

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНЖЕНЕРНИЙ ІНСТИТУТ

ФАКУЛЬТЕТ ЕНЕРГЕТИКИ, ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра мікроелектронних інформаційних систем

(повна назва кафедри)

**Кваліфікаційна робота**

другий (магістерський)

(рівень вищої освіти)

на тему Розробка та дослідження цифрових  
мікроелектронних систем діагностики  
тазолеметрів

Виконав: студент II курсу, групи МН-18-1мз  
спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна  
техніка

(код і назва спеціальності)

освітньої програми Мікроелектронні інформаційні  
системи

(код і назва освітньої програми)

спеціалізації \_\_\_\_\_

(код і назва спеціалізації)

В.М. Пасамшик

(ініціали та прізвище)

Керівник професор, д.т.н., Димко С.А.

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

Рецензент \_\_\_\_\_

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

Запоріжжя

2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНЖЕНЕРНИЙ ІНСТИТУТ

Факультет енергетики електроніки та інформаційних технологій  
Кафедра мікроелектронних інформаційних систем  
Рівень вищої освіти другий (магістерський)  
Спеціальність 153 «Мікро- та наносистемна техніка»  
(код і назва)  
Освітня програма Мікроелектронні інформаційні системи  
(код і назва)  
Спеціалізація \_\_\_\_\_

ЗАТВЕРДЖУЮ

в/о Завідувач кафедри Світальско М.В.

“26” листопада 2019 року

ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Касаншин Дмитро Юрійович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проєкту) Розробка та дослідження цифрових мікроелектронних систем діагностики термометрів.

керівник роботи Дришко С.Л., проф., в.т.н.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені наказом ЗНУ від “10” 09 2019 року № 1537-С

2 Строк подання студентом роботи \_\_\_\_\_

3 Вихідні дані до роботи 12-розрядний цифро-аналог. перетворювач, маятниковий генератор на 15кГц, 12-розрядний таймер

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Дослідження схеми термометрів та методів контролю їх параметрів. 2. Розробка генераторного пристрою для контролю параметрів термометра. 3. Економічно обґрунтованість розробки. 4. Оцінка графі та технічного безпеки

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Принципова схема квазіаналогового термометра.

Використання імітаційного об'єкту, який обертається.  
Функціональна схема генератора. Генератор з частотою.  
Схема мікроконтролера генератора перевірки тахометрів

## 6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис,	
		завдання	видав
I	Гришко С.Л., проф.		2.09.19
II	Гришко С.Л., проф.		2.09.19
III	Гришко С.Л., проф.		2.09.19
IV	Гришко С.Л., проф.		2.09.19

7 Дата видачі завдання 2.09.2019р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Строк виконання етапів роботи
1	Дослідження схеми тахометрів та методи контролю їх параметрів	30.09.19р.
2	Розробка температурного пристрою для контролю параметрів тахометра	28.11.19р.
3	Математико-експериментальне об'єднання розробки цифрових систем діагностики тахометрів	02.12.19р.
4	Охорона праці та безпеки роботи	09.12.19р.

Студент \_\_\_\_\_ (підпис) Ласемський Р.М. (прізвище та ініціали)

Керівник роботи (проекту) \_\_\_\_\_ (підпис) Гришко С.Л. (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер \_\_\_\_\_ (підпис) Веровкін Л.М. (прізвище та ініціали)

## Реферат

Дипломна робота містить 72 сторінки, 43 рисунка, 18 таблиць, 14 джерел літератури.

Об'єкт дослідження – системи діагностики функціонування тахометрів.

Мета роботи – розробка генератора імпульсів для перевірки тахометрів.

Задачі роботи: розробити функціональну схему генератора імпульсів; розробити схему електричну принципову генератора імпульсів; розробити топологію печатної плати генератора імпульсів.

Методика досліджень – моделювання пристрою за допомогою програмних забезпечень Electronics Workbench 5.12, SPlan 5.0, Sprint Layout 4.0.

Короткий виклад результатів досліджень: розроблена функціональна схема генератора, дозволяє проводити моделювання будь-якого пристрою, який знімає інформацію з датчиків обертів. Розроблена схема електрична принципова містить мікроконтролер, завдяки якому погоджено функціонування усіх вузлів.

Результати впровадження – модель електронного приладу пройшла випробовування на кафедрі МЕІС.

Прогнозні пропозиції – рекомендується для подальшого удосконалення.

ТАХОМЕТР, ГЕНЕРАТОР, СТАБІЛІЗАТОР, МІКРОКОНТРОЛЕР,  
ДАТЧИК ОБЕРТІВ, ІНДИКАТОР, МІКРОСХЕМА

Дипломну роботу виконано на кафедрі мікроелектронних інформаційних систем з 02.09.2019 р. по 31.12.2019 р.

## Зміст

	Стор.
Вступ .....	6
1 Дослідження схем тахометрів та методів контролю їх параметрів .....	8
1.1 Методи вимірювання частот обертання різних деталей .....	8
1.2 Використання герконів для вимірювання частоти обертання різних деталей .....	14
1.3 Аналогові тахометри .....	16
1.4 Квазіаналогові тахометри .....	18
1.5 Методика перевірки тахометрів .....	20
1.6 Дослідження схем генераторів імпульсів .....	22
2 Розробка генераторного пристрою для контролю параметрів тахомет- ра .....	28
2.1 Розробка функціональної схеми генератора .....	29
2.2 Цифро-аналоговий перетворювач .....	30
2.3 Генератор тактових імпульсів .....	31
2.4 Реверсивний лічильник .....	33
2.5 Пристрій керування рахунком .....	33
2.6 Операційний підсилювач .....	35
2.7 Генератор еталонних частот .....	37
2.8 Генераторний пристрій для контролю параметрів тахометрів.....	38
2.8.1 Двійковий лічильник з паралельним перенесенням .....	39
2.8.2 Послідовно-паралельний регістр .....	41
2.8.3 Схема мікроконтролерного генератора для перевірки тахометрів ...	44
2.9 Розробка топології печатної плати .....	46
3 Техніко-економічне обґрунтування розробки цифрових систем діагно- стики тахометрів .....	47
3.1 Обґрунтування вибору технології виготовлення схеми діагностики	

	5
параметрів тахометрів .....	47
3.2 Розрахунок витрат на виробництво схеми діагностики параметрів тахометрів .....	51
4 Охорона праці та техногенна безпека .....	53
4.1 Характеристика потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів .....	53
4.2 Заходи з поліпшення умов праці .....	54
4.4 Виробнича санітарія .....	57
4.5 Електробезпека .....	59
4.6 Пожежна та техногенна безпека .....	61
4.7 Розрахунок захисного заземлення .....	62
Висновки та рекомендації .....	66
Перелік посилань.....	67
Додаток А .....	69

## Вступ

На практиці застосовують механічні і електричні контрольно-вимірювальні прилади. В механічних - вплив до стрілочного приладу передається за допомогою тієї середи, в якій відбувається вимірювання. Принцип дії більшості електричних приладів оснований на вимірюванні неелектричних величин електричними методами.

Електричний контрольно-вимірювальний прилад (КВП) складається з датчика і показника. Датчик на об'єкті в контролюємій середі, показник - назовні. В процесі вимірювання датчик перетворює неелектричну величину контролюємого параметра (тиск, температуру і т.д.) в пропорційну їй електричну. Електричний сигнал датчика передається по проводам в вимірювальну схему показника, стрілка якого відхиляється пропорційно величині поступаючого сигналу. Шкала показника градується в одиницях вимірювання контролюємого параметру.

В сигналізуючих приладах показником служить сигнальна лампа, яка має світлофільтр визначеного кольору. Датчики сигналізаторів працюють, як вимикачі, замикаючи кола сигнальних ламп при визначених умовах.

Основні прилади КВП: вимірювання температури (термометрами), вимірювання тиску (манометри), вимірювання рівня палива, контролю зарядного режиму акумуляторної батареї (амперметри), вимірювання швидкості руху автомобіля і пройденого шляху (спідометри). Вимірювання частоти обертання (тахометри).

Тахометр – вимірювальний прилад, призначений для виміру частоти обертання (кількість зворотів в одиницю часу) різних деталей, що обертаються, таких як ротори, вали, диски і ін., в різних агрегатах, машинах і механізмах.

Зазвичай тахометри окрім власне датчика швидкості обертання включають і показуючий прилад – індикатор, таким чином вони складаються з двох частин, зв'язаних електричним або іншим зв'язком

Актуальним являється розробка приладів контролю стану тахометрів з метою підвищення точності виміру частоти обертів різних деталей.



## 1 Дослідження схем тахометрів та методів контролю їх параметрів

### 1.1 Методи вимірювання частот обертання різних деталей

Розрізняють термін швидкість обертання яка визначається як кількість обертів за хвилину та пов'язана з частотою обертання  $f$  співвідношенням

$$F = \frac{n}{60}, \quad (1.1)$$

де  $n$  – кількість обертів.

Прилад, що вимірює частоту обертання валу (кутової швидкості), називається тахометр. Тахометри, обладнанні реєструючими приладами зветься тахографами. Прилади, які сумують кількість обертів валу зветься лічильниками. В якості лічильника імпульсів також може застосовуватись тахометр, який використовується наприклад при підрахунку продукції на конвеєрі, витрат сировини та матеріалів, часу наробітку обладнання машин та механізмів тощо. Для вимірювання частоти обертання електричних машин при дослідженнях використовують методи прямого перетворення, порівняння та частотний [1].

Тахометри, в яких напруга на виході первинного перетворювача пропорційна вимірювальній частоті обертання та засновані на перетворенні «частота обертання - кут відхилення стрілки» (механічні та електромеханічні тахометри), дія яких заснована на механічній взаємодії валу, що обертається з приймальною частиною тахометру - тахометричним перетворювачем. Сучасні прилади цієї групи використовують цифрові технології та забезпечують вимірювання швидкостей обертання в діапазоні 10000 – 20000 об/хв.

Існують:

- тахометри, в яких частота вихідної напруги перетворювача пропорційна частоті обертання;

- засновані на підрахунку кількості обертів протягом означеного інтервалу часу;

- метод порівняння частоти обертання або визначення через відому електричну величину.

- засновані на вимірюванні тривалості одного оберту, або інтервалу між суміжними імпульсами, які формуються протягом одного оберту та підрахунку зворотної величини за формулою (1.2)

$$F = \frac{1}{T}, \quad (1.2)$$

де  $F$  - частота обертання, об/хв;  $T$  - тривалість одного оберту, хв.

Частотний метод заснований на вимірюванні частоти електричних імпульсів, які надходять від таходатчиків. Даний метод виключає можливість внесення додаткових похибок датчиком або лінією передачі (при дистанційному вимірюванні), які пов'язані з впливом температури, тиску, вологості та інших факторів. Однією з переваг частотного методу є можливість за допомогою датчику істотно збільшити частоту імпульсів, що є особливо важливим при вимірюванні невеликих значень частоти обертання, коли прямі методи вимірювання та перетворення вносять суттєві похибки. Крім того, тахометри даного типу дозволяють отримати цифровий відлік частоти обертання. В частотних тахометрах використовуються індукційні фотоелектричні, ємнісні, індуктивні та інші типи перетворювачів. Частина з них може також використовуватися в тахометрах першої групи.

Для вимірювання частоти обертання використовують відцентрові або електричні тахометри. Значно рідше використовують прилади, які сумують кількість обертів двигуна за певний проміжок часу - лічильники обертів, тахоскопи, тощо. Лічильник обертів можна використовувати, наприклад, при вимірюванні частоти обертання вище встановленого діапазону вимірювань [2].

Для вимірювання частоти обертання можливе використання будь-яких фізичних явищ, в яких частота обертання пов'язана певною залежністю з

якою-небудь електричною величиною. За принципом дії тахометри класифікуються наступним чином.

Механічні тахометри - їх вимірювальна послідовність складається з механічних перетворювачів. До механічних відносяться відцентрові, годинникові, фрикційні, вібраційні і пневматичні тахометри.

В залежності від місця монтажу та способу застосування тахометри поділяють на стаціонарні, дистанційні, ручні (рис. 1.1).



а - механічний ручний тахометр;

б) механічний стаціонарний тахометр;

в) електронний тахометр

Рисунок 1.1 - Загальний вигляд механічних тахометрів

Для вимірювання частоти обертання в діапазоні 25 - 10000 об/хв застосовують ручні тахометри. До комплекту разом з тахометром входить набір наконечників та пристроїв для вимірювань в різних умовах. При великій частоті обертання застосовується гумовий наконечник, при малій - металічний. При відсутності центрів на валу машини використовують шків, який притискають бічною поверхнею до поверхні валу, що обертається. Частоту обертання в цьому випадку визначають за формулою (1.3)

$$n = \frac{n_m D_{ш}}{D_v}, \quad (1.3)$$

де  $n_T$  - показники тахометра, об/хв;  $D_{ш}$  - діаметр шківу;  $D_v$  - діаметр валу, мм.

Усталений режим частоти обертання можна виміряти за допомогою лічильнику обертів, з'єднаного з валом машини за формулою (1.4)

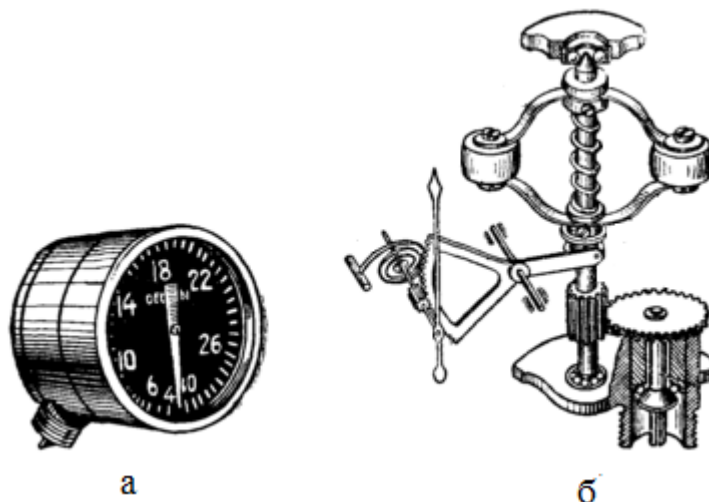
$$n = \frac{60N}{t}, \quad (1.4)$$

де  $t$  - час обертання, с;  $N$  - кількість обертів.

Крім того, розрізняють тахометри, що вимірюють швидкість контактним і безконтактним методом. До першої групи відносяться всі вище названі прилади за винятком фотоелектричного і стробоскопічного тахометрів, що працюють безконтактним методом. Використання безконтактних методів контролю кутових швидкостей обумовлено тими випадками, коли потужність об'єкту контролю дуже мала та приєднання навіть мало потужного споживача у вигляді тахометру, при роботі контактним методом може викликати перевантаження та невірні свідчення приладу.

Розглянемо будову і принцип дії деяких тахометрів, що працюють контактним методом.

Серед великої різноманітності механічних тахометрів найбільше поширення мають відцентрові тахометри, принципова схема одного з яких наведена на рисунку 1.2 а.



а) варіант виконання;

б) принципова схема

Рисунок 1.2 - Відцентровий тахометр

Тахометр складається з декількох тягарців (найчастіше трьох), симетрично розташованих відносно вісі AA, на шарнірно пов'язаних тягах 1. Тяги кріпляться до муфт, одна з яких жорстко зв'язана з валом, а друга (нижня) має можливість переміщатися вздовж осі валу, що обертається зі швидкістю  $\omega$ . Між муфтами знаходиться пружина, яка прагне наблизити тягарці до осі обертання.

При обертанні вала розвивається відцентрова сила  $Q$ , розташована в площині, перпендикулярній до осі обертання вала, і спрямована радіально. Сила  $Q$  може бути розкладена на складові  $Q_1$  і  $Q_3$  направлені уздовж тяг і  $Q_2$  - паралельно вісі AA вгору. Сила  $Q_2$  викликає переміщення муфти, вгору на величину  $\Delta z$ , що є вихідною величиною тахометричного чуттєвого елемента. Це переміщення за допомогою передаточного механізму перетворюється в показники частоти обертання.

Перевагами відцентрового тахометричного вузла є простота конструкції, порівняно висока точність вимірювання, і незалежність свідчень від напрямку обертання. До недоліків слід віднести нелінійність статичної характеристики, особливо помітну на початку шкали; порівняно малий діапазон вимірювання швидкості обертання, що характеризується величиною відношення від 4 до 6, малу дистанційність вимірювань; обмежену гранично допустиму довжину гнучкого валика (2,5 м).

Принцип дії годинникового тахометра полягає в тому, що кутова швидкість вимірюється за кількістю обертів вала, що випробовується за певний проміжок часу. Таким чином, за допомогою годинникового тахометра визначається не миттєве значення кутової швидкості  $\omega$ , а її середнє значення  $\omega_{\text{сер}}$  за відомий проміжок часу  $\tau$ .

Годинникові тахометри часто називають тахометрами середньої швидкості, а також тахоскопами. Для визначення проміжку часу в годинниковому тахометрі є годинниковий механізм, тому ця група тахометрів і отримала свою назву.

Механізм ручного неавтоматичного годинникового тахометра (тахоскопа) складається з лічильника обертів, секундоміра з ціною оберту стрілки 60с, пускового пристрою і для установки лічильника обертів і секундоміра на нульову позначку. Приводний валик тахометра з'єднується з валом, що випробується, після чого оператор натисканням на пускову кнопку одночасно включає лічильник обертів і секундомір. Спостерігаючи свідчення секундоміра оператор через 60с вимикає лічильник, показання якого дають середню за 60с швидкість вала, що випробується, об/хв.

Напівавтоматичний годинниковий тахометр відрізняється тим, що відключення лічильника обертів відбувається автоматично через певний проміжок часу після пуску. Пуск та встановлення лічильника на нульову позначку проводиться оператором вручну. Шкала лічильника градується в об/хв.

Схема напівавтоматичного годинникового тахометра типу 9ЧП наведена на рисунку 1.3.



Рисунок 1.3 - Схема напівавтоматичного годинникового тахометра типу ТЧ 10-Р1

Безперервне вимірювання кутової швидкості здійснюється автоматичними часовими тахометрами. У цих приладах включення і вимикання лічильника здійснюється періодично за допомогою годинникового механізму, що приводиться в дію від приводного валика тахометра через фрикційну передачу. Показчик лічильника після кожного вимірювання не встановлюється на нульову відмітку шкали, а показує результат останнього вимірювання до завершення наступного вимірювання.

Магнітні тахометри нарівні з механічними перетворювачами містять у складі вимірювальної послідовності магнітний індукційний перетворювач.

Електричні тахометри нарівні з іншими містять в вимірювальній послідовності електромеханічні перетворювачі. До числа електричних відносяться електромашинні, електроімпульсні і фотоелектричні тахометри. Цей принцип (Optical/Photo RPM Method) - заснований на підрахунку кількості відбитих імпульсів світлового потоку. Прилади цієї групи більш зручні в застосуванні, ніж прилади контактного принципу дії та дозволяють вимірювати значення швидкостей в широкому діапазоні до 1000000 об/хв.

Стробоскопічні тахометри засновані на застосуванні стробоскопічного перетворювача.

