

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНСТИТУТ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
До розрахунково-графічної роботи  
з дисципліни «Промислові мережі»

Виконав:  
студент гр. АМ-182  
Борщов М. І.  
Керівник:  
Шапоріна О.Л.

Одеса 2021

## **АНОТАЦІЯ**

Розрахунково-графічна робота на тему: «Побудова та дослідження моделей систем автоматичного керування».

Автори: Борщов М. І., Батаєв М. С., Карабань О. О.

Керівник: Шапоріна О.Л.

У даній розрахунково-графічній роботі представлена розробка та дослідження моделі системи керування технологічним процесом виробництва друкованих односторонніх плат.

Метою даної роботи є закріплення навичок аналізу технологічного процесу, дослідження моделей та роботи мережі Петрі (ВСП), що моделює технологічний процес виробництва друкованих плат.

Робота включає 22 сторінок, виконана із залученням 6 джерел, містить 1 рисунок.

## **ANOTATION**

Calculation and graphic work on the topic: "Construction and research of models of automatic control systems".

Authors: Borshchov M. I., Bataev M. S., Karaban O. O.

Leader: Shaporina O. L.

This computational and graphic work presents the development and study of the model of the control system of the technological process of production of single-sided printed circuit boards (PCB).

The purpose of this work is to consolidate the skills of technological process analysis, research models and the work of the Petri net, which simulates the technological process of production of printed circuit boards.

The work includes 22 pages, with 6 sources and contains 1 figures.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП .....</b>	<b>5</b>
<b>Аналіз технологічного процесу .....</b>	<b>6</b>
<b>Виробництво печатних плат.....</b>	<b>6</b>
<b>Типи плат .....</b>	<b>6</b>
<b>Матеріали:.....</b>	<b>7</b>
<b>Технологічний процес виробництва друкованих плат .....</b>	<b>8</b>
<b>Етапи виробництва:.....</b>	<b>8</b>
<b>Докладний опис етапів виробництва .....</b>	<b>8</b>
<b>Побудова мережі Петрі.....</b>	<b>17</b>
<b>Опис позицій .....</b>	<b>17</b>
<b>Опис переходів .....</b>	<b>17</b>
<b>Визначити промислові мережі для даних процесів. Визначити загальні властивості</b> <b>мереж. ....</b>	<b>18</b>
<b>Використання промислової мережі Profibus .....</b>	<b>18</b>
<b>Використання рівнів мереж Profibus .....</b>	<b>18</b>
<b>Загальні властивості мережі Profibus DP .....</b>	<b>19</b>
<b>ВИСНОВОК .....</b>	<b>21</b>
<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....</b>	<b>22</b>

## ВСТУП

Автоматична система керування — виконання без безпосередньої участі людини певних впливів на об'єкт керування, необхідних і достатніх для одержання цілеспрямованого його функціонування із заданою точністю.

Сутність (функційна структура) автоматичного керування містить три групи дій (операцій):

- збирання інформації про мету керування, стан об'єкта керування та зовнішні впливи;
- формування керувальних впливів;
- реалізація керувальних впливів.

Автоматичне керування знайшло застосування в багатьох технічних і біотехнічних системах для:

- виконання операцій, що не можуть бути здійснені людиною у зв'язку з необхідністю переробки великої кількості інформації в обмежений час;
- підвищення продуктивності праці;
- забезпечення необхідної якості і точності регулювання;
- звільнення людини від керування системами, що експлуатуються в умовах відносної недоступності чи небезпечних для здоров'я.

Автоматичне керування знайшло застосовування в найрізноманітніших галузях: у машинобудуванні, металургії, хімічній, текстильній, харчовій промисловостях, поліграфії, на транспорті, в енергетиці, техніці зв'язку тощо. Автоматичне керування роботою доменних і сталеплавильних печей, електростанцій, цехів, заводів з виготовлення деталей машин та інших виробів суттєво підвищує продуктивність устаткування, інтенсифікує виробничі процеси, знижує собівартість готової продукції, а також поліпшує умови праці робітників.

