

ПЛАН
проведення практичного заняття №3 з навчальної дисципліни
ТЕОРІЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИГНАЛІВ ТА КІЛ

Блок змістових модулів 1.1

Змістовий модуль 1.1.2. Електричні сигнали та їх характеристики

Цільова настанова: Набуття навичок визначення характеристик складних несинусоїдних сигналів

Навчальні питання і розподілення часу

Вступ: перевірка наявності особового складу. Оголошення теми і мети заняття ...	5хв
1. Спектральний аналіз неперіодичних сигналів	30хв
2. Аналіз сигналів модульованих коливань	25хв
3. Аналіз сигналів модульованих імпульсів	25хв
Закінчення та відповіді на запитання: підведення підсумків заняття, доведення завдання на самопідготовку	5хв

Матеріальне забезпечення заняття

1. Атабеков Г.И. Теоретические основы электротехники, Ч1. М – Л: издательство «Энергия», 1966.
2. Методична розробка.

Форми контролю засвоєння навчального матеріалу

1. Усне опитування.

Завдання і методичні рекомендації до самостійної роботи

1. Вивчення матеріалу тем 11 - 15.

МЕТОДИЧНА РОЗРОБКА

проведення практичного заняття №3 з навчальної дисципліни ТЕОРІЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИГНАЛІВ ТА КІЛ

Блок змістових модулів 1.1

Змістовий модуль 1.1.2. Електричні сигнали та їх характеристики

Цільова настанова: Набуття навичок визначення характеристик складних несинусоїдних сигналів

Навчальні питання і розподілення часу

Вступ: перевірка наявності особового складу. Оголошення теми і мети заняття ...	5хв
1. Спектральний аналіз неперіодичних сигналів	30хв
2. Аналіз сигналів модульованих коливань	25хв
3. Аналіз сигналів модульованих імпульсів	25хв
Закінчення та відповіді на запитання: підведення підсумків заняття, доведення завдання на самопідготовку	5хв

Матеріальне забезпечення заняття

1. Атабеков Г.И. Теоретические основы электротехники, Ч1. М – Л: издательство «Энергия», 1966.
2. Методична розробка.

ЗМІСТ ЗАНЯТТЯ ТА МЕТОДИКА ЙОГО ПРОВЕДЕННЯ

Вступ: перевірка наявності особового складу. Оголошення теми і мети заняття

1. Спектральний аналіз неперіодичних сигналів

Приклад 1

Визначити спектральну густину та побудувати АЧС та ФЧС поодинокого прямокутного імпульсу напруги (рис. 1.12), який являє собою таку математичну модель:

$$u(t) = \begin{cases} U_m, & -\frac{t_i}{2} < t < \frac{t_i}{2}; \\ 0, & -\frac{t_i}{2} \geq t \geq \frac{t_i}{2}. \end{cases} \quad (1.60)$$

Спектральну густину визначимо за формулою (1.57)

$$\begin{aligned} \underline{S}(\omega) &= j \int_{-\infty}^{+\infty} u(t) e^{-j\omega t} dt = j U_m \int_{-\frac{t_i}{2}}^{\frac{t_i}{2}} e^{-j\omega t} dt = \\ &= \frac{j U_m}{-j\omega} e^{-j\omega t} \Big|_{-\frac{t_i}{2}}^{\frac{t_i}{2}} = j \frac{2 U_m}{\omega} \cdot \frac{e^{j\omega \frac{t_i}{2}} - e^{-j\omega \frac{t_i}{2}}}{2j} = \\ &= j \frac{2 U_m}{\omega} \sin \omega \frac{t_i}{2}. \end{aligned} \quad (1.61)$$

Останній вираз для спектральної густини запишемо у вигляді

$$\underline{S}(\omega) = S(\omega)e^{j\psi_s(\omega)} = \frac{2U_m}{\omega} \sin \omega \frac{t_i}{2} e^{j\frac{\pi}{2}} \quad (1.62)$$

АЧС прямокутного імпульсу визначається модулем спектральної густини

$$S(\omega) = \frac{2U_m}{\omega} \left| \sin \omega \frac{t_i}{2} \right|$$

та змінюється безперервно, тобто є суцільним.