При великому діапазоні вимірювання частоти обертання машини застосовують генераторний спосіб вимірювання. Застосовують тахогенератор в якості якого може бути використана невелика машина постійного току незалежного збудження або генератор з постійними магнітами до зажимів якого приєднується точний магнітоелектричний вольтметр. При обертанні валу генератору буде вироблятися напруга, що пропорційна до частоти обертання. Відхилення стрілки вольтметра буде пропорційним до частоти обертання машини. Даний спосіб дає достатньо точні результати вимірювання, точність методу залежатиме від точності градуювання шкали вольтметра. Проградувати такий тахометр можна декількома способами. Наприклад, побудувати довідковий графік залежності напруги від частоти обертання якорю або зробити нову шкалу вольтметра на якій замість вольт записуються оберти на хвилину.

## 1.2 Використання герконів для вимірювання частоти обертання різних деталей

Широкого розповсюдження набули герметичні, магнітокеровані контакти - геркони (рис. 1.4). Геркон являє собою невелику витягнуту колбу з відкачаним повітрям, всередині якого знаходиться пара гнучких металевих ферромагнітних контактів.



Рисунок 1.4 – Загальний вигляд герконів різних типів

При появі поблизу геркону магнітного поля постійного або електричного магніту, який встановлюється на валу, частота якого підлягає вимірюванню, відбувається взаємне притягнення (прогин) пластин та замкнення контактів (рис. 1.5). Кожне замкнення контактів геркону фіксує лічильник імпульсів або калькулятор. Коли постійний магніт наближується до магнітокерованої групи контактів, кожна пластина намагнічується та виникає сила їх взаємного притягнення. При досягненні силою магнітного поля граничного значення, що перевищує пружність пластин контактів вони замикаються.

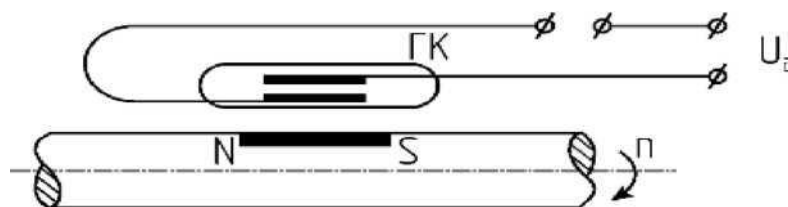


Рисунок 1.5 - Принципова схема отримання імпульсного сигналу за допомогою геркону

При зникненні зовнішнього магнітного поля, залишковий магнітний струм в феромагнітних пластинах контактів розсіюється, що викликає розмикання контактів геркону.

Переваги герконів:

- внаслідок знаходження контактів геркону в вакуумі при роботі вони не схильні до обгоряння, навіть коли при замкненні або розведенні контактів виникає іскра;



- геркони довговічні, якщо не бити їх, не пропускати крізь них струм високих значень термін використання герконів практично необмежений;

- відносно висока швидкодія.

Недоліки герконів:

- геркони дуже крихкі, корпус герконів виготовляється з крихкого скла, отже, їх неможливо використовувати в умовах сильних вібрацій та ударів;

- для їх замкнення потрібно створити магнітне поле;

- інколи контакти герконів залипають, що відбувається після проходження високих токів, геркони застосовуються для комутації токів невисоких значень;

- обмежена швидкість замкнення контактів, практичне застосування показує неможливість використання герконів для вимірювання частот обертання вище 300 об/хв, внаслідок високої інерційності контактів.

### 1.3 Аналогові тахометри

Принцип дії тахометра заснований на вимірюванні частоти надходження імпульсів напруги у первинному колі системи виміру. У 4-х циліндровому автомобільному двигуні за один оберт валу розподільника запалювання контакти переривача розмикаються та замикаються чотири рази (два рази за один оберт колінчастого валу). Отже, за один оберт валу у первинному колі системи запалювання створюється чотири імпульси струму та напруги (два імпульси за один оберт колінчастого валу) [2].

Імпульси напруги у вигляді затухаючого синусоїдального коливання (А), що формуються у первинній обмотці котушки запалювання, подаються на вхід тахометра (рис. 1.6), (формувача пускових імпульсів, що складається з R1 - C1, R2 - C2, VD1, C3 - C4. Від формувача віднормовані імпульси форми (Б) подаються на вхід моностабільного мультівібратора, що сформований на транзисторах VT1 та VT2. Мультівібратор перетворює вхідні імпульси в

імпульси струму прямокутної форми (В) з постійною амплітудою та тривалістю. Ці імпульси надходять до котушки міліамперметра, що увімкнений у колекторне коло транзистора VT1. В залежності від частоти надходження імпульсів змінюється середня величина сили струму, що проходить через обмотку котушки міліамперметра і відповідно на більшу величину відхиляється стрілка приладу. Тахометр забезпечує відхилення стрілки на кут  $270^\circ$  при силі струму 10 мА.

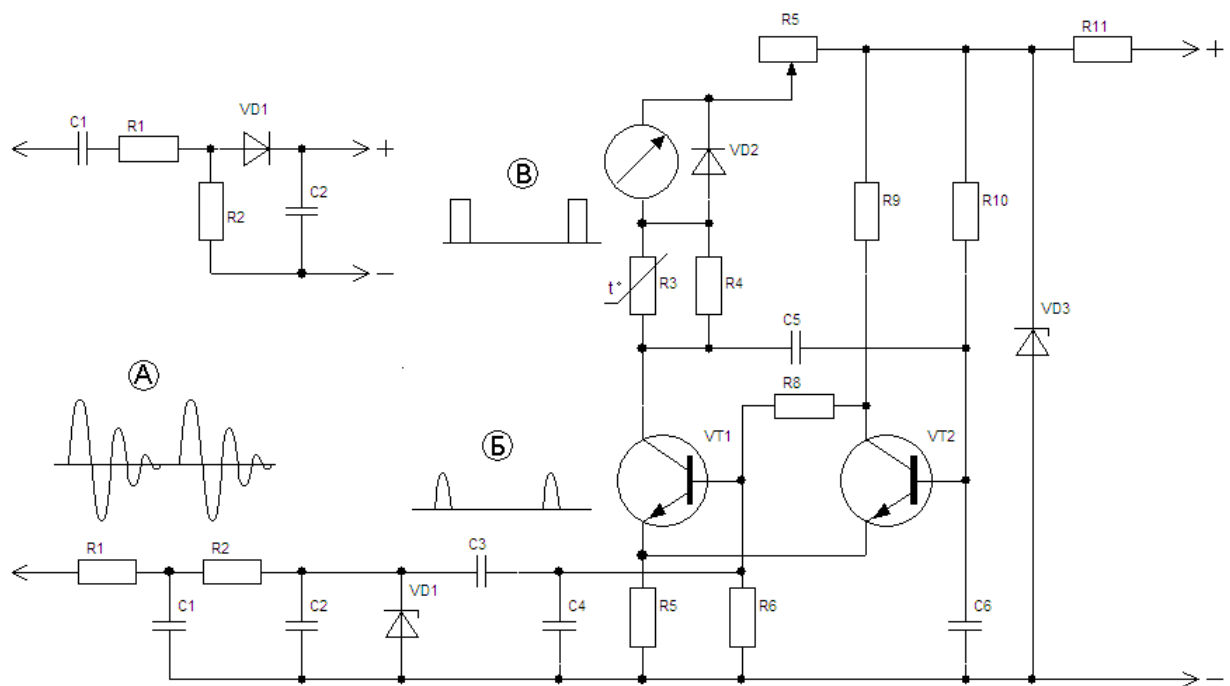
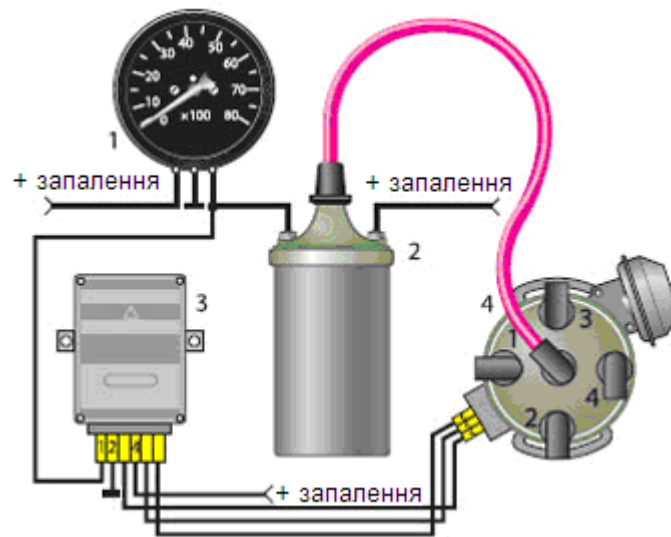


Рисунок 1.6 – Принципова схема аналогового тахометра

Стабілітрон VD3 стабілізує напругу живлення, що підвищує точність приладу. Терморезистор R3 призначений для компенсації температурної похибки приладу. Діод VD2 призначений для захисту транзистору VT1 від пробою через ЕРС самоіндукції, що може виникати в обмотці міліамперметра. Міліамперметр використовується магнітоелектричного типу.

Схема підключення аналогового тахометра представлена на рисунку 1.7.



- 1 – тахометр;
- 2 – котушка запалювання;
- 3 – комутатор;
- 4 – розподільник запалювання

Рисунок 1.7 – Схема підключення аналогового тахометра

#### 1.4 Квазіаналогові тахометри

Особливістю квазіаналогових тахометрів є можливість вимірювання частоти обертання різних деталей у цифровий спосіб. Разом з цим використовується не цифрова індикація результату.

Отже квазіаналоговий тахометр є комбінованим приладом, що поєднує цифрове вимірювання з дискретно-аналоговою, частіше всього світлодіодною шкалою [2]. На рисунку 1.8 представлена принципова схема квазіаналогового тахометра.

Генератор тактових імпульсів виконано на елементах DD1.1, DD1.2. Співвідношення значень тривалості імпульсів високого рівня і пауз між ними рівно 1 мс/75 мс. Тривалість імпульсу визначає резистор R5, а тривалість паузи залежить від опору комірки R4, R6.

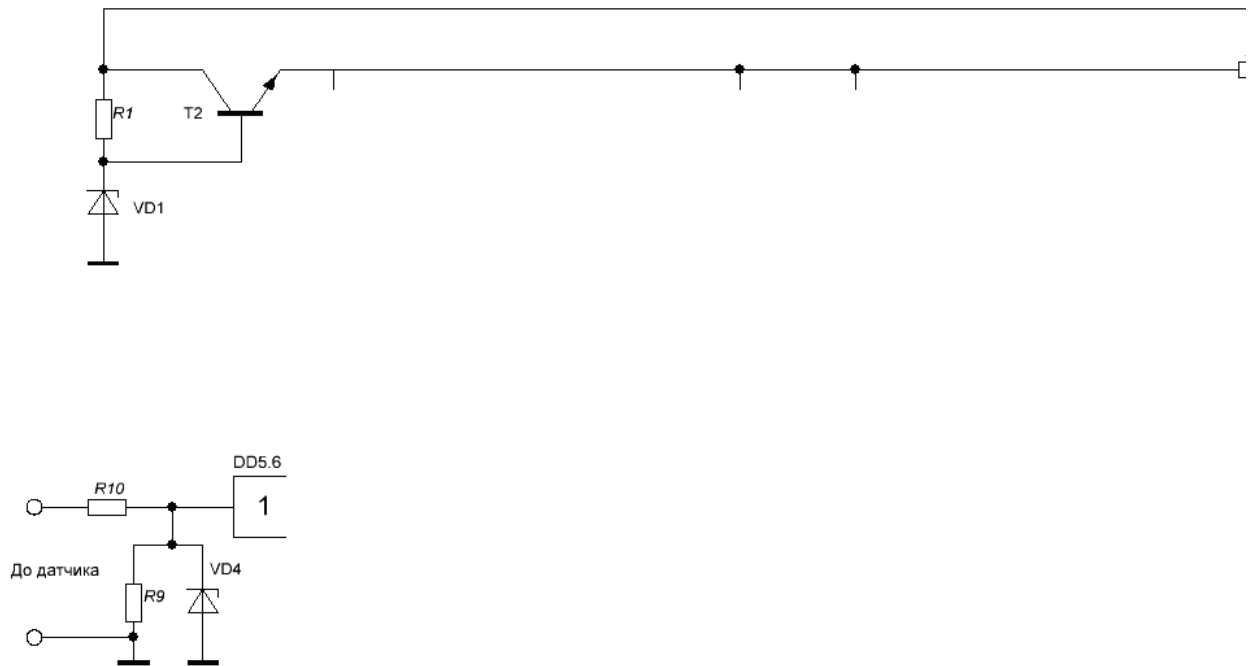


Рисунок 1.8 – Принципова схема квазіаналогового тахометра

З виходу генератора імпульси подаються в формувач імпульсів обнуління лічильника DD3, що побудований на інверторах DD1.3 - DD1.5 та комірці диференціювання R7, C4.

Імпульси з датчика, у якості якого використані контакти переривача системи запалювання подаються через подільник напруги R8, R9 та інвертор DD1.6 на вхід моновібратора DD2, що формує по фронту вхідних імпульсів, імпульси високого рівня DD1.3 - DD1.5. Часовий інтервал рахунку дорівнює тривалості паузи між запускаючими імпульсами.

По фронту імпульсів з генератора (з виходу елемента DD1.2) спрацює "защівка" D-тригерів, що складають ІМС DD4, отже зафіксований логічний рівень вихідних сигналів лічильника передається на входи дешифратора DD5. Навантаженнями виходів дешифратора є світло діоди - елементи квазіаналогової шкали приладу. Протягом часу вимірювання тригерна защівка утримує зафіксований стан лічильника.

Робочий діапазон частоти обертання колінчастого валу двигуна розділений на 16 однакових частин. Для автомобіля з 4-х тактним 4-х циліндровим

двигуном при максимальній частоті обертання  $N = 6400$  об/хв. дискретність шкали буде дорівнювати  $n = N/16 = 400$  об/хв. Частота  $f$  імпульсів, що подаються з датчика, дорівнює  $f = 2n/60 = 13,3$  Гц, що відповідає періодичності подання сигналів  $T = 75$ мс, отже наведена величина є часом (тривалістю) вимірювання. Для якісного контролю за роботою двигуна шкала тахометра розділена на три сектори, що відповідають низьким, середнім та високим значенням частоти обертання колінчастого валу. Відповідно у першому секторі застосовуються світлодіоди жовтого кольору, у середньому - зеленого, а в останньому - червоного.

Живлення тахометра здійснюється від бортової мережі напругою 12В; споживаний струм - близько 120 мА. Стабілізатор напруги побудований по параметричній схемі з підсилювачем струму на транзисторі VT1. Опорну напругу формує стабілітрон VD1. Конденсатори фільтра C1 та C2 призначені для подолання індустриальних радіоперешкод, що надходять з бортової мережі автомобіля. Наведені перешкоди можуть привести до хибних спрацювань приладу. Коректно зібраний пристрій не потребує налаштування. Отже необхідно тільки перевірити працездатність функціональних вузлів та резистором R6 встановити тривалість паузи між імпульсами високого рівня, що дорівнює 75 мс. Шкала тахометра може бути побудована по різному. Наприклад, світлодіоди можна розмістити у вигляді горизонтального чи вертикального рядка, або кругової шкали, яка подібна з механічним тахометрам.

### 1.5 Методика перевірки тахометрів

Методика перевірки поширюється на тахометри, призначені для визначення швидкостей обертання валу і встановлює методи і засоби їх первинною при випуску з виробництва і після ремонту і періодичної перевірки при експлуатації.

Склад тахометра:

- імпульсний датчик обертів;
- вторинний блок тахометра;
- виносне табло тахометра.

Перевірка тахометра може здійснюватися двома способами:

- з використанням тахометричної установки;
- з використанням імітатора обладнання, що обертається та частото-  
міра.

При комплектній повірці тахометра і випробуванні і перевірці здійснюються на тахометричній перевірочній установці відповідно до ДОСТ 8.285-96 "Тахометри. Методи і засоби перевірки". При цьому для передачі швидкості обертання від установки до безконтактного імпульсного датчика зворотів на кінці валу установки закріплюється насадка, що забезпечує вхідну дію на датчик.

При поелементній перевірці тахометра випробування здійснюється на імітаторові об'єкту, що обертається, блок-схема якого показана на рисунку 1.9.

За результатами вимірів швидкості обертання ( $V_i$ ) і струму ( $I_{\text{вих},i}$ ) виконується розрахунок поточних значень коефіцієнта перетворення ( $K_{\text{пер},i}$ ):

$$K_{\text{пер},i} = \frac{I_{\text{вих},i} - I_0}{V_i} \left( \frac{\text{мА}}{\text{об/хв}} \right), \quad (1.5)$$

де  $I_0 = 4\text{мА}$

Нелінійність характеристики по струмовому виходу  $\delta_a$  визначається по формулах:

$$\bar{K}_{\text{пер}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_{\text{пер},i} \quad (1.6)$$

$$\delta_{ai} = \frac{K_{\text{пер},i} - \bar{K}_{\text{пер}}}{\bar{K}_{\text{пер}}} \cdot 100 (\%), \quad (1.7)$$

де  $\bar{K}_{\text{пер}}$  - середнє арифметичне значення дійсних коефіцієнтів перетворення по струмовому виходу в діапазоні швидкостей обертання, мА/об/хв;  $\delta_{ai}$

– нелінійність характеристики по струмовому виходу на поточних значеннях швидкості обертання, (%).

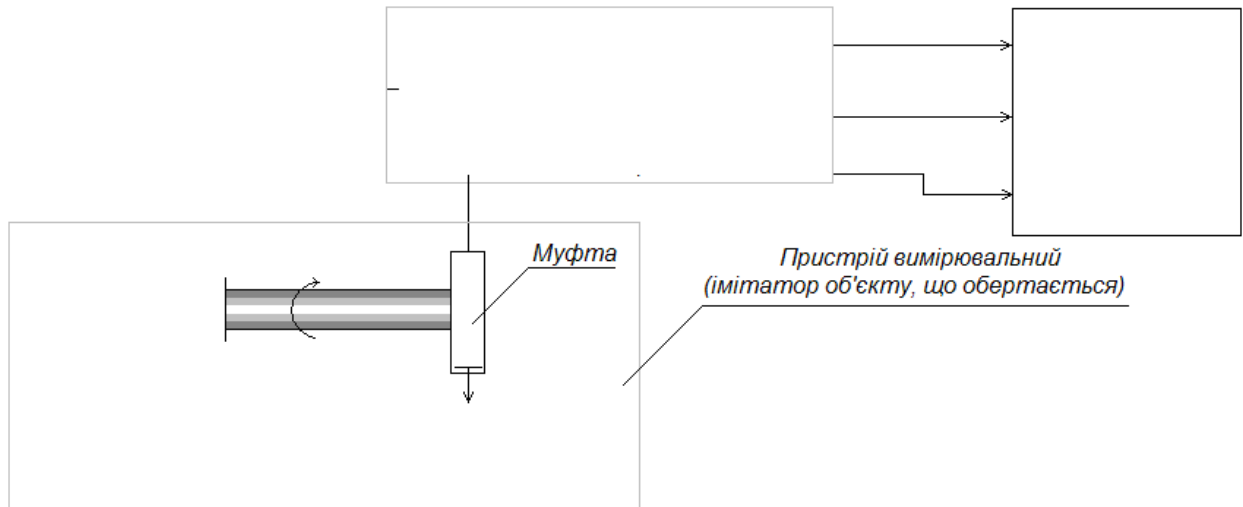


Рисунок 1.9 - Використання імітатора об'єкту, який обертається

Як значення нелінійності характеристики ( $\delta_a$ ) тахометра по струмовому виходу приймається максимальне із значень  $\delta_{ai}$  у всьому діапазоні вимірюваних тахометром швидкостей обертання.

