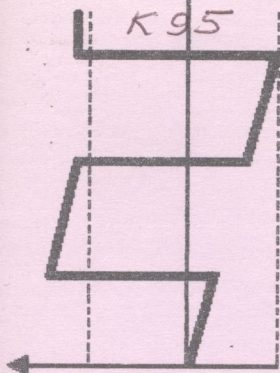


621.396.6(075)

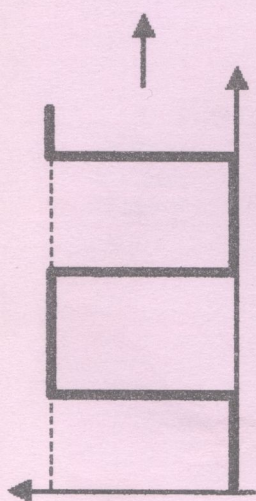
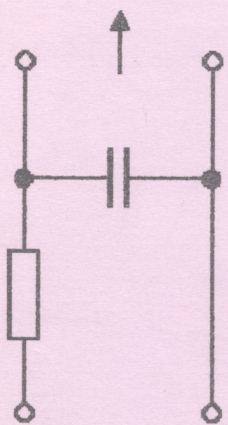
K 95



М.О. Куцевол
О.М. Куцевол

Основи радіоелектроніки

Частина 1



3744-26

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

М.О.Куцевол
О.М.Куцевол

ОСНОВИ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ
ЧАСТИНА 1

НТБ ВНТУ



3744-26

621.396.6(075 К 95 2005

Куцевол М.О. Основи радіоелектроніки



Затверджено Вченою радою Вінницького національного технічного університету як лабораторний практикум для студентів напрямів підготовки 0924 – “Телекомунікації”, 0908 – “Електроніка” та 0910 – “Електронні апарати”. Протокол № 7 від 04 березня 2004 р.

Вінниця ВНТУ 2005

Рецензенти:

С.М.Зленко, доктор технічних наук, професор

В.П.Кожем'яко, доктор технічних наук, професор

В.І.Ревенюк, кандидат технічних наук, доцент

Рекомендовано до видання Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України

Куцевол М.О., Куцевол О.М.

К95 Основи радіоелектроніки. Частина 1. Лабораторний практикум.
– Вінниця: ВНТУ, 2005. – 81 с.

В практикумі наведено короткі технічні характеристики основних радіовимірювальних приладів, призначення органів керування, правила підготовки до роботи та експлуатації. Посібник містить дві лабораторні роботи. Перша з них – „Ознайомлення з радіовимірювальними приладами і вимірювання основних параметрів електричних сигналів” - розрахована на 10 академічних годин, друга – „Вивчення законів Ома і законів Кірхгофа та їх експериментальна перевірка” - на 4 академічні години. Описи лабораторних робіт містять короткі теоретичні відомості та програми виконання дослідів, домашні завдання і контрольні запитання.

Посібник розроблений у відповідності з планом кафедри та програмами дисциплін „Основи радіоелектроніки”, „Теорія електричних кіл та сигналів”, „Основи радіотехніки”.

УДК 621.3.011.7.391



© М.О.Куцевол, Куцевол О.М., 2005

ЗМІСТ

	стор.
Вступ.....	4
Основні правила техніки безпеки в лабораторії.....	5
1 Лабораторна робота № 1. Ознайомлення з радіоелектронними вимірювальними приладами і вимірювання основних параметрів електричних сигналів.....	6
1.1 Основні технічні характеристики вимірювальних приладів.....	6
1.1.1 Мілівольтметр ВЗ-38.....	6
1.1.2 Генератор сигналів низькочастотний ГЗ-117.....	8
1.1.3 Генератор сигналів низькочастотний ГЗ-109.....	11
1.1.4 Генератор сигналів низькочастотний ГЗ-118.....	13
1.1.5 Генератор сигналів високочастотний Г4-102А.....	17
1.1.6 Генератор імпульсів Г5-54.....	20
1.1.7 Осцилограф С1-76.....	22
1.1.8 Осцилограф С1-73.....	29
1.1.9 Осцилограф С1-83.....	32
1.1.10 Фазометр Ф2-34.....	37
1.2 Порядок виконання роботи.....	40
1.3 Зміст звіту.....	45
1.4 Контрольні запитання.....	45
2 Лабораторна роботи № 2. Вивчення закону Ома і законів Кірхгофа та їх експериментальна перевірка.....	46
2.1 Короткі теоретичні відомості.....	46
2.2 Порядок виконання роботи.....	49
2.3 Зміст звіту.....	52
2.4 Контрольні запитання.....	52
Література.....	53
Додаток А.....	54
Додаток Б.....	70

ВСТУП

Значна роль в сприйнятті і розумінні спеціальних дисциплін бакалаврського напрямку 6.0910 відводиться лабораторному практикуму з основ радіоелектроніки. Практикум привчає студента до активного експериментування в лабораторії, а це забезпечує більш глибоке розуміння процесів в електричних і радіотехнічних колах, що знаходяться під дією різних сигналів, розвиває вміння складати електричні схеми, користуватись різноманітною радіовимірною апаратурою, довідниковою літературою з радіоелектроніки. Практикум прищеплює творчий підхід до розв'язання практичних проблем і привчає до аналізу та оцінки експериментальних даних.

Підготовка до заняття складається з двох частин: ретельного вивчення теорії даної явища і попереднього ознайомлення з приладами та установками безпосередньо на робочому місці в лабораторії.

Осмислення результатів експерименту іноді викликає значні труднощі, особливо тоді, коли наявне відставання лекційного курсу від запланованих робіт практикуму. Для усунення такого неузгодження і для поліпшення підготовки студента до занять у даному посібнику перед кожним лабораторним завданням розглядаються короткі теоретичні відомості, потрібні для даної роботи.

При ознайомленні з описом роботи необхідно звернути увагу на контрольні запитання, подані в кінці тексту. Деякі запитання орієнтують студента на теоретичні проблеми, не відображені в коротких теоретичних відомостях практикуму, але знання яких необхідне для глибшого розуміння явищ, що досліджуються. З цими проблемами можна детальніше ознайомитися у наведеній в посібнику літературі в процесі підготовки до лабораторних занять.

В деяких роботах, де це необхідно і доречно, передбачається моделювання характеристик окремих кіл та їх аналіз за допомогою ЕОМ.

Велике значення для успішного проведення практикуму має організація занять в лабораторіях. Сучасна лабораторія з основ радіоелектроніки в технічному університеті повинна бути укомплектована сучасними високоякісними електро-, радіовимірними приладами (генераторами гармонічних коливань, осцилографами, вольтметрами та фазометрами). Враховуючи те, що практикум проводиться на молодших курсах, перша робота повністю присвячена вивченню структури цих приладів та їх дослідженню.

Під час виконання лабораторних робіт необхідно пам'ятати про правила техніки безпеки і суворо їх дотримуватися.

ОСНОВНІ ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ В ЛАБОРАТОРІЇ

Необхідно пам'ятати, що неухважність і недостатнє знайомство з правилами техніки безпеки та нехтування ними можуть призвести до нещасного випадку, тому допуск до роботи в лабораторії проводиться тільки після ввідного інструктажу.

Перед початком роботи необхідно ознайомитись з особливостями і робочими інструкціями апаратури і приладів, які використовуються при проведенні дослідів, привести в порядок робоче місце, не захаращувати його сторонніми предметами. Виявивши при огляді пошкодження, негайно повідомити викладача чи лаборанта.

Впевнившись у відсутності видимих несправностей та з'ясувавши всі питання, що стосуються запланованих дослідів, можна приступити до виконання лабораторної роботи, отримавши дозвіл викладача чи лаборанта.

Необхідно пам'ятати, що будь-який прилад, який живиться від електричної мережі, є джерелом підвищеної небезпеки, тому всі зміни електричних схем потрібно робити, попередньо вимкнувши джерела живлення. Під час виконання дослідів забороняється відволікатися, займатися сторонніми справами, без нагляду залишати ввімкнені прилади, торкатись металевих частин лабораторних стендів, обладнання, а також труб та батарей опалення.

Ні в якому разі не можна визначати наявність напруги дотиком рук. При неможливості визначити приладом наявність напруги на оголених частинах електричних схем чи шнурах живлення необхідно вважати, що вони знаходяться під напругою.

У випадку ураження когось із присутніх електричним струмом негайно має бути вимкнений загальний вимикач струму. Це має зробити той із присутніх, хто в даний момент знаходиться найближче до вимикача. Після цього необхідно надати потерпілому першу медичну допомогу.

Після закінчення роботи, отримавши дозвіл викладача, можна вимкнути прилади, розібрати електричні схеми. Робоче місце необхідно привести до початкового стану.

1 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1. Ознайомлення з радіоелектронними вимірювальними приладами і вимірювання основних параметрів електричних сигналів

Мета роботи - ознайомлення з найбільш поширеними радіотехнічними вимірювальними приладами і визначення основних параметрів електричних сигналів.

Опис лабораторного комплексу.

Лабораторна установка включає такі прилади:

1. Мілівольтметр ВЗ-38.
2. Генератор сигналів низькочастотний ГЗ-117.
3. Генератор сигналів низькочастотний ГЗ-118 (ГЗ-109).
4. Генератор сигналів високочастотний Г4-102
5. Генератор імпульсів Г5-54.
6. Осцилограф С1-76 (С1-73).
7. Осцилограф С1-83.
8. Фазометр Ф2- 34.
9. Лабораторні макети.

Схеми з'єднань приладів змінюються на різних етапах досліджень і наводяться в відповідних пунктах лабораторного завдання.

1.1 Основні технічні характеристики вимірювальних приладів.

1.1.1 **Мілівольтметр ВЗ-38** (рис. 1.1) призначений для вимірювання напруги змінного струму від 0,1 мВ до 300 В у діапазоні частот від 20 Гц до 5 МГц.

Шкала приладу проградуєвана в середньоквадратичних значеннях синусоїдної напруги. Прилад має окрему шкалу, проградуєвану в децибелах. Рівень "0" децибел дорівнює 0,775 В.

Межа приведеної основної похибки, вираженої в відсотках до кінцевого значення піддіапазону, не перевищує $\pm 2,5\%$ на межах вимірювання від 1 мВ до 300 мВ; $\pm 4,0\%$ на піддіапазонах від 1 до 300 В в області частот від 45 Гц до 1 МГц.

Робота з приладом

Корпус приладу потрібно заземлити з допомогою клеми на задній панелі.

Необхідно пам'ятати, що приладом можна вимірювати напругу тільки тих джерел, один полюс яких під'єднаний до нульового потенціалу (заземлення). Вимірювати напругу в мережі живлення приладом ВЗ-38 забороняється. Не можна користуватись приладом, в якого знятий кожух.

До приладу можна під'єднувати два вимірювальні кабелі.

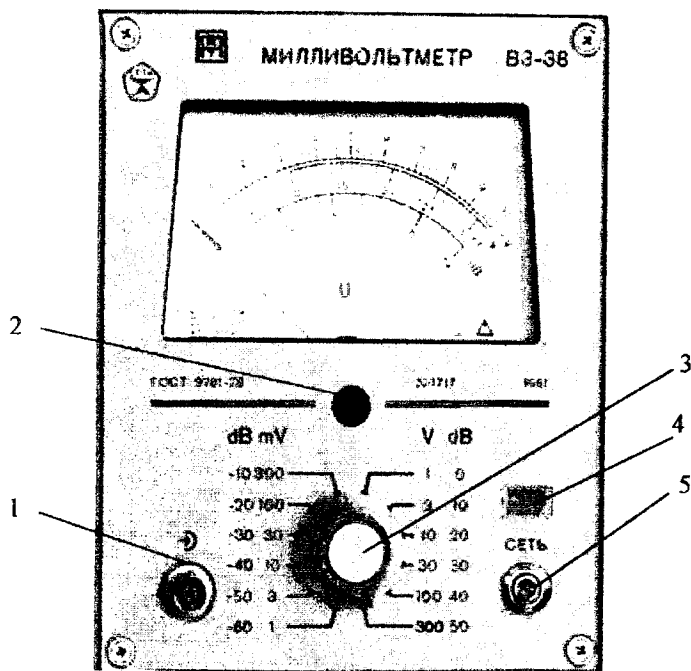


Рисунок 1.1 – Мілівольтметр В3-38

- 1 - вхідне гніздо СР;
- 2 - коректор механічного нуля;
- 3 - перемикач меж вимірювання;
- 4 - індикатор ввімкнення приладу;
- 5 - тумблер вмикання і вимикання приладу.

Кабель із штекерами – кабель загального користування. Ним рекомендується користуватись на частотах до 1 МГц

Кабель з роз'єднувачем використовується для високочастотних вимірів на частотах, більших 1 МГц. З його допомогою прилад В3-38 може бути під'єднаний до пристроїв з вхідними роз'єднувачами того ж типу.

При роботі мілівольтметра стрілка приладу в відсутності сигналу не знаходиться в нульовому положенні. Допустимі відхилення на піддіапазоні 1 мВ складають 0,05 мВ при закороченому вході.

Вмикання та вимикання мілівольтметра В3-38 супроводжується значним перехідним процесом, тому вмикати і вимикати прилад потрібно в положенні перемикача меж вимірювання 300 В.

1.1.2 Генератор сигналів низькочастотний ГЗ-117 (рис. 1.2) є багатофункціональним джерелом гармонічного сигналу і призначений для дослідження, налагодження і випробування різноманітної радіоелектронної апаратури.

Частота вихідного сигналу встановлюється в межах від 50 Гц до 200 кГц і перекривається трьома піддіапазонами з плавним перестроюванням всередині них і частковим перекриттям:

I – від 50 Гц до 2 кГц;

II – від 500 Гц до 20 кГц;

III – від 5 кГц до 200 кГц.

Прилад має вмонтований частотомір, тому може використовуватись в якості зразкового джерела гармонічної напруги.

Вмонтований вольтметр дозволяє визначити значення вихідної напруги.

Основна похибка встановлення частоти не перевищує: $\pm 0,1$ Гц в діапазоні частот від 50 Гц до 20 кГц; ± 1 Гц в діапазоні від 500 Гц до 200 кГц.

Найбільше значення рівня вихідної напруги генератора на навантаженні (600 ± 6) Ом не менше 9 В.

Плавне регулювання рівня вихідної напруги генератора здійснюється від напруги 9 В в гнізді \ominus I до рівня 0 В.

Ступеневе регулювання рівня вихідної напруги генератора в гніздах \ominus II і \ominus III здійснюється вмонтованим атенуатором з інтервалом в 10 дБ в межах від 0 дБ до 60 дБ.

Похибка встановлення ослаблення атенуатора для всіх ступеней не перевищує $\pm 0,5$ дБ.

Нерівномірність рівня вихідної напруги при зміні частоти відносно значення напруги на частоті 1 кГц не перевищує:

$\pm 6,5\%$ в діапазоні частот від 50 Гц до 2 кГц;

$\pm 5\%$ в діапазоні частот від 500 Гц до 20 кГц;

$\pm 3\%$ в діапазоні частот від 5 кГц до 200 кГц.

Прилад забезпечує свої технічні характеристики після 15хв з моменту ввімкнення.

Підготовка до роботи

Перед початком роботи необхідно уважно вивчити технічний опис, а також ознайомитись з розміщенням та призначенням органів керування і контролю на передній панелі генератора.

Перевірити надійність заземлення.

Під'єднати шнур живлення до мережі живлення.

Тумблер вмикання – вмикання повинен знаходитись у вимкненому положенні.

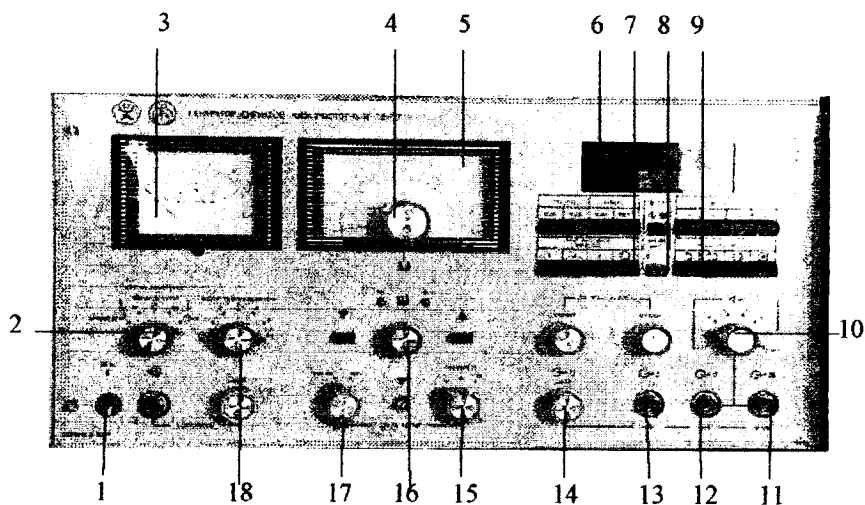













Рисунок 1.2 - Генератор сигналів низькочастотний ГЗ-117

- 1 – тумблер вмикання-вимкання генератора;
- 2 – перемикач вибору режиму вимірювання;
- 3 – індикатор вмонтованого вольтметра;
- 4 – ручка грубого встановлення частоти;
- 5 – шкала частот;
- 6 – індикатор вмонтованого цифрового частотоміра;
- 7 – вимикач знаку частотної мітки;
- 8 – перемикач точності вимірювання частоти;
- 9 – перемикач вибору режиму розгортки частоти;
- 10 – ручка вихідного атенюатора;
- 11 – вихідне гніздо III;
- 12 – вихідне гніздо II;
- 13 – вихідне гніздо I;
- 14 – ручка плавного регулювання вихідної напруги;
- 15 – перемикач діапазонів частоти;
- 16 – ручка плавного встановлення частоти;
- 17 – перемикач виду шкали частот;
- 18 – перемикач вибору швидкодії.

Встановити органи керування в такі положення:


- перемикач „МНОЖИТЕЛЬ” і ручку  в положення, що відповідають вибраній частоті;
- перемикач „РЕЖИМ ИЗМЕРЕНИЯ” – в положення „ U”;
- перемикач „ВЫБОР БЫСТРОДЕЙСТВИЯ” – в положення „”;
- перемикач виду шкали частот – в положення „ЛИНЕЙН.”;
- ручку  в середнє положення;
- ручку  dB – в положення  I при необхідності працювати на виході  I, або в одне з положень 0; 10; 20; 30; 40; 50; 60дБ при роботі на виходах  II і  III;


- ручку  U – в крайнє лівє положення;
- перемикач „ВРЕМЯ ИНДИКАЦИИ” – в положення 0,1S або 1S;
- перемикач „РАЗВЕРТКА ЧАСТОТЫ” – в положення .



Інші органи керування можуть знаходитись в довільних положєннях.

Тумблер „СЕТЬ” поставити в положення I. При цьому повинна засвітитись цифрова шкала частотоміра.



До початку роботи потрібно прогріти генератор протягом 15 хв.

Перевірити справність роботи генератора. Для цього, користуючись кабелем, підключити до гнізда „ I” генератора осцилограф і впевнитись в наявності сигналу на виході. Далі перевірити наявність сигналу в інших положєннях перемикача „МНОЖИТЕЛЬ”.



Обертаючи ручку „ U”, впевнитись в можливості плавного регулювання вихідної напруги.





Під'єднати осцилограф по черзі до гнізд „ II”, „ III” і, перемикаючи ручку „\triangleleft dB”, впевнитись в можливості ступеневої зміни вихідної напруги.

Виконання вимірів

Встановлення необхідної частоти здійснюється з допомогою ручки грубого  та ручки точного  встановлення частоти і перемикача „МНОЖИТЕЛЬ”.

Індикація частоти здійснюється на цифровій шкалі вмонтованого частотоміра в кілогерцах.

При необхідності працювати від низькоомного джерела гармонічного сигналу потрібно використовувати вихід „ I” генератора. При цьому перемикач „\triangleleft dB” повинен бути встановлений в положення „I”. Номінальне навантаження для цього виходу 600 Ом. За допомогою ручки „ U” встановлюється необхідна вихідна напруга генератора, яка плавно регулюється в межах від 0 до 9 В.

У всіх положєннях перемикача „\triangleleft dB”, що відрізняються від положєння „I”, вмикаються гнізда „ II” і „ III”. Максимальна вихідна напруга на гніздах „ I” і „ III” при номінальному

навантаженні дорівнює 9 В. Зменшення напруги може здійснюватись ступенево (від 0 до максимального значення кожного ступеня).

1.1.3 Генератор сигналів низькочастотний ГЗ-109 (рис. 1.3) призначений для регулювання, випробування та ремонту різних радіотехнічних пристроїв в лабораторних та виробничих умовах.

Діапазон генерованих частот від 20 Гц до 200 кГц перекривається чотирма піддіапазонами з плавним перестроюванням всередині них:

I ($\times 1$) - від 20 до 200 Гц;

II ($\times 10$) - від 200 Гц до 2 кГц;

III ($\times 100$) - від 2 до 20 кГц;

IV ($\times 1000$) - від 20 до 200 кГц.

Основна похибка встановлення частоти не перевершує:

$\pm(1+50/f_n)$ % в діапазоні частот від 200 Гц до 20 кГц (II і III піддіапазони);

$\pm(2+50/f_n)$ % в діапазоні частот від 20 до 200 Гц (I піддіапазон) і від 20 до 200 кГц (IV піддіапазон), де f_n - номінальне значення частоти, що встановлюється по шкалі частот "Hz".

Найбільше значення рівня вихідної напруги генератора в гнізді "Выход I" при опорі навантаження 50 Ом не менше 15 В (максимальний струм в навантаженні не більше 0,3 А).

Вихідна напруга плавно регулюється в межах не менше 20 дБ від свого найбільшого значення.