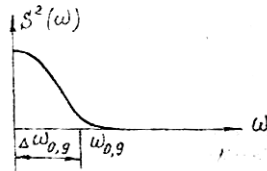


Рис. 1.11

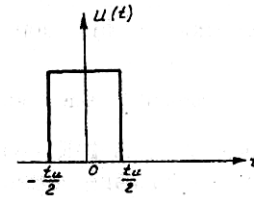


Рис. 1.12

Визначимо модуль спектральної густини для частоти $\omega = 0$

$$S(0) = \lim_{\omega \rightarrow 0} \left\{ U_m t_i \frac{\left| \sin \omega \frac{t_i}{2} \right|}{\omega \frac{t_i}{2}} \right\} = U_m t_i.$$

При значеннях фази $\omega \frac{t_i}{2}$, які дорівнюють

$$\omega \frac{t_i}{2} = \pi \cdot k \quad (k = 0, 1, 2, 3, \dots),$$

модуль спектральної функції дорівнює нулю, тобто при $\omega = \frac{2\pi}{t_i} k \quad S(\omega) = 0.$

Отже, АЧС прямокутного імпульсу має пелюстковий характер (рис. 1.13).

ФЧС прямокутного імпульсу визначається за формулою

$$\psi_s(\omega) = \pm \frac{\pi}{2}. \quad (1.63)$$

При цьому в межах першої та всіх непарних пелюсток фаза всіх гармонійних

складових однакова і буде дорівнювати $\psi_s = \frac{\pi}{2}$, оскільки $\sin \omega \frac{t_i}{2} > 0.$

У межах другої та всіх парних пелюсток фаза всіх гармонійних складових також

однакова і буде дорівнювати $\psi_s = -\frac{\pi}{2}$ або $\psi_s = \frac{3}{2}\pi$, оскільки $\sin \omega \frac{t_i}{2} < 0.$ Графік ФЧС має такий вигляд, як наведено на рис. 1.14.

За формою АЧС та ФЧС поодинокого імпульсу збігаються з аналогічними спектрами періодичної послідовності прямокутних імпульсів (рис. 1.6 та рис. 1.7). На відміну від останніх, спектри поодинокого імпульсу є суцільними, а не лінійчатиими.

2. Аналіз сигналів модульованих коливань

Приклад 2

Миттєві значення АМ-сигналу змінюються за законом

$$U_{AM} = 100\sin 6280t + 30\sin 8792t + 30\sin 3768t, \text{ В.}$$

Визначити параметри несучого та керуючого сигналів.

Розв'язання:

Згідно з формулою (1.70) математична модель однотонового АМ-сигналу має такий вигляд:

$$u_{AM}(t) = U_{mH} \sin(\omega_H t + \psi_H) + \frac{1}{2} MU_{mH} \sin[(\omega_H + \Omega)t + \psi_H] + \frac{1}{2} MU_{mH} \sin[(\omega_H - \Omega)t + \psi_H].$$

Порівнюючи ці дві формули, можна визначити, що

$$U_{mH} = 100 \text{ В. } \omega_H = 6280 \text{ 1/с, } f_H = 1000 \text{ Гц, } \psi_H = 0, \\ \frac{1}{2} MU_{mH} = 30, \omega_H + \Omega = 8792 \text{ 1/с, } \omega_H - \Omega = 3768 \text{ 1/с.}$$