## 1.6 Дослідження схем генераторів імпульсів

Генератори імпульсів використовують в багатьох радіотехнічних пристроях (електронних лічильниках, реле часу), застосовують при налаштуванні цифрової техніки. Діапазон частот таких генераторів може бути від одиниць герц до багатьох мегагерц. Проаналізуємо схеми генераторів, у тому числі на елементах цифрової «логіки», які широко використовуються в складніших схемах як вузли, що задають частоту і джерела зразкових сигналів.

На рисунку 1.10 приведена схема генератора, який формує одиночні імпульси прямокутної форми при натисненні кнопки S1.

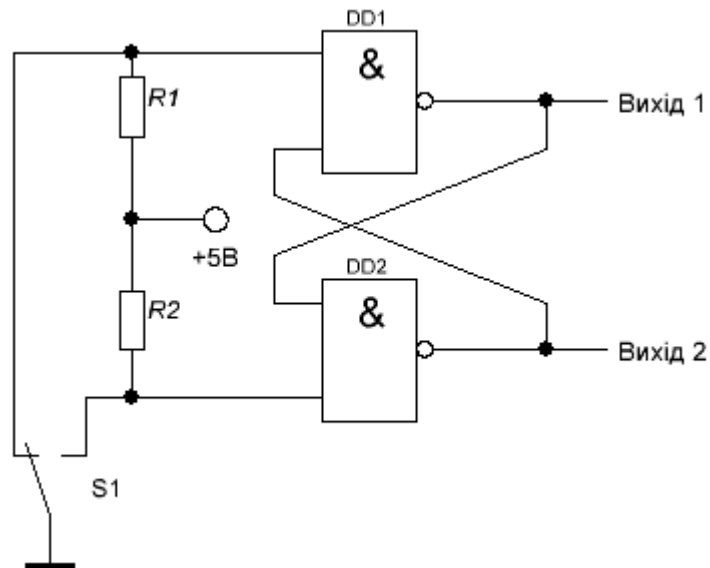


Рисунок 1.10 – Схема генератора одиночних імпульсів

На логічних елементах DD1.1 і DD1.2 зібраний RS-тригер, що запобігає проникненню імпульсів брязкоту контактів кнопки на перелічувальний пристрій. У положенні контактів кнопки S1, показаному на схемі, на виході 1 буде напруга високого рівня, на виході 2 - напруга низького рівня; при натиснутій кнопці навпаки. Цей генератор зручно використовувати при перевірці працездатності різних лічильників [3]. На рисунку 1.11 показана схема простого генератора імпульсів на електромагнітному реле.

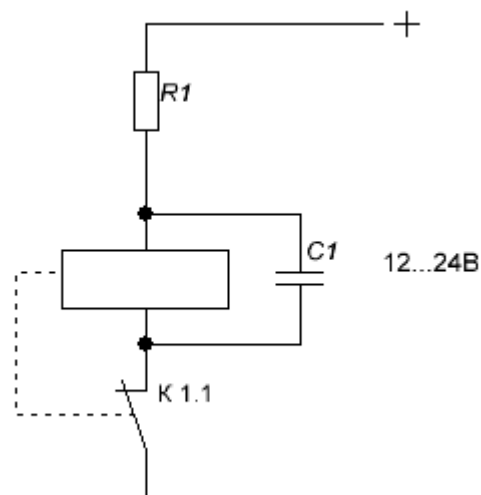


Рисунок 1.11 - Генератор імпульсів на електромагнітному реле

При подачі живлення конденсатор C1 заряджає через резистор R1 і реле спрацьовує, відключаючи джерело живлення контактами DD1.1. Але реле



відпускає не відразу, оскільки деякий час через його обмотку протікатиме струм за рахунок енергії, накопиченої конденсатором С1. Коли контакти DD1.1 знову замкнуться, знову почне заряджати конденсатор - цикл повторюється.

Частота перемикачів електромагнітного реле залежить від його параметрів, а також номіналів конденсатора С1 і резистора R1. При використанні реле РС-15 (паспорт РС4.591.004) перемикач відбувається приблизно один раз в секунду. Такий генератор можна використовувати, наприклад, для комутації гірлянд на новорічній ялинці, для здобуття інших світлових ефектів. Його недолік - необхідність використання конденсатора значної ємкості.

На рисунку 1.12 приведена схема ще одного генератора на електромагнітному реле, принцип роботи якого аналогічний попередньому генератору, але забезпечує частоту імпульсів 1 Гц при ємкості конденсатора в 10 разів меншою.

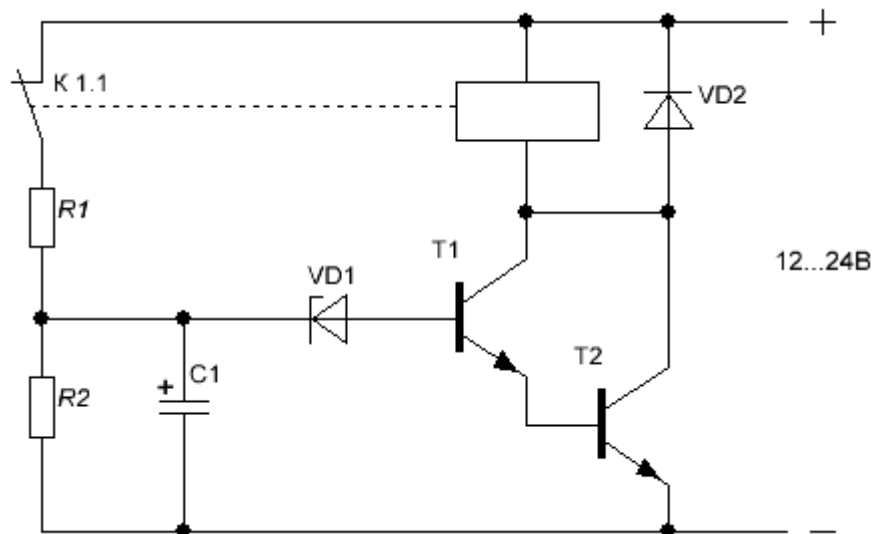


Рисунок 1.12 – Генератор імпульсів з частотою 1 Гц

При подачі живлення конденсатор С1 заряджає через резистор R1. Через деякий час відкриється стабілітрон VD1 і спрацює реле К1. Конденсатор почне розряджатися через резистор R2 і вхідний опір складеного транзистора VT1VT2. Незабаром реле відпустить і почнеться новий цикл роботи генератора. Включення транзисторів VT1 і VT2 за схемою складеного транзистора

підвищує вхідний опір каскаду. Реле К 1 може бути таким же, як і в попередньому пристрої. Але можна використовувати РЕС-9 (паспорт РС4.524.201) або будь-яке інше реле, що спрацьовує при напрузі 15...17 В і струмі 20...50 мА.

У генераторі імпульсів, схема якого приведена на рисунку 1.13, використані логічні елементи мікросхеми DD1 і польовий транзистор VT1. При зміні номіналів конденсатора С1 і резисторів R2 і R3 генеруються імпульси частотою від 0,1 Гц до 1 МГц.

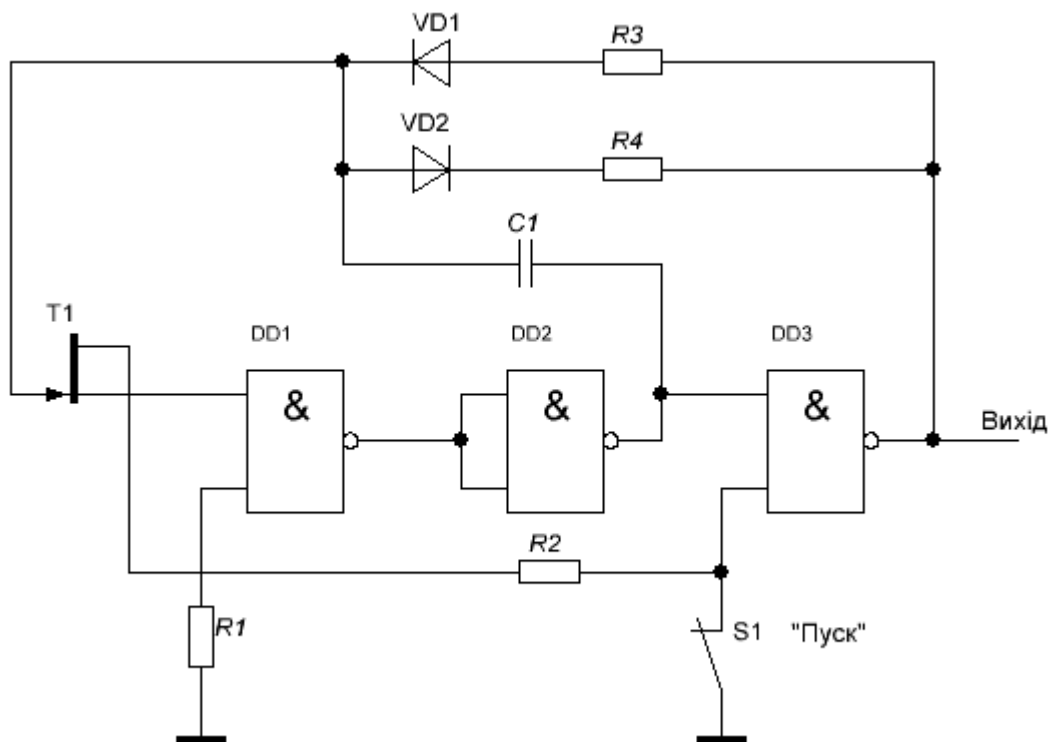


Рисунок 1.13 – Генератор імпульсів на логічних елементах

Такий широкий діапазон отриманий завдяки використанню польового транзистора, що дозволило застосувати резистори R2 і R3 опором в декілька мегом. За допомогою цих резисторів можна змінювати шпаруватість імпульсів: резистор R2 задає тривалість напруги високого рівня на виході генератора, а резистор R3 - тривалість напруги низького рівня. Максимальна ємність конденсатора С1 залежить від його власного струму витоку. В даному випадку вона складає 1...2 мкФ. Опори резисторів R2, R3 - 10...15 МОм. Транзис-

тор VT1 може бути будь-яким з серій КП302, КП303. Мікросхема - К155ЛА3, її живлення складає 5 В стабілізованої напруги. Можна використовувати КМОН мікросхеми серій К561, К564, К176, живлення яких лежить в межах 3...12 В [4].

За наявності мікросхеми КМОН (серія К176, К561) можна зібрати широкодіапазонний генератор імпульсів без вживання польового транзистора. Схема приведена на рисунку 1.14. Для зручності установки частоти ємкість конденсатора часозадаючого кола змінюють перемикачем S1. Діапазон частот, що формуються генератором, складає 1...10 000 Гц. Мікросхема - К561ЛН2.

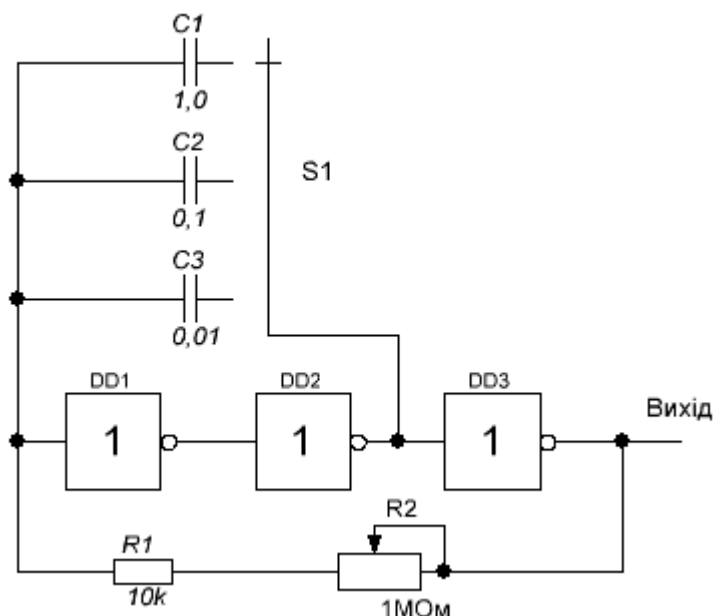


Рисунок 1.14 – Генератор імпульсів на КМОН мікросхемі

Цифрові мікросхеми в генераторах взаємозамінні в більшості випадків і можна використовувати в одній і тій же схемі як мікросхеми з елементами «І-НІ», так і «АБО-НІ», або ж просто інвертори. Потрібно лише дотримувати цоколівку мікросхем, яка у багатьох випадках збігається.

Якщо потрібно підвищити здатність навантаження якого або вузла, можна застосувати на виході підсилювач на транзисторі, як в схемі на рисунку 1.15, або ж включити декілька елементів мікросхеми паралельно, як показано на рисунку 1.16.

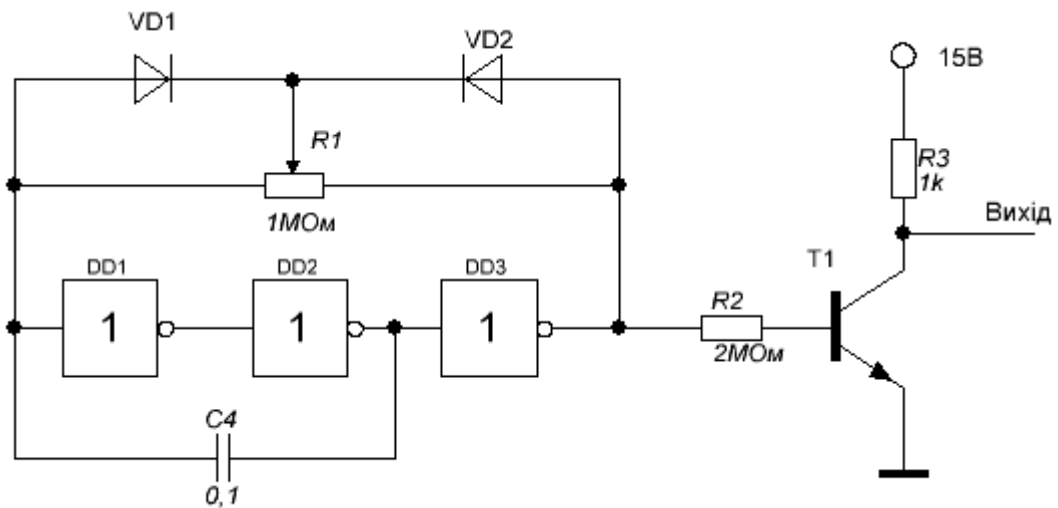


Рисунок 1.15 – Генератор імпульсів з підвищеним навантаженням

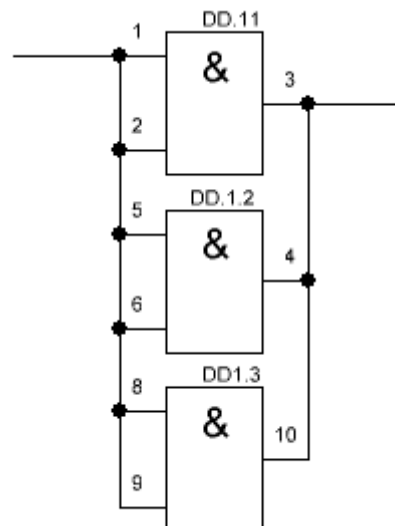


Рисунок 1.16 – Варіант підвищення навантаження

Метою роботи являється розробка генератора імпульсів для перевірки та вимірюванням швидкості обертання різних деталей.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- розробити функціональну схему генератора імпульсів;
- розробити схему електричну принципову генератора імпульсів;
- розробити топологію печатної плати генератора імпульсів.

## 2 Розробка генераторного пристрою для контролю параметрів тахометра

У техніці зв'язку і управління, у вимірювальній техніці використовуються імпульси напруги і струму не лише прямокутної, але і непрямокутної форми, наприклад, пилкоподібною або складнішою форми. Практично будь-який сигнал, форма якого описується функцією  $f(t)$ ,  $t_0 < t < t_{k-1}$ , може бути приблизно відтворений шляхом формування ступінчастої напруги  $u(t)$  в інтервалі  $[t_0, t_{k-1}]$ , такого, що  $|f(t) - u(t)| \leq \varepsilon$ , де  $\varepsilon$  - відхилення апроксимації (рис. 2.1).

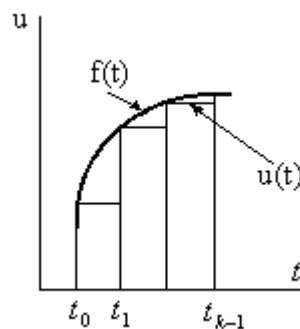


Рисунок 2.1 – Формування ступінчастості напруги

Якщо в заданому інтервалі  $[t_0, t_{k-1}]$  вибирати безліч значень незалежної змінної  $t_0, t_1, \dots, t_{k-1}$ ,  $t_i < t_{i+1}$ , то під ступінчастою функцією  $u(t)$  розуміється функція  $u(t) = a_i = \text{const}$ ,  $t_i < t < t_{i+1}$ ,  $i = 0, 1, \dots, k-1$ . Значення  $t_i$  зазвичай задаються двійковим кодом  $M_i$  і кожному значенню  $u(t_i)$  ставиться у відповідність  $n$ -розрядне двійкове число  $N(M_i)$ . Якщо, наприклад,  $n = 8$ , то восьмирозрядним кодом можливо представити  $2^8 = 256$  різних рівнів; це число визначає роздільну здатність аналого-цифрового перетворення.

Точність відтворення функції  $f(t)$ , природно, залежить і від числа вузлів апроксимації, і від числа розрядів, яким кодуються аналогові рівні у вузлах. На точність апроксимації впливають і інструментальні помилки, обумовлені неточністю і дрейфом параметрів генератора функцій.

## 2.1 Розробка функціональної схеми генератора

Потрібно спроектувати генератор у якого залежність вихідної напруги в часі  $f(t)$  має просту шматочно-лінійну форму (рис. 2.2).

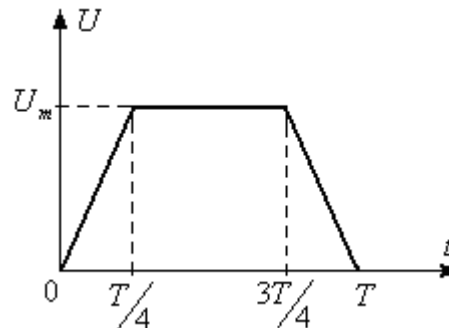


Рисунок 2.2 – Залежність вихідної напруги генератора у часі

Вихідними даними для проектування генератора напруги спеціальної форми є:

$U_m$  - амплітуда вихідного сигналу;

$T = 0,1$  с - період коливань вихідного сигналу;

$R_n = 0,1$  кОм - опір навантаження;

$dU = 0,025\%$  - відхилення апроксимації.

