

**КИЇВСЬКИЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

**ФАКУЛЬТЕТ
ВІЙСЬКОВОЇ ПІДГОТОВКИ**

**КАФЕДРА
ВІЙСЬКОВО-ТЕХНІЧНОЇ
ПІДГОТОВКИ**

ПРЕДМЕТ
“ЕКСПЛУАТАЦІЯ І ПОВІРКА ВІЙСЬКОВИХ
ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАНЬ ”

ТЕМА №12: ВИМІРЮВАННЯ
НАПРУЖЕНОСТІ ПОЛЯ І ПЕРЕШКОД

ЗАНЯТТЯ №1: ВИМІРЮВАННЯ
НАПРУЖЕНОСТІ ПОЛЯ І ПЕРЕШКОД

НАВЧАЛЬНА МЕТА:

1. Надати студентам методи вимірювання напруженості поля.

2. Надати методи вимірювання щільності потоку енергії.

3. Розглянути принцип роботи вимірювальних приймачів вимірювачів щільності потоку енергії.

4. Надати студентам методи калібрування вимірювальних приймачів вимірювачів щільності потоку енергії.

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. Методи вимірювання напруженості поля і щільності потоку енергії.

2. Вимірювальні приймачі, антени, вимірювачі щільності потоку енергії, вимірювачі напруженості поля.

3. Принцип роботи, структурні схеми, метрологічні характеристики і джерела похибок.

4. Методи повірки вимірювачів напруженості поля і щільності потоку енергії.

ПИТАННЯ 1

**МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ
НАПРУЖЕНОСТІ ПОЛЯ І
ЩІЛЬНОСТІ ПОТОКУ ЕНЕРГІЇ**

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ВИМІРЮВАННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

При випробовуваннях, налаштуванні, експлуатації радіопередавальних пристроїв, антенно-фідерних систем і інших радіотехнічних вузлів можливе опромінення обслуговуючого персоналу електромагнітними хвилями.

Обслуговуючий персонал може бути опромінений, знаходячись в полі дії діаграми направленості антенної системи, або її бічних та задньої пелюсток.

Опромінення особового складу може також відбуватись в результаті витікання електромагнітної енергії в різноманітних блоках генераторів і антенно-фідерних ліній.

Інтенсивність електромагнітного випромінювання, яке створюється передавальними антенами РТЗ, залежить від потужності передавачів, технічних показників антени (коефіцієнта підсилення, ширини діаграми направленості, інтенсивності бічних та задніх пелюсток), висоти підйому передавальної антени над землею, її робочого кута нахилу і інших чинників.

При перевершені певного рівня опромінення, може мати місце несприятливої дії на організм людини.

Ступінь такої дії залежить від інтенсивності і частоти електромагнітних коливань, а також від тривалості і режимів роботи (неперервного переривчастого) опромінення.

Під переривчастим розуміється режим опромінення, при якому його тривалість не перевершує $1/10$ періоду повторення, а частота повторення не перевершує 1Гц.

Інші режими, в тому числі і імпульсні випромінювання, відносяться до неперервного режиму.

Тому при експлуатації радіотехнічних засобів актуального значення набув захист особового складу від несприятливої дії електромагнітного опромінення.

Для оцінки величини такого опромінення існує ряд засобів вимірювань, здатних здійснювати вимірювання величини напруженості електричного поля і щільності потоку енергії.

Електромагнітне поле плоскої хвилі в вільному просторі характеризується:

- вектором напруженості електричного поля E ;
- вектором напруженості магнітного поля H ;
- вектором щільності потоку енергії P .

Перераховані вектори взаємно перпендикулярні, а їх числові значення однозначно зв'язані між собою виразами:

$$H = \frac{E}{Z_0} \quad H = \frac{E}{120\pi} \quad (1)$$

$$P = E \cdot H \quad (2)$$

$$E = \sqrt{P \cdot Z_0} \quad E = \sqrt{120\pi \cdot P} \quad (3)$$

де Z_0 - хвильовий опір вільного простору

$$Z_0 = E/H = 377 \text{ Ом};$$

μ_0 - абсолютна магнітна проникність вакууму (магнітна постійна);

ϵ_0 - абсолютна діелектрична проникність вакууму (електрична постійна).

Слід, при вимірюваннях напруженості електромагнітного поля, достатньо виміряти тільки одне із значень – E або H .

Напруженість електромагнітного поля прийнято оцінювати за допомогою значення вектора електричного поля E .

Напруженість електричного поля E - це силова характеристика електричного поля, яка визначається за допомогою співвідношення:

$$E = - \text{grad } \phi , \quad (4)$$

де ϕ - потенціал електричного поля.

Знак мінус в виразі (4) показує на те, що вектор E направлений в сторону убутання потенціалу.

Одиниця напруженості електричного поля - вольт на метр (В/м) - це напруженість однорідного електричного поля, яка створюється різницею потенціалів в 1 В між точками, які знаходяться на відстані 1 м на лінії напруженості поля.

Напруженість магнітного поля H - це силова характеристика магнітного поля.

Одиниця напруженості магнітного поля - ампер на Метр (A/m) - напруженість магнітного поля в центрі довгого соленоїда з рівномірно розподіленою обмоткою, по якій проходить струм силою $1/nA$, де n – кількість витків на ділянці соленоїда довжиною $1m$.

Щільність потоку електромагнітної енергії Π - фізична величина,

яка характеризує переніс миттєвої електромагнітної енергії в просторі.

