

## РАДИМЕТРИЧНИЙ КОРЕЛЯЦІЙНИЙ ВИМІРЮВАЧ ПОТУЖНОСТІ МІКРОХВИЛЬОВОГО ДІАПАЗОНУ

Скрипник Ю.О., Куценко В.П., Трегубов М.Ф., Шевченко К.Л., Яненко О.П.

Київський національний університет технології та дизайну, м. Київ, Україна

Казенне науково-виробниче підприємство "Кварсит", м. Костянтинівка, Україна

Науково-дослідний центр квантової медицини "Відгук" МОЗ України, м. Київ, Україна

### *Abstract*

*The radiometric correlation device of capacity of mm of a range. Is offered the radiometric correlation device of capacity and algorithm of processing of signals. This radiometer can be used for an estimation and measurement of intensity of electromagnetic radiation from physical objects in a range of a MICROWAVE.*

### **Розгляд проблеми радіометричного вимірювання**

Кожна речовина випромінює електромагнітну енергію в широкому діапазоні частот, у тому числі й у мікрохвильовому. Власне радіовипромінювання речовини несе подрібну характеризуючу інформацію відносно об'єкту, однак оно дуже слабе, його спектральна щільність потужності не перевищує  $10^{-20} \dots 10^{-22}$  Вт/(Гц·см<sup>2</sup>). Це значно менше рівня власних шумів вимірювача інтенсивності випромінювання. Тому виділення корисного шумового сигналу, прийнятого антеною, на фоні інтенсивніших власних шумів приймальних пристроїв здійснюється за допомогою кореляційної вимірювальної апаратури [ 1 ]

Однак відомі кореляційні вимірювачі не забезпечують стабільність нульового рівня вихідного сигналу перемножувача, що не дозволяє одержати високу чутливість і точність виміру за рахунок підсилення усередненого сигналу, тому що одночасно підсилюється як корисний сигнал, так і завада, а це проявляється у вигляді випадкового дрейфу нуля перемножувача [ 2 ].

Значну похибку при вимірюванні інтенсивності електромагнітного випромінювання спричиняють корельовані шуми у двоканальній схемі перетворення прийнятого антеною шумового сигналу. Через немінучі паразитні зв'язки між підсилювачами рівнобіжних каналів, зовнішніх завод, міжканальних провідностей за джерелом живлення тощо, корельовані шуми і завади перемножуються між собою у перемножувачі і після усереднення формують постійну напругу, яку неможливо відокремити від корисного сигналу, пропорційного вимірюваній інтенсивності, це знижує точність і чутливість кореляційного вимірювача [ 3 ].

### **Постановка завдання дослідження**

Завданням дослідження є забезпечити підвищення точності і чутливості вимірювання інтенсивності електромагнітних випромінювань, порівнюваної або меншої потужності шумів радіометричних вимірювачів

Введенням нових елементів і зв'язків вилучити вплив неідентичності підсилювачів шумового сигналу і знизити вплив корельованих шумів та завод.

### **Основна частина**

Функціональна схема радіометричного кореляційного вимірювача потужності мм-діапазону, забезпечуючого використання завдання досліджень [ 4 ], представлена на рис.1.

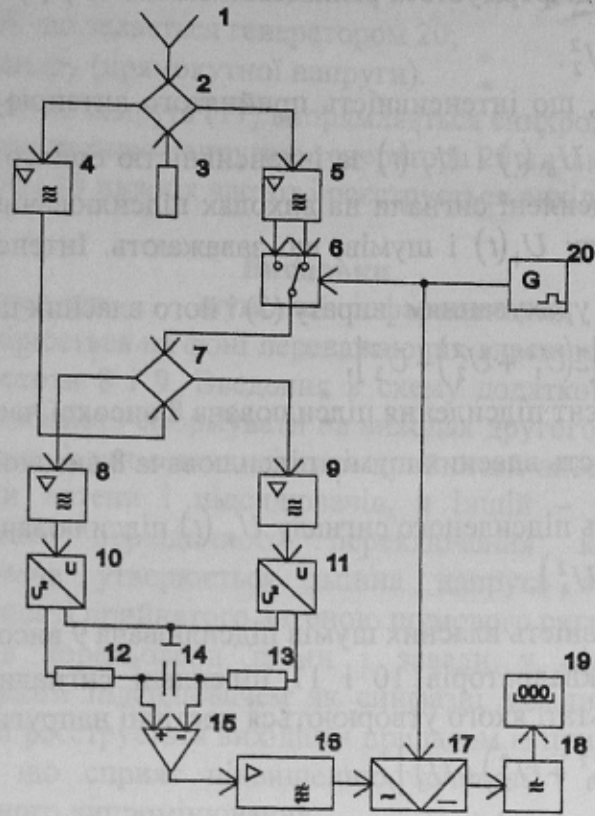


Рис.1.