Визначимо коефіцієнт амплітудної модуляції з формули

$$\frac{1}{2} MU_{mH} = 30 \\ M = \frac{2 \cdot 30}{100} = 0,6.$$

Визначимо частоту керуючого сигналу з формули

$$\omega_H + \Omega = 8792;$$

$$\Omega = 8792 - 6280 = 2512, \text{ 1/с; } F = 400, \text{ Гц.}$$

Згідно з формулою (1.69) для заданого АМ-сигналу можна записати

$$U_{AM}(t) = 100[1 + 0,6 \cos 2512t] \sin 6280t,$$

звідки при $k = 1$ впливає, що

$$u_H = 100 \sin 6280t, \text{ В}$$

$$e(t) = 60 \cos 2512t, \text{ В.}$$

3. Аналіз сигналів модульованих імпульсів

Приклад 3

Визначити, в яких межах змінюється реальна ширина спектра та скільки в ньому бічних складових гармонік при частотній та фазовій модуляції, якщо частота модулюючого сигналу змінюється в межах від 1500 Гц до 15 кГц.

Девіація частоти при частотній модуляції дорівнює 75 кГц, а індекс фазової модуляції дорівнює 10.

Розв'язання:

1. Визначимо індекс частотної модуляції для граничних частот модулюючого сигналу

$$m_{\omega 1} = \frac{\Delta\omega}{\Omega_1} = \frac{2\pi \cdot 75 \cdot 10^3}{2\pi \cdot 1,5 \cdot 10^3} = 50,$$

$$m_{\omega 2} = \frac{\Delta\omega}{\Omega_2} = \frac{2\pi \cdot 75 \cdot 10^3}{2\pi \cdot 15 \cdot 10^3} = 5.$$

2. Визначимо ширину спектра ЧМ-сигналу для граничних частот модулюючого сигналу

$$\Delta\omega_{\text{ЧМ1}} = \Delta\omega_{\text{ЧМ2}} = 2\Delta\omega = 2\pi \cdot 2 \cdot 75 \cdot 10^3 = 2\pi \cdot 150 \cdot 10^3, \text{ 1/с.}$$

3. Визначимо кількість бічних частот у ЧМ-сигналі для граничних частот модулюючого сигналу

$$n_{\text{Б1}} = \frac{\Delta\omega_{\text{ЧМ1}}}{\Omega_1} = \frac{2\pi \cdot 150 \cdot 10^3}{2\pi \cdot 1,5 \cdot 10^3} = 100,$$

$$n_{\text{Б2}} = \frac{\Delta\omega_{\text{ЧМ2}}}{\Omega_2} = \frac{2\pi \cdot 150 \cdot 10^3}{2\pi \cdot 15 \cdot 10^3} = 10.$$

4. Визначимо ширину спектра ФМ-сигналу для граничних частот модулюючого сигналу

$$\Delta\omega_{\text{ФМ1}} = 2\Omega_1 m_{\text{Ф}} = 2 \cdot 2\pi \cdot 1,5 \cdot 10^3 \cdot 10 = 2\pi \cdot 30 \cdot 10^3, \text{ 1/с.}$$

$$\Delta\omega_{\text{ФМ2}} = 2\Omega_2 m_{\text{Ф}} = 2 \cdot 2\pi \cdot 15 \cdot 10^3 \cdot 10 = 2\pi \cdot 300 \cdot 10^3, \text{ 1/с.}$$

5. Визначимо кількість бічних частот в ФМ-сигналі для граничних частот модулюючого сигналу

$$n_{\text{Б1}} = \frac{\Delta\omega_{\text{ФМ1}}}{\Omega_1} = \frac{2\pi \cdot 30 \cdot 10^3}{2\pi \cdot 1,5 \cdot 10^3} = 20,$$

$$n_{\text{Б2}} = \frac{\Delta\omega_{\text{ФМ2}}}{\Omega_2} = \frac{2\pi \cdot 300 \cdot 10^3}{2\pi \cdot 15 \cdot 10^3} = 20.$$

Контрольні запитання та задачі

1. У чому відмінність спектральної густини неперіодичного сигналу від спектральної функції періодичного сигналу?

