

**КИЇВСЬКИЙ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

**ФАКУЛЬТЕТ  
ВІЙСЬКОВОЇ ПІДГОТОВКИ**

**КАФЕДРА  
ВІЙСЬКОВО-ТЕХНІЧНОЇ  
ПІДГОТОВКИ**

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

**ТЕМА №16: АТЕНЮАТОРИ І**  
**ВИМІРЮВАННЯ ПОСЛАБЛЕНЬ**

**ЗАНЯТТЯ №1: ПРИЛАДИ ДЛЯ**  
**ВИМІРЮВАННЯ ПОСЛАБЛЕНЬ**

## **НАВЧАЛЬНА МЕТА:**

- 1. Надати загальні відомості і класифікацію атенюаторів.**
- 2. Надати характеристики атенюаторів різних типів.**
- 3. Вивчити методи вимірювання послаблень, засоби вимірювання послаблень та методи їх перевірки.**

# **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. Загальні відомості і класифікація атенюаторів.**
- 2. Характеристики атенюаторів різних видів.**
- 3. Методи вимірювання послаблень.**
- 4. Засоби вимірювання послаблень.**
- 5. Метрологічне забезпечення засобів вимірювання послаблень.**

# **ПИТАННЯ 1**

## **ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ І КЛАСИФІКАЦІЯ АТЕНЮАТОРІВ**

**В НВЧ схемах широкого застосування дістали пристрої для послаблення і регулювання рівня потужності в трактах - атенюатори. Вони застосовуються для вимірювання амплітуди вихідного сигналу, чутливості вимірювальних приймачів, аналізаторів спектру, стробоскопічних осцилографів, розширення меж вимірювання вольтметрів, вимірювачів потужності та інших приладів.**

**Крім того, масового застосування в НВЧ трактах різного виду дістали чотирьохполюсники, такі як феритові пристрої, направлені відгалужувачі, мости, гібридні з'єднання і інші вузли. Постає вимоги до вимірювання їх параметрів, зокрема послаблення, яке вноситься цими чотирьохполюсниками. Однією з важливих і самостійних задач в радіотехніці і метрології є задача вимірювання великих послаблень.**

**Згідно з принципом дії атенюатори розділяються на резисторні, поглинаючі, граничні, поляризаційні, феритові, на напівпровідникових приладах.**

**По конструкції атенюатори розділяються на коаксіальні, хвилевідні, смугові.**

**Згідно з можливістю регулювання послаблення - на змінні (які керуються електрично і механічно) і фіксовані.**

**За рівнем потужності, яка послаблюється - на атенюатори низького рівня (до 1 Вт) і високого рівня.**

**За точністю на калібровані і некалібровані.**



**Атенюатори характеризуються послабленням (затуханням), тобто відношенням рівня потужності на вході до рівня потужності на виході, що можна записати у вигляді:**

$$A=10 \lg ( P_{вх} / P_{вих} )$$

**(1)**

**і коефіцієнтом стоячої хвилі КСХ.**

## **ПИТАННЯ 2**

# **ХАРАКТЕРИСТИКИ АТЕНЮАТОРІВ РІЗНИХ ВИДІВ**

# Атенюатори резисторні ( Д2 )

це пристрої, в схемі яких для послаблення потужності використовуються резистори. Резисторні атенюатори розділяються на фіксовані і ступінчасті.

Фіксовані резисторні атенюатори - це Т - подібні подільники, які виконані на резисторах, наприклад в приладах С1- , С2- , С6- і т.д.

Ступінчасті атенюатори на резисторах в основному побудовані за двома схемами :

**а) в діапазоні частот від постійного струму до 0,5-1 ГГц атенюаторні секції з певними значеннями послаблень (наприклад, 1, 2, 3, 4, і 10, 20, 30 40 дБ) з'єднуються послідовно за допомогою різноманітних комутуючих пристроїв ( частіше всього з кулачковим механізмом управління ). така схема дозволяє при мінімальній кількості резисторів (мінімальній кількості секцій) одержати ступінчасті атенюатори з широким діапазоном зміни послаблень (наприклад, від 0 до 120 дБ через 1 дБ).**

**б) в діапазоні частот до 12 ГГц застосовується конструкція ступінчастих атенюаторів барабанного типу.**

**Фіксовані атенюатори 1, 2, 3, 4, 5 і т.д. через 1 дБ 10, 20, 30, 40, 50 і т.д. через 10 дБ вмонтовуються в барабан, і за допомогою НВЧ перемикачів кожний з атенюаторів окремо підключається до високочастотного тракту.**

**Для забезпечення зміни послаблення від 0 до 120 дБ через 1 дБ застосовуються двох- або трьох барабанні атенюатори, тобто послідовно вмикаються дві або три секції. В цьому випадку похибка буде в 2-3 рази більшою.**

# Атенюатори поглинаючі ( Д5 )

Принцип дії поглинаючих атенюаторів (вид Д5)<sup>таблиця 2.</sup> заснований на затуханні електромагнітної енергії в поглинаючих матеріалах.

Робочою частиною поглинаючих атенюаторів є пластина з нанесеною на неї шаром поглинаючого матеріалу. За допомогою ручки і відповідного механізму пластину можна переміщати до середини хвилеводу або коаксіальної лінії, тим самим збільшуючи розсіювання електромагнітної енергії в поглинаючому шарі. Це приводить до збільшення затухання електромагнітної хвилі, яке вноситься атенюатором.

В табл. 1 наведені характеристики резисторних і поглинаючих атенюаторів.

