

ДВНЗ УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

на тему: АНАЛОГОВИЙ ЧАСТОТОМІР

Студента (ки) __6__ курсу __ЕС__ групи

спеціальність: 171 – електроніка

Владимир ПАУК

(прізвище та ініціали)

Керівник _____ Ігор ЮРКІН

(прізвище та ініціали)

доцент, к.ф.-м. наук

(посада, вч. звання, наук. ступінь)

Національна оцінка _____

Кількість балів: _____

Оцінка ECTS _____

Члени комісії:

(підпис) (прізвище та ініціали)

(підпис) (прізвище та ініціали)

(підпис) (прізвище та ініціали)

УЖГОРОД - 2022

Державний вищий навчальний заклад
Ужгородський національний університет
Інженерно-технічний факультет
Кафедра електронних систем

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

на кваліфікаційну роботу магістра

на тему:

АНАЛОГОВИЙ ЧАСТОТОМІР

Студента групи ЕС: Владимир ПАУК ()

Керівник проекту: доц. Ігор ЮРКІН ()

Ужгородський національний університет

Інженерно-технічний факультет

Кафедра електронних систем

Освітньо-кваліфікаційний рівень "МАГІСТР"

Спеціальність 171 Електроніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

к.ф.-м.н., доц. Тарас ЗАЯЦЬ

" 26 " листопада 2021 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА студенту Владимиру ПАУКУ (ім'я, прізвище)

1. Тема КРМ аналоговий частотомір

Керівник роботи Ігор ЮРКІН к.ф.-м.н.

(ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від " 21 " жовтня 2021 року № 3__.

2. Строк подання студентом роботи " 16 " 12 2021 року.

3. Вихідні дані до роботи. Провести пошук аналогів. Проаналізувати переваги та недоліки різних аналогів об'єкту дослідження. Забезпечити: напругу живлення, 220В; діапазон вимірюваних частот – 10...100000Гц; індикація – аналогова; точність вимірювань- 5 %; кількість піддіапазонів – 4; форми вхідного сигналу – синусоїдна, прямокутна; амплітуда вхідного сигналу – не більше 5 В (вхід 1), не більше 200 В (вхід 2).

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): _____

Вступ

1. Огляд та аналіз аналогів об'єкта проектування

2. Проектно – конструкторський розділ

3. Конструкторсько – технологічний розділ

4. Техніко – економічний розділ

5. Заходи з охорони праці і техніки безпеки

Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

1. Структурна схема

2. Електрична принципова схема

3. Друкована плата

4. Складальне креслення

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1,2			
2,2.1			
Нормоконтроль			

7. Дата видачі завдання " " 2021 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання КБР	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Пошук аналогів об'єкта проектування	29.09.22	
2	Огляду та аналіз аналогів	13.10.22	
3	Вибір технічного рішення та обґрунтування технічної пропозиції	27.10.22	
4	Синтез структурної та принципової схем, друкованої плати їх розрахунок	10.11.22	
5	Виготовлення конструкторської документації.	22.11.22	
6	Конструкторська–технологічна розробка плати	29.11.22	
7	Техніко-економічне обґрунтування	6.12.22	
8	Оформлення магістерської кваліфікаційної роботи	20.12.22	

Студент

Владимир ПАУК

(підпис)

Керівник КРМ

Ігор ЮРКІН

(підпис)

РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота містить: сторінок — 89; рисунків — 18, таблиць — 12; джерел літератури — 13.

Об'єкт розробки — аналоговий частотомир.

Мета дослідження — розробити відповідну документацію та провести розрахунки згідно вимог до магістерських кваліфікаційних робіт. Розробити аналоговий частотомир.

Робота включає літературний огляд і аналіз пристроїв даного типу та загальні принципи їх побудови.

Проектно-конструкторський розділ містить розробку структурної та принципової електричної схеми, розрахунки основних функціональних блоків.

Конструкторсько — технологічний розділ містить розрахунок теплових режимів роботи пристрою, а також розрахунок імовірності безвідмовної роботи пристрою в зазначений термін.

Техніко — економічний розділ містить розрахунок ціни пристрою.

Розділ заходи з охорони праці і техніки безпеки містить основні норми і вимоги до охорони праці при виготовленні і експлуатації пристрою.

Ключові слова: ЧАСТОТА, АНАЛОГОВИЙ, ВИМІРЮВАННЯ

ABSTRACT

Master's thesis contains: pages — 89; figures — 18, tables — 12; sources of literature - 13.

The object of development is an analog frequency meter.

The purpose of the research is to develop appropriate documentation and perform calculations in accordance with the requirements for master's qualification theses. Develop an analog frequency counter.

The work includes a literature review and analysis of devices of this type and the general principles of their construction.

The design and construction section contains the development of a structural and basic electrical circuit, calculations of the main functional units.

The design-technological section contains the calculation of the device's thermal modes of operation, as well as the calculation of the probability of the device's failure-free operation within the specified period.

The technical - economic section contains the calculation of the price of the device.

The section on occupational health and safety measures contains the basic norms and requirements for occupational health and safety during the manufacture and operation of the device.

Keywords: FREQUENCY, ANALOGUE, MEASUREMENT

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ АНАЛОГІВ ОБ’ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ	8
2 ПРОЕКТНО - КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	19
2.1 Розробка структурної схеми	19
2.2 Розробка принципової схеми	19
2.3 Розрахунок режимів роботи елементів	22
3 КОНСТРУКТОРСЬКО – ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	51
3.1 Проектування та розрахунок друкованої плати	51
3.2 Тепловий розрахунок пристрою.....	54
3.3 Розрахунок характеристик надійності пристрою	56
4 ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	62
4.1 Розрахунок собівартості приладу	62
4.2 Розрахунок ціни спроектованого приладу	69
5 ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ І ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ	70
ВИСНОВКИ	88
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	89
ДОДАТКИ:	
КРМ.ЕС.9961480.01.000 Е1. Схема електрична структурна	
КРМ.ЕС.9961480.01.000 Е3. Схема електрична принципова	
КРМ.ЕС.9961480.01.001 Друкована плата	
КРМ.ЕС.9961480.01.001 СК Складальне креслення	
КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЕ. Перелік елементів	
КРМ.ЕС.9961480.01.000 Специфікація	

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив	Паук В.				Аналоговий частотомір Пояснювальна записка		Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Юркін І.						У	6	92
Т. контр.				УжНУ, ІТФ, 2 курс магістр, спец. ЕС					
Н.Контр.									
Затвердив	Ваяць Т.М.								

ВСТУП

Частотомір – прилад для вимірювання частот періодичних процесів або частот гармонічних складових спектру сигналів.

Частотоміри класифікують за цілим рядом ознак по: способу вимірювання; фізичному змісту величини; конструкції.

Частотомір з широкими межами вимірювання є одним з приладів першої необхідності в лабораторії. В даний час розроблена велика кількість різних конструкцій, як аналогових, так і цифрових частотомірів, кожен з яких володіє своїми перевагами і недоліками (до недоліків можна віднести високу ціну, що не завжди «по кишені»). Якщо обмежити точність вимірювання частотоміра в межах 2% (що в переважній більшості випадків цілком прийнятно в радіоаматорській практиці), аналоговому частотоміру слід віддати перевагу, як, з точки зору зручності відліку показань, так і завдяки простоті схемного виконання.

Аналоговий частотомір може бути застосованим для регулювання параметрів підсилювачів, налагодження електричних фільтрів акустичних пристроїв та світломузичних установок або використаним, як складова частина більш потужного генератора звукових частот.

Розробка саме такого частотоміра і було наше завдання.

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ АНАЛОГІВ ОБ'ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ

В результаті пошуку у технічній літературі та мережі Інтернет відомих схем частотомірів, які б відповідали параметрам, вказаним в технічному завданні, було вибрано декілька схем аналогічних приладів різного конструктивного і схемотехнічного виконання та вхідними і вихідними параметрами. Більшість із них виконані на основі цифрових мікросхем, деякі реалізовані на напівпровідниково-інтегральній базі, відрізняються технічними параметрами, але є і кілька максимально наближених до пропонованого варіанту.

Для проведення об'єктивного порівняльного аналізу за основу було взято наступне:

- повна відповідність параметрів приладу тим, що вказані у технічному завданні;
- відповідність елементної бази;
- простота схемотехнічного виконання;
- мінімальна вартість (у разі промислового виготовлення).

В першу чергу було звернуто увагу на сучасні електронні цифрові частотоміри промислового виготовлення. В даний час їх є велика кількість, схемотехнічне виконання їх складне, параметри і характеристики високі, але звідси – і їх вартість, яка на сьогодні не є нижчою кількох десятків тисяч гривень.

Із оригінальних авторських розробок заслуговує уваги цифровий частотомір Бірюкова С., схема і конструкція якого опублікована в [1]. Фактично автор зробив спробу розробити частотомір, максимально наближений за параметрами до промислових зразків (див рис.1.1). Прилад може вимірювати частоту періодичних коливань до 180 МГц, вимірювати їх період та тривалість і працювати як лічильник імпульсів. Однак технічна реалізація потребує застосування інтегральних мікросхем різних технологій виготовлення (K155 - ТТЛ, K500 - ЕЗЛ), що тягне за собою різні вимоги до електромонтажу виробу, схема керування складна в налагодженні (що видно з відгуків при повторенні

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

конструкції), до того ж, як вказано у статті, автор не приводить повну схему виробу.

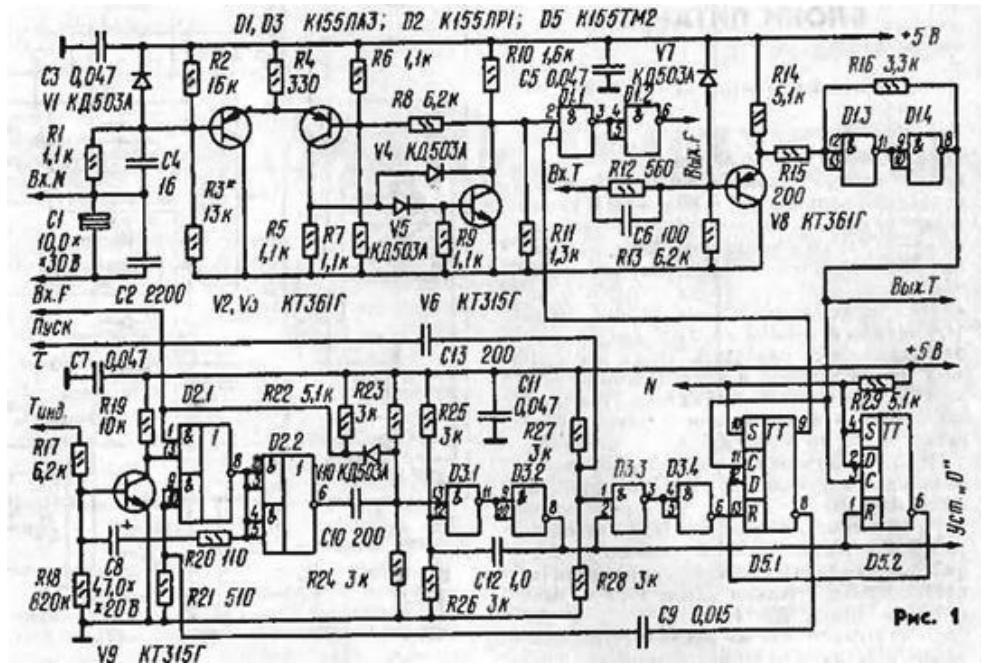


Рис. 1.1. Принципова схема цифрового частотоміра [1]

Іншою цікавою розробкою з конструктивної точки зору є схема цифрового портативного малогабаритного частотоміра [2], принципова схема якого наведена на рис.1.2. Автор розробки спробував створити сучасний малогабаритний вимірювальний прилад, реалізований в основному на інтегральних мікросхемах КМОН, відомих своєю економічністю по живленню в стаціонарному режимі.

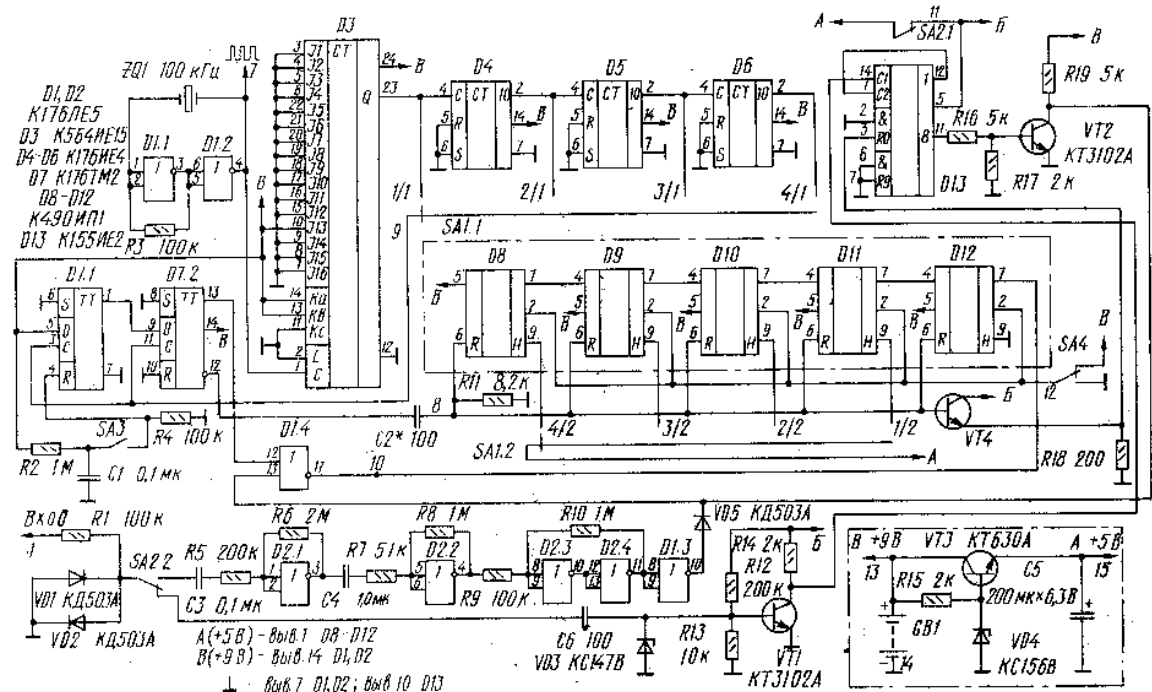


Рис. 1.2. Принципова схема портативного частотоміра [2]

Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Описуваний прилад дозволяє вимірювати частоту електричних коливань до 10 МГц. Чутливість за рівнем вхідного сигналу при вимірюванні частот до 600 кГц – 8 мВ, від 600 кГц до 2,5 МГц - 30 мВ, понад 2,5 МГц - близько 100 мВ. Абсолютна похибка вимірювання частоти в діапазоні 0 ... 20 кГц складає 3 Гц, 20 кГц ... 2 МГц - 10 Гц, понад 2 МГц - 100 Гц. Живлення частотоміра проводиться від батареї "Крона" або "Корунд" напругою 9 В. При вимірах частот до 2,5 МГц струм, споживаний від джерела живлення, не перевищує 5 мА (при вимкненій індикації) або 35 мА (при включеній індикації). При вимірах частот вище 2,5 МГц струм споживання відповідно дорівнює 25 або 60 мА. Тому, якщо частотомір буде використовуватися для вимірювань частот вище 2,5 МГц, доцільно застосовувати більш потужне джерело живлення.

Недоліками даної схеми є використання інтегральних мікросхем різних серій (K176, K490, K564, K155), що ускладнює розробку друкованої плати, бо у цих мікросхем різні вимоги до монтажу (одні – в «отвори», інші – «поверхневі»). Тобто, у виробництві така плата (і друкований вузол) буде низькотехнологічною. Звернемо увагу, що внаслідок відсутності серед мікросхем технології КМОН потрібної для приладу мікросхеми DD13 автору довелося застосовувати мікросхему 155 серії і спеціально для її живлення створювати окрему схему стабілізатора напруги (R15, VD4, VT3). Також зазначимо, що дана схема потребує доробок, які вказані у «ВПР» випуск № 114, недоліком яких є те, що покази – лише в кілогерцах.

У роботі автор [3] запропонував зручний з точки зору експлуатації аналоговий частотомір з автоматичним вибором межі вимірювання.

В даній конструкції вузол нормування імпульсів по тривалості працює в одному діапазоні, а розширення меж вимірювання здійснюється з допомогою попереднього діляника частоти з заданим коефіцієнтом поділу. У цьому випадку повністю відсутні механічні комутації, а наявність однієї часозадаючої ланки дозволяє при мінімальних витратах формувати імпульси з високою часовою та температурною стабільністю. Такий частотомір, будучи відкаліброваним в одній точці будь-якого діапазону, автоматично зберігає калібрування при переході на будь-який інший діапазон. Внаслідок того, що вузол нормування по тривалості

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

працює в одному діапазоні частот, питання автоматизації процесу вимірювання не представляє труднощів при незначному ускладненні схеми частотоміра. Принципова схема наведена на рис.1.3.

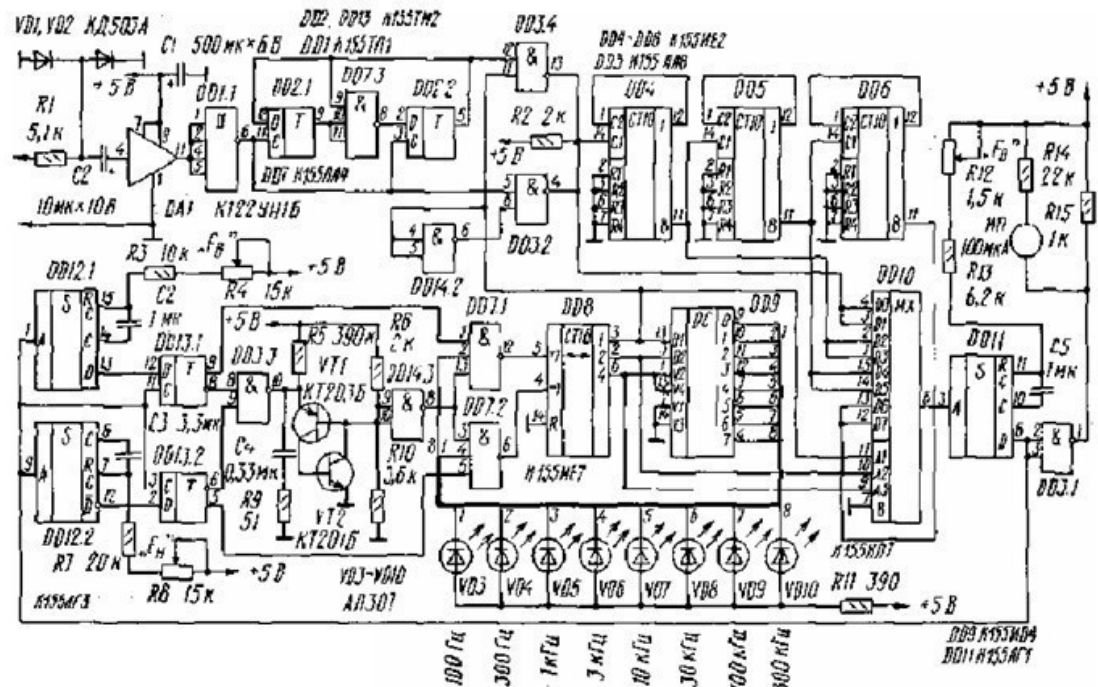


Рис. 1.3. Принципова схема аналогового частотоміра з автоматичним вибором межі вимірювання [3]

Технічні характеристики цього частотоміра наступні: діапазон вимірюваних частот сигналів: 0 ... 300 кГц; кратність шкал діапазонів дорівнює 3 (0...100 Гц і 0...300 Гц); амплітуда вхідного сигналу ($U_{вх}$) більше 100 мВ; вхідний опір ($R_{вх}$) більше 5 кОм; форма вхідної напруги – будь-яка, яка має не більше двох екстремумів за період; споживаний струм ($I_{спож.}$) не більше 0,4 А.

Точність вимірювань в основному визначається типом застосованого вимірювального механізму магнітоелектричної системи.

На двокаскадному інтегральній мікросхемі підсилювачі DA1 виконаний широкосмуговий підсилювач. Діоди VD1 і VD2 призначені для захисту підсилювача від перевантаження по входу. Підсилений сигнал вимірюваної

частоти подається на формувач прямокутних імпульсів, в якості якого використовується тригер Шмітта DD1.1.

Дільник частоти на три виконаний на DD 2.1, DD2 .2 і DD 7.3. На думку автора, запровадження такого дільника дозволяє отримати кратність діапазонів частотоміра рівну трьом, а не десяти, як звичайно, що підвищує точність відліку при роботі частотоміра поблизу нижньої межі вибраного діапазону. Дільник виконаний на двох D-тригерах з динамічним управлінням.

Відсутність механічних комутаційних пристроїв та індикація вибраного піддіапазону є значними перевагами подібних приладів

До переваг також можна віднести співпадання чутливості вхідної напруги на рівні 0,1 В з запропонованим варіантом роботи.

Однак є і деякі особливості цієї схеми. В першу чергу – це схемотехнічне виконання гібридного типу, тобто, вхідний каскад схеми – аналоговий, основна схема – цифрова, індикація – аналогова. Це тягне за собою складність регулювання окремо – цифрової, окремо – аналогової частин схеми. По друге - діапазон частот завищений порівняно з шуканим, тому схема ускладнена і має більше енергоспоживання. Шкала вимірювального механізму містить 100 поділок (градацій), тому вимірювання на піддіапазонах до 300 Гц, до 3кГц, до 30 кГц і до 300 кГц створює незручності відліку або викликає необхідність нанесення додаткової шкали у вимірювальному механізмі – тобто, перевага, про яку говорить автор статті, скоріше носить метрологічний, а не експлуатаційний характер. Також, як правило, подібні вимірювальні схеми працюють автоматично, а в даній конструкції передбачаються 3 оперативні регулювання (R4, R8, R12) в процесі вимірювань.

Простішим в схемотехнічному виконанні є аналоговий частотомір, [4].

Він розрахований на роботу в діапазоні частот від 100 Гц до 10 МГц. Форма вхідного сигналу може бути будь якою, амплітуда - 0.5 ... 5 вольт. Вхідний опір приладу близько 80 Ом. Максимальна похибка вимірювання - 100 Гц. При живленні від мережі змінного струму споживана потужність не перевищує 2 Вт. Принципова схема наведена на рис.1.4.

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

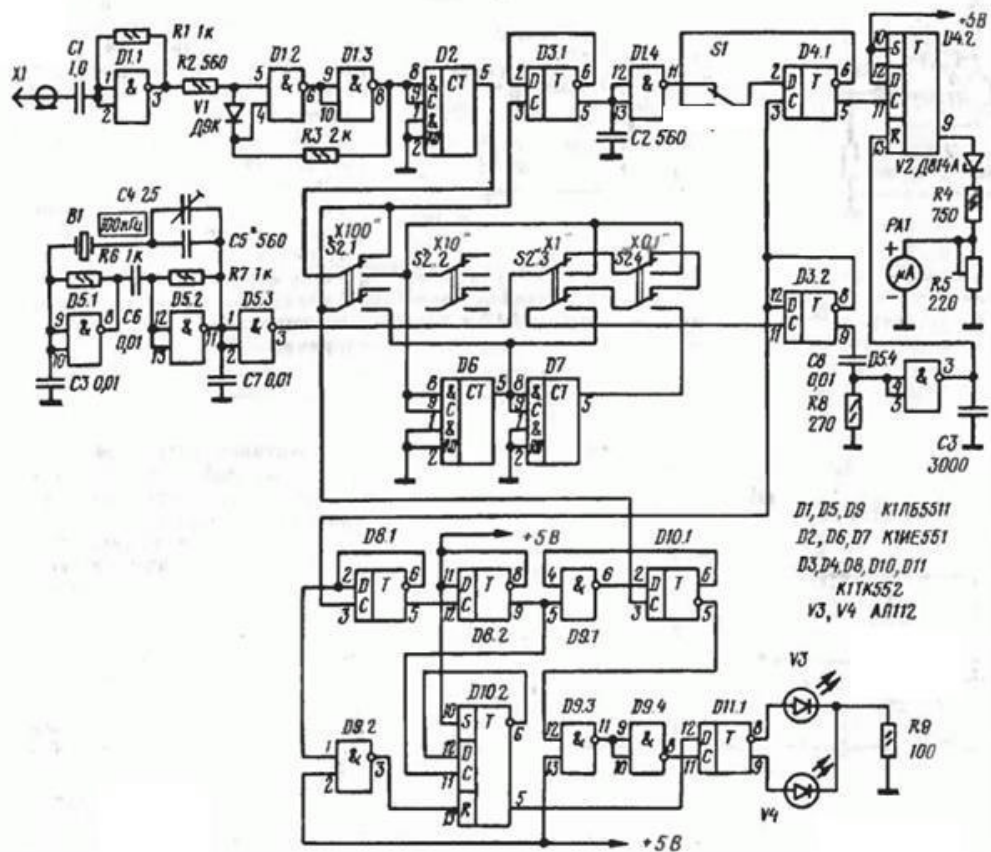


Рис. 1.4. Принципова схема аналогового частотоміра [4].

Сигнал вимірюваної частоти надходить на вхідний перетворювач, де він перетворюється в прямокутні імпульси (Рис. 4). Він зібраний на елементах D1.1, D1.2 і D1.3. Елемент D1.1 включенням резистора R1 переведений в режим підсилювача, а на елементах D1.2 і D1.3 виконаний пороговий елемент. Для чіткого спрацювання порогового елемента при синусоїдальному вхідному сигналі між входами 4 н 5 елемента D1.2 включений діод V1. На елементах D2, D6, D7 зібраний блок подільників частоти, причому в залежності від обраного піддіапазону вимірювань подільники вмикаються або в ланцюг вимірюваної частоти, або в ланцюг опорної, так що на вхід тригера D4.1, що виконує роль змішувача, надходять сигнали частот одного порядку, що усуває неоднозначність вимірювань. Для стійкої роботи змішувача необхідно, щоб на його вхід надходили імпульси із скважністю 2. Пристроєм для формування таких імпульсів служить тригер D3.1. На тригері D4.2 і елементі D5.4 виконаний формувач прямокутних імпульсів каліброваної амплітуди і тривалості, необхідних для нормальної роботи конденсаторного частотоміра.

Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

KPM.EC.9961480.01.000 ПЗ

Арк.

13

На елементах D5.1 і D5.2 зібраний кварцовий генератор, елемент D5.3 - буферний. Конденсаторами C4 і C5 частота генерації встановлюється точно дорівнює 100 кГц. Конденсатори C3 і C7 пригнічують гармоніки вищих частот. Функції формувача D7 виконують елементи D4.2 і D5.4. Резисторами R4 і R5 встановлюють повне відхилення стрілки вимірювального прибору при максимальній для даного піддіапазону частоті. Схема індикації прямої і зворотної шкали стрілочного індикатора виконано на елементах D9.1 - D9.4, D8.1, D8.2. D10.1, D10.2 і D11.1. Безпосередньо індикація здійснюється за допомогою світлодіодів V3 і V4.

Робота з приладом має деякі особливості. Перед початком вимірювань перевіряється його калібрування, для чого натискають на кнопку S1, переводячи тригер D4.1 в режим розподілу частоти на два, і змінним резистором R5 встановлюють стрілку на останню поділку шкали. Одного разу відкалібрований частотомір практично не вимагає калібрування при наступних вимірах. Напругу вимірюваної частоти подають на вхід приладу, Послідовно натискаючи на кнопки «X100», «X10», «X1» і X0.1», відраховують на стрілочному приладі спочатку одиниці мегагерц, потім сотні кілогерц, десятки кілогерц і, нарешті, одиниці кілогерц і сотні герц.

Наявність кварцового генератора забезпечує високу точність вимірювань, однак вона ще залежить і від класу точності застосованого вимірювального механізму, і від способу вимірювання, покладеного в основу схеми.

Очевидною невідповідністю технічному завданню є завищені нижня та верхня межі вимірювання частоти (100 герц при потребі – від 10 та стократно перевищення верхньої межі).

