

СЕКЦІЯ 4 ПРИЛАДИ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ

УДК 681.2

ОЦІНКА ТОЧНОСТІ ПОБУДОВИ ПРИЄДНУВАЛЬНОГО ЕЛЕМЕНТУ ПРИ ОБРОБЦІ РЕЗУЛЬТАТІВ КООРДИНАТНИХ 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

При визначенні геометричних параметрів координатним методом виникає проблема отримання за вимірними координатами точок математичної моделі, яка відтворює реальну поверхню. Для цього використовуються різні методи апроксимації.

Наступним кроком є порівняння цієї моделі з номінальним профілем. Для визначення відхилення від заданого номінального профілю проводиться їх порівняння за обраним критерієм. Для цього створюється так званий приєднувальний (замінний) елемент, який повинен найкращим чином бути узгоджений з отриманими координатами вимірних точок. Завдання отримання приєднуваного елемента визначається як мінімізація деякої функції Y , що відповідає обраному методу апроксимації.

Найбільше поширення для побудови приєднуваного елемента отримали такі методи апроксимації, як метод прилягання поверхні за принципом Тейлора, середньоквадратичної апроксимації за Гаусом, поверхні мінімальної зони, сплайнової апроксимації та деякі інші. Всі вони з математичної точки зору мають вигляд інтерполяційних багаточленів.

Зрозуміло, що кожного разу при аналітичному моделюванні реальних поверхонь по результатах їх вимірювань виникає методична похибка, обумовлена переходом від реальної поверхні до її ідеалізованої моделі. Головним завданням у цьому випадку є забезпечення адекватності аналітичної моделі, що досягається, в загальному випадку, збільшенням числа контрольних точок. Слід, однак, мати на увазі, що збільшення кількості вимірюваних точок сильно знижує продуктивність вимірювань.

Відхилення від номінального значення визначається, як вектор відстані по нормалі, від заданої точки (точки номінального положення поверхні) до точки перетину нормалі проведеної із заданої точки з перпендикуляром на нормаль, опущеним із точки, що виміряна на фактичній поверхні. Відстань між нормаллю і вимірною точкою використовується в якості критерію величини відхилення від номінального значення.

Для оцінки точності моделі можна застосувати багаточлени Чебишева, за допомогою яких відтворити реальну поверхню. Перевагою використання багаточленів Чебишева є те, що їх доцільно застосовувати у тих випадках, коли інші

способи обчислення функції трудомісткі або її аналітична форма запису невідома (наприклад, якщо функція задана таблицею, складеною на основі експериментальних даних), що як правило відбувається при проведенні координатних вимірювань.

На відміну від наближень, які отримують під час використання інших методів апроксимації, це наближення мінімізує кількість доданків, необхідних для апроксимації функції многочленом із заданою точністю. З цим пов'язана також і така властивість, що серед багаточленів того ж ступеня, наближення на основі функції Чебишева виявляється досить близьким до найкращого рівномірного наближення, але знаходиться простіше.

Використовуючи методику [1], відхилення від номінального профілю можна визначення шляхом знаходження відстаней від вузлів сітки Чебишева до точок основ перпендикулярів, проведених до апроксимуючої поверхні номінального профілю.

Одночасно з тим, це дає можливість визначити максимально допустиму довжина сторін клітинки сітки Чебишева [2] і відповідно до цього при розробці стратегії проведення вимірювань визначити мінімально необхідну кількість точок вимірювання відповідно до бажаної точності результату вимірювань.

Ключові слова: координатні вимірювання, апроксимація, оцінка точності.

Література

- [1] О. Є. Мацулевич, С. В. Залевський, П. Л. Литвиненко, "Оцінка точності моделювання сіткою Чебишева поверхні, заданої упорядкованим каркасом точок", *Прикладна геометрія та інженерна графіка, Таврійський державний агротехнологічний університет*, Вип. 4, т. 58, с.71-74, 2014.
- [2] В. В. Ванін, С. В. Залевський, "Вибір довжини сторони чарунки сітки Чебишева в залежності від властивостей тканини і поверхні", *Прикладна геометрія та інженерна графіка*, Вип. 79, с.16-19, 2008.

УДК 621.382.3

МЕХАНІЗМИ РОЗСІЮВАННЯ У ФОСФІДІ ІНДІЯ

Саурова Т. А., Савін К. Г., Шпиченко В. С.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

E-mail: saurowa-ee@lil.kpi.ua, savin-ee@lil.kpi.ua, shpichenko-ee25@lil.kpi.ua

Розвиток епітаксійних технологій, таких як молекулярно-променева епітаксія та хімічне осадження з парової фази металоорганічних сполук сприяє як створенню різних напівпровідникових структур, так і технологічному освоєнню нових напівпровідникових матеріалів. На етапі моделювання електронних компонентів з покращеними характеристиками потрібне знання електричних параметрів матеріалу. Це повною мірою відноситься і до фосфіду індію – перспективному для багатьох застосувань напівпровідникового з'єднання групи A^3B^5 .

Електричні властивості визначаються притаманними конкретному матеріалу процесами розсіювання, що призводять до втрати спрямованого імпульсу та хаотизації руху носіїв заряду. Проведено розрахунки швидкостей розсіювання основних видів розсіювання (рис. 1).

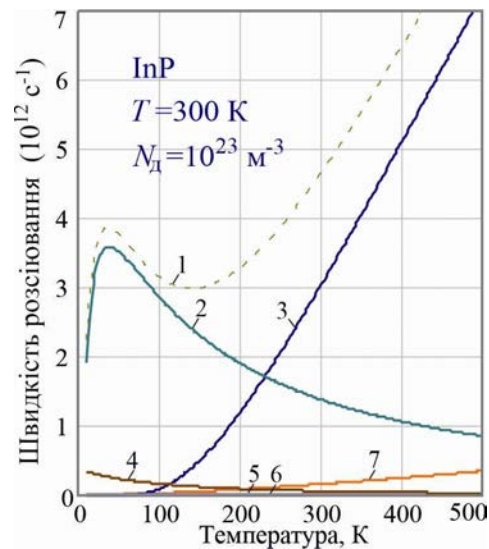


Рис. 1. Температурні залежності швидкостей розсіювання в фосфіді індію. Види розсіювання позначені: 1 – сумарна швидкість розсіювання; 2 – на іонізованих атомах домішки; 3 – полярне оптичне; 4 – на нейтральних атомах домішки; 5, 6 – міждолинне розсіювання (результуюче по L- та X- долинах); 7 – на акустичному деформаційному потенціалі.