# Таблиця 1.

Найменування	Тип	Діапазон частот, ГГц	Діапазон послаблення, ДБ	Похибка встановлення послаблення, ДБ	КСХ	ВЧ тракт, мм	Доп. вх. потужн Вт	Маса, кг
Атенюатор резисторний змінний	Д2-13	0,5-3	9-40	+0,5	1,4-1,5	16/4,6	3	2,5
	Д2-14	1-3	9-40	+0,5	1,4	16/7	3	2,5
	Д2-22	0-1,5	0-109	+0,06-1	-	16/7	1	-
Атенюатор резисторний ступінчастий	Д2-23	0-15	0-109	+0,06-2	-	16/4,6	1	-
	Д2-24	0-15	0-59	+0,06-1	-	16/7	1	-
	Д2-25	0-15	0-59	+0,06-1	-	16/7	1	-

Атеню атор резистор ний фіксо ваний	Д2-26	0-3	2	+0,4-0,5	1,15-1,	7/3	2	0,15
	Д2-27	0-3	3	+0,4-0,5	5	7/3	1,5	0,15
	Д2-28	0-3	4	+0,4-0,5	1,15-	7/3	1	0,15
	Д2-29	0-3	6	+0,4-0,5	1,5	7/3	1	0,15
	Д2-31	0-3	10	+0,4-0,5	”	7/3	1,5	0,15
	Д2-33	0-5	3	+1	1,45-	16/7	1	0,15
	Д2-34	0-5	5	+1	-1,2	16/7	1	0,15
	Д2-36	0-5	10	+1	”	16/7	1	0,15
	Д2-37	0-5	15	1,5	”	16/7	1	0,15
	Д2-38	0-5	20	1,5	”	16/7	1	0,15
	Д2-40	0-5	40	1,5	”	16/7	1	0,18
	Атеню атор поглина ючий змінний	Д5-17	1,5-3	1-30	-	1,3	16/4,6	1
Д5-18		3-7	1-20	-	1,4	10/4,3	1	1,5
Д5-20		11,5-17	1-30	+0,5-1,6	1,08	17x8	0,5	0,9
Д5-21		8,3-11,5	1-30	+0,5-1,6	1,08	23x10	0,5	0,95
Д5-22		7.5-10,2	1-30	+0,5-1,6	1,8	28x12	0,5	0,95



# Межові атенюатори (Д4)

Принцип дії їх заснований на використуванні явища затухання електромагнітної енергії в межовому хвилеводі. При  $\lambda > \lambda_{гр}$  буде мати місце сильне затухання : електричне і магнітне поля убувають вздовж хвилеводу згідно з експоненціальним законом.

**Постійна затухання  $\alpha = 2 / \lambda_{гр}$  **2****

Межовий атенюатор це - відрізок круглого хвилеводу, на вході і на виході якого увімкнені відрізки коаксіальних ліній з збуджуючими і приймальними елементами. Затухання, яке виражене в децибелах

$$A = 8,68 \alpha \ell + A_{\text{поч.}} \quad \text{З}$$

лінійна функція відстані  $\ell$  між збуджуючими і приймальними елементами.

Початкове послаблення  $A_{\text{поч}}$  складає близько 10 - 25 дБ. Це - недолік атенюатора. Основні технічні характеристики граничних атенюаторів наведені в табл.2.

## Таблиця 2.

Тип атенюатора	Діапазон частот, ГГц	Діапазон послаблення, ДБ	Похибка встановлення послаблення, ДБ	КСХ	ВЧ тракт, мм	Допустима вхідна потужність, Вт	Маса, кг
Д4-3	0,1-1,0	30-120	1,0-1,5	1,5	16/4,6	10	5
Д4-4	0,5-3	30-100	1,2-1,5	1,3	16/4,6	1	5
Д4-5	1,0-3,0	25-100	1,2-1,5	1,3	16/7	1	5

# Поляризаційні атенюатори (ДЗ)

Це пристрої, які застосовуються для каліброваного послаблення енергії електромагнітних хвиль, дія яких заснована на залежності поглинання електромагнітних хвиль від площини їх поляризації.

Принцип дії таких атенюаторів полягає в зміні ступеня поглинання електромагнітної енергії спеціальною пластиною, яка розміщена в круглому хвилеводі і обертається разом з ним, в залежності від кута повороту пластини відносно площини поляризації електромагнітних хвиль.

**Послаблення, яке вноситься атенюатором, визначається кутом повороту поглинаючої пластини і може бути відраховане за допомогою шкали, яка кінематично зв'язана з секцією, яка обертається, і тарована в децибелах згідно з розрахунковою формулою.**

**Конструктивно поляризаційний атенюатор складається з трьох секцій хвилеводів, які з'єднані послідовно. Середньою секцією є круглий хвилевід, який вільно обертається між двома крайніми хвилевідними секціями, які нерухомо закріплені в корпусі.**

**Обидві крайні секції - це переходи з прямокутного хвилеводу на круглий. В середині кожної секції (вздовж неї) розміщені поглинаючі пластини, які паралельні широким стінкам хвилеводів і одна одній і розділяють секції наполовину.**

**Пристрій відрахування складається з шкали, яка встановлена безпосередньо на поворотній секції, проекційної оптичної системи. Шкала виконана у вигляді сегменту із матового скла і тарована в децибелах.**

**Проекційна оптична система складається з проекційної лампи, об'єктива, двох дзеркал і екрана.**

**За допомогою проекційної оптичної системи ділянки шкали, які відповідають встановленому послабленню, проектується на екран атенюатора.**

**Енергія електромагнітної хвилі, яка розповсюджується вздовж прямокутного хвилеводу, попадає в одну з крайніх секцій атенюатора, в якому електромагнітна хвиля із хвилі N10 в прямокутному хвилеводі перетворюється в хвилю N11 в круглому хвилеводі без послаблень.**

Потім електромагнітна енергія поступає в круглу середню секцію атенюатора, яка обертається, де в залежності від положення поглинаючої пластини послаблюється і поступає в другу крайню секцію атенюатора, здійснюється зворотне перетворення хвилі Н11 в Н10 в прямокутному хвилеводі.

