

## ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ РАДІОЧАСТОТНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ

К.т.н. Т. В. Плугіна, к.т.н. О.В. Єфименко, В.В. Пашков, К. В. Хіценко, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

*Розглядається задача проектування системи радіочастотної ідентифікації рухомих об'єктів різноманітних технологічних процесів. Обґрунтовано переваги даного типу ідентифікації. Розроблено математичні моделі проектування елементної бази системи радіочастотної ідентифікації об'єктів.*

*Рассматривается задача проектирования системы радиочастотной идентификации движущихся объектов различных технологических процессов. Обоснованы преимущества данного типа идентификации. Разработаны математические модели проектирования элементной базы системы радиочастотной идентификации объектов.*

*The task of designing the system of radio-frequency identification of moving objects of various technological processes is being considered. The advantages of this type of identification have been substantiated. The mathematical models of designing the element base of the system of radio-frequency identification of objects have been developed.*

**Ключові слова:** проектування, ідентифікація, мітка, читувач, елементна база, математичні моделі, багатокритеріальна оптимізація, програмно-технічний комплекс.

### Вступ

Сучасний логістичний процес вимагає жорстких умов стосовно точності, швидкості, контролю руху об'єктів, що є вкрай важливим при функціонуванні виробничого процесу. За американськими мережами Wal-Mart та 7-eleven про початок переходу на системи керування логістикою з технологією RFID повідомляють все нові й нові компанії. Наймогутніші виробники електроніки й програмного забезпечення IBM, HP, National Instruments і Microsoft повідомляють про створення підрозділів, що займаються цією тематикою. Постають питання необхідності впровадження MES (Manufacturing Execution System - система виконання виробництва), що поєднують розрізнені "шматочки автоматизації" на підприємстві й підвищувальній конкурентоспроможності підприємства за рахунок підвищення гнучкості виробництва й зниження витрат, детального планування й моделювання виробничих процесів. Використовуючи дані рівні планування й контролю, MES-системи управляють поточною виробничою діяльністю відповідно до замовлень, вимог конструкторської й технологічної документації, актуальним станом устаткування, переслідуючи при цьому мету максимальної ефективності й мінімальної вартості виконання виробничих процесів. Однією з найважливіших функцій MES-системи є диспетчеризація виробництва, тобто відстеження всього процесу виготовлення товару від початку ланцюжка (одержання матеріалів і компонентів для виробництва) до відвантаження товару споживачеві. Саме для цієї функції

впровадження RFID-технології дозволяє різко підвищити швидкість одержання інформації, її вірогідність та знизити число помилок при уведенні даних протягом усього процесу виробництва, при цьому обходячи слабкі сторони цієї технології.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

В останні роки в сфері товарного руху ряду країн відбулися істотні зміни. У господарській практиці стали використовуватися нові методи та способи керування рухом об'єктів чи товарів [1]. Використовуються новітні інформаційні технології, інтелектуальні системи, сенсори та системи ідентифікації.

Важливе місце в цьому процесі приділяється логістиці [2], від впровадження якої залежить рівень розвитку будь-якого підприємства. Підвищення вимог сучасного бізнесу до організації підприємств у рамках загального завдання максимального задоволення кінцевого споживача порушує питання про необхідність їхньої модернізації та інтелектуалізації [3]. Тому для широкого кола компаній актуальним стало питання про вибір інтелектуальної системи керування і в першу чергу системи ідентифікації рухомих об'єктів [4].

Проведений аналіз показав, що в наш час проблеми вибору системи ідентифікації за допомогою математичних методів приділяється дуже мало уваги.

### Мета і задачі роботи

Метою роботи є підвищення ефективності логістичних операцій за рахунок скорочення часу на проведення ідентифікації товарів, зменшення вірогідності виникнення помилки при розвантаженні, виключення впливу людського фактору та підвищення економічної вигоди від роботи складу. Це може бути досягнуто шляхом розробки моделей вибору елементної бази інтелектуальної системи радіочастотної ідентифікації. На підставі існуючих проблем витікають основні задачі дослідження:

- порівняння існуючих систем ідентифікації рухомих об'єктів;

- розробка математичної моделі вибору елементної бази та раціонального комплексу технічних засобів інтелектуальної системи радіочастотної ідентифікації.

