

**Київський національний університет імені Тараса
Шевченка**

**Факультет військової підготовки
Кафедра військово-технічної підготовки**

**Предмет “ОСНОВИ ПОБУДОВИ ВІЙСЬКОВИХ
ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАНЬ”**

для проведення занять зі студентами

**з спеціальності “Організація метрологічного забезпечення військ
(сил)”**

Тема № 4 ГЕНЕРАТОРИ СИГНАЛІВ.

**Заняття № 2 ГЕНЕРАТОРИ СИГНАЛІВ НИЗЬКОЇ
ЧАСТОТИ І СПЕЦІАЛЬНОЇ ФОРМИ.**

НАВЧАЛЬНІ ПИТАННЯ

- 1. Структурна схема генераторів сигналів низької частоти /НЧ/.**
- 2. Особливості побудови генераторів сигналів спеціальної форми.**
- 3. Метрологічні характеристики генераторів сигналів низької частоти.**
- 4. Еталони і засоби вимірювань для калібрування генераторів сигналів НЧ і спеціальної форми.**

НАВЧАЛЬНА МЕТА:

- 1. Розглянути призначення і структурну схему низькочастотних генераторів.**
- 2. Надати особливості побудови і функціонування генераторів низькочастотних сигналів.**
- 3. Ознайомитись з особливостями побудови генераторів спеціальної форми.**

Класифікація вимірювальних генераторів сигналів

Г2 - генератори шумових сигналів, які є джерелами електричних шумових сигналів з заданим значенням спектральної щільності потужності, або потужності шуму у відповідній смузі.

Г3 - генератори сигналів низькочастотні, до яких відносяться джерела квазігармонічних немодульованих або модульованих сигналів (інфразвукових, звукових і ультразвукових частот).

Г4 - генератори сигналів високочастотні (джерела квазігармонічних немодульованих або модульованих сигналів високих і надвисоких частот.

Г5 - генератори імпульсів, тобто джерела одиночних або періодичних відеоімпульсних сигналів, форма яких близька до прямокутної.

Г6 - генератори сигналів спеціальної форми, тобто джерела відеоімпульсних сигналів, форми яких відрізняються від прямокутної.

Г8 - генератори хитної частоти /свіп-генератори/, які є джерелами квазігармонічних сигналів, частота яких автоматично змінюється в

Питання для повторення попереднього матеріалу

Який фізичний процес
одержав назву *МОДУЛЯЦІЯ*
сигналу?

МОДУЛЯЦІЄЮ називається фізичний процес одержання сигналу, математичне описання якого може бути одержане заміною параметра в математичному описанні модулюємого сигналу на функцію від модулюючого сигналу.

При цьому закон модуляції характеризується такими ж параметрами, як і модулюючий сигнал.

Нехай $X_1(t, a_1, \dots, a_k, \dots, a_n)$ - модулюємий сигнал, а $X_2(t)$ модулюючий сигнал.

Тоді при модуляції за параметром a_k модульований сигнал має вигляд :

$X_1(t, a_1, \dots, \phi[X_2(t)], \dots, a_n)$, де $\phi[X_2(t)]$ - закон модуляції.

ПИТАННЯ 1

**Структурна схема генераторів
сигналів низької частоти /НЧ/**

Генератори сигналів низьких частот є джерелами електричних коливань синусоїдальної форми в діапазоні частот від 20 Гц до 300 кГц. Є тенденції до розширення цього діапазону вниз до одиниць герц та вверх до одиниць мегагерц.

Основними параметрами НЧ генераторів, за якими встановлюються їх класи точності, є границі допустимих основних похибок встановлення частоти і опорного рівня /значення/ вихідної напруги.

Встановлено 6 класів точності згідно з частотними параметрами ($F_{0,1}; F_{0,5}; F_{1,0}; F_{1,5}; F_{2,0}; F_{3,0}$) і 5 класів точності згідно з параметрами вихідної напруги ($U_{1,0}; U_{2,0}; U_{3,5}; U_{4,0}; U_{6,0}$).

Наприклад, позначення класу точності генератора $F_1 U_{2,5}$ означає, що основна похибка відліку рівня вихідної напруги не більше 2,5%, а похибка встановлення частоти не перевершує 1,0%.