Затухання, яке визначається в децибелах, в залежності від кута повороту  $\theta$  визначається за допомогою формули

$$A = 40 \lg \sec \theta + A_{\text{поч.}} \quad \mathbf{4}$$

Основні технічні характеристики поляризаційних атенюаторів наведені в табл.3.



### Таблиця 3.

Тип атенюатора	Діапазон частот, ГГц	Діапазон послаблення, дБ	Похибка встановлення послаблення, дБ	КСХ	ВЧ Тракт, мм	Маса, кг
ДЗ-27	5,65-8,25	0,5-60	+-(0,01-0,004А) дБ Вище 50 дБ +-0,6	1,15	35x15	165x230x530; 8,3
ДЗ-34А	23,05-17,44	0,5-70	+-(0,01-0,004А) дБ Вище 50 дБ +-0,7	1,2	17x8	350x270x210; 5,5

# Феритові атенюатори, або феритові вентилі (Э6)

також відносяться до розв'язуючих пристроїв.

Вони володіють специфічними властивостями : в прямому напрямку пропускають енергію з дуже малим затуханням (0,5 - 1 дБ) і мають велике затухання (більше 20 дБ) для енергії, яка розповсюджується в зворотному напрямку.

Тим самим досягається розв'язка генератора від впливу навантаження без помітних втрат з потужності. За конструкцією вентилі розділяються на коаксіальні і хвилевідні.

Основні технічні характеристики коаксіальних і хвилевідних вентилів наведені в табл.4.

## Таблиця 4.

Тип атенюатора	Діапазон частот, ГГц	Послаблення в прямому напрямку дБ	Послаблення в зворотному напрямку, дБ	КСХ	Рівень потужності в тракті	ВЧ Тракт, мм	Маса, кг
Э6-29	0,9-1,8	1,5	15	1,3	2	16/7	2,25
Э6-36	4-7	1,5	20	1,3	5	10/4	1,15
Э6-42	5,64-8,24	1,5	20	1,3	2	35*15	2,4

# Атенюатори на напівпровідникових приладах

Атенюатори на основі р-і-п - діодів і діодних малогабаритних збірок мають ступінчате з кроками 1 і 10 дБ регулювання послаблення до 30-60 дБ.

Похибка встановлення послаблення в залежності від діапазону частот, широкосмуговості цих пристроїв коливається в межах  $\pm 0,5$  до  $\pm 1,5$  дБ.

Такі атенюатори мають малі габарити і масу, можливість електронного управління і знаходять широке застосування в сучасній вимірювальній техніці.

**Основними перевагами їх є :**  
**можливість цифрового відліку послаблення ;**  
**можливість дистанційного управління ;**  
**можливість вмонтування у вимірювальну**  
**апаратуру і інші.**

**Основні технічні характеристики деяких**  
**атенюаторів, які електрично перестроюються**  
**наведені в табл. 5.**

**Таблиця 5.**

Тип атенюатора	Діапазон частот, ГГц	Максимальне Послаблення, дБ	Початкове послаблення, дБ	Допустима потужність, Вт
АЦ003	12-37,5	20	0,7-1	1,5
ВЦ011	9,3-9,9	40	0,7	1,5
ВЦ007	3+-0,5	40	1,0	-

**В матеріалі даного питання розглянуто характеристики атенюаторів різних видів: атенюатори резисторні, атенюатори поглинаючі, граничні (межові) атенюатори , поляризаційні атенюатори, феритові атенюатори, або феритові вентилі, атенюатори на напівпровідникових приладах.**

## **ПИТАННЯ 3**

# **МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ ПОСЛАБЛЕНЬ**

**В основному всі методи вимірювання послаблення в високочастотних трактах це - як правило, різновидність методу заміщення (порівняння із еталонним атенюатором). За способом увімкнення еталонного атенюатора всі методи вимірювання послаблення, які засновані на методі заміщення, розділяються на наступні :**

**послідовного заміщення на високій частоті**

**паралельного заміщення на високій частоті**

**послідовного заміщення на проміжній частоті**

**паралельного заміщення на проміжній частоті**

**заміщення на низькій частоті**

**Метод заміщення на проміжній частоті найбільш універсальний і знайшов широкого застосування при вимірюванні послаблення.**