Основна приведена похибка встановлення значення вихідної напруги в гнізді "Выход I" при положенні атенюатора "15V" не перевищує $\pm 4\%$.

В генераторі на виході гнізда "Выход I" передбачене ступеневе регулювання вихідної напруги, яке здійснюється за допомогою вмонтованого атенюатора 60 дБ фіксовано через 10 дБ. Похибка послаблення вмонтованого атенюатора при активному навантаженні 50 Ом в робочому діапазоні температур не перевищує $\pm 0,5$ дБ.

В генераторі передбачене використання зовнішнього атенюатора 40 дБ для під'єднання до гнізда "Выход I".

Похибка послаблення зовнішнього атенюатора при активному навантаженні 50 Ом в робочому діапазоні температур не перевищує $\pm 0,5$ дБ.

Нерівномірність рівня вихідної напруги генератора при перестроюванні частоти від 20 Гц до 200 кГц не перевищує:

- на гнізді "Выход I" $\pm 0,5\%$ при опорі навантаження 50 Ом;
- на клеммах "Выход II" при несиметричних навантаженнях 5; 50; 600 Ом і 5 кОм відповідно $\pm 15\%$, $\pm 10\%$, $\pm 10\%$, $\pm 25\%$;

Асиметрія вихідної напруги не перевищує $\pm 5\%$ при симетричних навантаженнях 5; 50; 600 Ом і 5 кОм.

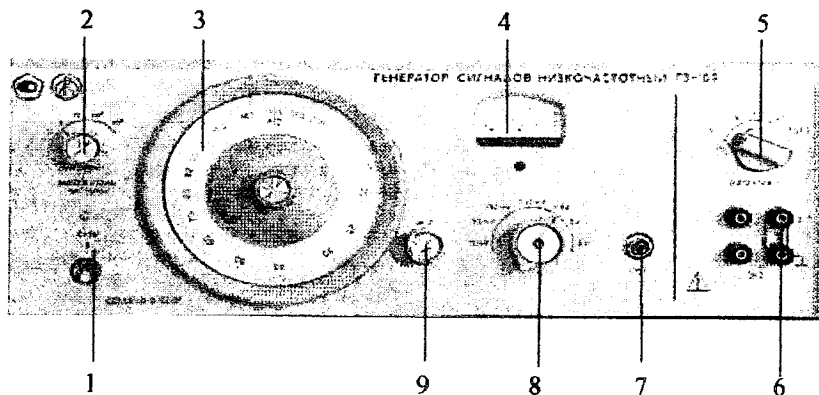


Рисунок 1.3 – Генератор ГЗ-109

- 1 - ручка тумблера вмикання – вимикання генератора „СЕТЬ” ;
- 2 - ручка перемикача „МНОЖИТЕЛЬ ЧАСТОТЫ” – для перемикаання піддіапазонів;
- 3 - шкала і ручка шкали частот „Hz” – для плавного встановлення частоти в межах піддіапазону;
- 4 - шкала стрілкового індикатора - для відліку рівня вихідної напруги;
- 5 - ручка перемикаання „НАГРУЗКА Ω ” - для перемикаання опорів навантаження генератора;
- 6 - три клеми КП-1а і одна клема КП-1б „ Выход 2 ”
- 7 - роз'єднувач „СР” гнізда „ Выход 1 ”
- 8 - ручка атенюатора „15mV”- „15V”- для ступеневого регулювання вихідного сигналу;
- 9 - ручка потенціометра „РЕГУЛИРОВКА Вых.” – для плавного встановлення рівня вихідного сигналу.

Коефіцієнт гармонік вихідного сигналу в гнізді “Выход I” при опорі навантаження 50 Ом при найбільшому значенні вихідної напруги не перевищує:

- 0,5% в діапазоні частот від 200 Гц і від 20 до 200 кГц (II і III піддіапазони);
- 1% в діапазоні частот від 20 до 200 Гц і від 20 до 200 кГц (I і IV піддіапазони).

Коефіцієнт гармонік генератора на клеммах “Выход2” при найбільшому значенні вихідної потужності 4 Вт в робочому діапазоні частот не перевищує 2%.

Початкове положення органів керування:

- ручка "Регулировка вих." – крайнє лїве положення;
- перемикач "Множитель частоти" – в положеннї "10";
- перемикач "Нагрузка" – в положеннї "Атг."

З допомогою ручки плавного встановлення частоти і перемикача "Множитель частоти" необхідно встановити потрібну частоту вихідного сигналу.

Значення частот кожного піддіапазону генератора ГЗ-109 наведені в табл.1.1.

Таблиця 1.1.

Положення перемикача "Множитель частоти"	Значення частоти піддіапазону, Гц
× 1	20-200
× 10	200-2000
× 100	2000-20000
× 1000	20000-200000

Щоб отримати сигнал з найменшими нелїнійними і частотними спотвореннями, необхідно встановити перемикач "Нагрузка Ω" в положення "Атг." і подати сигнал в навантаження не менше 50 Ом з гнізда "Выход Г".

Регулювання рівня вихідного сигналу з гнізда "Выход Г" здійснюється плавно за допомогою потенціометра "Регулювання вих." і дискретно за допомогою вмонтованого атенюатора "15mV-15V".

При роботі генератора за атенюатором вимірювання вихідної напруги здійснюється за допомогою стрілкового приладу. В цьому випадку відлік вихідної напруги здійснюється в децибелах або в вольтях.

При роботі з зовнішніми навантаженнями 5; 50; 600 Ом і 5 кОм, що під'єднуються до клем "Выход 2", навантаження 50 Ом від'єднується від гнізда "Выход Г".

Атенюатор ставиться в положення "15 V". Перемикач "Нагрузка" ставиться в положення, яке відповідає зовнішньому навантаженню.

1.1.4 Генератор сигналів низькочастотний ГЗ-118 (рис. 1.4) є джерелом синусоїдного сигналу точної форми і призначений для дослідження, налагодження і випробувань систем і приладів.

Частота вихідного сигналу встановлюється в межах від 10 Гц до 200 кГц.

Встановлення частоти здійснюється дискретно на п'яти піддіапазонах:

- 10 – 100 Гц через 0,1 Гц – I піддіапазон;
- 100 – 1000 Гц через 1 Гц – II піддіапазон;
- 1 – 10 кГц через 10 Гц – III піддіапазон;
- 10 – 100 кГц через 100 Гц – IV піддіапазон;
- 100 – 200 кГц через 100 Гц – V піддіапазон.

Основна похибка встановлення частоти не перевищує $\pm \left(1 + \frac{50}{f_n}\right)\%$ в

діапазоні частот 10 Гц – 20 кГц і $\pm 1,5\%$ в решті діапазону частот, де f_n – встановлене значення частоти, Гц.

Межі плавної некаліброваної зміни частоти не менші:

- $\pm 0,15$ Гц в піддіапазоні I;
- $\pm 1,5$ Гц в піддіапазоні II;
- ± 15 Гц в піддіапазоні III;
- ± 150 Гц в піддіапазонах IV і V.

Найбільше значення рівня вихідної напруги генератора на навантаженні (600 ± 6) Ом не менше:

10 В в гнізді „ \odot I”;

5 В в гнізді „ \odot II”;

Плавне регулювання рівня вихідної напруги генератора здійснюється від напруги 10 В в гнізді „ \odot I”, або від 5 В в гнізді „ \odot II” до рівня 12 дБ.

Ступеневе регулювання рівня вихідної напруги в гнізді „ \odot II” здійснюється вмонтованим атенуатором ступенями через 10 дБ в межах від 0 до 60 дБ.

Похибка встановлення ослаблення атенуатора для всіх ступеней не перевищує $\pm 0,5$ дБ.

Нерівномірність рівня вихідної напруги при зміні частоти відносно значення напруги на частоті 1 кГц не перевищує:

- $\pm 7,5\%$ в діапазоні частот від 10 до 20 Гц;
- $\pm 5\%$ в діапазоні частот від 20 до 60 Гц;
- $\pm 2\%$ в діапазоні частот від 60 до 100 кГц;
- $\pm 3\%$ в діапазоні частот від 100 до 200 кГц;

Прилад забезпечує свої технічні характеристики після 15 хв. з моменту ввімкнення.

Підготовка до роботи

Перед початком роботи необхідно уважно вивчити технічний опис, а також ознайомитись з розміщенням та призначенням органів керування і контролю на передній панелі генератора.

Розмістити генератор на робочому місці, забезпечивши зручність роботи і умови природної вентиляції.

Перевірити надійність заземлення.

Під'єднати шнур живлення до мережі живлення.

Тумблер вмикання – вимикання повинен знаходитись у вимкненому положенні.


Встановити органи керування в такі положення:


- перемикач „ Hz ” і „ МНОЖИТЕЛЬ ” в положення, що відповідають вибраній частоті. Інші органи керування можуть знаходитись в довільному положенні.

Тумблер „ СЕТЬ ” поставити в положення „ 1 ”. При цьому повинна засвітитись лампочка індикатора ввімкнення генератора.

До початку роботи необхідно прогріти генератор протягом 15 хв.

Перевірити справність роботи генератора, для чого, користуючись кабелем, підключити до гнізда „ ⊕ I ” генератора осцилограф і впевнитись у наявності сигналу на виході. Далі перевірити наявність сигналу в інших положеннях перемикача "МНОЖИТЕЛЬ".

Обертаючи ручку „  ”, впевнитись в можливості плавного регулювання вихідної напруги.

Під'єднати осцилограф до гнізда „ ⊕ II ” і, перемикаючи ручку „  dB ”, впевнитись у можливості ступеневої зміни вихідної напруги.

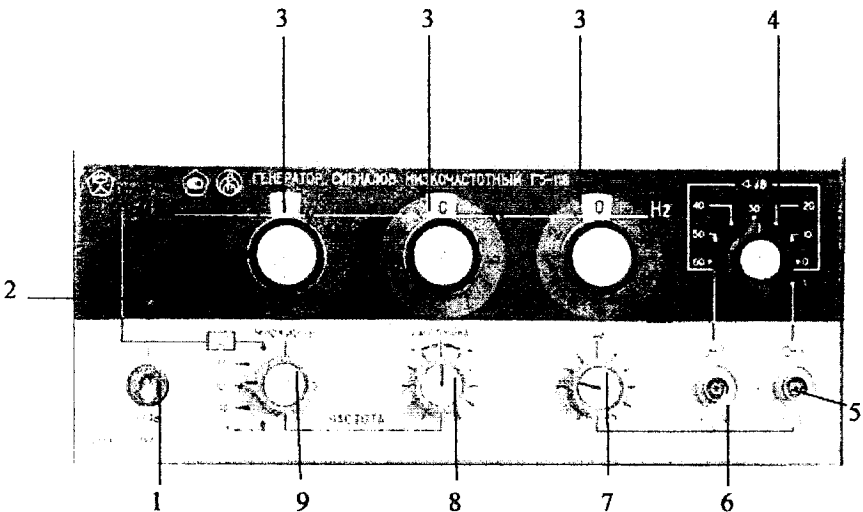



Рисунок 1.4 - Генератор сигналів низькочастотний ГЗ-118

- 1 - тумблер вмикання – вимикання „ СЕТЬ ”;
- 2 - світловий індикатор вмикання генератора;
- 3 - перемикач встановлення частоти;
- 4 - перемикач ступеневого ослаблення вихідної напруги „  dB ”;

- 5 - вихідне гніздо СР з внутрішнім опором $< 5 \text{ Ом}$ „ $\ominus I$ ”;
- 6 - вихідне гніздо СР з внутрішнім опором 600 Ом „ $\ominus II$ ”;
- 7 - ручка плавного встановлення вихідної напруги;
- 8 - ручка плавної зміни частоти в малих межах;
- 9 - перемикач піддіапазонів частот „ МНОЖИТЕЛЬ ”.

Виконання вимірів

Встановлення необхідної частоти здійснюється за допомогою перемикачів „ Hz ” і „ МНОЖИТЕЛЬ ”.

Перемикачі молодшої і середньої декад мають по 10 положень, перемикач старшої – 11.

При встановленні перемикача старшої декади в положення „11” в індикаторному вікні фіксується „0”, що є другою цифрою в відліку встановлення частоти.

Перша цифра відліку частоти висвічується в одному з двох вікон, розміщених зліва від відлікових декад. Наявність одинадцятого положення забезпечує перекриття по частоті між піддіапазонами.

Зміна частоти в межах дискретності молодшої декади здійснюється з допомогою ручки „ РАСТРОЙКА ”.

При необхідності працювати від низькочастотного джерела необхідно використовувати вихід „ $\ominus I$ ” генератора. При цьому перемикач „ $\triangleleft \text{ dB}$ ” повинен бути встановлений в положення “1”. Номінальне навантаження для цього виходу 600 Ом . З допомогою ручки “ \bullet ” встановлюється необхідна вихідна напруга генератора, яка плавно регулюється в межах від 2,5 до 10 В.

У всіх положеннях перемикача “ $\triangleleft \text{ dB}$ ”, що відрізняються від положення “1”, вмикається гніздо “ $\ominus II$ ”. При цьому гніздо “ $\ominus I$ ” залишається з’єднаним з вихідним підсилювачем через резистор $1,5 \text{ кОм}$ і може бути використане для під’єднання частотоміра, осцилографа, в якості сигналу синхронізації і т.д. На гнізді “ $\ominus II$ ” вихідний опір генератора 600 Ом . Номінальний опір навантаження такий же. Максимальна вихідна напруга на гнізді “ $\ominus II$ ” при номінальному навантаженні дорівнює 5 В. Регулювання напруги може бути здійснене плавно ручкою “ \bullet ” і ступенями від 0 до 60 дБ через 10 дБ перемикачем “ $\triangleleft \text{ dB}$ ”.

Якщо навантаження, що під’єднане до гнізда “ $\ominus II$ ”, відрізняється від 600 Ом , напруга може бути визначена з виразу:

$$U_{\text{вих}} = U_{\text{вих}_0} \cdot \frac{R_n}{(R_n - 600)},$$

де $U_{\text{вих}_0}$ - напруга на ненавантаженому виході, В;

R_n - опір навантаження, Ом.

1.1.5 Генератор сигналів височастотний Г4-102А (рис. 1.5) призначений для перевірки і настроювання радіоприймальних пристроїв.

Діапазон частот генератора - від 100 кГц до 35 МГц і складається з шести піддіапазонів з такими частотами:

- I 0.1 – 0.3 МГц;
- II 0.3 – 1.0 МГц;
- III 1.0 – 3.0 МГц;
- IV 3.0 – 10 МГц;
- V 10 – 20 МГц;
- VI 20 – 35 МГц.

Запас на межах діапазону та перекриття між піддіапазонами складає не менше 2%.

Основна похибка встановлення частоти не перевищує $\pm 1\%$.

Вихідна напруга генератора на узгодженому навантаженні (50 ± 1) Ом, під'єднаному через кабель до основного виходу генератора "μV", регулюється в номінальних межах від 0,5 до $5 \cdot 10^{-7}$ В; з зовнішнім атенюатором на 20 дБ можливе регулювання до $1 \cdot 10^{-7}$ В.

Регулювання здійснюється ступенями через 10 дБ від 0 до 110 дБ і плавно в межах кожної ступені.

Основна похибка встановлення значення вихідної напруги $5 \cdot 10^{-7}$ В і встановлення напруги за шкалою плавного регулювання не перевищує $\pm 1,0$ дБ при роботі генератора на узгоджене навантаження (50 ± 1) Ом.

Основна похибка встановлення послаблення атенюатора не перевищує $\pm 1,0$ дБ при послабленнях до 100 дБ і $\pm 1,5$ дБ – більше 100 дБ.

Додаткова похибка встановлення вихідної напруги за рахунок залишкового сигналу не перевищує $\pm 2,5 \cdot 10^{-1}$ мкВ при роботі без зовнішнього атенюатора і $\pm 5 \cdot 10^{-2}$ мкВ при роботі з зовнішнім атенюатором.

Нестабільність рівня вихідного сигналу за кожні 15 хвилин роботи генератора після самопрогрівання протягом 30 хвилин не перевищує $\pm 0,1$ дБ.

Вихідна напруга по некаліброваному виходу на повному навантаженні (50 ± 5) Ом не менша 1 В. Найбільша напруга по некаліброваному виходу не перевищує 3 В. Параметри вихідного сигналу на цьому виході не гарантуються.

Амплітудна модуляція сигналу здійснюється від внутрішнього джерела модуляції частотою 1000 Гц з похибкою $\pm 10\%$ і частотами 50 - 15000 Гц від зовнішнього джерела модуляції, при цьому частота модуляції від зовнішнього джерела не повинна перевищувати $0,02 f_n$.

Коефіцієнт амплітудної модуляції регулюється в номінальних межах від 0 до 90% і відраховується в межах від 10 до 80% ступенями по 10% в усьому діапазоні модулюючих і несучих частот.

Основна похибка встановлення коефіцієнта амплітудної модуляції при частоті модулюючого сигналу $1000 \text{ Гц} \pm 10\%$ (в відсотках модуляції) не більша $\pm 15\%$.

Похибка встановлення коефіцієнта модуляції в діапазоні модульовальних частот (у відсотках модуляції) не більша $\pm 15\%$.

Сигнал зовнішнього модульовального генератора, необхідний для

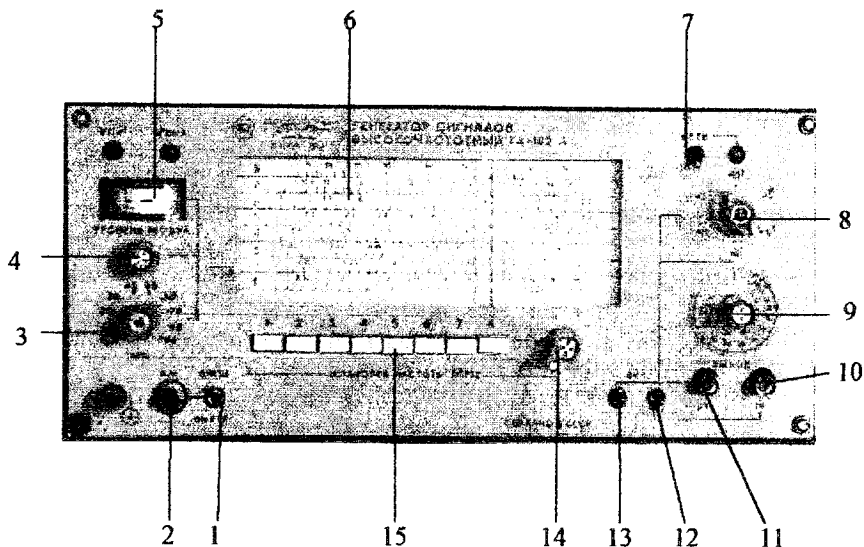


Рисунок 1.5 – Генератор високочастотний Г4-102А

- 1 - тумблер режиму модуляції;
- 2 - вхід зовнішнього модулюючого сигналу;
- 3 - перемикач коефіцієнта амплітудної модуляції;
- 4 - калібрувальний регулятор модулятора;
- 5 - індикаторний прилад;
- 6 - шкала частот;
- 7 - ручка тумблера вмикання - вимикання генератора;
- 8 - ручка атенюатора вихідної напруги;
- 9 - ручка потенціометра плавного встановлення вихідної напруги;
- 10 - роз'єднувач СР гнізда „ Выход 1V ”;
- 11 - роз'єднувач СР гнізда „ Выход μV ”;
- 12 - ручка тумблера вмикання - вимикання гнізда „ Выход 1V ”;
- 13 - ручка тумблера вмикання - вимикання гнізда „ Выход μV ”;
- 14 - ручка плавного встановлення частоти;
- 15 - перемикач піддіапазонів частоти.

забезпечення коефіцієнта амплітудної модуляції 90%, не більший 2 В при опорі входу модулятора (600 ± 200) Ом.

Підготовка приладу до роботи

1) Вмикання приладу.

Перед вмиканням необхідно привести в відповідність положення перемикача напруги і частоти мережі з параметрами мережі живлення. Генератор Г4 – 102А постачається з перемикачем, встановленим для роботи від мережі 220В, 50Гц.

2) Ознаки нормальної роботи.

Про те, що прилад справний, свідчать такі ознаки:

- при натисканні кнопки „ $V_{\text{ВНТ}}$ ” в режимі безперервної генерації (БГ) стрілка індикатора відхиляється до відповідного сектора на шкалі індикатора;

- при натисканні кнопки „ $V_{\text{ВЫХ}}$ ” в режимі БГ, ввімкненні тумблера основного каналу „ μV ” і четвертого піддіапазону, стрілка індикатора може бути встановлена в відповідний сектор ручкою плавного регулювання вихідної напруги, при цьому повинен бути введений один ступінь вмонтованого ступінчатого атенюатора або під'єднане до виходу навантаження 50 Ом. На деяких інших піддіапазонах стрілка індикатора може не встановлюватись в сектор „ $V_{\text{ВЫХ}}$ ”, але повинна регулюватись ручкою плавного встановлення вихідної напруги, що буде свідчити про нормальну роботу генератора (допускаються коливання стрілки гальванометра);

- при ввімкненні тумблера режиму модуляції в положення „ВНУТР.” стрілка індикатора відхиляється і положення її регулюється обертанням ручки „УРОВЕНЬ МОДУЛ.” на риску „К” (50мкА).

Робота з приладом

1) Операції при роботі з приладом:

- встановлення частоти;
- встановлення рівня вихідного сигналу;
- встановлення коефіцієнта модуляції;

2) Встановлення частоти.

Необхідне значення частоти встановлюється ввімкненням одного з піддіапазонів кнопковим перемикачем шляхом натискання кнопки перемикача і ручкою „УСТАНОВКА ЧАСТОТЫ МГц”. При цьому повинен бути ввімкнений вихід „ μV ” або „1V”;

3) Встановлення вихідної напруги.

