

Дослідження виробничих ліній SMT монтажу

Анна Жгунова¹, Ірина Бабак¹

Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА,
Харків, пр. Науки. 14., email: tempostrong@gmail.com

Анотація: В даному матеріалі розглянуто розробку кіберфізичної моделі на базі Індустрії 4.0 для виробничої лінії на основі конструкції та підбору компонентів виробничої лінії SMT монтажу. Дослідження по кіберфізифікації виробництва виконуються в рамках розробки і впровадження в промисловість ідей і рішень, спрямованих на створення «розумних підприємств», що володіють новими виробничими технологіями.

Ключові слова: Індустрія 4.0, кіберфізичні системи, виробнича лінія.

I. ВСТУП

Тенденції розвитку сучасного світу ведуть до збільшення обсягів інформації, підвищення вимог до її точності і своєчасного подання для аналізу і ухвалення рішень в режимах реального часу, вимагають перегляду підходів до використання високих технологій та їх ролі в різних сферах діяльності людини, що, своєю чергою, потребує змінити підходи до промислових технологій.

Діяльність сучасних виробничих підприємств реалізується сьогодні в відповідно до технологічних процесів Індустрії 3.0. В проектно-виробничу діяльність впроваджуються нові технічні та програмні засоби й системи автоматизації, що підвищують продуктивність праці проєктувальників і знижують час виконання окремих етапів життєвого циклу виробів [1-2].

Аналіз шляхів модернізації виробничих потужностей підприємств показує, що основні напрямки розвитку, які підтримують організації, орієнтовані не тільки на зниження витрат, автоматизацію технологічних процесів і т.д., але і на цифровізацію проєктних процедур, процесів постачання, виробництва, логістики, підтримки виробу в експлуатації й т.д. в загальному життєвому циклі виробів.

Необхідність оптимізації етапів життєвого циклу виробів призводить до вирішення ряду супутніх завдань, орієнтованих на розробку нових підходів до створення виробничих комплексів підприємств майбутнього на базі Індустрії 4.0, що підтримують інтеграцію технологічних, технічних, програмних та інших засобів і систем, що автоматизують етапи розробки та виготовлення виробів приладобудування. Такими системами, призначеними для роботи на підприємствах майбутнього, є кіберфізичні системи [3].

II. ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В КОНЦЕПЦІЇ ІНДУСТРІЇ 4.0

Кіберфізичні системи можуть поліпшити виробничі процеси, забезпечуючи обмін інформацією реального часу між промисловим обладнанням, виробничим ланцюгом постачання, постачальниками, системами управління бізнесом і клієнтами. Крім того, кіберфізичні системи можуть підвищувати ефективність цих процесів завдяки

автоматичному моніторингу і контролю всього виробничого процесу та адаптації виробництва для задоволення переваг клієнтів. Вони підвищують прозорість і керованість ланцюгів постачання, покращуючи відстеження та безпеку товарів [4].

Четверта промислова революція пов'язана не тільки з розумними і взаємопов'язаними машинами і системами. Її спектр дії значно ширше. Саме синтез цих технологій і їх взаємодію в фізичних, цифрових і біологічних доменах складають фундаментальна відмінність четвертої промислової революції від всіх попередніх революцій.

Класичне визначення кіберфізичних виробничих систем – людська праця, «розумні» машини і транспорт, інтегровані в єдиному цифровому просторі за допомогою мереж, «розумних» пристроїв, сенсорних систем, аналітичних платформ і хмарних обчислень. Ключовими відмінностями кіберфізичних виробничих систем від традиційних виробничих систем є децентралізація, висока стійкість, абсолютна гнучкість і здатність до безперервної й нескінченної самооптимізації [5].

Обов'язкова ознака кіберфізичних виробничих систем – наявність в їх складі автономних «розумних» пристроїв, машин і розумного транспорту, розподіленої системи інтелектуальних сенсорів, з'єднаних між собою з платформами хмарних обчислень і аналітики [6]. Основні принципи концепції Індустрії 4.0: функціональна сумісність людини і машини; можливість контактувати безпосередньо через інтернет; прозорість інформації та здатність систем створювати віртуальну копію фізичного світу (рис. 1).



Рис.1. Технологічна еволюція

В останні роки кіберфізичні системи отримали великий поштовх до розвитку, який пов'язаний з ростом кількості «розумних» пристроїв і сенсорних мереж і об'єднанням їх у все більш великі системи, наприклад, інтернет речей.

Кіберфізичні системи, що є рушійною силою інновацій, охоплюють безліч різних дисциплін [7]. Наприклад, однією з цих дисциплін є імітаційне моделювання систем масового обслуговування.

