МIНIСТЕРСТВО ОСВIТИ I НАУКИ УКРАЇНИ

ХАРКIВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНIВЕРСИТЕТ РАДIОЕЛЕКТРОНIКИ

Кафедра ЕН

МОДУЛЬНА КОНТРОЛЬНА РОБОТА

з дисципліни

“Технологїї виробництва ЕЗ“

Харків 2010

Питання 1. Проектування друкованих плат

Відповідь

Під час розробки конструкції друкованих плат необхідно розв’язати наступні задачі:

схемотехнічні — трасування друкованих провідників, мінімізація кількості шарів тощо;

радіотехнічні — розрахунок паразитних наведень, параметрів ліній зв’язку тощо;

теплотехнічні — температурний режим роботи друкованої плати, тепло відвід тощо;

конструктивні — розміщення елементів на друкованій платі;

технологічні — вибір методу виготовлення, захист тощо.

Усі ці задачі взаємозв’язані. Розглянемо основні правила конструкторсько-технологічного проектування друкованих плат:

максимальний розмір сторін друкованої плати (одношарової або багатошарової) не повинен перевищувати 500 мм;

рекомендуються наступні співвідношення розмірів сторін друкованої плати: 1:1, 2:1, 3:1, 4:1, 3:2, 5:2 тощо;

доцільно розроблювати друковані плати прямокутної форми;

ширина друкованих провідників та мінімальна відстань між ними визначається класом друкованого монтажу. У вітчизняній промисловості встановлено два класи друкованого монтажу: А — малої щільності, Б — великої щільності. Для плат класу А вказані величини допускаються в межах 0,5 — 0,8 мм, для плат класу Б — у межах 0,2 — 0,4 мм;

для визначення взаємного розташування елементів друкованого монтажу використовують координатну сітку у прямокутній системі координат. Стандартний шаг координатної сітки друкованого монтажу дорівнює 1,25 мм. Початок координат встановлюється у лівому нижньому куту плати;

по краях плати слід передбачати технологічну зону шириною 1,5 — 2,0 мм. Розташування установочних та інших отворів, а також друкованих провідників у цій зоні не допускається. Усі отвори повинні розташовуватися у вузлах координатної сітки;

для правильної орієнтації мікрохем при їх встановленні на друковану плату не ній повинні бути передбачені «ключі», що визначають положення першого виводу мікросхеми;

конденсатори, резистори, та інші навесні елементи слід розташовувати паралельно координатної сітки. Відстань між корпусами ЕРЕ повинна бути не менше 1 мм, а відстань між ними по торцю — не менше 1,5 мм;

координати монтажних отворів можуть бути задані одним з перелічених нижче способів: табличним (нумерацією отворів та занесенням їх координат по осях координат в таблицю), зазначенням розмірів координат за межами рисунка друкованої плати, нумерацією ліній координатної сітки;

діаметр монтажних отворів беруть більшим від діаметру виводу на 0,5 мм;

на друкованих платах повинно бути передбачено орієнтуючий паз (або зрізаний лівий кут) або технологічні базові отвори, необхідні для правильної орієнтації друкованої плати при виготовленні;

друковані провідники не повинні мати різких перегинів та гострих кутів.

Площа друкованої плати визначається наступним чином:

,

де ni — кількість елементів і-го типу;

Sі — площа, що займається елементом і-го типу;

і — кількість типів елементів.

Отримані значення використовують для визначення розмірів друкованої плати.

Питання 2. Метод рангової кореляції

Відповідь

Оскільки навіть невелике зменшення кількості факторів приводить до значного зменшення дослідів, виникає питання про використання апріорної інформації для попереднього відсівання несуттєвих факторів. Метод рангової кореляції дозволяє в деяких випадках відкинути несуттєві технологічні фактори, ґрунтуючись на опитуванні думки фахівців, що працюють у даній області. Процедура визначення ступеню впливу технологічних факторів на вихідний параметр цим методом зводиться до наступного:

а) як можна більш широкому колу фахівців пропонується розташувати технологічні фактори в порядку убування ступеня їхнього впливу на обраний вихідний параметр. При цьому представляється список факторів, однак кожен з опитуваних може включати додаткові фактори, якщо список, на його думку, не повний;

б) результати опитування подаються у вигляді таблиці — матриці рангів (табл. 2.10), де під кожним фактором вказуються місця, займані їм в анкетах фахівців. Іноді матриця рангів будується з урахуванням кваліфікації опитуваного — у цьому випадку показання фахівців збільшуються на коефіцієнт, який присвоюється відповідно до кваліфікації.