Прийнятий антеною шумовий сигнал  $U_1(t)$  має інтенсивність, пропорційну температурі джерела електромагнітного випромінювання:

$$U_1^2 = S_1 K_1 T_U \Delta f, \tag{1}$$

де  $S_1$  – чутливість антени 1;

$K_1$  – коефіцієнт, що залежить від випромінювальної здатності джерела випромінювання;

$T_U$  – температура джерела випромінювання;

$\Delta f$  – смуга частот високочастотної частини кореляційного вимірювача.

Інтенсивність вихідного сигналу антени  $U_3(t)$  з урахуванням її власних шумів можна представити у вигляді суми дисперсій некорельованих шумів:

$$U_3^2 = U_1^2 + U_2^2, \tag{2}$$

де  $U_2^2$  – інтенсивність власних шумів антени.

На одному з виходів подвійного хвилеводного трійника 2 формується сигнал, пропорційний сумі входних сигналів, а на іншому — різниці. Шуми еквівалента антени 3 вибирають рівними відповідним шумам антени 1. При такому виборі інтенсивність сумарного сигналу подвійного хвилеводного трійника

$$U_4^2 = U_1^2 + 2U_2^2, \tag{3}$$

а інтенсивність різницевого сигналу

$$U_5^2 = U_1^2. \tag{4}$$

При зазначеному положенні комутатора 6 на підсумовуючому виході подвійного хвилеводного трійника 7 формується сигнал  $U_6'(t)$  із сумою дисперсій (3) і (4):

$$U_{61}^2 = 2(U_1^2 + U_2^2). \tag{5}$$

На іншому виході формується різницевий сигнал  $U_7'(t)$  з різницею дисперсій (3) і (4):

$$U_{71}' = 2U_2^2. \quad (6)$$

У зв'язку з тим, що інтенсивність прийнятого антеною 1 сигналу надзвичайно мала ( $U_1^2 \ll U_2^2$ ), а сигнали  $U_6'(t)$  і  $U_7'(t)$  за інтенсивністю одного порядку з власними шумами підсилювачів 8 і 9, підсилені сигнали на виходах підсилювачів 8 і 9 є адитивною сумішшю інформативного сигналу  $U_1(t)$  і шумів, що заважають. Інтенсивність підсиленого сигналу  $U_8'(t)$  підсилювача 8 з урахуванням виразу (5) і його власних шумів

$$U_{81}^2 = K_2 [2(U_1^2 + U_2^2) + U_3^2], \quad (7)$$

де  $K_2$  – коефіцієнт підсилення підсилювача 8 високої частоти;

$U_3^2$  – інтенсивність власних шумів підсилювача 8 високої частоти.

Інтенсивність підсиленого сигналу  $U_9'(t)$  підсилювача 9 з урахуванням виразу (6)

$$U_{91}^2 = K_3 (2U_2^2 + U_4^2), \quad (8)$$

де  $U_4^2$  – інтенсивність власних шумів підсилювача 9 високої частоти.

За допомогою квадраторів 10 і 11 підсилені сигнали піддаються квадратичному перетворенню, у результаті якого утворюються постійні напруги:

$$U_{10}' = S_{10} K_2 [2(U_1^2 + U_2^2) + U_3^2], \quad (9)$$

$$U_{11}' = S_{11} K_3 (2U_2^2 + U_4^2), \quad (10)$$

де  $S_{10}$  і  $S_{11}$  – крутість перетворення квадраторів 10 і 11.

Конденсатор 14 через резистори 12 і 13 заряджається різницею напруг (9) і (10). Враховуючи, що  $K_2 = K_3$ ,  $S_{10} = S_{11}$  одержимо

$$U_{12}' = K_4 S_{10} K_2 (2U_1^2 + U_3^2 - U_4^2), \quad (11)$$

де  $K_4$  – коефіцієнт, обумовлений опорами резисторів 12, 13 та ємністю конденсатора 14.