Дана функція має три лінійні ділянки: перший – на інтервалі  $[0, T/4]$  що лінійно зростає, другий – на інтервалі  $[T/4, 3T/4]$  і третій – на інтервалі  $[3T/4, T]$ . На першій ділянці на вхід ЦАП повинен подаватися код, що зростає в часі, на другій ділянці повинен подаватися постійний в часі останній код першої ділянці, на третьому – код, що убуває в часі. Цього можна добитися, якщо змусити лічильник, вихідний код якого і поступає на ЦАП, на першій ділянці працювати на підсумовування, на другому – припинити рахунок, на третьому – на віднімання.

Згідно викладеному принципу генератор повинен мати функціональну схему, представлену на рисунку 2.3.

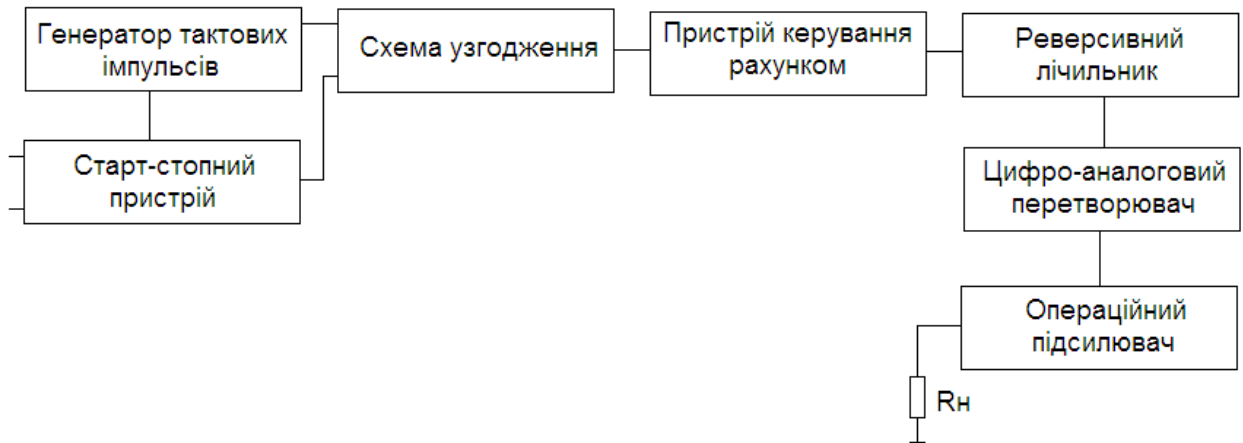


Рисунок 2.3 – Функціональна схема генератора

## 2.2 Цифро-аналоговий перетворювач

Визначимо розрядність ЦАП, виходячи із заданої точності відтворення вихідної напруги:

$$dU = \frac{\Delta x}{U_m} \cdot 100\% ; \quad (2.1)$$

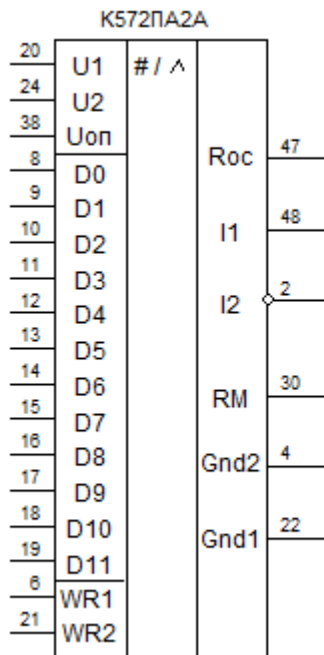
$$\Delta x = \frac{U_m}{2^n} ; \quad (2.2)$$

$$dU = \frac{U_m}{U_m \cdot 2^n} \cdot 100\% \Rightarrow 2^n = \frac{100\%}{dU} = \frac{100}{0,025} = 4000 . \quad (2.3)$$

$n \approx 11$ , тому слід узяти 12-розрядний ЦАП, наприклад, К572ПА2 (рис. 2.4). Режим роботи АЦП К572ПА2 представлено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1- Режим роботи АЦП К572ПА2

Режим роботи	Входи управ- ління	
	6	21
Запис даних в RG1, зберігання попередніх даних в RG2	1	0
Запис з RG1 в RG2, зберігання даних в RG1	0	1
Пряме проходження даних через RG1 і RG2	1	1



Число розрядів  $N = 12$ ;  
 $t_{уст} = 15 \text{ мкс}$ ;  
 $\delta_{\pi} = 0,02 \dots 0,1 \%$ ;  
 $I_{вих} = 5 \dots 10 \text{ мА}$ ;  
 $U_{дж1} = +5 \text{ В}$ ;  
 $U_{дж2} = +15 \text{ В}$ ;  
 $U_{оп} = 10,24 \text{ В}$ ;  
 $P_{спож} = 0,4 \text{ Вт}$ ;  
 $U_{вх "1"} = 2,4 \text{ В}$ ;  
 $U_{вх "0"} = 0,8 \text{ В}$ .

Рисунок 2.4 - Цифро-аналоговий перетворювач

### 2.3 Генератор тактових імпульсів

По повному часу зміни вихідного сигналу генератора від мінімального до максимального значення і розрядності ЦАП визначимо частоту тактового генератора [5].

$$f = \frac{2n}{T} = \frac{409,6}{0,025 \text{ с}} = 16384 \text{ Гц} \approx 16 \text{ кГц} \quad (2.4)$$

Для побудови генератора тактових імпульсів використовуємо схему з кварцовим резонатором (рис. 2.5). Потрібно отримати частоту 16 кГц, візьмо кварцовий резонатор на 64 кГц, тоді

$$\frac{10^6}{16 \cdot 10^3} = 62,5$$

Таким чином, нам необхідний резонатор на 64 кГц і дільник частоти на 6.

Дільник на 6 можна зібрати, використовуючи лічильник 555IE10 по таблиці 2.2. Його схема і відповідний граф переходів показані на рисунку 2.6.



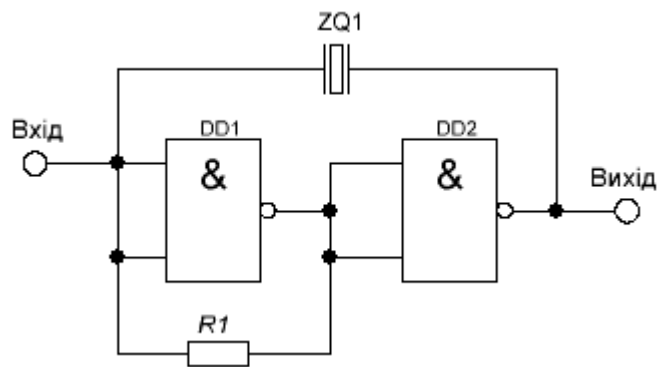


Рисунок 2.5 - Генератор тактових імпульсів

Таблиця 2.2 – Таблиця функціонування лічильника

$\bar{L}$	D3	D2	D1	D0
0	Q3	1	1	0

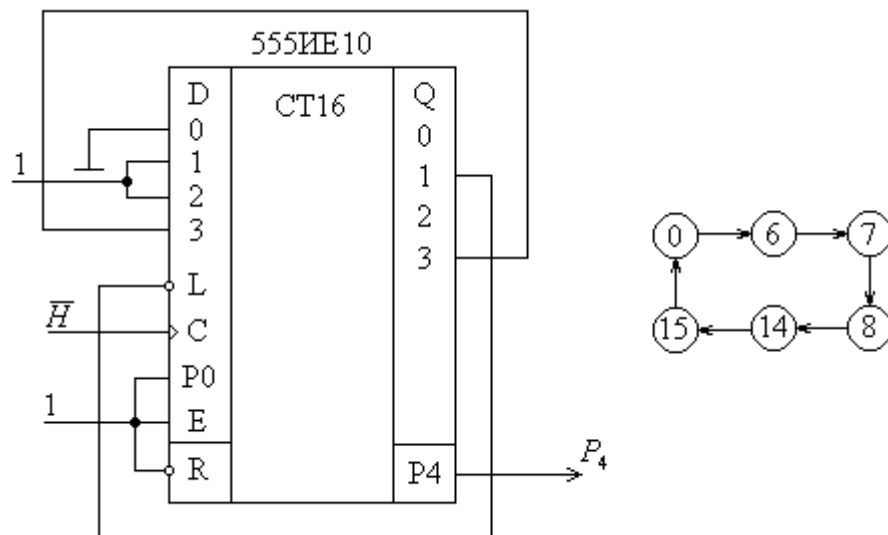


Рисунок 2.6 – Лічильник 555IE10 і відповідний граф переходів

555IE10 – лічильник по mod 16 з синхронним завантаженням даних  $D = (D3, D2, D1, D0)$  і асинхронним потенційним скиданням в нульовий стан значенням сигналу  $\bar{R} = 0$ ; сигнал  $\bar{L}$  управляє режимами рахунку і завантаження ( $\bar{L} = 1$  – рахунок,  $\bar{L} = 0$  – загрузка).

## 2.4 Реверсивний лічильник

Побудуємо принципову схему реверсивного лічильника з модулем перерахунку 4096 на трьох ІС 531ІЕ17 (рис. 2.7) [6].

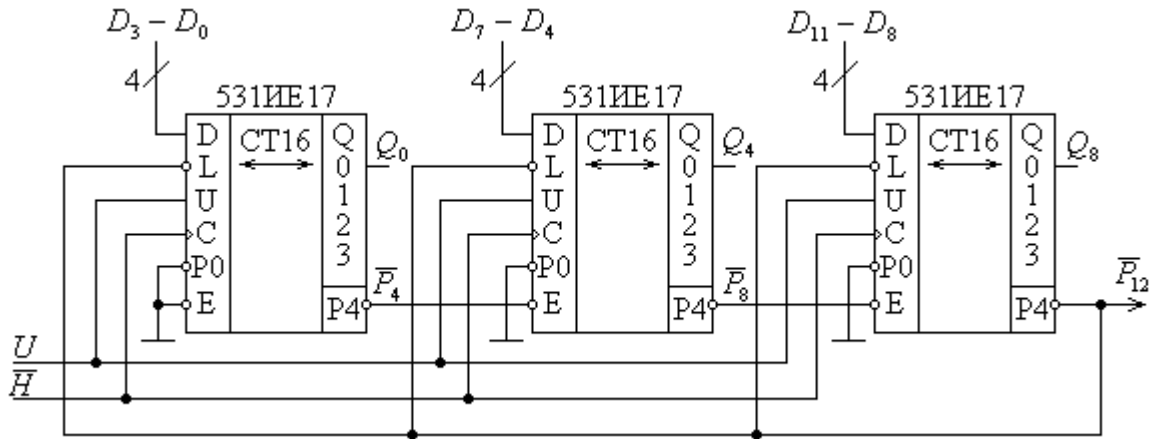


Рисунок 2.7 - Реверсивний лічильник з модулем перерахунку 4096

531ІЕ17 – 4-розрядний двійковий реверсивний лічильник, призначення входів  $D_r$  і  $\bar{L}$  таке ж, що і в двійкового лічильника 555ІЕ10.

## 2.5 Пристрій керування рахунком

Центральним пристроєм генератора, який і визначає форму вихідного сигналу, є пристрій керування рахунком. Він повинен містити:

- основний 12-розрядний двійковий лічильник, що виконує роль таймера;
- допоміжний двійковий лічильник – для формування сигналів, відповідних кордонам інтервалу лінійності функції;
- схема селекції тактових імпульсів, що управляє включенням рахунку і напрямом рахунку (складання або віднімання).

Основний лічильник можна побудувати на трьох ІС 555ІЕ10 (рис. 2.8). Графік вихідного сигналу (рис. 2.1) зручно розбити на чотири часові інтєрва-

ли: на першому інтервалі реверсивний лічильник віднімає, на подальших двох – рахунок припиняється, на останньому інтервалі – підсумовує [4].

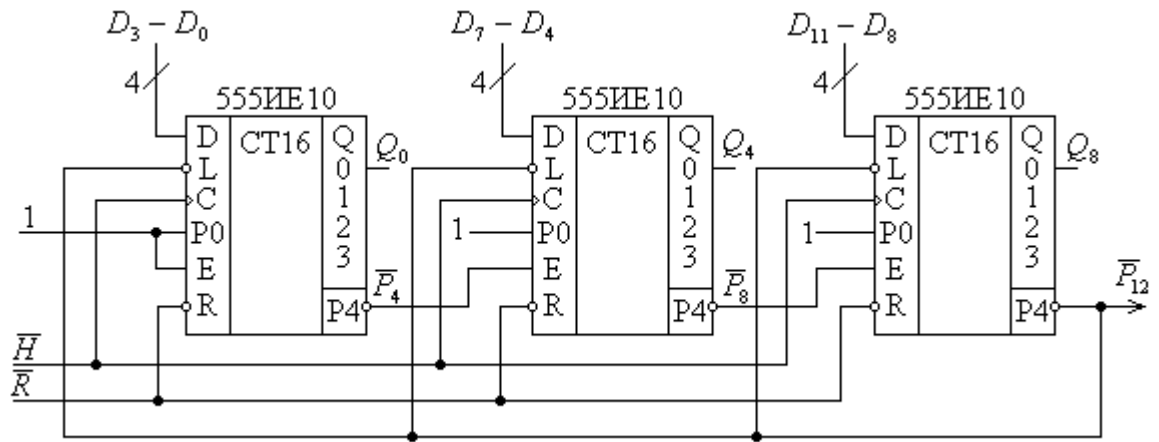


Рисунок 2.8 – Основний лічильник генератора

Отже, допоміжний лічильник повинен рахувати до чотирьох, тобто видавати лише чотири кодові комбінації. Роботу допоміжного лічильника і схеми селекції тактових імпульсів можна розглянути в таблиці 2.3. Таким чином для побудови цих пристроїв знадобиться два JK-тригера, елемент І-НІ, елемент що Виключаюче АБО, елемент І. Принципова схема матиме вигляд як на рисунку 2.9 [6].

Таблиця 2.3 – Алгоритм роботи допоміжного лічильника

X2	X1	Ес	U
0	0	0	0
0	1	1	×
1	0	1	×
1	1	0	1

X2, X1 – сигнали на виходах тригерів, Ес – сигнал дозволу рахунку, U – напрям рахунку. Оскільки в двох проміжних станах лічильник не вважає, то не важливе яке значення має сигнал U, тому для зручності візьмемо його по 1 на цих інтервалах.

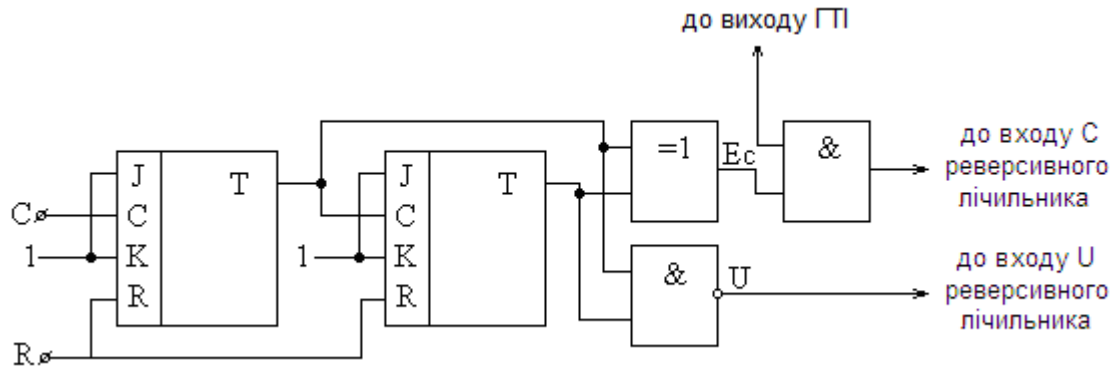


Рисунок 2.9 – Схема допоміжного лічильника

Часова діаграма функціонування пристрою керування рахунком представлена на рисунку 2.10.

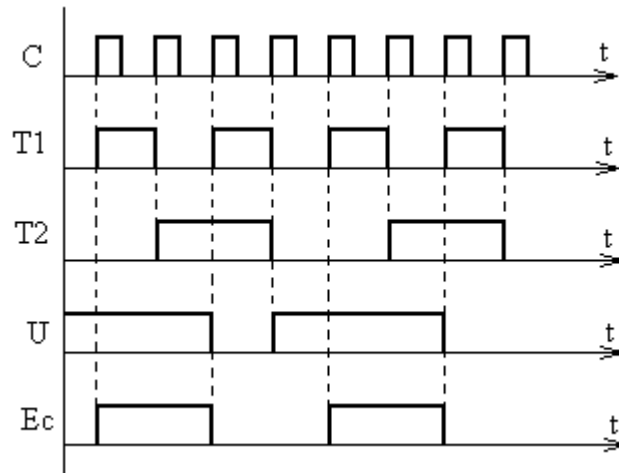
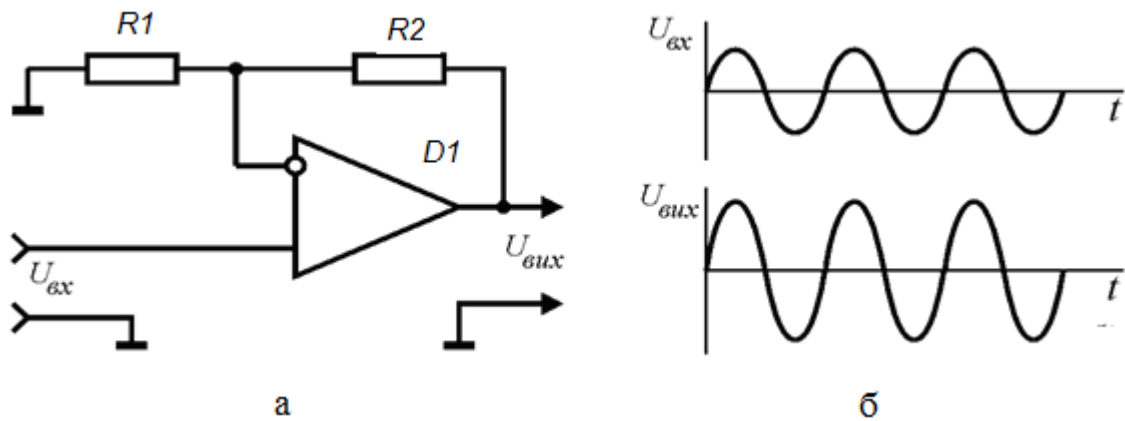


Рисунок 2.10 - Часова діаграма роботи ПКР

## 2.6 Операційний підсилювач

Принципова електрична схема неінвертуючого підсилювача наведена на рисунку 2.11. Вхідний сигнал подається на неінвертуючий вхід. На інвертуючий вхід подається напруга від'ємного зворотного зв'язку, що знімається з ділянки на резисторах R1 та R2 [7-8].



