

## TÖRPESTRANSZFORMÁTOROK LEMEZMAGLAPJAINAK ÁLTALÁNOS GEOMETRIAI GAZDASÁGOSSÁGI PROBLÉMÁI

FÉNYES TAMÁS és NÁDAS TIBOR<sup>1</sup>

### Bevezetés

Szerzők [1]-ben foglalkoztak szabványosított méretű transzformátor-lemezmaglapok geometriai gazdaságosságának problémájával. Meghatározták a leggazdaságosabb hulladékmentesen sajtolható EI lemez relatív geometriai méreteit (lásd [1]) és foglalkoztak a DIN-szabvány által megadott méretű lemezeknek az optimumtól való gazdaságossági eltéréseinek kérdésével is. Szerzők a feladatot kizárólag a felhasznált vas- és rézanyag árának figyelembevételével oldották meg. A probléma nagy népgazdasági jelentőséggel bír, hiszen gazdaságossági szempontból nem megfelelő méretű lemezek használata esetén feleslegesen tékozlódik el réz- és vasanyag, amely figyelembe véve, a hazai gyengeáramú ipar jelentős kapacitását, államunknak tetemes veszteséget jelenthet.

Azonban ezen vizsgálatok csupán a probléma speciális megoldását szolgáltatták. Népgazdasági szempontból igen lényeges, hogy a transzformátorok jó hatásfokúak is legyenek, vagyis olyanok, melyeknél a fellépő vas- és rézvesztések aránylag kicsinyek és így bennük az összüzemidő alatt elvesző elektromos energia ára is kicsiny. Sok esetben fontos az olyan méretű lemezek alkalmazása, melyek révén a súly szempontjából optimális transzformátor állítható elő. Látható, hogy a probléma a gazdaságosság különböző szempontjai alapján általánosítható.

Figyelembe kell venni, hogy a hazai gyengeáramú ipar, a DIN-szabványtól átvett méretben nemcsak hulladékmentes, hanem kis hulladékkal sajtolható EI lemezeket is használ (KGMSZ 635.438 szabvány, 92—231 mm főméret). Tehát az összes fenti gazdaságossági kérdések értelemszerűen fennállnak ezen utóbbi lemezek esetében is. Ezen lemezeknél nincs függvényszerű összefüggés az egyes méretek között, mint a hulladékmentesen sajtolható lemezek esetében. Ily módon látható, hogy az eredeti probléma általános alakú lemezmaglap esetére is általánosítható.

Szerzők ezen cikkben úgy a hulladékmentesen sajtolható EI lemezmaglapok, mint a geometriai kötöttségmentes lemezmaglapok általános geometriai gazdaságossági problémáival foglalkoznak. A hulladékmentes lemezmaglap vizsgálatánál matematikai módszert dolgoznak ki, melynek segítségével a probléma igen egyszerűen tárgyalható. Utóbbi általánosabb alakú lemezmaglap esetében szerzők alkalmazzák Silleni [2] módszerét, melyet némileg kiegészítenek. Szerzők az optimális méretű lemezmaglapok ismeretében megvizsgál-

<sup>1</sup> Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet.

ják a szabványméretek és az optimális méretek közti gazdaságossági eltérést. A számítások eredményeit szerzők könnyen kezelhető diagramokban, illetve táblázatokban tüntetik fel.

### 1. §. Hulladékmentesen sajtolható EI típusú lemezmaglakok általános vizsgálata. Általános megjegyzések

A transzformátor tekercs maximális áramsűrűségének, továbbá a maximális vasmagindukciónak értékét a transzformátor megengedhető melegedése határozza meg. Ezen értékeket számításainkban állandónak tekintjük és végeredményben a vizsgálatokat a következő numerikus értékek felvétele mellett végezzük el.<sup>2</sup>

$\gamma_v = 7,65$ kg/dm <sup>3</sup>	a vas fajsúlya,
$p_v = 5,22$ Ft/kg	a vas egységára,
$f_v = 0,95$	vaskitöltési tényező,
$\gamma_r = 8,89$ kg/dm <sup>3</sup>	a réz fajsúlya,
$p_r = 41,56$ Ft/kg	a leggyakrabban használt rézhuzalok közepes egységára,
$f_r = 0,2$ , ill 0,3	rézkitöltési tényező értékek (l. [1]),
$B_{max} = 10\ 000$ Gauss	maximális vasmagindukció,
$i = 3$ A/mm <sup>2</sup>	megengedhető áramsűrűség,
$W_v = 1,6$ W/kg	$B_{max}$ -nál fellépő súlyegységre eső vasvesztés,
$W_r = 157,5$ W/dm <sup>3</sup>	maximális áramsűrűségnél fellépő térfogategységre eső rézvesztés,
$T = 14\ 400$ óra	a transzformátor 10 év alatti átlagos üzemideje,
$\theta = 0,35$ Ft/kWó	az áram egységára.

Számításainkban a lemezcsomag vastagságát nem tekintjük független változónak, hanem a gyakorlatnak megfelelően a két határesetet vizsgáljuk. Vizsgálatainkat részletesen négyzet alakú oszlopkeresztmetszet felvétele esetén ismertetjük, az ún.  $\sqrt{2}$ -es oszlopkeresztmetszet esetén — tekintve, hogy a számítási eljárás teljesen ugyanaz — csak eredményeket közlünk. Feltételezzük, hogy a primér, illetve szekundér tekercs ugyanolyan látszólagos teljesítményt kap, és így az ablak felét a primér tekercselés, felét a szekundér tekercselés foglalja el. A transzformátor gazdaságosságára az ún. fajlagos ár, fajlagos veszteség, fajlagos ár + fajlagos energiafogyasztás ára, illetve fajlagos súly, vagyis a felhasznált vas és réz árai összegének, veszteségei összegének, árai + energiafogyasztási árai összegének, illetve súlyai összegének és a teljesítménynek hányadosa jellemző. Rögzített oszlopszélesség esetén meghatározzuk ezen függvények minimumát szolgáltató optimális ablakméretek.

### 2. §. Négyzetes oszlopkeresztmetszetű transzformátorok

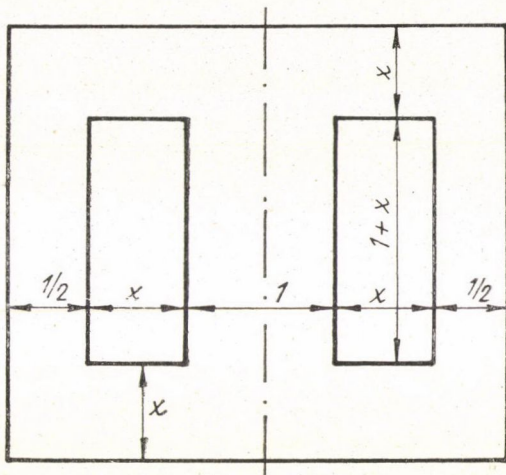
A transzformátorlemez beméretezett rajza egységnyinek felvett oszlopszélesség esetén az alábbi 1. ábrán látható.

<sup>2</sup> A gyakorlatban természetesen ezen értékek általában csak átlagot jelentenek. Tekintve, hogy főcélunk a szabványban megadott lemezek gazdaságossági ellenőrzése, a numerikus átlagértékekkel való számolás elegendőnek mutatkozik.

