

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДВНЗ « Ужгородський національний університет»
Інженерно-технічний факультет
кафедра електронних систем

кваліфікаційна робота магістра

На тему: Лабораторний макет, для зняття вольт амперних характеристик тунельних діодів

Студента 2 курсу

Міщенко Дмитра Євгеновича

(прізвище та ініціали)


(підпис)

Керівник кандидат фіз.-мат. наук Спесивих О. О.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)


(підпис)

Голова ЕК:

Симулик В.М. д.ф.-м.н. проф. ІЕФ НАНУ

(прізвище, ініціали, вчені ступінь та звання,)


(підпис)

Заяць Т.М. – к.ф.-м.н. доц. кафедри ЕС

(прізвище, ініціали, вчені ступінь та звання,)


(підпис)

Рубіш В.М. – д.ф.-м.н., проф. кафедри ЕС

(прізвище, ініціали, вчені ступінь та звання)


(підпис)

Юркін І.М. – к.ф.-м.н. доц. кафедри ЕС

(прізвище, ініціали, вчені ступінь та звання)


(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент 
(підпис)

Ужгород – 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
Інженерно-технічний факультет
Кафедра електронних систем

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедрою,  (Заяць Т. М.)
доц. _____
“ ____ ” _____ 2023 року

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

На кваліфікаційну роботу магістра

на тему:

**ЛАБОРАТОРНИЙ МАКЕТ ДЛЯ ЗНЯТТЯ ВОЛЬТАМПЕРНИХ
ХАРАКТЕРИСТИК ТУНЕЛЬНИХ ДІОДІВ**

Студента групи ЕС: Дмитра МІЩЕНКА

()

Керівник: канд. фіз.-мат наук, доц. кафедри ЕС

Олександр СПЕСИВИХ

()

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедрою,

доц.  (Заяць Т. М.)

“ 3 ” жовтня 2022 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу магістра студента


Міщенко Дмитра Євгеновича
(прізвище, ім'я, по-батькові)


1. Тема дипломної роботи: **Лабораторний макет, для вимірювання ВАХ тунельних діодів.** Затверджена на засіданні кафедри ЕС (протокол № 3 від 03 жовтня 2022 року).
2. Термін закінчення студентом дипломної роботи: 15 грудня 2023 року.
3. Вихідні дані до роботи:
Спроекувати лабораторний макет, для вимірювання ВАХ тунельних діодів
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці):
 - 1) Вступ. Огляд та аналіз аналогів об'єкту проектування .
 - 2) Синтез та аналіз структурної та функціональної схеми об'єкту проектування та її опис.
 - 3) Технічна пропозиція та її обґрунтування і опис.
 - 4) Розрахунок електричних параметрів окремих фрагментів принципової схеми та дослідження дискретних елементів при необхідності.
 - 5) Синтез друкованої плати
 - 6) Визначення розмірів контактних площадок та друкованих провідників.
 - 7) Вибір варіантів встановлення радіоелементів на друкованій платі.
 - 8) Тепловий розрахунок пристрою.
 - 9) Розрахунок теплових режимів пристрою.
 - 10) Розрахунок характеристик надійності пристрою.
 - 11) Економічна частина організації виробництва.
 - 12) Охорона праці.
 - 13) Висновки.

5. Консультанти дипломної роботи:

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Заяць Т. М.		
Нормоконтроль	Пап О. В.	Пап О.В.	Міщенко Д. Є.

Дата видачі завдання 23 листопада 2022 року.

Керівник роботи  (доц. Заяць Т.М.)
(підпис)

Завдання прийняв на виконання  (Міщенко Д. Є.)
(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Найменування етапів дипломного проекту	Термін виконання етапів	Примітки
1.	Пошук та аналіз аналогів об'єкта досліджень.	до 05.09.2023 року	
2.	Вибір технічного рішення та обґрунтування технічної пропозиції.	до 25.09.2023 року	
3.	Розрахунок окремих блоків пристрою.	до 10.10.2023 року	
4.	Розрахунок теплових режимів пристрою та характеристик надійності пристрою.	до 20.10.2023 року	
5.	Робота над техніко-економічним розділом та розділом по охороні праці.	до 15.11.2023 року	
6.	Оформлення дипломного проекту та конструкторської документації.	до 10.12.2023 року	
7.	Захист на державній екзаменаційній комісії.	Згідно з графіком захисту	

Студент  (Д.Є. Міщенко)
Керівник дипломної роботи  (доц. Спесивих О.О.)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра на тему «Лабораторний макет для дослідження автогенераторів на тунельному діоді» / УжНУ; Керівник Спесивих О. О.; Студент Міщенко Д.Є. ., група ЕС.

Пояснювальна записка: 68 сторінки, 15 рисунків, 14 джерел, 6 додатків.

Графічна частина: 5 листів формату А1.

Об'єкт проектування – структурна та принципова схема лабораторного макету для вимірювання ВАХ тунельних діодів. .

Мета дослідження – проектування, розрахунки, виготовлення, графічної документації із застосуванням програмних проектно-конструкторського пакету “AutoCAD 2000”.

Проект включає у себе літературний огляд і аналіз схем контролю статичних характеристик тунельного діода та загальні принципи їх побудови. На основі цих даних і вимог технічного завдання розроблено структурну схему. Проектно-конструкторський розділ містить критерії вибору елементної бази, детальну розробку принципової електричної схеми, розрахунок основних функціональних блоків. В конструкторсько-технологічному розділі розглянуто основні технологічні процеси виготовлення пристрою, проведено розрахунок надійності пристрою, теплові розрахунки та конструкцію друкованої плати. Економічна частина містить розрахунок кошторису витрат та економічної ефективності. Також розглянуто питання охорони праці та навколишнього середовища при виробництві спроектованого пристрою.

Ключові слова:

**ТУНЕЛЬНИЙ ДІОД, ГЕНЕРАЦІЯ, КОЛИВАЛЬНИЙ КОНТУР,
ВОЛЬТАМПЕРНА ХАРАКТЕРИСТИКА**

ABSTRACT

Diploma project of the “Magister” degree: « Laboratory layout for the study of autogenerators on a tunnel diode » / UzhNU; Supervisor: Spesuvuh O. O.; Student: Mischenko D. E., ES group.

Explanatory note: 68 pages, 15 figures, 14 sources, 6 appendixes.

Graphic part: 5 A1 sheets.

Project Object - Laboratory layout for the study of autogenerators on a tunnel diode.

Research Objective - Design, calculations, manufacturing, graphical documentation using the "AutoCAD 2000" software design package.




The project includes a literature review and analysis of schemes for controlling the static characteristics of a tunnel diode and the general principles of their construction. Based on these data and the requirements of the technical task, a structural diagram was developed. The design and construction section contains criteria for the selection of the element base, detailed development of the basic electrical circuit, calculation of the main functional blocks. In the design and technology section, the main technological processes of device manufacturing are considered, device reliability calculation, thermal calculations and printed circuit board design are carried out. The economic part contains the calculation of cost estimates and economic efficiency. The issue of labor and environmental protection during the production of the designed device is also considered.

Keywords:

TUNNEL DIODE, GENERATION, OSCILLATORY CIRCUIT

Зміст

Вступ	9
1. Аналіз завдання роботи та короткі теоретичні відомості.....	10
1.1 Аналіз завдання курсового проекту.....	10
1.2 Загальні відомості про тунельних діодів.....	11
1.3 Контроль статичних характеристик тунельних діодів.....	13
2. Синтез та аналіз структурної схеми лабораторного макету.....	16
3. Вибір схем окремих вузлів макету та їх обрахунки.....	19
3.1 Вихідний вузол характерографа.....	19
3.2 Генератор лінійно наростаючої напруги.....	22
3.3 Вузол для погашення зворотнього ходу променя осцилографа. ...	29
3.4 Опис принципової схеми спроектованого макета	31
4 Конструкторсько – технологічний розділ.....	32
4.1 Розрахунок характеристик надійності пристрою.....	32
4.2 Технологічний процес виготовлення друкованої плати.....	36
4.3 Визначення діаметрів отворів, площі контактних площадок, товщини і ширини друкованих провідників.....	42
4.4 Вибір варіантів встановлення елементів РЕА.....	44
4.5 Тепловий розрахунок пристрою.....	46
5. Техніко-економічний розділ	48
5.1. Економічний розрахунок спроектованого приладу.....	48
5.2 Розрахунок собівартості виготовлення спроектованого приладу... ..	48
5.2.1 Розрахунок кількості і вартості матеріалів, що витрачаються на виготовлення спроектованого приладу.....	50

					КРМ.ЕС. 10749960.000 ПЗ			
Вим	Арк.	№ докум.	Підпис		Лабораторний макет для зняття вольтамперних характеристик тунельних діодів ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив	Міценко Д.Є.			н		7	68	
Перевірів	Снесивих О.О.			УжНУ, ІТФ, гр. ЕС				
Реценз.				II курс				
Н.Конт	Панн О.В.							
Затв.	Ваяць Т.М							

5.2.2. Розрахунок кількості й вартості покупних комплектуючих виробів і напівфабрикатів, що витрачаються на виготовлення спроектованного приладу.....	51
5.2.3 Розрахунок основної заробітної плати виробничих робітників.....	53
5.2.4 Розрахунок додаткової заробітної плати виробничих робітників.....	56
5.2.5 Розрахунок відрахувань на соціальне страхування.....	56
5.2.6 Розрахунок витрат на утримання та експлуатацію устаткування.....	56
5.2.7 Розрахунок цехових витрат.....	57
5.2.8 Розрахунок загальнозаводських витрат.....	57
5.2.9 Розрахунок інших виробничих витрат	57
5.2.10 Розрахунок позавиробничих витрат.....	58
5.3. Розрахунок ціни спроектованного приладу.....	58
6. Заходи по плануванню техніці безпеки та захисту навколишнього середовища.	59
6.1. Охорона праці. Характеристика небезпечних і шкідливих факторів на всіх етапах технологічного процесу, монтажу і експлуатації... ..	59
6.2. Основні заходи безпеки та вилучення передбачуваних шкідливих факторів на всіх етапах технологічного процесу, і експлуатації	60
6.3. Розрахунок необхідного повітряного обміну для промислової вентиляції.....	63
6.4. Захист навколишнього середовища.....	65
Висновки.....	67
Список використаної літератури.....	68
Додатки:	
1	Схема електрична структурна
2.	Схема електрична принципова
3.	Перелік елементів
4.	Друкована плата
5.	Складальне креслення
6.	Специфікація

ВСТУП

Запропонований в 1958 р. японським ученим Л. Есакі тунельний діод виготовляється з германію або арсеніду галію з високою концентрацією домішок ($10^{19} - 10^{20}$ атом/см³), тобто з дуже малим питомим опором, в сотні або тисячі разів меншим, ніж у звичайних діодах.

Застосування тунельних діодів дає змогу значно упростити численні електронні схеми, особливо імпульсні. До того схеми з тунельними діодами зазвичай споживають мало електроенергії і володіють порівняно високою термостабільністю. Однак не всі, на перший погляд хороші, технічні рішення в області проектування схем з тунельними діодами однаково добре реалізуються на практиці. Тільки правильно оцінюючи переваги та недоліки тунельних діодів, можна добитися бажаних результатів, в т. ч. побудувати прості, економічні та надійні схеми.

В даній роботі будуть розглянуті методи для вимірювання вольтамперних характеристик тунельних діодів, і буде спроектовано лабораторний макет для вимірювання ВАХ тунельних діодів. Перед нами стоїть задача спроектувати лабораторний макет за допомогою якого ми зможемо отримати достовірні результати при знятті статичних характеристик тунельних діодів, і щоб результати вимірів в подальшому можна було використати у розрахунках схем з тунельними діодами.

Тунельні діоди є уразливим до перенавантаження, легко виходять з ладу при неправильному вимірюванні, механічно уразливі, і легко генерують паразитні коливання.

Зважаючи на особливості поведінки тунельних діодів при зйомі ВАХ, а саме генерування коливань та уразливість при перевантаженні струмом, схема та конструкція лабораторного макета має задовільняти ряду специфічних вимог. [13]

					КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

1. АНАЛІЗ ЗАВДАННЯ РОБОТИ ТА КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

1.1 Аналіз завдання проекту

Метою даної роботи є створення лабораторного макету для вимірювання ВАХ тунельних діодів.

Задачею аналізу є розшифровка всіх даних, що містяться в технічному завданні.

Аналіз виконують в наступній послідовності по пунктах:

1. Назва виробу - Лабораторний макет для зняття ВАХ тунельних діодів.
2. Призначення – зняття вольтамперних характеристик тунельних діодів у ручному режимі та у режимі характерографа.
3. Комплектність
 - лабораторний макет: міліамперметр, електронно-цифровий вольтметр, тунельні діоди різних типів;
 - осцилограф.
4. Можливості - даний пристрій буде використовуватися для вимірювання вольтамперних характеристик тунельних діодів у ручному режимі, та режимі характерографа. Характерограф можна використати не тільки для індикації, а і для вимірювання. Результати можуть бути використані для розрахунків схем з використанням тунельних діодів.

					КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

1.2 Загальні відомості про тунельних діодів

Тунельні діоди виготовлені із високолегованих напівпровідникових матеріалів з великим, порівняно із звичайним діодом, вмістом домішок (порядка 10^{19} - 10^{23} атом/см³). Наприклад діоди типу 1ИЗ02, виготовляють шляхом сплавлення монокристала германія, легірованого мишьяком, з індієм, легованим галієм. Арсенід-галієві діоди типу АИЗ01 (ЗИЗ01) легуються оловом. [12]

Тунельний ефект діодів обумовлений саме з великим вмістом домішок і вузькістю р-п переходу діода (порядка 100 \AA) Вольт-амперна характеристика тунельного діода (рис.1.1) внаслідок наявності двох механізмів проходження електронів через р-п перехід – тунельного і дифузійного – має дві зростаючі ділянки і участок зворотнього диференціального опору .

На характеристиці є ряд характерних точок, координати яких прийнято називати статичними параметрами тунельного діода. Найбільш важливі із них наступні: струм максимуму I_1 – струм, що відповідає максимуму на вольт-амперній характеристиці; напруга максимуму U_1 ; струм мінімуму I_2 ; напруга мінімуму U_2 найбільша напруга переключення U_3 – напруга, що відповідає струму максимуму на другій зростаючій (дифузійній) гілці характеристики. Зазвичай точку з координатами I_1, U_1 називають вершиною характеристики, а точку з координатами I_2, U_2 – впадиною.

До характерних параметрів тунельного діода відносяться також максимальна напруга переключення при переході з першої зростаючої (тунельної) гілки на другу чи напруга розгалудження характеристики $\Delta U = U_3 - U_1$; відношення струмів I_1/I_2 ; модуль диференційного опору діода $|r_{дин}| = dU/dI$.

Малопотужні перемикаючі тунельні діоди виконуються зазвичай у виді керамічного циліндру (рис.1.2), до якого кріпляться коварові флянці з контактними полосками.

					КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ		Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			11

Основні технічні характеристики арсенід-галієвих перемикаючих діодів серії АИЗ01 приведені в табл. 1. [12]

Таблиця 1. Параметри деяких тунельних діодів

Тип діода	I_1 , ма, при температурі $20 \pm 10^\circ\text{C}$	I_1 , ма, при температурі $-60; +70^\circ\text{C}$	$U_{1\text{макс}}$, В	U_3 , В	Ємність діода, пФ
АИЗ01А	$2 \pm 0,4$	1,3—2,6	0,18	$\geq 0,65$	≤ 12
АИЗ01Б	$5 \pm 0,5$	3,8—5,9	0,18	0,85—1,15	≤ 25
АИЗ01В	$5 \pm 0,5$	3,8—5,9	0,18	1,0—1,3	≤ 25
АИЗ01Г	10 ± 1	7,5—11,8	0,18	$\geq 0,8$	≤ 50

Загальними параметрами діодів серії АИЗ01 являються напруга діпазону спадаючої ділянки ΔU – не менше 0,65 В; кратність струмів I_1/I_2 – не менше 8; ємність корпусу – менше 0,8 пФ; індуктивність корпусу – менше 1.5 нГн; маса діода 0.15 г; довговічність більше 5000 год.

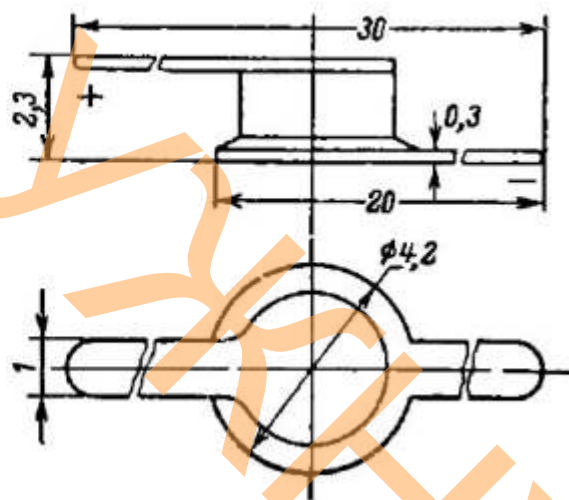
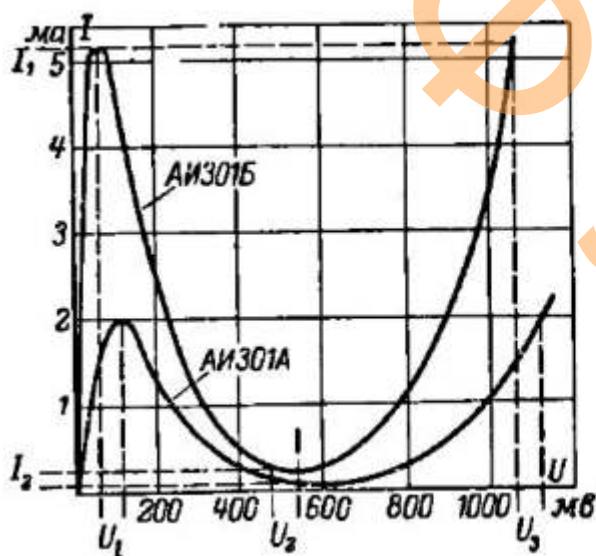


Рис 1.1 Вольт-амперні характеристики тунельних діодів різних типів

Рис.1.2 Зовнішній вид тунельного діода типу ЗИЗ01

Експлуатаційні оточуючі умови: температура – від -60 до +70°C; вологість – до 98 %; тиск – від 5 мм рт. ст. до 3 ат.

Більшість характеристик тунельних діодів на відміну від інших напівпровідникових приладів слабо залежить від температури. Відносна зміна координат характерних точок вольт-амперної характеристики діодів типу АІЗ01 у процентному вираженні на кожен градус відхилення оточуючої температури від нормальної (+20°C) у діапазоні 0-50°C складає для $I_1 \pm (0,005 - 0.1)$; для I_2 $0,1 \div 0,3$; для U_1 $0,03 \div 0,1$; для U_2 $0,1 \div 0,3$ і для U_3 $0,15 \div 0,25$.[12]

1.3 Контроль статичних параметрів тунельних діодів

У багатьох випадках при розробці схем з тунельними діодами достатньо знати координати не всіх точок вольтамперної характеристики, а лише характерні статичні параметри характеристики. Якщо необхідно визначити приналежність діода до тої чи іншої групи, то достатньо виміряти тільки струм максимуму I_1 .

Визначення характеру пошкодження тунельного діода (обрив чи коротке замикання) можна виконати за допомогою електронних омметрів. При роботі з омметром прилада В7-13 опір справного діода в прямому напрямку складає 50-100, а в зворотньому 5-7 Ом. Користуватися звичайними тестерами для перевірки тунельних діодів не слід, так як це може привести до виходу із ладу справних діодів із-за перевантаження по струму.

Для зняття статичних вольт-амперних характеристик, яке проводиться, коли усереднених довідкових даних недостатньо, можна використати схему на рис. 1.3.а, за допомогою якої можна зняти характеристики по точкам. В якості мілівольметра бажано використати високоомний прилад з шкалою не менше 1 В. Міліамперметр повинен забезпечувати вимірювання струмів від 0,1 до 10 ма. Плавно підвищуючи напругу на тунельному діоді до граничного на дифузійній вітці і зменшуючи його до нуля, реєструють показання приладів і за ними будують повну криву.

Менш трудомістко і доволі точно можна зняти характеристики за допомогою характерографів. На рис. 1.3,б приведена схема простого характерографа, виконаного у виді приставки до осцилографу [11]. На підсилювач горизонтального

					КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

відхилення подається напруга з тунельного діода, на підсилювач вертикального відхилення - напруга з резистора опором 2 ом, пропорційне струму через тунельний діод.

