

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА ТЕ11

Дослідження трансформатора як пасивного чотирьохполюсника

11.1. Мета роботи

Метою роботи є вивчення методології обчислення схеми заміщення трансформатора як пасивного чотирьохполюсника на основі h - та Z -параметрів. Результатом засвоєння роботи повинно бути вміння створювати математичні моделі чотирьохполюсників на основі експериментальних досліджень та використовувати їх для розрахунку електричних кіл.

11.2. Основні теоретичні положення

При вивченні складних електричних кіл, якщо треба визначити струм або напругу лише на обмеженій ділянці схеми або встановити їх параметри в залежності від вхідного джерела треба всю електричну схему виділити по відношенню до навантаження і до джерела. Виділену частину схеми називають чотирьохполюсником. В реальних електричних схемах в вигляді чотирьохполюсника корисно представляти трансформатори, підсилювачі та ряд інших пристроїв.

Чотирьохполюсники, як і двополюсники, можуть бути лінійними і нелінійними, активними і пасивними. Здебільшого ми будемо розглядати пасивні чотирьохполюсники. Клеми 1-2 до яких підключається джерело електричного сигналу, називаються вхідними, а клеми 3-4, що приєднуються до приймача – вихідними (Рис.11.1).

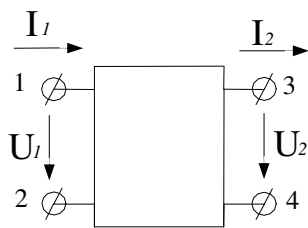


Рис. 11.1.

Чотирьохполюсники характеризуються такими параметрами, як комплексний коефіцієнт передачі по напрузі

$$K_u = \dot{U}_2 / \dot{U}_1,$$

і коефіцієнт передачі струму :

$$K_I = \dot{I}_2 / \dot{I}_1.$$

Задача аналізу чотирьохполюсника полягає в тому, щоб встановити взаємозв'язок між вхідними та вихідними параметрами. Для лінійного чотирьохполюсника такий взаємозв'язок встановлюється двома лінійними рівняннями, в задачах електроніки в якості незалежних змінних вибираються h -параметри, з використанням яких записуються рівняння, що зв'язують вхідні та вихідні параметри

$$\dot{U} = h_{11} \dot{I}_1 + h_{12} \dot{U}_2; \quad (11.1)$$

$$\dot{I}_2 = h_{21} \dot{I}_1 + h_{22} \dot{U}_2. \quad (11.2)$$

Приведені рівняння називаються рівняннями чотирьохполюсника в h -параметрах.

Комплексні h - параметри можуть бути визначені або аналітично або експериментально. При експериментальних дослідженнях використовується режим короткого замикання і холостого ходу. В першому випадку приймається $U_2 = 0$, що дає можливість визначити коефіцієнти

$$h_{11} = (\dot{U}_1 / \dot{I}_1) | \dot{U}_2=0 \quad I \quad h_{21} = (\dot{I}_2 / \dot{I}_1) | \dot{U}_2=0$$

Перший з них називається вхідним опором, а другий – коефіцієнтом передачі струму.

В режимі холостого ходу $\dot{I}_2 = 0$ і визначаються параметри :

$$h_{12} = (\dot{U}_1 / \dot{U}_2) | \dot{I}_2=0 \quad I \quad h_{22} = (\dot{I}_2 / \dot{U}_1) | \dot{I}_2=0$$

Перший з них є зворотнім до K_U який визначає рівень впливу вихідної чотириполюсника на вхідні параметри, а другий представляє вихідну провідність чотириполюсника.

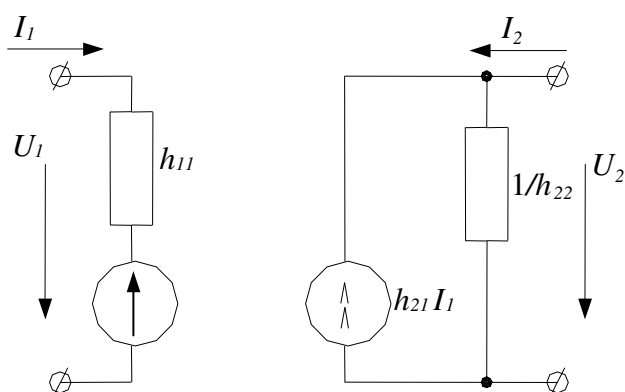


Рис. 11.2.