А – електрична схема;

Б – часова діаграма роботи

Рисунок 2.11 – Неінвертуючий операційний підсилювач

Коефіцієнт передачі напруги такого подільника дається виразом

$$\beta = \frac{R1}{R1 + R2} \quad (2.5)$$

Підставляючи (11) у (8) отримуємо

$$k = \frac{R1 + R2}{R1} \quad (2.6)$$

Вхідний опір такого підсилювача є дуже великим і визначається типом застосованих операційних підсилювачів.

Для узгодження виходу генератора із заданим навантаженням, а також для посилення потужності після ЦАП необхідно поставити неінвертуючий повторювач (рис. 2.12). Найбільш відповідний операційний підсилювач для даної схеми – К140УД9.

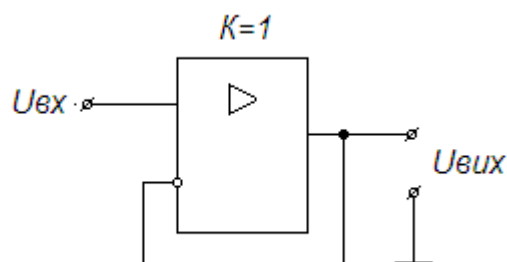


Рисунок 2.12 - Узгодження виходу генератора із заданим навантаженням

НЯМ

## 2.7 Генератор еталонних частот

При калібруванні тих або інших цифрових вимірювальних пристроїв виникає необхідність в декількох еталонних частотах. Зазвичай для цих цілей використовуються генератори, але при плавному регулюванні частоти генератора досить складно (а деколи, без точної цифрової індикації, і неможливо) правильно провести калібрування [9].

Генератор складається з трьох мікросхем та не потребує калібрування (рис. 2.13). Це стало можливим з використанням в задаючому генераторі кварцового резонатора. Використовується кварцовий резонатор з частотою резонансу 32768 Гц.

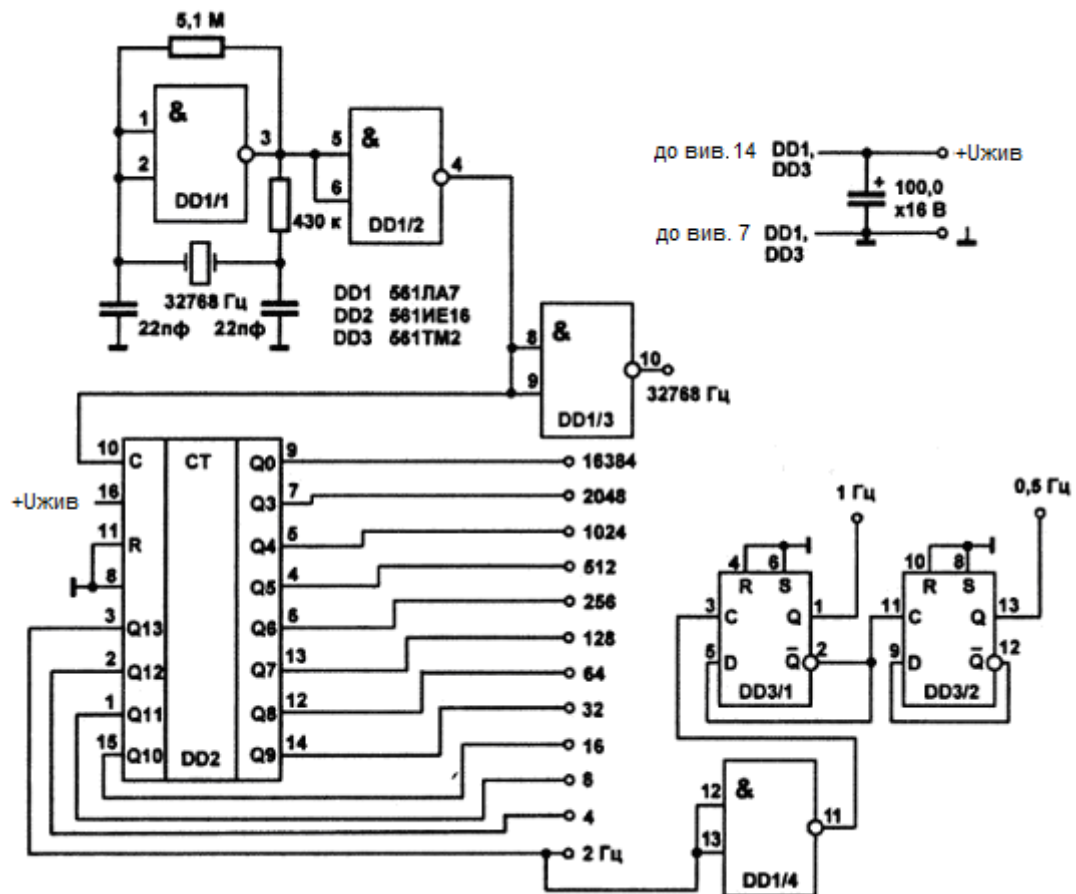


Рисунок 2.13 – Генератор еталонних частот

На елементах DD1.1 і DD1.2 зібраний генератор. Сигнал з нього подається на вхід 14-ти розрядного лічильника-дільника 561IE16 (DD2) і одночасно через буферний елемент DD1.3 дає першу вихідну частоту генератора –

32,768 кГц. Проходячи через всі декади дільника, ця частота послідовно ділиться на 2 дванадцять разів, в результаті з'являються частоти 16384, 2048, 1024, 512, 256, 128, 64, 32, 16, 8, 4 і 2 Гц.

Якщо використовувати ще два дільника (мікросхема DD3), то можна отримати ще 2 частоти – 1 Гц і 0.5 Гц.

Як джерело живлення можна використовувати або гальванічні елементи, або мережевий блок живлення напругою 4.12 В (оптимально 5). При цьому споживаний від джерела струм генератором складе 0,2 мА (при 5 В) і 1,5 мА (при 12 В).

## 2.8 Генераторний пристрій для контролю параметрів тахометрів

У багатьох випадках тахометри працюють в комплекті з електронним датчиком Хола. Датчик наводиться в обертання привідним механізмом. За одне обертання валу датчика виробляється шість імпульсів електричного струму [5].

Генератор розроблений для перевірки і налагодження тахометрів і інших приладів, для роботи яких необхідний сигнал з датчика частоти обертання валу.

Структурна схема генераторний пристрій для контролю параметрів тахометрів представлена на рисунку 2.14

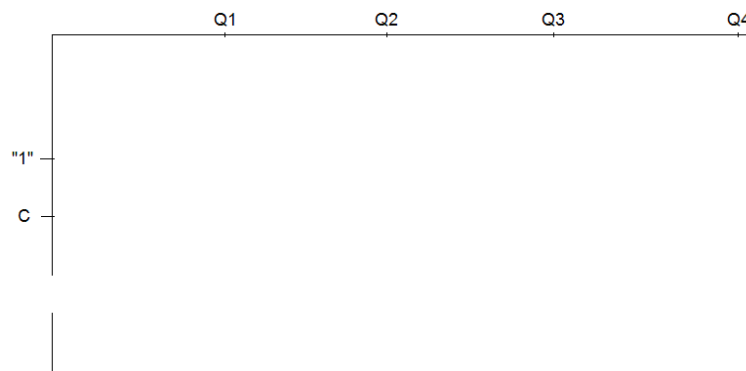


Рисунок 2.14 – Структурна схема генераторного пристрою для контролю параметрів тахометрів





тригера  $Q_i^n \rightarrow Q_i^{n+1}$  у кожному такті, залежно від стану останніх тригерів в такті  $n$  (рис. 2.15).

The figure shows four Karnaugh maps for flip-flops Q1, Q2, Q3, and Q4. Each map is a 4x4 grid with columns labeled Q4 and rows labeled Q2. The maps are as follows:

Q4			
01	01	01	01
10	10	10	10
10	10	10	10
01	01	01	01
Q3			

Q4			
00	00	00	00
01	01	01	01
10	10	10	10
11	11	11	11
Q3			

Q4			
00	11	11	00
00	11	11	00
01	10	10	01
00	11	11	00
Q3			

Q4			
00	00	11	11
00	00	11	11
00	01	10	11
00	00	11	11
Q3			

Рисунок 2.15 – Карти Карно для функцій переходів тригерів кожного розряду

Наприклад, першому рядку таблиці 4.2  $Q4 = Q3 = Q2 = Q1 = 0$  відповідає ліва верхня клітинка карт переходів. Оскільки під час вступу першої одиниці в лічильник  $Q1$  він повинен перейти з нульового стану в одиничний, а  $Q2$ ,  $Q3$  і  $Q4$  повинні зберегти стан нуля, у вказану клітинку карти переходів для  $Q1$  слід поставити «01», а в картах для  $Q2$ ,  $Q3$  і  $Q4$  поставити «00» і так далі.

4) вибирається тип тригера, наприклад, JK – тригер, для побудови лічильника. Використовуючи словник переходів JK – тригера [6], для кожного входу тригера складаються карти Карно, в клітинках яких проставляються сигнали, необхідні для забезпечення переходів тригерів, вказаних в однойменних клітинках карт функцій переходів (рис. 2.16).

Наприклад, для переходів «01» JK – тригера, згідно його словнику переходів, необхідно подати сигнал  $J = 1$ , а сигнал на вході  $K$  може бути будь-яким «×», тому у верхню ліву клітинку карти Карно для  $J1$  проставляють одиницю, а для  $K1$  – «×» і так далі [6].

5) проводиться мінімізація логічних функцій входів в картах Карно з метою здобуття їх аналітичних виразів, що показують зв'язки між входами і виходами всіх тригерів, що складають лічильник. В процесі мінімізації виробляється до визначення функцій там, де це доцільно, одиницями в клітинках «×».

У результаті, отримано наступні функції входів тригерів лічильника:

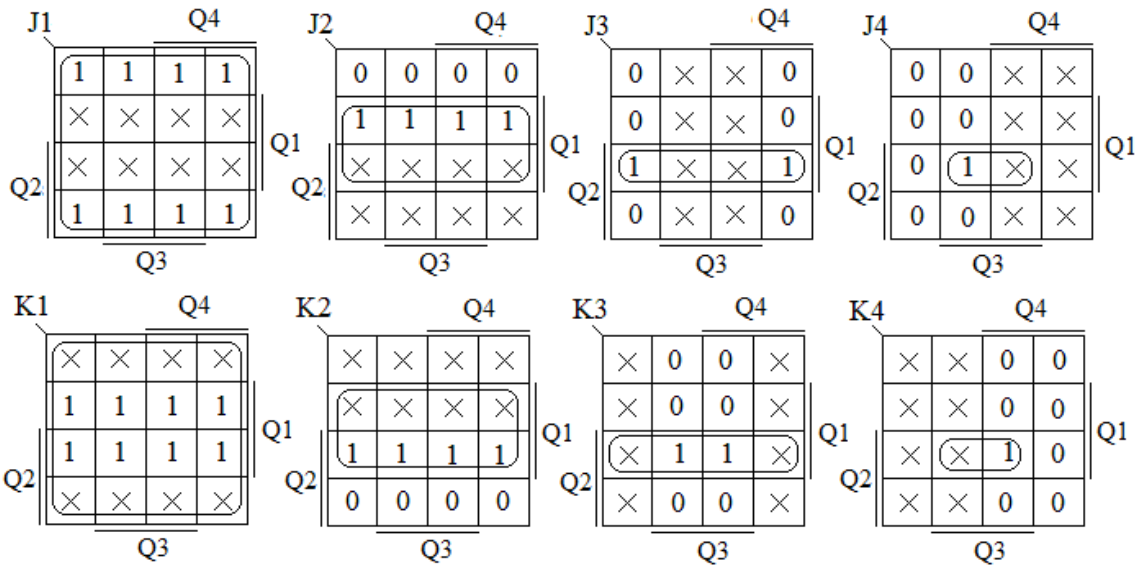


Рисунок 2.16 – Карти Карно для входів тригерів

б) будується електрична схема лічильника, відповідно до реалізації функцій входів (рис. 2.17).

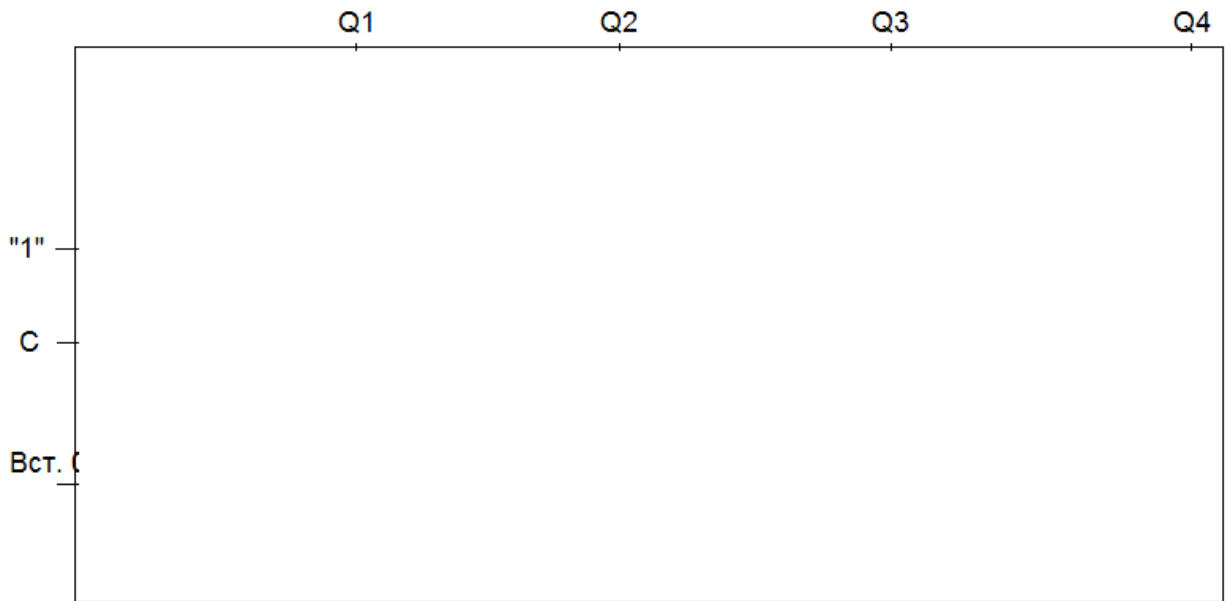


Рисунок 2.17 – Підсумовуючий двійковий лічильник з паралельним перенесенням

### 2.8.2 Послідовно-паралельний регістр

У регістрі з послідовним введенням виконується послідовний зсув інформації, що надходить на вхід, на один розряд вправо в кожному такті синхросигналів.

Після проходження  $m$  синхроімпульсів весь регістр виявляється заповненим розрядами числа  $D$ , і перший розряд числа ( $D_0$ ) з'являється на виході  $Q_0$  регістра. Протягом подальших  $m$  синхроімпульсів виконується послідовний порозрядний вивід з регістра записаного числа, після чого регістр виявляється повністю очищеним [6].

Регістри зсуву є колом послідовно включених  $D$  – тригерів або  $RS$  і  $JK$  – тригерів, які включені в режим  $D$  – тригера. Поява імпульсу на тактовому вході регістра зсуву викликає переміщення записаної в ньому інформації на один розряд вправо або вліво. Як і інші регістри, регістри зсуву використовуються для запису, зберігання і видачі інформації, але основним їх призначенням є перетворення послідовного коду в паралельний, або паралельного в послідовний. Схема 4-розрядного регістра зсуву приведена на рисунку 2.18. Завдяки тому, що вихід попереднього розряду сполучений з входом «D» подальшого, кожен тактовий імпульс встановлює подальший тригер в стан, в якому до цього знаходився попередній. Так здійснюється зсув інформації вправо.

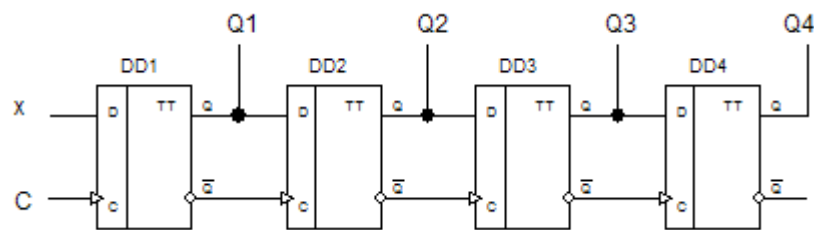


Рисунок 2.18 – Чотирьохрозрядний регістр зсуву

Вхід «D» першого тригера служить для прийому в регістр вхідної інформації у вигляді послідовного коду. З кожним тактовим імпульсом на цей вхід повинен подаватися код нового розряду вхідної інформації (рис. 2.19).

Першим тактовим імпульсом перша одиниця старшого розряду числа  $X$  записується в перший тригер. Другим тактовим імпульсом в перший три-

гер записується значення наступного розряду, а в другий тригер записується одиниця, яка була перед приходом другого тактового імпульсу на виході першого тригера.

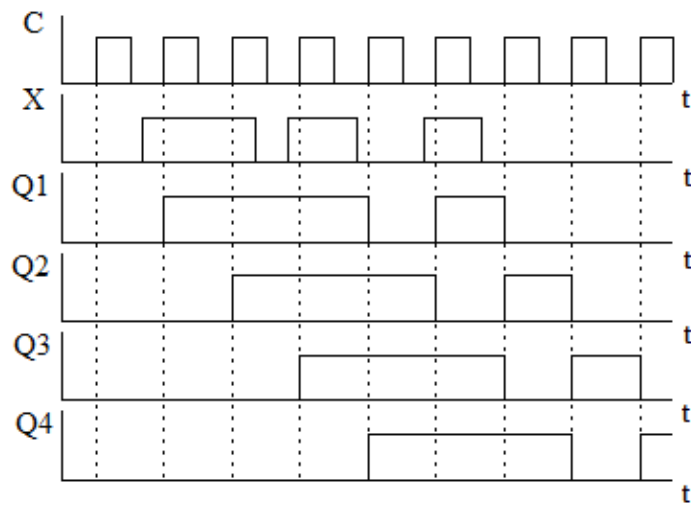


Рисунок 2.19 – Діаграма функціонування чотирьохрозрядного регістра зсуву

Таким чином, кожним тактовим імпульсом в регістрі відбувається зсув числа на один розряд. Чотирьохрозрядне число буде повністю записано в регістр після четвертого тактового імпульсу. До приходу наступного тактового імпульсу це число зберігається в регістрі у вигляді паралельного коду на виводах Q1 ... Q4. Якщо необхідно отримати інформацію в послідовному коді, то її знімають з виходу Q4 в моменти приходу наступних трьох тактових імпульсів. Такий режим називається режимом послідовного зчитування. У двійковій системі числення при зсуві числа на один розряд у бік старших розрядів відбувається збільшення числа в два рази. При зсуві числа у бік молодших розрядів число записується в регістр і зменшується в два рази. Таким чином, регістр зсуву можна використовувати для множення або ділення числа на  $2^n$ , де  $n$  – кількість зсувів, що дорівнює кількості тактових імпульсів.

