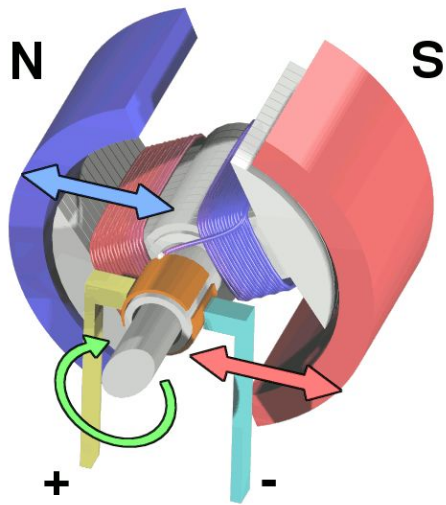




Дисциплина:

**Электропитание и
элементы
электромеханики**



Лекция №8

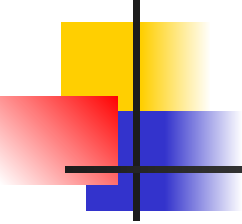
Тема лекции:

**Основные характеристики
и расчетные соотношения
трансформатора**



Учебные вопросы

- **1. Работа однофазного трансформатора на нагрузку**
- **2. Режим короткого замыкания трансформатора**
- **3. Рабочие и энергетические характеристики трансформаторов**

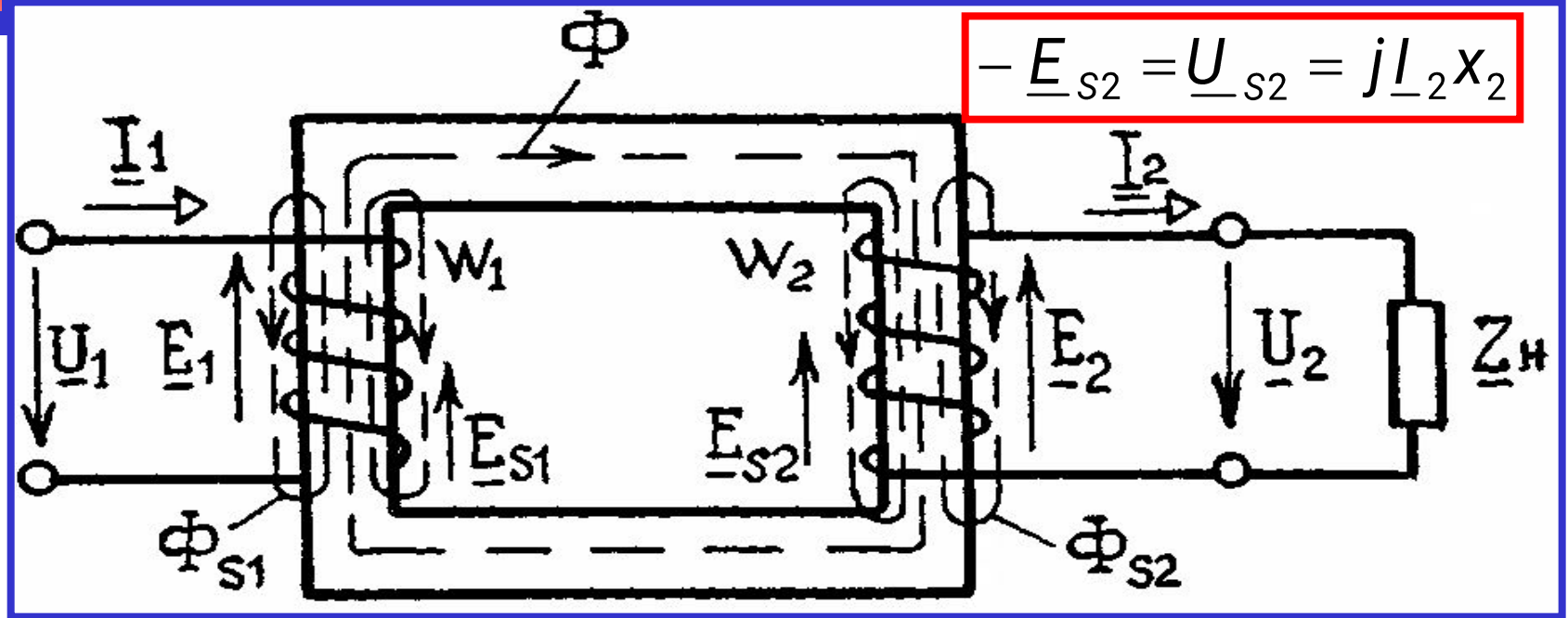


Литература

1. Немцов М.В.

