

**ПЛАН**  
**практичного заняття №6 з навчальної дисципліни**  
**ТЕОРІЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИГНАЛІВ ТА КІЛ**

**Кредитний модуль 1**

**Блок змістових модулів 1.2.**

**Змістовий модуль 1.2.1. Лінійні чотириполюсники та лінійні фільтри**

**Навчальні та виховні цілі: Вивчення основних понять та співвідношень торії чотириполюсників**

***Навчальні питання і розподілення часу***

Вступ: перевірка наявності особового складу. Оголошення теми і мети заняття . 5хв

1. Т – схема заміщення чотириполюсника і зв'язок між її параметрами та коефіцієнтами A, B, C, D ..... 85хв

2. П – схема заміщення чотириполюсника і зв'язок між її параметрами та коефіцієнтами A, B, C, D..... 45хв

Контрольне завдання.....40хв

Закінчення та відповіді на запитання: підведення підсумків заняття, доведення завдання на самопідготовку ..... 5хв

***Навчально - матеріальне забезпечення***

- 1) План проведення заняття, методична розробка.
- 2) Дедактичні матеріали, мікрокалькулятори.

***Навчальна література***

1. Атабеков Г.И. Теоретические основы электротехники, Ч1. М – Л: издательство «Энергия», 1966.
2. Вдовенкова Л.И. и др. Теоретические основы электротехники. Учебно – методическое пособие. Харьков: ХВУ, 1994.

***Форми контролю засвоєння навчального матеріалу***

1. Опитування:
2. Контрольна летючка (кожному курсантові варіант завдання згідно списку в журналі

***Завдання і методичні рекомендації до самостійної роботи***

1. Вивчення матеріалу лекцій змістового модуля.
2. Вирішити завдання 11.6 – 11.7 згідно посібника [2].

**МЕТОДИЧНА РОЗРОБКА**  
**практичного заняття №6 з навчальної дисципліни**  
**ТЕОРІЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИГНАЛІВ ТА КІЛ**

**Кредитний модуль 1**

**Блок змістових модулів 1.2.**

**Змістовий модуль 1.2.1. Лінійні чотириполюсники та лінійні фільтри**

**Навчальні та виховні цілі:** Вивчення основних понять та співвідношень торії чотириполюсників

***Навчальні питання і розподілення часу***

Вступ: перевірка наявності особового складу. Оголошення теми і мети заняття . 5хв

1. T – схема заміщення чотириполюсника і зв'язок між її параметрами та коефіцієнтами A, B, C, D ..... 85хв
  2. П – схема заміщення чотириполюсника і зв'язок між її параметрами та коефіцієнтами A, B, C, D..... 85хв
- Закінчення та відповіді на запитання: підведення підсумків заняття, доведення завдання на самопідготовку ..... 5хв

***Навчально - матеріальне забезпечення***

- 1) План проведення заняття, методична розробка.
- 2) Дидактичні матеріали, мікрокалькулятори.

***Навчальна література***

1. Атабеков Г.И. Теоретические основы электротехники, Ч1. М – Л: издательство «Энергия», 1966.
2. Вдовенкова Л.И. и др. Теоретические основы электротехники. Учебно – методическое пособие. Харьков: ХВУ, 1994.

**ЗМІСТ ЗАНЯТТЯ ТА МЕТОДИКА ЙОГО ПРОВЕДЕННЯ**

**Після оголошення теми, мети та учбових питань заняття провести опитування**

**з питань:**

1. Що таке ЧП? Яке його функціональне призначення?
2. Що таке системні функції ЧП? Перелічить, якими вони бувають?
3. Зобразити схему прямого (зворотного) вмикання ЧП.
4. Записати систему рівнянь ЧП в A-параметрах ( в Z-параметрах).
5. Як визначити сталі параметри ЧП для системи в A-параметрах?