Встановити потрібну частоту.

Операція встановлення вихідної напруги виконується тільки за основним каналом. Вона здійснюється двома ручками – ступінчатого і плавного регулювання. Відлік встановленого значення в мікрвольтах здійснюється за відповідними шкалами – при червоному множнику за червоною, внутрішньою шкалою, при чорному – за чорною, зовнішньою шкалою (див. рис.1.6). Правильність відліку гарантується при роботі на узгоджене 50-омне навантаження.

Натискати на кнопку „ $V_{\text{ВНХ}}$ ” не варто, оскільки при натиснутій кнопці вихідна напруга не буде відповідати значенням, позначеним на ручці і рухомій шкалі атенуаторів. Кнопка „ $V_{\text{ВНХ}}$ ” використовується тільки для перевірки дієздатності приладу.

4) Встановлення коефіцієнта модуляції.

Встановити потрібну частоту і напругу. Потім стрілка індикатора за допомогою ручки потенціометра „УРОВЕНЬ МОДУЛ.” встановлюється на риску „К” (50мкА). При роботі від зовнішнього джерела модульованого сигналу цю операцію можна здійснити регулятором його вихідної напруги. Необхідний коефіцієнт модуляції встановлюється перемикачем „М%”.

Перехід від режиму внутрішньої модуляції до режиму модуляції від зовнішнього джерела виконується перемиканням тумблера „ВНУТР. – ВНЕШН.”

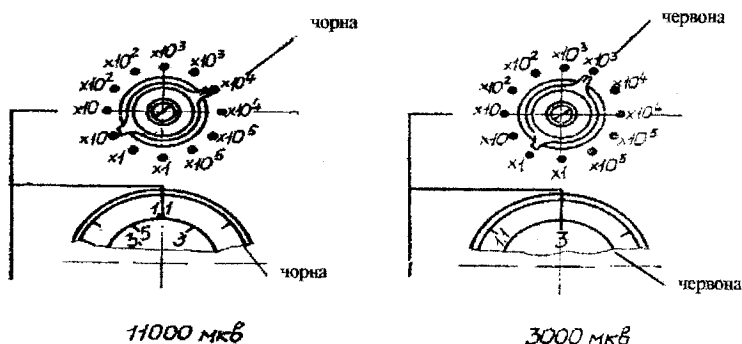


Рисунок 1.6 – Схема відліку вихідної напруги на шкалі генератора Г4-102А

1.1.6 Генератор імпульсів Г5-54 (рис. 1.7) призначений для дослідження та регулювання радіотехнічних пристроїв.

Прилад формує імпульси прямокутної форми в діапазоні тривалостей від 1,5 до 1000 мкс.

Тривалість імпульсів регулюється плавно-ступенево (8 піддіапазонів) від 0,1 до 1000 мкс. Похибка встановлення тривалості не перевищує $\pm(0,1t+0,03 \text{ мкс})$.

Максимальна амплітуда основних імпульсів U_{max} на зовнішньому навантаженні 500 Ом з паралельною ємністю 50 пФ – не менша 50 В.

Забезпечується плавне регулювання амплітуди від U_{max} до $0,3 U_{max}$ і ступеневе ослаблення з коефіцієнтом (κ) $\times 1$; $\times 0,3$; $\times 0,1$; $\times 0,03$.

Похибка встановлення амплітуди в межах плавного і ступеневого регулювання не перевищує $\pm(0,1U + 1 \text{ В})/\kappa$, де κ – коефіцієнт ступеневого ослаблення.

Часовий зсув (затримка) основного імпульсу відносно синхроімпульса регулюється плавно-ступеневою (8 піддіапазонів) від 0,01 до 1000 мкс.

Частота F імпульсів при зовнішньому запуску регулюється плавно-ступенево (8 піддіапазонів) від 0,01 до 100 кГц.

Похибка встановлення частоти повторення імпульсів не перевищує $\pm 0,1 F$.

Потужність, що споживається приладом від мережі при номінальній напрузі, не перевищує 50 Вт.



Прилад допускає безперервну роботу в робочих умовах протягом 8 годин при збереженні своїх технічних характеристик в межах норм, встановлених технічними умовами.

Робота з приладом

Натиснути верхню кнопку перемикача “Запуск”. Встановити кнопками і шкальним пристроєм “Частота повторення” необхідну частоту імпульсів.

Кнопками і шкальним пристроєм “Временной сдвиг” встановити необхідний часовий зсув основного імпульсу приладу відносно синхроімпульсу. Якщо часовий зсув не потрібен, обов’язково натиснути кнопку “0” перемикача “Временной сдвиг”.

Кнопками і шкальним пристроєм “Длительность” встановити необхідну тривалість основних імпульсів. При цьому мінімальна шпаруватість повинна бути не менша двох.

Кнопками ,  встановити необхідну полярність.

Кнопками подільника амплітуди і ручкою “Ампл.” плавного регулювання встановити за шкалою вольтметра необхідну амплітуду імпульсів. Якщо амплітуда повинна бути не меншою 0,5 В, то зовнішнє навантаження треба під’єднати до гнізда 1:1, при амплітуді, меншій 0,5 В, - до гнізда 1:10 або 1:100. В цьому випадку необхідно натиснути нижню кнопку подільника амплітуди “ $\times 0,03$ ”.

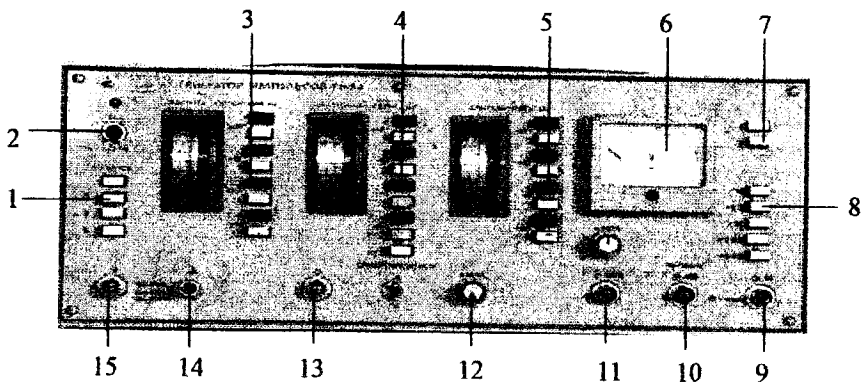


Рисунок 1.7 – Генератор імпульсів Г5 – 54

- 1 – група кнопок „ ЗАПУСК ”;
- 2 – тумблер „ СЕТЬ ”;
- 3 – група „ ЧАСТОТА ПОВТОРЕНИЯ”. Складається з шкального пристрою плавного регулювання частоти і кнопкового перемикача піддіапазонів частоти. Колір кнопки відповідає кольору шкали плавного регулювання, за якою необхідно вести відлік;
- 4 – група „ ВРЕМЕННОЙ СДВИГ”. Складається з шкального пристрою плавного регулювання часового зсуву основного імпульсу відносно синхроімпульсу і перемикача піддіапазонів часового зсуву;
- 5 – група „ ДЛИТЕЛЬНОСТЬ”. Складається з шкального пристрою плавного регулювання тривалості основного імпульсу і перемикача піддіапазонів тривалості основних імпульсів;
- 6 – вольтметр;
- 7 – перемикач полярності основних імпульсів;
- 8 – вихідний атенюатор;
- 9 – вихідний роз’єднувач „ СР 1:1 ”;
- 10 – вихідний роз’єднувач „ СР 1:10 ”;
- 11 – вихідний роз’єднувач „ СР 1:100 ”;
- 12 – ручка плавного регулювання амплітуди;
- 13 – група „ СИНХРОИМПУЛЬСЫ”. Складається з вихідного гнізда синхроімпульсу, перемикача полярності синхроімпульсу і регулятора амплітуди „ АМПЛ. ”;
- 14 – клема заземлення;

1.1.7 Осциллограф С1-76 (рис. 1.8)

Осциллограф універсальний С1-76 призначений для дослідження форми електричних сигналів шляхом візуального спостереження і

вимірювання їх амплітудних і часових параметрів в діапазоні частот від 0 до 1 МГц.

Технічні характеристики

Робоча частина екрана в режимі X-Y:

по горизонталі 60 мм;

по вертикалі 60 мм.

Мінімальна частота генератора розгортки, при якій забезпечується спостереження і вимірювання досліджуваного сигналу на найбільш швидкій розгортці, не більша 250 Гц.

Ширина лінії променя не перевищує 0,6 мм.

Діапазон значень коефіцієнтів відхилення каналу відхилення: 0,2; 0,5; 1; 2; 5; 10; 20 мВ/см; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 5; 10; 20 В/см.

Межа допустимої похибки коефіцієнтів відхилення в робочих умовах застосування не більша $\pm 7\%$ і $\pm 10\%$ для коефіцієнта відхилення 0,2 мВ/см.

Смуга пропускання підсилювача вертикального відхилення (ПВВ) при коефіцієнті відхилення 0,2 мВ/см – від 0 до 0,1 МГц, при інших коефіцієнтах відхилення – від 0 до 1 МГц.

Вхідний активний опір – $1 \pm 0,02$ МОм при вхідній ємності не більшій 45 пФ.

Допустиме сумарне значення постійної і змінної напруг при закритому вході не більше 400 В.

Розгортка має такі режими роботи:

- автоколивальний;
- очікувальний;
- однократний.

Діапазон значень коефіцієнтів розгортки: 1; 2; 5; 10; 20; 50 мкс/см; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 5; 10; 20; 50 мс/см; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 5 с/см.

Межа допустимої похибки коефіцієнтів розгортки в робочих умовах застосування не більша $\pm 7\%$ без розтягування і $\pm 10\%$ при 10-кратному розтягуванні зображення.

Переміщення променя по горизонталі забезпечує встановлення початку і кінця робочої частини розгортки в центральній частині екрану.

Коефіцієнт відхилення підсилювача горизонтального відхилення не більший 50 мВ/см.

Смуга пропускання не менша $0 \div 100$ кГц.

Вхідний опір $1 \pm 0,1$ МОм, вхідна ємність не більша 50 пФ.

Зовнішня синхронізація розгортки здійснюється гармонічними сигналами в діапазоні частот від 10 Гц до 1 МГц і імпульсними сигналами обох полярностей тривалістю від 1 мкс до 1 с.

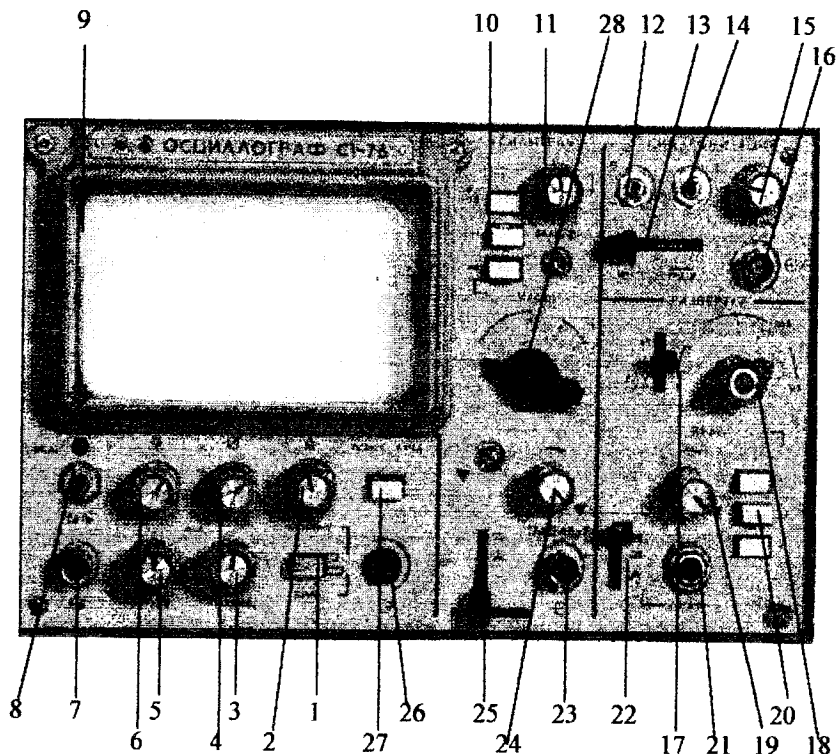




Рисунок 1.8 – Осцилограф С1-76











- 1 – кнопка перемикавання режиму калібратора;
- 2 – ручка регулювання освітлення шкали;
- 3,5 – ручки зсуву променя по горизонталі \leftrightarrow , ГРУБО, ПЛАВНО”;
- 4 – ручка фокусування променя “ \odot ”;
- 6 – ручка регулювання яскравості променя;
- 7 – клемма заземлення осцилографа;
- 8 – тумблер вмикання-вимикання осцилографа;
- 9 – екран електронно-променевої трубки (ЕПТ);
- 10 – перемикач множника коефіцієнта відхилення;
- 11 – ручка зсуву променя по вертикалі “ \updownarrow ”;
- 12 – тумблер для перемикавання відкритого або закритого входу синхронізації;
- 13 – перемикач встановлення внутрішньої (від мережі) або зовнішньої синхронізації;
- 14 – тумблер перемикавання полярності синхронізації;
- 15 – ручка для встановлення рівня запуску розгортки;

- 16 – гніздо СР “” – для під'єднання зовнішнього генератора розгортки;
- 17 – перемикач для ввімкнення 10-кратного розтягнення розгортки і під'єднання входу “X”;
- 18 – перемикач тривалості розгортки “ВРЕМЯ/см”;
- 19 – ручка плавного регулювання тривалості розгортки;
- 20 – перемикач множника тривалості розгортки;
- 21 – кнопка ввімкнення і сигналізації готовності однократного режиму роботи розгортки;
- 22 – перемикач режимів роботи розгортки;
- 23 – гніздо СР “Y” осцилографа “”;
- 24 – ручка плавного регулювання чутливості осцилографа;
- 25 – перемикач відкритого, закритого або заземленого входу підсилювача “Y”;
- 26 – гніздо СР виходу калібратора;
- 27 – кнопка пошуку променя ЕПТ;
- 28 – перемикач встановлення каліброваного коефіцієнта відхилення.

Підготовка приладу до роботи

Початкове положення органів керування.

Перед ввімкненням осцилографа встановіть органи керування в такі положення:

- ручку “” – в крайнє ліве;
- ручку “” – в середнє;
- тумблер “СЕТЬ” – в нижнє;
- ручки “”, ГРУБО, ПЛАВНО – в середнє;
- ручку “” – в середнє;
- перемикач “x0,5; x1; x2” – в положення x2;
- перемикач “V/см” – в положення 0,1V;
- кнопку “ 800 mV” “ 2 kHz” – в положення  2 kHz;
- перемикач “ВНУТР., ~, ВНЕШ. 1 : 10, 1:1” – в положення ВНУТР.;
- перемикач “x1; x0,1; ” – в положення x1;
- перемикач “x1; x2; x5” – положення x5;
- перемикач “ВРЕМЯ/см” – в положення 0,1mS;
- перемикач “Z, , ” – в положення Z;

Інші ручки можуть знаходитись в довільних положеннях.

Примітка. Коефіцієнт відхилення 0,2 мВ/см відповідає положенню перемикача V/см – 1 (0,2) mV при відпущених кнопках перемикача x0,5; x1; x2.

З'єднайте кабель живлення з мережею живлення і встановіть тумблер "СЕТЬ" в верхнє положення. При цьому повинна засвітитись сигнальна лампа, розміщена на передній панелі осцилографа.

Попереднє регулювання осцилографа.

Через 2-3 хвилини після ввімкнення осцилографа встановіть ручку "☼" в середнє положення. Натисніть кнопку "ПОИСК ЛУЧА" і ручками "↔" ↑ " виведіть промінь на середину екрану. Потім відрегулюйте яскравість і фокусування лінії розгортки з допомогою ручок "☼" і "⊙".

Після п'ятнадцятихвилинного прогріву осцилографа збалансуйте підсилювач вертикального відхилення, виконавши при цьому такі операції:

- встановіть перемикач " $\approx \perp \sim$ " в положення \perp ;
- встановіть перемикач "V/cm" в положення 10 mV, а множник – в положення $\times 1$;
- ручкою "↕" встановіть лінію розгортки в центрі екрану.

Відрегулюйте ручкою "☼" яскравість підсвічування поділок на шкалі електронно-променевої трубки (ЕПТ). Шкала розділена на 6 десятиміліметрових поділок по вертикалі і на 10 десятиміліметрових поділок по горизонталі. На основних лініях шкали кожна поділка розділена на 5 рівних частин. Пунктирні горизонтальні лінії дозволяють визначити рівні 0,1 і 0,9 від максимального значення вимірюваного сигналу при розмірі 60 мм по вертикалі.

Проведення вимірів

Під'єднання досліджуваного сигналу

Подайте досліджуваний сигнал на гніздо "ІМОм 45pF" підсилювача.


Встановіть перемикачем " $\approx \perp \sim$ " необхідний вид зв'язку підсилювача з джерелом досліджуваного сигналу. В положенні \approx зв'язок з джерелом сигналу здійснюється на постійному струмі. Якщо постійна складова досліджуваного сигналу набагато більша змінної, то доцільно вибирати зв'язок джерела сигналу за змінним струмом \sim . Тоді конденсатор вхідного кола не пропусає постійну складову. При дослідженні низькочастотних сигналів потрібно пам'ятати, що в режимі \sim нижня межа смуги пропускання складає декілька герц.


Вибір джерела синхронізації

Виберіть джерело синхронізації перемикачем виду синхронізації "ВНУТР., \sim , ВНЕШ. 1 : 10, 1 : 1". В положенні перемикача ВНУТР.

сигнал синхронізації поступає з каналу підсиловача вертикального відхилення променя. В положенні \sim синхронізація здійснюється від мережі. Ручкою “УРОВЕНЬ” вибирається точка синхронізації на досліджуваному сигналі.

*Вибір коефіцієнтів відхилення “V/см” і
тривалості розгортки “ВРЕМЯ/см”*


Встановлюйте коефіцієнт відхилення перемикачем і його множниками. Значення коефіцієнта відхилення каліброване, коли ручка “” в положенні ∇ . В цьому положенні ручка має механічну фіксацію.

Тривалість розгортки встановлюється перемикачем “ВРЕМЯ/см” і множниками $x1$; $x2$; $x5$. Значення тривалості розгортки калібровані, якщо ручка “” знаходиться в положенні ∇ . В цьому положенні ручка має механічну фіксацію.

Для спостереження досліджуваного сигналу і вимірювання його основних параметрів осцилограф може забезпечити такі режими роботи:

- а) автоколивальний;
- б) очікувальний;
- в) однократний запуск.

*Автоколивальний режим розгортки з синхронізацією досліджуванним
сигналом*

Встановіть перемикач “ВНУТР., \sim , ВНЕШ. 1 : 10, 1 : 1” в положення ВНУТР., перемикач “Z., Z., ” в положення Z. Поставте в потрібне положення перемикач тривалості розгортки “ВРЕМЯ/см”, якщо приблизно відома тривалість досліджуваного сигналу.

Встановіть перемикач “ $x1$; 0,1; \rightarrow ” в положення $x1$.

Подайте досліджуваний сигнал на гніздо “ \rightarrow МОм 45пФ”.

Встановіть перемикач “V/см” і його множник в положення, при якому розмір зображення на екрані осцилографа найбільш зручний для спостереження.

Обертанням ручки “УРОВЕНЬ” досягніть стійкого зображення сигналу.

Розгортка від зовнішнього джерела

Застосовуйте цей режим в тих випадках, коли для горизонтального відхилення променя необхідна не пилоподібна напруга, а сигнал іншої форми, наприклад, гармонічний.

Подайте сигнал на гніздо “ \rightarrow X”, встановіть перемикач “ $x1$; $x0,1$; \rightarrow ” в положення \rightarrow X.

Перемикачем “ВНЕСЛ, 1 : 10; 1 : 1” а також ручками “ ↔ ГРУБО, ПЛАВНО” отримайте зручний для спостереження розмір по горизонталі.

Вимірювання часових проміжків

Для забезпечення максимальної точності вимірювання необхідно дотримуватись таких умов:

- вимірювана ланка сигналу повинна займати, по можливості, більшу частину робочого поля екрану, щоб зменшити похибку;
- для зменшення похибки вимірювання за рахунок товщини лінії, вимірювання необхідно проводити по правому або лівому краю зображення;
- вимірювання виконувати по центральній лінії шкали з поділками.

Встановіть перед вимірюванням ручку “  в положення ▼ .

Встановіть зображення вимірюваного сигналу в центр екрану ручками “ ↔↕↔ ”.

Поставте перемикач “ВРЕМЯ/см” і його множник в такі положення, щоб вимірюваний інтервал займав на екрані не менше 40 мм шкали.



Визначіть вимірюваний часовий інтервал як добуток довжини вимірюваного зображення сигналу на екрані по горизонталі в сантиметрах на значення коефіцієнта розгортки по горизонталі і його множника.

Вимірювання частоти

Частоту сигналу визначіть за формулою:

$$f = \frac{1}{T},$$

де T - період сигналу.


Іншим методом визначення частоти є метод порівняння невідомої частоти з еталонною за фігурами Ліссажу. В цьому випадку на підсилювач вертикального відхилення (гніздо “  1 МОм 45 pF ”) подають сигнал, частоту якого потрібно виміряти, а на підсилювач горизонтального відхилення (“гніздо  X”) – сигнал від генератора еталонної частоти.

Вимірювання амплітуди досліджуваних сигналів

Для забезпечення максимальної точності вимірювання необхідно дотримуватись таких умов:

- вимірювана ланка сигналу повинна займати, по можливості, більшу частину робочого поля екрану, щоб зменшити похибку;

- виконуйте вимірювання амплітуди по вертикальній осевій лінії шкали, що дозволяє виключити похибку за рахунок геометричних спотворень;
- здійсніть вимір з урахуванням товщини променя.