Mint ismeretes, a teljesítményre a következő összefüggést írhatjuk fel:

$$(1) \quad N = 2,22 B_{max} i f f_r f_v x (1 + x),$$

ahol  $f$  a frekvencia értéke. A teljesítmény arányos az ablak és a vaskeresztmetszet szorzatával. A fellépő arányossági tényező értékét, mely vizsgálataink



1. ábra.

szempontjából állandó faktorok szorzatait tartalmazza, válasszuk az egységnek, tehát írható, hogy

$$(2) \quad N = x(1 + x).$$

### a) Fajlagos nyersanyag-ár optimum meghatározása

Határozzuk meg a transzformátor fajlagos nyersanyag-árának kifejezését. A transzformátor vasanyagának súlya

$$G_v = 2 \gamma_v f_v (1 + x) (1 + 2x).$$

A rézanyag súlya közelítően a közepes menethossz figyelembevételével

$$G_r = 4 \gamma_r f_r x (1 + x)^2.$$

Ezekből a transzformátor nyersanyag-ára közelítően

$$Q = 2 \gamma_v f_v p_v (1 + x) (1 + 2x) + 4 \gamma_r f_r p_r x (1 + x)^2.$$

Most már felírhatjuk a fajlagos árat, ha figyelembe vesszük (2)-t.

$$(3) \quad P(x) = \frac{Q}{N} = 2 \gamma_v f_v p_v \left( 2 + \frac{1}{x} \right) + 4 \gamma_r f_r p_r (1 + x).$$

Ezen függvény minimumának helyét meghatározva

$$\frac{dP(x)}{dx} = -\frac{2\gamma_v f_v p_v}{x^2} + 4\gamma_r f_r p_r = 0$$

-ből

$$(4) \quad x_{opt} = \sqrt{\frac{A_a}{2}}$$

adódik, ahol

$$(5) \quad A_a = \frac{\gamma_v f_v p_v}{\gamma_r f_r p_r},$$

mely érték a réz és vas ismertetett adataiból számítható.

Rá kívánunk mutatni egy igen fontos körülményre. Ismeretes, hogy hulladékmentesen sajtolható EI típusú lemezmaglap ablakszélessége az oszlopszélesség felénél kisebb nem lehet. Ez azt jelenti, hogy amennyiben (4)-et kiszámítva 0,5-nél kisebb értéket kapunk, akkor a 0,5 értéket kell optimálisnak tekinteni, mert a függvény  $x_{opt}$ -től monoton nő. Pontosabban tehát az optimális ablakméret a következő kifejezés alapján határozható meg:

$$(6) \quad x_{opt} = \begin{cases} \sqrt{\frac{A_a}{2}} & \text{ha } \sqrt{\frac{A_a}{2}} \geq 0,5, \\ 0,5 & \text{ha } \sqrt{\frac{A_a}{2}} < 0,5. \end{cases}$$

Vezessük be az  $M(x)\%$  függvényt a következő definíció alapján: Legyen  $M(x)\%$  a tetszőleges  $x$  relatív mérettel bíró transzformátor, és az optimális méretű transzformátor fajlagos árai különbségének a tetszőleges  $x$  mérettel bíró transzformátor fajlagos árával képezett hányadosának százalékos értéke, akkor per definitionem

$$(7) \quad M(x)\% = 100 \left[ 1 - \frac{\frac{A_a}{x_{opt}} + 2x_{opt} + 2A_a + 2}{\frac{A_a}{x} + 2x + 2A_a + 2} \right].$$

Ezen függvény független a teljesítmény (1) kifejezésében szereplő arányossági tényezőtől és a transzformátor oszlopszélességétől is és igen jellemző a szóban forgó lemezmaglap százalékos gazdaságosságára.

### b) Fajlagos veszteség optimum meghatározása

Könnyen belátható, hogy (6) és (7) kifejezés ezen esetben is változatlanul érvényben marad, csupán (5) változik. Ezen esetben igen egyszerűen adódik, hogy

$$(8) \quad A_b = \frac{f_v \gamma_v W_v}{f_r W_r}.$$

### c) Fajlagos súly optimum meghatározása

Itt is (6) szolgáltatja az optimális relatív ablakszélességet, és (7) a százalékos gazdaságosság — kifejezését.

Esetünkben

$$(9) \quad A_c = \frac{\gamma_v f_v}{\gamma_r f_r}$$

### d) Fajlagos nyersanyagár + fajlagos energiafogyasztási-ár optimum meghatározása

(6) és (7) érvénye ebben az esetben is fennáll.

$$(10) \quad A_d = \frac{\gamma_v f_v (p_v + W_v T \vartheta 10^{-3})}{f_r (\gamma_r p_r + W_r T \vartheta 10^{-3})}$$

### 3. §. $\sqrt{2}$ -es oszlopkeresztmetszetű transzformátorok

Mint már említettük, erre vonatkozólag csak az eredményeket ismertetjük. Tetszőleges szempontból vizsgált optimális relatív ablakszélesség a következő módon számítható:

$$(11) \quad x_{opt} = \begin{cases} \sqrt{\frac{A}{2}} & \text{ha } \sqrt{\frac{A}{2}} \geq 0,5, \\ 0,5 & \text{ha } \sqrt{\frac{A}{2}} < 0,5 \end{cases}$$

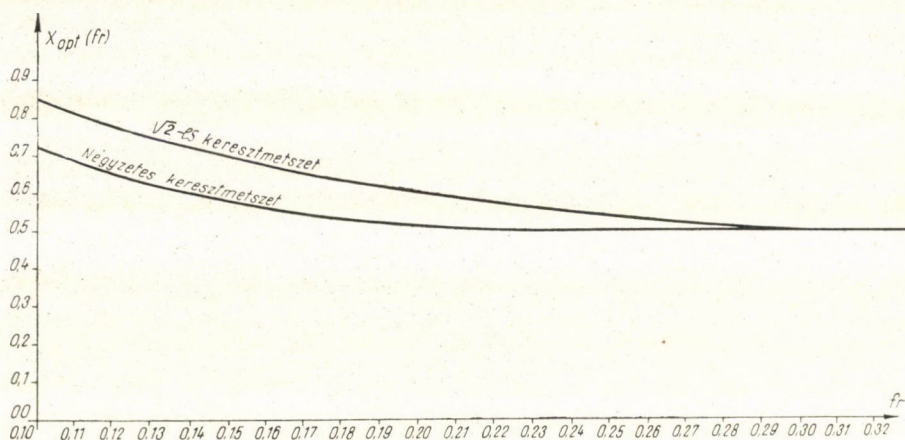
és

$$(12) \quad M(x)\% = 100 \left[ 1 - \frac{2 \frac{A}{x_{opt}} + 2\sqrt{2} x_{opt} + 4A + 2 + \sqrt{2}}{2 \frac{A}{x} + 2\sqrt{2} x + 4A + 2 + \sqrt{2}} \right]$$

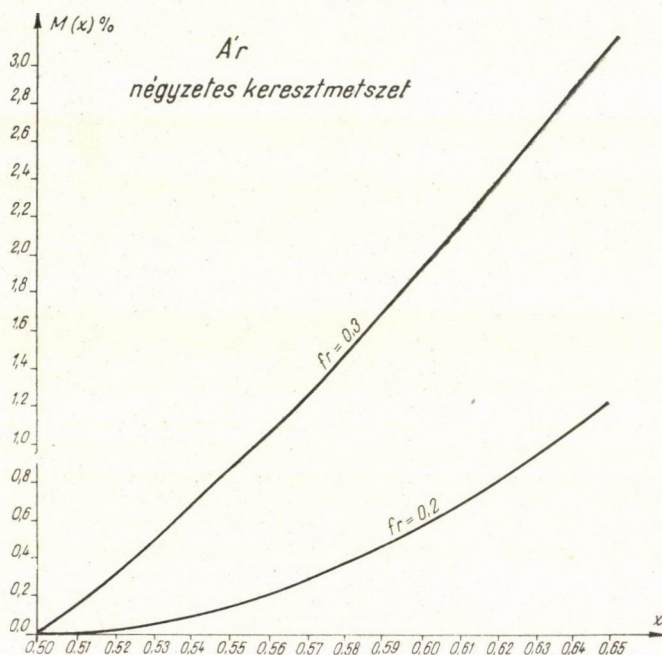
A formulákban szereplő  $A$  értékek a négyzetes keresztmetszetű transzformátor-lemez vizsgálatánál szereplő  $A$  értékkel értelemszerűen megegyeznek.