Значно простішою є схема аналогового частотоміра, опублікована у [5]. Цей частотомір дозволяє вимірювати частоту періодичних сигналів напругою 1,8 ... 5 вольт в діапазоні частот 20 ... 20 000 Гц. Його основою є тригер Шмітта, зібраний на елементах DD1.1 і DD1.2, і очікувальний мультивібратор на елементах DD1.3 і DD1.4. Принципова схема наведена на рис.1.5. Простий аналоговий частотомір [5]

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

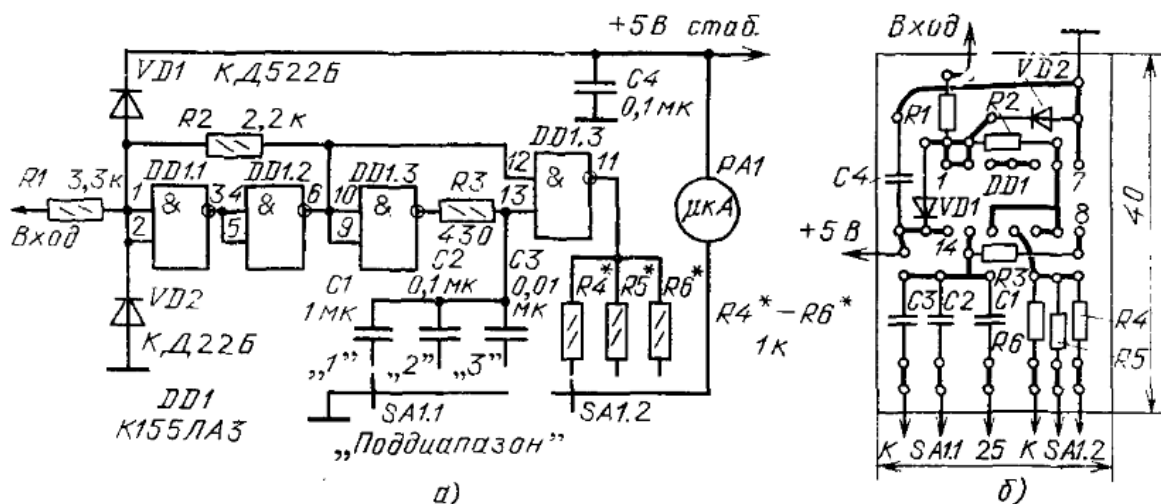


Рис. 1.5. Принципова схема простого аналогового частотомера [5].

На вхід частотомера через резистор R1 поступає сигнал, форма якого в загальному випадку не є прямокутною. Тригер Шмітта перетворює його в імпульси прямокутної форми з крутими фронтами і з тією ж частотою повторення, але стабільною амплітудою. Але тривалість імпульсів буде залежати від амплітуди вхідного сигналу, тому для використання в процесі вимірювання вони не придатні. Через це їх використовують для запуску очікувального мультивібратора, на виході якого формуються стабільні по амплітуді і тривалості імпульси з частотою слідування, рівній частоті вхідного сигналу. Ці імпульси і використовуються для вимірювання частоти, для чого їх подають на інтегруючий вимірювальний прилад, функцію якого виконує мікроамперметр PA1. Необхідний піддіапазон вимірюваних частот встановлюють перемикачем SA1. Діоди VD1, VD2 обмежують вхідний сигнал до напруги 5 вольт. Тривалість імпульсів очікувального мультивібратора визначається номіналами резистора R3 і конденсаторів C1 - C3. Резистори R4 - R6 призначені для градуювання шкали частотомера. Мікроамперметр PA1 – типу M261M або M24 на струм повного відхилення стрілки вимірювального механізму 200 мкА.

Недоліками даної схеми є невідповідність чутливості схеми (1,8 вольт при пропонованій не менше 0,1 вольт) для сигналів різної полярності, схемотехнічне виконання гібридного типу, значна невідповідність частотного діапазону та те, що типова похибка для даного частотомера складатиме не менше 10 %.

Зовсім простим за конструкцією і схемотехнікою є простий аналоговий частотомір, описаний у [книзі автора 6].

Прилад зібраний на одновібраторі – мікросхемі К155АГ1 (Рис. 6). Цей частотомір має чотири піддіапазони 10 ... 100 Гц, 100 ... 1000 Гц, 1 ... 10 кГц, 10 ... 100 кГц, але в нього можна ввести і п'ятий - до 1 МГц, додавши відповідний часозадаючий конденсатор. Принципова схема наведена на рис. 1.6.

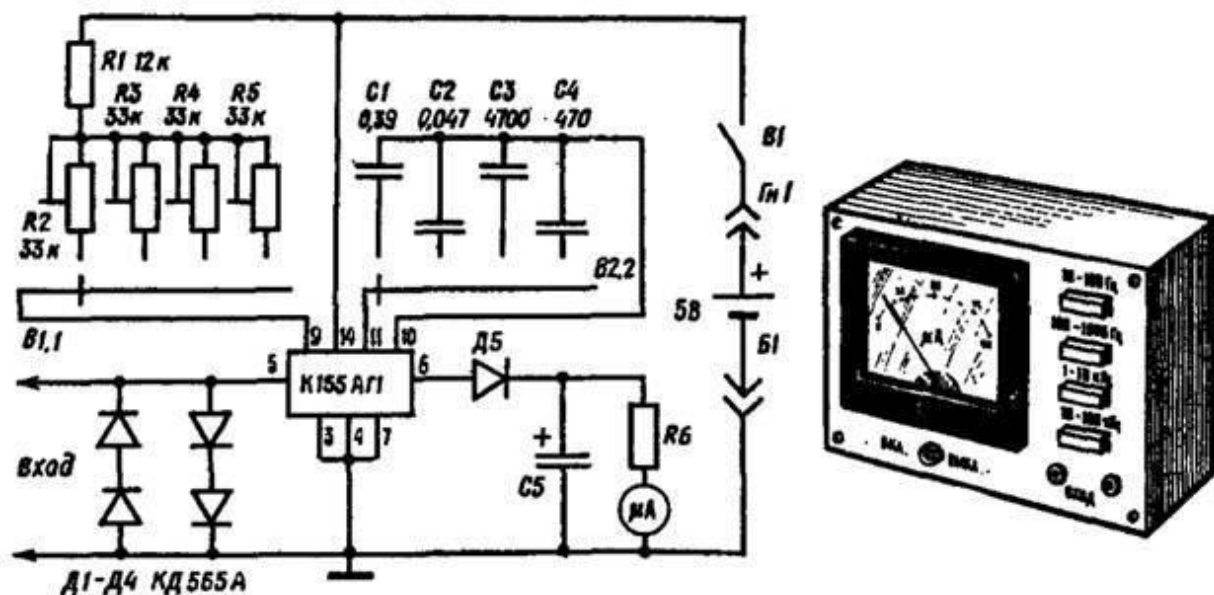


Рис. 1.6. Принципова схема та зовнішній вигляд простого аналогового частотоміра [6]

Тривалість імпульсів, що генеруються одновібратором, визначається конденсаторами С1 - С4 і резисторами R1 - R5 (в залежності від піддіапазону), а частота їх повторення - частотою вхідного сигналу. Через діод Д5 імпульси надходять на конденсатор С5, напруга на якому буде пропорційна частоті вхідного сигналу.

Ця напруга вимірюється приладом магнітоелектричної системи. Діоди Д1- Д4 (будь-які кремнієві високочастотні будь-які, наприклад КД503А) захищають вхід мікросхеми від перевантажень. Номінали конденсатора С5 і резистора R6 залежать від струму повного відхилення мікроамперметра. При струмі 100 мкА вони становлять 2 мкФ і 39 кОм, а при струмі 500 мкА - 15 мкФ і 6,8 кОм. Часозадаючі конденсатори можуть мати розкид до 20% від зображених на схемі значень, він буде компенсований підстроювальними резисторами. Від

температурної і тимчасової стабільності цих конденсаторів залежить, точність вимірювань.

Налагодження приладу зводиться до установки, на кожному піддіапазоні одним з підстроювальних резисторів R2-R5, стрілки мікроамперметра на останню поділку шкали при подачі на вхід еталонних частот, що відповідають верхній частоті вимірювань для кожного піддіапазону.

Даний прилад є структурно спрощеним та максимально наближеним до пропонованого варіанту. Також зазначу, що 4 піддіапазони повністю співпадають із піддіапазонами в запропонованому варіанті.

Недоліками даної схеми є те, що вхідна напруга повинна бути не менше ніж рівень ТТЛ (мін. 3,5 вольт, а потрібно 0,1 вольта). Крім того, застосовано живлення батарейного типу і від ступеня його розряду залежатиме точність вимірювання.

Для ознайомлення наводимо порівняльну таблицю основних технічних параметрів аналогів.

Таблиця 1.1

Порівняльна таблиця основних технічних параметрів аналогів

	Пропонований варіант роботи	Аналог 1	Аналог 2	Аналог 3	Аналог 4	Аналог 5	Аналог 6
Частотний діапазон	10Гц-100кГц	10Гц- 180 МГц	10Гц- 100 МГц	10Гц- 300 кГц	100Гц- 10 МГц	20Гц- 20кГц	10Гц- 100 кГц
Чутливість	0,1 В	0.6-5В	0,8 мВ	0,1 В	0.5-5 В	1,8-5 В	3,5 В

Отже, як бачимо, кожна із розглянутих схем частотомірів має свої переваги; але їх безпосередньо не можна взяти за основу, зважаючи на розбіжності в параметрах приладів і вимог технічного завдання. Тому в даній роботі пропонується схема аналогового частотоміра, яка повністю задовольняє вимогам поставленого технічного завдання та володіє такими перевагами, як: єдність схемотехнічного рішення стосовно елементної бази, її доступності; підвищена точність вимірювань (5%) порівняно з аналогічними зразками ($\approx 10\%$) за рахунок

застосування вимірювання на окремих піддіапазах, точності підбору частото задаючих елементів та стабілізації напруги джерела живлення; можливість спостереження динаміки процесу плавного налаштування частоти, що є однією з найбільших переваг аналогового частотоміра над цифровим; простота виготовлення та можливість вбудови частотоміра, як модуля у більш складний радіотехнічний пристрій; низьке енергоспоживання на рівні 10 - 15 мА (в той час як цифрові схеми споживають 0,3 – 0,6 ампер при напрузі живлення 5 вольт). У випадку промислового освоєння собівартість такого частотоміра надзвичайно низька. До того ж, практично жодна схема-аналог не має такої чутливості, як пропонований варіант роботи.

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

2 ПРОЕКТНО - КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розробка структурної схеми

На підставі аналізу технічного завдання, відповідно до аналізу роботи пристрою, можна побудувати наступну структурну схему рис. 2.1 та схему.

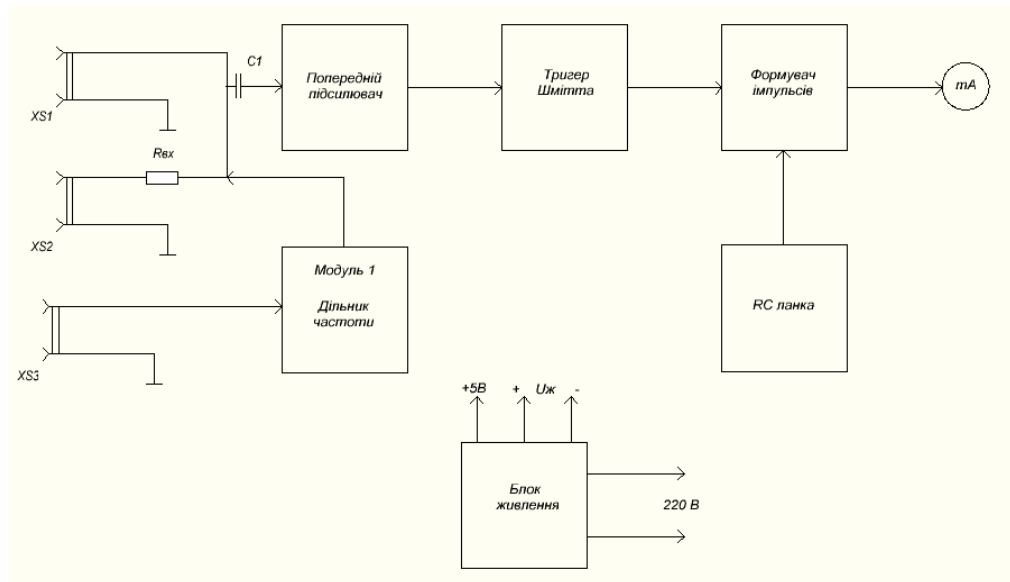


Рис. 2.1. Структурна схема пристрою

На схемах видно, що аналоговий частотомір складається з вхідного опору $R_{вх}$, модуля 1 дільника частоти, фільтруючого конденсатора $C1$, попереднього підсилювача, тригера Шмітта, формувача імпульсів, RC ланки та блок живлення. Суцільні лінії зі стрілками визначають напрями слідування сигналів.

2.2 Розробка принципової схеми

У відповідності до структурної схем розробляється схема електрична принципова.

Вибір елементної бази здійснюється на основі схеми електричної принципової з урахуванням вимог вказаних в технічному завданні. Експлуатаційна надійність елементної бази в основному визначається правильним вибором типу елементів при проектуванні і при використанні в режимах, які не перевищують максимально допустимі.

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Критеріями вибору електрорадіоелементів (далі ЕРЕ) є відповідність технічних та експлуатаційних характеристик ЕРЕ заданим умовам експлуатації.

Схема електрична принципова визначає повний склад елементів і зв'язків між ними та дає детальне представлення про принципи роботи (див рис. 2.2). На ній зображують всі електричні з'єднання та елементи чи пристрої, необхідні для здійснення в приладах заданих електричних процесів всіх електричних зв'язків, які закінчуються вхідними і вихідними ланцюгами.

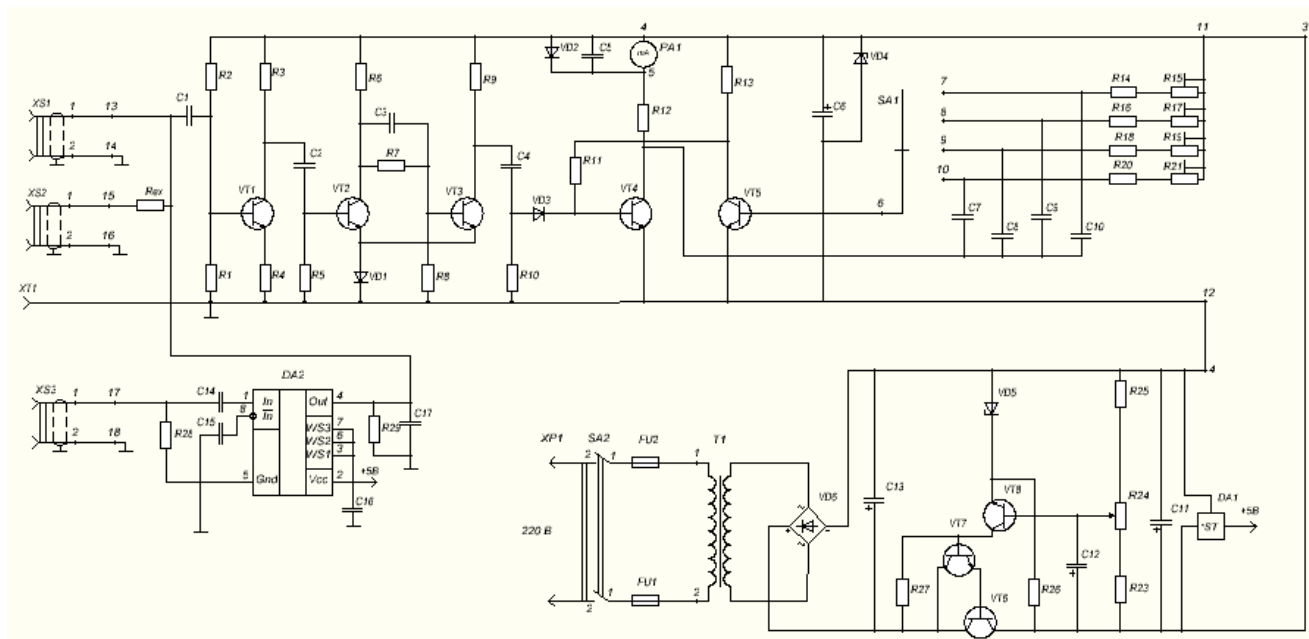


Рис. 2.2. Схема електрична принципова пристрою

Принцип дії пристрою

На транзисторі VT1 зібраний підсилювач змінного струму. Підсилений сигнал надходить на тригер Шмітта, зібраний на транзисторах VT2 і VT3. При відсутності вхідного сигналу перший транзистор закритий, а другий відкритий за рахунок подачі позитивного зміщення через резистори R6 - R8. Емітерний струм другого транзистора протікає через діод VD1, включений в ланку емітерів обох транзисторів, і спад напруги на цьому діоді, рівне 0,5 - 0,7 В, викликає закривання першого транзистора.

Коли позитивна півхвиля вхідного сигналу на базі транзистора VT2 перевищить спад напруги на діоді VD1, транзистор VT2 відкриється, напруга на його колекторі різко зменшиться і транзистор VT3 закриється. При подачі

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

позитивної півхвилі синусоїдної напруги або імпульсу позитивної полярності на базу транзистора VT2 останній знову закриється, а другий відкриється. Тим самим в колекторній ланці транзистора VT3 формується імпульс позитивної полярності з дуже крутими фронтами.

Позитивний імпульс, що знімається з виходу диференціальної ланки С4R10 запускає мультивібратор з одним стійким положенням рівноваги, зібраний на транзисторах VT4 і VT5. Цей мультивібратор формує імпульси стандартної амплітуди і тривалості, які не залежать від параметрів вхідних сигналів. Протягом всього часу формування транзистор VT4 відкритий і через рамку стрілочного приладу і додатковий резистор R12 протікає струм. Одночасно заряджається і конденсатор С5. У проміжку між імпульсами цей конденсатор повністю розряджається через діод VD2. Середнє значення струму, що протікає через стрілочний вимірювальний прилад при фіксованій амплітуді і тривалості імпульсів мультивібратора залежить від частоти вхідного сигналу. Конденсатори С7 – С10 і резистори R14 – R21 визначають тривалість генерованих імпульсів цього мультивібратора на кожній межі вимірювання частоти.

За допомогою підстроювальних резисторів R15, R17, R19 і R21 здійснюється калібрування вимірювача при налагодженні приладу. У розглянутій конструкції застосовані транзистори типу КТ315 з коефіцієнтом β , рівним 20 – 40. Всі постійні резистори - типу МЛТ –0,25, підстроювальні резистори - типу СПЗ-16, конденсатори - типу МБМ і КСВ. В якості стрілочного приладу можна застосувати мікроамперметр або міліамперметр типу М-24 з струмом повного відхилення 500 мкА - 2 мА; причому опір резистора R12 вибирають таким, щоб сумарний опір рамки приладу і цього резистора складав $1,3 \pm 0,1$ кОм. Як перемикач піддіапазонів SA1 можна застосувати як кнопковий перемикач типу П2-К з чотирма залежними кнопками, так і перемикач галетного типу 4П1Н-ПМ. Вимикачем живлення SA2 може служити будь-який малогабаритний тумблер.

Модуль 1 – являє собою дільник частоти на 10, який реалізований на мікросхемі MC12080, з обв'язкою С14-С16 та R28, R29.

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

2.3. Розрахунок режимів роботи елементів

Розрахунок параметрів елементів підсилювального каскаду

Для проведення розрахунку необхідні початкові дані. Вся схема аналогового частотоміра живиться стабілізованою напругою. Рівень напруги визначається застосованим стабілітроном Д814А, у якого напруга стабілізації знаходиться в межах 7...8,5 вольт (типове значення 7,7 вольт).

Вхідні періодичні сигнали можуть мати амплітуди від +50 мілівольт до -100 мілівольт в діапазоні частот 10 Гц...100 кГц. Підсилювальний каскад повинен забезпечити нормальну стабільну роботу наступного за ним тригера Шмітта, для чіткого спрацювання якого вхідний сигнал (а, отже, вихідний сигнал підсилювача) повинен мати амплітуду 3...5 вольт (приймаємо 5 вольт).

З точки зору технологічності виробу слід вибирати однотипну елементну базу для побудови каскадів схеми. В даному випадку потрібні біполярні транзистори однаково придатні для роботи як в підсилювальних, так і в імпульсних каскадах, з відповідними частотними параметрами і невисокої собівартості. З цієї точки зору вибираємо біполярний транзистор КТ 312А.

Тобто, виконуються наступні умови:

$$f_{гр} > \frac{f_{роб макс}}{0,2} = \frac{100\,000}{0,2} = 500 \text{ (кГц)}$$

$$U_{ке макс} \geq (1,5 \dots 2)U_{ж} = 15,4 \text{ (В)}$$

Режим по постійному струму каскаду підсилення, в якому транзистор увімкнутий по схемі із загальним емітером, визначається струмом бази $I_{Б рт}$, струмом колектора $I_{К рт}$ та напругами база-емітер $U_{БЕ рт}$ і колектор-емітер $U_{КЕ рт}$. Ці параметри визначають по вхідних і вихідних характеристиках транзистора.

Для того, щоб каскад міг підсилювати різнополярні сигнали, його підсилювальний елемент повинен працювати в режимі класу А (із зміщенням). Таке зміщення задають резистори R1 і R2, які утворюють подільник напруги живлення і створюють напругу зміщення на базі ($U_{БЕ рт}$). В каскаді застосовано

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

також емітерну стабілізацію робочої точки для стійкої роботи при можливих змінах температури оточуючого середовища.

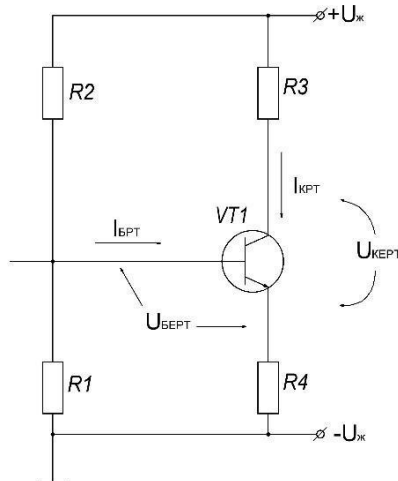


Рис. 2.3. Ділянка електричної схеми попереднього підсилювача

Вибираючи напругу зміщення слід враховувати діапазон зміни вхідного сигналу і величину бар'єрної напруги базово - емітерного переходу транзистора.

На вхідній характеристиці КТ312 знаходимо точку, яка відповідає необхідному рівню зміщення:

$$U_{БЕРТ} = U_B + |U_{вх\min}| \approx 0,6 + 0,1 = 0,7 \text{ (В)}$$

Цій напрузі відповідає струм бази $\approx 0,3 \text{ мА}$ ($I_{БРТ}$).

Взявши до уваги мінімальне значення коефіцієнта передачі струму $h_{21E}=20$ визначаємо струм колектора $I_{КРТ}$:

$$I_{КРТ} = h_{21E\min} \times I_{БРТ} = 20 \times 0,3 \times 10^{-3} = 6 \times 10^{-3} \text{ (А)} = 6 \text{ мА}$$

Критерієм правильного вибору робочої точки є напруга U_{KE} транзистора на рівні $0,5 U_{ж}$. Колекторна ланка при заданому режимі зміщення складається з послідовно увімкнених по відношенню до напруги живлення резистора R3, колекторно-емітерного переходу VT і резистора R4.

Опір резистора R4 для малопотужних каскадів вибирають по умові:

$$R4 = \frac{(0,05...0,15) \times U_{ж}}{I_{К\min}}$$

Струм $I_{K \min}$ визначається наступним чином. При мінімальній вхідній напрузі (-0,1 Вольт) робоча точка зміщується вниз, що відповідає зменшенню струму бази до 0,1 мА (див. характеристику). Отже,

$$I_{K \min} = h_{21E} \times I_{B \min} = 20 \times 0,1 \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-3} (\text{А}) = 2 \text{ мА}$$

Аналогічно, при максимальній вхідній напрузі (+50 мВ) робоча точка зміщується вгору. Максимальний струм колектора становитиме (при $I_B = 0,4 \text{ мА}$):

$$I_{K \max} = h_{21E} \times I_{B \max} = 20 \times 0,4 \times 10^{-3} = 8 \times 10^{-3} (\text{А}) = 8 \text{ мА}$$

Визначимо опір резистора R4:

$$R4 = \frac{0,05 \times U_{\text{ж}}}{I_{K \min}} = \frac{0,05 \times 7,7}{2 \times 10^{-3}} = \frac{0,385}{0,002} = 192,5 (\text{Ом})$$

Найближче стандартне значення опору: 200 Ом

Потужність, яку розсіюватиме цей резистор:

$$P_{R4} = I_{K \min}^2 \times R4 = (2 \times 10^{-3})^2 \times 200 = 4 \times 10^{-6} \times 200 = 8 \times 10^{-6} (\text{Вт})$$

обто, практично потужність резистора слід вибирати не за реально розсіювальною потужністю, а з технологічних міркувань, тобто, 0,125 Вт.

При проходженні струму через цей резистор на ньому буде спад напруги:

$$U_{R4} = I_{K \min} \times R4 = 2 \times 10^{-3} \times 200 = 0,4 (\text{В})$$

Отже, якщо $U_{R4} = 0,4$ вольт; $U_{KE PT} = 0,5 \times U_{\text{ж}} = 0,5 \times 7,7 = 3,85 (\text{В})$, то на R3 буде напруга:

$$U_{\text{ж}} = U_{R3} + U_{KE PT} + U_{R4}$$

$$U_{R3} = U_{\text{ж}} - U_{KE PT} - U_{R4} = 7,7 - 3,85 - 0,4 = 3,45 (\text{В})$$

Звідси опір резистора R3:

$$R3 = \frac{U_{R4}}{I_{K PT}} = \frac{3,45}{6 \times 10^{-3}} = 575 (\text{Ом})$$

Найближче стандартне значення 620 Ом.

Потужність розсіювана цим резистором:

$$P_{R3} = I_{K \min}^2 \times R3 = (2 \times 10^{-3})^2 \times 620 = 2,5 \times 10^{-5} (\text{Вт})$$

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Тобто, як і у попередньому випадку, вибираємо потужність резистора з чисто технологічних міркувань (0,125 Вт).

Резистори R1 і R2, що задають робочу точку транзистора, повинні вибиратись з умов:

$$R1 = \frac{U_{ж} - U_{BE PT}}{I_{под} + I_{B PT}}; \quad R2 = \frac{U_{BE PT}}{I_{под}}$$

де $I_{под}$ – струм подільника, який потрібно задати на рівні $I_{под} = (0,5 \dots 2,0) I_{B макс}$, менший струм подільника забезпечує більші значення номінальних опорів резисторів подільника. Особливо це важливо для R2 – фактично він визначає вхідний опір підсилювача. Тому для розрахунку вибираємо коефіцієнт 0,5.

$$\text{Отже, } I_{под} = 0,5 \times I_{B макс} = 0,5 \times 0,4 \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-3} \text{ (A)}$$

$$R1 = \frac{7,7 - 0,7}{2 \times 10^{-3} + 0,3 \times 10^{-3}} = \frac{7}{2,3 \times 10^{-3}} = 3,043 \times 10^3 \text{ (Ом)}$$

$$R2 = \frac{0,7}{2 \times 10^{-3}} = 0,35 \times 10^3 = 350 \text{ (Ом)}$$

Вибираємо і в цьому випадку стандартні потужності 0,125 Вт.

Визначимо коефіцієнт підсилення каскаду та рівень вихідної напруги. Амплітуда вихідного сигналу:

$$U_{вих} = I_{K мин} \times R3 = 8 \times 10^{-3} \times 620 = 4960 \times 10^{-3} = 4,96 \approx 5 \text{ (В)}$$

Тобто, вимоги щодо рівня вихідної напруги дотримані.

Коефіцієнт підсилення каскаду складає:

$$K_u = \frac{U_{вих}}{U_{BE мин}} = \frac{5}{0,05} = 100$$

В конструкції частотоміра застосовано виключно напівпровідникову елементну базу, включаючи джерело живлення. Такий підхід дозволяє більш точно регулювати режими роботи окремих каскадів і забезпечити необхідні параметри пристрою. Незважаючи на те, що виріб є вимірювальним приладом в ньому відсутні прецизійні елементи. Це полегшить організацію його виробництва і, звичайно, вплине на собівартість.

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Розрахунок параметрів елементів тригера Шмітта

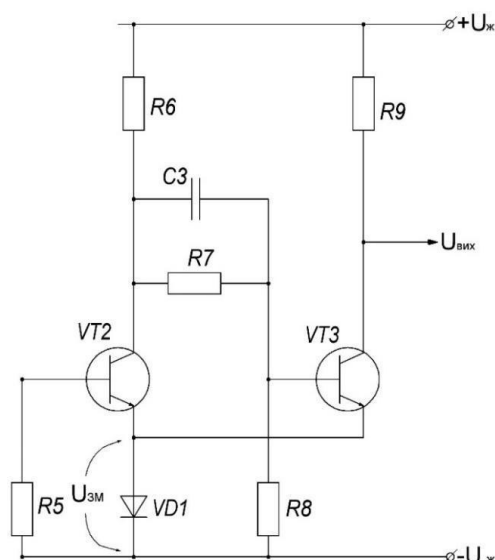


Рис. 2.4. Ділянка електричної схеми тригер Шмітта

Дана схема тригера Шмітта має наступні особливості. Початковий стан його є таким, що транзистор VT2 закритий, а VT3 – відкритий і насичений. На відміну від класичної схеми, в якій застосовується резистор, спільний для обох емітерів транзисторів, в даній схемі застосований прямо зміщений напівпровідниковий діод. Тому незалежно який із транзисторів буде відкритий і насичений – VT2 чи VT3 – через діод VD1 протікатиме струм і спад напруги на діоді ($\approx 0,7$ вольт) визначатиме потенціал обох емітерів транзисторів. Крім того, діод у емітерному колі виступає як елемент термостабілізації режиму роботи по постійному струму (з підвищенням температури спад напруги на діоді трохи знижується). Струм через діод повинен бути однаковим при будь-якому відкритому транзисторі, а оскільки в цьому випадку струм визнається в основному опором резистора в колі колектора, то в даній схемі опори R6 і R9 мають однакове значення. В типових розрахунках параметрів елементів тригера Шмітта фігурують струм через спільний емітерний резистор і величина його опору. В даному випадку слід брати до уваги діод як джерело постійної напруги (напруги зміщення), яка задає потенціали емітерів. Струм через діод не повинен бути великим, щоб не викликати нагрів кристалу. Як правило, його вибирають на рівні $\approx 0,1 I_{\text{пр макс}}$.