## **Аналіз технологічного процесу**

### **Виробництво печатних плат**

#### **Типи плат**

Друкована плата - пластина з діелектрика, на поверхні та/або в обсязі якої сформовані електропровідні ланцюги електронної схеми. Друкована плата призначена для електричного та механічного з'єднання різних електронних компонентів. Електронні компоненти на друкованій платі з'єднуються своїми висновками з елементами малюнку, що проводить, зазвичай пайкою.

Залежно кількості шарів з електропровідним малюнком друковані плати поділяють на:

- односторонні (ОПП): є лише один шар фольги, наклеєної на один бік листа діелектрика;
- двосторонні (ДПП): два шари фольги;
- багатошарові (МПП): фольга не тільки на двох сторонах плати, а й у внутрішніх шарах діелектрика. Багатошарові друковані плати виходять склеюванням кількох односторонніх чи двосторонніх плат.

У міру зростання складності проєктованих пристроїв та щільності монтажу збільшується кількість шарів на платах.

За властивостями матеріалу основи:

- Жорсткі
- Теплопровідні
- Гнучкі

Друковані плати можуть мати свої особливості у зв'язку з призначенням та вимогами до особливих умов експлуатації (наприклад, розширений діапазон температур), або особливості застосування (наприклад, плати для приладів, що працюють на високих частотах).

## **Матеріали:**

Основою друкованої плати служить діелектрик, що найчастіше використовуються такі матеріали, як стеклотекстолит, гетинакс.

Також основою друкованих плат може бути металева основа, покрита діелектриком (наприклад, анодований алюміній), поверх діелектрика наноситься мідна фольга доріжок. Такі друковані плати застосовують у силовій електроніці для ефективного тепловідведення від електронних компонентів. Для подальшого покращення теплових характеристик металева основа плати може кріпитися до радіатора.

Як матеріал для друкованих плат, що працюють в діапазоні НВЧ і при температурах до  $260^{\circ}\text{C}$ , застосовується фторопласт, армований склотканини (наприклад, ФАФ-4Д) [2], та кераміка. Такі плати мають такі обмеження:

- в кераміці зазвичай неможливо виконання отворів, а ФАФ-4Д - металізація отворів;
- самі по собі такі плати не можуть бути конструкцією, що несе, тому використовуються спільно з підкладкою (підставою).
- Існують сучасні матеріали та технології, що дозволяють подолати перше обмеження, але не друге.

Гнучкі плати роблять із поліімідних матеріалів, таких як каптон.

## **Технологічний процес виробництва друкованих плат**

### **Етапи виробництва:**

- 1 – Виготовлення фотошаблонів друкованої плати
- 2 – Одержання заготовок друкованої плати
- 3 – Отримання монтажних та перехідних отворів
- 4 – Підготовка поверхні друкованої плати
- 5 – Металізація друкованої плати
- 6 – Нанесення захисного рельєфу та паяльної маски на друкарську плату
- 7 – Травлення заготовки друкованої плати
- 8 – Оплавлення заготівлі друкованої плати
- 9 – Обробка друкованої плати за контуром
- 10 – Випробування друкованої плати
- 11 – Контроль друкованої плати
- 12 – Усунення несправностей друкованої плати

### **Докладний опис етапів виробництва**

У цій роботі розглянуто процес виготовлення односторонніх плат.

#### **1. Виготовлення фотошаблонів друкованої плати**

Виготовлення друкованої плати починається із виготовлення фотошаблону малюнка. Фотошаблон малюнка ПП – це фотографічне відтворення оригіналу малюнку на плівці чи склі в масштабі 1:1. Фотошаблон (ФШ) встановлюють на поверхню ПП, яку попередньо нанесена фоточутлива плівка. Зображення переноситься способом контактного друку експонуванням УФ-випромінювання.

Якість ФШ залежить від точності геометричних розмірів, розташування та різкості країв елементів топології, оптичної щільності темних та світлих ділянок, від властивостей застосовуваних фотоматеріалів. Як ФШ застосовують:



- фотографічні плівки з емульсійним шаром;
- фототехнічні плівки з емульсійним шаром;
- діазоматеріали (плівки чутливі до УФ частин світла);
- безсрібні світлочутливі матеріали.