Вона дорівнює відношенню електромагнітної енергії, яка переноситься через поверхню, яка перпендикулярна напрямку переносу енергії, до площі цієї поверхні і часу, на протязі якого перенесена енергія.

Одиницею щільності потоку електромагнітної енергії є ват на квадратний метр. Це така щільність потоку енергії, при якій потік електромагнітної енергії в 1 Вт рівномірно опромінює поверхню площею 1 м².

Інтенсивність електромагнітних випромінювань в діапазоні частот від 60 кГц до 300 МГц оцінюється напруженістю електричного та магнітного полів і виражається відповідно в вольтах на метр (В/м) і амперах на метр (А/м).

Інтенсивність електромагнітних випромінювань в діапазоні частот від 300 МГц до 300 ГГц оцінюється величиною щільності потоку енергії і виражається в ватах на квадратний метр (Вт/м²), або у відповідних кратних і часткових одиницях, наприклад, мкВт/см².

Важливою характеристикою поля є його поляризація. Розрізняють лінійну, еліптичну і кругову поляризації. При лінійній поляризації вектор E зберігає свій напрямок вздовж певної прямої. Відносно земної поверхні існують дві лінійні поляризації : вертикальна і горизонтальна. Еліптична поляризація характеризується неперервним обертанням вектора E в площині, яка перпендикулярна напрямку розповсюдження з одночасною зміною його довжини. При круговій поляризації довжина вектора не змінюється.

Вимірювання напруженості поля

Напруженість електричного поля можна обчислити вимірявши потужність на узгодженому навантаженні приймальної антени, якщо відома її ефективна площа S :

$$E = \sqrt{120\pi \cdot P / S} \quad (5)$$

де P – потужність потоку енергії ($P=PS$)

Основними методами вимірювання напруженості електричного поля є методи:

- 1. Еталонної антени.**
- 2. Порівняння (еталонного поля).**

В першому випадку використовується антена відомих розмірів і форми, яка розміщується в електромагнітному полі в площині, яка паралельна площині поляризації електромагнітної хвилі.

В антені індукується ЕРС :

$$e = E \cdot h_A \quad (6)$$

де h_A - діюча висота еталонної антени.

Значення h визначається за допомогою розрахунків і є відомою величиною, а значення e вимірюється вольтметром.

За допомогою цих даних обчислюється напруженість поля.

В діапазоні довгих, середніх і коротких хвиль напруженість електричного поля краще визначати по напрузі на виході еталонної антени, в метровому або дециметровому діапазонах (до 30 см) - по струму в антені, а на хвилях коротше ніж 30 см - по потужності.

Метод порівняння здійснюється способами заміщення і калібрування. При заміщенні напруга, яка створюється в антені електромагнітним полем, порівнюється з напругою, яка створюється в цій же антені заміщаючим полем еталонного генератора. Цей спосіб часто називають способом еталонного поля.

Вибір методу визначається інтенсивністю поля. Для вимірювання сильних полів поблизу джерела випромінювання зручний метод еталонної антени, а для слабких полів - метод порівняння.

На основі методу еталонної антени створені прості вимірювальні пристрої - вимірювачі поля, а на основі методу порівняння – вимірювальні приймачі, вимірювачі напруженості поля і щільності потоку потужності.

Для вимірювання напруженості перешкод і напруженості поля перешкод застосовуються як перераховані прилади, так і спеціальні вимірювачі перешкод.

Таким чином в матеріалі даного питання розглянуто загальні поняття про вимірювання інтенсивності електромагнітного випромінювання і методи вимірювання напруженості поля і щільності потоку енергії такі як метод еталонної антени і метод порівняння (еталонного поля).

ПИТАННЯ 2

**ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЙМАЧІ,
АНТЕНИ, ВИМІРЮВАЧІ
ЩІЛЬНОСТІ ПОТОКУ ЕНЕРГІЇ,
ВИМІРЮВАЧІ НАПРУЖЕНОСТІ
ПОЛЯ**

Вимірювачі поля

складаються з еталонної антени і приладу для вимірювання в ній напруги, струму або потужності.

В якості еталонної можна використати будь-яку антену з відомими характеристиками.

При вимірюваннях в діапазоні довгих, середніх і коротких хвиль застосовуються рамочні антени, в діапазоні метрових і дециметрових хвиль - напівхвильові вібратори, а в діапазоні сантиметрових хвиль - рупорні антени.

Вимірювач поля з рамочною антеною зображений на рис.1 :

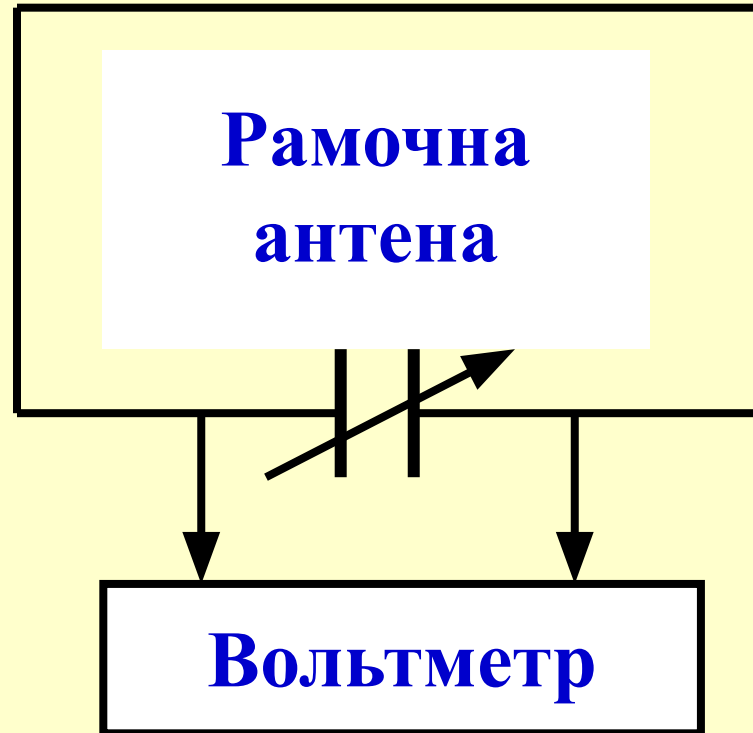


Рис. 1.