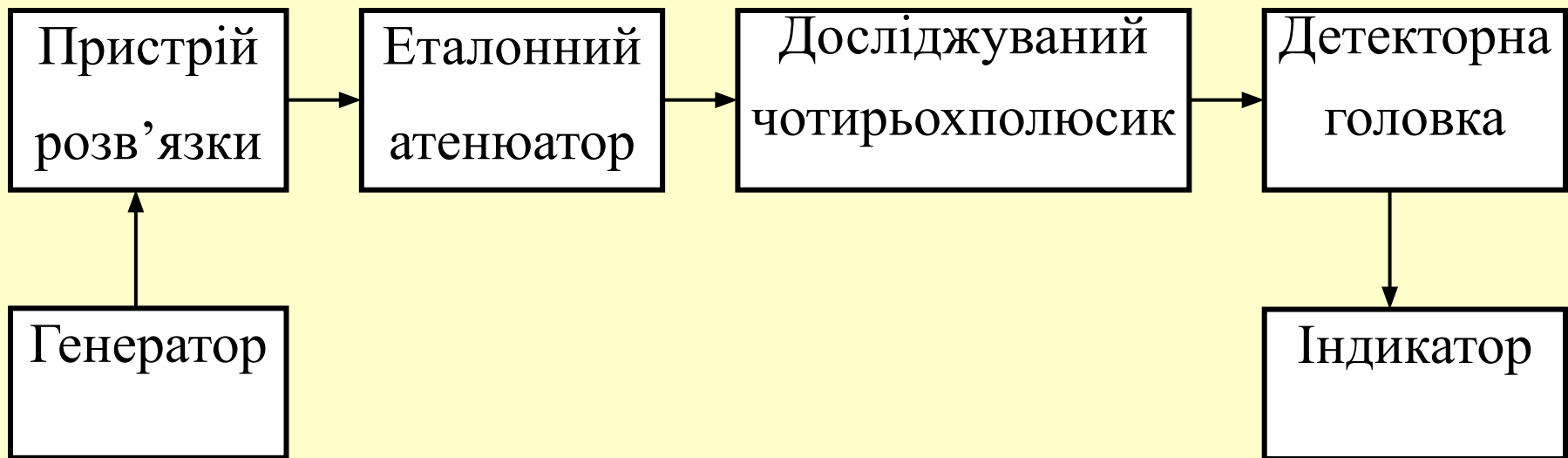


# Метод послідовного заміщення на НВЧ

При цьому методі в НВЧ тракт вмикаються послідовно два атенюатори : еталонний і, який підлягає повірці. Затухання обох атенюаторів порівнюється таким чином, щоб сума затухань їх залишалась постійною (в початковому положенні один атенюатор має максимальне затухання, інший - мінімальне ; в кінцевому положенні - навпаки).

Межі вимірювання цим методом досить великі ( до 70-80 дБ ), а власна похибка методу мала і визначається в основному похибкою еталонного атенюатора.

Схема вимірювання послаблення методом заміщення на НВЧ показана на рис.1.



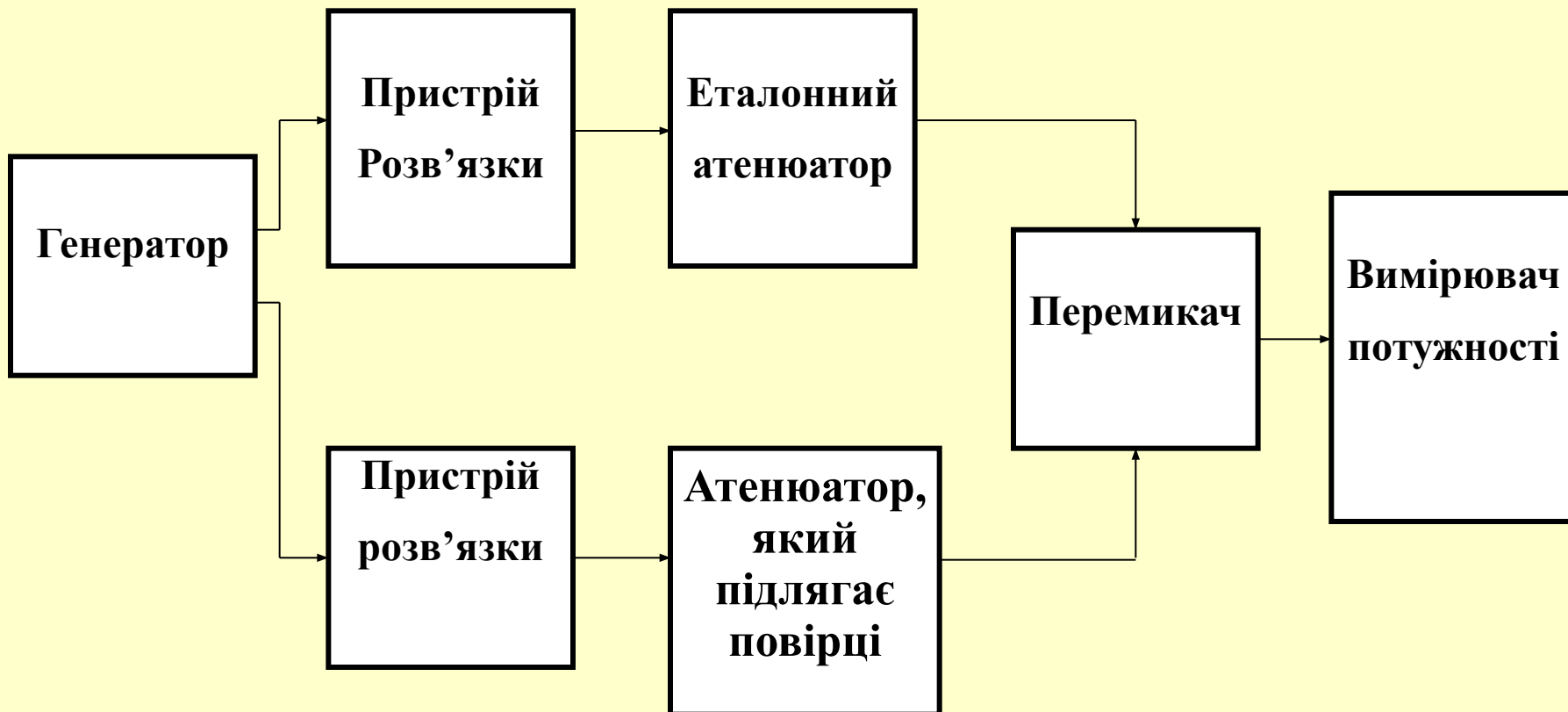
**Рис.1. Схема вимірювання послаблення методом послідовного заміщення на НВЧ**

# Метод паралельного заміщення на НВЧ

При цьому методі НВЧ тракт складається з двох паралельних каналів, в один з яких увімкнений еталонний атенюатор, а в інший такий, що підлягає повірці. По індикатору за допомогою еталонного атенюатора встановлюється однакове послаблення в обох каналах.

