

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

УДК 535.5:621.38

**РОЗРОБКА ТА ЗАСТОСУВАННЯ ВИПРОМІНЮВАЧА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ**  
**БОРТОВОГО УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ПОЛЯРИМЕТРА**

<sup>1)</sup>Неводовський П. В., <sup>2)</sup>Гераймчук М. Д., <sup>1)</sup>Відьмаченко А. П., <sup>3)</sup>Івахів О. В.

<sup>1)</sup>Головна астрономічна обсерваторія НАН України, Київ, Україна, <sup>2)</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна, <sup>3)</sup>Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна  
E-mail: [nevod@mao.kiev.ua](mailto:nevod@mao.kiev.ua), [geraimchuk@kpi.ua](mailto:geraimchuk@kpi.ua)

Головна астрономічна обсерваторія НАН України (ГАО НАН України) разом з Національним технічним університетом України «Київський політехнічний інститут» та Національним університетом «Львівська політехніка» протягом 2005 – 2018 рр. працюють над проектуванням бортових оптоелектронних поляриметрів для дослідження стратосферного аерозолю з орбіти штучного супутника Землі [1]. При виконанні цієї роботи було створено макет бортового малогабаритного ультрафіолетового поляриметра (УФП) [2]. УФП – це прилад, який забезпечує здійснення пасивних дистанційних досліджень стратосферного аерозолю з борта мікросупутника Землі методом поляриметрії.

Для проведення випробувань та дослідження поляризаційної апаратури в ГАО НАН України було створено та постійно удосконалюється спеціальний стенд, до складу якого входить ультрафіолетовий випромінювач [3]. Тобто даний випромінювач є однією з основних складових частин спеціального стенду для дослідження бортових ультрафіолетових поляриметрів і представляє собою комплекс апаратури яка може створювати ультрафіолетове випромінювання у діапазоні довжин хвиль 240-290 нм та має два режими стану поляризації (100% поляризований та повністю неполяризований режим).

До складу комплексу випромінювача входять: джерело випромінювання – світло діод; інтерференційний світлофільтр на відповідну довжину світла; елемент поляризації; елемент деполіризації; блок джерела живлення та інш. Кожен з цих елементів має свою конструкцію, яка при застосуванні спеціальної методики дає змогу змінювати режими випромінювання в залежності від поставленої конкретної задачі дослідження. Більш детальну інформацію щодо розробки ультрафіолетового поляризаційного випромінювача та застосування його для дослідження УФП буде викладено у доповіді.

*Ключові слова:* поляриметр, ультрафіолет, випромінювач, мікросупутник.

**Література**

- [1] P. V. Nevodovskiy, A. V. Morozhenko, “Studies into stratospheric ozone layer from near-earth orbit utilizing ultraviolet polarimeter”, *Acta Astronautica*, Vol. 69, N 1, pp. 54-58, January 2009.

- [2] P. V. Nevodovskiy, M. D. Herayimchuk, A. P. Vidmachenko, O. V. Ivahiv, A. S. Delets, “The research and application of photodiodes for calibration of ultraviolet polarimeter (UVP)”, *15 International Scientific Conference "Instrument: Status and Prospects."*, May 17-18 2016. Kyiv, Ukraine. The collection of abstracts, pp. 71-72.
- [3] R. R. Sorochnynskiy, P. V. Nevodovskiy, A. P. Vidmachenko, M. D. Herayimchuk, O. V. Ivakhiv, “The stand for research and testing of layout of ultraviolet photo-polarimeter (UPP)”, *18 International scientific conference Astronomical School of Young Scientists, NAU, Kyiv, Ukraine, May, 26-27, 2016*, pp. 82-83.

УДК 535.5:621.38

## ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПАНОРАМНОГО ФОТОМЕТРА-ПОЛЯРИМЕТРА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВТОРГНЕННЯ КОСМІЧНИХ ТІЛ В АТМОСФЕРУ ЗЕМЛІ

<sup>1)</sup> Гераймчук М. Д., <sup>2)</sup> Відьмаченко А. П., <sup>2)</sup> Неводовський П. В., <sup>2)</sup> Стеклов О. Ф.  
<sup>1)</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна,  
<sup>2)</sup> Головна астрономічна обсерваторія НАН України, Київ, Україна  
E-mail: [nevod@mao.kiev.ua](mailto:nevod@mao.kiev.ua), [geraimchuk@kpi.ua](mailto:geraimchuk@kpi.ua)

Кожного дня маса Землі збільшується на 100-1000 тон за рахунок допливу метеоритної речовини в її атмосферу. Загалом коли крупне космічне тіло з великою швидкістю влітає у атмосферу, то з Землі ми бачимо вогненну кулю за якою тягнеться слід з пилу та іонізованих газів. Таке явище називається болідом. В залежності від фізичних характеристик метеороїдів, вони можуть спричинити різні наслідки, часом досить катастрофічні. Тому актуальність проблем, пов'язаних з вивченням цими явищами, не викликає сумніву [1, 2, 6]. Головна астрономічна обсерваторія НАН України разом з Національним технічним університетом України «КПІ» багато років працюють над розробкою фотометрів-поляриметрів для вивчення космічних об'єктів та земної атмосфери. Ми запропонували варіант багатоцільового панорамного фотометра-поляриметра, який враховує недоліки попередніх варіантів [3, 7] і також дозволяє проводити реєстрацію і дослідження болідів, їх хвостів та метеорних явищ. Нами була розроблена принципова схема приладу, зроблено розрахунки окремих елементів. Роботи продовжуються. Накопичений нами досвід [3-5] дає змогу успішно виконувати такі роботи. В даний час авторський колектив активно працює над реалізацією даного Проекту.

**Ключові слова:** дистанційні дослідження, атмосфера, фотометр-поляриметр, метеорна речовина, болід.

### Література

- [1] A. P. Vidmachenko, A. F. Steklov, “The study of cometary material on the surface of the Earth”, *Astronomical School's Report*, Vol. 9, N2, pp. 146-148, 2013.
- [2] E. A. Steklov, A. F. Steklov, A. P. Vidmachenko, G. N. Dashkiev, “Observations of Twilight Bolide with Using of “Churyumov Fireball Network””, *48th LPSCo*, 2017, Texas. N. 1964, id.1327.
- [3] P. V. Nevodovskiy, A. P. Vidmachenko, M. D. Geraimchuk, O. V. Ivahiv, “The ability to use remote polarization studies of Earth from space in the national economy (Project of the onboard filter panoramic polarimeter)”, *5th International conference "Aerospace technologies for sustainable development and security" (GEO-Ukraine)*. October 10-14 2016. Materials of reports. Kyiv, Ukraine, pp. 72-74.

- [4] M. Geraimchuk, O. Genkin, O. Ivakhiv, Yu. Kureniov, O. Morozhenko, P. Nevodovskyi, S. Petrenko, Elements and Systems of Polarization Devices for Aerospace Investigation. Kyiv, Ukraine: EKMO, 2009. -188 p.
- [5] P. Nevodovskyi, O. Morozhenko, A. Vidmachenko, O. Ivakhiv, M. Geraimchuk, O. Zbrutskyi, “Tiny Ultraviolet Polarimeter for Earth Stratosphere from Space Investigation”, *Proc. of 8th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS'2015) Warsaw, Poland, September 24-26, 2015*. Vol. 1, p. 28-32.
- [6] G. N. Dashkiev, A. P. Vidmachenko, A. F. Steklov, E. A. Steklov, P. V. Nevodovskyi, “Registration of Traces of Electrophonic Fireballs in the “Unified Churyumov Network””, *49th LPSCo*, 2018, N. 2083, #1107.
- [7] R. R. Sorochnytskyi, P. V. Nevodovskyi, A. P. Vidmachenko, M. D. Herayimchuk, O. V. Ivakhiv, “The stand for research and testing of layout of ultraviolet photo-polarimeter (UPP)”, *18 International. scientific conference Astronomical School of Young Scientists. NAU, Kyiv, Ukraine, May, 26-27, 2016*, pp. 82-83.