Розглянуто механізми домішкового розсіювання; на нейтральних та іонізованих атомах домішки. Також проведено дослідження фононних механізмів розсіювання; на акустичному деформаційному потенціалі, полярне оптичне та міждолинне (між еквівалентними та нееквівалентними долинами) розсіювання. Чисельний експеримент проведений на основі співвідношень, наведених у [1, 2]. Вихідні параметри для моделювання температурної залежності швидкостей розсіювання взяті з [3]. Дослідження розсіювання на іонах домішки проведено на основі моделі Конуелл-Вайскопфа.

Результати чисельного моделювання показують, що при температурах до 100К найбільший внесок у величину сумарної швидкості розсіювання вносить розсіювання на іонізованих атомах домішки. Однак з подальшим збільшенням температури його роль слабшає, поступаючись суттєво наростаючому впливу полярного оптичного розсіювання. На поведінку результуючої кривої розсіювання при температурах до 100 К впливає також розсіювання на нейтральних атомах домішки. Розсіювання на акустичному деформаційному потенціалі робить незначний внесок при температурах понад 300 К. Отримані результати моделювання показали, що процеси міждолинного розсіювання спостерігаються в L- та X-долинах при температурах більших за 300 К та 400 К, відповідно. Проте значення їх швидкостей розсіювання на 7 порядків менше.

Отримані результати дослідження покладено основою подальших досліджень електричних властивостей фосфіді індію: температурної залежності рух-

ливості електронів (у широкому діапазоні ступеня легування напівпровідника), поле-швидкісної характеристики (за різних режимів електричного поля).

Ключові слова: фосфід індія, швидкість розсіювання, InP.

Література

- [1] В. О. Москалюк, *Фізика електронних процесів. Динамічні процеси*, Київ, Україна: Політехніка, 2004, 180 с.
- [2] Т. А. Саурова, О. В. Семеновська, О. О. Шевчук, «Дослідження дрейфової рухливості електронів в арсеніді індію», *Вісник НТУУ "КПІ", Серія приладобудування*, Вип. 58(2), с. 41-47, 2019. DOI: 10.20535/1970.58(2).2019.189478
- [3] I. Vurgaftman, J. R. Meyer, L. R. Ram-Mohan, «Band parameters for III–V compound semiconductors and their alloys», *J. Appl. Phys.*, vol. 89, no. 11, pp. 5815–5875, 2001. DOI: 10.1063/1.1368156

УДК 621.382.3

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНОЇ ЗАЛЕЖНОСТІ ДРЕЙФОВОЇ РУХЛИВОСТІ НОСІЇВ ЗАРЯДУ У ФОСФІДІ ІНДІЯ

Саурова Т. А., Савін К. Г., Шпиченко В. С.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

E-mail: saurowa-ee@lil.kpi.ua, savin-ee@lil.kpi.ua, shpichenko-ee25@lil.kpi.ua

Удосконалення напівпровідникових електронних компонентів та пристроїв потребує всебічного дослідження властивостей нових матеріалів, їхнього технологічного освоєння. Одним із перспективних матеріалів групи A^3B^5 є фосфід індію. Найважливішою характеристикою, що описує електричні властивості матеріалу та динаміку електронних процесів, є рухливість носіїв заряду.

Рухливість носіїв заряду визначається характерними особливостями зонної енергетичної структури та різних механізмів розсіювання. «За наявності різних механізмів їх швидкості розсіювання підсумовують» [1]:

$$\lambda_{\Sigma} = \sum_i \lambda_i,$$

де λ_i – швидкість розсіювання окремих механізмів розсіювання.

Використовуючи наближення часу релаксації, рухливість μ (у режимі слабого електричного поля) визначається за формулою [1, 2]:

$$\mu(T) = \frac{e\tau_p(T)}{m_c^*},$$

де e – заряд електрона, τ_p – середній час релаксації імпульсу, m_c^* – омічна ефективна маса. Величина τ_p визначається сумарною швидкістю розсіювання носіїв заряду:

$$\tau_p(T) = \frac{1}{\lambda_\Sigma(T)}.$$

Особливості процесів розсіювання кожного виду визначають вплив зовнішніх факторів на рухливість носіїв заряду. Відповідно до наведених у [1, 2] формул розраховані швидкості розсіювання λ_i для типових механізмів домішкового та фононного розсіювання у InP:

- на нейтральних та іонізованих атомах домішки;
- на акустичному деформаційному потенціалі,
- полярного оптичного;
- міждолинного (між еквівалентними та нееквівалентними долинами).

Розрахунок сумарної швидкості розсіювання дозволив визначити температурну залежність дрейфової рухливості електронів у фосфіді індія. Чисельний експеримент з розрахунку $\mu(T)$ проведено у широкому діапазоні концентрацій домішки; $(10^{17} - 10^{24}) \text{ м}^2/\text{В}\cdot\text{с}$.

Проведено аналіз та верифікацію [3] отриманих результатів моделювання.

Отримані результати дослідження дозволяють:

- порівняти рухливість електронів у фосфіді індія з відповідними іншим напівпровідниковим матеріалам;
- визначити набір вихідних параметрів моделювання, яким характерна найкраща відповідність експериментальним даним для режиму слабкого електричного поля;
- розширити можливості вивчення кінетичних властивостей електронів у InP.

Ключові слова: фосфід індія, швидкість розсіювання, рухливість, InP.

Література

- [1] В. О. Москалюк, *Фізика електронних процесів. Динамічні процеси*, Київ, Україна: Політехніка, 2004, 180 с.
- [2] Т. А. Саурова, О. В. Семеновська, О. О. Шевчук, «Дослідження дрейфової рухливості електронів в арсеніді індію», *Вісник НТУУ "КПІ", Серія приладобудування*, Вип. 58(2), с. 41-47, 2019. DOI: 10.20535/1970.58(2).2019.189478
- [3] A. Belghachi, “Simulation of transport phenomena in InP”, *Sciences & Technologie*, no. 22, pp. 27–32, 2004, [Електронний ресурс]. Доступно: <https://www.asjp.cerist.dz/en/article/61577>

УДК 621.372.413

ПЕРЕЛАШТОВУВАНИЙ СКЛАДЕНИЙ ЦИЛІНДРИЧНИЙ МЕТАЛО-ДІЕЛЕКТРИЧНИЙ РЕЗОНАТОР НВЧ

Савін К. Г., Саурова Т. А.

Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, Київ, Україна

E-mail: savin-ee@ill.kpi.ua

Швидкий розвиток бездротових технологій змінює сучасний світ. Зараз спостерігається два ключові виклики у цій галузі: збільшення швидкості передачі даних та розповсюдження покриття на важкодоступні райони. Для розв’язання першої задачі часто критичним є максимальна швидкість передачі даних пристрою користувача. На даний момент найперспективнішим напрямом розв’язання цієї проблеми можна вважати технології 5G. Для другої задачі важливо якомога менше залежати від наземної інфраструктури. Тут безперечним лідером виглядають супутникові комунікаційні системи. В цій області нещодавно з’явився прорив у вигляді низькоорбітальних систем.

Об’єднує ці дві проривні технології використання хвиль все більш високо-частотних діапазонів електромагнітного спектра. Стандарти 5G передбачають використання багатьох діапазонів з частотою до 71 ГГц. Супутники Старлінк наразі використовують частоти до 40 ГГц, але вже були запуснені тестові супутники з комунікаційним обладнанням для діапазону 71–86 ГГц. Завдяки цьому зростає потреба у мініатюрних високочастотних перелаштовуваних резонаторах НВЧ, які можуть бути використані для побудови фільтрів та фазообертачів.

Запропонована конструкція перелаштовуваного складеного метало-діелектричного резонатора, що складається з двох однакових діелектричних циліндрів, що розміщені коаксіально у циліндричній металевій порожнині. Верхній циліндр закріплено на металевій пластині, що може рухатися у вертикальному напрямі. Для частотного діапазону порядку десятків ГГц перелаштування резонансної частоти основної моди на 100% може бути досягнуто рухом пластини на десятки мкм, що може бути забезпечене сучасними п’єзоелектричними актуаторами. При цьому досягається концентрація енергії електромагнітного поля у повітряному проміжку між циліндрами, що в свою чергу забезпечує зменшення втрат у металі. Таким чином підвищується добротність резонатора.

Ключові слова: резонатор, перелаштування частоти, добротність.

Література

- [1] H. -G. Song, K. Park, J. -Y. Park, T. -H. Kwon, J. -S. Seo and S. -W. Jeon, "5G NR Performance Evaluation Under Phase Noise Distortion for 52.6 GHz to 71 GHz," *2021 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC)*, Jeju Island, Korea, Republic of, 2021, pp. 607-610, doi: 10.1109/ICTC52510.2021.9620842.

УДК 621.372.413

АНАЛІЗ ТЕРМОСТАБІЛЬНОСТІ ЦИЛІНДРИЧНИХ МЕТАЛО-ДІЕЛЕКТРИЧНИХ РЕЗОНАТОРІВ НВЧ

Савін К. Г., Саурова Т. А.

Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, Київ, Україна

E-mail: savin-ee@ill.kpi.ua

Сучасний світ змінюється дуже швидко. Одним з напрямків стрімкого розвитку зараз є бездротові комунікаційні технології. Доступ до швидкісного інтернету поступово стає невід’ємною частиною життя все більшої частини населення Землі. При цьому, глобальна зміна клімату все частіше спричиняє екстремально високі та низькі температури у регіонах, де раніше спостерігався більш помірний клімат. Це викликає стихійні лиха, що можуть призводити до порушення штатних умов експлуатації інфраструктурного обладнання, у тому числі телекомунікаційного. Це може загрожувати життю людей. У такій ситуації стає все більш важливою надійність пристроїв бездротового зв’язку, особливо здатність функціонувати у широкому діапазоні температур.

Резонатори є одним з найважливіших компонентів таких складових телекомунікаційної техніки як фільтри та фазообертачі. Для базових станцій як правило потрібні резонатори, розраховані на високу потужність електромагнітних коливань. Для таких резонаторів найважливішою вимогою є висока добротність. Відповідно, зростає потреба у мініатюрних високодобротних резонаторах НВЧ. Перспективним напрямом стають метало-діелектричні резонатори. Вони дозволяють зменшити габарити і масу резонатора за рахунок діелектричної частини та зберегти здатність до ефективного відводу тепла за рахунок металеві частини.

Проведено аналіз температурного коефіцієнта частоти циліндричного метало-діелектричного резонатора, розглянуто шляхи досягнення повної термостабілізації для таких резонаторів. Запропонована конструкція має повітряний проміжок, у якому зосереджено енергію електричного поля, що дозволяє зменшити втрати у діелектрику та досягти високої добротності [2]. Розглянуті можливі прийоми, що дозволяють спростити реалізацію термостабілізації резонансної частоти ціною певного збільшення лінійних розмірів та маси.

Ключові слова: резонатор, термостабільність, добротність.

Література

- [1] V. Kazmirenko, Y. Prokopenko and Y. Poplavko, "Tuning range of microwave devices with micromechanical control," in *2017 XI International Conference on Antenna Theory and Techniques (ICATT)*, Kyiv, UKRAINE, 2017, pp. 40-45, doi: 10.1109/ICATT.2017.7972582.
- [2] K. Savin, P. Sergienko, I. Golubeva and Y. Prokopenko, "Calculation of quality factor of tunable shielded cylindrical metal-dielectric resonator using mode matching technique," in *2014 20th International Conference on Microwaves, Radar and Wireless Communications (MIKON)*, Gdansk, Poland, 2014, pp. 1-3, doi: 10.1109/MIKON.2014.6899952.

УДК 621.372.413

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ВЛАСНИХ ЧАСТОТ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ХАРАКТЕРИСТИК ЦИЛІНДРИЧНИХ МЕТАЛО-ДИЕЛЕКТРИЧНИХ РЕЗОНАТОРІВ НВЧ

Савін К. Г., Саурова Т. А.

Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, Київ, Україна

E-mail: savin-ee@lll.kpi.ua

Прогрес інформаційних технологій призвів до величезних змін у сучасному світі. Доступ до інформації поступово стає одним з невід’ємних прав та свобод у розвинених країнах [1]. При цьому, основним засобом користування інтернетом поступово стає смартфон. Відповідно, зростає потреба у збільшенні покриття мобільного інтернету. Разом з підвищенням швидкості передачі даних це призводить до підвищення попиту на телекомунікаційне обладнання базових станцій.