Затухання атенюатора, який підлягає повірці визначається по затуханню еталонного атенюатора. Похибка вимірювання визначається похибкою еталонного атенюатора, похибкою за рахунок не ідентичності каналів і нестабільністю генератора.

Схема вимірювання послаблення методом паралельного заміщення на НВЧ показана на рис. 2.



**Рис.2.Схема вимірювання послаблення методом паралельного заміщення на НВЧ.**

# Метод заміщення на низькій частоті (метод квадратичного детектування)

Цей метод полягає в порівнянні затухання, яке вноситься чотирьохполюсником, з коефіцієнтом поділу подільника, який стоїть в схемі індикатора і, який працює на частоті модуляції ВЧ генератора.

Напруга частоти модуляції виділяється на кристалічному детекторі, який працює на квадратичній ділянці своєї характеристики.

В такому випадку продетектована напруга пропорційна НВЧ потужності.

$$A_{дб} = 10 U_1 / U_2, \quad (5)$$

де  $U_1$  – напруга на виході детектора без чотирьохполюсника, який підлягає дослідженню;

$U_2$  – таж сама напруга при увімкненому чотирьохполюснику.

Цей метод забезпечує вимірювання послаблення в діапазоні 35-70 дБ з похибкою  $\pm 0,1-0,15$  дБ.

Схема вимірювання послаблення методом заміщення на низькій частоті наведена на рис. 3.



**Рис.3. Схема вимірювання послаблення методом заміщення на низькій частоті**

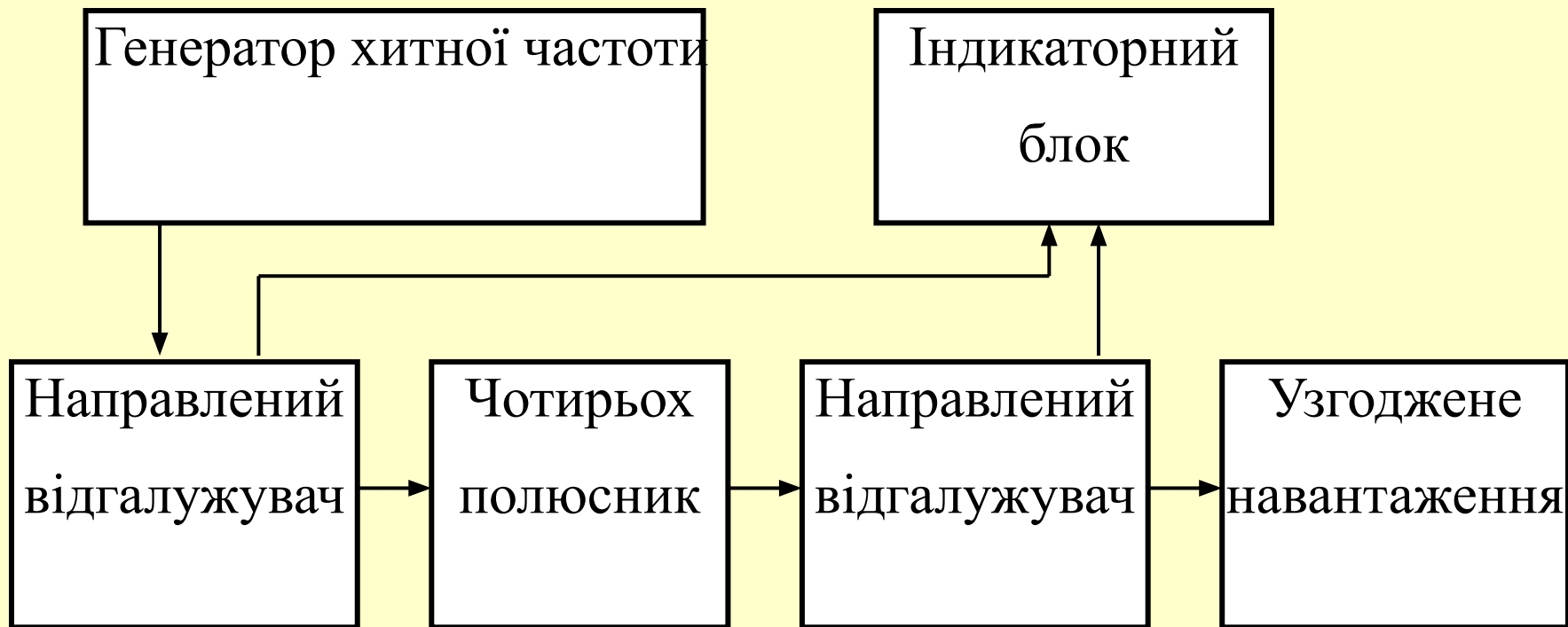
# **Метод вимірювання послаблення за допомогою направлених відгалужувачів**

**При застосуванні цього методу послаблення чотирьохполюсника визначається шляхом виділення, детектування НВЧ сигналів в тракці за допомогою направлених детекторів до і після чотирьохполюсника і подальшого їх порівняння.**