**1. T – схема заміщення чотириполюсника і зв'язок між її параметрами та коефіцієнтами A, B, C, D**

Як відомо, будь-який ЧП можна описати системою рівнянь. Ця система може бути записана в різних параметрах. Найчастіше використовуються такі:

– узагальнені або *a*-параметри, які пов'язують вихідні величини з вхідними

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = \underline{A}\dot{U}_2 + \underline{B}\dot{I}_2; \\ \dot{I}_1 = \underline{C}\dot{U}_2 + \underline{D}\dot{I}_2; \end{cases}$$

– **Z**-параметри, які пов'язують первинні та вторинні струми та напруги на вході та виході

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = \dot{z}_{11}\dot{I}_1 + \dot{z}_{12}\dot{I}_2; \\ \dot{U}_2 = \dot{z}_{21}\dot{I}_1 + \dot{z}_{22}\dot{I}_2; \end{cases}$$

– **y**-параметри, які пов'язують первинні та вторинні напруги зі струмами на вході та виході

$$\begin{cases} \dot{I}_1 = \dot{y}_{11}\dot{U}_1 + \dot{y}_{12}\dot{U}_2; \\ \dot{I}_2 = \dot{y}_{21}\dot{U}_1 + \dot{y}_{22}\dot{U}_2. \end{cases}$$

На основі рівнянь ЧП можуть бути побудовані різні схеми заміщення, які полегшують дослідження загальних властивостей кола, що розглядається. Як відомо, будь-який пасивний взаємний ЧП з заданими первинними та вторинними затискачами характеризується трьома незалежними параметрами (четвертий визначається з умови оборотності). Оскільки ЧП, який аналізується, та його схема заміщення мають бути описані однаковими системами рівнянь, кількість елементів в еквівалентній схемі повинна дорівнювати кількості незалежних параметрів ЧП. Отже, можна подати пасивний ЧП у вигляді триелементної еквівалентної схеми заміщення.

На практиці найчастіше використовуються П-подібні та Т-подібні схеми заміщення. Вибір схеми заміщення обумовлюється тільки можливістю спрощення подальшого аналізу кола. (Звертаємо увагу, що мова всюди йде про еквівалентну розрахункову схему заміщення. Але навіть в тому випадку, коли досліджуваний ЧП побудований за однією зі схем заміщення, конкретний вигляд його схеми не можна визначити ніякими досконалими вимірювальними пристроями)

Встановимо зв'язок між параметрами цих схем та сталими ЧП.

### ***T***-ПОДІБНА схема заміщення

Розглянемо схему рис. 1 та складемо для неї рівняння за методом контурних струмів:

$$\begin{cases} \underline{Z}_{11}\dot{I}_I + \underline{Z}_{12}\dot{I}_{II} = \dot{E}_I & ; \\ \underline{Z}_{21}\dot{I}_I + \underline{Z}_{22}\dot{I}_{II} = \dot{E}_{II} & . \end{cases}$$

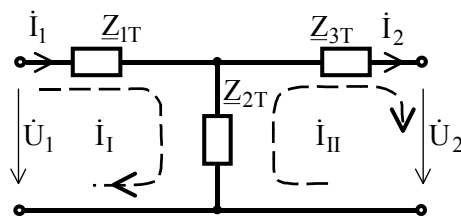


Рис. 1

При цьому позначено:

$\underline{Z}_{11} = \underline{Z}_{1T} + \underline{Z}_{2T}$  – власний опір першого контура;

$\underline{Z}_{22} = \underline{Z}_{2T} + \underline{Z}_{3T}$  – власний опір другого контура;

$\underline{Z}_{12} = \underline{Z}_{21} = -\underline{Z}_{2T}$  – взаємний опір;

$\dot{E}_I = \dot{U}_1$  – контурна ЕРС для першого контура;

$\dot{E}_H = \dot{U}_2$  – контурна ЕРС для другого контура;

$i_I = i_1, \quad i_H = i_2$  – контурні струми.

