

Лекция №9 Внешняя характеристика трансформатора

При колебаниях нагрузки трансформатора его вторичное напряжение U'_2 меняется. В этом можно убедиться, воспользовавшись упрощенной схемой замещения трансформатора (см. рис. 1.35.), из которой следует, что $\dot{U}'_2 = \dot{U}_{1ном} - \dot{I}_1 Z_k$.

Измерение вторичного напряжения трансформатора при увеличении нагрузки от х.х. до номинальной является важнейшей характеристикой трансформатора и определяется выражением

$$\Delta U_{ном} = \frac{U_{1ном} - U'_2}{U_{1ном}} \cdot 100. \quad (1.67)$$

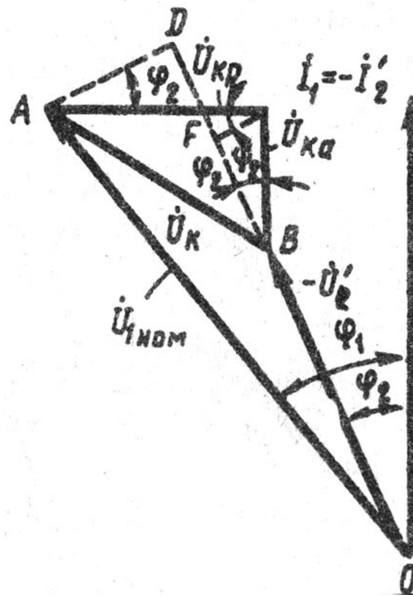


Рис. 1.37. К выводу формулы $\Delta U_{ном}$

Для определения $\Delta U_{ном}$ воспользуемся упрощенной векторной диаграммой трансформатора, сделав на ней следующее дополнительное построение (рис. 1.37.). Из точки А опустим перпендикуляр на продолжение вектора $-\dot{U}'_2$, получим точку D. С некоторым допущением будем считать, что отрезок \overline{BD} представляет собой разность $\dot{U}_{1ном} - \dot{U}'_2 = \overline{BD} = \overline{BF} + \overline{FD}$, где $\overline{BF} = U_{k.a.} \cos \varphi_2$; $\overline{FD} = U_{k.p.} \sin \varphi_2$, тогда

$$U_{1ном} - U'_2 = U_{k.a.} \cos \varphi_2 + U_{k.p.} \sin \varphi_2. \quad (1.68.)$$

Измерение вторичного напряжения (1.67) с учетом (1.68) примет вид

$$\Delta U_{\text{ном}} = (U_{k.a.} \cos \varphi_2 + U_{k.p.} \sin \varphi_2) 100 / U_{1\text{ном}}. \quad (1.69)$$

Обозначим $(U_{k.a.}/U_{1\text{ном}})100=U_{k.a.}$; $(U_{k.p.}/U_{1\text{ном}})100=U_{k.p.}$, тогда выражение изменения вторичного напряжения трансформатора при увеличении нагрузки примет вид

$$\Delta U_{\text{ном}} = u_{k.a.} \cos \varphi_2 + u_{k.p.} \sin \varphi_2. \quad (1.70)$$

Выражение (1.70) дает возможность определить изменение вторичного напряжения лишь при номинальной нагрузке трансформатора. При необходимости расчета измерения вторичного напряжения для любой нагрузки в выражение (1.70) следует ввести коэффициент нагрузки, представляющий собой относительное значение тока нагрузки $\beta=I_2/I_{2\text{ном}}$

$$\Delta U = \beta(u_{k.a.} \cos \varphi_2 + u_{k.p.} \sin \varphi_2). \quad (1.71)$$

из выражения (1.71) следует, что изменение вторичного напряжения ΔU зависит не только от величины нагрузки трансформатора (β), но и от характера этой нагрузки (φ_2).