2. Записати пряме та обернене перетворення Фур'є для співвідношень між спектральною густиною та аналітичним виразом неперіодичного сигналу.

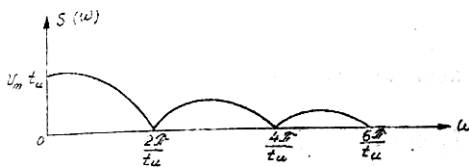


Рис. 1.13

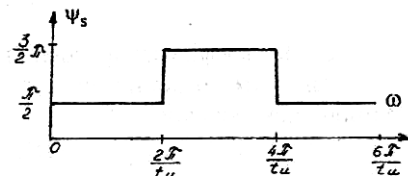


Рис. 1.14

3. Вивести вираз для спектральної густини прямокутного імпульсу, зсунутого відносно осі ординат на відрізок часу $t = t_i$. Побудувати АЧС та ФЧС для цього імпульсу.

1. Що називають модуляцією?

2. Що являють собою несучі коливання? Які види модуляції можна використати, якщо несучі коливання є гармонійними?

3. Що являє собою амплітудна модуляція? Записати вираз для АМ-коливань, якщо керуючий сигнал є гармонійним.

4. Що називають коефіцієнтом амплітудної модуляції?

5. Зобразити АЧС АМ-коливань у випадку, якщо модулюючий сигнал має три гармоніки.

6. Що являє собою частотна модуляція? Що називають девіацією частоти та індексом частотної модуляції?

7. Записати закон зміни ЧМ-сигналу при однотональній модуляції.

8. Що являє собою фазова модуляція? Що називають індексом фазової модуляції?

9. Записати закон зміни ФМ-сигналу при однотоноальній модуляції.

10. Як практично визначається ширина спектра АМ-, ЧМ-, ФМ-сигналів?

11. Знайти параметри ФМ-сигналу

$$u_{\text{ФМ}}(t) = 100\sin(2\pi \cdot 10^7 t + 4 \cos 4\pi \cdot 10^3 t - 45^\circ)$$

та закон зміни частоти $\omega(t)$, якщо коефіцієнт пропорційності дорівнює одиниці.

12. Записати закон зміни ЧМ-сигналу та закон зміни його частоти, якщо сигнал має такі параметри:

$$U_{\text{мн}} = 100 \text{ В}, \omega_{\text{н}} = 2\pi \cdot 10^8 \text{ 1/с}, \Omega = 2\pi \cdot 5 \cdot 10^3 \text{ 1/с}, \Delta\omega = 2\pi \cdot 75 \cdot 10^3 \text{ 1/с}, \psi_0 = 90^\circ.$$

1. Які види модуляції можуть бути використані, якщо несучий сигнал являє собою періодичну послідовність імпульсів?

2. Що являють собою сигнали з амплітудно-імпульсною модуляцією першого та другого роду (АІМ-I та АІМ-II)?

3. Як якісно впливає АІМ-II на спектр періодичної послідовності прямокутних імпульсів? Зобразити спектр такого сигналу.

4. Як якісно впливає АІМ-I на спектр періодичної послідовності прямокутних імпульсів?

5. Як якісно впливає частотна та фазова модуляції на спектр періодичної послідовності прямокутних імпульсів?

6. Періодична послідовність прямокутних імпульсів з періодом повторення $T = 10^{-4}$ с та тривалістю імпульсів $t_i = 10^{-6}$ с промодульована гармонійним сигналом з частотою $\Omega = 10^2 \text{ с}^{-1}$. Визначити реальну ширину спектра сигналу при амплітудній, частотній та фазовій модуляції.

5. Підведення підсумків заняття, відповіді на запитання, доведення завдання на самопідготовку

1. Вивчення матеріалу лекцій змістового модуля.

2. Вирішити завдання 1.9 – 1.11, контрольне завдання 1.5 (кожен свій варіант) згідно посібника [2].