При здійсненні проектування інтелектуальної системи радіочастотної ідентифікації базовим є метод багатокритеріальної оцінки та оптимізація.

### Відстеження рухомих об'єктів у виробництві

Ідентифікація - процес розпізнавання об'єкта за його певними ознаками. Ідентифікацію можна умовно розділити на кілька видів: візуальну («паперова» технологія), штрих-кодову та радіочастотну (RFID). Останні два види являють собою автоматичну ідентифікацію.

Однак, для цілого ряду виробництв та галузей застосування перших двох технологій ідентифікації є нерезультативним. Візуальна технологія забезпечує низьку швидкість обробки інформації, збільшує кількість помилок, викликаних людським фактором. А технологія штрихового кодування не може забезпечити контроль переміщення об'єктів в реальному часі та працювати в жорстких умовах експлуатації. Тому більшість підприємств почали переходити на радіочастотну технологію ідентифікації товарів при проведенні логістичних операцій.

Радіочастотна ідентифікація (RFID-технологія) використовує радіохвилі для автоматичної ідентифікації фізичних об'єктів і дозволяє здійснювати безконтактне введення та зчитування даних з міток на відстані і без їхньої прямої видимості, використовуючи для цього як стаціонарні, так і мобільні пристрої.

RFID-технологія являє собою систему, яка складається з радіочастотної мітки або транспондера, яка містить закодовану інформацію про товар, рідера або пристрою, який зчитує інформацію з мітки та програмного забезпечення, яке виконує операції запису та зчитування кода.

Зчитувач системи RFID виконує роль інтерфейсу для додатка, якому потрібно забезпечити зчитування або передачу даних на безконтактний мобільний транспондер.

Основними функціями транспондера є використання енергії, яка передається по радіоканалу зчитувачем, формування відповідної посылки зчитувачу у вигляді коду, запис даних, які передаються від зчитувача, у пам'ять інтегральної схеми транспондера.

Розглянемо більш докладно приклад відстеження рухомих об'єктів у виробництві з використанням радіоміток з погляду системи планування ERP (Enterprise

Resource Planning – управління ресурсами підприємства), де MES система є сполучною ланкою між ERP системами і АСУТП.

Процес відстеження та ідентифікації рухомих об'єктів складається з наступних етапів:

- на вхід цеха подається сировина зі складів підприємства;
- у цех подаються енергоресурси (пара, газ, вода, електрика) і видається замовлення на виробництво продукції;
- сировина зважується й надходить у цех;
- відбувається технологічна обробка;
- товар надходить на склад готової продукції.

Процеси, що відбуваються на рівні виконання виробництва MES представлено на рисунку 1.

Коли сировина й напівфабрикати переміщуються по цеху в мішках (або будь-якій іншій дрібній тарі), на піддонах (або контейнерах), за допомогою авто або електронавантажувачів, у цьому випадку для зменшення часу на облікових операціях і зниження обсягу недостовірної інформації про переміщення вантажів доцільно застосовувати для ідентифікації "великої" тари й навантажувачів транспондери, а на складах (у тому числі й проміжних) і на технологічному встаткуванні встановити сканери RFID-міток.

У результаті користувачі системи одержують ряд переваг:

- можливість наскрізного перегляду технологічної історії;
- можливість автоматичного складання паспорта партії продукції, починаючи від сировини й до того, хто й у який час здійснював обробку напівфабрикатів на проміжних технологічних операціях, обсягів спожитих енергоресурсів на виробництво даної партії й чистого робочого часу;