Для кожного класу точності генератора встановлені норми, за які не повинні виходити інші параметри генератора:

- нестабільність частоти;**
- коефіцієнт гармонік;**
- похибка послаблення атенюатора;**
- додаткові похибки частоти і рівня вихідної напруги.**

НЧ вимірювальні генератори виконують, як правило, за структурною схемою, рис.1.

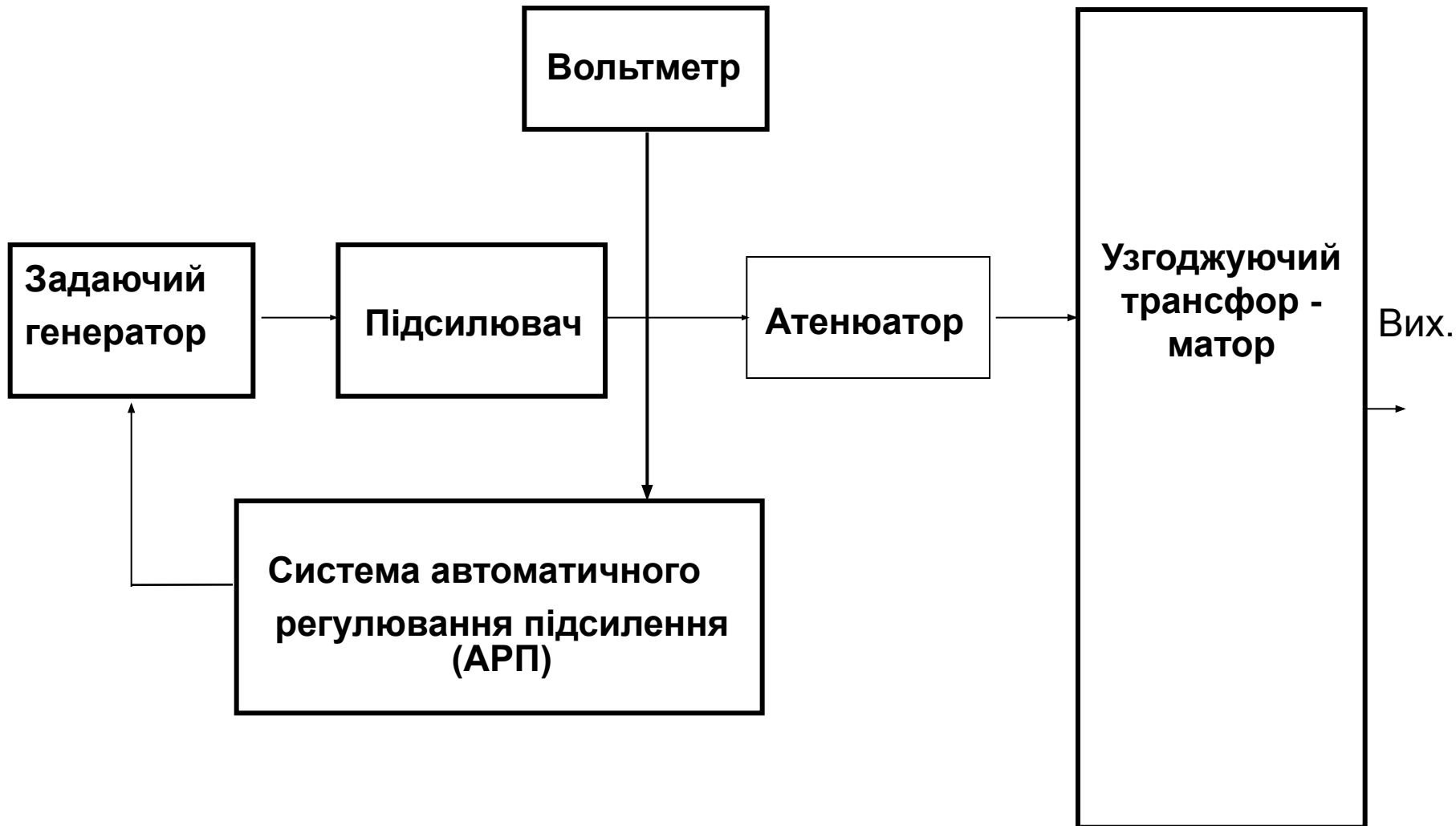


Рис. 1.