З урахуванням цих позначень система (2.4) приймає такий вигляд

$$\begin{cases} (\underline{Z}_{1T} + \underline{Z}_{2T})\dot{I}_1 - \underline{Z}_{2T}\dot{I}_2 = \dot{U}_1 \\ -\underline{Z}_{2T}\dot{I}_1 + (\underline{Z}_{2T} + \underline{Z}_{3T})\dot{I}_2 = -\dot{U}_2 \end{cases}$$

Або остаточно

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = (\underline{Z}_{1T} + \underline{Z}_{2T})\dot{I}_1 + (-\underline{Z}_{2T})\dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = \underline{Z}_{2T}\dot{I}_1 + (-\underline{Z}_{2T} - \underline{Z}_{3T})\dot{I}_2 \end{cases} \quad (2.5)$$

Порівнюючи рівняння ЧП в z-параметрах (2.2) з рівняннями (2.5), отримаємо значення z-параметрів через елементи T-подібної схеми заміщення.

$$\begin{aligned} z_{11} &= \underline{Z}_{1T} + \underline{Z}_{2T} ; \quad z_{12} = -\underline{Z}_{2T} ; \\ z_{21} &= \underline{Z}_{2T} ; \quad z_{22} = -\underline{Z}_{2T} - \underline{Z}_{3T} . \end{aligned} \quad (2.6)$$

З рівнянь (2.6) можна визначити й значення елементів T-подібної схеми заміщення через z-параметри ЧП

$$\begin{aligned} \underline{Z}_{1T} &= z_{11} + z_{12} ; \\ \underline{Z}_{2T} &= z_{21} = -z_{12} ; \\ \underline{Z}_{3T} &= z_{12} - z_{22} . \end{aligned} \quad (2.7)$$

Якщо для ЧП дані не z-параметри, а які-небудь інші, то в рівняннях (2.7) необхідно виразити z-параметри через дані параметри, використовуючи таблицю 2.1.

Таблиця 2.1

	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>A</b>
<b>Y</b>	$\begin{matrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{matrix}$	$\begin{matrix} \frac{Z_{22}}{ Z } & -\frac{Z_{12}}{ Z } \\ -\frac{Z_{21}}{ Z } & \frac{Z_{11}}{ Z } \end{matrix}$	$\begin{matrix} \frac{A_{22}}{A_{12}} & \frac{- A }{A_{12}} \\ \frac{1}{A_{12}} & \frac{-A_{11}}{A_{12}} \end{matrix}$
<b>Z</b>	$\begin{matrix} \frac{Y_{22}}{ Y } \\ -\frac{Y_{21}}{ Y } \\ -\frac{Y_{12}}{ Y } \\ \frac{Y_{11}}{ Y } \end{matrix}$	$\begin{matrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{matrix}$	$\begin{matrix} \frac{A_{11}}{A_{21}} & \frac{- A }{A_{21}} \\ \frac{1}{A_{21}} & \frac{-A_{22}}{A_{21}} \end{matrix}$
<b>A</b>	$\begin{matrix} -\frac{Y_{22}}{Y_{21}} & \frac{1}{Y_{21}} \\ -\frac{ Y }{Y} & \frac{Y_{11}}{Y_{21}} \end{matrix}$	$\begin{matrix} \frac{Z_{11}}{Z_{21}} & \frac{-Z}{Z_{21}} \\ \frac{1}{Z_{21}} & \frac{-Z_{22}}{Z_{21}} \end{matrix}$	$\begin{matrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{matrix}$

## 2. II – схема заміщення чотирьох полюсника і зв'язок між її параметрами та коефіцієнтами A, B, C, D

Розглянемо схему, зображену на рис. 2.2, та складемо для неї рівняння за першим законом Кірхгофа:

$$\begin{cases} \dot{I}_1 - \dot{Y}_{1\Pi} \dot{U}_1 - \dot{Y}_{2\Pi} (\dot{U}_1 - \dot{U}_2) = 0 & ; \\ -\dot{I}_2 + \dot{Y}_{2\Pi} (\dot{U}_1 - \dot{U}_2) - \dot{Y}_{3\Pi} \dot{U}_2 = 0. \end{cases}$$

Перетворивши ці рівняння, отримаємо:

$$\begin{cases} \dot{I}_1 = (\dot{Y}_{1\Pi} + \dot{Y}_{2\Pi}) \dot{U}_1 + (-\dot{Y}_{2\Pi}) \dot{U}_2 & ; \\ \dot{I}_2 = \dot{Y}_{2\Pi} \dot{U}_1 + (-\dot{Y}_{2\Pi} - \dot{Y}_{3\Pi}) \dot{U}_2. \end{cases} \quad (2.8)$$