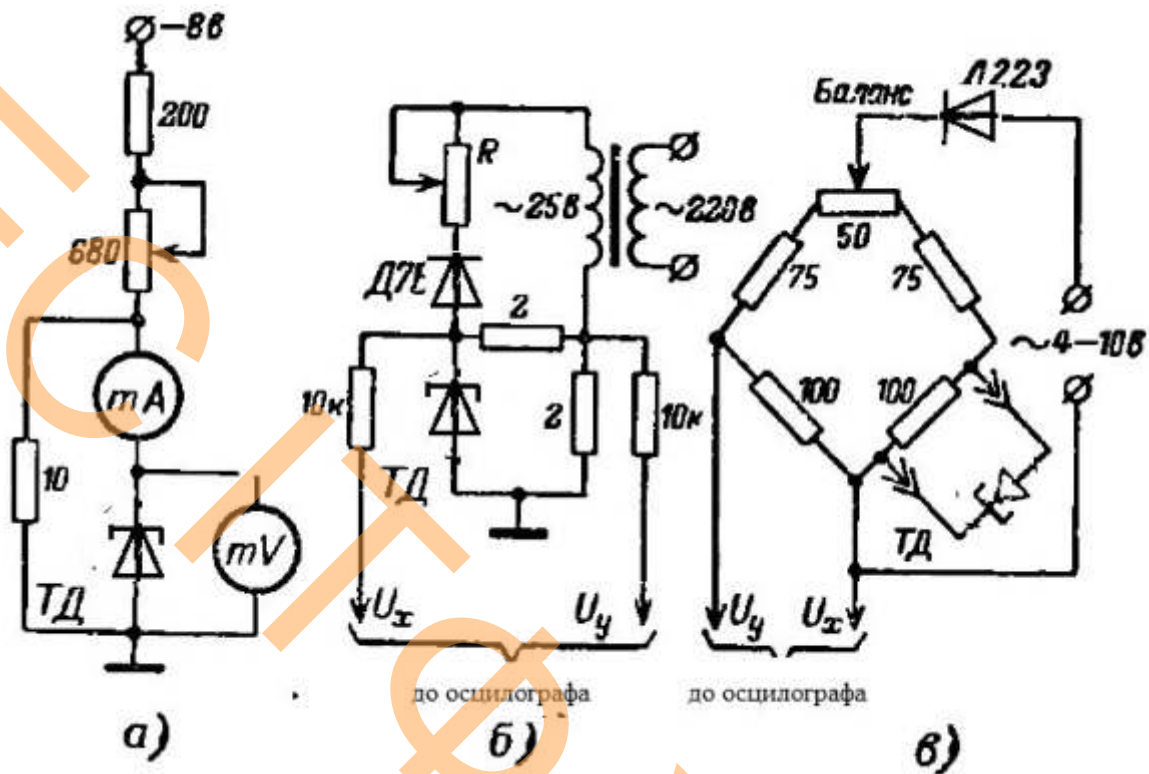


Рис. 1.3 Схеми для дослідження тунельних діодів

При роботі із схемами на рис. 1.3,а і б ймовірно поява автоколивань із-за паразитних ємностей і індуктивностей схеми, що супроводжується появою на осцилографі в районі ділянки відемного опору характерних хвилеподібних ліній.

Цей недостаток слабше проявляється в характерографах, зібраних по мостовій схемі (рис.1.3,в). Живлення приставки здійснюється від генератора синусоїдальної напруги з регульованою амплітудою на низькоомному виході чи від мережевого трансформатора з вторинною напругою 4-10 В. Така приставка виготовлена також для зняття вольт-амперних характеристик різних напівпровідникових приладів (діоди, транзистори, стабілітрони і др.). При проведенні калібровки приставки необхідно отримати розрахункові відношення для переходу від вимірюваних значень напруги у вертикальному каналі U_y до значень струму через діод

Оскільки опір інших плечей моста однакові, шукана формула для переходу має вид :

$$I_B = 2U_y R .$$

Тут R – опір резисторів у плечах моста. Так як по схемі R=100 ом , вираз спрощується :

$$I = 0,02U_y ,$$

де струм виражається у міліамперах, а напруга – у мілівольтах. [11]

					КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

2. СИНТЕЗ ТА АНАЛІЗ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ЛАБОРАТОРНОГО МАКЕТА

Згідно завдання на проектування, лабораторний макет має бути окремим приладом, з автономним живленням, а для відображення інформації вимірювань повинен бути застосовані стандартні вимірювальні прилади, які є в лабораторіях кафедри. Крім того, під час проведення лабораторної роботи, на макеті, що проектується, необхідно проводити вимірювання вольтамперних характеристик тунельних діодів за схемою «вольтметр-амперметр», а також методом характерографа з використанням осцилографа.

Зважаючи на особливості поведінки тунельних діодів при зйомі ВАХ [13], а саме генерування коливань та уразливість при перевантаженні струмом, схема та конструкція лабораторного макета має задовільняти ряду специфічних вимог.

Перш за все, живлення всіх вузлів пристрою має бути стабілізованим, Особливо стабільні характеристики мають мати джерела напруги які живлять безпосередньо кола з тунельними діодами.

Для вимірювальних характеристик за методом ампертметр-вольтметр, стабілізоване джерело живлення має бути регульованим з можливістю регулювання вихідної напруги з точністю одиниць мілівольт в діапазоні від 0 до 1100 мВ.

Для наглядності вимірювань ампертметр має бути аналоговим, а для точності задання напруги, вольтметр має бути електронно-цифровим.

Для запобігання електричних і механічних ушкоджень досліджувальних діодів потрібно передбачити, їх розміщення всередині макета з комутацією до вимірювальної схеми, а з урахуванням схильності до самозбудження, в такому випадку буде можливим максимально зменшити паразитні ємності елементів схеми та індуктивності з'єднувальних провідників. Для цього ж амперметр та вольтметр необхідно розмістити в конструкції макета і провести під'єднання в схему провідниками мінімальної довжини. Тобто, частина схеми для вимірювань

					КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

характеристик «по точках» має бути виконана без приладів, що під'єднуються ззовні.

Більшість вищезгаданих зауважень актуальна і для вимірювання ВАХ за методом характерографа. Напруга, яка надається в коло живлення тунельних діодів, повинна бути стабільною за формою і в часі та високолінійно змінюватись у вищезгаданому діапазоні. Ця напруга також повинна відхиляти промінь осцилографа по горизонталі, а вертикальне відхилення променя має бути лінійно пропорційним струмові через діод.

Для створення такої напруги використовується генератор лінійно наростаючої напруги (ГЛНН). Сигнал з ГЛНН, сформований окремим вузлом, служить для погашення зворотнього ходу променя осцилографа. Щоб отримати стабільні коливання ГЛНН необхідно стабілізувати напругу живлення, забезпечити мінімальний вплив його навантаження та застосувати певні схемотехнічні прийоми при проектуванні.

Відповідно до цього на рис.3.1 приведена структурна схема лабораторного макета

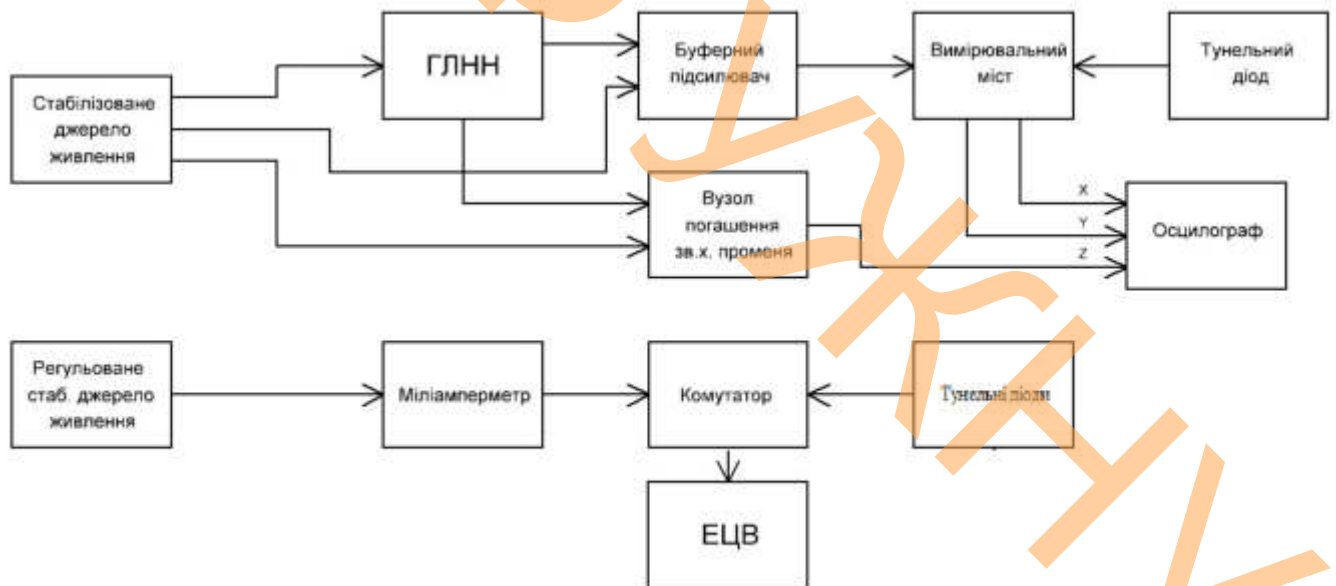


Рис. 2.1, Структурна схема лабораторного макета для зняття ВАХ тунельних діодів

Очевидно, що осцилограф повинен мати відповідний режим роботи і з приладів, які є у розпорядженні кафедри необхідно використати осцилограф типу

C1-99, у якого відповідною комутацією вмикається внутрішня розгортка, а сигнали X,У відповідно подаються на входи «канал I» та «канал II». [1]

В якості міліамперметра можна використати міліамперметр типу M265M (ГОСТ 8711-78) з відповідним шунтом а в якості електронно-цифрового вольтметра – модуль на основі інтегральної мікросхеми типу K572ПВ2 [8]

ПРОЦЕДУРА

					КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

3. ВИБІР СХЕМ ОКРЕМИХ ВУЗЛІВ МАКЕТА ТА ЇХ ОБРАХУНКИ

3.1 Вихідний вузол характерографа

На рис. 3.1 приведена схема вихідного вузла характерографа. Вона складається з вимірювального моста та буферного підсилювача, який забезпечує мінімальне навантаження на ГЛНН.

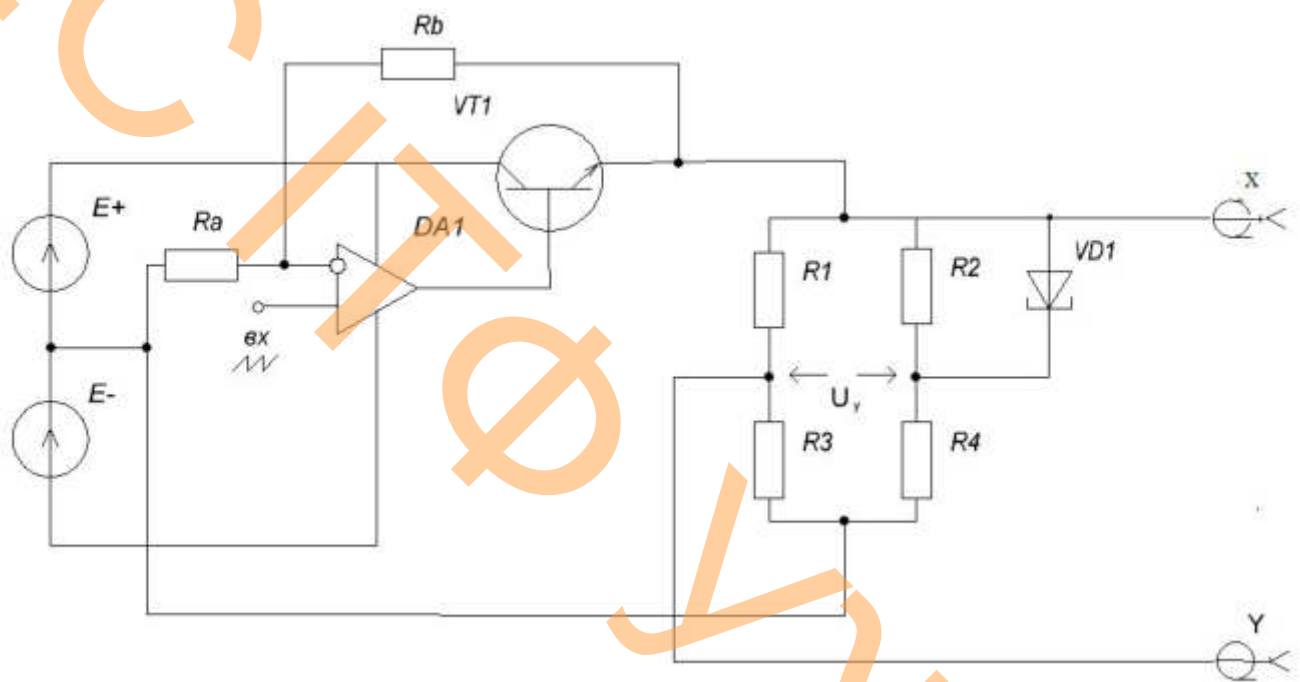


Рис. 3.1 Вихідний вузол характерографа

На резисторах R1...R4 побудовано вимірювальний міст, $R1 = R2 = R3 = R4 = 100 \text{ Ом}$, як було рекомендовано вище [11]. На вертикальну діагональ моста подається лінійно наростаюча напруга, а з горизонтальної діагоналі сигнал подається на вхід Y осцилографа. Як відмічалось раніше, напруга U_y пов'язана зі струмом через діод згідно виразу:

$$I_d = \frac{2U_y}{R}, \text{ або оскільки } R=100 \text{ Ом, то } I_d=0,02U_y.$$

Напруга з діода VD1 подається безпосередньо в канал X осцилографа.

					КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ		Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			19

Для підтримання необхідної напруги на діоді, струм через резистор R2 задамо в 5..10 раз більшим, ніж через діод. Якщо обмежитись дослідженням тунельних діодів з максимальними струмами в 5..10 мА, то при вибраних номіналах резисторів моста, максимальна необхідна напруга, що подається на міст:

$$U_m = I_m \cdot R = 0,1 \cdot 100 = 10V$$
 , де $I_m = 100 \text{ мА}$ - максимальний струм, що споживається мостом від буферного підсилювача. Тоді максимальний струм через резистори збалансованого моста буде 50 мА.

Вищесказане значення напруги сформуємо безпосередньо на виході схеми генератора лінійно наростаючої напруги ГЛНН, а буферний підсилювач побудуємо як підсилювач струму з коефіцієнтом передачі напруги $K_U = 1$. Тоді регулювати напругу до необхідної величини можна як безпосередньо в ГЛНН так і між ГЛНН та буферним підсилювачем.

Буферний підсилювач, схема якого зображена на рис. 3.1, виконана на операційному підсилювачі, для підвищення струму на виході якого застосовується один n-p-n транзистор VT1 [6], так як нам потрібно підсилити струм однієї полярності. Якщо все ж таки потрібно буде отримати підсилення по напрузі то в кінцевій схемі, можна ввести резистори R_a, R_b з відповідними номіналами.

Симетричне живлення схеми застосовується передусім тому, що загальний провід буферного підсилювача не може бути з'єднаним з корпусом, інакше це з'єднання закортить частину вимірювального моста. Для наголошення цього факту на схемі показано підключення джерел живлення E_n^+, E_n^- до елементів. Крім того, така схема на невисоких частотах передає на вихід без спотворень напругу від 0 до майже E_n^+ [5], що є також важливим показником.

В якості операційного підсилювача використаємо мікросхему типу К157УД2 [3] в корпусі якої є два операційних підсилювача. (другий використаємо в других вузлах макета).

Зауважемо, що для забезпечення стійкості підсилювачів до самозбудження, до виводів 1 та 14, 7 та 8 мікросхем, які використовуються в схемах проекта, необхідно підключити коректуючі конденсатори ємністю по 10 пФ [3].

									Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ				20

Амплітуду вихідного струму операційного підсилювача мікросхеми, для гарантованого забезпечення лінійного режиму підсилення, знайдемо за формулою:

$$I_m = \frac{U_m}{R_{ном}} = \frac{13}{2 \cdot 10^3} = 6.5 \text{ мА}$$
, за $U_m = \pm 13 \text{ В}$ – максимальне значення вихідної напруги при $E_{п} = \pm 15 \text{ В}$, $R_{ном} = 2 \text{ кОм}$ – номінальне навантаження для забезпечення гарантованих параметрів [3].

Щоб забезпечити необхідний струм на вході вимірювального моста, коефіцієнт підсилення струму транзистора повинно бути не менша за:

$$\frac{I_{R_{макс}}}{I_m} = \frac{100 \cdot 10^{-3}}{6,5 \cdot 10^{-3}} = 15.4 \text{ рази.}$$

Виходячи з цього, вибираємо транзистор типу КТ603Б, у якого згідно довідника такі основні параметри:

- мінімальна напруга колектор-емітер $U_{KE} = 30 \text{ В}$.
- максимальний постійний струм колектору $I_0 = 300 \text{ мА}$
- максимальний імпульсний струм $I_{имп} = 600 \text{ мА}$
- коефіцієнт підсилення струму $h_{21e} = 20..60$
- допустима максимальна розсіювана потужність $P_0 = 0,5 \text{ Вт}$.

Визначимо потужність, яка розсіюється на транзисторі VT1 [7]:

$$P_{VT1} = \frac{1}{T} \int_0^T [E^+ - U(t)] \frac{U(t)}{R} dt, \text{ де } U(t) - \text{напруга колектор-емітер, } R - \text{опір}$$

вимірювального моста – навантаження транзистора.

Генератор лінійно наростаючої напруги спроектуємо так, щоб час наростання напруги від 0 до максимального значення U_m , був набагато більшим, чим спадання

$t_{сп}$. Вибираємо $t_{н} = 10 \text{ мс}$, $t_{сп} = 0,1 \text{ мс}$, тоді $T \approx t_{н} = 10 \text{ мс}$, а $U(t) = \frac{U_m}{T} t$.

$$P_{VT1} = \frac{1}{T} \int_0^T \left[\left(E^+ - \frac{U_m}{T} t \right) \frac{U_m}{RT} \right] dt = \frac{1}{T} \left[\frac{E^+ U_m}{RT} t - \frac{U_m^2}{RT^2} t^2 \right]_0^T = \frac{E^+ U_m}{2R} - \frac{U_m^2}{3R}$$

Для визначення максимальної потужності, що розсіюється на транзисторі знайдемо екстремум функції P_{VT1} в залежності від U_m , тобто продиференціюємо

вираз і прирівняємо до нуля $\frac{E^+ U_m}{2R} - \frac{U_m^2}{3R} = 0$ звідки, $U_m = \frac{3}{4} E^+ - \frac{dP_{VT1}}{dU_m} = 0$, значення

					КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

амплітуди, при якій на транзисторі розсіюється максимальна потужність це

$$U_m = \frac{3}{4} \cdot 15 = 11B, \text{ тоді}$$

$$P'_{VT1} = \frac{E^+ U_m}{2R} - \frac{U_m^2}{3R} = \frac{15 \cdot 11}{2 \cdot 100} - \frac{11^2}{3 \cdot 100} = 0,422Bm < P_0 = 0,5Bm$$

3.2 Генератор лінійно наростаючої напруги

3.2.1 Загальні відомості про генератори лінійно змінюючої напруги

Генератори лінійно змінюючої напруги (ГЛЗН) являються відомими пристроями імпульсної техніки.

ГЛЗН стійко заняли своє місце у телевізійних пристроях і радіолокації в пристроях амплітудно-часового перетворення і в аналого-цифрових перетворювачах (АЦП), у широтно-імпульсних і часо-імпульсних перетворювачах, в схемах управління сучасних джерел живлень з ланкою перетворення підвищеної частоти, в пристроях перетворення часового масштаба, в програмних і других пристроях автоматики, в керуємих пристроях затримки і т.д. На базі ГЛЗН з урахуванням використовуваних в них принципів підвищення лінійності сигнала проектується схеми генераторів імпульсів складної форми, з лінійно змінюючою ділянкою. Вони знаходять використання у модуляторах, разного роду перетворювачах сигналів і у вимірювальній техніці, у яких використовується імпульсне живлення датчиків.

Із зв'язку з настільки різноманітним використанням розрізняються і вимоги, які ставляться до ГЛЗН як з точки зору їх функціональних можливостей, так і з конструкторсько-технологічних позицій. В результаті сьогодні маємо ряд генераторів, які значно відрізняються один від одного по функціональним, експлуатаційним і конструкторсько-технологічним параметрам.

Під ГЛЗН зазвичай розуміють пристрої, які формують імпульс чи послідовність імпульсів, маючих форму нерівностороннього трикутника, показану на рис.3.2. При цьому така послідовність може не мати паузу T_n між імпульсами

					КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

(рис. 3.2 а,в,г) чи мати її (рис. 3,2 б). Для того щоб підкреслити специфіку генераторів данного класу, прийнято називати лінійно змінюючим, і як правило, більш тривалу частину імпульса прямим ходом імпульса $T_{пр}$, коротку частину імпульса – зворотнім ходом $T_{зв.х}$ імпульса, остання відповідає поверненню ГЛЗН у вихідне положення. Якщо під час прямого ходу імпульса напруга зростає по абсолютному значенню (рис 4.3,а,б,г), формуючий його пристрій називають генератором лінійно зростаючої напруги, якщо спадає (рис.3.2.в) – генератором лінійно падаючої напруги. В більшості використання потреба до лінійності зміни напруги під час зворотнього ходу імпульса відсутнє. Амплітуда імпульсів лінійно змінюючої напруги U_m визначається різницею напруг на початку і в кінці прямого ходу імпульса: $U_m = |U_{\delta} - U_{тпр}|$.

