

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА
ШЕВЧЕНКА**

ФАКУЛЬТЕТ ВІЙСЬКОВОЇ ПІДГОТОВКИ

**КАФЕДРА
ВІЙСЬКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ**

Предмет
“ОСНОВИ ПОБУДОВИ ВІЙСЬКОВИХ
ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАНЬ”

ТЕМА № 5.
ЗАСОБИ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ
ТЕХНІКИ
ЧАСТОТИ І ЧАСУ

Заняття № 4. ГЕТЕРОДИННИ І
РЕЗОНАНСНІ ЧАСТОТОМІРИ

НАВЧАЛЬНА МЕТА:

- 1. НАДАТИ ПРИЗНАЧЕННЯ,
ПРИНЦИП ДІЇ ГЕТЕРОДИННИХ І
РЕЗОНАНСНИХ ЧАСТОТОМІРІВ.**
- 2. РОЗГЛЯНУТИ МЕТОДИ ПОВІРКИ
ЧАСТОТОМІРІВ.**

ВИХОВНА МЕТА:

- 1. ВИХОВУВАТИ У СТУДЕНТІВ
ДИСЦИПЛІНОВАНІСТЬ І КУЛЬТУРУ
ПОВЕДІНКИ.**
- 2. ВИХОВУВАТИ ВПЕВНЕНІСТЬ І
ВИНАХІДЛИВІСТЬ ПРИ ВИВЧЕННІ
МАТЕРІАЛУ**
- 3. ВИХОВУВАТИ І РОЗВИВАТИ
ТВОРЧИЙ ПІДХІД ПРИ ВИВЧЕННІ
МАТЕРІАЛУ НА ЗАНЯТТІ І
САМОСТІЙНІЙ ПІДГОТОВЦІ.**

НАВЧАЛЬНІ ПИТАННЯ

1. ПРИНЦИП ДІЇ ГЕТЕРОДИННИХ ЧАСТОТОМІРІВ. СТРУКТУРНА СХЕМА І ПОХИБКИ ВИМІРЮВАНЬ ГЕТЕРОДИННИХ ЧАСТОТОМІРІВ.
2. ПРИНЦИП ДІЇ РЕЗОНАНСНИХ ЧАСТОТОМІРІВ.
3. ПОВІРОЧНА СХЕМА І МЕТОДИ ПОВІРКИ ЧАСТОТОМІРІВ.