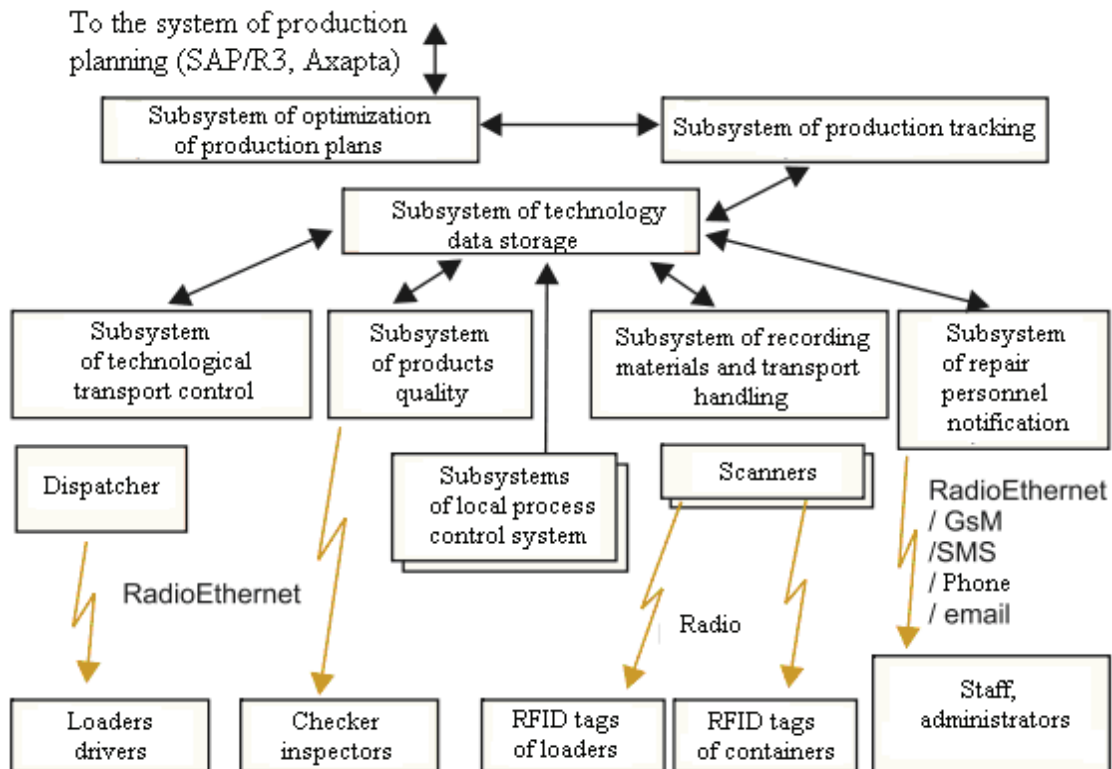


Рис. 1. Рівень виконання виробництва - MES

- фіксація, крім номінальної, реальної ваги партії. Застосування транспондерів дозволяє точно знати вагу кожної партії (записується в мітку) і їхнє число, що зчитується при проході транспорту повз антену зчитувача. У результаті система планування виробництва одержує номінальну вагу зробленого продукту;

- можливість побудови системи керування транспортом на території підприємства при використанні активних RFID-міток для маркування навантажувачів, машин і іншої техніки, їхнє місцезнаходження завжди буде відомо системі;

- перегляд стану незавершених виробництв і перелік матеріалів, що зберігаються на проміжних технологічних складах практично в режимі реального часу;

- інтелектуальна робота системи обліку переміщення матеріалів, що не вимагає застосування операторів і додаткового часу на введення даних.

Основним етапом проектування системи радіочастотної ідентифікації є вибір технічних і програмних засобів. Ця задача може бути вирішена методами багатокритеріальної оптимізації даного типу об'єктів.

Постановка задач дослідження полягає у наступному.

Відомо:

- множина об'єктів MES - систем, що необхідно відстежувати та ідентифікувати;

- множина технічних засобів елементної бази, що входять в RFID-системи ідентифікації;

- параметри та характеристики технічних засобів;

- множина програмних засобів, які характеризуються набором програмних додатків;

- параметри та характеристики програмних додатків, які задовольняють обраним технічним засобам.

Необхідно обрати елементну базу системи ідентифікації, яка підвищить ефективність та якість проведення всіх операцій щодо руху об'єктів MES - систем.

До складу елементної бази RFID-системи входять зчитувач і радіочастотна мітка, тому вибір технічних засобів здійснюється шляхом декомпозиції загального завдання на часткові. Окремо виконується вибір мітки та вибір зчитувача.

