

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 10.

ВИВЧЕННЯ СПЕКТРІВ ПЕРІОДИЧНОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ ПРЯМОКУТНИХ ВІДЕОІМПУЛЬСІВ

Мета роботи: вивчення спектрального складу періодичної послідовності імпульсів прямокутної форми при різних частотах повторення і різних тривалостях імпульсів.

КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Будь-яка інформація, що призначена для передачі на відстань електричними методами, попередньо перетворюється в електричний сигнал (напругу або струм), що змінюється з часом за законом інформації. Електричні сигнали є складні коливання, які можна подати у вигляді суми простих гармонічних коливань.

Сукупність гармонічних коливань, що утворюють у сумі складний сигнал, називається спектром цього сигналу, а самі коливання спектральними або гармонічними складовими сигналу. Особливо просто спектральний метод застосовується у випадку періодичних сигналів.

Періодичну функцію $U(t)$ з періодом T можна подати рядом Фур'є, що утримує тригонометричні функції кратних аргументів:

$$U(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n\Omega_1 t + b_n \sin n\Omega_1 t) \quad (1)$$

або

$$U(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cos(n\Omega_1 t + \varphi_n) \quad (2)$$

де $\Omega_1 = 2\pi/T = 2\pi F_1$, T – період сигналу $U(t)$,

$$\frac{a_0}{2} = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} U(t) dt, \quad (3)$$

$$\left. \begin{aligned} a_n &= \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} U(t) \cos n\Omega_1 t dt, \\ b_n &= \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} U(t) \sin n\Omega_1 t dt, \\ A_n &= \sqrt{a_n^2 + b_n^2}, \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

$$\varphi_n = \arctg b_n / a_n. \quad (5)$$

Ряд (2) описує періодичний сигнал $U(t)$ у вигляді суми постійної складової $a_0/2$ і гармонічних складових з амплітудами A_n і початковими фазами φ_n .

Сукупність амплітуд, фаз і частот гармонічних складових називають відповідно СПЕКТРОМ АМПЛІТУД, СПЕКТРОМ ФАЗ І СПЕКТРОМ ЧАСТОТ. Амплітудно-частотний і фазо-частотний спектри можна подати графічно.

Знайдемо спектр періодичної послідовності прямокутних відеоімпульсів з амплітудою U_0 , тривалістю t_u і частотою повторення F_1 (рис.1). Як впливає з рис.1.

$$U(t) = U_0, -t_u/2 \leq t \leq t_u/2; U(t) = 0, t < -t_u/2; t > t_u/2.$$

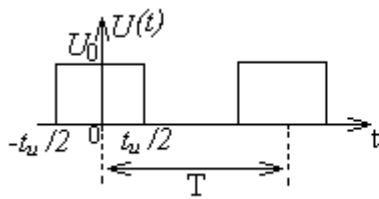


Рис.1

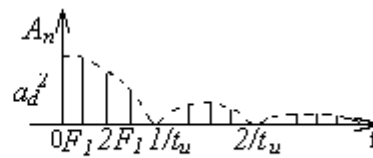


Рис.2

Згідно з (4) амплітуди гармонійних складових (рис.2)

$$A_n = \frac{2U_0}{n\pi} \left| \sin \frac{n\Omega_1 t_u}{2} \right|. \quad (6)$$

З рис.2 видно, що амплітуди спектральних складових із зростанням частоти зменшуються. Частоти гармонік кратні частоті повторення імпульсів: $f_n = nF_1$, де $n = 1, 2, \dots$, а тому із зміною частоти повторення імпульсів змінюються частоти гармонік. Амплітуда гармоніки, що відповідає частоті $nF_1 = 1/t_u$, дорівнює нулю і називається першим нулем спектра імпульсу, $nF_1 = 2/t_u$ – другим нулем спектра імпульсу і т. д.