З вищесказаного витікає, що ГЛЗН являються одним із представників більш широкого класу так названих генераторів пилкоподібної напруги (ГПН). Під останнім розуміють пристрої, формуючі в загальному випадку послідовність імпульсів трикутної, трапеціодальної чи другої більш складної непрямокутної форми. При цьому вимоги по лінійності можуть бути високими і для прямого і для зворотнього ходів імпульса, їхня тривалість може знаходитися в самих різноманітних відношеннях, в тому числі і в рівних, в залежності від призначення генератора. Відомі також ГПН, в яких під час прямого ходу імпульсу напруга змінюється складніше Б- або N-подібному закону, по квадратичному, кубічному, логарифмічному і других законах.

					КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

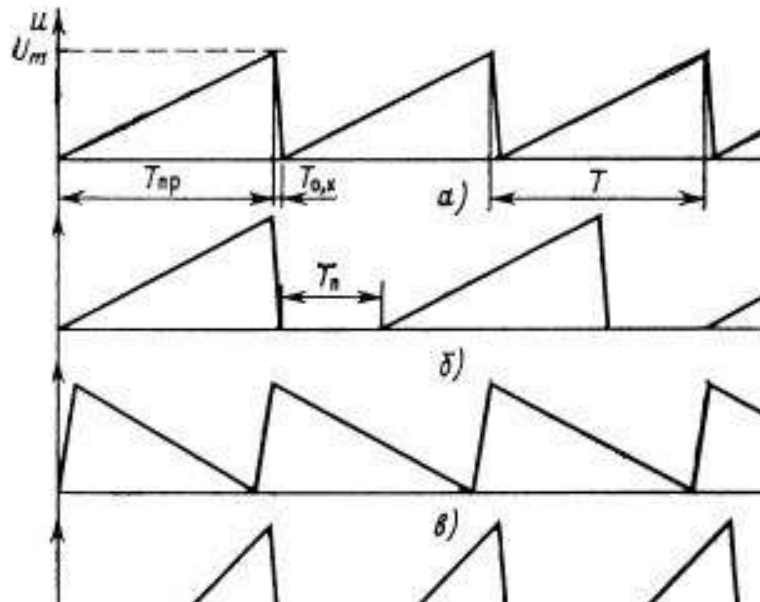


Рис. 3.2 Форми сигналів на виході ГЛЗН

По режиму роботи ГЛЗН розділяють на очікуючі з зовнішнім запуском, визначальним тривалість паузи T_n чи тривалість прямого ходу імпульса (формувачі імпульсів ЛЗН), автоколивальні (в тому числі синхронізовані) і очікуючі з самозбудженням.

По виду зформованого сигналу розрізняють ГЛНН, ГЛПН, ГЛЗН з переходом напруги через ноль (рис. 3.2,г), ГЛЗН з негативною вихідною напругою, ГЛЗН з додатньою вихідною напругою, ГЛЗН з протифазною вихідною напругою, ГЛЗН з коррекцією форми вихідної напруги (до S-, N- подібної і др.)

По функціональними можливостями розрізняють ГЛЗН, працюючі на одній фіксованій частоті; налагоджувальні ГЛЗН в обмеженому діапазоні по амплітуді і частоті з ручним регулюванням чи з програмним керуванням, універсальні ГЛЗН, як правило з програмним керуванням формою ЛЗН, амплітудою, частотою і шпаруватістю в дуже широких межах.

3.2.2 Розробка схеми для генератора лінійно наростаючої напруги для макета

Найлегший спосіб отримання хороших сигналів трикутної форми - однократне інтегрування сигналу прямокутної форми. В схемі, що приведена на рис. 3.3, застосовується цей метод. [2]

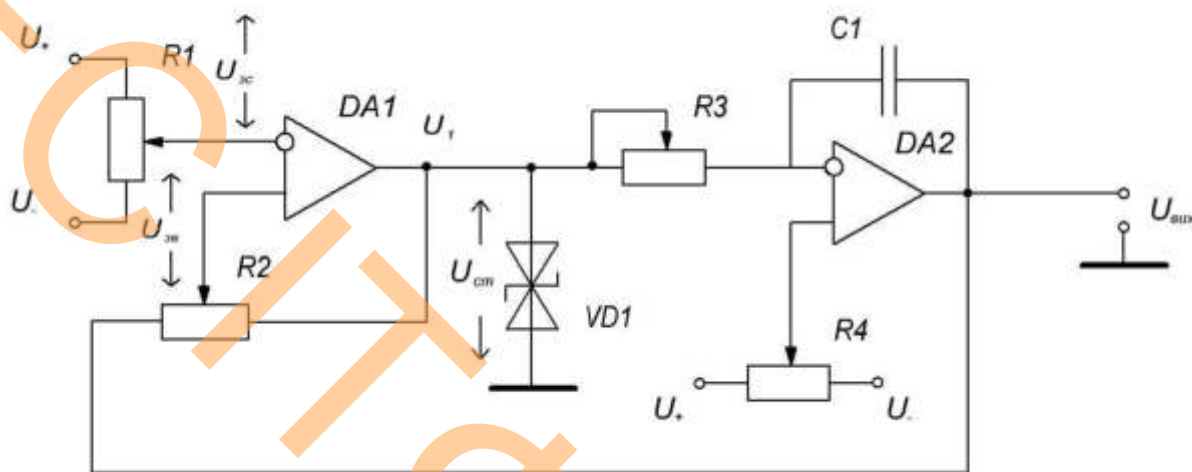


Рис. 3.3 Схема ГЛНН

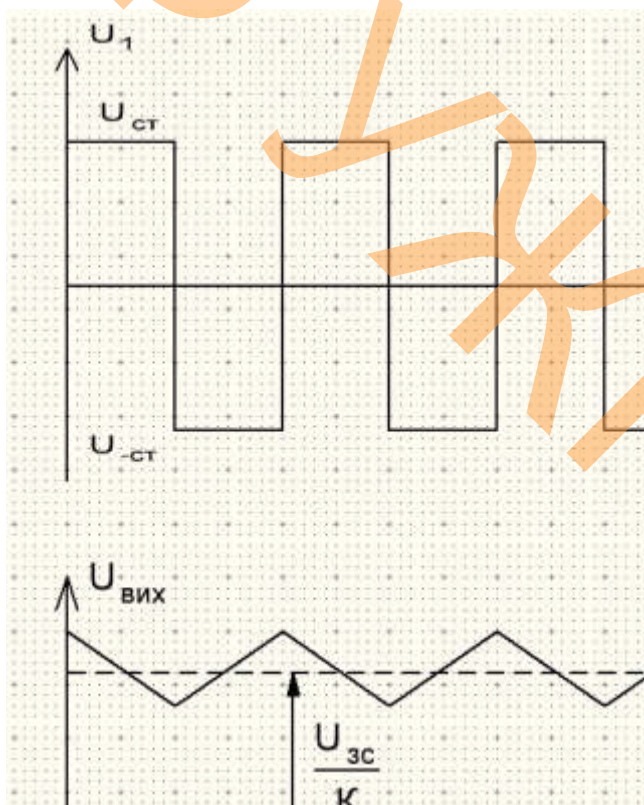


Рис. 3.4 Вихідні сигнали на виході схеми ГЛНН на рис 3.3

Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

На підсилювачі DA2 побудований інтегратор з інвертуючим входом, елементи R_3 C_1 забезпечують потрібне часове співвідношення, регулюванням R_3 змінюється частота роботи схеми.

Вихідна напруга через потенціометр R_2 подається на неінвертуючий вхід компаратора DA1, R_2 регулює коефіцієнт зворотнього зв'язку і задає амплітуду сигналу $U_{вих}$. Потенціометр R_1 встановлює зсув вихідного сигналу $U_{зс}$ шляхом встановлення опорної напруги компаратора. Симетрія форми вихідного сигналу встановлюється регулюванням R_4 .

Розглянемо один цикл функціонування схеми. Нехай напруга $U_1 = +U_{ст}$. Конденсатор C_1 починає лінійно заряджатися через резистор R_3 . Напруга зворотнього зв'язку, що прикладається до неінвертуючого входу компаратора DA1 з вихода підсилювача

$$U_{зв} = (U_{ст} - U_{вих})(1 - K) + U_{вих}, \quad \text{де} \quad K = \frac{R'_2}{R_2 + R'_2}$$

Коли ця напруга під дією від'ємної вихідної напруги, яка змінюється так як змінюється заряд конденсатора C_1 , досягає $U_{зс}$, вихід підсилювача DA1 змінить свій потенціал з $+U_{ст}$ на $-U_{ст}$. Тепер конденсатор C_1 буде заряджатися в зворотньому напрямку, та викликати на виході DA2 позитивного, лінійно наростаючий сигнал.

Коли напруга $U_{зв}$ зрівнюється з $U_{зс}$, вихідна напруга підсилювача DA1 зміниться з $-U_{ст}$ на $+U_{ст}$. Це поміняє знак нахилу лінійного сигналу на виході з додатнього на від'ємний

Для генерування лінійно наростаючої напруги модифікуємо схему на рис 3.3 в схему, що приведена на рис. 3.5, вона відрізняється тим, що струм для вихідної напруги, що зростає з додатнім нахилом, отримується від напруги живлення $-U$ через R_4 , а струм для напруги з від'ємним нахилом – від вихідної напруги підсилювача DA1 через R_3 . VD_2 , R_5 . При умові, що $R_5 \ll R_4$, зміна напруги з від'ємним нахилом відбувається набагато швидше

Управління симетрією не потрібна так як сигнал на виході однополярний.

					КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

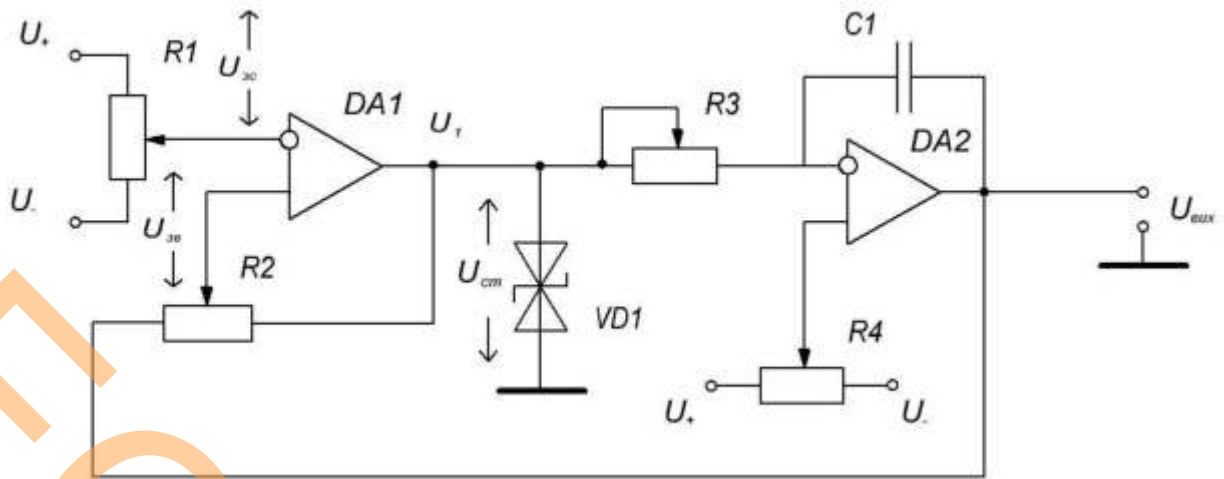


Рис. 3.5 Схема ГЛНН, що використана у лабораторному макеті

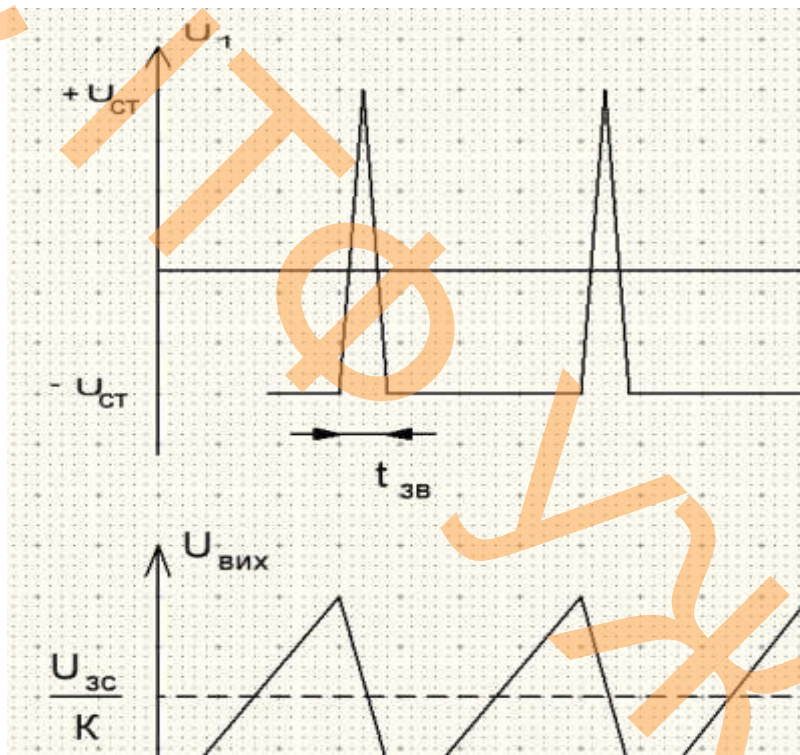


Рис. 3.6 Форми сигналів на виході використаної схеми ГЛНН

Виконаємо розрахунки елементів схеми для отримання амплітуди вихідної напруги $U_m=10\text{В}$, з періодом $T=10\text{мс}$.

Для проектування вибираємо мікросхему типу К157УД2.[3]

Обмежимо струм на виході DA1 значенням $I_1=20\text{мА}$. Якщо для зміщення стабілітрона КС2105 [4], необхідний струм $I_{см}=5\text{мА}$, а на ланку зворотнього зв'язку струм в резисторі R2 - $0,1\text{мА}$, то максимальний струм, який повинен розрядити

					КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

конденсатор C1 під час зворотнього розряду $t_{зв}$ буде $I_m = I_1 - I_{ст} - I_{зв} = 20 - 5 - 0,1 = 14,9 \text{ мА}$

Задамо струм в резисторі R5 - $I_{R5} = 12 \text{ мА}$, тоді опір резистора

$$R5 = \frac{U_{cm} - U_D}{I_{R5}} = \frac{10 - 0,7}{12 \cdot 10^{-3}} = 775 \text{ Ом} .$$

Стандартний номінал 750 Ом.

Ємність конденсатора C1 визначимо за формулою:

$$C1 = \frac{I_{R5} t_{зв}}{U_m} = \frac{12 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1 \cdot 10^{-3}}{10} = 0,12 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}.$$

Стандартний номінал C1 = 0,12 мФ.

Опір резистора R4 визначаємо із умови, щоб конденсатор C1 заряджався до 10В за $T = 10 \text{ мс}$.

$$R4 = \frac{|-U|}{I_{R1}}, \text{ де } I_{R4} = \frac{C_1 U_m}{T} = \frac{0,12 \cdot 10^{-6} \cdot 10}{10 \cdot 10^{-3}} = 0,12 \text{ мА}, \text{ тоді}$$

$$R4 = \frac{15}{0,12 \cdot 10^{-3}} = 125 \text{ кОм}.$$

Вибираємо номінал потенціометра $R4 = 220 \text{ кОм}$.

Полярність вихідної напруги підсилювача DA1 повинна змінюватись з від'ємної на додатню, коли вихідна напруга підсилювача DA2 $U_{вих} = 10 \text{ В}$ із додатньої на від'ємну коли $U_{вих} = 0$. Для визначення значень $U_{зс}$, R_2 та R_2^* скористаємося виразом [2].

$$U_{вих} = 2U_{ст} \left(\frac{1}{K} - 1 \right), \text{ звідки } \frac{1}{K} = \frac{U_{вих}}{2U_{ст}} + 1 = \frac{10}{2 \cdot 10} + 1 = 1,5, \quad K = 0,667$$

Так як $K = \frac{R'_2}{R''_2 + R''_2}$, то $R'_2 = \frac{R''_2 - KR''_2}{K}$, задамо значення $R''_2 = 100 \text{ кОм}$, тоді

$$R'_2 = \frac{100 \cdot 10^{-3} \cdot 0,667 \cdot 100 \cdot 10^3}{0,667} = 49,9 \text{ кОм}.$$

Стандартний номінал резистора $R_2 = 150 \text{ кОм}$

Знайдем напругу на інвертуючому вході підсилювача DA1 коли $U_{вих} = 0$ і $U_1 = +10 \text{ В}$, вихідна напруга підсилювача DA1 повинна переключитися на від'ємну.

$$\text{Так як } \frac{U_{зс}}{U_{вих} + U_1} = \frac{R'_2}{R'_2 + R''_2}, \quad U_{зс} = \frac{R_2 (U_{вих} + U_1)}{R'_2 + R''_2} = \frac{50 \cdot 10^3 \cdot 10}{150 \cdot 10^3} = 3,33 \text{ В}$$

									Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ				28

Це значення напруги встановлюється регулюванням потенціометра R1.

Максимальна вихідна напруга DA1 (при живленні операційного підсилювача $\pm 15\text{В}$), $U_m = 14\text{В}$ [8], тоді опір резистора $R_3 = \frac{U_m - U_1}{I_{R5} - I_{cm}} = \frac{14 - 10}{12 \cdot 10^{-3} + 5 \cdot 10^{-3}} = 2350\text{Ом}$

Стандартний номінал $R_3 = 2400\text{Ом}$.

3.3. Вузол для погашення зворотнього ходу променя осцилографа

Для погашення променя при зворотньому ході сформуємо сигнал, який подамо на вхід Z осцилографа. Згідно [1], напруга для погашення променя має бути не менше 8 В.

Схема вузла показано на рис.3.7 :

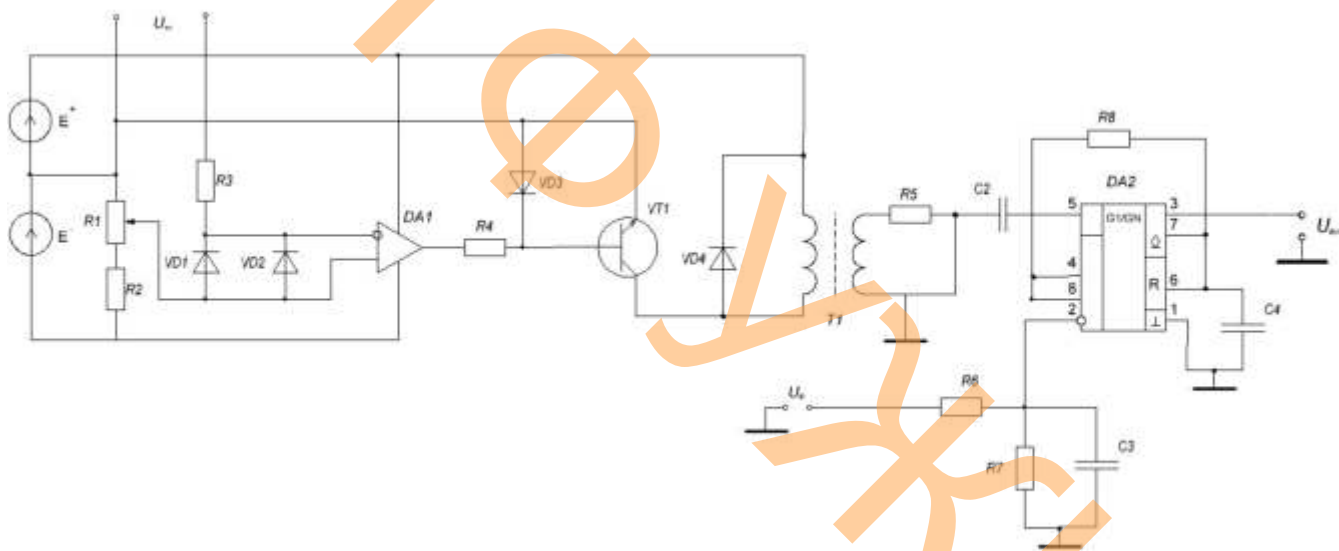


Рис. 3.7 Схема вузла для погашення зворотнього ходу променя осцилографа

На мікросхемі таймера DA2 побудований каскад формування сигналу погашення, за допомогою якого можна отримати імпульс з необхідною амплітудою і тривалістю.

В якості DA1 вибираємо мікросхему типу КР1006ВИ1 [4]. Для роботи мікросхеми в режимі одновібратора – формувача імпульсів, на виводі 2 необхідно

						КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			29

подати половину напруги живлення, тому номінали резисторів подільника R6, R7 вибираємо по 10кОм.

Вихідний імпульс формується на виводі 3 мікросхеми з наростаючого позитивного фронту імпульса, що подається на вивід 5. Тривалість вихідного імпульсу задається номіналами резисторів R8 та конденсатора C4 і визначити їх можна за формулою $t_i = 1,1R_8C_4$ [7]. Якщо тривалість вихідного імпульса вибрати рівним тривалості спаду лінійно наростаючої напруги ГЛНН $t_i = t_{cn} = 0,1мс$, а номінал $C_4 = 10$ нФ, то опір резистора $R_8 = \frac{0,1 \cdot 10^{-3}}{1,1 \cdot 10^{-3}} = 3,1кОм$.