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

За час дії додатної півхвилі вхідного сигналу тригер Шмітта повинен сформувати імпульс прямокутної форми на виході і повернутись в початковий стан.

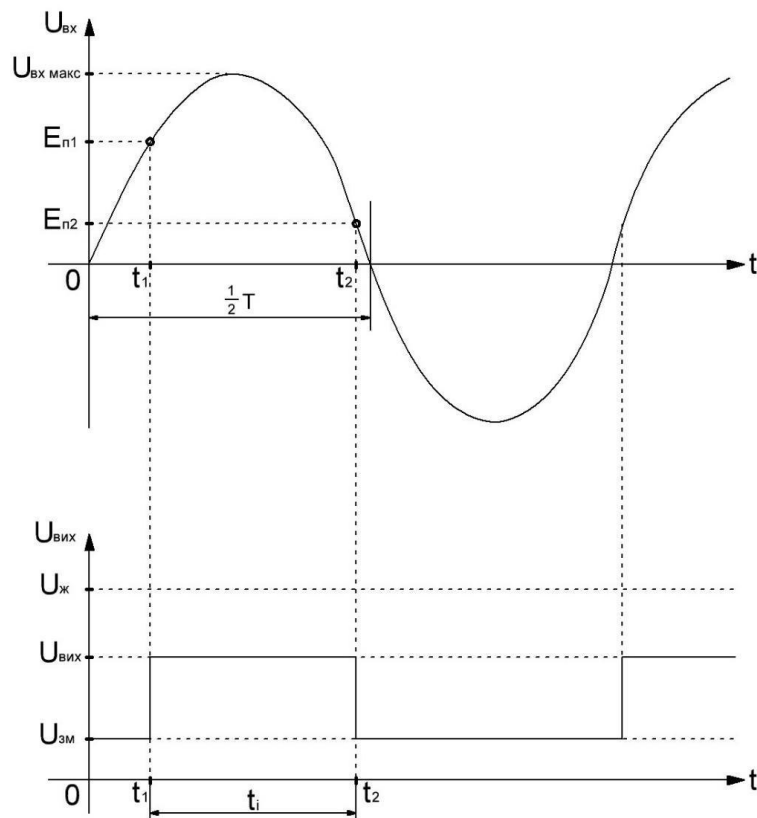


Рис. 2.5. Графік спрацювання тригера Шмітта

Як видно з графічної побудови, тривалість вихідного імпульсу менша, ніж півперіод вхідного сигналу синусоїдної форми в загальному випадку:

$$\frac{1}{2} T = (1,2 \dots 1,6) t_i; \quad T = \frac{1}{f_{\text{Вх макс}}}$$

де менший коефіцієнт вибирають для більш високочастотних сигналів. За умовою завдання максимальна частота вхідних періодичних сигналів 100 кГц. Отже, прийнявши для розрахунку коефіцієнт 1,6 визначимо тривалість вихідного імпульсу:

$$t_i = \frac{0,5 T}{1,2} = \frac{0,5 \times 10^{-5}}{1,6} \approx 0,3 \times 10^{-5} (\text{с}) = 3 \times 10^{-6} (\text{с}) = 3 \text{ мкс}$$

Визначимо рівні спрацювання і відпускання тригера, взявши до уваги вхідний сигнал, який формує для тригера попередній підсилювач ($U_{\text{Вх макс}} = 5$ вольт).

Взявши до уваги величину півперіоду вхідного сигналу ($0,5T$) та визначену тривалість вихідного сигналу t_i ($\approx 0,3T$) задамо момент спрацювання t_1 як $0,15 \frac{T}{2}$, а момент t_2 – як $0,05 \frac{T}{2}$ (тобто, співвідношення часових проміжків $[0 \dots t_1]$ і $[t_2 \dots 0,5T]$ як 2:1).

Для синусоїдального вхідного сигналу запишемо:

$$E_{п1} = U_m \times \sin \omega t_1 \approx U_m \times \omega t_1$$

де $E_{п1}$ – перший пороговий рівень.

Для другого порогового рівня:

$$E_{п2} = U_m \times \sin \omega \left[\frac{T}{2} - (t_1 + t_i) \right] \approx U_m \times \omega [0,5T - (t_1 + t_i)]$$

$$E_{п1} = U_m \times \omega t_1 = 5 \times 2 \times 3,14 \times \frac{1}{T} \times 0,15 \times 0,5T = 5 \times 2 \times 3,14 \times 0,15 \times 0,5 =$$

$$= 2,355 \text{ (В)} \approx 2,4 \text{ вольти}$$

$$E_{п2} = U_m \times \omega [0,5T - (t_1 + t_i)] =$$

$$= 5 \times 2 \times 3,14 \times \frac{1}{T} \times [0,5T - (0,15 \times 0,5T + 0,3 \times 10^{-5})] =$$

$$= 31,4 \times \frac{1}{10^{-5}} \times [0,5 \times 10^{-5} - (0,075 \times 10^{-5} + 0,3 \times 10^{-5})] =$$

$$= 31,4 \times \frac{1}{10^{-5}} \times [0,5 \times 10^{-5} - 0,375 \times 10^{-5}] =$$

$$= 31,4 \times \frac{1}{10^{-5}} \times 0,125 \times 10^{-5} = 3,9 \text{ (вольт)}$$

Напруга живлення є спільною для всіх вузлів частотоміра і становить 7,7 вольт.

Вихідна напруга (амплітуда вихідного сигналу) залежить від потенціалів колектора VT3 у відкритому і закритому станах. У закритому стані потенціал колектора практично рівний величині напруги живлення (7,7 В). У відкритому стані слід взяти до уваги спад напруги на К-Е переході VT3 і потенціал його

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

емітера, що створює діод VD1. Тому в цьому випадку

$$U_K = U_{\text{ж}} - U_{\text{VD}} - U_{\text{KE}} = 7,7 - 0,7 - 0,6 = 6,4 \text{ (вольт)}.$$

Вибір транзисторів для схеми тригера Шмітта взагалі вибирають по умові:

$$U_{\text{КБ}} > U_{\text{ж}}$$

$$f_{\alpha} > (3 \dots 5) f_{\text{ВХ}},$$

де $f_{\text{ВХ}}$ – максимальне значення частоти вхідного періодичного сигналу;

$f_{\text{ВХ}}$ – гранична частота підсилення транзистора;

$U_{\text{КБ}}$ – максимально допустима напруга К-Б транзистора.

Параметри транзистора КТ312 забезпечують обидві умови. Для схеми тригера Шмітта можна було б вибрати інший тип транзисторів (більш низькочастотних). Але, як уже наголошувалось, з міркувань технологічності для всіх каскадів частотоміра вибрано транзистори одного типу.

Для правильного вибору колекторного навантаження транзистора VT3 потрібно забезпечити наступні вимоги:

- Колекторний струм насиченого транзистора не повинен перевищувати допустимого струму колектора ($i_K < i_{\text{К доп}}$);
- Для усунення впливу зворотного струму транзистора при його закриванні необхідно, щоб опір резистора у колі його колектора (R9) мав величину:

$$R9 \geq \frac{U_{\text{ж}} - E_{\text{п1}}}{I_{\text{К БО}}}$$

- Для усунення впливу ємності колекторного переходу при перемиканні транзистора необхідно, щоб опір резистора R9 задовільняв умові:

$$R9 \leq \frac{1,2}{2\pi f C_K}$$

Максимально допустимий струм колектора транзистора КТ312 становить 100 мА, ємність колекторного переходу – 7 пФ, зворотний струм колектора – 1 мкА.

Для забезпечення умови по зворотному струму:

$$R9 \geq \frac{U_{\text{ж}} - E_{\text{п1}}}{I_{\text{К БО}}} = \frac{7,7 - 2,4}{1 \times 10^{-6}} = \frac{5,3}{10^{-6}} = 5,3 \times 10^{-6} \text{ (Ом)}$$

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Однак відразу зауважимо, що дуже великий опір колекторного навантаження сильно знижує швидкодію каскаду при перехідних процесах.

Для забезпечення умови компенсації впливу ємності колекторного переходу;

$$R9 \leq \frac{1,2}{2\pi f C_k} = \frac{1,2}{2 \times 3,14 \times 10^5 \times 7 \times 10^{-12}} = \frac{1,2}{6,28 \times 7 \times 10^{-7}} = 2,7 \times 10^4 \text{ (Ом)}$$

Велике значення опору пояснюється застосуванням високочастотного транзистора з малою бар'єрною ємністю, порівняно із низькочастотними.

У відкритому і насиченому стані струм колектора транзистора практично рівний струму емітера, а струм емітера проходить через діод VD1. Максимально допустимий прямий струм діода Д220 становить 50 мА. Взявши до уваги рекомендацію $i_d \approx 0,1 I_{\text{пр макс}}$ (а це приблизно 5 мА) задамо такий же струм колектора VT3. Тоді

$$R9 \geq \frac{U_{\text{ж}} - E_{\text{п1}}}{I_k} = \frac{7,7 - 2,4}{5 \times 10^{-3}} = \frac{5,3}{5} \times 10^3 = 1,06 \times 10^3 \text{ (Ом)}$$

Приймаємо опір резистора R9 1 кОм.

Оскільки і для відкритого транзистора VT2 повинна виконуватись умова допустимого рівня струму через діод, то і опір резистора R6 вибираємо 1 кОм.

Проаналізуємо ділянку схеми, коли VT3 відкритий, а VT2 – закритий. В цьому випадку подільник R6, R7, R8 повинен забезпечити відкритий і насичений стан транзистора VT3. Врахуємо, що потенціал його емітера становитиме 0,7 В, струм колектора – 6 мА. Для підтримання відкритого стану потенціал бази повинен бути вищим потенціалу емітера плюс спад напруги на переході БЕ. Отже,

$$U_{\text{БVT3}} > U_{\text{VD}} + U_{\text{БЕ}} = 0,7 + 0,6 = 1,3 \text{ (вольт)}$$

Приймаємо 1,5 вольт – таким повинен бути спад напруги на резисторі R8.

Необхідно задати струм подільника R6, R7, R8. Він не може бути меншим струму бази насиченого VT3:

$$I_{\text{Бмін}} = \frac{I_k}{h_{21\text{Емін}}} = \frac{6 \times 10^{-3}}{20} = 0,3 \times 10^{-3} \text{ (А)} = 0,3 \text{ мА}$$

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

З іншої сторони, струм подільника не може бути більшим за визначений струм колектора (6 мА). Приймаємо струм подільника на рівні 2 мА. Тоді,

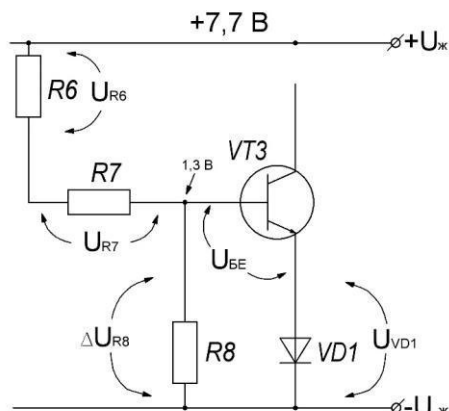


Рис. 2.6. Еквівалентна схема із зображенням напруг

враховуючи, що $U_{BVT3} = 1,5 \text{ В}$ і знаючи струм подільника, визначаємо опір резистора R8:

$$R8 = \frac{U_{BVT3}}{I_{\text{под}}} = \frac{1,5}{0,002} = 750 \text{ (Ом)}$$

Опір резистора R6 – 1 кОм. Спад напруги на ньому становитиме:

$$\Delta U_{R6} = I_{\text{под}} \times R6 = 2 \times 10^{-3} \times 1000 = 2 \text{ (В)}$$

Таким чином, на резисторі R7 встановиться спад напруги:

$$\Delta U_{R6} = U_{\text{ж}} - \Delta U_{R6} - \Delta U_{R8} = 7,7 - 2 - 1,5 = 4,2 \text{ (В)}$$

Визначимо опір резистора R7:

$$R7 = \frac{\Delta U_{R7}}{I_{\text{под}}} = \frac{4,2}{2 \times 10^{-3}} = 2,1 \times 10^3 = 2,1 \text{ (Ом)}$$

Приймаємо стандартне значення опору 2,2 кОм.

Коли спрацює тригер, транзистор VT2 відкривається, а VT3 повинен надійно закритися (перейти у стан відсічки). Перевіримо правильність розрахунків параметрів подільника. Для цього випадку еквівалентна схема має вид:

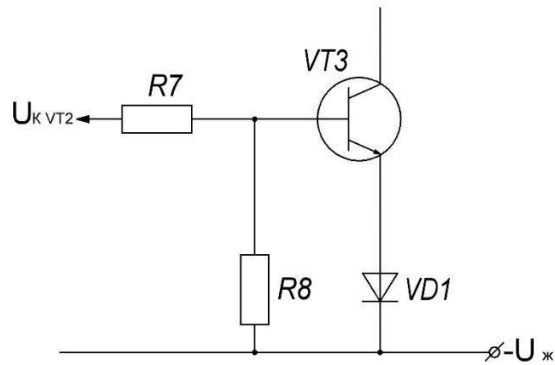


Рис. 2.7. Еквівалентна схема

Потенціал колектора VT2 знизиться до рівня:

$$U_{KVT2} = U_{VD} + U_{KE} = 0,7 + 0,6 = 1,3 \text{ (вольт)}$$

Ця напруга буде прикладена до послідовно увімкнених R7 і R8. Струм через такий подільник має величину:

$$I'_{\text{под}} = \frac{U_{KVT2}}{R7 + R8} = \frac{1,3}{2200 + 750} = \frac{1,3}{2950} = 0,00044 \text{ (А)} = 0,44 \text{ мА}$$

Спад напруги на резисторі R8 становитиме:

$$\Delta U'_{R8} = I'_{\text{под}} \times R8 = 0,44 \times 10^{-3} \times 750 = 0,33 \text{ (В)}$$

Як бачимо, потенціал бази VT3 стає набагато нижчим за потенціал емітера, тому VT3 надійно закривається.

Ємність прискорюючого конденсатора визначається із умови:

$$t_i \geq 5\tau,$$

Де $\tau = R^*C$ - постійна часу RC – ланки;

R^* - еквівалентний опір паралельно увімкнених R7 і R8 (при відкритому VT2):

$$R^* = \frac{R7 \times R8}{R7 + R8} = \frac{2200 \times 750}{2200 + 750} = \frac{1650000}{2950} = 559,322 \text{ (Ом)}$$

Отже, $t_i \geq 5\tau$; $t_i \geq 5R^*C$; $C \leq \frac{t_i}{5R^*}$

$$C \leq \frac{3 \times 10^{-6}}{5 \times 559,322} = \frac{3 \times 10^{-6}}{2796,61} = 1,07 \times 10^{-9} \text{ (Ф)} \approx 1 \text{ нФ} = 1000 \text{ пФ}$$

У класичних схем тригерів Шмітта є недолік – малий вхідний опір, тому для нормальної їх роботи вхідний сигнал повинен мати відносно велику напругу - в кілька вольт. В залежності від вихідного опору попереднього каскаду вибирають

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

опір резистора $R5$ – для узгодження вхідних/вихідних опорів. Для схем із спільним емітером вихідний опір становить одиниці кілоом. В більшості схем опір $R5$ підбирають або задають на рівні $3...10$ кОм. В схемі тригера його номінальне значення вибрано $4,7$ кОм.

Розрахунок параметрів формувача імпульсів

Схема на транзисторах $VT4$ і $VT5$ представляє собою очікувальний мультивібратор, який формує імпульси заданої амплітуди і тривалості, що не залежать від параметрів вхідних сигналів. За час дії таких сформованих імпульсів через вимірювальний прилад протікає струм, середнє значення якого залежить від частоти вхідного сигналу.

В стані очікування транзистор $VT4$ закритий, а $VT5$ – відкритий і насичений. Під дією вхідного сигналу $VT4$ примусово відкривається, $VT5$ – закривається. Після закінчення дії вхідного сигналу схема повертається у початковий стан. Цей цикл визначає амплітуду і тривалість сформованого імпульсу.

Розглянемо спрощену схему, у якій вкажемо лише одну частотозалежну RC – ланку (її елементи позначимо як R^* і C^*).

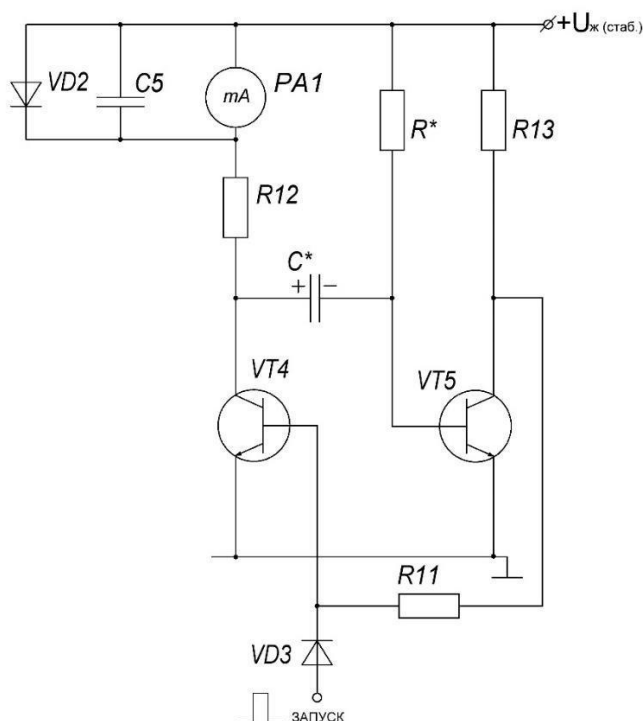


Рис. 2.8. Спрощена схема формувача імпульсів

В стані очікування струм через $PA1$ не протікає ($VT4$ - закритий). Транзистор $VT5$ відкритий за рахунок додатного потенціалу, що поступає на його базу через

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

R^* . Оскільки опір К-Е переходу насиченого транзистора ≈ 0 , конденсатор має праву обкладку фактично сполученою із загальним провідником схеми, а ліва фактично сполучена з потенціалом напруги живлення ($U_{KVT4} \approx U_{\text{ж}}$).

Струм бази транзистора VT5 визначається виразом:

$$i_{BVT5} = \frac{U_{\text{ж}} - U_{\text{БН}}}{R^*} \approx \frac{U_{\text{ж}}}{R^*}$$

де $U_{\text{БН}}$ – напруга Б-Е насиченого транзистора.

Струм колектора VT5:

$$I_{KVT5} = \frac{U_{\text{ж}} - U_{\text{КЕН}}}{R13}$$

де $U_{\text{КЕН}}$ – напруга на К-Е переході в стані насичення.

На вибір величини опору резистора R13 крім суто схемотехнічних впливає ще і той фактор, що колекторні опори в схемі мултивібратора повинні бути однакові. У транзистора VT4 колекторним навантаженням в основному є вимірювальний механізм магнітоелектричної системи, струм через який не можна перевищувати. З іншого боку, у даному частотомірі струм через РА1 формують імпульси із змінною скважністю, яка в межах піддіапазону змінюється в 10 разів (від $q = 1$ до $q = 10$). Приймавши до уваги усереднене значення $q = 5$ можна в стільки ж разів збільшити значення колекторного струму (для попереднього розрахунку). Отже, застосувавши вимірювальний механізм на струм повного відхилення стрілки 1мА і типовим значенням внутрішнього опору 650 Ом опір ділянки колектора повинен становити:

$$R_K = \frac{U_{\text{ж}} - U_{\text{КЕН}}}{I_{\text{ВМ}}} = \frac{7,7 - 0,7}{0,001} = 7000 \text{ (Ом)} - \text{для постійного струму};$$

$$R13 = \frac{R_K}{q} = \frac{7000}{5} = 1400 \text{ (Ом)} - \text{для імпульсного струму}.$$

Для попереднього розрахунку вибираємо стандартне значення опору резистора 1300 Ом (1,3 кОм), яке в процесі регулювання виробу слід підібрати точніше. Оскільки внутрішній опір вимірювального механізму менший, необхідно послідовно з ним увімкнути резистор R12:

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

$$R_{12} = R_{13} - R_{BM} = 1300 - 650 = 650 \text{ (Ом)}$$

Вибираємо стандартне значення опору в сторону його збільшення – 680 Ом.

Орієнтовну величину опору резистора R^* , що підтримує транзистор у відкритому і насиченому стані можна визначити, орієнтуючись на величину прийнятного опору резистора R_{13} , встановленого струму колектора VT4 і параметр $h_{21 \text{ мін}}$ VT5.

$$I_{KVT5} = \frac{U_{ж} - U_{КЕН}}{R_{13}} = \frac{7,7 - 0,7}{1300} = 0,0054 \text{ (А)}$$

Струм бази, що відповідає встановленому струму колектора:

$$I_B = \frac{I_{KVT5}}{h_{21E \text{ мін}}} = \frac{0,0054}{20} = 0,00027 = 2,7 \times 10^{-4} \text{ (А)}$$

Орієнтовне значення опору резистора R^* :

$$R^* = \frac{U_{ж} - U_{БЕН}}{I_B} \approx \frac{U_{ж}}{I_B} = \frac{7}{2,7 \times 10^{-4}} = 2,59 \times 10^4 \text{ (Ом)}$$

Вибираємо стандартне значення 30 кОм. Але оскільки в процесі регулювання цей параметр потрібно буде при калібруванні приладу підібрати, доцільно застосувати резистор постійного меншого опору (наприклад, 24 кОм) і послідовно з ним увімкнути резистор змінного опору величиною 4,7...10 кОм.

Під впливом керуючого сигналу додатної полярності, який поступає на базу VT4, в схемі очікувального мультивібратора настає так званий квазістаціонарний стан, пов'язаний із зміною станів транзисторів VT4 і VT5.

Конденсатор C^* частотозалежної ланки лівою обкладкою через відкритий транзистор VT4 виявляється підключеним до загального провідника, а правою (оскільки VT5 – закритий) – через резистор R^* - до шини джерела живлення. З цього моменту починається перезаряд цього конденсатора – напруга на його обкладках спочатку зменшується до нуля, а потім починає зростати у протилежній полярності («плюс на правій обкладці»). Поки напруга на базі VT5 підтримує його в закритому стані, проходить формування нормованого по амплітуді і тривалості імпульсу, що потім подається на вимірювальний механізм РА1.

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

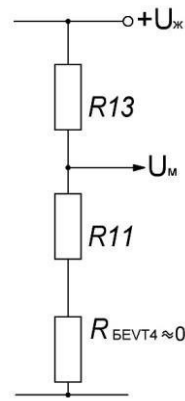


Рис. 2.9. Схема дільника напруги

Амплітуда вихідного сформованого імпульсу визначається параметрами дільника R13, R11. Величина опору R13 розрахована. Задавши нормовану амплітуду вихідного імпульсу $U_m = 7$ вольт. Визначимо величину опору резистора R11. Із схеми дільника видно:

$$U_m = U_{\text{ж}} \times \frac{R_{11}}{R_{11} + R_{13}} \text{ звідки } R_{11} = \frac{U_m \times R_{13}}{U_{\text{ж}} - U_m}$$

$$\text{Тоді } R_{11} = \frac{7 \times 1300}{7,7 - 7} = \frac{9100}{0,7} = 13000 = 13 \text{ кОм}$$

Напруга на конденсаторі C* змінюється по експоненціальному закону. Слід пам'ятати що конденсатор C* перезаряджається від $+U_{\text{ж}}$ до $-U_{\text{ж}}$ – тобто, на ньому подвоєна напруга живлення. В зв'язку з цим тривалість вихідного сформованого імпульсу становитиме:

$$t_{i \text{ вих}} = R^* \times C^* \times \ln \frac{2U_{\text{ж}} + i_{\text{КОВT5}} \times R^*}{U_{\text{ж}} + i_{\text{КОВT5}} \times R^*}$$

Для того, щоб тривалість вихідного імпульсу була стабільною, необхідно, щоб зворотній струм транзистора VT5 $i_{\text{КОВT5}}$ був незначним, тоді цією складовою можна нехтувати, тобто:

$$t_{i \text{ вих}} = R^* \times C^* \times \ln \frac{2U_{\text{ж}}}{U_{\text{ж}}} = \tau \times \ln 2 \approx 0,7\tau$$

де $\tau = R^* \times C^*$

Елементи C* і R* є хронуючими (часозадаючими).

Як задати величину ємності C* для хронуючої ланки?

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

На високочастотному піддіапазоні вимірювань (100 кГц) слід враховувати ще паразитну ємність монтажу, а це – десятки пікофарад, тому мінімальна ємність повинна значно перевищувати паразитну.

З іншого боку, хронуючий конденсатор C^* повинен за час дії вхідного сигналу встигати заряджатись і розряджатись. Якщо врахувати, що керуючий сигнал формується на протязі півперіоду сигналу вхідної частоти, то визначимо ці проміжки часу:

- для піддіапазону до 100 Гц: $T = 0,01 \text{ с}$; $\frac{1}{2}T = 0,005 \text{ с}$
- для піддіапазону до 1000 Гц: $T = 0,001 \text{ с}$; $\frac{1}{2}T = 0,0005 \text{ с}$ [0,5 мс]
- для піддіапазону до 10 кГц: $T = 10^{-4} \text{ с}$; $\frac{1}{2}T = 0,5 \times 10^{-4} \text{ с}$
- для піддіапазону до 100 кГц: $T = 10^{-5} \text{ с}$; $\frac{1}{2}T = 0,5 \times 10^{-5} \text{ с}$

Отже, для кожного піддіапазону конденсатор C^* повинен заряджатись/розряджатись за час, набагато менший за визначений відповідний проміжок.

Візьмемо до уваги найбільш високочастотний піддіапазон і задамо ємність конденсатора 100 пФ. Встановлене значення резистора R^* визначене: 24 кОм. Конденсатор вважається зарядженим за час $t = 3\tau$. Отже, для $C^* = 100 \text{ пФ}$:

$$t = 3 \times R^* \times C^* = 3 \times 24 \times 10^3 \times 100 \times 10^{-12} = 3 \times 2,4 \times 10^{-7} =$$

$$= 7,2 \times 10^{-7} (\text{с})$$

$$7,2 \times 10^{-7} \text{ с} \ll 0,5 \times 10^{-5} \text{ с}$$

Зменшення меж частотного піддіапазону веде до збільшення ємності у лінійній зворотній пропорції (при незмінному значенні R^*). Тому ємності хронуючих конденсаторів задаємо наступним чином:

$C7 - 100 \text{ пФ}$; $C8 - 1000 \text{ пФ}$; $C9 - 0,01 \text{ мкФ}$; $C10 - 0,1 \text{ мкФ}$.

Масштаб зручний, бо встановлені значення ємності відповідають стандартним, що підвищує технологічність виготовлення виробу.

Визначимо тривалість вихідного сформованого імпульсу з врахуванням усіх попередніх розрахунків і формулювань. Врахуємо, що при температурі 25° С у

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

транзисторах КТ312 нормований зворотний струм становить 1 мкА (при зворотній напрузі 10 вольт, що дуже близько до напруги живлення частотоміра). Позначимо тривалість сформованого імпульсу $t_{\text{вих}}$:

$$t_{\text{вих}} = \tau \times \ln \frac{2U_{\text{ж}} + i_{\text{ко}} \times R^*}{U_{\text{ж}} + i_{\text{ко}} \times R^*}$$

І проведемо розрахунок для одного із піддіапазонів, наприклад, 10 Гц – 100 Гц (ємність $C^* = 0,1$ мкФ; $R^* = 24$ кОм).

$$\begin{aligned} t_{\text{вих}} &= R15 \times C10 \times \ln \frac{2U_{\text{ж}} + i_{\text{ко}} \times R15}{U_{\text{ж}} + i_{\text{ко}} \times R15} = 24 \times 10^3 \times 0,1 \times 10^{-6} \times \\ &\times \ln \frac{15,4 + 1 \times 10^{-6} \times 24 \times 10^3}{7,7 + 1 \times 10^{-6} \times 24 \times 10^3} = 2,4 \times 10^{-3} \times \ln \frac{15,424}{7,724} = 2,4 \times 10^{-3} \times \\ &\times 0,692 = 1,6608 \times 10^{-3} \text{ (с)} \end{aligned}$$

Визначимо, наскільки зросте зворотний струм транзистора при підвищенні температури оточуючого середовища до 50° С:

$$I_{\text{ко}}^* = I_{\text{ко}} \times e^{k(T^\circ - 25^\circ)}$$

де $I_{\text{ко}}$ – зворотній струм при $T^\circ = 25^\circ$

T° - температура середовища

$k = 0,08 \dots 0,1$ для Si транзисторів. Задаємо $0,08 = k$

$$I_{\text{ко}}^* = 1 \times 10^{-6} \times e^{0,08(50^\circ - 25^\circ)} = 10^{-6} \times e^2 \approx 7,4 \times 10^{-6} \text{ (А)}$$

При збільшенні зворотного струму тривалість сформованого імпульсу зменшується і становитиме:

$$\begin{aligned} t_{\text{вих}}^* &= \tau \times \ln \frac{2U_{\text{ж}} + i_{\text{коmax}} \times R15}{U_{\text{ж}} + i_{\text{коmax}} \times R15} = 24 \times 10^3 \times 0,1 \times 10^{-6} \times \\ &\times \ln \frac{15,4 + 7,4 \times 10^{-6} \times 24 \times 10^3}{7,7 + 7,4 \times 10^{-6} \times 24 \times 10^3} = 2,4 \times 10^{-3} \times \ln \frac{15,5776}{7,8776} = \\ &= 2,4 \times 10^{-3} \times \ln 1,977455 = 2,4 \times 10^{-3} \times 0,6818 = \\ &= 1,63632 \times 10^{-3} \text{ (с)} \end{aligned}$$

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Визначимо абсолютну похибку зміни тривалості вихідного імпульсу (візьмемо до уваги 4 знаки після коми):

$$\Delta t_{\text{вих}} = |t_{\text{вих}}^* - t_{\text{вих}}| = |1,6363 - 1,6608| = 0,0245 \times 10^{-3}$$

Визначимо відносну похибку зміни тривалості сформованого імпульсу від впливу температури:

$$\delta = \frac{\Delta t_{\text{вих}}}{t_{\text{вих}}} \times 100\% = \frac{0,0245 \times 10^{-3}}{1,6608 \times 10^{-3}} \times 100\% = 0,01475 \times 100\% \approx 1,5\%$$

Таким чином, вплив температури внесе похибку у вимірювання частоти вхідного сигналу на рівні 1,5%. Додамо сюди клас точності вимірювального механізму (1 або 1,5) і встановимо, що сумарна похибка не перевищить 3%.

