МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИЗОВАНОЇ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ ЯК ДИСКРЕТНО-БЕЗПЕРЕРВНОГО ОБ'ЄКТА

Блінов Є.В., магістр, yevhen.blinov@gmail.com
ДонНТУ, м. Красноармійськ, Україна

На сьогоднішній день все більше зростає тенденція автоматизації виробництва за рахунок використання різноманітних промислових роботів, які в наш час випускаються десятками тисяч щорічно.

Виробничі роботи призначені для виконання важкої, монотонної, шкідливої і небезпечної для здоров'я людей фізичної роботи. Найчастіше, їх використання дозволяє досягти повної керованості технологічного процесу та скоротити витрати підприємства на заробітну плату працівників.

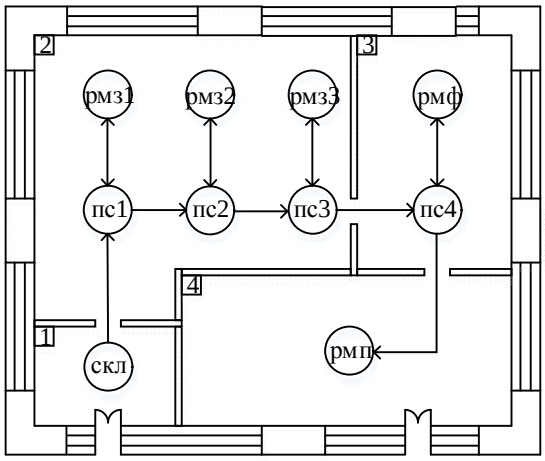

Рисунок 1. План збирального цеха

Розглянемо збиральний цех (рис. 1), технологічний процес якого складається з комплектування набору деталей на складі та їх транспортування до місць збирання (ділянка 1), безпосереднього збирання готового виробу (ділянка 2), фарбування виробу (ділянка 3), пакування та відвантаження готового виробу (ділянка 4). Для транспортування набору деталей та готового виробу між ділянками використовується роботизована транспортна система, що складається з трьох автономних мобільних роботів, які їдуть за заданою траєкторією, що задається чорною лінією на підлозі цеху.

Дану транспортну систему можна віднести до дискретно-безперервного класу, тобто динамічних систем, поведінку яких можна описати за допомогою дискретної послідовності подій, що мають координуватися (керуватися) проектованою системою управління. Подія відповідає початку, або закінченню якоїсь діяльності у визначений момент часу.

Для моделювання й аналізу дискретно-безперервних систем застосовуються різноманітні математичні засоби, одним з найбільш поширених є застосування мереж Петрі, а саме їх класу — графів синхронізації, в яких позиції представляють окремі стани, а переходи — зміну цих станів в дискретно-безперервній системі. За допомогою методів max-plus алгебри можна створити математичний опис дискретно-безперервної системи, який дуже схожий на звичний метод опису системи у просторі станів, та що служить для розрахунку моментів часу запусків переходів.

Отже для розглянутого об’єкта необхідно розробити математичну модель у вигляді графа синхронізації та провести її дослідження шляхом моделювання.

На рис. 2 наведено математичну модель роботизованої транспортної системи у вигляді графа синхронізації. Він задається n положеннями і m логічними умовами переключення переходів. Для нього можна отримати систему з n рівнянь у векторно-матричній формі запису [1]:

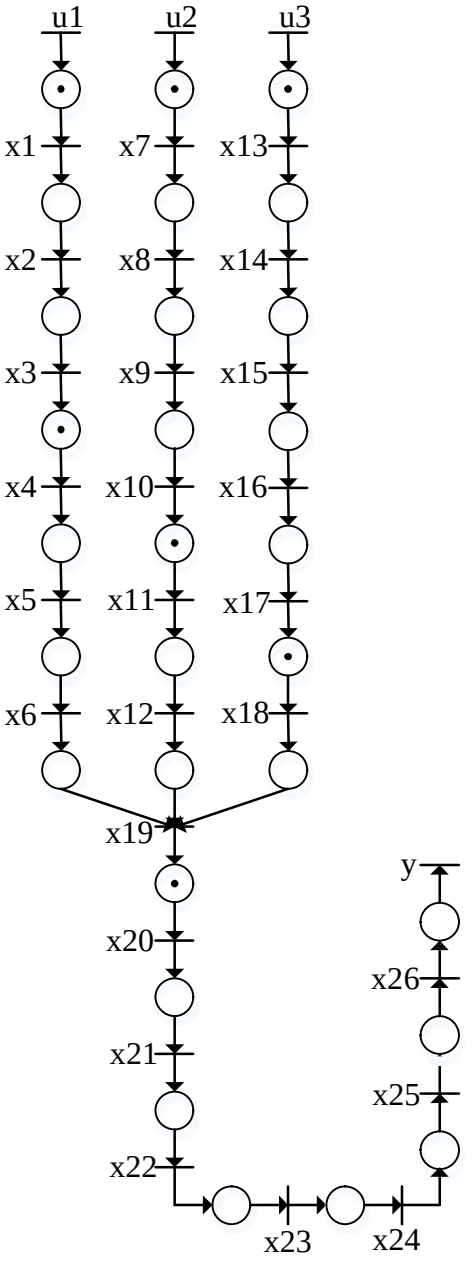

Рисунок 2. Граф синхронізації транспортної системи збирального цеха

$$x = Ax \oplus Bu$$

де: x — вектор стану, кожний елемент якого фіксує момент часу маркування (включення) переходу, u — вектор керування, за допомогою якого задається вплив зовнішніх логічних умов маркування.

В графах синхронізації переходи з одного положення в інше створюють замкнені цикли. Тобто через певне число переходів умовний маркер проходить всі позиції графа і виходить на повторне маркування тих самих позицій. Для того, щоб відрізняти окремі цикли поведінки дискретно-безперервної системи, всі змінні векторів стану і управління мають індекс k, який показує з якою частотою буде маркуватися відповідне положення в графі синхронізації. З урахуванням цього отримаємо:

$$x(\mathrm{k}+1) \quad Mx(\mathrm{k}) \oplus A_0^* Bu(\mathrm{k}+1)$$

де: M — матриця динаміки системи без зовнішнього керування, яка отримується за формулою:

$$M = A_0^* A_1$$

де: матриці A_0 і A_1 визначаються з матриці A на основі маркованих і немаркованих позицій відповідно, а матриця A_0^* отримується наступним чином:

$$A_0^* = I \oplus A_0 \oplus A_0^2 \oplus \ldots \oplus A_0^{n-1}$$

Для отриманого графа синхронізації некерованої системи було проведено моделювання, на основі результатів якого було побудовано діаграми Ганта, що характеризують стани системи у часовій області [2]. На рис. 3 наведено діаграму руху роботів на ділянці пс4, з якої видно, що під час руху між ділянками пс4 – рму – пс4 має місце зіткнення третього робота з першим та другим, що є неприпустимо. Це говорить про те що, необхідно координувати рух промислових роботів за допомогою твердих вимог, тобто необхідно сформувати додаткові логічні умови переключення окремих переходів графа синхронізації.

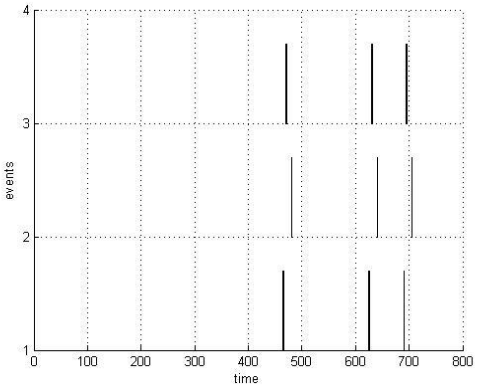

Рисунок 3. Діаграма Ганта

Таким чином, розроблено математичну модель роботизованої транспортної системи у вигляді графа синхронізації. З побудованих діаграм Ганта видно виникнення зіткнень роботів під час руху між ділянками цеха. Необхідно сформувати додаткові логічні умови переключення окремих переходів графа синхронізації.

Література

1. Бессараб В. І. Математичні основи теорії дискретно-безперервних систем / В. І. Бессараб — Донецьк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2011. — 175 с.

2. Jaroslaw Stanczyk Max-plus algebra toolbox for Matlab and GNU Octave — Magdeburg, 2005. — 102 с.

Анотація

Для роботизованої транспортної системи збирального цеха побудований граф синхронізації та промодельована її поведінка. Наведено діаграми Ганта, отримані на основі результатів моделювання.

Ключові слова: дискретно-безперервна система, max-plus алгебра, граф синхронізації, діаграма Ганта.

Аннотация

Для роботизированной транспортной системы сборочного цеха построен граф синхронизации и промоделировано ее поведение. Представлены диаграммы Ганта, полученные на основании результатов моделирования.

Ключевые слова: дискретно-непрерывная система, max-plus алгебра, граф синхронизации, диаграмма Ганта.

Abstract

For robotic transport system of the assembly workshop was built synchronization graph and simulated its behavior. Gantt charts, which based on results of modeling, are represented.

Keywords: discrete-continuous system, max-plus algebra, timed event graph, Gantt chart.