Рамка квадратної або круглої форми має один або N витків ізольованого дроту.

Кількість витків залежить від діапазону частот, для якого вона призначена. Щоб розподіл струму в рамці був рівномірним, довжина одного витка повинна бути меншою ніж $\lambda/8$, де λ - довжина хвилі електромагнітного коливання, напруженість поля якого вимірюється.

Конденсатор змінної ємності служить для настроювання всього індикатора на частоту джерела випромінювання.

Напруженість поля вимірюється наступним чином.

Рамочну антену настроюють і орієнтують на максимум прийому.

Відмічають покази вольтметра, тобто напругу на конденсаторі в момент резонансу:

$$U_C = I_P X_C = \frac{E}{R_P \cdot \omega \cdot C_O} \quad (7)$$

де I_P - струм антени при резонансі;

R_P - активний опір антени на робочій частоті ω ;

C_O - ємність конденсатора змінної ємності при резонансі.

Підставивши в цей вираз рівняння (6) і вирішуючи його відносно напруженості поля E , одержимо:

$$E = \frac{U_c R_c \omega C_o}{h_d} \quad (8)$$

Після перетворень і заміни добутку частоти на довжину хвилі швидкістю розповсюдження електромагнітних хвиль ($c=3 \cdot 10^8$ м/с), одержимо кінцевий вираз з розмірністю вольт на метр:

$$E = \frac{3 \cdot 10^6 U_c R_c C_o}{SN} \quad (9)$$

де величини U_C - в вольтах;

R_C - в омах;

C_O - в фарадах;

S - в квадратних метрах.

Промисловістю випускаються вимірювальні рамочні антени на діапазон 0,15...30 МГц, який перекривається чотирма антенами.

В діапазоні частот від 30 до 150 МГц в якості антен використовуються прості вертикальні штирьові антени, а в діапазоні 150...1000 МГц - напівхвильові вібратори з трубок. які вставляються одна в другу і здатні змінювати свою довжину.

