УДК 519.87:316.458.6

Ю.І. Рафальський, Д.О. Назарук

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

АНАЛІЗ ВИМІРЮВАНИХ ПАРАМЕТРІВ МОДУЛЬОВАНИХ СИГНАЛІВ

В статті проаналізовано вимірювані параметрі модульованих сигналів, розглянуті характеристики амплітудної модуляції сигналу для синусоїдної обвідної, визначено що вони використовуються в електронно-променевих осцилографах для простих вимірювань.

Ключові слова: *вимірювані параметрі, модульовані сигнали.*

Вступ

Постановка задачі. Модуляція як операція вимірювального перетворення сигналів застосовується в засобах вимірювання в тих випадках, якщо сигнал, який несе вимірювальну інформацію, має закон зміни, за якого його безпосередня передача й обробка із заданою точністю ускладнені. тому питання, які пов'язані з аналізом вимірюваних параметрів модульованих сигналів є актуальними при визначенні засобів електричних вимірювань.

Аналіз літератури. В [1 – 5] розглянуті питання, які пов'язані із теоретичними відомостями щодо метрологічних вимірювань. Нажаль в запропонованої літературі [1 – 5] ретельний аналіз вимірюваних параметрів модульованих сигналів не здійснювався.

Метою статі є проведення аналізу вимірюваних параметрів модульованих сигналів.

© Ю.І. Рафальський, Д.О. Назарук

Виклад основного матеріалу

До вимірюваних параметрів амплітудної модуляції (АМ) сигналів належать:

а) коефіцієнт амплітудної модуляції "вгору"

$$\mu_в = \left(U_{макс} - \overline{U}\right)\Big/\overline{U} \cdot 100\% ; \qquad (1)$$

б) коефіцієнт амплітудної модуляції "вниз"

$$\mu_н = \left(\overline{U} - U_{мін}\right)\Big/\overline{U} \cdot 100\% ; \qquad (2)$$

в) коефіцієнт амплітудної модуляції середньоквадратичного відхилення (СКВ) обвідної

$$\mu_{СКВ} = U\big/\overline{U} \cdot 100\% , \qquad (3)$$

де $\overline{U}$ – середнє за модулем (середнє випрямне) значення АМ сигналу $u(t)$ за період обвідної T_0;

$$\overline{U} = \frac{1}{T_0}\int_0^{T_0} (u(t))dt ; \qquad (4)$$

де U_{max}, U_{min} – відповідно максимальне і мінімальне значення АМ сигналу $u(t)$ за період обвідної T_0; U – СКВ АМ сигналу за час усереднення (період обвідної) T_0, одержане за формулою (4)

$$U = \sqrt{\frac{1}{T_0}\int_0^{T_0} [u(t) - \overline{U}]^2 dt} . \qquad (4)$$

Якщо обвідна АМ сигналу є синусоїдною, то його КАМ визначається формулою (5)

$$\mu = \mu_в = \mu_н = \frac{U_{макс} - U_{мін}}{U_{макс} + U_{мін}} 100\% . \qquad (5)$$

Характеристики АМ сигналу u(t) для синусоїдної обвідної наведені на рис. 1.

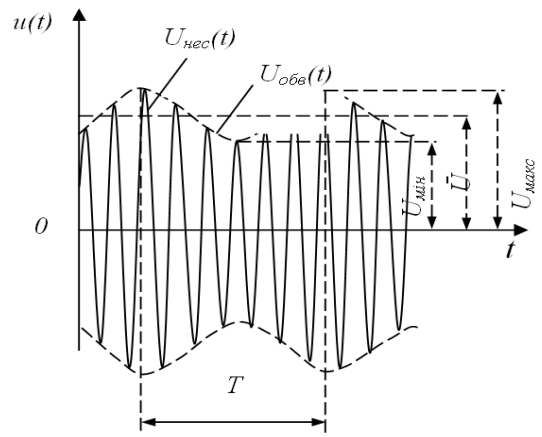

Рис. 1. Графік амплітудно-модульованого сигналу та його характеристики

Аналогічні значення девіації ЧМ сигналу u(t) визначаються за формулами:

– девіація частоти вгору:

$$\Delta f_в = f_{макс} - \overline{f} ; \qquad (6)$$

– девіація частоти вниз:

$$\Delta f_н = \overline{f} - f_{мін} ; \qquad (7)$$

– СКВ девіації частоти:

$$f_{СКВ} = \sqrt{\frac{1}{T_0}\int_0^{T_0} [f(t) - \overline{f}]^2 dt} , \qquad (8)$$

де f(t) – поточне значення частоти несучої ЧМ сигналу; f_{max}, f_{min} – відповідно максимальне і мінімальне значення частоти несучої за період T_0 обвідної ЧМ сигналу; $\overline{f}$ – середнє значення частоти несучої ЧМ сигналу, що визначається за формулою

$$\overline{f} = \frac{1}{T_0}\int_0^{T_0} f(t)dt , \qquad (9)$$

де $f_{СКВ}$ – СКВ частоти несучої АМ сигналу від її середнього значення $\overline{f}$.

Вимірювання девіації ФМ сигналу ґрунтується на аналітичній залежності частоти і фази сигналу

$$\phi = \int_0^T \omega dt = 2\pi\int_0^T f dt , \qquad (10)$$

де ω, φ – кругова частота та фаза сигналу відповідно.

Всі ці параметри вимірюються в універсальних модулометрах, наприклад, типу СК3-45. Але існують вимірювачі для окремих параметрів модуляції.

В якості найпростішого аналогового вимірювача КАМ може бути використаний електронно-променевий осцилограф (ЕПО) [4]. Високочастотний модульований сигнал подається на пластини вертикального відхилення ЕПО. На пластини горизонтального відхилення сигнал подається в залежності від того, яку форму зображення ми бажаємо отримати. Розглянемо кілька варіантів.

Найбільш наочним є відтворення на екрані кривої модульованої напруги, для чого на пластини горизонтального відхилення подають від генератора розгортки пилоподібну напругу (рис. 2, а), яка дорівнює, або в кілька разів менша за частоту модуляції. При цьому окремі коливання несучої частоти на екрані роздивитися не можливо (вони зливаються разом та утворюють суцільну світлу ділянку між лініями обвідних). Для того, щоб придати зображенню стабільність необхідно синхронізувати пилоподібну напругу з частотою модуляції.

Для визначення КАМ можна також використовувати фігури Ліссажу.

Якщо модульовану напругу підвести одночасно, але з деяким фазовим зсувом до пластин вертикального та горизонтального відхилення, то на екрані отримаємо еліптичне кільце (рис. 2, б). На практиці цікавим є такий випадок, коли на пластини горизонтального відхилення подається гармонічний сигнал з частотою модулюючої напруги. Якщо цей сигнал співпадає за фазою з сигналом обвідної модульованого коливання, то на екрані спостерігається трапеція (рис. 2, в). При наявності зсуву фаз зображення перетворюється на фігуру, подібну зображеній на (рис. 2, г).

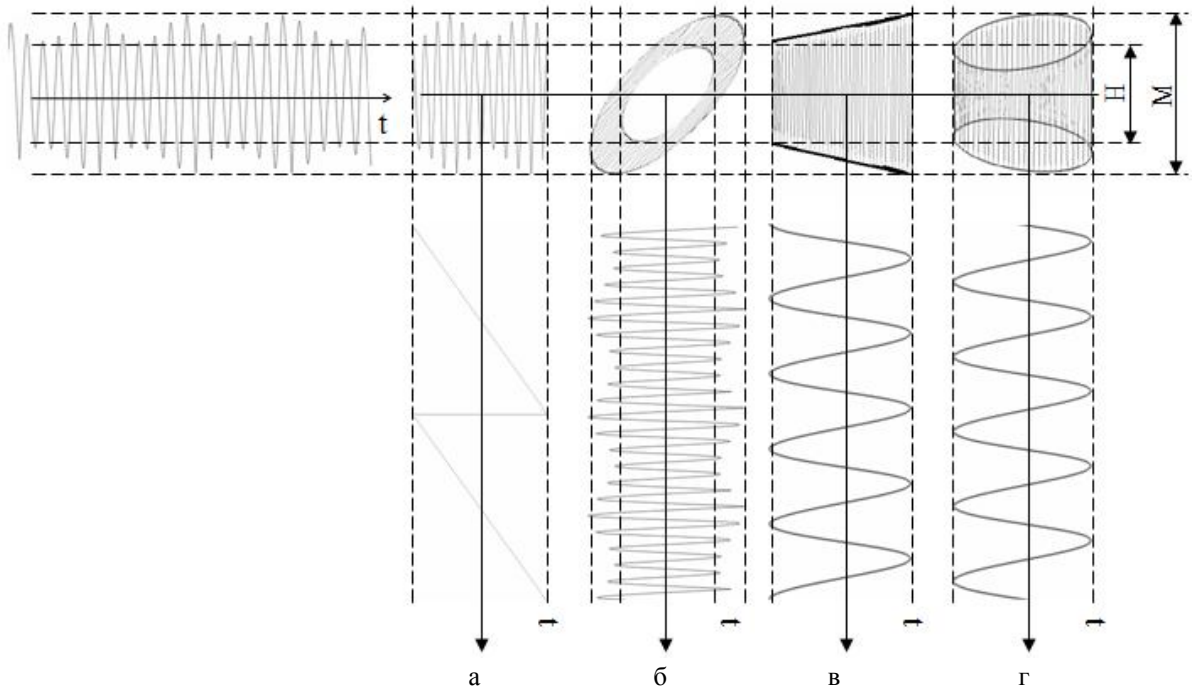

Рис. 2. Графічне пояснення способів вимірювання коефіцієнта амплітудної модуляції за допомогою осцилографа

В усіх розглянутих випадках КАМ визначається за розмірами зображення на екрані ЕПО:

$$\mu = (M - H)/(M + H) \times 100\% . \qquad (11)$$

Діапазон параметрів вхідного модульованого сигналу в загальному випадку залежить від конкретного ЕПО, який використовується. Наприклад, осцилограф С1 – 70 при використанні змінних блоків здатний вимірювати параметри сигналів в діапазоні напруг 10^{-5} – 500 В частотою до 3,5 ГГц. Точність таких вимірювань знаходиться в межах 5 – 15%. Тому ЕПО може бути використаний лише для простих та наочних вимірюваннях.

Висновки

1. В статті проаналізовано вимірювані параметрі модульованих сигналів. До яких належать коефіцієнти амплітудної модуляції: "вгору", "вниз" та середньоквадратичного відхилення обвідної.

2. Розглянуті характеристики амплітудної модуляції сигналу u(t) для синусоїдної обвідної.

3. Розглянуті параметри використовуються в електронно-променевих осцилографах.

4. Діапазон параметрів вхідного модульованого сигналу в загальному випадку залежить від конкретного електронно-променевого осцилографа, який використовується при вимірюваннях. Точність яких знаходиться в межах 5–15%. Тому вони використовуються для простих та наочних вимірюваннях.

Список літератури

1. *Ермолов Р.С. Цифровые частотомеры / Р.С. Ермолов. – Л.: Энергия, 1973. – 256 с.*

2. *Кончаловский В.Ю. Цировые измерительные устройства / В.Ю. Кончаловский. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 215 с.*

3. *Чинков В.Н. Цифровые измерительные приборы / В.Н. Чинков. – МО, 1991. – 245 с.*

4. *Шляндин В.М. Цифрове измерительные устройства / В.М. Шляндин. – М.: Высшая школа, 1981. – 254 с.*

5. *Чинков В.М. Основи метрології та вимірювальної техніки / В.М. Чинков. – Х.: ХВУ, 2001. – 423 с.*

Надійшла до редколегії 21.03.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Б. Кононов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

АНАЛИЗ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ МОДУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ

Ю.І. Рафальський, Д.А. Назарук

В статье проанализированы измерительные параметры модулированных сигналов, рассмотрены характеристики амплитудной модуляции сигнала для синусоидальной обходной, определено, что они используются в электронно-лучевых осциллографах для простых измерений.

Ключевые слова: *цифровые частотомеры, синхронизация.*

ANALYSIS OF MEASURINGS PARAMETERS OF THE MODULATED SIGNALS

Yu.I. Rafal's'kiy, D.O. Nazaruk

The measurings parameters of the modulated signals are analysed in the article, descriptions of peak modulation of signal are considered for sinusoidal roundabout, it is certain that they are utillized in cathode-ray oscillographs for the simple measurings.

Keywords: *digital cymometers, synchronization.*