

UNIVERSITATEA “BABEȘ-BOLYAI” CLUJ-NAPOCA  
FACULTATEA DE FIZICĂ  
SPECIALIZAREA FIZICĂ TEHNOLOGICĂ



**LUCRARE DE LICENȚĂ**

Coordonator științific:  
Conf. dr. Simon Alpár

Absolvent:  
Kisjancsi András

UNIVERSITATEA “BABEȘ-BOLYAI” CLUJ-NAPOCA  
FACULTATEA DE FIZICĂ  
SPECIALIZAREA FIZICĂ TEHNOLOGICĂ



**LUCRARE DE LICENȚĂ**

**STUDIUL EXPERIMENTAL AL AUTOTRANSFORMATORULUI**

Coordonator științific:  
Conf. dr. Simon Alpár

Absolvent:  
Kisjancsi András

Babeş-Bolyai Tudományegyetem Kolozsvár

Fizika kar

Mérnöki Fizika szak

**ÁLLAMVIZSGA DOLGOZAT**

**TAKARÉKTRANSZFORMÁTOROK KISÉRLETI TANULMÁNYOZÁSA**

Témavezető tanár:

Conf.dr. Simon Alpár

Végzős hallgató:

Kisjancsi András

**Tartalomjegyzék:**

1. Elméleti bevezető.....	6
1.1 Általánosságok transzformátorokról .....	6
1.2 Transzformátorok működése .....	7
1.3 A transzformátorok rövid története.....	8
1.4 Takaréktanszformátorok.....	10
1.5 Klasszikus transzformátor összehasonlítva takaréktanszformátorral.....	11
2. Gyakorlati rész.....	13
2.1 ATR8 paraméterei .....	14
2.2 Takaréktanszformátoron végzett mérések .....	15
2.2.1 Üresjáratú üzemmód .....	16
2.2.2 Rövidzárási üzemmód .....	30
2.2.3 Terhelési üzemmód .....	32
3. Következtetések .....	37
4. Bibliográfia .....	38
5. Mellékletek .....	39
Takaréktanszformátorok mérése #1 .....	39
Takaréktanszformátorok mérése #2 .....	41

## BEVEZETŐ

Az elektrotechnikai szakirodalom szegényes olyan információkban, amelyek a takaréktanszformátorokra jellemző mennyiségek (teljesítmények, feszültségek, áramerősségek, impedanciák stb.) közötti kapcsolatokat szemléltetik. Ugyanakkor a takaréktanszformátor felépítési sajátosságaiból következően az induktivitás- vagy kapacitás mérések igen nehezen kivitelezhetőek, az egyszerűbb rezisztivitás mérések is komoly kihívást jelentenek. Ezen okok miatt lett dolgozatunk motivációja és elsődleges célja olyan mérések végzése, amelyek fényt derítenek az említett kapcsolatokra és mennyiségekre, ugyanakkor összehasonlítva azokat a hagyományos transzformátorokéval, megmutatják az esetleges működési hasonlóságokat vagy eltéréseket, illetve megalapozzák a takaréktanszformátor elméleti modellezését.

A dolgozat első része egy elméleti bevezető, amelyben a transzformátorokról általánosan beszélünk, és tárgyaljuk a működésüket és felépítésüket, majd egy kis történelmi visszatekintő után kitérünk egyik sajátos változatra, a takaréktanszformátorokra. A hagyományos és a takaréktanszformátorok közötti különbségek jobb megértése és áttekintése céljából, egy összehasonlító táblázat formájában szemléltettük és hangsúlyoztuk ki azokat.

A dolgozat gyakorlati részében az ATR-8 típus jelzésű, román gyártmányú takaréktanszformátort vizsgáltuk. A szerkezeti felépítés és méretek szemléltetése után, mindhárom jellegzetes üzemmódban méréseket végeztünk, a mérési adatokat szemléltettük és feldolgoztuk, majd – összhangban a kezdeti motivációkkal és célokkal – levontunk egy pár olyan következtetést, amelyek segítségével tovább folytathatók azok a kísérleti mérések amelyek megalapozhatják egy ilyen típusú transzformátor elméleti modellezését.

## ABSTRACT

The electrical engineering literature is poor in information illustrating the relationships between the quantities (powers, voltages, currents, impedances, etc.) that are typical of autotransformers. At the same time, due to the specificities of the design of the autotransformer, inductance or capacitance measurements are very difficult to perform, and even the simpler resistivity measurements are challenging. For these reasons, the motivation and primary objective of this thesis is to perform measurements that shed light on these relationships and quantities, while comparing them with those of classical transformers, to show possible operational similarities or differences, and to provide a basis for theoretical modelling of the flyback transformer.

In the first part of the thesis, we started with a theoretical introduction, where we talked about transformers in general and discussed their design and construction, and after a short historical review, we will discuss the thrift transformers. To better understand the difference between classical and autotransformers, we have made a table showing the different aspects of autotransformers.

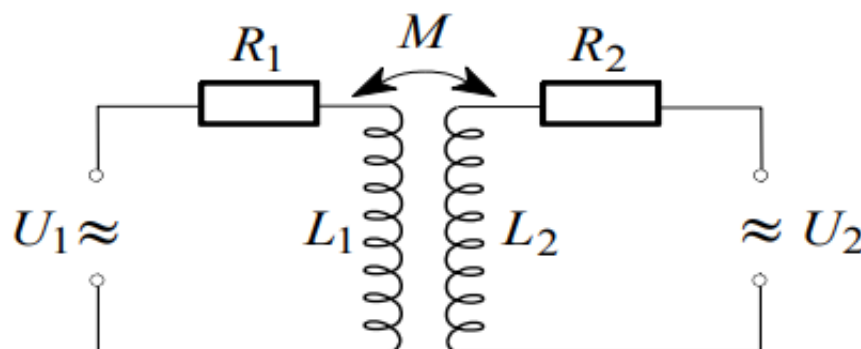
These will lead us to the practical part, where we will start with the ATR-8 type autotransformer and then we will describe its parameters in general terms, so that we can imagine what it looks like in reality. After that, measurements were made in three modes, idle, short circuit and load. In the different cases, the data were tabulated and the results were evaluated, after which some conclusions were drawn.

# 1. ELMÉLETI BEVEZETŐ

## 1.1 Általánosságok transzformátorokról

A váltakozóáramú hálózatok egyik leggyakrabban használt eleme a transzformátor. Alkalmazását az a tulajdonsága indokolja, hogy viszonylag csekély teljesítmény veszteség árán a váltófeszültséget szolgáltató energiaforrás feszültsége tetszés szerinti értékre fel vagy letranszformálható. A transzformátor olyan nyugvó szerkezetű villamos gép, amely a váltakozó áramú villamos teljesítménynek a feszültségét és az áramerősségét alakítja át.

A transzformátor két vagy több egymáshoz szorosan csatolt tekercsből áll. Elvi vázlata, illetve felépítése az 1. ábrán látható. A gyakorlatban a transzformátorokat – eltekintve az egészen magas rádiófrekvenciákon használatos légmagos tekercsesektől – mindig jól mágnesezhető anyagokra tekercselik azért, hogy a szükséges induktivitás minél kisebb menetszámmal legyen megvalósítható. Kisebb menetszám esetén a veszteség is kevesebb.[1]



1.ábra – A transzformátor elvi felépítése

A legegyszerűbb transzformátor két tekercsből áll. A tekercsek közül azt, amelyikre a külső feszültséget kapcsoljuk, primer tekercsnek nevezzük. Ebben a tekercsben folyó áram változó indukciófluxust hoz létre a tekercs belsejében lévő vasmagban, és ez feszültséget indukál a másik tekercsben is. Ezt a tekercset szekunder tekercsnek nevezzük. A működés alapfeltétele a primer oldali váltakozóáramú táplálás, mivel csak a változó mágneses fluxus képes a szekunder oldalon feszültséget kelteni. Ha a primer tekercsre úgy kapcsolunk feszültséget, hogy a szekunder kivezetéseket szabadon hagyjuk, üresjárásról, ha pedig kicsi ellenálláson keresztül zárjuk azokat, rövidzárásról beszélünk. [1]

A transzformátort leggyakrabban a nagy teljesítményű villamos hálózatokban használják a feszültség szint, és ezzel az áram szint megváltoztatására. Ennek jelentősége abban áll, hogy

azonos teljesítmény magasabb feszültségű átviteléhez kisebb áramra van szükség, így az átviteli hálózat ohmos veszteségei, valamint a vezetékek keresztmetszetei jelentősen csökkenthetők, és így lehetővé válik a villamos energia nagy távolságokra történő gazdaságos továbbítása.

## 1.2 Transzformátorok működése

A legegyszerűbb esetben már említett két tekercsre van szükség, (a primer és a szekunder) melyek közös, többnyire zárt vasmagon helyezkednek el. A primer tekercsben a mágneses erővonalak a tekercs belsejében összegződve hozzák létre a mágneses fluxust. Ez a mágneses fluxus minden pillanatban változik, ezért a szekunder tekercsben feszültséget fog indukálni, illetve ha a szekunder tekercs kapcsai egy terheléssel zárt áramkört képeznek, ebben az esetben a körben áram fog folyni. Tehát működés során a primer tekercs váltakozó áramot a nyitott vagy zárt vasmagban változó mágneses fluxust kelt, ami a szekunder áramkörben feszültséget fog indukálni. A szekunder oldalon a terhelés miatt megindul a szekunder áram és így valósul meg az energiaátvitel.

A működéshez elengedhetetlen, hogy a primer oldalon váltakozóáramú táplálás legyen, mivel csak változó mágneses fluxus képes a szekunder oldalon feszültséget kelteni. Alapfeltételekből következik, hogy a két áramkörben a frekvencia azonos illetve a primer és szekunder oldali feszültségek aránya jó közelítéssel a megfelelő oldali tekercsek menetszámainak arányával egyezik meg.

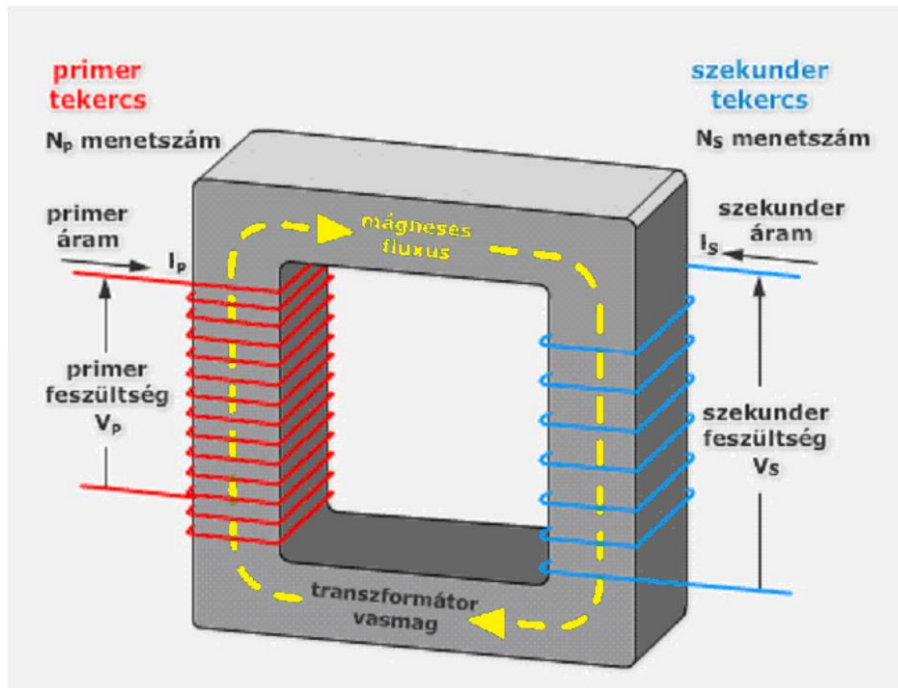
A transzformátorok nagyon jó hatásfokkal működnek, tehát a két teljesítmény gyakorlatilag ugyanakkora, ebből következik, hogy a primer és szekunder oldali áramok durva közelítéssel megegyezik a menetszámáttétel reciprokával.