розглядається у вигляді залежного джерела струму – $h_{21} \cdot \dot{I}_1$, який зашунтований комплексним опором h_{22}^{-1} . Приведена схема заміщення може використовуватись для лінійних чотириполюсників.

На основі приведених рівнянь на рис.11.2 зображена схема заміщення чотириполюсника.

Відносно вхідних клем чотириполюсник зображується у вигляді послідовно з'єднаних комплексного опору h_{11} і залежного джерела напруги – $h_{12} \cdot \dot{U}_2$. Відносно вихідних клем чотириполюсника він

11.3. Використання віртуальної лабораторії EWB для виконання роботи

В роботі використовуються дослідження трансформатора з тими установочними параметрами, які використовувались в попередній роботі (TE10). Методологія проведення дослідів залишається теж без зміни – це використання режимів короткого замикання і холостого ходу.

11.4. Порядок виконання роботи

11.4.1.Провести досліди по визначенню h -параметрів в відповідності до системи рівнянь:

$$\begin{aligned} \dot{U}_1 &= h_{11} \dot{I}_1 + h_{12} \dot{U}_2; \\ \dot{I}_2 &= h_{21} \dot{I}_1 + h_{22} \dot{U}_2. \end{aligned}$$

- Дослід короткого замикання вторинної обмотки ($U_2=0$). Для проведення дослідів необхідно, щоб струм I_1 рівнявся значенню струму при номінальному навантаженні. Дослід дає можливість визначити параметр h_{11} .

- Дослід холостого ходу по входу трансформатора. Джерело живлення приєднується до вторинної обмотки. Напряга джерела повинна відповідати напрузі холостого ходу вторинної обмотки у відповідності до роботи ТЕ10. Струм первинної обмотки близький до нуля. Дослід дає можливість визначити параметр h_{12} .
- Повторити перший дослід, але різниця полягає в тому, що заміряється струм I_1 при номінальному значенні I_2 . Дослід дає можливість визначити параметр h_{21} .
- Повторити другий дослід, але заміряти струм вторинної обмотки. Дослід дає можливість обчислити параметр h_{22} .

11.4.2. Провести дослід по визначенню Z-параметрів, у відповідності до системи рівнянь:

$$U_1 = Z_{11}I_1 + Z_{12}I_2;$$

$$U_2 = Z_{21}I_1 + Z_{22}I_2.$$

- Дослід холостого ходу при розімкнутій вторинній обмотці ($I_2 = 0$) дозволяє обчислити параметр Z_{11} .
- Дослід короткого замикання при замкненій вторинній обмотці. Напряга живлення приєднується до первинної обмотки. Визначається при номінальному струмі вторинної обмотки. Дозволяє обчислити Z_{12} .
- Дослід, який повторяє другий дослід, але заміряються струм первинної обмотки й напруга вторинної. Дозволяє обчислити Z_{21} .
- Дослід, що повторює перший дослід. Заміряється струм I_2 і напруга U_2 . Дозволяє обчислити Z_{22} . До вторинної обмотки підводиться напруга, номінальна для даної обмотки.

11.5. Вимоги до звіту

11.5.1. Використовуючи проведені дослід по визначенню Z-параметрів чотирьохполюсника необхідно обчислити такі параметри:

- Опори холостого ходу і короткого замикання – Z_{1X} , Z_{2X} , Z_{1K} , Z_{2K} .
- Вхідні опори чотирьохполюсника по обох входах.
- Характеристичні параметри чотирьохполюсника – Z_{1C} , Z_{2C} , ch_g , sh_g .

11.5.2. Обчислити h- та Z- параметри зі схеми заміщення трансформатора.