Вимірювач поля для діапазону сантиметрових хвиль

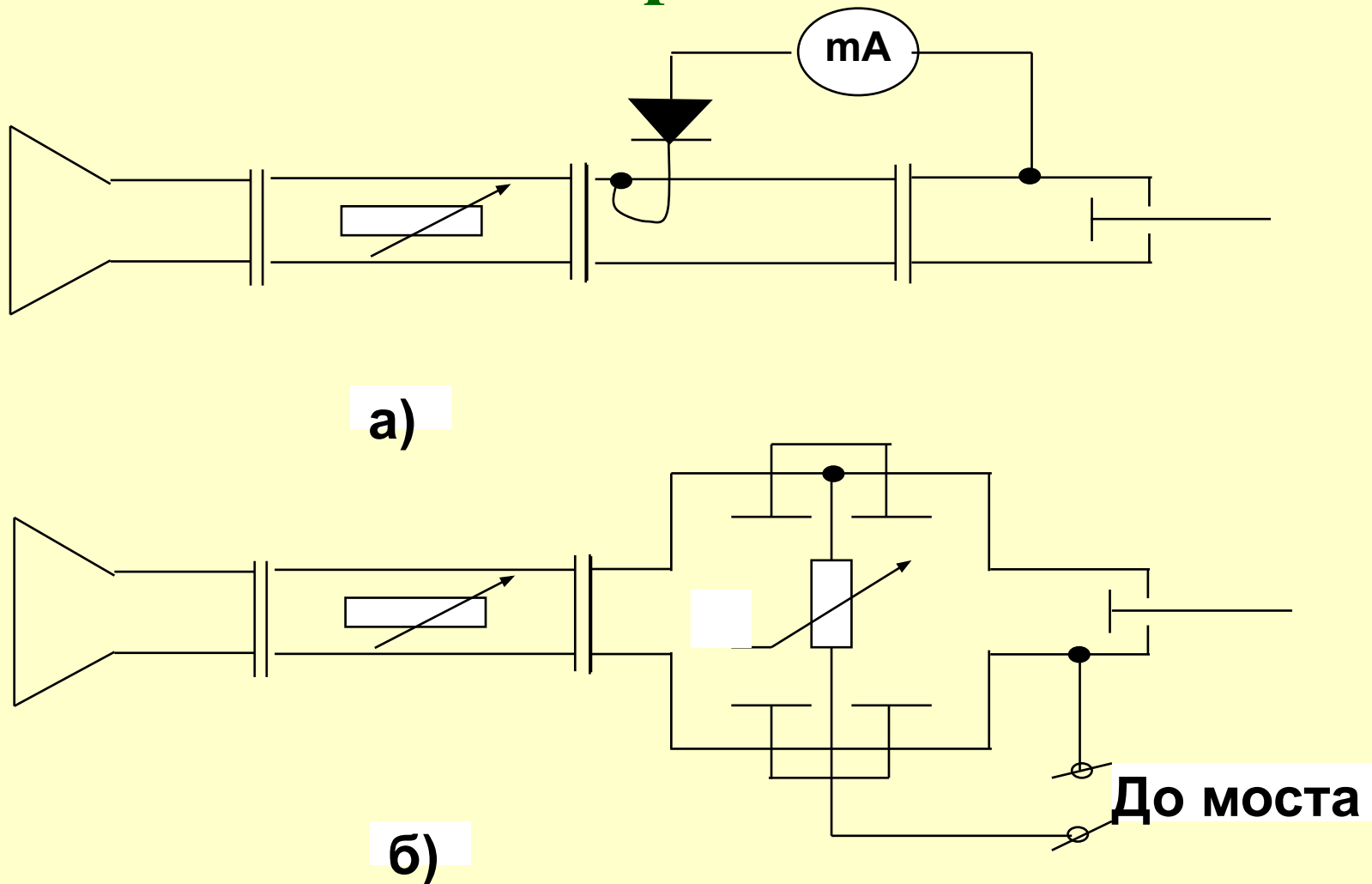


Рис. 2.

Складається з рупорної антени, хвилевідного атенюатора поглинаючого типу і вимірювального пристрою.

В якості останнього використовується або детектор з стрілочним мікроамперметром (рис.2, а), або термісторний вимірювач потужності (рис.2, б).

Для узгодження з детектором або термістором хвилевід індикатора закінчується рухомим поршнем. Вимірювач з детектором дозволяє виконувати тільки відносні вимірювання, причому покази стрілочного приладу підтримуються постійними, а інтенсивність поля визначається за показам шкали атенюатора.

Вимірювач з термісторним перетворювачем потужності дозволяє визначати і абсолютне значення напруженості поля з виразу (5)

$$E = \sqrt{120\pi \cdot P / S}$$

При підстановці в цей вираз значення виміряної потужності слід враховувати її послаблення атенюатором на вході вимірювача.

Якщо ефективна площа S антени невідома, то її обчислюють за допомогою формули:

$$S = \frac{G \lambda^2}{4\pi^2} \quad (10)$$

де G - підсилення антени з потужності в порівнянні з ізотропним випромінювачем;

λ - довжина хвилі, на якій здійснюється вимірювання.

Промисловістю випускається велика кількість рупорних вимірювальних антен зі штативами, які перекривають діапазон частот від 100 до 36 500 МГц.

Вимірювачами визначаються інтенсивності полів, напруженість яких перевершує десятки мілівольт на метр. Похибка вимірювань складає 30...40%.



Основними причинами похибок вимірювачів з рамочними антенами є наявність антенного ефекту рамки за рахунок ємності її на Землю і неточність її орієнтування і настроювання. У вимірювачів з рупорними антенами - неточність вимірювання потужності, неповне узгодження і похибка визначення ефективної площі або підсилення рупорної антени є основними чинниками виникнення похибок.

Вимірювальні приймачі

розроблені для вимірювання малої напруженості поля.

Це – чутливі супергетеродинні радіоприймачі з вольтметром на виході, подільником напруги в тракті проміжної частоти і атенюатором на вході.

Для зменшення похибки перед кожним вимірюванням шкалу вихідного приладу калібрують за допомогою внутрішнього калібрувального генератора.

Якщо такий приймач укомплектований вимірювальними еталонними антенами, то він є вимірювачем напруженості поля, без антен - виконує роль селективного вольтметра і дістав назву вимірювального приймача.

Спрощена структурна схема вимірювача щільності поля показана на рис. 3.