На основі резонаторів будуються ключові компоненти таких складових телекомунікаційної техніки як фільтри та фазообертачі. При цьому, розвиток технологій 5G передбачає використання великої кількості радіочастотних діапазонів. Тому спостерігається потреба у перелаштовуваних резонаторах, які могли б доповнити підхід software defined radio. Крім того, для базових станцій потрібні високочастотні резонатори, які мають витримувати високу потужність електромагнітних коливань. У цьому контексті виглядають перспективними метало-діелектричні резонатори.

Для проектування резонаторів під певний тип коливань необхідно мати уявлення про структуру полів як цього типу коливань, так і для найближчих сусідніх типів. Особливо це стосується перелаштовуваних резонаторів. Найпоширеніші методи моделювання полів (метод скінченних різниць, метод скінченних елементів тощо) є універсальними та забезпечують високу точність обрахунку, але не враховують структури мод резонатора. Тому, при змінах розмірів деталей конструкції розрахунок та аналіз структури полів необхідно повторювати.

Проведено огляд методу власних частот циліндричних метало-діелектричних резонаторів, який дозволяє провести аналіз характеристик резонатора на обраному типі коливань [2]. Цей метод може бути корисний як доповнення до універсальних методів на ранніх стадіях проектування.

Ключові слова: резонатор, мода, розрахунок розподілу поля.

Література

- [1] N. Lucchi, "Access to Network Services and Protection of Constitutional Rights: Recognizing the Essential Role of Internet Access for the Freedom of Expression", *Cardozo Journal of International and Comparative Law (JICL)*, vol. 19, no. 3, 2011.
- [2] J. Schorer and J. Bornemann, "A mode-matching technique for the analysis of waveguide-on-substrate components," in *2015 IEEE MTT-S International Conference on Numerical Electromagnetic and Multiphysics Modeling and Optimization (NEMO)*, Ottawa, ON, Canada, 2015, pp. 1-3, doi: 10.1109/NEMO.2015.7414994.

УДК 531.7

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТА КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ НАФТОПРОДУКТІВ

¹⁾Безвесільна О. М., ²⁾Подчащинський Ю. О., ²⁾Чепюк Л. О., ²⁾Іщенко О. С.

¹⁾Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, Київ, Україна

²⁾Державний університет “Житомирська політехніка”, Житомир, Україна

E-mail: o.bezvesilna@gmail.com, jup@ztu.edu.ua, traveller2762@gmail.com

Контроль якості нафтопродуктів полягає у визначенні значень фізико-хімічних показників їхніх властивостей для встановлення відповідності вимогам стандартів, або технічних умов на даний продукт [1].

Якість паливо-мастильних матеріалів систематично контролюють, починаючи з моменту їхнього виробництва і закінчуючи заправленням у баки машин. Об'єм аналізів і термін їх проведення на різних етапах системи контролю регламентуються відповідними інструкціями та розпорядженнями [2].

Комп'ютеризована система для вимірювання та контролю якості нафтопродуктів заснована на принципі трирівневої ієрархії, що складається з нижнього, середнього та верхнього рівнів.

Нижній рівень включає контрольні-вимірювальні прилади (КВП) і виконавчі механізми, які встановлені на технологічних трубопроводах. На цьому рівні розташовуються виключно місцеві прилади, що показують, і первинні засоби вимірювання.

У проектованій системі на цьому рівні розташовуються вимірювальні перетворювачі та датчики тиску; температури; вологості; щільності і витрат.

В якості виконавчого пристрою використовується регулюючий клапан.

Середній рівень виконує збір та первинну обробку інформації із засобів виміру нижнього рівня, контроль параметрів (у даній системі – витрата нафтопродукту), обмін даними з верхнім рівнем системи.

На основі отриманих на середньому рівні даних формуються команди управління програмованого логічного контролера (в автоматичному режимі або за допомогою оператора). У системі середній рівень представлений системою управління, що складається з двох основних елементів: шафи управління – управління за місцем, і операторського щита (дистанційне управління).

На верхньому рівні системи відбувається зосередження, обробка та впорядкування (формування бази даних) інформації з нижніх рівнів. Також передбачається індикація необхідних параметрів, реєстрація та зберігання інформації. На цьому рівні відбувається формування звітної документації та здійснення управління технологічними режимами системи.

Основними складовими верхнього рівня системи є автоматизоване робоче місце оператора, сервери баз даних (основного та резервного) та комутатори.

Автоматизоване робоче місце (АРМ) призначене для візуального подання

інформації про систему у зручному для сприйняття вигляді та прийому команд управління від оператора. Серверна частина системи забезпечує зберігання та обробку інформації, а також її обмін.

Структурна схема комп'ютеризованої системи для вимірювання та контролю якості нафтопродуктів наведена на рис. 1.

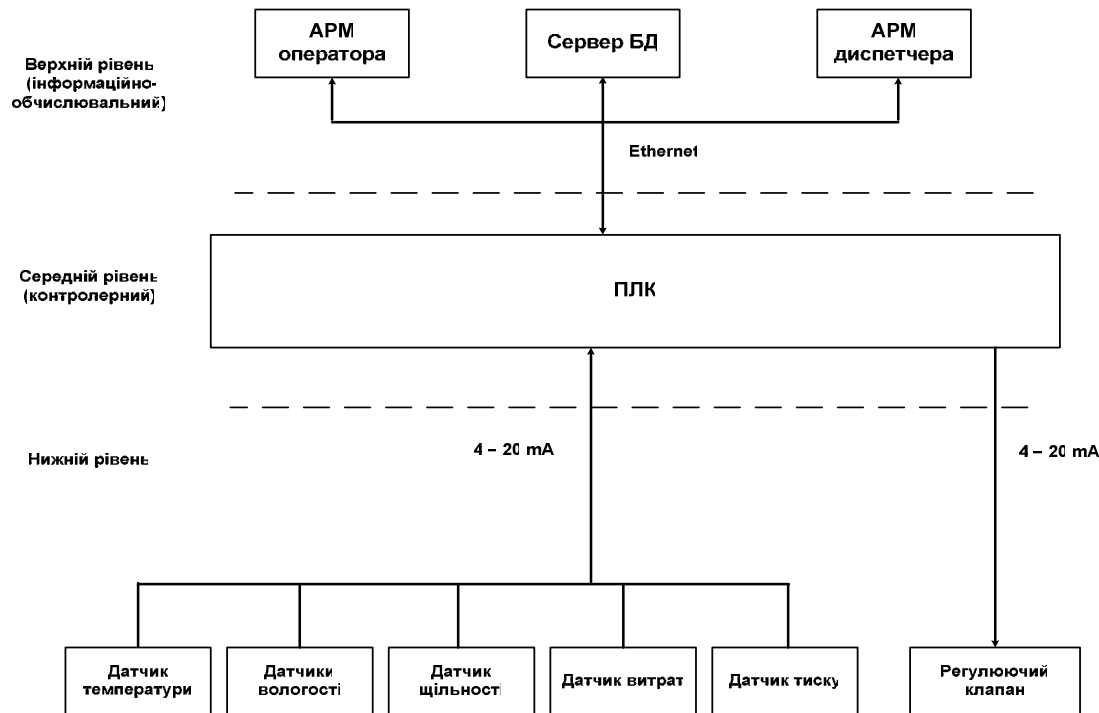


Рис. 1. Структурна схема комп'ютеризованої системи для вимірювання та контролю якості нафтопродуктів.