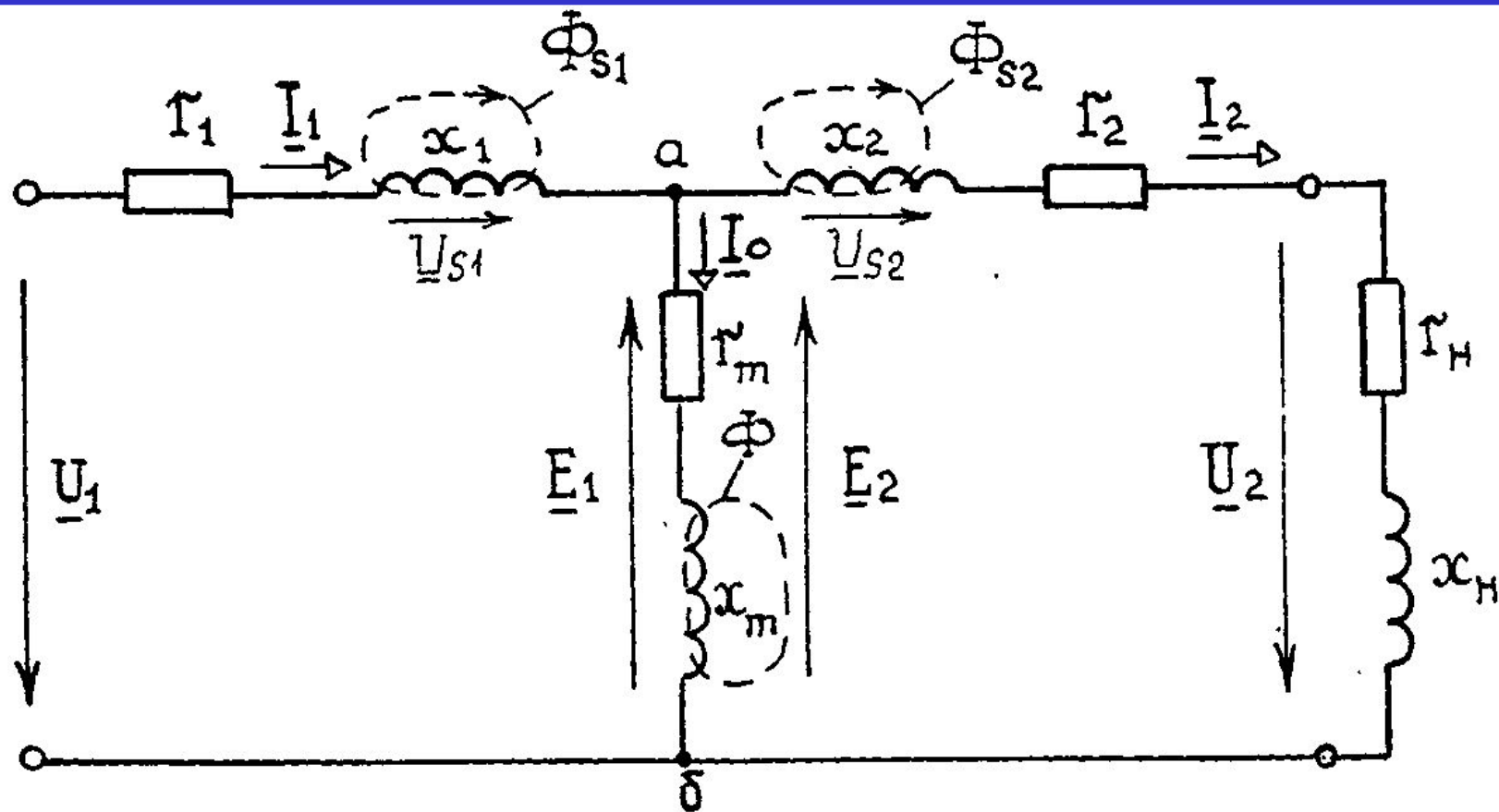
**электротехника и
электроника: Учебник для
вузов. – М.: Высш. шк.
2007, с.208-213.**

