



Retrofit LED-lámpák fényáramának vizsgálata

TDK dolgozat

Szénás-Máthé Gábor
Villamosmérnök hallgató, VII. évf.

Konzulens: Barkóczy Gergely
PhD. hallgató

Villamos Energetika Tanszék
2011.

Tartalomjegyzék

Bevezetés	3
1. Az izzó-alkatú LED lámpák általános felépítése, előnyei és rejtett buktatói	4
1.1. A retrofit LED-lámpák általános felépítése	4
1.2. Előnyök és buktatók	5
2. A villogás egészségi hatásai	7
3. A mérőberendezés és a mérési eljárás bemutatása	8
3.1. A mérőberendezés	8
3.1.1. az Ulbricht-gömb elmélete	8
3.1.2. A fényelem	9
3.2. A mérési eljárás	11
3.2.1. A fényelem felhasználása	11
3.2.2. A fényelem karakterisztikája	11
3.2.3. A mérési és kiértékelési eljárás	13
4. A mérési tapasztalatok	15
4.1. Az 1. számú lámpa	15
4.1.1. A meghajtó egység	15
4.2.2. Toroid transzformátoros szabályozás	16
4.2.3. Tirisztoros szabályozás	18
4.2. A 2. számú lámpa	20
4.2.1. A mérés eredménye	20
4.3. A 3. számú lámpa	22
4.3.1. Be- és kikapcsolási jelenségek	23
4.3.2. A mérés eredménye	23
4.4. A 4. számú lámpa	24
4.4.1. Be- és kikapcsolási jelenségek	25
4.4.2. Szabályozás toroid transzformátorral	26
4.4.3. Szabályozás tirisztoros szabályozóval	27
5. Összefoglaló, tanulságok	28
Felhasznált irodalom	30

Bevezetés

A LED az elmúlt években jelentős és látványos fejlődésen ment keresztül mind technológiai, mind világítástechnikai szempontból. Ennek következtében sokan a jövő fényforrásának tekintik. A fejlődéssel párhuzamosan környezettudatos megfontolások következtében az izzólámpák háttérbe szorulása, kivonása folyamatosan zajlik és jelenleg nem áll rendelkezésre olyan utód, mely minden tulajdonságában kielégítően helyettesíthetné. A két párhuzamos folyamat eredményeként a közvélemény és a kereskedelem egyértelműnek tartja az izzó LED-del való felváltását, míg a világítástechnikai szakma alaposabb előkészítést tart szükségesnek.

Dolgozatomban az egyre jobban terjedő, a hagyományos fényforrások helyére közvetlenül behelyezhető, úgynevezett retrofit LED-lámpák fényáramát, annak időbeli változását vizsgálom. Tanulmányoztam a vonatkozó szakirodalmat (világítástechnikai folyóiratokat, konferenciák előadásait és internetes forrásokat), megismertem a hagyományos fényforrásokhoz alkalmazott szabályozási megoldásokat.

Ezután néhány, kereskedelmi forgalomban kapható retrofit lámpatest vizsgálata következett, melyek kiválasztásakor törekedtem a termékskála minél jobb lefedésére, különös hangsúlyt fektettem a legolcsóbb, ezért legnépszerűbb, de a legsérülékenyebbnek bizonyuló típusokra.

Dolgozatom fejezetei ezen a gondolatmeneten alapulva épülnek fel.

1. Az izzó-alkatú LED-lámpák általános felépítése, előnyei és rejtett buktatói.

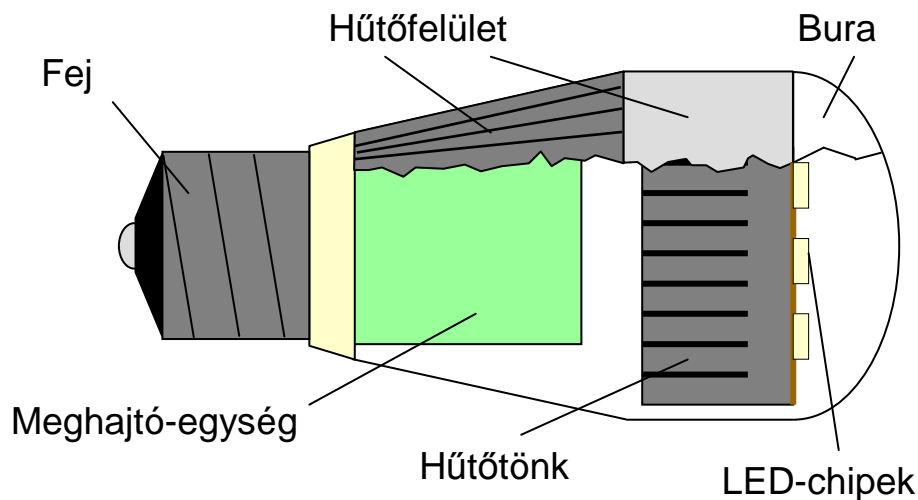
Beltéri világítási rendszerek körében egyre nagyobb teret hódítanak a világító diódás (LED-es) megoldások. Legismertebb típusuk az izzó-alkatú, vagy retrofit lámpák (LED-lámpák, LED-körték, villanykörték, de semmiképpen nem LED-izzók), melyek a korábban használt izzólámpák, kompakt fénycsövek foglalatába közvetlenül becsavarhatók. Népszerűségüket éppen használatba vételük egyszerűségének, a rendszer átalakításának szükségtelenségének köszönhetik, de a tetszetős külső sok buktatót is rejt.