Таблиця 1

Матриця рангів

|  |  |
| --- | --- |
| Фахівці | Фактори |
| x1 | x2 | x3 | … | xn |
| 123mСума рангівВідхилення суми рангів від середньогоКвадрати відхилень | a11a21a31...……am1 | a12a22a32...……am2 | a13a23a33...……am3 |  | a1na2na3n...……amn |

Чим менше сума рангів даного фактора, тим більш високе місце він займає в ранжируванні, тим більше повинен впливати цей фактор на вихідний параметр;

в) останні два рядки матриці потрібні для обчислення коефіцієнта конкордації

,

де H — сума квадратів відхилень.

Коефіцієнт конкордації за допомогою статистичних методів дозволяє визначити, випадкова чи невипадкова погодженість у думках фахівців: чим вище коефіцієнт конкордації, тим вище ступінь узгодження думок фахівців. означає відсутність погодженості між ранжируваннями фахівців. показує, що фахівці однаково розташували фактори;

г) за допомогою отриманої матриці рангів будується діаграма рангів (рис. 1).

Рисунок 1

Якщо розподіл на діаграмі рангів рівномірний, то усі фактори повинні включатися в експеримент. Можна сказати, що опитування в цьому випадку не дало бажаного результату.

Якщо розподіл нерівномірний, однак зміна суми рангів незначна, то це значить, що хоча розходження між факторами і робиться, але робиться невпевнено. Тому тут також краще усі фактори включити в експеримент (рис. 1, а).

Найбільш сприятливим є випадок швидкого експонентного зменшення ступеня впливу факторів. У цьому випадку можливе відсівання ряду факторів на основі проведеного опитування (рис. 1, б).

Питання 3. Розрахунок точності складання вихідних параметрів РЕА

Відповідь

У виробництві РЕА застосовуються наступні методи забезпечення заданої точності вихідних параметрів функціональних вузлів: повної взаємозамінності, неповної взаємозамінності, групової взаємозамінності, підгонки та регулювання.

Варіант складального процесу обирають порівнянням результатів точностного аналізу вихідних параметрів (у рамках загальної теорії точності) за відомої точності параметрів елементів та похибки, що вноситься складально-монтажними операціями, із припустимими значеннями точності вихідних параметрів та наступним логічним аналізом результатів цього порівняння. У результаті вирішення задачі отримаємо рекомендації з вибору оптимального варіанта складання (повної та неповної взаємозамінності, групової взаємозамінності, підгонки або регулювання). Математична модель вирішення такої задачі подається у вигляді системи рівнянь та нерівностей. Відносно синтезу складання функціонального вузла модель має вигляд

; (1)

; ;

; (2)

, (3)

де — середньоквадратичне відхилення i-го вихідного параметра, що утворюється за умовами повної взаємозамінності;

 — середньоквадратичне відхилення і-го вихідного параметра, що утворюється у результаті впливу складального процесу;

Аij — коефіцієнт впливу і-го параметра елемента на j-й вихідний параметр вузла;

Аiu — коефіцієнт впливу і-го параметра елемента на u-й параметр вузла;

σj — середньоквадратичне відхилення j-го параметра елемента;

ρjU — коефіцієнт кореляції між параметрами багатомірних елементів;

n — кількість параметрів, що складають вузол, та елементів;

m — кількість вихідних параметрів вузла;

 — допустиме середньоквадратичне відхилення вихідного параметра;

kΣ — коефіцієнт ризику.

Група (1), що включає m рівнянь, відображає функціональні взаємозв’язки між вихідними параметрами вузла та параметрами складальних його елементів з урахуванням похибок, що вносяться складальним процесом.

Група нерівностей (2) визначає умову виконання складального процесу методом повної взаємозамінності.