При побудові регістрів зсуву обов'язковим є використання тригерів, які синхронізуються фронтом. Інакше за час дії одного синхросигналу інформація в регістрі просувається більш ніж на один розряд, тобто нормальне функціонування регістра зсуву на один розряд за один такт порушується [6].

Обираємо мікросхему 74НС164N, яка являє собою восьмирозрядний регістр зсуву з послідовним завантаженням (рис. 2.20). Наявність двох входів завантаження & і А дозволяє використовувати один з них у якості керуючого завантаження даних. Низький рівень на одному з них забороняє проходження сигналу з другого.

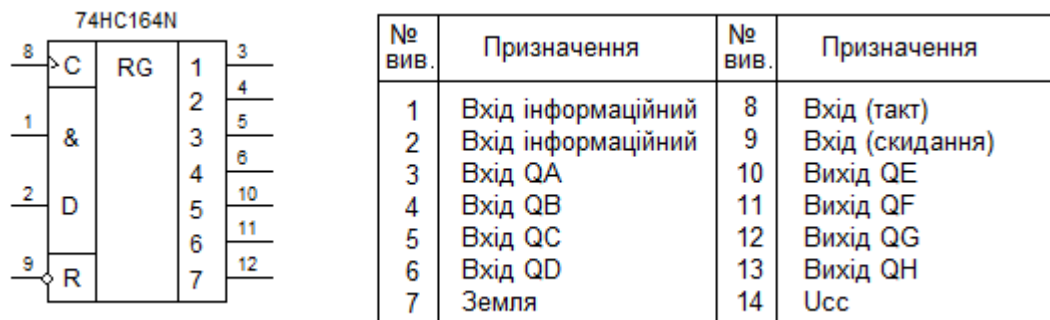


Рисунок 2.20 – Мікросхема 74НС164N

### 2.8.3 Схема мікроконтролерного генератора для перевірки тахометрів

Аналіз розроблених вузлів показує раціональність використання в генераторі для перевірки тахометрів мікроконтролера.

Схема генератора показана на рисунку 2.21. В ньому застосований мікроконтролер PIC16F628A-I/P (DD1). Сформовані на виході RA2 імпульси через підсилювач на транзисторі VT1 поступають на вихідний роз'єм X1. Перемичкою S1 в колекторному колі транзистора можна включити резистор навантаження R12. При знятій перемичці колекторне навантаження повинне знаходитися в приладі, що перевіряється.

Імітована частота обертання валу може набувати 28 фіксованих значень від  $500 \text{ хв}^{-1}$  (з кроком  $100 \text{ хв}^{-1}$ ) і до  $6000 \text{ хв}^{-1}$  (з кроком  $500 \text{ хв}^{-1}$ ), що відображаються на світлодіодному індикаторі HG1. Від одного фіксованого значення до іншого переходять натисненнями на кнопку SB1 (у бік збільшення частоти) або SB2 (у бік її зменшення). Передбачено і нульове значення частоти, при якому вихідні імпульси відсутні. У всіх останніх випадках

на кожне обертання валу генеруються по два вихідних імпульси плюсової полярності тривалістю 100 мкс. Середньоквадратична відхилення установки частоти – 0,4 %.

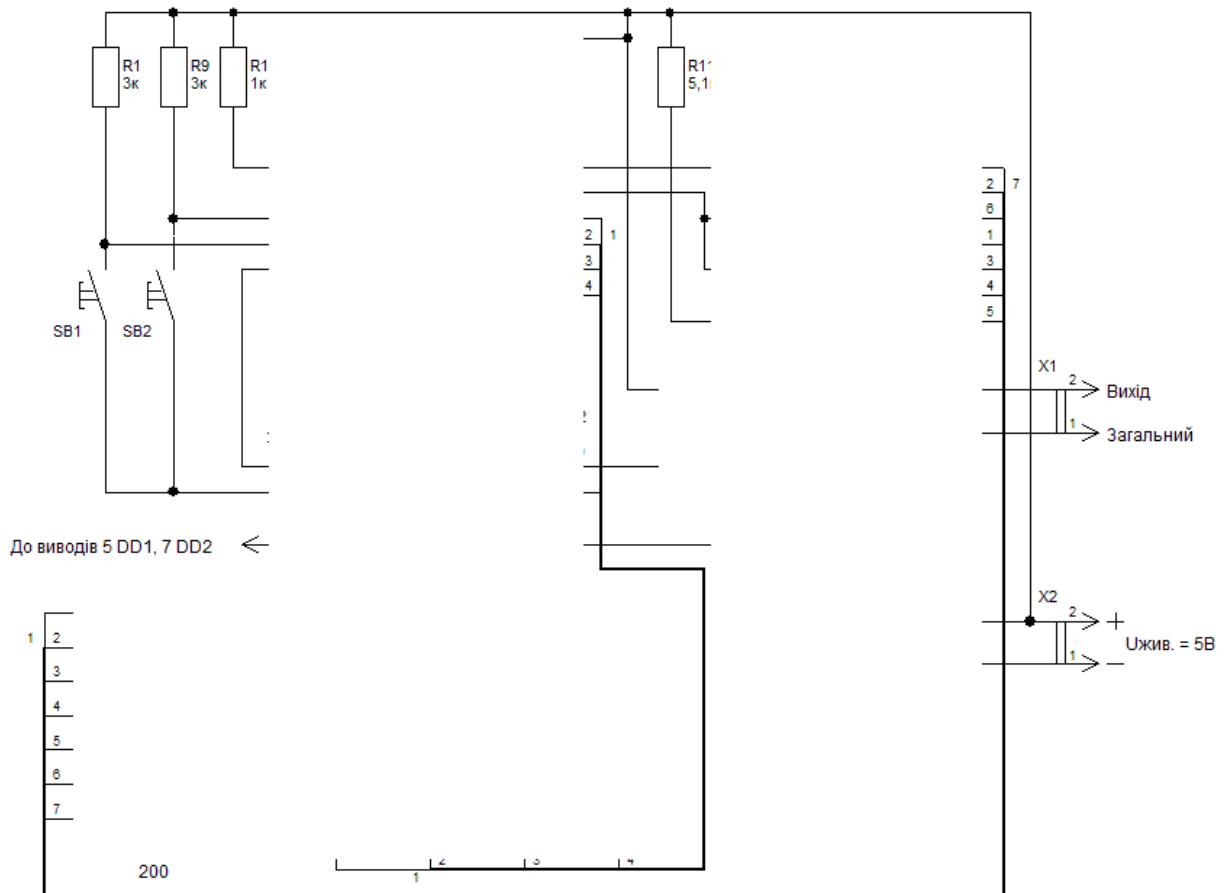


Рисунок 2.21 – Схема мікроконтролерного генератора для перевірки тахометрів

Відлік тривалості пауз між імпульсами, що генеруються, виробляється по запитах переривання, що генеруються при переповнюванні таймера. Процедура обробки переривань формує вихідні імпульси після кожного відліку числа запитів, відповідного періоду повторення цих імпульсів при вибраній частоті обертання.

Періодично програма перевіряє стан кнопок і виявивши натиснуту, змінює значення змінних, що задають частоту імпульсів, а також виводить значення імітованої частоти обертання валу на світлодіодний індикатор HG1 із загальними катодами елементів кожного з чотирьох розрядів.

Індикація побудована за динамічним принципом. Послідовні коди для управління анодами елементів індикатора програма формує на виході RB3 мікроконтролера. За допомогою синхроімпульсів, що поступають з виходу RB2, ці коди завантажуються в регістр зсуву 74HC164N (DD2) [10] і потім перетвореними в паралельний вигляд поступають на анодні виводи індикатора. Розряди індикатора по черзі включаються імпульсами, що поступають на їх загальні катоди з виходів RB4...RB7 мікроконтролера.

## 2.9 Розробка топології печатної плати

Всі деталі генератора змонтовані на одnobічній печатній платі з фольгованого склотекстоліту розмірами  $76 \times 56$  мм, креслення якої показано на рисунку 2.22. Плата розрахована на установку постійних резисторів МЛТ-0,125. Конденсатори C1, C2 – К10-17 або інші керамічні, C3, C4 – плівкові К73-17, оксидний конденсатор C5 – К50-35. Для мікросхем DD1, DD2 і індикатора HG1 на платі встановлені панелі.

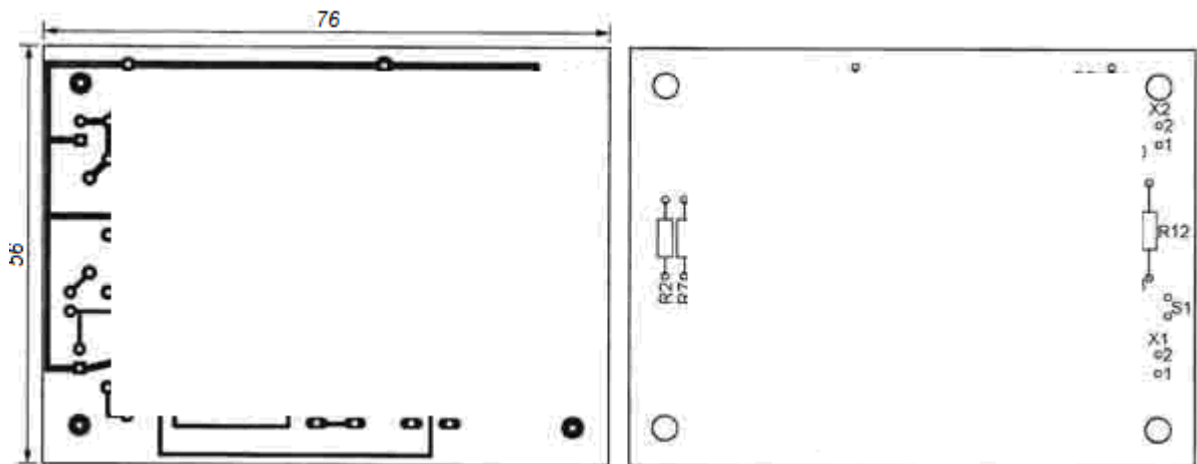


Рисунок 2.22 - Топологія печатної плати генератора

Розроблена схема дозволяє перевіряти і налагоджувати прилади, для роботи яких необхідний сигнал з датчика частоти обертання валу.

### 3 Техніко-економічне обґрунтування розробки цифрових систем діагностики тахометрів

#### 3.1 Обґрунтування вибору технології виготовлення схеми діагностики параметрів тахометрів

Топологічний аналіз показує, що пристрій може бути реалізований у вигляді малогабаритного мікромодуля і виконаний за сучасною маловитратною технологією тонко плівкових гібридних мікрозборок, або за технологією печатних плат на фольгованому текстоліті. Обидві технології передбачають, що всі елементи будуть навісними, а напиленням на підкладці, або травленням поверхні виконується лише струмопровідний шар.

Для вибору технології виготовлення схеми діагностики параметрів тахометрів проаналізуємо ієрархії чотирьох варіантів (табл. 3.1), враховуючи шкалу відносної важливості (табл. 3.2) [11]

*Таблиця 3.1 - Можливі варіанти технологій виробництва тестеру*

Технологія		Короткий опис
A	Технологія печатних плат на фольгованому текстоліті	Активні та пасивні елементи схеми навісні, а струмопровідний шар виконано травленням фольгованого текстоліту.
B	Толстоплівкових гібридних інтегральних схем	Всі елементи та між елементні з'єднання виконані у вигляді товстих композитних плівок.
C	Тонкоплівкових гібридних інтегральних схем	Всі елементи та між елементні з'єднання виконані у вигляді тонких плівок провідних та резистивних матеріалів.
D	Тонкоплівкових гібридних мікрозборок	Активні та пасивні елементи схеми навісні, а струмопровідний шар виконано у вигляді тонких плівок.



Таблиця 3.2 - Шкала відносної важливості

Інтенсивність відносної важливості	Визначення
1	рівна важливість
3	помірна перевага
5	сильна перевага
7	значна перевага
9	дуже сильна перевага
2,4,6,8	проміжні судження

*Вибір робимо за критеріями, наведеними в таблиці 3.3.*

*Встановлюємо відносну вагу кожного критерію на основі матриці попарних порівнянь для обраних критеріїв (табл. 3.3) [11].*

У матриці прийняті наступні позначення:  $i$  – номер критерію; при порівнянні 6-ох критеріїв (табл. 3.3)  $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ ;  $X_i$  - локальний пріоритет, тобто відносна вага  $i$ -го критерію в глобальному критерії:

Таблиця 3.3 – Попарне порівняння критеріїв

Критерій	1	2	3	4	5	6	$\sqrt[6]{\prod_{i=1}^6 \omega_i}$	$X_i$
1. Швидкодія	1	1/3	3	1/7	1/5	3	0,664	0,073
2. Завадостійкість	3	1	3	1/3	1/7	3	1,042	0,116
3. Споживання	1/3	1/3	1	1/5	1/7	3	0,460	0,051
4. Площа	7	3	5	1	1/5	7	2,297	0,254
5. Сумісність	5	7	7	5	1	5	4,277	0,473
6. Вартість	1/3	1/5	1/3	1/7	1/5	1	0,293	0,033
$\Sigma$							9,033	1,00

*Далі аналогічно складаємо 6 матриць попарних порівнянь альтернатив стосовно кожного критерію (табл. 3.4 - 3.9). Оскільки тепер порівнюються 4 технології по одному критерію, то  $i = 1, 2, 3, 4$ .*

$$X_i = \frac{\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}}{\sum_{i=1}^4 \sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}},$$

де  $\sum$  - сума по стовпці  $\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$ .

**Таблиця 3.4 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «швидкодія»**

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	$X_i$
A	3	1/5	1	3	1,16	0,19
B	5	1	7	7	3,96	0,65
C	1/3	1/7	1	1/2	0,39	0,07
D	1/3	1/7	2	1	0,56	0,09
	$\Sigma$				6,07	1,00

**Таблиця 3.5 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «завадостійкість»**

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	$X_i$
A	1	5	1	1/3	1,14	0,21
B	1/5	1	1/5	1/7	0,48	0,09
C	1	5	1	1/3	1,56	0,29
D	3	7	3	1	2,20	0,41
	$\Sigma$				5,37	1,00

**Таблиця 3.6 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «споживання»**

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	$X_i$
A	1	5	1/5	1/7	0,61	0,09
B	1/5	1	1/7	1/9	0,24	0,04
C	5	7	1	1/3	1,85	0,29
D	7	9	3	1	3,71	0,58
	$\Sigma$				6,41	1,00

Таблиця 3.7 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «площа»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	X <sub>i</sub>
A	1	5	3	5	0,99	0,21
B	1/5	1	1/3	1/2	0,24	0,05
C	1/3	3	1	3	2,03	0,43
D	1/5	2	1/3	1	1,47	0,31
Σ					4,73	1,00

Таблиця 3.8 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «сумісність»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	X <sub>i</sub>
A	1	5	1/3	1/5	0,76	0,13
B	1/5	1	1/7	1/9	0,24	0,04
C	5	7	1	1/2	2,41	0,41
D	3	9	2	1	2,47	0,42
Σ					5,88	1,00

Таблиця 3.9 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «вартість»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	X <sub>i</sub>
A	1	3	5	6	3,08	0,56
B	1/3	1	3	4	1,41	0,26
C	1/5	1/3	1	2	0,60	0,11
D	1/6	1/4	1/2	1	0,38	0,07
Σ					5,47	1,00

Глобальний пріоритет для кожної альтернативи обчислюється як сума добутків кожного локального пріоритету на його ваговий коефіцієнт (табл. 3.10) [11].

З порівняння глобальних пріоритетів різних технологій видно, що найбільшим є пріоритет у варіанта реалізації схеми діагностики параметрів тахометрів з використанням технології печатних плат на фольгованому текстоліті.

Таблиця 3.10 - Глобальний пріоритет для кожної альтернативи

Пріоритети	№1	№2	№3	№4	№5	№6	Глобальний
Вага	0,073	0,116	0,051	0,254	0,473	0,033	
Печатних плат на фольгованому текстоліті	0,07	0,29	0,29	0,43	0,41	0,11	0,360
Толстоплівкових гібридних інтегральних схем	0,65	0,09	0,04	0,05	0,04	0,26	0,100
Тонкоплівкових гібридних інтегральних схем	0,19	0,21	0,09	0,21	0,13	0,56	0,176
Тонкоплівкових гібридних мікрозборок	0,09	0,41	0,58	0,31	0,42	0,07	0,364

За допомогою методу аналізу ієрархій проведено порівняння чотирьох типів технологій реалізації схеми діагностики параметрів тахометрів за наступними критеріями: 1) швидкодія; 2) завадостійкість; 3) споживана потужність; 4) площа, займана на кристалі; 5) сумісність; 6) вартість. Найбільший локальний пріоритет у критерію «сумісність» (табл. 3.3). За даними таблиці 3.9 локальний пріоритет за критерієм «вартість» є найвищим для технології печатних плат на фольгованому текстоліті. Проте найбільший глобальний пріоритет мають технологія тонкоплівкових гібридних мікрозборок та печатних плат на фольгованому текстоліті. Саме технологія печатних плат на фольгованому текстоліті й буде використовуватися для виготовлення схеми діагностики параметрів тахометрів.

### 3.2 Розрахунок витрат на виробництво схеми діагностики параметрів тахометрів

Витрати на матеріали і напівфабрикати вказані в таблицях 3.11, 3.12.

Витрати на матеріали і напівфабрикати склали 145 грн.

Таблиця 3.11 – Розрахунок вартості матеріалів на виробництво схеми виміру параметрів фотоелектричних перетворювачів

Матеріали	Одиниця виміру	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Усього витрат грн.
Мікросхема LM1458	шт.	1	15,90	15,90
Транзистор ГТ906А	шт.	1	44,20	44,20
Конденсатор К70-7	шт.	2	2,40	4,80
Резистор МЛТ 0,125	шт.	10	0,16	1,60
Сонячний елемент	шт.	4	8,20	32,80
Прилади	шт.	2	5,00	10,00
Всього				120,10

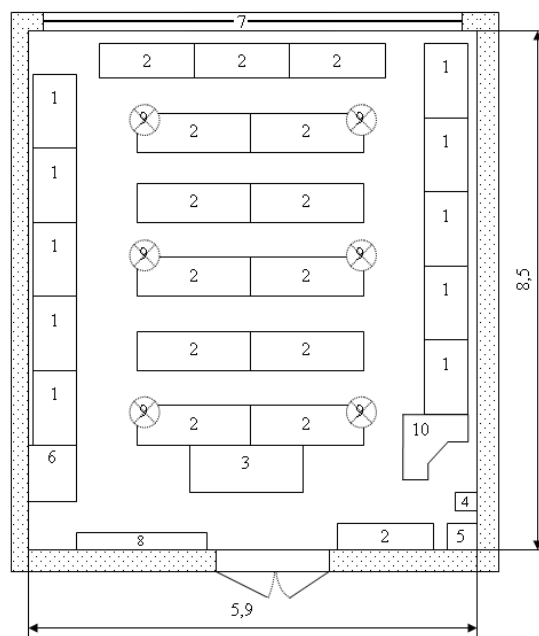
Таблиця 3.12 – Розрахунок вартості напівфабрикатів

Матеріали	Одиниця виміру	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Усього витрат грн.
Фольгований текстоліт 40 × 60	шт.	1	8,00	8,00
Травильник	уп.	1	4,90	4,90
Графарет	шт.	2	6	12,00
Ітого				24,90

## 4 Охорона праці та техногенна безпека

### 4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів

При виконанні дипломної роботи комп'ютерне моделювання та розрахунок електронної схеми генераторного пристрою для контролю параметрів тахометра проводилися в приміщенні кафедри МЕІС, макет якої представлено на рисунку 4.1.