Системою масового обслуговування (СМО) називається система, процес функціонування якої є, по суті, процесом обслуговування, який складається в наданні тієї чи іншої послуги, яка визначається з функціонального призначення системи (рис. 2). Об'єкт обслуговування в СМО називається вимогою або заявкою.

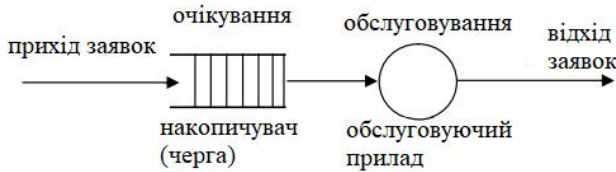


Рис. 2. Графічний вигляд найпростішої СМО

Процес функціонування СМО включає в загальному випадку наступні етапи:

- 1) прихід (надходження) вимоги;
- 2) очікування (при необхідності) в черзі;
- 3) обслуговування в приладі;
- 4) догляд вимоги з системи.

Метод імітаційного моделювання, коли модель імітує роботу реальної системи, тобто модель відтворює процес функціонування реальної системи в часі.

Будь-яка система, як відомо, являє собою сукупність взаємопов'язаних елементів і, отже, побудова її адекватної імітаційної моделі передбачає імітацію процесу функціонування кожного окремого елемента системи з обов'язковим збереженням логіки і правил взаємодії та розвитку складових систем елементів, як в часі, так і в просторі.

Основна перевага імітаційного моделювання перед іншими видами моделювання (наприклад, аналітичним) складається в універсальності в сенсі можливості дослідження будь-яких досить складних систем, з урахуванням таких факторів і умов, які важко або взагалі неможливо врахувати при аналітичному моделюванні. Тому в багатьох випадках імітаційне моделювання стає найбільш ефективним, а часто і практично єдиною доступним методом дослідження систем [8].

В імітаційній моделі повинні бути передбачені засоби збору і засоби подальшої статистичної обробки даних, отриманих в ході моделювання з потрібних характеристик системи.

Імітаційне моделювання, як правило, проводиться з використанням засобів обчислювальної техніки відповідно до програми, що реалізує послідовність утворюваних в системі основних подій, тобто відповідний процес функціонування системи. При цьому кілька годин, діб, років роботи реальної системи моделюється за кілька секунд, хвилин, годин роботи комп'ютера.

При імітаційному моделюванні розрізняють три види часу:

- час реальної системи – це час, в якому "живе", функціонує модельована система;
- модельний час – це "штучний" час, в якому "живе" модель або іншими словами це час, який є імітацією, прообразом (моделлю) часу реальної системи;
- реальний час – це час, в якому живе дослідник, комп'ютер або іншими словами це час, необхідний для моделювання (витратний час).

При побудові імітаційної моделі і її реалізації передбачається використання засобів обчислювальної техніки і програмування.

III. ДОСЛІДЖЕННЯ ВИРОБНИЧОЇ ЛІНІЇ SMT МОНТАЖУ

Як вже було сказано раніше, дослідження деяких систем буває досить складним завданням, тому як систему масового обслуговування було обрано виробничу лінію SMT монтажу, над якою за допомогою кіберфізичної системи буде розроблена імітаційна модель.

Як приклад, обрана виробничі лінія компанії Jabil (рис. 3).



Рис. 3. Виробничі лінії SMT монтажу

Лінія поверхневого монтажу для виробництва містить в собі три основні технологічні процеси: нанесення паяльної пасти, установка електронних компонентів на друковану плату, оплавлення паяльної пасти в печі. Кожен процес виконується в автоматичному режимі і все обладнання зв'язано в лінію через конвеєри. Нанесення паяльної пасти здійснюється на автоматичному пристрої трафаретного друку з автоматичним суміщенням трафарету і друкованої плати. Установка електронних компонентів на плату проводиться в автоматичному режимі на установнику SMT конвеєрного типу. Оплавлення припою відбувається в конвеєрній конвекційній печі з системою моніторингу температури. Для підвищення продуктивності лінія доповнюється пристроями автоматичного завантаження / розвантаження друкованих плат. Для підвищення якості, лінія поверхневого монтажу комплектується пристроями автоматичного оптичного контролю монтажу (AOI) і автоматичної оптичної системою контролю нанесення паяльної пасти (SPI) [9].

У складі автоматичної лінії поверхневого монтажу нанесення паяльної пасти проводиться за допомогою автомата трафаретного друку DEK, автомат оснащений рамою для трафаретів з пневматичним натягненням трафаретів. Устаткування дозволяє виконувати нанесення

паяльної пасти в автоматичному режимі з високими показниками швидкості, точності і повторюваності.