Група нерівностей (3) визначає умовно виконання складального процесу методом повної взаємозамінності. Група нерівностей (3) визначає умови виконання складального процесу методом неповної взаємозамінності, де коефіцієнт ризику KΣ визначає допустимий за критерієм собівартості процент браку. Невиконання умови (3) потребує переходу до методу групової взаємозамінності з попередньою селекцією заздалегідь обумовленого числа елементів із зменшеною величиною σj. Якщо і в цьому випадку не вдається виконати σідод, необхідно перейти к методу підгонки або регулювання.

При вирішенні задачі про синтез складального процесу відомі усі величини та додаткові умови для методів групової взаємозамінності, підгонки та регулювання, що входять до виразів (1) — (3). Отже, в результаті вирішення задачі залишається одне оптимальне рішення. Самі параметри елементів становлять із себе випадкові величини з відомими законами розподілу. Для спільності методики розрахунку використовують рішення нормального закону розподілу з урахування впливу відмінних від нього законів розсіювання. Вираз (1) носить приблизний характер та повністю справедливий лише при лінійній залежності між вихідними параметрами вузла та параметрами елементів.

Рівняння вихідного параметра має вид:

Ni=f(x1, x2, …, xj, …, xm) (4)

як функція параметрів елементів xj величин σіск, σj, σідод, KΣ, σu, l (число елементів, що селектують), номінальних значень параметрів елементів xj0.

Рівняння (3.4) використовується для визначення коефіцієнтів впливу Aij методом часткових похідних та наступного формування рівняння похибки (1). Останнє можна виконати також за статистичними даними експерименту, що планується, або регресійно-кореляційним аналізом за даними пасивного експерименту.

Потім обчислюємо похибку параметра Ni. При цьому одночасно визначаються середньоквадратичне відхилення та максимальне відхилення σіпв=3σіпв при умові врахування законів розподілу усіх параметрів елементів та штучного приведення їх до еквіуведеннямо нормальному (за рівнем Р=0,9973) введенням коефіцієнтів відносного розсіювання Kj, що використовуються в теорії точності. В цьому випадку на підставі (1)

; (5)

, (6)

де k — коефіцієнт відносного розсіювання, ;

Δi — поле розсіювання величини параметра Ni для Р=0,9973.

При вирішенні задачі синтезу процесу складання послідовно перевіряють можливості застосування кожного з перерахованих раніше методів складання. Критерій можливості застосування метода повної взаємозамінності — виконання умови (3.2) при переході до величини

. (7)

При виконанні умови (3.7) оптимальним є метод повної взаємозамінності та подальший аналіз не провадиться, результати обчислення та порівняння поступаються на вивід. Якщо умова (3.7) не виконується, необхідно зробити висновок про неможливість застосування метода повної взаємозамінності. Забезпечити необхідну точність вихідних параметрів можна в результаті селекції вхідних елементів для зменшення їх похибок, що досить трудомістко та збільшує собівартість, або в результаті проценту браку виробів за точностними характеристиками вихідних параметрів Ni, що допускається. У більшості випадків, особливо в умовах крупносерійного та масового виробництва, слід зволіти другий варіант та перейти до подальших розрахунків, аналізуючи можливість застосування, метода неповної взаємозамінності. Відхилення σі вихідного параметра Ni повинно задовольняти умові (6). З урахуванням (4) та (5) отримаємо умову (7) для виконання складального процесу методом неповної взаємозамінності:

. (8)

Коефіцієнт ризику для метода неповної взаємозаміняємості обираємо виходячи з допустимого проценту ризику (браку) з табл. 2.

Таблиця 2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Процент ризику | 0,5 | 1,0 | 2,0 | 4,0 | 5,0 | 6,0 | 8,0 | 10,0 |
| КΣ | 1,05 | 1,11 | 1,21 | 1,30 | 1,33 | 1,36 | 1,40 | 1,44 |

У випадку виконання умови (8) при заданому kΣ оптимальним є метод неповної взаємозамінності та подальший розрахунок припиняється. Якщо умови не виконуються, аналізується можливість використання метода групової взаємозамінності, коли необхідно обрати групу елементів із найбільшими значеннями коефіцієнтів впливу Aij та застосувати селекцію цих елементів, раніше обумовивши межі зменшення відхилень параметрів елементів. У цьому випадку похибка вихідного параметру δic повинна задовольняти умові

. (9)

Кількість елементів, що селектуються, та їх допустимі відхилення визначаються вартісними обмеженнями.

