

РАДІОЕЛЕКТРОНІКА ТА РАДІОЕЛЕКТРОННЕ АПАРАТОБУДУВАННЯ

УДК 621.372

Ю. К. Філіпський, д. т. н., проф.;

С. А. Клепікова, магістр

ДИНАМІКА СИГНАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ ПРИ СТИБКАХ ЧАСТОТИ

Одним з актуальних питань для збільшення швидкодії систем зв'язку є аналіз та визначення перехідних процесів, що виникають у колах під час стрибків частоти, яка в наш час широко використовується як носій інформації. Проаналізовано вплив зміни частоти вхідного сигналу відносно резонансної на амплітуду, фазу та частоту вихідного сигналу. Розглянуто перетворення сигналу у разі стрибка частоти коливання вхідного сигналу за умови постійної амплітуди в залежності від параметра розладу.

Динамічні властивості кіл визначаються їх інерційністю, яка обумовлює перехідні процеси і спотворення сигналу на виході кола. У системах, що запасують енергію, перехід від однієї частоти до іншої неминуче зв'язаний зі зміною енергії. Під час всіх змін в електричному колі: вмиканні, вимиканні, короткому замиканні, коливаннях величин параметрів тощо — в останньому виникають перехідні процеси, що не можуть протікати миттєво, тому що неможлива миттєва зміна енергії, накопиченої в електромагнітному полі кола.

Існують такі режими роботи кіл, для яких спостерігаються істотні спотворення параметрів сигналів і, відповідно, інформації, що міститься в них. Найпоказовішими в цих випадках є стрибкоподібні зміни таких параметрів як амплітуда, частота й фаза. Аналізу динамічних перетворень у разі стрибків амплітуди було присвячено досить багато публікацій. Однак існують практичні задачі, наприклад, у радіолокації, у системах передачі даних, де необхідно враховувати в першу чергу стрибки частоти. У роботі розглянуто поведінку селективних кіл на основі динамічного коефіцієнта передачі [1]. При цьому вихідним є відгук кола на стрибок амплітуди гармонійного впливу:

$$U(y) = \frac{1}{1 + j\xi} (1 - e^{-y} e^{-j\xi y}), \quad (1)$$

де $\xi = 2Q(\Omega - 1)$; Ω й y — нормовані частота та час.

У подальшому зручніше оперувати з частотою $\Omega = \frac{\omega}{\omega_p}$. У такому режимі змінюється не тільки обвідна $U(y)$, але й фаза та частота.

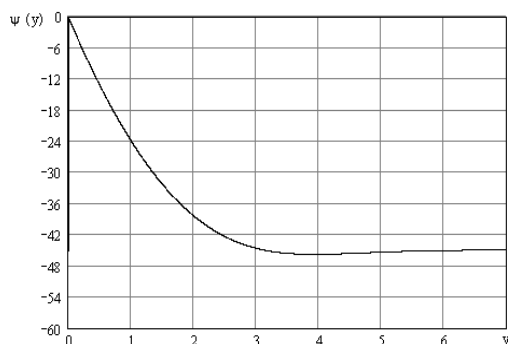


Рис. 1. Графік зміни фази сигналу в залежності від часу для $\Omega = 1,1$

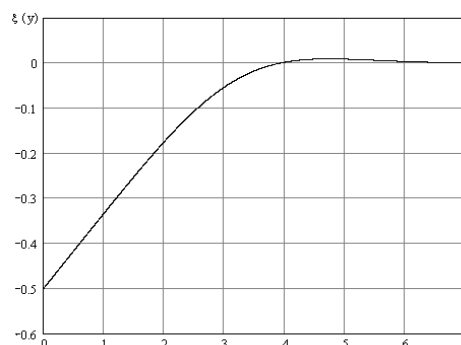


Рис. 2. Графік зміни частоти сигналу в залежності від часу для $\xi = 1$

Залежність фази від часу на підставі (1) має вигляд:

$$\psi(y) = -\arctg 2Q(\Omega - 1) + \arctg \frac{e^{-y} \sin 2Q(\Omega - 1)y}{1 - e^{-y} \cos 2Q(\Omega - 1)y}. \quad (2)$$

Головний інтерес представляє закон зміни частоти коливання вихідного сигналу. Залежність частоти від часу знаходиться як похідна (2)

$$\Delta\Omega(y) = \frac{e^{-y}(\xi \cos \xi y - \sin \xi y - \xi e^{-y})}{1 - 2e^{-y} \cos \xi y + e^{-2y}}. \quad (3)$$

Стрибок частоти можна розглядати як вимикання для $t = 0$ стаціонарного значення сигналу з попереднім параметром частоти ω_1 і підключенням сигналу з новою частотою ω_2 . Розглянемо явища в резонансних системах, що виникають у моменти стрибкоподібної зміни частоти вхідного сигналу. Поєднаємо початок відліку часу з моментом зміни частоти. Тоді для $t > 0$ вихідний сигнал на підставі принципу суперпозиції можна представити як суму вільного коливання, що існує після припинення дії старого сигналу і коливання, обумовленого дією нового сигналу для $t > 0$, з частотою заповнення ω_2 .

Таким чином, сигнал на виході визначається за загальною формулою:

$$U(y) = \frac{1}{1 + j\xi_1} e^{-y} e^{-j\xi_1 y} + \frac{1}{1 + j\xi_2} (1 - e^{-y} e^{-j\xi_2 y}). \quad (4)$$

З формули (4) неважко одержати закономірності зміни обвідної, фази й частоти. Зокрема, зміна частоти у випадку симетричного стрибка $\xi_1 = -\xi$, $\xi_2 = \xi$ визначається за формулою:

$$\xi(y) = \frac{-2e^{-y}(1 + \xi^2)\sin \xi y}{1 + (2e^{-y}(\sin \xi y + \xi \cos \xi y) - \xi)^2}. \quad (5)$$

На рис. 3 показані залежності зміни частоти у разі симетричних стрибків частоти та розладів $\xi = 1$ і $\xi = 1,5$.

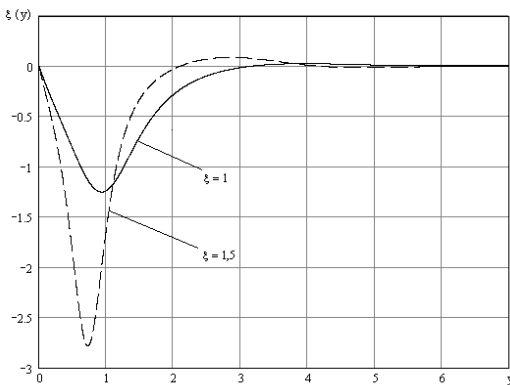


Рис. 3. Графіки зміни частоти для різних значень параметра розладу

Після завершення перехідних процесів частота відгуку буде дорівнювати частоті зовнішньої ЕРС, але в момент включення та у перехідний період часу вона може істотно відрізнитися від стаціонарної.

Як бачимо, відмінність частоти від стаціонарного значення необхідно враховувати в межах $0 < t < 3\tau_e$, де τ_e — стала часу кола, при цьому

$y = \frac{t}{\tau_e}$. За графіками можна оцінити динамічну похибку у визначенні частоти. Так для $t = 2\tau_e$ похибка складає близько 20 %.

На рис. 4 показані залежності зміни амплітуди у разі симетричних стрибків частоти та розладів $\xi = 1$, $\xi = 1,5$ та $\xi = 2$.

Амплітуда після закінчення перехідного процесу дорівнює початковому значенню, що залежить від розладу.

Закон зміни фази визначається виразом:

$$\psi(y) = \arctg [2e^{-y}(\sin \xi y + \xi \cos \xi y) - \xi]. \quad (6)$$

Після завершення перехідного процесу початкове значення фази змінюється на протилежне.

Розходження між резонансною частотою контура та частотою сигналу призводить до немонотонної зміни у часі не лише обвідної сигналу, але й миттєвої частоти та фази.

Стрибокподібна зміна частоти вхідного сигналу з постійною амплітудою супроводжується зміною в часі фізичної обвідної, повної фази та миттєвої частоти вихідного сигналу.

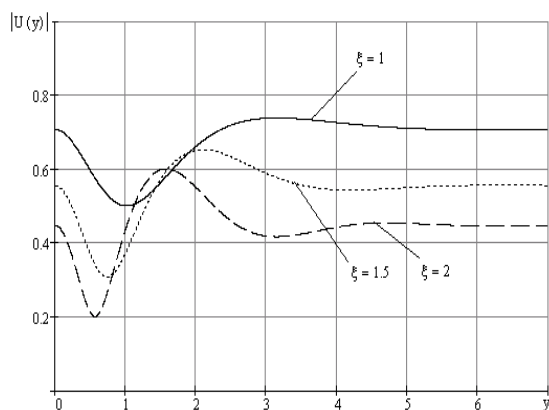


Рис. 4. Графіки зміни амплітуди для різних значень параметра розладу

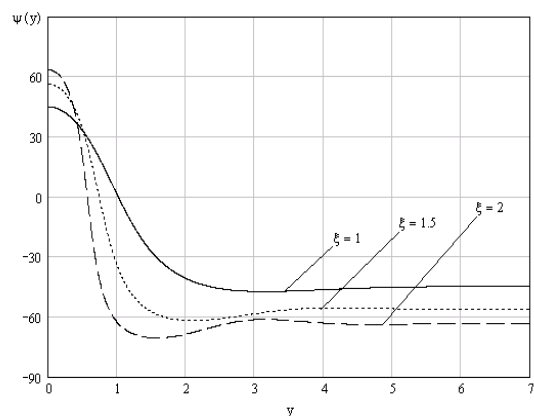


Рис. 5. Графіки зміни фази для різних значень параметра розладу

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Филипский Ю. К. К вопросу о динамическом коэффициенте передачи // Радиотехника. — 1976. — Т. 31. — № 5. — С. 18—22.

Матеріали статті рекомендовані до опублікування оргкомітетом конференції «Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування» (2—5. 07.05)

Надійшла до редакції 11.07.05
Рекомендована до друку 21.07.05

Філіпський Юрій Костянтинович — професор кафедри радіотехнічних пристроїв; **Клепикова Світлана Анатоліївна** — магістр.

Одеський національний політехнічний університет