Порівнявши вираз (2.8) з рівняннями (2.3) в  $y$ -параметрах ЧП, можна записати  $y$ -параметри через елементи еквівалентної П-подібної схеми заміщення:

$$\begin{aligned} \dot{y}_{11} &= \dot{Y}_{1\Pi} + \dot{Y}_{2\Pi}; & \dot{y}_{12} &= -\dot{Y}_{2\Pi}; \\ \dot{y}_{21} &= \dot{Y}_{2\Pi}; & \dot{y}_{22} &= -\dot{Y}_{2\Pi} - \dot{Y}_{3\Pi}. \end{aligned} \quad (2.9)$$

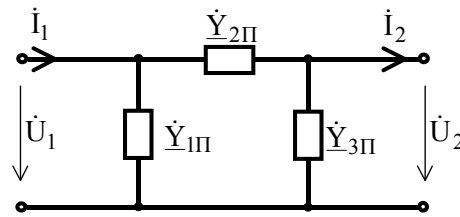


Рис. 2.2

З рівнянь (2.9) можна отримати значення провідностей еквівалентної П-подібної схеми заміщення, виражені через  $y$ -параметри.

$$\begin{aligned} \dot{Y}_{1\Pi} &= \dot{y}_{11} + \dot{y}_{12}; \\ \dot{Y}_{2\Pi} &= -\dot{y}_{12} = \dot{y}_{21}; \\ \dot{Y}_{3\Pi} &= \dot{y}_{12} - \dot{y}_{22}. \end{aligned} \quad (2.10)$$

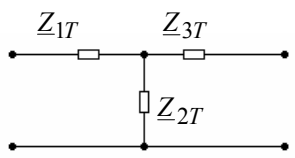
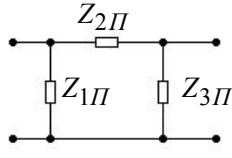
Величини опорів П-подібної схеми заміщення визначаються як величини, обернена провідностям. Тобто:

$$\begin{aligned} \underline{Z}_{1\Pi} &= \frac{1}{\dot{Y}_{1\Pi}} = \frac{1}{\dot{y}_{11} + \dot{y}_{12}}; \\ \underline{Z}_{2\Pi} &= \frac{1}{\dot{Y}_{2\Pi}} = -\frac{1}{\dot{y}_{12}} = \frac{1}{\dot{y}_{21}}; \\ \underline{Z}_{3\Pi} &= \frac{1}{\dot{Y}_{3\Pi}} = \frac{1}{\dot{y}_{12} - \dot{y}_{22}}. \end{aligned} \quad (2.11)$$

Якщо необхідно визначити параметри еквівалентної П-подібної схеми, а задані не  $y$ -параметри, а які-небудь інші, то найпростішим способом розрахунку є перехід від цих параметрів до  $y$ -параметрів за даними табл. 2.1 та подальше визначення елементів схеми за виразами (2.10) або (2.11).

У табл. 2.2 наведений взаємозв'язок між елементами схеми та  $z$ -,  $y$ -,  $a$ -параметрами.

Таблиця 2.2

Таблиця параметрів		
[z]	$\begin{bmatrix} \underline{Z}_{1T} - \underline{Z}_{2T} & -\underline{Z}_{2T} \\ \underline{Z}_{2T} & -\underline{Z}_{2T} - \underline{Z}_{3T} \end{bmatrix}$	$\frac{1}{\underline{Z}_{1П} + \underline{Z}_{2П} + \underline{Z}_{3П}} \times$ $\times \begin{bmatrix} \underline{Z}_{1П}(\underline{Z}_{2П} + \underline{Z}_{3П}) & -\underline{Z}_{1П}\underline{Z}_{3П} \\ \underline{Z}_{1П}\underline{Z}_{3П} & -\underline{Z}_{3П}(\underline{Z}_{1П} + \underline{Z}_{2П}) \end{bmatrix}$
[y]	$\frac{1}{\dot{Y}_{1T} + \dot{Y}_{2T} + \dot{Y}_{3T}} \times$ $\times \begin{bmatrix} \dot{Y}_{1T}(\dot{Y}_{2T} + \dot{Y}_{3T}) & -\dot{Y}_{1T}\dot{Y}_{3T} \\ \dot{Y}_{1T}\dot{Y}_{3T} & -\dot{Y}_{3T}(\dot{Y}_{1T} + \dot{Y}_{2T}) \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} \dot{Y}_{1П} + \dot{Y}_{2П} & -\dot{Y}_{2П} \\ \dot{Y}_{2П} & -\dot{Y}_{2П} - \dot{Y}_{3П} \end{bmatrix}$
[a]	$\begin{bmatrix} 1 + \underline{Z}_{1T}\dot{Y}_{2T} & \underline{Z}_{1T} + \underline{Z}_{3T} + \underline{Z}_{1T}\underline{Z}_{3T}\dot{Y}_{2T} \\ \dot{Y}_{2T} & 1 + \underline{Z}_{3T}\dot{Y}_{2T} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 + \underline{Z}_{2П}\dot{Y}_{3П} & \underline{Z}_{2П} \\ \dot{Y}_{1П} + \dot{Y}_{3П} + \dot{Y}_{1П}\dot{Y}_{3П}\underline{Z}_{2П} & 1 + \underline{Z}_{2П}\dot{Y}_{1П} \end{bmatrix}$