## **2. Одержання заготовок друкованої плати**

До заготівельних технологічних операцій виготовлення ПП відносять такі операції:

- Розкрій матеріалу;
- Отримання заготовок ПП;
- отримання базових та технологічних отворів.

Заготівлею ПП називають матеріал основи ПП певного розміру, який піддається обробці усім стадіях технологічного процесу виготовлення ПП.

Заготівля має технологічне поле, на якому розташовані технологічні та базові отвори, тест-купони з контрольною інформацією тощо. Базові отвори необхідні для точного розташування (базування) заготівлі в процесі обробки її на операціях високої точності (свердління отворів, отримання захисного рельєфу, суміщення шарів багатошарових ПП і т.д.).

Технологічні отвори використовують для механічного закріплення заготовок ПП на підвісках під час операцій металізації отворів, міднення та ін.

Для отримання заготовки ПП з листа вихідного матеріалу застосовують штампування – у великосерійному та масовому виробництві, а в умовах серійного, дрібносерійного та одиничного виробництва застосовують різання на гільйотинних ножицях, роликових ножицях або дисковій пилці. Базові та технологічні отвори отримують або пробиванням на операції різання заготовок, або свердлінням.

### **3. Отримання монтажних та перехідних отворів**

Для отримання монтажних та перехідних отворів у заготівлі ПП застосовують такі способи:

- свердління на верстатах з числовим програмним керуванням;
- механічне пробивання (якщо надалі отвір не піддаватиметься металізації);
- свердління на лазерній установці (для отворів малого діаметра, глибоких отворів або глухих отворів).

Найбільш поширені способи - це свердління та пробивання. Операція отримання монтажних та перехідних отворів є дуже відповідальною і до якості виконання отворів пред'являються такі вимоги: - в отворах мають бути гладкі стінки, без задирок; - граничні відхилення центрів отворів щодо вузлів координатної сітки мають становити  $\pm 0,015$  мм. - точність свердління отворів має бути близько  $\pm 0,01$  мм; - діаметр отвору, який буде схильний до металізації, повинен бути на 0,01 мм більше, щоб компенсувати товщину міді, що осаджується, і металорезиста.

### **4. Підготовка поверхні друкованої плати**

Ця технологічна операція здійснюється з наступними цілями:

- видалення задирок, частинок смоли, механічного пилу та частинок з отворів після свердління;
- отримання рівномірної шорсткості поверхні заготовки ПП для забезпечення міцного та надійного зчеплення (адгезії) з фоторезистом;
- Активування поверхні заготівлі перед хімічним мідненням;
- видалення оксидів, масляних плям, пилу, бруду, слідів від пальців тощо.

На виробництві застосовують такі способи підготовки поверхні та отворів заготовки ПП:

– механічний. Може здійснюватися вручну за допомогою абразивного порошку (при дрібносерійному виробництві) або на лініях підготовки конвеєрного типу (при великосерійному та масовому виробництві). Переваги - відсутність хімікатів, простота очищення стічних вод, дешевизна. Недоліки – механічне пошкодження поверхні, погане видалення органічних речовин із поверхні.

– хімічний. Цей спосіб підготовки застосовується для очищення шарів МПП перед пресуванням та отворів перед металізацією. Вона складає модульних ліній. Головні переваги – у відсутності механічного забруднення поверхні та отворів, поверхневих напруг та деформацій, подряпин тощо, забезпечення хорошої шорсткості. Недоліки – надмірне видалення металу з поверхні заготовки, високі витрати на очищення стічних вод. Здійснюється на модульних лініях.

– комбінований. Тут після етапу механічного та хімічного очищення проводиться активація поверхні заготівлі ПП у розчинах соляної кислоти та подальше промивання. Усі технологічні операції складає модульних ліній.

– електрохімічний. Переваги способу - рівномірне видалення органічних покриттів, незначне видалення міді з поверхні, однорідна шорсткість по всій площі поверхні, відсутність деформацій, екологічна безпека, невисока собівартість. Недоліки – великі витрати на очищення стічних вод.