Установка поверхневих компонентів (SMD-резистори, SMD-конденсатори, транзистори, мікросхеми та інші) здійснюється за допомогою автоматичного установника компонентів NTM.

Для завантаження/вивантаження, а також для транспортування друкованого вузла по автоматизованій лінії використовується транспортне обладнання.

Оплавлення паяльної пасти проводиться в 10-ти зонній печі конвекційного оплавлення XPM.

Далі використовується блок NTE як буфер між SMD-машинами або тестерами. Буферні накопичувачі магазинного типу призначені для проміжного зберігання друкованих плат. В цьому випадку одним із завдань оптичних датчиків є контроль виступів. Вони своєчасно розпізнають невідповідність фактичного і заданого положення друкованої плати при зберіганні.

PCB інвертор використовується для перевертання друкованих плат (180 °) для «двостороннього» процесу.

Якість виробу і виробнича потужність напряму залежить від обраного обладнання. Дана автоматизована технологічна лінія слідує концепції «Індустрія 4.0», чий функціонал регулярно розширюється за послідовним введенням елементів «розумного» виробництва.

Поширення на виробництвах інформаційних технологій, впровадження кіберфізичних систем в конструкцію окремих установок, складальних ліній і підприємств роблять завдання грамотної експлуатації виробничих потужностей власними силами все більш важкою. Особливо це справедливо для виробництва електронних виробів, компонентів, складання друкованих плат і вузлів. Причина цього – постійно зростаюча складність обладнання і складність пов'язаних з його експлуатацією технічних і технологічних операцій, які відносяться як до апаратної, так і до програмної складових. Тому так гостро необхідні моделі, над якими будуть відбуватися експерименти для отримання інформації за допомогою обчислювальної техніки, замість реальних фізичних систем.

IV ВИСНОВКИ

В ході аналізу кіберфізичних систем Індустрії 4.0 було обрано конструкцію виробничої лінії, над якою будуть проводитися дослідження і експерименти завдяки імітаційному моделюванню цієї ж лінії. На базі конструкції визначили склад та функціонал автоматичної лінії, яка включає наступні комплектуючі: PCB завантажувач, автомат трафаретного друку, з'єднувальний конвеєр, човниковий конвеєр, конвекційну

лінійну піч для пайки оплавленням припайними пастами, базовий буферний накопичувач, PCB інвертор, маршрутизатор. На базі конструкції даної автоматичної лінії проаналізовано процес виготовлення друкованих плат. А також усвідомлено складність цього процесу та неможливість розгляду детально функціонування "розумної лінії". Надалі по даній автоматизованій лінії буде розроблена імітаційна модель, яка дозволить імітувати роботу реальної системи.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Schwab K. (2017). *The Fourth Industrial Revolution*. NY: Crown Business, pp. 192.
- [2] Meissner H., Ilsen R., Aurich J.C. (2016). Analysis of control architectures in the context of Industry 4.0. *Procedia CIRP*. V. 62. P. 165–169. doi: 10.1016/j.procir.2016.06.113
- [3] Nevludov, I., Yevsieiev, V., Demska, N. and Novoselov, S. (2020) "Development of a Software Module for Operational Dispatch Control of Production Based on Cyber-Physical Control Systems", *Innovative Technologies And Scientific Solutions For Industries*, (4 (14), pp. 155-168. doi: 10.30837/ITSSI.2020.14.155.
- [4] Vladyslav Yevsieiev, Nataliia Demska. (2021). Study of the Structure of Cyber-Physical Production Systems in Industry 4.0. The I International scientific-practical conference "Problems of modern science and practice", September 21-24, 2021, Boston, USA p. 431-434. DOI: 10.46299/ISG.2021.II.I
- [5] Wang L., Haghghi A. (2016). Combined strength of holons, agents and function blocks in cyber-physical systems. *Journal of Manufacturing Systems*. V. 40. P. 25–34. doi: 10.1016/j.jmsy.2016.05.002
- [6] Liao Y., Deschamps S., Loures E.F.R., Ramos L.F.P. (2017). Past, present and future of Industry 4.0 – a systematic literature review and research agenda proposal. *International Journal of Production Research*. V. 55. N 12. P. 3609–3629, 2017. doi: 10.1080/00207543.2017.1308576
- [7] Lee E.A. (2015). The past, present and future of cyber-physical systems: a focus on models. *Sensors*, vol. 15, no. 3, pp. 4837–4869. doi: 10.4218/etrij.15.0114.0863
- [8] Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука: Пер. с англ. – М.: Мир, 1978.
- [9] Поверхностный монтаж печатных плат [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.imp.lg.ua/index.php/ru/contract-manufacturing/contract-manufacturing-2>. – Загол. з екрану.