### 4. §. Szabványlemezmaglapok vizsgálata

A kapott eredményeket az alábbi diagramokban tüntettük fel. A 2. ábra az optimális relatív ablakszélesség és a rézköltési tényező közötti kapcsolatot ábrázolja úgy négyzetes, mint  $\sqrt{2}$ -es oszlopkeresztmetszet esetén. A 3. ábra az optimumtól való százalékos gazdaságossági eltérés és a relatív ablakméret közti összefüggést mutatja különböző rézköltési tényezők esetében négyzetes oszlopkeresztmetszet, a 4. ábra pedig  $\sqrt{2}$ -es oszlopkeresztmetszet esetében. Ezen ábrák a nyersanyag-ár szempontjából végzett számítások eredményeit tüntetik fel. A többi ábrák pedig a többi gazdaságossági szempont alapján végzett számítások eredményeit mutatják. Mindegyik ábrán fel van tüntetve, hogy melyik gazdaságossági szempontra vonatkozik.



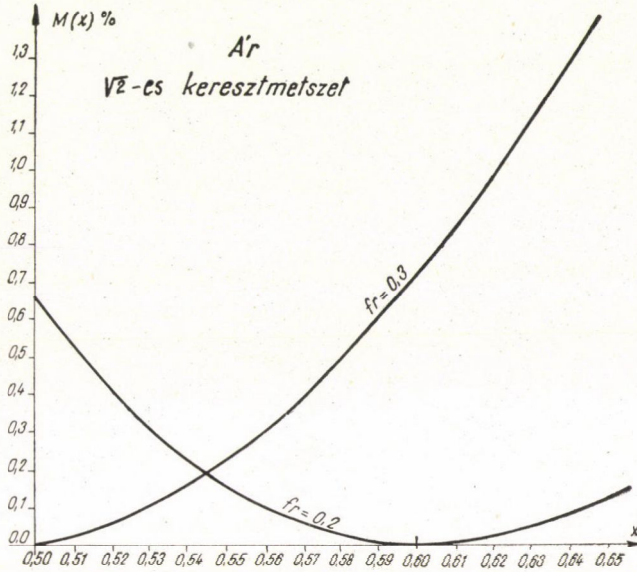
2. ábra.



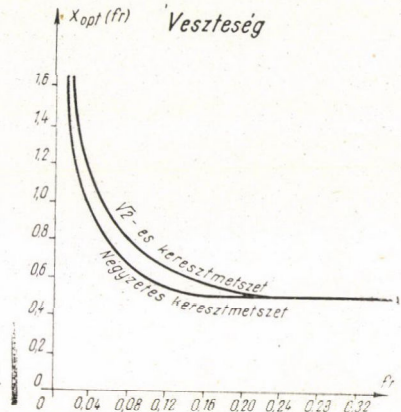
3. ábra.

Ezen diagramokból a DIN-szabvány által meghatározott lemezforma következő fontos gazdaságossági tulajdonságai olvashatók le.

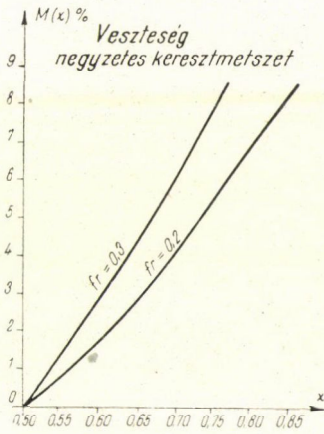
I. A lemezek fajlagos nyersanyag-ár, veszteség, nyersanyag-ár + energia-fogyasztás szempontjából gazdaságilag közel optimálisak. Az ezekből a szempontokból vizsgált optimális relatív ablakméretek gyakorlatilag egyenlők. Ez a tény rámutat ezen típusú lemezmaglapok nagy alkalmazási lehetőségeire és így népgazdasági jelentőségére.



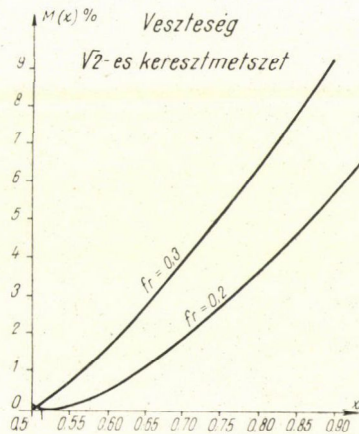
4. ábra.



5. ábra.



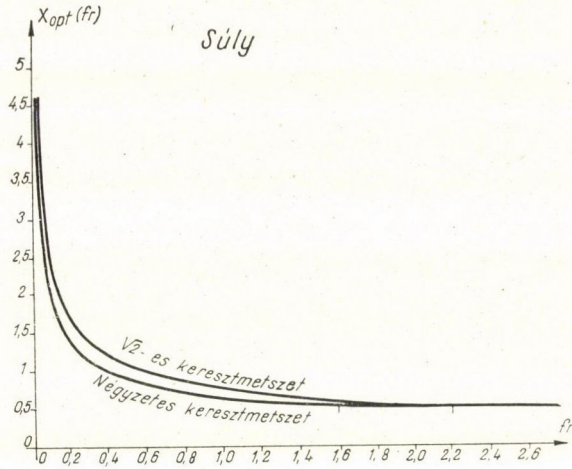
6. ábra.



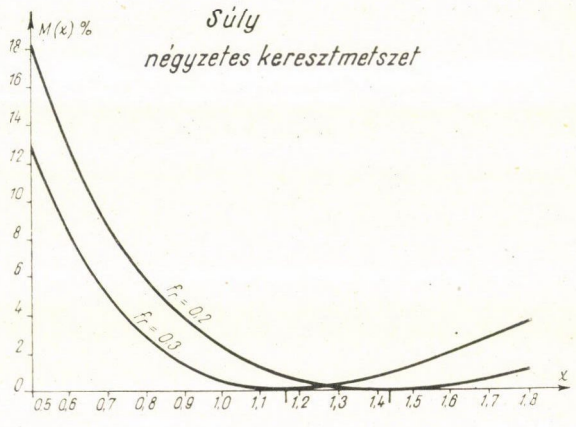
7. ábra.

II. Fentebbi gazdaságossági szempontok esetében a szabványlemezek a normál 0,3-nál nagyobb rézkötítési tényező mellett is gazdaságilag optimálisak. Következésképp törekedni kell a tekercselési tér minél jobb kihasználására.

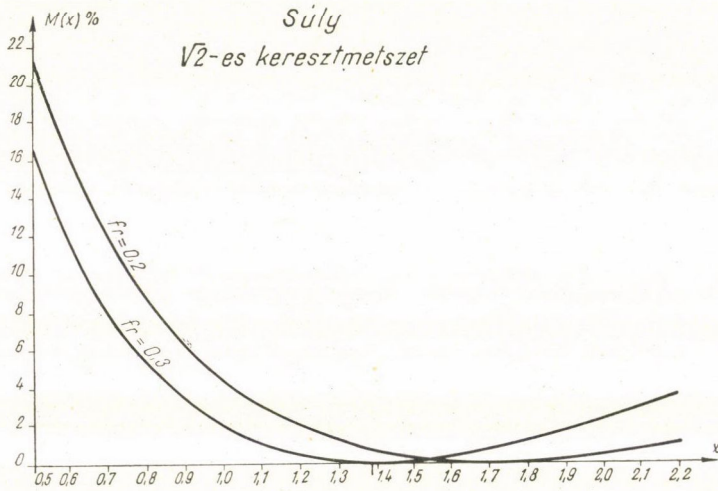
III. A súly szempontjából optimális lemezforma igen széles ablakméretű. Az optimális lemezforma és a szabvány lemezforma között jelentős geometriai és gazdaságossági eltérés mutatkozik.



8. ábra.

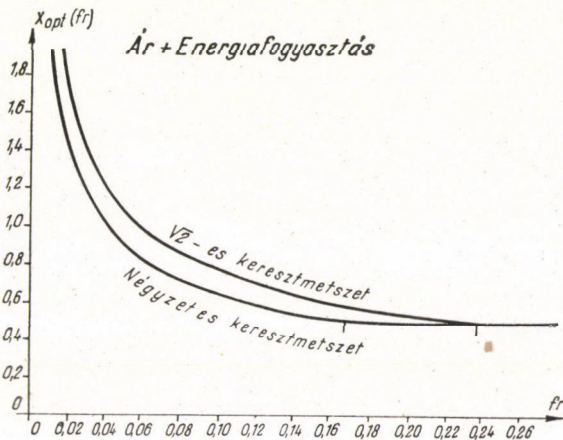


9. ábra.