1.1. A retrofit LED-lámpák általános felépítése.

A világító diódák (LED-ek) félvezető eszközök, melyek a betáplált villamos energiát közvetlenül fénné alakítják. Fejlődésük során fénytechnikai tulajdonságaik jelentősen javultak, de az igazi áttörést a fehér LED megjelenése okozta. Az utóbbi években az egyszerű jelzőfények megvalósítói fontos fényforrássá váltak. [1]

Működtetésükhöz törpefeszültség szükséges, melyet a hálózati feszültségből az egyes lámpákba épített előtét, vagy meghajtó-egység állít elő. A LED-ek kis szögben világítanak, ezért egy lámpába általában több diódát építenek, esetenként optikával, diffúz burával javítják tovább a fényeloszlás egyenletességét.

Az 1. ábrán egy izzó-alkatú LED-lámpa általános felépítése látható.



1. ábra
retrofit LED-lámpa félmetszeti rajza.

1.2. Előnyök és buktatók

Az izzó-alkatú LED-lámpák vitathatatlan előnye, hogy a foglalat, csillár átalakítása nélkül üzembe helyezhető és működtetése a hagyományos fényforrásoknál kevesebb energiát igényel. Nehézséget jelent viszont a meghajtó-egység elhelyezése, hiszen igen kevés a rendelkezésre álló hely. A gyártók törekszenek a minél kisebb, egyszerűbb felépítésre és ez sajnos több alkalommal a táplálás egyenletességének rovására történik.

Bizonyos híresztelésekkel, reklámok állításaival ellentétben a világító diódák működésükkor jelentős mennyiségű hőt termelnek, ráadásul mind fényáramuk, mind pedig színhőmérsékletük a chip hőmérsékletével együtt változik. A meghajtó-egység esetében is komoly hőleadással kell számolni. A keletkező hő elvezetése az adott méretek megtartása mellett nem egyszerű feladat, és ez a lámpatípus leginkább sebezhető pontja.

A 2. ábrán egy alsó árkategóriás megoldás látszik: a fényforrás 42 darab 5 mm átmérőjű, víztiszta LED-et használ. Jól látható, hogy a lámpa hűtőfelülettel egyáltalán nem rendelkezik, és a miniatűr kivitel igen egyszerű meghajtó-egységet sejtet. Sűrűn előfordul a típusnál az üvegbura párasodása, ilyenkor joggal mondhatjuk, hogy a LED-ek izzadnak...



2. ábra

olcsó, „kukorica” kivitelű LED-lámpa [2]

A 3. ábra egy közel 20 ezer forintba kerülő típust mutat. Látható, hogy a fejelést és a burát leszámítva a lámpa egész burkolatát hűtőborda alkotja. A beépített 20 darab LED-chip hűtőtönkre szerelhető kivitelű, a fényeloszlást diffúz bura javítja és a meghajtó egységnek is jóval több hely jut, mint az előző esetben bemutatott típusnál.



*3. ábra
4.7 W-os retrofit LED-körte [3]*

Mivel az átgondoltabb tervezésű retrofit lámpák ára még magas, a reklám által gerjesztett vásárlási kényszer viszont igen erős, a lakosság sok esetben inkább az olcsóbb kivitelű lámpákat választja, melyeknek általában rövidebb élettartamuk mellett fénytechnikai paraméterei sem megfelelőek.

A zavaró villogás elkerülése néhány szélsőséges felhasználási területet leszámítva alapvető feltétele a vizuális komfortnak, mégis csak igen kevés fényforrás teljesíti. Tekintsük át, milyen hatást gyakorolhat az emberre a fényáram időbeli egyenetlensége, vagyis a villogás.

2. A villogás egészségi hatásai

A villogó fény problémaköre több évtizedes múlttal rendelkezik, már a LED-ek általános világításban való részvétele előtt is orvosok, világítástechnikusok csoportjait foglalkoztatta.

Az első, izzólámpánál jóval energiatakarékosabb fényforrások a fénycsövek voltak. Eltérő működési elvük miatt (hőmérsékleti sugárzás helyett gázkisülés) 50 Hz-es hálózatról táplálva a fényük 100 Hz gyakorisággal villogott, így az érzékenyebb emberek körében hamar kivívta a „fejfájás forrása” gúnynevet. [4] Kutatások sorozata vizsgálta a villogás emberre gyakorolt hatásait és kereste a megoldást, melyet végül a 30-40 kHz frekvenciával működő elektronikus előtétetek hozták meg. A következőkben röviden áttekintem, mely tulajdonságaink változhatnak villódzó fény hatására.

