

**[Упражнение № 4] Изследване на линейни електрически вериги с индуктивни връзки**

**Теоретични положения:**

- 1) При какво условие две намотки са индуктивно свързани?
- 2) Какво представлява пълен магнитен поток? От какво зависи?
- 3) Какво представлява съгласувано свързване на две намотки?
- 4) Какво представлява несъгласувано свързване на две намотки?
- 5) По каква зависимост се определя еквивалентното комплексно съпротивление на две последователно съединени индуктивно свързани намотки? Опишете означенията.
- 6) По каква зависимост се определя еквивалентното комплексно съпротивление на две паралелно съединени индуктивно свързани намотки? Опишете означенията.
- 7) От какво зависи взаимната индуктивност при две намотки?

**Определяне на комплексните съпротивления на бобините и едноименните им изводи:**

В точка 3 от заданието се работи по Фиг. 1 на опитната постановка за определяне на комплексните съпротивления на бобините и едноименните им изводи чрез използването на цифров измерителен уред.

На Фиг. 2 и Фиг. 3 са показани схемите за свързване на двете намотки  $Z_1$  и  $Z_2$ , като са означени едноименните изводи. С точка по схемата до съответното съпротивление е означено началото на намотката. При последователно свързване, съгласувано (Фиг. 2.а)  $Z_{\text{посл.сѣгл.}}$  е това, при което са съединени началото на  $Z_1$  и края на  $Z_2$ , а несъгласувано (Фиг. 2.б)  $Z_{\text{посл.несѣгл.}}$  е съединението между края на  $Z_1$  и края на  $Z_2$ . При паралелно свързване, съгласувано (Фиг. 3.а)  $Z_{\text{пар.сѣгл.}}$  е това, при което са съединени началото на  $Z_1$  и началото на  $Z_2$ , а несъгласувано (Фиг. 3.б)  $Z_{\text{пар.несѣгл.}}$  е съединението между началото на  $Z_1$  и края на  $Z_2$ .

Използва се макет 1, който позволява линейно отместване на едната намотка спрямо другата. В изследванията по тази точка от протокола отместването трябва да бъде  $x = 0\text{cm}$ , т.е. пълно припокриване между двете намотки (една върху друга). Чрез автотрансформатора  $AT$  се подава захранващо напрежение към макета с такава стойност, че протичащият през веригата ток да бъде със стойност  $I = 0,9\text{A}$ . Само в случай на последователно съгласувано свързване  $Z_{\text{посл.сѣгл.}}$  на изследвания двуполусник се подава напрежение  $U = 110\text{V}$ . Преди всяка промяна в схемата на свързване или смяна на намотка трябва да се намали входното захранване до стойност  $I = 0\text{A}$  или  $U = 0\text{V}$ .

За извършване на измерванията се използва цифров ватметър, чрез който може да се отчетат и токът, и напрежението в електрическата верига. На таблото за управление на цифровия ватметър се избира  $WATT$  за отчитане на активната мощност  $P$ . Пълното съпротивление  $Z$

**[Упражнение № 4] Изследване на линейни електрически вериги с индуктивни връзки**

(1), фазовата разлика  $\varphi$  (2), активното съпротивление  $R$  (3), реактивното съпротивление  $X$  (4) и комплексното съпротивление  $Z$  (5) се изчисляват по зависимостите:

$$z = \frac{U}{I}, \Omega \quad (1)$$

$$\varphi = \arccos \frac{P}{UI}, \text{grad} \quad (2)$$

$$R = z \cos \varphi, \Omega \quad (3)$$

$$X = z \sin \varphi, \Omega \quad (4)$$

$$Z = ze^{j\varphi} = z \cos \varphi + jz \sin \varphi = R + jX, \Omega \quad (5)$$

**Определяне на зависимостта на коефициента на взаимна индукция от линейно и ъглово отместване:**

В точка 4 от заданието се работи по Фиг. 4 за схемата на свързване на опитната постановка за определяне на зависимостта на коефициента на взаимна индукция от линейно отместване  $M(x)$  - макет 1.

В точка 5 от заданието се работи по Фиг. 4 за схемата на свързване на опитната постановка за определяне на зависимостта на коефициента на взаимна индукция от ъглово отместване  $M(\alpha)$  - макет 2.