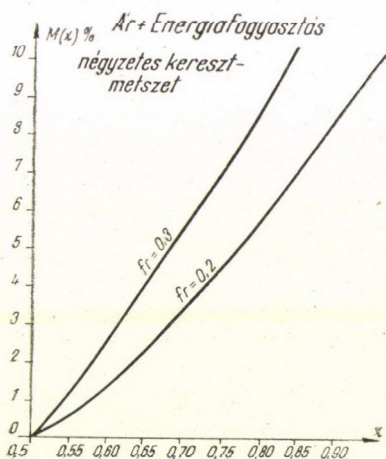


10. ábra.

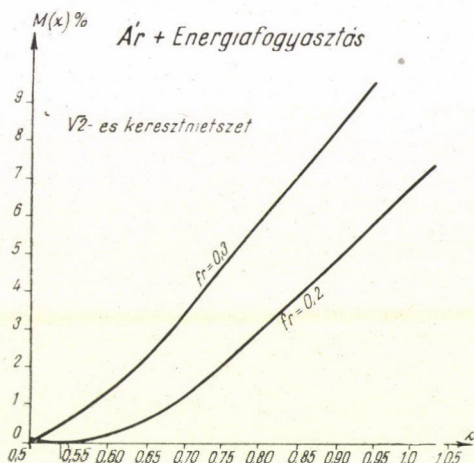




11. ábra.



12. ábra.



13. ábra.

### 5. §. Általános alakú transzformátor lemezmaglapok vizsgálata.

#### Általános megjegyzések

Rátérünk az általánosabb probléma vizsgálatára. Tekintsünk egy transzformátorlemez tetszőleges ablakméretekkel.

Az oszlopszélesség ismét legyen egységnyi. (l. 14. ábrát.)

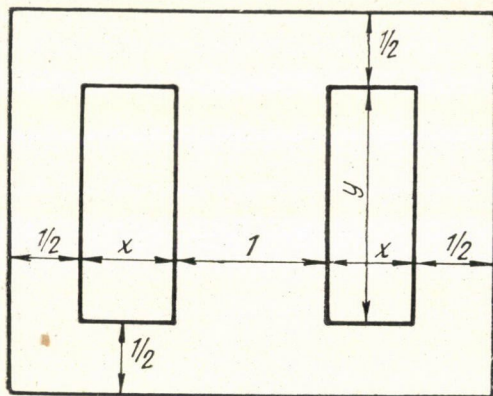
Határozzuk meg a transzformátor fajlagos árát négyzetes oszlopkeresztmetszet esetében. Itt már figyelembe kell venni a hulladékvas árát is.

A transzformátor elkészítéséhez szükséges vas súlya

$$G_v = 2 \gamma_v f_v (1 + x) (1 + y).$$

A felhasznált rézanyag súlya közelítően

$$G_r = 4 \gamma_r f_r xy(1 + x).$$



14. ábra.

A transzformátor ára közelítően

$$Q = 2 \gamma_v f_v p_v (1+x)(1+y) + 4 \gamma_r f_r p_r yx(1+x).$$

A fajlagos ár

$$(13) \quad P(x, y) = 2 \gamma_v f_v p_v \left(1 + \frac{1}{x}\right) \left(1 + \frac{1}{y}\right) + 4 \gamma_r f_r p_r (1+x).$$

Látható, hogy ez a kifejezés az  $y$  ablakhosszúság függvényében monoton csökken. Ezért az előzőekben alkalmazott eljárásunk most nem alkalmazható. SILLENI [2] módszerét fogjuk alkalmazni. A feladatot most a következő módon fogalmazzuk meg. Legyen adva a teljesítmény. Meghatározandók az egyes gazdaságossági szempontok szerint optimális lemezmaglapok méretei. A számításokat részletesen most is csak négyzetes oszlopkeresztmetszet esetén ismer-tetjük, míg a  $\sqrt{2}$ -es oszlopkeresztmetszet esetében csak eredményeket köz-lünk. Megjegyezzük továbbá, hogy SILLENI [2]-ben a vashulladékot nem veszi figyelembe. Tekintve, hogy a vashulladék a transzformátor összes vasanya-gának nem elhanyagolható hányadát jelenti, mi a vashulladékot a gazdasá-gossági számításokban értelemszerűen figyelembe vesszük, és ebben a vonat-kozásban [2]-őt kiegészítjük. Természetesen nem vesszük figyelembe a vas-hulladékot a veszteség, illetve a súlyvizsgálatoknál. A rézköltési tényezőt ezekben a vizsgálatokban csak 0,3 értékkel vesszük tekintetbe.

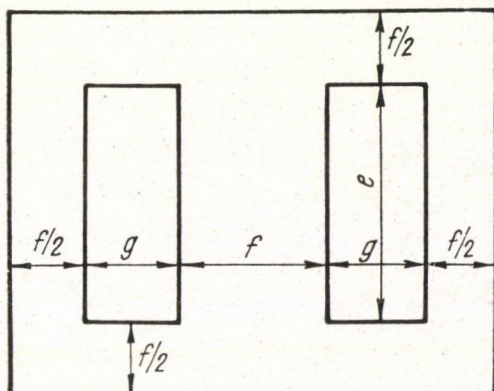
## 6. §. Négyzetes oszlopkeresztmetszetű transzformátorok

### a) Nyersanyag-ár optimum meghatározása

Tekintsünk egy, az alábbi ábrán látható beméretezett lemezmaglapot. Írjuk fel ismét a teljesítményt (1) alapján.

A maximális indukció, áramsűrűség, frekvencia és a kitöltési tényezők sorozatát tartalmazó arányossági tényezőt  $\alpha$ -val jelölve írható, hogy

$$(14) \quad N = \alpha g e f^2.$$



15. ábra.

Vezessük be a következő dimenzió nélküli mennyiségeket

$$(15) \quad \mu^4 = \frac{f^2}{ge},$$

mely az oszlopkeresztmetszet és az ablakkeresztmetszet hányadosa, továbbá legyen

$$(16) \quad \varrho^2 = \frac{e}{g},$$

mely az ablakhosszúság és az ablakszélesség hányadosa.

(15)-ből  $eg$ -t kifejezve és (14)-be helyettesítve írható, hogy

$$(17) \quad N = \alpha \frac{f^4}{\mu^4}.$$

Ebből

$$f^2 = \sqrt{\frac{N}{\alpha}} \mu^2 = C^2 \mu^2$$

mert a gyök alatti mennyiség állandó, ha a teljesítményt rögzítjük. Következésképp

$$(18) \quad f = C \mu.$$

Határozzuk meg most a transzformátor nyersanyag-árát. A vasanyag áránál figyelembe vesszük a lemez sajtolásánál keletkező hulladékvasat is. A vas ára

$$P_v = 2 \gamma_v f_v p_v f(f+e)(f+g).$$

A rézanyag ára a közepes menethossz figyelembevételével közelítően

$$P_r = 4 \gamma_r f_r p_r (f+g) eg.$$

A transzformátor ára tehát

$$(19) \quad P_v + P_r = 2\gamma_v f_v p_v f(f+e)(f+g) + 4\gamma_r f_r p_r f(f+g) eg$$

(15) és (16)-ból kapjuk, hogy

$$(20) \quad g = \frac{f}{\mu^2 \varrho},$$

$$e = \frac{f \varrho}{\mu^2}.$$

(20)-at (19)-be helyettesítve nyerjük a következőt:

$$(21) \quad P_r + P_v = 2\gamma_v f_v p_v f^3 \left(1 + \frac{1}{\mu^2 \varrho}\right) \left(1 + \frac{\varrho}{\mu^2}\right) + 4\gamma_r f_r p_r f^3 \left(1 + \frac{1}{\mu^2 \varrho}\right) \frac{1}{\mu^4}.$$

Végezetül (21)-be (18)-at helyettesítve a transzformátor árara a következőt kapjuk:

$$(22) \quad P_r + P_v = 2C^3 \gamma_v f_v p_v \left(\mu^3 + \frac{\mu}{\varrho}\right) \left(1 + \frac{\varrho}{\mu^2}\right) + 4C^3 \gamma_r f_r p_r \left(1 + \frac{1}{\mu^2 \varrho}\right) \frac{1}{\mu}.$$