Встановіть перед вимірюванням ручку "  " в положення ▼. Значення амплітуди досліджуваного сигналу в вольтх дорівнює добутку вимірюваного значення в сантиметрах на коефіцієнт відхилення в вольтх на сантиметр і його множник.

1.1.8 Осцилограф С1-73 (рис. 1.9) призначений для дослідження форми електричних сигналів в діапазоні частот від 0 до 5 МГц шляхом візуального спостереження та вимірювання їх параметрів.

Смуга пропускання тракту вертикального відхилення 0 – 5 МГц, при цьому нерівномірність амплітудно-частотної характеристики в діапазоні частот 0 – 1 МГц відносно рівня на частоті 1 кГц – не більша 5%.

Смуга пропускання тракту горизонтального відхилення 0 – 2 МГц.

Параметри входів:

а) тракту вертикального відхилення:

- вхідний опір – $1 \pm 0,05$ МОм з паралельною ємністю, не більшою 30 пФ;

б) підсилювача горизонтального відхилення:

- вхідний активний опір – не менший 50 кОм з паралельною ємністю, не більшою 35 пФ.

Основна похибка каліброваних коефіцієнтів відхилення тракту вертикального відхилення – 0,01; 0,02; 0,05; 1; 2; 5; 10; 20 В/под. – не більша $\pm 7\%$.

Максимальний розмах напруги досліджуваного сигналу не повинен перевершувати:

120 В – на відкритому вході тракту вертикального відхилення;

5,6 В – на вході тракту горизонтального відхилення.

Внутрішнє джерело каліброваної напруги генерує прямокутні імпульси амплітудою 1 В і частотою 1 кГц.

Тракт горизонтального відхилення забезпечує такі режими роботи:

- розгортку сигналу по горизонталі в автоколивальному режимі;
- розгортку сигналу по горизонталі в очікувальному режимі;
- входження зовнішнього сигналу на підсилювач горизонтального відхилення.

Підготовка до проведення вимірів

Встановити ручки органів керування на передній панелі в такі положення:

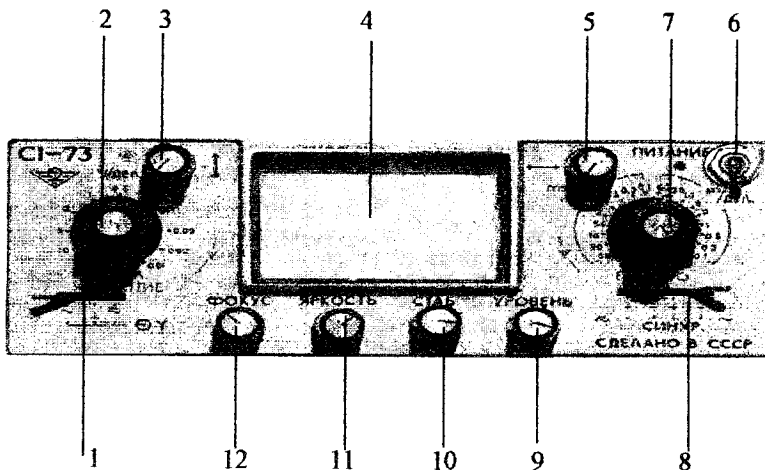


Рисунок 1.9 – Осциллограф С1-73

- 1 – перемикач входу;
- 2 – регулятор рівня вхідного сигналу “V/ДЕЛ.”;
- 3 – ручка зсуву променя по вертикалі;
- 4 – екран електронно-променевої трубки (ЕПТ);
- 5 – ручка зсуву променя по горизонталі;
- 6 – тумблер вмикання-вимикання “ПИТАНИЕ”;
- 7 – перемикач частоти розгортки “mS/ДЕЛ., μS/ДЕЛ.”;
- 8 – перемикач виду синхронізації;
- 9 – ручка регулювання рівня синхронізації “УРОВЕНЬ”;
- 10 – ручка регулювання режиму роботи генератора розгортки “СТАБИЛЬНОСТЬ”;
- 11 – ручка регулювання ширини променя “ЯРКОСТЬ”;
- 12 – ручка регулювання яскравості променя “ФОКУС”.

- “Яркость” – в середне;
- “Фокус” – в середне;
- “V/дел.” – “0,05”;
- “Усиление” – “∇”;
- “↑” – в середне;
- “~ ⊥ ~” – в положення “⊥”;
- “Уровень” – в крайнє праве;
- “Стабильность” – в крайнє праве;
- “↔” – в середне.

Встановити ручки органів керування на правій боковій панелі в такі положення:

- “Разверт. $\rightarrow \times$ ” - в положення “Разверт”;

- “Синхр.” – в положення ”  ”.

Включити тумблер “Питание” на передній панелі осцилографа.

Для калібрування коефіцієнта відхилення встановити перемикач “V/дел.” в положення “ ∇ 5 дел.”.

Встановити ручку “Усиление” в крайнє праве положення, при цьому розмір зображення сигналу на екрані ЕПТ повинен бути рівним 5 поділкам; в іншому випадку потенціометром, виведеним під шліц “ ∇ V/дел.” (ліва сторона осцилографа), встановити розмір по вертикалі, рівний 5 поділкам.

Перемикачем входу “ $\sim \perp \sim$ ” вибрати вид зв'язку підсилювача вертикального відхилення Y з джерелом сигналу.

Для знаходження точки синхронізації розгортки з досліджуваним сигналом треба повернути ручки “Уровень” та “Стабильность” в крайнє праве положення. Потім помалу повертати ручку “Стабильность” вліво до зникнення зображення (режим очікування). Після цього повільно обертати ручку “Уровень” вліво до появи зображення. При цьому буде досягнуто синхронізації сигналу і розгортки.

Калібрування тривалості розгортки здійснюється при положенні ручок:

“V/дел.” – “ ∇ 5 дел.”;

“mS/дел.” – “ μ S/дел.” – “1mS/дел.”;

“Плавно” – “ ∇ ”.

Тривалість розгортки калібрована, якщо ручка “Плавно” встановлена в положення “ ∇ ” (в крайнє праве положення).

Для здійснення зовнішньої горизонтальної розгортки треба встановити перемикач “Разверт. $\rightarrow \times$ ” (права сторона осцилографа) в положення “ \rightarrow ”. Подати в гніздо “ \rightarrow ” (права сторона осцилографа) зовнішній сигнал. Цей сигнал надходить на горизонтальний підсилювач, здійснюючи розгортку по горизонталі.

Калібратор формує прямокутні імпульси, калібровані за амплітудою та тривалістю, з частотою 1 кГц.

Проведення вимірів

Для вимірювання змінної напруги необхідно:

- 1) подати досліджуваний сигнал на вхід підсилювача „Y”;
- 2) встановити перемикач “V/дел.” так, щоб досліджуваний сигнал на екрані ЕПТ займав близько п'яти поділок;
- 3) встановити перемикач “ $\sim \perp \sim$ ” в положення “ \sim ”;

Примітка. Для низькочастотних сигналів (частотою нижче 50 Гц) треба використати положення “ \sim ”.

4) повернути ручку підсилювача “У” в положення “ ∇ ” (крайнє ліве положення); виміряти відстань в поділках між крайніми точками зображення по вертикалі h ;

5) помножити h на коефіцієнт відхилення.

Для вимірювання тривалості сигналу між двома часовими точками необхідно:

6) подати досліджуваний сигнал на вхід „У”;

7) встановити перемикач “V/дел.” В таке положення, щоб зображення по вертикалі складало близько 5 поділок;

8) встановити перемикач “mS/дел., μ S/дел.” в таке положення, при якому відстань між вимірюваними точками буде меншою 10 поділок;

9) підрахувати кількість поділок між вимірюваними точками по горизонталі l . Ручка розгортки “Главно” повинна бути встановлена в положення “ ∇ ” (крайнє праве положення);

10) помножити l на коефіцієнт розгортки.

Приклад. Припустимо, що відстань між вимірюваними точками l складає 6 поділок, а перемикач “mS/дел., μ S/дел.” встановлений в положення “0,2 mS/дел.”.

Тоді часовий інтервал дорівнює:

$$T = 6 \times 0,2 = 1,2 \text{ мс.}$$

Щоб виміряти частоту періодичного сигналу, необхідно:

а) визначити тривалість одного періоду сигналу, як описано в наведеному прикладі;

б) розрахувати частоту за формулою:

$$f_c = \frac{1}{T},$$

де T - тривалість періоду, с.

1.1.9 Осцилограф С1-83 (рис. 1.10).

Осцилограф універсальний С1-83 призначений для візуального спостереження і дослідження електричних сигналів в діапазоні частот 0 – 5 МГц і має два канали вертикального відхилення.

Технічні характеристики

Робоча частина екрану осцилографа:

- 120 мм (10 поділок, ціна поділки 12 мм) по горизонталі;

- 100 мм (8 поділок, ціна поділки 12,5 мм) по вертикалі.

Ширина лінії променя не більша 0,8 мм.

Режим роботи каналів вертикального відхилення:

- канал I;
- канал II;
- переривчастий;
- почерговий;
- алгебраїчне додавання (I + II);
- послідовне ввімкнення каналів I і II з закритим входом II.

Смуга пропускання каналу горизонтального відхилення в режимі X – Y (0-2) МГц.

Параметри входів:

а) каналів I і II вертикального відхилення при відкритому вході: вхідний активний опір $(1 \pm 0,02)$ МОм, вхідна ємність (35 ± 5) пФ;

б) входу зовнішньої синхронізації (відкритого):

- вхідний активний опір при натиснутій кнопці “0,5 - 5” – не менший 35 кОм, вхідна ємність не більша 30 пФ;

- вхідний активний опір при натиснутій кнопці “5 - 50” не менший 650 кОм, вхідна ємність не більша 10 пФ.

в) входу каналу Z: вхідний активний опір не менший 80 кОм, вхідна ємність не більша 55 пФ.

Межа допустимої основної похибки коефіцієнтів відхилення каналів I і II (0,001; 0,002; 0,005; 0,01; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2 В/под. помножена на 1 або на 10) - $\pm 3\%$ при розмірі зображення від 5,5 до 6 поділок і $\pm 4\%$ при інших розмірах зображення від 4 до 8 поділок.

Межа допустимої основної похибки каліброваних коефіцієнтів відхилення тракту горизонтального відхилення в режимі X – Y - $\pm 8\%$.

Мінімальний розмір зображення по вертикалі, при якому забезпечується клас точності приладу, повинен дорівнювати чотирьом поділкам.

Допустиме сумарне значення постійної та змінної напруги на вході каналів I і II вертикального відхилення при закритому вході – не більша 200 В. При послідовному ввімкненні каналів I і II – 50 В.

Максимальна амплітуда досліджуваного сигналу – не більша:

160 В – на вході каналів I і II;

200 В – на вході подільника 1 : 10.

Генератор розгортки забезпечує такі режими роботи:

- автоколивальний режим розгортки;
- очікувальний запуск розгортки.

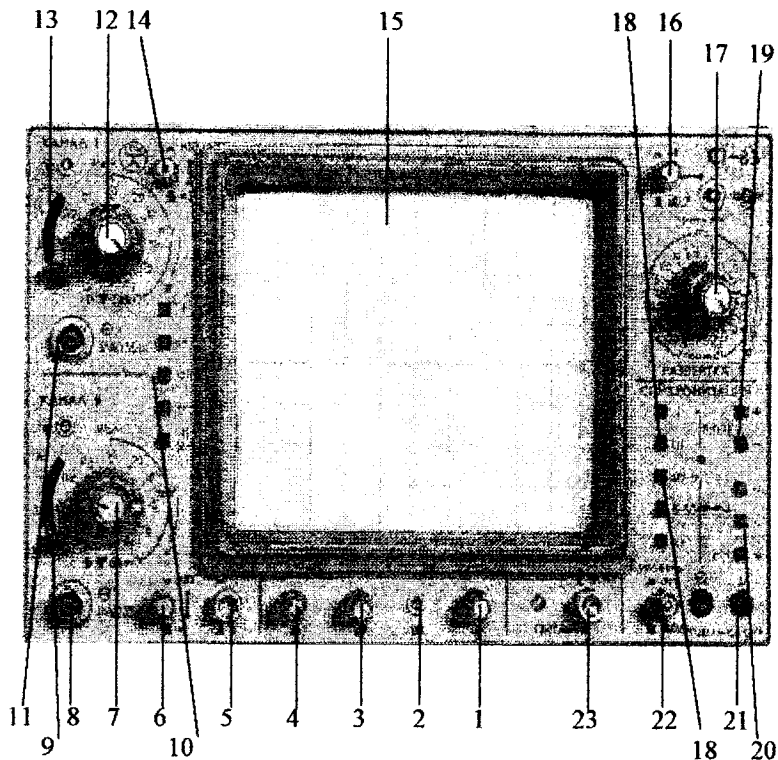


Рисунок 1.10 - Осцилограф С1-83

- 1 – ручка регулювання освітлення шкали;
- 2 – потенціометр для регулювання астигматизму променя;
- 3 – ручка фокусування променя “◎”;
- 4 – ручка регулювання яскравості променя “✱”;
- 5 – перемикач інвертування сигналу в II каналі: Γ – фаза сигналу не змінюється; \sqcup – фаза сигналу змінюється на 180° ;
- 6 – ручка зсуву променя по вертикалі “ \updownarrow ” в II каналі суміщена з перемикачем зміни підсилення каналу II в 10 раз: $\times 1$ – коефіцієнт відхилення каналу відповідає безпосередньо положенню атенюатора; $\times 10$ – коефіцієнт відхилення каналу відповідає положенню атенюатора, помноженому на 10;
- 14 – те ж саме - в I каналі;
- 7 – ручка вхідного атенюатора II каналу “V/ДЕЛ.” (встановлює калібрований коефіцієнт відхилення променя в першому каналі)

- суміщена з потенціометром "▷", що забезпечує плавне регулювання коефіцієнта відхилення каналу;
- 12 – те ж саме – в I каналі;
- 8 – вхідне високочастотне гніздо каналу II "↗ ІМОм 35 pF";
- 11 – те ж саме в каналі I;
- 9 – перемикач режиму роботи входу каналу II:
- ~ – на вхід підсилювача вертикального підсилення вхідний сигнал подається через розділовий конденсатор (закритий вхід);
- ≈ – на вхід підсилювача вертикального відхилення вхідний сигнал подається з постійною складовою (відкритий вхід);
- ⊥ – вхід підсилювача під'єднується до корпусу приладу;
- 13 – те ж саме в каналі I;
- 15 – екран ЕПТ;
- 16 – ручка потенціометра зсуву променя по горизонталі "↔" суміщена з перемикачем $x_1, x_0, 2$. В положенні $x_0, 2$ перемикач збільшує швидкість розгортки в 5 разів;
- 17 – перемикач "ВРЕМЯ/ДЕЛ." для встановлення каліброваного коефіцієнта розгортки суміщений з ручкою потенціометра "ПЛАВНО", яка дозволяє плавно змінювати коефіцієнт розгортки;
- 18 – перемикач джерела синхронізації:
- Внутр. I – розгортка синхронізується сигналом I каналу;
- Внутр. I, II – розгортка синхронізується сигналами обох каналів;
- 0,5-5 Внеш. – розгортка синхронізується зовнішнім сигналом амплітудою 0,5-5 В;
- 5-50 Внеш. – розгортка синхронізується зовнішнім сигналом амплітудою 5-50 В;
- X – Y – вхід підсилювача X від'єднується від генератора розгортки і під'єднується до I каналу підсилювача Y, робота генератора розгортки припиняється;
- 19 – перемикач полярності синхронізувального сигналу:
- + – розгортка синхронізується додатнім перепадом пускового сигналу;
- – розгортка синхронізується від'ємним перепадом пускового сигналу;
- 20 – перемикач режиму роботи входу синхронізації:
- ~ – закритий вхід синхронізації;
- ≈ – відкритий вхід синхронізації;
- ≈ НЧ – відкритий вхід синхронізації, під'єднується фільтр нижніх частот;
- 21 – клемма для заземлення приладу;

22 – потенціометр “УРОВЕНЬ”, вибирає рівень досліджуваного сигналу, при якому відбувається запуск розгортки;

23 – перемикач “ПИТАНИЕ”, здійснює ввімкнення і вимкнення приладу.

Межа допустимої основної похибки коефіцієнтів розгортки (0,5; 1; 2; 5; 10; 20; 50; 100; 200; 500; $1 \cdot 10^3$; $2 \cdot 10^3$; $5 \cdot 10^3$; $1 \cdot 10^4$; $2 \cdot 10^4$; $5 \cdot 10^4$; $1 \cdot 10^5$; $2 \cdot 10^5$; $5 \cdot 10^5$; $1 \cdot 10^6$; $2 \cdot 10^6$; $5 \cdot 10^6$ мкс/под.) – $\pm 3\%$ при розмірі зображення від 9 до 10 поділок і $\pm 4\%$ при розмірі зображення від 4 до 9 поділок, при використанні множника розгортки – $\pm 10\%$.

Мінімальний розмір зображення по горизонталі, при якому забезпечується клас точності приладу 4 поділки.

Внутрішня синхронізація здійснюється синусоїдними сигналами в діапазоні частот від 1 Гц до $5 \cdot 10^6$ Гц і імпульсами обох полярностей тривалістю від $0,3 \cdot 10^{-6}$ с до 1 с частотою до 1 МГц при висоті зображення від мінімального рівня, рівного 6 поділкам. В автоколивальному режимі нижня частота запуску 100 Гц.

Зовнішня синхронізація розгортки здійснюється гармонічними сигналами в діапазоні частот від 1 Гц до $5 \cdot 10^6$ Гц і імпульсними сигналами обох полярностей тривалістю від $0,3 \cdot 10^{-6}$ с до 1 с з частотою до 1 МГц. Мінімальний рівень синхронізації 0,5 В, максимальний – 50 В.

Регулювання яскравості забезпечує зміну яскравості зображення від повної відсутності до зручної для спостереження.

Підготовка приладу до роботи

Перед вмиканням осцилографа встановіть органи керування в такі положення:

- “☼” – в крайнє ліве;
- “☉” – в середнє;
- “V/ДЕЛ.” – в “5mV”;
- “▷” – “▽”;
- “↕” – в середнє;
- “ $\approx \perp \approx$ ” – “ \perp ”
- “Г”, “...” , “I+II”, “→→”, “II”, “X-Y” – в “→→”;
- “+” – “+”;
- “ $\approx \approx \text{НЧ}$ ” – “ \approx ”;
- “ \leftrightarrow ” – в середнє;
- “x1, x10” – в “x10”;
- “УРОВЕНЬ” – в крайнє праве;
- “АВТ. ЖДУЩ.” – “АВТ.”;

- “ВРЕМЯ/ДЕЛ.” – 1 mS;
- “СИНХРОНИЗАЦИЯ” – “Внутр. I, П”.

Ввімкніть перемикач “ПИТАНИЕ” на передній панелі приладу. При цьому повинна засвітитися сигнальна лампочка. Дайте прогрітись осцилографу протягом 2-3 хвилин.

Встановіть ручкою “✱” яскравість зображення, зручну для спостереження.

Встановіть перемикач роду роботи підсилювача в положення “Г”.

Ручкою “↕” каналу I сумістіть лінію розгортки з центром екрану.

Ручкою “◎” встановіть однакову чіткість зображення на всій лінії променя.

Встановіть обертанням ручки “УРОВЕНЬ” стійке зображення на екрані ЕІТ в положеннях перемикачів синхронізації “+~”, “-~”, “+~”, “-~”.

Перемикач джерела синхронізації встановіть в положення “Внутр. I”.

Проведення вимірів

Для проведення вимірів виконайте такі операції:

а) подайте сигнал на гніздо “→” 1МОм 35pF” одного з каналів;
 б) встановіть перемикач режиму роботи підсилювача на потрібний канал;

в) поставте перемикачі “V/ДЕЛ.” і “x1, x10” в таке положення, щоб амплітуда зображення складала більше половини шкали;

г) поставте перемикач “~ ⊥ ~” в положення “~”;

перемикач “П, — “ – в положення “—”;

д) ручкою “УРОВЕНЬ” встановіть стійке зображення.

Встановіть перемикач “ВРЕМЯ/ДЕЛ.” в положення, при якому спостерігається декілька періодів досліджуваного сигналу;

е) встановіть ручку “↕” “вертикального зсуву так, щоб мінімальний рівень сигналу збігався з однією з нижніх ліній, а максимальний – знаходився в межах екрану. Ручкою “↔” “горизонтального зсуву перемістіть зображення таким чином, щоб один з верхніх піків знаходився на вертикальній середній лінії шкали;

е) проведіть вимірювання параметрів сигналу в відповідності з п.п.1.3.8.

1.1.10 **Фазометр Ф2-34** (рис. 1.11) призначений для вимірювання різниці фаз між двома синхронними гармонічними сигналами, має цифрове відображення інформації і може бути використаний для

визначення фазових характеристик радіотехнічних кіл, фільтрів, підсилювачів і інших пристроїв.

Діапазон робочих частот від 0.5 Гц до 5 МГц.

Діапазон вхідних напруг відповідає значенням, вказаним в табл.1.2.



Таблиця 1.2

Частота (F), Гц	Діапазон вхідних напруг		
	Безпосередньо на входах 1 і 2 приладу	З виносним подільником ДН 1:15	З виносним подільником ДН 1:100
$0,5 \leq F \leq 1$	від 20 мВ до 2 В	від 0,5 В до 30 В	від 2 В до 200 В
$1 \leq F \leq 5$	від 10 мВ до 2 В	від 0,15 В до 30 В	від 1 В до 200 В
$5 \leq F \leq 5 \cdot 10^6$	від 2 мВ до 2 В	від 30 мВ до 30 В	від 0,2 В до 200 В

Діапазон вимірювання кутів фазового зсуву сигналів в діапазоні робочих частот від 0 до 360°. Розрізняювальна здатність індикатора 0,01°.