Виконання умови (9) завершується вирішення задачі висновком про те, що оптимальним є метод групової взаємозамінності.

У випадку цього невиконання необхідно перейти до методу підгонки та регулювання. У якості елемента, за допомогою якого здійснюється компенсацією похибки, використовується елемент із максимальним Aij. Похибка цього елемента δij дорівнює нулю, що дозволяє зменшити відхилення вихідного параметра δiр. Далі оцінюється величина компенсації відхилення елемента δiр з умови :

;

.

Якщо обраний варіант метода підгонки та регулювання буде задовольняти вирішенню задачі оптимального синтезу ТП складання.

Якщо величина δij незначна, вона може бути скомпенсована у результаті операції при складанні (метод підгонки), якщо δij порівняно велика, — уводиться додатковий елемент — компенсатор.

Питання 4. Захисне заземлення. Навести схему захисного заземлення і визначити параметри, що забезпечують безпечні умови використання обладнання.

Захисне заземлення – спеціальне електричне з’єднання із землею або її еквівалентом металевих неструмопровідних частин, які можуть опинитися під напругою. Захисне заземлення зменшує напругу на корпусі відносно землі до безпечного значення, тобто зменшує і струм, що проходить через тіло людини.

На схемі наведено дію захисного заземлення:

Рис. 2 – Схема захисного заземлення 2х провідної мережі: а) електрична схема; б) схема заміщення.

Звідси напруга:

де U - напруга, на корпусі, В;

Д2 – провідність ізоляції провода, 1/Ом;

Д3 – провідність заземлення, 1/Ом;

r3 – опір заземлення, Ом;

r2 – опір ізоляції провода, Ом;

Струм, що проходить через людину:

Питання 5. Основні розрахункові співвідношення

Відповідь

Визначення оптимальної структури ТП складання і монтажу; оцінка основних його техніко-економічних показників проводиться статистичними методами. За основу вибирається одна зі статистичних моделей. Розглянемо методику статистичного моделювання стосовно до процесу складання і монтажу складальної одиниці на друкованій платі.

У результаті операції складання до ведучого напівфабрикату (плати) послідовно приєднується п деталей. Позначимо їхні параметри до моменту початку складання t≤tН: для ведучого напівфабрикату αj, а для відомих αj1, αj1, …, αjk. Операція складання продовжується, якщо в необхідний момент часу є відповідна деталь, у противному випадку відбувається зрив операції. У момент закінчення складання t≥tk одержуємо складальну одиницю зі значенням вихідного параметра Пj, Кожна деталь, яка приєднується до ведучого напівфабрикату, піддається перевірці протягом часу τпр. Вона з імовірністю Рбр може виявитися бракованою й у цьому випадку заміняється новою, якісною, якщо така є. Операція складання продовжується обмежений час, тому що режим переміщення складальної одиниці по ходу процесу є жорстким. Якщо вона не укладається у встановлену норму часу, то відбувається зрив операції складання. Після закінчення процесу й отримання готового виробу, а також після випадків зриву операції переходять до складання чергового виробу. Використовуване для складання устаткування підготовляється до операції протягом часу τГ, який може бути детермінованою або випадковою величиною. Процес досліджується доти, поки дотримується умова , де — момент надходження на складання ведучого напівфабрикату; Т — період функціонування.

Розіб'ємо складальну операцію на i=1, 2, …, п найпростіших операцій, які полягають у приєднанні до ведучого напівфабрикату тільки однієї деталі. Тривалість i-ї операції для j-го вузла позначимо , а момент її закінчення — . При формалізації її зручно представити в наступному вигляді

,

де , , — час формування, установки і кріплення (паяння) деталей, який визначається, виходячи з наявного на підприємстві устаткування або на підставі галузевих стандартів.

Для кожної операції (складання, контролю якості) накопичується статистичний матеріал про зміну їхніх тривалостей у часі (наприклад, шляхом хронометражу робочого часу). На підставі наявних дослідних і довідкових даних установлюються детерміновані в часі показники процесу складання і ймовірних діапазонів їх зміни: тривалість підготовки до операції , інтенсивність перевірки якості деталей , ймовірність появи браку деталей та ін. Накопичений статистичний матеріал представляється в компактній, зручній для сприйняття ЕОМ формі: установлюються закони розподілу (рис. 3), визначаються їхні числові характеристики.