**Цей метод застосовується при панорамній індикації і вимірюванні послаблень.**

**Схема вимірювання послаблення за допомогою направлених відгалужувачів зображена на рис. 4.**





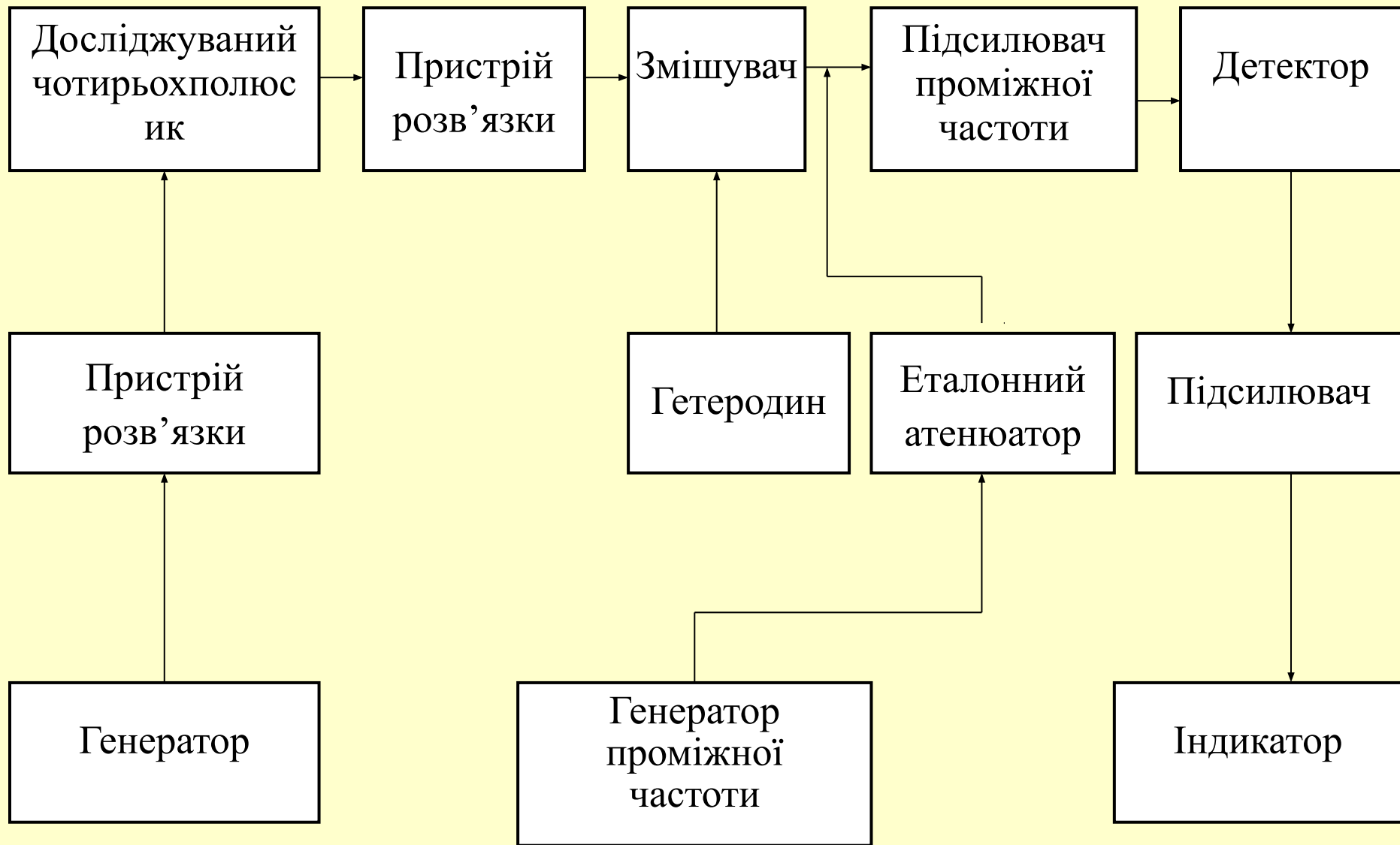
**Рис.4. Схема вимірювання послаблення методом направлених відгалужувачів**

# **Метод послідовного заміщення на проміжній частоті (супергетеродинний метод)**

**Метод полягає в порівнянні затухання, яке вноситься чотирьохполюсником в тракт НВЧ, з затуханням еталонного атенюатора на проміжній частоті еталонної установки.**

**Цей метод універсальний, так як дозволяє працювати в широкому діапазоні частот з одним і тим же еталонним атенюатором і забезпечує похибку вимірювання приблизно 1 % затухання в децибелах. Діапазон вимірювання послаблення значний і становить 100-120 дБ.**