Таким чином, проведений метрологічний розрахунок підтверджує, що похибка вимірювання вхідних сигналів не перевищує 5%.

Технічні характеристики приладів вимірювального механізму М24:

- на замовлення можуть виготовлятися із спеціальними шкалами;
- робоче положення - вертикальне або горизонтальне;
- для класу точності 1,0:
- інтервал робочих темп. від -30°C до + 40 ° С, при відносній вологості 20%;
- для класу точності 1,5 і 2,5:
- інтервал робочих темп. від -50°C до +60°C, при відносній вологості 80%;
- маса вимірювального механізму - 0,45кг.



Рис. 2.10. Міліамперметр М24 [7].

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Розрахунок параметрів блока живлення

Розрахунок проводиться у такій послідовності: компенсаційний стабілізатор напруги, трансформатора Т1, мостова схема випрямлення змінної напруги (див рис.2.11).

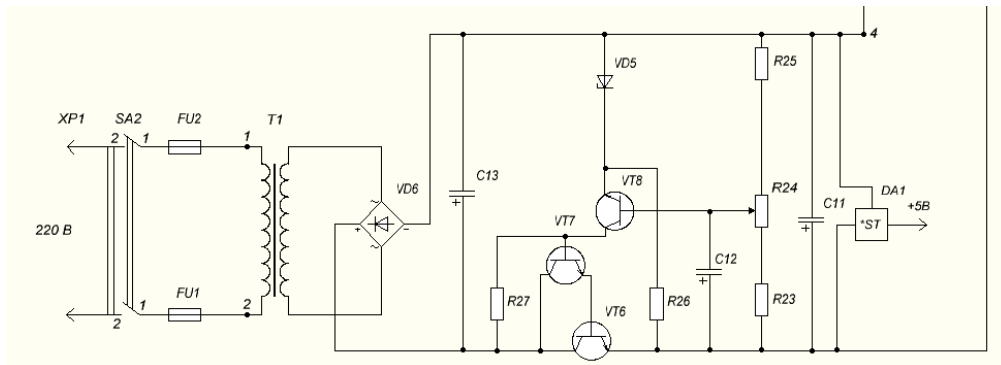


Рис. 2.11. Ділянка електричної схеми блок живлення

Розрахунок компенсаційного стабілізатора. Дані для розрахунку: $U_{\text{вих}} = 12 \text{ В}$ – номінальне значення вихідної напруги; $\Delta U_{\text{вих}} = \pm 2 \text{ В}$ – діапазон регулювання вихідної напруги; $I_{\text{н}} = 0,3 \text{ А}$ – номінальне значення струму навантаження; Допустиме відхилення встановленого значення вихідної напруги: $a_{\text{вих}} = 0,05 \%$ - в сторону збільшення; $b_{\text{вих}} = 0,1 \%$ - в сторону зменшення;

Допустимі відхилення напруги на вході стабілізатора від номінального значення: $a_{\text{вх}} = 8 \%$ - в сторону збільшення; $b_{\text{вх}} = 2 \%$ - в сторону зменшення.

Порядок розрахунку

1. Визначаємо необхідне значення коефіцієнта стабілізації:

$$K_{\text{ст(у)необх}} = \frac{a_{\text{вх}} + b_{\text{вх}}}{a_{\text{вих}} + b_{\text{вих}}} = \frac{8 + 2}{0,005 + 0,1} = \frac{10}{0,105} = 95,2 \approx 96$$

2. Визначаємо мінімальну напругу на вході стабілізатора:

$$U_{\text{вх мін}} = U_{\text{вих}} + U_{\text{ке VT6 мін}} + \Delta U_{\text{вих}} = 12 + 3 + 2 = 17 \text{ (В)},$$

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

де $U_{ке VT6 \text{ мін}}$ – мінімально допустима напруга між колектором і емітером регулюючого транзистора, при якому його робота ще проходить на лінійній ділянці вихідної характеристики $I_K = f(U_{ке})$ при $I_Б = \text{const}$.

Напруга $U_{ке \text{ мін}}$ для більшості транзисторів не перевищує 1...3 вольтів. Для розрахунку рекомендується приймати 3 вольти – як для германієвих, так і для кремнієвих транзисторів.

3. Номінальна і максимальна напруги на вході стабілізатора з врахуванням допустимих відхилень вхідної напруги визначаються за формулами:

$$U_{вх} = \frac{U_{вх \text{ мін}}}{\left(1 - \frac{b_{вх}}{100}\right)} = \frac{17}{\left(1 - \frac{2}{100}\right)} = \frac{17}{0,98} = 17,34 \text{ (В)}$$

$$U_{вх \text{ макс}} = U_{вх} \times \left(1 + \frac{a_{вх}}{100}\right) = 17,34 \times \left(1 + \frac{8}{100}\right) = 17,34 \times 1,08 = 18,7 \approx 19 \text{ (В)}$$

4. Визначаємо максимальний спад напруги на ділянці „колектор - емітер” регулюючого транзистора:

$$U_{ке \text{ макс}} = U_{вх \text{ макс}} - U_{вих} = 19 - 12 = 7 \text{ (В)}$$

5. Визначаємо максимальну потужність, яка розсіюється на колекторі транзистора VT6:

$$P_{кVT6 \text{ макс}} = U_{ке \text{ макс}} \times I_{вих \text{ макс}} = 7 \times 0,3 = 2,1 \text{ (Вт)}$$

Значення $I_{вих \text{ макс}}$ відповідає номінальному струму навантаження, заданого у вхідних умовах.

6. Вибираємо тип регулюючого транзистора, параметри якого повинні задовільняти наступним умовам:

$$I_{К VT6 \text{ макс}} \approx I_{вих \text{ макс}} \leq I_{кVT6 \text{ макс доп}} = 0,3 \leq 0,4 \text{ (А)}$$

$$U_{КЕ VT6 \text{ макс}} \leq U_{КЕ VT6 \text{ макс доп}} = 7 \leq 20 \text{ (В)}$$

$$P_{К VT6 \text{ макс}} \leq P_{К VT6 \text{ макс доп}} = 2,1 \leq 2,5 \text{ (Вт)}$$

Аналізуючи довідникові дані обираємо регулюючий транзистор такого типу 2С5109, який задовольняє умовам які наведені вище.

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

7. Вибираємо тип узгоджуючого транзистора VT7. Він призначений для узгодження великого вхідного опору підсилювача постійного струму VT8 (≈ 10 кОм) з малим вхідним опором регулюючого транзистора VT6 (≈ 10 Ом). Транзистори VT6 і VT7 утворюють так званий „складений транзистор”, для якого:

$$h_{21 \text{ заг}} = h_{21 \text{ VT6}} \times h_{21 \text{ VT7}} = 40 \times 25 = 1000$$

При розрахунках приймаємо умову: $I_{K \text{ VT7}} \approx I_{E \text{ VT7}} = I_{B \text{ VT6}}$,

а струм бази VT6 визначаємо за формулою:

$$I_{B \text{ VT6}} \approx \frac{I_{K \text{ VT6}}}{h_{21 \text{ E VT6}}} \approx \frac{I_{\text{вих}}}{h_{21 \text{ E VT6}}} = \frac{0,3}{40} = 0,0075 \text{ (A)}$$

Крім того, $U_{KE \text{ VT7 макс}} \approx U_{KE \text{ VT6 макс}} = 20 \text{ (В)}$

Отже, потужність розсіювання на колекторі транзистора VT7 становитиме:

$$P_{K \text{ VT7 макс}} \approx U_{KE \text{ VT7 макс}} \times I_{K \text{ VT7}} = 20 \times 0,0075 = 0,15 \text{ (Вт)}$$

Вибираємо по довіднику транзистор VT7, параметри якого повинні задовільняти розрахованим параметрам (при цьому визначальними є параметри $I_{K \text{ макс}}$, $U_{KE \text{ макс}}$, $P_{K \text{ макс}}$, h_{21E}). Вибираємо транзистор МП37Б, його параметри наступні:

$$I_{K \text{ макс}} = 0,02 \text{ (A)}; \quad U_{KE \text{ макс}} = 30 \text{ (В)}; \quad P_{K \text{ макс}} = 0,15 \text{ (Вт)}; \quad h_{21E} = 25.$$

8. Вибираємо в якості джерела опорної напруги кремнієвий стабілітрон, напруга стабілізації якого повинна знаходитись в межах:

$$U_{\text{ст}} \approx (0,6 \dots 0,7) \times U_{\text{вих}} = 0,7 \times 12 = 8,4 \text{ (В)}$$

Вибираємо стабілітрон 2С182Ж, який має такі основні параметри: $U_{\text{ст}} = 8,2 \text{ В} \pm 0,5 \text{ (В)}$; $I_{\text{ст мин - макс}} = 0,005 - 0,015 \text{ (А)}$.

9. Визначаємо коефіцієнт поділу напруги вихідного подільника:

$$a = \frac{U_{\text{ст}}}{U_{\text{вих}}} = \frac{8,2}{12} = 0,68 \approx 0,7$$

де $U_{\text{ст}}$ – напруга стабілізації вибраного стабілітрона;

$U_{\text{вих}}$ – номінальне значення вихідної напруги стабілізатора.

10. Вибираємо тип транзистора для схеми підсилювача постійного струму (ППС) – VT8. Він повинен забезпечувати достатнє підсилення вхідного сигналу

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

по напрузі. Струм колектора VT8 повинен бути невеликим, але завжди перевищувати струм бази узгоджую чого транзистора VT7. Як правило, вибирають $I_{K VT8}$ в межах 0,5...2,0 мА. Необхідний коефіцієнт підсилення по напрузі для керуючого транзистора можна знайти по формулі:

$$K_{VT8(u)} = \frac{\Delta U_{ВИХ} \times 100}{U_{ВИХ} \times (a_{ВИХ} + b_{ВИХ}) \times \alpha} = \frac{2 \times 100}{12 \times (0,05 + 0,1) \times 0,7} = \frac{200}{1,26} = 158$$

В цій формулі $\Delta U_{ВИХ}$ визначається наступним виразом:

$$\Delta U_{ВИХ} = U_{ВХ МАКС} - U_{ВХ МІН} = 19 - 17 = 2 \text{ (В)}$$

Вибираємо транзистор для ППС по довіднику, орієнтуючись на його параметри: $I_{K \text{ макс}}$, $U_{KE \text{ макс}}$, $P_{K \text{ макс}}$, h_{21E} . Вибираємо транзистор для ППС КТ3102Г, який має такі основні параметри:

$$I_{K \text{ макс}} = 0,1 \text{ (А)}; \quad U_{KE \text{ макс}} = 20 \text{ (В)}; \quad P_{K \text{ макс}} = 0,25 \text{ (Вт)}; \quad h_{21E} = 400.$$

Після цього визначаємо фактичний коефіцієнт підсилення каскаду на транзисторі VT8:

$$K_{VT8 \text{ розр}} = \frac{\Delta I_{RVT8}}{\Delta U_{ВТ8}} \times R27 = S_{VT8} \times R27 = 30 \times 8,2 = 246,$$

де S_{VT8} - параметр, що має назву „крутизна ВАХ транзистора”.

Для малопотужних транзисторів значення цього параметру лежить в межах (20...50) міліампер/вольт. При розрахунках цей параметр треба задати самостійно. Задавши його, ми зможемо розрахувати величину опору резистора R27:

$$R27 = \frac{0,5 \times U_{KE VT6 \text{ МІН}} \times h_{21VT6} \times h_{21VT7}}{I_{ВИХ}} = \frac{0,5 \times 5 \times 1000}{0,3} = \frac{2500}{0,3} = 8,333 \approx 8,2 \text{ (кОм)}$$

Значення $I_{ВИХ}$ відповідає номінальному струму навантаження, заданого у вхідних умовах. Розраховане значення опору резистора необхідно округлити до найближчого стандартного значення опору (орієнтуючись на стандартний ряд опорів E24).

Тут же необхідно визначити потужність, яку розсіює резистор R27:

$$P_{R27} = (I_{KVT8})^2 \times R27 = (0,0005)^2 \times 8200 = 0,00205 \approx 0,125 \text{ (Вт)}$$

Отже, маючи всі необхідні величини, можна визначити фактичний коефіцієнт підсилення каскаду на транзисторі VT8 за формулою $K_{VT8 \text{ розр}}$.

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Обов'язковою умовою є вимога того, що фактичний коефіцієнт підсилення повинен бути не меншим, ніж необхідний, розрахований по формулі $K_{VT8(u)}$:

$$K_{VT8 \text{ розр}} \geq K_{VT8(u)} = 246 \geq 158$$

В процесі роботи транзистор VT8 розсіюватиме певну потужність, величину якої можна оцінити за формулою:

$$P_{KVT8 \text{ макс}} = U_{KVT8 \text{ макс}} \times I_{KVT8} = 6 \times 0,0005 = 0,003 \text{ (Вт)}$$

Приймаємо:

$$U_{KVT8 \text{ макс}} = U_{\text{вих}} + \Delta U_{\text{вих}} - U_{\text{ст}} = 12 + 2 - 8,2 = 5,8 \approx 6 \text{ (В)},$$

а струм колектора VT8 визначено в пункті 10. Визначивши розсіювану потужність, необхідно перевірити, чи не перевищує вона значення, вказаного в довіднику для обраного транзистора.

11. Визначимо необхідну величину опору вихідного резистивного подільника. Струм подільника вибирають на один – два порядки вище, ніж струм бази керуючого транзистора VT8. Номінальний струм бази VT8 визначаю за формулою:

$$I_{BVT8} = \frac{I_{KVT8}}{h_{21VT8}} = \frac{0,0005}{400} = 0,00000125 \text{ (А)}$$

Як правило, він становить долі міліампера. Струм, що протікає через резистивний подільник задається самостійно, на рівні кількох міліампер. Тоді загальний опір всіх елементів резистивного подільника визначимо за формулою:

$$R_{\text{под}} = \sum_{i=1}^n R_i = \frac{U_{\text{вих}}}{I_{\text{под}}} = \frac{12}{0,005} = 2400 \approx 2,4 \text{ (кОм)}$$

де $\sum_{i=1}^n R_i$ - сума всіх опорів, що входять до складу подільника.

Вихідна напруга повинна регулюватись в певних межах, заданих у вхідних умовах ($\Delta U_{\text{вих}}$), відносно номінального значення вихідної напруги, причому як в сторону збільшення, так і в сторону зменшення.

Напруга стабілізації стабілітрона може змінюватись в певних межах, про що вказується в довіднику. Позначемо ці відхилення як $U_{ст\ мин}$ та $U_{ст\ макс}$. Визначимо опір нижнього плеча подільника для крайніх значень $U_{ст\ мин}$ та $U_{ст\ макс}$ і $U_{вих}$:

$$(R_{24} + R_{25})_{\min} = R_{\text{под}} \times \frac{U_{ст\ мин}}{U_{вих} + \Delta U_{вих}} = 2400 \times \frac{7,7}{12+2} = \\ = 2400 \times 0,55 = 1320 \text{ (Ом)},$$

$$(R_{24} + R_{25})_{\max} = R_{\text{под}} \times \frac{U_{ст\ макс}}{U_{вих} - \Delta U_{вих}} = 2400 \times \frac{8,7}{12-2} = \\ = 2400 \times 0,87 = 2088 \text{ (Ом)},$$

Звідси:

$$R_{24} = (R_{24} + R_{25})_{\max} - (R_{24} + R_{25})_{\min} = 2088 - 1320 = \\ = 768 \approx 820 \approx 1,0 \text{ (кОм)},$$

$$R_{23} = R_{\text{под}} - (R_{24} + R_{25})_{\max} = 2400 - 2088 = 312 \approx 330 \text{ (Ом)},$$

$$R_{25} = R_{\text{под}} - (R_{23} + R_{24}) = 2400 - (330 + 1000) = \\ = 2400 - 1330 = 1070 \approx 1,3 \text{ (кОм)}$$

Розраховане значення опорів резисторів необхідно округлити до найближчого стандартного значення опору. Знаючи струм, що проходить через всі резистори подільника, необхідно розрахувати їх розсіювану потужність і вибрати резистори по стандартним значенням потужностей.

$$P_{R_{24}} = (I_{\text{под}})^2 \times R_{24} = (0,005)^2 \times 1000 = 0,025 \approx 0,125 \text{ (Вт)},$$

$$P_{R_{23}} = (I_{\text{под}})^2 \times R_{23} = (0,005)^2 \times 330 = 0,00825 \approx 0,125 \text{ (Вт)},$$

$$P_{R_{25}} = (I_{\text{под}})^2 \times R_{25} = (0,005)^2 \times 1300 = 0,0325 \approx 0,125 \text{ (Вт)}$$

12. Величина опору резистора R26 повинна бути такою, щоб струм через стабілітрон мав величину, рекомендовану в довіднику як номінальний струм стабілізації:

$$R_{26} = \frac{U_{вих} - I_{ст}}{I_{ст\ ном}} = \frac{12 - 8,2}{0,01} = 380 \approx 390 \text{ (Ом)},$$

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

$$I_{\text{ст ном}} = \frac{I_{\text{ст мін}} + I_{\text{ст макс}}}{2} = \frac{0,005 + 0,015}{2} = 0,01 \text{ (А)},$$

$$P_{R26} = (I_{\text{под}})^2 \times R26 = (0,005)^2 \times 390 = 0,00975 \approx 0,125 \text{ (Вт)}$$

Як і у попередніх випадках розраховане значення опору резистора необхідно округлити до найближчого стандартного значення і визначити його розсіювану потужність.

13. Для збільшення швидкодії стабілізатора використовують ємнісний зв'язок між виходом стабілізатора і входом підсилювача VT8. Для цього служить конденсатор C12, величина ємності якого вибирається в межах одиниць – десятків мікрофард.

Конденсатор C11 служить для підвищення стійкості стабілізатора і одночасно зменшує вхідний опір схеми. Його ємність для низьковольтних стабілізаторів вибирають в межах 1000...4700 мікрофард, а для високовольтних – від 10...20 до 100...200 мікрофард.

$$C12 = 33,0 \text{ (мкФ)}; \quad C11 = 1000 \text{ (мкФ)}.$$

14. Знаходимо коефіцієнт стабілізації розрахованого стабілізатора:

$$K_{\text{ст (u) розр}} = a \times K_{\text{VT8 розр}} \times \frac{U_{\text{вих}}}{U_{\text{вх}}} = 0,7 \times 246 \times \frac{12}{17,34} = \\ = 0,7 \times 246 \times 0,7 = 120,54$$

Знайдене значення необхідно порівняти із необхідним значенням, визначеним за формулою в пункті 1 – воно не повинно бути меншим.

15. Знаходимо коефіцієнт корисної дії стабілізатора в номінальному режимі роботи:

$$\eta = \frac{U_{\text{вих}} \times I_{\text{вих}}}{U_{\text{вх}} \times I_{\text{вх}}} = \frac{12 \times 0,3}{17,34 \times 0,315} = \frac{3,6}{5,5} = 0,65 \approx 0,7,$$

де $I_{\text{вх}}$ - сума всіх вхідних струмів, тобто струму навантаження, струму стабілізації стабілітрона та струму подільника:

$$I_{\text{вх}} = I_{\text{вих}} + I_{\text{стаб}} + I_{\text{под}} = 0,3 + 0,01 + 0,005 = 0,315 \text{ (А)}$$

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Розрахунок трансформатора Т1. Дані для розрахунку: $U_1 = 220$ (В) – напруга первинної обмотки; $U_2 = 12$ (В) – напруга вторинної обмотки; $I_2 = 0,3$ (А) – сила струму вторинної обмотки.

1. Визначимо габаритну потужність трансформатора за формулою:

$$U_{габ} = U_2 \times I_2 = 12 \times 0,3 = 3,6 \text{ (Вт)}$$

2. За формулою

$$S_{oc} = (k\sqrt{P_{габ}})$$

знаходимо площу осердя трансформатора, де $k = 1,1 \dots 1,2$. Оскільки, потужність трансформатора менша 100 Вт, то в формулу підставимо 1,2:

$$S_{oc} = (k\sqrt{P_{габ}}) = 1,2\sqrt{3,6} \approx 2,4 \text{ (см}^2\text{)}.$$

3. Підбираємо осердя за формулою

$$S_{oc} = a \times b$$

де a і b сторони осердя.

Підібравши осердя типу ШЛ, отримаємо: $a = 1,6$ см; $b = 2$ см.

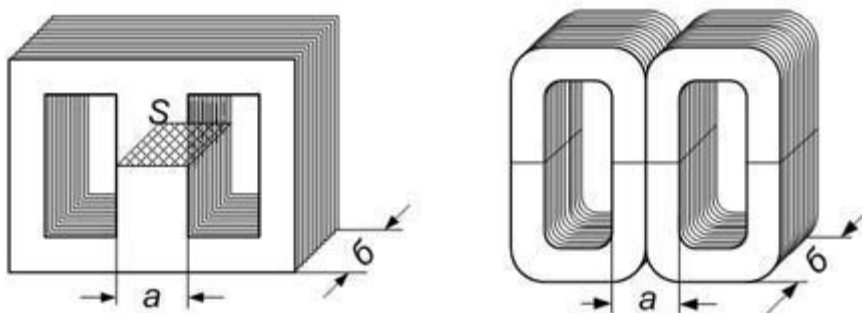


Рис. 2.12. Осердя трансформатора [7]

4. Знаходимо реальну площу осердя трансформатора:

$$S_{тр} = 0,9 \times a \times b = 0,9 \times 1,6 \times 2 = 2,88 \text{ (см}^2\text{)}$$

5. Реальна потужність трансформатора рівна:

$$P_{тр} = \left(\frac{S_{тр}}{k}\right)^2 = \left(\frac{2,88}{1,2}\right)^2 \approx 5,76 \text{ (Вт)}$$

6. Знаходимо вхідний струм I_1 :

$$I_1 = \frac{P_{тр}}{U_1} = \frac{5,76}{220} = 0,026 \approx 0,03 \text{ (А)}$$

7. Знаходимо діаметри проводів, які намотані на первинну і вторинні обмотки відповідно:

$$d_1 = 0,025 \times \sqrt{I_1 (\text{mA})} = 0,025 \times \sqrt{30} = 0,025 \times 5,5 = 0,1375 (\text{мм});$$

$$d_2 = 0,025 \times \sqrt{I_2 (\text{mA})} = 0,025 \times \sqrt{300} = 0,025 \times 17 = 0,4369 (\text{мм}).$$

Визначивши діаметри провідників для первинної та вторинної обмоток (по міді) округлимо до найближчого стандартного значення: для первинної – 0,14 мм; для вторинної – 0,45 мм. Для намотки первинної та вторинної обмоток використовуємо провідники ПЕВ 2 – 0,17мм; ПЕВ 2 – 0,51мм (розміри вказані по ізоляції).

8. Знаходимо за формулою кількість витків, яку потрібно намотати на первинній і вторинній обмотках:

$$N_1 = \left(\frac{50}{S_{\text{тр}}} \right) \times U_1 = \left(\frac{50}{2,88} \right) \times 220 = 3828 (\text{витків});$$

$$N_2 = \left(\frac{50}{S_{\text{тр}}} \right) \times U_2 = \left(\frac{50}{2,88} \right) \times 12 = 208,8 \approx 209 (\text{витків}).$$

Розрахунок випрямляча. Випрямляч розраховано по спрощеній методиці розрахунку, яка є вірною при вихідних потужностях до сотень ват і при умові, що частота мережі живлення $f = 50$ Гц. Дані для розрахунку: $U_1 = 12$ (В); $I_0 = 0,3$ (А);

$$k_{\text{по}} = 0,1$$

Коефіцієнт пульсацій становить 0,1 тому що в схемі буде додатково використовуватись компенсаційний стабілізатор напруги.

1. Обчислимо значення зворотної напруги на діодах $U_{\text{зв}}$, середнє значення сили струму $I_{\text{ср}}$ та амплітудне значення сили струму $I_{\text{м}}$. В процесі розрахунку випрямляча ці значення уточнюються.

$$U_{\text{зв}} \approx 1,5 \times U_0 = 1,5 \times 12 = 12 (\text{В})$$

$$I_{\text{ср}} = \frac{I_0}{2} = \frac{0,3}{2} = 0,15 (\text{А})$$

$$I_{\text{м}} \approx 3,5 \times I_0 = 3,5 \times 0,3 = 1,05 (\text{А})$$

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Проаналізувавши довідникові дані, обираємо необхідний тип діодів. В нашому випадку це міст діодний КЦ405А, параметри якого наступні:

$$U_{зв} = 600 \text{ (В)}; U_{пр} = 4 \text{ (В)}; I_{\text{макс}} = 1 \text{ (А)}.$$

Для самоперевірки потрібно уточнити попередньо знайдені величини.

2. Визначимо опір навантаження:

$$R_{\text{н}} = \frac{U_0}{I_0} = \frac{12}{0,3} = 40 \text{ (Ом)}$$

3. Опір обмоток трансформатора $r_{\text{тр}}$ приймаємо в межах $(0,07 \dots 0,1) R_{\text{н}}$ для випрямлячів потужністю до 10 Вт і в межах $(0,05 \dots 0,08) R_{\text{н}}$ для випрямлячів потужністю 10...100 Вт. Нехай опір вторинної обмотки рівний:

$$r_{\text{тр}} = 0,07 \times R_{\text{н}} = 0,07 \times 40 = 2,8 \approx 3 \text{ (Ом)}$$

4. Знаходимо прямий опір випрямляючого діода за наближеною формулою:

$$r_{\text{пр}} \approx \frac{U_{\text{пр}}}{3 \times I_{\text{ср}}} = \frac{4}{3 \times 0,15} = 8,88 \approx 9 \text{ (Ом)}$$

де $U_{\text{пр}}$ - пряма постійна напруга на діоді.

5. Визначаємо активний опір фази випрямляча за формулою:

$$r = r_{\text{тр}} + 2 \times r_{\text{пр}} = 3 + 2 \times 9 = 21 \text{ (Ом)}$$

6. Виразуємо основний розрахунковий коефіцієнт А за формулою:

$$A = 1,6 \times \frac{r}{R_{\text{н}}} = 1,6 \times \frac{21}{40} = 0,84$$

7. По експериментально складеним графікам знаходимо допоміжні коефіцієнти В, D, F, та Н, необхідні для розрахунку [7].

$$B \approx 1,75; D \approx 1,85; F \approx 0,9; H \approx 1050.$$

8. Визначимо остаточні параметри роботи схеми:

$U_{2x} = B \times U_0 = 1,75 \times 12 = 21 \text{ (В)}$ – значення напруги на вторинній обмотці трансформатора (в режимі холостого ходу);

$$U_{зв} = 1,4 \times U_{2x} = 1,4 \times 21 = 29,4 \approx 29 \text{ (В)} – \text{значення зворотної напруги};$$

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

$I_m = 0,5 \times F \times I_0 = 0,5 \times 0,9 \times 0,3 = 0,135 \text{ (A)}$ – максимальне значення струму через випрямляючі діоди.

Розраховані дані не перевищують довідникових параметрів діодного мосту, а отже діодний міст вибрано вірно.

9. Знаходимо I_2 – діюче значення струму вторинної обмотки трансформатора:

$$I_2 = \frac{D \times I_0}{\sqrt{2}} = \frac{1,85 \times 0,3}{1,41} = \frac{0,555}{1,41} = 0,39 \text{ (A)}$$

10. Обчислимо вихідну ємність випрямляча C_0 (конденсатора-фільтра):

$$C_0 = \frac{H}{r \times k_{\text{по}}} = \frac{1050}{21 \times 0,1} = 500 \text{ (мкФ)}$$

З стандартного ряду ємностей обираємо конденсатор типу К50-35 ємністю $C_0 = 680 \text{ мкФ}$ на допустиму напругу 25 В.