11.5.3. Порівняти обчислені дані з експериментальними.

11.6. Питання до атестації

11.6.1. Пояснити, що таке чотирьохполюсник.

11.6.2. Для розробки яких задач вводиться поняття чотирьохполюсник?

11.6.3. Які типи чотирьохполюсників ви знаєте? Розкажіть про ці типи.

11.6.4. Пояснити, як визначаються h-параметри і Z-параметри.

11.6.5. Дати фізичну інтерпретацію кожному з h-параметрів.

11.6.6. Дати фізичну інтерпретацію характеристичним опорам.

11.6.7. Дати пояснення складовим затухання чотирьохполюсника.

11.7. Задачі

11.7.1. Визначити Z-параметри ідеального трансформатора з коефіцієнтом трансформації $K_{тр}=w_2/w_1=1$. Трансформатор працює в режимі холостого ходу.

11.7.2. Визначити Z-параметри ідеального трансформатора з коефіцієнтом трансформації $K=w_2/w_1=1$. Трансформатор працює на навантаження $R=1$ Ом.

11.7.3. При приєднанні первинної обмотки трансформатора w_1 до мережі з напругою 100В, з'явився струм $I=0,1$ А. $K_{тр}=1$, $R_H=\infty$. Визначити h-параметри і Z-параметри.

11.7.4. При приєднанні первинної обмотки трансформатора w_1 до мережі з напругою 100В, з'явився струм $I=0,1$ А. $K_{тр}=1$, $R_H=10$ Ом. Визначити h-параметри і Z-параметри.

11.7.5. Реальний трансформатор з потужністю $P=1$ кВт, $U_{1H}=100$ В, $K_{тр}=0,1$ має е.р.с. короткого замикання $E_{к.з.}$. Визначити h-параметри і Z-параметри.

11.7.6. Трансформатор з двома обмотками має схему заміщення, що приведена на рис.11.3. Параметри схеми: $R_1=0,1$ Ом, $R_2'=0,1$ Ом, $L_1=L_2'=10$ мкГн, $L_M=5$ Гн. Визначити h-параметри і Z-параметри.

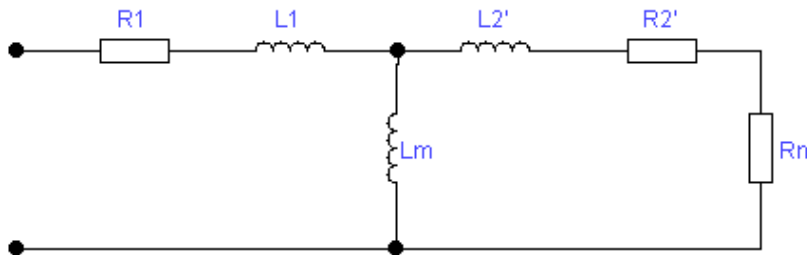


Рис. 11.3.

11.8. Додаток

Таблиця варіантів до схеми, приведеної на рис. 10.4.

Номер варіанту	$E_1, В$	$L_E, Гн$	$R, Ом$	$K_{тр}$	$L_M, Гн$	R_P	R_S
1	10	0,001	50	0,5	1	0,1	0,1
2	20	0,002	60	2	2	0,1	0,1
3	30	0,003	70	3	3	0,2	0,2
4	40	0,004	80	4	4	0,2	0,2
5	50	0,005	90	5	5	0,3	0,3
6	55	0,006	95	3	6	0,3	0,3
7	60	0,007	100	4	7	0,1	0,1
8	65	0,008	200	2	8	0,1	0,1
9	70	0,009	300	0,5	9	0,2	0,2
10	75	0,001	400	4	1,5	0,2	0,2
11	80	0,002	500	3	1,2	0,3	0,3
12	85	0,003	600	2	1,4	0,3	0,3
13	90	0,004	700	0,5	1,6	0,1	0,1
14	95	0,005	800	5	1,8	0,2	0,2
15	10	0,002	60	1,5	1	0,1	0,1