЇ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ СУДЕН

Аксютенко І. С., Гераїмчук М. Д.

*Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського”, Київ, Україна*

E-mail: dustykid16@gmail.com, geraimchuk@kpi.ua

В останні роки бездротові сенсорні мережі (БСМ) привернули до себе загальну увагу, особливо завдяки поширенню технології мікроелектромеханічних систем (МЕМС), яка полегшує розробку інтелектуальних датчиків. Інтелектуальні датчики - це невеликі пристрої, що складаються з одного або декількох датчиків, пам'яті, процесора, блоку живлення і радіоблоків. Вони можуть сприймати навколишнє середовище, вимірювати і відправляти дані по бездротовому зв'язку в блок управління для подальшої обробки та прийняття рішень. БСМ мають великий потенціал для багатьох застосувань, таких як моніторинг навколишнього середовища, моніторинг інфраструктури, точне землеробство моніторинг біомедичного здоров'я дослідження небезпечних середовищ і сейсмічне зондування.

Судна становлять важливу частину сучасних систем, широко використовуваних у збройних конфліктах і комерційних цілях, таких як рибальство, транспортування пасажирів і вантажів. Виробники суден і військово-морські компанії прагнуть максимально використовувати автоматику на борту суден, щоб поліпшити безпеку та зменшити кількість членів екіпажу. Сучасні кораблі обладнані системами автоматичного моніторингу, які контролюють і забезпечують безпеку і точність роботи всього судна. Системи суднового моніторингу використовують великі довжини кабелів для підключення декількох тисяч датчиків до центральних блоків управління. Десятки кілометрів кабелів можуть бути встановлені на борту парома, збільшуючи його вартість, вагу та складність архітектури. Таким чином, використання бездротового зв'язку між датчиками

та блоками управління на борту суден має ряд переваг перед рішенням для дротів. Радіохвилі проходять через простір, тобто усуваються додаткові витрати, що виникають при прокладці кабелів через конструкцію судна. Крім того, бездротові системи легко і недорого переконаються. Тому використання технології БСМ для систем суднового моніторингу може бути економічно ефективним і життєздатним рішенням.

Ключові слова: бездротова сенсорна мережа, система моніторингу, МЕМС.

УДК 004.75

ЗАСТОСУВАННЯ ЗОВНІШНІХ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕСУВНИХ РОБОТІВ

Макаров Я. В., Киричук Ю. В.

Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, Київ, Україна

E-mail: moltenclouds@gmail.com, kirichuky@gmail.com

В останні роки впровадження автоматизації як у виробництво так і у повсякденні справи набуває чималого розвитку та все частіше на допомогу приходять пересувні роботизовані системи. Роботи використовуються в культурно-розважальних заходах, для транспортування товарів або доступу у важкодоступні місця, в дослідницьких цілях або збройних конфліктах. Сучасні рухомі роботи є дуже інтелектуальними приладами та здатні виконувати складні або нестандартні дії отримуючи лише прості команди. Саме тому вони містять на борту чималу кількість апаратури як для взаємодії з оточенням, його вивченням та аналізом, так і для обчислення отриманих даних та керування своїми діями на підставі цих даних. Чим складнішими можливостями володіє робот, тим складніші дії він повинен буде виконувати для їх реалізації, що в свою чергу потребує більших ресурсів від мікропроцесорних систем, що він містить в якості головного обчислювального пристрою, а це в свою чергу потребує як більшої кількості додаткових ресурсів пам'яті так і більших, і в свою чергу важчих, джерел живлення. Саме тому актуальним є використання передавальних пристроїв з метою відокремлення обчислювальних потужностей робота в зовнішні системи, тим самим дозволяючи спростити конструкцію та підключити більш потужні ресурси для виконання інтелектуальних задач.

Використання зовнішнього джерела розрахунків несе ряд чималих переваг для робота, таких як використання простіших інтелектуальних пристроїв у самому роботі, спрощення конструкційної частини, та, можливо її зміцнення. Робот може сприймати навколишнє середовище за допомогою встановлених датчиків, вимірювати і відправляти дані по бездротовому зв'язку в блок керування для подальшої обробки та прийняття рішень, не вимагаючи складних інтелектуальних пристроїв. Таким чином можна зменшити фінансові витрати на виготовлення самого робота, створивши інтерфейс управління, яким можна буде

скористатися на сучасному смартфоні або комп'ютері, який володіє як більш потужними обчислювальними можливостями, так і значно більшими ресурсами пам'яті, а також може мати зв'язок або бути обладнаним додатковими датчиками, завдяки яким обчислення будуть проведені ще точніше, і як наслідок поставлена задача буде виконана продуктивніше.