Система здійснює автоматичне регулювання витрати нафтопродукту в трубопроводі блоку вимірювання показників якості нафтопродукту.

Система вимірює і контролює такі параметри:

- тиск нафтопродукту в трубопроводі;
- температуру нафтопродукту в трубопроводі;
- щільність нафтопродукту;
- відсотковий вміст води в нафтопродукті.

У результаті розробки схеми інформаційних потоків необхідно брати до уваги три рівневу ієрархію системи, тобто три її рівні збору, обробки та зберігання інформації:

- Верхній рівень – рівень архівного зберігання інформації. Інформація цьому рівні являє собою екранні форми/мнемосхеми. В автоматичному режимі на АРМ формуються різноманітні звіти);
- Середній рівень – рівень поточного зберігання інформації. Середній рівень можна назвати сполучною ланкою між потоками інформації від датчиків та систем автоматики до телемеханіки верхнього рівня);

- Нижній рівень (безпосередньо рівень, що відповідає за збирання та обробку отриманих даних з датчиків, тобто аналогові/дискретні сигнали, дані про обчислення або перетворення).

Схема інформаційних потоків блоку вимірювання показників якості нафтопродуктів наведена на рис. 2.

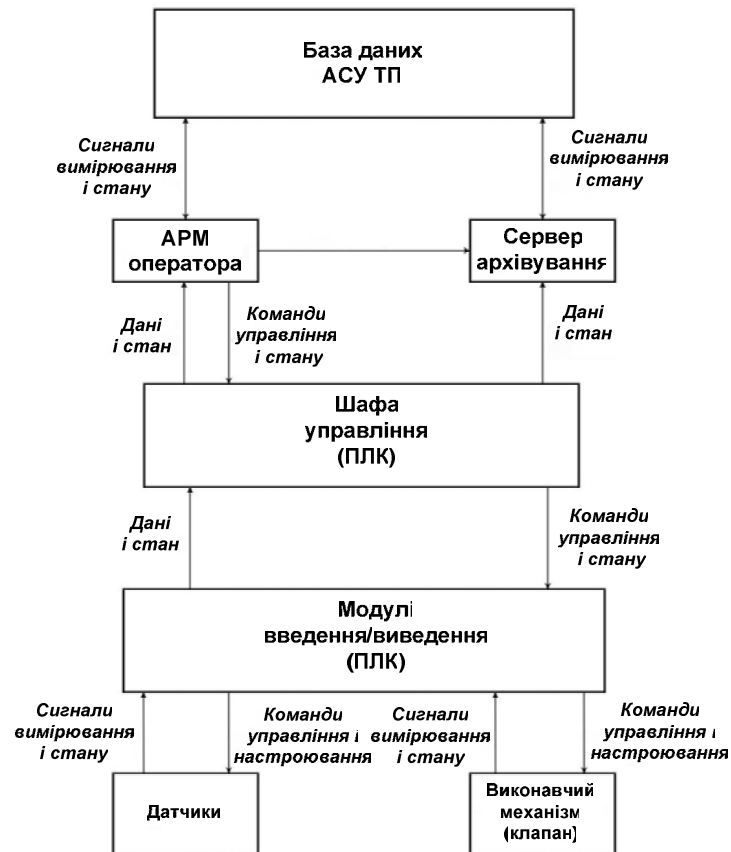


Рис. 2. Схема інформаційних потоків блоку вимірювання показників якості нафтопродуктів.

Ключові слова: комп’ютеризована вимірювальна система, якість нафтопродуктів, програмований логічний контролер.

Література.

- [1] Контроль якості нафтопродуктів [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.systopt.com.ua/article-kontrol-kachestva-nefteproduktov>. (Дата звернення: 20.04.2024).
- [2] С. В. Бойченко, Л. М. Черняк, В. Ф. Новикова [та ін.], *Контроль якості паливно-мастильних матеріалів: навч. посіб.* Київ, Україна: НАУ, 2012.

УДК 531.7

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ПАКУВАННЯ МОРОЗИВА

¹⁾Безвесільна О. М., ²⁾Подчаїнський Ю. О., ²⁾Чепюк Л. О.

¹⁾Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, Київ, Україна

²⁾Державний університет “Житомирська політехніка”, Житомир, Україна,

E-mail: o.bezvesilna@gmail.com, jup@ztu.edu.ua, traveller2762@gmail.com

Постійне підвищення вимог до якості, надійності і безпеки систем моніторингу і управління технологічними процесами – характерна риса сучасного виробництва. Ця обставина приводить до необхідності постійно розробляти відповідні інформаційно-керуючі системи. При цьому, якщо експлуатаційні особливості, точність роботи і надійність вузлів системи, що є об'єктами контролю і управління (датчики, сигналізатори, приводи і т.п.), не будуть відповідати функціональним і комутаційним можливостям пристроїв мікропроцесорної техніки (контролери, робочі й операторські станції і т.п.), то розраховувати на істотне поліпшення властивостей системи, що розроблюється, навряд чи потрібно. Система керування процесом пакування морозива з використанням сучасних вимірювальних і обчислювальних засобів дозволить точно вимірювати параметри руху технологічного обладнання і тим самим дати можливість більш точного його позиціонування.

Структурна схема інформаційно-вимірювальної системи для управління процесом пакування морозива представлена на рис. 1. В якості програмованого логічного контролера обрано контролер Siemens S7-1200 [1].

Параметри роботи програми задаються через панель керування. Можна корегувати координати роботи сервоприводу для різних видів морозива та записувати дані до рецептів. В програмі передбачено вибір чотирьох режимів, які відповідають чотирьом видам морозива.