– плазмохімічний. Застосовується для очищення від смоли та скловолокна отворів малих діаметрів після свердління. Під впливом плазми відбувається випаровування смоли. Переваги - ретельне видалення смоли та скловолокна в отворах, не потрібно очищення стічних вод, т.к. вона не використовується. Недолік – низька продуктивність, висока вартість обладнання, енергоємність методу, необхідність подальшого очищення від золи.

## **5. Металізація друкованої плати**

Призначення процесу металізації – це отримання струмопровідних ділянок ПП, таких як друкарські провідники, металізовані отвори, контактні майданчики, кінцеві роз'єми тощо.

Для отримання металевих покриттів у виробництві ПП застосовують:

- хімічну металізацію;
- гальванічну металізацію;

- Різні способи напилення. Осадження міді на покриття провадиться у ваннах з електролітом, в які занурюються заготовки ПП, попередньо закріплені на підвісках. В якості електролітів використовують водні розчини солей металу, що осаджується.

## **6. Нанесення захисного рельєфу та паяльної маски на друковану плату**

Ця операція варта переносу зображення малюнка друкованих провідників на матеріал основи ПП. Він може здійснюватися такими найбільш популярними способами:

- фотохімічним (фотолітографія);
- сіткографічним (сеткографія, трафаретний друк, шовкографія);
- офсетним друком.

Захисний рельєф може бути негативним чи позитивним. Негативний захищає від витравлення струмопровідні елементи ПП. Позитивний наноситься на ділянки ПП, на яких не повинно бути міді, а струмопровідні елементи захищаються від витравлення стійкими у травильних розчинах або металорезистом, або полімерним травильним резистом.

Вибір способу отримання захисного рельєфу визначається конструкцією ПП, класом точності ПП, щільністю монтажу, технологічним процесом виготовлення ПП.

Фотохімічний метод має високу роздільну здатність. Суть методу полягає у контактному копіюванні малюнка схеми з фотошаблону на заготівлю ПП, покриту світлочутливим шаром – фоторезистом. Найбільш часто застосовується сухий плівковий фоторезист, що складається з трьох шарів: захисної поліетиленової плівки, середнього шару, чутливого до УФ-випромінювання та оптично прозорої плівки лавсанової, призначеної для захисту фоторезиста від окислення на повітрі. Їх накатують нагрітим до 120°C валиком на пристрої – ламінаторі.

Сеткографічний метод полягає в отриманні малюнка схеми шляхом продавлювання спеціальних кислотійких швидковисихаючих трафаретних фарб ракелем через сітчастий трафарет, на якому малюнок схеми утворений осередками сітки, відкритими для продавлювання, і подальшим закріпленням фарби в результаті випаровування розчинника. Трафарет виготовляють із синтетичних тканин, із латунних або бронзових сіток або сіток із нержавіючої сталі.

Офсетний друк застосовується в масовому та великосерійному виробництві, має високу продуктивність і автоматизацію, але невисоку точність отримання малюнка. Для офсетного друку виготовляється кліше (форма) із алюмінію або пластмас із зображенням малюнка схеми. У нього закладається трафаретна фарба та офсетним валиком фарба переноситься на підготовлену поверхню заготовки ПП.

## **7. Травлення заготовки друкованої плати**

Травлення – процес руйнування металу (міді) внаслідок хімічного впливу рідких або газоподібних травників на ділянки поверхні заготовки ПП, незахищені захисною маскою. Як травильні резисти застосовують трафаретну фарбу, сухий плівковий фоторезист, металорезист (олово, свинець, олово-свинець, золото). Як травильні розчини застосовують: - Хлорне залізо  $\text{FeCl}_3$ . Має високу швидкість травлення, малий бічне

підтравлювання, високу чіткість контуру малюнка, малий вміст токсичних речовин, низьку вартість, добре відпрацьовану технологію регенерації та утилізації. Недоліки: складність відмивання заготовки від оксиду заліза та несумісність із металорезистом олово-свинець. - хлорна мідь  $\text{CuCl}_2$ . Переваги: мале бічне підтравлювання, висока швидкість травлення, простота приготування, відмивання та регенерації, низька вартість, високе насичення розчину міддю. Недолік: несумісність із металорезистом олово-свинець. - Хлорит натрію  $\text{NaClO}_2$ . Позитивні якості: висока швидкість травлення, незначне бічне підтравлення, сумісність з металорезистом олово-свинець. Нестача: нестійкість та саморозкладання розчину, несумісність з трафаретними фарбами.