A transzformátorok esetében az energia felvétele és továbbítása nem szerkezeti tulajdonság, hanem üzemviteli állapot, akármelyik tekercs működhet primer vagy szekunder rendszerként. A transzformátorok a villamos teljesítményt ( $P=U \cdot I$ ) úgy tudják továbbítani, hogy a feszültséget ( $U$ ) növeli és az áramerősséget ( $I$ ) csökkentik. E miatt szállítják a villamos energiát magasfeszültségen (~400 kV), mert a szorzat állandó kell maradjon, viszont a disszipált veszteségek négyzetesen csökkennek, ha az áramerősség kicsi, akkor  $I^2 \ll I$ .

“A primer tekercs huzaljában folyó áram a jobbkézzszabállyal meghatározható irányú mágneses erővonalakat hoz létre, ezek a mágneses erővonalak a tekercs belsejében összegződve hozzák létre az ábrán jelölt mágneses fluxust. Mivel ez a mágneses fluxus pillanatról pillanatra változó, a szekunder tekercsben feszültséget indukál. Ha a szekunder kapcsok egy terheléssel zárt áramkört képeznek, a körben áram folyik. Működése során a transzformátor primer oldalán a váltakozó áram a nyitott vagy zárt vasmagban változó mágneses fluxust kelt, ami a



szekunder áramkörben feszültséget indukál. A szekunder oldalra villamos terhelést kapcsolva megindul a szekunder áram, és ezzel valósul meg az energiaátvitel. A működés alapfeltétele a primer oldali váltakozóáramú táplálás, mivel csak a változó mágneses fluxus képes a szekunder oldalon feszültséget kelteni.”[2] A 2.ábrán a klasszikus transzformátor működését láthatjuk [3].



2. ábra – A transzformátorok áram- és feszültség viszonyai

### 1.3 A transzformátorok rövid története

„Az elektromágneses indukció törvényeit Michael Faraday angol fizikus-kémikus határozta meg 1831-ben. Faraday induktivitás-törvénye azt mondja ki, hogy amikor egy mágneses mező időben változik, elektromos mezőt gerjeszt. Ez az elmélet a transzformátorok működésének alapja.

Az első olyan zárt vasmagú transzformátort, ami energiaátvitelre alkalmas volt, Déri Miksa, Bláthy Ottó Titusz és Zipernowsky Károly szabadalmaztatta 1885-ben, Budapesten. Az alapvető lényege a szabadalomnak az volt, hogy az akkori, 100-150 voltos fényforrások működtetéséhez szükséges elektromos áramot a nagyobb távolságra való eljuttatáshoz meg kellett növelni a feszültséget.” 3.ábrán képen az első transzformátorokat figyelhetjük meg (egy magtranszformátor és egy köpenytranszformátor). [4]



3. ábra – Az első transzformátorok látképe

„Bláthy Ottó és Zipernowsky Károly az akkor már létező nyílt vasmagos, soros kötésű megoldás problémáira rámutatva tovább folytatták a munkát, míg nem 1885. január 2-án benyújtották szabadalom-kérelmüket egy párhuzamos kapcsolású, 1:1-től eltérő, tetszőleges áttételű váltóáramú induktorokkal működő elosztórendszerre. A transzformátor, mint kifejezés, ekkor született. Ez a transzformátor a mai transzformátorok alapja viszont a mostaniak sok fejlesztésén keresztül mentek.” [5]

„Déri és Zipernowsky 1885. január 2-án nyújtották be szabadalomkérelmüket párhuzamos kapcsolású, 1:1-től eltérő, tetszőleges áttételű váltóáramú induktorok alkalmazásán alapuló elosztórendszerre, amely még nyitott vasmagú volt. Márciusban - Bláthyval kiegészülve - már hárman adták be a zárt, pólus nélküli vasmagú trafó szabadalmát, mely a köpeny- és magtranszformátort, továbbá a szigetelt vashuzalból vagy lemezből készült vasmag különböző változatait is magában foglalta. Ekkor használták először a transzformátor szót. A május 2-án megnyílt Magyar Országos Kiállítás teljes világítása már az új elosztási rendszerrel készült, és a berendezés az egész szakmai világ érdeklődését felkeltette. Nagy előnye volt, hogy a távoli lámpákat úgy lehetett ki- és bekapcsolni, hogy a többi fényereje nem változott.

A transzformátor általában adott feszültségű villamos teljesítményt más feszültségű villamos teljesítménnyé alakít át. A villamos teljesítmény annál kisebb veszteséggel szállítható nagy távolságra, minél nagyobb a feszültség. A transzformátoros elosztó rendszer nagy előrelépést

jelentett a villamosenergia-ellátásban: a párhuzamos kapcsolású készülékek feszültsége nagymértékben függetlenedett a terheléstől, a zárt vasmag alkalmazásával a mágnesező áram elfogadható értékre csökkent, és javult a hatásfok.

A feltalálók nevének rövidítéséből világszerte ZBD-modell néven ismertté vált első berendezés luzerni szállodák világításához került, a másodikat az Edison-cég rendelte meg egy milánói színházhoz, az új rendszerre épülő első nagy erőművet Róma városa rendelte.” [6]

#### **1.4 A takaréktanszformátor**

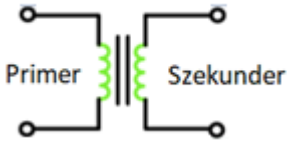
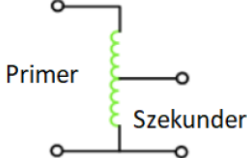
A takaréktanszformátor egy zárt vasmagra felfűzött egyetlen tekercselésből áll amin egy mozgatható csapolás (leágazás) található. A bemeneti (jellegzetesen nagyobb feszültségű) tekercs, vagyis a primer, maga az eredeti tekercs. A leágazás révén elérhető kisebb menetszámú tekercs lesz a kisebb feszültségű, kimeneti tekercs (a szekunder). Nagyon nagy előnye az, hogy kivitelezése és felépítése egyszerűbb, hátránya az, hogy a bemenet és a kimenet között nincs galvanikus leválasztás, ezért csak fokozott érintésvédelmi figyelemmel használható.

A szakirodalomban meghonosodott két másik nevük a takarékkapcsolású transzformátor és az autótanszformátor. [7]

A csapolást figyelve elmondható, hogy az két módon oldható meg. Az egyik lehetőség az, hogy forgó/csúszó mozgás segítségével a kimeneti oldal indukált feszültsége folyamatosan változtatható legyen. A második módszer egynél több leágazást feltételez, értelemszerűen több kimeneti feszültséget eredményezve, de ezek a kimeneti értékek az eszköz kialakításából következően csak ugrásszerűen változtatható feszültségeket tudnak szolgáltatni.

A galvanikus leválasztás és az esetleg mozgatható megcsapolás igen megnehezítik a villamos paraméterek hagyományos méréseit, a rezisztencia, kapacitás, induktivitás és impedancia mérések szinte kivitelezhetetlenek hagyományos mérőeszközökkel.

## 1.5 Klasszikus transzformátor összehasonlítása takaréktanszformátorral [8]

Összehasonlítási szempontok	Klasszikus transzformátor	Takaréktranszformátor
Felépítés:	A transzformátor két vagy több egymáshoz szorosan csatolt tekercsből áll, amely a váltakozó áramú villamos teljesítménynek a feszültségét és az áramerősségét alakítja át.	Egyetlen elektromos tekercseléssel rendelkező transzformátor (a szekunder csapolással vagy érintkezéssel kialakított része a primérnek)
Szigetelés:	A primér és a szekundér tekercsek egymástól galvanikusan leválasztottak (elektromosan szigeteltek).	A primér és a szekundér tekercsek között nincs galvanikus leválasztás (van egy közös részük)
Rajzjel:		
Működési elv:	Kölcsönös indukció	Önindukció
Tekercselések:	külön primér és szekunder (akár több is)	csak egy tekercselés, amely primér és a szekundér tekercselésként is szolgál.
Méretük:	Viszonylag nagyobb méret a különálló (többszörös) tekercselés miatt – innen következik a nagyobb mennyiségű vezetékhasználat	Viszonylag kis méretűek, mivel csak egy tekercselés van (kevesebb felhasznált vezeték)
Gazdasági szempontok:	Kevésbé gazdaságos a nagyobb méret és a karbantartás, illetve az energiaköltségek miatt	Gazdaságosabb és kevésbé költséges
Teljesítményátvitel:	Kizárólag indukción keresztül történik (mivel a primér és	Indukcióval és közvetlen elektromos kapcsolattal is létrejön (mivel a mágneses

	szekunder között csak mágneses kapcsolat van)	csatolás mellett galvanikus érintkezés is van)
Impedancia:	Nagy	Kisebb impedancia a hagyományos transzformátorhoz képest.
Hatékonyosság:	Kevésbé hatékony az üzemeltetés és a karbantartás szempontjából	Hatékonyabb.
Veszteségek:	Több tekercselés, így több veszteség.	A veszteségek lényegesen kisebbek.
Kimeneti feszültség:	Állandó (hacsak nem alkalmaznak csapolásokat a szekunderen)	Változó (szükség esetén könnyen változtatható).
Gerjesztő áram:	Nagy	Kicsi
Alkalmazások:	A feszültség fel- és leszabályozásához az átviteli és elosztórendszerekben.	Széles körben használják feszültség szabályozóként, indukciós gépek indítójaként, erősítőként váltakozó áramú tápegységekben a feszültségek növelésére.

## 2. GYAKORLATI RÉSZ

A mi esetünkben a 4.ábrán látható ATR8 – as jelzésű tartaléktranszformátort vizsgáltuk és ennek segítségével végeztük el a méréseket. Az 4.ábrán az ATR8-as takaréktanszformátort láthatjuk.



4. ábra – A takaréktanszformátor előlapja és látkepe felülnézetből

A fentebbi ábrákon láthatjuk az előlapon lévő különböző kivezetéseket, különböző felhasználási lehetőségeket biztosító csatlakozási pontokat. Látszik, hogy a földelési pont a bal alsó sarokban helyezkedik el. A jobboldalt lévő képen láthatjuk a forgó csúszóérintkezős, ami a szekunder kivezetést változtatja folyamatosan és a tájékozódást egy beosztásos skála segíti.

Már említés esett róla, hogy a tartaléktranszformátorok esetében nincsenek elválasztva külön a tekercsek, hanem egyetlen egy tekercs helyettesíti.

Az előbb említett képen észrevehetünk egy forgó mechanikai részt, amellyel tudjuk szabályozni a feszültséget, illetve a transzformálási aránynak megfelelő mértékegységet. Nagy előny, hogy egy csapolás található, mivel így bármilyen értéket betudunk állítani, ugyanakkor hátrány is mivel idővel, használat során ez az alkatrész megkophat, ami hibát eredményez a rendszerünkben. Összehasonlítva a többi transzformátorokkal, ahol pontos értékekre tudjuk csatlakoztatni, ebben az a hátrány, hogy csak a megadott értékekkel tudunk dolgozni, ugyanakkor

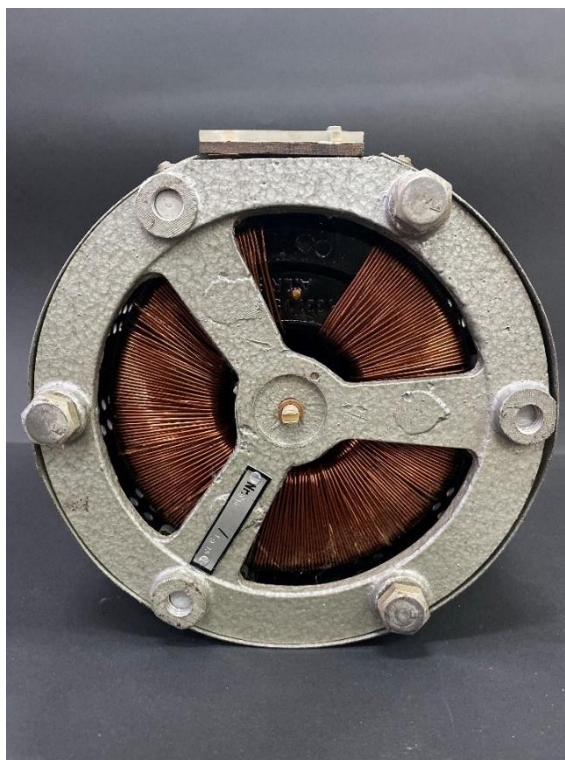
itt előny, hogy nem áll fenn az alkatrészek kopása, mivel mindegyik kivezetés külön-külön csapolás.