A vizsgálatok során különböző korú, foglalkozású emberek csoportjai végeztek olvasási, szövegértési, számolási és alakfelismerési feladatokat, eltérő megvilágítási körülmények között. [5] A kísérletek hangsúlyt fektettek mind az ipari frekvencián (100-120 Hz), mind pedig a nagyfrekvenciával (30-40 kHz) villogó fény hatásaira. Az eredményekből egyértelműen kiderül, hogy az ipari frekvenciás villogás nagymértékben rontja a koncentrációs képességeket, idő előtti fáradást, szemfájást, fejfájást, könnyezést, szem rángatózást okozhat [6], lassíthatja az olvasás sebességét [7], míg a nagyfrekvenciás fényre néhány, önmagát hiperérzékenynek nevező egyén fejfájását leszámítva [8] nem mutatható ki változás. [9] A migrén, magas vérnyomás, vagy epilepszia növelhetik a villogásra való érzékenységet. [10]

Hasonló hatást fejthet ki az irodai dolgozókra a (munkahelyekről lassanként kikopó) hagyományos, katódsugárcsőes monitor, hiszen a régebbi modellek képfriességi gyakorisága 50, illetve 60 Hz. [11]

Az emberi egészségre, koncentrációs képességre gyakorolt hatások mellett nem szabad figyelmen kívül hagyni a munkaköri veszélyeket, melyeket a megvilágítás ipari frekvenciás villogása okozhat. Az egyfázisú, váltakozó feszültségről táplált fényforrások villogó fénye gyorsan mozgó tárgyak esetében könnyen megtévesztő látszatot kelthet. [12] Szerszámgépek (tipikusan hálózatról táplált aszinkron – néha szinkron – motorral meghajtott) forgó alkatrészei a sztroboszkóp hatás miatt állónak, vagy lassan mozognak tűnhetnek. [13]

A fejezetben látszik, hogy lakóhelyünk, munkahelyünk megvilágításának időbeli egyenletessége, egyenetlensége hatással van közérzetünkre, munkavégző képességünkre. A következő fejezetekben a teljesség igénye nélkül, de a termékskála lefedésére törekedve megvizsgálom néhány, hagyományos fényforrások kiváltására szánt LED-lámpa tulajdonságait.

3. A mérőberendezés és a mérési eljárás bemutatása

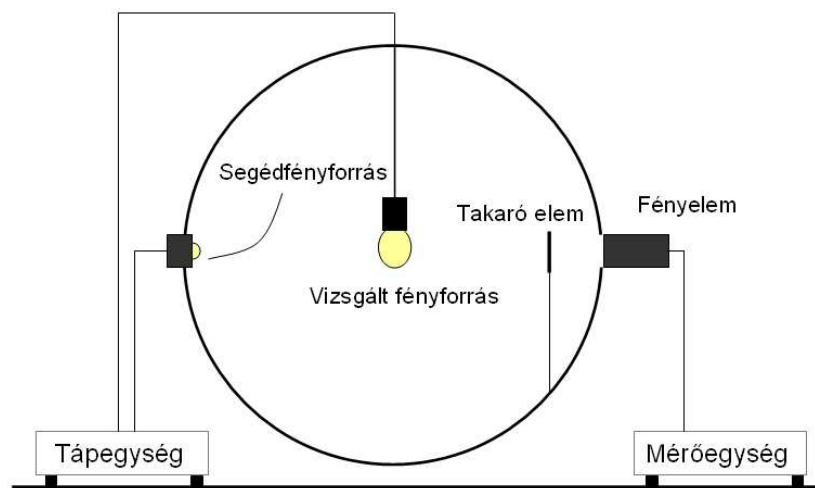
A fejezetben röviden áttekintem a fényárammérés egyik módját, eszközeit, valamint a kutatásom témáját alkotó mérési módszert.

3.1. A mérőberendezés

Kutatásom célja különböző árfekvésű retrofit LED-lámpák fényárama időbeli változásának meghatározása. A méréseket a BME-VET tanszék laboratóriumában található integráló gömbös fotométer segítségével végeztem. Tekintsük át röviden a készülék működési elvét.

3.1.1. Az Ulbricht-gömb elmélete

A fényáram mérés hagyományos eszköze az integráló gömbös fotométer. Fő eleme egy zárt gömb, melynek belső oldalára diffúz fehér bevonatot visznek fel. E gömb egyik nyílásán helyezkedik el a fénymérő elem, melyet egy ellenző lapka takar el a fényforrás elől, hogy annak sugárzása közvetlenül ne essen rá. [14]



4. ábra
a fotométergömbös fényárammérő berendezés felépítése

Az elvi modell szerint a gömbbe helyezett fényforrás fénye többszörös visszaverődést követően a gömb falán egyenletes fényeloszlást eredményez. [15] Így elég a gömb egyetlen pontján megmérni a megvilágítást, a mért eredményből kiszámítható a fényforrás fényárama. A Φ fényáramú fényforrás a gömb falát megvilágítva $\rho\Phi$ reflektált fényáramot kelt, mely ismét visszaverődik, $\rho^2\Phi$ fényáramot adva és így tovább. A teljes visszavert fényáram

$$\Phi_{\text{refl}} = \rho \cdot \Phi \cdot (1 + \rho + \rho^2 + \rho^3 + \dots) = \frac{\rho}{1 - \rho} \cdot \Phi$$

lesz. Így a megvilágítás:

$$E = \frac{\rho}{4\pi \cdot (1 - \rho)} \cdot \Phi$$

Az egyenletet rendezve megkapjuk a fényáram értékét: [15].