До антени

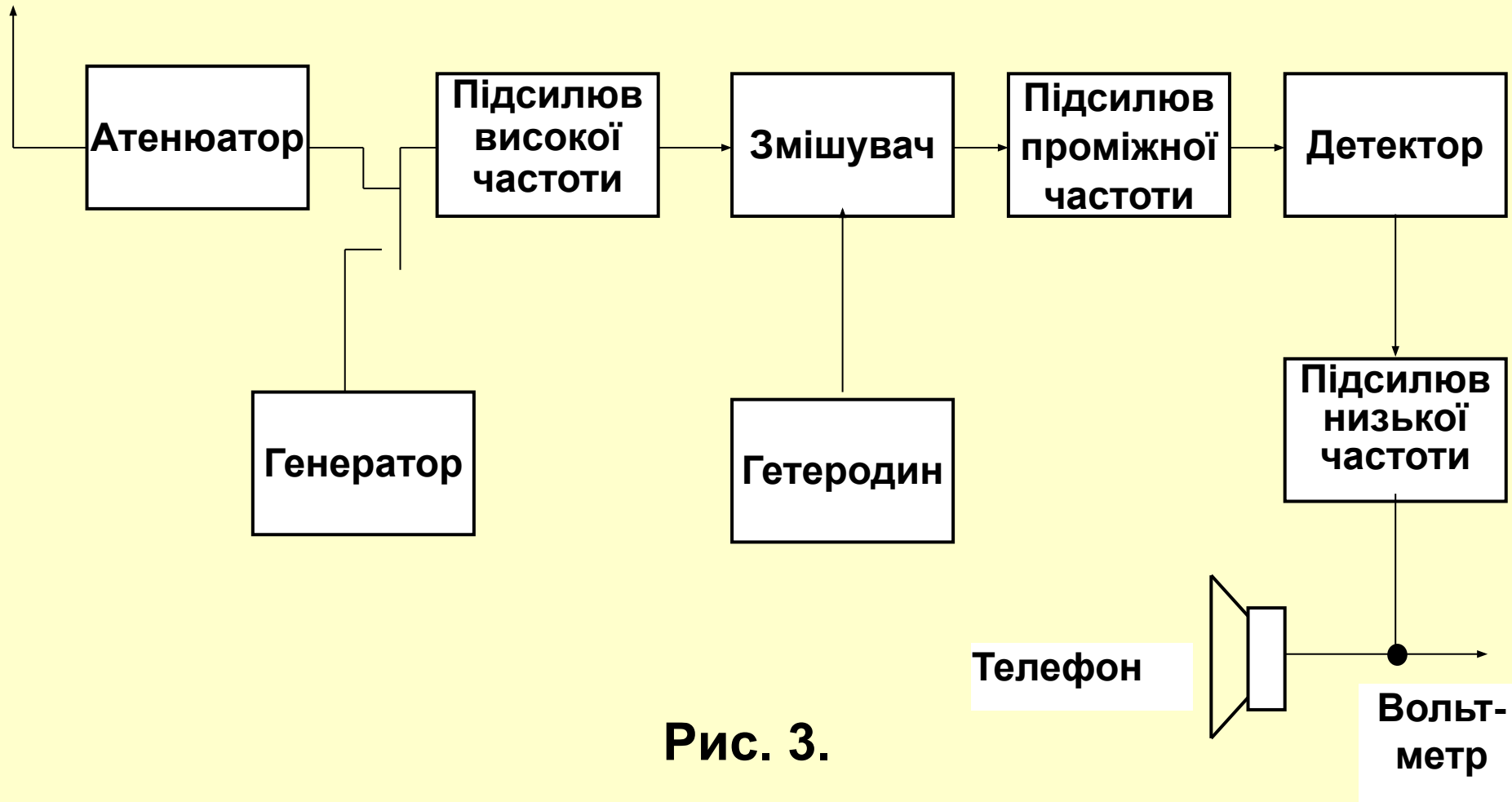


Рис. 3.

Процес вимірювання розділяється на три етапи: попереднє настроювання, калібрування і вимірювання.

Для попереднього настроювання до входу вимірювача напруженості підключають антену і настроюють його на частоту радіостанції, напруженість поля якої необхідно виміряти.

Настроювання здійснюють по максимальним показам вихідного вольтметра.

Калібрування полягає в тому, що на вхід підсилювача високої частоти подають відому калібрувальну напругу від генератора, регулюючи підсилення по високій частоті, встановлюють стрілку вихідного вольтметра на умовну поділку.

При цьому підсилення всього приймача зводиться до відомого значення.

Після калібрування генератор відключають, підключають антену і, регулюючи послаблення атенюатора високої частоти і коефіцієнта поділу на проміжній частоті, встановлюють стрілку вихідного вольтметра в зручне для відліку положення.

Шкала вольтметра тарована в значеннях вхідної напруги підсилувача високої частоти, тому його покази будуть дорівнювати:

(11)

$$U = E h_{\text{д}} K a_a a_{\text{п.н.}}$$

де a_a і $a_{\text{п,н}}$, - коефіцієнти послаблення атенюатора і подільника напруги відповідно;

K - коефіцієнт підсилення.

Звідси напруженість поля

$$E = \frac{U}{h_{\text{Д}} K a_{\text{а}} a_{\text{П.Н.}}} \quad (12)$$

Значення $h_{\text{Д}}$ і K для кожної частоти відомі, тому визначення напруженості поля E не викликає труднощів.

Межі вимірювання напруженості поля такими приладами - від часток мікрвольта до 105 мкВ/м, а вимірювачами щільності потоку потужності - від 0,07 мкВт/см² до 30 мВт/см². Похибка вимірювання досягає $\pm 30\%$. Причини її виникнення ті ж, що і в вимірювачах поля.

Вимірювання радіоперешкод

Радіоперешкоди можуть виникати під час роботи різних промислових електричних установок, медичної високочастотної апаратури. контактних мереж електротранспорту, двигунів внутрішнього згорання, електроінструменту і ін.

Напруга радіоперешкод або напруженість їх поля вимірюють приладами, які подібні вимірювачам щільності поля і вимірювальним приймачам. В рамках МЕК створений Міжнародний спеціальний комітет з радіоперешкод. Розроблені і затверджені методи вимірювання в трьох ділянках діапазону частот : 10...150 кГц, 0,15...30 МГц і 30...1000 МГц.

Радіоперешкоди в більшості випадків мають хаотичний імпульсний характер, тому в вихідному вольтметрі вони повинні усереднюватись, так щоб можна було зробити оцінку їх дії.

Усереднення виконується за допомогою пікового детектора.

Крім пікового детектора, в вимірювачах радіоперешкод передбачені детектори середнього і діючого значень.

Похибка вимірювання в залежності від характеру величини, яка вимірюється, складає від ± 2 до ± 4 дБ.

Чутливість досягає часток мікровольт.

Похибка встановлення частоти $\pm 1\%$.

ПИТАННЯ 3

**ПРИНЦИП РОБОТИ ВИМІРЮВАЧА
ЩІЛЬНОСТІ ПОТОКУ ЕНЕРГІЇ ПЗ-9,
СТРУКТУРНА СХЕМА,
МЕТРОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ
І ДЖЕРЕЛА ПОХИБОК**

Вимірювач щільності потоку енергії ПЗ-9
призначений для вимірювання щільності потоку енергії неперервних і середніх значень імпульсно - модульованих випромінювань в діапазоні частот від 0,3 до 37,5 ГГц.