а) б) в) г)

Рисунок 3 — Розподіл характеристик процесу складання: а) інтервалів між моментами надходження ведучого напівфабрикату; б) тривалості перевірки якості деталей; в) тривалості операції складання; г) вихідного параметра — маси виробу

Це дозволяє розрахувати за допомогою рівнянь ритм складання

,

кількість деталей, необхідна для складання за аналізований період,

nki=T/τT,

граничні значення моменту складання i-ї операції

і j-го вузла

.

Далі в аналітичній формі записуються всі співвідношення, необхідні при моделюванні: момент закінчення операції складання і момент часу готовності складального агрегату до виконання наступної операції :

;

.

Виходячи з задач дослідження, установлюється час аналізу роботи системи: зміна, декада, місяць, рік.

Для побудови математичної моделі процесу складання установимо необхідні співвідношення між параметрами виробу до операції, і після її виконання. У загальному вигляді залежність має вид

Пj=f(αj, αi1, αi2, …, αik, β1, β2, …, βm), (10)

де αj, αi1, αi2, …, αik — параметри виробу;

β1, β2, …, βm — параметри, які характеризують складальний агрегат.

У зв'язку з випадковим характером процесів, які протікають при складанні, рівняння (10) можна представити у вигляді

,

де δ(Пj) — випадкові відхилення величини Пj, від деякого невипадкового значення задані відповідними законами розподілу.

Однак представлені співвідношення не вичерпують математичного опису операції складання. До них необхідно додати залежності, які визначають режим функціонування складального агрегату в часі. Якщо операція складання синхронізована з тактом випуску продукції, то її початок визначається наступним виразом

tН=t0+(K+1)·τT,

де t0 — початок відліку;

τT — тривалість ритму складання;

K — числа 0, 1, 2,....

На практиці існують процеси, що не мають жорсткого керування режимом виробничих циклів у часі. Операція в цьому випадку починається в будь-який момент часу, якщо агрегат готовий до роботи і до нього надійшов черговий напівфабрикат

Будь-які можливі простої складального устаткування враховуються при визначенні τГ.

Якщо операція складання почата при надходженні всіх напівфабрикатів на складання і готовності устаткування, то початок операції визначається за формулою

.

Операторна схема моделюючого алгоритму для складової операції складання має вигляд

Функції операторів, що використовуються наступні: Ф1 — формування випадкової події — момент надходження на складання ведучого напівфабрикату; Р2 — перевірка умови ; Р3 — перевірка логічної умови i>n, що визначає приєднання усіх деталей до ведучого напівфабрикату; Ф4 — формування вихідної ознаки якості готового виробу Пj або параметрів складальної одиниці на виході складального агрегату у випадку зриву операції; К5 — лічильник числа виробів, що пройшли складання, реалізує операцію N+1; К6 — лічильник номерів ведучих напівфабрикатів (j+1)$ F7 — формування початку складання і=1; F8 — перехід до нової складальної одиниці; F9 — встановлення тривалості підготовки обладнання до виконання чергової операції складання ; Р10 — перевірка умови nкi>0, де nкi — кількість деталей і-го типу, які є в складальному агрегаті; К11 — лічильник числа зривів складової операції складання; К12 — лічильник деталей і-го типу, що залишилися в складальному агрегаті після виконання наступної операції складання, Ф13 — формування випадкового значення тривалості часу перевірки за відомим закону розподілу ; Р14 — перевірка придатності деталі за умови , де ξ — випадкову число з рівноімовірнісним розподілом в інтервалі [0, 1]; Ф15 — формування тривалості операції складання за відомим законом ; А16 — визначення моменту закінчення і-ї операції складання з урахуванням часу перевірки якості ; Р17 — перевірка умови ; К18 — лічильник числа складальних операцій (і+1); F19 — імітація закінчення складальної операції складання (і=n+1); К20 — лічильник готових виробів (реалізує операцію N-1, віднімає браковані вироби); А21 — обробка результатів моделювання; Я22 — видача результатів.