$$\Phi = \frac{E \cdot 4\pi \cdot (1 - \rho)}{\rho}$$

Mivel a gömbben idegen tárgyak (például a takarólemezek, fényforrások felfüggesztő elemei) is található, a műszert egy ismert fényáramú etalon fényforrással kalibrálni kell, majd ezen etalonhoz tudjuk viszonyítani a vizsgált fényforrás tulajdonságait. Így a vizsgált fényáram a

$$\Phi = \Phi_N \frac{E}{E_N}$$

összefüggéssel határozható meg, ahol

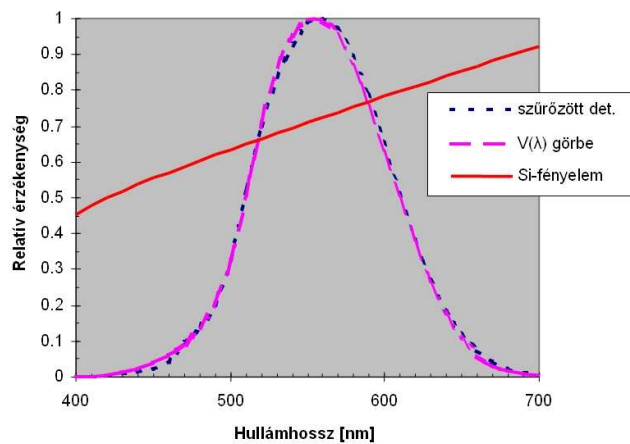
- Φ_N az etalon lámpa (ismert) fényárama;
- E_N az etalon lámpával mért megvilágítás;
- E a vizsgált fényforrással mért megvilágítás.

Az idegen testek okozta aszimmetria kompenzálására a mérőelemmel szemközti oldalon segédfényforrást alkalmaznak. [16]

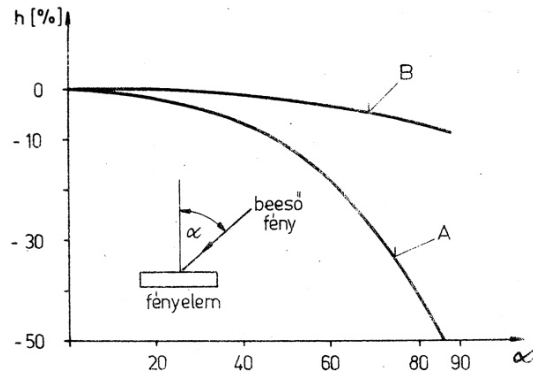
A jelenlegi mérések célja nem a fényáram pontos meghatározása, hanem annak időbeli változásának, a változás mértékének megbecsülése volt. Mivel a mérés eredményét a gömb egy pontján elhelyezett fényelem adja, tekintjük át a működését.

3.1.2. A fényelem

A megvilágítás mérése kezdettől fogva elektronikus eszközzel történt, melynek fő alkotóeleme a fényelem. A fényelemek félvezető eszközök, melyek kivezetésein a rájuk eső fényárammal arányos feszültség mérhető. A korszerű mérőkészülékekben szilícium alapú fényelem található. [17] Az emberi szemtől eltérő érzékenységi görbéje, valamint a fény beesési szögére való érzékenysége (cosinus-hiba) miatt önmagában nem alkalmas hiteles mérések elvégzésére, megfelelő színszűrők és opál burra felhasználásával illeszteni kell. [18] Az 5. ábrán az illesztetlen és illesztett Si-fényelem, valamint az emberi szem $V(\lambda)$ érzékenységi görbéje; a 6. ábrán pedig a cosinus-hiba látható illesztett és illesztetlen fényelem esetén.



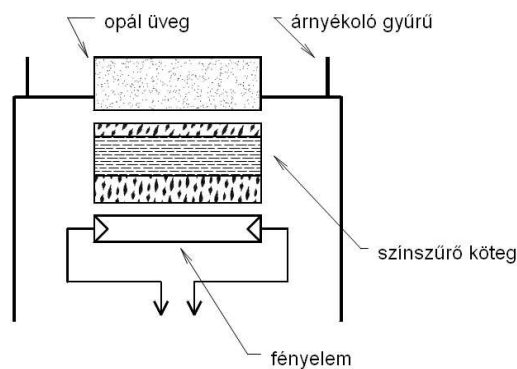
5. ábra
a fényelem jellemző görbéi [15]



6. ábra

cosinus-hiba illesztetlen (A-görbe) és illesztett (B-görbe) fényelem esetén [19].

Pontosságát tekintve ma is a világelsők közé tartozik a magyar fejlesztésű Cosilux mérőfej, melyet az azonos nevű hordozható megvilágításmérőkben (és “MINILUX” nevű utódjaikban) a mai napig alkalmaznak. A mérésekben résztvevő fotométergömbös mérőberendezés mérőfeje is ezen típus képviselője. A mérőfej metszetét a 7. ábra mutatja.



7. ábra

a Cosilux mérőfej metszete [15]

Az árnyékoló gyűrű a mérőfej „látószögét” 45° -ra korlátozza, mert ebben a tartományban a cosinus-hiba értéke még elhanyagolható. A cos-illesztést az opál burra végzi, az általa okozott veszteséget úgy kompenzálták, hogy a burát nem süllyesztették teljesen a mérőfejbe, így a palástját is érheti fény. A $V(\lambda)$ illesztést a színszűrő köteg végzi el. [20] Ilyen körülmények között a fényelem már úgy „lát”, mint az emberi szem, így alkalmassá válik hiteles mérések elvégzésére.



8. ábra

Cosilux mérőfej fényképe

3.2. A mérési eljárás

A 3.1 fejezetben bemutatott mérési berendezés vizsgálatom során fontos részeit. A mérési eljárást a következőkben részletesen ismertetem.