Вимірювач випускається в різній комплектації в залежності від діапазону частот:

- ПЗ-9 діапазону "А" від 0,3 до 5,64 ГГц;**
- ПЗ-9 діапазону "Б" від 5,64 до 16,7 ГГц;**
- ПЗ-9 діапазону "В" від 16,7 до 37,5 ГГц;**
- ПЗ-9 діапазону "Г" від 0,3 до 37,5 ГГц.**

До складу приладу (діапазон "А") входять:

- 1. Міст термісторний Я2М - 64.**
- 2. Тринога.**
- 3. Блок живлення акумуляторний.**
- 3. Випрямляч для заряду акумулятора.**
- 4. Головка поворотна.**
- 5. Корпус.**
- 6. Антени вимірювальні: П6 - 31, П6 - 32.**
- 7. Перетворювач приймальний термісторний коаксіальний М5 - 88.**
- 8. Атенюатори фіксовані: на 10 дБ і на 20 дБ.**





Принцип дії

Вимірювач щільності потоку енергії ПЗ - 9 - це установка, яка складається з термісторного моста Я2М - 64, комплекту вимірювальних антен з відомими величинами ефективних поверхонь і комплекту виносних перетворювачів.

Для розширення границь вимірювання в коаксіальному тракті застосовуються атенюатори на фіксоване послаблення 10 і 20 дБ. Для цієї ж мети в хвилевідному діапазоні на кожному перетині хвилеводу застосовуються по дві антени з різними величинами ефективної поверхні.

Принцип дії вимірювача пояснюється схемою, яка зображена на рис. 4.

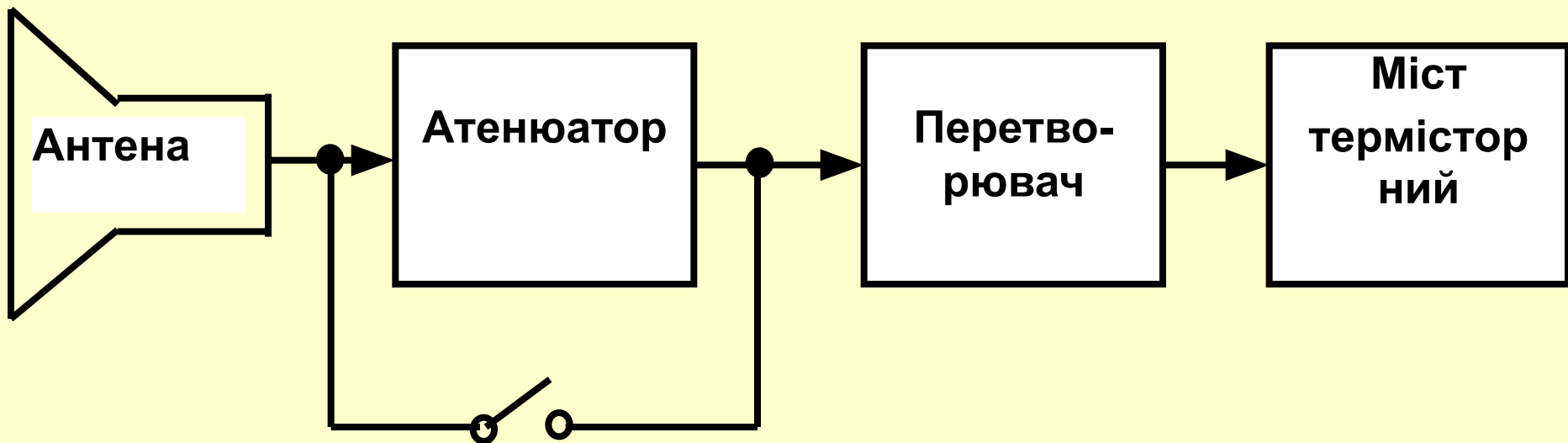


Рис. 4.

Антенa розміщується в полі, яке підлягає вимірюванням.

Енергія високої частоти, яка приймається антеною, поступає через атенюатор на перетворювач.

Якщо вимірювання здійснюється без атенюатора, то перетворювач підключається безпосередньо до вихідного роз'єму антени. Перетворювач підключається до моста постійного струму, за допомогою якого здійснюється вимірювання ВЧ енергії, яка поступає на останній.

Щільність потоку енергії (W) визначається :

**В діапазоні
частот від
0,30 до 5,64
ГГц**

$$W = \frac{P \cdot n}{S} \left[\frac{\text{мкВт}}{\text{см}^2} \right] \quad (13)$$

де P - покази термісторного моста, мкВт ;

**S - ефективна поверхня комплекту, яка складається
з антени П6 - 31 або П6 - 32 і коаксіального
перетворювача М5 - 88, см²;**

**n - послаблення коаксіального атенюатора 10 або 20
дБ в разях.**

**В діапазоні
частот від
5,64 до 16,7
ГГц**

$$W = \frac{P \cdot n}{S} \left[\frac{\text{мкВт}}{\text{см}^2} \right] \quad (14)$$

де P - покази термісторного моста, мкВт ;

**S - ефективна поверхня комплекту, яка складається
з антени П6 - 31 або П6 - 32 і коаксіального
перетворювача М5 - 88, см²;**

**n - послаблення хвилевідного атенюатора 10 або 20
дБ в разях.**

В діапазоні частот від 16,7 до 37,5 ГГц

$$W = \frac{P \cdot n}{K_e \cdot S} \left[\frac{\text{мкВт}}{\text{см}^2} \right] \quad (14)$$

де P - покази термісторного моста, мкВт ;

S - ефективна поверхня однієї з використаних при вимірюваннях антен П6 – 10А, П6 – 11А, П6 – 30, П6 – 30/1, см²;

K_e – коефіцієнт ефективності перетворювача М5 – 44 або М5 - 45.