Основним вузлом цієї схеми є задаючий генератор. Його схемне і конструктивне рішення в значній мірі визначає метрологічні характеристики всього засобу вимірювальної техніки:

- діапазон частот,**
- похибку встановлення і нестабільність частоти,**
- нестабільність рівня вихідної напруги,**
- спотворення форми синусоїдального сигналу.**

В залежності від схеми задаючого генератора розрізняють три типи низькочастотних вимірювальних генераторів: RC – генератори, генератори на біттях і генератори з діапазонно-кварцевою стабілізацією частоти.

Функціональна схема задаючого RC - генератора зображена на рис. 2.

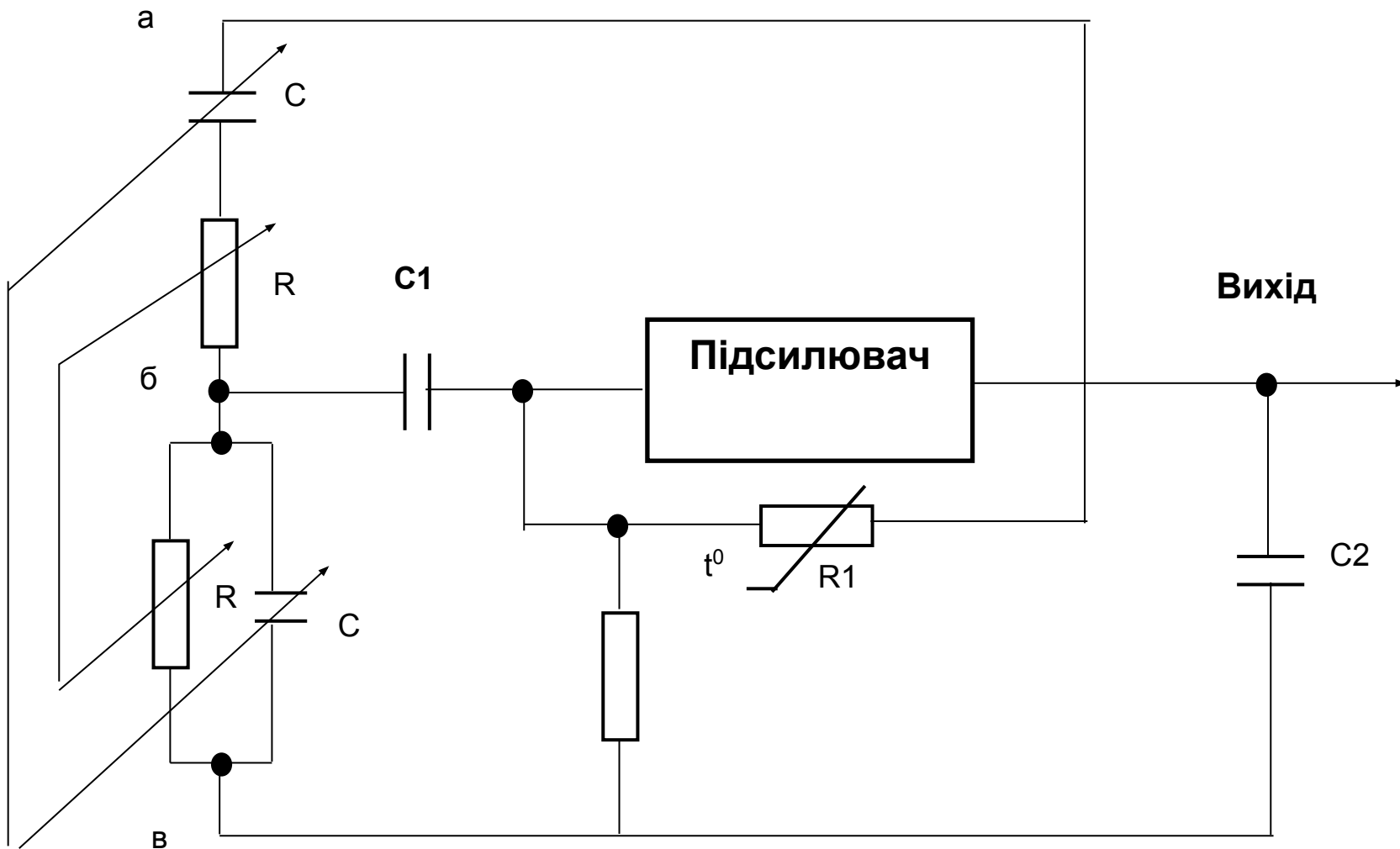


Рис. 2. Схема задаючого генератора

Підсилювач може виконуватись на лампах, напівпровідникових приладах або мікросхемах. Ланцюг позитивного зворотного зв'язку, який складається з резисторів з величиною опору R і конденсаторів ємністю C , є частотно-вибірний. Генератор збуджується на тій частоті, для якої цей ланцюг має мінімальні затухання і створює нульовий зсув фаз.

Частота визначається за формулою:

$$f = 1/2\pi RC \quad (1)$$

Перевагами RC - генераторів є простота і невеликі габарити, малий коефіцієнт нелінійних спотворень, слаба залежність частоти від зміни режимів роботи.

Значним недоліком таких генераторів є обмеження частотного діапазону зверху, так як ємність конденсаторів стає сумірною з "паразитними" ємностями схеми.

Підсилювач (рис.1), який увімкнений після задаючого генератора, забезпечує підсилення напруги і потужності генеруємих синусоїдальних коливань, розв'язує задаючий генератор від навантаження.

Такі підсилювачі охоплюють глибоким негативним зворотним зв'язком для того, щоб забезпечити рівномірність його амплітудно-частотної характеристики, високу стабільність коефіцієнта підсилення, малий рівень нелінійних спотворень.

Вольтметр, увімкнений до виходу підсилювача, дозволяє контролювати калібрований вихідний рівень напруги на виході атенюатора.

Як правило, в якості вольтметрів, вмонтованих у вимірювальні генератори, використовують електронні вольтметри середньовипрямленого значення.