ПИТАННЯ 1

**ПРИНЦИП ДІЇ ГЕТЕРОДИННИХ
ЧАСТОТОМІРІВ.**

**СТРУКТУРНА СХЕМА І ПОХИБКИ
ВИМІРЮВАНЬ ГЕТЕРОДИННИХ
ЧАСТОТОМІРІВ.**

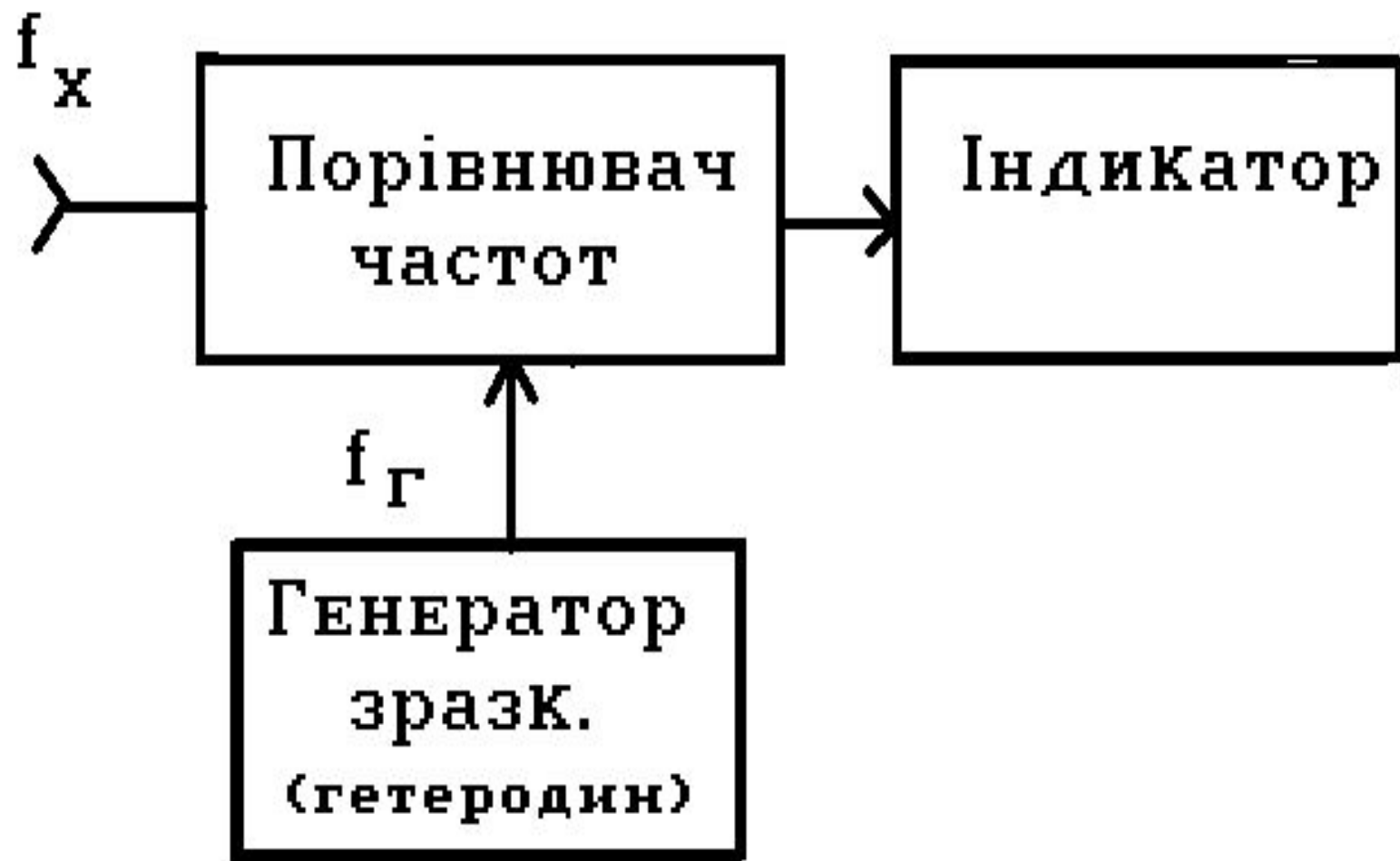


Рис. 1. Структурна схема гетеродинного частотоміра

**На порівнювач (змішувач частот)
надходять одночасно напруга
вимірюваної частоти f_x і гетеродина f_g .
Перестроюючи гетеродин, на виході
змішувача досягають низькочастотні
коливання, які фіксуються по
індикаторному приладу Р1 (головні
телефони, осцилограф, електронно-
світловий індикатор,
магнітоелектричний прилад).**

Виміряну частоту визначають за шкалою гетеродина.

На виході змішувача як нелінійного елемента під дією вимірюваної і зразкової частот виникають коливання комбінаційних частот виду

$$\pm m \cdot f_x \pm n \cdot f_{\text{гет}}$$

де m і n - цілі числа.

Нас же цікавить низькочастотна складова комбінаційних частот. Настроюванням гетеродина досягають найбільш низької частоти F_v , щоб вона могла попасти в смугу індикаторного каналу.

$$m \cdot f_x - n \cdot f_{\text{гет}} = F$$

Так як при вимірюванні номери гармонік « m » і « n » невідомі, то метод вимірювання неоднозначний: потрібно знати приблизно значення f_x (з похибкою приблизно 0,1%). Для цієї мети в гетеродинні частотоміри включають прості резонансні хвилеміри. По приблизним значенням f_x , $f_{\text{гет}}$ визначають номери гармонік « m » і « n ».

Суть цього методу полягає в порівнянні частоти вимірюваного сигналу з частотою напруги гетеродина (високо стабільного генератора), який перестроюється – частота якого відома. Вимірювальні прилади, які використовують гетеродинний метод, називають гетеродинними частотомірами.