Для однотипності деталей, номінали роздільного C2, та фільтруючих конденсаторів C1, C3, вибираємо по 10 нФ. Амплітуда вихідного імпульса визначається напругою живлення, U_{ϕ} , при $U_{\phi} = (5..15)В$, амплітуди імпульса $U_1 = (2,75..12,5)В$ [4].

На операційному підсилювачі DA1 виконано схему компаратора, на його вхід подається напруга з виходу ГЛНН (вихід операційного підсилювача DA1) рис.3.7

Потенціометром R1 вибирається поріг спрацювання комутатора, так, щоб він реагував на позитивну частину двохполярного вхідного імпульса. Вибираємо номінали резисторів $R1 = 100кОм$, $R2 = 51кОм$, що дозволить вибрати зміщення, порога від 9 до 10В. Для забезпечення симетрії входів підсилювача за постійним струмом, номінал резистора R8 вибираємо 91 кОм. Діоди VD1, VD2 типу КД521 захистять вхід підсилювача від перевантаження.

Імпульсний трансформатор Т1, типу ТИ326 [9], розділяє ізольований загальний провід частини схеми з двохполярним живленням від корпуса прилада.

Для забезпечення необхідного струму в трансформаторі слугує підсилювач на транзисторі VT1 типу КТ603Б.

					КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

3.4 Опис принципової схеми спроектованого макета

Схема макета яка призначена для дослідження вольтамперних характеристик, у ручному режимі, та в режимі характерографа, показана на додатку 3.

Для зняття вольтамперних характеристик у ручному режимі використовується окреме стабілізоване джерело напруги, з діапазоном від 0 до 1100 мВ, електронно-цифровий вольтметр PV1, та міліамперметр PA1. За допомогою комутатора SA1, ми можемо змінювати типи діодів, і досліджувати їх у прямому, та зворотньому включенні.

Для зняття вольтамперних характеристик у режимі характерографа, використовується вимірювальний міст який побудований на резисторах R24, R25, R27, R28, та потенціометрі R26, за допомогою якого симетрується міст. До цього моста підключений тунельний діод, що досліджується. Для зняття ВАХ діода, через потенціометр R13, подається лінійно наростаюча напруга.. Ця напруга отримується за допомогою генератора лінійно наростаючої напруги, який побудований на операційних підсилювачах DA1.1, DA1.2 . Для підсилення напруги на виході генератора використовується буферний підсилювач, виконаний на операційному підсилювачі DA2.2, та на транзисторі VT1. Вольтамперна характеристика, спостерігається за допомогою осцилографа, який підключається до виходу вимірювального моста, каналами I та II, при вимкнутій внутрішній розгортці.

Для погашення зворотнього ходу променя осцилографа, використовується вузол побудований на компараторі DA2.1, на імпульсному трансформаторі TV2, і на таймері DA6. Цей вузол підключений до каналу Z осциллографа.

Елементи схеми, ГЛНН, буферний підсилювач та компаратор, живляться від мережі 220 В, через трансформатор TV1, діодний міст, та стабілізатори напруги DA3, DA4. На мікросхему DA6 подається живлення від окремого стабілізатора DA5, у якого мінус з'єднаний з корпусом.

					КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

4. КОНСТРУКТОРСЬКО – ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Розрахунок характеристик надійності пристрою

Забезпечення надійності є однією з основних задач техніки. Це зумовлено появою складних електронних систем і великих втрат, що зв'язані з їх відмовами. В деяких випадках низька надійність приводить до того, що вартість експлуатації устаткування на протязі року в декілька раз перевищує вартість самого устаткування.

Надійність характеризується рядом властивостей:

1) безвідмовність (властивість апаратури неперервно зберігати роботоздатність на протязі визначеного часу); 2) довговічність; 3) ремонтпридатність; 4) збережуваність.

Надійність залежить від умов експлуатації, технології виготовлення, використовуваної системи контролю якості, вихідних матеріалів і комплектуючих. Забезпечення надійності означає усунення можливих причин порушення властивостей надійності, що приводить до виникнення різного типу відмов.

Безвідмовність – це вимога до конструкції неперервно зберігати роботоздатність в заданих режимах експлуатації протягом деякого часу або наробки.

Довговічність – властивість зберігати роботоздатність до того, як вона дійде до граничного стану зносу з неможливістю подальшого використання.

На довговічність впливає: конструкція, деталі, режим роботи.

Збережуваність – це вимога до конструкції зберігати свої показники роботоздатності до закінчення терміну зберігання.

Під відмовою розуміють подію, що полягає в повній чи частковій втраті роботоздатності приладу.

Основною кількісною характеристикою надійності є функція надійності $P(t)$, або скорочено надійність, яка по визначенню рівна імовірності того, що в заданому інтервалі часу або в межах заданого напрацювання при заданих режимах і умовах експлуатації відмов в системі не виникає, тобто $P(t) = W\{T>t\}$, де T – час

					КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

безвідмовної роботи системи, t – заданий час, $W\{A\}$ – імовірність події A , у даному випадку подія A заключається у тому, що $T > t$.

Непередбачувані експлуатаційні відмови представляють собою непередбачувані відмови повнонадійної РЕА, які виникають в період нормальної експлуатації, коли проробка пристрою вже закінчилася, а зношування і природне старіння ще не настали. Ці відмови обумовлені чисто випадковими факторами, такими як: приховані внутрішні дефекти, які не можуть бути виявлені системою технологічного контролю; малоімовірні, і тому не передбачені схемою та конструкцією технологічні дефекти; відхилення режимів роботи; співставлення параметрів концентрації зовнішніх навантажень і внутрішніх напружень; помилки операторів у період експлуатації. У зв'язку з перерахованими причинами поява таких відмов принципово не виключена і рівно ймовірна в часі: $\lambda_0 = \text{const}$.

Розрахунок характеристик надійності полягає у визначенні показників надійності виробу по відомим характеристикам надійності складових компонент і умовам експлуатації.

Приблизний розрахунок отримують по формулі:

$$P(t) = \exp\left(-t \sum_{j=1}^m \lambda_{0j} N_j\right),$$

Напрацювання системи на відмову отримуємо по формулі :

$$T_{cp.c} = 1 / \sum_{j=1}^m \lambda_{0j} N_j,$$

При уточненому розрахунку надійності враховують зовнішні дії, впливи теплових і електричних навантажень елементів пристрою. Розрахунок проводять по формулі:

$$P(t) = \exp\left(-k_\lambda t \sum_{j=1}^m \lambda_j N_j\right),$$

де $\lambda_j = \alpha_j \lambda_{0j} k_\lambda$, $k_\lambda = k_{\lambda 1} k_{\lambda 2} k_{\lambda 3}$,

$P(t)$ — імовірність безвідмовної роботи;

λ_j — інтенсивність відмов елементів j -ої рівнонадійної групи при заданих експлуатаційних даних;

					КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

λ_{0j} — інтенсивність відмов елементів j -ої рівнонадійної групи в номінальному режимі;

α_j — поправочний коефіцієнт інтенсивності відмов j -ої групи, що враховує вплив температури навколишнього середовища і електричне навантаження елемента;

k_n — коефіцієнта навантаження елемента;

k_λ — враховує умови експлуатації радіоелектронної апаратури;

$k_{\lambda 1}$ — вплив механічних факторів (вібрація, ударні навантаження);

$k_{\lambda 2}$ — вплив кліматичних факторів (температура, вологість);

$k_{\lambda 3}$ — умови роботи при пониженому тиску.

Значення поправочного коефіцієнта α_j в залежності від температури і коефіцієнта навантаження k_n знаходять в довіднику, коефіцієнти $k_{\lambda 1}$ — $k_{\lambda 3}$ також.

При цьому під коефіцієнтом навантаження k_n розуміють відношення робочого навантаження, встановленого по визначеному параметру, який діє на елемент, до цього номінального навантаження, що встановлене нормативно-технічною документацією.

Згідно ТЗ умови експлуатації приладу лабораторні. Для лабораторних умов характерно:

$t = +15...+35$ °С; вологість 45...75%;

атмосферний тиск 86...104 кПа.

По відповідних таблицях [1] знаходять коефіцієнти:

$$k_{\lambda 1}=1; k_{\lambda 2}=1; k_{\lambda 3}=1;$$

Отже, $k_\lambda = 1$.

Коефіцієнт α_j знаходять для кожної групи окремо, знаючи температуру (+15...+35 °С) і рекомендовані значення k_n .

Далі складається таблиця згідно електричного розрахунку принципової схеми і вибраної елементної бази. Довідникові дані про λ_{0j} знаходять з відомих джерел. Примітка: розрахунок надійності проводили без врахування монтажу.

					КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Таблиця 4.1

Інтенсивності відмов елементів [10].

Тип елемента	Інтенсивність відмови λ_0 , 10^{-8} 1/год	Кількість, N, шт..	Інтенсивність відмови λ_0 , 10^{-8} 1/год
Конденсатори			
КД10-17	1,4	10	14
К50-35	6,8	2	13,6
Резистори:			
МЛТ 0.125	3,5	15	52,5
МЛТ 0,25	3,5	6	21
СПЗ	2,7	4	10,8
С2	2,2	2	4,4
Транзистори			
КТ603Б	7,5	2	15
Діоди			
КД521	5,9	4	23,6
КС201	0,5	1	0,5
АИ101А	6,1	1	6,1
КД206	12	1	12
Трансформатор			
ТИ326	0,06	1	0,06
ТПШ297	0,02	1	0,02
Мікросхеми:			
КР1006ВИ1	5,2	1	5,2
К157УД2	5,2	2	10,4
LM7915	0,208	1	0,208
LM7815	0,208	2	0,416
Пайка	131	1	131
Роз'єм			
НУ4	0,3	1	0,3
Всього, $\Sigma\lambda, 10^{-8}$ 1/год.			268
Напрацювання на відмову, год			373134

Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ

Арк.

35

Напрацювання на відмову:

$$T = \frac{1}{\lambda_{\Sigma}} = \frac{1}{268 * 10^{-8}} [200\delta] = 373134200$$

4.2 Технологічний процес виготовлення друкованої плати

Друківана плáта (англ. Printed circuit board, (нім. Leiterplatte) — пластина, виконана з діелектрика (текстоліт, гетинакс і т. п.), на якій сформований хоча б один провідний малюнок. На друковану плату монтуються електронні компоненти, і з'єднуються своїми виводами з елементами провідного малюнка паянням, або, значно рідше, зварюванням, у результаті чого збирається електронний модуль (або змонтована друкована плата).

Звичайно, друкована плата проектується індивідуально залежно від електронної схеми і типів корпусів деталей. Для їх розробки існує спеціальне програмне забезпечення. При конструюванні друкованих плат, орієнтуються по заданим критеріям габаритів, густини малюнку і товщини провідного шару, числа шарів і вибору матеріалу основи.

Залежно від методу захисту провідного малюнку, при витравлюванні міді, комбінований спосіб може здійснюватися в двох варіантах: негативному, коли захистом при витравлюванні служать фарба або фоторезист, та позитивному, коли захисним шаром служить металеве "покриття (металорезист). Назви ці способи отримали від типу фотошаблону, що застосовується при створенні захисного рельєфу: у першому випадку при експонуванні малюнка використовується негатив друкованої схеми, у другому - позитив. Комбінований метод виготовлення друкованих плат застосовується низкою підприємств з дрібносерійним виробництвом. Виберемо саме негативний метод. Він є найпоширенішим у практичному виробництві завдяки багаторічному відпрацюванню бездефіцитністю вихідних матеріалів і реактивів.

Весь технологічний процес умовно розділяється на такі операції:

- попередня обрізка заготовок

					КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Ця операція проводиться з урахуванням 1,2 мм для кінцевої обробки в розмір. Устаткування для цієї операції - гільйотинні ножиці. Операція може виконуватись малокваліфікованим виконавцем - другого розряду. Для контролю використовується звичайний штангенциркуль.

- сверління фіксуєчих отворів

Ці отвори використовуються для позиціонування плати в подальших операціях і в якості цих отворів можна використовувати конструктивні отвори, які призначені для закріплення плати на каркасі пристрою. Операцію виконують на свердлильному станку. Одночасно можна свердлити 3 - 5 заготовок.

- знежирювання і підготовка для нанесення емульсії

Даний етап полягає в підготовці поверхні майбутньої друкованої плати до нанесення на неї захисного покриття. Весь процес зводиться до видалення окислів і забруднень з поверхні плати з використанням різних абразивних засобів та подальшого обезжирювання.

Для видалення сильних забруднень можна використовувати дрібнозернистий наждачний папір, дрібнодисперсний абразивний порошок або будь-який інший засіб, який не залишає на поверхні плати глибоких подряпин. Іноді можна просто вимити поверхню друкованої плати жорсткою мочалкою для миття посуду з миючим засобом або порошком. Крім того, при досить чистій поверхні друкованої плати можна взагалі пропустити етап абразивної обробки і відразу перейти до обезжирювання.

В випадку наявності на друкованій платі тільки товстої оксидної плівки її можна легко видалити шляхом обробки друкованої плати протягом 3-5 секунд розчином хлорного заліза з наступним промиванням у холодній проточній воді. Слід, однак, відзначити, що бажано або виробляти дану операцію безпосередньо перед нанесенням захисного покриття, або після її проведення зберігати заготовку в темному місці, оскільки на світлі мідь швидко окислюється.

Завершальний етап підготовки поверхні полягає в обезжирюванні. Для цього можна використовувати шматочок м'якої тканини, яка не залишає волокон, змочену спиртом, бензином або ацетоном. Тут варто звернути увагу на чистоту поверхні плати після знежирення, оскільки останнім часом стали потрапляти

					КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

ацетон і спирт зі значною кількістю домішок, які залишають на платі після висихання білуваті розводи. Якщо це так, то варто пошукати інший обезжирюючий склад. Після обезжирювання плату слід промити в проточній холодній воді. Якість очищення можна контролювати, спостерігаючи за ступенем змочування водою поверхні міді. Повністю змочена водою поверхня, без крапель на ній і розривів плівки води, є показником нормального рівня очистки. Порушення в цій плівці води вказують, що поверхня очищена недостатньо.

- нанесення фоторезистивного шару

Операція проводиться на деяку частину друкованої плати. Шар наноситься одночасно на декілька плат, приблизно 10. Спосіб нанесення - полив. Тонкий шар забезпечується сушкою у центрифугі.

- нанесення друкованого малюнку із фотонегатива

Операція проводиться на спеціальному копіювальному устаткуванні з використанням вакуумного прижиму негативу до фоторезисту і експонування світлом кварцової лампи. Одночасно експонується 5-10 плат. Час експонування - 3 хв. Особливу увагу слід звернути на недоречність перегріву фоторезисту від випромінювання кварцовим світлом (45-50°). Система керування забезпечує постійну швидкість переміщення плат під кварцовим випромінюванням, що забезпечується автоматичним, або напівавтоматичним пристроєм. Операція важлива тому, що в результаті порушень можливе неточне відтворення друкованого малюнку і збільшення процента браку.

- проявлення і термічне дублювання

Процес проявлення відбувається в теплій воді (70°), а дублювання в розчині хлористого ангїдрида. Процес швидкоплинний, займає для однієї плати не більше однієї хвилини. Важливість операції зумовлена тим, що на цьому етапі повністю затверджується майбутній малюнок друкованої плати. Виконується на напівавтоматичній установці, яка підтримує певну температуру і процентну концентрацію розчину ангїдриду. Автоматика визначає і час операції.

- травлення

Це найважливіша операція усього технологічного процесу, після якої ймовірність браку зведена до мінімуму. Відомо багато методів для хімічного

					КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

стравлювання міді. Усі вони відрізняються швидкістю протікання реакції, складом виділеної у результаті реакції речовини, а також доступністю необхідних для приготування розчину хімічних реактивів. Нижче наведена інформація про найбільш популярні розчини для травлення.

1. Хлорне залізо (FeCl_3) - мабуть, найвідоміший і популярніший із реактивів. Сухе хлорне залізо розчиняється у воді до тих пір поки, не буде отримано насичений розчин золотисто-жовтого кольору (для цього буде потрібно близько двох столових ложок на стакан води). Процес травлення в цьому розчині може зайняти від 10 до 60 хвилин. Час залежить від концентрації розчину, температури і перемешування, яке значно прискорює протікання реакції. Також реакція прискорюється при підігрівання розчину. По закінченні травлення, плату необхідно промити великою кількістю води, бажано з милом (для нейтралізації залишків кислоти). До недоліків даного розчину слід віднести кількість відходів, які осідають на платі і перешкоджають нормальному протіканню процесу травлення, а також порівняно низькій швидкості реакції.

2. Персульфат амонію ($(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$) - світла кристалічна речовина, розчиняється у воді виходячи зі співвідношення 35 г речовини на 65 г води. Процес травлення у цьому розчині займає близько 10 хвилин і залежить від площі мідного покриття. Для забезпечення оптимальних умов протікання реакції розчин повинен мати температуру близько 40 С і постійно перемішуватися. По закінченні травлення плату необхідно промити у воді. До недоліків цього розчину відноситься необхідність підтримання необхідного температурного режиму і перемішування.

3. Розчин соляної кислоти (HCl) і перекису водню (H_2O_2). Для приготування цього розчину необхідно до 770 мл води додати 200 мл 35 % соляної кислоти і 30 мл 30 % перекису водню. Готовий розчин повинен зберігатися в темній пляшці, не закритий герметично, так як при розкладанні перекису водню виділяється газ. Всі роботи необхідно проводити тільки на свіжому повітрі або під витяжкою. При попаданні розчину на шкіру її необхідно негайно промити великою кількістю води. Час травлення сильно залежить від перемішування та температури розчину і становить близько 5-10 хвилин. Не слід нагрівати розчин вище 50 С. Після травлення плату необхідно промити водою. Даний розчин після травлення

					КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

можна відновлювати додаванням H_2O_2 . Недоліком цього розчину є необхідність суворого дотримання при роботі з ним усіх заходів безпеки. Одночасно при травленні обробляється до 40 плат. Необхідно слідкувати за тим, щоб плати не знаходились у розчині зайвий час.

- промивання у холодній воді

Цією операцією відділяються залишки хлорного заліза і готуються умови для подальшого контролю друкованого малюнку. Слід зауважити, що ванна для цієї операції повинна бути виготовлена з нержавіючої сталі.

- нанесення захисного шару лаку

Операція проводиться з метою захисту друкованих провідників на наступних етапах технологічного процесу. Найчастіше використовують лак ХСЛ. Використовують в цьому випадку сушку на повітрі.

- сверління та зенкування отворів

Операція проводиться з врахуванням діаметрів для кожного отвору згідно з таблицею отворів конструкторської документації проекту. Операцію виконує слюсар-свердлильник. Робити це потрібно гостро заточеним свердлом при максимальних оборотах електродвигуна. У випадку, якщо при нанесенні захисного покриття, в центрах контактних площадок не було залишено порожнього місця, необхідно попередньо намітити отвори. Притискне зусилля в процесі свердління не повинно бути занадто великим, щоб на зворотній стороні плати не утворювалися горбки навколо отворів. Звичайні електродрілі практично не підходять для свердління плат, оскільки, по-перше, мають низькі обороти, а по-друге, володіють досить великою масою, що ускладнює регулювання притиску. Найзручніше для свердління плат використовувати електродвигуни типу ДПМ-35Н і їм подібні з насадженими на їх вал невеликих цангових патронів. Після свердління потрібно обробити отвори.

- промивання та відділення лакової плівки

Плівку відділяють різними реагентами в залежності від використаного лаку. Процес проходить в шкідливих умовах. Одночасно проводиться візуальний контроль наявності всіх отворів і їх розміщення відносно контактних площадок.

- хімічна металізація отворів

					КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Ця частина технологічного процесу передбачає нанесення міді хімічним способом на поверхні торців отворів. Необхідна умова такої операції -обов'язковий електричний та механічний контакт з суміжними поверхнями друкованих провідників. Одночасно обробляється п'ять плат.

- нанесення шару флюсу на поверхню провідників ДП

Виконується перед покриттям плати сплавом Розе або припоєм. Операція може бути виконана вручну за допомогою пензликів або напівавтоматичним пристроєм. В якості флюсу найчастіше використовується розчин каніфолі з спиртом або бензином.

- нанесення на друковані провідники припою

Завдання на цьому етапі полягає в остаточній підготовці плати до здійснення монтажу, електричні та механічні характеристики якого залежать від якості пайки. Суть методу полягає в тому, що на поверхні розплавленого припою утворюється гребінь стоячої хвилі, по якому переміщується поверхня друкованої плати. Розплав знаходиться в спеціальній ванні з автоматичною системою підтримки температури.

- видалення залишків

Ця операція передбачає кінцеву функціональну готовність плати, як компонента радіотехнічного пристрою. Залишки флюсу видаляють за допомогою спирту.

- обрізка торців плати до необхідного кінцевого розміру

Обрізці передуює попередня розмітка плати з використанням пристроїв та інструментів (таких як лінійка, штангенциркуль та ін.). Після точної розмітки плати торцювання проводиться на спеціальних верстатах, використовуючи спеціальні шліфувальні круги, шаблони. Наявність витяжки обов'язкова. Після обрізки обов'язково знімаються заусинки за допомогою шліфувального паперу або надфілів.