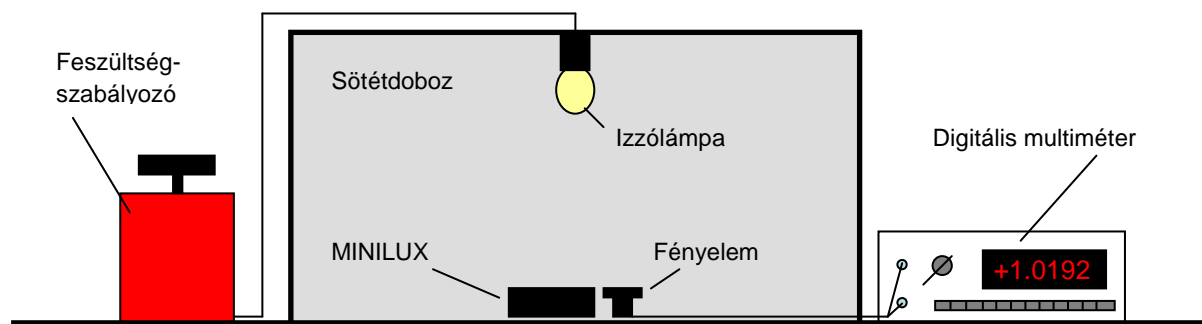
3.2.1. A fényelem felhasználása

Amint a 3.1.2. pontban olvasható, a fényelem a rá eső megvilágítással arányos feszültséget juttat a kapcsaira. A mérés alapját ez a tulajdonsága jelenti, hogy gyorsan és pontosan reagál a megvilágítás megváltozására.

3.2.2. A fényelem karakterisztikája

A mérések megkezdése előtt meg kellett ismerni az adott fényelem viselkedését, hogy a későbbiekben legalább hozzávetőleges, százalékos értékeket tudjunk adni a villogás mértékére.

A mérést a BME VET tanszék sötétdobozában végeztem. Szabályozható feszültségű tápegységgel tápláltam egy 100 W-os izzólámpát, majd a doboz aljára jutó megvilágítást egy magyar fejlesztésű, hitelesített MINILUX precíziós megvilágításmérő műszerrel mértem. A MINILUX mellé helyeztem el a fényelemet, melynek kimeneti feszültségét egy KEITHLEY 177 típusú digitális multiméterre vezettem. A mérési elrendezés a 9. ábrán látható.



9. ábra

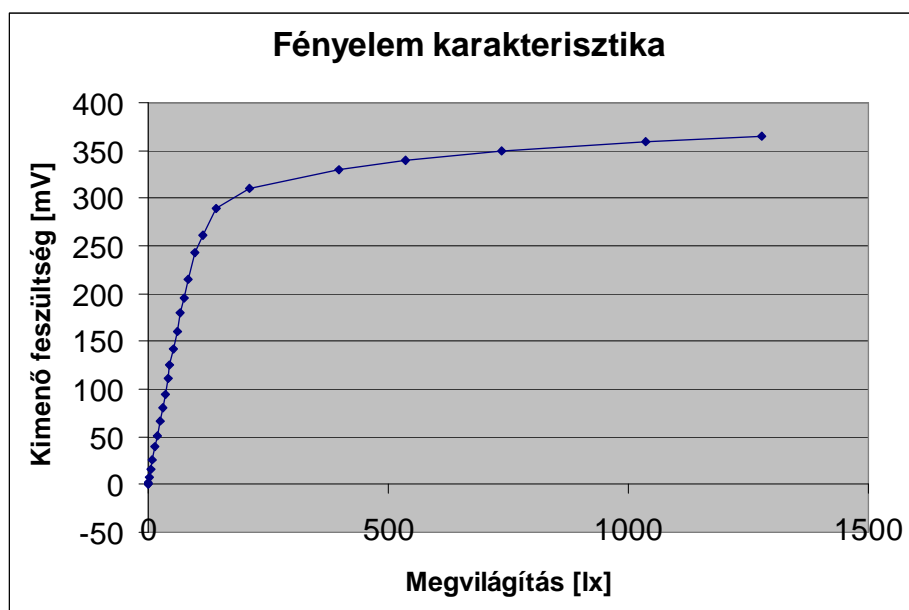
mérési elrendezés a mérőfej karakterisztikájának meghatározására.

Az első mérés megvilágítás nélkül, zárt dobozban történt. A MINILUX 0 értéket mutatott, míg a fényelemen 0.2 mV záróirányú feszültség volt mérhető. Ezután az izzóra jutó feszültséget folyamatosan növelve ismételtam a mérést. Feljegyeztem a MINILUX és a multiméter által adott megvilágítás-feszültség értékpárokat.

A részletes mérési eredményeket az 1. táblázat, a karakterisztikát a 10. ábra mutatja.