Похибка цього вольтметра безпосередньо визначає точність встановлення рівня.

Атенюатор дозволяє ступенями (як правило через 10 дБ) змінювати послаблення сигналу на виході вимірювального генератора в діапазоні від 0 до 60...120 дБ.

Похибка атенюатора вносить свій внесок в похибку встановлення рівня вихідної напруги і складає, як правило 0,5...1,0 дБ.

Вихідний узгоджуючий трансформатор застосовують тільки в генераторах з підвищеним значенням вихідної потужності (порядку 5 Вт) і напругою 50 В (на навантаженні 600 Ом).

Типові вихідні трансформатори дозволяють працювати на навантаження 5, 50, 600, 5000 Ом. Оскільки практично неможливо створити узгоджувальний трансформатор з рівномірною амплітудно-частотною характеристикою у всьому діапазоні 20 Гц...300 кГц, то використовують два трансформатора: один в смузі 20 Гц...20кГц, інший (другий) - в смузі 20кГц...200кГц.

Трансформатори перемикають водночас з переходом на відповідний діапазон.

Значна кількість сучасних вимірювальних генераторів не має вихідного узгоджувального трансформатора.

Вони розраховані на вихідну напругу 5...10 В на навантаженні 600 Ом. Вихідний опір таких генераторів (нерегульований і дорівнює 600 Ом) визначається конструкцією генератора.

Система АРП /АРУ/ детектує вихідний сигнал генератора, порівнює його з сигналом джерела опорної напруги і змінює режим роботи задаючого генератора. Це проявляється в компенсації зміни рівня вихідного сигналу при зміні частоти і інших дестабілізуючих чинниках.

В результаті застосування АРП похибка встановлення вихідного рівня сигналу можна зменшити у десять разів (з 4...6% до 0,4%).

ПИТАННЯ 2

**Особливості побудови генераторів
сигналів спеціальної форми**

Генератори сигналів спеціальної форми /типу Г6 згідно з ГОСТ І5094-69/ це джерела одиночних або періодичних сигналів, форма яких відрізняється від прямокутної.

Найбільш розповсюдженими формами сигналів є пилкоподібна, трикутна, трапецеїдальна, дзвіноподібна і т.п.

Такі сигнали необхідні для моделювання вхідних діянь при настроюванні і випробуваннях каналів зв'язку, медичної геофізичної та вимірювальної апаратури.