- кінцевий контроль ДП

Операція виконується на спеціально обладнаному місці контролера. Контролюються як електричні характеристики, так і механічні параметри плати. Перевірці підлягають всі 100% плат даної партії. З врахуванням автоматизації для

					КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

контролю однієї плати необхідно не більше 4 хв. Результат контролю фіксується підписом та штампом ОТК в заводських маршрутних супроводжувальних документах. Плати, які задовольняють всім вимогам, транспортуються в спеціальній тарі, попередньо загорнуті в конденсаторний папір.

4.3 Визначення діаметрів отворів, площі контактних площадок, товщини і ширини друкованих провідників

Процес конструювання друкованої плати в загальному випадку передбачає виконання ряду взаємозв'язаних операцій: вибір типорозміру плати, способу її кріплення, кількість шарів, розробка друкованого монтажу.

При розміщенні ЕРЕ виходять частіше всього із критерію двох мінімумів і мінімуму довжини зв'язків. Перша умова означає мінімум перехідних отворів, що забезпечує технологічність по мінімальному числу шарів; друга умова означає мінімум зв'язків між сусідніми елементами. Можливе також застосування і інших критеріїв: мінімуму числа з'єднань, довжина яких більша заданої; максимум числа схем простої конфігурації; мінімуму сумарної зваженої довжини з'єднань.

Розміщення ЕРЕ на платі регламентується умовно координатною сіткою із взаємно перпендикулярних систем паралельних ліній, розташованих на однаковій відстані одна від одної.

Крок координатної сітки 2,54 мм.

Центри монтажних отворів контактних площадок під виводи навісних ЕРЕ розташовані у вузлах координатної сітки. Якщо крок розташування виводів багатовиводного елемента не співпадає з кроком координатної сітки, то у вузлах розміщується по крайній мірі один з отворів, який вважається за основний, а решта розташовується у відповідності з конструкцією елемента (по можливості на лініях координатної сітки).

Навісні елементи мають виводи прямокутного або круглого перерізу. Діаметр отвору під вивід вибирають із умови отримання зазору між виводом і стінкою отвору з урахуванням, якщо треба, подальшої металізації отвору, який би забезпечував капілярні проникнення припою в процесі пайки.

					КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Діаметр монтажного отвору d_0 вибирають із таких умов: якщо діаметр виводу ($d_B > 1\text{мм}$, то $d_0 = [(d_B + (0.3 \div 0.4))]$; якщо $d_B \leq 1\text{мм}$, то $d_0 = [d_B + (0.2 \div 0.3)]$. Номенклатурний отвір на кресленні показують умовним знаком, що визначає його діаметр.

Згідно ГОСТ 10317-79 номінальний діаметр монтажного отвору з урахуванням його металізації для виводів діаметром

0,4÷0,6 мм становить 0,8+0,1 мм,

0,6÷0,8 мм становить 1,0+0,1 мм.,

0,8÷1,3 мм становить 1,5 мм,

1,3÷1,7 мм становить 2 мм,

1,7÷2,2 мм становить 2,5 мм.

Діаметр металізованого отвору залежить і від товщини плати. Це пов'язано з тим, що при гальванічному осадженні металу на стінках отвору малого діаметру зробленого в товстій платі, товщина шару металу вийде нерівномірною і при великому відношенні товщини плати до діаметра отвору деякі місця можуть залишитись непокритими. Діаметр металізованого отвору повинен складати не менше половини товщини плати, отже повинна виконуватись наступна умова:

$$0,4h \leq d_{\min},$$

де h – товщина плати;

d_{\min} – найменшого із металізованих отворів.

З цього співвідношення можна вибрати товщину плати і для нашого випадку, вона складає 2 мм при діаметрі найменшого отвору 0,8 мм.

Щоб забезпечити надійне з'єднання металізованого отвору з друкованим провідником, навколо отвору навколо отвору робиться контактна площадка.

Контактні площадки отворів рекомендується виготовляти у вигляді кільця. Діаметр контактної площадки вибирається з таблиці 4.2

					КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Рекомендовані діаметри контактних площадок.

Діаметр отворів	0,6	0,8	1	1,3	1,5	2
Контактних площадок	1,8	2,3	2,5	2,8	3	3,5

Діаметр перехідних отворів залежить від товщини плати і від виду електроліту, що використовується для металізації отворів

$$D_{\text{ПЕР}} = H \cdot \gamma,$$

де H – товщина плати;

γ – залежить від складу електроліту.

4.4 Вибір варіантів встановлення елементів РЕА

При установці і кріпленні навісних елементів ДП слід врахувати наступні вимоги:

- працездатність елементів у заданих умовах експлуатації;
- раціональне компонування напівпровідникових приладів і мікросхем по тепловому режиму;
- вплив магнітних і електричних полів на елементи, що чутливі до них;
- ремонтпридатність друкованого вузла;
- захист монтажу, розташованого поблизу роз'ємів, від механічних пошкоджень;
- розташування масивних елементів ближче до місць кріплення плати;
- можливість технологічних процесів ручної або механізованої установки елементів і групової пайки.

При друкованому монтажі встановлення елементів проводиться шляхом пропускання виводів в отвори плати із послідуною пайкою. Для кожного виводу елемента, що встановлюється, передбачають окремий монтажний отвір або контактну площадку. Елементи із виводами, переріз яких квадратний або прямокутний встановлюють у круглі отвори. Елементи слід розміщувати

					КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

паралельно поверхні плати з одної сторони, при чому рекомендується розташовувати їх на ДП паралельно або перпендикулярно один одному.

При установці навісних елементів на плату необхідно враховувати відстань між корпусом елемента і краєм плати, яка повинна бути не менше 4 мм, а між выводами елементів і краєм ДП – не менше 5 мм.

Між корпусами сусідніх елементів повинна бути певна відстань, яку вибирають з урахуванням умов тепловідводу і допустимої різниці потенціалів між ними.

Для даного пристрою застосовують друкований та об'ємний монтаж. У промислових умовах навісні елементи кріплять до плати шляхом пайки выводів (у тому числі і незадіяних) хвилею припою ПОС-61 у металізованих і неметалізованих отворах.

Для всіх навісних елементів, які встановлюються на друкованій платі по ОСТ 4 ГО.010.030-81 регламентовано декілька варіантів встановлення, що слід використовувати згідно технічних вимог складального креслення.

					КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

4.5 Тепловий розрахунок пристрою

Тепловий режим апаратури характеризується залежністю температури нагріву відносно навколишнього середовища від розсіювання потужності джерела енергії.

Однією з умов експлуатації є температура навколишнього середовища, яка може вплинути на надійність роботи блока. Такий вплив пояснюється максимально допустимою температурою інтегральних мікросхем. Розрахунок проведемо для температури навколишнього середовища +35°C.

При аналізі теплових режимів враховують густину упаковки, форму приладу і вид корпусу.

Розрахунок теплових режимів проводять наступним чином:

- 1) знаходять об'єм окремого елемента РЕА за формулою:

$$V=h*a*b$$

- 2) знаходять коефіцієнт форми

$$K(f)=h/V$$

- 3) визначають коефіцієнт заповнення

$$K(\text{зап})=0,7V(\text{вст})$$

- 4) робимо припущення, що плата розподіляє тепло рівномірно. Кожний елемент має свою потужність розсіювання, а сумарна потужність визначається

$$P(\text{роз}) = \sum_{i=1}^n P^e(\text{роз})$$

- 5) знаходимо питому потужність на одиницю площі

$$Q=P(\text{роз})/S$$

В значення S входить як фізична площа самих РЕА, так і площа доріжок.

- 6) використовуючи номограми Глушицького за розрахованими даними V, S, K(f) і K(зап) наближено знаходимо температуру навколишнього середовища і повітря
- 7) з одержаних даних визначаємо вид корпусу, конвекції і якщо потрібно тип вентилятора

					КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ			Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			46	

Для визначення теплового режиму пристрою необхідно розрахувати максимальну потужність, яка виділяється одиницю площі пристрою. При потужності менше 0.05 Вт/см^2 можна зробити висновок про те, що пристрій не потребує додаткового охолодження і може бути виконаний в герметичному корпусі.

Задано необхідними даними. Нехай маємо блок у вигляді прямокутного паралелепіпеда з такими параметрами:

$$L_1=110\text{мм}; L_2=140\text{мм};$$

Розрахуємо площу цього блоку.

$$S = 2*(L_1*L_2)$$

де L_1 -довжина, L_2 -ширина,

$$S_{\text{кож}} = 2*(110*140) = 15400 \text{ мм}^2 = 154 \text{ см}^2.$$

Знаходимо $P_{\text{спож}}$.

$$I_{\text{спож}}=150\text{мА}, U_{\text{ж}} = 5\text{В}.$$

Отже,

$$P_{\text{спож}}=U_{\text{ж}}*I_{\text{спож}}=5*150*10^{-3}=0,75\text{Вт}.$$

Знаходимо кількість потужності, яка припадає на 1 см^2 площі даного блоку

$$Q=P_{\text{спож}}/S=0,75/154 =0.0048 \text{ Вт/см}^2$$

Умова теплоненавантаженості блоку

$$Q \leq 0,05 \text{ Вт/см}^2$$

Отже даний блок вважається теплоненавантаженим. Енергоємні елементи мають свій тепловідвід.

					КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

5. ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

5.1 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК СПРОЕКТОВАНОГО ПРИЛАДУ

Перехід народного господарства на ринкові відносини має на меті створення економичних важелів для ефективного діючого виробництва як з точки зору раціонального використання ресурсів, так і з точки зору неупинного прискорення науково – технічного прогресу і повного задоволення потреб виробників і споживачів.

Основним результатом постановлених задач повинно стати підвищення якості усіх видів продукції й забезпечення її конкурентоздатністю

Практичне припинення за останні роки приладобудівного виробництва, в тому числі й приладів аналітичної техніки, робить неможливим здійснити об'єктивний розрахунок економічної ефективності розробки приладу, тому її розрахунок носить оціночий характер.

Рівень якості конструкції характеризується системою техніко-економічних показників, номенклатура яких залежить від виду і призначення продукції. Для оцінки рівня якості проектованої техніки необхідно витрати базового взірця (аналога), розрахувати показники технологічності для проектованого приладу, заставити їх з показниками аналога. До показників технологічності відносять коефіцієнт матеріаломісткості виробу, коефіцієнт стандартизації виробу, уніфікації, коефіцієнт повторюваності складових частин, коефіцієнт збіжності.

5.2. РОЗРАХУНОК СОБІВАРТОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ СПРОЕКТОВАНОГО ПРИЛАДУ

Собівартість продукції – це витрати на її виробництво і реалізацію, що включають в себе вартість витрачених сировини і матеріалів, заробітну плату працівників, витрати по утриманню й експлуатації устаткування та інші поточні витрати.

Проведемо розрахунок собівартості виготовлення споектованого приладу у вигляді клькмуляції. Для цього скористаємось методом

									Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ	48

побільшеного розрахунку собівартості – методом питомої ваги, що забезпечує прийнятну похибку (~5%) прогнозування собівартості.

Цей метод полягає у пропорційному віднесенні непрямих витрат до суми витрат на основну заробітну плату виробничих робітників та витрат на утримання та експлуатацію устаткування.

Таблиця 5.1 Розрахунок собівартості спроектованного приладу

№ п/п	Стаття Витрат	Сума, грн
1	Основні матеріали	26,24
2	Покупні комплектуючі вироби і напівфабрикати	110,77
3	Основна заробітна плата виробничих робітників	13,43
4	Додаткова заробітна плата виробничих робітників	1,34
5	Відрахування на соціальне страхування	5,54
6	Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	10,74
7	Цехові витрати	12,09
8	Загальнозаводські витрати	19,34
9	Інші виробничі витрати	0,51
	Разом: Виробнича собівартість $S_{вир}$	200
10	Позавиробничі витрати	6
	Разом : повна собівартість $S_{повн}$	260

5.2.1. Розрахунок кількості і вартості матеріалів, що витрачаються на виготовлення спроектованного приладу

Розрахунок кількості і вартості матеріалів представлений у вигляді табл 5.2

Табл 5.2. Розрахунок кількості і вартості матеріалів що витрачаються на виготовлення спроектованного приладу

№ п/п	Найменування, матеріалу	Профіль, сорт, марка, розмір, ГОСТ, ДСТУ, ТУ	Одиниця вимірювання	Кількість, кг	Ціна за одиницю, грн	Сума
1	Склотекстоліт	СФ-2-50Г-1,5ГОСТ 10316-78	КГ	0,0808	66	5,3
2	Сплав «Розе»	ТУ6-09-4065-75	КГ	0,02	257	5,14
3	Припій	ПОС-61 ГОСТ 21931-76	КГ	0,05	240	12
4	Емаль	МЛ-115 ГОСТ 3548-82	КГ	0,004	105	0,38
	Разом					22,82
	Зворотні відходи (1-5% від вартості матеріалів)					1,14
	Транспортно-заготівельні витрати (7-10% від загальної вартості матеріалів)					2,28
	Разом					26,24

5.2.2. Розрахунок кількості й вартості покупних комплектуючих виробів і напівфабрикатів, що витрачаються на виготовлення спроектованного приладу

Розрахунок кількості і вартості покупних комплектуючих виробів і напівфабрикатів представлений у вигляді табл 5.3.

Табл 5.3 Розрахунок кількості і вартості покупних комплектуючих виробів напівфабрикатів на виготовлення спроектованого приладу

№ п/п	Найменування покупних комплектуючих виробів і напівфабрикатів	Марка, Розмір, ГОСТ, ДСТУ, ТУ	Одиниця вимірювань	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн
	<u>Конденсатори</u>					
1	<i>КЛС10-17 10 нФ</i>	ОЖО.460.182 ТУ	шт	6	0,22	1,32
2	<i>КЛС10-17б 0,12 мкФ</i>	ОЖО.464.172ТУ	шт	2	0,25	0,5
3	<i>К50-35-25В-47мкФ</i>	ОЖО.460.107ТУ	шт	4	0,31	1,24
	<u>Мікросхеми</u>					
4	<i>К157УД2</i>	<i>БКО 348.064 ТУ</i>	шт	2	4,36	8,72
5	<i>КР1006ВІІ</i>	<i>бКО.348.685/05</i>	шт	1	2,06	2,06
6	<i>LM7915</i>	<i>TE Connectivity</i>	шт	1	1.61	1.61
7	<i>LM7815</i>	<i>TE Connectivity</i>	шт	2	1.46	2.92
	<u>Запобіжники</u>					
8	<i>ВПІ-1 1 А</i>	<i>ОЖО.480.003 ТУ</i>	шт	2	0.21	0.42
	<u>Резистори</u>					
9	<i>СПЗ-38Б 0,125вт-22кОм</i>	<i>ОЖО.468.351ТУ</i>	шт	1	0,05	0,05
10	<i>СПЗ-30А-0,125вт-100кОм</i>	<i>ОЖО.468.351ТУ</i>	шт	1	0,02	0,02
11	<i>МЛТ-0,25вт- 51 кОм</i>	ОЖО.467.107ТУ	шт	1	0,03	0,03
12	<i>С2-33 -0,25вт51 кОм</i>	ОЖО.467.107ТУ	шт	1	0,13	0,13

КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ

Арк.

Вим. Арк. № докум. Підпис Дата

51

13	МЛТ - 0.125вт- 91кОм	ОЖО.467.107ТУ	шт	2	0,02	0,04
14	МЛТ – 0,25вт–330 Ом	ОЖО.468.045 ТУ	шт	1	0,05	0,05
15	МЛТ- 0.125 вт 20 кОм	ОЖО.468.045 ТУ	шт	1	0,05	0,05
16	МЛТ-0.125вт-820 Ом	ОЖО.467.180ТУ	шт	4	0,03	0,12
17	СП-3 1вт 220 кОм	ОЖО.467.107ТУ	шт	3	1,82	5,46
18	МЛТ-0,125вт-15кОм	ОЖО.467.107ТУ	шт	1	0,13	0,13
19	МЛТ-0,125вт-6,8кОм	ОЖО.467.107ТУ	шт	1	0,13	0,13
20	СПЗ-3 1вт 6,8 кОм	ОЖО.467.107ТУ	шт	2	0,02	0,04
21	МЛТ-0,125вт-270 Ом	ОЖО.467.1180ТУ	шт	4	0,21	0,84
22	МЛТ-0.125вт 10 кОм	ОЖО.467.107ТУ	шт	1	0,03	0,03
23	МЛТ-0.125вт - 24 кОм	ОЖО.467.081ТУ	шт	1	0,04	0,04
24	МЛТ 0.125вт 36 кОм	ОЖО.467.081ТУ	шт	1	0,04	0,04
25	МЛТ-0,125 вт 47Ом	ОЖО.467.081ТУ	шт	1	0,03	0,03
26	МЛТ - 0,25вт-5,6 кОм	ОЖО.467.081ТУ	шт	1	0,03	0,03
27	МЛТ 0.125вт, 2кОм	ОЖО.467.081ТУ	шт	1	0,03	0,03
28	МЛТ-0,125вт-100 Ом	ОЖО.467.081ТУ	шт	1	0,03	0,03
29	МЛТ-0,25вт - 75 Ом	ОЖО.467.081ТУ	шт	1	0,03	0,03
30	С2-33М-0.125вт51 Ом	ОЖО.467.081ТУ	шт	1	1,01	1,01
31	МЛТ-0,25вт - 75 Ом	ОЖО.467.081ТУ	шт	1	0,03	0,03
32	МЛТ-0,125вт-100 Ом	ОЖО.467.081ТУ	шт	1	0,03	0,03
33	МЛТ - 0,25вт-5,6 кОм	ОЖО.467.081ТУ	шт	1	0,05	0,05
	<u>Діоди</u>					
34	КД521А	УФ3.362.004	шт	4	0,21	0,3
35	КД206	ТР3.360.006 ТУ	шт	12	0,18	2,16
36	КС201Б	АА0.336.513ТУ-85	шт	1	0,8	0,8
37	АИ101А	УЖ3.360.006-86	шт	1	2,34	2,34
	<u>Транзистори</u>					
38	КТ603Б	И93.365.005 ТУ	шт	2	0,56	2,8

Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ

Арк.

52

	<u>Трансформатори</u>					
39	<i>ТПП297</i>	<i>ВУШК.6710.01ТУ</i>	шт	1	60	60
40	<i>ТИ326</i>	<i>ОЮ.0.472.024ТУ</i>	шт	1	5	5
	<u>Розєм</u>					
41	<i>HU-4</i>	<i>Huafeng Electronics</i>	шт	1	0,12	0,12
	Разом					100,36
	Транспортно – заготівельні витрати (7-10% від загальної вартості покупних комплектуючих виробів і напівфабрикатів)					10,36
	Разом					110,72

5.2.3 Розрахунок основної заробітної плати виробничих робітників

До основної заробітної плати виробничих робітників, що включається до собівартості, входить оплата робітникам відрядникам і почасовикам, що безпосередньо зайняті виготовленням спроектованного приладу. Основну заробітну плату визначають шляхом множення трудоміскості виготовлення спроектованного приладу на годинну тарифну ставку відповідно розряду робіт.

Трудоміскість виготовлення спроектованного приладу на стадіях ескізного й технічного проектів визначають на підставі отриманих трудоміскостей виготовлення аналога та його складових частин.

Розрахунок основної заробітної плати на виготовлення друкованої плати представлений у вигляді табл 7.1.3.1

										Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ					53

Табл 5.4 Розрахунок основної з/п на виготовлення друкованої плати

№ п/п	Найменування операції	К-ть виготовлених деталей	Фах	Розряд роботи	Трудоміскість виготовлення, нормо-год		Годинна тарифна ставка, грн	Сума з/п тарифом, грн
					Одиниць	всіх		
1	Отримання заготовки	1	Слюсар	II	0,009		7	0,06
2	Підготовка ДП	1	Оператор	III	0,007		8,5	0,06
3	Формування захисного Релефу	1	Оператор	III	0,031		8,5	0,26
4	Лакування	1	Лакувальник	II	0,097		7	0,68
5	Отримання отворів	1	Оператор	II	0,055		7	0,39
6	Мідніння	1	Оператор	II	0,037		7	0,26
7	Видалення лаку	1	монтажник	III	0,031		8,5	0,26
8	Мідніння	1	Оператор	III	0,031		8,5	0,26
9	Видалення захисного релефу	1	монтажник	II	0,081		7	0,56
10	Травлення	1	оператор	III	0,025		8,5	0,21

КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ

Арк.

Вим. Арк. № докум. Підпис Дата

54

Продовження Табл. 5.4

11	Обплавлення	1	оператор	III	0,032		8,5	0,27
12	Обробка	1	слюсар	II	0,005		7	0,04
13	Маркування	1	оператор	I	0,020		6	0,12
14	Контроль	1	контр.	V	0,010		10	0,1
15	Нанесення захисного покриття	1	оператор	I I	0,023		8,5	0,2
	Разом							3,73

Розрахунок основної заробітної плати по складанню, монтажу і регулюванню спроектованого приладу представлений у вигляді табл 5.5.

