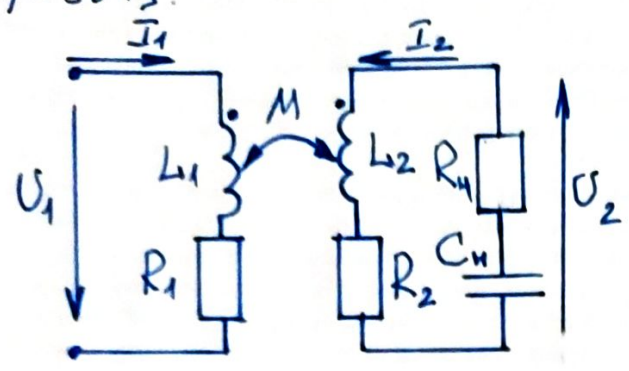


# Индуктивное задание 4.2.

Расчёт воздушного трансформатора при расчёте  $f = 50 \text{ Гц}$ .



Дано:  $R_1 = 11,0 \text{ Ом}$ ;  $L_1 = 0,109 \text{ Гн}$ ;  
 $R_2 = 14,0 \text{ Ом}$ ;  $L_2 = 0,315 \text{ Гн}$ ;  
 $M = 0,146 \text{ Гн}$ ;  $I_2 = 0,8 \text{ А}$ ;  
 $R_n = 50 \text{ Ом}$ ;  $C_n = 24 \text{ мкФ}$ .

Определить:

1. Напряжение  $U_1$  и ток  $I_1$  на входе трансформатора.
2. Вносимое вторичной обмоткой в первичную активное  $R_{вн}$  и реактивное  $X_{вн}$  сопротивление.  
 Для проверки расчёта, ток  $I_1$  определить через  $R_{вн}$  и  $X_{вн}$ .
3. Мощности на входе  $P$  и  $Q$ , потери мощности на нагрев первичной  $P_1$  и вторичной  $P_2$  обмоток, активную мощность приемника  $P_n$ .
4. Напряжение на входе трансформатора  $U_2$  в рабочем режиме ( $R_{вн}$  и  $C_n$  включены) и в режиме  $R_{вн}$  холостого хода ( $I_2 = 0$ ). Ток на входе тр-ра при холостом ходе  $I_{1х}$  принять равным току  $I_1$  в рабочем режиме.
5. Построить векторную диаграмму токов и напряжений тр-ра в рабочем режиме.

Решение:

$$X_{L1} = \omega L_1 = 314 \cdot 0,109 = 34,226 \text{ Ом}$$

$$X_{L2} = \omega L_2 = 314 \cdot 0,315 = 98,91 \text{ Ом}$$

$$X_M = \omega M = 314 \cdot 0,146 = 45,844 \text{ Ом}$$

$$X_{Cn} = \frac{1}{\omega C_n} = \frac{1}{314 \cdot 24 \cdot 10^{-6}} = 132,69 \text{ Ом}$$

1. Полное сопротивление вторичной цепи:

$$\underline{Z}_2 = R_n + R_2 + jX_{L2} - jX_{Cn} = 50 + 14,0 + j98,91 - j132,69 =$$

$$= 64,0 - j33,78 = 72,36 \angle -27,82^\circ \text{ Ом}$$

$$\underline{Z}_1 = R_1 + jX_{L1} = 11 + j34,226 = 35,95 \angle 72,18^\circ \text{ Ом}$$



По второму закону Кирхгофа составим уравнение для второй цепи:  $\underline{I}_2 = 0,8 e^{j0^\circ} \text{ A}$  (1)

$$\underline{Z}_2 \cdot \underline{I}_2 + jX_M \underline{I}_1 = 0$$

$$0,8 \cdot 72,36 e^{-j27,82} + \underline{I}_1 \cdot 45,844 e^{j90} = 0$$

$$57,888 e^{-j27,82} = -\underline{I}_1 \cdot 45,844 e^{j90}$$

$$\underline{I}_1 = \frac{57,888 e^{-j27,82}}{45,844 e^{j90}} = 1,26 e^{j62,18} = (0,588 + j1,114) \text{ A}$$

По второму закону Кирхгофа составим уравнение для первой цепи:

$$\underline{U}_1 = R_1 \cdot \underline{I}_1 + jX_{L1} \underline{I}_1 + jX_M \cdot \underline{I}_2$$

$$\underline{U}_1 = \underline{Z}_1 \cdot \underline{I}_1 + jX_M \underline{I}_2$$

$$\underline{U}_1 = 35,95 e^{j72,18} \cdot 1,26 e^{j62,18} + 45,844 e^{j90} \cdot 0,8$$

$$\underline{U}_1 = 45,297 e^{j134,36} + 36,67 e^{j90}$$

$$\underline{U}_1 = -31,67 + j32,38 + j36,67 = -31,67 + j69,05 = 75,96 e^{j114,63} \text{ B}$$

$$\underline{U}_1 = 75,96 e^{j114,63} = (-31,67 + j69,05) \text{ B.}$$

$$\underline{U}_2 = R_4 \cdot \underline{I}_2 - jX_{C4} \cdot \underline{I}_2 = \underline{I}_2 (R_4 - jX_{C4}) = 0,8 (50 - j132,69) = 0,8 \cdot 141,79 e^{-j69,35} = 113,432 e^{-j69,35} \text{ B}$$