Megvilágítás [lx]	Feszültség [mV]
0	-0,2
0,04	0
0,59	1,6
2,95	8,1
5,71	15,5
9,49	25,8
14,42	39,2
18,59	50,5
24,5	66,9
29,5	80,4
35	95
40,8	110,9
45	124,8
52,3	141,5
59,8	160,6
67,2	179,8
73,7	195,8
82,3	215,3
98,1	242,8
114,8	261,2
141,3	289,4
212	310
396	330
537	340
735	349,9
1036	359,9
1278	365,6

1. táblázat: a karakterisztika-mérés eredményei

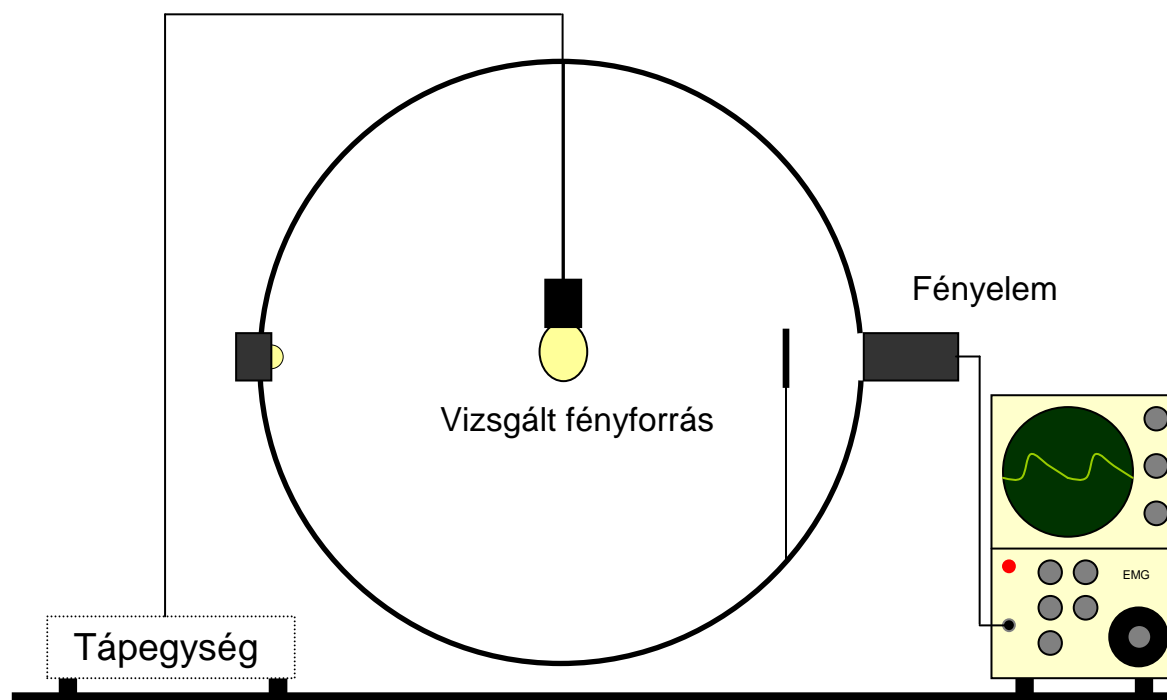


10. ábra
a mérési eredmények ábrázolva.

Az ábrán jól látható a nem lineáris, telítődő karakterisztika, melynek ismeretében a mérési eredmények kiértékelhetők.

3.2.3. A mérési és kiértékelési eljárás

A fotométergömbbe helyezett LED-körtét az ellátó hálózatra kapcsoltam, a gömböt lezártam, majd a fényelem jelét egy HAMEG HM-205 típusú analóg oszcilloszkópra vezettem. A műszer képernyőjén látható jelalakból következtetni lehet a fényáram időbeli változására (a vízszintes eltérítés változtatásával az esetleges nagyobb frekvenciájú összetevők is láthatóvá válnak), az ernyőkép jellemző értékeit leolvasva és a karakterisztikát felhasználva a fényáram ingadozás százalékos értéke is jó közelítéssel meghatározható. A mérési elrendezést a 11. ábra mutatja.



11. ábra
mérési elrendezés fényáram-ingadozás mérésére.

Az első mérések szabályozás nélkül történtek, a LED-körték állandósult állapotának meghatározását szolgálták. A későbbiekben kétféle szabályozási módot alkalmazva vizsgáltam a fényáram stabilitását.

A toroid-transzformátoros szabályozás a lámpára jutó feszültség amplitudóját csökkenti, a feszültség szinuszos jellegét nem módosítja.



12. ábra
a toroid-transzformátoros szabályozó

A tirisztoros szabályozó viszont a feszültség csúcsértékének meghagyása mellett a jelalak módosításával éri el lámpa átlagáramának megváltozását (amennyiben a gyújtási szög kisebb, mint 90 fok, ez viszont követelménye a LED begyújtásának). A kísérletek során egy kereskedelmi forgalomban kapható, átlagos árfekvésű szabályozót használtam.



13. ábra
a tirisztoros, fázishasító szabályozó

4. A mérési tapasztalatok

A fejezetben részletesen bemutatom az egyes lámpák mérési tapasztalatait, eredményeit.

4.1. Az 1. számú lámpa

A kereskedelmi forgalomban kapható egyik legolcsóbb LED-körte az első mérés alanya. Kis mérete, gömbölyű üvegburája, a LED-ek sokasága (vagyis a bőség látszata) a mai fogyasztói társadalomban könnyen vásárlási szándékot gerjeszt.



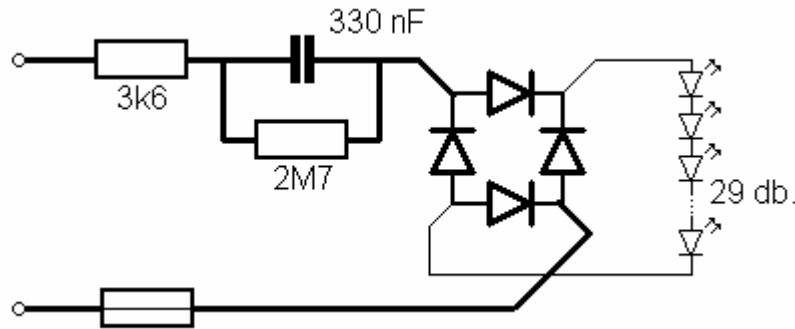
*14. ábra
a vizsgált 1. számú lámpa*

Foglalatba téve és feszültség alá helyezve azonban feltűnt zöldbe hajló fénye és szemmel is jól látható vibrálása.