Вхідний активний опір - не менший 1 МОм, вхідна ємність - не більша 25 пФ, вхідний активний опір і вхідна ємність приладу з під'єднаними ДН 1:15 і ДН 1:100 - не менший 1 МОм і не більша 15 пФ відповідно.

Час одного циклу вимірювання на частоті 100 кГц дорівнює в режимі роботи з малим часом вимірювання - $(1,4 \pm 0,3)$, с, в режимі роботи з великим часом вимірювання - (11 ± 3) , с; на частоті 1 Гц - (22 ± 11) , с.

Примітка. Режим роботи з малим часом вимірювання встановлюється тумблером “” в положення “1S”. Режим роботи приладу з великим часом вимірювання встановлюється при перемиканні тумблера “” в положення “10S”.

В приладі забезпечується автоматичне керування тривалістю циклу вимірювання; на частотах, менших 1,8 Гц - 2 Гц, автоматично встановлюється режим роботи приладу з великим часом вимірювання.

Прилад забезпечує роботу в режимі вимірювання абсолютної різниці фаз і в режимі вимірювання приросту різниці фаз.

Режим вимірювання абсолютної різниці фаз приладу встановлюється при натисканні кнопки “ φ ”, режим вимірювання приросту різниці фаз - при натисканні кнопки “ $\Delta\varphi$ ”.

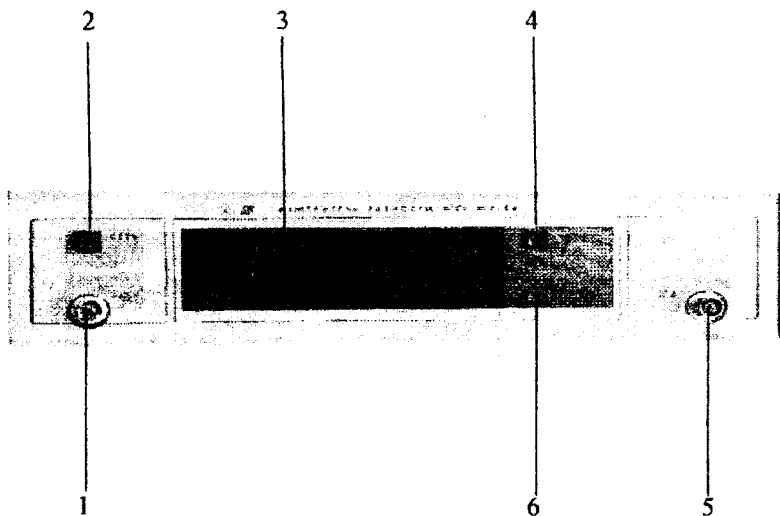


Рисунок 1.11 – Фазометр Ф2-34

- 1 – гніздо СР першого каналу;
- 2 – перемикач ввімкнення-вимкнення фазометра;
- 3 – цифровий індикатор;
- 4 – кнопка ввімкнення режиму вимірювання фазового зсуву між каналами I і II;
- 5 – гніздо СР другого каналу;
- 6 – кнопка ввімкнення режиму вимірювання приросту фазового зсуву.

Підготовка до роботи

Встановити прилад на робочому місці так, щоб забезпечувалась вільна вентиляція. Вентиляційні отвори приладу не повинні бути закриті будь-якими предметами. Не допускається обдування приладу вихідним вентиляційним потоком повітря інших приладів.

Встановити перемикач “Сеть” в вимкнене положення.

Вставити вилку шнура живлення в розетку електромережі 220 В.

Ввімкнути перемикач “Сеть” приладу. При цьому повинна працювати цифрова індикація приладу.

Прогріти прилад протягом 15 хв., після цього він готовий до роботи.

Порядок роботи

На роз'єднувачі “→1” і “→2”, розміщені на передній панелі, недопустимо подавати сигнали, рівень змінної складової напруги яких перевищує сім вольт (ефективне значення), а рівень постійної складової напруги в сумі з амплітудою змінної складової перевищує 20 В.

При під'єднанні входів приладу до досліджуваної схеми в першу чергу під'єднують заземлений провідник кабелю (або виносного під'їльника).

Робота з приладом в режимі вимірювання фазових зсувів між сигналами проводиться таким чином:

1) натискається кнопка “ ϕ ” на передній панелі. Цикл встановлення нуля триває приблизно 70 с. Про закінчення циклу встановлення нуля свідчить періодичне світіння нижнього сегмента символного розряду індикатора;

2) після закінчення циклу встановлення нуля прилад починає показувати значення фазового зсуву досліджуваного сигналу, що подається на вхід “→1”, відносно опорного сигналу, поданого на вхід “→2”.

1.2 Порядок виконання роботи

1.2.1 Виміряти вихідну напругу генератора ГЗ-118 за допомогою мілівольтметра ВЗ-38 для різних значень частоти і вихідної напруги генератора ГЗ-118 за схемою (рис. 1.12).

Отримані дані записати в табл.1.3



Рисунок 1.12

Значення вихідної напруги в вольтах для різних положень атенуатора на виході 2 визначається за виразом:

$$U_{Г} = U_{Г0} \cdot K,$$

де $U_{Г0}$ – значення вихідної напруги генератора при положенні атенуатора 0 дБ;

K – коефіцієнт зменшення напруги.

Коефіцієнт K визначається з табл. 1.4.

Оцінити точність встановлення вихідної напруги генератора, вважаючи вольтметр ВЗ-38 еталоном.

Таблиця 1.3

Частота, Гц	Напруга генератора		Напруга, виміряна вольтметром (U_B), В	Похибка виміру	
	дБ	В		абсолютна $\Delta U = U_B - U_{\Gamma} $	відносна $\gamma = \Delta U / U_B$
20	0				
	10				
	20				
	30				
	40				
	50				
	60				
20000	0				
	10				
	20				
	30				
	40				
	50				
	60				
200000	0				
	10				
	20				
	30				
	40				
	50				
	60				

Таблиця 1.4.

Положення атенюатора, дБ	0	10	20	30	40	50	60
К	1	0,3162	0,1	0,0316	0,01	0,0032	0,001

1.2.2 Виміряти осцилографом частоту вихідної напруги генератора ГЗ-118 за схемою (рис. 1.13).



Рисунок 1.13

Отримані дані занести до табл. 1.5.

Таблиця 1.5.

Частота генератора ГЗ-118 (f_r), Гц	Вимірне осцилографом значення періоду, с	Вимірне осцилографом значення частоти (f_0), Гц	Похибка вимірювання	
			абсолютна $\Delta f = f_r - f_0 $	відносна $\gamma = \Delta f / f_r$
700				
7000				
70000				
170000				

Оцінити похибку вимірювання частоти вихідної напруги генератора.

Примітка. Частоту розгортки встановити такою, щоб зображення періоду коливання було якомога більшим.

1.2.3 Виміряти коефіцієнт глибини модуляції амплітудно-модульованого коливання генератора Г4-102 (Г4-18А).

1.2.3.1 Ввімкнути режим внутрішньої амплітудної модуляції, відкалібрувати генератор і скласти схему досліду за рис. 1.14

1.2.3.2 З використанням осцилографа перевірити коефіцієнт глибини амплітудної модуляції M_0 для таких значень по шкалі генератора M_r , %: 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 70, 80, 90.



Рисунок 1.14

Коефіцієнт глибини амплітудної модуляції можна визначити за такими виразами:

$$M_0 = \left(\frac{\Delta U}{U_0} \right) \times 100; \quad M_0 = \left(\frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_{\max} + U_{\min}} \right) \times 100.$$

Носійну частоту f_n встановити в межах 100 – 200 кГц.

Результати вимірів занести до табл. 1.6

Таблиця 1.6

$M_r, \%$	$M_0, \%$	$f_n, \text{кГц}$	Абсолютна похибка, $\Delta M = M_r - M_0 $	Відносна похибка, $\gamma = \left(\frac{\Delta M}{M_r}\right) \times 100$
10				
20				
30				
40				
50				
60				
70				
80				
90				

Порівняти отримані результати вимірів коефіцієнта глибини модуляції M_0 із значеннями M_r встановленими на приладі Г4-102 (Г4-18).

1.2.4 Визначити похибку встановлення частоти генератора ГЗ-118 за допомогою інтерференційних фігур.

1.2.4.1 Скласти схему (рис. 1.15). На вхід підсилювача горизонтального відхилення ("X") осцилографа С1-76 подати вихідну напругу ГЗ-117 з частотою f_3 , яку вважати еталонною.

1.2.4.2 На вхід "Y" осцилографа подати сигнал від генератора ГЗ-118 з частотою f_r , яку потрібно перевірити за допомогою осцилографа і еталонного генератора ГЗ-117 (осцилограф в даному досліді виконує роль індикатора).

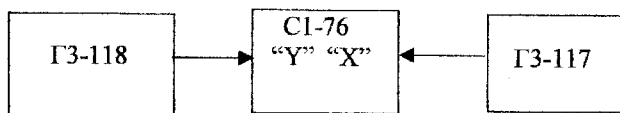
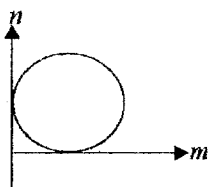


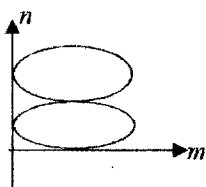
Рисунок 1.15

1.2.4.3 Змінюючи частоту f_3 генератора ГЗ-117 за допомогою ручки плавного перестроювання частоти, отримати на екрані осцилографа фігуру Ліссажу (наприклад, одну з фігур на рис. 1.16) для різних співвідношень частот f_r і f_3 . Результати вимірів занести до табл. 1.7.



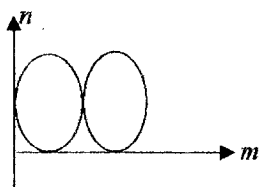
$$\frac{f_{\Gamma}}{f_3} = \frac{m}{n} = \frac{1}{1}$$

а)



$$\frac{f_{\Gamma}}{f_3} = \frac{1}{2}$$

б)



$$\frac{f_{\Gamma}}{f_3} = \frac{2}{1}$$

в)

Рисунок 1.16

1.2.4.4 Замалювати фігури Ліссажу для заданих співвідношень f_{Γ} і f_3 .

1.2.5 Виміряти параметри вихідних імпульсів генератора Г5-54.

1.2.5.1 Зібрати схему експерименту (рис. 1.17)



Рисунок 1.17

Таблиця 1.7

$\frac{f_{\Gamma}}{f_3}$	Частота зі шкали		Похибка встановлення частоти генератора Г3-118	
	Г3-118 (f_{Γ}), кГц	Г3-117 (f_3), кГц	абсолютна, $\Delta f = f_{\Gamma} - f_3$, Гц	відносна, $\gamma = \frac{\Delta f}{f_3}$, %
1/1	100			
2/1	100			
3/1	90			
3/2	90			

1.2.5.2 В режимі внутрішнього запуску генератора Г5-54 задати амплітуду, частоту і тривалість імпульсів. Виміри провести за допомогою осцилографа С1-76 (С1-83), вважаючи параметри імпульсів генератора Г5-54 зразковими.

Результати вимірів занести до табл. 1.8.

Таблиця 1.8.

№ досліду	Параметри імпульсів генератора Г5-54		Значення, виміряні осцилографом	Абсолютна похибка	Відносна похибка
1	f , Гц t_i , мкс U , В	50000 10 2			
2	f , Гц t_i , мкс U , В	10000 50 0,5			

Визначити абсолютну і відносну похибки і занести їх до табл. 1.8.

1.3 Зміст звіту

Звіт з лабораторної роботи повинен включати основні технічні характеристики використаних приладів, схеми дослідів, таблиці, осцилограми і супроводжуватись висновками.

1.4 Контрольні запитання

1. Призначення контрольно-вимірювальних приладів, що використані в лабораторній роботі.
2. Як встановити на виході генератора Г4-102 (Г4-18), Г3-118, Г5-54 сигнали з заданими параметрами?
3. Які виміри і в якому частотному діапазоні дозволяють робити осцилограф С1-76 і вольтметр В3-38 (В3-39, В3-56).
4. Визначення параметрів сигналів за допомогою радіовимірювальних приладів.
5. Як визначити осцилографом амплітуду та тривалість сигналу?
6. Як встановити частоту сигналів генераторів Г3-112 і Г3-118?
7. Як встановити частоту сигналу і його тривалість на виході генератора Г5-54?

2 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2. Вивчення закону Ома і законів Кірхгофа та їх експериментальна перевірка.

Мета роботи – на прикладі простих електричних кіл перевірити справедливність основних законів електротехніки, застосовуючи метод комплексних амплітуд.

2.1 Короткі теоретичні відомості

Закон Ома застосовується для гілки або для одноконтурного кола. Для запису закону Ома потрібно, перш за все, вибрати позитивний напрям струму.

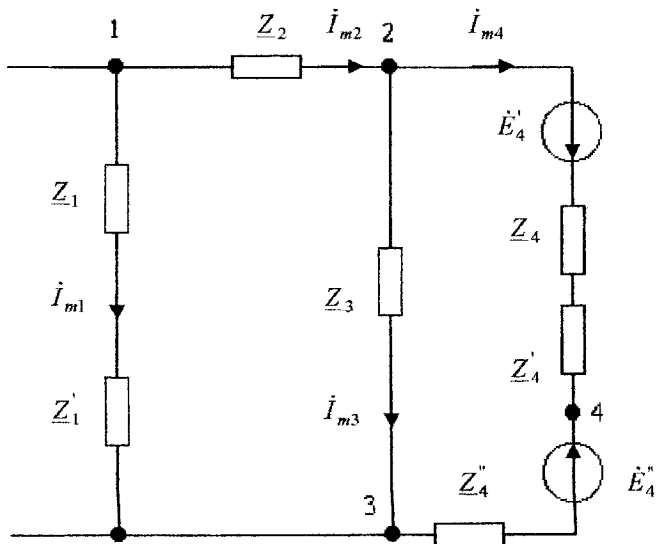


Рисунок 2.1.

Для гілки, що має тільки опори і не має електрорушійних сил (наприклад, для гілки 1-3, рис.2.1), при напрямі струму \dot{I}_{m1} від вузла 1 до вузла 3 закон Ома запишеться так :

$$\dot{I}_{m1} = \frac{\dot{\varphi}_{m1} - \dot{\varphi}_{m3}}{\underline{Z}_1 + \underline{Z}'_1} = \frac{\dot{U}_{m13}}{\underline{Z}_{13}}, \quad (2.1)$$

де $\dot{\varphi}_{m1}$ і $\dot{\varphi}_{m3}$ - комплексні амплітуди потенціалів точок 1 і 3;

U_{m13} - комплексна амплітуда напруги між точками 1 і 3;

Z_{13} - комплексний опір гілки.

Для гілки, що має ЕРС і опори (наприклад, для гілки 2-4-3, рис. 2.1) закон Ома

$$i_{m4} = \frac{\dot{\phi}_{m2} - \dot{\phi}_{m3} + \dot{E}_{m4} - \dot{E}'_{m4}}{Z_4 + \underline{Z}'_4 + \underline{Z}''_4} = \frac{U_{m23} + \sum \dot{E}_{m23}}{\sum Z_{243}}, \quad (2.2)$$

де $\dot{U}_{m23} = \dot{\phi}_{m2} - \dot{\phi}_{m3}$ - комплексна амплітуда напруги між точками 2 і 3;

$\sum E_{m23}$ - алгебраїчна сума ЕРС, що знаходиться в гілці 2-4-3;

$\sum Z_{243}$ - сума комплексних опорів гілки.

Для гілки 1-4-3 (рис. 2.1) $\sum \dot{E}_{m23} = \dot{E}_{m4} - \dot{E}'_{m4}$; $\sum Z_{243} = Z_4 + \underline{Z}'_4 + \underline{Z}''_4$.
Вираз (2.2) називають узагальненим законом Ома.

Для одноконтурного кола:

$$i_m = \frac{\sum \dot{E}_m}{\sum Z}, \quad (2.3)$$

де $\sum Z$ - сума всіх опорів кола;

$\sum \dot{E}_m$ - алгебраїчна сума ЕРС.

Зі знаком "+" беруть ЕРС, напрям яких збігається з вибраним позитивним напрямом контурного струму i_m , а зі знаком "-" ЕРС з протилежними напрямками.

Основними законами теорії електричних кіл, окрім закону Ома, є також закони Кірхгофа.

Для запису рівнянь за законами Кірхгофа необхідно задатись позитивними напрямками струмів.

Перший закон Кірхгофа: алгебраїчна сума всіх струмів, що сходяться в вузлі, дорівнює нулю

$$\sum_{k=1}^n i_{mk} = 0. \quad (2.4)$$

Струми, що направлені до вузла умовно приймають додатними, а направлені від нього - від'ємними (або навпаки).

Другий закон Кірхгофа: алгебраїчна сума ЕРС контура дорівнює алгебраїчній сумі напруг в ньому:

$$\sum_{k=1}^n \dot{E}_{mk} = \sum_{k=1}^m \dot{U}_{mk}. \quad (2.5)$$

Напрямок обходу контура вибирається довільним. При запису лівої частини рівняння (2.5) ЕРС, напрям яких збігається з напрямом обходу (незалежно від напрямку струму, що протікає через них), приймаються додатними, а ЕРС, направлені протилежно, - від'ємними. При запису правої частини рівняння (2.5) зі знаком "+" беруться напруги в тих гілках, в яких напрям струму збігається з напрямом обходу (незалежно від напрямку ЕРС в цих гілках), а зі знаком "-" - напруги в тих гілках, в яких напрями струму протилежні напрямку обходу.

Розрахункові вирази

1 До першого досліду (п, 2.3, 1.2):

а) непрямі виміри

$$I = \frac{U_1}{R_1}, \quad \varphi = \arctg \frac{U_2 - U_3}{U_1};$$

б) розрахунки

$$\underline{Z}_e = R_1 + j \cdot (X_L - X_C) = Z_e \cdot e^{j\varphi_p};$$

$$I_p = \frac{U_r}{Z_e}, \quad U_{p1} = I_p R_1, \quad U_{p2} = I_p \cdot X_L, \quad U_{p3} = I_p X_C,$$

$$U_p = \sqrt{U_{p1}^2 + (U_{p2} - U_{p3})^2}.$$

2 До другого досліду (п, 2.3, 2.2):

а) непрямі виміри

$$I = \frac{U_0}{R_0}, \quad I_1 = \frac{U}{R_1}, \quad I_2 = \frac{U}{X_L}, \quad I_3 = \frac{U}{X_C},$$

$$\varphi = \arctg \frac{I_3 - I_2}{I_1};$$

б) розрахунки

$$\underline{Y}_e = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{j \cdot \omega \cdot L} + j \cdot \omega \cdot C = \frac{1}{R_1} + j \cdot \left(\omega \cdot C - \frac{1}{\omega \cdot L} \right) = Y_e \cdot e^{j\varphi_p},$$

$$I_p = U \cdot \underline{Y}_e = U \cdot Y_e \cdot e^{j\varphi_p}; \quad Y_e = \sqrt{\frac{1}{R_1^2} + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L} \right)^2}$$

$$I_{p1} = I_p \cdot \frac{Y_1}{Y_e}, \quad I_{p2} = I_p \cdot \frac{Y_2}{Y_e}, \quad I_{p3} = I_p \cdot \frac{Y_3}{Y_e}.$$

3 До третього досліду (п, 2.3, 3.2):

а) непрямі виміри

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1}, \quad I = \frac{U_2}{Z_2} = \frac{U_2}{\sqrt{R_2^2 + X_L^2}}, \quad I = \frac{U_2}{X_C},$$

$$\varphi = 90 - \alpha, \quad \alpha = \arccos \frac{I_3^2 + I_2^2 - I_1^2}{2I_3 I_1};$$

б) розрахунки

$$Z_e = R_1 + \frac{Z_2(-jX_C)}{Z_2 - jX_C}, \quad Z_2 = R_2 + jX_L,$$

$$i_{1p} = \frac{U}{Z_e} = i_{1p} e^{j\varphi_1}, \quad i_{p2} = i_{p1} \frac{-jX_C}{Z_2 - jX_C} = i_{2p} e^{j\varphi_2},$$

$$i_{p3} = i_{p1} \frac{Z_2}{Z_2 - jX_C} = i_{p3} e^{j\varphi_3}, \quad U_{p3} = i_{p3} \cdot (-j \cdot X_C) = Z_{p2} \cdot e^{j\psi}.$$

2.2 Порядок виконання роботи

Встановити параметри схем згідно з заданим варіантом (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

№ варіанту	f , кГц	R_1 , Ом	R_2 , Ом	R_3 , Ом	L , мГн	C , нФ	E , В
1	100	100	1000	750	0,1	10	1
2	120	11000	1100	110	1	2	1,5
3	130	120	1200	12000	5	6	4
4	150	13000	1300	130	10	1	2,5

2.2.1. Дослідити послідовне з'єднання (рис. 2.1.)

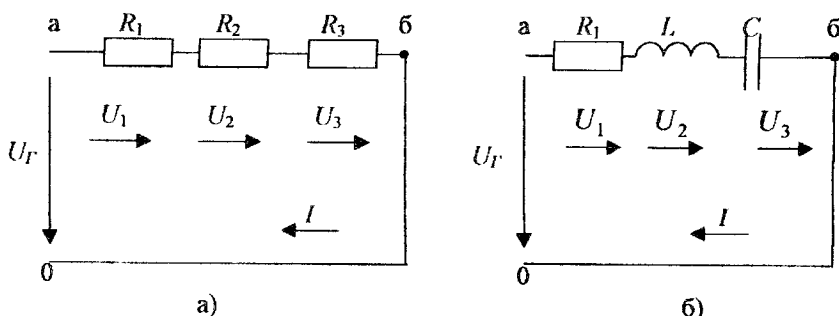


Рисунок 2.1

2.2.1.1 Дослідити схему рис. 2.1, а.