(2) Полное входное сопротивление:

$$\underline{Z}_{вх} = \frac{\omega^2 M^2}{\underline{Z}_2} = \frac{314^2 \cdot 0,146^2}{72,36 e^{-j27,82}} = \frac{2101,67 e^{j0}}{72,36 e^{-j27,82}} = 29,04 e^{j27,82} = (25,68 + j13,55) \text{ Ом.}$$

$$R_{вх} = 25,68 \text{ Ом}$$

$$X_{вх} = 13,55 \text{ Ом}$$

$$\underline{I}_1 = \frac{\underline{U}_1}{\underline{Z}_1 + \underline{Z}_{вх}} = \frac{75,96 e^{j114,63}}{11 + j34,226 + 25,68 + j13,55} = \frac{75,96 e^{j114,63}}{36,68 + j47,816} = \frac{75,96 e^{j114,63}}{60,26 e^{j52,5}} = 1,26 e^{j62,13} \text{ A}$$

Проверка  
Самая !!!



- ③ Потери мощности на нагрев первичной  $P_1$  и вторичной  $P_2$  обмоток:

$$P_1 = \bar{I}_1^2 \cdot R_1 = 1,26^2 \cdot 11 = 17,46 \text{ Вт}$$

$$P_2 = \bar{I}_2^2 \cdot R_2 = 0,8^2 \cdot 14 = 8,96 \text{ Вт}$$

Ампульная мощность приемника:

$$P_H = \bar{I}_2^2 \cdot R_H = 0,8^2 \cdot 50 = 32 \text{ Вт}$$

Определим мощность на входе Тр-м

$$\underline{S} = \underline{U}_1 \cdot \underline{\bar{I}}_1^* = 75,96 e^{j114,63} \cdot 1,26 e^{-j62,18} = 95,7 e^{j52,45} = (58,32 + j75,87) \text{ ВА}$$

$$P = 58,32 \text{ Вт} \quad Q = 75,87 \text{ вар} \quad S = 95,7 \text{ ВА} \quad \varphi = 52,45^\circ$$

Проверка:

$$P = P_1 + P_2 + P_H = 17,46 + 8,96 + 32 = 58,42 \text{ Вт}^*$$

- ④ При решении холостого хода (х.х.)  $\underline{Z}_H = 0, \bar{I}_2 = 0$  (учесть х.х.)

$$\underline{U}_{1x} = \bar{I}_1 \underline{Z}_1 = 1,26 e^{j62,18} \cdot 35,95 e^{j72,18} = 45,297 e^{j134,36} \text{ В}$$

$$\underline{U}_{2x} = \bar{I}_1 \cdot jX_M = 1,26 e^{j62,18} \cdot 45,844 e^{j90} = 57,76 e^{j152,18} \text{ В}$$

- ⑤ Построим векторной диаграммы. Составим уравнения по II закону Кирхгофа для первичной и вторичной цепи.

$$\underline{U}_1 = \underline{U}_{R1} + \underline{U}_{L1} + \underline{U}_{M1} \text{ — для первичной цепи.}$$

$$0 = \underline{U}_{R2} + \underline{U}_{L2} + \underline{U}_{R_H} + \underline{U}_{CH} + \underline{U}_{M2} \text{ — для вторичной цепи.}$$

$$\underline{U}_{R1} = \bar{I}_1 \cdot R_1 = 1,26 e^{j62,18} \cdot 11 = 13,86 e^{j62,18} \text{ В}$$

$$\underline{U}_{L1} = \bar{I}_1 \cdot X_{L1} = 1,26 e^{j62,18} \cdot 34,226 e^{j90} = 43,12 e^{j152,18} \text{ В}$$

$$\underline{U}_{M1} = \bar{I}_2 \cdot X_M = 0,8 \cdot 45,844 e^{j90} = 36,67 e^{j90} \text{ В}$$

$$\underline{U}_{R_H} = \bar{I}_2 \cdot R_H = 0,8 \cdot 50 = 40 \text{ В}$$

$$\underline{U}_{CH} = \bar{I}_2 \cdot X_{CH} = 0,8 \cdot 132,69 e^{-j90} = 106,152 e^{-j90} \text{ В}$$

$$\underline{U}_{R2} = \bar{I}_2 \cdot R_2 = 0,8 \cdot 14 = 11,2 \text{ В}$$

$$\underline{U}_{L2} = \bar{I}_2 \cdot X_{L2} = 0,8 \cdot 98,91 e^{j90} = 79,128 e^{j90} \text{ В}$$

$$\underline{U}_{M2} = \bar{I}_1 \cdot X_M = 1,26 e^{j62,18} \cdot 45,844 e^{j90} = 57,76 e^{j152,18} \text{ В}$$

# Векторная диаграмма. (Топографический)

4

Для построения берем из показывающей формулы комплексного числа длину вектора.  
 Начинаем построение с уравнения 1) вторичная цепь,  
 а именно с тока  $\underline{I}_2$

$$\frac{0,2 \text{ A}}{10 \text{ B}}$$

смысл вектора  
 вторичная цепь,  
 красная первичная  
 цепь