Для стабілізації випрямленої напруги +5В використано мікросхему стабілізатора КР142ЕН5. Вихідні робочі струми цих мікросхем до 100мА є достатніми для живлення модуля 1.

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

3 КОНСТРУКТОРСЬКО – ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Проектування та розрахунок друкованої плати

Розрахунок та визначення геометричних розмірів плати проведемо у такій послідовності.

Знайдемо сумарну установочну площу компонентів $S_{мг}$, $S_{сг}$, $S_{кг}$ відповідно для малогабаритних, середньо габаритних і крупно габаритних електронних компонентів. Кожен із цих типів компонентів має попадати, відповідно, у такі діапазони індивідуальних площ встановлення: $< 1\text{см}^2$; від 1см^2 до 2см^2 ; $> 2\text{см}^2$.

Під установочними площами ЕРЕ розуміють площі прямокутників, в які вписані ЕРЕ разом із виводами і контактними площадками при встановленні їх на друковану плату.

Необхідні дані для конструювання друкованої плати аналогового частотоміра взяті з довідкової літератури та зведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Вихідні дані та результати розрахунку установочних площ
(у габаритних розмірах враховано і розміри контактних площадок)

Позна-чення	Тип, параметри	Діам. вив., мм	Діам. конт.пло-щадки, мм	Габаритні розміри, мм	Кіль-кість, шт.	$S_{уст}, \text{мм}^2$
C1, C2	K73–17В–250В–1,0 мкФ	0,8	1,5	5*20*5	2	200
C3, C4	KCO – 1 – 500 В – 100 пФ	0,8	1,5	5*30*5	2	300
C5,C10	МБМ – 160 В – 0,1 мкФ	0,9	1,5	5*22*5	2	220
C6	K50 – 12 – 12 В – 50 мкФ	0,8	1,5	5*40*5	1	200
C7	KCO – 1 – 500 В – 100 пФ	0,8	1,5	5*30*5	1	150
C8	KCO – 2 – 500 В–1000 пФ	0,8	1,5	5*25*5	1	125
C9	БМ – 2 – 200 В – 0,01 мкФ	0,8	1,5	5*25*5	1	125
C11	K50–35–25 В–1000 мкФ	0,8	1,5	5*14*5	1	564
C12	K50 – 35 – 25 В – 33 мкФ	0,8	1,5	5*14*5	1	14
C13	K50–35–25 В – 2200 мкФ	0,8	1,5	5*14*5	1	100

Позна-чення	Тип, параметри	Діам. вив., мм	Діам. конт.пло-щадки, мм	Габаритні розміри, мм	Кіль-кість, шт.	S _{уст} , мм ²
C14	K73 – 9 – 25 В – 1000 пФ	0,8	1,5	5*14*5	3	42
C16	K50 – 35 – 25 В – 0,1 мкФ	0,8	1,5	5*14*5	1	14
DA1	KP142EH5	0,8	1,5	10*5*20	1	50
DA2	MC12080	-	-	5*6,2*2	1	30
R _{BX}	МЛТ – 0,25 – 100 кОм	0,8	1,5	5*14*5	1	90
R1	МЛТ – 0,25	0,8	1,5	5*14*5	14	980
R15	СП5 – 2ВА – 1 Вт	0,8	1,5	10*11*5	4	440
R23	МЛТ – 0,125	0,8	1,5	5*14*5	6	420
R24	СП5 – 16А	0,8	1,5	10*10*15	1	100
VD1	Д220	0,8	1,5	4*20*4	2	160
VD3	Д311	0,8	1,5	4*20*4	1	80
VD4	Д814А	0,8	1,5	7*25*7	1	175
VD5	2С182Ж	0,8	1,5	3*15*3	1	45
VT1	КТ312	0,8	1,5	9*12*9	5	540

Тепер розрахуємо площу монтажно́ї зони S_M для середньої щільності монтажу компонентів за формулою:

$$S_M = 4S_{MT} + 3S_{CT} + 1,5S_{KT} . \quad (3.1)$$

Підставляючи необхідні дані, отримаємо

$$S_M = 4S_{MT} + 3S_{CT} + 1,5S_{KT} = 4*2623 + 3*1735 = 10732 + 5205 = 16937 [\text{мм}^2].$$

Зкоректуємо і знайдемо розміри монтажно́ї зони у відповідності із можливостями встановлення в корпус пристрою з врахуванням стандартних лінійних розмірів друкованих плат. Для цього вибираємо згідно ГОСТ 10317-79 «Плати друковані» основні розміри для друкованої плати нашого частотоміра розмір 90*195 [мм]. Найвищий компонент у перетворювачі коректорі має висоту 9 мм (змінний резистор R24).

Проведемо визначення діаметрів отворів, площ контактних площадок, товщини друкованої плати і ширин друкованих провідників на них. При цьому

врахуємо, що 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 електронних компонент виходять частіше всього із критерію двох мінімумів: мінімум перехідних отворів між шарами плати і мінімум довжини зв'язків між компонентами на платі. 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 електронних компонентів на платі регламентується умовно координатною сіткою із взаємно перпендикулярних систем паралельних ліній, розташованих на однаковій відстані одна від одної.

Крок координатної сітки для нашого частотоміра візьмемо 5 мм.

Центри монтажних отворів і контактних площадок під виводи навісних електронних компонентів мають бути розташовані у вузлах координатної сітки. Якщо крок розташування виводів багатовивідного 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)[8].

Згідно ГОСТ 10317-79 номінальний діаметр металізованого монтажного отвору 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.

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

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Контактні площадки отворів рекомендується виготовляти у вигляді кільця. Діаметр зовнішнього кільця контактної площадки вибирається з таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Рекомендовані зовнішні діаметри контактних площадок

Мінімальний діаметр	отворів, мм	0,6	0,8	1	1,5
	контактних площадок, мм	0,8	1	1,5	2,5

Для друкованої плати вибираємо гетинакс з товщина провідної фольги, а відповідно і провідних шарів на ньому $d = 50\text{мкм}$.

Ширину провідних шарів друкованої плати розраховуємо, виходячи із необхідності виконання умови відсутності їх перегріву. Для цього густина струму через провідник на має перевищувати величину 25 А/мм^2 . Оскільки максимальний струм у частотомірі протікає від джерела живлення, то слід розрахувати максимальну силу струму, яка може споживатися від нього компонентами пристрою. Відповідно з принциповою схемою та проведеними розрахунками сумарний постійний струм від джерела не перевищуватиме 400 мА . Відповідно, мінімальна можлива ширина провідного шару друкованої плати від джерела живлення складає $(400\text{ мА})/[(25\text{ А/мм}^2) \cdot d] = 0,02\text{ мм}$.

За результатами розрахунків за ГОСТ-ом вибирається також клас густини рисунка: другий. Для цього класу ширина провідників становить $t_{\min} = 0.25\text{ мм}$ і відстань між провідниками теж $0,25\text{ мм}$.

За отриманими результатами розрахунків у середовищі AUTOCAD спроектовано креслення друкованої плати і креслення розміщення елементів на ній. Ці креслення знаходяться в додатку.

3.2. Тепловий розрахунок пристрою

Тепловий режим електронної апаратури характеризується залежністю температури нагріву компонентів пристрою від температури навколишнього середовища. Ця залежність визначається розсіюваною потужністю всіх електронних та електричних компонент, розміщених в об'ємі пристрою.

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Отже, однією з умов експлуатації електронного пристрою є температура навколишнього середовища, яка може вплинути на надійність його роботи. Такий вплив пояснюється існуванням максимально допустимих температур, при яких тривалий час можуть працювати електронні компоненти в необхідному режимі. Розрахунок проведемо для максимальної температури навколишнього середовища $+30^{\circ}\text{C}$, заданої технічним завданням проекту.

При аналізі теплових режимів враховують щільність розміщення компонентів в об'ємі пристрою, його геометричну форму та вид корпусу.

Задамося необхідними вихідними даними за результатами проектування в підрозділі 3.1. До визначеного раніше розміру друкованої плати додаємо по 10 мм, для забезпечення її механічного кріплення у встановленому місті експлуатації. Встановимо також розмір корпусу з врахуванням розмірів друкованої плати, максимальної висоти компонентів, рознімачів та додаткових допусків для зручного розміщення всіх складових пристрою в одному корпусі. Відповідно, візьмемо корпус у формі прямокутного паралелепіпеда з такими параметрами: довжина $L_1=100$ мм; ширина $L_2=205$ мм; висота $L_3=25$ мм.

Площу всієї поверхні корпусу обчислюємо за формулою:

$$S = 2 \cdot (L_1 \cdot L_2 + L_2 \cdot L_3 + L_1 \cdot L_3) = 56250 \text{ мм}^2. \quad (3.2)$$

Розрахунок теплових режимів проводять наступним чином:

- 1) Знаходять об'єм корпусу за формулою:

$$V = A \cdot B \cdot H. \quad (3.3)$$

- 2) Знаходять коефіцієнт форми:

$$K_{\phi} = H / \sqrt[3]{V}. \quad (3.4)$$

- 3) Визначають коефіцієнт заповнення:

$$K^u = V_{\text{дп}} / V_{\text{кож}}. \quad (3.5)$$

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

$$P(\text{роз}) = \sum_{i=1}^n P^e(\text{роз}). \quad (3.6)$$

- 5) Знаходять питому потужність на одиницю площі:

$$Q = P(\text{роз}) / S. \quad (3.7)$$

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

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

6) Використовують номограми Глушицького і за розрахованими даними V , S , K_ϕ і $K_{\text{зап}}^V$ наближено знаходять температуру повітря в середині корпусу[9].

7) З одержаних даних уточнюють вид корпусу, тип конвекції і при необхідності тип вентилятора.

За наведеним алгоритмом проведемо конкретні розрахунки теплового режиму пристрою:

1. Об'єм кожуха згідно формули (3.3):

$$V = 100 \cdot 205 \cdot 25 = 512500 \text{ (мм}^3\text{)}.$$

2. Коефіцієнт форми згідно формули (3.4):

$$K_\phi = \frac{25}{\sqrt[3]{512500}} = \frac{25}{80} = 0,3$$

3. Коефіцієнт заповнення буде рівним:

$$K^V = V_{\text{дп}} / V_{\text{кож}} = 263250 / 512500 = 0,5.$$

4. Сумарну потужність визначимо, врахувавши максимальний споживаний струм від джерела живлення та його ЕРС: $P(\text{роз}) = 1,05 \text{ А} \cdot 12 \text{ В} = 12,6 \text{ Вт}$.

5. Знаходимо питому потужність на одиницю площі:

$$Q = P(\text{роз}) / S = 12,6 / 175,5 = 0,003 \text{ Вт/см}^2.$$

Умова теплоненавантаженості блоку

$$Q \leq 0,05 \text{ Вт/см}^2 \quad (3.8)$$

Отже даний блок вважається тепло ненавантаженим. Енергоємні елементи мають свій тепло відвід.

Підставивши значення коефіцієнтів отримали значення температури нагрітої зони $\Delta t_z = 5^\circ\text{C}$. Тому при розрахунку імовірності поправочні коефіцієнт будемо брати для максимальної температури 40°C .

3.3. Розрахунок характеристик надійності пристрою

Основною кількісною характеристикою надійності електронних пристроїв є функція надійності $P(t)$, або просто надійність, яка по визначенню рівна імовірності того, що в заданому інтервалі часу або в межах заданого напруцювання при заданих режимах і умовах експлуатації відмов у системі не виникає, тобто $P(t) =$

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

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

Непередбачувані експлуатаційні відмови представляють собою непередбачувані відмови повнонадійної РЕА, які виникають у період нормальної експлуатації, коли проробка пристрою вже закінчилася, а зношування і природне старіння ще не настали. Ці відмови обумовлені лише випадковими факторами, такими як: приховані внутрішні дефекти, які не можуть бути виявлені системою технологічного контролю; рівно імовірні, 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 імовірна в часі: $\lambda_0 = \text{const}$.

Розрахунок характеристик надійності зробимо за методикою [8].

Приблизний розрахунок отримують по формулі:

$$P(t) = \exp\left(-t \sum_{j=1}^m \lambda_{0j} N_j\right), \quad (3.9)$$

Напрацювання системи на відмову отримуємо по формулі :

$$T_{cp.c} = 1 / \sum_{j=1}^m \lambda_{0j} N_j, \quad (3.10)$$

При уточненому розрахунку надійності враховують зовнішні дії, впливи теплових і електричних навантажень елементів пристрою. Тоді розрахунок проводять за формулою:

$$P(t) = \exp\left(-k_{\lambda} t \sum_{j=1}^m \lambda_j N_j\right), \quad (3.11)$$

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;

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

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

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 та інші коефіцієнта навантаження k_n знаходять в довідниках.

При цьому під коефіцієнтом навантаження k_n розуміють відношення робочого навантаження, встановленого за заданим параметром, який діє на елемент, до його номінального навантаження, яке встановлене нормативно-технічною документацією.

Згідно ТЗ умови експлуатації приладу стаціонарні. Для стаціонарних умов характерно:

$t = +15 \dots +40 \text{ }^\circ\text{C}$;

вологість 45...75%;

атмосферний тиск 86...104 кПа.

По відповідних таблицях [8] знаходять коефіцієнти:

$$K_M=1; k_B=1; k_{a.T.}=1,$$

та $k_e = 1*1*1=1$.

Коефіцієнт α_j знаходять для кожної групи окремо, враховуючи відмічений вище більш ширший діапазон температур (+10...+45 $^\circ\text{C}$) і рекомендовані значення k_n .

Далі складається таблиця згідно електричного розрахунку принципової схеми і вибраної елементної бази. Довідникові дані про λ_{oj} знаходять з відомих джерел. Кінцеві параметри: розрахунку надійності наведено в таблицях 3.3 та 3.4.

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
						58
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Карта робочих режимів компонентів пристрою

Позн	Типономінал	Напруга, В			Струм, мА		Р _{роз} , мВт	k _i	k _u	k _p
		пост	зм	мак.	пост.	зм.				
C1, C2	К73–17В–250В–1,0 мкФ			$\frac{5}{250}$						
C3, C4	КСО – 1 – 500 В – 100 пФ			$\frac{5}{500}$						
C5,C 10	МБМ – 160 В – 0,1 мкФ			$\frac{5}{160}$					0,1	
C6	К50 – 12 – 12 В – 50 мкФ			$\frac{5}{12}$					0,1	
C7	КСО – 1 – 500 В – 100 пФ			$\frac{5}{500}$					0,2	
C8	КСО– 2– 500 В–1000 пФ			$\frac{5}{500}$					0,1	
C9	БМ–2– 200 В – 0,01 мкФ			$\frac{5}{200}$					0,2	
C11	К50–35–25В–1000 мкФ			$\frac{5}{25}$					0,2	
C12	К50 – 35–25В – 33 мкФ			$\frac{5}{25}$					0,2	
C13	К50 – 35–25 В 2200 мкФ			$\frac{5}{25}$					0,2	
C14	К50 – 35–25 В 2200 мкФ			$\frac{5}{25}$					0,2	
C15	К50 – 35–25 В 2200 мкФ			$\frac{5}{25}$					0,2	
C16	К50 – 35–25 В 2200 мкФ			$\frac{5}{25}$					0,2	
DA1	КР142ЕН5			12	<u>0,1</u>					1,2
DA2	МС12080			5	<u>0,1</u>					0,5
R _{ВХ}	МЛТ – 0,25 – 100 кОм						$\frac{0,0014}{0,25}$			0,5
R1	МЛТ – 0,25						$\frac{0,14}{0,125}$			1.12
R15	СП5 – 2ВА – 1 Вт						$\frac{0,0025}{1}$			0,5
R23	МЛТ – 0,125						$\frac{0,0025}{0,125}$			0,5
R24	СП5 – 16А						$\frac{0,0025}{16}$			0,5
R25	МЛТ – 0,125						$\frac{0,0025}{0,125}$			0,5
R26	МЛТ – 0,125						$\frac{0,0025}{0,125}$			0,5
R27	МЛТ – 0,125						$\frac{0,0025}{0,125}$			0,5

Карта робочих режимів компонентів пристрою

Позн	Типономінал	Напруга, В			Струм, мА		Р _{роз} , мВт	k _i	k _u	k _p
		пост.	зм	мак.	пост.	зм.				
R28	МЛТ – 0,125						$\frac{0,0025}{0,125}$			0,5
R29	МЛТ – 0,125						$\frac{0,0025}{0,125}$			0,5
VD1	Д220			$\frac{10}{30}$						0,3
VD3	Д311			$\frac{10}{30}$						0,3
VD4	Д814А			$\frac{10}{30}$						0,3
VD5	2С182Ж			$\frac{10}{30}$						0,3
VT1	КТ312			$\frac{10}{100}$						0,1

Таблиця 3.4

Інтенсивності відмов елементів (за довідником [11])

Назва	Наймен. типономінали елементів	п, шт.	$\lambda_0, 10^{-8}$ ГОД ⁻¹	k _e	t°C	k _н	k _{тн}	$\lambda, 10^{-8}$ ГОД ⁻¹
C1, C2	К73–17В–250В–1,0 мкФ	1	50	1,07	40	0,3	1	53,5
C3, C4	КСО–1 –500 В – 100 пФ	1	50	1,07	40	0,3	1	53,5
C5, C10	МБМ – 160 В – 0,1 мкФ	2	5	1,07	40	0,1	0,49	5,243
C6	К50 – 12 – 12 В – 50 мкФ	1	5	1,07	40	0,2	0,49	7,8645
C7	КСО –1 – 500 В – 100 пФ	1	6	1,07	40	0,1	0,6	3,852
C8	КСО –2 –500 В– 1000 пФ	1	6	1,07	40	0,1	0,6	3,852
C9	БМ – – 200 В – 0,01 мкФ	1	6	1,07	40	0,1	0,6	3,852
C11	К50–35–25 В–1000 мкФ	1	6	1,07	40	0,1	0,6	3,852
C12	К50 –35 – 25 В – 33 мкФ	2	6	1,07	40	0,1	0,6	3,852
C13	К50– 35–25В – 2200 мкФ	1	6	1,07	40	0,1	0,6	3,852
DA1	КР142ЕН5	1	17	1,07	40	1,2	1	17
DA2	МС12080	1	7	1,07	40	0,6	1	7
R _{вх}	МЛТ–0,25 – 100 кОм	1	5	1,07	40	0,2	0,49	2,8645
R1	МЛТ – 0,25	1	5	1,07	40	0,2	0,49	2,8645
R15	СП5 – 2ВА – 1 Вт	1	1	2,5	40	0,4	1	2,5
R23	МЛТ – 0,125	1	1	1	40	1	1	1
R24	СП5 – 16А	1	1	1,07	40	1	1	1,07
VD1	Д220	1	1	1,07	40	1	1	1,07

Інтенсивності відмов елементів

Назва	Наймен. типомінали елементів	п, шт.	$\lambda_0, 10^{-8}$ ГОД ⁻¹	кє	t°C	кн	ктн	$\lambda, 10^{-8}$ ГОД ⁻¹
VD3	Д311	1	1	1,07	40	1	1	1,07
VD4	Д814А	1	2,2	1,07	40	0,02	0,08	0,942
VD5	2С182Ж	1	2,2	1,07	40	0,01	0,08	0,942
VT1	КТ312	1	2,2	1,07	40	0,6	0,08	0,942
	Пайка	167	1	1,07	40	1	1	173,33
Всього, $\Sigma\lambda, 10^{-8}$ 1/год.								295,77

За табличними даними отримуємо напрацювання на відмову

$$T = \frac{1}{\lambda_{\Sigma}} = \frac{1}{295.77 \cdot 10^{-8}} = 328100 \text{ .годин.}$$

З врахуванням часу наробітки приладу 2000 год., отримаємо:

$$P(2000) = e^{-\lambda_{\Sigma} \cdot t} \approx 1 - \lambda_{\Sigma} \cdot t \approx 0.98 .$$

4 ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Розрахунок собівартості 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 і експлуатації устаткування та інші поточні витрати.

Проведемо розрахунок собівартості виготовлення спроектованого приладу у вигляді калькуляції. Для цього скористаємось методом побільшеного розрахунку собівартості - методом питомої ваги, що забезпечує прийнятну (~5%) похибку 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. [10]

Таблиця 4.1

Калькуляція собівартості спроектованого приладу

№п/п	Стаття витрат	Сума, грн.
1	Основні матеріали	153,04
2	Покупні комплектуючі вироби і напівфабрикати	954,14
3	Основна заробітна плата виробничих робітників	12,29
4	Додаткова заробітна плата виробничих робітників	1,20
5	Відрахування на соціальне страхування	13,48
6	Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	10,78
7	Цехові витрати	12,13
8	Загальнозаводські витрати	19,68
9	Інші виробничі витрати	2,35
Разом: виробнича собівартість $C_{\text{вир}}$		1179,09
10	Позавиробничі витрати	23,58
Разом: повна собівартість $C_{\text{повн}}$		1202,67

Розрахунок кількості і вартості матеріалів, що витрачаються на виготовлення спроектованого приладу

Розрахунок кількості і вартості матеріалів представлений у вигляді табл. 4.2.

Для визначення кількості витраченого припою, з врахуванням затрати на паяння 1 ніжка = $3 \cdot 10^{-6}$ кг, розрахуємо масу необхідну для нашого виробу. Кількість ніжок – 101. Тоді:

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

$$\text{Кількість(припою)}=101*3*10^{-6} \text{ кг}=0,0003 \text{ кг}$$

Ціна необхідного припою визначається:

$$X=3550*0,0003/1=10,65 \text{ грн}$$

де 3550 – ціна за 1 кілограм припою ПОС61 1.0 мм з флюсом [11]

Для визначення кількості витраченого лаку, з врахуванням затрати на площу $1 \text{ см}^2 = 0,008 \text{ кг}$, розрахуємо масу лаку необхідну для нашого виробу. Площа друкованої плати рівна $9\text{см}*19,5\text{см}=175,5 \text{ см}^2$. Тоді:

$$\text{Кількість(лаку)}=175,5*0,008 \text{ кг}=1,404 \text{ кг}$$

Ціна необхідного лаку визначається:

$$X=88*1,404/1=123,55 \text{ грн}$$

де 88 – ціна за 1 кілограм лаку НЦ-134 [11]

Емаль ЄП-572 використовується для нанесення написів на плату. Для нашого випадку достатньо 25г.

Ціна за кг емалі ЄП-572 300 грн. [11]

$$X=300*0,025/1=7,5 \text{ грн}$$

Таблиця 4.2

Кількість і вартість матеріалів

№ п/п	Найменування матеріалу	Профіль, сорт, марка, розмір, ГОСТ, ДСТУ, ТУ	Одиниця вимірю- вання	К-сть	Ціна за одиницю, грн.	Сума, грн.
1	Припій ПОС61	ГОСТ 21930-76	кг	0,0003	2930,00	10,65
2	Лак НЦ-134	ТУ6-101291-77	кг	1,4	88	123,55
3	Емаль ЄП-572	ГОСТ9980-75	кг	0,025	300,00	7,5
Разом:						141,7
Зворотні відходи (1-5% від вартості матеріалів)						1,42
Транспортно-заготівельні витрати (7-10% від загальної вартості матеріалів)						9,92
Разом:						153,04

Розрахунок вартості покупних комплектуючих виробів, що витрачаються на виготовлення спроектованого приладу

Розрахунок кількості і вартості покупних комплектуючих виробів і напівфабрикатів представлений у вигляді табл. 4.3.

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Таблиця 4.3

Кількість і вартість покупних комплектуючих виробів [11]

№ п/п	Найменування покупних комплектуючих виробів і напів-фабрикатів	Профіль, сорт, марка, розмір, ГОСТ, ДСТУ, ТУ	Одиниця вимірювання	К-сть	Ціна за одиницю, грн.	Сума, грн.
1	2	3	4	5	6	7
1		Плата друкована	шт.	1	30	30
2		Гвинт М3×10.34	шт.	4	1,5	6
3		Шайба 4 ГОСТ 18123-82	шт.	4	0,5	2
4	C1, C2	К73 – 17 В – 250 В – 1,0 мкФ	шт.	2	3	6
5	C3, C4, C7	КСО – 1 – 500 В – 100 пФ	шт.	3	2	6
6	C5, C10	МБМ – 160 В – 0,1 мкФ	шт.	2	3	6
7	C6	К50 – 12 – 12 В – 50 мкФ	шт.	1	1,6	1,6
8	C8	КСО – 2 – 500 В – 1000 пФ	шт.	1	3	3
9	C9	БМ – 2 – 200 В – 0,01 мкФ	шт.	1	2	2
10	C11	К50 – 35 – 25 В – 1000 мкФ	шт.	1	2,5	2,5
11	C12	К50 – 35 – 25 В – 33 мкФ	шт.	1	2	2
12	C13	К50 – 35 – 25 В – 2200 мкФ	шт.	1	2	2
13	FU1; FU2	ВП – 1 – 1 – 0,25 А – 250 В	шт.	2	5	10
14	РА1	М24 – 0...100 мА	шт.	1	200	200
15	RВХ, R1-R14, R16, R18, R 20	МЛТ – 0,25	шт.	18	0,75	13,5
16	R15, R17, R19, R21	СП5 – 2ВА – 1 Вт – 4,7 кОм	шт.	4	38	152
17	R23, R25-R27	МЛТ – 0,125	шт.	4	1	4
18	R24	СП5-16А-0,125 Вт – 1,0 кОм	шт.	1	25	25
19	SA1	Перемикач ПГМ – 12П1Н	шт.	1	20	20
20	SA2	Перемикач КСД7	шт.	1	75,5	75,5
21	T1	ТС – 10 – 220/12	шт.	1	130	130
22	VD1; VD2	Діод Д220	шт.	2	2	4
23	VD3	Діод Д311	шт.	1	15	15
24	VD4	Стабілітрон Д814А	шт.	1	3,42	3,42
25	VD5	Стабілітрон 2С182Ж	шт.	1	10	10
26	VD6	Міст діодний КЦ405А	шт.	1	9,2	9,2
27	VT1...VT 5	КТ312	шт.	5	20	100
28	VT6	2С5109	шт.	1	30	30
29	VT7	МП37Б	шт.	1	10,5	10,5
30	VT8	КТ3102Г	шт.	1	10,5	10,5
Разом:						891,72
Транспортно-заготівельні витрати (7-10% від загальної вартості виробів і напів-фабрикатів)						62,42
Разом:						954,14

Розрахунок основної заробітної плати виробничих робітників

До основної заробітної плати виробничих робітників, що включається до собівартості, входить оплата робітникам відрядникам і погодингникам, що безпосередньо зайняті виготовленням спроектованого приладу.

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

Основну заробітну плату визначають шляхом множення трудомісткості виготовлення спроектованого приладу на годинну тарифну ставку відповідно розряду робіт.

Трудомісткість виготовлення спроектованого приладу на стадіях ескізного і технічного проектів визначають на підставі отриманих трудомісткостей виготовлення аналога та його складових частин.

Розрахунок основної заробітної плати по складанню, монтажу, регулюванню і випробуванню спроектованого приладу представлений у вигляді табл. 4.4.

Погодинна оплата праці яка діє з 01.01.2022 - 01.10.2022 становить 39,26 (гривень на годину). З врахуванням коефіцієнта підвищення окладу розрахуємо для кожного розряду:

$$3 \text{ розряд} = 39,26 * 1,18 = 46,32 \text{ грн*год};$$

$$4 \text{ розряд} = 39,26 * 1,27 = 49,86 \text{ грн*год};$$

$$5 \text{ розряд} = 39,26 * 1,36 = 53,39 \text{ грн*год}.$$

Трудомісткість операції – встановлення і пайка залежить від кількості елементів і їх складності. Тому з врахування затрати часу на одну пайку 0,0005 год і встановлення 0,0002 год визначимо час для пайки і встановлення всіх елементів:

$$\text{Трудомісткість (пайка)} = 101 * 0,0005 = 0,051;$$

$$\text{Трудомісткість (встановлення)} = 68 * 0,0002 = 0,014;$$

$$\text{Загальна трудомісткість} = 0,051 + 0,014 = 0,065 \approx 0,1.$$

Таблиця 4.4.

Розрахунок основної заробітної плати по складанню, монтажу, регулюванню і випробуванню спроектованого приладу

№ п/п	Зміст операції	Фах	Розряд роботи	Годинна тарифна ставка, грн.	Трудомісткість робіт, нормо-год.	Сума зарплати за тарифом, грн.
1	Встановлення і пайка	17474	4	49,86 грн.	0,1	4,99
2	Контроль	60188	5	53,39 грн.	0,05	2,67
3	Лакування і збирання	18352	3	46,32 грн.	0,1	4,63
Разом:						12,29

Розрахунок додаткової заробітної плати виробничих робітників

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

Величина додаткової заробітної плати визначається процентом від суми основної заробітної плати виробничих робітників (10%) і складає:

$$ЗП(додаткова)=12,29*10/100\approx 1,2 \text{ грн.}$$

Розрахунок відрахувань на соціальне страхування

Величина відрахувань на соціальне страхування визначається процентом від суми основної і додаткової заробітної плати виробничих робітників, а саме $12,29+1,2\approx 13,48$ грн.