Структурна схема гетеродинного частотоміра зображена на рис.1.

Часто вимірювання проводиться на перших гармоніках $m = n = 1$.

Рівняння вимірювання приймає вигляд

$$f_x = f_{\text{гет}} \quad (3)$$

У цьому випадку метод вимірювання називають методом нульового биття.

Похибка вимірювання складається з похибок порівняння і похибки гетеродина (непостійність характеристики тарування і нестабільності частоти).

Похибка порівняння $\Delta\sigma$ визначається смугою пропускання каналу індикатора.

При використанні головних телефонів похибка порівняння $\Delta\sigma \geq 20\text{Гц}$. Для зменшення похибки порівняння вимірювання проводиться способом вилки.

Для цього різницева частота встановлюється два рази при двох різницевих значеннях частоти гетеродина f_g і f_g' :

Абсолютну похибку порівняння не вдається зробити менше 10Гц .

Для зменшення похибки гетеродина його шкалу перед вимірюванням калібрують по гармонікам генератора з кварцовою

При дуже високих частотах одержати нульові биття важко. Тому в індикаторний ланцюг включають частотомір і по ньому визначають різницеву частоту $f_{\text{різн.}}$.

Вимірювана частота

$$f_x = f_{\text{гет}} \pm f_{\text{різн.}} \quad (4)$$

В НВЧ гетеродинних частотомірах застосовують гетеродини, частота яких на багато раз нижче вимірюваної. У цьому випадку використовують вищі гармоніки гетеродина і рівняння вимірювання приймає вигляд

$$f_x = n \cdot f_{\text{гет.}} \quad (5)$$

Гетеродинні частотоміри характеризуються діапазоном вимірюваних частот, похибкою і чутливістю. В якості прикладу гетеродинних частотомірів можна навести прилади:

Ч4-1 (діапазон вимірювання 125..20000кГц, основна похибка $2 \cdot 10^{-4}$, чутливість 100 мВ);

Ч4-5 (діапазон вимірювань 2,5..18 ГГц, основна похибка $5 \cdot 10^{-5}$, чутливість 100 мкВт);

Ч4-25 (діапазон вимірювань 37,5..78,3 ГГц, основна похибка 10^{-5} , чутливість 100 мкВт);

ПИТАННЯ 2

ПРИНЦИП ДІЇ РЕЗОНАНСНИХ ЧАСТОТОМІРІВ

Резонансний метод базується на порівнянні вимірюваної частоти з частотою власних коливань коливального контуру або резонатора, які попередньо таруються.

Прилади, які вимірюють частоту резонансним методом, називаються резонансними частотомірами. Ці нескладні прилади застосовують в частотному діапазоні від сотень кілогерц до сотень гігагерц.

Розрізняють два способи виконання резонансного методу вимірювання частоти:

**побудований
на явищі
механічного
резонансу**

**побудований
на явищі
електричного
резонансу**

Загальна структурна схема резонансного частотоміра, спосіб вимірювання якого базується на явищі електричного резонансу, зображена на рис. 2.



Рис. 2. Структурна схема резонансного частотоміра

Сигнал вимірюваної частоти f_x через елемент зв'язку збуджує коливальну систему. За допомогою механізму настроювання змінюється частота власних коливань коливальної системи.

При рівності вимірюваної і власної частот виникає резонанс - збільшення інтенсивності коливань в коливальній системі.

Момент резонансу фіксується за допомогою індикатора резонансу, який зв'язаний з коливальною системою через елемент зв'язку. За шкалою відлікового пристрою проводиться відлік значення вимірюваної частоти.