Схема трансформатора при нагрузке

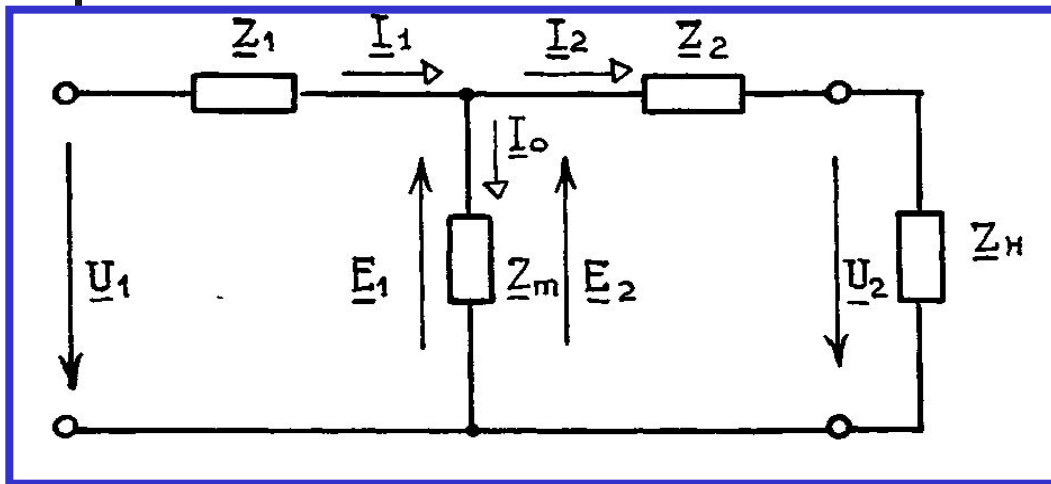


Замена ЭДС $\underline{E}_{S1}$ и $\underline{E}_{S2}$ падениями напряжения $\underline{U}_{S1} = j\underline{I}_1 X_1$ и $\underline{U}_{S2} = j\underline{I}_2 X_2$, делает более наглядной роль потоков рассеяния Φ_{S1} и Φ_{S2} : они создают индуктивные падения напряжения в обмотках, не участвуя в передаче энергии из одной обмотки в другую.

Эквивалентная электрическая схема замещения трансформатора под нагрузкой



Комплексная схема замещения трансформатора под нагрузкой



Уравнения равновесия напряжений для первичной и вторичной цепей трансформатора по закону Кирхгофа:

$$\underline{U}_1 = -\underline{E}_1 + \underline{I}_1 r_1 + \underline{I}_1 jx_1 = -\underline{E}_1 + \underline{I}_1 \underline{Z}_1;$$

$$\underline{E}_2 = \underline{U}_2 + \underline{I}_2 r_2 + \underline{I}_2 jx_2 = \underline{U}_2 + \underline{I}_2 \underline{Z}_2;$$

$$\underline{Z}_2 = r_2 + jx_2$$

- полное комплексное сопротивление вторичной обмотки трансформатора.

Уравнение равновесия МДС трансформатора

■ **Важнейшее свойство трансформатора** - величина амплитуды основного потока Φ_m в трансформаторе практически остается неизменной при любых нагрузках – от холостого хода до номинальной.

$$U_1 = E_1 = 4,44 f w_1 \Phi_m = \text{const}$$

■ В соответствии с законом Ома для магнитной цепи это означает, что и МДС $F_0 = w_1 I_0$ создающая основной поток, также остается постоянной, какой она была в режиме холостого хода.

■ Таким образом, результирующая МДС в трансформаторе, создающая магнитный поток, в общем случае определяемая совместным действием токов первичной и вторичной обмоток и равна МДС холостого хода:

$$\underline{F}_1 + \underline{F}_2 = \underline{F}_0$$

$$\underline{I}_1 w_1 + \underline{I}_2 w_2 = \underline{I}_0 w_1$$

Система основных уравнений трансформатора

$$\underline{I}_1 = \underline{I}_0 + \underline{I}_2$$

Поскольку $I_0 = \text{const}$, следует важный вывод: с возрастанием тока нагрузки $\underline{I}_2$ одновременно возрастает и ток $\underline{I}_1$. Это означает, что возрастает отбор трансформатором мощности из сети и её передача посредством электромагнитного поля в цепь вторичной обмотки, то есть приемнику

$$\left. \begin{aligned} \underline{U}_1 &= -\underline{E}_1 + r_1 \cdot \underline{I}_1 + jx_1 \cdot \underline{I}_1; \\ \underline{E}_1 &= \underline{U}_2 + r_2 \underline{I}_2 + jx_2 \cdot \underline{I}_2; \\ \underline{I}_1 &= \underline{I}_0 + \underline{I}_2, \end{aligned} \right\}$$