Процентна ставка 37,5% і складає 4,95 грн в т.ч. відрахування:

Пенсійний фонд – 33,2% і складає 4,38 грн;

Фонд соціального страхування – 1,4% і складає 0,18 грн;

Фонд зайнятості - 1,5% і складає 0,2 грн;

Фонд страхування від нещасних випадків – 1,4% і складає 0,18 грн.

Розрахунок відрахувань ЄСВ

Відповідно до Закону на 17.11.2021 р., єдина ставка нарахувань становить 22%. Визначається процентом від суми основної і додаткової заробітної плати виробничих робітників.

Процентна ставка 22% і складає $13,48*22/100=2,96$ грн.

Розрахунок витрат на утримання та експлуатацію устаткування

До витрат на утримання та експлуатацію устаткування відносять витрати на повне 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.

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

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

1.5 приведені середні значення відсотків витрат на утримання та експлуатацію устаткування для різних груп приладів.

Таблиця 4.5

Середні значення відсотків витрат на утримання та експлуатацію
устаткування

Групи приладів	Середнє значення процента, %
1. Оптико-механічні	100
2. Оптико-фізичні	90
3. Оптико-електронні	85
4. Радіотехнічні	80
5. Точної механіки	95

Розроблюваний прилад відноситься до радіотехнічних тому витрати на утримання та експлуатацію устаткування будуть складати 80% від суми основної заробітної плати виробничих робітників 13,48, а саме 10,78 грн.

Розрахунок цехових витрат

Величина цехових витрат визначається по цехам відсотком від суми основної заробітної плати і витрат на утримання та експлуатацію устаткування. В таблиці 1.6 приведені середні значення відсотків цехових витрат для різних груп приладів.

Таблиця 4.6

Середні значення відсотків цехових витрат

Групи приладів	Середнє значення процента, %
1. Оптико-механічні	80
2. Оптико-фізичні	70
3. Оптико-електронні	50
4. Радіотехнічні	50
5. Точної механіки	75

Розроблюваний прилад відноситься до радіотехнічних тому цехові витрати будуть складати 50% від $13,48+10,78=24,6$ грн, а саме 12,13 грн.

Розрахунок загальнозаводських витрат

Величина загальнозаводських витрат визначається процентом від суми основної заробітної плати і витрат на утримання та експлуатацію устаткування. В таблиці 2.7 приведені середні значення відсотків загальнозаводських витрат для різних груп приладів.

Таблиця 4.7

Середні значення відсотків загальнозаводських витрат

Групи приладів	Середнє значення процента, %
1. Оптико-механічні	90
2. Оптико-фізичні	80
3. Оптико-електронні	80
4. Радіотехнічні	80
5. Точної механіки	85

Розроблюваний прилад відноситься до радіотехнічних приладів тому цехові витрати будуть складати 80% від $13,48+10,78=24,6$ грн, а саме 19,68 грн.

Розрахунок інших виробничих витрат

Величина інших виробничих витрат визначається процентом від суми всіх попередніх статей (0,2 - 0,4%). Треба знайти 0,2% від 1176,74 грн. І це буде складати 2,35 грн.

Розрахунок позавиробничих витрат

Величина позавиробничих витрат визначається процентом від величини виробничої собівартості (2 - 4%). Треба знайти 2% від 1179,09 грн. і це буде складати 23,58 грн.

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

4.2 Розрахунок ціни спроектованого приладу

Ціну спроектованого приладу можна визначити за формулою:

$$Ц = C_{повн} + П, \quad (4.1)$$

де $C_{повн}$ - повна собівартість виготовлення спроектованого приладу, а $П$ - запланований прибуток.

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

$$P = П / C_{повн}, \quad (4.2)$$

Якщо прийняти величину рентабельності 30%, тоді:

$$П = P * C_{повн} = 0,3 * C_{повн}, \quad (4.3)$$

Тоді ціну спроектованого приладу можна визначити за формулою:

$$Ц = C_{повн} + 0,3 * C_{повн} = 1,3 * C_{повн}, \quad (4.4)$$

Якщо підприємство є платником податку на додану вартість (ставка ПДВ 20%), то вихідна ціна на спроектований прилад буде слідуючою:

$$Ц_{вих} = 1,2 * Ц, \quad (4.5)$$

Розрахунок:

Згідно формули (4.4) ціна спроектованого приладу буде:

$$Ц = 1,3 * C_{повн} = 1,3 * 1202,67 = 1563,47 \text{ грн}$$

Із врахуванням ПДВ згідно формули (4.5) вихідна ціна:

$$Ц_{вих} = 1,2 * Ц = 1,2 * 1563,47 = 1876,17 \text{ грн}$$

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

5 ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ І ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

Основні поняття, терміни та визначення в сфері охорони праці

Людська праця – це джерело розвитку суспільства, створення матеріальних, культурних і духовних цінностей, передумова існування як кожної окремої людини, так і людства в цілому. В ідеалі трудова діяльність повинна надавати людині задоволення і не бути надмірно важкою чи напруженою. Важкість та напруженість праці є одними з головних характеристик трудового процесу.

Важкість праці – це така характеристика трудового процесу, що відображає переважне навантаження на опорно-руховий апарат і функціональні системи організму (серцево-судинну, дихальну та ін.), які забезпечують його діяльність. Важкість праці характеризується фізичним (динамічним і статичним) навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальним числом стереотипних робочих рухів, робочою позою, ступенем нахилу корпусу, переміщенням в просторі [12].

Напруженість праці – це така характеристика трудового процесу, що відображає навантаження переважно на центральну нервову систему, органи чуттів, емоційну сферу працівника. До факторів, що характеризують напруженість праці, відносяться: інтелектуальні, сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

Під час виконання людиною трудових обов'язків на неї діє сукупність фізичних, хімічних, біологічних та соціальних чинників, що зветься *виробничим середовищем*.

Сукупність чинників трудового процесу і виробничого середовища, які впливають на здоров'я і працездатність людини під час виконання нею трудових обов'язків складають *умови праці*.

Реальне виробництво супроводжується шкідливими та небезпечними чинниками (факторами) і має певний виробничий ризик.

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

Виробничий ризик – це ймовірність ушкодження здоров'я працівника під час виконання ним трудових обов'язків, що зумовлена ступенем шкідливості та/або небезпечності умов праці та науково-технічним станом виробництва.

Шкідливий виробничий фактор – небажане явище, що супроводжує виробничий процес і вплив якого на працюючого може призвести до погіршення самопочуття, зниження працездатності, захворювання, виробничо-зумовленого чи професійного, і навіть смерті, як результату захворювання.

Захворювання – це порушення нормальної життєдіяльності організму, зумовлене функціональними та/або морфологічними змінами.

Виробничо-зумовлене захворювання – це захворювання, перебіг якого ускладнюється умовами праці, а частота якого перевищує частоту його у працівників, які не зазнають впливу певних професійних шкідливих факторів.

Професійне захворювання (профзахворювання) – це захворювання, що виникло внаслідок професійної діяльності та зумовлюється виключно або переважно впливом шкідливих речовин і певних видів робіт та інших факторів, пов'язаних з роботою.

Небезпечний виробничий фактор – небажане явище, яке супроводжує виробничий процес і дія якого за певних умов може призвести до травми або іншого раптового погіршення здоров'я працівника (гострого отруєння, гострого захворювання) і навіть до раптової смерті.

Виробнича травма – пошкодження тканин, порушення анатомічної цілісності організму людини або його функцій внаслідок впливу виробничих факторів. Як правило, виробнича травма є наслідком нещасного випадку на виробництві.

Нещасний випадок на виробництві – це обмежена в часі подія або раптовий вплив на працівника небезпечного виробничого фактора чи середовища, що сталися у процесі виконання ним трудових обов'язків, внаслідок яких заподіяно шкоду здоров'ю або настала смерть.

Як вже було сказано в попередніх лекціях, один і той же чинник може одночасно викликати і травму, і захворювання (наприклад, високий рівень іонізуючого або теплового випромінювання може викликати опік або навіть

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

призвести до миттєвої смерті). Через це всі несприятливі виробничі чинники часто розглядаються як єдине поняття – *небезпечний та шкідливий виробничий фактор (НШВФ)*.

За своїм походженням та природою дії НШВФ ділять на 5 груп: фізичні, хімічні, біологічні, психофізіологічні та соціальні.*

До *фізичних НШВФ* відносяться машини та механізми або їх елементи, а також вироби, матеріали, заготовки тощо, які рухаються або обертаються; системи, устаткування або елементи обладнання, які знаходяться під підвищеним тиском; підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони; підвищені рівні шуму, вібрації, ультразвуку, інфразвуку; підвищений рівень іонізуючих випромінювань; підвищене значення напруги в електричній мережі; підвищена напруженість електричного та магнітного полів тощо.

До *хімічних НШВФ* відносяться хімічні речовини, які по характеру дії на організм людини поділяються на токсичні, задушливі, наркотичні, подразнюючі, сенсibilізуючі, канцерогенні, мутагенні та такі, що впливають на репродуктивну функцію. По шляхам проникнення в організм людини вони поділяються на такі, що потрапляють через: 1) органи дихання; 2) шлунково-кишковий тракт; 3) шкіряні покриви та слизисті оболонки.

До *біологічних НШВФ* відносяться патогенні мікроорганізми (бактерії, віруси, рикетсії, спірохети, грибки тощо) та продукти їхньої життєдіяльності, а також макроорганізми – це тварини та рослини.

До *психофізіологічних НШВФ* відносяться фізичні (статичні та динамічні) перевантаження і нервово-психічні перевантаження (розумове перенапруження, перенапруження аналізаторів, монотонність праці, емоційні перевантаження).

Соціальні НШВФ – це неякісна організація роботи, понаднормова робота, необхідність роботи в колективі з поганими відносинами між його членами, соціальна ізоляція з відривом від сім'ї, незадоволеність роботою тощо.

Слід мати на увазі, що один і той самий за природою своєї дії НШВФ може належати одночасно до різних вищезгаданих груп.

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

Такий стан умов праці, при яких виключена або зведена до припустимого рівня дія на працюючого небезпечних та шкідливих виробничих факторів зветься *безпекою праці*.

Виходячи з того, що в житті, а тим більше у виробничому процесі, абсолютної безпеки не існує, нерозумно було б вимагати від реального виробництва повного викорінення травматизму, виключення можливості будь-якого захворювання. Але реальним і розумним є ставити питання про зведення до мінімуму впливу об'єкти існуючих виробничих небезпек. Цю задачу саме і вирішує *охорона праці*.

Законодавство України в сфері охорони праці

Законодавство України про охорону праці – це система взаємопов'язаних нормативно-правових актів, що регулюють відносини у сфері соціального захисту громадян у процесі трудової діяльності.

Базується законодавство України про охорону праці на конституційному праві всіх громадян України на належні, безпечні і здорові умови праці, гарантовані статтею 43 Конституції України.

Основоположним документом в галузі охорони праці є Закон України «Про охорону праці», який визначає основні положення щодо реалізації права на охорону життя і здоров'я у процесі трудової діяльності, на належні, безпечні і здорові умови праці, регулює відносини між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

Стаття 2 Закону України «Про охорону праці» встановлює, що дія його поширюється на всіх юридичних та фізичних осіб, які відповідно до законодавства використовують найману працю, та на всіх працюючих.

До основних законодавчих актів, що мають безпосереднє відношення до охорони праці слід також віднести:

Основи законодавства України про охорону здоров'я.

Кодекс законів про працю України (КЗпПУ).

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

Закон України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності».

Закон України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення».

Закон України «Про пожежну безпеку».

Закон України «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку» тощо.

Окремо питання правового регулювання охорони праці містяться і в багатьох інших законодавчих актах України. Це стосується таких законодавчих актів, як «Цивільний кодекс», «Кримінальний кодекс», Закон України «Про колективні договори і угоди», технічні Регламенти з безпеки промислового обладнання та продукції, що розроблені згідно існуючих вимог Директив ЄС у цій сфері і мають статус Законів, тощо.

Крім вищезазначених законів, правові відносини у сфері охорони праці регулюють інші національні законодавчі акти, міжнародні договори та угоди, до яких Україна приєдналася в установленому порядку, підзаконні нормативні акти: Укази і розпорядження Президента, рішення Уряду, нормативні акти міністерств та інших центральних органів державної влади. Всі ці документи створюють єдине правове поле охорони праці в нашій країні.

Основні принципи державної політики в галузі охорони праці

Стаття 4 Закону України «Про охорону праці» визначає, що засади державної політики в галузі охорони праці базуються на 10 основних принципах:

- 1. Пріоритет життя і здоров'я працівників, повна відповідальність роботодавця за створення належних, безпечних і здорових умов праці.*
- 2. Підвищення рівня промислової безпеки шляхом забезпечення суцільного технічного контролю за станом виробництв, технологій та продукції, а також сприяння підприємствам у створенні безпечних та нешкідливих умов праці.*
- 3. Комплексне розв'язання завдань охорони праці на основі загальнодержавної, галузевих, регіональних програм з цього питання та з урахуванням інших напрямів*

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

економічної і соціальної політики, досягнень в галузі науки і техніки та охорони довкілля.

4. Соціальний захист працівників, повне відшкодування шкоди особам, які потерпіли від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань.
5. Встановлення єдиних вимог з охорони праці для всіх підприємств та суб'єктів підприємницької діяльності незалежно від форм власності та видів діяльності.
6. Адаптація трудових процесів до можливостей працівника з урахуванням його здоров'я та психологічного стану.
7. Використання економічних методів управління охороною праці, участь держави у фінансуванні заходів щодо охорони праці, залучення добровільних внесків та інших надходжень на ці цілі, отримання яких не суперечить законодавству.
8. Інформування населення, проведення навчання, професійної підготовки і підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці.
9. Забезпечення координації діяльності органів державної влади, установ, організацій, об'єднань громадян, що розв'язують проблеми охорони здоров'я, гігієни та безпеки праці, а також співробітництва і проведення консультацій між роботодавцями та працівниками (їх представниками), між усіма соціальними групами під час прийняття рішень з охорони праці на місцевому та державному рівнях.
10. Використання світового досвіду організації роботи щодо поліпшення умов і підвищення безпеки праці на основі міжнародного співробітництва.

Права працівників на пільги та компенсації за важкі та шкідливі умови праці

Працівники зайняті на роботах з важкими та шкідливими умовами праці безкоштовно забезпечуються лікувально-профілактичним харчуванням [13, 14].

Ця категорія працівників також має право на:

- оплачувані перерви санітарно-оздоровчого призначення;
- скорочення тривалості робочого часу;
- додаткову оплачувану відпустку;
- пільгову пенсію;

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

- оплату праці у підвищеному розмірі та на інші пільги та компенсації, що надаються в передбаченому законодавством порядку.

Роботодавець може за свої кошти додатково встановлювати за колективним договором (угодою) працівникам пільги і компенсації не передбачені чинним законодавством.

Протягом дії трудового договору роботодавець повинен своєчасно інформувати працівника про зміни у виробничих умовах та в розмірах пільг і компенсацій, включаючи й ті, що надаються їм додатково.

Фінансування охорони праці

Стаття 19 Закону «Про охорону праці» встановлює, що фінансування охорони праці на підприємстві здійснюється роботодавцем.

Для підприємств, незалежно від форм власності, або фізичних осіб, які використовують найману працю, витрати на охорону праці мають становити не менше 0,5 % від суми реалізованої продукції.

На підприємствах, що утримуються за рахунок бюджету, витрати на охорону праці передбачаються в державному або місцевих бюджетах і мають становити не менше 0,2 % від фонду оплати праці.

Суми витрат на охорону праці, що належать до валових витрат юридичної чи фізичної особи, яка відповідно до законодавства використовує найману працю, визначаються згідно з переліком заходів та засобів з охорони праці, що затверджується Кабінетом Міністрів України.

Фінансування профілактичних заходів з охорони праці, виконання загальнодержавної, галузевих та регіональних програм поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища, інших державних програм, спрямованих на запобігання нещасним випадкам та професійним захворюванням, передбачається у державному і місцевих бюджетах, що виділяються окремим рядком.

Додатковим джерелом фінансування заходів, спрямованих на запобігання нещасним випадкам, усунення загрози здоров'ю працівників, викликані умовами праці, є Фонд соціального страхування від нещасного випадку на виробництві (ФССНВ). Фінансування заходів з охорони праці системою страхування є

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

ефективним методом економічного впливу на стан безпеки, гігієни праці та виробничого середовища в ринкових умовах.

Система державного управління охороною праці в Україні, органи державного управління охороною праці, їх компетенції і повноваження

Однією з функцій сучасної держави є проведення соціальної політики, спрямованої на підвищення безпеки праці. Здійснення цієї функції неможливе без відповідного державного управління охороною праці. Державне управління охороною праці в Україні здійснюють:

- Кабінет Міністрів України;
- спеціально уповноважений центральний орган виконавчої влади з нагляду за охороною праці;
- міністерства та інші центральні органи виконавчої влади;
- місцеві державні адміністрації та органи місцевого самоврядування.

Державний нагляд, відомчий і громадський контроль за охороною праці.

З метою забезпечення виконання вимог законодавства з охорони праці в Україні створена система державного нагляду, відомчого і громадського контролю з цих питань.

Державний нагляд за додержанням законів та інших НПАОП відповідно до Закону «Про охорону праці» здійснюють:

- спеціально уповноважений центральний орган виконавчої влади з нагляду за охороною праці (*Держпраця*);
- спеціально уповноважений державний орган з питань радіаційної безпеки (*Комітет ядерного регулювання Міністерства охорони природного середовища*);
- спеціально уповноважений державний орган з питань пожежної безпеки (*підрозділ Державної Служби з надзвичайних ситуацій*);
- спеціально уповноважений державний орган з питань гігієни праці (*Головний державний санітарний лікар та санітарно–епідеміологічна служба Міністерства охорони здоров'я*).

Органи державного нагляду за охороною праці не залежать від будь-яких господарських органів, суб'єктів підприємництва, об'єднань громадян, політичних

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

формувань, місцевих державних адміністрацій і органів місцевого самоврядування, їм не підзвітні і не підконтрольні.

Діяльність органів державного нагляду за охороною праці регулюється законами України «Про охорону праці», «Про використання ядерної енергії і радіаційну безпеку», «Про пожежну безпеку», «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення», іншими нормативно-правовими актами та положеннями про ці органи, що затверджуються Президентом України або Кабінетом Міністрів України.

Свою роботу щодо нагляду за охороною праці Держпраці проводить через територіальні (обласні) управління, галузеві державні інспекції охорони праці та експертно-технічні центри.

Інспектори Держпраці мають право:

- безперешкодно відвідувати підконтрольні підприємства (об'єкти), виробництва, та здійснювати в присутності роботодавця або його представника перевірку додержання законодавства з охорони праці;
- одержувати пояснення, висновки обстежень, аудитів, звіти про рівень і стан профілактичної роботи, причини порушень законодавства та вжиті заходи щодо їх усунення;
- видавати обов'язкові для виконання приписи (розпорядження) про усунення порушень і недоліків в галузі охорони праці;
- забороняти, зупиняти, припиняти, обмежувати експлуатацію виробництв, робочих місць, будівель, устаткування, виконання певних робіт, застосування нових небезпечних речовин, реалізацію продукції, а також скасовувати або припиняти дію виданих ними дозволів і ліцензій до усунення порушень, які створюють загрозу життю працюючих;
- притягати до адміністративної відповідальності працівників, винних у порушенні законодавства про охорону праці;
- надсилати роботодавцям подання про невідповідність окремих осіб займаній посаді, передавати матеріали органам прокуратури для притягнення цих осіб до відповідальності згідно із законом.

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

Відомчий контроль покладається на адміністрацію підприємства та на господарські організації вищого рівня. Цей контроль здійснюється відповідними службами охорони праці.

Громадський контроль за додержанням законодавства про охорону праці створенням безпечних і нешкідливих умов праці, належних виробничих та санітарно-побутових умов, забезпеченням працівників спецодягом, спецвзуттям, іншими засобами індивідуального та колективного захисту здійснюють професійні спілки в особі своїх виборних органів і представників (уповноважених осіб). Професійні спілки також мають право на проведення незалежної експертизи умов праці, а також об'єктів виробничого призначення, що проектуються, будуються чи експлуатуються, на відповідність їх НПАОП, брати участь у розслідуванні причин нещасних випадків і професійних захворювань та надавати свої висновки про них, вносити роботодавцям, державним органам управління і нагляду подання з питань охорони праці та одержувати від них аргументовану відповідь.

У разі відсутності професійної спілки на підприємстві громадський контроль здійснює уповноважена найманими працівниками особа з питань охорони праці, яка має право безперешкодно перевіряти на підприємствах виконання вимог щодо охорони праці і вносити обов'язкові для розгляду роботодавцем пропозиції про усунення виявлених порушень НПАОП.

Служба охорони праці підприємства

На підприємстві з кількістю працюючих 50 і більше осіб роботодавець створює службу охорони праці відповідно до "Типового положення про службу охорони праці" НПАОП 0.00-4.35-04, затвердженого наказом Державного комітету України по нагляду за охороною праці (Держпраці) від 15.11. 2004 р. №255, зареєстрованому в Міністерстві Юстиції України 01.12. 2004 р. за №1526/10125. Відповідно до цього нормативного документу на підприємстві з кількістю працюючих менше 50 осіб функції служби охорони праці можуть виконувати в порядку сумісництва особи, які мають відповідну підготовку. На підприємстві з кількістю працюючих менше 20 осіб для виконання функцій

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

служби охорони праці можуть залучатися сторонні спеціалісти на договірних засадах, які мають відповідну підготовку [13, 14].

Служба охорони праці підпорядковується безпосередньо роботодавцю. Керівники та спеціалісти служби охорони праці за своєю посадою і заробітною платою прирівнюються до керівників і спеціалістів основних виробничо-технічних служб.

Ліквідація служби охорони праці допускається тільки у разі ліквідації підприємства чи припинення використання найманої праці фізичною особою.

Згідно Типового положення про службу охорони праці ця служба виконує такі основні функції:

- опрацьовує ефективну цілісну систему управління охороною праці, сприяє удосконаленню діяльності у цьому напрямку кожного структурного підрозділу і кожної посадової особи;
- проводить оперативно-методичне керівництво роботою з охорони праці;
- складає разом зі структурними підрозділами підприємства комплексні заходи щодо досягнення встановлених нормативів безпеки, гігієни праці та виробничого середовища (або підвищення існуючого рівня охорони праці, якщо встановлені норми досягнуті), а також розділ "Охорона праці" у колективному договорі;
- проводить для працівників вступний інструктаж з питань охорони праці;
- організовує: забезпечення працюючих нормативними актами з охорони праці; паспортизацію цехів, дільниць та атестацію робочих місць щодо їх відповідності вимогам охорони праці; облік, аналіз нещасних випадків, професійних захворювань і аварій, а також шкоди від цих подій; підготовку статистичних звітів підприємства з питань охорони праці; розробку перспективних та поточних планів роботи підприємства щодо створення безпечних та нешкідливих умов праці; підвищення кваліфікації і перевірку знань посадових осіб з питань охорони праці;
- бере участь у: розслідуванні нещасних випадків та аварій; роботі комісії з питань охорони праці підприємства; роботі комісій по введенню в дію, реконструкції або технічного переозброєння об'єктів виробничого та соціального призначення, відремонтованого або модернізованого устаткування; розробці положень,

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

інструкцій, інших нормативних актів про охорону праці, що діють в межах підприємства;

- сприяє впровадженню у виробництво досягнень науки і техніки, сучасних засобів колективного та індивідуального захисту працюючих;

- розглядає листи, заяви та скарги працюючих з питань охорони праці;

- надає методичну допомогу керівникам структурних підрозділів підприємства у розробці заходів з питань охорони праці;

- готує проекти наказів та розпоряджень з питань охорони праці, загальних для всього підприємства;

- контролює: дотримання чинного законодавства, міжгалузевих, галузевих та інших нормативних актів, виконання працівниками посадових інструкцій з питань охорони праці; виконання приписів органів державного нагляду, пропозицій уповноважених трудових колективів і профспілок з питань охорони праці; використання за призначенням коштів фонду охорони праці; відповідність нормативним актам про охорону праці машин, механізмів, устаткування, транспортних засобів, технологічних процесів, засобів протиаварійного, колективного та індивідуального захисту працюючих; наявність технологічної документації на робочих місцях; своєчасне проведення навчання та інструктажів працюючих, атестації та переатестації з питань безпеки праці посадових осіб та осіб, які виконують роботи підвищеної небезпеки, а також дотримання вимог безпеки при виконанні цих робіт; забезпечення працюючих засобами індивідуального захисту, надання працівникам пільг і компенсацій, пов'язаних з важкими та шкідливими умовами праці; проходження медичних оглядів; виконання заходів, наказів, розпоряджень з питань охорони праці, а також заходів щодо усунення причин нещасних випадків і аварій, які визначені у актах розслідування тощо;

- здійснює зв'язок з медичними закладами, з науковими та іншими організаціями з питань охорони праці, організовує впровадження їх рекомендацій.

Спеціалісти служби охорони праці мають право представляти підприємство в державних та громадських установах при розгляді питань охорони праці, безперешкодно будь-який час відвідувати виробничі об'єкти, структурні

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

підрозділи підприємства, порушувати клопотання про заохочення працівників, котрі беруть активну участь у підвищенні безпеки та покращенні умов праці, а у разі виявлення порушень охорони праці: 12

- видавати керівникам структурних підрозділів підприємства обов'язкові для виконання приписи щодо усунення наявних недоліків, одержувати від них необхідні відомості, документацію і пояснення з питань охорони праці;
- вимагати відсторонення від роботи осіб, які не пройшли передбачених законодавством медичного огляду, навчання, інструктажу, перевірки знань і не мають допуску до відповідних робіт або не виконують вимог нормативно-правових актів з охорони праці;
- зупиняти роботу виробництва, дільниці, машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва у разі порушень, які створюють загрозу життю або здоров'ю працюючих;
- надсилати роботодавцю подання про притягнення до відповідальності працівників, які порушують вимоги щодо охорони праці. Припис спеціаліста з охорони праці може скасувати лише роботодавець.

Основне законодавство з охорони праці

Законодавство про охорону праці складається з закону України про охорону праці, прийнятого 14 жовтня 1992 року, кодексу законів про працю та інших нормативних актів. Ці закони обов'язкові для всіх підприємств незалежно від їх відомчої належності і є загальнодержавними.

Закон України „Про охорону праці” визначає основні положення щодо реалізації конституційного права працівників на охорону їх життя і здоров'я у процесі трудової діяльності, на належні, безпечні і здорові умови праці, регулює за участю відповідних органів державної влади відносини між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

Дія цього Закону поширюється на всіх юридичних та фізичних осіб, які відповідно до законодавства використовують найману працю, та на всіх працюючих.

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

Основними загальнодержавними правилами, в яких є вимоги до забезпечення безпеки праці при проектуванні та експлуатації об'єктів виробничого призначення. До загальнодержавної нормативно-технічної документації належать державні стандарти РСБП.

Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності.

Міжгалузеві правила і норми з техніки безпеки і виробничої санітарії є також загальними і закріплюють найважливіші гарантії безпеки та гігієни праці в деяких галузях або ж під час окремих видів робіт чи на окремих типах обладнання будь-яких галузях народного господарства.

В зв'язку, а тим, що деякі галузі народного господарства мають специфічні умови праці, виникає потреба розробляти галузеві правила і норми охорони праці. Вони розповсюджуються тільки на окрему галузь виробництва в масштабах всієї країни і утримують гарантії безпеки та гігієни праці, специфічні для даної галузі.

Нормативно-технічна документація з охорони праці є основою для розробки заходів щодо забезпечення на всіх робочих місцях безпечних і здорових умов праці. На кожному підприємстві з урахуванням вимог згаданих нормативно-технічних документів розробляють інструкції з охорони праці з урахуванням конкретних умов для кожної робочої професії. Ці інструкції узгоджуються з профспілковим комітетом і затверджуються керівником підприємства.

Працівнику не може пропонуватися робота, яка за медичним висновком протипоказана йому за станом здоров'я. До виконання робіт підвищеної небезпеки та тих, що потребують професійного добору, допускаються особи за наявності висновку психофізіологічної експертизи.

Усі працівники згідно із законом підлягають загальнообов'язковому державному соціальному страхуванню від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності.

Права працівників на охорону під час роботи:

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

Умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва, стан засобів колективного та індивідуального захисту, що використовуються працівником, а також санітарно-побутові умови повинні відповідати вимогам законодавства.

На роботах із шкідливими і небезпечними умовами праці, а також роботах, пов'язаних із забрудненням або несприятливими метеорологічними умовами, працівникам видаються безоплатно за встановленими нормами спеціальний одяг, спеціальне взуття та інші засоби індивідуального захисту, а також мийні та знешкоджувальні засоби. Працівники, які залучаються до разових робіт, пов'язаних з ліквідацією наслідків аварій, стихійного лиха тощо, що не передбачені трудовим договором, повинні бути забезпечені зазначеними засобами.