Постановка завдання вибору мітки полягає у наступному.

Відомо, що  $D = \{D_i\}, (i = \overline{1, i'})$  - множина різновидів міток, де  $i'$  - число міток; параметри та характеристики міток.

Вибір мітки виконується за наступними функціональними та витратними показниками:

- робоча частота мітки  $PЧМ$ ;

- радіус зчитування  $PЗМ$ ;

- обсяг пам'яті  $ОПМ$ ;

- реалізація антиколізії  $АМ$ ;

- вартість мітки  $ВМ$ .

Частковими критеріями оптимізації вибору мітки обрані наступні:

- максимальна робоча частота мітки

$$PЧ = \max \sum_{i=1}^{i'} PЧМ \cdot x_i; \quad (1)$$

де  $x_i$  - булева змінна, яка дорівнює 1, якщо обрана  $i$ -та мітка та 0, якщо  $i$ -та мітка не обрана.

- максимальний радіус зчитування

$$PЗ = \max \sum_{i=1}^{i'} PЗМ \cdot x_i; \quad (2)$$

- максимальний обсяг пам'яті

$$ОП = \max \sum_{i=1}^{i'} ОПМ \cdot x_i; \quad (3)$$

- максимальна антиколізія (можливість вибіркового зчитування інформації з множини міток, які потрапили в зону дії зчитувача)

$$А = \max \sum_{i=1}^{i'} АМ \cdot x_i; \quad (4)$$

- мінімальна вартість мітки

$$В = \min \sum_{i=1}^{i'} ВМ \cdot x_i. \quad (5)$$

Область допустимих рішень визначається наступними обмеженнями:

- робоча частота повинна бути не менше заданої

$$\max \sum_{i=1}^{i'} PЧМ \cdot x_i \geq PЧ_{зад}; \quad (6)$$

- радіус зчитування повинен бути не менше заданого

$$\max \sum_{i=1}^{i'} PЗМ \cdot x_i \geq PЗ_{зад}; \quad (7)$$

- об'єм пам'яті повинен бути не менше заданого

$$\max \sum_{i=1}^{i'} ОПМ \cdot x_i \geq ОП_{зад}; \quad (8)$$

- антиколізія повинна бути не менше заданої

$$\max \sum_{i=1}^{i'} АМ \cdot x_i \geq А_{зад}; \quad (9)$$

- вартість мітки повинна бути не більше заданої

$$\min \sum_{i=1}^{i'} ВМ \cdot x_i \leq В_{зад}. \quad (10)$$

Постановка завдання вибору зчитувача полягає у наступному. Відомо:

- множина різновидів зчитувачів

$N = \{N_j\}, (j = \overline{1, j'})$ , де  $j'$  - число зчитувачів;

- параметри та характеристики зчитувачів.

Вибір зчитувача виконується за наступними функціональними та витратними показниками:

- робоча частота зчитувача  $PЧЗ$ ;
- радіус зчитування  $PЗЗ$ ;
- живлення  $ЖЗ$ ;
- маса  $МЗ$ ;
- вартість зчитувача  $ВЗ$ .

Часткові критерії оптимізації мають вигляд аналогічно з (1-10).

Наведена математична модель (1 - 10) вибору технічних засобів радіочастотної ідентифікації відноситься до класу завдань багатокритеріальної оптимізації дискретного програмування з булевими змінними.

### Висновки

В результаті проведеного аналізу виявлено, що задача проектування системи радіочастотної ідентифікації рухомих об'єктів MES систем в загальному випадку ускладнюється багатозначністю та суперечливістю різних параметрів та характеристик системи. Для вирішення задачі проектування системи радіочастотної ідентифікації була проведена декомпозиція загальної задачі на часткові, були використані методи багатокритеріальної оцінки та оптимізації.

Побудована математична модель вибору технічних засобів RFID-системи дозволить на відміну від існуючих, підібрати оптимальний комплект технічних засобів

системи радіочастотної ідентифікації за заданими критеріями та обмеженнями, що значно зменшить час на ідентифікацію рухомих об'єктів та підвищить ефективність роботи підприємства.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гаджинский А. М. Логистика / А. М. Гаджинский. – 11-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2005. – 432 с.