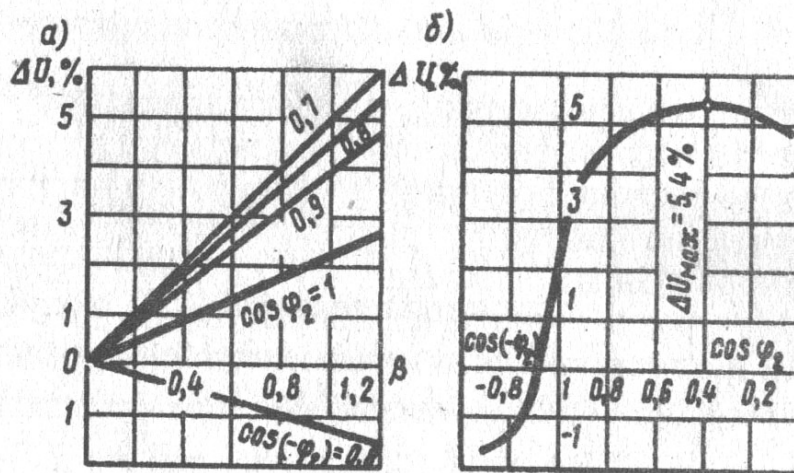


Рис. 1.38. Зависимость ΔU от величины нагрузки (а) и коэффициента мощности нагрузки (б) трехфазного трансформатора (100 кВ·А, 6,3/0,22 кВт, $u_r=5,4\%$, $\cos \varphi_r=0,4$)

На рис. 1.38, а представлен график зависимости $\Delta U = f(\varphi_2)$ при $\cos \varphi_2 = \text{const}$, а на рис. 1.38, б – график $\Delta U = f(\cos \varphi_2)$ при $\beta = \text{const}$. На этих графиках отрицательные значения ΔU при работе трансформатора с емкостной нагрузкой соответствуют повышению напряжения при переходе от режима х.х. к нагрузке. Имея в виду, что $u_{k.a.} = u_k \cos \varphi_k$, $u_{k.p.} \sin \varphi_k$, получим еще одно выражение для расчета изменения вторичного напряжения при любой нагрузке:

$$\Delta U = \beta u_k (\cos \varphi_k \cos \varphi_2 + \sin \varphi_k \sin \varphi_2) = \beta u_k \cos(\varphi_k - \varphi_2). \quad (1.72)$$

Из (1.72) следует, что наибольшее значение изменения напряжения $\Delta U = u_k$ имеет место при равенстве углов фазового сдвига $\varphi_2 = \varphi_k$, тогда $\cos(\varphi_k - \varphi_2) = 1$.

Зависимость вторичного напряжения U_2 трансформатора от нагрузки I_2 называют *внешней характеристикой*. Напомним, что в силовых трансформаторах за номинальное напряжение на зажимах вторичной обмотки в режиме х.х. при номинальном первичном напряжении.

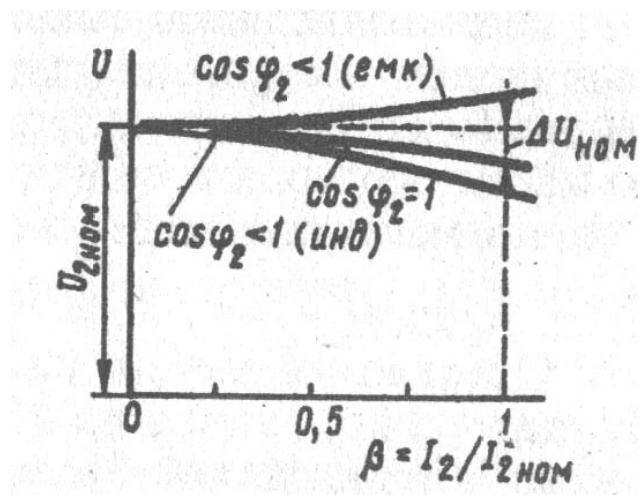


Рис. 1.39. Внешние характеристики трансформатора.

Вид внешней характеристики (рис. 1.39) зависит от характера нагрузки трансформатора ($\cos \varphi_2$). Внешнюю характеристику трансформатора можно построить по (1.72) путем расчета ΔU для разных значений β и $\cos \varphi_2$.