

## ВИМІРЮВАННЯ НИЗЬКОІНТЕНСИВНИХ СИГНАЛІВ БІОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ У ММ-ДІАПАЗОНІ

Яненко О.П., д.т.н. професор; Перегудов С.М., к.т.н.

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Розвиток електронної техніки мм-діапазону довжин хвиль та широке її впровадження в різні галузі науки і техніки часто пов'язано з використанням низькоінтенсивних сигналів, рівень яких значно менший  $P_c < 1 \cdot 10^{-6}$  Вт для монохроматичних та  $S_c < 1 \cdot 10^{-12}$  Вт/Гц шумових сигналів [1]. Тому в багатьох випадках виникає необхідність вимірювання їх потужності із застосуванням нестандартної апаратури.

В повній мірі це стосується нових напрямків у біології та медицині, зокрема, лікувальних технологій, оснований на впливі надзвичайно слабких сигналів на організм людини [2]. Дослідження, проведені різними авторами, показують, що забезпечити метрологічне супроводження біомедицинської апаратури, що при цьому використовується, можна із застосуванням радіометричних систем (РС) модуляційного типу, які мають високу чутливість та стабільність.

Структурна схема високочутливої модуляційної РС прямого перетворення (рис. 1) включає в себе приймальну антену –  $X1$ , модулятор –  $S1$ , еквівалент антени –  $R_e$ , ВЧ-підсилювач –  $A1$ , квадратичний детектор –  $U1$ , підсилювач частоти модуляції –  $A2$ , синхронний детектор –  $U2$ , фільтр НЧ –  $Z1$ , індикатор  $PA1$  та джерело сигналу –  $G_x$ .

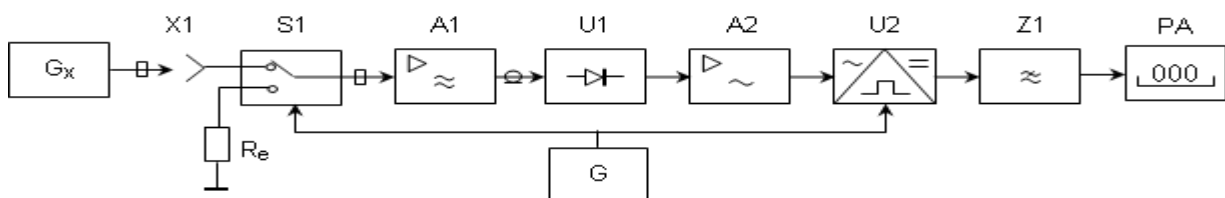


Рис. 1. Схема модуляційного вимірювача прямого перетворення

Вихідна напруга наведеної РС описується виразом [2]:

$$U_{вих} = \left( \frac{2}{\pi^2} \right) K_{\Sigma} U_k U_x^2 + \frac{4}{\pi} K_{\Sigma} U_k \Delta U_W^2(t) f \left( \sum_{i=1}^n (\Omega - \Omega_i) \right), \quad (1)$$

де  $K_{\Sigma}$  – сумарний коефіцієнт перетворення радіометричного каналу,  $U_k$  – напруга частоти комутації,  $\Delta U_W^2$  – дисперсія шумового сигналу на виході.

У мм-діапазоні РС модуляційного типу має поріг чутливості на рівні  $10^{-15}$ - $10^{-14}$  Вт. Така система дозволяє вимірювати потужності слабких сигналів декількома варіантами.

В першому варіанті вимірювання можна проводити з використанням

стандартної апаратури та методу заміщення. Спочатку на вхід системи підключають джерело слабкого сигналу  $G_x$  та фіксують показання індикатора  $PA1$ . Потім на виході стандартного генератора монохроматичних сигналів виставляють мінімально можливі значення вихідної потужності і підключають генератор до входу РС через поляризаційний атенуатор, за допомогою якого досягають попереднє значення індикатора РС.

Сумарна похибка вимірювань потужності слабких сигналів за такою схемою може складати  $30 \div 35 \%$ , що, як правило, не задовольняє потребам біомедичних застосувань.

Другий варіант вимірювання передбачає наявність еталонного джерела потужності мм-діапазону. Таким джерелом може слугувати, наприклад, тепловий генератор шуму (ГШ). Спектральна щільність його вихідної потужності визначається відомим співвідношенням і залежить в основному від температури робочого тіла, яку можна досить точно визначити.

Для забезпечення вимірювання за такою схемою був розроблений генератор еталонного шуму на діапазон частоти  $37 \div 78$  ГГц. В якості джерела випромінювання використовується узгоджене навантаження, що підігрівається. Вихідна потужність генератора регулюється зміною температури. Коефіцієнт стоячої хвилі виходу генератора не перевищують 1,2.

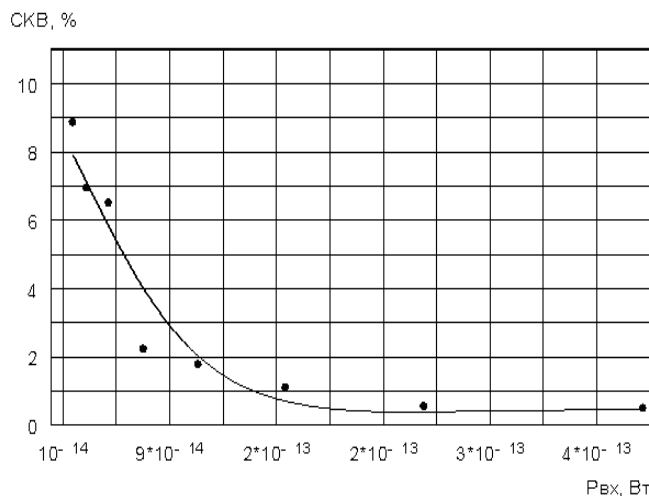


Рис.2. Залежність СКВ від потужності вхідного сигналу

Таким чином, похибка вимірювання в другому варіанті значно зменшується, однак, його реалізація вимагає наявності атестованого джерела потужності мм-діапазону.

### Література

1. Ситько С.П., Скрипник Ю. А., Яненко А.Ф. Аппаратурное обеспечение современных технологий квантовой медицины. – К.: ФАДА ЛТД, 1999. – 199 с.
2. Скрипник Ю.А., Яненко А.Ф., Манойлов В.Ф. и др. Микроволновая радиометрия физических и биологических объектов. – Житомир: Вольнь, 2003. – 408 с.