Mivel a teljesítményt rögzítettük, az egyenletet  $2C^3 \gamma_r f_r p_r$ -rel végigoszthatjuk és ismét bevezetve a  $A_a = \frac{\gamma_v f_v p_v}{\gamma_r f_r p_r}$  mennyiséget, az optimum meghatározására a következő kétváltozós függvény szélsőértékét kell kiszámítani.

$$(23) \quad F(\mu, \varrho) = 2 \left(\frac{1}{\mu} + \frac{1}{\mu^3 \varrho}\right) + A_a \left(\mu^3 + \frac{\mu}{\varrho} + \mu \varrho + \frac{1}{\mu}\right).$$

Ha már ismeretesek az optimális  $\mu$  és  $\varrho$  értékek, akkor az ismert, előírt teljesítményből (18) alapján az optimális transzformátor-lemezmaglap oszlop-mérete, (20) alapján pedig az ablakméretei számíthatók ki. (23) parciális deriváltjait kiszámítva és őket zérussal egyenlővé téve kapjuk a következő kétismeretlenes egyenletrendszer:

$$(24) \quad \frac{\partial F}{\partial \mu} = -2 \left(\frac{1}{\mu^2} + \frac{3}{\varrho \mu^4}\right) + A_a \left(3\mu^2 + \varrho + \frac{1}{\varrho} - \frac{1}{\mu^2}\right) = 0$$

$$\frac{\partial F}{\partial \varrho} = -\frac{2}{\mu^3 \varrho^2} + A_a \left(\mu - \frac{\mu}{\varrho^2}\right) = 0.$$

Meg kívánjuk jegyezni, hogy a négyzetes oszlopperesztmetszetű transzformátor tárgyalásánál Silleni [2]-ben az ablakméretek hányadosára jellemző  $\varrho$  mennyiséget paraméternek tekinti, melynek különböző konstans értékeket adva (23)-at, mint  $\mu$  függvényét vizsgálja. Mi az  $\varrho$  mennyiségét is változónak tekintjük, látni fogjuk, hogy a (24) egyenletrendszer egyszerűen megoldható. Röviden vázoljuk a megoldás menetét. A hosszadalmas számítások ismerte-

tését — melyekben egyébként semmi elvi nehézség nincs — mellőzzük. A (24) egyenletrendszer második egyenletéből

$$(25) \quad \varrho = + \sqrt{\frac{2 + A_a \mu^4}{A_a \mu^4}}.$$

Ezt az első egyenletbe behelyettesítve egyszerű, de hosszadalmas számolással a következő redukálható tizenkettedfokú egyenletre jutunk

$$(26) \quad 9A_a^3 \mu^{12} + A_a^2(6 - 10 A_a) \mu^8 + A_a(A_a^2 + 8 A_a - 20) \mu^4 + 2 A_a^2 - 8 A_a + 8 = 0.$$

Vezessük be a következő helyettesítést:

$$(27) \quad t = \mu^4.$$

Ily módon a következő harmadfokú egyenletet kapjuk:

$$(28) \quad 9A_a^3 t^3 + A_a^2(6 - 10 A_a) t^2 + A_a(A_a^2 + 8 A_a - 20) t + 2 A_a^2 - 8 A_a + 8 = 0.$$

Ennek pozitív gyökeit meghatározzuk. Az ezekhez tartozó pozitív  $\mu$  értékeket (27)-ből határozzuk meg. Ezekután (25)-ből kiszámítjuk a megfelelő  $\varrho$  értékeket is. Az az  $(\mu, \varrho)$  értékpár szolgáltatja az optimumot, mely kielégíti a (24) egyenletrendszert. Ez viszont most már egyszerű behelyettesítéssel eldönthető.<sup>3</sup>

Vezessük be a százalékos gazdaságossági eltérést a következő definícióval. Legyen  $M(\mu, \varrho)$  a tetszőleges  $(\mu, \varrho)$  értékkel bíró transzformátor és az ugyanolyan teljesítményű optimális  $(\mu, \varrho)$  értékekkel bíró transzformátor árai különbségének, a tetszőleges  $(\mu, \varrho)$  értékekkel bíró transzformátor árával képezett hányadosának százalékos értéke.

Ekkor per definitionem

$$(29) \quad M(\mu, \varrho) \% = 100 \left[ 1 - \frac{2 \left( \frac{1}{\mu_{opt}} + \frac{1}{\mu_{opt}^3 \varrho_{opt}} \right) + A_a \left( \mu_{opt}^3 + \frac{\mu_{opt}}{\varrho_{opt}} + \mu_{opt} \varrho_{opt} + \frac{1}{\mu_{opt}} \right)}{2 \left( \frac{1}{\mu} + \frac{1}{\mu^3 \varrho} \right) + A_a \left( \mu^3 + \frac{\mu}{\varrho} + \mu \varrho + \frac{1}{\mu} \right)} \right].$$

## b) Veszteség optimum meghatározása

Ebben az esetben a vasveszteség kiszámításánál a hulladékvasat természetesen nem kell figyelembe venni. A 15. ábra alapján a vasban fellépő veszteség

$$V_v = 2 \gamma_v f_v W_v f^2 (f + e + g).$$

A rézveszteség

$$V_r = 4 f_r W_r (f + g) e g.$$

<sup>3</sup> Természetesen (24) teljesülése a minimum létezésének csupán szükséges feltétele. Azonban könnyen belátható, hogy  $\frac{\partial^2 F}{\partial \mu^2} > 0$  akár tetszőleges pozitív  $\mu$  és  $\varrho$  esetében, továbbá kimutattuk, hogy az optimális  $\mu$  és  $\varrho$  esetében a  $\frac{\partial^2 F}{\partial \mu^2} \frac{\partial^2 F}{\partial \varrho^2} - \left( \frac{\partial^2 F}{\partial \mu \partial \varrho} \right)^2 > 0$  feltétel is teljesül. Ez a további számításokra is vonatkozik (lásd b), c), d)).

Tehát az egész veszteség

$$(30) \quad V_v + V_r = 2 \gamma_v f_v W_v f^2 (f + e + g) + 4 f_r W_r (f + g) e g.$$

(15), (16), (18) és (20) alapján a probléma a következő kétváltozós függvény szélsőértékének meghatározására van visszavezetve:

$$(31) \quad F(\mu, \varrho) = 2 \left( \frac{1}{\mu} + \frac{1}{\mu^3 \varrho} \right) + A_b \left( \mu^3 + \mu \varrho + \frac{\mu}{\varrho} \right),$$

ahol

$$(32) \quad A_b = \frac{\gamma_v f_v W_v}{f_r W_r}.$$

A parciális deriváltakat kiszámítva

$$(33) \quad \frac{\partial F}{\partial \mu} = -2 \left( \frac{1}{\mu^2} + \frac{3}{\varrho \mu^4} \right) + A_b \left( 3 \mu^2 + \varrho + \frac{1}{\varrho} \right) = 0,$$

$$\frac{\partial F}{\partial \varrho} = -\frac{2}{\varrho^2 \mu^3} + A_b \left( \mu - \frac{\mu}{\varrho^2} \right) = 0$$

kétismeretlenes egyenletrendszerre jutunk. A megoldás menete teljesen analóg az a) esetben vizsgáltéval.  $t = \mu^4$  helyettesítéssel a következő harmadfokú algebrai egyenletre jutunk:

$$(34) \quad 9 A_b^3 t^3 + 2 A_b^2 (3 - 2 A_b) t^2 + A_b (16 A_b - 20) t - 16 A_b + 8 = 0.$$

Ennek pozitív gyökeit meghatározzuk, majd figyelembe vesszük, hogy

$$\mu = + \sqrt[4]{t}$$

és a (33) alsó egyenletéből

$$\varrho = + \sqrt{\frac{2 + A_b \mu^4}{A_b \mu^4}}.$$

Több pozitív gyök esetén az az  $(\mu, \varrho)$  értékpár, az optimum, mely utólagos visszahelyettesítés elvégzésével (33)-t kielégíti.