УДК 621.317.7

## ЄМНІСНІ ІНКРЕМЕНТНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ЛІНІЙНИХ ВЕЛИЧИН

*Безвесільна О. М., Котляр С. С.*  
*КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна*  
*E-mail: [o.bezvesilna@gmail.com](mailto:o.bezvesilna@gmail.com), [s.tkachenko@kpi.ua](mailto:s.tkachenko@kpi.ua)*

З середини минулого століття для лінійних вимірювань застосовують механічні головки або індикатори, пневматичні і індуктивні прилади [1]. Їх основний недолік – нелінійність характеристик, яка, в свою чергу, при збільшенні діапазону вимірювання значно збільшує похибку вимірювання, тому діапазон вимірювань залишався обмеженим. Такі прилади використовувались тільки для порівняльних (відносних) вимірювань з налаштуванням за зразком або кінцевій мірі довжини.

Пізніше було розроблено інкрементні перетворювачі, або енкодери, які вимірюють невеликі прирости вимірюваної координати при переміщенні вимірювача (звідси їх назва, increment – приріст), і підсумовують їх, отримуючи величину переміщення [2]. 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: ємнісні; індуктивні; оптоелектронні (фотоелектричні); магнітні.

Ємнісні енкодери мають лінійність лише 0,2% від кроку  $T$ , вигідно відрізняються невеликою потужністю, що споживається для зчитування інформації зі шкали приладу. Тому ємнісні 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. Основний їх недолік - чутливість до вологості навколишнього середовища.

*Ключові слова:* інкрементний енкодер, ємнісний перетворювач.

*Література*

- [1] О. М. Безвесільна, Ю. О. Подчашинський. *Технологічні вимірювання та прилади. Перет-*

ворюючі пристрої приладів та комп'ютеризованих систем: підруч. для студ. приладобуд. спец. вищ. навч. закл. Житомир: ЖДТУ, 2006.

- [2] Вороничев П. П. “Емкостные, индуктивные и магнитные инкрементные энкодеры. Приборы для линейных измерений”. [Електронний ресурс]. Доступно: [http://dopusk.net/?page\\_id=1458](http://dopusk.net/?page_id=1458).

УДК 681.2:532.13

## ВИМІРЮВАЛЬНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ПЛАСТИЧНОЇ В'ЯЗКОСТІ НЕНЬЮТОНІВСЬКОЇ РІДИНИ

Крих Г. Б., Матіко Г. Ф.

Національний університет "Львівська політехніка", Львів, Україна

E-mail: [gannakrih@gmail.com](mailto:gannakrih@gmail.com), [halynamatiko@gmail.com](mailto:halynamatiko@gmail.com)

В різних технологічних процесах для автоматичного вимірювання та регулювання фізико-механічних параметрів плинних середовищ застосовують вимірювальні перетворювачі, побудовані на основі дроселів – чутливих елементів, що створюють опір в гідравлічних схемах [1]. В чутливих елементах типу циліндричних трубок з круглим поперечним перерізом характеристики руху рідини (перепад тиску, витрата) пов'язані з її реологічними властивостями. Реологічними параметрами неньютонівської рідини, що підпорядковується моделі Бінгама, є пластична в'язкість  $\eta$  і граничне напруження зсуву  $\tau_0$ . Звичайно для вимірювання цих параметрів застосовують трубки з різними геометричними розмірами або однакові трубки, в яких рідина рухається з різними витратами. При цьому створюють щонайменше два і більше значень швидкості зсуву рідини.

В схемі гідродинамічного перетворювача пластичної в'язкості (рис.1.) рідину

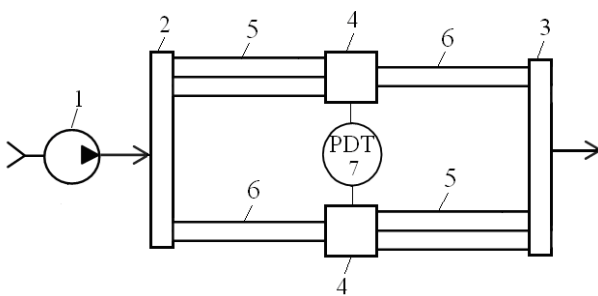


Рис.1. Схема перетворювача

прокачують через трубки однакового діаметру  $D$  та довжини  $L$  задавачем витрати 1 з постійною продуктивністю  $F$ . Трубки перетворювача з'єднані у мостову схему за допомогою вхідної і вихідної камер 2 і 3 та міжтрубних камер 4. Суміжні плечі моста утворені послідовним з'єднанням пакетів трубок 5 і одинарних трубок 6 і відрізняються лише порядком їх з'єднання. Кожний пакет містить однакову кількість  $n$  трубок. Перепад тиску  $\Delta p$  у міжтрубних камерах 4 вимірюється дифманометричним перетворювачем 7 і безпосередньо залежить від пластичної в'язкості контрольованого середовища:

$$\Delta p = \frac{n-1}{n} \cdot \frac{64FL}{\pi D^4} \cdot \eta.$$

Інваріантність перетворювача до граничного напруження зсуву контрольованої рідини зумовлена тим, що складові перепаду тиску від пластичних властивостей рідини однакові для всіх трубок. Під час вимірювання різниці тиску в

міжтрубних камерах вони автоматично компенсуються.

*Ключові слова:* пластична в'язкість, гідродинамічний мостовий перетворювач.

**Література**

- [1] Є. П. Пістун, Г. Ф. Леськів, “Побудова та моделювання газогідродинамічних вимірювальних перетворювачів на мостових дросельних схемах”, *Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація: Вісник НУ “ЛП”*, № 476, с. 18–26, 2003.

УДК 536.248.2

**ПАРОВА КАМЕРА - ЯК ЕЛЕМЕНТ ОХОЛОДЖЕННЯ МАЛОГАБАРИТНИХ ЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЇВ**

*Кравець Д. В., Гераїмчук М. Д.  
КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна  
E-mail: [krawec@i.ua](mailto:krawec@i.ua), [geraimchuk@kpi.ua](mailto:geraimchuk@kpi.ua)*

Останнім часом для зручності користування різноманітними електронними приладами в побуті, виробник прагне зменшити їх габарити і масу до мінімальних розмірів з одночасним підвищенням функціональних можливостей і зробити ці прилади конкурентно здатними на ринку. Технічно це здійснюється тільки з розміщенням великої кількості електронних компонентів в обмеженому геометричними розмірами просторі. Така щільність розташування приводить до збільшеного тепловиділення. Тому для ефективного охолодження електроніки необхідні високопродуктивні пристрої відведення тепла із замкнутого простору до зони вільної або примусової конвекції. З такими завданнями успішно справляються мікро теплові труби і парові камери. Принцип дії яких заснований на перенесенні теплового потоку теплоносієм з зони нагріву пристрою в зону конденсації. Аналіз парових камер [1, 2] показує, що їх дослідження спрямовано на розробку нових капілярних структур, які мають істотний вплив на поліпшення коефіцієнта тепловіддачі, а також проводяться експерименти з матеріалом корпусу і з теплоносіями.

Парова камера - пристрій, призначений для розсіювання і перенесення теплового потоку від одної стінки камери на протилежну стінку за рахунок використання прихованої теплоти фазового перетворення теплоносія, що міститься всередині герметичної парової камери. Нагрівання парової камери від джерела тепла призводить до випаровування теплоносія в зоні нагріву. Потік пара під дією тиску крізь капілярну структуру переміщується в зону конденсації, віддаючи при цьому тепло через корпус пристрою в зовнішнє середовище. По капілярній структурі і стінкам корпусу парової камери конденсат повертається в зону випаровування під дією капілярних сил. Через компактність парові камери в порівнянні з мікро тепловими трубами все частіше застосовуються в електронному обладнанні. В даній роботі проведений аналіз ефективності використання парових камер для охолодження малогабаритних електронних пристроїв.

*Ключові слова:* елементи охолодження, мікро теплова труба, парова камера, капілярна структура.

**Література**

- [1] Zhen Sun, Huihe Qiu, “An asymmetrical vapor chamber with multiscale micro/ nanostructured surfaces”, *Int. J. Heat Mass Transfer*, 58, pp. 40–44, 2014.
- [2] J. A. Weibel, S. V. Garimella, J. Y. Murthy, D. H. Altman, “Design of integrated nanostructured wicks for high-performance vapor chambers, components, packaging and manufacturing technology”, *IEEE Trans.* 1 (6), pp. 859–867, 2011.

УДК 621.317

**МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ТА ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
ГІРОТАХОМЕТРА ГТ46**

<sup>1)</sup>Безвесільна О. М., <sup>2)</sup>Чепюк Л. О.