Для створення достатньо простих і дешевих генераторів сигналів спеціальної форми широко застосовують схеми на основі інтеграторів з нелінійним зворотним зв'язком через пороговий елемент з гістерезисом (наприклад, тригер Шмідта).

Структурна схема такого генератора, який називається функціональним, зображена на рис. 3.

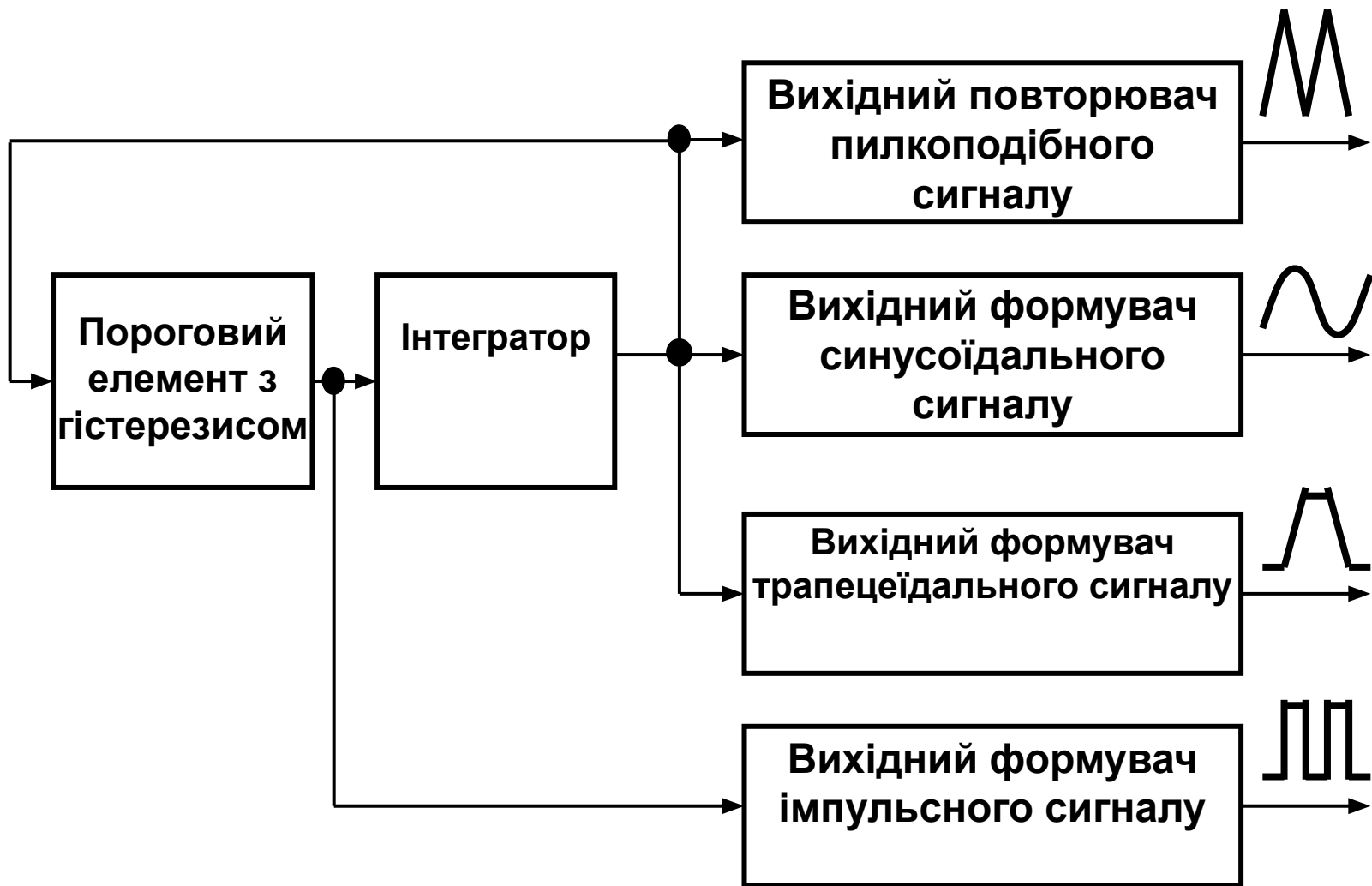


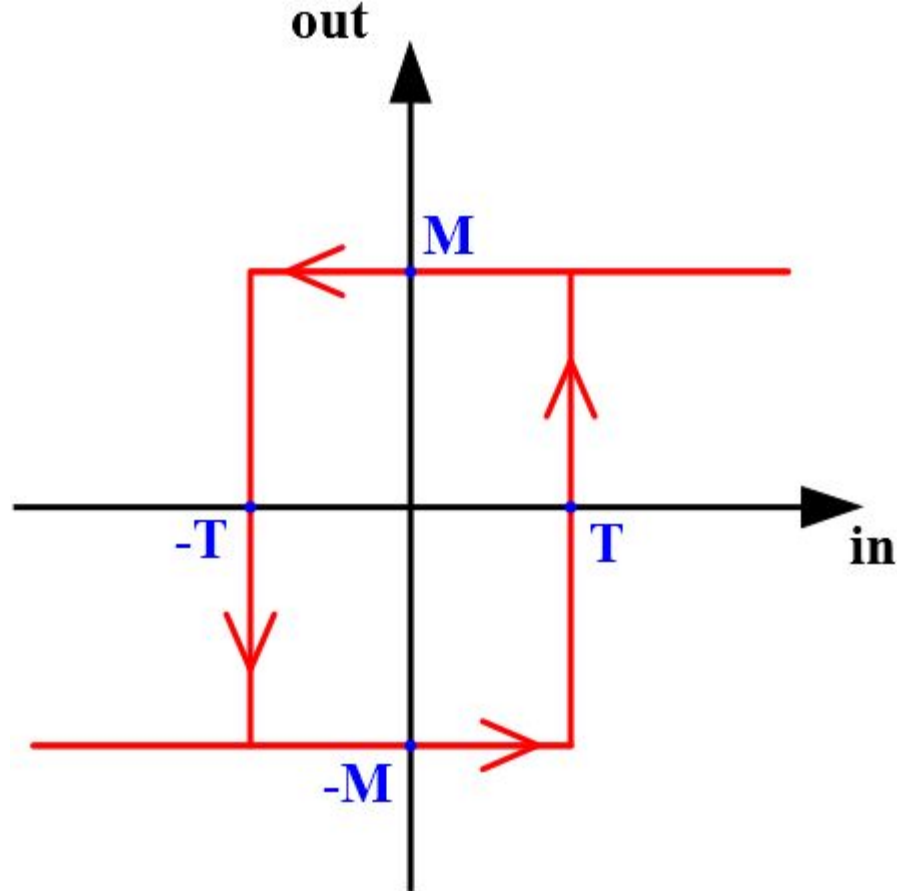
Рис. 3.

В процесі інтегрування постійної напруги на виході тригера Шмідта, інтегратор формує напругу, яка лінійно змінюється.

Коли вихідна напруга інтегратора досягає порогу спрацьовування тригера тригер перемкнеться і його вихідна напруга змінює знак. Внаслідок цього напруга на виході інтегратора змінюється в протилежну сторону, поки не стане рівною нижньому порогу спрацьовування тригера.

Далі цей процес періодично повторюється і на виході схеми формується симетрична напруга трикутної форми з однаковим часом наростання і спаду.

Розмах цієї напруги та її стабільність визначається в основному встановленням і відповідністю порогів спрацьовування тригера.



Фазова траєкторія (статична характеристика) тригера Шмітта являє собою прямокутну петлю гістерезису. (Він і дозволяє використовувати тригер в якості формувача прямокутних імпульсів з вхідного напруги, зокрема, з синусоїдального). Неоднозначність статичної характеристики дозволяє стверджувати, що тригер Шмітта, як і інші тригери, має властивість пам'яті — його стан в зоні неоднозначності визначається передісторією — раніше діючим вхідним сигналом.

Для формування сигналів довільної форми в останній час починають застосовуватись функціональні генератори, які працюють на основі кусочно-лінійного синтезу сигналу.

В основі таких пристроїв лежить генератор напруги, яка лінійно змінюється, тривалістю і амплітудою якої можна керувати.