A lámpa főbb műszaki adatai: 230 V, 2 W, 120 lm, 24 mA.

4.1.1. A meghajtó-egység

Egy azonos típusú, korábban tönkrement lámpát szétbontva láthatóvá váltak annak előtét-elemei. Kapcsolási rajzát a 15. ábrán mutatom be.

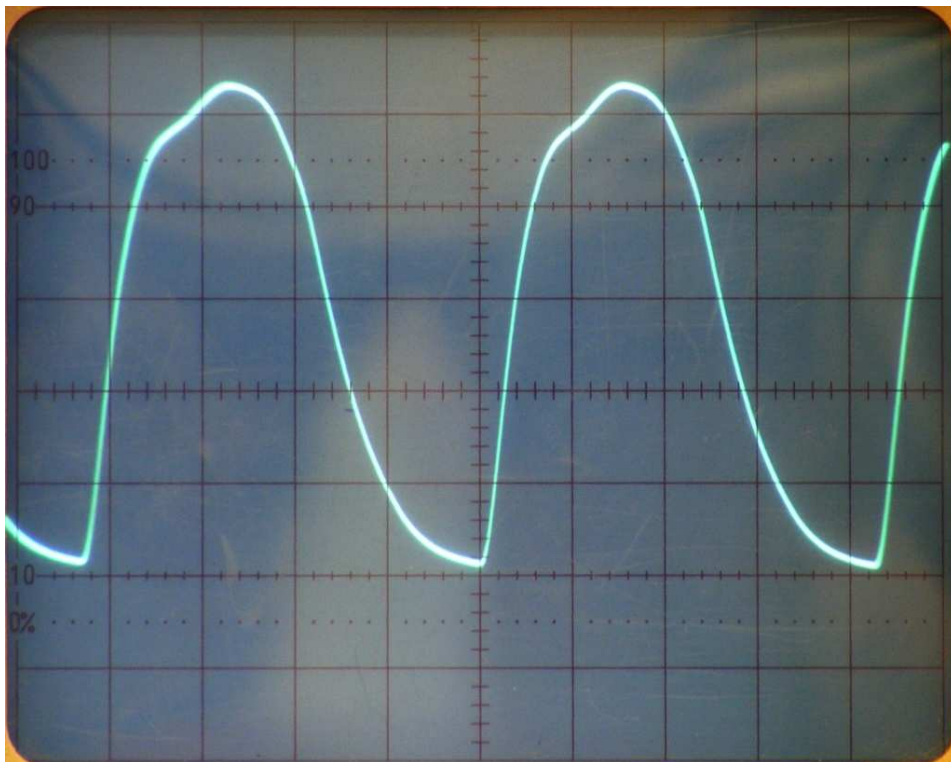


15. ábra
az 1. számú LED-körte előtét-áramköre

A kapcsolási rajzról leolvasható, hogy a tervezők igen egyszerűen megoldották a törpefeszültség előállítását: mindössze két előtét-impedanciát és egy Graetz-hidat alkalmaztak. Az egyenirányító híd után semmilyen szűrés nem található, így a LED-ek a 100 Hz-el lüktető egyenfeszültséget kapják. Látható az is, hogy a világító diódák számára ideális áramgenerátoros táplálásról itt szó sincs. Ezek ismeretében nem okoznak meglepetést a mérési eredmények, melyekről a 4.1.2. és 4.1.3. pontokban olvashatunk.


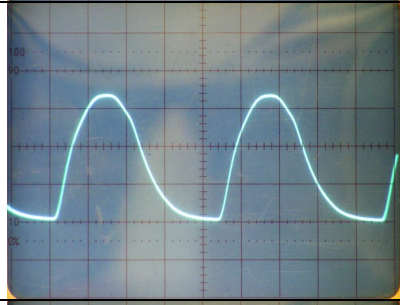
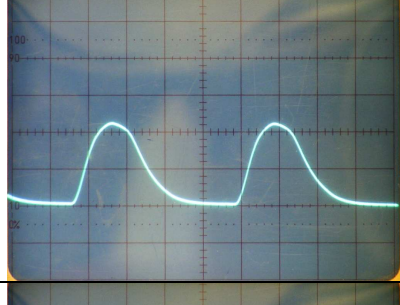
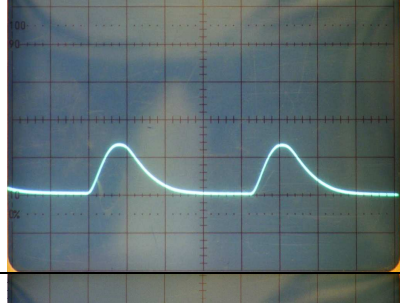
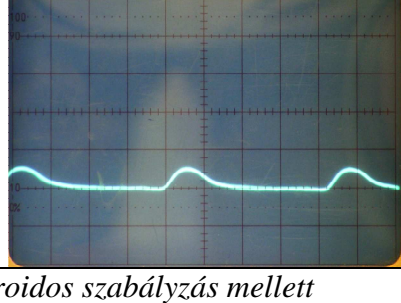
4.1.2. Toroid transzformátoros szabályozás

A Landlite lámpa fényárama szabályozás nélkül, közvetlenül a hálózati feszültségről táplálva is erősen ingadozik, szinte alakhűen visszaadja az egyenirányított tápfeszültség időfüggvényét.