<sup>1)</sup>КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна,

<sup>2)</sup>Житомирський державний технологічний університет, Житомир, Україна

E-mail: [o.bezvesilna@gmail.com](mailto:o.bezvesilna@gmail.com)

З метою вивчення можливості покращення характеристик щодо точності стабілізатора озброєння (СО) було проведено моделювання з використанням датчика кутової швидкості (ДУС) ГТ46. Ці датчики використовуються для стабілізації платформ із встановленими на них вимірювальними пристроями та у системах керування рухомими об'єктами різного класу, у вимірювальних блоках для інерціальної навігації.

Таблиця 1. Технічні характеристики гіротахometра ГТ46

Параметри	Одиниці	Значення
Вимірюваний діапазон	град/сек	± 50
Смуга частот	Гц	20÷30
Масштабний коефіцієнт (МК)	Вс/град	не менш 0,17
Асиметрія вихідної характеристики	%	не більше 10
Поріг чутливості	град/сек	не більше 0,015
Зона застою підвісу	мВ	не більше 20
Нульовий сигнал в умовах експлуатації	мВ	не більше 90

Оцінено вплив смуги пропускання, дискретності обчислювальних операцій гіротахometра ГТ46 та ДУС MEMS G20-075-100 зі смугою пропускання 100 Гц і ВОГ ВГ910Ф зі смугою пропускання 450 Гц. Використовувалась математична модель гіроскопічних вимірювачів швидкості ГТ46, які представлені на рис. 1.

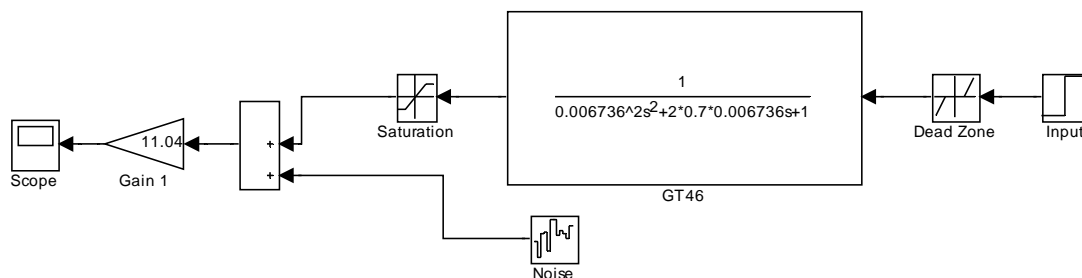


Рис. 1. Математична модель ДУС – ГТ46

Проведено оптимізацію коефіцієнта передачі ГТ46, постійної часу інтегратора, а також коефіцієнтів, що настроюються, у контурах керування. Було визначено варіанти оптимальних значень настроювальних коефіцієнтів.

*Ключові слова:* легка броньована техніка, стабілізатор.

УДК 621.317

## ПЕРСПЕКТИВНИЙ ЧУТЛИВИЙ ЕЛЕМЕНТ СТАБІЛІЗАТОРА СВУ-500-7Ц ПІДВИЩЕНОЇ ТОЧНОСТІ

<sup>1)</sup>Безвесільна О. М., <sup>2)</sup>Цірук В. Г.

<sup>1)</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна, <sup>2)</sup> Публічне акціонерне товариство «Науково-виробниче об'єднання «Київський завод автоматики», Київ, Україна

E-mail: [o.bezvesilna@gmail.com](mailto:o.bezvesilna@gmail.com)

Більше підвищення швидкодії, зменшення вартості комплексів стабілізації (КС) досягається при використанні гіроскопів нового покоління - Коріолісових вібраційних гіроскопів (КВГ), в яких смуга пропускання розширена 100 Гц і більше. Розробку та дослідження КВГ започатковано у ЦКБ «Арсенал» під керівництвом чл. кор. НАНУ М.І. Лихоліта. На ПАТ «НВО «КЗА» проведено розробку документації, виготовлення та випробування КВГ, у тому числі, у складі стабілізатора СВУ-500-7Ц і бойової машини БТРЗЕ1. Подальше застосування КВГ у КС СВУ-500-7Ц визнано доцільним.

Підвищено швидкості обробки інформації у цифровому обчислювачі блока керування, що у БУ1022-07, збільшено у 2,5 рази в порівнянні з БУ1022-04 стабілізаторів СВУ-500-4Ц (тривалість 1 такту роботи обчислювача становить 1 мс у порівнянні з 2,5 мс). Зменшено індуктивність дроселів в LC-фільтрах підсилювачів потужності зі збереженням припустимого рівня пульсацій, створюваних силовими мостовими комутаторами. Постійну часу підсилювачів потужності зменшено до 0,3 мс у порівнянні з 8 мс. У модернізованому стабілізаторі СВУ-500-7Ц використано нові розроблені електродвигуни ЕДМ03 з підвищеними пусковими струмами й зниженими постійними часу, що також прискорює протікання перехідних процесів і збільшує швидкодію КС при парированні збуджуючих динамічних моментів, які виникають при стрільбі й русі машини.

КС з підвищеною точністю та надійністю СВУ-500-7Ц у порівнянні із тими, що серійно виготовлялись, мають переваги по основним характеристикам (у дужках дані для СВУ-500-4Ц): максимальні кутові швидкості наведення в режимі ПАВ не менш 40°/с (не менш 35°/с); мінімальні кутові швидкості наведення в режимі УПР (стрільба УПР) не більше 0,01°/с (не більше 0,02°/с); середина похибка стабілізації блока озброєння при русі по нормалізованій трасі зі швидкістю 25+5 км/год не більше 0,5 т. д. (не більше 1 т. д.); динамічна похибка при відпрацьовуванні синусоїдального сигналу  $A_0=2,5^\circ \sin \omega t$  при частоті 0,8 Гц не більше 2 т. д. (не зазначено); введений режим автоматичного супроводження цілей за сигналами системи керування вогнем зі швидкостями: мак-

симальна 35°/с, мінімальна 0,07°/с (режим автоматичного супроводження цілей був відсутній); гарантійний термін наробіток 5000 годин (500 годин).

*Ключові слова:* легка броньована техніка, стабілізатор.

УДК 681.3

## ВИБІР МЕРЕЖЕВИХ ПРОТОКОЛІВ ДЛЯ ГІБРИДНОЇ СИСТЕМИ ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ

*Андрєєва О. В., Нечай С. О.  
КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна  
E-mail: [elvian44@gmail.com](mailto:elvian44@gmail.com), [prilad@ukr.net](mailto:prilad@ukr.net)*

Сучасні системи відеоспостереження використовують переважно IP камери, інтернет і мережеві протоколи для передачі даних. Основні вимоги - забезпечення зображення високої якості з можливістю розрізняти дрібні деталі. При встановленні IP-камери для її роботи достатньо одного кабеля і для подачі живлення, і для передачі даних з камери. В деяких системах доцільно організувати роботу IP-камер через бездротову технологію Wi-Fi. В розширену систему (будинок, вулиця) можуть входити також вуличні IP-камери з інфрачервоним підсвіченням для підвищення чіткості зображення навіть в нічний час.

Кожна IP-камера являє собою автономний пристрій. Крім складності прокладки кабеля можуть бути і інші проблеми інтеграції окремих складових системи. Часто обладнання позиціонується як сумісне, а на практиці виникають нюанси, рішення яких забирає, як мінімум, час.

У зв'язку з цим організація Open Net Work Video Interface Forum запровадила стандарт ONWIF. Цей стандарт дозволяє об'єднати в одній системі продукцію більш ніж 400 підприємств. Тому при виборі компонентів для системи з IP-камерами спочатку треба пересвідчитись в наявності підтримки ONWIF з метою забезпечення безпроблемної сумісності.

Що стосується протоколів, то існує велика кількість їх стандартів з різною функціональністю:

RISP – для організації керування відеоспостереженням (захват відео).

TCP – протокол організує відеопотік (IP-камери по TCP передають дані, а по RISP отримують команди керування). Протокол працює надійно, нема втрачати даних, але в швидкості поступається протоколу UDP.

UDP – не слідкує за потоком даних і не встановлює попереднє з'єднання, але дуже швидко передає дані завдяки відсутності операції дублювання втрачених при передачі пакетів. Тому його краще використовувати для швидких сценаріїв, у яких втрата деяких пакетів інформації не є критичною.

RTP – протокол для передачі відеопотоку в режимі реального часу, тобто із жорстко заданою затримкою часу. Кожному пакету призначається своя часова мітка (це означає, що приймач збирає і відтворює дані у вірному порядку).



Багато фірм пропонує протоколи з підвищеною функціональністю. Цікавим є новий протокол для IP-камер i8s, розроблений компанією ZetPro. Протокол максимально використовує технічні можливості матриці за рахунок встановлення сигналу зворотнього зв'язку. Протокол i8s не тільки обробляє потік відео (паралельно покращуючи його якість), але і надає доступ до самої камери безпосередньо із NVR або веб-інтерфейса. Відмінною особливістю нового протоколу є відмова від прив'язки до IP адрес пристроїв (принцип «підключай та користуйся»). Ключовим моментом в роботі нового протоколу є моніторинг стану з'єднань (лінків). Протокол i8s збирає інформацію про стан мережевих пристроїв і формує топологічну базу мережі.

Таким чином залишається зробити висновок, що для розширеної (гібридної) системи з різними IP-камерами питання мережевого протоколу залишається достатньо складним.

*Ключові слова:* системи з IP-камерами, мережеві протоколи, відео.

УДК 621.3

## ВИБІР МЕРЕЖІ З КОМІРЧАСТОЮ ТОПОЛОГІЄЮ ДЛЯ «РОЗУМНОГО БУДИНКУ»

*Андрєєва О. В.*

*КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна*

*E-mail: [elvian44@gmail.com](mailto:elvian44@gmail.com)*

Організація мережі з комірчастою топологією є достатньо складною з точки зору її налаштування, але при подальшому використанні вона забезпечує високу надійність передавання даних на протязі багатьох років. Комірчаста технологія використовується сьогодні в технологіях ZigBee, Z-Wave та Insteon. Всі технології мають певні особливості та можуть застосовуватися в системах домашньої автоматизації.

**Технологія ZigBee** є найбільш продвинутою та розповсюдженою. Вона з'явилася приблизно 10 років тому, зайняла собою, так звану, нішу радіо-інтерфейсів і почала застосовуватися переважно в системах, де показник швидкодії не є вирішальним. На момент появи привабливою особливістю стала саме підтримка комірчастої топології. Це означає, що пристрої передають інформацію по ланцюжку від одного вузлу до іншого (не завжди найкоротшим шляхом) поки дані не досягнуть кінцевої мети. Такий варіант побудови мережі надає високу ступінь захисту інформації та збільшує зону покриття.

Гаджети у середині мережі розподіляються на три класи:

- координатори (ZC);
- маршрутизатори (ZR);
- кінцеві пристрої (ZED).

Координатор ZC є обов'язковим компонентом системи: він формує древо мережі, має секретний ключ безпеки і взагалі виступає у ролі «вікна» у зовніш-

ній світ.

Комірчаста топологія надає системі високу надійність зв'язку і забезпечує швидкість передавання даних до 250 кбіт/с (досягається у діапазоні частот до 2,4 ГГц, 16 каналів з кроком 5 МГц). Середня пропускна здатність вузла (гаджета) для корисних даних залежить від обраної частоти та рівня завантаженості каналу зв'язку. Дальність передавання сигналів 30... 50 м, але при певних умовах (зовнішні підсилювачі потужності, наявність антен) може збільшуватися до 100 м без зниження швидкості.

**Технологія Z-Wave** з'явилась пізніше і являє собою варіант зв'язку, що використовує безпечні для людини малопотужні радіохвилі. Використовується більше у європейських країнах. Влаштування обладнання не має суттєвих складностей, не потребує прокладання кабелів та порушення інтер'єру помешкання. Пристрої Z-Wave являють собою малопотужні мініатюрні модулі, які вбудовуються у побутову техніку (освітлювання, опалення, контролю доступу та інші). Переваги використання пов'язані в основному з дистанційним керуванням пристроями та низьким енергоспоживанням.

Працює Z-Wave у діапазоні частот до 1 ГГц (на відміну від популярного діапазону 2,4 ГГц). Вигідно використовувати для передавання простих команд керування. Радіочіпи для пристроїв поставляють компанії Sigma Designs та Mitsumi. Z-Wave має відгалуження: Z-Wave Plus (mesh-мережі) та Open Z-wave (з відкритими початковими кодами).

**Технологія Insteon** суттєво відрізняється від інших тим, що використовує для передавання даних одразу два канала зв'язку (дротовий та радіоканал). Порівняно з технологіями ZigBee та Z-Wave вона забезпечує найбільш високу ступінь надійності передавання даних. Мережа Insteon може працювати без центрального процесора, тобто ця структура не розділяє пристрої на три класи: ZC, ZR та ZED.

Першою складовою середовища Insteon можна вважати електропроводку помешкання. Частота  $f = 131,65$  кГц не створює перешкод для роботи звичайного побутового обладнання. Друга складова Insteon – бездротова, реалізована завдяки радіосигналам.

При цьому Європейські пристрої спілкуються на частоті 869,85 МГц, а американські пристрої – на частоті 915 МГц. У ряді випадків технологія Insteon може забезпечити дуже простий варіант збірки та налаштування. В окремих випадках датчики можуть виступати у ролі повторювачів.

Для забезпечення більш тонкого налаштування пристроїв у цифровому будинку розробники Insteon пропонують використовувати Insteon Hub (центральний контролер). Таким чином технологія Insteon, на перший погляд, має багато переваг порівняно з технологіями ZigBee та Z-Wave (особливо по надійності), але розробники обладнання для «Розумного будинку» не поспішають її застосовувати у широких масштабах. Технології Z-Wave та Insteon поки що вважаються конкурентами ZigBee.

*Ключові слова:* цифровий будинок, бездротовий зв'язок.

УДК 681.3

## ЗАХИСТ ДАНИХ ПРИ РОЗГОРТАННІ БЕЗДРОТОВОГО ЗВ’ЯЗКУ

*Андрєєва О. В.*

*КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна*

*Email: [elvian44@gmail.com](mailto:elvian44@gmail.com)*

Використання комп’ютерів на блок-постах та організація зв’язку з віддаленими об’єктами без прокладання кабельних ліній потребують втілення нових надійних варіантів захисту режиму передавання даних (зі швидкістю до кількох десятків мегабіт у секунду). В умовах воєнного часу або в умовах підготовки до воєнних дій мобільні інформаційні технології значно прискорюють свій розвиток.

На сьогодні існує достатньо варіантів побудови бездротового зв’язку. Більшість комп’ютерних бездротових мереж потребують як збільшення швидкості передавання даних, так і поліпшення якості їх захисту. Прийнятим варіантом удосконалення можна вважати системи з технологією SST (Spread Spectrum Tehnology), які використовують розподіл даних по спектру частот. Саме ця технологія може збільшити пропускну здатність каналу із збереженням високої перешкодозахищеності. Паралельно удосконалюються два варіанти цієї технології: 1) FH-SS (де для захисту даних приймач і передавач синхронно перескакують з однієї частоти на певну іншу); 2) DH-SS (де для захисту даних у кожний проміжок часу сигнал „розмазують” по широкому спектру частот; тобто для стороннього спостерігача він виглядає як шум).

Застосування метода DSSS (Direct Seguence Spread Spectrum – тобто розширення спектру методом прямої послідовності) забезпечують захист інформації від несанкціонованого доступу (підслуховування).

Найбільш популярна сьогодні з родини технологій бездротового зв’язку у радіодіапазоні IEEE802.11в (та її відгалуження) дозволяє передавати дані зі швидкістю до 11 Мбіт/с на відстань до десятків кілометрів (звичайно залежить від рівня перешкод та класу обладнання). Завдяки використанню цієї технології працюють бездротові локальні мережі Wireless LAN (WLAN). Конструктивні характеристики приладів WLAN відповідають стандарту LXI (LAN Extension for Instrumentation).

Прилади WLAN мають ряд переваг: веб-інтерфейс; рівноправний обмін повідомленнями; новий розподілений інтерфейс синхронізації по часовим міткам (наприклад, автоматичне передавання активного поєднання від однієї соти до іншої без порушення якості зв’язку). Завдяки функції хендвера користувачі можуть переміщуватися поміж точками доступу в межах території покриття мережі WI-FI без розриву з’єднання. При розгортанні бездротової мережі оптимальним варіантом є призначення комп’ютерам статичних адрес, у першу чергу, з метою покращення рівня безпеки. Більш детальний аналіз мобільних інформаційних технологій дозволяє зробити висновок:

З урахуванням потреб часу та умов роботи бездротової системи треба робити вибір: або швидкість або звуження спектру.

*Ключові слова:* бездротовий зв'язок, методи захисту.

УДК 681.51

## РЕАЛІЗАЦІЯ ФУНКЦІЙ ЦИФРОВОГО БУДИНКУ З МУЛЬТІСТАНДАРТНОЮ ПЛАТФОРМОЮ 1-М

*Андрєєва О. В.*

*КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна*

*E-mail: [elvian44@gmail.com](mailto:elvian44@gmail.com)*

Використання мультістандартної платформи 1-М дає користувачеві можливість самостійно зробити своє помешкання більш комфортним і захищеним. Причому витрати на додаткове обладнання та його підключення можуть виявитися значно меншими порівняно з іншими варіантами.

Побудову функцій «Розумного будинку» за допомогою Платформи 1-М доцільно порівняти з використанням конструктора LEGO (багато варіантів і простота поєднань окремих компонентів). Звісно, що поєднання пристроїв у єдину комп'ютерну систему для сумісної роботи є складною і затратною проблемою.

Особливість проекту з платформою 1-М - це простота поєднання датчиків, виконуючих пристроїв та іншого обладнання від різних розробників. Питання сумісності пристроїв користувач, по суті, не вирішує. Тому немає витрат на додаткові компоненти. Крім того, хмарний сервіс надає змогу налаштувати роботу системи під вибрані функції, певні сценарії та правила взаємодії пристроїв поміж собою.

Платформа 1-М передбачає також можливість не тільки контролювати роботу пристроїв, але й оптимізувати споживання енергоресурсів. Завдяки спеціальному додатку будь-який гаджет зможе взяти на себе функції універсального пульту керування всією комп'ютерною системою.

Крім звичайних функцій контролю всіх підсистем цифрового будинку (освітлення, метеопрогноз, водопостачання, опалення та інше) платформа 1-М передбачає можливість постійно відслідковувати місцезнаходження окремих членів родини (дітей, родичів похилого віку або гостя). Всі режими роботи може контролювати, як центральний комп'ютер, так і спеціальний пристрій з інтегрованим програмним ядром 1-М Core. В різних режимах таку роль може взяти на себе звичайний роутер або економний наносервер. До того ж розробники платформи 1-М постійно шукають варіанти портування ядра на нові інтелектуальні пристрої.

Суттєвою перевагою платформи 1-М є використання різних стандартів зв'язку. Наносервер (у базовій конфігурації NS10XX) здатен підтримувати найбільш розповсюджені протоколи бездротового зв'язку:

- радіочастотний зв'язок (RF) на частотах до 1 ГГц (315, 433, 868, 915 МГц);

- локальну мережу Ethernet (LAN);
- інфрачервоний зв'язок (ІЧ).

Всі датчики та пристрої, що передають інформацію до наносерверу, повинні працювати на одній частоті з ряду: 315, 433, 868, 915 МГц. Пристрої керування працюють на будь-якій частоті.

Значною перевагою можна вважати варіанти реалізації статичних і динамічних бездротових протоколів. Завдяки інтерфейсу Ethernet наносервер може зв'язуватися спочатку з Wi-Fi- роутером, потім з 1-M додатком на мобільних пристроях та хмарним сервісом 1-M. У наносервер NS10XX вбудована можливість керування телевізорами, кондиціонерами по ІЧ-каналі. Користувач спочатку повинен „навчити” наносервер певним командам, так званого, рідного пульта для керування пристроями.

Таким чином, найбільш вагомими перевагами, що відрізняють Платформу 1-M від інших варіантів, є вільний вибір компонентів системи і можливість використання різних стандартів зв'язку. Ці переваги значно зменшують загальні витрати на інтелектуальне обладнання, а також гарантують надійне та довгострокове функціонування.

*Ключові слова:* цифровий будинок, бездротовий зв'язок.

УДК 621.383.51

## ДО ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКОСТІ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

*Симонюк В. П., Денисюк В. Ю., Красовський В. В., Бреніч М. В.*

*Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна*

*E-mail: [volodimir\\_simonyuk@ukr.net](mailto:volodimir_simonyuk@ukr.net), [v.denysiuk@lntu.edu.ua](mailto:v.denysiuk@lntu.edu.ua), [vlkras@i.ua](mailto:vlkras@i.ua), [misbrenycha@gmail.com](mailto:misbrenycha@gmail.com)*

Енергоозброєність є основою технічного прогресу. Енергетика стала одним з найголовніших факторів, що визначають розвиток світової економіки. У цих умовах особливої актуальності набуло завдання пошуку нових, перспективних та, відносно, недорогих способів і джерел одержання енергії, особливо відновлювальних. До основних із таких джерел можна віднести наступні: сонячну енергію, гідравлічну енергію річок, геотермальне тепло, вітрову енергію, енергетичні ресурси світового океану тощо.

Нас зацікавила саме сонячна енергія та способи вимірювання її кількості. Для виготовлення пристрою заміру кількості сонячної енергії ми вирішили застосувати мандосинський двигун, який працює за рахунок використання сонячної енергії. Ідея світлового комутованого двигуна, де сонячна енергія через сонячні батареї живила окремі котушки двигуна, була вперше представлена в 1962 році Дерілом Чапіном. Експеримент проводився в Bell Labs, де Чапін із колегами Кельвіном Фуллером і Джеральдом Пірсоном винайшли сучасні сонячні елементи в 1954 році. У версії Чапіна замість використання магнітної левітації в двигуні використовувався скляний циліндр на вістрі голки, як

підшипники кочення с низьким тертям. Двигун назвали мендосинським, в честь штату, у якому його винайшли. Сонце, як уже зазначалось, є одним із основних джерел одержуваної на нашій планеті енергії. В даний час пильна увага приділяється прямому використанню сонячної енергії. Сонце випромінює щомиті  $370 \times 10^{12}$  ТДж теплоти. З цієї кількості на Землю потрапляє в енергетичному еквіваленті лише  $1,2 \times 10^5$  ТВт, тобто за рік  $38 \times 10^{20}$  кВт/год, або в  $10^8$  разів більше, ніж сьогодні споживається у світі. При визначенні практичної доцільності використання сонячної енергії виходять з того, що максимальна щільність енергії сонячного випромінювання досягає  $1 \text{ кВт/м}^2$ . Однак, така щільність має місце протягом 1-2 годин в розпал літнього дня в екваторіальних широтах. У більшості районів планети середня щільність енергії сонячного випромінювання становить  $200 \dots 300 \text{ Вт/м}^2$ .

Так як сонячна енергія є для нас найбільш цікавою, то ми вирішили перевірити її можливості на двигуні, де генератором електричного струму служать сонячні панелі, тобто на «мендосинському».

Створена конструкція та проведені на ній дослідження показали, що ми можемо використовувати даний двигун у виготовленні пристрою заміру.

*Ключові слова:* сонячна енергія, сонячне випромінювання, джерела енергії, щільність енергії.

УДК 621.383

## ДО МЕНДОСИНСЬКОГО ДВИГУНА

*Симонюк В.П., Лапченко Ю.С., Казановський М.В.*

*Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна*

*E-mail: [volodimir\\_simonyuk@ukr.net](mailto:volodimir_simonyuk@ukr.net), [yuralap@gmail.com](mailto:yuralap@gmail.com), [koko.pes.koko.pes@gmail.com](mailto:koko.pes.koko.pes@gmail.com)*

Мендосинський двигун працює за рахунок сонячної енергії. Він складається із ротора та статора. Ротор має два набори обмоток, які живляться від сонячних батарей. Вал розташовується горизонтально, на кожному кінці вала розташований постійний кільцевий магніт, які забезпечують левітацію завдяки взаємодії з магнітами, розташованими в основі. Додатковий магніт, який знаходиться під ротором, забезпечує магнітне поле для обмоток ротора, тобто слугує статором. Схематичне зображення даного двигуна зображено на рис. 1. Червоним та зеленим кольором зображено полярність магнітів. А саме червоним – північний, зеленим – південний.

Для функціонування, двигун необхідно помістити під джерело освітлення, перпендикулярно до однієї з його сторін. Таким освітленням може бути навіть денне світло, або настільна лампа. Світло, що падає на одну з сонячних батарей, спричиняє генерацію електричного струму в обмотці ротора. Цей струм створює магнітне поле, що взаємодіє з полем магніту під ротором.

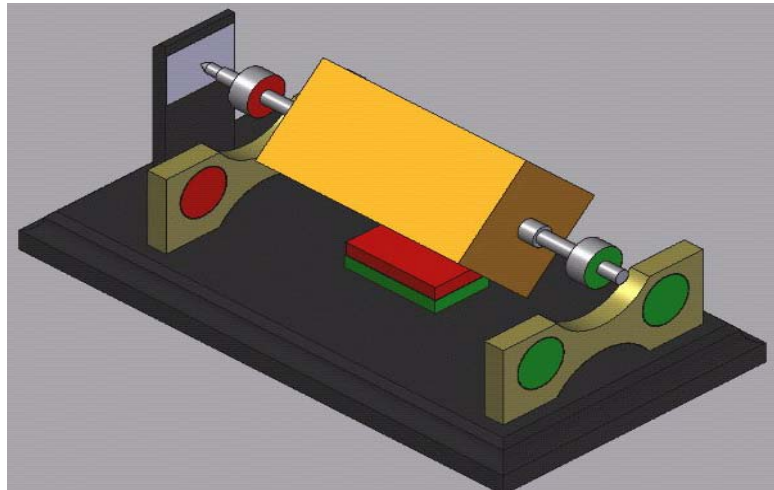


Рис. 1. Схематичне зображення мендосинського двигуна

Взаємодія призводить до повороту ротора, наступна сонячна батарея орієнтується до напрямку світла і збуджується струм в іншій обмотці. Цей процес повторюється, і двигун обертається. Чим яскравіше світло – тим вища швидкість обертання.

В якості опорних підшипників тут використовується ефект левітації магнітів. Магнітна левітація – це метод підйому об'єкта за допомогою одного тільки магнітного поля.

*Ключові слова:* сонячне світло, неодимовий магніт, сонячна батарея, магнітна левітація.

УДК 004.75

## БЕЗПРОВІДНА СЕНСОРНА МЕРЕЖА ІЗ ГІБРИДНОЮ СИСТЕМОЮ ЖИВЛЕННЯ

*Аксютенко І. С., Гераїмчук М. Д.  
КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна  
E-mail: [dustykid16@gmail.com](mailto:dustykid16@gmail.com), [geraimchuk@kpi.ua](mailto:geraimchuk@kpi.ua)*

Завдяки недавнім досягненням в області мікроелектромеханічних систем (МЕМС) портативна електроніка і безпроводні давачі стали дуже поширеними, оскільки їх очевидні переваги в порівнянні з провідними пристроями, такими як малий розмір, гнучкість, можливість розміщення майже в будь-якому місці, простота впровадження - без витрат і проблем з кабелями, низька споживана потужність і т. д.

Однак мініатюризації безпроводних пристроїв перешкоджають звичайні батареї, які є традиційними джерелами живлення портативної електроніки і безпроводних вузлів. Одна з найважливіших задач, пов'язаних з розробкою мереж безпроводних мереж полягає в тому, щоб збалансувати споживання енергії і ефективність. Тривалість роботи акумулятора часто обмежена, що робить ці

пристрої більш дорогими для розгортання, одночасно зменшуючи кількість пристроїв. Для ефективного продовження терміну експлуатації бездротової системи запропонована технологія збору енергії.

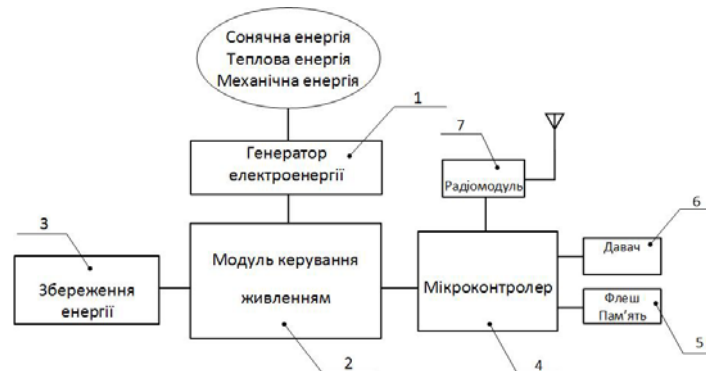


Рис. 1. Структура системи безпроводного вузла з енергозберігаючими елементами.

Запропонований вузол безпроводного вузла (рис.1) складається з: 1) генератор енергії, що відповідає за перетворення зовнішньої навколишньої енергії в електрику; 2) модуль керування живленням; 3) збереження накопиченої енергії для майбутнього використання; 4) мікроконтролер; 5) резервна пам'ять для зберігання даних; 6) датчик; 7) радіомодуль для передачі інформації.

*Ключові слова:* безпроводний сенсорний вузол, альтернативне джерело живлення, МЕМС.

УДК 537.633.2

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ДАТЧИКА ХОЛЛА У СЕРЕДОВИЩІ MATLAB SIMULINK

*Дубінець В. І., Сорочинський Р. Р.  
КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна  
E-mail: [vidubinet@ukr.net](mailto:vidubinet@ukr.net)*

Гальваноманітні засоби вимірювання (ЗВ) ґрунтуються на ефекті, сутність якого полягає у зміні фізичних властивостей провідників чи напівпровідників при дії на них магнітного поля во время протікання через них електричного струму. Загальна класифікація великої групи сучасних промислових ЗВ параметрів механічного руху розділені по функціональному призначенню на ЗВ швидкості, частоти, напрямку обертання, відстані, положення, близькості, нахилу, рівня. В практиці вимірювання частоти обертання (ЧО) знайшли застосування ЗВ із використанням ефектів Холла і Гаусса (магніторезистивний ефект). Розділяюча здатність гальваноманітних ЗВ може бути доведена до 1000-15000 квант/мм. Вони мають висококоерцитивні магніти, досить складні електронні схеми зчитування та потребують обов'язкове екранування від зовнішніх магнітних полів [1]. Розробки фірм Melexis, Micronas, iC-Haus, Sprague, Space Age Control Inc,



Austriamicrosystems, Heinzmann, а також результати маркетингових досліджень компанії Venture Development Corp. (США) показують, що ці ЗВ в тренді [2]. Всі вони об'єднані подібністю конструктивних і технологічних рішень, а також такою важливою ознакою, як багатофункціональність - що є важливим фактором для максимального розширення сфери застосувань успішних технологій. Датчики Холла широко застосовуються в системах регулювання частоти обертання різних типів турбін, двигунів, в автомобільних системах ABS, TCS, в локомотивних системах захисту від буксування та визначення швидкості, в різноманітних вимірювальних приладах. Вибір датчиків з оптимальними параметрами для конкретної вимірювальної задачі завжди викликає ряд неоднозначних рішень пов'язаних з роздільною здатністю, гистерезисом. Для вирішення поставленої проблеми розроблено параметричну структурну схему та енерго-інформаційну модель датчика Холла. На основі цього в середовищі Matlab Simulink розроблено блок-схему датчика Холла и проведено дослідження его параметрів. В результаті дослідження виявлено основні параметри які впливають на вихідні характеристики датчиків, а саме: робочий зазор для проходження феромагнітного модулятора, коефіцієнт ефекту Холла, напруженість магнітного поля, «холлівський опір» та інш. Проведений параметричний аналіз моделі в середовищі Matlab дав можливість побудувати динамічні характеристики и оптимізувати параметри датчиків в залежності від его функціонального призначення та системи яка обробляє вихідний сигнал.

*Ключові слова:* датчик Холла, частота обертання, Matlab Simulink.

#### **Література**

- [1] С. В. Оболенский, Н. В. Демарина, Е. В. Волкова, *Основы физики полупроводников: учебное пособие*. Н. Новгород: Изд-во госуниверситета им. Н.И. Лобачевского, 2007.
- [2] Дж. Фрайден, *Современные датчики*. Москва, Россия: Техносфера, 2005.

УДК 532.5

## **АВТОНОМНІ ПІДВОДНІ МІКРОРОБОТИ ЯК КЛАС ВИРОБІВ МІКРОСИСТЕМНОЇ ТЕХНІКИ**

*Дубінець В. І., Корнієнко О. С.  
КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна  
E-mail: [vidubinets@ukr.net](mailto:vidubinets@ukr.net)*

Освоєння нафтогазових родовищ континентального шельфу Азовського і Чорного моря, батиметрія, моніторинг і діагностика підводних трубопроводів і споруд неможливі без автономних підводних роботів. Володіючи низкою переваг, сучасні підводні робототехнічні системи мають можливість виконувати поставлену задачу в поєднанні з високоточною навігаційною прив'язкою. Застосування автономних підводних роботів при виконанні різних робіт, за результатами досліджень проведених фірмами Shell і Kongsberg Simrad (Норвегія), показали їх високу економічну ефективність [1]. У цьому напрямку активно працюють Marine Science Center (США), Hirose Fukushima Robotics lab. (Японія),

Technical University, Politecnico di Torino, University of Cagliari, (Italy). На сьогодні розроблено безліч подібних проектів які активно використовуються в наукових, комерційних і військових цілях[2].

На кафедрі приладобудування спільно з ІЦПТ «Sensor Ltd» розроблена лінійка модульних гібридних підводних мікророботів виконаних з використанням stealth-технологій і побудованих на біоподібних принципах пересування, здатних переміщуватись в широкому діапазоні глибин.

Інтелектуальна система управління містить: безплатформенну інерціальну навігаційну МЕМС-підсистему, доплеровські гідроакустичні локатори, приймач з антеною глобальної навігаційної системи GPS, яка використовується для отримання даних про місцезнаходження і швидкість переміщення роботизованого комплексу, апаратуру для отримання батиметричних даних, потужну компактну камеру типу «fish eye» з дозволом 4К, з вбудованою стабілізацією на базі гіроскопа яка підтримує карти об'ємом до 256 ГБ. Нова модульна гібридна модифікація мікророботів здатна долати течії за рахунок біоподібного рушія і застосовуватися для вирішення безлічі цільових завдань. Перспективними напрямками застосування таких систем в військових цілях є: дистанційне спостереження (Remote Surveillance System); пошук морських мін (Mine Search System); акустична розвідка (Tactical Acoustic System).

*Ключові слова:* підводні мікророботи, біоподібні принципи пересування, безплатформенна інерціальна навігаційна МЕМС-система.

#### **Література**

- [1] “Robotic Visions to 2020 and beyond - The Strategic Research Agenda for robotics in Europe, 07/2009” [Електронний ресурс]. Доступно: // [www.robotics-platform.eu](http://www.robotics-platform.eu).
- [2] V. A. Ryzhov, S. V. Tarasov, “Large eddy simulation of flow around biomimetic propulsor”, in *Proceedings of International Conference on Subsea Technologies*, St-Petersburg, 2009.

УДК 551.46.07

## **ВІДНОВЛЮВАЛЬНА ЕНЕРГІЯ ОКЕАНУ ДЖЕРЕЛО ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ АВТОНОМНИХ ПІДВОДНИХ МІКРОРОБОТІВ**

*Дубінець В. І., Корнієнко О. С.  
КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна  
E-mail: [vidubinets@ukr.net](mailto:vidubinets@ukr.net)*

Науково-технічний напрямок пов'язаний з використанням відновлювальної енергетики Світового океану відноситься до самих перспективних напрямків подвійного призначення. Існують десятки технічних пропозицій, патентів і вже реалізованих проектів на використанні відновлювальних джерел енергії для направленого руху підводних апаратів. Наприклад, система крил зі спеціальним приводом дозволяє перетворювати енергію хвиль в енергію поступального переміщення [1]. Такі автономні апарати і системи дають значний економічний ефект і забезпечують унікальні можливості для довготривалого збору і передачі інформації. Різноманітні поверхневі і глибоководні глайдери як цивільного так і

військового призначення з енергопостачанням від відновлювальної енергетики океану можуть працювати в автономному режимі і на їх базі створюються довготривалі морські системи моніторингу [2]. Відмінність цих систем полягає лише у вирішенні поставлених перед ними завдань, бортовому обладнанні, каналах управління і технологією скритності. Модульне виконання і гібридна схема приводу підводних мікророботів робить такі системи досить успішними.

Пропонується кілька базових модифікацій хвильового глайдера, які відрізняються складом датчиків і обладнанням: для океанологічних і метеорологічних досліджень, для екологічних досліджень, для нафтогазової індустрії, при створенні вітроенергетичних платформ у відкритому морі, для судноплавства, для авіації і моніторингу сейсмічної обстановки, для виконання військових місій і програм національної безпеки. Хвильовий глайдер «Wave Glider» американської компанії «Liquid Robotics» вже зараз є головним елементом виконання деяких з перерахованого ряду важливих проектів [3].

В даний час нами розробляються технічні проекти глайдерів з використанням новітніх конструктивних матеріалів та досягнень нанотехнологій, з технічними характеристиками, необхідними для енергозабезпечення сучасних мобільних засобів океанологічних вимірювань.

*Ключові слова:* підводні мікророботи, морські системи моніторингу, відновлювальна енергія.

#### **Література**

- [1] А. А. Горлов, “Энергетика океана для океанологических исследований”, на XII международной научн.-техн. конф. Современные методы и средства океанологических исследований. Москва, 2011.
- [2] М. Д. Агеев, “Концепция автономного подводного аппарата, использующего солнечную энергию и энергию морского волнения”, *Подводные исследования и робототехника*. №2(6), ИПМТ. В., 2008.
- [3] *Подводные технологии и средства освоения Мирового океана*. Москва, Россия: Оружие и технологии, 2011.

УДК 620.179:621.3.014.4

## **КОРЕКЦІЯ ВИХІДНОЇ НАПРУГИ ВИХРОСТРУМОВОГО ДАТЧИКА З БЛОКОМ ЛІНЕАРИЗАЦІЇ**

*Дубінець В. І., Голько Р. П.*

*КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна*

*E-mail: [vidubinets@ukr.net](mailto:vidubinets@ukr.net), [roma19941128@gmail.com](mailto:roma19941128@gmail.com)*

Ефективна діагностика промислового обладнання можлива, в основному, по вібрації, так як коливальні сили виникають безпосередньо в місці появи дефекту, а вібрація містить максимальний обсяг діагностичної інформації. Одним із суттєвих недоліків вихрострумових датчиків є нелінійність вихідної характеристики, тобто залежність вихідної напруги від відстані до об'єкта контролю. Причому при малих зазорах характеристика лінійна, а при великих характеристика набуває вигляду

близької до гіперболічної і на краю діапазону вимірювання нелінійність може досягати десятків відсотків.

Для вихрострумів датчиків необхідно формувати градуйовані характеристики, що встановлюють зв'язок між вимірюваною величиною і значенням вихідної напруги. Такий зв'язок встановлюється на основі вимірів обмеженого числа вузлових точок і відповідної математичної обробки отриманих табличних даних. Слід зазначити, при великих відстанях між вузловими точками знижується точність інтерполяції, а з іншого боку, зі збільшенням кількості вузлових точок через вплив многочленів високих порядків виникають осциляції інтерполяційної кривої, оскільки тільки таким чином криву можна змусити пройти через задані точки [1].

Розглянуто схему кусочно-лінійного аппроксиматора на операційних підсилювачах, за результатами моделювання на рис.1 наведені графіки залежності вихідної напруги вихрострумів датчика до і після корекції.

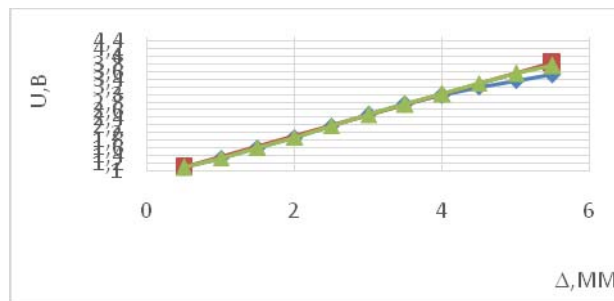


Рис.1. Графічні залежності вихідної напруги вихрострумів датчика з блоком лінеаризації

Нижня лінія - вихідна характеристика позначена квадратами (до корекції). Лінія, позначена трикутниками - після корекції. Для наочності наведена ідеальна (лінійна) характеристика, яка позначена збільшеними квадратами. Аналізуючи отримані результати, можна зробити висновок, що максимальне значення вихідної похибки від нелінійності знизилася з 11% до 1,5%.

*Ключові слова:* вихрострумів датчик, нелінійність, інтерполяція.

**Література:**

- [1] Ж. Макс, *Методи и техника обработки сигналов при физических измерениях*. Т. 1. Москва: Мир, 1983. – 312 с.