Очевидно, що з серії таких елементарних сигналів, які лінійно змінюються, кожен з яких починається там де закінчується попередній, можна сформувавши сигнал довільного виду.

Як правило роботою такого генератора керує мікропроцесор. В його пам'ять вводяться параметри (тривалість і амплітуда) кожного елементарного сигналу із насамперед заданого набору дискретних значень.

Похибка формування сигналу визначається при цьому загальною кількістю елементарних сигналів, які використовуються та дискретністю встановлення їх параметрів.

Рішенням задачі формування сигналів довільної форми з широкими границями регулювання і високою стабільністю параметрів є створення генераторів на основі цифрових пристроїв пам'яті (запам'ятовуючий пристрій ЗП) і цифро-аналогових перетворювачів (ЦАП).

Структурна схема такого генератора зображена на рис.4.

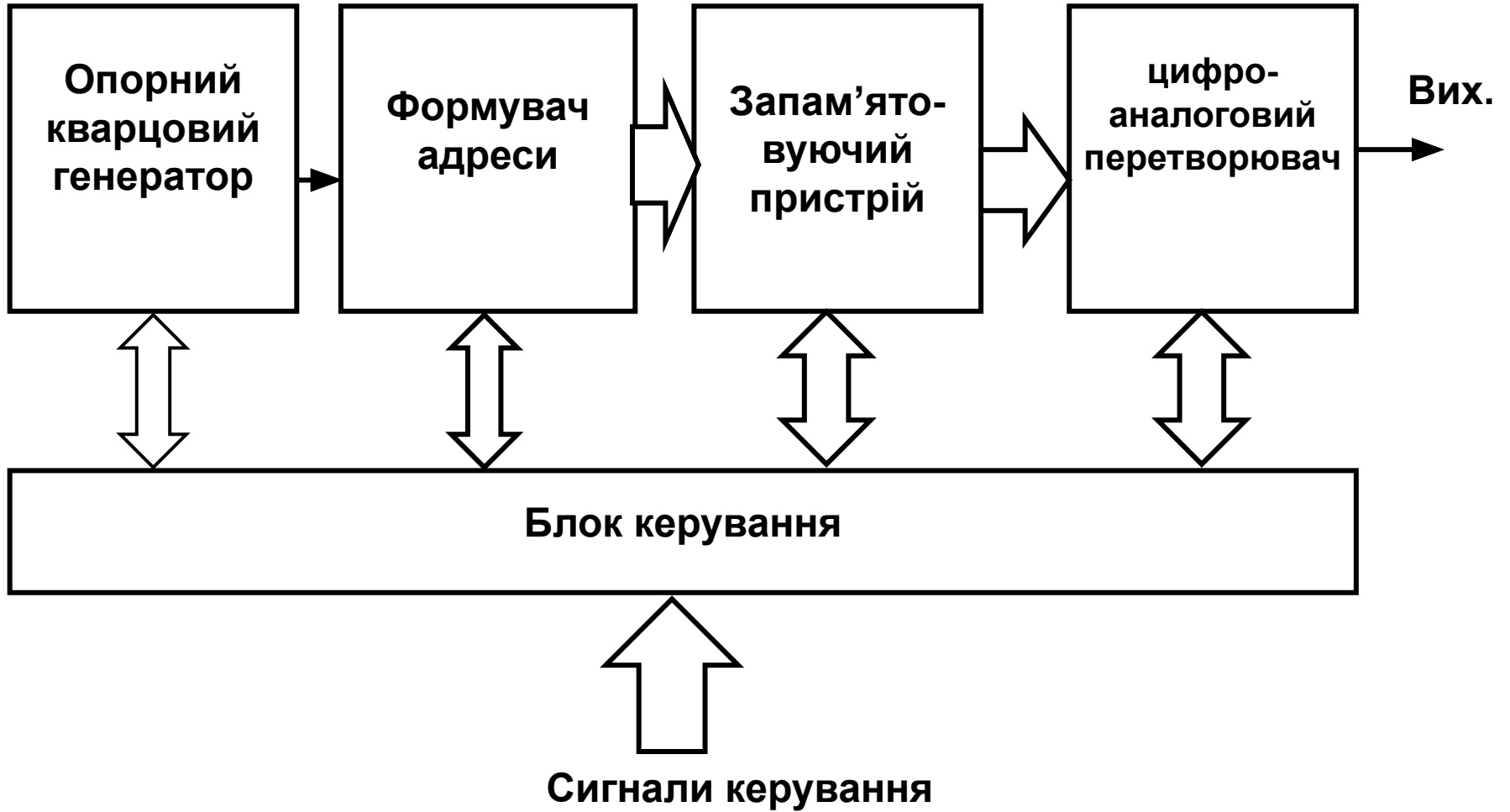


Рис. 4.

