

## ФАЗОВИЙ МЕТОД ВИМІРЮВАННЯ ДАЛЬНОСТІ

Фазовий метод вимірювання дальності заснований на вимірюванні різниці фаз випромінюючих і прийнятих радіосигналів.

Якщо в якийсь момент часу  $t_1$  фаза випромінюваного і модульованого з кутовою частотою  $\omega$  потоку рівна, то у момент часу  $t_2 = t_1 + t$  вона буде вже рівна  $\omega t_2$ . Зміряна у момент часу  $t_2$  різниця (зрушення) фаз  $\varphi$  буде пропорційна часу, витраченому потоком на проходження подвійної вимірюваної відстані:

$$\varphi = \omega t_2, \quad S = \frac{v\varphi}{2\omega}$$

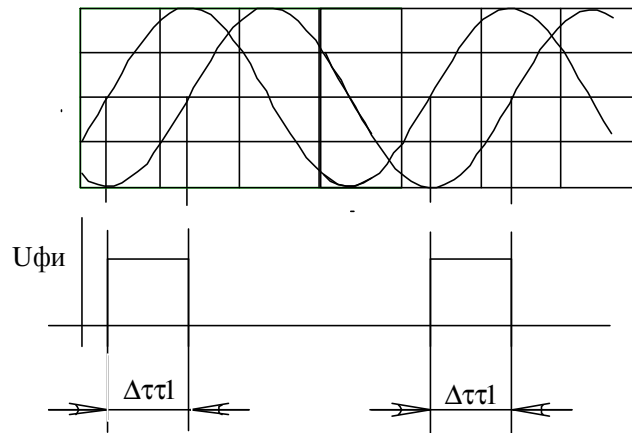


Рисунок 1 – Вимірювання фазових запізнювань виконується методом подвійної інтеграції

Різниця фаз в межах фазового циклу може бути зміряна безпосередньо і компенсаційним способом.

Частота модуляції вибирається залежно від величини допустимої погрішності вимірювання мінімальної відстані і від погрішності визначення різниці фаз (при максимальному практично реалізованому значенні частоти модуляції близько 10 ГГц абсолютна погрішність вимірювання відстані в декілька десятків метрів не перевищувала 0,1 мм).

Структурна схема фазового вимірника дальності виглядає таким чином (рис. 2):

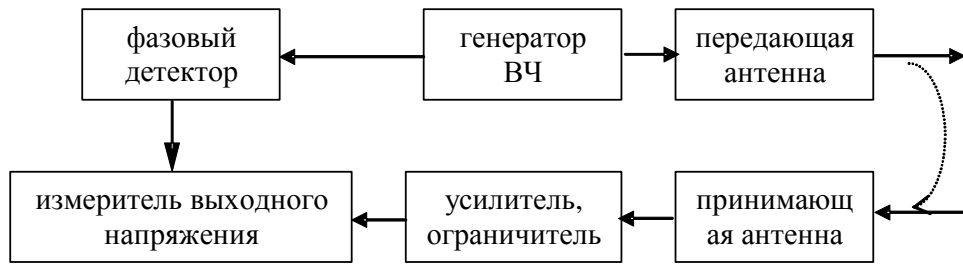


Рисунок 2 – Структурна схема фазометричного вимірника дальності

Генератор ВЧ створює коливання, які через передаючу антену випромінюються в зовнішній простір з відповідною фазою:

$$\varphi_{изл} = \omega_0 t + \varphi_1 \quad (1),$$

де  $\varphi_1$  – початкове значення фази.

На приймальну антену поступає відображений сигнал із значенням фази:

$$\varphi_{пр} = \omega_0 \cdot (t - t_D) + \varphi_{отр} + \varphi_{РЛС} + \varphi_1 \quad (2),$$

де  $\varphi_{отр}$  – фазове зрушення при віддзеркаленні,  $\varphi_{РЛС}$  – фазове зрушення в ланцюгах РЛС, – ця величина постійна і її можна підрахувати експериментально.

Прийнятий сигнал посилюється і його фаза разом з фазою первинного сигналу, що детектує на фазовому детекторі, поступає на вимірника вихідної напруги.

Тобто на вимірника вихідної напруги прийде сигнал з різницевою фазою, одержаною при відніманні з (1) (2):

$$\Delta\varphi = \omega_0 \cdot t_D - \varphi_{отр} - \varphi_{РЛС} \quad (3)$$

Врахуємо, що  $\omega_0 = \frac{2\pi \cdot c}{\lambda}$ :

$$\Delta\varphi = \frac{4\pi}{\lambda} \cdot D - \varphi_{отр} - \varphi_{РЛС} \quad (4)$$

Великий недолік у тому, що тут невідоме фазове зрушення відображеного сигналу, який може мінятися як завгодно, причому істотним способом.

Оскільки  $\Delta\varphi < 2\pi$ , то з (4) слідує однозначний діапазон вимірювання дальності:

$$\Delta D_{\text{однознач}} < \frac{\lambda}{2} \quad (5)$$

Оскільки використовуються ультракороткі хвилі, то однозначний діапазон вимірювання дальності порядку одиниць метра.

Тому на практиці використовують складніші схеми, в яких присутній дві і більше частот.

Приведемо приклад двохчастотного фазового далекоміра. Його структурну схему зобразимо таким чином (рис. 3):

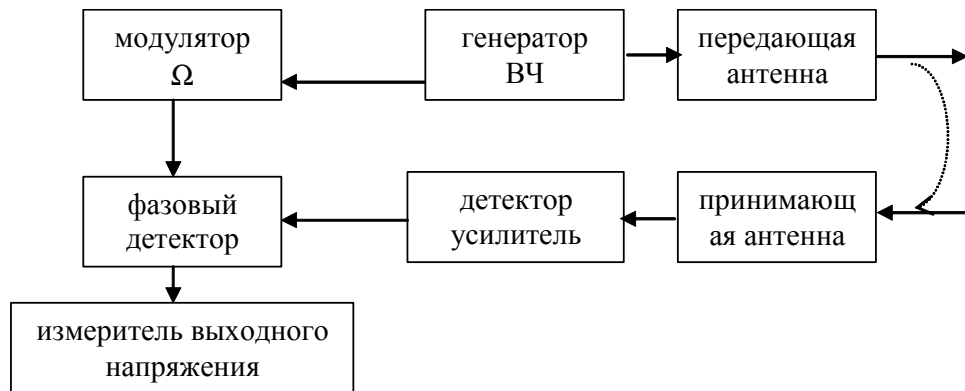


Рисунок 3 – Структурна схема двохчастотного фазового далекоміра

Тут частота  $\Omega$  визначає фазові зрушення, а  $\omega_0$  грає роль переносника інформації.

На модуляторі формується напруга:

$$U(t) = U_M \cos(\Omega t + \varphi_0) \quad (6)$$

яке подається на генератор ВЧ, т.ч. що напруга на виході генератора:

$$U_{\text{ген}}(t) = U_0 (1 + m \cos(\Omega t + \varphi_0)) \cos(\omega_0 t + \varphi_1) \quad (7),$$

де  $m$  – коефіцієнт модуляції.

Прийняті сигнали після посилення детектують, виділяється їх огибаюча, фаза якої порівнюється з фазою коливань модулятора.

$$\varphi_{np} = \Omega \cdot (t - t_D) + \varphi_{PLC} + \varphi_1 \quad (8)$$

$$\Delta\varphi = \frac{2\Omega}{c} \cdot D \quad (9)$$

звідки одержуємо залежність дальності від різниці фаз:

$$D = \frac{c \cdot \Delta\varphi}{2 \cdot \Omega} \quad (10)$$

Тепер при  $\Omega = 1000 \text{ с}^{-1}$ , км.

Достоїнства фазового методу вимірювання дальності:

- малопотужне випромінювання, оскільки генеруються незгасаючі коливання;
- точність не залежить від доплеровського зрушення частоти віддзеркалення;
- достатньо простий пристрій

**Недоліки:**

- відсутність розрішіння по дальності
- погіршення чутливості приймача унаслідок просочування в приймальний тракт через антену випромінювання передавача, схильного до випадкових змін;