**Схема вимірювання послаблення методом послідовного заміщення на проміжній частоті зображена на рис. 5.**



**Рис.5.Схема вимірювання послаблення методом послідовного заміщення на проміжній частоті.**

## **ПИТАННЯ 4**

# **ЗАСОБИ ВИМІРЮВАННЯ ПОСЛАБЛЕНЬ**

**Виходячи із методів вимірювання послаблень, всі сучасні засоби вимірювання послаблення можна розділити на наступні :**

**установки для перевірки атенюаторів;**

**панорамні вимірювачі КСХ і послаблення;**

**вимірювачі комплексних коефіцієнтів передачі;**

**поляризаційні атенюатори.**

**Установки для перевірки атенюаторів**

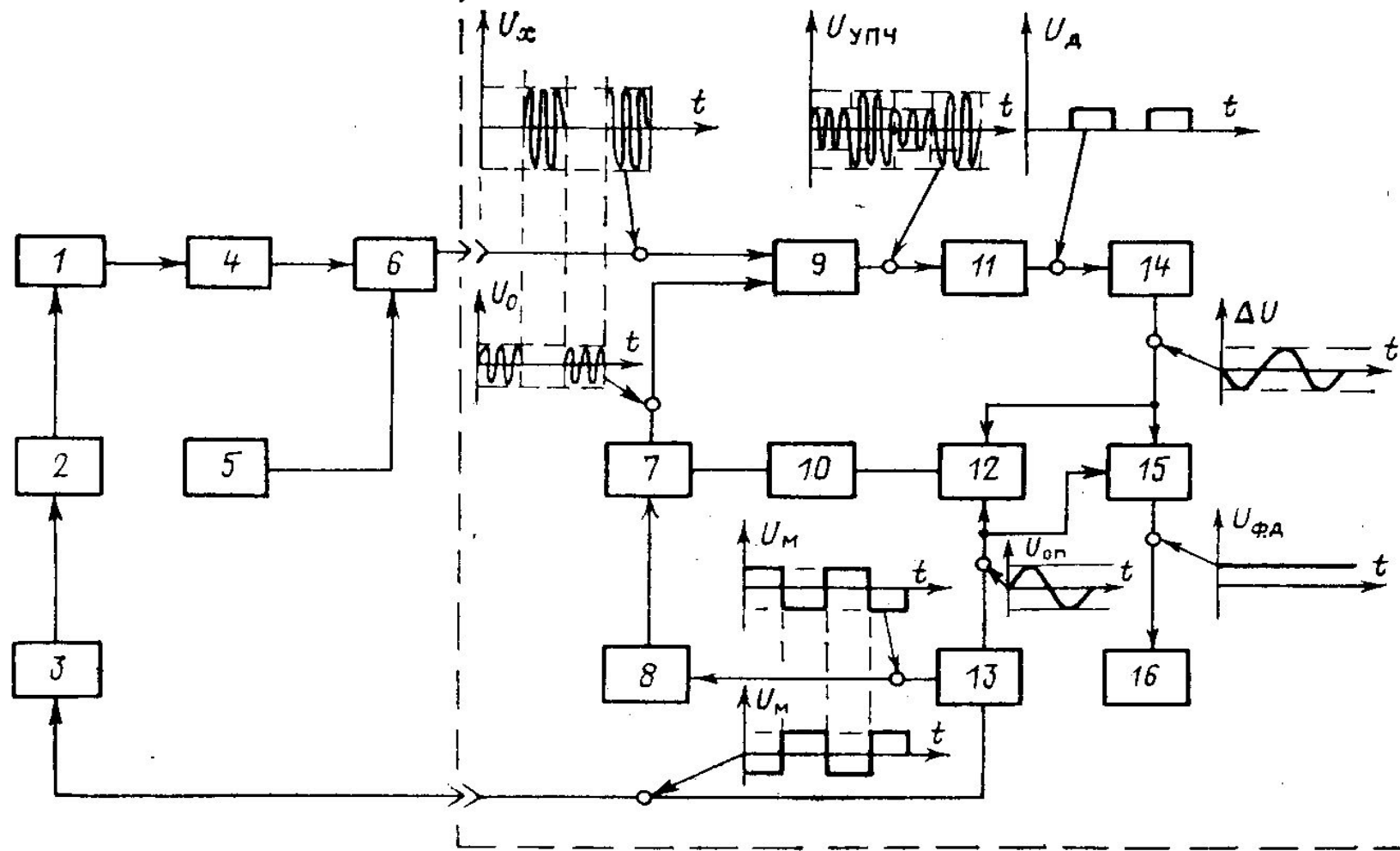
**В основу принципу дії установок покладено модуляційний метод паралельного порівняння (заміщення) на проміжній частоті (супергетеродинний).**

**Прикладами установок для перевірки атенюаторів можна навести наступні : Д1-9, Д1-14, ДК1-12 і ДК1-15.**

**Технічні характеристики деяких установок для перевірки атенюаторів наведені в табл. 6.**

Параметри	Д1-9	ДК1-12	Д1-14	ДК1-15
Діапазон частот, ГГц	0,0001-17,44	0,0001-17,44	0,0001-37,5	37,5-78,3
Діапазон вимірювання:				
послаблення, ДБ	0-100	0-140	0-100	0-80
фази, град	-	0-360	-	0-360
Похибка, ДБ	0,040-1	0,02-2,5	0,05-1,53	
систематична				±(0,1-1,1)
випадкова			Не більше 0,25	
КСХН входу, не	0,1-0,7	0,02-1		
більше	1,3	1,15	1,5	1,2-1,5
ВЧ тракт, мм	16/7; 16/4,6	7/3; 16/4,6	7/3; 16x8	5,2x2,6
	35x15	16x8	11x5,5	3,6x1,8
	23x10		7,2x3,4	
	16x8			
Габаритні розміри, мм	480x320x475	480x320x475	480x240x475	480x480x120 480x480x160
Маса, кг	43	95	28,5	54

Установка для поверки аттенюаторов



**Рис. 6 Структурна схема установки для тарування і перевірки атенюаторів**

2 і 4 – розв’язуючі атенюатори. Від зовнішнього генератора 3 на вхід атенюатора, який підлягає повірці, 1 надходять модульовані меандром високочастотні сигнали, які після послаблення в ньому перетворюються за допомогою гетеродина 5 і змішувача 6 в сигнали  $U_x$  проміжної частоти, які поступають на підсилювач проміжної частоти 9 (ППЧ) установки.

На інший вхід ППЧ надходить через еталонний атенюатор 7 модульований протифазним меандром сигнал  $U_0$  від внутрішнього генератора проміжної частоти 8. Амплітуда цього сигналу визначається значенням послаблення еталонного атенюатора  $A_0$  і рівнем сигналу генератора проміжної частоти. Протифазна імпульсна модуляція сигналів від зовнішнього і внутрішнього генераторів дозволяє за допомогою індикаторних пристроїв установки (11, 14, 15, 16) здійснювати порівняння і виділяти сигнал різниці.



