

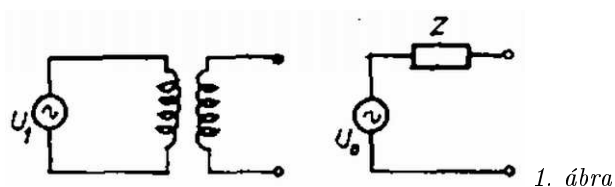
A feladat megoldható a transzformátor-egyenletek általános vizsgálatával, ekkor azonban az áramok és feszültségek közötti fázisszögek bonyolult számítására vagy komplex számok használatára van szükség. A megoldás egyszerű és szemléletes, ha alkalmazzuk azt a tételt, amely szerint „minden, ideális induktivitásokból (transzformátorokból), kapacitásokból, ellenállásokból és feszültségforrásokból álló, két kivezetéssel rendelkező hálózat helyettesíthető egy megfelelően választott feszültségforrással és egy, vele sorba kapcsolt, megfelelően választott impedanciával”. A tétel bizonyításához a lineáris egyenletrendszerekre vonatkozó matematikai ismeretekre van szükség. A tétel fizikai jelentése az, hogy egy fekete dobozból kivezetett két mérőpontról nem tudjuk eldönteni, hogy az egy bonyolult hálózat két kivezetése, vagy pedig a helyettesítő áramkör két vezetéke-e.

Esetünkben a helyettesíteni kívánt hálózat a transzformátor és a primer oldalra kapcsolt feszültségforrás. Két speciális eset vizsgálva meghatározzuk a helyettesítő áramkör elemeit és ezek ismeretében válaszolunk a feltett kérdésre.

Nézzük meg először, mi történik, ha a transzformátort nagyon nagy ellenállással terheljük. A szekunder áram ekkor nulla, és a szekunder feszültség

$$U_2^* = U_1 \cdot (L_{12}/L_1),$$

ahol U_1 a primer feszültség, L_{12} és L_1 pedig a transzformátor jellemzői. A kimenő feszültség fázisa megegyezik U_1 fázisával.



1. ábra

A transzformátort nagyon kis ellenállással terhelve a szekunder feszültség nulla lesz, és a szekunder körben folyó áram

$$I_2^* = U_1 \frac{L_{12}}{\omega(L_1 L_2 - L_{12}^2)}.$$

Ez az összefüggés az áram és feszültség effektív értékét tartalmazza, és nem mond semmit a közöttük levő fáziskülönbségről. A transzformátorban keltett mágneses fluxus változásaiból megállapítható, hogy az áram és a feszültség között ebben az esetben 90° -os fáziskülönbség van és az áram fázisa siet a feszültséghez képest.

Vizsgáljuk meg, hogy milyennek kell lennie a transzformátort helyettesítő áramkörnek (1. ábra). Ha a helyettesítő áramkört nem terheljük, akkor közvetlenül az U_0 feszültséget mérjük. Az előbbiek szerint tehát

$$U_0 = U_2^* = U_1 (L_{12}/L_1).$$

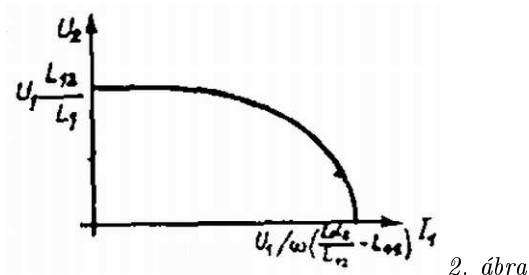
Rövidzár esetén az áram és a feszültség között 90° -os fáziskülönbségnek kell lennie, tehát a Z impedancia vagy kapacitás, vagy pedig induktivitás. A fáziskülönbség iránya az induktivitás esetében lesz helyes.

Az induktivitás nagyságát az I rövidzárási áramból határozzuk meg

$$I = U_0/Z = U_0/(\omega L) = U_1 (L_{12}/L_1) \cdot 1/(\omega L).$$

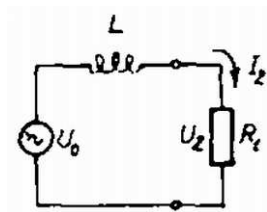
Az áramkörök ekvivalenciája miatt azonban $I = I_2^*$ és ezért

$$L = \frac{L_1 L_2 - L_{12}^2}{L_1}.$$



2. ábra

Az eddigi számítások meghatározták a transzformátor jelleggörbéjének két végpontját (2. ábra). A teljes görbét úgy kapjuk, hogy megnézzük, a helyettesítő áramkört egy ohmos ellenállással terhelve milyen $U_2 \dots I_2$ értékek tartoznak össze (3. ábra).



3. ábra

Az áram $I_2 = U_0 \frac{1}{\sqrt{(\omega L)^2 + R^2}}$,

a feszültség $U_2 = I_2 R$.

Az R ellenállást kifejezve és átrendezve az

$$\left(\frac{\omega L}{U_0} \right)^2 I_2^2 + \left(\frac{1}{U_0} \right)^2 U_2^2 = 1$$

egyenletet kapjuk, amely egy olyan ellipszis egyenlete, amelynek tengelyei egybeesnek a koordináta-rendszer tengelyével (2. ábra).