## **8. Оплавлення заготовки друкованої плати**

Призначення цієї операції полягає в наступному: отримання щільного дрібнодисперсного покриття сплавом олово-свинець для зменшення окислення, забезпечення паяння, захист провідників від корозії та електрокорозії, виключення необхідності гарячого обслуговування. На виробництві застосовується рідинне та інфрачервоне оплавлення. Рідинне оплавлення має ряд недоліків, таких як швидке забруднення рідини, складність її утилізації, пожежонебезпечність, складність відмивання заготовки ПП після оплавлення. При інфрачервоному оплавленні шляхом підбору умов нагрівання та охолодження покриття олово-свинець створюється можливість переведення пористого гальванічно обложеного покриття олово-свинець у сплав, що збільшує термін збереження паяння плати та підвищує антикорозійні властивості покриття.

## **9. Обробка друкованої плати за контуром**

Операція обробки заготовки ПП за контуром є однією з заключних у процесі виготовлення ПП. Вона полягає в тому, що за допомогою

механічної обробки (штампування, обробки на дисковій пилці, фрезерування або скрайбування) видається технологічне поле заготівлі ПП. Скрайбування може здійснюватися за допомогою лазера.

## **10. Випробування друкованої плати**

Програма та методика випробувань ПП визначається конструкцією ПП, призначенням та умовами експлуатації ПП, та проведення випробувань ПП повинно проводитись відповідно до ГОСТ 23752.1-92. На виробництві проводять такі випробування:

- Загальний огляд ПП. Проводиться перевірки зовнішнього вигляду, геометричних параметрів провідників, площинності ПП тощо. Огляд проводиться за допомогою збільшувальних луп і візуально.

- Електричні випробування ПП. Проводяться для визначення опору провідників, опору міжшарових з'єднань, цілісності провідників, відсутності коротких замикань; визначення електричної міцності ізоляції, здатності витримати випробувальний струм та напруги тощо.

- Механічні випробування ПП. Визначається якість адгезії провідників, міцність на відрив контактних майданчиків, визначення відхилень від площинності та здатності витримувати вигин тощо.

- Випробування металевих покриттів. При цьому виді випробувань оцінюють: пористість покриттів, товщину гальванічних покриттів, паяність ПП та металізованих отворів тощо.

- Випробування на займистість. Тут визначаються характеристики займистості жорстких ПП при контакті з розжареним дротом, з віддаленим металом, при дії пальника, стійкості при дії розчинників та флюсів.

- Кондиціювання ПП. Проводять попереднє кондиціювання у нормальних атмосферних умовах, при температурі 125°C, у кліматичних умовах та при використанні прискореного старіння «Пар/кисень».

– Випробування ПП на тепловий удар. Визначають наслідки теплового удару при зануренні в рідину або піскову баню; вплив теплового удару при паянні паяльником, паянні зануренням; випробування на розшарування ПП при термоударі.

### **11. Контроль друкованої плати**

У виробництві ПП контроль проводиться за сукупністю електричних, механічних та інших параметрів. При електричному контролі перевіряється цілісність провідників, наявність коротких замикань, якість ізоляції тощо. При оптичному контролі використовують візуальний контроль за допомогою збільшувальних лінз та спеціальні комп'ютерні системи оптичного контролю. Цей контроль дозволяє виявити такі дефекти: неточності в розташуванні та геометрії друкованого малюнка, як виконання країв провідників, металізації перехідних отворів; наявність проколів, виступів, подряпин на провідниках. Під час перевірки багатошарових ПП застосовують рентгенівські методи контролю. Вони дозволяють виявити нориці в шарах МПП, визначити якість металізації в шарах, якість просвердлених отворів.