2. Дихунян В. Л. Электронная идентификация. Бесконтактные электронные идентификаторы и смарт-карты // В. Л. Дихунян, В. Ф. Шаньгин. – М.: ООО «Издательство АСТ»: Издательство «НТ Пресс», 2004. – 695 с.

3. Захарченко М. В. Автоматизация проектирования устройств, систем та мереж зв'язку / М. В. Захарченко и др. – К.: Радиоаматор, 1996. – 268с.

4. Плугина Т.В. Проектирование интеллектуальных операторских станций распределенных систем управления / Т.В. Плугина, Д.А. Маркозов - Вестник ХНАДУ. - 2013. - Вып.63. - С. 93 - 97.

5. Писарчук О.О. Технология ситуационного структурно-параметричного синтеза сложной информационно-управляющей системы / О.О.Писарчук. Збірник наукових праць ЖВІ ДУТ. - Вып. 9, С.56-61.

6. Плугина Т.В. Модели параметричного синтеза элементной базы системы управления программно-техническим комплексом / Т.В. Плугина, А.В. Ефименко, З. Мусаев. НТЖ Технология приборостроения.-2016, №2, с. 10-14.

7. Плугина Т. В. Вибір програмного забезпечення системи радіочастотної ідентифікації / Т. В. Плугина, О. Л. Реут - Вестник ХНАДУ, 2012. - Вып. 56. - С. 129-133.

УДК 53.088.3; 53.088.7

## МОДЕЛЬ ФУР'Є-ФІЛЬТРАЦІЇ ВИХІДНИХ АНАЛОГОВИХ СИГНАЛІВ ЧАСТОТНИХ ДАТЧИКІВ

К.т.н. О.Ю. Олійник, д.т.н. Ю.К. Тараненко, Український хіміко-технологічний університет, м.Дніпро.

У роботі представлена модель Фур'є-фільтрації, реалізована засобами Python. Результати імітаційного моделювання демонструють застосування розробленої моделі фільтрації з перетворенням часової області в частотну, фільтрацією гармонік і зворотного дискретного Фур'є перетворення в часову область. Наведені графічні результати роботи моделі свідчать про компенсації ефектів спотворень сигналу шумом.

В работе представлена модель Фурье-фильтрации, реализована средствами Python. Результаты имитационного моделирования демонстрируют применение разработанной модели фильтрации с преобразованием временной области в частотную, фильтрацией гармоник и обратного дискретного Фурье преобразования во временную область. Приведенные графические результаты работы модели свидетельствуют о компенсации эффектов искажений сигнала шумом.

The article presents the Fourier filtering model, implemented by means of Python. Results of simulation modeling demonstrate the application of the developed filtering model with the transformation of the time domain into the frequency domain, the filtration of harmonics and the inverse discrete Fourier transformation into the time domain. The resulted graphic results of the model work indicate the compensation of the effects of signal distortion by noise.

**Ключові слова:** цифровий фільтр, Фур'є-перетворення, сигнал, шум, похибка вимірювання.

### Вступ

Частотні перетворювачі широко використовуються в прецизійних вимірах (їх похибка становить 0,1-0,5% від вимірюваної величини, або 0,04-0,25% від верхньої межі вимірювання) [1]. При цьому девіація частоти частотних датчиків не перевищує декількох відсотків, а фаза сигналу може змінюватися на протилежну внаслідок впливу шумів. Більшість відомих методів підвищення точності засобу вимірювання засновані на придушенні перешкоди (шуму), заміщення зашумленого сигналу сигналом без перешкод [2], або на методах статистичної обробки результатів вимірювань [3]. Перший підхід реалізується включенням до складу засобу вимірювань. Включаються додаткові вузли або елементи, які забезпечують підвищення точності за рахунок інформації, отриманої з їх допомогою. Другий підхід заснований на імовірнісних методах і методах статистики та зводиться до прогнозування значень дисперсій і похибок для кожного наступного циклу вимірювань.

Застосування програмної цифрової фільтрації дозволяє отримати сигнал без шуму і в той же час не