### Завдання 11.6

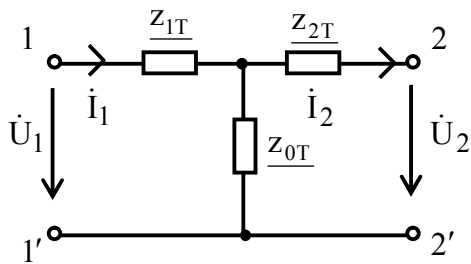


Рис.11.5.а

Відомі сталі чотириполосника (рис.11.5.а):  $\underline{A} = 0,9$ ;  $\underline{B} = j190\text{Ом}$ ;  $\underline{C} = j0,001\text{См}$ ;  $\underline{D} = 0,9$ . Визначити комплексні опори  $\underline{Z}_0, \underline{Z}_1, \underline{Z}_2$  Т-подібної схеми заміщення чотириполосника, зобразити електричну схему чотириполосника.

$$\underline{Z}_{1T} = \frac{\underline{A}-1}{\underline{C}} = \frac{0,9-1}{j0,001} = j100\text{Ом};$$

$$\underline{Z}_{2T} = \frac{\underline{D}-1}{\underline{C}} = \frac{0,9-1}{j0,001} = j100\text{Ом};$$

$$\underline{Z}_{0T} = \frac{1}{\underline{C}} = \frac{1}{j0,001} = -j1000\text{Ом}.$$

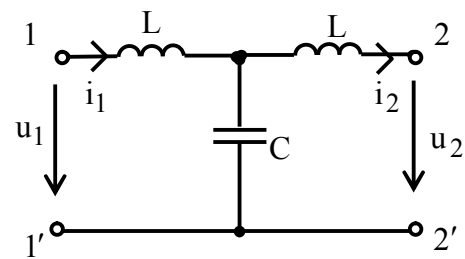


Рис.11.5.а

### Розв'язання.

### Завдання 11.7

Застосовуючи умови завдання 11.6, визначити  $\dot{U}_1$  та  $\dot{I}_1$ , якщо  $\dot{U}_2 = 100e^{j90^\circ}$  В,  $\dot{I}_2 = 1$  А (рис.11.6)

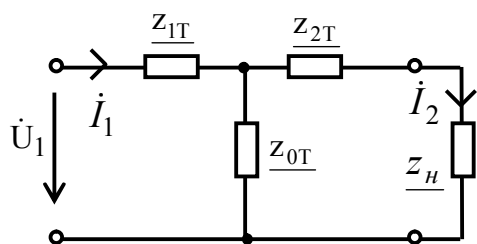


Рис.11.6

### Розв'язання.

$$\dot{U}_2 = 100e^{j90^\circ} \Rightarrow \dot{U}_2 = j100\text{В};$$

$$\underline{A} = 0,9; \underline{B} = j190\text{Ом}; \underline{C} = j0,001\text{См}; \underline{D} = 0,9.$$