Табл 5.5. Розрахунок основної з/п по складанню, монтажу і регулюванню спроектованого приладу

№ п/п	Зміст операції	Фах	Розряд роботи	Годинна тарифна ставка, грн	Трудоміскість робіт, нормо-год	Сума з/п тарифом, грн
1	комплектування	підсобник	I	6	0,166	1
2	Визначення паємності ЕРЕ	монтажник	II	7	0,05	0,35
3	Лудження	монтажник	II	7	0,2	1,4
4	Сушка ДП	оператор	II	7	0,08	0,56
5	Встановлення ЕРЕ на плату	монтажник	III	8,5	0,16	1,4
6	Пайка ЕРЕ	монтажник	III	8,5	0,50	4,25
7	Контроль	контр.	IV	9,3	0,08	0,74
	Разом					9,7

В результаті будемо мати розмір основної з/п виробничих робітників

$$O_{зп} = 3,73 + 9,7 = 13,43 \text{ грн}$$

					КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ			Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				55

5.2.4 Розрахунок додаткової заробітної плати виробничих робітників

До додаткової заробітної плати відносять оплату відпусток, лікарняних плати за вислугу років, вихідну допомогу.

Величина додаткової заробітної плати визначається процентом від суми повної заробітної плати виробничих робітників (10%)

$$D_{зп} = O_{зп} * 0,1$$

$$D_{зп} = 13,43 * 0,1 = 1,34 \text{ грн}$$

5.2.5 Розрахунок відрахувань на соціальне страхування

Величина відрахувань на соціальне страхування визначається процентом від суми основної додаткової заробітної плати виробничих робітників.

відрахування у Пенсійний Фонд	– 32%
відрахування у Фонд соціального страхування	– 4%
відрахування у Фонд зайнятості	- 1,5%

$$B_{пф} = (O_{зп} + D_{зп}) * 0,32 = 14,77 * 0,32 = 4,73 \text{ грн}$$

$$B_{сс} = O_{зп} + D_{зп} * 0,04 = 14,77 * 0,04 = 0,59$$

$$B_{фз} = O_{зп} + D_{зп} * 0,015 = 14,77 * 0,015 = 0,22$$

$$B_{сум} = B_{пф} + B_{сс} + B_{фз} = 4,73 + 0,59 + 0,22 = 5,54$$

5.2.6 Розрахунок витрат на утримання та експлуатацію устаткування

До витрат на утримання та експлуатацію устаткування відносять витрати на процес відновлення основних виробничих фондів та капітальний ремонт у вигляді амортизаційних відрахувань від вартості виробничого та підйомно – транспортного устаткування, цехового транспорту та інструментів із складу основних виробничих фондів на реконструкцію, модернізацію та капітальний ремонт фондів.

									Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					56

Величина витрат на утримання та експлуатацію устаткування визначається процентом від суми основної заробітної плати виробничих робітників.

Для даного прилада, який відносяться до радіотехнічних, середнє значення відсотка є рівним 80%

$$V_{y.e.y} = O_{зп} * 0,8 = 13,43 * 0,8 = 10,74 \text{ грн}$$

5.2.7 Розрахунок цехових витрат

Величина цехових витрат визначається по цехам процентом від суми основної заробітної плати і витрат на утримання та експлуатацію устаткування.

Для даного пристрою, який відносяться до радіотехнічних, середнє значення відсотка є рівним 50%.

$$V_{цех} = (O_{зп} + V_{y.e.y}) * 0,5 = (13,43 + 10,74) * 0,5 = 12,09 \text{ грн}$$

5.2.8 Розрахунок загальнозаводських витрат

Величина загальнозаводських витрат визначається процентом від суми основної заробітної плати і витрат на утримання та експлуатацію устаткування.

Для даного приладу, який відносяться до радіотехнічних, середнє значення відсотка є рівним 80%.

$$V_{зв} = (O_{зп} + V_{y.e.y}) * 0,8 = (13,43 + 10,74) * 0,8 = 19,34 \text{ грн}$$

5.2.9 Розрахунок інших виробничих витрат

Величина інших виробничих витрат визначається процентом від суми всіх попередних статей (0,2-0,4%)

$$V_{i.v.v.} = (V_{в.мат} + V_{комп} + O_{зп} + D_{зп} + V_{сум} + V_{y.e.y} + V_{цех} + V_{зв}) * 0,003 = (26,24 + 81,77 + 13,43 + 1,34 + 5,54 + 10,74 + 12,09 + 19,34) * 0,003 = 0,51 \text{ грн}$$

									Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					57

5.2.10 Розрахунок позавиробничих витрат

Величина позавиробничих витрат визначається процентом від величини виробничої собівартості (2-4%)

5.3 РОЗРАХУНОК ЦІНИ СПРОЕКТОВАНОГО ПРИЛАДУ

Ціну спроектованого приладу можна визначити за формулою :

$$Ц = C_{\text{повн}} + П$$

де $C_{\text{повн}}$ – повна собівартість виготовлення спроектованого приладу

$П$ – запланований прибуток.

Прибутковість підприємства характеризується таким показником, як рентабельність. Величину рентабельності можна визначити за формулою:

$$P = \frac{П}{C_{\text{повн}}}$$

Якщо прийняти величину рентабельності 30%, тоді $П = P \cdot C_{\text{повн}} = 0,3 C_{\text{повн}}$. Тоді ціну спроектованого приладу можна визначити за формулою:

$$Ц = C_{\text{повн}} + 0,3 C_{\text{повн}} = 1,3 C_{\text{повн}} = 1,3 \times 200 = 260 \text{ грн}$$

Якщо підприємство є платником податку на додану вартість (ставка ПДВ ітд) тоді вихідна ціна га спроектований прилад буде рівним:

$$Ц_{\text{вих}} = 1,2Ц = 1,2 \times 260 = 312 \text{ грн}$$

					КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

6. ЗАХОДИ ПО ПЛАНУВАННЮ, ТЕХНІЦІ БЕЗПЕКИ ТА ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

6.1. ОХОРОНА ПРАЦІ. ХАРАКТЕРИСТИКА НЕБЕЗПЕЧНИХ І ШКІДЛИВИХ ФАКТОРІВ НА ВСІХ ЕТАПАХ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ, МОНТАЖУ І ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Після обробки поверхонь деталей механічними методами (шліфовка, різка і т.д.) часто використовують ефективні хімічні методи очистки поверхні (знежирення, травлення і т.д.) - при цьому використовують небезпечні і отруйні речовини, їх вплив залежить від функціональних властивостей, агрегатного стану, класу шкідливості, часу і характеру впливу, засобів загального та індивідуального захисту.

При знежиренні використовують їдкі луги, горючі розчинники (бензин, ацетон, трихлоретан, толуол, бензол, спирти).

При травленні небезпечними є сірчана, азотна, ортофосфорна кислоти. Виникає загроза ентерального отруєння, хімічних опіків, отруєння в наслідок вдихання парів цих кислот. Процеси гальванічної обробки супроводжуються виділенням з поверхні ванн водню та кисню, що захвачують за собою пари електроліту, окиси металів, солі, органічні сполуки. Останні сильно забруднюють повітря гальванічного цеху.

Все це відповідає нормативному акту з питань охорони праці (НАОП) 1.4.32-2.63-77 (ОСТ4ГО.091.228-77): "Вимоги до ступеню очищення вентиляційних викидів з гальванічних цехів"; НАОП 1.4.32-2.58-78 (ОСТ114ГО.0.91.249-78): "Легкозаймисті, горючі, хімічно-небезпечні та шкідливі речовини. Вимоги безпеки при зберіганні, транспортуванні та використанні". Монтаж електричних схем приладів, радіоапаратури ведеться з застосуванням різних видів пайки. Кожному різновиду пайки характерні певні шкідливі і небезпечні фізичні фактори, що відрізняються як кількістю так і якістю характеристик. При цьому деякі види пайки продукують декілька таких

					КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

фізичних факторів, що ведуть до погіршення здоров'я працівників, підвищення травматизму, погіршення умов праці, виникнення пожеж і вибухів. Такими потенційно-шкідливими є: запыленість і загазованість повітря робочої зони; інфрачервоне випромінювання від розплавленого припою; високочастотне електромагнітне випромінювання; ультразвукове випромінювання від паяльника при пайці хвилею; дія електростатичного заряду; неоптимальна освітленість робочих зон; незадовільні метеорологічні умови в робочій зоні; вплив бризг капель розплавленого припою; ураження електричним струмом.

Враховуючи не абияку шкідливість вихідних компонентів, до приміщення, де виконується паяння пред'являють особливі вимоги: НАОП 1.4.32-2.87-81 (ОСТ 25 2191-81); "Паяння свинцево олов'яними припоями. Вимоги безпеки"; НАОП 1.4.32-2.82-84 (ОСТ 25 1159-84): "виробництво друкованих плат. Вимоги безпеки".

6.2 ОСНОВНІ ЗАХОДИ БЕЗПЕКИ ТА ВИЛУЧЕННЯ ПЕРЕДБАЧУВАНИХ ШКІДЛИВИХ ФАКТОРІВ НА ВСІХ ЕТАПАХ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ, МОНТАЖУ І ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Для створення безпечних умов праці необхідно виконання відповідних заходів у відповідності з ГОСТ 12.3.008-75.

Основні вимоги безпеки технологічних процесів включають наступні аспекти:

- усунення безпосереднього контакту працюючих з матеріалами, що мають шкідливий вплив;
- заміна небезпечних і шкідливих технологічних процесів і операцій на менш небезпечні, чи зовсім безпечні;
- використання комплексної механізації і автоматизації виробництва, дистанційне управління особливо шкідливими процесами і операціями;
- раціональна організація праці і відпочинку;

					КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

-впровадження систем контролю і управління технологічними процесами, що забезпечують захист працівників (аварійне відключення виробничого обладнання);

-своєчасне видалення і знешкодження шкідливих відходів виробництва.

Важлива і обов'язкова умова забезпечення безпеки - викладення умов безпеки в технологічній документації. Повнота викладу контролюється методичними вказівками: "РД 50-134-78".

Існує ряд загальних стандартів, якими треба користуватися:

-для приміщень: "Будівельні норми і правила":

- для обладнання - ГОСТ 12.2.003-74: "Обладнання виробниче. Загальні вимоги безпеки";

-ГОСТ 12.1 .004-76 "Пожежна безпека. Загальні вимоги";

-ГОСТІ 2.1.010-76 "Вибухобезпека. Загальні вимоги".

Основні заходи по охороні праці (ОП) при роботах з хімічними речовинами і матеріалами:

- автоматизація і механізація технологічних процесів: найбільший рівень безпеки в масовому виробництві - поточні лінії: автоматизовані системи для пайки, травлення, обезжирення;

- герметизація обладнання в спеціальних боксах, шафах, що обладнані ефективною вентиляцією;

-заміна токсичних, отруйних, горючих речовин на менш небезпечні.

Від кислот і лугів захищаються гумовими або поліхлорвініловими фартухами, чоботами. При роботі з токсичними і отруйними речовинами використовують засоби індивідуального захисту (ЗІЗ).

Отруйні і токсичні речовини перевозять в спеціальній тарі на тележках із швидкістю < 5 км/год.

Вдихання хімічних речовин в газоподібному стані приводить до пошкодження верхніх дихальних шляхів і до загально токсичного впливу при всмоктуванні в кров.

					КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

При різних операціях можуть поступати в атмосферу промислові речовини, що відносяться до першого класу небезпеки. Так трихлоретан при дії світла перетворюється на фосген, що є дуже небезпечним.

При всіх операціях пайки в повітря можуть попадати пари олова та свинцю, пари соляної кислоти, окис вуглецю, вуглеводень та інше. Особливо шкідливий свинець та його сполуки. При попаданні в організм він акумулюється в кістках, м'язах, печінці. Результатом є свинцеве отруєння.

Пайка з використанням флюсів і їх біологічний вплив залежить від складу:

- каніфоль - подразнюючий вплив;
- спирти - наркотичний ефект;
- етиленгліколь - токсичний

вплив. Основні заходи:

1. Водонепроникна підлога з нахилом для стоку в каналізацію.
2. При ручній пайці використовувати паяльники живленням до 42 В.
3. Різні технологічні операції виконувати в різних приміщеннях.
4. Використані серветки спалюють і повторно не використовують,
5. Експлуатація цехів і приміщень тільки при наявності приточно - відточної вентиляції.
6. Не допускати до роботи з припоями осіб до 18 років і вагітних.

Для захисту шкіри рук від речовин, що входять до складу флюсів, використовують захисні мазі і пасти (мазь "Миколан", пасти - ИЕП-1, казеїнова).

Все вищеописане відповідає наступним НАОП:

- НАОП 1.4.32-2.67-84 (ОСТ 11073.062-84);
- НАОП 1.4.32-2.39-85 (ОСТ 11 120005-85);
- НАОП 1.4.32-2.21-80 (ОСТ 11 091.700-80);
- НАОП 1.4.32-2.63-77 (ОСТ4ГО. 091.228-77).

					КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

6.3. РОЗРАХУНОК НЕОБХІДНОГО ПОВІТРЯНОГО ОБМІНУ ДЛЯ ПРОМИСЛОВОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ

Розрахунок необхідного повітряного обміну ведеться по наступним факторам: по кількості працюючих; по надходженню в повітря робочої зони шкідливих газів, парів та пилу; по виділенню вологи; по теплонадлишкам.

По першому фактору розрахунок кількості повітря (м³/год) вираховується тільки при нормальному мікрокліматі і відсутності в повітрі шкідливих речовин, чи вмісту їх в межах допустимих норм.

Обмін повітря визначається по формулі:

$$L = nL' \quad (8.1)$$

де n - число працюючих;

L' - витрати повітря на одного працюючого (для об'ємів приміщення 20 м³ і більше на одного працюючого).

Для $n = 50$ чол., та $L = 20$ м³/год (для об'ємів приміщення 20 м³ і більше на одного працюючого в промислових приміщеннях):

$$L = 50 * 20 = 1000 \text{ (м}^3\text{/год)} \quad (8.2)$$

По другому фактору необхідний обмін повітря визначається по формулі:

$$L = \frac{q_{\text{МК}}}{Z_1 - Z_2} \quad (8.3)$$

де $q_{\text{МК}}$ - інтенсивність надходження шкідливої речовини в повітря робочої зони;

Z_1 - гранично допустима концентрація (ГДК) даної речовини (в мг/м³);

Z_2 - концентрація шкідливих речовин в повітрі, що надходять (в мг/м³).

Концентрація Z_2 повинна бути мінімальною, що по санітарним нормам відповідає формулі: $Z_2 < 0,3Z_1$.

Враховуючи високу шкідливість компонентів, що входять до складу припою і знаходяться в парогазовому стані, розраховується L для слідуючих елементів:

- а) свинець - клас шкідливості 1-й, ГДК в повітрі робочої зони 0,01 мг/м³;
- б) олово - клас шкідливості 3-й, ГДК в повітрі робочої зони 10 мг/м³;
- с) цинк - клас шкідливості 2-й, ГДК в повітрі робочої зони 0,5 мг/м³;

									Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ	63

d) мідь - клас шкідливості 2-й, ГДК в повітрі робочої зони 1 мг/м^3 .

$$\text{Для свинцю: } L_c = \frac{10}{0.01 - 0.3 \cdot 0.01} = 1429 \text{ (м}^3\text{/год)} \quad (8.4)$$

$$\text{Для цинку: } L_{ц} = \frac{10}{0.5 - 0.3 \cdot 0.5} = 28,6 \text{ (м}^3\text{/год)} \quad (8.5)$$

$$\text{Для олова: } L_o = \frac{10}{10 - 0.3 \cdot 10} = 1,4 \text{ (м}^3\text{/год)} \quad (8.6)$$

$$\text{Для міді: } L_m = \frac{10}{1 - 0.3 \cdot 1} = 14 \text{ (м}^3\text{/год)} \quad (8.7)$$

У відповідності з СН 245-71 при одночасному надходженні в повітря приміщення декількох шкідливих речовин однонаправленої дії розрахунок вентиляції виконується сумуванням об'ємів повітря, необхідного для розбавлення кожної речовини окремо до допустимих концентрацій.

$$L = L_c + L_o + L_m + L_{ц} = 1429 + 1,4 + 28,6 + 1,4 = 1460,4 \text{ м}^3\text{/год.} \quad (8.8)$$

По третьому фактору розрахунок виконується по формулі:

$$L = \frac{m \cdot q_v}{q_y - q_n} \quad (8.9)$$

де $m = 0,8$ при висоті приміщення $n = 5 \div 3 \text{ м}$;

q_v - кількість вологи, що виділяється в приміщенні

(візьмемо $q_v = 150 \text{ г/м}^3$);

q_y - вологомісткість повітря, що виділяється з приміщення

(візьмемо $q_y = 130 \text{ г/м}^3$);

q_n - вологість повітря (візьмемо $q_n = 100 \text{ г/м}^3$)

$$L = \frac{0.8 \cdot 150}{130 - 100} = 4 \text{ (м}^3\text{/год)}$$

По четвертому фактору обмін повітря розраховують по формулі:

$$L = \frac{Q}{c \cdot (t_y - t_n) \cdot \rho} \quad (8.10)$$

де Q - надлишок тепла в приміщенні в Дж/год;

c — теплоємність повітря в Дж/кг-К;

ρ - густина повітря в кг/м^3 ;

t_y і t_n температура відкачуючого і нагнітаемого повітря відповідно

					КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

$$L = \frac{150000}{1007 \cdot (30 - 20) \cdot 1.206} = 12.35 \text{ (м}^3\text{/год)} \quad (8.11)$$

Загальний необхідний повітрообмін для промислової вентиляції при виробництві спроектованого пристрою:

$$L_{\text{заг}} = 1000 + 1460,4 + 4 + 12,35 = 2476,75 \text{ (м}^3\text{/год)}. \quad (8.12)$$

6.4. ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Охороні навколишнього середовища з кожним роком приділяється все більше уваги, що обумовлено в першу чергу різким зростанням шкідливих викидів, що наносять біосфері великих, часто не відновлюваних втрат.

В електронній техніці використовується широка гамма матеріалів. Вже на етапі розробки нових видів продукції слід передбачити можливість її повторної переробки. Вироби повинні мати тривалий строк використання, піддаватися ремонту та демонтажу або повторному використанню.

Одним із завдань дипломного проекту була розробка друкованої плати. Процес виготовлення друкованої плати складається з декількох етапів і характеризується використанням різних хімічних речовин. При виготовленні друкованої плати застосовується багатованнова промивка, що забезпечує раціональне використання води. При скиданні її у водоймища необхідно досліджувати як самі стоки, так і воду в водоймищі. Необхідно використовувати замкнуті водоохоронні цикли.

Обладнання для нанесення електролітичних, хімічних та анодизаційних поверхонь має відповідати вимогам до обладнання згідно ГОСТ 12.3.008 - 75 та ГОСТ 12.2.003-74.

Обладнання для низькотемпературної пайки, лудіння та робочі місця мають відповідати вимогам "Санітарні правила організації процесів пайки дрібних виробів сплавами, що містять свинець". Вони повинні мати місцеву витяжну вентиляцію, оснащену звуковою або світловою сигналізацією, що попереджає про припинення відносу повітря.

					КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Всі пристрої для підключення та перемикання електричних кіл
потрібно захищати кожухами.

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА

					КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

ВИСНОВКИ

В процесі виконання кваліфікаційної роботи магістра «Лабораторний макет для зняття вольтамперних характеристик тунельних діодів », виходячи із поставлених у технічному завданні вимог, проведений повний аналіз завдання та мети роботи, а також критичний огляд існуючих аналогів, на основі чого:

- Розроблена електрична структурна схема вимірювального приладу;
- Спроектвана електрична принципова схема лабораторного макету. Були проведені базові розрахунки.
- Виконані розрахунки теплових характеристик та надійності спроектованого приладу.
- Вибрана сучасна та доступна елементна база для проектування схеми, та пропонуються прилади які є у розпорядженні кафедри.

Одержані результати не виходять з рамок роботи і достатні для проведення проектно-конструкторських робіт по проектуванню лабораторного макету для вимірювання ВАХ тунельного діода.

До основних параметрів та характеристик спроектованого пристрою можемо віднести наступні:

- у порівнянні з опублікованими схемами для ручного вимірювання ВАХ тунельних діодів, спроектована схема дозволить отримати достовірні результати вимірів, так як зводиться до мінімуму виникнення паразитних коливань в колі тунельного діода при знятті статичних характеристик
- всі прототипи характерографів, що опубліковані в літературі () можна охарактеризувати як індикатори, для спостереження за ВАХ тунельних діодів. Спроектований пристрій за своїми характеристиками претендує називатися вимірювальним, так як при належному підході до його виготовлення можна досягти заделегідь визначених і контрольованих метрологічних характеристик.
- макет дозволяє оперативно досліджувати ВАХ різних типів тунельних діодів.

					КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. С1 - 99 Осцилограф універсальний. Технічний опис та інструкція з експлуатації. Альбом № 1. 1995
2. Фолкенберрі Л. Застосування операційних підсилювачів та лінійних ІС., "Світ", 1985 р.
3. Буличов А. Л. та ін. Аналогові інтегральні схеми, 1985. - 223 с.
4. О.П. Григорєв та ін.. Діоди, М., Радіозв'язок, 1990.
5. П. Хоровіц, У. Хілл. Мистецтво електротехніки. Т.т. 1-2., 1998.
6. Напівпровідникові прилади: Транзистори. Довідник / В. Л. Аронов, А. В. Баюков, А. А. Зайцев та ін. За заг. ред. Н. Н. Горюнова. - 2-ге вид., : Енергоатомвидаат, 1985.
7. Ulrich Tietze, Christoph Schenk, Eberhard Gamm., Halbleiter-Schaltungstechnik, Springer Vieweg Berlin, Heidelberg, 2019
8. Алексенко А. Г., Коломбет Е А., Стародуб Г. И. Використання аналогових ІС, — М.: Радіо та зв'язок, 1981. 224 с.
9. Н.Н. Сидоров та ін , Малогабаритні трансформатори та дроселі, м., Радіозв'язок, 1985
10. Бондарь В. А. Генератори лінійно-змінної напруги, М.: Енергоатомвидаат, 1988.
11. Смирнов В.А. Генератори на тунельних діодах., «Енергія», МРБ, вип. 781, 1971
12. В.И. Фістуль, Н.З. Шварц « Тунельні діоди 77 109–160 (1962)
13. Сидоров А. – Метод вимірювання ВАХ тунельного діода, Авт. №151724, №22, 1962.
14. .Бутурлакін О.П., Овчаренко В.В., Федак В.В. Методичні рекомендації до виконання розрахунків по оцінці показників надійності радіоелектронної апаратури. - УжНУ, 2001.-56ст.