1 - стіл комп'ютерний; 2 - стіл аудиторний; 3 - стіл викладача; 4 - автомат відключення електричного живлення; 5 - шафа силова; 6 - шафа універ-

сальна; 7 - вікно; 8 - дошка аудиторна; 9 - світильник 4-х ріжковий; 10 - стіл адміністратора мережі

Рисунок 4.1 – Макет приміщення в якому проводилися роботи

Площа приміщення складає  $50,15 \text{ м}^2$ ; об'єм  $175,52 \text{ м}^3$ ; довжина приміщення  $8,5 \text{ м}$ ; ширина приміщення  $5,9 \text{ м}$ ; висота приміщення  $3,5 \text{ м}$ ; число вікон 1; число робочих місць 10; освітлення: природне (через бічне вікно) і загальне штучне. Параметри приміщення задовольняють нормативним значенням: площа  $6 \text{ м}^2$ , об'єм  $20 \text{ м}^3$  на одного працюючого [12].

Лабораторія є приміщенням легкої категорії (виконуються легкі фізичні роботи), тому повинні дотримуватися такі вимоги (період року – холодний):

- оптимальна температура повітря –  $22 - 24 \text{ }^\circ\text{C}$  (допустима –  $20 - 24 \text{ }^\circ\text{C}$ );
- оптимальна відносна вологість –  $40 - 60\%$  (допустима не більше  $75\%$ );
- швидкість руху повітря не більше  $0,1 \text{ м/с}$ .

Оцінка шкідливих і небезпечних факторів та карта умов праці для робочого місця працівника лабораторії представлені в таблиці 4.1.

Аналіз шкідливих і небезпечних факторів дозволяє зробити висновок, що умови праці в лабораторії характеризуються наявністю нешкідливих виробничих чинників, які не призводять до зростання захворюваності з втратою працездатності та проявом початкових ознак професійної патології.

На ділянці проведення експерименту значна частина моделювання вироблялася на персональному комп'ютері IBM PC і макетному стенді, оснащеному блоками живлення, програмованими пристроями вхідних дій, реєструючим і вимірювальним устаткуванням. Печатні плати виготовлялися за технологією травлення фольгованого текстоліту на спеціальному стенді з витяжною шафою, розташованому в науково-дослідній лабораторії кафедри.

Тривала робота перед екраном монітора наводить до різних функціональних розладів організму, навантаження на очі. Захворювання поступово накопичуються. В основному страждають кисті, зап'ястя, плечі, шийна область.

#### 4.2 Заходи з поліпшення умов праці

При проведенні моделювання схеми приладу, якість експерименту багато в чому залежить від освітлення, тому в лабораторії має бути передбачене штучне освітлення [13].

Таблиця 4.1 – Оцінка факторів виробничого та трудового процесу працівника лабораторії

№ п/п	Фактори виробничого середовища та трудового процесу	Нормативне значення	Фактичне значення	III клас: шкідливі та небезпечні умови, характер праці			Час дії фактора
				I ступінь	II ступінь	III ступінь	
1	Шкідливі хімічні речовини, мг/м <sup>3</sup> : I клас небезпеки _____ II клас небезпеки _____ III-IV клас небезпеки _____						
2	Пил переважно фіброгенної дії, мг/м <sup>3</sup>						
3	Вібрація (загальна і локальна), дБ						
4	Шум, дБА						
5	Інфразвук, дБ						
6	Ультразвук, дБ						
7	Неіонізуючі випромінювання: - радіочастотний діапазон, В/м - діапазон промислової частоти, кВ/м - оптичний діапазон (лазерне випромінювання), Вт/м <sup>2</sup>						
8	Мікроклімат в приміщенні: - температура повітря, °С (тепл. п) - швидкість руху повітря, м/с - відносна вологість повітря, % - інфрачервоне випромінювання, Вт/м <sup>2</sup>	23 – 25 ≤ 0,2 40 – 60 100	23 0,1 60				100 100 100
9	Важкість і напруженість праці	категорія важкості праці - легка, категорія напруженості праці - мало напружена					



Незадовільне освітлення може спотворити інформацію, крім того, викликає стомлення організму в цілому. Неправильне освітлення може з'явитися причиною травматизму.

Залежно від класу приміщення по вибухонебезпеці і від чистоти середовища виробничих приміщень, визначається схема розташування світильників, їх марка і конструктивного виконання [13].

Для освітленості приміщення з розмірами  $A = 8,5$  м,  $B = 5,9$  м та висотою  $H = 3,5$  м використовуються 6 світильників з чотирма лампами розжарювання. Коефіцієнти віддзеркалення світлового потоку від стелі, стін і підлоги відповідно рівні  $p_{ном} = 70\%$ ,  $p_{ст} = 50\%$ ,  $p_{підл} = 10\%$ . Затінювання робочих місць немає. Висота світильника  $h_c = 0,9$  м, висота робочої поверхні над рівнем підлоги  $h_p = 0,8$  м. Нормативна величина освітленості робочих місць з відео-терміналами складає  $E_n = 300 - 500$  лк. В даному приміщенні освітленість  $350 - 500$  лк.

При монтажі компонентів на плату і формуванні топологічного рисунка струмопровідного шару виникає потенційна небезпека небажаної дії на організм речовин, що звертаються в технологічному процесі, і матеріалів. Всі речовини, що забруднюють повітря, надають шкідливу дію, якщо вони потрапляють в організм в кількостях, що перевищують деяку порогову величину (ГДК). У виробництві плат застосовують певні речовини, які шкідливі для організму. Клас небезпеки шкідливих речовин встановлюється залежно від гранично допустимої концентрації речовин в повітрі робочої зони. Це та концентрація яка переноситься без відхилень від нормального стану в перебігу робочого дня при щоденному диханні. Згідно СН 245-71 встановлюють чотири класи шкідливих речовин: 1-й клас – речовини надзвичайно небезпечні; 2-й клас – речовини високо небезпечні; 3-й клас – речовини помірно небезпечні; 4-й клас – речовини мало небезпечні. Дія токсичних речовин виявляється в гострих і хронічних отруєннях.

При монтажі електронних плат застосовують ацетон, етиловий спирт для знежирення і очищення від пилу мікросхеми, а також олово і каніфоль для припаювання ніжок напівпровідникового приладу до плати. Спирт, ацетон викликає сухість шкіри. При систематичному вдиханні можливі захворювання сітківки ока. Також можливі нервово - психічні захворювання.

Каніфоль дратівливо діє на слизисті оболонки дихальних доріг і на шкіру, що наводить до дерматитів.

Основні засоби техніки безпеки – герметизація апаратури і устаткування, наявність припливний витяжній вентиляції в приміщенні проведення робіт і витяжна шафа для виготовлення печатних плат і монтажу компонентів паянням (рис. 4.2).

Витяжна шафа оснащена вентилятором моделі СЕ 140L-125. Вентилятор має крильчатку із заломленими вперед лопатками і двигун із зовнішнім ротором. Корпус виготовлений з листової сталі, що гальванізується. Для захисту двигуна від перегріву вентилятор оснащений вбудованими термоконтактами з ручним перезапуском.

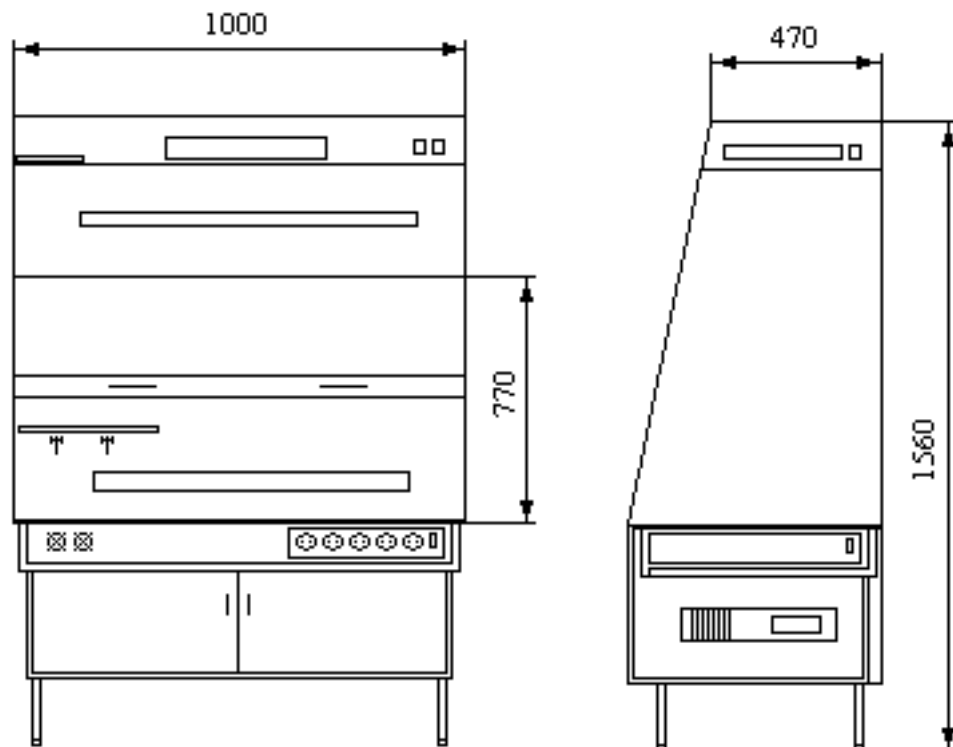


Рисунок 4.2 – Витяжна шафа для виготовлення печатних плат

### 4.3 Виробнича санітарія

У виробничих приміщеннях, в яких робота на відео терміналах і персональних комп'ютерах є допоміжною, температура, відносна вологість і швидкість руху повітря на робочих місцях повинні відповідати діючим санітарним нормам мікроклімату виробничих приміщень [8].

У виробничих приміщеннях, в яких робота на відео терміналах і персональних комп'ютерах є основною, повинні забезпечуватися оптимальні параметри мікроклімату відповідно до таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Оптимальні норми мікроклімату для приміщень з відео-терміналами і персональними комп'ютерами

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °С (не більше)	Відносна вологість повітря %	Швидкість руху повітря м/с
Холодний	Легка – 1а	22-24	40-60	0.1
Теплий	Легка – 1а	23-25	40-60	0.1

До категорії 1а відносяться роботи, які виконуються сидячи і що не вимагають фізичної напруги, при яких витрата енергії складає до 120 ккал/ч. До категорії 1б відносяться роботи, які виконуються сидячи, стоячи або пов'язані з ходьбою і такі, що супроводяться деякою фізичною напругою, при яких витрата енергії складає від 120 до 150 ккал/год.

У приміщенні проведення експерименту підтримується мікроклімат відповідний нормативам, для категорії робіт «Легка – 1а»

Ергономічне розташування робочого міста за персональним комп'ютером оцінюється вимогами:

- до візуальних параметрів засобів відображення інформації індивідуального користування;
- до емісійних параметрів ПК - параметрів випромінювань дисплеїв, системних блоків, джерел живлення, зокрема безаварійного, і ін.

Робота з дисплеями при неправильному виборі яскравості і освітленості екрану, контрастності знаків, квітів знаку і фону, за наявності відблисків на екрані, тремтіння і мигтіння зображення - приводить до зорового стомлення, головних болів, до значного фізіологічного і психічного навантаження, до погіршення зору.

Візуальні параметри і світловий клімат визначають зоровий дискомфорт, який може виявлятися при використанні будь-яких типів екранів дисплеїв, - на електронно-променевих трубках, рідкокристалічних, газорозрядних, електролюмінесценціях панелях або на інших фізичних принципах.

#### 4.4 Електробезпека

Для забезпечення захисту від поразки електричним струмом у використуваних електроустановках повинні застосовуватися технічні способи і засоби захисту [14].

Приміщення за ступенем небезпеки ураження людей електричним струмом відповідно до ПУЕ і ДОСТу 12.1.013-92 являється приміщенням без підвищеної небезпеки. Приміщення сухе, добре опалюване з струмонепровідною підлогою, з температурою 18-24 °С, з вологістю 40-50%. З електроустановок в ньому знаходяться відео термінальні пристрої та учбові стенди, які знаходяться під напругою  $U = 220 \text{ В}$ , частотою  $f = 50 \text{ Гц}$ .

Вибір того або іншого способу або засобу захисту (або їх поєднань) в конкретному електроприладі, і ефективність його вживання залежать від цілого ряду чинників, у тому числі від:

- номінальної напруги;
- роду, форми і частоти струму використовуваного приладу;
- способу електропостачання (від стаціонарної мережі, від автономного джерела живлення електроенергією);
- вигляду виконання (стаціонарні, пересувні, переносні);
- умов зовнішнього середовища;
- схеми можливого включення людини в ланцюг протікання струму (прямий однофазний, прямий двофазний дотик; включення під напругу кроку);
- вигляду робіт (монтаж, наладка, випробування) і ін.

Основними технічними засобами захисту є:

- захисне заземлення;
- автоматичне відключення живлення (занулення);
- пристрої захисного відключення;
- ізоляція струмопровідних частин.

Принцип роботи ПЗВ (рис. 4.3) полягає в тому, що воно постійно контролює вхідний сигнал і порівнює його з наперед заданою величиною. Якщо вхідний сигнал перевищує встановлене значення, то пристрій спрацьовує і відключає захищену електроустановку від мережі. Як вхідні сигнали пристроїв захисного відключення використовують різні параметри електричних мереж, які несуть в собі інформацію про умови поразки людини електричним струмом.

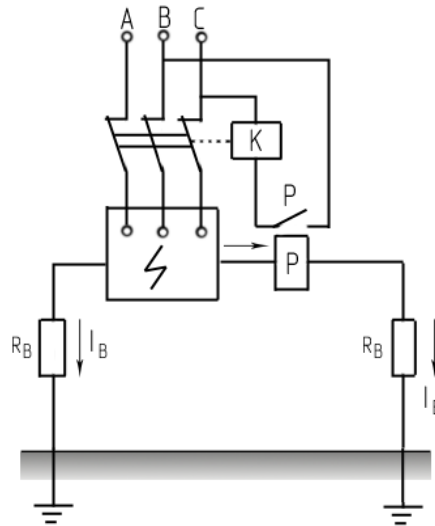


Рисунок 4.3 - Проста схема пристрою захисного відключення

Основними елементами будь-якого пристрою захисного відключення є датчик, перетворювач і виконавчий орган.

Основними параметрами, по яких підбирається те або інші ПЗВ є: номінальний струм навантаження, тобто робочий струм електроустановки, який протікає через нормально замкнуті контакти ПЗВ в черговому режимі; номінальна напруга; встановлене значення напруги; час спрацювання пристрою [14].

#### 4.5 Пожежна та техногенна безпека

Виробництво напівпровідникових приладів, згідно ДБН В.1.1-7-2002, відноситься до категорії Б, оскільки це виробництво зв'язане із застосуванням речовин спирту і ацетону з температурою спалаху пари від 28 до 60°C горючих газів. Для зниження пожежної небезпеки використовують обмежену кількість матеріалів які обертаються в процесі, зберігаються, здатні горіти.

Характерними причинами виникнення пожеж в лабораторії є необережне поводження з вогнем, порушення технологічних процесів, неправильні електропроводки і устаткування, неправильне користування електричними приладами і ін. Для лабораторії встановлена категорія пожежної небезпеки В.

Основні будівельні конструкції будівлі, в якій знаходиться ділянка, виконані з тих, що не згорають і важко згорають матеріалів, що цегельних і виштукатурюють. Отже, вогнестійкість будівлі має 2 рівень. Для евакуації людей на випадок пожежі, згідно ДБН В.1.1–7–2002, в лабораторії є два евакуаційні виходи, розташованих в протилежних кінцях приміщення ділянки. Ширина дверей і сходів рівна 1,6 м, що відповідає нормі.

Відстань від найбільш видаленого робочого місця до найближчого виходу – 15 м. Швидкість пересування людей при евакуації – 16 м/мін [13].

Згідно правилами влаштування електроустановок ПВЕ, будівля, в якій знаходиться ділянка по заходах захисту від блискавок, відноситься до категорії 3 і захищається від прямих ударів блискавок, і від замету високих потенціалів через землю, тобто підземні металеві комунікації приєднуються при введенні в об'єкт, що захищається, до заземлювачів електроустановки. Отже, грозозахист заснований на стержневих громовідводах.

Для попередження пожеж на ділянці необхідно створити строгий протипожежний режим. Створюється загально об'єктова і лабораторна інструкція по ПБ, проводиться первинний протипожежний інструктаж на робочому місці; створюється план протипожежних заходів і евакуації людей на випадок пожежі.

Як вогнегасні речовини можна застосовувати воду, вуглекислоту, хімічну і повітряно-механічну піну. Для гасіння вогнищ усередині будівлі на майданчиках сходових кліток, в коридорах і отворі встановлюють пожежні крани, які розміщені в шафах, де знаходиться і рукав з протипожежним стволом. Для гасіння пожеж електроустановок використовується вуглекислий вогнегасник ОУ-2, в кількості двох вогнегасників на приміщення. Існують пожежна електрична сигналізація, яка забезпечує прямий зв'язок пожежної охорони з охоронним об'єктом. У даній будівлі застосовують звукову систему сигналізації. При появі сигналу сповіщення про пожежу співробітники лабораторії № 216 організовано без паніки покидають лабораторію і, залежно від місця спалаху, слідує або вліво через лабораторний корпус для виходу на

вулицю Добролюбова, або управо для виходу на вулицю Незалежної України (рис. 4.4).

#### 4.6 Розрахунок захисного заземлення

Заземленню підлягають вимірювальні установки, напруга живлення яких 220 В. У якості заземлювача візьмемо сталеві вертикальні стержні довжиною  $l = 2,5$  м, діаметром  $d = 0,04$  м, діаметр сполучної смуги  $b = 0,04$  м. Контур заземлення розташований на горизонтальному майданчику біля корпусу академії. Ґрунт – суглинок.

Допустимий опір заземлюючого пристрою ( $R_n$ ) дорівнює 4 Ом [14]. Визначимо питомий електричний опір ґрунту (суглинка),  $\rho$  якого дорівнює 100 Ом·м [14].