## 2.1 ATR 8 paraméterei

Az ATR8 főbb paramétereit az alábbi táblázat foglalja össze:

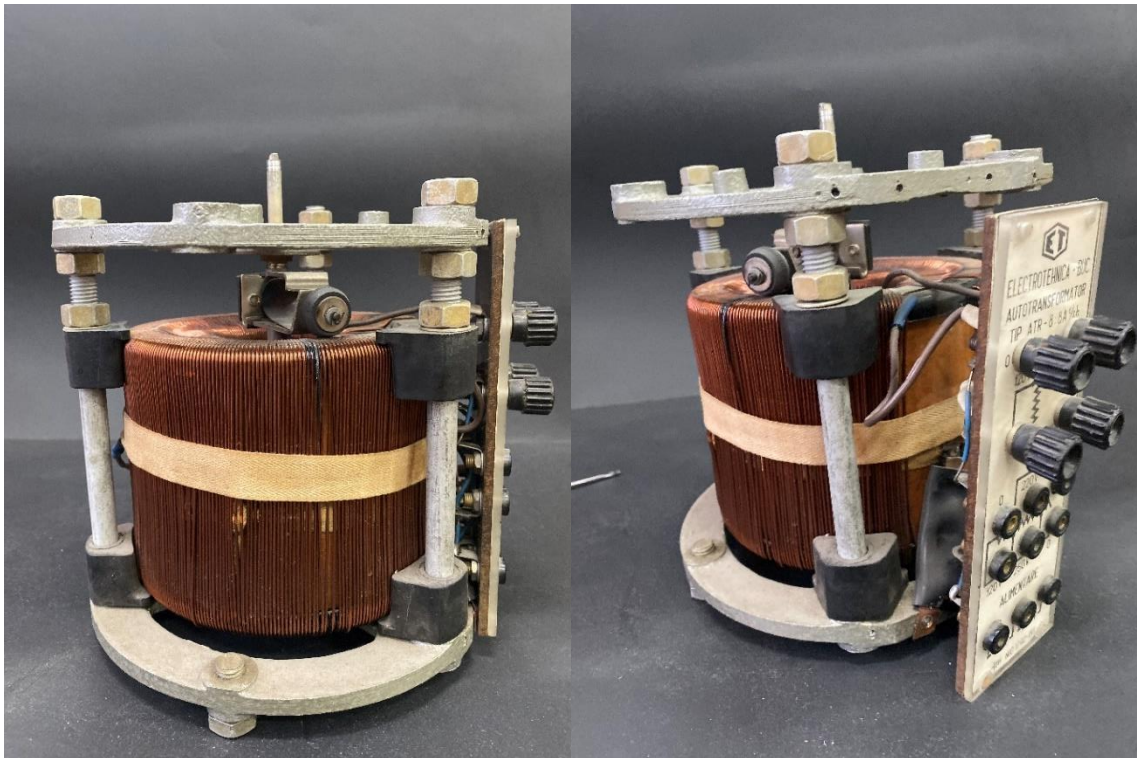
<b>Transzformátor külső méretei</b>	Magasság: 21.8 cm / 23.5 cm tetején lévő csavarral együtt	Külső átmérő: 20.4 cm	Csatlakozó pontok belső átmérője: 4 mm (banán dugasz)
<b>Vasmag méretei</b>	Vastagság: 4.9 cm	Magasság: 11.9 cm	Átmérő: 15 cm
<b>További jellemzők</b>	Tekerceslés vastagsága: 1 mm	Tekerceslés menetszáma: 270	Tömeg: 11 kg

A 5.ábrán az ATR8 láthatjuk alulnézetből, megfigyelhetjük, hogy látszik a tekerceslés, a rézhuzal, illetve a vasmag is látható a képen.



5. ábra – A takaréktanszformátor alulnézete

A 6.képen az ATR8 transzformátor védő borításának levétele után megfigyelhetjük a belsejét, illetve a belső kábelezést.



6. ábra – A takaréktanszformátor belseje.

Az ábrákon megfigyelhetjük, hogy hogyan haladnak, bizonyos érintkezések. Észrevehetjük a forgó mechanikai részt, amellyel betudjuk állítani az álltalunk kiválasztott feszültségeket. Látható, hogy egy kerek alkatrész érintkezik a rézhuzzal és ahogy tekerjük, úgy “halad” előre a huzalon. A képeken látszik, hogy a védőborítás levétele után jól látható a merev vas szerkezete a transzformátornak.

## 2.2 Takaréktanszformátoron végzet mérések

A takaréktanszformátoron a lentebbi képen látható módon felvettünk hat pontot, hat transzformálási aránynak megfelelő pontot, amelyekre végrehajtottuk a méréseket. A pontokat úgy vettük fel, hogy a teljes beosztás 240 Volt és ennek a beosztásnak a 1:4, 1:3, 1:2, 2:3, 3:4 illetve 1:1 transzformálási arányokat vettük fel (lásd a 7. ábrát). A pontok felvétele után ezeken a transzformálási arányokkal segítségével végeztük el a méréseket. Ezeket a transzformálási arányokat, mindegyiket egyen-egyenként tekinthetjük külön-külön transzformátoroknak, és így mintha hat külön transzformátorokon végeztük volna a méréseket.





7. ábra – A vizsgálati pontok helyzetei

A takaréktanszformátoron három üzemmódban végeztünk méréseket: üresjáratban, rövidzárlat, illetve terhelés esetén. A mérésekkel kapcsolatban meg kell említeni, amint a képen is látszik, hogy az állítható csavar, amellyel kapcsolgattuk a különböző transzformálási arányokat nem pontos. Látható, hogy a nyíl vége nagyon vastag és emiatt nagyon nehéz beállítani a megfelelő értékre.

### 2.2.1 Üresjáratú üzemmód

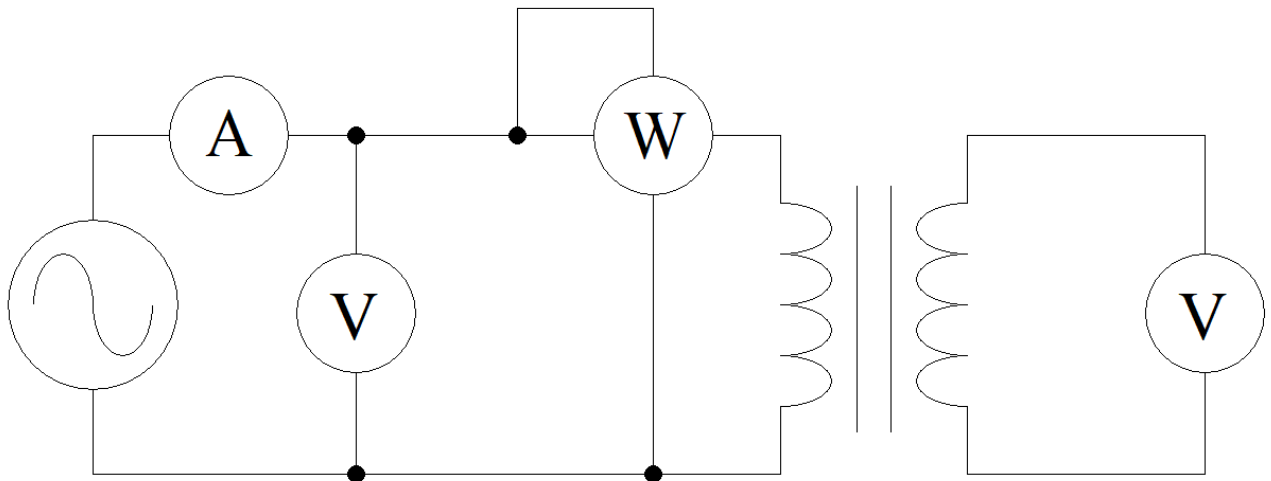
Üresjáratú üzemmódban a transzformátor szekunder oldalán megszakítás van, azaz nem kötünk rá terhelést. Ennek következtében a szekunder áram értéke nulla lesz, a szekunder oldali kapocsfeszültség pedig megegyezik az indukált feszültséggel.

Bár gyakorlati haszna nincs, az üresjáratú üzemmód lehetővé tesz olyan méréseket, amelyek segítségével meghatározható néhány igen fontos jellemző paraméter (menetszám áttétel, üresjáratú áram, vasvesztességek, főmező reaktancia és vasvesztességi ellenállás). A mérések során a primer kapocsfeszültség lesz a változó mennyiség, amely függvényében vizsgálódunk.

A menetszám áttétel ( $a$ ) a transzformátor primer és szekunder menetszámainak viszonyát írja le:

$$a = \frac{N_{\text{szekunder}}}{N_{\text{primer}}}$$

Meghatározásának legegyszerűbb módja az üresjárási üzemmódban végzett kapocsfeszültség mérés a primer és a szekunder oldalon, az alábbi ábra alapján:



8. ábra – Az üresjárási üzemmód

A takaréktanszformátorunk primerjére kapcsolt változtatható feszültséget egy másik takaréktanszformátor biztosította. A méréseket több áttétel-arány értékre végeztünk el.

A felhasznált mérőeszközök analóg típusú, Tesla gyártmányú műszerek voltak. Látképük a 9. ábrán található.



9. ábra – Az üresjárási üzemmód

Az üresjárási üzemmód mérési eredményeit az alábbi táblázat szemlélteti:

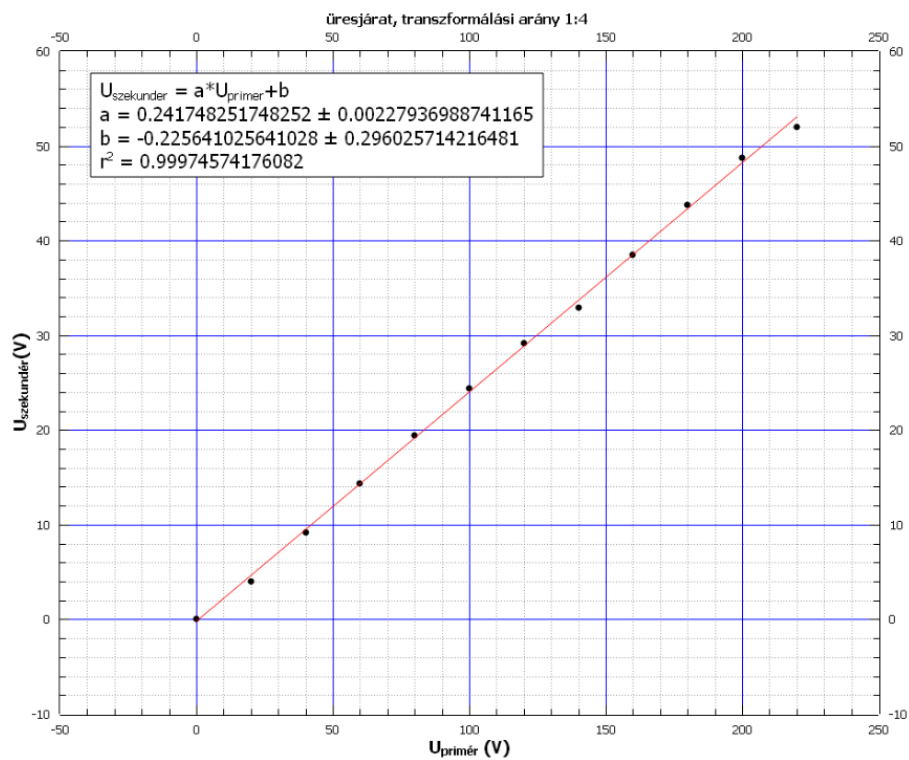
$I_{\text{primer}}(\text{mA})$	$U_{\text{primer}}(\text{V})$	$P_{\text{primer}}(\text{W})$	$U_{\text{szekunder}}(\text{V})$	Áttétel-arány
25.6	20	0.5	0	0:1
26	20	0.5	4	1:4
26.08	20	0.5	5.8	1:3
25.7	20	0.5	9.1	1:2
26.87	20	0.5	11.3	2:3
26.16	20	0.5	13.6	3:4
26.35	20	0.5	18.4	1:1
50.1	40	1	0	0:1

