

УДК 621.317

## ЗНИЖЕННЯ ПОРОГУ ЧУТЛИВОСТІ НИЗЬКОЧАСТОТНОГО ОДНОКАНАЛЬНОГО ТРАКТУ ТОВЩИНОМІРА СТАЛЕВИХ ЛИСТОВИХ КОНСТРУКЦІЙ

© Бучма І.М., Михайлович Л.Ф., 2003  
Національний університет "Львівська політехніка",

**Проведено порівняння завадостійкості одноканального тракту для різновидів амплітудної модуляції. На основі приведених залежностей обґрунтована доцільність застосування в структурі одноканального тракту балансної модуляції.**

Деколи інформація про вимірювані параметри явищ та об'єктів захована в різниці амплітуд гармонічних сигналів, відносно значення якої може становити близько  $10^{-3} \div 10^{-4}$ . Так є, наприклад, в електророзвідці [1], в неруйнівному контролі за методом вихрових струмів, зокрема, при вимірюванні товщини сталевих листових матеріалів [2], де на частоті 1 Гц приведений поріг чутливості склалає  $2 \cdot 10^{-4}$ . При цьому приведена похибка вимірювання сталевих листа товщиною 10 мм складає більше 10%. Практична реалізація товщиноміра вимагає зменшення похибки до рівня не гіршого ніж 5%. А для цього необхідно зменшити поріг чутливості при порівнянні амплітуд сигналів частотою 1 Гц приблизно у 3 рази.

Основним фактором, що обмежує поріг чутливості на таких частотах є флікер-шум. Приведене значення порогу чутливості  $2 \cdot 10^{-4}$  було одержано в одноканальній структурі, в якій сигнали частотою 1 Гц комутувалися з частотою 0,5 Гц, тобто у два рази меншою [2]. В такій структурі вихідний сигнал комутатора являє собою амплітудно-модульоване коливання.

При автоматичній роботі комутатора одноканального тракту на його виході формується найчастіше амплітудно-фазо-модульований сигнал, у якому корисна інформація захована в амплітудній модуляції. Оскільки різновидів амплітудної модуляції є багато, то доцільним є проведення аналізу завадостійкості різних методів амплітудної модуляції з метою використання найбільш завадостійкого методу в низькочастотному одноканальному тракту, параметри якого визначають параметри двочастотного товщиноміра загалом.

При аналізі завадостійкості різних методів модуляції як критерій застосовують коефіцієнт відношення сигнал-шум [3,4]

$$\chi = \frac{P_{вих} / N_{вих}}{P_{вх} / N_{вх}}, \quad (1)$$

де  $P_{вх}, P_{вих}$  – відповідно середня потужність сигналу на вході та на виході демодулятора;  $N_{вх}, N_{вих}$  – відповідно середня потужність шуму на вході та на виході демодулятора.

Якщо як демодулятор використовується синхронний детектор, то для балансно-модульованого сигналу  $\chi_{бм} = 2$ . Для амплітудної модуляції коефіцієнт відношення сигнал-шум оцінюється формулою [3,5]

$$\chi_{ам} = \frac{2P_c}{A^2 + P_c}, \quad (2)$$

де  $P_c$  – середня потужність модулюючого сигналу;  $A$  – амплітуда несучого коливання.

Для однотонної амплітудної модуляції коефіцієнт  $\chi_{ам}$  приймає найбільше значення, що дорівнює  $2/3$ , якщо коефіцієнт модуляції дорівнює 1.

Відповідно для односмугової амплітудної модуляції без несучої частоти та односмугової амплітудної модуляції з частково притлумленою бічною смугою коефіцієнти відношення сигнал-шум рівні і дорівнюють  $\chi_{осм-бн} = \chi_{осм-пбс} = 1$ .

Якщо як демодулятор використовується амплітудний детектор, то при середній потужності шумів на вході демодулятора малій порівняно з середньою потужністю сигналу, тобто при  $N_{вх} \ll P_{вх}$ , коефіцієнт відношення сигнал-шум  $\chi_{ам}$  також описується формулою (2).

Коли ж середня потужність шумів  $N_{вх}$  на вході демодулятора перевищує певний поріг відносно середньої потужності сигналу  $P_{вх}$ , то  $\chi = 0$ . Це явище має назву порогового ефекту.

Порівнюючи між собою коефіцієнти відношення сигнал-шум для різних видів амплітудної модуляції бачимо, що найвищим він є для балансно-модульованого сигналу, тому з точки зору досягнення найменшого порогу чутливості в одноканальному тракті з періодичним порівнянням бажаним є застосування балансної модуляції.

Мінімальне зменшення порогу чутливості, обумовлене переходом до балансної модуляції можна оцінити з виразу

$$n_{\min} = \frac{\chi_{\text{бм}}}{\chi_{\text{ам max}}} = 2 / \frac{2}{3} = 3.$$

Отже використання балансної модуляції може вирішити задачу необхідного зменшення порогу чутливості низькочастотного каналу вихрострумів товщиноміра.

Для застосування балансної модуляції в одноканальному тракті повинні виконуватися певні умови.

Основною умовою, що обов'язково повинна виконуватися, є синфазність порівнюваних сигналів. В низькочастотному каналі товщиноміра сталевих листів ця умова виконується, бо у вторинному сигналі від феромагнітного матеріалу нема квадратурної складової, яка б зсувала фазу вимірювального сигналу, або вона настільки мала, що нею можна знехтувати [2].

Другою важливою умовою є комутація порівнюваних сигналів з частотою  $F$  набагато вищою від  $f$  частоти порівнюваних сигналів, тобто  $F \gg f$ . При виконанні цих умов на виході комутатора одержимо балансно-модульований сигнал.

Третя умова, цілком природня для балансно-модульованого сигналу, це використання для демодуляції синхронного деректора.

У низькочастотному каналі товщиноміра сталевих листових конструкцій всі ці умови можуть бути виконані.

Таким чином, проведений аналіз підтверджує можливість зменшення похибки низькочастотного каналу товщиноміра сталевих листів до 5%.

1. Мизюк Л.Я., Поджарый В.М., Проць Р.В. Измерение инвариантов магнитного поля при электроразведке.-К.: Наукова думка, 1976.-231с.
2. Бучма І.М., Бучма І.М., Столярчук П.Г. Про можливість вимірювання товщини феромагнітних матеріалів вихрострумівим методом. Автоматика, вимірювання та керування-1994. .-№283.-С.21-24.
3. Szabatin J. Podstawy teorii sygnałów. Warszawa, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności.-2000.-499s.
4. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы.-М.: Соврадио.-1971.-671с.
5. Латхи Б.П. Системы передачи информации.-М.: Связь, 1971. -320с.