Вимірювання послаблення  $A_x$  пристрою, який підлягає дослідженню, (атенюатора) здійснюється наступним чином. При нульовому (початковому) послабленні досліджуваного пристрою 1 встановлюється послаблення еталонного атенюатора 7 таким, при якому досягається нульове значення сигналу різниці (нульові покази індикатора 16). Здійснюється відлік показів еталонного атенюатора  $A_{z1}$ . Потім встановлюється послаблення пристрою, який підлягає дослідженню, на значення  $A_x$ , яке підлягає контролю, і знову вирівнюються сигнали на вході індикатора (намагаються досягти нульових показів індикатора) змінюючи послаблення еталонного атенюатора. Фіксується друге значення  $A_{z2}$ . Значення послаблення, яке введене атенюатором 1  $A_x$ , визначається як різниця показів еталонного атенюатора :  $A_x = A_{z2} - A_{z1}$ .

Для забезпечення процесу автоматизації до складу установок входять фільтр 14, фазовий детектор 15, блок управління 12 і інші.

Основною перевагою методу паралельного порівняння на проміжній частоті полягає в можливості вимірювання послаблення сигналів в широкому діапазоні ВЧ і НВЧ за допомогою одного еталонного атенюатора, який працює на проміжній частоті. Це зіграло вирішальну роль при виборі принципів роботи еталонних засобів вимірювання послаблення, таких як установки типів Д1-9, ДК1-12, Д1-14, ДК1-15, ДК1-16 і ін.

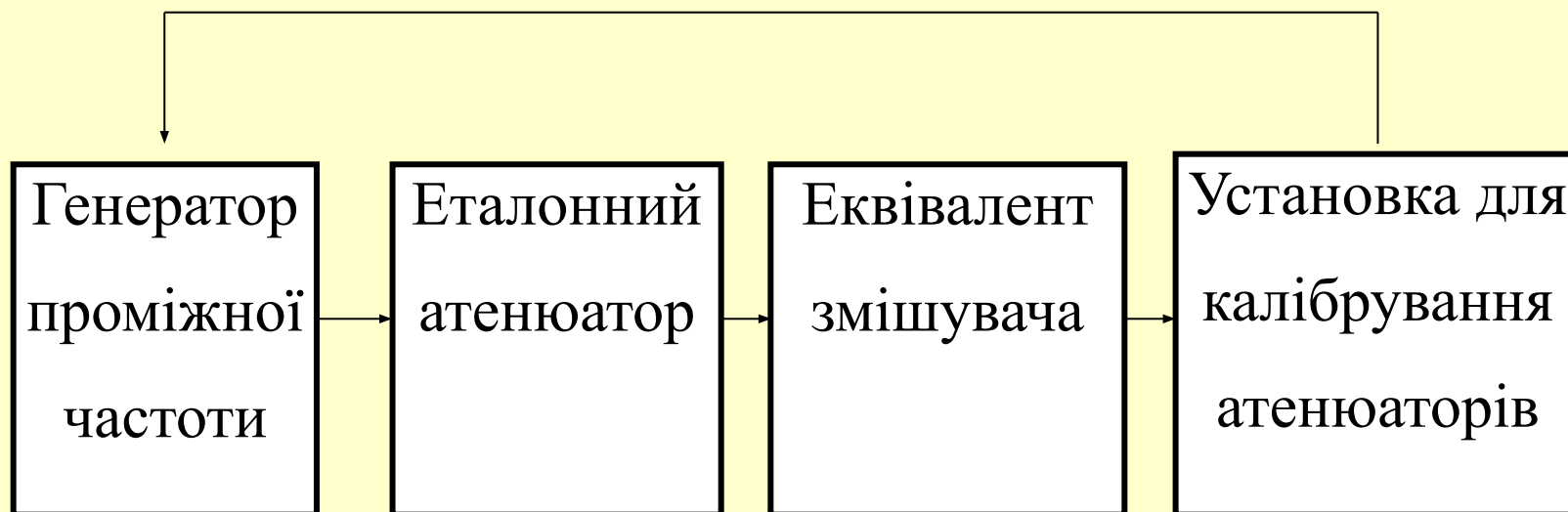
Установки Д1-9 і Д1-14 за принципом дії аналогічні, але у установки Д1-14 покращені технічні характеристики в частині розширення робочого діапазону частот і границь вимірювання послаблення.

## **ПИТАННЯ 5**

# **МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ ПОСЛАБЛЕНЬ**

**Повірка установок для калібрування атенюаторів здійснюється шляхом повірки на проміжній частоті еталонного атенюатора, який вмонтований в установку, за допомогою іншого еталонного атенюатора (Д1-13 або Д1-11), який пройшов атестацію в органах Держстандарту.**

**Схема повірки показана на рис.7.**



**Рис.7. Схема повірки установки для калібрування атенюаторів**

Здійснюються багаторазові вимірювання декількох значень послаблення атенюатора (Д1-13 або Д1-11) на проміжній частоті установки (наприклад 6,5 ГГц) і кожний раз визначається значення  $A_i$  за допомогою еталонного атенюатора установки. Обчислюються середньоарифметичні значення для кожного значення послаблення :

$$A_{o.a.} = \sum(A_i / n), \quad (5)$$

де  $n$  – кількість вимірювань для кожного значення послаблення.

Повірка поляризаційних атенюаторів здійснюється за допомогою установок ДК1-12 і ДК1-15, інші атенюатори – на установках Д1-14 і Д1-15.