Зі сторони нижніх частот діапазон такого генератора практично нічим не обмежений.

Максимальна частота формуємого сигналу визначається швидкодією ЗП і ЦАП.

Характеристики точності такого генератора по вихідній напрузі визначаються об'ємом пам'яті і розрядністю ЗП, а також характеристиками ЦАП.

Генератор такого типу - це спеціалізована мікро - ЕОМ, яка працює за визначеною програмою.

ПИТАННЯ 3

Метрологічні характеристики генераторів сигналів НИЗЬКОЧАСТОТНИХ

До метрологічних характеристик генераторів сигналів відносяться (ГОСТ 8. 314-78)

- 1. Похибка встановлення частоти за допомогою шкали частот.**
- 2. Похибка встановлення частоти за допомогою шкали інтерполяції.**
- 3. Нестабільність частоти.**
- 4. Похибка встановлення опорного рівня вихідної напруги.**
- 5. Похибка вихідного атенюатора.**
- 6. Коефіцієнт гармонік вихідної напруги.**

1. Основна похибка встановлення частоти сигналу генератора низьких частот складається з декількох складових:

1) Складова, яка вносить найбільший внесок в похибку, вона визначається неточністю тарування шкали генератора і виникає із-за неточності тарування, т.б.т. нанесення на шкалу поміток, або числових значень частоти, та похибкою міри за допомогою якої здійснювалось тарування.

2) Складова, яка виникає внаслідок наявності люфтів в механізмах встановлення частоти.

3) Складова, яка обумовлена неточністю суміщення помітки шкали з візиром.

4) Складова, яка виникає внаслідок дрейфу і нестабільності параметрів елементів, з яких складається задаючий генератор.

2. Основна похибка встановлення вихідної напруги складається з двох складових:

1) Похибка встановлення опорного рівня вихідної напруги.

2) Похибка атенюатора.

Ці складові похибки, як правило, нормуються окремо.

3. Основна похибка встановлення опорного рівня напруги, в свою чергу, складається з декількох складових:

- 1) Складова, яка обумовлений неточністю тарування шкали відлікового пристрою, за допомогою якого встановлюється опорний рівень напруги (вольтметра, потенціометра і т.д.).**
- 2) Складової, яка обумовлена відхиленням значення навантаження, на якому здійснюється тарування від реальної. Тому в генераторах, які працюють з довільним навантаженням, іноді нормують тільки нерівномірність АЧХ.**
- 3) Складової, яка обумовлена частотною залежністю пристрою встановлення опорного рівня вихідної напруги.**

4. Основна похибка послаблення атенюатора складаються з трьох складових, які обумовлені:

1) Неточністю тарування його шкали.

2) Залежністю послаблення атенюатора від частоти сигналу.

3) Відхиленням величини опору навантаження від номінального.

ПИТАННЯ 4

**Еталони і засоби вимірювань
для калібрування генераторів
сигналів НЧ
і спеціальної форми**

При проведенні калібрування генераторів сигналів низьких частот можуть бути використані наступні засоби вимірювань

- електронно-лічильний частотомір ЧЗ-38, (ЧЗ-54, 64);**
- стандарт частоти Ч1-50;**
- частотний компаратор Ч7-12;**
- електронні вольтметри Ф563, ВЗ-40, ВЗ-57;**
- зразковий атенюатор Д1-13А;**
- вимірювачі нелінійних спотворень С6-5, (С6-7, С6-8, С6-11);**
- аналізатори спектру С4-25, (С4-48);**
- вольтметри селективні В6-9, (В6-10);**
- набір режекторних фільтрів;**

Допускається застосовувати для калібрування і інші засоби вимірювальної техніки, які мають похибку не більше $1/3$ границі допустимої похибки параметра генератора.

Література: