

ПЛАН
практичного заняття №5 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..... 85хв
Закінчення та відповіді на запитання: підведення підсумків заняття, доведення завдання на самопідготовку 5хв

Навчально - матеріальне забезпечення

- 1) План проведення заняття, методична розробка.
- 2) Дідактичні 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 з використанням посібника [2]).

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 №5 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. Π – 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 вимірними пристроями)

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

2. П – схема заміщення чотирьохполюсника 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:

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

Перетворивши ці рівняння, отримаємо:

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

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

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

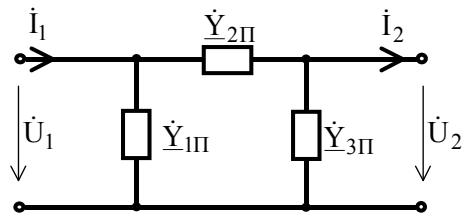


Рис. 2.2

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

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

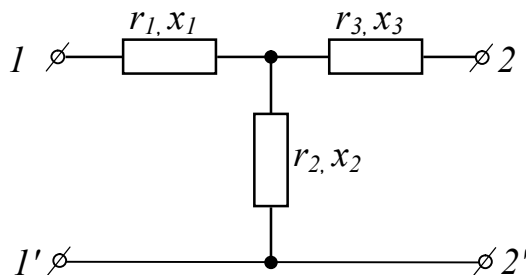
Величини опорів П-подібної схеми заміщення визначаються як величини, обернена провідностям. Тобто:

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

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.

Задача 10.1. Визначити коефіцієнти A та Z Т-подібного чотириполюсника (рис. 1), якщо $r_1 = 30$ Ом, $x_1 = 40$ Ом, $r_2 = 10$ Ом, $x_1 = -30$ Ом, $r_3 = 40$ Ом, $x_3 = 60$ Ом.



Р і ш е н н я

Розрахунок коефіцієнтів A проведемо по формулам

$$\left. \begin{aligned}|A| &= 1 + \frac{Z_{1T}}{Z_{2T}}; \\ |B| &= Z_{1T} + Z_{3T} + \frac{Z_{1T} + Z_{3T}}{Z_{2T}};\end{aligned}\right\}\tag{1}$$

$$|C| = \frac{1}{Z_{2T}};$$

$$|D| = 1 + \frac{Z_{3T}}{Z_{2T}},$$

де $Z_{1T} = (30 - j40) \text{ Ом}$; $Z_{2T} = (10 - j30) \text{ Ом}$; $Z_{3T} = (40 + j60) \text{ Ом}$;

$$|A| = 1 + \frac{Z_{1T}}{Z_{2T}} = 1 + \frac{30 + j40}{10 - j30} = 0,1 + j1,3 = 1,30e^{j85^{\circ}36'};$$

$$B = 107e^{j114^{\circ}10'} \text{ Ом}, \quad C = 0,0316 e^{j71^{\circ}34'} \text{ Ом}^{-1}; \quad D = 1,84e^{j102^{\circ}32'}.$$

Результати розрахунків визначаються по формулі

$$|A| = AD - BC = 1; \quad (2)$$

$$AD - BC = 1,30e^{j85^{\circ}36'} \cdot 1,84e^{j102^{\circ}32'} - 107e^{j114^{\circ}10'} \cdot 0,0316e^{j71^{\circ}34'} = 1.$$

Коефіцієнт Z розраховуємо по формулам

$$Z_{11} = \frac{A}{C} = \frac{1,30e^{j85^{\circ}36'}}{0,0316e^{j71^{\circ}34'}} = 41,3e^{j14^{\circ}2'} \text{ Ом};$$

$$Z_{12} = -\frac{1}{C} = 31,6e^{j108^{\circ}26'} \text{ Ом}, \quad Z_{12} = -Z_{21};$$

$$Z_{22} = -\frac{D}{C} = 58,3e^{j149^{\circ}2'} \text{ Ом}.$$

Задача 10.5. Знайти комплексний опір T ті Π - подібних схем, які еквівалентні чотирьохполоснику, коефіцієнти якого

$$A = 0,6 + j0,1; \quad B = (17 + j72) \text{ Ом}; \quad D = 0,5 + j0,2.$$

Р і ш е н н я

Використовуючи формулу (2) розраховуємо коефіцієнт

$$|A| = AD - BC = 1;$$

$$C = \frac{AD - 1}{B} = \frac{(0,6 + j0,1) \cdot (0,5 + j0,2) - 1}{17 + j72} = j0,01 \text{ Ом}^{-1}.$$

Опір T -подібного чотирьохполосника знаходимо по формулам, які легко отримати з (1):

$$Z_{1T} = \frac{A - 1}{C} = \frac{0,6 + j0,1 - 1}{j0,01} = (10 + j40) \text{ Ом};$$

$$Z_{2T} = \frac{1}{C} = -j100 \text{ Ом}; \quad Z_{3T} = \frac{D - 1}{C} = (20 + j50) \text{ Ом}.$$

Опір Π - подібного чотирьохполосника знаходимо по формулам (3):

$$\left. \begin{aligned} |A| &= 1 + \frac{Z_{1\Pi}}{Z_{2\Pi}}; \\ |B| &= Z_{1\Pi}; \end{aligned} \right\}$$

$$|C| = \frac{1}{Z_{2\Pi}} + \frac{1}{Z_{3\Pi}} + \frac{Z_{1\Pi}}{Z_{2\Pi}Z_{3\Pi}}; \quad (3)$$

$$|D| = 1 + \frac{Z_{1\Pi}}{Z_{2\Pi}},$$

$$Z_{1\Pi} = B = (17 + j72) \text{ Ом}; \quad Z_{2\Pi} = \frac{B}{D-1} = (20,3 - j136) \text{ Ом};$$

$$Z_{3\Pi} = \frac{B}{A-1} = (0,235 - j17,9) \text{ Ом}.$$

Задача 11.1

Визначити А-параметри Т-подібного чотириполюсника (рис.11.1.а), якщо $R = 100 \text{ Ом}$; $x_L = j200 \text{ Ом}$; $x_C = j200 \text{ Ом}$. Перевірити виконання співвідношення $\underline{AD} - \underline{BC} = 1$.

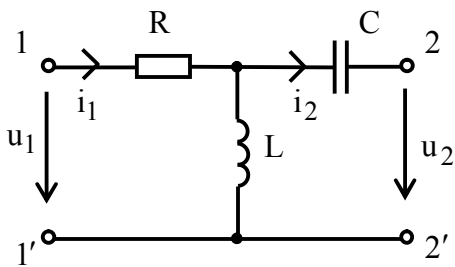


Рис.11.1.а

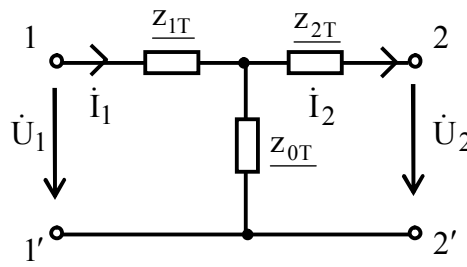


Рис.11.1.б

Розв'язання.

Складемо схему заміщення (рис.2) та визначимо A параметри Т-подібного ЧП

$$\underline{A} = 1 + \frac{Z_{1T}}{Z_{0T}} = 1 + \frac{100}{j200} = 1 + \left[(-j) \frac{100}{200} \right] = 1 - j0,5;$$

$$\underline{B} = Z_{1T} + Z_{2T} + \frac{Z_{1T} \cdot Z_{2T}}{Z_{0T}} = 100 + (-j100) + \frac{100 \cdot (-j100)}{j200} = 100 - j100 - 50 = 50 - j100 \text{ Ом};$$

$$\underline{C} = \frac{1}{Z_{0T}} = \frac{1}{j200} = -j \frac{1}{200} = -j0,005 \text{ См};$$

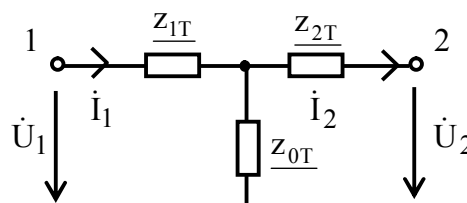
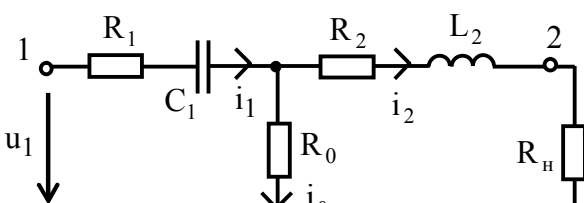
$$\underline{D} = 1 + \frac{Z_{2T}}{Z_{0T}} = 1 + \frac{-j100}{j200} = 1 - 0,5 = 0,5.$$

$$\underline{AD} - \underline{BC} = (1 - j0,5) \cdot 0,5 - [(50 - j100)(-j0,005)] = 0,5 - j0,25 - [-j0,25 - 0,5] = 0,5 - j0,25 + j0,25 + 0,5 = 1.$$

Відповідь: $\underline{A} = 1 - j0,5$; $\underline{B} = (50 - j100) \text{ Ом}$; $\underline{C} = -j0,005 \text{ См}$; $\underline{D} = 0,5$.

Задача 11.2

Визначити напругу \dot{U}_1 та струм \dot{I}_1 на первинних затискачах чотириполюсника рис.11.2.а. Відомі параметри елементів чотириполюсника: $R_1 = 20 \text{ Ом}$, $X_{C1} = 10 \text{ Ом}$, $R_2 = 20 \text{ Ом}$, $X_{L2} = 10 \text{ Ом}$, $R_0 = 10 \text{ Ом}$, $R_H = 100 \text{ Ом}$ і струм $I_2 = 1 \text{ А}$.



Розв'язання.

Складемо схему заміщення (рис.11.2.б) та визначимо \underline{A} параметри Т-подібного ЧП

$$\underline{Z}_{1T} = R_1 - jX_{C1} = 20 - j10 \text{ Ом}; \quad \underline{Z}_{2T} = R_2 + jX_{L2} = 20 + j10 \text{ Ом}; \quad \underline{Z}_{0T} = R_0 = 10 \text{ Ом};$$

$$\underline{A} = 1 + \frac{\underline{Z}_{1T}}{\underline{Z}_{0T}} = 1 + \frac{20 - j10}{10} = 1 + 2 - j = 3 - j;$$

$$\underline{B} = \underline{Z}_{1T} + \underline{Z}_{2T} + \frac{\underline{Z}_{1T} \cdot \underline{Z}_{2T}}{\underline{Z}_{0T}} = (20 - j10) + (20 + j10) + \frac{(20 - j10)(20 + j10)}{10} = 40 + 50 = 90 \text{ Ом};$$

$$\underline{C} = \frac{1}{\underline{Z}_{0T}} = \frac{1}{10} \text{ См}; \quad \underline{D} = 1 + \frac{\underline{Z}_{2T}}{\underline{Z}_{0T}} = 1 + \frac{20 + j10}{10} = 3 + j.$$

$$\underline{AD} - \underline{BC} = (3 - j) \cdot (3 + j) - 90 \cdot \frac{1}{10} = 9 - j^2 + j^2 + 1 - 9 = 1.$$

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

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

$$\dot{U}_2 = \dot{I}_2 \cdot R_H = 1 \cdot 100 = 100 \text{ В}.$$

$$\dot{U}_1 = (3 - j) \cdot 100 + 90 \cdot 1 = (390 - j100) \text{ В};$$

$$\dot{I}_1 = 0,1 \cdot 100 + [(3 + j) \cdot 1] = (13 + j) \text{ А}.$$

Відповідь: $\dot{U}_1 = (390 - j100) \text{ В}; \quad \dot{I}_1 = (13 + j) \text{ А}.$

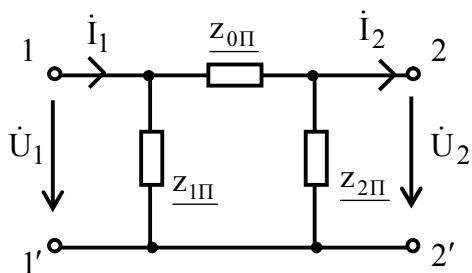


Рис.11.3.а

Задача 11.3

Відомі сталі чотириполусника (рис.11.3.а): $\underline{A} = 1 + j$; $\underline{B} = 10 \text{ Ом}; \quad \underline{C} = 0,1 \text{ См}; \quad \underline{D} = 1 - j$. Визначити комплексні опори $\underline{Z}_0, \underline{Z}_1, \underline{Z}_2$ Π - подібної схеми заміщення чотириполусника. Використовуючи результати розрахунку, зобразити електричну схему чотириполусника.

Розв'язання.

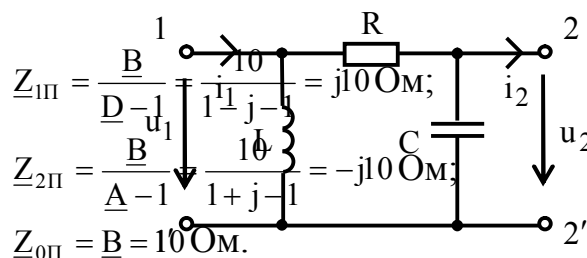


Рис.11.3.б

Відповідь: $\underline{Z}_{1Π} = j10 \text{ Ом}; \quad \underline{Z}_{2Π} = -j10 \text{ Ом}; \quad \underline{Z}_{0Π} = 10 \text{ Ом}.$

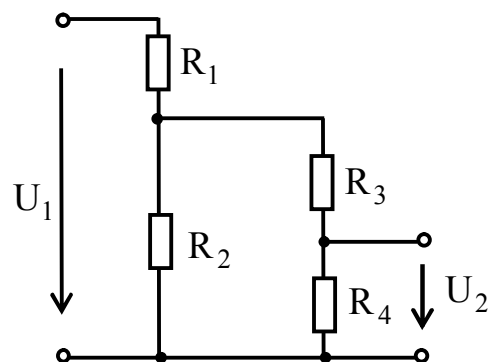


Рис.11.4.а

Задача 11.4

Визначити сталі чотириполюсника, який являє собою ділянку напруги (рис 11.4.а).
 Дано: $R_1 = 1000 \text{ Ом}$, $R_2 = 500 \text{ Ом}$, $R_3 = 100 \text{ Ом}$, $R_4 = 100 \text{ Ом}$.

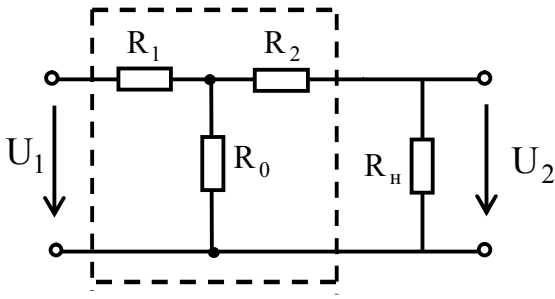


Рис.11.4.б

Розв'язання.

$$A = 1 + \frac{Z_{1Г}}{Z_{0Г}} = 1 + \frac{1000}{500} = 1 + 2 = 3;$$

$$B = Z_{1Г} + Z_{2Г} + \frac{Z_{1Г} \cdot Z_{2Г}}{Z_{0Г}} = 1000 + 100 + \frac{1000 \cdot 100}{500} = 1800 \text{ Ом};$$

$$C = \frac{1}{Z_{0Г}} = \frac{1}{500} = 0,002 \text{ См};$$

$$D = 1 + \frac{Z_{2Г}}{Z_{0Г}} = 1 + \frac{100}{500} = 1,2.$$

Відповідь: $A = 3$; $B = 1800 \text{ Ом}$; $C = 0,002 \text{ См}$; $D = 1,2$.

Задача 11.5

Використовуючи умови завдання 11.4, визначити U та I , якщо струм $I_2 = 1 \text{ А}$.

Розв'язання.

$$U_2 = I_2 R_н = I_2 R_4 = 1 \cdot 100 = 100 \text{ В};$$

$$U_1 = A U_2 + B I_2 = 3 \cdot 100 + 1800 \cdot 1 = 2100 \text{ В};$$

$$I_1 = C U_2 + D I_2 = 0,002 \cdot 100 + 1,2 \cdot 1 = 1,4 \text{ А}.$$

Відповідь: $I_1 = 1,4 \text{ А}$; $U_1 = 2100 \text{ В}$.

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 11.6 – 11.7 згідно посібника [2].