где $\underline{U}_2 = R_H \underline{I}_2 + jX_H$;

$$\underline{U}_2 = Z_H \cdot \underline{I}_2$$

В опыте КЗ определяются:

а) напряжение короткого замыкания

$$u_k \% = \frac{U_{1KH}}{U_{1H}} 100\%;$$

б) активные потери при коротком замыкании трансформатора, которые примерно равны потерям в меди обмоток (по показаниям ваттметра)

$$P_K = P_{CT} + P_M \approx P_M = I_{1M}^2 r_K = I_{1M}^2 (r_1 + r_2);$$

в) коэффициент мощности $\cos \phi_K$ (по показаниям ваттметра), вольтметра и амперметра в первичной цепи);

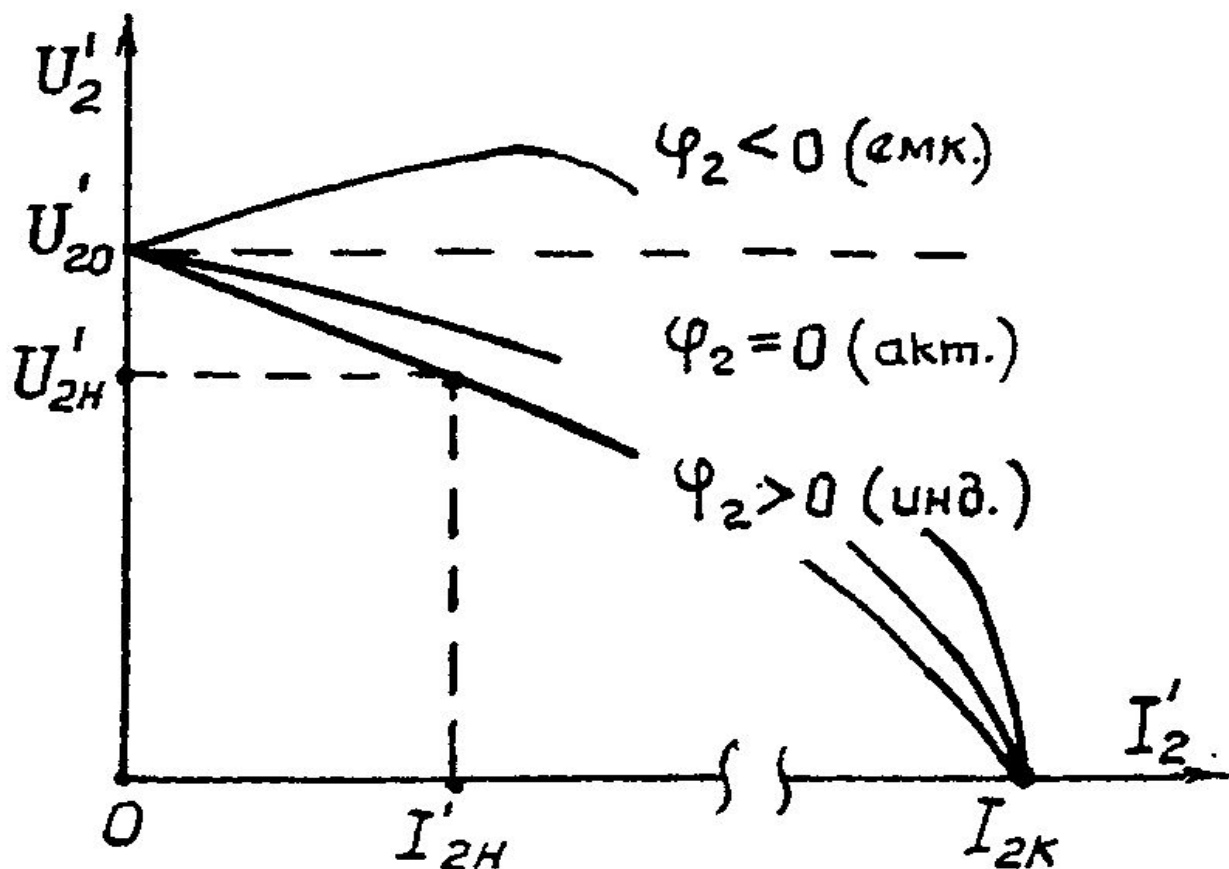
г) параметры схемы замещения трансформатора при коротком замыкании:

$$Z_K = |Z_1 + Z'_2| = U_{1KH} / I_{1H};$$

$$r_K = r_1 + r'_2 = P_K / I_{1H}^2;$$

$$X_K = X_1 + X'_2 = \sqrt{Z_K^2 - r_K^2}.$$

Внешняя характеристика трансформатора



$$\Delta U'_2 = \frac{U'_{20} - U'_{2H}}{U'_{20}} 100\%$$

- процентное изменение вторичного напряжения при переходе от холостого хода к режиму нагрузки