Міст термісторний

Принцип дії моста термісторного пояснюється спрощеною структурною схемою, яка наведена на рис.5.

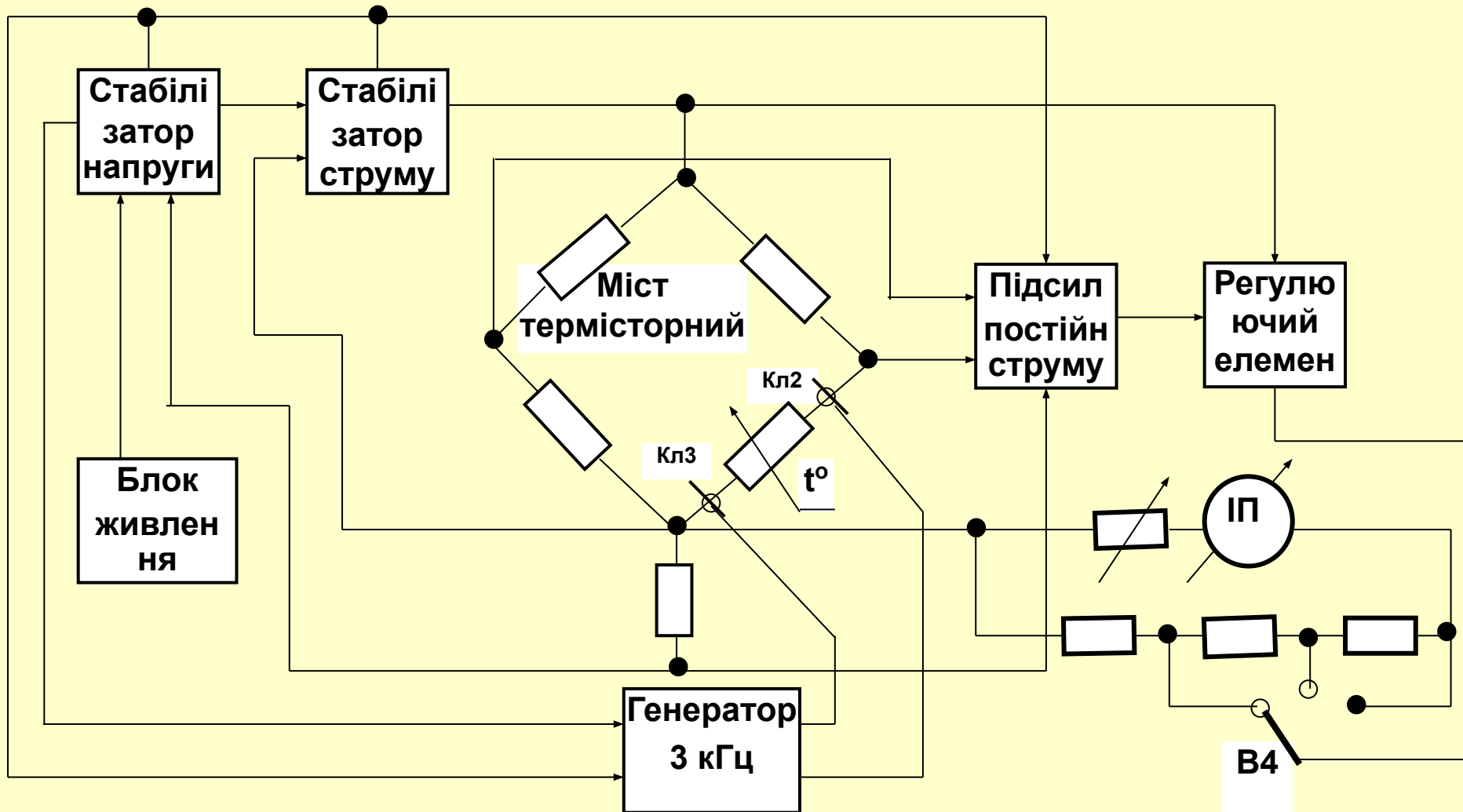


Рис.5. Структурна схема моста термісторного Я2М-64

Вимірювальна частина моста складається з зрівноваженого термісторного моста (МТ), в одне плече якого увімкнений термістор t_0 , генератора 3 кГц, стабілізатора струму і схеми автоматичного керування балансом моста, яка складається з підсилувача постійного струму (ППС), регулюючого елемента (РЕ) - транзистора, в емітер ний ланцюг якого в якості навантаження увімкнений індикаторний прилад (ІП) з шунтами.

Живлення термісторного моста і регулюючого елемента, які увімкнені паралельно, здійснюється від високостабільного стабілізатора струму постійна потужність якого розподіляється між мостом термісторним і регулюючим елементом.

Перед вимірюванням ВЧ потужності необхідно підключити до термісторного моста відповідний перетворювач з комплекту вимірювача ПЗ-9, встановити перемикач "СОПРОТИВЛЕНИЕ ТЕРМИСТОРА" в положення, яке відповідає величині робочого опору перетворювача.

Здійснити балансування моста ручками "УСТАНОВКА НУЛЯ".

Початковий баланс відмічається індикаторним приладом ІІ, струм через який в цей час дорівнює нулю.

При початковому балансі моста термісторного вся потужність стабілізатора струму розсіюється на МТ.