Виміряти напруги на кожному з опорів між точками а і б та фазовий зсув між напругою і струмом. Перевірити виконання другого закону Кірхгофа. Розрахувати еквівалентний опір, струм та напруги на елементах схеми. Результати занести до табл. 2.2. Побудувати суміщену векторну діаграму напруг і струму.

Таблиця 2.2

№ дос-лїду	Результати вимірів						Результати розрахунків					
	U_T , В	I , А	U_1 , В	U_2 , В	U_3 , В	φ_3^0	Z_E	I_{p1} , А	U_{p1} , В	U_{p2} , В	U_{p3} , В	φ_{p3}^0

2.2.1.2 Дослідити схему рис. 2.1, б. Виконати досліди, розрахунки та побудову діаграми за п. п. 2.2.1.1.

2.2.2 Дослідити паралельне з'єднання (рис. 2.2).

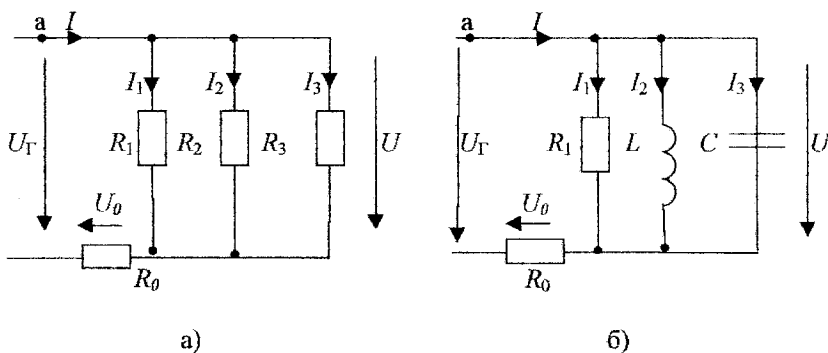


Рисунок 2.2

2.2.2.1 Дослідити схему рис. 2.2, а. Виміряти струм I , фазовий зсув між U_T та I і струми I_1, I_2, I_3 непрямыми вимірами. Перевірити виконання першого закону Кірхгофа. Виконати розрахунки. Побудувати суміщену векторну діаграму струмів і напруги. Результати занести до табл. 2.3.

2.2.2.2 Дослідити схему рис. 2.2, б. Виконати досліди, розрахунки та побудову діаграми за п. п. 2.2.2.1.

Таблиця 2.3

№ вар.	№ сх.	Результати вимірів						Результати розрахунків					
		U_{Γ} , В	I_1 , А	I_2 , А	I_3 , А	I , А	$\varphi, ^\circ$	I_{p1} , А	I_{p2} , А	I_{p3} , А	Y_E , См	I_p , А	$\varphi_p, ^\circ$

2.2.3 Дослідити змішане з'єднання рис. 2.3.

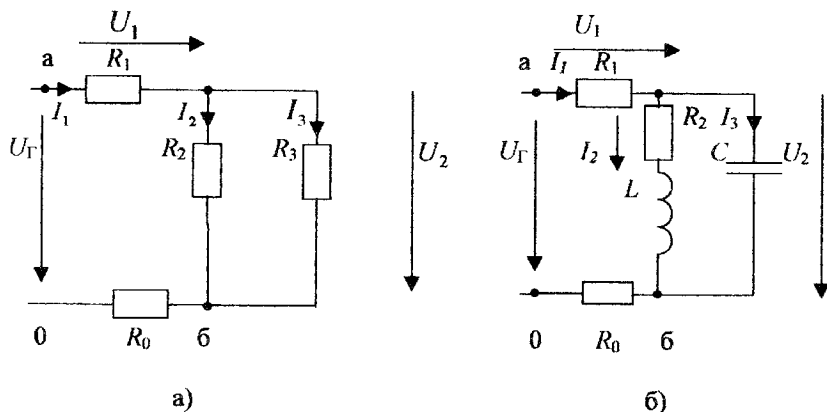


Рисунок 2.3

2.2.3.1 Дослідити схему рис. 2.3, а. Виміряти струм I_1 , напругу U_1 і U_2 та фазовий зсув між вихідною напругою і струмом. Розрахувати вхідний опір і струми I_2 та I_3 . Результати занести до таблиці 2.4. Побудувати суміщену діаграму струмів і напруг.

Таблиця 2.4

№ до-слід. сх.	Результати вимірів							Результати розрахунків						
	U_{Γ} , В	I_1 , А	U_1 , В	I_2 , А	U_2 , В	I_3 , А	$\varphi, ^\circ$	Z_{ax} , Ом	I_{p1} , А	I_{p2} , А	U_{p1} , В	I_{p3} , А	U_{p2} , В	$\varphi_p, ^\circ$

2.2.3.2 Дослідити схему рис. 2.3, б. Виконати досліди, розрахунки та побудову діаграми за п. п. 2.2.3.1.

2.3 Зміст звіту

Звіт повинен включати короткі теоретичні відомості, схеми експериментів, таблиці з результатами вимірів і розрахунків, суміщені векторні діаграми напруг і струмів, а також короткі висновки за результатами дослідів.

2.4 Контрольні запитання.

1. Закон Ома.
2. Перший закон Кірхгофа.
3. Другий закон Кірхгофа.
4. Метод контурних струмів.
5. Метод вузлових потенціалів.
6. Еквівалентні перетворення кіл.
7. Послідовне з'єднання.
8. Паралельне з'єднання.
9. Змішане з'єднання.
10. Комплексна амплітуда.
11. Комплексний опір кола.
12. Комплексна провідність кола.
13. Топографічні діаграми.
14. Векторні діаграми.

Література

1. Атабеков Г.Н. Основы теории цепей: Учеб. для вузов. - М.: Энергия, 1969.
2. Баскаков С.Н. Радиотехнические цепи и сигналы: Учеб. для вузов по спец. "Радиотехника". - 2-е изд. перераб. и доп. - М.: Высш. шк., 1988.
3. Зернов Н.В., Карпов В.Г. Теория радиотехнических цепей. - 2-е изд. перераб. и доп. - Л.: Энергия, 1972.
4. Теорія кіл і сигналів. Виконання курсової роботи: Навч.пос./ М.О. Куцевол. - Вінниця: ВДТУ, 1999.
5. Шебес М.Р., Каблукова М.В. Задачник по теории линейных электрических цепей: Учеб. пособ. для электротехнич., радиотехнич. спец. вузов. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. шк., 1990.

Додаток А
Приклад оформлення звіту до першої лабораторної роботи

Вінницький національний технічний університет
Інститут радіотехніки, зв'язку і приладобудування

Факультет радіотехніки і телекомунікацій
Кафедра радіотехніки

**Ознайомлення з радіоелектронними вимірювальними приладами і
вимірювання основних параметрів електричних сигналів**
Лабораторна робота №1
з навчальної дисципліни „Основи радіоелектропіки”
Тривалість — 12 ак. годин

Виконали ст. гр. МА-00

Петренко В.П.
Степаненко С.С.
Вітюк Є.М.
Ковальчик К.Т.

Перевірив доц. каф. РТ
Куцевол М.О.

Мета роботи – ознайомлення з найбільш поширеними радіотехнічними вимірювальними приладами і визначення основних параметрів електричних сигналів.

1 Опис лабораторного комплексу.

Лабораторна установка включає такі прилади:

1. Мілівольтметр ВЗ-38.
2. Генератор сигналів низькочастотний ГЗ-117.
3. Генератор сигналів низькочастотний ГЗ-118 (ГЗ-109).
4. Генератор сигналів високочастотний Г4-102.
5. Генератор імпульсів Г5-54.
6. Осцилограф С1-76 (С1-73).
7. Осцилограф С1-83.
8. Фазометр Ф2-34.
9. Лабораторні макети.

Схеми з'єднань приладів змінюються на різних етапах досліджень і наводяться у відповідних пунктах лабораторного завдання.

2 Основні технічні характеристики радіоелектронних вимірювальних приладів.

2.1. Електронний мілівольтметр ВЗ-38. Цей прилад призначений для вимірювання діючого значення напруги змінного струму від 0.1 мВ до 300 В у діапазоні частот від 20 Гц до 5 МГц.

Шкала приладу проградуєвана в діючих значеннях гармонічної напруги. Прилад має окрему шкалу, проградуєвану в децибелах. Рівень "0" децибел дорівнює 0,775 В.

Межа приведеної основної похибки, вираженої в відсотках до кішцевого значення піддіапазону, не перевищує $\pm 2,5\%$ на межах вимірювання від 1 мВ до 300 мВ; $\pm 4,0\%$ на піддіапазонах від 1 до 300 В у області частот від 45 Гц до 1 МГц.

2.2 Генератор сигналів низькочастотний ГЗ-117. Цей прилад є багатофункціональним джерелом гармонічного сигналу і призначений для дослідження, налагодження і випробування різноманітної радіоелектронної апаратури.

Частота вихідного сигналу встановлюється в межах від 50 Гц до 200 кГц і перекривається трьома піддіапазонами з плавним перестроюванням всередині них і частковим перекриттям:

- I – від 50 Гц до 2 кГц;
- II – від 500 Гц до 20 кГц;
- III – від 5 кГц до 200 кГц.

Прилад має вмонтований частотомір, тому може використовуватись в якості зразкового джерела гармонічної напруги.

Вмонтований вольтметр дозволяє визначити значення вихідної напруги.

Основна похибка встановлення частоти не перевищує: $\pm 0,1$ Гц в діапазоні частот від 50 Гц до 2 кГц; ± 1 Гц в діапазоні від 500 Гц до 200 кГц.

Найбільше значення опорного рівня вихідної напруги генератора на навантаженні (600 ± 6) Ом не перевищує 9 В.

Плавне регулювання рівня вихідної напруги генератора здійснюється від напруги 9 В в гнізді \ominus I до рівня 0 В.

Ступеневе регулювання рівня вихідної напруги генератора в гніздах \ominus II і \ominus III здійснюється вмонтованим атенуатором ступінями через 10 дБ в межах від 0 дБ до 60 дБ.

Похибка встановлення ослаблення атенуатора для всіх ступінів не перевищує $\pm 0,5$ дБ.

Нерівномірність рівня вихідної напруги при зміні частоти відносно значення напруги на частоті 1 кГц не перевищує:

$\pm 6,5\%$ в діапазоні частот від 50 Гц до 2 кГц;

$\pm 5\%$ в діапазоні частот від 500 Гц до 20 кГц;

$\pm 3\%$ в діапазоні частот від 5 кГц до 200 кГц.

Прилад забезпечує свої технічні характеристики після 15 хв з моменту ввімкнення.

2.3 Генератор сигналів низькочастотний ГЗ-109. Цей прилад призначений для регулювання, випробування та ремонту різних радіотехнічних пристроїв в лабораторних та виробничих умовах.

Діапазон генерованих частот від 20 Гц до 200 кГц перекривається чотирма піддіапазонами з плавним перестроюванням всередині них:

I ($\times 1$) - від 20 до 200 Гц;

II ($\times 10$) - від 200 Гц до 2 кГц;

III ($\times 100$) - від 2 до 20 кГц;

IV ($\times 1000$) - від 20 до 200 кГц.

Основна похибка встановлення частоти не перевищує:

$\pm (1+50/f_n) \%$ в діапазоні частот від 200 Гц до 20 кГц (II і III піддіапазони);

$\pm (2+50/f_n) \%$ в діапазоні частот від 20 до 200 Гц (I піддіапазон) і від 20 до 200 кГц (IV піддіапазон), де f_n - номінальне значення частоти, що встановлюється по шкалі частот "Hz".

Найбільше значення опорного рівня вихідної напруги генератора в гнізді "Выход I" при опорі навантаження 50 Ом не перевищує 15 В (максимальний струм в навантаженні не більший 0,3 А).

Вихідна напруга плавно регулюється в межах 20 дБ від свого найбільшого значення.

Основна приведена похибка встановлення опорного значення вихідної напруги в гнізді "Выход I" при положенні атенуатора "15V" не перевищує $\pm 4\%$.

В генераторі на виході гнізда “Выход I” передбачене ступеневе регулювання вихідної напруги, яке здійснюється з допомогою вмонтованого атенюатора 60 дБ, фіксовано через 10 дБ. Похибка послаблення вмонтованого атенюатора при активному навантаженні 50 Ом в робочому діапазоні температур не перевершує $\pm 0,5$ дБ.

В генераторі передбачене використання зовнішнього атенюатора 40 дБ для під'єднання до гнізда “Выход I”.

Похибка послаблення зовнішнього атенюатора при активному навантаженні 50 Ом в робочому діапазоні температур не перевершує $\pm 0,5$ дБ.

Нерівномірність рівня вихідної напруги генератора при перестроюванні частоти від 20 Гц до 200 кГц не перевершує:

- на гнізді “Выход I” $\pm 0,5\%$ при опорі навантаження 50 Ом;
- на клеммах “Выход II” при несиметричних навантаженнях 5; 50; 600 Ом і 5 кОм відповідно $\pm 15\%$, $\pm 10\%$, $\pm 10\%$, $\pm 25\%$;

Асиметрія вихідної напруги не перевершує $\pm 5\%$ при симетричних навантаженнях 5; 50; 600 Ом і 5 кОм.

Коефіцієнт гармонік вихідного сигналу в гнізді “Выход I” при опорі навантаження 50 Ом при найбільшому опорному значенні вихідної напруги не перевищує:

- 0,5% в діапазоні частот від 200 Гц і від 20 до 200 кГц (II і III піддіапазони);
- 1% в діапазоні частот від 20 до 200 Гц і від 20 до 200 кГц (I і IV піддіапазони).

Коефіцієнт гармонік генератора на клеммах “Выход 2” при найбільшому опорному значенні вихідної потужності 4 Вт в робочому діапазоні частот не перевищує 2%.

2.4 Генератор сигналів низькочастотний ГЗ-118. Цей генератор є джерелом гармонічного сигналу точної форми і призначений для дослідження, налагодження і випробувань систем і приладів.

Частота вихідного сигналу встановлюється в межах від 10 Гц до 200 кГц.

Встановлення частоти здійснюється дискретно на п'яти піддіапазонах:

- 10 – 100 Гц через 0,1 Гц – I піддіапазон;
- 100 – 1000 Гц через 1 Гц – II піддіапазон;
- 1 – 10 кГц через 10 Гц – III піддіапазон;
- 10 – 100 кГц через 100 Гц – IV піддіапазон;
- 100 – 200 кГц через 100 Гц – V піддіапазон;

Основна похибка встановлення частоти не перевищує $\pm \left(1 + \frac{50}{f_n}\right)\%$ в

діапазоні частот 10 Гц – 20 кГц і $\pm 1,5\%$ в решті діапазону частот, де f_n – встановлене значення частоти, Гц.

Межі плавної некаліброваної зміни частоти не менші:

$\pm 0,15$ Гц в піддіапазоні I;

$\pm 1,5$ Гц в піддіапазоні II;

± 15 Гц в піддіапазоні III;

± 150 Гц в піддіапазонах IV і V;

Найбільше значення рівня вихідної напруги генератора на навантаженні (600 ± 6) Ом не перевищує:

10 В в гнізді „ \odot I”;

5 В в гнізді „ \odot II”.

Плавне регулювання рівня вихідної напруги генератора здійснюється від напруги 10 В в гнізді „ \odot I”, або від 5 В в гнізді „ \odot II” до рівня 12 дБ.

Ступеневе регулювання рівня вихідної напруги в гнізді „ \odot II” здійснюється вмонтованим атенюатором ступенями через 10 дБ в межах від 0 до - 60 дБ.

Похибка встановлення ослаблення атенюатора для всіх ступенів не перевищує $\pm 0,5$ дБ.

Нерівномірність рівня вихідної напруги при зміні частоти відносно значення напруги на частоті 1 кГц не перевищує:

$\pm 7,5\%$ в діапазоні частот від 10 до 20 Гц;

$\pm 5\%$ в діапазоні частот від 20 до 60 Гц;

$\pm 2\%$ в діапазоні частот від 60 до 100 кГц;

$\pm 3\%$ в діапазоні частот від 100 до 200 кГц;

Прилад забезпечує свої технічні характеристики після 15 хв з моменту ввімкнення.

2.5 Генератор сигналів високочастотний Г4-102А. Цей прилад призначений для перевірки і настроювання радіоприймальних пристроїв.

Діапазон частот генератора - від 100 кГц до 35 МГц і складається з шести піддіапазонів з такими частотами:

I 0,1 – 0,3 МГц;

II 0,3 – 1,0 МГц;

III 1,0 – 3,0 МГц;

IV 3,0 – 10 МГц;

V 10 – 20 МГц;

VI 20 – 35 МГц.

Запас на межах діапазону та перекриття між піддіапазонами складає не менше 2%.

Основна похибка встановлення частоти не перевищує $\pm 1\%$.

Вихідна напруга генератора на узгодженому навантаженні (50 ± 1) Ом, під'єднаному через кабель до основного виходу генератора “ μ V”, регулюється в номінальних межах від 0,5 до $5 \cdot 10^{-7}$ В; з зовнішнім атенюатором на 20 дБ можливе регулювання до $1 \cdot 10^{-7}$ В.

Регулювання здійснюється ступенями через 10 дБ від 0 до 110 дБ і плавно в межах кожного ступеня.

Основна похибка встановлення опорного значення вихідної напруги $5 \cdot 10^{-7}$ В і встановлення напруги за шкалою плавного регулювання не перевищує $\pm 1,0$ дБ при роботі генератора на узгоджене навантаження (50 ± 1) Ом.

Основна похибка встановлення послаблення атенюатора не перевищує $\pm 1,0$ дБ при послабленнях до 100 дБ і $\pm 1,5$ дБ – більше 100 дБ.

Додаткова похибка встановлення вихідної напруги за рахунок залишкового сигналу не перевищує $\pm 2,5 \cdot 10^{-1}$ мкВ при роботі без зовнішнього атенюатора і $\pm 5 \cdot 10^{-2}$ мкВ при роботі з зовнішнім атенюатором.

Нестабільність рівня вихідного сигналу за кожні 15 хвилин роботи генератора після самопрогрівання протягом 30 хвилин не перевищує $\pm 0,1$ дБ.

Вихідна напруга по некаліброваному виходу на повному навантаженні (50 ± 5) Ом не менша 1 В. Найбільша напруга по некаліброваному виходу не перевищує 3 В. Параметри вихідного сигналу на цьому виході не гарантуються.

Амплітудна модуляція сигналу здійснюється від внутрішнього джерела модуляції частотою 1000 Гц з похибкою $\pm 10\%$ і частотами 50 – 15000 Гц від зовнішнього джерела модуляції. При цьому частота модуляції від зовнішнього джерела не повинна перевищувати $0,02 f_n$.

Коефіцієнт амплітудної модуляції регулюється в номінальних межах від 0 до 90% і відраховується в межах від 10 до 80% ступенями по 10% в усьому діапазоні модульовальних і носійних частот.

Основна похибка встановлення коефіцієнта амплітудної модуляції при частоті модульовального сигналу 1000 Гц $\pm 10\%$ (в відсотках модуляції) не більша $\pm 15\%$.

Похибка встановлення коефіцієнта модуляції в діапазоні модульовальних частот (в відсотках модуляції) не більша $\pm 15\%$.

Сигнал зовнішнього модульовального генератора, необхідний для забезпечення коефіцієнта амплітудної модуляції 90%, не більший 2 В при опорі входу модулятора (600 ± 200) Ом.

2.6 Генератор імпульсів Г5-54. Цей прилад призначений для дослідження та регулювання радіотехнічних пристроїв.

Прилад формує імпульси прямокутної форми в діапазоні тривалостей від 1,5 до 1000 мкс.

Тривалість імпульсів регулюється плавно-ступенево (8 піддіапазонів) від 0,1 до 1000 мкс. Похибка встановлення тривалості не перевищує $\pm (0,1t + 0,03)$ мкс).

Максимальна амплітуда основних імпульсів U_{max} на зовнішньому навантаженні 500 Ом з паралельною ємністю 50 пФ – не менша 50 В.

Забезпечується плавне регулювання амплітуди від U_{max} до $0,3 U_{max}$ і ступеневе ослаблення з коефіцієнтом (k) $\times 1$; $\times 0,3$; $\times 0,1$; $\times 0,03$.

Похибка встановлення амплітуди в межах плавного і ступеневого регулювання не перевищує $\pm(0,1U + 1 V)/\kappa$, де κ – коефіцієнт ступеневого ослаблення.

Часовий зсув (затримка) основного імпульсу відносно синхроімпульса регулюється плавно-ступенево (8 піддіапазонів) від 0,01 до 1000 мкс.

Частота F імпульсів при зовнішньому запуску регулюється плавно-ступенево (8 піддіапазонів) від 0,01 до 100 кГц.

Похибка встановлення частоти повторення імпульсів не перевищує $\pm 0,1 F$.

Потужність, що споживається приладом від мережі при номінальній напрузі, не перевищує 50 Вт.

Прилад допускає безперервну роботу в робочих умовах протягом 8 годин при збереженні своїх технічних характеристик в межах норм, встановлених технічними умовами.

2.7 Осцилограф С1-76. Осцилограф універсальний С1-76 призначений для дослідження форми електричних сигналів шляхом візуального спостереження і вимірювання їх амплітудних і часових параметрів в діапазоні частот від 0 до 1 МГц.

Технічні характеристики

Робоча частина екрану в режимі X-Y:

по горизонталі 60 мм;

по вертикалі 60 мм.