### **12. Усунення несправностей друкованої плати**

Ремонт ПП проводять відповідно до вимог ГОСТ 27200-87 щодо технологічного процесу, що існує на підприємстві, погодивши його із замовником і зафіксувавши відомості про проведений ремонт у відповідній документації. На ПП можуть бути відремонтовані монтажні та перехідні отвори, контактні майданчики, друкарські провідники; усунуто короткі замикання, відновлено відсутні електричні зв'язки.



## Побудова мережі Петрі

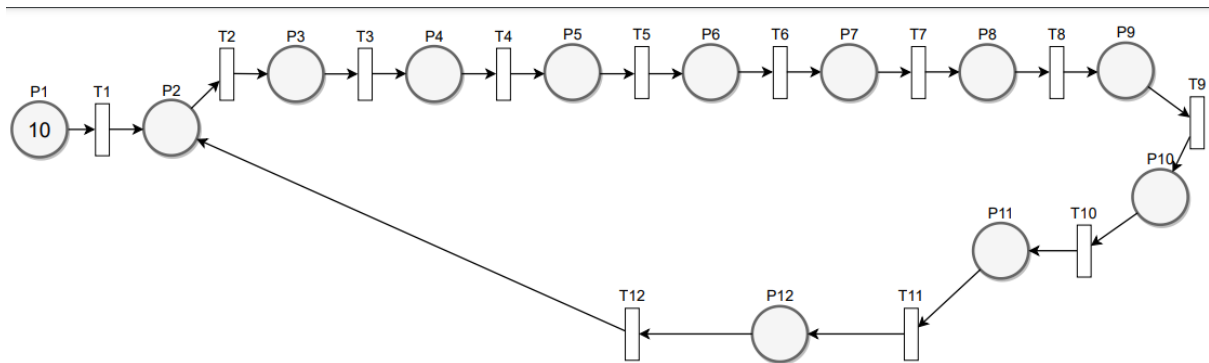


Рисунок 1 – Мережа Петрі

### Опис позицій

P1 - Вхідна сировина

P2 - Заготовлений фотошаблон малюнка;

P3 - Заготовки друкованої плати

P4 - Плата з монтажними та перехідними отворами;

P5 - Плата з підготовленою поверхністю

P6 - Металізована плата

P7 - Плата з захисним рельєфом

P8 - Друкована плата з захисним рельєфом

P9 - Плата з щільним дрібнодисперсним покриттям

P10 - Готова друкована плата;

P11 - Готова друкована плата

P12 - Друкована плата з браком

### Опис переходів

T1 - Виготовлення фотошаблонів друкованої плати

T2 - Одержання заготовок друкованої плати

T3 - Отримання монтажних та перехідних отворів

T4 - Підготовка поверхні друкованої плати

T5 - Металізація друкованої плати

T6 - Нанесення захисного рельєфу та паяльної маски на друковану плату

T7 - Травлення заготовки друкованої плати

T8 - Травлення заготовки друкованої плати

T9 - Оплавлення заготовки друкованої плати за контуром

T10 - Випробування друкованої плати

T11 - Контроль друкованої плати

T12 - Усунення несправностей друкованої плати

**Визначити промислові мережі для даних процесів. Визначити загальні властивості мереж.**

### **Використання промислової мережі Profibus**

Profibus (Process Field Bus) – відкрита промислова мережа. Мережа Profibus - це комплексне поняття, вона ґрунтується на кількох стандартах та протоколах. Мережа відповідає вимогам міжнародних стандартів IEC 61158 та EN 50170.

Мережа Profibus побудована відповідно до багаторівневої мережевої моделі ISO 7498. Profibus визначає наступні рівні:

- 1 фізичний рівень - відповідає за характеристики фізичної передачі;
- 2 канальний рівень - визначає протокол доступу до шини;

Також, є варіант Profibus FMS, який використовує 7-й рівень додатків - відповідає за прикладні функції.