Датчики на транспортері відповідають за підрахунок комірок, у які викладається морозиво після зняття його з основної конвеєрної лінії. Датчики на упаковці потрібні для синхронізації упаковки та конвеєра. Задавши швидкість пакувальних машин аналоговим сигналом, можна корегувати її, слідкуючи за різницею надходження сигналів з датчиків на транспортерній лінії та з датчиків на упаковці.

Датчик на основній лінії морозива дає сигнал сервоприводу рухатися до люльки з морозивом, щоб забрати його. Це є основним керуючим сигналом роботи пакувальної установки. По частоті сигналу з датчика на основній лінії морозива визначається швидкість роботи транспортерів та пакувальних машин.

Кнопки «Старт» та «Стоп» розташовані на шафі керування та дозволяють оператору виконати запуск за зупинку установки в будь який момент.

Для позиціонування каретки з затискачами морозива використано сервопривод фірми Mitsubishi, який дає змогу точного позиціонування та стеження за

положенням у реальному часі. Сигнал з аварійного стопа зав’язаний на пряму до контакту аварійної зупинки.

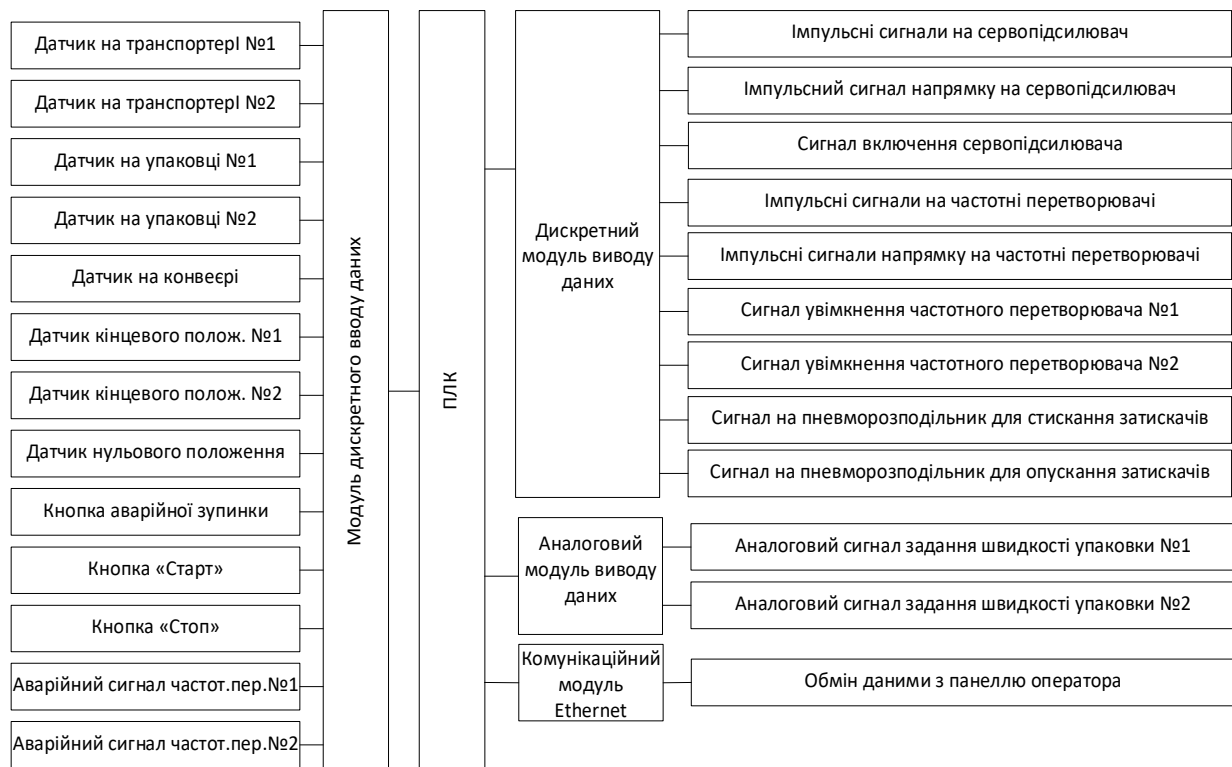


Рис. 1 Структурна схема інформаційно-вимірювальної системи для управління процесом пакування морозива.

Датчики на направляючих, по якій рухається каретка з затискачами, обмежують рух каретки. Це зроблено для того, щоб каретка не біла об краї установки та не стопорила сервопривод, що може призвести до порушення його роботи. Датчик нульового положення призначено для завдання програмі координати нуля.

Для приведення в рух транспортерів з морозивом використовуються частотні перетворювачі Mitsubishi. Аварійна зупинка відбувається через контролер шляхом зняття контролюючого сигналу з клемної колодки на частотному перетворювачі.

Подачею сигналу на котушку пневморозподільника відбувається підняття та опускання затискачів морозива на каретці і, відповідно, затискання і розтискання їх [1].

Для програмування системи використано стандартний програмний пакет фірми Siemens TIA Portal V16.

При виборі середовища програмування було проведено порівняння техніко-економічних показників ряду пакетів вітчизняних і закордонних розробників. Вибір заснований на наступних міркуваннях:

- функціональна достатність для розроблювальної системи;

– можливість придбання об'єктної частини пакета (режим run time) без захисту;

– можливість вибору виду захисного ключа інструментальної частини;

– достатній термін гарантійного обслуговування з можливістю продовження.

В процесі роботи системи виробляється безперервний контроль параметрів і при виявленні відхилень від нормальних значень виконуються відповідні дії:

– включається попереджувальна звукова і світлова сигналізація з виведенням на екран монітора текстового повідомлення, а при наявності включеного принтера відбувається його паралельний друк;

– виробляється переключення на резервне обладнання;

– виконується відключення головних електроприводів для захисту обладнання від можливого ушкодження.

По всіх параметрах, представленим аналоговими сигналами, збираються історичні тренди.

Інтерфейс із персоналом побудований на основі:

1) системи меню, що дозволяє:

– викликати на екран інформацію про параметри обладнання у табличній формі або у вигляді трендів з різними періодичністю і глибиною збору;

– змінювати значення уставок контрольованих параметрів об'єкта і налаштування системи;

– виконувати сервісні і системні функції;

2) виведення на екран текстових повідомлень по ситуаціях;

3) звукової і світлової сигналізації на двері шафи з контролером;

Розроблена система за рахунок точного вимірювання параметрів руху технологічного обладнання і його більш точного позиціонування дозволяє зменшити витрати часу на роботу обладнання для пакування морозива, сприяє зменшенню випуску бракованої продукції. За рахунок зменшення часу на пакування, вилучення затримок обладнання для усунення одночасного попадання двох або більше пачок морозива у пакувальну машину досягається ритмічність роботи пакувальної лінії [1].