Основним вузлом резонансного частотоміра є коливальна система, яка перестроюється по частоті. На частотах до сотень мегагерц в якості коливальної системи застосовують резонансні контури з зосередженими параметрами, на більш високих частотах до 1 ГГц - контури з розподіленими параметрами у вигляді відрізків коаксіальних або смугових ліній, на ще більших частотах застосовують об'ємні резонатори, на частотах понад 30 ГГц - відкриті резонатори

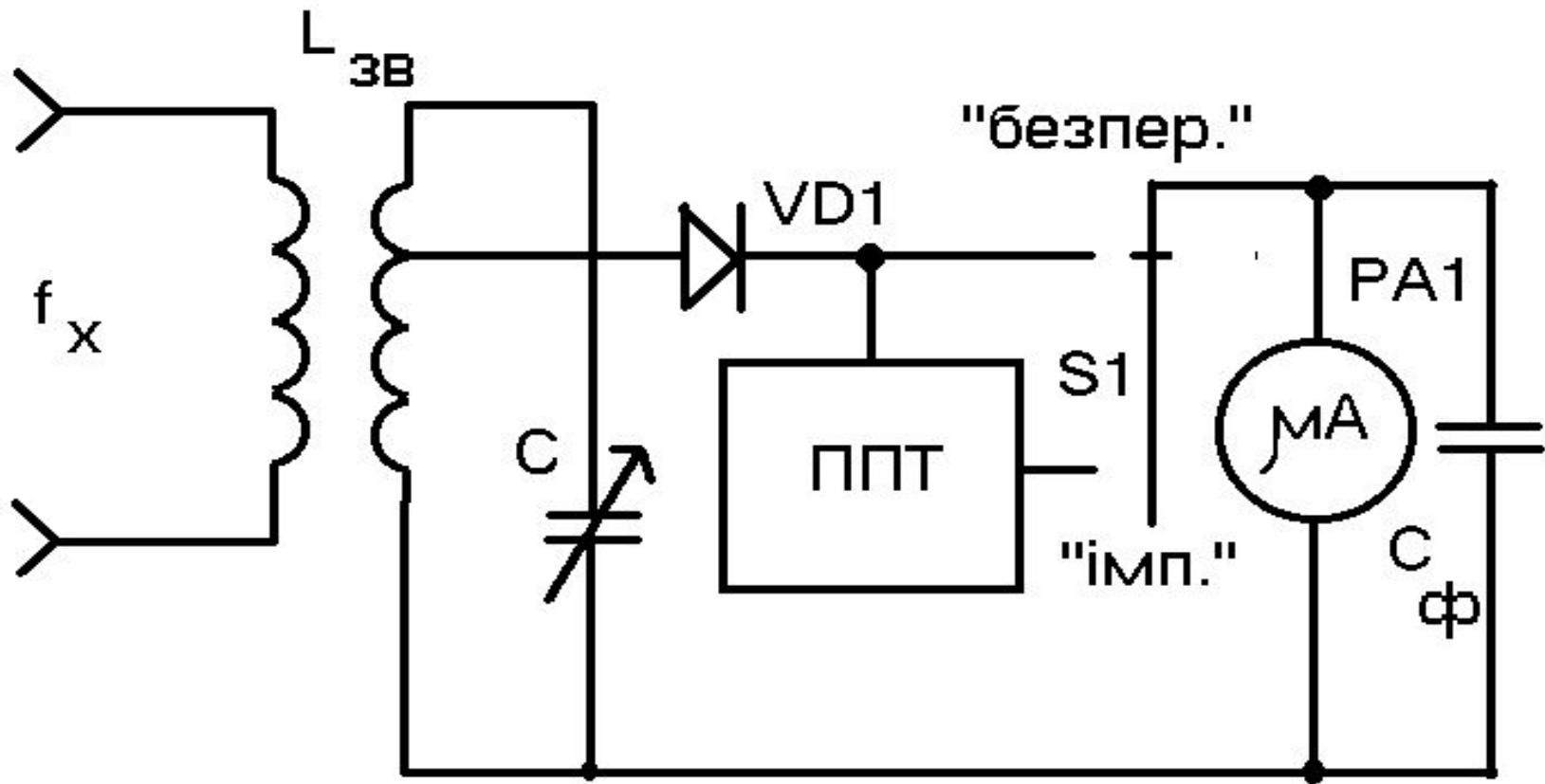


Рис. 3. Схема резонансного частотоміра

На рис. 3 наведена схема резонансного частотоміра з коливальною системою у вигляді контуру з зосередженими параметрами L і C . Вимірювальний контур має індуктивний зв'язок з ланцюгом джерела коливань і автотрансформаторний зв'язок з індикатором. Індикатор фіксує напругу, яка знімається з частини котушки L .