A százalékos gazdaságossági eltérés pedig

$$(35) \quad M(\mu, \varrho)\% = 100 \left[ 1 - \frac{2 \left( \frac{1}{\mu_{opt}} + \frac{1}{\mu_{opt}^3 \varrho_{opt}} \right) + A_b \left( \mu_{opt}^3 + \mu_{opt} \varrho_{opt} + \frac{\mu_{opt}}{\varrho_{opt}} \right)}{2 \left( \frac{1}{\mu} + \frac{1}{\mu^3 \varrho} \right) + A_b \left( \mu^3 + \mu \varrho + \frac{\mu}{\varrho} \right)} \right].$$

### c) Súly optimum meghatározása

(15), (16), (18), (20), (31), (33), (34) és (35) összefüggések itt is érvényesek. Ebben az esetben

$$(36) \quad A_c = \frac{\gamma_v f_v}{\gamma_r f_r}.$$

### d) Nyersanyag-ár + energiafogyasztási ár optimumának meghatározása

A transzformátor nyersanyag-árának és az energiafogyasztás árának összegét a geometriai méretek függvényében felírva, majd alkalmazva (15), (16), (18) és (20) összefüggéseket, a) és b)-vel analóg módon a feladat a következő függvény szélsőértékének meghatározására van visszavezetve

$$(37) \quad F(\mu, \varrho) = 2 \left( \frac{1}{\mu} + \frac{1}{\mu^3 \varrho} \right) + E \left( \mu^3 + \mu \varrho + \frac{\mu}{\varrho} \right) + \frac{S}{\mu}$$

$$(38) \quad E = \frac{\gamma_v f_v (p_v + W_v T \vartheta 10^{-3})}{f_r (\gamma_r p_r + W_r T \vartheta 10^{-3})}$$

$$(38) \quad S = \frac{\gamma_v f_v p_v}{\gamma_r f_r p_r + f_r W_r T \vartheta 10^{-3}}$$

A parciális deriváltak

$$(39) \quad \frac{\partial F}{\partial \mu} = -2 \left( \frac{1}{\mu^2} + \frac{3}{\varrho \mu^4} \right) + E \left( 3\mu^2 + \varrho + \frac{1}{\varrho} \right) - \frac{S}{\mu^2},$$

$$(39) \quad \frac{\partial F}{\partial \varrho} = -2 \frac{1}{\mu^3 \varrho^2} + E \left( \mu - \frac{\mu}{\varrho^2} \right).$$

Teljesen hasonló módon eljárva, mint az előző esetekben, a következő harmadfokú egyenletet nyerjük

$$(40) \quad 9E^3 t^3 + 2E^2 [9 - 3(S + 2) - 2E] t^2 + E[16 + (S + 2)^2 - 12(S + 2)] t + 2(S + 2)^2 - 16E = 0.$$

Ennek meghatározzuk pozitív gyökeit, majd figyelembe vesszük, hogy

$$\mu = + \sqrt[4]{t}$$

és (39) alsó egyenletéből

$$\varrho = + \sqrt{\frac{2 + E \mu^4}{E \mu^4}}$$

Több pozitív gyök esetén az a  $\mu, \varrho$  értékpár az optimum, mely utólagos visszahelyettesítéssel (39)-et kielégíti.

A százalékos gazdaságossági eltérés

$$(41) \quad M(\mu, \varrho) \% = 100 \left[ 1 - \frac{2 \left( \frac{1}{\mu_{opt}} + \frac{1}{\mu_{opt}^3 \varrho_{opt}} \right) + E \left( \mu_{opt}^3 + \mu_{opt} \varrho_{opt} + \frac{\mu_{opt}}{\varrho_{opt}} \right) + \frac{S}{\mu_{opt}}}{2 \left( \frac{1}{\mu} + \frac{1}{\mu^3 \varrho} \right) + E \left( \mu^3 + \mu \varrho + \frac{\mu}{\varrho} \right) + \frac{S}{\mu}} \right]$$

### 7. §. $\sqrt{2}$ -es oszlopkérszmetű transzformátorok

Erre vonatkozólag csupán eredmények közlésére szorítkoztunk, tekintve, hogy a számítások elvileg az előzőekkel teljesen megegyeznek.

### a) Nyersanyag-ár optimum meghatározása

Az optimális  $(\mu, \varrho)$  értékek kielégítik az alábbi kétismeretlenes egyenlet-rendszert:

$$(43) \quad \begin{aligned} -\frac{1 + \sqrt{2}}{\mu^2} - \frac{6}{\mu^4 \varrho} + \sqrt{2} A_a \left( 3\mu^2 + \frac{1}{\varrho} + \varrho - \frac{1}{\mu^2} \right) &= 0, \\ -\frac{2}{\mu^3 \varrho^2} + \sqrt{2} A_a \left( \mu - \frac{\mu}{\varrho^2} \right) &= 0, \end{aligned}$$

ahol

$$A_a = \frac{\gamma_v f_v p_v}{\gamma_r f_r p_r}.$$

(43)-ból kapjuk a következő harmadfokú egyenletet:

$$(44) \quad 18\sqrt{2} A_a^3 t^3 + 4 A_a^2 [6 - 3\sqrt{2} - 5\sqrt{2} A_a] t^2 + [2\sqrt{2} A_a^3 + (12 + 4\sqrt{2}) A_a^2 - (20 + 9\sqrt{2}) A_a] t + 4 A_a^3 + (8 - 12\sqrt{2}) A_a + 6 + 4\sqrt{2} = 0.$$

Ennek meghatározzuk pozitív gyökeit, majd figyelembe vesszük, hogy

$$\mu = + \sqrt[4]{t}$$

és (43) alsó egyenletéből

$$(45) \quad \varrho = + \sqrt{\frac{\sqrt{2} A_a \mu^4 + 2}{\sqrt{2} A_a \mu^4}}.$$

Több pozitív  $t$  gyök esetében az az  $(\mu, \varrho)$  értékpár szolgáltatja az optimumot, mely utólagos visszahelyettesítés elvégzésével (43)-at kielégíti.

A százalékos gazdaságossági eltérés:

$$(46) \quad \begin{aligned} M(\mu, \varrho)\% &= \\ &= 100 \left[ 1 - \frac{\frac{1 + \sqrt{2}}{\mu_{opt}} + \frac{2}{\mu_{opt}^3 \varrho_{opt}} + \sqrt{2} A_a \left( \mu_{opt}^3 + \frac{\mu_{opt}}{\varrho_{opt}} + \mu_{opt} \varrho_{opt} + \frac{1}{\mu_{opt}} \right)}{\frac{1 + \sqrt{2}}{\mu} + \frac{2}{\mu^3 \varrho} + \sqrt{2} A_a \left( \mu^3 + \frac{\mu}{\varrho} + \mu \varrho + \frac{1}{\mu} \right)} \right]. \end{aligned}$$

### b) Veszteségoptimum meghatározása

Az optimális  $(\mu, \varrho)$  értékek kielégítik az alábbi kétismeretlenes egyenlet-rendszert:

$$(47) \quad \begin{aligned} -\frac{1 + \sqrt{2}}{\mu^2} - \frac{6}{\mu^4 \varrho} + \sqrt{2} A_b \left( 3\mu^2 + \frac{1}{\varrho} + \varrho \right) &= 0, \\ -\frac{2}{\mu^3 \varrho^2} + \sqrt{2} A_b \left( \mu - \frac{\mu}{\varrho^2} \right) &= 0, \end{aligned}$$



ahol

$$A_b = \frac{\gamma_v f_v W_v}{f_r W_r}.$$

(47)-ből kapjuk a következő harmadfokú egyenletet:

$$(48) \quad 18\sqrt{2} A_b^3 t^3 + 4 A_b^2 (6 - 3\sqrt{2} - 2\sqrt{2} A_b) t^2 + A_b (32 A_b - 9\sqrt{2} - 20) t + 6 + 4\sqrt{2} - 16\sqrt{2} A_b = 0.$$

Ennek meghatározzuk pozitív gyökeit, majd figyelembe vesszük, hogy

$$\mu = + \sqrt[4]{t}$$

és (47) alsó egyenletéből

$$(49) \quad \varrho = \sqrt{\frac{\sqrt{2} A_b \mu^4 + 2}{\sqrt{2} A_b \mu^4}}.$$

Több pozitív  $t$  gyök esetében az az  $(\mu, \varrho)$  értékpár szolgáltatja az optimumot, mely utólagos visszahelyettesítés elvégzésével (47)-et kielégíti.