Збільшення періоду повторення імпульсів супроводжується ущільненням частотного спектра і зменшенням амплітуд гармонічних складових. Якщо $T \rightarrow \infty$ маємо справу з поодиноким імпульсом і отримуємо замість лінійчатого – суцільний спектр. У цьому випадку спектральна функція виражає густину розподілу амплітуд за спектром. Таким чином, для неперіодичних сигналів спектр складається із складових, що мають усі можливі частоти від нуля до нескінченності. У цьому випадку характеристикою сигналу є спектральна густина (пряме перетворення Фур'є):

$$S(\omega) \stackrel{\text{def}}{=} \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} U(t) e^{-j\omega t} dt. \quad (7)$$

Поняття спектральної густини можна розповсюдити і на періодичні сигнали. У випадку періодичної послідовності прямокутних імпульсів (рис.3)

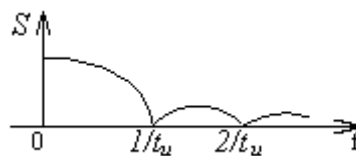


Рис.3

$$S(\omega) \stackrel{\text{def}}{=} \frac{U_0}{\pi\omega} \left| \sin \frac{t_u}{2} \omega \right|; \quad (8)$$

$$S_0 = \frac{U_0 t_u}{2\pi}. \quad (9)$$

Складні електричні сигнали мають необмежений широкий спектр частот. Проте амплітуди і енергія гармонічних складових розподілені за частотою нерівномірно. Активна ширина спектра визначається як діапазон частот, у межах якого зосереджено 90% усієї енергії. Ширина спектра прямокутних відеоімпульсів з (8) і (9): $U_0 / \pi\omega = 0,1, U_0 t_u / 2\pi$.

Покладемо $\omega = 2\pi\Delta F$, отримаємо

$$\Delta F = 3,18 / t_u. \quad (10)$$

З (10) видно, що ширина спектра тим більша, чим менша тривалість імпульсу. З порівняння рис.2 і рис.3 видно, що модуль спектральної густини поодинокого імпульсу і обидва лінійчатого

спектра періодичної послідовності прямокутних імпульсів, співпадають за формою і відрізняються тільки за масштабом.

Контрольні запитання

1. Які властивості мають спектри періодичних сигналів?
2. Як впливає період повторення і тривалість імпульсу на спектр періодичної послідовності прямокутних імпульсів?
3. Як зміниться спектр періодичного сигналу, якщо період повторення спрямувати до нескінченності?
4. Який зв'язок існує між суцільним спектром неперіодичного сигналу і лінійчатим спектром відповідного періодичного сигналу?
5. Як зв'язані між собою тривалість імпульсу та ширина спектра?

Домашнє завдання

1. Вивчити теоретичні відомості по гармонічному аналізу періодичної послідовності прямокутних імпульсів.
2. Дати відповіді на контрольні запитання у письмовій формі.
3. Розрахувати і побудувати амплітудно-частотний спектр періодичної послідовності прямокутних імпульсів для випадків, що приведені в таблиці варіантів завдань (А і В).

№ варіантів		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
А	t_u , мкс	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5
	F_1 , імпл/с	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
В	t_u , мкс	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
	F_1 , імпл/с	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650

Лабораторне завдання

1. Вивчити принцип дії аналізатора спектра С4-25, ознайомитись з його технічними характеристиками і призначеннями ручок керування.
2. Підготувати аналізатор роботи, здійснивши необхідні регулювання згідно з інструкцією до приладу. Увімкнути аналізатор для прогріву (30 хвилин).
3. Ознайомитись з технічними характеристиками і призначеннями ручок керування генератора прямокутних імпульсів Г5-54. Увімкнути генератор для прогріву.
4. Встановити на виході генератора імпульсу, що відповідають домашньому завданню випадку "А". Добитися чіткого зображення амплітудно-частотного спектра на екрані аналізатора.
5. Визначити експериментально амплітудно-частотний спектр періодичної послідовності імпульсів. З цією метою: а) виміряти частоти спектральних складових; б) виміряти частоти, що відповідають нулям спектра імпульсу; в) виміряти відношення напруг для декількох складових спектра.
6. Встановити на виході генератора параметри імпульсу, що відповідають домашньому завданню "В". Добитися чіткого зображення амплітудно-частотного спектра на екрані аналізатора.
7. Для випадку "В" повторити 5-й пункт завдання.
8. У звіті привести: а) розрахунки спектрів амплітуд періодичної послідовності прямокутних імпульсів для випадків "А" і "В"; б) таблиці експериментальних даних; в) розрахункові і експериментальні графіки амплітудно-частотних спектрів; експериментальні і розрахункові спектри для кожного випадку будуються на одному графіку; г) висновки і оцінки отриманих результатів.

Список літератури

1. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы. – М., Радио и связь, 1986. – 512
2. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. – М., Высш. шк., 1988. – 536 с.
3. Описание анализатора спектра С4-25.