ПИТАННЯ 3

ПОВІРОЧНА СХЕМА І МЕТОДИ ПОВІРКИ ЧАСТОТОМІРІВ

**Повірка частотомірів резонансних виконується
згідно з вимогами міждержавного стандарту
ГОСТ 12692-67 «Измерители частоты
резонансные. Методы и средства поверки»**

1. Операції повірки.

**Під час повірки вимірювачів частоти
резонансних (ВЧР) проводять наступні
операції:**

- визначення основної відносної похибки
вимірювання частоти;**
- визначення порогової чутливості.**

ЗАСОБИ ПОВІРКИ

Для повірки ВЧР повинні використовуватись зразкові частотоміри, допоміжні генератори, вимірювачі потужності або напруги, з'єднувальні і розв'язуючі елементи.

Допустимі похибки зразкових частотомірів, а також похибки встановлення частоти установок для відтворення зразкових частот повинні бути в три рази менше похибок вимірювання частоти повіряємих.

Стабільність частоти допоміжних генераторів і установок для відтворення зразкових частот за час вимірювання повинна бути на порядок вища похибки вимірювання частоти повіряємого приладу.

ПІДГОТОВКА ДО ПРОВЕДЕННЯ ПОВІРКИ

Проводиться зовнішній огляд. Прилад не повинен мати механічних пошкоджень, усі ручки керування і регулювання повинні бути закріплені без перекосу, діяти безвідмовно і забезпечувати надійність фіксації.

Працездатність і електричну справність ВЧР перевіряють шляхом вимірювання частоти допоміжних генераторів відповідного діапазону. Працездатність ВЧР, які вмонтовані в інші прилади і пристрої, допускається перевіряти з використанням внутрішнього генератора.

4. ПРОВЕДЕННЯ ПОВІРКИ

Визначення основної відносної похибки вимірювання частоти проводять шляхом вимірювання повіряємим приладом частоти допоміжного генератора, дійсне значення якого вимірюють зразковим частотоміром. Зв'язок повіряємого ВЧР з генератором і рівень потужності генератора регулюють таким чином, щоб відхилення стрілки індикатора вимірювача частоти було від половини до двох третіх шкали.

Вимірювання частоти повітряним ВЧР

проводять методом «вилки», який полягає в тому, що для визначення резонансу беруть два покази відлікового пристрою f_1 і f_2 , які відповідні однаковим показам індикатора по обидві сторони від положення резонансу.

Для кожного повіряемого значення частоти треба проводити два вимірювання частоти, які відповідні положенню резонансу при підході до нього з боку менших і більших значень частоти.

Відносні похибки вимірювачів частоти (δ') в процентах підраховують згідно з формулою:

$$\delta = \frac{f_{\text{в}} - f_{\text{д}}}{f_{\text{д}}} \cdot 100$$

$f_{\text{в}}$ - значення частоти, яке виміряне частотоміром

$f_{\text{д}}$ - дійсне значення частоти допоміжного генератора, яке виміряне зразковим частотоміром.

Відліки частоти проводять по шкалам, таблицям, графікам в залежності від того, чим забезпечений ВЧР.

Вимірювання основної відносної похибки ВЧР проводять не менше ніж на п'яти помітках частоти кожного діапазону, включаючи крайні точки частот робочого діапазону.

Максимальна відносна похибка, яка одержана при вимірюваннях не повинна перевищувати величин, які вказані в експлуатаційній документації на прилад.

ВИЗНАЧЕННЯ ПОРОГОВОЇ ЧУТЛИВОСТІ

Порогову чутливість ВЧР, який має власний індикатор резонансу, в неперервному і імпульсному режимах визначають, як найменше значення напруги або потужності сигналу, при якому забезпечується вимірювання частоти з точністю, яка гарантується класом приладу.

Рівень потужності або напруги допоміжного генератора вимірюють або власним індикатором рівня або вимірювачем потужності або напруги, якщо вихідний рівень генератора не калібрований. При цьому треба враховувати втрати в з'єднувальних і роз'язувальних елементах.