A százalékos gazdaságossági eltérés:

$$(50) \quad M(\mu, \varrho)\% = 100 \left[ 1 - \frac{\frac{1 + \sqrt{2}}{\mu_{opt}} + \frac{2}{\mu_{opt}^3 \varrho_{opt}} + \sqrt{2} A_b \left( \mu_{opt}^3 + \frac{\mu_{opt}}{\varrho_{opt}} + \mu_{opt} \varrho_{opt} \right)}{\frac{1 + \sqrt{2}}{\mu} + \frac{2}{\mu^3 \varrho} + \sqrt{2} A_b \left( \mu^3 + \frac{\mu}{\varrho} + \mu \varrho \right)} \right].$$

### c) Súlyoptimum meghatározása

Az eredmények b) eredményeivel megegyeznek. Itt

$$(51) \quad A_c = \frac{\gamma_v f_v}{\gamma_r f_r}.$$

### d) Nyersanyag-ár + energiafogyasztási ár optimum meghatározása

Az optimális  $(\mu, \varrho)$  értékek kielégítik az alábbi kétismeretlenes egyenlet-rendszert:

$$(52) \quad -\frac{1 + \sqrt{2}}{\mu^2} - \frac{6}{\varrho \mu^4} + \sqrt{2} E \left( 3 \mu^2 + \varrho + \frac{1}{\varrho} \right) - \frac{\sqrt{2} S}{\mu^2} = 0$$

$$-\frac{2}{\mu^3 \varrho^2} + \sqrt{2} E \left( \mu - \frac{\mu}{\varrho^2} \right) = 0$$

lásd (38)-at.

(52)-ből kapjuk a következő harmadfokú egyenletet:

$$(53) \quad 18\sqrt{2} E^3 t^3 + 4 E^2 (6 - 3\sqrt{2} - 3\sqrt{2} S - 2\sqrt{2} E) t^2 + E [2\sqrt{2} S^2 + (4\sqrt{2} - 20) S - 9\sqrt{2} - 20 + 32 E] t + 4 S^2 + (8 + 4\sqrt{2}) S + 6 + 4\sqrt{2} - 16\sqrt{2} E = 0.$$

Ennek meghatározzuk pozitív gyökeit, majd figyelembe vesszük, hogy

$$\mu = + \sqrt[4]{t}$$

és (52) alsó egyenletéből

$$(54) \quad \varrho = + \sqrt{\frac{\sqrt{2} E \mu^4 + 2}{\sqrt{2} E \mu^4}}.$$

Több pozitív  $t$  gyök esetében az az  $(\mu, \varrho)$  értékpár szolgáltatja az optimumot, mely utólagos visszahelyettesítés elvégzésével (52)-öt kielégíti.

A százalékos gazdaságossági eltérés:

$$(55) \quad M(\mu, \varrho)\% = 100 \left[ 1 - \frac{\frac{1 + \sqrt{2}}{\mu_{opt}} + \frac{2}{\mu_{opt}^3 \varrho_{opt}} + \sqrt{2} E \left( \mu_{opt}^3 + \mu_{opt} \varrho_{opt} + \frac{\mu_{opt}}{\varrho_{opt}} \right) + \frac{\sqrt{2} S}{\mu_{opt}}}{\frac{1 + \sqrt{2}}{\mu} + \frac{2}{\mu^3 \varrho} + \sqrt{2} E \left( \mu^3 + \mu \varrho + \frac{\mu}{\varrho} \right) + \frac{\sqrt{2} S}{\mu}} \right].$$

### 8. §. Szabványlemezmaglakok vizsgálata. Összefoglalás

Az előzőekben ismertetett módszer alapján foglalkoztunk a (KGMSZ 635.438 szabvány 92-231) mm főméretekig terjedő lemezmaglakok gazdaságossági problémáival. A vizsgált szabványban szereplő lemezmaglakok gazdaságossági tulajdonságai igen egyszerűen leolvashatók a 16. és 17. ábrán feltüntetett 1. és 2. táblázatból. A táblázatokon az első főoszlop tartalmazza a szabványméreteket, ezután következik négy főoszlop (ár, veszteség, súly, ár + energiafogyasztás). Ezen főoszlopok öt oszlopot tartalmaznak, melyek sorrendben az optimális méretű lemezmaglaptól való százalékos gazdaságossági eltérést és magukat a minimalizáló méreteket tartalmazzák. Az optimális oszlopméret meghatározásánál a teljesítmény kiszámítása mellőzhető. Ugyanis a (18) összefüggés alapján írható, hogy

$$(56) \quad f = C \mu.$$

A teljesítményt rögzítve a minimalizáló oszlopméretű lemezmaglagra a következő írható fel:

$$(57) \quad f_m = C \mu_{opt}.$$

(56) és (57)-ből a teljesítményt tartalmazó faktort kiküszöbölve kapjuk, hogy

$$(58) \quad f_m = \frac{\mu_{opt}}{\mu} f.$$

A szóbanforgó táblázatokon a vizsgált lemezmaglapok következő tulajdonságai olvashatók le.

I. Ár, veszteség, ár + energiafogyasztás szempontjából, tehát népgazdasági szempontból a lemezmaglapok a széles ablakméretek miatt nem gazdaságosak. Veszteség (hatásfok) szempontjából a lemezmaglapok még valamivel rosszabbak is, mint nyersanyag-ár szempontjából. Az optimális, minimalizáló geometriai méretek erősen eltérnek a szabványméretektől. Az optimális lemezek széles oszlopmeretűek keskeny ablakkal.

II. Súly szempontjából a vizsgált lemezmaglapok gyakorlatilag teljesen gazdaságosoknak mondhatók. Bár geometriai méretekben mutatkozik némi eltérés, a százalékos gazdaságossági eltérés elenyésző.

Érdekes, hogy eredményeink a hulladékmentesen sajtolható lemezmaglapokra vonatkozó eredményekkel teljesen ellenkező jellegűek. Míg a hulladékmentesen sajtolható EI szabványlemezmaglapok ár, veszteség, energiafogyasztási ár szempontjából igen gazdaságosak, addig utóbbi vizsgálatainkban szereplő lemezmaglapok súly szempontjából optimális méretűek. Célszerűnek mutatkozik tehát, speciális célokra készült transzformátoroktól eltekintve a hulladékmentesen sajtolható EI lemezmaglapok nagyobb transzformátorok esetén is való alkalmazása.

1. Táblázat

Négyzetes oszlopkeresztmetszet																		
			Ár				Veszteség				Súly				Ár + energiafogyasztás			
f	e	g	M%	f <sub>m</sub>	e <sub>m</sub>	g <sub>m</sub>	M%	f <sub>m</sub>	e <sub>m</sub>	g <sub>m</sub>	M%	f <sub>m</sub>	e <sub>m</sub>	g <sub>m</sub>	M%	f <sub>m</sub>	e <sub>m</sub>	g <sub>m</sub>
23	51	23	33	37	37	12	39	39	37	11	0,25	23	57	21	37	38	37	12
29	56	24	24	43	43	14	30	45	43	13	1,2	26	66	24	28	44	43	14
35	70	30	26	52	53	18	32	55	53	16	0,78	32	61	30	30	54	53	17
40	80	35	26	60	61	20	33	63	60	19	0,67	37	93	35	31	62	61	19
45	95	40	28	69	70	23	34	73	69	21	0,38	43	107	40	32	71	69	22
55	125	42,5	24	83	84	28	30	87	83	25	1,2	51	128	48	28	88	83	26
65	144	50,5	24	97	98	33	30	103	98	30	1,2	60	151	56	28	101	98	31

16. ábra.