Ключові слова: автоматизація, роботизовані системи, мікроконтролер.

УДК 681.3

ОЧІКУВАНИЙ СТАНДАРТ 5G ТА ПРОБЛЕМИ ШВИДКОГО ЗВ'ЯЗКУ В УКРАЇНІ

Андрєєва О. В., Нечай С. О.

Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, Київ, Україна

E-mail: elvian44@gmail.com, prilad@ukr.net

У часи бурхливого розвитку комп'ютерних технологій питання впливу їх на природне середовище та здоров'я людей має тенденцію бути відсунутим зручністю та комерційною привабливістю досягнень технічного прогресу. Всіх більше турбують питання «Коли в Україну прийде новий стандарт 5G», «Чи залишиться при цьому WiFi?»

Вважається, що 5G – це стрибок у майбутнє, який суттєво змінить наше життя. Цікаво знати, що саме несе ця технологія населенню України і як до цього відноситися.

Революційний розвиток сотовий зв'язок набув після переходу на цифровий варіант, який визначив друге покоління мережевих стандартів, тобто 2G. До того 1G – це застосування тільки аналогової частотної модуляції для передавання та прийому сигналу у діапазоні 170...900 МГц. У скандинавських країнах з кінця 70 років минулого століття і до тепер працює система NMT-450 (Nord Mobile Telefon, 450 МГц).

Мережі 2G (10 – 15 кбіт/с) сформувалися у 90 роках. Перехід від 1G до 2G був складним: заміна обладнання та одночасне існування двох стандартів зв'язку (аналогового та цифрового). У 1992 році введено цифро-аналоговий стандарт D-AMPS, 400 – 800 МГц, який діяв до 1996 року. Цей стандарт являв собою надбудову над надійно працюючим аналоговим стандартом AMPS.

У Європі у той же час з'являється загальний цифровий стандарт GSM (Global System for Mobile Communication) 900 МГц (890 – 960 МГц). Починають використовувати SIM карти замість прошивки. До 2000 року нормального доступу до інтернету у GSM фактично не було (лише деяка адаптація веб – сайтів світової мережі WAP). GPRS – це пакетне передавання даних (50 кбіт/с). Використовується термін 2,5G, що визначає деякий доступ до інтернету. У 2003 році з'являється покращена версія EDGE еволюції GSM завдяки новому кодуванню 8PSK. Технології EDGE та GPRS сьогодні використовуються всюди. Саме вони

забезпечують доступ до інтернету у зонах, де відсутнє покриття 3G (2,5 Мбіт/с декларована у Києві).

Вважається, що 4G забезпечує 10...25 Мбіт/с, тобто на порядок більше, ніж 3G. Європа майже повністю перейшла на 4G у діапазоні 800 МГц. В Україні розвиток 4G стикається з проблемою перерозподілу частот у цьому діапазоні.

Діапазон для стандарту 5G в Україні повинен визначитись на Всесвітній конференції у квітні 2019 року. Передбачається 700 МГц. Фахівці вважають, що 5G зможе поступово замінити собою провідний інтернет, тобто WiFi вже не буде залежати від стаціонарних роутерів. Технологія 5G обіцяє збільшення швидкості передавання даних до 25 Гбіт/с.

Першою країною Європи з покриттям 5G стала Республіка Сан-Маріно (квітень 2018). Перехід забезпечили Nokia разом з італійською TIM. Перший гаджет з 5G надала Motorola Z3 за ціною 500\$.

В Україні поки ще іде підготовка до прийняття технології 5G. Закуповується оснащення та поступово з'являються випромінюючі вишки 5G, які почас населенням сприймаються з тривогою. 5G – це не просто оновлення безпроводної інфраструктури.

Актуальними є дослідження і прорахунки, наскільки гігантський технологічний стрибок швидкості інтернету буде співвідноситись з факторами впливу на здоров'я та навколишнє середовище, яку соціальну роль відіграє можливість встановлення всесвітньої системи технологічного контролю, яким чином можна протидіяти негативним сторонам технічного прогресу.

Ключові слова: безпроводний зв'язок, мережеві стандарти.

УДК 681.51

ВРЕДНЫЕ ЧАСТОТЫ В УМНОМ ДОМЕ

Андреева О. В.

*Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, Київ, Україна
E-mail: elvian44@gmail.com*

Преимущества Умного дома сегодня у всех на слуху. Много интересных функций делают нашу жизнь комфортнее. К тому же все это выглядит престижно: чувствуется торжество новых компьютерных технологий. Но при этом следует учитывать ряд существенных моментов.

Умный дом буквально напичкан интеллектуальными решениями: “умные” двери и окна; “умный” свет; интересные приспособления на кухне и т.д. Постоянный рост числа бытовых электронных приборов обуславливает появление новых частотных диапазонов, изменяет структуру сигналов (по частоте и амплитуде), а также меняет их суммарное воздействие. Утверждение производителей, что система Умный дом безопасна для здоровья, при более внимательном рассмотрении выглядит не очень убедительно.

Если в доме используется проводной вариант интерфейсных линий, то это означает километры проводов, спрятанные в стены под полами и в подвале. Их не видно, но от них исходит излучение. Множество различных приборов и устройств также что-то излучают, а ещё в подвале может работать собственный генератор. Создаваемый частотный фон может оказаться довольно сложным и непредсказуемым.

Беспроводной вариант построения линий связи на первый взгляд удобнее, проводов почти нет (на практике этот вариант обычно дополняет основной проводной). Но в этом случае добавляются радиоволны различных частот. Медики и в варианте беспроводных соединений видят потенциальную угрозу здоровью. Получается, что наиболее значительным недостатком Умного дома, следует считать сложный частотный фон, который очень трудно контролировать на безопасность.

Нужно понимать, что при анализе воздействия важна не сама частота, а мощность излучения. Существует понятие эффективной излучаемой мощности (ЭИМ). Есть медицинские нормы и рекомендации. Мощность генерируемых волн зависит от силы напряжения. С увеличением расстояния мощность снижается. Высокая плотность сигналов от подключаемых к сети устройств, работающих в одном и том же диапазоне, приводит к возникновению внутриканальных и межканальных помех.

Обычно остерегаются излучения от Wi-Fi роутера в доме. Между тем, гораздо опаснее может оказаться излучение, например, от собственного генератора в подвале или ЛЭП за окном. А ещё недалеко может оказаться сотовая вышка. Мощность излучения мобильного телефона составляет 1 Вт на частоте 0,9 ГГц. Максимальная мощность беспроводной точки доступа, работающий на частоте 2,4 ГГц не превышает 100 мВт. Домашний беспроводный телефон, который работает на такой же частоте, излучают 0,5... 0,9 Вт. Получается, что воздействие излучения от роутера существенно ниже, чем у множества повсеместно используемых устройств 3G.

С медицинской точки зрения действие некоторых частот может изменять структуру сложных органических соединений. Такие частоты оказывают влияние на процессы информационного обмена в организме человека, поскольку человеческий организм представляет собой сложную биологическую информационную систему. Органы человека имеют свои собственные частоты. Внешние частоты могут оказывать определённое влияние на частоты собственных колебаний органов (сердца 700-800 Гц; почек 600-700 Гц; печени 300-400 Гц и т.д.). Очень опасны для человека низкие частоты в диапазоне 3-50 Гц, совпадающие с частотой головного мозга.

Нарушение обменных процессов в клетке связано с проявлением резонансной частоты, влияющей на концентрацию ионов. Колебания частиц организма под воздействием внешнего поля сопровождаются выделением энергии. При этом человек может чувствовать потерю жизненных сил (страдает нервная система, иммунная и эндокринная).

Поэтому при выборе функций Умного дома желательно самому изучить допустимые нормы излучения от разных устройств, чтобы за большие деньги вместе с интересными функциями не купить себе и своим близким проблемы со здоровьем.

Ключевые слова: цифровой дом, линии связи, защита от помех.

УДК 681.3

HART- ПРОТОКОЛ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЙОГО ПОДАЛЬШОГО ВИКОРИСТАННЯ

Андреева О. В.

*Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського”, Київ, Україна*

E-mail: elvian44@gmail.com

HART – унікальний протокол, який розширює можливості контролю технологічних процесів. Майже усі світові виробники випускають продукцію з підтримкою HART.