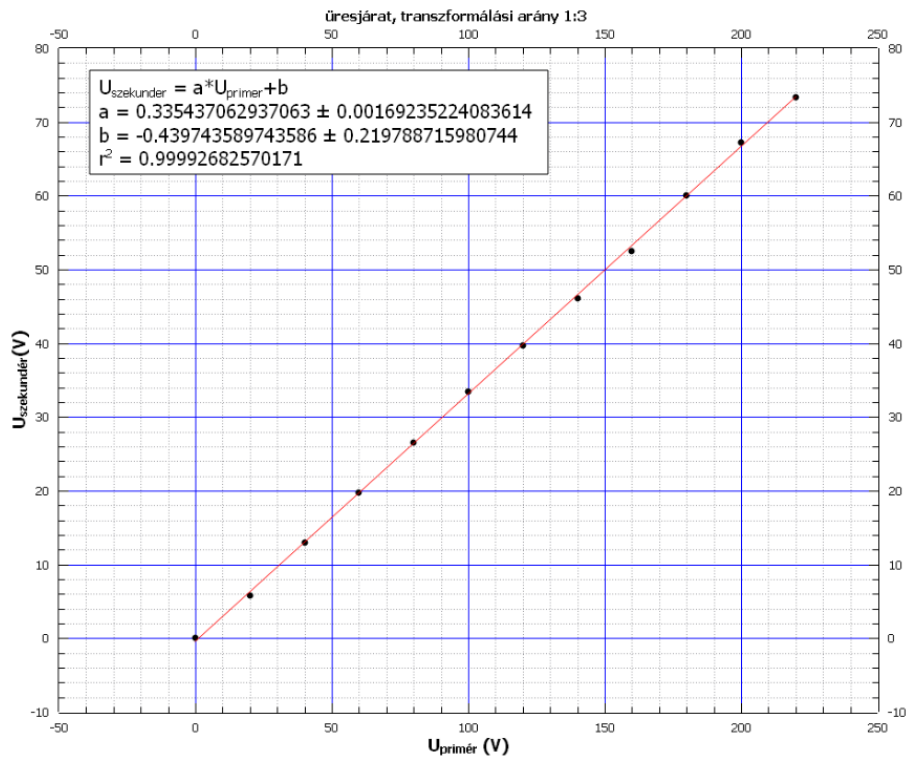
50.3	40	1	9.2	1:4
65.6	40	1	13	1:3
50.8	40	1	19.2	1:2
51	40	1	25.8	2:3
51.2	40	1	29.6	3:4
52.3	40	1	39.6	1:1
75.2	60	2	0	0:1
75.2	60	2	14.3	1:4
75.5	60	2	19.7	1:3
76.5	60	2	29.8	1:2
76.6	60	2	39.5	2:3
77	60	2	45	3:4
78.4	60	2	60.3	1:1
104	80	3.8	0	0:1
104.6	80	3.8	19.4	1:4
104.9	80	3.8	26.5	1:3
105.3	80	3.8	39.8	1:2
106	80	3.8	52.5	2:3
107.2	80	3.8	59.7	3:4
108.3	80	3.8	80.5	1:1
141.8	100	6	0	0:1
142.1	100	6	24.4	1:4
142.4	100	6	33.5	1:3
143.4	100	6	50	1:2
143.9	100	6	66.3	2:3
146.1	100	6	75	3:4
146.5	100	6	100.1	1:1
195.4	120	8.5	0	0:1
195.4	120	8.5	29.2	1:4
195.8	120	8.5	39.7	1:3
196.6	120	8.5	60.2	1:2
197.5	120	8.5	79.6	2:3
201.2	120	8.5	90	3:4

201.7	120	8.5	120.2	1:1
284.1	140	14	0	0:1
278.1	140	14	32.9	1:4
278.3	140	14	46.1	1:3
280	140	14	70.9	1:2
279	140	14	92	2:3
282.2	140	14	104.8	3:4
285	140	14	139.6	1:1
420	160	17	0	0:1
420	160	17	38.5	1:4
420	160	17	52.5	1:3
420	160	17	80.5	1:2
420	160	17	105.5	2:3
420	160	17	109.2	3:4
420	160	17	159.2	1:1
680	180	23	0	0:1
680	180	23	43.8	1:4
680	180	23	60.1	1:3
680	180	23	90.2	1:2
680	180	23	119.5	2:3
680	180	23	135.2	3:4
680	180	23	180.5	1:1
900	200	30	0	0:1
900	200	30	48.7	1:4
900	200	30	67.2	1:3
900	200	30	100.6	1:2
900	200	30	133.5	2:3
900	200	30	150.5	3:4
900	200	30	201	1:1
1350	220	38.5	0	0:1
1350	220	38.5	52	1:4
1350	220	38.5	73.4	1:3
1350	220	38.5	110	1:2

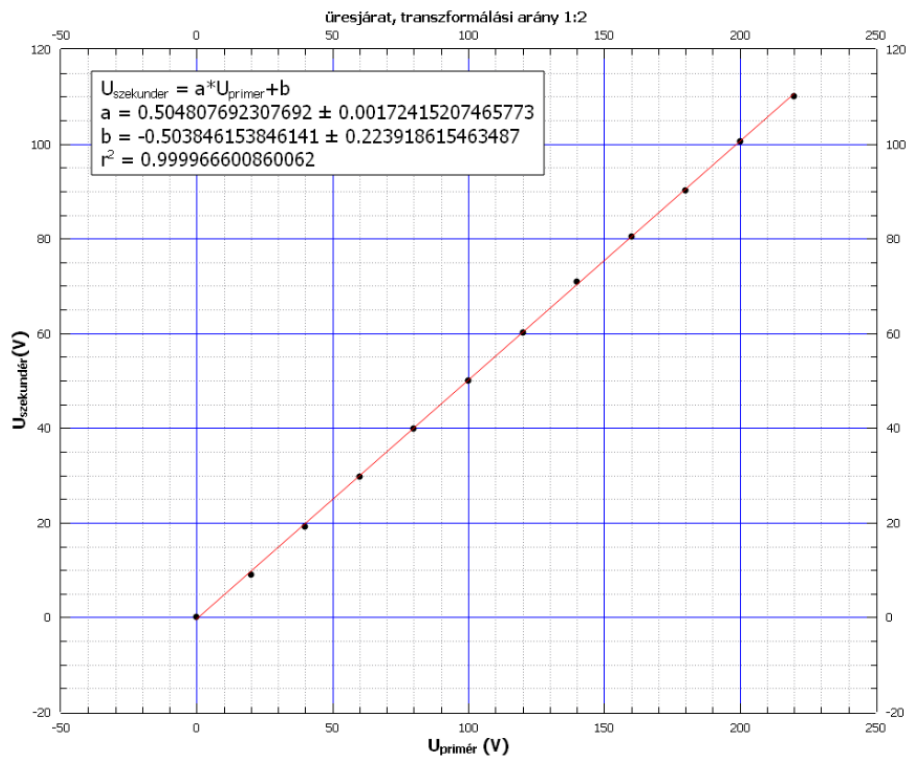
1350	220	38.5	146.7	2:3
1350	220	38.5	166.3	3:4
1350	220	38.5	219	1:1

A szekunder kapcsolásfeszültségnek a primer kapcsolásfeszültség függvényében történő ábrázolása egy olyan egyenes kell legyen, amelynek iránytangense megadja a menetszám áttételt. Az alábbiakban (10-15. ábra) bemutatjuk ennek alakulását.