Ключові слова: інформаційно-вимірювальна система, технологічне обладнання; морозиво, програмований логічний контролер.

Література.

[1] О. М. Безвесільна, Ю. О. Подчашинський, Л. О. Чепюк, Ю. О. Шавурський, & О. В. Дерев'яно, “Вимірювання параметрів руху та керування технологічним обладнанням для пакування морозива”, *Технічна інженерія*, (1(89), с. 101–107, 2022.

[https://doi.org/10.26642/ten-2022-1\(89\)-101-107](https://doi.org/10.26642/ten-2022-1(89)-101-107)

УДК 531.7

МІКРОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА ВИМІРЮВАННЯ ЧАСТОТИ ОБЕРТАННЯ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСІВ

*Подчащинський Ю. О., Магалецький Я. В., Чепюк Л. О.
Державний університет “Житомирська політехніка”, Житомир, Україна
E-mail: jup@ztu.edu.ua, traveller2762@gmail.com*

Висока ефективність сучасного насосного обладнання, в сполученні з енергоефективністю і можливістю застосування в широкому діапазоні продуктивностей та напірних характеристик насосів, роблять його незамінним на будь-якому виробництві та системах водопостачання.

Відцентрові насоси є одним з найбільш поширених типів насосів, які використовуються в різних галузях промисловості для перекачування великих об'ємів рідин з високою ефективністю. За принципом роботи вони використовують відцентрову силу для перекачування рідини, що дозволяє їм ефективно перекачувати великі об'єми рідини при низькому тиску [1].

Стабільна продуктивність є також перевагою відцентрових насосів. Вони гарантують постійну продуктивність і можливість роботи з високою швидкістю обертання, зменшуючи таким чином конструктивні розміри. Крім того, це дає можливість використовувати прямий привід насосів від електродвигунів. Найпоширенішими двигунами, що використовуються для приводу відцентрових насосів є асинхронні електричні двигуни.

Успіхи, досягнуті провідними світовими компаніями (Danfoss, Grundfoss, DAB, тощо) у розробці та виготовленні електроприводів та інтелектуальних систем керування ними, почали еру нового покоління насосного обладнання, що відрізняється підвищеною ефективністю та складністю побудови.

За такої тенденції розвитку, компаніям, які здійснюють ремонт та обслуговування насосного обладнання необхідно мати устаткування для діагностики та ремонту електродвигунів з частотним приводом, а отже вимірювальне обладнання нового покоління

Надійність відцентрових насосів багато в чому визначається працездатністю їх електроприводу. Електродвигуни в процесі експлуатації підлягають зношуванню і потребують ремонту. Після ремонту електродвигуни необхідно протестувати (перевірити) на працездатність в тих чи інших умовах за їх нормативними характеристиками та параметрами. Така перевірка повинна проводитись у якомога коротший термін та в достатньо широкому діапазоні швидкостей .

Для цієї мети пропонується мікропроцесорна система контролю частоти обертання електродвигунів, яка дозволяє якісно, та, насамперед, ефективно здійснити перевірку працездатності електродвигунів за їх нормативними характеристиками та параметрами [2].

На даний час найточнішими вважаються дискретні методи вимірювання частоти обертання. Вони ґрунтуються на квантуванні сигналів за рівнем і дискретизацією у часі.

У першому випадку методом числення імпульсів від дискретного (частотного) датчика швидкості з одночасним кодуванням результату визначають частоту обертання за фіксований еталонний часовий інтервал T_0 , що задається зразковою (еталонною) мірою часу. Такі пристрої будуються на основі цифрових тахометрів (частотомірів) середніх значень.

Відносна простота, гарні технічні характеристики забезпечили даному методу та його модифікаціям широке застосування при вимірюваннях частот обертання.

Недоліком методу є велика похибка квантування при вимірюванні малих частот обертання:

$$\delta_{КСЗ} = \frac{60}{T_0 \cdot n_x \cdot Z} \cdot 100 \%,$$

де T_0 – еталонний часовий інтервал; n_x – вимірювана частота обертання; X – число імпульсів за один оберт частотного датчика швидкості.

Більш високі метрологічні характеристики в області низьких частот обертання мають методи, що ґрунтуються на використанні інформації про тривалість періоду T_x на виході частотного датчика швидкості. Такі вимірювання ми назвали вимірюваннями миттєвих значень.

Проте при вимірюванні високих частот обертання ми отримуємо велику похибку квантування:

$$\delta_{КМЗ} = \frac{n_x \cdot Z}{f_0 \cdot 60} \cdot 100 \%,$$

де f_0 – частота квантуючих імпульсів.

Отже для отримання широкого діапазону вимірювань ми використовуємо переваги цифрових тахометрів середніх і миттєвих значень. Однак для спільного використання розглянутих цифрових методів вимірювання необхідно визначити критичну частоту обертання $n_{ХК}$, яка може бути вихідною інформацією для перемикачів структури тахометра.

Порівнявши похибку квантування цифрових тахометрів середніх і миттєвих значень

$$\delta_{КСЗ} = \delta_{КМЗ},$$

визначимо критичну частоту обертання

$$n_{ХК} = \frac{60}{Z} \cdot \sqrt{\frac{t_0}{T_0}}.$$

Аналіз одержаної залежності приводить до висновку, що $n_{ХК}$ залежить від наступних параметрів: частоти квантуючих імпульсів і тривалості еталонного часового інтервалу T_0 ; числа штрихів Z частотного датчика швидкості.

Якщо $n_x < n_{ХК}$, то доцільніше застосувати структуру цифрового тахометра миттєвих значень. У протилежному випадку оптимальним рішенням буде використання цифрового тахометра середніх значень.

Для реалізації даного алгоритму вимірювання частоти обертання стає можливим використання частотного вимірювального каналу з мікропроцесорним управлінням при доповненні апаратних засобів датчиком частоти обертання, а програмної частини – відповідними програмами визначення n_x і n_{xk} .