При показаните схеми за свързване на двете намотки  $Z_1$  и  $Z_2$  от макетите с точка са означени едноименните изводи- начало. Чрез автотрансформатора  $AT$  се подава захранващо напрежение към макета с такава стойност, че протичащият през веригата ток да бъде със стойност  $I_1 = 0,9A$  и честота  $f = 50Hz$ . Измерва се напрежението върху втората намотка на веригата  $U_2$ . Изчислява се коефициентът на взаимна индукция  $M$  (6) за различни стойности на отместване на двете намотки, една спрямо друга, по зависимостта:

$$M = \frac{U_2}{\omega I_1} \quad (6)$$

$$\omega = 2\pi f, \text{rad} / s \quad (7)$$

**[Упражнение № 4] Изследване на линейни електрически вериги с индуктивни връзки**

**Изчисляване на максималния коефициент на взаимна индукция  $M$  и на комплексното съпротивление  $Z_M$  (макет 1):**

В точка 6 от заданието се определя максималният коефициент на взаимна индукция  $M$  (8) и комплексното съпротивление  $Z_M$  (9) за макет 1 при последователно свързване по зависимостите:

$$M = \frac{X_{\text{посл.сбъл.}} - X_{\text{посл.несбъл.}}}{4\omega} \quad (8)$$

$$Z_M = j\omega M, \Omega \quad (9)$$

Също така се определя максималният коефициент на взаимна индукция  $M$  и комплексното съпротивление  $Z_M$  (9) за макет 1 при трансформаторно свързване. За стойността на коефициента на взаимната индукция се взема стойността от таблицата в точка 4  $M = M(0)$ .

**Определяне на активната мощност, предавана по индуктивен път (макет 1):**

В точка 7 от заданието се определя активната мощност, предавана по индуктивен път със схема на свързване на опитната постановка по Фиг. 5. Двете намотки  $Z_1$  и  $Z_2$  от макет 1 с точка са означени едноименните изводи- начало. Особеност при свързването на схемата е използването на стрелкови измервателни уреди, при които трябва да се съблюдава за началото (означено с точка) и края на напрежителните и токовете намотки на ватметрите. Обхватът по ток на първия ватметър  $W_1$  трябва да бъде  $I_{MAX} = 1A$ , а за втория ватметър  $W_2$  е  $I_{MAX} = 2A$ , за да може максималната му стойност да надвишава измерената от самостоятелния амперметър в съответния клон от веригата. Токовата намотка на ватметъра се свързва в клона в който самостоятелно участва амперметър.

Известни са данните за захранващото напрежение  $U = 50V$  и линейно отместване на намотките  $X = 0cm$ .

За опитното определяне на параметрите се измерват протичащите токове през двете бобини  $I_1$  и  $I_2$  и активните мощности  $P_{W1}$  и  $P_{W2}$  в съответните клонове. Изчисляват се загубите от ефекта Джаул-  $P_{R1}$  (10) и  $P_{R2}$  (11), и мощностите предавани по индуктивен път-  $P_{M12}$  (12) и  $P_{M21}$  (13). Нужните данни се взимат от таблицата в точка 3 на заданието.

$$P_{R1} = R_1 I_1^2, W \quad (10)$$

$$P_{R2} = R_2 I_2^2, W \quad (11)$$

**[Упражнение № 4] Изследване на линейни електрически вериги с индуктивни връзки**

$$P_{M12} = P_{W1} - P_{R1}, W \quad (12)$$

$$P_{M21} = P_{W2} - P_{R2}, W \quad (13)$$

За аналитичното определяне на параметрите се записват стойностите за токовете  $I_1$  и  $I_2$  от таблицата в точка 3. Изчисляват се активните мощности  $P_{W1}$  (14) и  $P_{W2}$  (15) в съответните клонове, загубите от ефекта Джаул-  $P_{R1}$  (19) и  $P_{R2}$  (20), и мощностите предавани по индуктивен път-  $P_{M12}$  (21) и  $P_{M21}$  (22). С  $I$  е означен спрегнатият комплексен вид на тока.

$$P_{W1} = \text{Re}[\dot{U}_1 I_1^*], W \quad (14)$$

$$P_{W2} = \text{Re}[\dot{U}_2 I_2^*], W \quad (15)$$

$$\dot{U}_1 = Z_1 \dot{I}_1 + Z_M \dot{I}_2, V \quad (16)$$

$$\dot{U}_2 = Z_2 \dot{I}_2 + Z_M \dot{I}_1, V \quad (17)$$

$$\dot{I} = I e^{j\varphi} = I(\cos \varphi + j \sin \varphi), A \quad (18)$$

$$P_{R1} = R_1 I_1^2, W \quad (19)$$

$$P_{R2} = R_2 I_2^2, W \quad (20)$$

$$P_{M12} = \text{Re}[Z_M \dot{I}_2 I_1^*], W \quad (21)$$

$$P_{M21} = \text{Re}[Z_M \dot{I}_1 I_2^*], W \quad (22)$$

**Графики:**

В точка 8 от заданието се изчертават графичните зависимости както следва:

$M(x)$  по данните от точка 4 от заданието;

$M(\alpha)$  по данните от точка 5 от заданието.