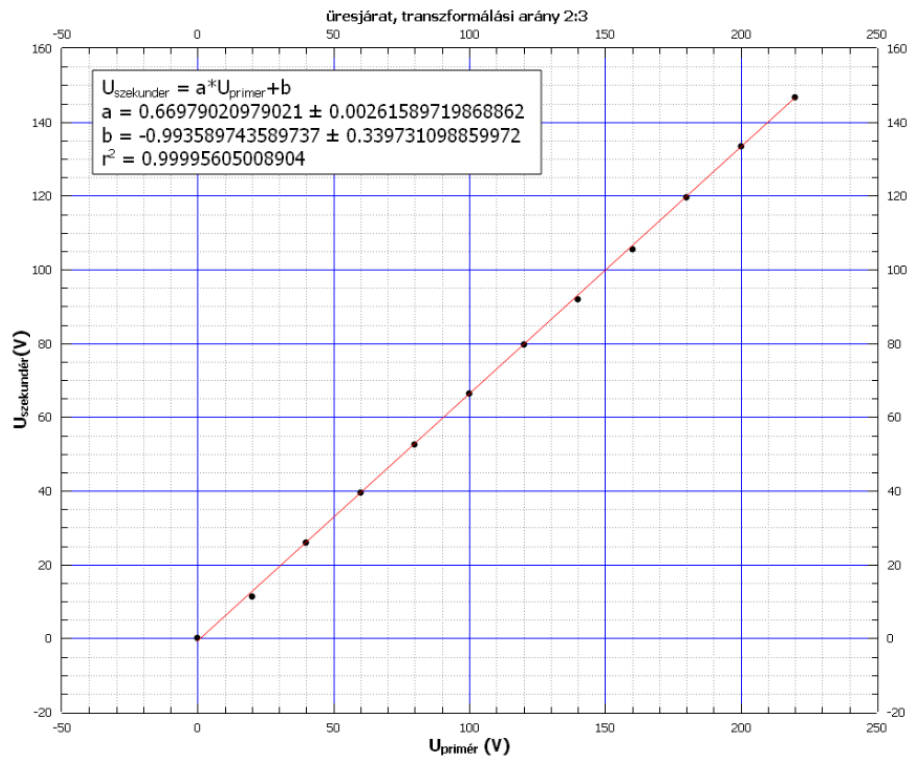




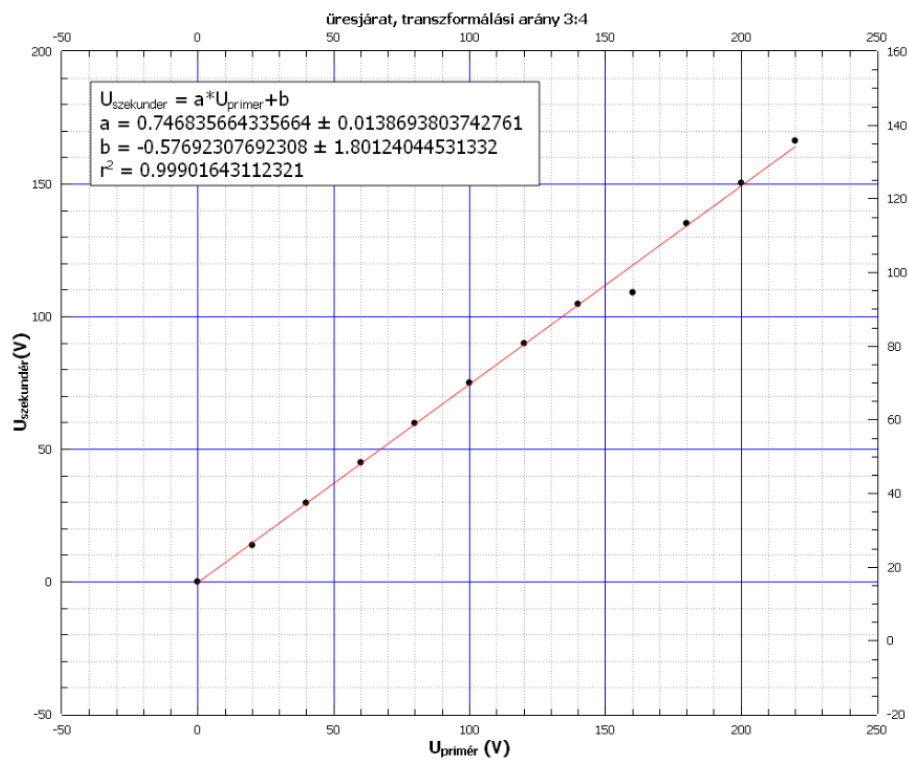
11. ábra



12. ábra

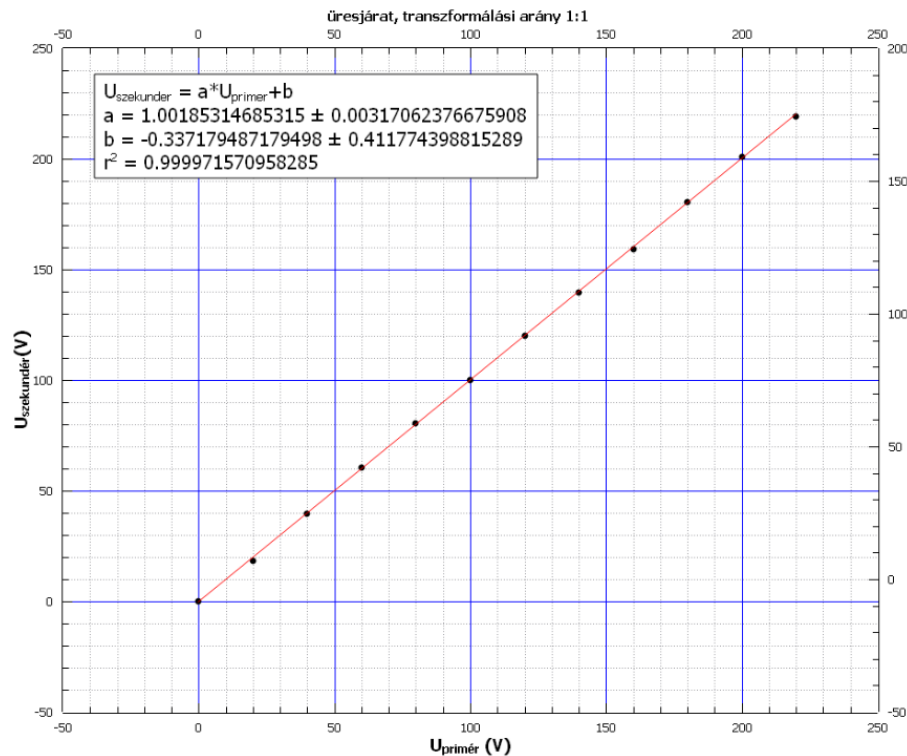


13. ábra



14. ábra





15. ábra

A grafikonokból jól belátható, hogy a kiválasztott áttétel-arányok jó egyezést mutatnak a meredekséggel (az esetleges eltérések a kézi beállítás sikerességének és a mechanikai kotyogásnak tulajdoníthatók).

Áttétel-arány	Merekség	Menetszám áttétel (a)	Szekunder menetszám
1:4	0.242	0.25	68
1:3	0.335	0.33	89
1:2	0.505	0.50	135
2:3	0.670	0.67	181
3:4	0.747	0.75	202
1:1	1.002	1.00	270

Az áttétel mérések üresjárási üzemmódban lehetővé teszik annak megbecsülését, hogy milyen mértékű a mágneses csatolás a primer és a szekunder között, illetve milyen mértékű a mágneses erővonalak szórása. Az első jellemzőt csatolási tényezőnek nevezzük, a másodikat pedig csak egyszerűen szórásnak.

Amennyiben a csatolási tényezőt  $k$ -val jelöljük, a szekunder és a primer kapocsfeszültségeinek aránya:

$$\frac{U_{\text{szekunder}}}{U_{\text{primer}}} = k \cdot a$$

Ha a méréseket fordítva is elvégeznénk (a bemenet a szekunder lenne, a kimenet pedig a primer) a fent viszony

$$\frac{U_{\text{primer}'}}{U_{\text{szekunder}'}} = k \cdot \frac{1}{a}$$

formában alakulna.

Kifejezve  $k$ -t a két egyenletből:

$$k = \sqrt{\frac{U_{\text{primer}'}}{U_{\text{primer}}} \cdot \frac{U_{\text{szekunder}'}}{U_{\text{szekunder}}}}$$

a szórást pedig a

$$\sigma = \sqrt{1 - k^2}$$

összefüggés alapján számoljuk.

Észrevehető, hogy ebben az esetben is kiszámolhatjuk a menetszám áttételt:

$$a = \sqrt{\frac{U_{\text{szekunder}}}{U_{\text{primer}}} \cdot \frac{U_{\text{szekunder}'}}{U_{\text{primer}'}}}$$

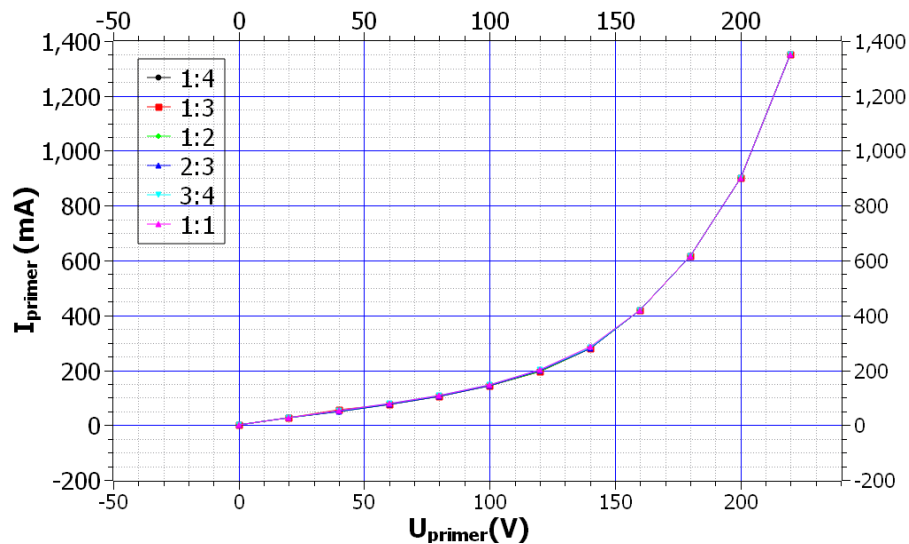
A mérési adatokat és feldolgozásukat ebben az esetben az alábbi táblázat szemlélteti:

Áttétel- arány	BEMENET	KIMENET	BEMENET	KIMENET	$a$	$k$	$\sigma$
	$U_{\text{primer}} \text{ (V)}$	$U_{\text{szekunder}} \text{ (V)}$	$U_{\text{szekunder}} \text{ (V)}$	$U_{\text{primer}} \text{ (V)}$			
1:4	9.97	2.50	9.97	36.92	0.26	0.96	0.07
1:3		3.39		28.33	0.35	0.98	0.03
1:2		5.13		18.70	0.52	0.98	0.03
2:3		6.70		14.21	0.69	0.98	0.04
3:4		7.58		12.69	0.77	0.98	0.03
1:1		10.09		9.59	1.03	0.99	0.03

Észrevehető, hogy az így kapott menetszám áttétel értékek jó egyezést mutatnak a grafikusán meghatározottakkal, az 1 közeli csatolási tényezők pedig egy jó minőségű transzformátort jelentenek.

A primer áram primer kapocsfeszültségtől való függése szemlélteti a vasmag első mágnesezési görbét, a mért kísérleti adatok:

Áttétel-arány	1:4	1:3	1:2	2:3	3:4	1:1
$U_{\text{primer}} \text{ (V)}$	$I_{\text{primer}} \text{ (mA)}$					
0	0	0	0	0	0	0
20	26	26.08	25.7	26.87	26.16	26.35
40	50.3	55.6	50.8	51	51.2	52.3
60	75.2	75.5	76.5	76.6	77	78.4
80	104.6	104.9	105.3	106	107.2	108.3
100	142.1	142.4	143.4	143.9	146.1	146.5
120	195.4	195.8	196.6	197.5	201.2	201.7
140	278.1	278.3	280	279	282.2	285
160	420	420	420	420	420	420
180	615	615	615	615	615	615
200	900	900	900	900	900	900
220	1350	1350	1350	1350	1350	1350



16. ábra

A fenti grafikonon nagyon szépen látszik, hogy a vasmag mágnesezettsége, a kísérleti félteltek mellett, nem éri el a telítődést, csak a bemeneti (primer) kapcsoló feszültség függvénye és független az áttételi aránytól.

Egy transzformátor vasmagjában, a mágneses hiszterézis és az örvényáramok miatt keletkező hőmennyiség miatt jelentkező veszteséget vasvesztességnek nevezzük. A transzformátor üresjárás állapotban felvett teljesítmény közelítőleg megegyezik a vasvesztességgel. Ezért fontos lemérni a primer által felvett teljesítményeket ebben az üzemmódban.

A felvett látszólagos teljesítmény  $S$  a primer kapcsoló feszültség és a primer áram szorzata:

$$S = U_{primer} \cdot I_{primer}$$

Az üresjárás aktív teljesítmény pedig:

$$P_{\dot{u}} = U_{primer} \cdot I_{primer} \cdot \cos\varphi$$

ahol  $\cos\varphi$  a teljesítménytényező.

A vasvesztességek megbecslésére a primer indukált feszültségét használjuk, ez:

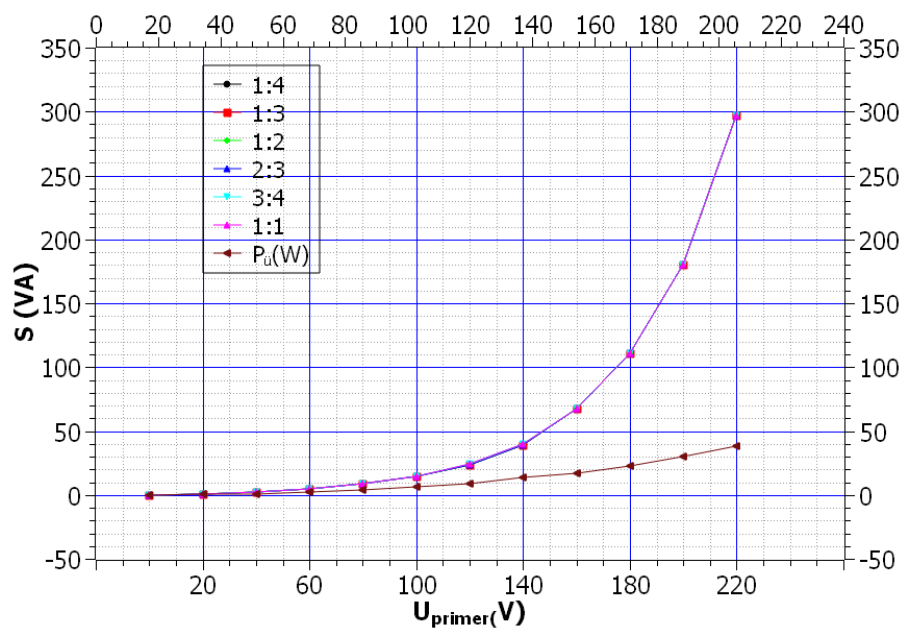
$$U_{primer_i} = \frac{U_{szekunder}}{k \cdot a}$$

$$P_v = U_{primer_i} \cdot I_{primer} \cdot \cos\varphi$$

A teljesítménymérési eredményeket és számításokat az alábbi táblázat és ábrák szemléltetik:

Áttétel-arány	1:4	1:3	1:2	2:3	3:4	1:1	*
$U_{\text{primer}}(\text{V})$	$S(\text{VA})$						$P_{\text{ü}}(\text{W})$
0	0	0	0	0	0	0	0
20	0.52	0.5216	0.514	0.5374	0.5232	0.527	0.5
40	2.012	2.224	2.032	2.04	2.048	2.092	1
60	4.512	4.53	4.59	4.596	4.62	4.704	2
80	8.368	8.392	8.424	8.48	8.576	8.664	3.8
100	14.21	14.24	14.34	14.39	14.61	14.65	6
120	23.448	23.496	23.592	23.7	24.144	24.204	8.5
140	38.934	38.962	39.2	39.06	39.508	39.9	14
160	67.2	67.2	67.2	67.2	67.2	67.2	17
180	110.7	110.7	110.7	110.7	110.7	110.7	23
200	180	180	180	180	180	180	30
220	297	297	297	297	297	297	38.5

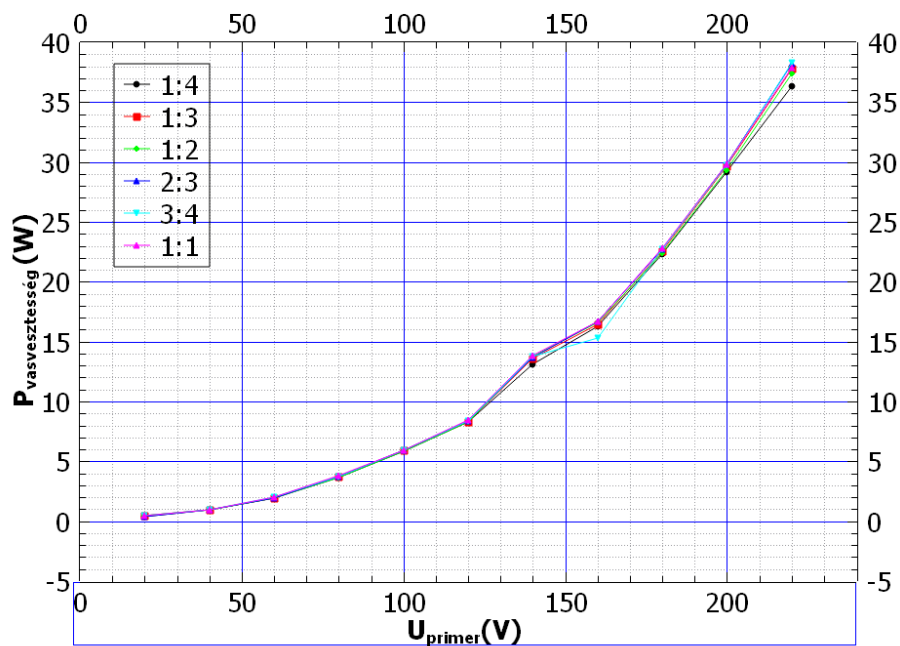
\* az üresjárási aktív teljesítményre a wattmérő ugyanazokat az értékeket mutatta függetlenül az áttétel-aránytól



17. ábra

A vasvesztéseket és azok primer feszültségétől való függésüket az alábbi táblázat és grafikon szemlélteti:

Áttétel-arány	1:4	1:3	1:2	2:3	3:4	1:1
$U_{\text{primer}}(\text{V})$	$P_{\text{vasvesztesség}}(\text{W})$					
20	0.3988	0.426445	0.442139	0.420377	0.447203166	0.454529
40	0.91724	0.955826	0.932865	0.959799	0.973324538	0.978226
60	1.900947	1.931259	1.930513	1.959279	1.972955145	1.986095
80	3.674942	3.701987	3.67413	3.710849	3.729871702	3.778274
100	5.838432	5.911416	5.830409	5.919501	5.918865435	5.934571
120	8.248513	8.270345	8.287279	8.390177	8.385059367	8.412908
140	13.12052	13.55802	13.7792	13.69015	13.78437995	13.79397
160	16.31341	16.40528	16.62274	16.68022	15.26080805	16.71383
180	22.31951	22.58527	22.39957	22.72184	22.72259748	22.78959
200	29.13234	29.64531	29.32696	29.7984	29.69297493	29.79143
220	36.2908	37.77718	37.41179	38.20221	38.27861807	37.8692



18. ábra

A grafikonok alapján kijelenthetjük, hogy az áttételi-arány nem befolyásolja számottevően a vasvesztességeket, amelyek a primer feszültség növekedésével együtt növekednek.

### 2.2.2 Rövidzárási üzemmód

Rövidzárási üzemmódban a transzformátor szekunder oldalán rövidzár van. Ennek következtében a szekunder kapocsfeszültség értéke nulla lesz.

Ennek az üzemmódnak sincs gyakorlati haszna, sőt érintésvédelmileg és biztonságtechnikailag igen nemkívánatos helyzetek kialakulásához vezethet, mégis ez az üzemmód lehetővé tesz olyan méréseket, amelyek segítségével meghatározható néhány igen fontos (az üresjárási üzemmódban elérhetetlen) jellemző paraméter. Ezek közül megemlítjük a dropot és a rézvesztességeket. A rövidzárási mérések során a szabad paraméter a primer áram, ezért ennek függvényében kell a mérni, számolni és ábrázolni a jellemző mennyiségeket.

A drop a rövidzárási primér feszültségnek a transzformátor névleges feszültségéhez viszonyított % -os értéke:

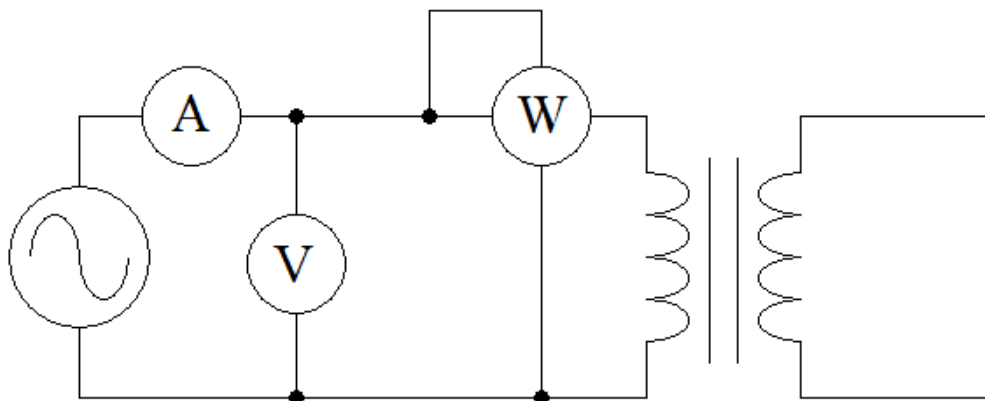
$$\varepsilon = \frac{U_{primer\_r}}{U_{primer\_névleges}} \times 100 \%$$

A transzformátor névleges feszültsége az érték, amelyet a transzformátor tervezésekor célként kijelöltek. Esetünkben ez a hálózati 230 V, 50 Hz érték.

Értelemszerűen a takaréktanszformátorok esetében a drop áttétel-arány független kell legyen. Ismerete azért is fontos, mert segítségével meg lehet határozni a transzformátor maximális terhelési értékét és a tényleges zárlati áram állandósult értékét a szekunderben:

$$I_{szekunder\_r} = I_{primer\_névleges} \times \frac{100 \%}{\varepsilon}$$

Meghatározásának legegyszerűbb módja a rövidzárási üzemmódban végzett kapocsfeszültség mérés a primer oldalon, az alábbi ábra alapján:



19. ábra – A rövidzárási üzemmód

A méréshez felhasznált mérőeszközöket az előző üzemmód leírásánál szemléltettük.

Azért, hogy a transzformátor túlzott felhevülését és visszafordíthatatlan károsodását megelőzzük, a méréseket gyorsan kell végezni és nem túl nagy primer kapocsfeszültségekre végezzük el. A mérési eredményeket és a kiszámolt mennyiségeket az alábbi táblázat szemlélteti:

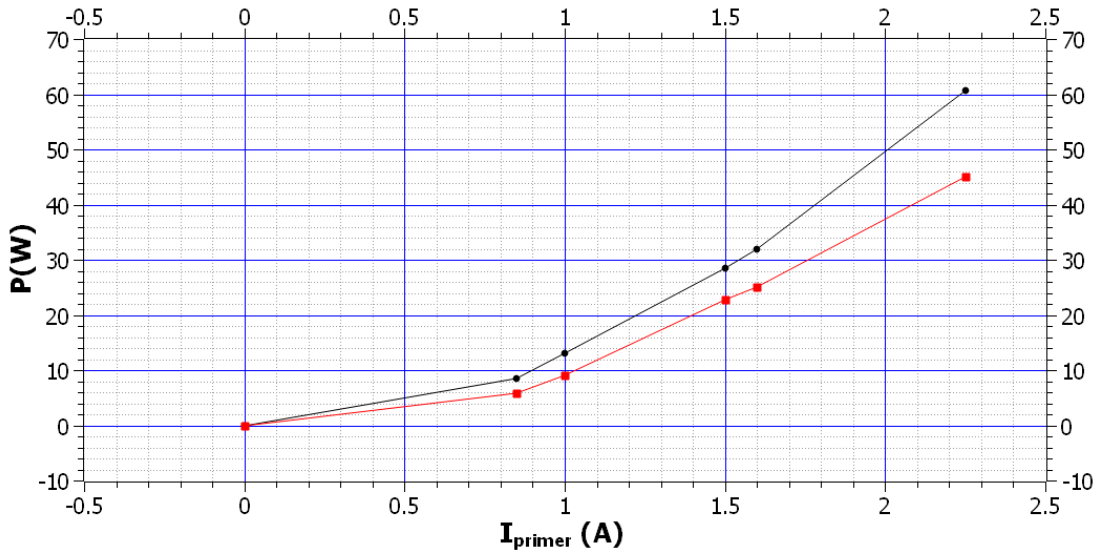
$U_{\text{primer}} \text{ (V)}$	$I_{\text{primer}} \text{ (A)}$	$P \text{ (W)}$	$\epsilon \text{ (\%)} \text{)}$	$100 \% / \epsilon$
10	0.85	5.75	4.55	22
13	1.00	10.00	5.91	16.92
19	1.50	22.67	8.64	11.58
20	1.60	25.00	9.09	11
27	2.25	42.00	12.27	8.15

Jól látható, hogy a takaréktanszformátorunk dropja 4 és 13 % között mozog, ami egy jó, elfogadható érték. Ugyanakkor megfigyelhető az is, hogy rövidzár esetén a névleges primer áram akár 22-szer nagyobb is lehet, ami egy igen nagy értéket jelenthet!

A rézvesztességek vagy tekercselési veszteségek a transzformátor tekercseinek vezetékanyagában a Joule-Lenz hatás miatt keletkező veszteségek. Bár ennek a veszteségnek a mértéke függ a frekvenciától, mivel a behatolási mélység befolyásolja a vezetésben résztvevő huzalkeresztmetszetet, esetünkben (50 Hz-en) ez elhanyagolható. Méréstechnikai szempontból a rövidzárási üzemmódban felvett teljesítmény közelítőleg megegyezik a tekercselési veszteséggel.