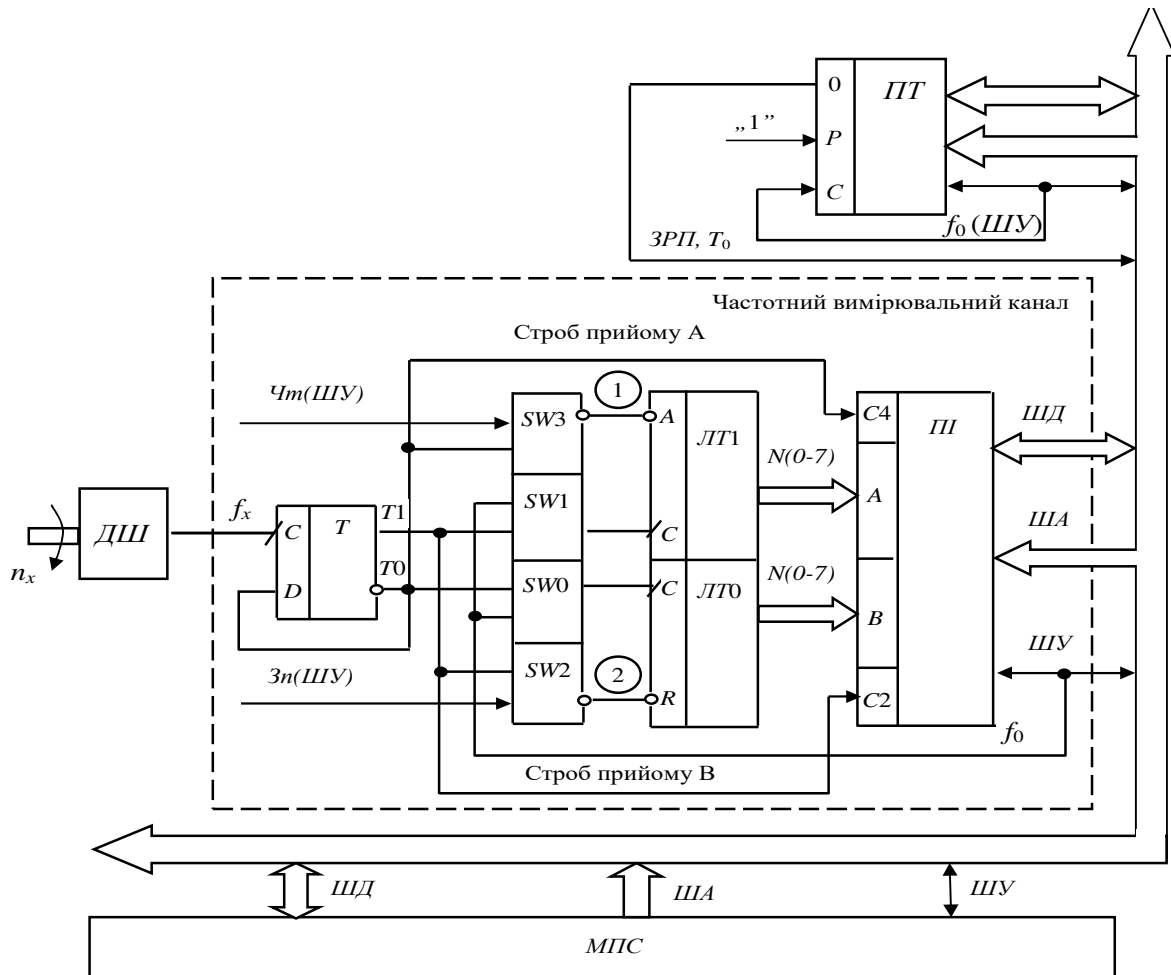


Рис. 1. Структурна схема МПС вимірювання частоти обертання.

Структурна схема мікропроцесорної системи (МПС) частоти обертання наведена на рис. 1. Вона складається з елементів: датчика швидкості ДШ, частотного вимірювального каналу, апаратного формувача еталонного часового інтервалу T_0 , який реалізований на програмованому таймері ПТ і мікропроцесорній системі МПС.

Спочатку задається користувачем частота квантуючих імпульсів, тривалість еталонного часового інтервалу T_0 , число штрихів Z датчика швидкості та визначається n_{xk_0} . Припустимо, що вимірювана частота обертання $n_x = n_{xk_0}$. У цьому разі встановлюється режим роботи цифрового тахометра миттєвих значень. Програмований таймер у цьому режимі роботи МПС участі не бере.

Датчик швидкості поєднаний із вихідним валом об'єкта вимірювання і перетворює частоту обертання n_x на частоту слідування імпульсів f_x , яка під управлінням програмного драйвера вимірюється частотним каналом, а значення інформативного параметра T_x запам'ятовуються за певною адресою в оперативному запам'ятовуючому пристрої мікропроцесорної системи.

Частота обертання:

$$n_{xi} = \frac{60}{T_{xi} \cdot Z},$$

де T_{xi} – значення періоду, одержані в результаті вимірювання.

За умови $n_x > n_{xk}$ система автоматично перемикається на режим цифрового тахометра середніх значень. У програмований таймер записується код, що відповідає заданій тривалості еталонного часового інтервалу T_0 .

Електронні ворота T_0 формуються програмованим таймером з моменту запису в один з його лічильників коду до моменту появи на його виході сигналу ЗПР.

За цей проміжок часу підраховується кількість імпульсів на прямому й інверсному виходах тригера T . Частота обертання в цьому режимі роботи МПС:

$$n_{xi} = \frac{f_{xi} \cdot 60}{T_{xi} \cdot Z},$$

де f_{xi} – значення частоти, одержані в результаті вимірювань.

Таким чином, для реалізації даної системи потрібно знати рівняння перетворення датчика $f_x = F(x)$, який буде використовуватись при вимірюваннях у широкому діапазоні швидкостей.

Ключові слова: мікропроцесорна система, відцентровий насос, асинхронний двигун, частота обертання.

Література

- [1] Ю. М. Лавріненко, О. С. Марченко, П. І. Савченко, О. Ю. Синявський, Д. Г. Войтюк, В. П. Лисенко, *Електропривід: Підручник*. Ю. М. Лавріненко. Ред. Україна: Ліра-К, 2009.
- [2] Ю. О. Подчашинський, Я. В. Магалецький, “Інформаційно-вимірювальна система визначення пускового моменту двигуна з цифровою обробкою сигналів”, на *XIII Міжнар. наук.-техн. конф. Інформаційно-комп'ютерні технології*, Житомир, 2023, с. 162-163. Режим доступу: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2023/06/povnyy-tekst.pdf>.