					КРМ ЕС 10749960.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

Завідувачу кафедри ЕС ІТФ ДНВЗ УжНУ

Марин Савчук

Студента (-ки) 2 курсу
спеціальності електроніка
Міценко Д.Є.
(прізвище, ініціали)

ЗАЯВА

щодо самостійного виконання
навчальної/кваліфікаційної роботи здобувачем освіти

Я, Міценко Радислав Євгенович
(прізвище, ім'я, по батькові),

Студент(-ка) департаменту інформатики ІТФ, 2-го курсу
(форма навчання, факультет, курс)

заявляю: моя письмова робота на тему: Лабораторний мануал для
випробовування ВАН функціональних модулів

виконана самостійно і в ній не міститься елементів плагіату.

Всі запозичення з друкованих та електронних джерел, а також із захищених раніше робіт мають відповідні посилання. Я ознайомлений(а) з діючим Положенням, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску навчальної/кваліфікаційної роботи до захисту та притягнення до академічної відповідальності.

19.12.2023

Дата

Міценко
Підпис

Додаток 2.

ДОВІДКА
про результати перевірки на унікальність
кваліфікаційної, навчальної (курсової) роботи

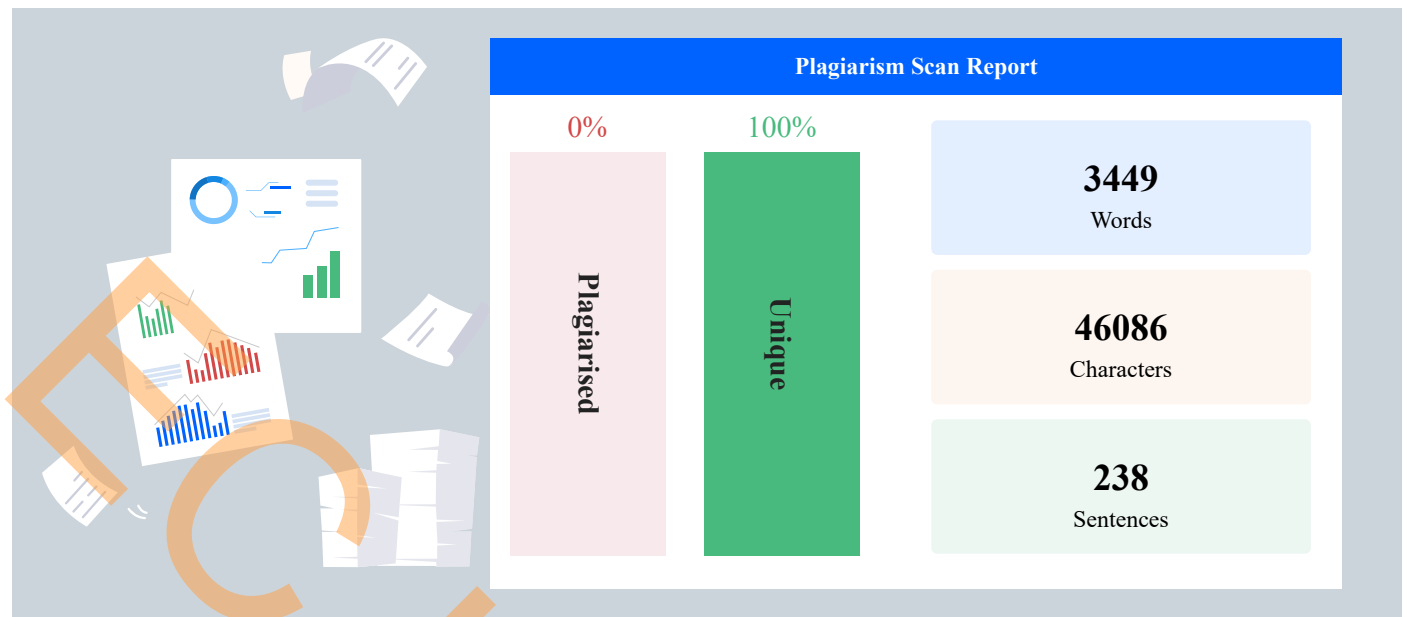
Автор роботи	Мищенко Радіо (Володимир)
Назва роботи	Лабораторний макет для дослідження ВАР турбомашиного двигуна
Спеціальність	171 Електроенергетика
Курс	2
Факультет	Інженерно-технічний
Кафедра	електронних систем
Керівник роботи	Олександр Сивілевих
Роботу перевірено в програмі	Unicheck
Додано до бази даних	так, додано
Ідентифікаційний номер роботи	
Результати перевірки	
Показник унікальності тексту через перевірку роботи у внутрішній базі кафедри ЕС ІТФ ДНВЗ УжНУ	100%
Показник унікальності тексту в мережі Інтернет	100%

Відповідальна особа/
Науковий керівник роботи

19.11.2023
Дата

Олександр Сивілевих
(прізвище, ініціали)

Am
Підпис



Given Content

KPM EC 10749960(Міщенко Дмитро 2023)

1. АНАЛІЗ ЗАВДАННЯ РОБОТИ ТА КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

1.1 Аналіз завдання проекту

Метою даної роботи є створення лабораторного макету для вимірювання ВАХ тунельних діодів.

_____ завданні.

Аналіз виконують в наступній послідовності по пунктах:

1. Назва виробу - Лабораторний макет для зняття ВАХ тунельних діодів.
2. Призначення – зняття вольтамперних характеристик тунельних діодів у ручному режимі та у режимі характерографа.
3. Комплектність
 - * лабораторний макет: міліамперметр, електронно-цифровий вольтметр, тунельні діоди різних типів;
 - * осцилограф.
4. Можливості - даний пристрій буде використовуватися для вимірювання вольтамперних характеристик тунельних діодів у ручному режимі, та режимі характерографа. Характерограф можна використати не тільки для індикації, а і для вимірювання. Результати можуть бути використані для розрахунків схем з використанням тунельних діодів.

1.2 Загальні відомості про тунельних діодів

Тунельні діоди виготовлені із високолегованих напівпровідникових матеріалів з великим, порівняно із звичайним діодом, вмістом домішок (порядка 10^{19} - 10^{23} атом/см³). Наприклад діоди типу 1И302, виготовляють шляхом сплавлення монокристала германія, легірованого мишьяком, з індієм, легованим галієм. Арсенід-галієві діоди типу АИ301 (ЗИ301) легуються оловом. [12]

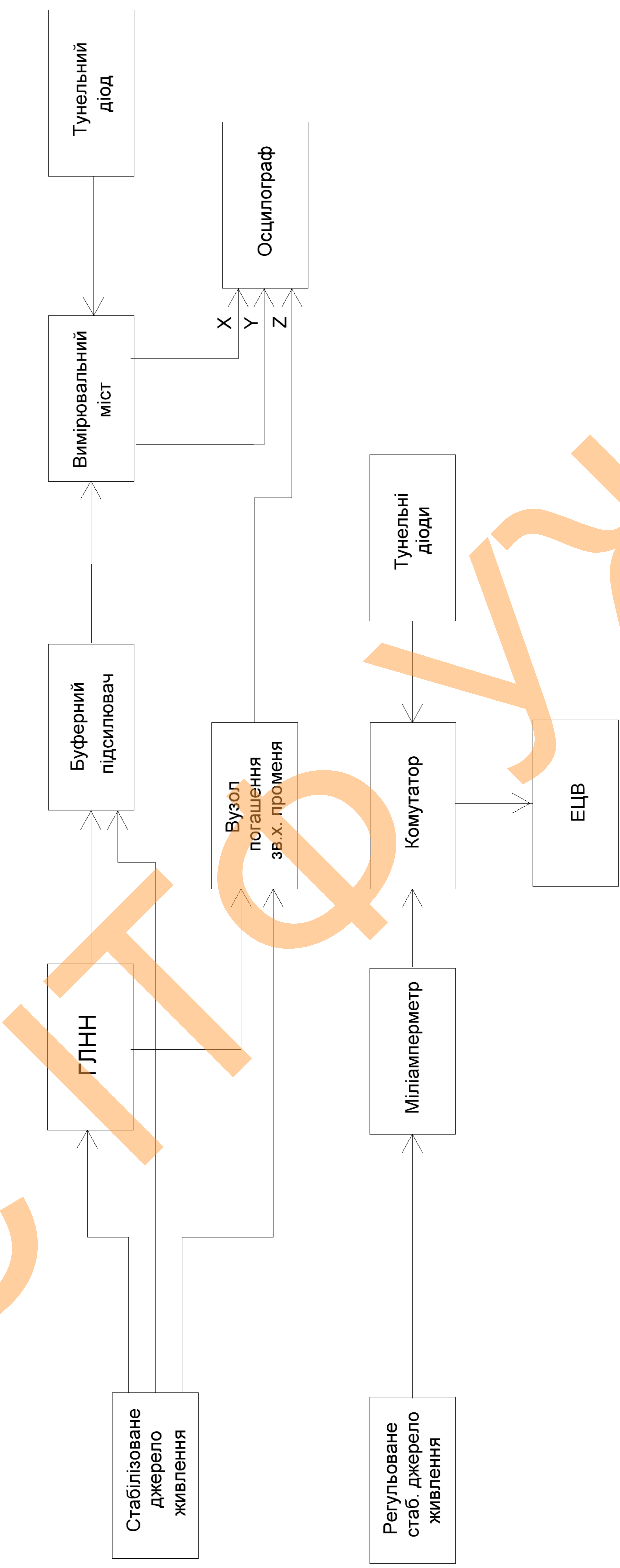
Тунельний ефект діодів обумовлений саме з великим вмістом домішок і вузькістю р-п переходу діода (порядка 100 \AA) Вольт-амперна характеристика тунельного діода (рис.1.1) внаслідок наявності двох механізмів проходження електронів через р-п перехід – тунельного і дифузійного – має дві зростаючі ділянки і участок зворотнього диференціального опору .

На характеристиці є ряд характерних точок, координати яких прийнято називати статичними параметрами тунельного діода. Найбільш важливі із них наступні: струм максимуму I_1 – струм, що відповідає максимуму на вольт-амперній характеристиці; напруга максимуму U_1 ; струм мінімуму I_2 ; напруга мінімуму U_2 найбільша напруга переключення U_3 – напруга, що відповідає струму максимуму на другій зростаючій (дифузійній) гілці характеристики. Зазвичай точку з координатами I_1 , U_1 називають вершиною характеристики, а точку з координатами I_2 U_2 – впадиною.

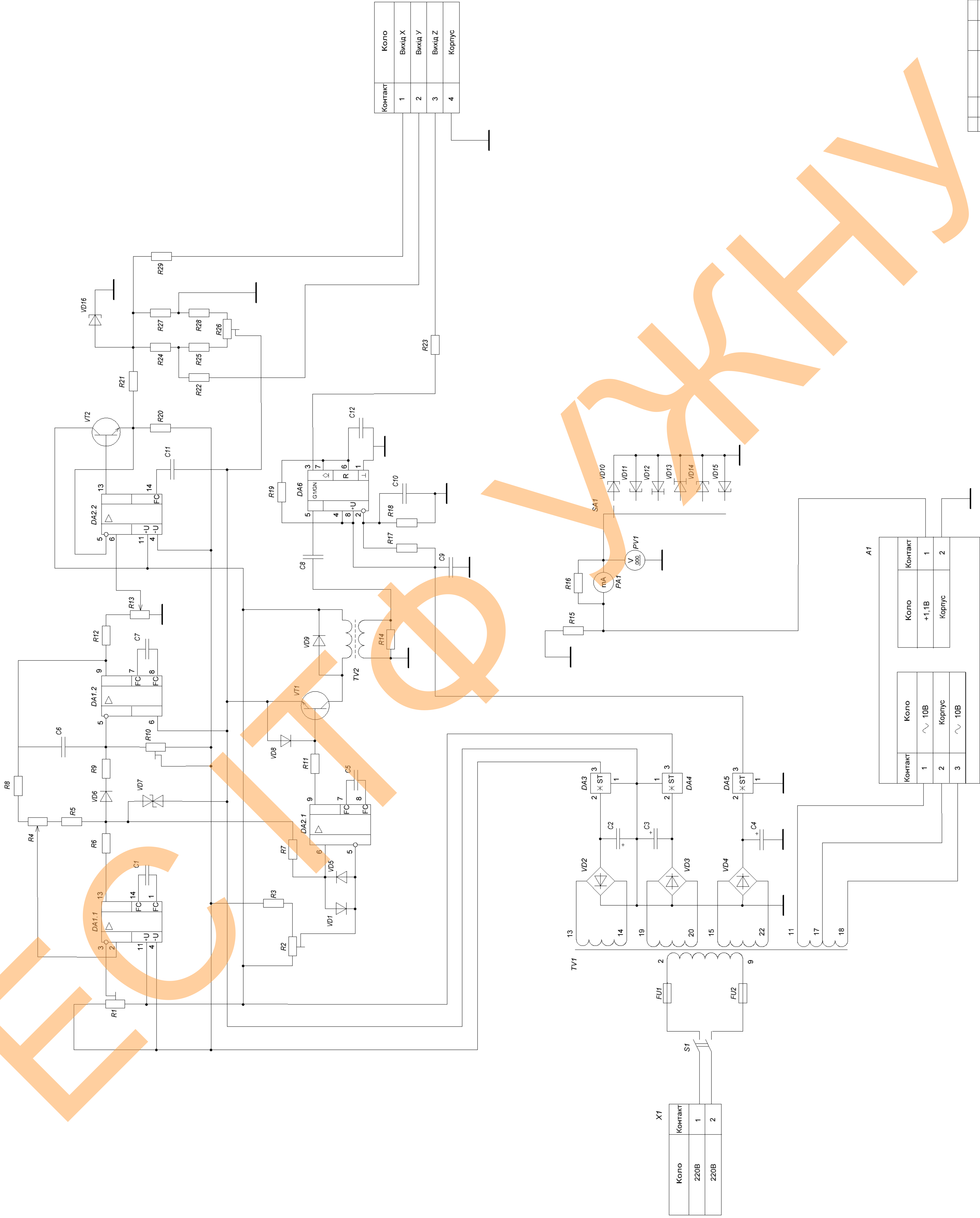
До характерних параметрів тунельного діода відносяться також максимальна напруга переключення при переході з першої зростаючої (тунельної) гілки на другу чи напруга розгалуження характеристики $\Delta U = U_3 - U_1$; відношення струмів I_1/I_2 ; модуль диференційного опору діода $|g_{дин}| = dU/dI$.

Малопотужні перемикаючі тунельні діоди виконуються зазвичай у виді керамічного циліндру (рис.1.2), до якого кріпляться коварові флянці з контактними полосками.

ЕС



КРМ ЕС 10749960 001 ЕЗ		Лист	Маса	масштаб
Зм. Арх. № Документа	Підпис	У		2:1
Розроб. Мищенко Д.С.		Арх.		Архувів
Перевір.				
Реценз.				
Н.конт. Зяць Т.М.				
Залесер.				
Лабораторний макет для зняття ВАХ тунельних діодів				
Структурна схема				
УЖНУ ГФ ар. ЕС 2-ий курс				



Контакт	Коло
1	Вихід X
2	Вихід Y
3	Вихід Z
4	Корпус

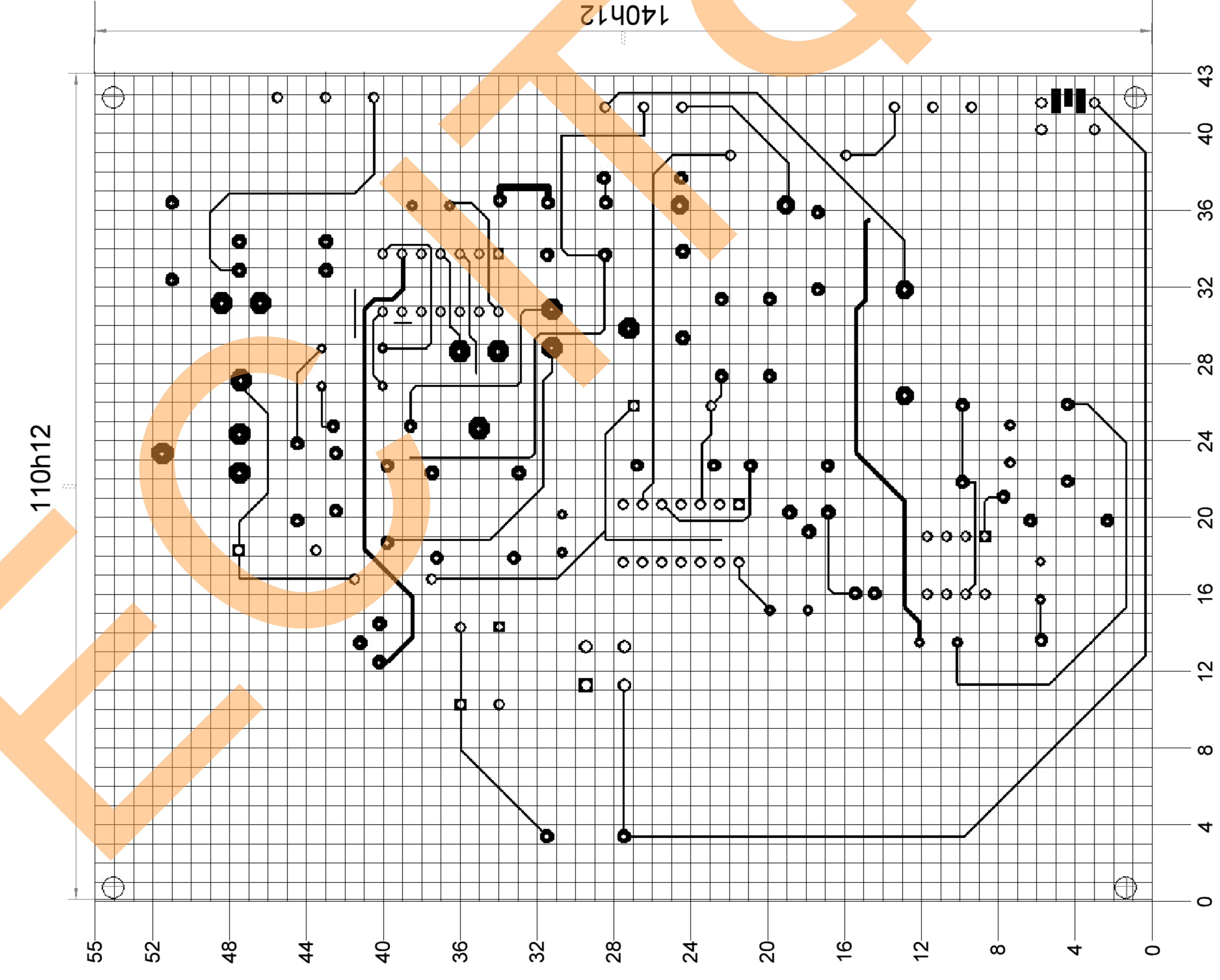
Контакт	Коло
1	+1,1В
2	Корпус

Контакт	Коло
1	~ 10В
2	Корпус
3	~ 10В

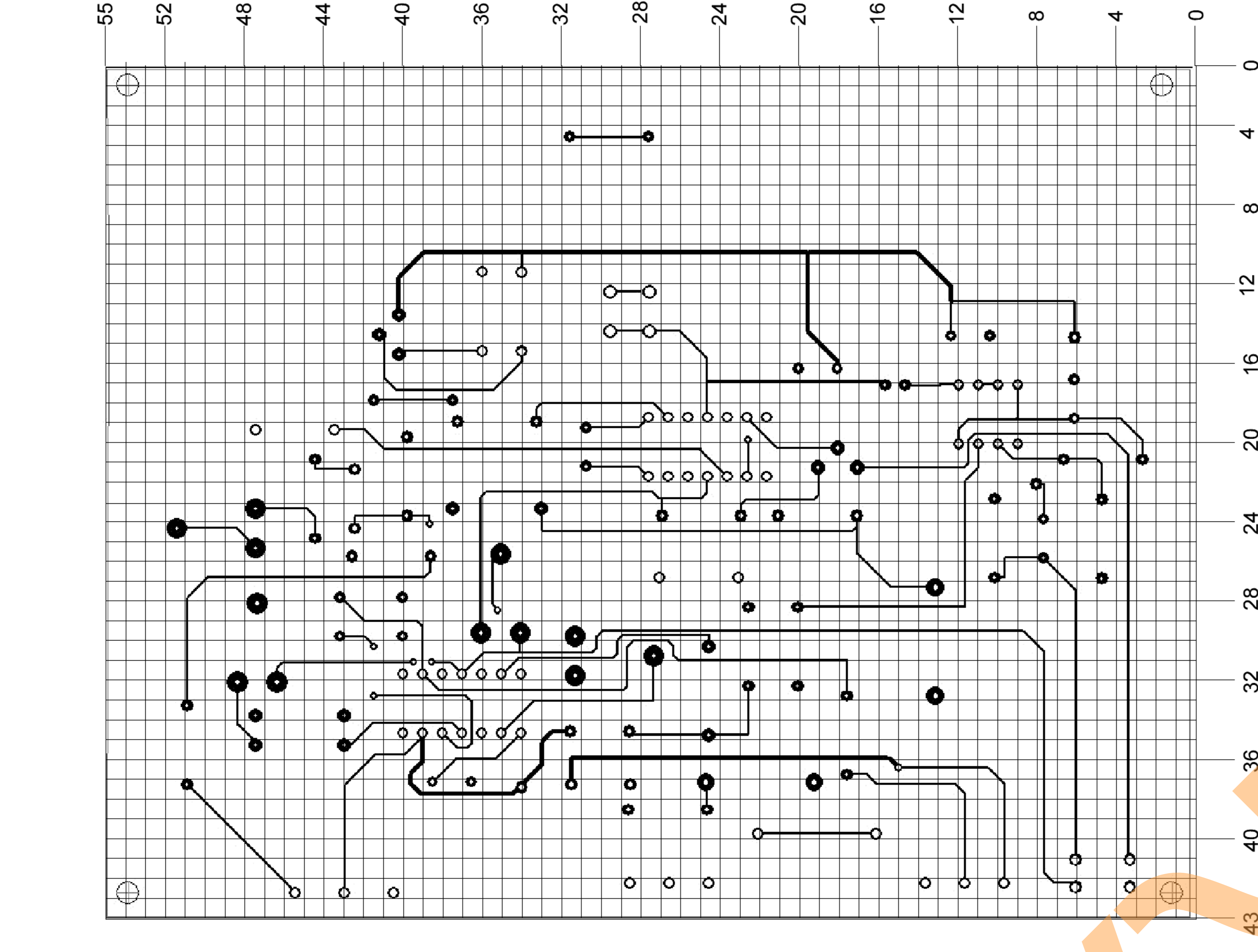
Коло	Контакт
220В	1
220В	2

КРМ.ЕС.10749660.001.E3		Лист	Масшт.
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Міщенко Д.Є.		
Перевір.			
Креслив.			
Н. контр.			
Затверд.	Занько Т.М.		
Лабораторний макет для вимірювання ВАХ тунельних діодів		Маса	1:1
Схема електрична принципова		Арк.	Аркушів
		УжНУ	ІТФ
			2 курс. ЕС