При вимірюванні ВЧ потужності необхідно перемикач "ПРЕДЕЛЫ ИЗМЕРЕНИЙ" на мості Я2М-64 встановити на відповідну шкалу в залежності від величини потужності, яка вимірюється.

Після подачі потужності на вхід вимірювача ПЗ-9 баланс моста порушується і напруга розбалансу подається на вхід підсилювача постійного струму (ППС). Підсилена напруга розбалансу з виходу ППС поступає на регулюючий елемент РЕ. Струм через РЕ збільшується і тим самим викликає зменшення постійного струму, який протікає через термістор. Таким чином здійснюється перерозподіл потужності стабілізатора струму між термісторним мостом і регулюючим елементом. Збільшення струму через регулюючий елемент, а слід, зменшення струму через термістор буде здійснюватись до тих пір, поки міст не прийде знову в стан балансу. Таким чином, здійснюється автоматичне балансування моста.

При відновленні балансу моста потужність постійного струму на термісторі зменшується на величину, яка дорівнює потужності поданій на вхід вимірювача і яка порушила початковий баланс.

Шкала індикаторного приладу П, який реєструє струм через регулюючий елемент, тарована в різниці потужностей постійного струму, і визначається виразом

$$P_X = (I_{\hat{I}} - I_{\tilde{I}})^2 R_T \quad (16)$$

де P_X - потужність, яка вимірюється;

$I_{\hat{I}}$ - величина постійного струму, який протікав через термістор при початковому балансі;

$I_{\tilde{I}}$ - величина постійного струму, який протікав через термістор при подачі на нього потужності, яка вимірюється;

R_T - величина опору термістора.

Метрологічні характеристики і джерела похибок

1. Основна похибка вимірювання вимірювача:

- а) в діапазоні частот від 0,3 до 2,0 ГГц..... $\pm 40\%$
- б) в діапазоні частот від 2,0 до 37,5 ГГц..... $\pm 30\%$

2. Послаблення атенюаторів:

- а) коаксіального 10 дБ..... 9-14 дБ
- б) коаксіального 20 дБ..... 18-22 дБ
- в) хвилевідного 10 дБ..... 7-12 дБ

3. Основна похибка термісторного моста на постійному струмі при $R_T = 150 \text{ Ом}, 240, 400 \text{ Ом}.$

$$\pm \left(2 + 0,5 \frac{P_K}{P_X} \right) \% \quad \text{від } 0,1 \text{ до } 10 \text{ мВт} \quad (17)$$

$$\pm \left(0,5 + 1,5 \frac{P_K}{P_X} \right) \% \quad \text{від } 0,05 \text{ до } 0,10 \text{ мВт}, \quad (18)$$

де P_K - кінцеве значення шкали (межа вимірювання)
 P_X - значення параметру в точці калібрування.

4. КСТУ вимірювальних антен:

П6-31.....	3,0
П6-32.....	3,0
П6-15А, П6-17А.....	1,5
П6-30, П6-30/1.....	1,5
П6-10А, П6-11А.....	1,5

5. SEФ антен, см2:

П6-31.....	20-170
П6-32.....	30-120
П6-16.....	30-60
П6-17А.....	7-16

ПИТАННЯ 4

**МЕТОДИ КАЛІБРУВАННЯ
ВИМІРЮВАЧІВ
НАПРУЖЕНОСТІ ПОЛЯ І
ЩІЛЬНОСТІ ПОТОКУ ЕНЕРГІЇ**

Основними нормативними документами з калібрування вимірювачів напруженості поля (ВНП) є стандарти на схеми передачі одиниць для засобів вимірювання напруженості електричного поля - ГОСТ 8.098-73 і ГОСТ 8.189-76, які встановлюють порядок передачі розміру одиниці напруженості поля від еталонів зразковим і робочим засобам вимірювань.

Для повірки ВНП застосовують два методи

метод зразкового поля

метод зразкової антени (метод заміщення)

Перший метод застосовується при повірці ВНП з рамочними антенами, а другий - дипольними і рупорними антенами.

Метод зразкового поля полягає в наступному: За допомогою зразкової установки, яка випромінює, в зоні (точці), і яка розташована на певній відстані від неї, створюють електромагнітне поле, напруженість якого можна розрахувати досить точно. Потім в цій зоні (точці) розміщують антену повіряемого ВНП і вимірюють напруженість поля. Виміряну напруженість поля (покази ВНП) порівнюють з розрахунковими. Таким чином визначають похибку повіряемого приладу.

Прикладом установки, яка створює еталонне поле, може служити еталонна установка типу П1- 4. Вона призначена для повірки і тарування ВНП з рамочними антенами.

Установка П1-4 має наступні характеристики:

1. Діапазон частот електромагнітного поля, яке відтворюється 0,01...30 МГц;
2. Динамічний діапазон напруженості магнітної складової відтворюваного електромагнітного поля 0,008...0,5 мА/м;
3. Похибка відтворення напруженості поля $\pm (5-7,5)\%$.

Метод еталонної антени полягає в тому, що напруженість спеціально створеного стабільного електромагнітного поля в певному місці по черзі вимірюють еталонним, а потім повіряємим ВВП і визначають похибку повіряемого приладу по різниці їх показів.

Прикладом еталонної установки, яка призначена для перевірки і тарування ВВП, може служити установка

П1-5. Вона має наступні метрологічні характеристики:

1. Діапазон фіксованих частот електромагнітного поля, яке збуджується від 30 до 1000 МГц ;
2. Динамічний діапазон напруженості електричного поля від 0,25 до 10 В/м;
3. Похибка вимірювання поля $\pm 6\%$.