2. Táblázat

√2-es oszlopkeresztmetszet																		
			Ár				Veszteség				Súly				Ár + energiafogyasztás			
f	e	g	M%	f <sub>m</sub>	e <sub>m</sub>	g <sub>m</sub>	M%	f <sub>m</sub>	e <sub>m</sub>	g <sub>m</sub>	M%	f <sub>m</sub>	e <sub>m</sub>	g <sub>m</sub>	M%	f <sub>m</sub>	e <sub>m</sub>	g <sub>m</sub>
23	51	23	26	35	37	14	32	37	37	12	0,69	21	59	23	30	36	37	13
29	56	24	18	41	43	16	24	43	43	14	3,6	25	68	27	22	42	43	15
35	70	30	20	50	53	20	25	52	53	18	2,8	31	84	33	23	52	53	18
40	80	35	20	57	60	22	26	60	60	20	2,5	35	96	38	24	59	60	21
45	95	40	21	66	69	26	27	69	69	23	2,0	40	110	43	25	68	69	24
55	125	42,5	18	79	83	31	24	83	83	28	3,7	48	132	52	21	82	83	29
65	144	50,5	18	93	98	38	23	98	98	33	3,7	57	155	61	21	95	98	34

17. ábra.

Végezetül összefoglaljuk számításaink eredményeit.

I. Széles ablakú lemezmaglapok a súly szempontjából gazdaságosak.

II. Hulladékmentesen sajtoltató EI lemezmaglapok esetében az összes többi szempontból számított optimumok helyei egybeesnek.

Meg kívánjuk jegyezni, hogy egy későbbi cikkünkben transzformátorok anyagainak gazdaságossági problémáival kívánunk foglalkozni.

Köszönetet mondunk POLITU KULA tudományos s. munkatársnak, aki a problémával kapcsolatos numerikus és grafikus munkák elvégzésével segítségünkre volt.

(Beérkezett: 1960. nov. 1.)

#### IRODALOM

- [1] NÁDAS T.—FÉNYES T.: „Lemezmaglapok gazdaságosságának vizsgálata.” *Magyar Híradástechnika*, X. (1959) 115—119.  
 [2] SILLENI, S.: „Proporzionamento economico di piccoli trasformatori.” *Tecnica Italiana*, 1947. 231—235.

### UNTERSUCHUNG DER ALLGEMEINEN GEOMETRISCHEN WIRTSCHAFTLICHKEIT DER KERNBLECHE VON KLEINTRANSFORMATOREN

T. FÉNYES und T. NÁDAS

#### Zusammenfassung

Autoren befassten sich in [1] mit dem Problem der geometrischen Wirtschaftlichkeit der Transformatoren-Kernbleche mit genormten Abmessungen. Sie haben die relativen geometrischen Masse der wirtschaftlichsten, abfalllosen EI Kernbleche bestimmt (siehe [1]) und befassten sich auch mit der Frage der Abweichung vom Optimum solcher Kernbleche, deren Abmessungen den DIN entsprechen. Autoren lösten das Problem ausschliesslich indem sie den Preis das Eisen- und Kupfermaterials in Betracht zogen. Das Problem hat eine grosse volkswirtschaftliche Bedeutung, da bei Verwendung von Kernblechen mit Abmessungen, die aus dem Standpunkt der Wirtschaftlichkeit nicht entsprechen, überflüssiger Weise Kupfer- und Eisenmaterial verschwendet wird. Dies kann in Betracht der bedeutenden Kapazität der ungarischen Schwachstrom-Industrie, einen grossen Verlust bedeuten.

Diese Untersuchungen aber lieferten nur die spezielle Lösung des Problems. Aus volkswirtschaftlichem Standpunkt ist es sehr wichtig, dass die Transformatoren einen guten Wirkungsgrad haben. Deshalb soll bei ihnen der auftretende Verlust klein und der Preis der während der Betriebszeit in ihnen verloren gehenden elektrischen-Energie niedrig sein. In vielen Fällen ist es wichtig Kernbleche mit solchen Abmessungen zu verwenden, mit denen ein aus dem Gesichtspunkt des Gewichts, optimaler Transformator hergestellt werden kann. Man sieht, dass das Problem aus verschiedenen Gesichtspunkten der Wirtschaftlichkeit verallgemeinert werden kann.

Man muss aber in Betracht ziehen, dass die ungarische Schwachstrom-Industrie nicht nur abfalllose Kernbleche mit aus den DIN übernehmenden Abmessungen benützt; sondern auch EI Kernbleche mit einem kleinen Abfall (KGMSZ. Norme 635.438, Hauptmass 92—231 mm). So bestehen daher alle vorerwähnte Wirtschaftlichkeits-Fragen sinngemäss auch im Falle der letzteren Kernblechen. Bei diesen Kernblechen besteht kein mathematischer Zusammenhang zwischen einzelnen Massen, wie im Fall von abfalllosen Kernblechen. So sieht man, dass das Grundproblem auch auf den Fall von Kernblechen mit allgemeiner Form verallgemeinert werden kann.

Die Autoren befassen sich in dieser Abhandlung mit den Problemen der allgemeinen geometrischen Wirtschaftlichkeit der abfalllosen EI Kernblechen, sowie der Kernblechen ohne geometrischer Gebundenheit. Beider Untersuchung der abfalllosen Kernblechen arbeiten sie eine mathematische Methode aus, mit deren Hilfe das Problem sehr einfach behandelt werden kann. In letzteren Fall, bei Kernblechen mit allgemeiner Form, wird die Methode von SILLENI [2] von den Verfassern angewendet, die sie etwas erweitern. Die Verfasser untersuchen — in Kenntniss der Kernbleche mit optimaler Abmessung — die wirtschaftliche Abweichung der genormten Masse von den optimalen Massen. Die Ergebnisse der Berechnungen sind von den Verfassern in leicht handhabbaren Diagrammen, resp. Tabellen angeführt.

## ОБЩИЕ ПРОБЛЕМЫ О ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ ПЛАСТИНОЧНЫХ ЯДЕРНЫХ ЛИСТОВ КАРЛИКОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

T. FÉNYES и T. NÁDAS

### Резюме

Авторы в работе [1] занимались проблемой геометрической экономичности пластиночных ядерных листов трансформаторов стандартных размеров. Они определили относительные геометрические размеры наиболее экономичных прессуемых без отбросов пластинок EI и занимались вопросом об экономическом отклонении от оптимума пластинок размеров, данных стандартом DIN. Авторы решили задачу, принимая во внимание лишь цену используемого железа и меди. Проблема имеет большое народно-хозяйственное значение, так как в случае использования пластинок, размеры которых не хороши с точки зрения экономичности, напрасно расходуется медь и железо, что приносит большой ущерб государству.

Однако эти исследования дали лишь специальное решение проблемы. Для народного хозяйства важно и то, чтобы трансформаторы имели высокую эффективность, т. е. чтобы потери железа и меди были относительно незначительны и поэтому были бы незначительны и потери электричества за все время работы. Часто важно применение пластинок таких размеров, чтобы из них можно было бы изготовить трансформатор оптимального веса. Можно видеть, что на основании различных факторов экономичности задача может быть обобщена.

Нужно принять во внимание, что венгерская промышленность использует и пластинки EI, прессуемые с небольшими потерями, с размерами,

взятыми из стандарта DIN (стандарт KGMSZ 635.438, основной размер 92—213 мм). Таким образом все указанные вопросы экономичности переносятся и на эти пластинки. Для этих пластинок нет функциональной зависимости между отдельными размерами, как в случае пластинок, прессуемых без потерь. Таким образом видно, что исходная проблема может быть обобщена и для пластиночного ядерного листа общей формы.

В настоящей работе авторы занимаются общими вопросами экономичности пластиночных ядерных листов обоих типов. При исследовании пластиночного ядерного листа без потерь они разрабатывают математический метод, с помощью которого проблема может очень просто изучаться. В более общем случае они используют метод SILLENT [2], несколько дополняя его. Зная пластиночные ядерные листы оптимальных размеров, авторы исследуют экономическое расхождение между стандартными оптимальными, размерами. Результаты расчета они дают в виде удобных в обращении диаграмм и таблиц.