Потери и КПД трансформатора

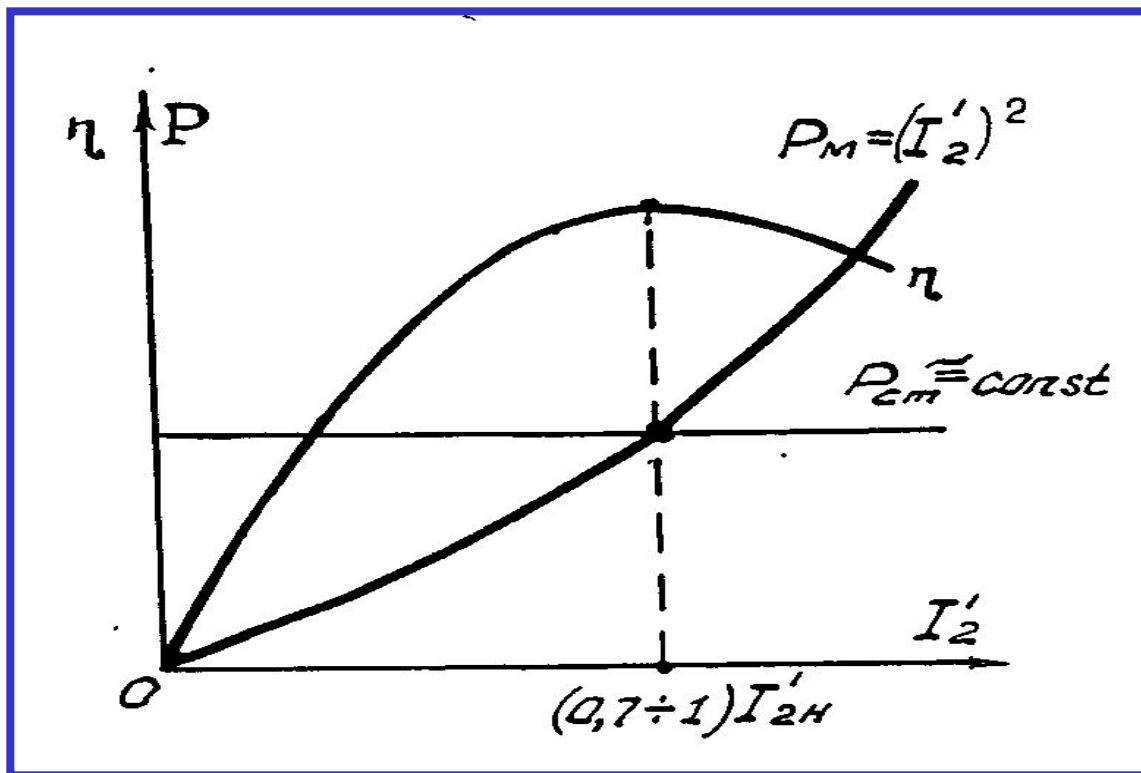
$$\eta = \frac{P_2}{P_1} 100\% = \frac{P_2}{P_2 + \sum p} 100\% = \left(1 - \frac{\sum P}{P_2 + \sum p} \right) 100\%,$$

$\Sigma p = p_M + p_{ст}$ - сумма потерь в трансформаторе.

Потери в стали $p_{ст}$ зависят от материала магнитопровода, его объема или массы, индукции и частоты перемагничивания, **они состоят из потерь на вихревые токи и потерь на гистерезис.**

Потери в меди обмоток при номинальной нагрузке принимаются равными потерям в них при опыте короткого замыкания: $p_M \approx P_k = I_2^2 r_k$ (где $r_k = r_1 + r_2$), так как потери в стали в этом опыте весьма малы ввиду малости основного магнитного потока

Потери и КПД трансформатора



Максимум КПД соответствует такой нагрузке, при которой переменные потери - потери в меди обмоток - равны постоянным потерям - потерям в стали, т.е. $p_m = p_{ст}$