Обов'язки роботодавця:

Роботодавець зобов'язаний створити на робочому місці в кожному структурному підрозділі умови праці відповідно до нормативно-правових актів, а також забезпечити додержання вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці. З цією метою роботодавець забезпечує функціонування системи управління охороною праці [13].

Вимоги електробезпеки

Вимоги по експлуатації (електробезпеці) повинні відповідати вимогам ДСТУ 12.1.002-80; ДСТУ 12.1.019-79.

Влаштування заземлення і його конструкції повинні відповідати вимогам ДСТУ 12.1.030-81 або ДСТУ 21130-75.

Монтаж електрообладнання повинен виконуватися з відповідністю з “Правилами устройства электроустановок”.

Корпуса електродвигунів і рам повинні бути заземленими на загальний контур. Опір між проводом, який заземлюється і рамою не більше 0,1 Ом.

Двері щитів і пультів повинні бути закриті замками і обладнані контактами електроблокування.

Санітарно-гігієнічні вимоги повинні відповідати ДСТУ 9.014-78, ДСТУ 12.3.016-87. Освітленість зони повинна бути не менше 150 люкс згідно СН 357-77.

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

Гранично допустима концентрація пилу в повітрі робочої зони не повинна перевищувати 6 мг/м^3 по ДСТУ 12.1.005-88.

Для безпеки і зручності роботи необхідно:

Силову і освітлювальну проводку заключити в ізоляційні труби. Не завантажувати робочу зону обслуговування навколо автоматів, забезпечити вільний доступ до обладнання зі всіх сторін, дотримуватися чистоти на робочому місці.

При виконанні монтажних і ремонтних робіт, а також при прибиранні автоматів на шафовому щиті необхідно повісити табличку “Не включати! Працюють люди” [13].

Категорично забороняється:

1. Проводити розборку чи ремонт автомата без відключення від електромережі.
2. Ремонтувати двигуни, електроапаратуру чи зачищати запобіжники особам, які не мають відповідного доступу.
3. Працювати з несправними блокуючими вимикачами.
4. Працювати з зламаним огородженням.
5. Чистити і змащувати обладнання під час роботи.
6. Залишати обладнання без нагляду.
7. Поправляти садку на вагонетці під час знаходження на ній візка з захватами.

Пожежна безпека

Для забезпечення пожежної безпеки і пожежегасіння, в разі виникнення пожежі, при розробці проекту передбачається під'їзди для пожежних машин до будівель і споруд. На території підприємства передбачено розміщення градирні ємністю 200 м^3 , як засобу зовнішнього пожежогасіння.

Також передбачається влаштування зручного під'їзду до градирні з площадкою для розвороту пожежних машин.

Розрахункова витрата води для зовнішнього пожежогасіння при розрахунковій кількості пожеж - згідно з БНіП 2.04.02-81, приймається 10 л/сек .

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

Встановлюються світло вказівники для інформації в засобах пожежогасіння, пожежна і димова сигналізація, згідно з БНіП II-2-80.

У виробничих будівлях забезпечуються вільні проїзди у відповідності до норм ГОСТ 12.1.004-76.

Біля виробничих приміщень обладнуються щити, Які зафарбовуються в червоний колір, з вогнегасником на 100 м² приміщення, а також багор, лопата. Біля щита встановлюється ящик з піском.

Згідно з БНіП 3.03.01-87, дерев'яні елементи, що знаходяться у безпосередній близькості до джерел вогню і тепла, просочуються антипіренами.

При посадці зелених насаджень витримуються відстань до листяних порід дерев від будівлі не менше 5 м, від хвойних порід - не менше меж протипожежних відстаней (БНіП II-60-75).

Двері на шляхах евакуації - відкриваються в сторону виходів, в сходинок маршах виконані самозакриваючимися з ущільненими притворами.

В запроектованому неопалювальному складі готової продукції - передбачається сухо провідна сітка протипожежного водопроводу, яка заповнюється водою відкриттям засувки з електроприводом від кнопок біля пожежних кранів.

Засувка з електроприводом встановлюється в опалювальному приміщенні - побутових кімнатах підприємства.

В проекті передбачається встановлення пульта пожежної сигналізації типу ППС - 3 в приміщенні прохідної. ППС - 3 дозволяє включати в себе лінії пожежної і охоронної сигналізації, які контролюють приміщення, що відповідають категоріям пожежонебезпеки [13].

Проектування даного підрозділу виконано у відповідності із БНіП 2.04.09-84 на основі “Инструкции по проектированию установок пожарной сигнализации” ВПСН-61-78 та інших нормативних документів.

Сітка автомобільних доріг з твердим покриттям, пожежні щити і ящики з піском рівномірно розподіляються по всій території заводу згідно нормативів і забезпечують повну і надійну безпеку даного підприємства.

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

У відповідності з “Указаниями по проектированию и устройству молниезащите зданий и сооружений” СН 355-77 забезпечується захист від прямих ударів блискавки і заносу високих потенціалів. Димові труби захищаються індивідуальними блискавко - приймачами.

Захист від заносу високих потенціалів і статичної електрики здійснюється шляхом приєднання всіх підземних і надземних комунікацій на вводах в будівлю до заземлюючих пристроїв (див.п.6.3.1.).

Для захисту обслуговуючого персоналу від ураження електричним струмом передбачено систему захисного занурення. Заземлюючі пристрої виконуються загальними для електроустановок високої і низької напруги (СН 305-77).

В якості дійсного заземлювача використовуються трубопроводи і металеві конструкції будівель і споруд(включаючи арматуру фундаментів), що мають надійне з'єднання з землею.

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87

ВИСНОВКИ

1. Згідно із поставленими у технічному завданні вимогами на рівні технічного проекту розроблено аналоговий частотомір. Із наступними параметрами: напруга живлення - 220 В; діапазон вимірюваних частот – 10...100000 Гц; індикація – аналогова; точність вимірювань - 5%; кількість піддіапазонів – 4; форми вхідного сигналу – синусоїдна, прямокутна; амплітуда вхідного сигналу – не більше 5 В (вхід 1), не більше 200 В (вхід 2).

2. У роботі проведено синтез і аналіз структурної та принципової схем приладу. Виконані базові розрахунки по визначенню номіналів, типорозмірів та режимів роботи.

3. Проведено конструкторську проробку варіанту реалізації дослідного зразка. З цією метою розроблено друковану плату. Габаритні розміри друкованої плати 90x195 мм.

4. Виконано розрахунки надійності спроектованого приладу та визначено час його безвідмовної роботи. Імовірність безвідмовної роботи на протязі 2000 год $P(2000)=0,98$.

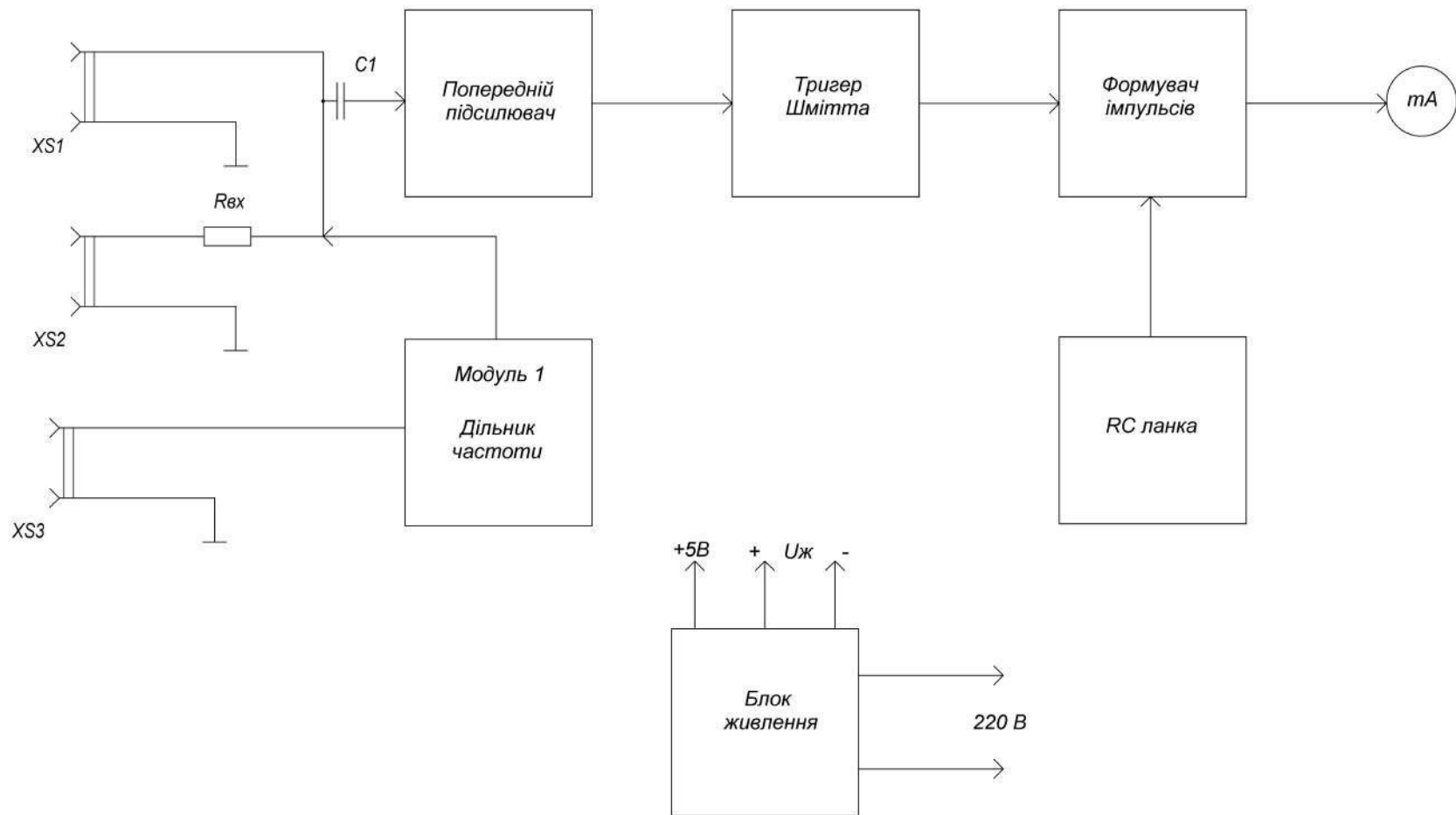
5. Проведено розрахунки собівартості пристрою яка складає 1202 грн. Одержані результати досить наближені через наближеність цін на основні витрати.

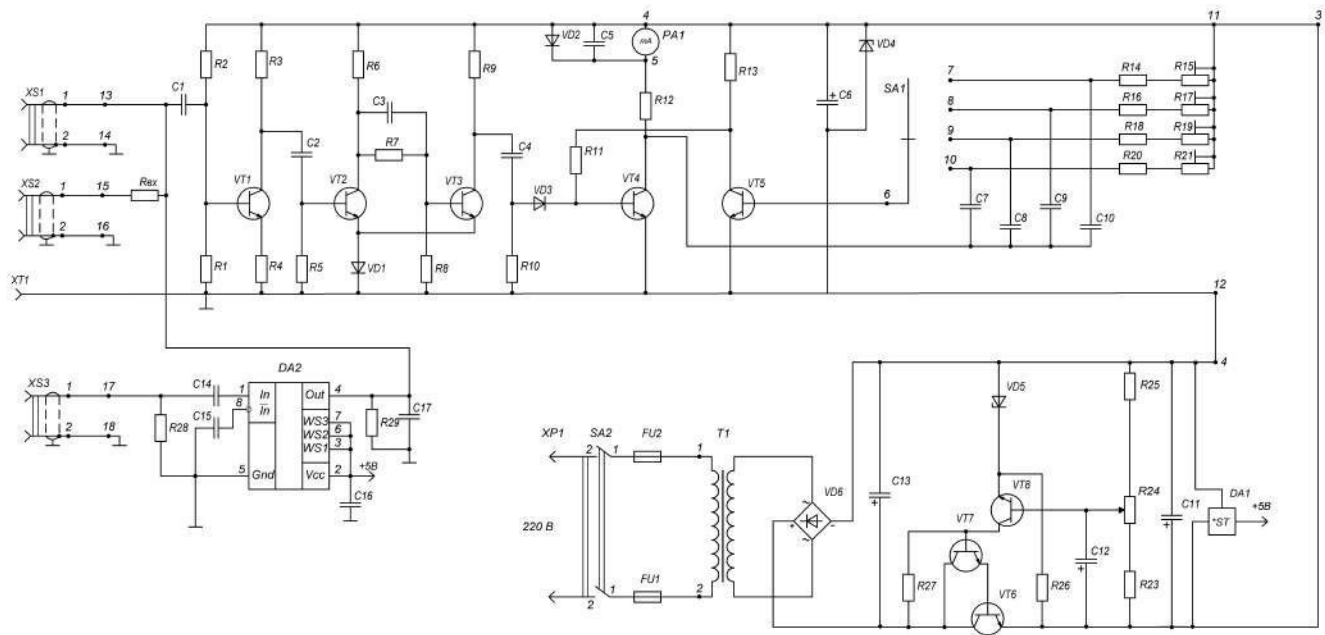
					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

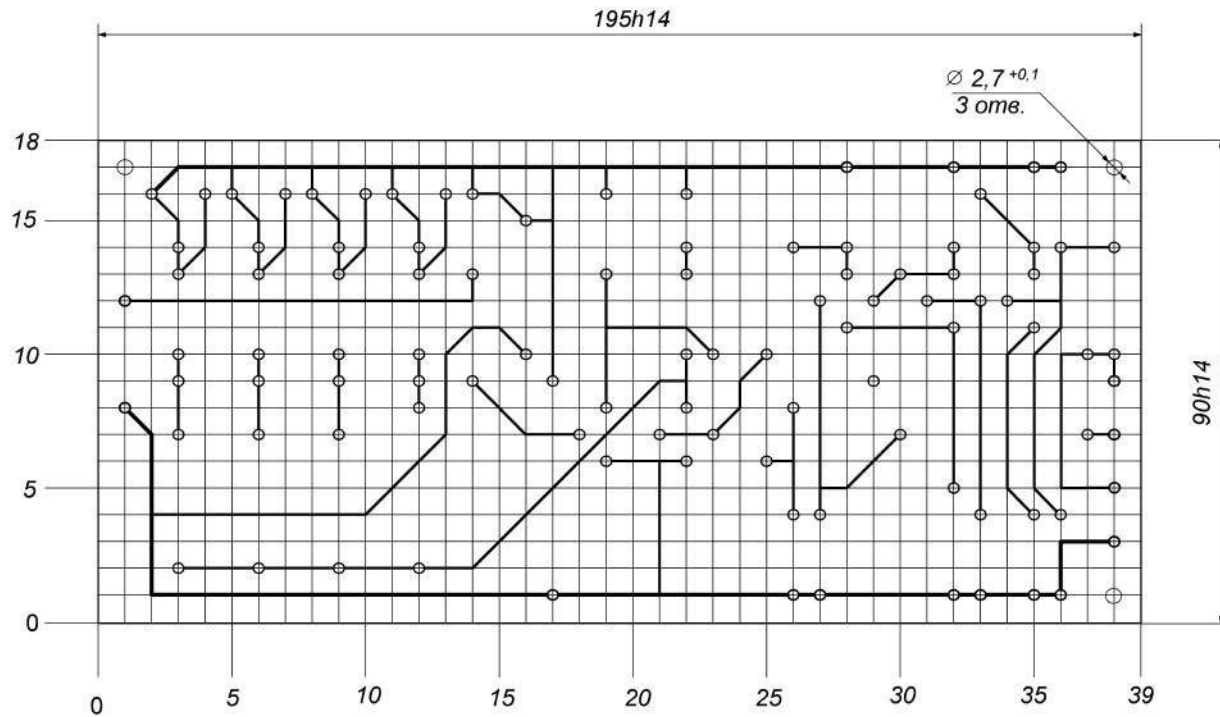
1. Частотомер Бирюкова на 155 серии URL: <https://drsppear.wordpress.com>
(дата звернення: 15.11.2021)
2. Портативний частотомір URL: <http://www.irls.narod.ru/izm/frm/fmt07.htm>
(дата звернення: 15. 11.2021)
3. Грієв Ю. Аналоговий частотомір з автоматичним вибором межі вимірювання URL: <http://fancydev.ru/izm/frm/fmt17.htm> (дата звернення: 15.11.2021)
4. Аналоговий частотомір URL: <http://radio-uchebnik.ru/shem/18-pribory-i-izmereniya/139-analogovuy-chastotomer> (дата звернення: 15.11.2021)
5. Простий аналоговий частотомір URL: https://www.qrz.ru/schemes/contribute/metering/prostoj_strelocnyj_castotomer_na_mikrosheme.html (дата звернення: 15.11.2021)
6. Аналоговий частотомір URL: <http://radiobooka.ru/radionach/80-prostejshaya-izmeritelnaya-laboratoriya.html> (дата звернення: 15.11.2021)
7. Міліамперметр M24 URL: <https://zapadpribor.com/ua/m24/> (дата звернення: 15.11.2021)
8. Бутурлакин О.П., Овчаренко В.В., Федак В.В., Методичні рекомендації до виконання розрахунків по оцінці показників надійності радіоелектронної апаратури. Методична розробка для студентів інженерних спеціальностей. УжНУ, 2001,-56 с.
9. Гершунский Б.М. Справочник по расчету электронных схем. Киев, Высшая школа, 1983, 240стр.
10. Кузьміна Е.А. Методичні рекомендації до виконання організаційно-економічного розділу дипломного проекту: метод. розробка для студентів інженерних спеціальностей. Ужгород: УжДУ, 2000. 26 с.
11. Інтернет магазин URL: <https://www.stall.com.ua> (дата звернення: 15.11.2021).
13. Основи охорони праці: Підручник. 2-ге видання, доповнене та перероблене. / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, та ін. — К.: Основа, 2006 — 448

					КРМ.ЕС.9961480.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		89





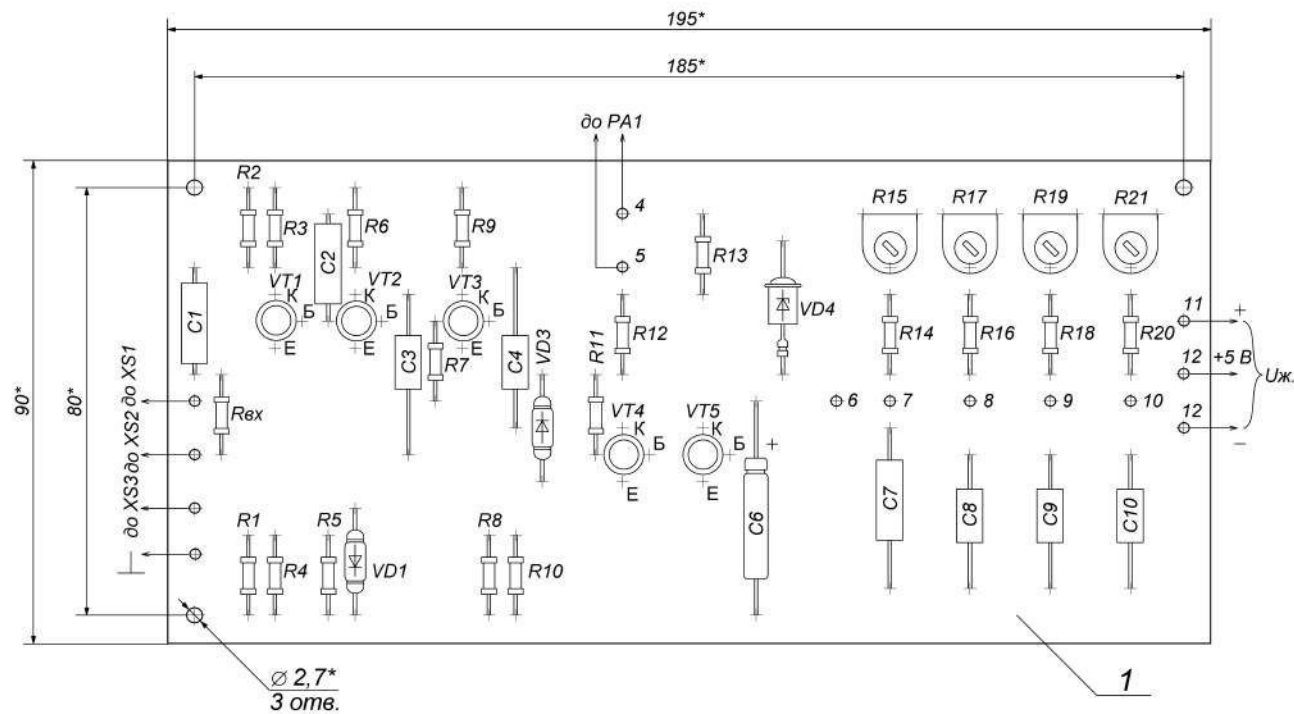
				KPM.EC.9961480.01.000 E3		
				Аналоговий частотомір. Схеми електрична принципова		
Зм.	Арх.	№ докум.	Підпис.	Дата	Листів	Всього
Розроб.	Лави В.В.					
Перев.	Сіряк І.М.					
				Архив 1		
Н. контр.	Слесаренко О.О.			УжНУ, ІТФ.		
Зам.	Завидь Т.М.			2 курс магістр, спец. ЕС		

Rz⁵⁰ (√)

Позначення	Діаметр, мм	Діаметр контактної площини, мм	Наявність металізації	Кількість
	1,5 ^{+0,1}	2,5	нема	101

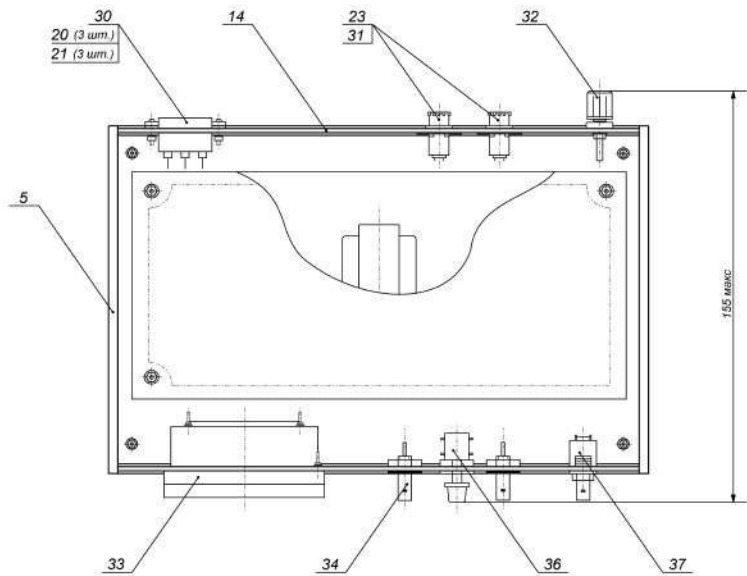
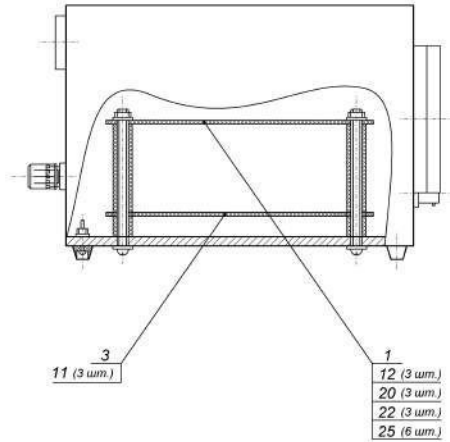
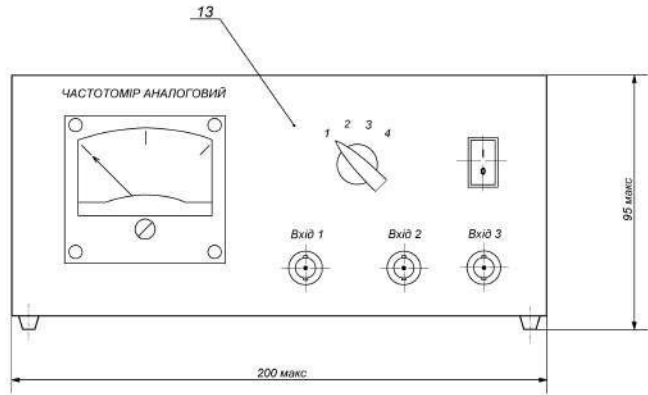
- Друквану плату виготовити хімічним методом.
- Крок координатної сітки 5,0 мм.
- Конфігурацію провідників витримати по координатній сітці.
- Форма контактних площин довільна.
- Ширина провідників, позначених суцільними лініями, виконати шириною $1,3 \pm 0,2$ мм, у вузьких місцях - не менше 0,6 мм.
- Відстань між двома сусідніми провідниками не менше 2,0 мм. Відстань між двома сусідніми контактними площинами - не менше 1,0 мм.
- * Розмір для довідок.
- Провідники покрити сплавом "Розе".
- Таверувати тавро ВТК.
- Решта технічних вимог - по ОСТ 4ГО.070.014.

КРМ.ЕС.9961480.01.000						Листов	Вказ	Масштаб
Зм. Арх.	№ докум.	Підпис	Дата	Аналоговий частотомір. Друквану плату.				2:1
Розроб.	Лави В. В.					Архув.	Архув.	1
Перев.	Юрчик Г. М.			Склопекстоліт фольгований - СФ-1-35Г-15		УжНУ, ГФ, 2 курс магістр, спец. ЕС		
Н. контр.	Спасишук О. О.							
Зам.	Завидь Т. М.							



1. * Розміри для довідок.
2. Електромонтаж виконати згідно КРМ.ЕС.9961480.01.000 ЕЗ
3. Установку елементів виконувати по ОСТ 4.010.030-81.
Крок координатної сітки 5,0 мм.
Всі елементи встановити по варіанту Іа. Позиційні позначення елементів показані умовно.
4. Паяти припоєм ПОС 61 ГОСТ 21931-76.
5. Покриття: лак АК-113Ф.9
ГОСТ 23832-79, крім резисторів R15, R17, R19, R21.
6. Маркувати заводський номер фарбою МКЕ білою. У1 по ОСТ4 ГО.054.205 шрифтом 3-Пр3 по ГОСТ 26.020-80.
7. Таврувати тавро ВТК.
8. Решта технічних вимог по ОСТ 4ГО.070.015.

КРМ.ЕС.9961480.01.000 СК						Листово		
Зм. Арх.	№ докум.	Підпис.	Дата	Аналоговий частотомір Складальне креслення		Листово	Вказ	Масштаб
Розроб.	Лави В.В.							2:1
Перев.	Юрчик І.М.			Архив		Архив		
Н. контр.	Слюсар О.О.					УжНУ, ГПФ, 2 курс мехатрон. спец. ЕС		
Зам.	Завид Т.М.							



1. Всі розміри для довідок.
2. Електромонтаж умовно непоказаний.
3. Електромонтаж виконано по КРМ.ЕС.9961480.01.000 ЕЗ.
4. Провідники в'язати в джгут нитками бавовняно-паперовими чорними. Крок в'язання джгуту 20 мм.
5. В процесі електромонтажу на виводи і контакти одягнути трубки ізоляційні.
6. Паяти припоєм ПОС-61.
7. Розбави з'єднання столорити фарбою НЦ-12, синього кольору по ОСТ4ГО.019.200.
8. Решта технічних вимог по ОСТ4ГО.070.015.