Розроблений в США у 1980 році HART – протокол одразу став популярним та згодом одержав статус відкритого стандарту. Мета розробки HART – це зробити його сумісним з широко розвинутим на той час стандартом “Струмова петля” та одержати можливість керування “інтелектуальними” пристроями, які активно почали використовуватися, особливо в АСУ ТП. Завдяки HART – протоколу стандарт “Струмова петля” 4... 20 мА був модернізований таким чином, щоб одержати можливість напівдуплексного обміну даними. Для цього у HART-протоколі аналоговий сигнал складається з цифровим сигналом та передається за допомогою джерела 4...20мА по лінії зв’язку. Сигнал таким чином стає складним (аналог плюс цифра). Суттєва різниця у частотних діапазонах ($f=0... 10$ Гц для аналогового та $f = 1200; 2200$ Гц для цифрового) дозволяє на приймальній стороні сигнали розділити за допомогою фільтрів низьких та високих частот. HART використовує метод частотного зсуву для передавання сигналу на верхньому рівні 4... 20мА аналогового сигналу.

Переваги HART – протоколу на протязі багатьох років були незаперечливими: задовольняла на той час і швидкодія 1200 біт/с при довжині 2000- 3000м. Крім того, HART – протокол мав багато інших відмінних характеристик. Завдяки технології HART кожен вимірювальний пристрій надає більше технологічної інформації, оскільки одночасно з аналоговим сигналом передаються додаткові цифрові значення. Наприклад, датчики тиску також надають значення температури. Таким чином HART надає доступ к додатковим даним, які залишались невідомими при використанні тільки аналогових сигналів.

З позицій сьогоденішнього дня переваги HART не вважаються вже достатньо вагомими. З’явилися більш досконалі технології, які дещо понижують існуючий рейтинг HART – протоколу. Сьогодні відмічають такі недоліки, як наприклад:

- недостатня швидкість передавання даних порівняно з іншими стандартами цифрового зв'язку;
- відсутність у стеку протоколу підтримки алгоритмів користувача;
- удосконалення протоколу можливе тільки відносно ПО (апаратна частина залишається незмінною) та інші.

Повністю замінити HART сьогодні важко, якщо порушувати питання модернізації системи, які надійно працюють багато років. Більш раціональним можна вважати перехід до так званого гібридного варіанту, який поєднує для сумісної роботи існуюче обладнання та нові модулі. Для цього організація HART Communication Foundation (яка працює на розвиток HART) розробила багато нових модулів. Перспективні безпроводні рішення HART: шлюзи, адаптери, перетворювачі температури та інші. У мережах на базі технології Wireless HART всі пристрої мають функції джерела і повторювача сигналу. Багато переваг мають надати конвертери, наприклад HART / USB. Лінійка повторювачів сигналу RS-485 дозволяє значно збільшити довжину ліній зв'язку та число приладів у мережі.

Таким чином, можна зробити висновок, що HART – протокол має майбутнє. Він постійно набуває нових якостей. Завдяки оновленню та розширенню функцій він і надалі може перебувати у числі найбільш популярних протоколів у розподілених системах керування технологічними процесами.

Ключові слова: автоматизація вимірювань, АСУ ТП, модулі для інтерфейсних поєднань.

УДК 531.383

ОСОБЛИВОСТІ АЕРОГРАВІМЕТРИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Безвесільна О. М., Нечай С. О., Киричук Ю. В.

Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, Київ, Україна

E-mail: o.bezvesilna@gmail.com, prilad@ukr.net, kirichuky@gmail.com

Складна авіаційна гравіметрична система (АГС), як встановлено у роботах Безвесільної О. М., повинна складатись із п'яти функціональних підсистем для вимірювання питомої сили, стабілізації осі чутливості, визначення місця положення, висоти, виконання обчислювальних операцій.

Різні параметри (курс, широта, швидкість, висота) польоту літака різним чином впливають на результат вимірювання Δg та мають свої закономірності. Виявлено, що при проведенні авіаційних гравіметричних досліджень вдовж земного меридіана необхідно точно визначати курс; при русі вздовж земної паралелі важливо якомога точне вимірювання швидкості; чутливість АГС до похибок вимірювання швидкості буде максимальною для західного та східного курсів на малих широтах та мінімальною при русі літака на північ або південь, а також при великих широтах незалежно від курсу. Вплив похибок вимірювання

широти на похибки вихідного сигналу АГС буде максимальним при русі літака на схід та мінімальним при русі літака на захід. При русі літака на північ або південь найбільшим буде вплив похибки вимірювання курсу на похибки вихідного сигналу АГС.

Ключові слова: авіаційна гравіметрична система, курс, широта.

УДК 53.088

КОРЕКЦІЯ ТЕМПЕРАТУРНОЇ ПОХИБКИ ВИМІРЮВАНЬ

Литвиненко П. Л., Нечай С. О.

Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, Київ, Україна

E-mail: pavel.l.litvinenko@gmail.com, prilad@ukr.net

Однією з проблем, при проведенні високоточних вимірювань, є наявність похибки, що виникає при зміні температури, як навколишнього середовища, так і самого приладу внаслідок внутрішніх процесів що протікають в ньому.

Виходячи з характеру сигналу, одержуваного як правило на тривалому часовому інтервалі при проведенні гравіметричних вимірювань велике значення на точність вимірювань надає викликаний цим дрейф нуля.

Через інерційність теплових процесів, виникають труднощі у своєчасному реагуванні на зміни, що відбуваються як в приладі, так і в самій системі термозахисту. При цьому необхідно враховувати не тільки зміну параметрів самого приладу, але й тепловий опір між датчиком температури, елементами конструкції та приладом.

Для підвищення точності термостатування необхідно враховувати той факт, що як правило температура у всьому контрольованому обсязі розподілена нерівномірно. Тому доводиться вживати додаткових заходів для її врівноваження і мінімізації градієнта температури в контрольованому об'ємі.

Для усунення температурної похибки прилад, як правило, поміщають в камеру виконану у вигляді посудини Дюара чи термоізолюють за допомогою пінопласту. Крім того використовують різні системи термокомпенсації та термостатування.

Термокомпенсація полягає в корекції вихідного сигналу в залежності від сигналу датчика температури програмними і апаратними методами. Серед достоїнств термокомпенсації можна виділити негайну готовність приладу до роботи відразу після включення, а також низьке споживання енергії. Але при цьому звужується діапазон застосовності приладу а також складно забезпечити високу точність компенсації температурних похибок.

При термостатуванні прилад нагрівається до визначеної температури і підтримується при ній у весь час його роботи. Основною перевагою термостатування є можливість більш повної компенсації температурних похибок і дрейфу нуля.

При цьому використовуються різні системи пропорційного терморегулювання та алгоритми управління термостатом.

У найпростішому випадку по датчику температури, вбудованому в систему термостатування формуються команди на вмикання або вимикання нагрівача. Інший підхід передбачає плавну зміну температури за різними програмами управління потужністю нагрівача. При цьому може використовуватися режим, коли на нагрівач подається потужність, що значно перевищує номінальну.

Ключові слова: вимірювання, похибки вимірювань, термозахист.

УДК 62-791.2

ВИКОРИСТАННЯ МЕХАНІЗМІВ ПАРАЛЕЛЬНОЇ СТРУКТУРИ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ ВИМІРЮВАНЬ

Литвиненко П. Л., Фіногенов О. Д.

Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, Київ, Україна

E-mail: pavel.l.litvinenko@gmail.com

Тенденції технічного розвитку останніх років показують, що швидкими темпами впроваджуються ідеї пов'язані з новими технічними і технологічними рішеннями. Все більшого розвитку отримують пристрої з використанням маніпуляторів з паралельною структурою чи інакше механізми з паралельними кінематичними ланцюгами. Вони знайшли широке застосування в робототехніці, космонавтиці, при створенні обробних верстатів і вимірювальних центрів.

Їх переваги полягають у високій жорсткості, точності, надійності, компактності, великій навантажувальній спроможності. При цьому істотно підвищується швидкодія і точність позиціонування рухомих вузлів.

З огляду на характер координатних вимірювань такі механізми з успіхом знаходять своє застосування в подібного роду вимірювальних комплексах.

На відміну від традиційних компоновок де робочі ланки працюють на вигин, в паралельних механізмах вузли працюють в основному на розтягування-стискання. За рахунок цього з'являється можливість значно зменшити масу і забезпечити значне збільшення швидкості переміщення рухливих вузлів.

Поряд з цим успішно впроваджуються мехатронні модулі та системи, які представляють приводи з комп'ютерним управлінням. Поєднання цих модулів з паралельними механізмами дозволяє отримати дуже швидкодіючі і високоточні вимірювальні пристрої.

Як приклад можна привести серію координатно-вимірювальних машин компанії «Лапик». Вони представляють собою конструкцію, побудовану на мехатронних модулях лінійного руху. В основу її покладено механізм з шістьма ступенями рухливості (гексапод) побудований за типом платформи Стюарта.

Швидкість такої машини при поточковому визначенні координат складає близько 8 точок в секунду, тоді як наприклад класичні порталні мають швидкість 0,5-1 точок в секунду. Швидкість сканування сягає 200 точок в секунду

Відлік проводиться за допомогою лазерних інтерферометрів, які конструктивно відокремлені від робочих органів тим самим усунуто прямий вплив деформацій останніх на точність вимірювань.