Мінімальна частота генератора розгортки, при якій забезпечується спостереження і вимірювання досліджуваного сигналу на найбільш швидкій розгортці, не більша 250 Гц.

Ширина лінії променя не перевищує 0,6 мм.

Діапазон значень коефіцієнтів відхилення каналу відхилення: 0,2; 0,5; 1; 2; 5; 10; 20 мВ/см; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 5; 10; 20 В/см.

Межа допустимої похибки коефіцієнтів відхилення в робочих умовах застосування не більша $\pm 7\%$ і $\pm 10\%$ для коефіцієнта відхилення 0,2 мВ/см.

Смуга пропускання підсилювача вертикального відхилення (ПВВ) при коефіцієнті відхилення 0,2 мВ/см – від 0 до 0,1 МГц, при інших коефіцієнтах відхилення – від 0 до 1 МГц.

Вхідний активний опір – $1 \pm 0,02$ МОм при вхідній ємності не більшій 45 пФ.

Допустиме сумарне значення постійної і змінної напруг при закритому вході не більше 400 В.

Розгортка має такі режими роботи:

- автоколивальний;
- очікувальний;

- однократний.

Діапазон значень коефіцієнтів розгортки: 1; 2; 5; 10; 20; 50 мкс/см; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 5; 10; 20; 50 мс/см; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 5 с/см.

Межа допустимої похибки коефіцієнтів розгортки в робочих умовах застосування не більша $\pm 7\%$ без розтягування і $\pm 10\%$ при 10-кратному розтягуванні зображення.

Переміщення променя по горизонталі забезпечує встановлення початку і кінця робочої частини розгортки в центральній частині екрану.

Коефіцієнт відхилення підсилювача горизонтального відхилення не більший 50 мВ/см.

Смуга пропускання не менша $0 \div 100$ кГц.

Вхідний опір $1 \pm 0,1$ МОм, вхідна ємність не більша 50 пФ.

Зовнішня синхронізація розгортки здійснюється гармонічними сигналами в діапазоні частот від 10 Гц до 1 МГц і імпульсними сигналами обох полярностей тривалістю від 1 мкс до 1 с.

2.8 Осцилограф С1-73 призначений для дослідження форми електричних сигналів в діапазоні частот від 0 до 5 МГц шляхом візуального спостереження та вимірювання їх параметрів.

Смуга пропускання тракту вертикального відхилення $0 - 5$ МГц, при цьому нерівномірність амплітудно-частотної характеристики в діапазоні частот $0 - 1$ МГц відносно рівня на частоті 1 кГц – не більша 5%.

Смуга пропускання тракту горизонтального відхилення $0 - 2$ МГц.

Параметри входів:

а) тракту вертикального відхилення:

- вхідний опір – $1 \pm 0,05$ МОм з паралельною ємністю не більшою 30 пФ;

б) підсилювача горизонтального відхилення:

- вхідний активний опір – не менший 50 кОм з паралельною ємністю не більшою 35 пФ.

Основна похибка каліброваних коефіцієнтів відхилення тракту вертикального відхилення – 0,01; 0,02; 0,05; 1; 2; 5; 10; 20 В/под. – не більша $\pm 7\%$.

Максимальний розмах напруги досліджуваного сигналу не повинен перевищувати:

120 В – на відкритому вході тракту вертикального відхилення;

5,6 В – на вході тракту горизонтального відхилення.

Внутрішнє джерело каліброваної напруги генерує прямокутні імпульси амплітудою 1 В і частотою 1 кГц.

Тракт горизонтального відхилення забезпечує такі режими роботи:

- розгортку сигналу по горизонталі в автоколивальному режимі;
- розгортку сигналу по горизонталі в очікувальному режимі;
- входження зовнішнього сигналу на підсилювач горизонтального відхилення.

2.9 Осцилограф С1-83. Осцилограф універсальний С1-83 призначений для візуального спостереження і дослідження електричних сигналів в діапазоні частот 0-5 МГц і має два канали вертикального відхилення.

Технічні характеристики

Робоча частина екрану осцилографа:

- 120 мм (10 поділок, ціна поділки 12 мм) по горизонталі;

- 100 мм (8 поділок, ціна поділки 12,5 мм) по вертикалі.

Ширина лінії променя не більша 0,8 мм.

Режим роботи каналів вертикального відхилення:

- канал I;

- канал II;

- переривчастий;

- почерговий;

- алгебраїчне додавання (I + II);

- послідовне ввімкнення каналів I і II з закритим входом II.

Смуга пропускання каналу горизонтального відхилення в режимі X – Y (0-2) МГц.

Параметри входів:

а) каналів I і II вертикального відхилення при відкритому вході: вхідний активний опір – $(1 \pm 0,02)$ МОм, вхідна ємність (35 ± 5) пФ;

б) входу зовнішньої синхронізації (відкритого):

- вхідний активний опір при натиснутій кнопці “0,5-5” – не менший 35 кОм, вхідна ємність не більша 30 пФ;

- вхідний активний опір при натиснутій кнопці “5-50” не менший 650 кОм, вхідна ємність не більша 10 пФ.

в) входу каналу Z: вхідний активний опір не менший 80 кОм, вхідна ємність не більша 55 пФ.

Межа допустимої основної похибки коефіцієнтів відхилення каналів I і II (0,001; 0,002; 0,005; 0,01; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2 В/под. помножена на 1 або на 10) – $\pm 3\%$ при розмірі зображення від 5,5 до 6 поділок і $\pm 4\%$ при інших розмірах зображення від 4 до 8 поділок.

Межа допустимої основної похибки каліброваних коефіцієнтів відхилення тракту горизонтального відхилення в режимі X – Y – $\pm 8\%$.

Мінімальний розмір зображення по вертикалі, при якому забезпечується клас точності приладу, має дорівнювати 4 поділкам.

Допустиме сумарне значення постійної та змінної напруги на вході каналів I і II вертикального відхилення при закритому вході – не більше 200 В. При послідовному ввімкненні каналів I і II – 50 В.

Максимальна амплітуда досліджуваного сигналу – не більша:

160 В – на вході каналів I і II;

200 В – на вході подільника 1 : 10.

Генератор розгортки забезпечує такі режими роботи:

- автоколивальний режим розгортки;
- очікувальний запуск розгортки.

Межа допустимої основної похибки коефіцієнтів розгортки (0,5; 1; 2; 5; 10; 20; 50; 100; 200; 500; $1 \cdot 10^3$; $2 \cdot 10^3$; $5 \cdot 10^3$; $1 \cdot 10^4$; $2 \cdot 10^4$; $5 \cdot 10^4$; $1 \cdot 10^5$; $2 \cdot 10^5$; $5 \cdot 10^5$; $1 \cdot 10^6$; $2 \cdot 10^6$; $5 \cdot 10^6$ мкс/под.) - $\pm 3\%$ при розмірі зображення від 9 до 10 поділок і $\pm 4\%$ при розмірі зображення від 4 до 9 поділок, при використанні множника розгортки - $\pm 10\%$.

Внутрішня синхронізація здійснюється гармонічними сигналами в діапазоні частот від 1 Гц до $5 \cdot 10^6$ Гц і імпульсами обох полярностей тривалістю від $0,3 \cdot 10^{-6}$ с до 1 с частотою до 1 МГц при висоті зображення від мінімального рівня, рівного 6 поділкам. В автоколивальному режимі нижня частота запуску 100 Гц.

Зовнішня синхронізація розгортки здійснюється гармонічними сигналами в діапазоні частот від 1 Гц до $5 \cdot 10^6$ Гц і імпульсними сигналами обох полярностей тривалістю від $0,3 \cdot 10^{-6}$ с до 1 с з частотою до 1 МГц. Мінімальний рівень синхронізації 0,5 В, максимальний – 50 В.

Регулювання яскравості забезпечує зміну яскравості зображення від повної відсутності до зручної для спостереження.

2.10 Фазометр Ф2-34. Фазометр призначений для вимірювання різниці фаз між двома синхронними гармонічними сигналами, має цифрове відображення інформації і може бути використаний для визначення фазових характеристик радіотехнічних кіл, фільтрів, підсилювачів і інших пристроїв.

Діапазон робочих частот від 0,5 Гц до 5 МГц.

Діапазон вхідних напруг відповідає значенням, вказаним в табл.2.1.

Таблиця 2.1

Частота (F), Гц	Діапазон вхідних напруг		
	Безпосередньо на входах 1 і 2 приладу	З виносним подільником ДН 1:15	З виносним подільником ДН 1:100
$0,5 \leq F \leq 1$	від 20 мВ до 2 В	від 0,5 В до 30 В	від 2 В до 200 В
$1 \leq F \leq 5$	від 10 мВ до 2 В	від 0,15 В до 30 В	від 1 В до 200 В
$5 \leq F \leq 5 \cdot 10^6$	від 2 мВ до 2 В	від 30 мВ до 30 В	від 0,2 В до 200 В

Діапазон вимірювання кутів фазового зсуву сигналів в діапазоні робочих частот від 0 до 360° . Розрізняювальна здатність індикатора $0,01^\circ$.

Вхідний активний опір – не менший 1 МОм, вхідна ємність - не більша 25 пФ, вхідний активний опір і вхідна ємність приладу з під'єднаними ДН 1:15 і ДН 1:100 – ≥ 1 МОм і ≤ 15 пФ відповідно.

Час одного циклу вимірювання на частоті 100 кГц дорівнює в режимі роботи з малим часом вимірювання – $(1,4 \pm 0,3)$ с, в режимі роботи з великим часом вимірювання – (11 ± 3) с; на частоті 1 Гц – (22 ± 11) с.

3 Порядок виконання роботи

3.1 Виміряти вихідну напругу генератора ГЗ-118 за допомогою мілівольметрів ВЗ-38 для різних значень частоти і вихідної напруги генератора ГЗ-118 за схемою (рис. 3.1).



Рисунок 3.1

Отримані дані заносяться до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Частота, Гц	Напруга генератора		Напруга, за вольтметром (U_B), В	Похибка виміру	
	дБ	В		абсолютна $\Delta U = U_B - U_T $	відносна $\gamma = \Delta U / U_B$
20	0	6	6	0	0
	10	2,5	1,9	0,6	0,31
	20	0,66	0,6	0,06	0,1
	30	0,196	0,19	0,006	0,031
	40	0,0606	0,06	0,0006	0,01
	50	0,01906	0,019	0,00006	0,0032
	60	0,00601	0,006	0,000006	0,001
20000	0	6,4	6,4	0	0
	10	0,263	0,2	0,063	0,31
	20	0,0682	0,062	0,0062	0,1
	30	0,20116	0,195	0,00616	0,031
	40	0,06262	0,062	0,00062	0,01
	50	0,01956	0,0195	0,0000624	0,0032
	60	0,00621	0,0062	0,0000062	0,001
200000	0	6,5	6,5	0	0
	10	0,263	0,0002	0,063	0,31
	20	0,0693	0,000063	0,0063	0,1
	30	0,20632	0,2	0,00632	0,031
	40	0,06363	0,063	0,00063	0,01
	50	0,01957	0,0195	0,00007	0,0032
	60	0,00631	0,0063	0,0000063	0,0001

Значення вихідної напруги у вольтах для різних положень атенюатора на виході 2 визначається за виразом:

$$U_{Г} = U_{Г0} \cdot K,$$

де: $U_{Г0}$ – значення вихідної напруги генератора при положенні атенюатора 0 дБ;

K – коефіцієнт зменшення напруги.

Коефіцієнт визначається з таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Положення атенюатора, дБ	0	10	20	30	40	50	60
K	1	0,3162	0,1	0,0316	0,01	0,0032	0,001

Оцінити точність встановлення вихідної напруги генератора, вважаючи вольтметр ВЗ-38 зразковим приладом.

Примітка. Для зменшення похибки вимірювання необхідно використати другу половину робочої шкали мілівольметра ВЗ-38.

3.2 Виміряти осцилографом частоту вихідної напруги генератора, ГЗ-118 за схемою (рис.3.2).



Рисунок 3.2

Отримані дані занести до таблиці 3.3.

Оцінити похибку вимірювання частоти вихідної напруги досліджуваного генератора.

Примітка. Частоту розгортки потрібно встановити такою, щоб зображення періоду коливання було якомога більшим.

3.3 Визначити похибку встановлення частоти генератора ГЗ-118 за допомогою інтерференційних фігур.

3.3.1. Скласти схему рис. 3.3. На вхід підсилювача горизонтального відхилення ("Х") осцилографа С1-76 подати вихідну напругу ГЗ-117 з частотою f_3 , яку вважати зразковою.

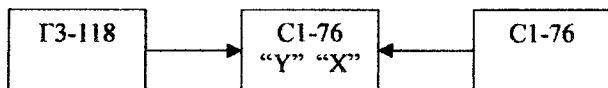


Рисунок 3.3

Таблиця 3.3

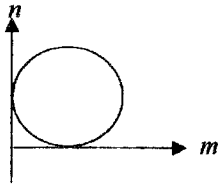
Частота генератора ГЗ-118 (f_r), Гц	Вимірне осцилографом значення періоду, с	Вимірне осцилографом значення частоти (f_0), Гц	Похибка вимірювання	
			абсолютна $\Delta f = f_r - f_0 $	відносна $\gamma = \Delta f / f_r$
700	0,1 мс	1000	300	0,42
7000	120 мкс	8333,3	1333	0,19
70000	13 мкс	76923	6923	0,1
170000	5,2 мкс	192307,7	22307,7	0,13

3.3.2 На вхід "Y" осцилографа подати сигнал від генератора ГЗ-118 з частотою f_r , яку потрібно перевірити за допомогою осцилографа і зразкового генератора ГЗ-117 (осцилограф в даному досліді виконує роль індикатора).

3.3.3 Змінюючи частоту f_3 генератора ГЗ-118 за допомогою ручки плавного перестроювання частоти, отримати на екрані осцилографа фігуру Ліссажу (наприклад, одну з фігур на рис.3.4) для різних співвідношень частот f_r і f_3 . Результати вимірів занести до табл.3.4.

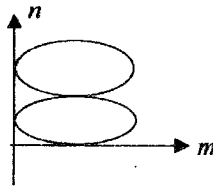
Таблиця 3.4

f_r f_3	Частоти зі шкали		Похибка встановлення частоти генератора ГЗ-118	
	ГЗ-118 (f_r), кГц	ГЗ-118 (f_3), кГц	абсолютна $\Delta f = f_r - f_0$	відносна $\gamma = \Delta f / f_r$
1/1	100	100,4	0,4	0,004
2/1	100	50,2	0,2	0,004
3/1	90	30,1	0,1	0,0034
3/2	90	60,3	0,3	0,004



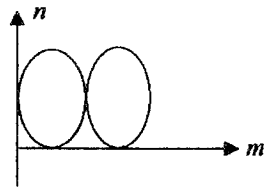
$$\frac{f_r}{f_3} = \frac{m}{n} = \frac{1}{1}$$

а)



$$\frac{f_r}{f_3} = \frac{1}{2}$$

б)

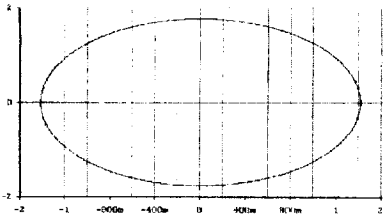


$$\frac{f_r}{f_3} = \frac{2}{1}$$

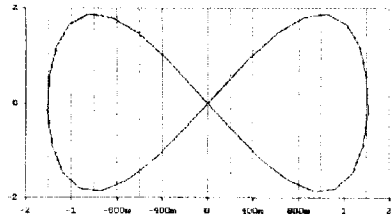
в)

Рисунок 3.4

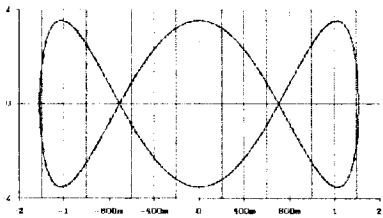
2.3.4. Замалювати фігури Ліссажу для заданих співвідношень f_1 і f_3 .



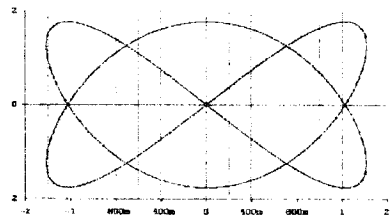
а) 100 кГц



б) 50 кГц



в) 30 кГц



г) 60 кГц

Рисунок 3.5

3.4 Виміряти параметри вихідних імпульсів генератора Г5-54.

3.4.1 Зібрати схему експерименту (рис.3.6).



Рисунок 3.6

3.4.2 В режимі внутрішнього запуску генератора Г5-54 задати амплітуду, частоту і тривалість імпульсів. Виміри провести за допомогою осцилографа С1-76 (С1-83), вважаючи параметри генератора зразковими.

Результати вимірів занести до табл.3.5.

3.4.3 Знайти абсолютну і відносну похибки і занести їх до табл. 3.5.

Таблиця 3.5

№ досліджу	Параметри імпульсів генератора Г5-54		Значення, виміряні осцилографом	Абсолютна похибка	Відносна похибка
1	f , Гц	50000	$T = 18$ мс	$\Delta T = 2$ мс	0,1
	t_i , мкс	10	$t_i = 9$ мс	$\Delta t_i = 1$ мс	0,1
	U , В	2	$A = 2,35$ В	$\Delta A = 0,35$ В	0,17
2	f , Гц	10000	$T = 0,12$ мс	$\Delta T = 10$ мс	0,1
	t_i , мкс	50	$t_i = 54$ мс	$\Delta t_i = 4$ мс	0,008
	U , В	0,5	$A = 0,46$ В	$\Delta A = 0,04$ В	0,08

Висновки:

1. Під час проведення досліджу генератор Г3-118 в різних режимах роботи дає досить точні результати, зокрема зразкову точність встановлення вихідної напруги в діапазоні 20 Гц – 200 Гц. За допомогою вольтметра В3-38 перевірили вихідну напругу генератора Г3-118 для різних значень частоти, вважаючи вольтметр зразковим приладом. Ці виміри підтвердили точність встановлення напруги Г3-118.

2. Для вимірювання частоти вихідної напруги генератора Г3-118 використали осцилограф С1-76. При цьому Г3-118 встановив точні значення вихідної напруги. Абсолютна та відносна похибки дорівнюють 0.

3. Осцилографом було перевірено частоту, що була подана від генератора Г3-118, за допомогою зразкового генератора Г3-117. В цьому досліджі осцилограф виконував роль індикатора. Генератор дає точні значення частоти, оскільки похибки незначні.

4. Провівши виміри, при цьому задавши амплітуду, частоту та тривалість імпульсів, було перевірено осцилограф С1-76 за допомогою генератора Г5-54. Параметри імпульсів генератора Г5-54 вважали зразковими. В результаті досліджу було отримано великі суб'єктивні похибки.

Література

1. Атабеков Г.И. Основы теории цепей. Учеб. для вузов. – М.: Энергия, 1969.
2. Зевеке Г. В., Ионкин П. А., Нетушил А. В. и др. Основы теории цепей. – М.: Высшая школа, 1975.
3. Зернов П. В., Карпов В. Г. Теория радиотехнических цепей. – Л.: Энергия, 1972.
4. Баскаков С. И. Радиотехнические цепи и сигналы: Учеб. для вузов по спец. «Радиотехника». – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1988.
5. Гоноровский И. С. Радиотехнические цепи и сигналы. – М.: Энергия, 1986.
6. Теорія кіл і сигналів. Лабораторний практикум: Навчальний посібник / М.О. Куцевол – В.: ВДТУ, 1998.

Додаток Б
Приклад оформлення звіту до другої лабораторної роботи

Вінницький національний технічний університет
Інститут радіотехніки, зв'язку і приладобудування

Факультет радіотехніки і телекомунікацій
Кафедра радіотехніки

**Вивчення закону Ома і законів Кірхгофа та їх експериментальна
перевірка**

Лабораторна робота №2

з навчальної дисципліни „Основи радіоелектроніки”

Тривалість --- 2 ак. години

Виконали ст. гр. МА-00

Петренко В.П.
Степаненко С.С.
Вітюк Є.М.
Ковальчик К.Т.

Перевірів доц. каф. РТ
Куцевол М.О.

2001

Мета роботи – на прикладі простих електричних кіл перевірити справедливність основних законів електротехніки, застосовуючи метод комплексних амплітуд.

1. Короткі теоретичні відомості

Закон Ома застосовується для гілки або для одноконтурного кола. Для запису закону Ома треба, перш за все, вибрати позитивний напрям струму.

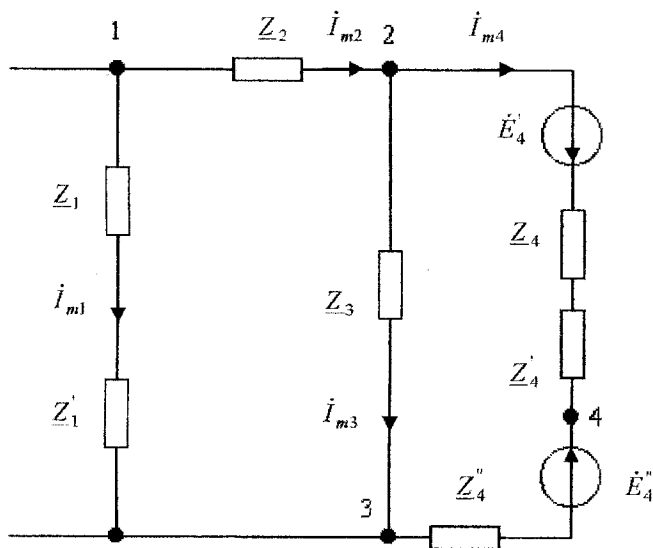


Рисунок 1.1

Для гілки, що має тільки опори і не має електрорушійних сил (наприклад, для гілки 1-3, рис.1.1), при напрямі струму \dot{I}_{m1} від вузла 1 до вузла 3 закон Ома запишеться так :

$$\dot{I}_{m1} = \frac{\dot{\varphi}_{m1} - \dot{\varphi}_{m3}}{\underline{Z}_1 + \underline{Z}'_1} = \frac{\dot{U}_{m13}}{\underline{Z}_{13}}, \quad (1.1)$$

де φ_{m1} і φ_{m3} - комплексні амплітуди потенціалів точок 1 і 3;

U_{m13} - комплексна амплітуда напруги між точками 1 і 3;

Z_{13} - комплексний опір гілки.