УДК 531.383

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕДІНКИ ДИНАМІЧНО НАСТРОЮВАНОВОГО ГРАВІМЕТРА

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

*КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна*

*E-mail: [pavel.l.litvinenko@gmail.com](mailto:pavel.l.litvinenko@gmail.com), [o.bezvesilna@gmail.com](mailto:o.bezvesilna@gmail.com), [prilad@ukr.net](mailto:prilad@ukr.net)*

Дослідження поведінки авіаційного гравіметра під дією збурень у вигляді поступальних та кутових коливань, що виникають під час його роботи на рухо-

мій основі і які призводять до появи відповідних похибок дозволяють зробити відповідні висновки з оптимізації основних параметрів гравіметра.

Точність результатів вимірювань у багатьох випадках обмежується не технічними характеристиками приладів. Особливо це має значення при проведенні вимірювань на рухомій основі, тому що прилад не здатен розрізнити між собою корисний сигнал та сигнал, що виникає під дією різного роду збурень, як то інерційні (кінематичні) прискорення, вібраційні впливи самої основи, на яку встановлено вимірювальний пристрій та інше.

Розробка та удосконалення математичних моделей, методів та алгоритмів обробки вимірювальної інформації дає змогу проводити ефективну алгоритмічну корекцію вихідного сигналу гравіметра з метою виділення корисної складової сигналу на фоні, як правило, значних за своєю величиною сигналів від перешкод і таким чином підвищити точність та достовірність вимірювань.

У якості об'єкту досліджень використовувався динамічно настроюваний гравіметр. Згідно з розробленою математичною моделлю були отримані робочі рівняння і проведено комп'ютерне моделювання поведінки гравіметра. При цьому у широкому діапазоні змінювались частота та амплітуда сигналів перешкод.

Проведений аналіз поведінки динамічно настроюваного гравіметра показує, що під дією кутових та лінійних прискорень у вихідному сигналі виникає додаткова складова. Найбільш несприятливим є той випадок, коли частота збурень близька або співпадає з частотою власних коливань гравіметра. Крім того, якщо частоти як лінійних, так і кутових збурень збігаються або кратні частоті обертання ротора, то це призводить до появи додаткової постійної складової відхилення ротора.

Гармонійні коливання основи викликають появу у вихідному сигналі гравіметра складової, яка модульована частотою обертання ротора, а середнє значення усталених коливань ротора має зміщення відносно нульового положення. Амплітуда цих коливань змінюється пропорційно до амплітуди вхідного сигналу.

*Ключові слова:* гравіметр, похибки, оптимізація параметрів, обробка результатів вимірювань.

УДК 681.51

## СТАН РОЗВИТКУ РОБОТІВ-ГЕКСАПОДІВ В УКРАЇНІ

*Макаров Я. В., Киричук Ю. В.*

*КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна*

*E-mail: [moltenclouds@gmail.com](mailto:moltenclouds@gmail.com), [kirichuky@gmail.com](mailto:kirichuky@gmail.com)*

Пересувні роботи-гексаподи - це програмовані роботи з шістьма кінцівками, прикріпленими до тіла робота, що контролюються з певним ступенем автономії, завдяки чому робот може рухатися в межах навколишнього середовища, виконуючи передбачені завдання. Роботи гексаподи можуть бути придатними для наземних та космічних застосувань, і вони можуть включати в себе такі

особливості, як всеспрямований рух, змінна геометрія, хороша стійкість, доступ до різноманітної місцевості та відмова від руху. За основу алгоритмів рухів ми звернемося до природнього прикладу, тобто комахи з трьома активними суглобами в нозі, що характеризується щонайменше 18 ступенями свободи. Подібна гнучкість призводить до того, що така система відмінна від тих, що вивчаються традиційно. Перш за все тим, що, через надмірність як ефекторів, так і інформації, наданої сенсорним входом, немає єдиного рішення, як реагувати на певну фізичну ситуацію. Контролер повинен вибрати один з численних можливих рішень і, таким чином, утворювати недовизначену систему. Це означає, що контролер повинен приймати автономні рішення при адаптації до поточного контексту. Тому адекватна стратегія досліджень для вивчення такої системи полягає в тому, щоб слідувати цілісному підходу. Повинна вивчатися повна біологічна система, тобто інтактна тварина, оскільки вона поводить себе в різних ситуаціях якомога вільніше.

Такі дослідження можуть призвести до кількісних гіпотез у вигляді програмного моделювання, а також апаратного моделювання. Звичайно, цей цілісний підхід має бути паралельним традиційними фізіологічними дослідженнями, що досліджують підрозділи всієї системи, оскільки такі дослідження дозволяють зменшити кількість можливих гіпотез. Слідуючи останньому, традиційний підхід, однак, не може легко призвести до розуміння всієї системи. Разом ці два підходи можуть доповнювати один одного. Фізіологічні дослідження дають уявлення про конкретні структурні питання, в той час як цілісний підхід дозволяє розуміти нестационарні властивості, а також створювати нові питання для вивчення на фізіологічному рівні.

Структурною одиницею, що першочергово задіяна в русі, є кінцівка, тобто нога, що складається з трьох ключових ланок. Рухи ніг крокуючих роботів широко вивчався для вирішення проблем руху таких роботів.

Але проаналізувавши доступну літературу в цілому та в першу чергу, за останні роки, можна побачити, що розвиток подібних роботів вкрай нерозвинений в Україні, проте має ряд цікавих прототипів у світі і представляє з себе широку платформу для розвинення цієї галузі.

*Ключові слова:* робот, гексапод, динаміка руху, програмне моделювання.

УДК 681.121

## ДОСЛІДЖЕННЯ КРИТИЧНОЇ ОБЛАСТІ ПЕРЕХОДУ РЕЖИМІВ ТЕЧІЇ РІДИНИ

*Дубінець В. І.*

*КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна*

*E-mail: [vidubinets@ukr.net](mailto:vidubinets@ukr.net)*

Підвищення ефективності використання теплової енергії це перш за все точний її вимір. Похибка вимірювання ультразвукових витратомірів, якими осна-

щені житлові будинки, лежить в межах від 0,5 до 2,5%. При вимірюванні витрати чистих рідин застосовується високочастотний діапазон (0,1-10 МГц), при вимірі витрати забруднених - середньочастотний, до декількох десятків кілогерц. Проблемою при експлуатації ультразвукових витратомірів є вибір необхідної довжини прямолінійної ділянки і перетину трубопроводу в місці його установки. Пов'язано це з тим, що потік пройшовши певний шлях повинен відновити спотворену епіюру швидкостей викликану впливом різних гідродинамічних опорів для отримання в результаті усередненого значення швидкості потоку вздовж шляху проходження ультразвукового сигналу і розрахунку гідродинамічного коефіцієнта для подальшого коригування. Розподіл швидкостей являє собою параболоїд для ламінарного режиму течії і гіперболоїд для турбулентного. Останній описується напівемпіричними формулами, в яких присутні діаметр трубопроводу, шорсткість внутрішньої поверхні, число Рейнольдса, в'язкість рідини і ін., при цьому не треба забувати і про вихровий характер течії, що супроводжується інтенсивним перемішуванням рідини з пульсаціями швидкостей і тисків, з поздовжнім, поперечним і обертальним рухами окремих обсягів рідини. Т.ч. в турбулентному потоці невизначеність у визначенні середньої швидкості потоку, а значить і витрати призводить до істотних похибок. На сьогодні розроблені математичні моделі турбулентності RANS, LES, DES, DNS, які широко застосовуються в інженерних розрахунках, до теперішнього моменту не дали жодного точного аналітичного рішення системи рівнянь для турбулентної області течії. Перехід від ламінарного режиму до турбулентного відбувається при критичному значенні швидкості потоку пропорційно критичного числа Рейнольдса. Для труб круглого перетину перехідна критична область лежить в діапазоні  $2300 < Re_{кр} < 4300$ . Розвинений турбулентний режим встановлюється лише при  $Re \approx 4000$ . Для підвищення точності ультразвукового витратоміра перед перетворювачем витрати слід встановлювати конфузори, що створює на виході рівномірний профіль швидкостей. Особливо це необхідно при недостатній довжині прямої ділянки і, отже, деформованому профілі швидкостей. Якщо в трубопроводі є опір, який створює турбулентні течії, то перед конфузором слід встановити струменевипрямляч. Проведені експериментальні дослідження дозволили отримати критичні області переходу режимів течії рідини, які аргументовані розрахунковими обґрунтуваннями.

Характер досліджень носить прикладну користь. Чим більше буде впроваджуватися технічних рішень щодо зменшення турбулентності при обліку теплової енергії, тим ефективнішим буде її облік.

*Ключові слова:* витратомір, число Рейнольдса, турбулентність.