$$\dot{U}_1 = \underline{A}\dot{U}_2 + \underline{B}\dot{I}_2;$$

$$\dot{I}_1 = \underline{C}\dot{U}_2 + \underline{D}\dot{I}_2$$

$$\dot{U}_1 = 0,9 \cdot j100 + j190 \cdot 1 = 0,9 \cdot j100 + j190 = j280,$$

$$\dot{I}_1 = j0,01 \cdot j100 + 0,9 \cdot 1 = 0,8.$$

$$\text{Відповідь: } \dot{U}_1 = j280 \text{ В; } \dot{I}_1 = 0,8 \text{ А.}$$

### Контрольне завдання

Варіант	Задані величини	Необхідно визначити
1	$\underline{A} = 7 - j7$ ; $\underline{B} = (10 - j48)$ , Ом $\underline{C} = -j2$ , 1/Ом; $\underline{D} = -9 - j8$	$\underline{Z}_{1T}$ , $\underline{Z}_{2T}$ , $\underline{Z}_{3T}$
2	$\underline{Z}_{1T} = 100$ Ом; $\underline{Z}_{2T} = j200$ Ом; $\underline{Z}_{3T} = -j100$ Ом	$\underline{A}$ , $\underline{B}$ , $\underline{C}$ , $\underline{D}$
3	$\underline{A} = \underline{D} = -j3$ ; $\underline{B} = -j100$ Ом; $\underline{C} = j1,0$ ;	$\underline{Z}_{1T}$ , $\underline{Z}_{2T}$ , $\underline{Z}_{3T}$
4	$\underline{Z}_T = (2 + j3)$ Ом, $\underline{Z}_{2T} = j0,5$ Ом $\underline{Z}_{3T} = 4 - j5$ Ом	$\underline{A}$ , $\underline{B}$ , $\underline{C}$ , $\underline{D}$
5	$\underline{A} = 2 + j2$ ; $\underline{B} = 10$ Ом; $\underline{C} = 0,1$ См; $\underline{D} = 0,5 - j0,5$	$\underline{Z}_{1T}$ , $\underline{Z}_{2T}$ , $\underline{Z}_{3T}$
6	$\underline{A} = 9$ ; $\underline{B} = j1900$ Ом; $\underline{C} = 0.0001$ См; $\underline{D} = 9$	$\underline{Z}_{1T}$ , $\underline{Z}_{2T}$ , $\underline{Z}_{3T}$
7	$\underline{A} = 10 + j10$ ; $\underline{B} = 100$ Ом; $\underline{C} = 0,01$ См; $\underline{D} = 10 - j10$	$\underline{Z}_{1T}$ , $\underline{Z}_{2T}$ , $\underline{Z}_{3T}$
8	$\underline{A} = 2 + j10$ ; $\underline{B} = 200$ Ом; $\underline{C} = 2 \text{ } \hat{\text{N}}\hat{\text{i}}$ ; $\underline{D} = 2 + j10$	$\underline{Z}_{1\Pi}$ , $\underline{Z}_{2\Pi}$ , $\underline{Z}_{3\Pi}$
9	$\underline{A} = 9$ ; $\underline{B} = j1900 \hat{\text{i}}$ ; $\underline{C} = 0.0001 \hat{\text{N}}\hat{\text{i}}$ ; $\underline{D} = 9$	$\underline{Z}_{1T}$ , $\underline{Z}_{2T}$ , $\underline{Z}_{3T}$
10	$\underline{A} = 1 - j0,5$ ; $\underline{B} = 50 - j100 \hat{\text{i}}$ ; $\underline{C} = 0.005 \hat{\text{N}}\hat{\text{i}}$ ; $\underline{D} = 0,5$	$\underline{Z}_{1T}$ , $\underline{Z}_{2T}$ , $\underline{Z}_{3T}$

### Підведення підсумків заняття, постановка завдань на самостійну підготовку.

Необхідно дати оцінку участі у проведенні практичного заняття та рівня засвоєння навчального матеріалу кожним курсантом, вказати на типові помилки, які мали місце в ході вирішення задач, а також вказати рекомендації по вивченню та вдосконаленню навичок застосування навчального матеріалу.

**Завдання на самостійну підготовку:** 1. Вивчення матеріалу лекцій змістового модуля.

2. Вирішити завдання 11.10 – 11.11 згідно посібника [2].

3. Підготуватися до лабораторного заняття.