				КРМ.ЕС.9961480.01.000 ГБ				
Зм. Арк. Розроб. Перев.	№ докум. Лист в. в. Юрчук І.М.	Підпис.	Дата.	Аналоговий частотомір Габаритне креслення		Листів	Всього	Масштаб
								2:1
						Архивуш	Архивуш 1	
Н. контр. Затв.				Специал. О.О. Завидь Т.М.		УжНУ, ПЗ. 2 курс мехатр, спец. ЕС		

Поз. Позначення		Найменування			Кіл.	Примітки					
		<u>Конденсатори</u>									
C1, C2		K73 – 17 В – 250 В – 1,0 мкФ ±20%			2						
C3, C4		КСО – 1 – 500 В – 100 пФ ± 20 %			2						
C5		МБМ – 160 В – 0,1 мкФ ± 20 %			1						
C6		K50 – 12 – 12 В – 50 мкФ ± 20 %			1						
C7		КСО – 1 – 500 В – 100 пФ ± 20 %			1						
C8		КСО – 2 – 500 В – 1000 пФ ± 20 %			1						
C9		БМ – 2 – 200 В – 0,01 мкФ ± 20 %			1						
C10		МБМ – 160 В – 0,1 мкФ ± 20 %			1						
C11		K50 – 35 – 25 В – 1000 мкФ ± 20 %			1						
C12		K50 – 35 – 25 В – 33 мкФ ± 20 %			1						
C13		K50 – 35 – 25 В – 2200 мкФ ± 20 %			1						
C14, C15		K73 – 9 – 25 В – 1000 пФ ± 20 %			2						
C16		K50 – 35 – 25 В – 0,1 мкФ ± 20 %			1						
C17		K73 – 9 – 25 В – 1000 пФ ± 20 %			1						
		<u>Мікросхеми</u>									
DA1		KP142EH5			1						
DA2		MC12080			1						
FU1, FU2		<u>Запобіжник</u> ВП – 1 – 1 – 0,25 А – 250 В			2						
PA1		<u>Міліамперметр</u> M24 – 0...100 мА			1						
		<u>Резистори</u>									
Rвх		МЛТ – 0,25 – 100 кОм ± 10 %			1						
					КРМ.ЕС.9961480.000.01 ПЕЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Аналоговий частотомір Перелік елементів			Літера	Аркуш	Аркушів	
Розробив		Паук. В.						У		1	3
Перевірів		Юркін І.									
Т.Контр.											
Н.Контр.											
Затвердив		Заяць Т.						УжНУ , ІТФ 2 курс магістр спец ЕС			

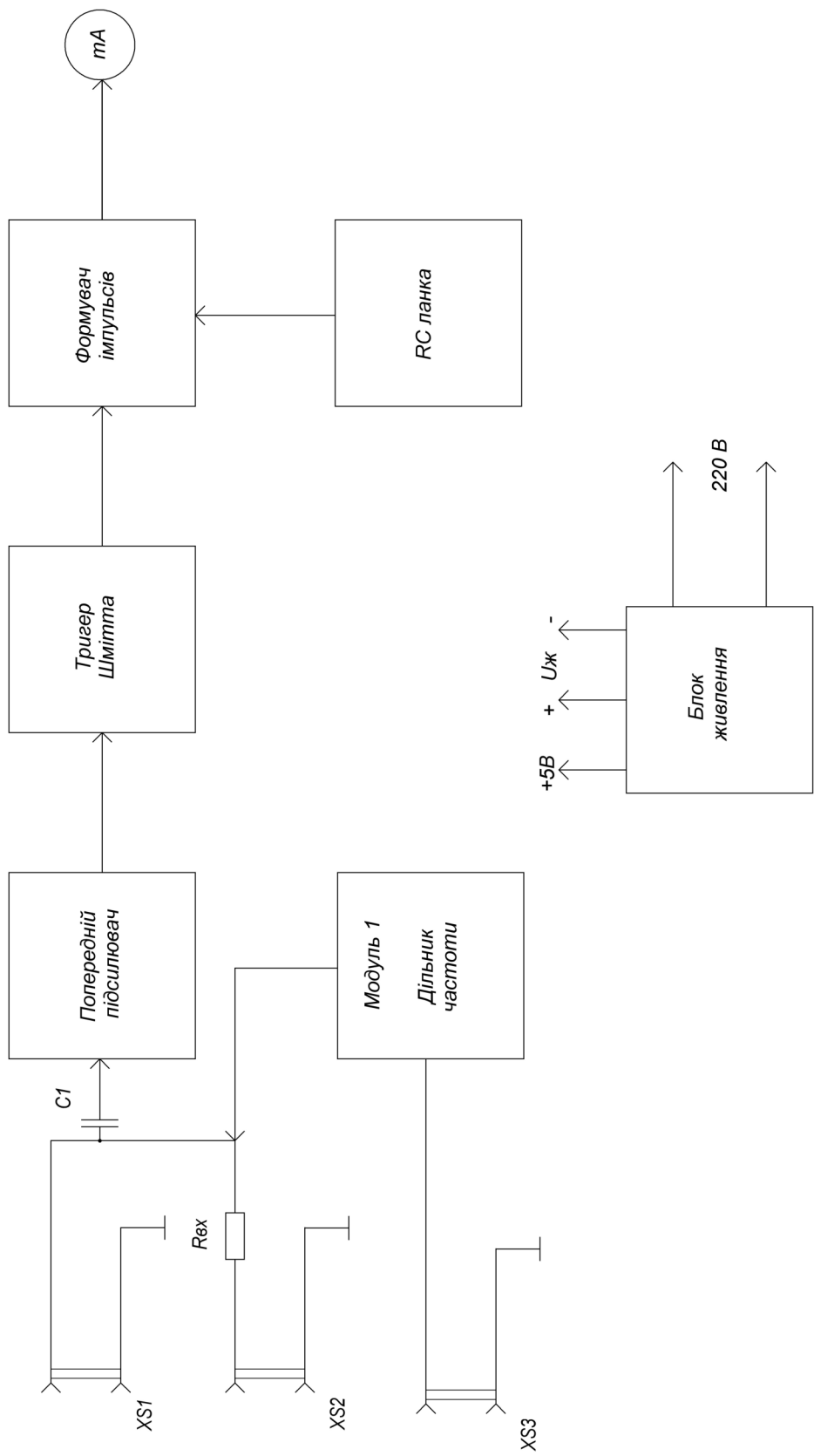
Поз. позначення		Найменування			Кіл.	Примітки	
R1		МЛТ – 0,25 – 51 кОм ± 10 %			1		
R2		МЛТ – 0,25 – 220 кОм ± 10 %			1		
R3		МЛТ – 0,25 – 2,7 кОм ± 10 %			1		
R4		МЛТ – 0,25 – 120 Ом ± 10 %			1		
R5		МЛТ – 0,25 – 4,7 кОм ± 10 %			1		
R6		МЛТ – 0,25 – 1,0 кОм ± 10 %			1		
R7		МЛТ – 0,25 – 12 кОм ± 10 %			1		
R8		МЛТ – 0,25 – 680 Ом ± 10 %			1		
R9		МЛТ – 0,25 – 1,0 кОм ± 10 %			1		
R10		МЛТ – 0,25 – 2,2 кОм ± 10 %			1		
R11		МЛТ – 0,25 – 47 кОм ± 10 %			1		
R12		МЛТ – 0,25 – 620 Ом ± 10 %			1		
R13		МЛТ – 0,25 – 1,3 кОм ± 10 %			1		
R14		МЛТ – 0,25 – 22 кОм ± 10 %			1		
R15		СП5 – 2ВА – 1 ВТ – 4,7 кОм ± 5 %			1		
R16		МЛТ – 0,25 – 22 кОм ± 10 %			1		
R17		СП5 – 2ВА – 1 ВТ – 4,7 кОм ± 5 %			1		
R18		МЛТ – 0,25 – 22 кОм ± 10 %			1		
R19		СП5 – 2ВА – 1 ВТ – 4,7 кОм ± 5 %			1		
R20		МЛТ – 0,25 – 22 кОм ± 10 %			1		
R21		СП5 – 2ВА – 1 ВТ – 4,7 кОм ± 5 %			1		
R23		МЛТ – 0,125 – 330 Ом ± 10 %			1		
R24		СП5 – 16А – 0,125 ВТ – 1,0 кОм ± 10 %			1		
R25		МЛТ – 0,125 – 1,3 кОм ± 10 %			1		
R26		МЛТ – 0,125 – 390 Ом ± 10 %			1		
R27		МЛТ – 0,125 – 8,2 кОм ± 10 %			1		
R28		МЛТ – 0,125 – 50 Ом ± 10 %			1		
R29		МЛТ – 0,125 – 820 Ом ± 10 %			1		
					КРМ.ЕС.9961480.000.01 ПЕЗ		Арк.
							2
Вим	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

[illegible]

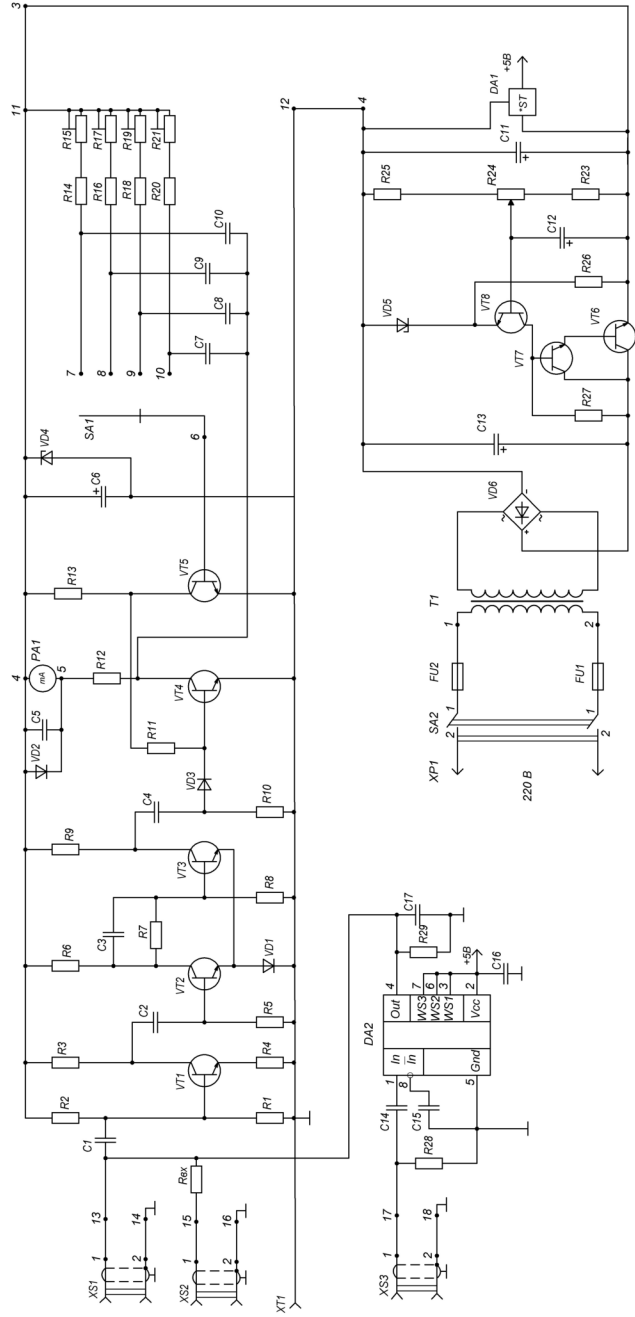
Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітки
				<u>Документація</u>		
A1			KPM.EC.9961480.01.000.E1	Схема електрична		
				структурна	1	
A1			KPM.EC.9961480.01.000.E3	Схема електрична		
				принципова	1	
A4			KPM.EC.9961480.01.000.ПЕЗ	Перелік елементів	1	
A1		1	KPM.EC.9961480.01.001	Плата друкована	1	
A1			KPM.EC.9961480.01.001.СК	Складальне креслення	1	
A4			KPM.EC.9961480.01.000	Специфікація	1	
A4			KPM.EC.9961480.01.000.ПЗ	Пояснювальна записка	1	
				<u>Деталі</u>		
		1	KPM.EC.9961480.01.001	Друкована плата	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
				<u>Конденсатори К10-17</u> <u>ОЖО.460.208 ТУ</u>		
		2	C1, C2	К73–17В–250В–1,0 мкФ ±20%	2	
		3	C3, C4, C7	КСО–1 – 500 В – 100 пФ ± 20 %	3	
		4	C5, C10	МБМ– 160 В – 0,1 мкФ ± 20 %	2	
		5	C6	К50–12 – 12 В – 50 мкФ ± 20 %	1	
		6	C8	КСО–2–500 В – 1000 пФ ± 20 %	1	
		7	C9	БМ–2– 200 В – 0,01 мкФ ± 20 %	1	
		8	C11	К50–35–25В – 1000 мкФ ± 20 %	1	
		9	C12	К50–35 – 25 В – 33 мкФ ± 20 %	1	
			KPM.EC.9961480.01.000			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Аналоговий частотомір Специфікація	
Розробив		Паук В.				
Перевірив		Юркін І.М.				
Т/Контр.						
Н/Контр.						
Затвердив		Заяць Т.М.				
					Літера	
					У	Аркуш
						1
						3
					ДВНЗ УжНУ», ІТФ, 2 курс магістр спец. ЕС	

[illegible]

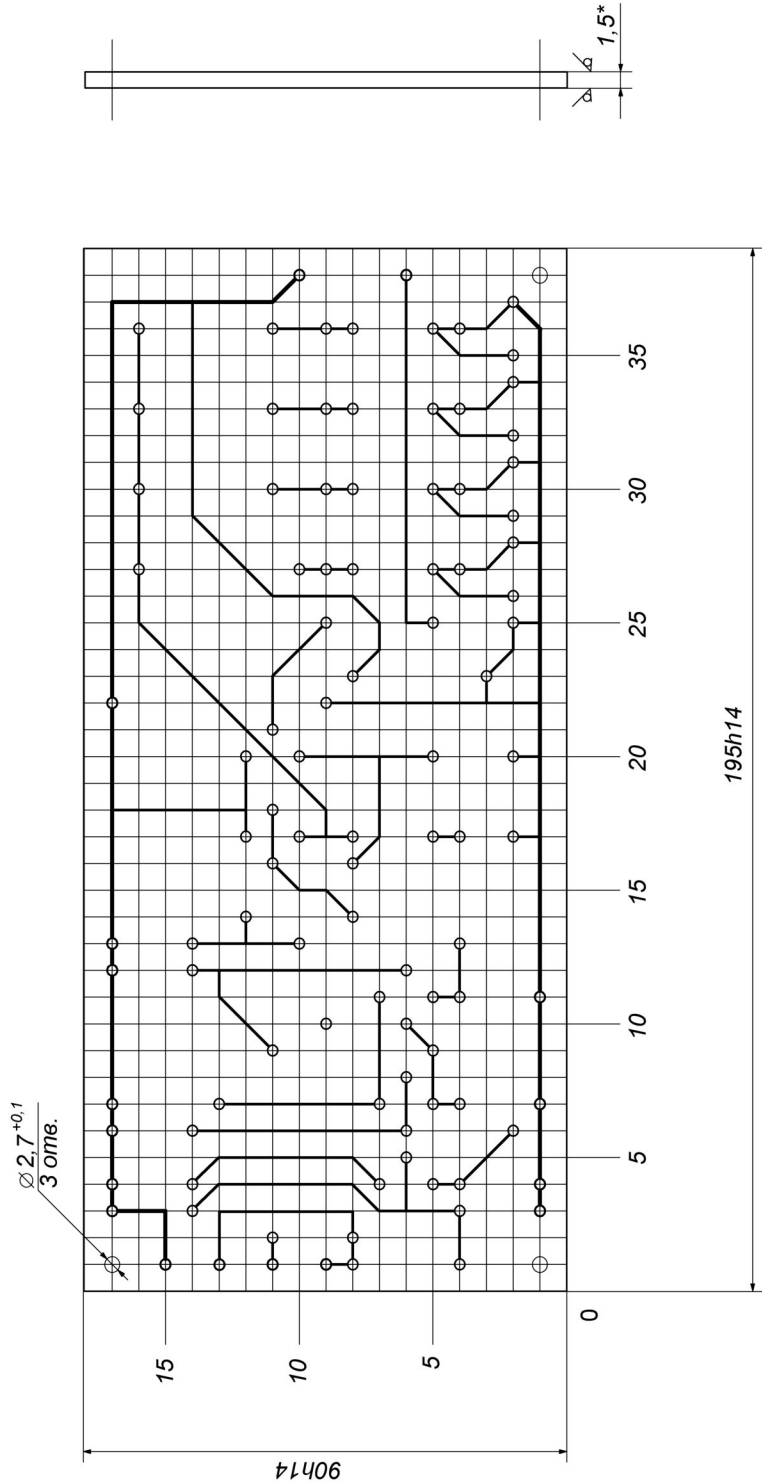
Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітки
		36	R25	МЛТ – 0,125 – 1,3 кОм ± 10 %	1	
		37	R26	МЛТ – 0,125 – 390 Ом ± 10 %	1	
		38	R27	МЛТ – 0,125 – 8,2 кОм ± 10 %	1	
		39	R28	МЛТ – 0,125 – 50 Ом ± 10 %	1	
		40	R29	МЛТ – 0,125 – 820 Ом ± 10 %	1	
				<u>Перемикачі</u>		
		41	SA1	ПГМ – 12П1Н	1	
		42	SA2	KCD7	1	
		43	T1	<u>Трансформатор</u> ТС–10–220/12	1	
				<u>Діод</u>		
		44	VD1, VD2	Д220	2	
		45	VD3	Д311	1	
		46	VD4	Д814А	1	
		47	VD5	2С182Ж	1	
		48	VD6	КЦ405А	1	
				<u>Транзистори</u>		
		49	VT1...5	КТ312	5	
		50	VT6	2С5109	1	
		51	VT7	МП37Б	1	
		52	VT8	КТ3102Г	1	
				КРМ.ЕС.9961480.01.000		
Вим	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Арк.	
					3	



КРМ.ЕС.9961480.01.000.Е1									
Листок		Варіант		Масштаб					
Зам. Дир.		№ докум.		Получ.		Датум		2:1	
Розроб.		Підп. В.В.		Підп. В.В.		Підп. В.В.		Аналоговий частотомір.	
Перев.		Юрій Т.М.		Юрій Т.М.		Юрій Т.М.		Схема електрична структурна	
Н. керів.		Спеціаліст О.О.		Спеціаліст О.О.		Спеціаліст О.О.		Другий Т	
Зам.		Зам.		Зам.		Зам.		УМНУ, ГГО,	
								2 курс, майстр. сем. ЕС	

[illegible]

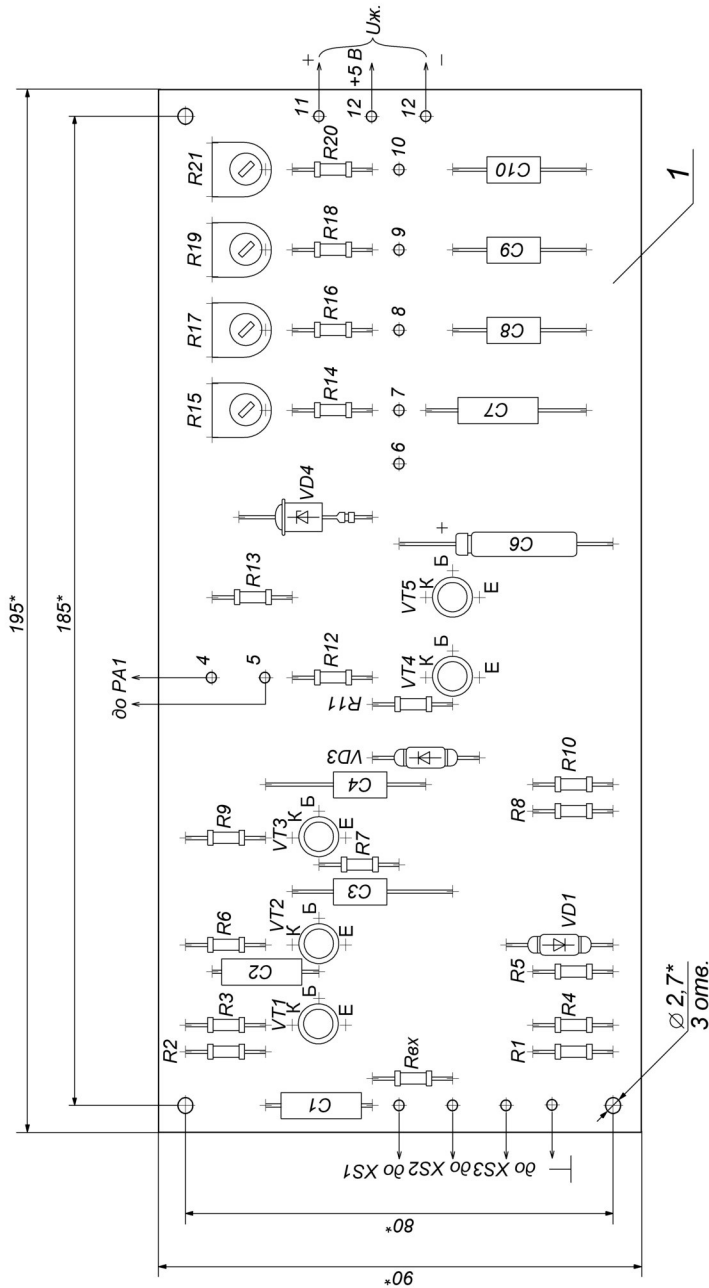
$Rz \sqrt{\quad}$ ($\sqrt{\quad}$)



1. Друковану плату виготовити хімічним методом.
2. Крок координатної сітки 5,0 мм.
3. Конфігурацію провідників витримати по координатній сітці.
4. Форма контактних площин довільна.
5. Ширина провідників, позначених суцільними лініями, виконати шириною $1,3 \pm 0,2$ мм, у вузьких місцях - не менше 0,6 мм.
6. Відстань між двома сусідніми провідниками не менше 2,0 мм. Відстань між двома сусідніми контактними площинами - не менше 1,0 мм.
7. * Розмір для довідок.
8. Провідники покрити сплавом "Розе".
9. Табулювати таверо ВТК.
10. Решта технічних вимог - по ОСТ 4ГО 070 014.

Позначення	Діаметр, мм	Діаметр контактної площини, мм	Наявність металізації	Кількість
	1,5 ^{+0,1}	2,5	нема	101

КРМ.ЕС.9961480.01.000			
Зам. Дир.	№ докум.	Получ.	Датум
Розроб.	Підп. В.В.	Юрчи. Г.М.	
Перев.			
Н. конст.	Специфік. О.О.	Зачев. Т.М.	
Зачев.			
Аналоговий частотомір. Друкована плата		2:1	Архив Т
Сигнальний фальшивий - СФ-1-35Г-15		2	Умну ГГО.
		2	курс майстр. спец. ЕС



1. * Розміри для довідок.

2. Електромонтаж виконати згідно

КРМ.ЕС.9961480.01.000 ЕЗ

3. Установку елементів виконувати по
ОСТ 4.010.030-81.

Крок координатної сітки 5,0 мм.

Всі елементи встановити по варіанту
1а. Позиційні позначення елементів
показані умовно.

4. Паяти припоєм ПОС 61 ГОСТ 21931-76.

5. Покриття: лак АК-113Ф.9

ГОСТ 23832-79, крім резисторів R15,

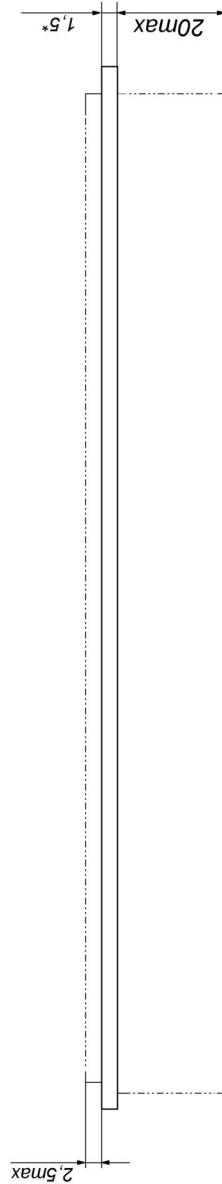
R17, R19, R21.

6. Маркувати заводський номер фарбою
МКЕ білою. У1 по ОСТ4 ГО.054.205

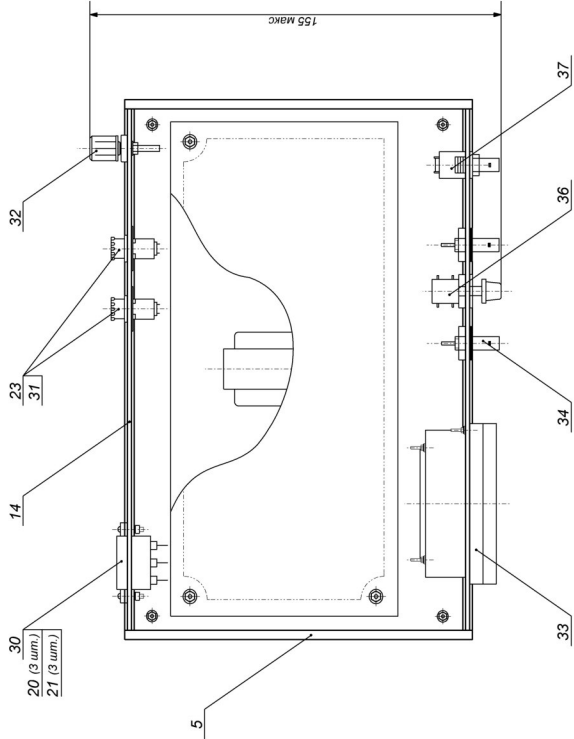
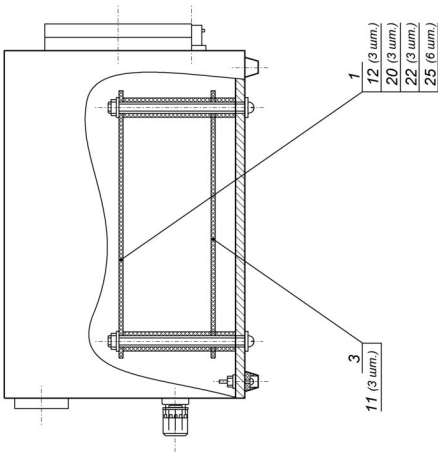
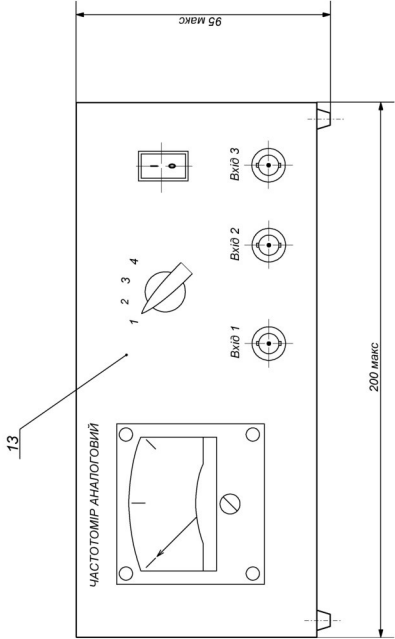
ширифтом 3-Пр3 по ГОСТ 26.020-80.

7. Таврувати тавро ВТК.

8. Решта технічних вимог по
ОСТ 4ГО.070.015.



КРМ.ЕС.9961480.01.000 СК				КРМ.ЕС.9961480.01.000 СК			
Листок		Всего		Листок		Всего	
Аналоговый частотометр		2:1		Аналоговый частотометр		2:1	
Сигнальные кресты		Артикул Т		Сигнальные кресты		Артикул Т	
УмНУ ГТО		2 курс		УмНУ ГТО		2 курс	
Зачет		Зачет		Зачет		Зачет	



1. Всі розміри для див.рх.
2. Електромонтаж виконано згідно з вимогами.
3. Електромонтаж виконано по КРМ.ЕС.9961480.01.000.ЕЗ.
4. Провідники в'язати в джгут нитками бавовняно-паперовими чорними. Крок в'язання джгута 20 мм.
5. В процесі електромонтажу, на виводи і контакти одразу наносити позначення.
6. Зняти захисну плівку з корпусу.
7. Рівномірне з'єднання ступорити фарбою НЦ-12 синього кольору по ОСТ-ГО 019.200.
8. Решта технічних вимог по ОСТ-ГО 070.015.

КРМ.ЕС.9961480.01.000 ГБ				Масштаб	
				Підпис	Висл
Аналоговий частотомір				2:1	
Габаритні креслення				Архив Т	
				Архив Т	
				УМНУ ГГО	
				2 курс майстр. слес. ЕС	

Завідувачу кафедри ЕС ІТФ ДНВЗ УжНУ

Тарас ЗАЯЦЬ

Студента (-ки) 2 курсу
спеціальності Електроніка
Владимир ПАУК
(прізвище, ініціали)

ЗАЯВА

щодо самостійного виконання
навчальної/кваліфікаційної роботи здобувачем освіти

Я, Владимир ПАУК

(прізвище, ім'я, по батькові),

Студент(-ка) денної форми навчання ІТФ - 2-го курсу

(форма навчання, факультет, курс)

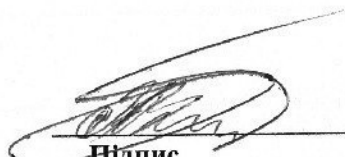
заявляю: моя письмова робота на тему: Аналіз частот

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.

19.12.2022

Дата


Підпис

Додаток 2.

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

Автор роботи	Владимир ПАУК
Назва роботи	Аналоговий касіотелевізор
Спеціальність	РРЗ, Електроніка
Курс	2
Факультет	ІТФ
Кафедра	ЕС
Керівник роботи	Ігор Юркін
Роботу перевірено в програмі	Unicheck
Додано до бази даних	Так
Ідентифікаційний номер роботи	1013328889
Результати перевірки	
Показник унікальності тексту через перевірку роботи у внутрішній базі кафедри ЕС ІТФ ДНВЗ УжНУ	94%
Показник унікальності тексту в мережі Інтернет	94%

Відповідальна особа/
Науковий керівник роботи

ЮРКІН Ігор
(прізвище, ініціали)

19.12.2022

Дата

Підпис

Ім'я користувача:
приховано налаштуваннями конфіденційності

ID перевірки:
1013328889

Дата перевірки:
19.12.2022 13:05:55 EET

Тип перевірки:
Doc vs Internet

Дата звіту:
19.12.2022 13:12:07 EET

ID користувача:
100006217

Назва документа: Паук ПЗ

Кількість сторінок: 40 Кількість слів: 6990 Кількість символів: 49598 Розмір файлу: 1.66 MB ID файлу: 1013088304

Виявлено модифікації тексту (можуть впливати на відсоток схожості)

2.85%
Схожість

Найбільша схожість: 1.69% з Інтернет-джерелом (<https://uzhnu.edu.ua/uk/infocentre/get/37827>)

2.85% Джерела з Інтернету

10

Сторінка 42

Пошук збігів з Бібліотекою не проводився

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

0%
Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

15

Підозріле форматування

14
сторінок