При протилежному положенні хвилеводного перемикача 6 змінюється фаза напруги на  $180^\circ$ . Тоді формули 3, 4, 9, 10, 11 будуть мати наступні вирази:

$$U_{62}^2 = 2U_2^2, \quad (12)$$

$$U_{72}^2 = 2(U_1^2 + U_2^2). \quad (13)$$

$$U_{10}'' = S_{10} K_2 (2U_2^2 + U_3^2), \quad (14)$$

$$U_{11}'' = S_{11} K_3 [2(U_1^2 + U_2^2) + U_4^2]. \quad (15)$$

$$U_{12}'' = K_4 S_{10} K_2 (U_3^2 - 2U_1^2 - U_4^2). \quad (16)$$

Положення хвилеводного перемикача 6 періодично змінюється під впливом прямокутної напруги генератора 20 низької частоти, конденсатор 14 періодично перезаряджається, що обумовлює виникнення змінної напруги частоти комутації на вході диференціального підсилювача 15. Шуми підсилювачів 9 і 10 високої частоти навіть при нерівності їхніх коефіцієнтів підсилення ( $K_2 \neq K_3$ ) не змінюють знак різниці випрямлених шумів  $U_3^2 - U_4^2$  і тому не впливають на корисний сигнал частоти комутації

$$U_{13} = 2K_5 K_4 S_{10} K_2 U_1^2 \text{sign} \sin 2\pi Ft, \quad (17)$$



де  $K_s$  – коефіцієнт підсилення вибіркового підсилювача 16;

$F$  – частота комутації, що задається генератором 20;

$\text{sign sin}$  – функція меандру (прямокутної напруги).

Підсилена низькочастотна напруга (17) випрямляється синхронним детектором 17, що керується безпосередньо прямокутною напругою генератора 20 низької частоти. Випрямлена напруга згладжується фільтром 18 нижніх частот і реєструється вихідним приладом 19.

### Висновки

1. Из виразу (17) следует, що шумовий інформативний сигнал (1), прийнятий антеною 1, виділяється і вимірюється на фоні переважаючих власних шумів антени 1 і шумів підсилювачів надвисокої частоти 8 і 9. Введення в схему додаткових елементів з'єднаних зазначним способом, дає можливість сформувати на виходах другого хвилеводного трійника сумарний і різницевий сигнали, один з яких містить прийнятий антеною шумовий сигнал у суміші з власними шумами антени і підсилювачів, а іншій – тільки шуми антени і підсилювачів. У результаті періодичного переключення комутатора на вході диференціального підсилювача утворюється змінна напруга з частотою комутації, пропорційна тільки інтенсивності прийнятого антеною шумового сигналу.

2. Некорельовани та корельовани шуми і завади у підсилювальних каналах пригнічуються диференціальним підсилювачем як синфазні завади. Підсилена і виділена напруга з частотою комутації реєструється вихідним приладом із пригніченням впливу завад і неінформативних шумів, що сприяє підвищенню точності і чутливості вимірювача інтенсивності електромагнітного випромінювання.

3. Дослідження показали, що кореляційний вимірювач інтенсивності електромагнітного випромінювання, виконаний за розглянутою схемою має флуктуаційний поріг чутливості  $\sim 10^{-21}$  Вт/(Гц·см<sup>2</sup>), що еквівалентно 0,05...0,1 К при дослідженні радіотеплових випромінювань. В кореляційному вимірювачі-прототипі поріг чутливості складає  $1 \cdot 10^{-19}$  Вт/(Гц·см<sup>2</sup>) оскільки кореляційні шуми двох частотних підсилювачів викликають зміщення нуля на виході вимірювача на  $(3...5) \cdot 10^{-20}$  Вт/(Гц·см<sup>2</sup>).

### Література

1. Головка Д.Б., Скрипник Ю.О., Яненко О.П. Модуляційні НВЧ- вимірювачі електричних та неелектричних величин.-К.: "МП Леся".- 2001.-С. 68-76.

2. Есепкина Н. А., Корольков Д. В., Парийский Ю. Н. Радиотелескопы и радиометры.- М.: Наука.- 1972.- С. 259-260.

3. Патент України № 39444А, кл. G 01R29/08, 08.08.2000, Бюл. № 5, 2001р.

4. Скрипник Ю. О., Шевченко К. Л., Яненко О. П., Куценко В. П. Кореляційний вимірювач інтенсивності електромагнітного випромінювання. Патент на винахід України №65764А від 15. 04. 2004 р. G01R29/08. Бюл. № 4.