Для гілки, що має ЕРС і опори (наприклад, для гілки 2-4-3, рис. 1.1) закон Ома

$$i_{m4} = \frac{\dot{\varphi}_{m2} - \dot{\varphi}_{m3} + \dot{E}_{m4} - \dot{E}'_{m4}}{Z_4 + \underline{Z}'_4 + \underline{Z}''_4} = \frac{U_{m23} + \sum \dot{E}_{m23}}{\sum Z_{243}}, \quad (1.2)$$

де $\dot{U}_{m23} = \dot{\varphi}_{m2} - \dot{\varphi}_{m3}$ - комплексна амплітуда напруги між точками 2 і 3;

$\sum E_{m23}$ - алгебраїчна сума ЕРС, що знаходиться в гілці 2-4-3;

$\sum Z_{243}$ - сума комплексних опорів гілки.

Для гілки 1-4-3 (рис. 2.1) $\sum \dot{E}_{m23} = \dot{E}_{m4} - \dot{E}'_{m4}$; $\sum Z_{243} = Z_4 + \underline{Z}'_4 + \underline{Z}''_4$.

Вираз (2.2) називають узагальненим законом Ома.

Для одноконтурного кола:

$$i_m = \frac{\sum \dot{E}_m}{\sum Z}, \quad (1.3)$$

де $\sum Z$ - сума всіх опорів кола;

$\sum \dot{E}_m$ - алгебраїчна сума ЕРС.

Зі знаком "+" беруть ЕРС, напрям яких збігається з вибраним позитивним напрямом контурного струму i_m , а зі знаком "-" ЕРС з протилежними напрямками.

Основними законами теорії електричних кіл, окрім закону Ома, є також закони Кірхгофа.

Для запису рівнянь за законами Кірхгофа необхідно задатись позитивними напрямками струмів.

Перший закон Кірхгофа: алгебраїчна сума всіх струмів, що сходяться в вузлі, дорівнює нулю

$$\sum_{k=1}^n i_{mk} = 0. \quad (1.4)$$

Струми, що направлені до вузла умовно приймають додатними, а направлені від нього - від'ємними (або навпаки).

Другий закон Кірхгофа: алгебраїчна сума ЕРС контура дорівнює алгебраїчній сумі напруг в ньому:

$$\sum_{k=1}^n \dot{E}_{mk} = \sum_{k=1}^m \dot{U}_{mk}. \quad (2.5)$$

Напрямок обходження контура вибирається довільним. При запису лівої частини рівняння (2.5) ЕРС, напрям яких збігається з напрямом обходження (незалежно від напрямку струму, що протікає через них), приймаються додатними, а ЕРС, направлені протилежно, - від'ємними. При запису правої частини рівняння (2.5) зі знаком "+" беруться напруги в тих гілках, в яких напрям струму збігається з напрямом обходження (незалежно від напрямку ЕРС в цих гілках), а зі знаком "-" - напруги в тих гілках, в яких напрями струму протилежні напрямку обходження.

Розрахункові вирази

1 До першого досліді (п. 2.3, 1.2):

а) непрямі виміри

$$I = \frac{U_1}{R_1}, \quad \varphi = \arctg \frac{U_2 - U_3}{U_1};$$

б) розрахунки

$$\underline{Z}_e = R_1 + j \cdot (X_L - X_C) = Z_e \cdot e^{j\varphi_p};$$

$$I_p = \frac{U_p}{Z_e}, \quad U_{p1} = I_p R_1, \quad U_{p2} = I_p \cdot X_L, \quad U_{p3} = I_p X_C,$$

$$U_p = \sqrt{U_{p1}^2 + (U_{p2} - U_{p3})^2}.$$

2 До другого досліді (п. 2.3, 2.2):

а) непрямі виміри

$$I = \frac{U_0}{R_0}, \quad I_1 = \frac{U}{R_1}, \quad I_2 = \frac{U}{X_L}, \quad I_3 = \frac{U}{X_C},$$

$$\varphi = \arctg \frac{I_3 - I_2}{I_1};$$

б) розрахунки

$$\underline{Y}_e = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{j \cdot \omega \cdot L} + j \cdot \omega \cdot C = \frac{1}{R_1} + j \cdot \left(\omega \cdot C - \frac{1}{\omega \cdot L} \right) = Y_e \cdot e^{j\varphi_p},$$

$$i_p = U \cdot \underline{Y}_e = U \cdot Y_e \cdot e^{j\varphi_p}; \quad Y_e = \sqrt{\frac{1}{R_1^2} + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L} \right)^2},$$

$$i_{p1} = i_p \cdot \frac{Y_1}{Y_e}, \quad i_{p2} = i_p \cdot \frac{Y_2}{Y_e}, \quad i_{p3} = i_p \cdot \frac{Y_3}{Y_e}.$$

3 До третього досліду (п. 2.3, 3.2):

а) непрямі виміри

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1}, \quad I = \frac{U_2}{Z_2} = \frac{U_2}{\sqrt{R_2^2 + X_L^2}}, \quad I = \frac{U_2}{X_C},$$

$$\varphi = 90 - \alpha, \quad \alpha = \arccos \frac{I_3^2 + I_2^2 - I_1^2}{2I_3 I_1},$$

б) розрахунки

$$\underline{Z}_e = R_1 + \frac{\underline{Z}_2(-jX_c)}{\underline{Z}_2 - jX_c}, \quad \underline{Z}_2 = R_2 + jX_L,$$

$$i_{1p} = \frac{U}{\underline{Z}_e} = i_{1p} e^{j\varphi}, \quad i_{p2} = i_{p1} \frac{-jX_c}{\underline{Z}_2 - jX_c} = I_{2p} e^{j\varphi_2},$$

$$i_{p3} = i_{p1} \frac{\underline{Z}_2}{\underline{Z}_2 - jX_c} = I_{p3} e^{j\varphi_3}, \quad \dot{U}_{p3} = i_{p3} \cdot (-j \cdot X_C) = Z_{p2} \cdot e^{j\psi}.$$

2. Порядок виконання роботи

Встановити параметри схем згідно з заданим варіантом (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

№ варіанту	f , кГц	R_1 , Ом	R_2 , Ом	R_3 , Ом	L , мГн	C , нФ	E , В
1	40	108,3	1088	10,99	3,5	52,7	1

2.1 Дослідити послідовне з'єднання (рис. 2.1).

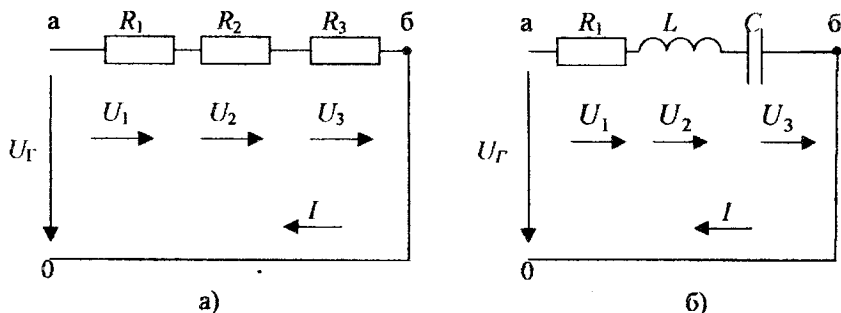


Рисунок 2.1

2.1.1 Дослідити схему рис. 2.1, а.

Виміряти напруги на кожному з опорів між точками а і б та фазовий зсув між напругою і струмом. Перевірити виконання другого закону Кірхгофа. Розрахувати еквівалентний опір, струм та напруги на елементах схеми. Результати занести до табл. 2.2. Побудувати суміщену векторну діаграму напруг і струму.

Таблиця 2.2

№ дос-луду	Результати вимірів						Результати розрахунків					
	U_1 , В	I , А	U_1 , В	U_2 , В	U_3 , В	φ , °	Z_E	I_p , А	U_{p1} , В	U_{p2} , В	U_{p3} , В	φ_p , °
1	1	0,006	0,65	1,1	0,45	45	810,97	0,001	0,1083	0,8792	0,0755	82,3

2.1.2 Дослідити схему рис. 2.1, б. Виконати досліди, розрахунки та побудову діаграми за п. 2.1.1.

а) непрямі виміри

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 2 \cdot 3,14 \cdot 40 \cdot 10^3 = 251200 \text{ рад/с},$$

$$I = \frac{U_1}{R_1} = \frac{0,65}{108,3} = 0,006 \text{ А},$$

$$\varphi = \arctg\left(\frac{1,1 - 0,45}{0,65}\right) = 45^\circ;$$

б) розрахунки

$$X_L = \omega \cdot L = 251200 \cdot 3,5 \cdot 10^{-3} = 879,2 \text{ Ом},$$

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{251200 \cdot 52,7 \cdot 10^{-9}} = 75,5 \text{ Ом},$$

$$Z_e = R_1 + j \cdot (X_L - X_C) = Z_e \cdot e^{j \cdot \arctg\left(\frac{X_L - X_C}{R_1}\right)},$$

$$Z_e = 108,3 + j \cdot 803,7 = 810,9 \cdot e^{j 82,3^\circ}; \quad I_p = \frac{1}{810,9} = 0,001 \text{ А},$$

$$U_{p1} = 0,001 \cdot 108,3 = 0,083 \text{ В}; \quad U_{p2} = 0,001 \cdot 879,2 = 0,8792 \text{ В},$$

$$U_{p3} = 0,001 \cdot 75,5 = 0,0755 \text{ В}; \quad U_p = 0,81 \text{ В}; \quad \varphi = 82,3^\circ.$$

Будуємо векторну діаграму:

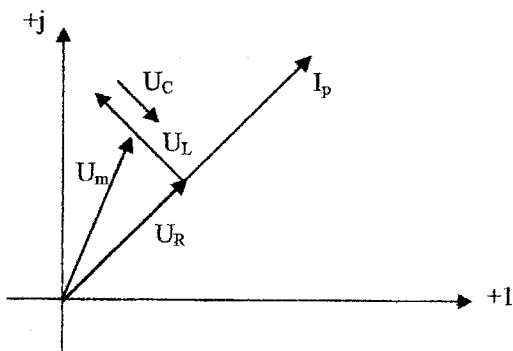


Рисунок 2.2

2.2 Дослідити паралельне з'єднання (рис. 2.3).

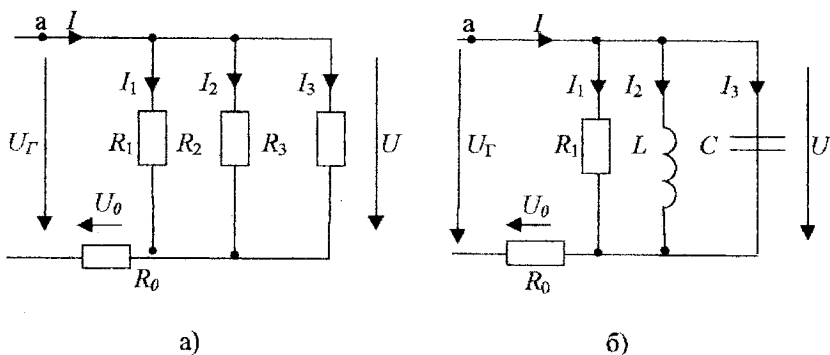


Рисунок 2.3

2.2.1 Дослідити схему рис. 2.3, а. Виміряти струм I , фазовий зсув між U_G та I і струми I_1 , I_2 , I_3 непрямыми вимірами. Перевірити виконання першого закону Кірхгофа. Виконати розрахунки. Побудувати сумішену векторну діаграму струмів і напруги. Результати занести до табл. 2.3.

2.2.2 Дослідити схему рис. 2.3, б. Виконати дослід, розрахунки та побудову діаграми за п. 2.2.1.

Таблиця 2.3

№ вар.	№ сх.	Результати вимірів						Результати розрахунків					
		$U_{Г, В}$	$I_1, А$	$I_2, А$	$I_3, А$	$I, А$	$\varphi, ^\circ$	$I_{p1}, А$	$I_{p2}, А$	$I_{p3}, А$	$Y_E, См$	$I_p, А$	$\varphi_p, ^\circ$
1	6	1	0,008	0,0075	0,015	0,009	53,1	$0,0011 \cdot e^{-j90}$	$0,012 \cdot e^{-j90}$	$0,012 \cdot e^{-j90}$	$0,012 \cdot e^{-j50,7}$	0,014	50,4

а) непрямі виміри

$$I_0 = \frac{55 \cdot 10^{-3}}{4,5} = 0,012 \text{ А}; \quad I_1 = \frac{0,99}{108,3} = 0,009 \text{ А}; \quad I_2 = \frac{0,99}{879,2} = 0,001 \text{ А};$$

$$I_3 = \frac{0,99}{75,5} = 0,013 \text{ А}; \quad \varphi = \arctg \frac{0,013 - 0,001}{0,009} = 53,1^\circ;$$

б) розрахунки

$$Y = \frac{1}{108,3} + \frac{1}{j \cdot 879,2} = 0,009 + j \cdot 0,011 = 0,014 \cdot e^{j50,7^\circ};$$

$$I_p = U_{Г} \cdot Y = 0,014 \text{ А};$$

$$Y_1 = \frac{1}{R_1} = 0,009 \text{ См}; \quad Y_2 = \frac{1}{j \cdot 879,2} = 0,0011 \cdot e^{-j90^\circ}; \quad Y_3 = 0,012 \cdot e^{j90^\circ};$$

$$I_{p1} = 0,009; \quad I_{p2} = 0,0011 \cdot e^{-j90^\circ}; \quad I_{p3} = 0,012 \cdot e^{j90^\circ}; \quad \varphi = 50,4^\circ.$$

Будуємо векторну діаграму:

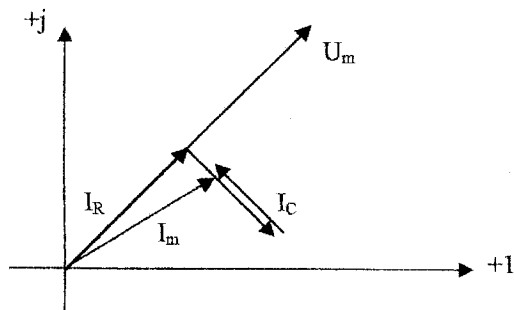


Рисунок 2.4

2.3 Дослідити змішане з'єднання рис. 2.5.

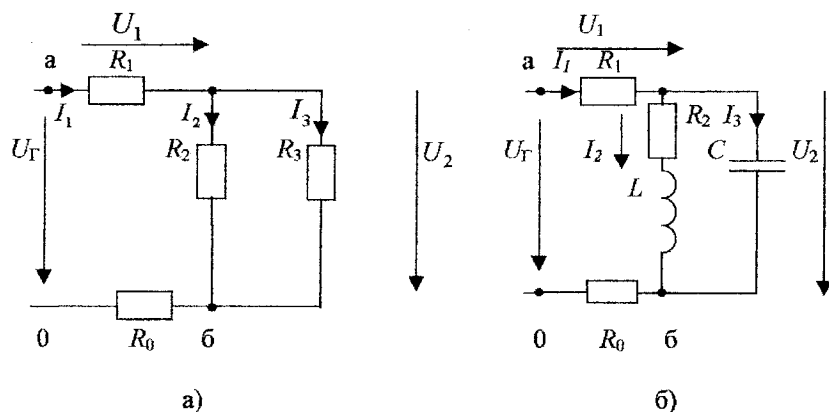


Рисунок 2.5

2.3.1 Дослідити схему рис. 2.3, а. Виміряти струм I_1 , напруги U_1 і U_2 та фазовий зсув між вихідною напругою і струмом. Розрахувати вхідний опір і струми I_2 та I_3 . Результати занести до таблиці 2.4. Побудувати суміщену діаграму струмів і напруг.

Таблиця 2.4

№ до-слід. сх.	Результати вимірів							Результати розрахунків						
	U_{Γ} , В	I_1 , А	U_1 , В	I_2 , А	U_2 , В	I_3 , А	$\varphi, ^\circ$	Z_{ax} Ом	I_{p1} , А	I_{p2} , А	U_{p1} , В	I_{p3} , А	U_{p2} , В	$\varphi_{p^{\circ}}$
6	2	0,018	0,56	0,0006	1,6	0,006	89,9	879,2	$0,01 \cdot e^{-j37,2}$	$0,0009 \cdot e^{-j217,1}$	0,0002	$0,01 \cdot e^{-j37,2}$	1,01	89,9

2.3.2 Дослідити схему рис. 2.3, б. Виконати досліді, розрахунки та побудову діаграми за п. 2.3.1.

а) непрямі виміри

$$I_0 = \frac{30 \cdot 10^{-3}}{4,5} = 0,006 \text{ А};$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{108,3^2 + 879,2^2} = 885,8 \text{ Ом};$$

$$Z_{ax} = \frac{2}{0,018} = 111,1 \text{ Ом}; I_1 = \frac{2}{108,3} = 0,018 \text{ А}; I_2 = \frac{0,56}{885,8} = 0,0006 \text{ А};$$

б) розрахунки

$$Z_{e1} = \sqrt{R_2^2 + X_L^2} \cdot e^{j \cdot \arctg \frac{X_L}{R}};$$

$$Z_{e1} = \sqrt{1,088^2 + 879,2^2} \cdot e^{j \cdot \arctg \frac{879,2}{1,088}} = 879,2 \cdot e^{j 89,9^\circ};$$

$$Z_{e3} = -j \cdot X_C = 75,5 \cdot e^{j 90^\circ};$$

$$Z_n = \frac{Z_{e1} \cdot Z_{e3}}{Z_{e1} + Z_{e3}} = 82,6 \cdot e^{-j 89,9^\circ}; Z_e = R_1 + Z_n = 136,2 \cdot e^{j 37,2^\circ};$$

$$I_1 = 0,01 \cdot e^{-j 37,2^\circ}; I_2 = 0,0009 \cdot e^{-j 217,1^\circ}; I_3 = 0,01 \cdot e^{-j 37,2^\circ}.$$

Будуємо векторну діаграму:

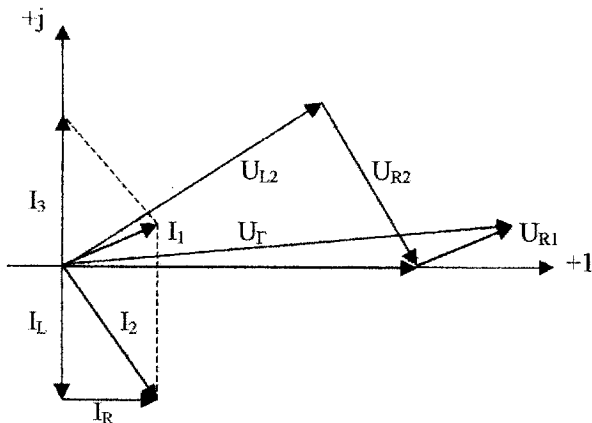


Рисунок 2.6

З векторної діаграми (рис.2.6) знаходимо комплексні напруги та струми досліджуваного змішаного з'єднання RLC графічним методом.

Висновки:

1. При дослідженні послідовного з'єднання було перевірено виконання другого закону Кірхгофа. Також за непрямыми вимірами і розрахунками знаходився зсув між напругою і струмом. Але за результатами розрахунків зсув не зійшовся з непрямыми вимірами. Це пояснюється допущеними похибками під час вимірів і розрахунків, також це можна пояснити інструментальними похибками.

2. При дослідженні паралельного з'єднання ми порівняли непрямі виміри з результатами розрахунків. При виконанні вимірів та розрахунків були допущені похибки, що призвело до наближених результатів.

3. При дослідженні змішаного з'єднання були одержані відмінності між розрахунковими та вимірними значеннями. До цього привело те, що в колі були використані реальні елементи, а також суб'єктивні похибки.

Література

1. Атабеков Г.И. Основы теории цепей. Учеб. для вузов. – М.: Энергия, 1969.
2. Зевеке Г. В., Ионкин П. А., Нетушил А. В. и др. Основы теории цепей. – М.: Высшая школа, 1975.
3. Зернов П. В., Карпов В. Г. Теория радиотехнических цепей. – Л.: Энергия, 1972.
4. Баскаков С. И. Радиотехнические цепи и сигналы: Учеб. для вузов по спец. «Радиотехника». – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1988.
5. Гоноровский И. С. Радиотехнические цепи и сигналы. - М.: Энергия, 1986.
6. Теорія кіл і сигналів. Лабораторний практикум: Навчальний посібник / М.О. Купевоп – В.: ВДТУ, 1998.

Навчальне видання

Микола Олександрович Куцевол
Олег Миколайович Куцевол

Основи радіоелектроніки

Частина 1

Лабораторний практикум

Оригінал-макет підготовлено Куцеволом М. О.

Редактор Т. О. Старічек

Навчально-методичний відділ ВНТУ
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК № 746 від 25.12.2001р.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ

Підписано до друку 2.08.2005р.

Формат 29,7×42 $\frac{1}{4}$

Друк різнографічний

Тираж 75 прим.

Зам. № 2005 - 136

Гарнітура Times New Roman

Папір офсетний

Ум. друк. арк. 4.44

Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі
Вінницького національного технічного університету
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК № 746 від 25.12.2001 р.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