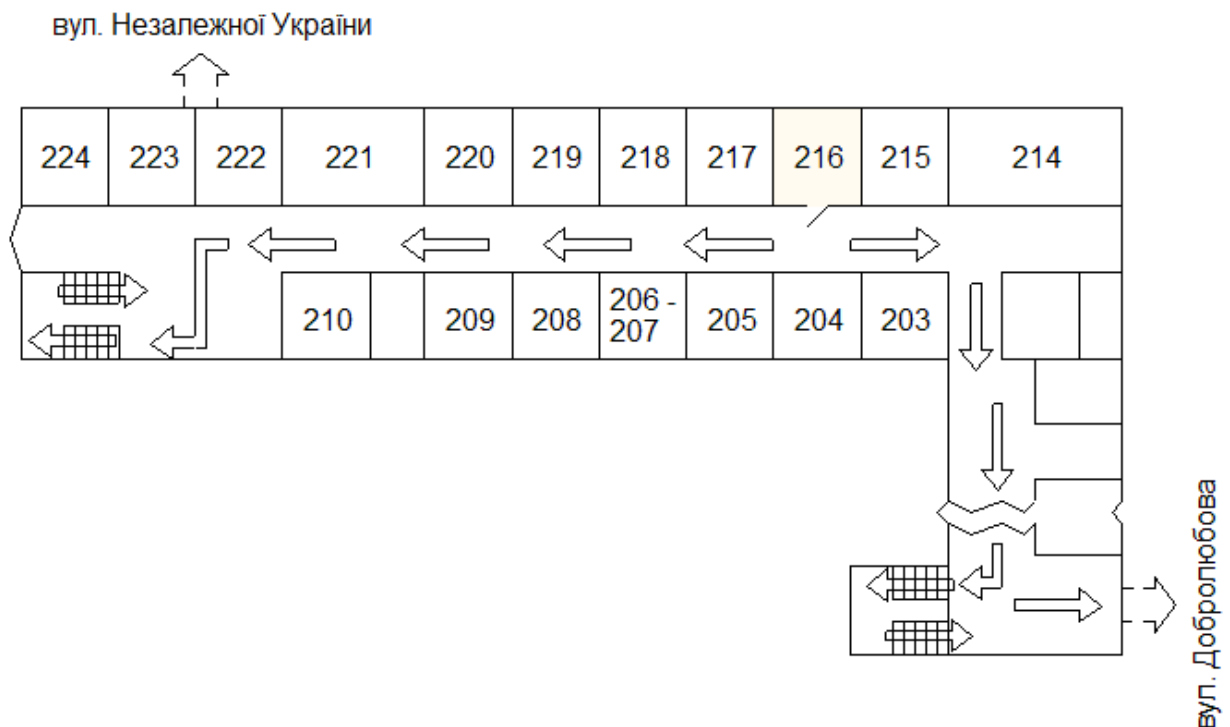


Рисунок 4.4 – План евакуації при пожежі із аудиторії № 216

Розрахуємо опір розтікання струму одного вертикального стержня:

$$R_g = \frac{\rho}{2\pi l} \cdot \ln \frac{4 \cdot l}{d} = \frac{100}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,5} \ln \frac{4 \cdot 2,5}{0,04} = 35,1 \text{ Ом}$$



Прийmemo число заземлювачів:

$$n = \frac{R_l}{R_n} = \frac{35,1}{4} = 8,775 \approx 9$$

Визначимо довжину горизонтальної смуги (по контуру):

$$l_z = a \cdot n,$$

де  $a$  – відстань між вертикальними електродами ( $a = 2$  м)

$$l_z = 2 \cdot 9 = 18 \text{ м}$$

Опір горизонтальної смуги:

$$R_{2c} = \frac{\rho}{\pi \cdot l_z} \cdot \frac{4 \cdot l_z}{b} = \frac{100}{3,14 \cdot 18} \cdot \ln \frac{4 \cdot 18}{0,04} = 13,2 \text{ Ом}$$

Коефіцієнт екранування для вертикального заземлювача [14]:

$$\eta_e = \frac{0,68 + 0,56}{2} = 0,62$$

і для горизонтальної смуги

$$\eta_z = \frac{0,34 + 0,4}{2} = 0,37$$

Опір групи вертикальних заземлювачів:

$$R_{cp} = \frac{R_{e3}}{n \cdot \eta_e} = \frac{35,1}{9 \cdot 0,62} = 6,3 \text{ Ом}$$

Опір горизонтальної смуги з врахуванням екранування:

$$R_z = \frac{R_{2c}}{\eta_z} = \frac{13,2}{0,37} = 35,6 \text{ Ом}$$

Опір заземлювача в цілому:

$$R_3 = \frac{R_{cp} \cdot R_z}{R_{cp} + R_z} = \frac{6,3 \cdot 35,6}{6,3 + 35,6} = 5,3 \text{ Ом}$$

Як видно, опір заземлювача перевищує нормативний (4 Ом), тому збільшимо кількість заземлювачів:

$$n = 10,$$

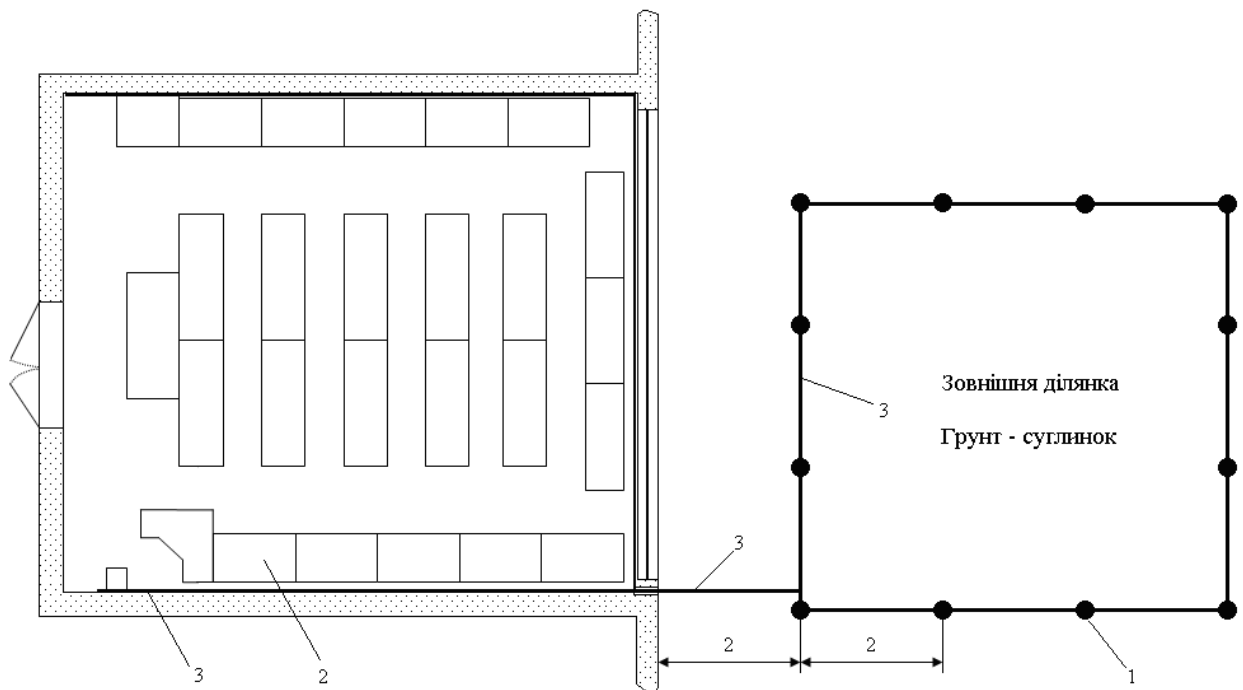
тоді опір заземлювача в цілому складе  $R_3 = 4,6$  Ом, що теж більше  $R_H$ .

Якщо  $n = 11$ , то  $R_3 = 4,2 > R_H$ .

Якщо  $n = 12$ , то  $R_3 = 3,99 < R_H$ .

Число заземлювачів дорівнює 12, які розміщені по контуру зовнішньої ділянки, як показано на рисунку 4.5.

Таким чином, для виконання захисного заземлення використовується 12 вертикальних стержнів діаметром 0,04 м, завдовжки 2,5 м, кожен з яких має опір 31,5 Ом. Опір сполучної смуги 13,2 Ом. Опір заземлювачів в цілому складе 3,99 Ом, що забезпечує безпечну роботу на установках лабораторії.



1 – заземлювачі

2 – електроустаткування що заземлюється

3 – сполучна смуга

Рисунок 4.5 – Розміщення заземлюючих електродів на зовнішній ділянці та сполучної смуги лабораторії проведення експерименту

### Висновки та рекомендації

1. Розроблена функціональна схема генератора, дозволяє проводити моделювання будь-якого пристрою, який знімає інформацію з датчиків обертів колінчастого валу двигуна.
2. Розроблена схема електрична принципова містить мікроконтролер, завдяки якому погоджено функціонування усіх вузлів.
3. Розроблена печатна плата компактно розташовується у малогабаритному корпусі.

Рекомендується подальша модернізація схеми з метою удосконалення.

## Перелік посилань

1. Зубчук В.И., Сигорский В.П., Шкуро А.Н. Справочник по цифровой схемотехнике. К.: Техніка, 1990. 448 с.
2. Браммер Ю.А., Пащук И.Н. Импульсные и цифровые устройства: Учеб. для студентов электрорадиоприборостроительных сред. спец. учеб. заведений. – М.: Высш. шк., 2002. 351 с.
3. Пухальский Г.И., Новосельцева Т.Я. Проектирование дискретных устройств на интегральных микросхемах: Справочник. М.: Радио и связь, 1990. 304 с.
4. Якубовский С.В., Ниссельсон Л.И., Кулешова В.И. Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы: Справочник. М.: Радио и связь, 1989. 496 с.
5. Гусев В.Г., Гусев Ю.М. Электроника: Учеб. пособие для приборостроит. спец. Вузов. М.: Высш. шк. 1991. 622 с.
6. Верьовкін Л.Л., Світанько М.В., Кісельов Є.М., Хрипко С.Л. Цифрова схемотехніка: Підручник. Запоріжжя: ЗДІА, 2016. 214 с.
7. Хьюлсман Л. П. Теория и расчет активных RC-цепей. Пер. с английского под редакцией Знаменского А. Е., Теплюка И.Н. М., «Связь», 1973. 223с.

8. Саушкин В. А., Удалов А. И. Проектирование RC-фильтров на операционных усилителях: Учебное пособие. М.: МАИ, 1988. 84с.
9. Малышев И.А. Технология производства микроэлектронных устройств. М.: Энергия, 1980. 361 с.
10. Воробьев Е. П., Сенин К. В. Интегральные микросхемы и их зарубежные аналоги: Справочник. М.: Радио и связь, 1990. 352с.
11. Белуха М.Т. Основи наукових досліджень. - К: Вища шк., 1997. 271с.
12. Кожемякін Г.Б. Рижков В.Г., Белоконь К.В. Охорона праці та техногенна безпека: методичні вказівки до виконання розділу магістерських робіт для студентів ЗДІА всіх спеціальностей денної та заочної форм навчання. Запоріжжя: ЗДІА, 2012. 48 с.
13. Ткачук К.Н. Охрана труда и окружающей среды в радиоэлектронной промышленности. К.: Вища шк., 1988. 240 с.
14. Горобец А.И., А.И. Степаненко Охрана труда в радиоэлектронной промышленности. К.: Техника, 1987. 345 с.

Додаток А

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
МІНІСТЕРСТВА ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Науково-дослідна частина ЗНУ  
Наукове товариство студентів, аспірантів,  
докторантів і молодих вчених ЗНУ

**15-17 квітня 2019 року**

*XII університетська науково-практична конференція  
студентів, аспірантів і молодих вчених*

**«МОЛОДА НАУКА-2019»**



Запоріжжя, 2019

**Хасаншин Дмитро Юрійович**  
 магістрант 2 курсу фак-ту ЕЕІТ  
 Наук. кер.: к.т.н., доц. Верьовкін Л.Л

## ЦИФРОВІ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ ТАХОМЕТРІВ

Актуальним являється розробка приладів контролю стану тахометрів з метою підвищення точності виміру частоти обертів різних деталей. Зазвичай тахометри окрім власне датчика швидкості обертання включають і показуючий прилад – індикатор, таким чином вони складаються з двох частин, зв'язаних електричною або іншим зв'язком. Датчик швидкості обертання базується на генераторі напруги спеціальної форми. Вихідними даними для проектування генератора є:  $U_m$  - амплітуда вихідного сигналу;  $T = 0,1$  с - період коливань вихідного сигналу;  $R_n = 0,1$  кОм - опір навантаження;  $dU = 0,025\%$  - погрішність апроксимації.

Генератор повинен мати функціональну схему, представлену на рисунку 1.

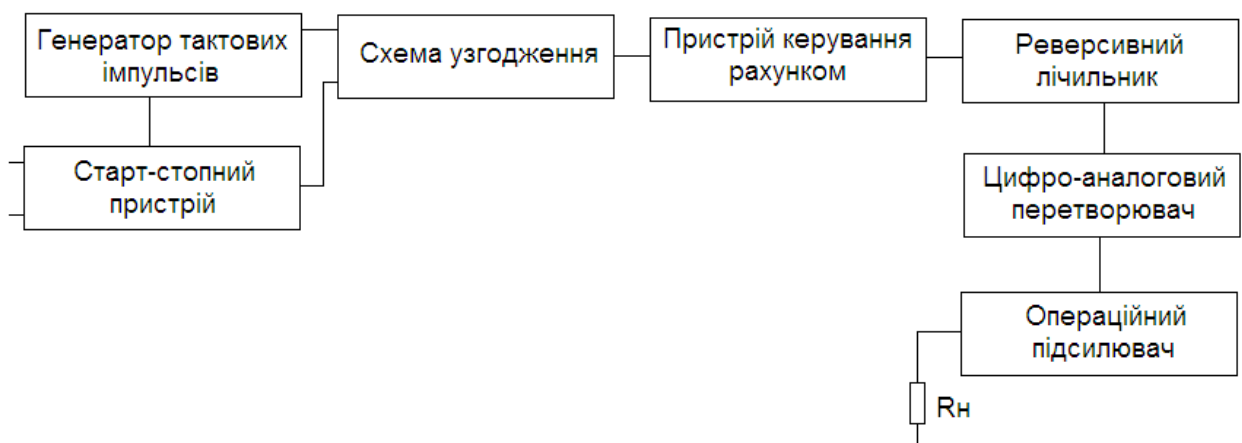


Рисунок 1 – Функціональна схема генератора

Розроблена схема дозволяє перевіряти і налагоджувати прилади, для роботи яких необхідний сигнал з датчика частоти обертання валу.

Розроблена схема електрична принципова містить мікроконтролер, завдяки якому погоджено функціонування усіх вузлів.

Розроблена печатна плата компактно розташовується у малогабаритному корпусі.

### **Література**

1. Зубчук В.И., Сигорский В.П., Шкуро А.Н. Справочник по цифровой схемотехнике. К.: Техніка, 1990. 448 с.
2. Браммер Ю.А., Пашук И.Н. Импульсные и цифровые устройства: Учеб. для студентов электрорадиоприборостроительных сред. спец. учеб. заведений. – М.: Высш. шк., 2002. 351 с.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
Запорізький національний університет  
Інженерний інститут

---

**МАТЕРІАЛИ**  
**XXIV НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ**  
**КОНФЕРЕНЦІЇ**  
**СТУДЕНТІВ, МАГІСТРАНТІВ,**  
**АСПІРАНТІВ І ВИКЛАДАЧІВ**  
**ІНЖЕНЕРНОГО ІНСТИТУТУ**



УДК 621.311

Хасаншин Дмитро ст. гр. МН-18-мз  
 Верьовкін Л.Л. доцент, кандидат технічних наук – науковий керівник

### ЦИФРОВІ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ ТАХОМЕТРІВ

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра МЕІС

Актуальним являється розробка приладів контролю стану тахометрів з метою підвищення точності виміру частоти обертів різних деталей. Зазвичай тахометри окрім власне датчика швидкості обертання включають і індикатор. Таким чином вони складаються з двох частин, зв'язаних електрично або іншим зв'язком. Датчик швидкості обертання базується на генераторі напруги спеціальної форми. Вихідними даними для проектування генератора є:  $U_m$  - амплітуда вихідного сигналу;  $T = 0,1$  с - період коливань вихідного сигналу;  $R_H = 0,1$  кОм - опір навантаження;  $dU = 0,025\%$  - погрішність апроксимації. Генератор має функціональну схему, представлену на рисунку 1.

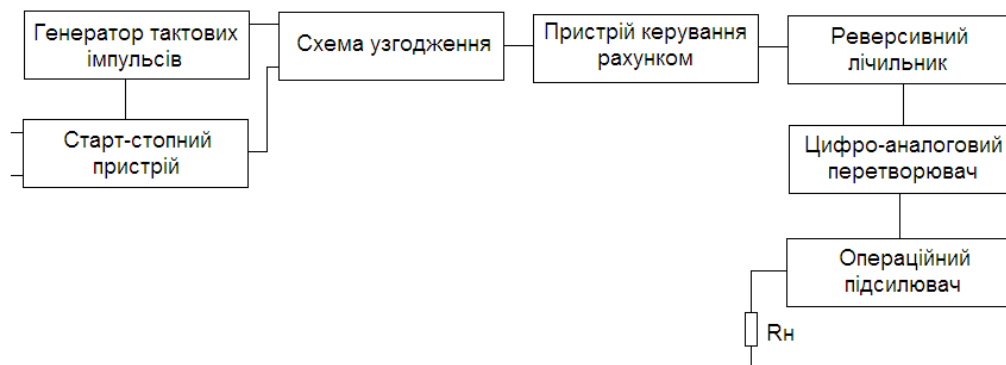


Рисунок 1 – Функціональна схема генератора

Аналіз розроблених вузлів показує раціональність використання в генераторі для перевірки тахометрів мікроконтролера. Частота обертання валу може набувати 28 фіксованих значень від  $500$  до  $2500$   $\text{хв}^{-1}$  (з кроком  $100$   $\text{хв}^{-1}$ ) і до  $6000$   $\text{хв}^{-1}$  (з кроком  $500$   $\text{хв}^{-1}$ ), що відображається на світлодіодному індикаторі. Від одного фіксованого значення до іншого переходять натисненнями на відповідну кнопку. Передбачено і нульове значення частоти, при якому вихідні імпульси відсутні. У всіх останніх випадках на кожне обертання валу генеруються по два вихідних імпульси плюсової полярності тривалістю  $100$  мкс. Середньоквадратичне відхилення установки частоти –  $0,4\%$ . Відлік тривалості пауз між

імпульсами виконується по запитах переривання, що генеруються при переповнюванні таймера. Процедура обробки переривань формує вихідні імпульси після кожного відліку числа запитів, відповідного періоду повторення цих імпульсів, при обраній частоті обертання. Періодично програма перевіряє стан кнопок і виявивши натиснуту, змінює значення змінних, що задають частоту імпульсів, а також виводить значення частоти обертання валу на світлодіодний індикатор.

#### Література

1. Зубчук В.И., Сигорский В.П., Шкуро А.Н. Справочник по цифровой схемотехнике. К.: Техніка, 1990. 448 с.
2. Браммер Ю.А., Пашук И.Н. Импульсные и цифровые устройства: Учеб. для студентов электрорадиоприборостроительных сред. спец. учеб. заведений. – М.: Высш. шк., 2002. 351 с.