A látszólagos teljesítmény és a rézvesztességek primer áramtól való függését az alábbi grafikon szemlélteti:

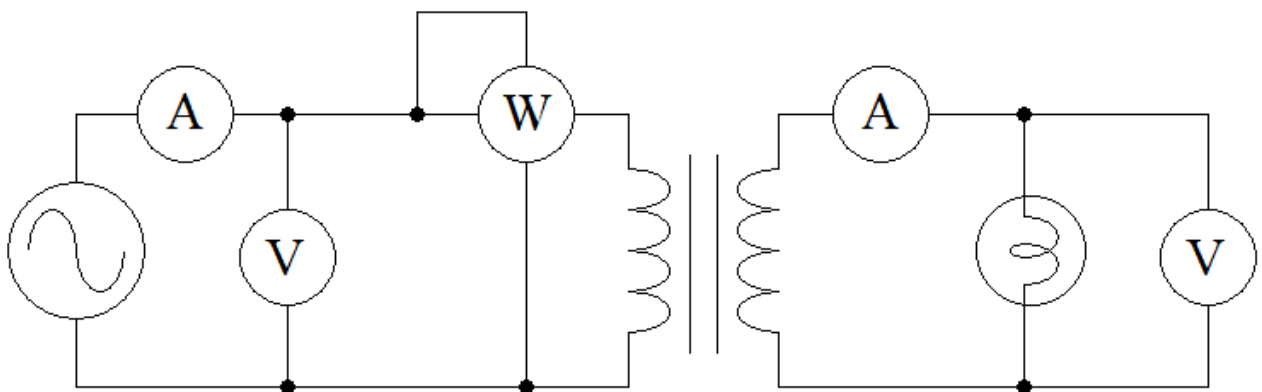


20. ábra

Megfigyelhető az is, hogy a primer feszültség és a primer áram között lineáris viszony van hiszen a tekercselések villamos ellenállása nem függ az áram értékétől!

### 2.2.3 Terhelési üzemmód

Terhelési üzemmódban a transzformátor szekunder oldalán egy fogyasztó található. Ebben az üzemmódban a transzformátort energiaátviteli célokra használjuk.



21. ábra – A terhelési üzemmód

A méréshez felhasznált mérőeszközöket az előző üzemmód leírásánál szemléltettük. Kísérleti méréseink során fogyasztónak különböző izzókat használtunk:

Nominális feszültség (V)	Nominális teljesítmény (W)	Izzószál rezisztencia (Ohm)
220	40	107.55
220	60	58.7
220	75	54.3
220	100	33.8



22. ábra – A fogyasztók látképe

A terhelési üzemmódban végzett mérések szemléltetik azt, hogy állandó bemeneti feszültség esetén ( $U_{\text{primer}} = \text{állandó}$ ) mennyire változik a kimeneti feszültség a terhelő áram függvényében, ezt az  $U_{\text{szekunder}} = f(I_{\text{szekunder}})$  grafikon szemlélteti.

A fogyasztók és a primerre csatlakoztatott feszültség függvényében mért áramokat és feszültségeket az alábbi táblázatok szemléltetik.

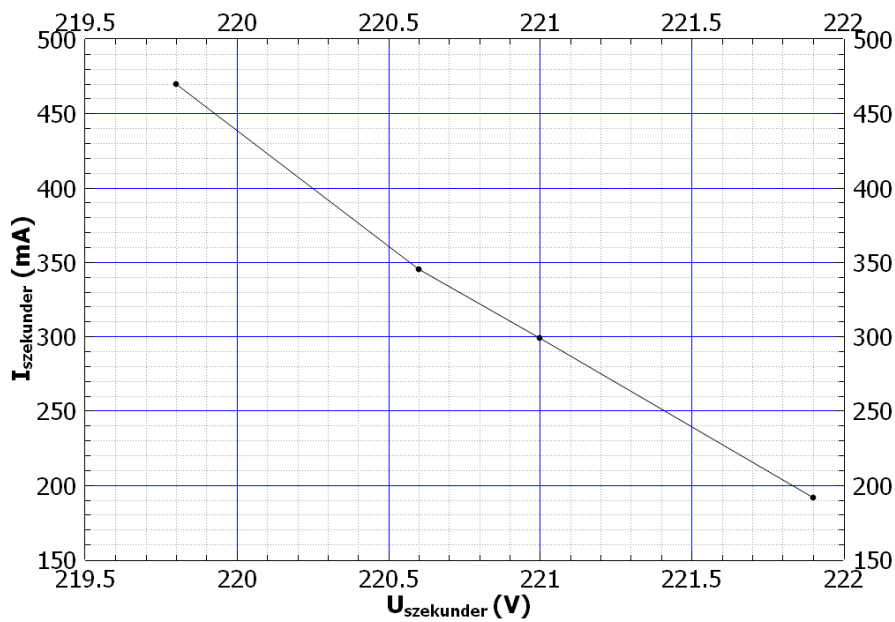
<b>40 W / 107.55 Ohm</b>				
<b>I<sub>primer</sub>(mA)</b>	<b>U<sub>primer</sub>(V)</b>	<b>I<sub>szekunder</sub>(mA)</b>	<b>U<sub>szekunder</sub>(V)</b>	<b>P<sub>szekunder</sub> (W)</b>
88	20	70.5	19.65	1.385325
123.7	40	87.8	39.6	3.47688
157.3	60	101.6	59.9	6.08584
195.2	80	114.5	79.7	9.12565
243.5	100	126.2	98.7	12.45594
301.1	120	138.9	120	16.668
385.4	140	149.5	139.1	20.79545
520	160	160.2	158.9	25.45578
730	180	170.8	179.5	30.6586
1010	200	180.5	199.4	35.9917
1410	220	191.4	221.9	42.47166

<b>60 W / 58.7 Ohm</b>				
<b>I<sub>primer</sub>(mA)</b>	<b>U<sub>primer</sub>(V)</b>	<b>I<sub>szekunder</sub>(mA)</b>	<b>U<sub>szekunder</sub>(V)</b>	<b>P<sub>szekunder</sub> (W)</b>
133.5	20	116.1	19.74	2.291814
176.5	40	142.1	39.48	5.610108
216.2	60	163.4	59.2	9.67328
259.6	80	184.1	80	14.728
311.2	100	202.3	99.4	20.10862
372.9	120	220.7	119.9	26.46193
450	140	238.2	139.7	33.27654
580	160	254.5	160	40.72
790	180	269.3	178.6	48.09698
1080	200	285.1	199.9	56.99149
1430	220	298.7	221	66.0127

<b>75 W / 54.3 Ohm</b>				
<b>I<sub>primer</sub>(mA)</b>	<b>U<sub>primer</sub>(V)</b>	<b>I<sub>szekunder</sub>(mA)</b>	<b>U<sub>szekunder</sub>(V)</b>	<b>P<sub>szekunder</sub> (W)</b>
128.4	20	114	17.94	2.04516
182.9	40	150.6	39.01	5.874906
230.6	60	178.5	59.5	10.62075
275	80	202.9	79.5	16.13055
329.7	100	226	98.9	22.3514
391.1	120	247.8	119.1	29.51298
470	140	269.1	139.4	37.51254
610	160	288.8	159.4	46.03472
810	180	307.7	179.6	55.26292
1070	200	323.7	197.1	63.80127
1530	220	345.4	220.6	76.19524

<b>100 W / 33.8 Ohm</b>				
<b>I<sub>primer</sub>(mA)</b>	<b>U<sub>primer</sub>(V)</b>	<b>I<sub>szekunder</sub>(mA)</b>	<b>U<sub>szekunder</sub>(V)</b>	<b>P<sub>szekunder</sub> (W)</b>
173.4	20	155.2	18.78	2.914656
235	40	200.7	39.58	7.943706
292.4	60	238.5	58.9	14.04765
352.4	80	275.2	79.7	21.93344
400	100	308.9	99.5	30.73555
470	120	339.9	119.4	40.58406
570	140	370.2	140.3	51.93906
700	160	398.1	160.2	63.77562
910	180	420	180.3	75.726
1210	200	450	201.8	90.81
1570	220	470	219.8	103.306

A táblázatotl adatokat szemlélve észrevehető, hogy az izzók üzemi teljesítménye a 220 V-os nominális feszültségre valósul meg. Erre a mérési feltételre ábrázolva az  $U_{szekunder} = f(I_{szekunder})$  értékeket, megfigyelhető a terhelő áram és a szekunder kapocsfeszültség közötti kapcsolat, amely a teljes áttétel-arányra a következő módon alakul:



23. ábra

A terhelési mérések használhatók az energiaátvitel hatásfokának megbecslésére is. Ebben az esetben azt kell megvizsgálni, hogy milyen összefüggés van a megmért felvett primér teljesítmény és a szekunderben leadott teljesítmény között. Ennek értelmében a hatásfokot a

$$\eta = \frac{U_{\text{szekunder}} \cdot I_{\text{szekunder}}}{P_{\text{primer}}} \times 100\%$$

képlet alapján számoljuk.

Az eredményeket az alábbi táblázat szemlélteti:

Fogyasztó	P <sub>primer</sub> (W)	I <sub>szekunder</sub> (mA)	U <sub>szekunder</sub> (V)	U <sub>szekunder</sub> · I <sub>szekunder</sub> (W)	η (%)
40 W	81	191.4	221.9	42.47166	52.434
60 W	104	298.7	221	66.0127	63.474
75 W	119	345.4	220.6	76.19524	64.03
100 W	153.00	470	219.8	103.306	67.52

### 3. KÖVETKEZTETÉSEK

- Sikerült egy olyan mérőkapcsolást kialakítani, amellyel a takaréktanszformátor üzemmódjaiban méréseket lehet végezni
- Annak ellenére, hogy a takaréktanszformátor szekunder és primér tekercselése egy és ugyanazon tekercs, elkönnyvelhetjük, hogy az elektrotechnikai viselkedést jellemző mennyiségkapcsolatok (10-15., 16-17., 18., 20. és 22. ábrák) a klasszikus transzformátorokéhoz hasonlóan alakulnak
- A csapolás mozgatása és érintkezése nem tette lehetővé a közvetlenül végzett RLC hidas induktívitas-, kapacitás- és rezisztencia méréseket
- A mérések egyik legnagyobb kihívását a váltakozóáramú teljesítmények mérése jelentette. A felhasznált wattmérők mérési skálája, érzékenysége és leolvasási pontossága befolyásolja a mért teljesítmények és teljesítménytényezők értékét – ezáltal a közvetett impedancia-, induktívitas-, kapacitás- és rezisztencia meghatározások ellehetetlenednek.
- A takaréktanszformátor elméleti villamos modellezéséhez szükséges adatokat nem sikerült közvetlenül megmérni vagy közvetett módon kiszámítani
- Célszerű lenne az analóg wattmérők helyettesítése olyan digitális multiméterekkel, amelyek lehetővé teszik az aktív teljesítmény, a teljesítménytényező és a látszólagos teljesítmény egyidejű mérését.
- Az elvégzett mérésekből olyan gyakorlati mérési leírások készíthetők, amely lehetővé tennék a hallgatói laboratóriumok számára a takaréktanszformátorok elektrotechnikai vizsgálatát