### **Використання рівнів мереж Profibus**

Profibus має три модифікації: Profibus DP, Profibus FMS та Profibus PA.

Profibus DP (Profibus for Decentralized Peripherals) - використовує рівні 1 і 2 моделі OSI, а також інтерфейс користувача, який в модель OSI не

входить. Безпосередній доступ з додатка користувача до каналного рівня здійснюється за допомогою DDLМ (Direct Data Link Mapper). Інтерфейс користувача забезпечує функції, необхідні для зв'язку з пристроями введення-виведення та контролерами.

Profibus FMS (Profibus с FMS протоколом) використовує рівень 7 моделі OSI та застосовується для обміну даними з контролерами та комп'ютерами на реєстровому рівні. Profibus FMS надає велику гнучкість при передачі великих обсягів даних, але програє протоколу DP у популярності через свою складність. Profibus FMS і DP використовують один і той самий фізичний рівень, що базується на інтерфейсі RS-485 і можуть працювати в загальній мережі.

Profibus PA (Profibus for Process Automation) використовує фізичний рівень на основі стандарту IEC 1158-2, який забезпечує живлення мережних пристроїв через шину та не сумісний з RS-485. Особливістю Profibus PA є можливість роботи у вибухонебезпечній зоні.

Для данного технологічного процесу, з усіх перерахованих модифікацій, був обраний Profibus DP, тому що він на відміну від FMS та PA побудований таким чином, щоб забезпечити найбільш швидкий обмін даними з пристроями, підключеними до мережі.

### **Загальні властивості мережі Profibus DP**

Основна функція комунікаційного профілю DP полягає в ефективному обміні даними ПЛК або комп'ютера з датчиками та виконавчими пристроями. Обмін даними з цими пристроями зазвичай виконується періодично, але комунікаційний профіль DP представляє також додатковий сервіс аперіодичного обміну установки параметрів, контролю режимів роботи та обробки сигналів тривоги.

У мережі можуть використовуватись пристрої трьох типів:

- DP майстер класу 1 (DPM1) - центральний контролер, який циклічно обмінюється інформацією з веденими пристроями із заздалегідь визначеним періодом;
- DP майстер класу 2 (DPM2) – пристрій, призначений для конфігурування системи, налагодження, обслуговування або діагностики;
- ведений пристрій - пристрій, який виконує збирання інформації або видачу її виконавчим пристроям.

У багатомайстерній мережі є кілька провідних пристроїв, які мають свої одномайстерні підмережі та в межах підмережі є пристроями класу DPM1. Провідні пристрої в багатомайстерній мережі можуть бути пристроями класу DPM2. Вхідні та вихідні дані підпорядкованих пристроїв можуть бути прочитані будь-яким майстром мережі.

## **ВИСНОВОК**

Були проаналізовані та визначені функції та задачі, визначені структури та концептуальні ідеї роботи системи, їх поведінка для системи технологічного процесу виробництва друкованих плат.

Під час розробки мережі Петрі та аналізу поведінки системи загалом ми зіткнулись з багатьма питаннями, які потребували від нас глибшого розуміння роботи всієї системи загалом, а також навичок у створенні мереж Петрі, що дозволяють зручно та наглядно проводити аналіз та детальний опис виробництва, описувати поведінку при різноманітних штатних, або навіть нештатних ситуацій. Це необхідно для оптимізації та попереднього планування будівництва виробництва (конвеєрів, ліній, складів, тощо).

Дана система виробництва плат як в житті, так і у створенній нами моделі є конвеєрною. Це дозволяє чітко розбити складний та довгий процес на прості зрозумілі кроки.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. <https://budtehnika.pp.ua/3708-klasifikacya-sistem-avtomatiki.html>
2. <http://5fan.ru/wievjob.php?id=21134>
3. <https://uk.wikipedia.org/АСК>
4. <https://el.opu.ua/mod/resource/view.php?id=10997>
5. <https://el.opu.ua/mod/resource/view.php?id=10986>
6. <https://studfile.net/preview/5170938/page:90/>