До недоліків паралельних механізмів можна віднести менший діапазон переміщень і складність управління ними.

Ключові слова: Механізми з паралельною структурою, автоматизовані вимірювання.

УДК 621.3

КЕРУВАННЯ ШВИДКІСТЮ П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНОГО ДВИГУНА В МІКРО- ТА НАНОДІАПАЗОНАХ

Омелян А. В.

Мале науково-виробниче підприємство ТОВ “Лілея”, Київ, Україна

E-mail: 31master91@gmail.com

Перспектива використання п'єзоелектричних двигунів для мікро- і нанопереміщень робить актуальною проблему керування їх швидкістю в мікро- і нанодіапазонах [1].

Ця багатогранна задача по різному може вирішуватися для різних діапазонів швидкостей. Це легко пояснюється, оскільки глибина регулювання швидкості для п'єзоелектричного двигуна може досягати 4-5 порядків, а резонансний контур збудження двигуна має складну частотно-амплітудну структуру.

В даній роботі розглянуто діапазоном швидкостей, в якому працює лінійна мікроманіпуляційна система для клітинних технологій, а це в середньому 0,1 мкм/с - 10 мм/с (5 порядків) [1].

На основі фізичних принципів роботи лінійного п'єзоелектричного двигуна квазірезонансного типу з врахуванням специфіки сигналів керування і зворотнього зв'язку, запропоновані і досліджені алгоритми керування швидкістю, які дозволили:

1. Зменшити в 2-10 разів ударно-вібраційний шум при роботі в мікродіапазоні в порівнянні з ШІМ керуванням. Показано, що в мікродіапазоні швидкостей найбільш ефективним є комбіновані алгоритми, які поєднують в собі як елементи безперервного керування шляхом сканування по частотній характеристиці двигуна, так і імпульсного – шляхом внутрішньої модуляції частоти збудження.

2. Забезпечити лінійний безвібраційний режим керування швидкістю в нанодіапазоні. Показано, що в цьому діапазоні, керування швидкістю може будуватися за принципом частотного керування – шляхом зміни частоти слідування фіксованого нанокроку двигуна.

Отримані результати відкривають можливості для широкого використання лінійних п'єзоелектричних двигунів квазірезонансного типу в робототехнічних і маніпуляційних системах, які працюють в мікро- і нанодіапазонах, а також їх подальшого вдосконалення з точки зору мініатюризації, підвищення точності і здешевлення.

Ключові слова: п'єзодвигун, швидкість, вібрація, мікродіапазон, нанодіапазон.

Література:

- [1] С. Ф. Петренко, *Пьезоэлектрический двигатель в приборостроении*. Київ: Корнійчук, 2002.

УДК 531.383

ТИПИ ДИНАМІЧНО НАСТРОЮВАНИХ ГІРОСКОПІВ ДЛЯ МОДИФІКАЦІЇ В ГРАВІМЕТРИ АВІАЦІЙНОЇ ГРАВІМЕТРИЧНОЇ СИСТЕМИ

Безвесільна О. М., Нечай С. О., Литвиненко П. Л.

Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, Київ, Україна

E-mail: o.bezvesilna@gmail.com, prilad@ukr.net, pavel.l.litvinenko@gmail.com

Використання високоточних акселерометрів у якості гравіметрів може бути доцільним і можливим завдяки однаковому принципу дії та більш сприятливих умовах використання для гравіметрів, ніж закладені в параметрах акселерометрів (перевантаження до 1 g, стабілізована температура, прямолінійний рівномірний польот).

Завдяки відомим перевагам динамічно настроюваних гіроскопів (ДНГ) (висока чутливість та точність, невеликі вага та габарити, малий час готовності прилада, мала потужність вживання) їх у модифікованому вигляді можливо використовувати у якості гравіметрів авіаційної гравіметричної системи.

Існує декілька основних типів ДНГ, придатних для такої модифікації. ДНГ типу вібротор, в якому ротор приєднується безпосередньо до валу парою торсіонів. Однокільцевий ДНГ включає одне карданове кільце, в такій схемі динамічний збурюючий момент, що діє на відхилений ротор, має складову, яка змінюється із подвоєною частотою обертання вала. Двокільцева схема підвісу ротора ДНГ компенсує конструктивними засобами згадану вище складову. Двокільцева схема ДНГ з паралельним з'єднанням колес більш поширена, ніж з послідовним.

Ключові слова: гравіметр, динамічно настроюваний гіроскоп.