## 4. BIBLIOGRÁFIA

- [1]: [http://titan.physx.u-szeged.hu/~opthome/AtomElektro/jegyzokonyvek/12A transzformátor vizsgálata\\_jegyzokönyv.pdf](http://titan.physx.u-szeged.hu/~opthome/AtomElektro/jegyzokonyvek/12A%20transzformator%20vizsgalata_jegyzokonyv.pdf)
- [2]: [https://hu.wikipedia.org/wiki/Transzformátor#Elvi\\_felépítése\\_és\\_működése](https://hu.wikipedia.org/wiki/Transzformator#Elvi_fel%C3%A9p%C3%ADt%C3%A9se_%C3%A9s_m%C3%BAk%C3%B6d%C3%A9se)
- [3]: [http://uni-obuda.hu/users/varkovi.jozsef/vj/elmelet/trafo\\_elemei/rtraf1.jpg](http://uni-obuda.hu/users/varkovi.jozsef/vj/elmelet/trafo_elemei/rtraf1.jpg)
- [4]: [https://hu.wikipedia.org/wiki/Transzformátor#/media \\_trafo.jpg](https://hu.wikipedia.org/wiki/Transzformator#/media:_trafo.jpg)
- [5]: [https://trafofizika.blog.hu/2016/06/16/transzformatorok\\_tortenete](https://trafofizika.blog.hu/2016/06/16/transzformatorok_tortenete)
- [6]: <https://mult-kor.hu/sokan-probaltak-jogtalanul-lemasolni-zipernowsky-blathy-es-deri-uttro-transzformatorat-20190502>  
<https://cultura.hu/kultura/a-transzformator-napja/>
- [7]: [http://users.atw.hu/nagytanarur/VILGEP\\_3.pdf](http://users.atw.hu/nagytanarur/VILGEP_3.pdf)
- [8]: <https://electricalacademia.com/electrical-comparisons/difference-between-autotransformer-and-conventional-transformer/>

## 5. MELLÉKLETEK

### 1. Melléklet

### Takaréktranszformátorok mérése #1

---

#### A MÉRÉSEK CÉLJA

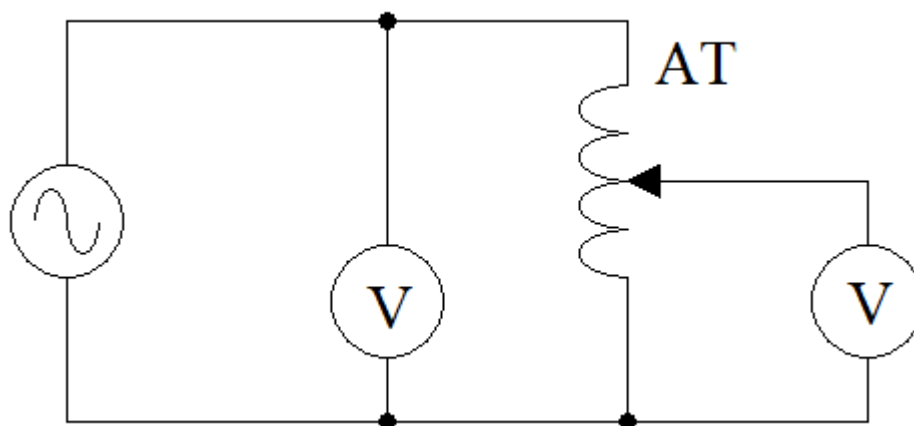
⇒ Takaréktanszformátorok menetszám áttételének, csatolási tényezőjének és szórásának kísérleti meghatározása

#### SZÜKSÉGES ESZKÖZTÁR

✂ takaréktanszformátor, digitális multiméterek, fogyasztók, vezetékek

#### MÉRÉSI FELADATOK

Elkészítjük az alábbi kapcsolást:



ahol AT jelöli a takaréktanszformátort.

A mérések elvégzéséhez szükséges egy változtatható váltakozóáramú feszültségforrás is (ez elvileg lehet egy másik takaréktanszformátor)



- ☑ *A menetszám áttétel számításos meghatározásához* a vizsgálandó takaréktanszformátoron beállítunk egy tetszőleges áttétel arányt, majd váltakozó feszültséget vezetünk a bemeneti oldalára – ezt voltmérővel mérjük (legyen ez az érték  $U_{be1}$ ). A kimeneti oldalon levő voltmérő ekkor  $U_{ki1}$  értéket mér. Megfordítjuk a takaréktanszformátor be- és kimenetét majd újra mérjük a két értéket, legyenek ezek  $U_{be2}$  és  $U_{ki2}$ .
- ☑ A mért feszültségek közötti viszony:

$$\frac{U_{ki1}}{U_{be1}} = k \cdot a$$

$$\frac{U_{ki2}}{U_{be2}} = k \cdot \frac{1}{a}$$

ahol  $k$  a csatolási tényező,  $a$  pedig a menetszám áttétel.

Észrevehető, hogy:

$$k = \sqrt{\frac{U_{be2}}{U_{be1}} \cdot \frac{U_{ki2}}{U_{ki1}}}$$

a szórást pedig a

$$\sigma = \sqrt{1 - k^2}$$

összefüggés alapján számoljuk. A menetszám áttételt a következő képlet adja meg:

$$a = \sqrt{\frac{U_{ki1}}{U_{be1}} \cdot \frac{U_{be2}}{U_{ki2}}}$$

- ☑ *A menetszám áttétel grafikus meghatározásához*, ugyanarra a beállított tetszőleges áttétel arányra, a bementi oldalon több váltakozó feszültség értéket állítunk be ( $U_{be}$ ) és mindenik számára a kimeneti oldalon megmérjük a megfelelő feszültséget ( $U_{ki}$ ).
- ☑ Ábrázoljuk az  $U_{ki} = f(U_{be})$  kapcsolatot majd egy egyenest illesztünk rá. A menetszám áttételt az egyenes meredeksége adja meg.
- ☑ Hasonlítsuk össze a két mérés sorozatot – mit mondhatunk el?
- ☑ Készítsünk részletes és kimerítő kiértékelő jelentést a mérésekről

## 2. Melléklet

## Takaréktranszformátorok mérése #2

---

### A MÉRÉSEK CÉLJA

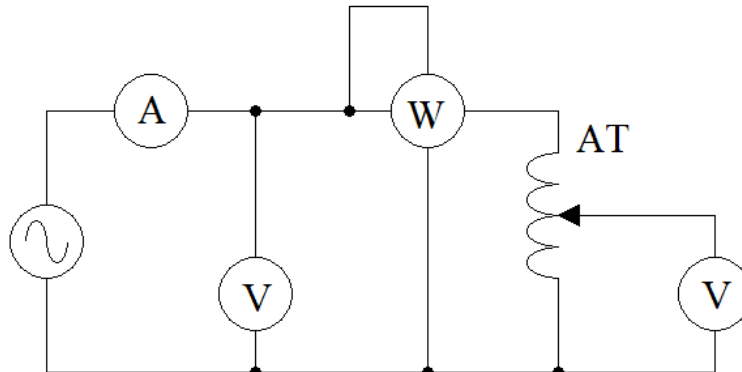
⇒ Takaréktanszformátorok üzemmódjainak tanulmányozása

### SZÜKSÉGES ESZKÖZTÁR

✂ takaréktanszformátor, digitális multiméterek, vezetékek

### MÉRÉSI FELADATOK

☑ Az üresjárási üzemmódban végzett mérésekhez elkészítjük az alábbi kapcsolást:



ahol AT jelöli a takaréktanszformátort. A mérések elvégzéséhez szükséges egy változtatható váltakozóáramú feszültségforrás is (ez elvileg lehet egy másik takaréktanszformátor). Figyeljük meg hogyan változik a primer áram és a felvett teljesítmény a primer kapocsfeszültség függvényében

Különböző menetszám áttételekre ábrázoljuk grafikusán az  $I_{primer} = f(U_{primer})$  kapcsolatot – ez a takaréktanszformátor vasmagjának első mágnesezési görbéje.

A görbe alakjának alapján mit mondhatunk el a vasmag mágnesezettségéről?

A továbbiakban becsüljük meg a vasvesztéseket (ez megközelítőleg az üresjárási állapotban felvett teljesítmény kellene legyen).

Számítsuk ki az alábbi képlet alapján a primer indukált feszültségét:

$$U_{primer\_i} = \frac{U_{szekunder}}{k \cdot a}$$

ahol  $k$  a már ismert csatolási tényező,  $a$  pedig a menetszám áttétel.

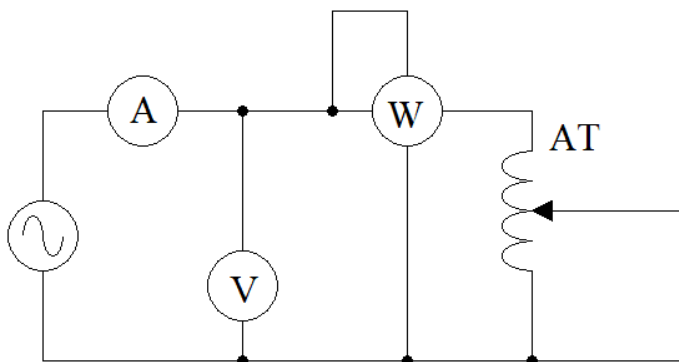
A vasvesztéséget a

$$P_v = U_{primer\_i} \cdot I_{primer} \cdot \cos\varphi$$

képlet adja meg, ahol  $\cos\varphi$  a digitális wattmérővel megmért teljesítménytényező.

Ismételjük meg a méréseket több primer kapocsfeszültségre és menetszám áttételre.

- A rövidzárási üzemmódban végzett mérésekhez elkészítjük az alábbi kapcsolást:



Azért, hogy a takaréktanszformátor túlzott felhevülését és visszafordíthatatlan károsodását megelőzzük, a méréseket gyorsan kell végezni és nem túl nagy primer kapocsfeszültségeket kell beállítani!

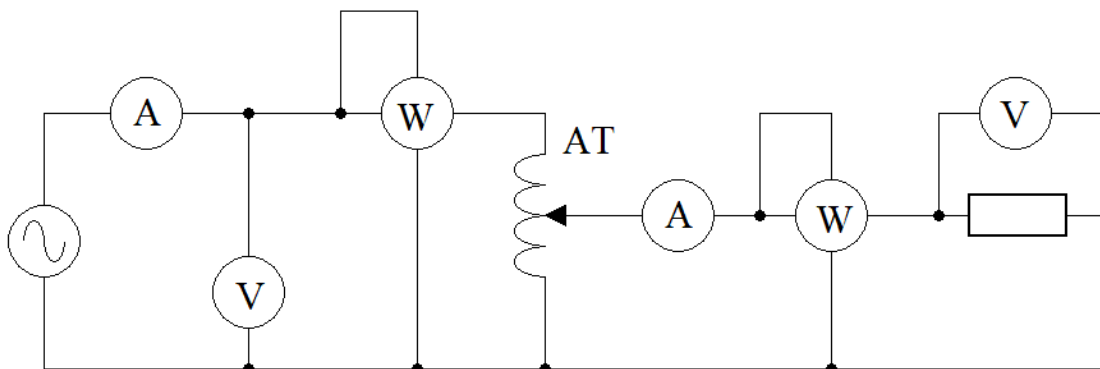
Meghatározzuk a rövidzárási primer feszültségnek a transzformátor névleges feszültségéhez (220 V) viszonyított %-os értékét. Ez lesz az úgynevezett *drop* ( $\varepsilon$ ).

$$\varepsilon = \frac{U_{primer\_r}}{U_{primer\_névleges}} \times 100 \%$$

A méréseket több menetszám áttételre végezzük el. Hogyan függ a drop az áttételtől?

A rézvesztéseket a rövidzárási üzemmódban mért teljesítmény közelíti meg. Vizsgáljuk meg hogyan változik ez a teljesítmény a primer áram változásával.

- A terhelési üzemmódban végzett mérésekhez elkészítjük az alábbi kapcsolást:



Vizsgáljuk meg különböző menetszám áttételekre, hogy állandó bemeneti feszültség esetén ( $U_{primer} = \text{állandó}$ ) mennyire változik a kimeneti feszültség a terhelő áram függvényében, vagyis ábrázoljuk az

$$U_{szekunder} = f(I_{szekunder})$$

viszonyt. A terhelő áram nagyságát a fogyasztó segítségével befolyásolhatjuk!

A terhelési mérések használhatók az energiaátvitel hatásfokának megbecslésére is. Ebben az esetben azt kell megvizsgálni, hogy milyen összefüggés van a megmért felvett primer teljesítmény és a szekunderben leadott teljesítmény között:

$$\eta = \frac{P_{szekunder}}{P_{primer}} \times 100\%$$

- Készítsünk részletes és kimerítő kiértékelő jelentést a mérésekről.