Сторона встановлення елементів



Зворотня сторона плати

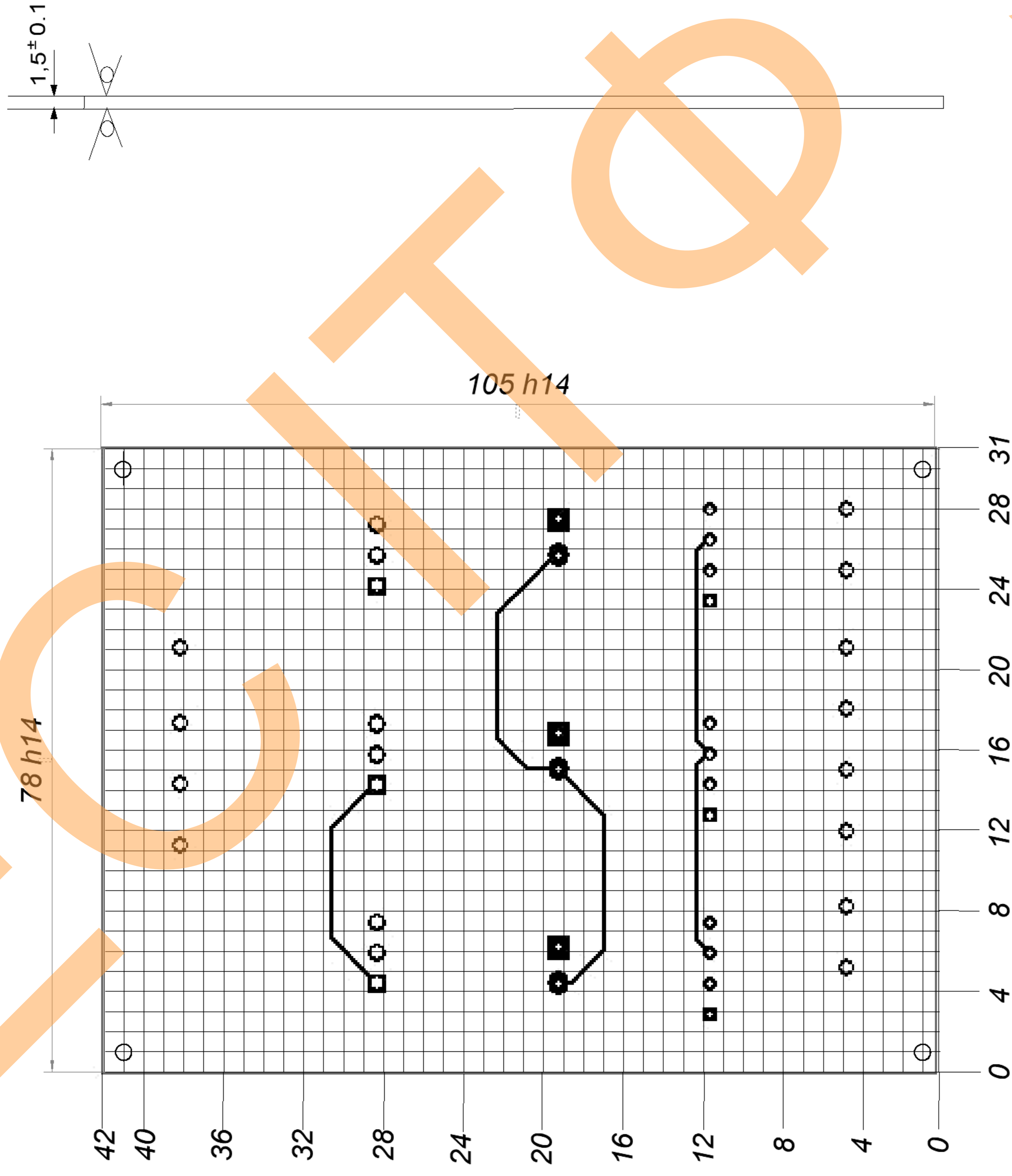


Умовне позначення отворів	Діаметр отворів мм	Наявність металізації в отворах	Діаметр контактної площадки, мм	Кількість отворів
○	0,6 ^{+0,1}	метал.	1.0	6
○	0.8 ^{+0,1}	метал.	1.4	12
○	1.2 ^{+0,1}	метал.	1.8	50
●	4 ^{+0,1}	метал.	1	12
●	3 ^{+0,1}	метал.	1	44
⊕	2.0 ^{+0,1}	не метал.	—	4

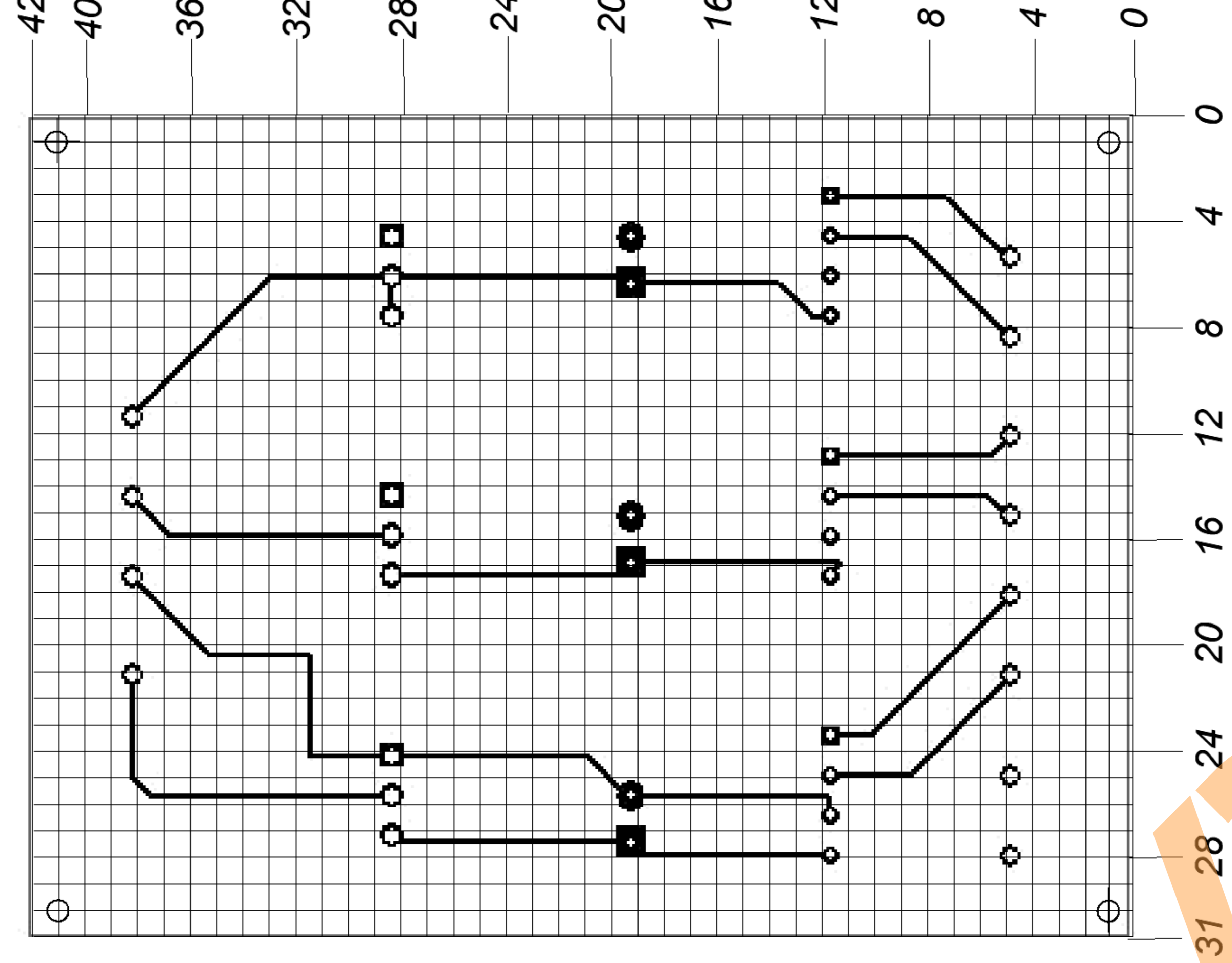
1. Плату виконувати комбінованим методом
2. Крок координатної сітки 2.54 мм.
3. Конфігурацію провідників втримувати по координатній сітці.
4. Провідники що умовно позначені суцільними лініями, виконувати шириною не менше 0,2±0,1 і 0,4 мм±0,1.
5. Провідники покрити сплавом "Розе".
6. Плата повинна відповідати ГОСТ 23752-79, загальні технічні вимоги згідно ОСТ 4ГО.070.015

КРМ ЕС 10749960.001. ДП		Лаб. масштаб	
Зм. Арх.	Не Документ	Піліс	Маса
Розроб.	Мищенко Д.Є.	У	2.1
Перевір.		Арх.	Аркуші
Реценз.			
Н. конт.	Зяць Т.М.		
Затверд.			
УЖНУ ПФ ар. ЕС 2-ий курс		Складальне креслення	
Лаб. для зняття ВАХ тунельних діодів		Складальне креслення	

Сторона встановлення елементів



Зворотня сторона плати



1. Плату виконувати комбінованим методом

2. Крок координатної сітки 2,5 мм.

3. Конфігурацію провідників втримувати по координатній сітці.

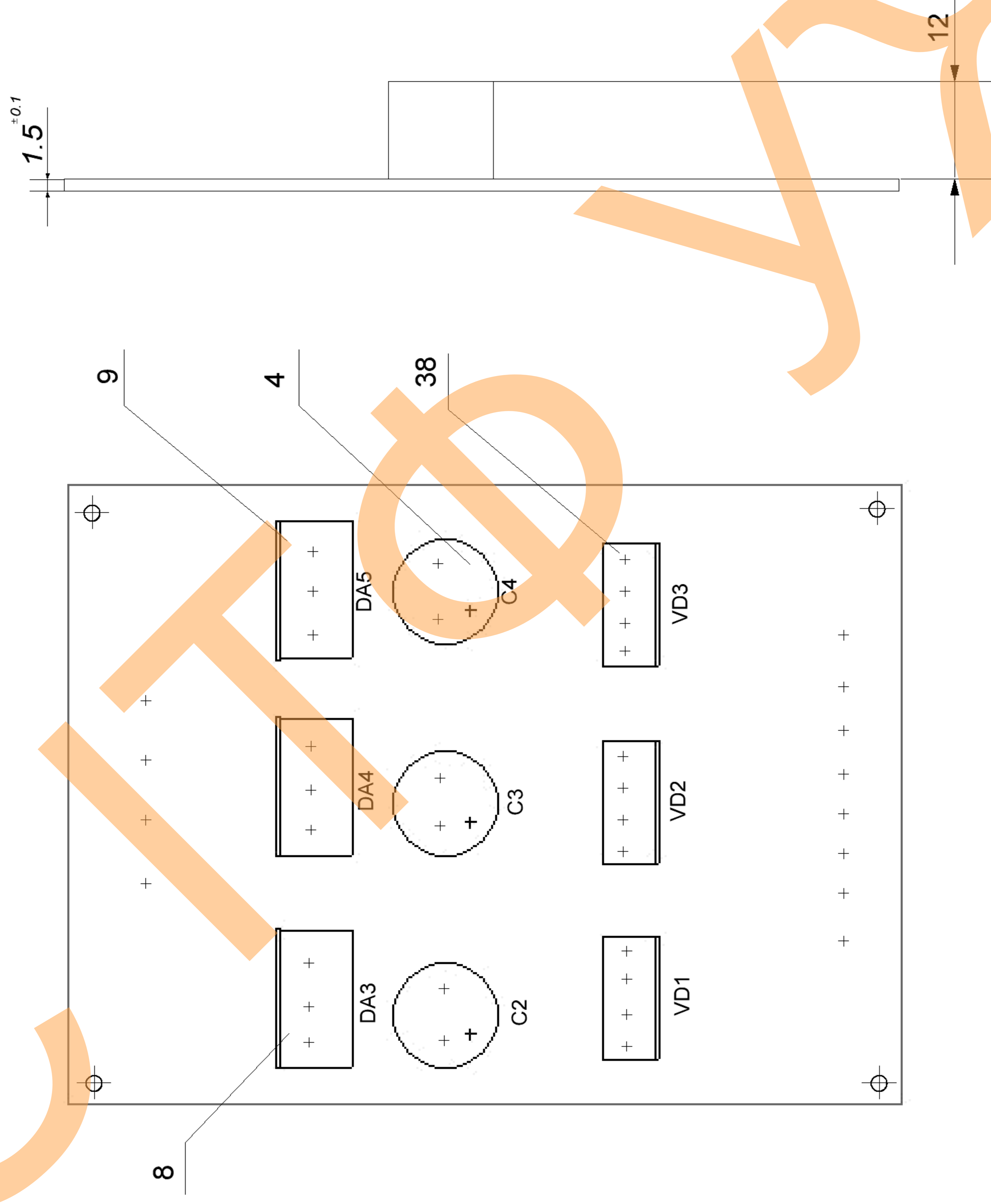
4. Провідники що умовно позначені суцільними лініями, виконувати шириною не менше 0,2±0,1 і 0,4 мм±0,1.

5. Провідники покрити сплавом "Розе".

6. Плата повинна відповідати ГОСТ 23752-79, загальні технічні вимоги згідно ОСТ 4ГО.070.015

Умовне позначення отворів	Діаметр отворів мм	Наявність металізації в отворах	Діаметр контактної площадки, мм	Кількість отворів
○	1.2 ^{+0.1}	метал.	1.8	33
●	4 ^{+0.1}	метал.	1	6
⊕	2.0 ^{+0.1}	не метал.	—	4

КРМ ЕС 10749960.002.ДП		Лабораторний макет для зняття ВАХ тумельних діодів		масштаб	
ЗМ	Арх.	№ Документа	Відпис	Вартів	2:1
Розроб.	Перевір.	Міщенко Д.С.			
Реценз.	Креслив				аркуші
Н.конт.	Залуч.				УНУ ПТФ ар. ЕС 2-ий курс
Залуч.	Залуч.				



1. Електромонтаж виконувати згідно ДП ЕС 080865.001

2. Паяти припосм ПОС-61 ГОСТ 1499-70.

3. *Розміри для довідок .

4. Друковані провідники умовно не показані. Пліту після зборки покрити емаллю ЄП 572, білий ТУ6-10-1539-76.

5. Позначення елементів маркувати краскою ЧМ, чорний, БМ, білий ТУ 029-02 029 -02-859-78. Шрифт 2.5 згідно НО. 010.007. Місця розміщення маркування показані умовно.

КРМ ЕС 10749960.002 СК		Лист		маса		масштаб	
ЗМ	Арх.	№ Документа	Рідлис.	Ватпа	Лист	маса	масштаб
Розроб.	Перевір.	Місцево Д.С.			У		2:1
Креслив.	Н.конт.				арк		аркуші
Зачиць Т.М.							УЖНУ ПФ ар. ЕС 2-ий курс
							Лабораторний макет для зняття ВАХ тунельних діодів Складальне преслення

Поз. позначення	Найменування	Кіл.	Примітки
	<u>Модулі</u>		
A1	Стабілізоване джерело напруги	1	Спроектований на кафедрі ЕС
	<u>Конденсатори</u>		
C1	КЛС 10 нФ ±10% ОЖ0.460.043 ТУ	1	
C2-C4	К50-35-25В-47мкФ ±10% ОЖ0.464.214ТУ	3	
C5	КЛС 10 нФ ±10% ОЖ0.460.043 ТУ	1	
C6	КЛС 0,12 мкФ ±10% ОЖ0.460.043 ТУ	1	
C7	КЛС 10 нФ ±10% ОЖ0.460.043 ТУ	1	
C8	К50-35-25В-47мкФ ±10% ОЖ0.464.214ТУ	1	
C9	КЛС 47нФ ±10% ОЖ0.460.043 ТУ	1	
C10-C12	КЛС 10 нФ ±10% ОЖ0.460.043 ТУ	3	
	<u>Мікросхеми</u>		
DA1, DA2	К157УД2 БКО 348.064 ТУ	2	
DA3	LM7915	1	TE Connectivity
DA4, DA5	LM7815	2	TE Connectivity
DA6	КР1006ВІІ ТУП-6КО.348.685/05-95	1	
	<u>Запобіжники</u>		
FU1, FU2	ВПІ-1 1 А ОЖ0.480.003 ТУ	2	

КРМ ЕС 10749960.001.ПЕ

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Мищенко Д.Є			Лабораторий макет для вимірювання ВАХ тунельних діодів Перелік елементів	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірів				У		1	4	
Т.контр						УжНУ, ІТФ, гр. ЕС 2 курс		
Н/Контр.								
Затвердив		Заяць Т.М.						

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітки			
				<u>Документація</u>					
A1			KPM EC 10749960.001 E1	Схема електрична структурна	1				
A1			KPM EC 10749960.001 E3	Схема електрична принципова	1				
A1			KPM EC 10749960.001 ДП	Плата друкована	1				
A1			KPM EC 10749960.002 ДП	Плата друкована	1				
A1			KPM EC 10749960.001 СК	Складальне креслення	1				
A1			KPM EC 10749960.002 СК	Складальне креслення	1				
A4			KPM EC 10749960.001 ПЗ	Пояснювальна записка	1				
A4			KPM EC 10749960.001 СП	Специфікація	1				
A4			KPM EC 10749960.001 ПЕЗ	Перелік елементів	1				
				<u>Деталі</u>					
		1		Друкована плата	2				
				<u>Стандартні вироби</u>					
		2		Гвинт М2х5 ГОСТ 17475	8				
				<u>Конденсатори</u>					
		3	C1,C5,C7,C10,C11,C12	КЛС 10 нФ ±10%	7				
		4	C2,C3,C4,C8	К50-35-25В-47мкФ	3				
		5	C6	КЛС 0,12 мкФ ±10%	1				
		6	C9	КЛС 47нФ ±10%	1				
				<u>Мікросхеми</u>					
		7	DA1,DA2	К157УД2 БКО 348.064 ТУ	2				
		8	DA3	LM7915	1	TE Connectivity			
		9	DA4,DA5	LM7815	2	TE Connectivity			
		10	DA6	КР1006ВІ1 БКО.348.685/05-95	1				
				KPM EC 10749960.001 СП					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лабораторний макет для вимірювання ВАХ тунельних діодів Специфікація					
Розробив	Міщенко Д.Є						Літера	Аркуш	Аркушів
Керівник							с	1	3
Т.Контр.							УжНУ, ІТФ 2 курс, група ЕС		
Н.Контр.									
Затверд.	Заяць Т.М.								