16. ábra
az 1. számú LED-körte fényáramának időbeli változása (10 mV / o. ; 2 msec / o.)

A 2. táblázatban az egyes mérések eredményei olvashatók.

Feszültség effektív értéke	Fényáram ingadozás	Beosztás	Jelalak
230 V	100 %	10 mV / osztás 2 msec / osztás	
140 V	100 %	10 mV / osztás 2 msec / osztás	
100 V	100 %	10 mV / osztás 2 msec / osztás	
75 V	100 %	10 mV / osztás 2 msec / osztás	
53 V (kialvási feszültség)	100 %	10 mV / osztás 2 msec / osztás	

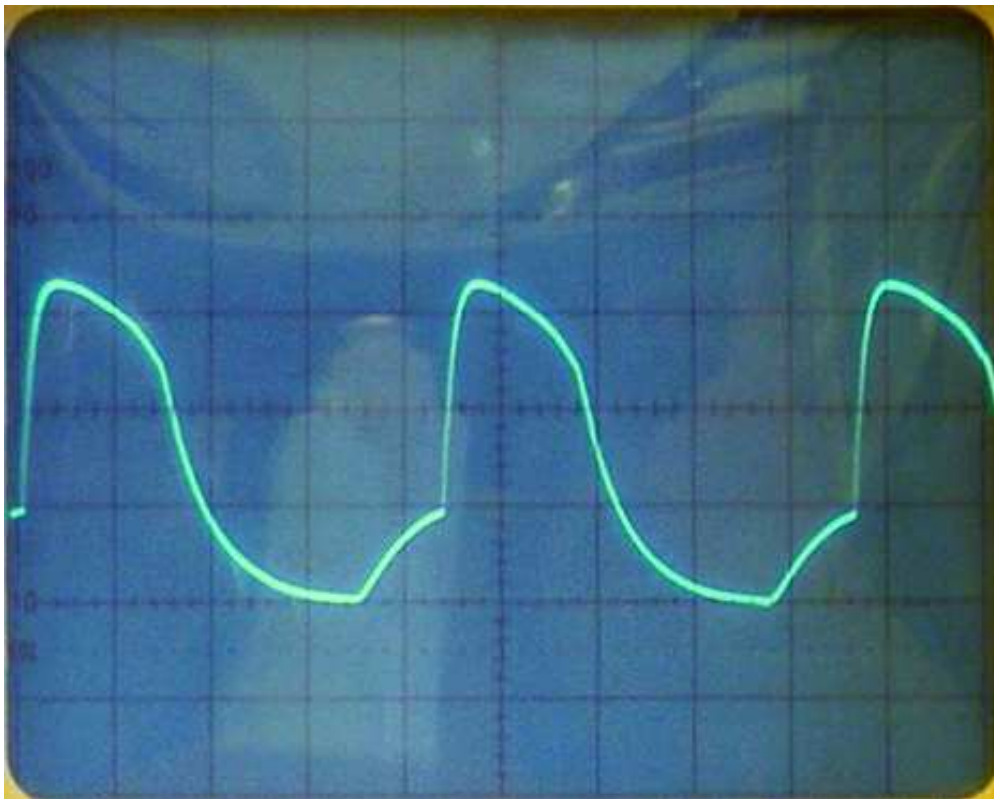
2. táblázat: az 1. számú LED-lámpa viselkedése toroidos szabályzás mellett

A táblázatban jól látszik, hogy a lámpa fényárama erősen lüktet, minden hálózati periódus során két alkalommal is kiábrósít, így fényáramának ingadozása 100 %-os. 53 V feszültség alatt a lámpa nem világít.

Az 1. számú LED-körte toroid-transzformátoros szabályozás mellett nem biztosítja a villogásmentességet.

4.1.3. Tirisztoros szabályozás

Fázishasítás, tirisztoros szabályozó alkalmazásával teljes teljesítményen a 4.1.2. pontban látottnál is egyenetlenebb görbét kaptam. Jól látható, hogy a fényáram időbeli változásában megjelentek felharmonikusok is.

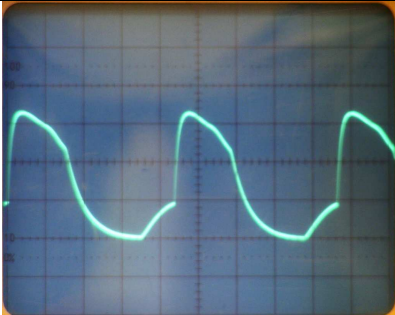
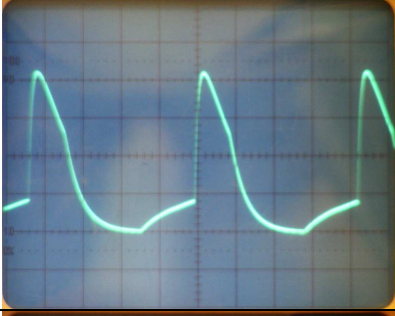
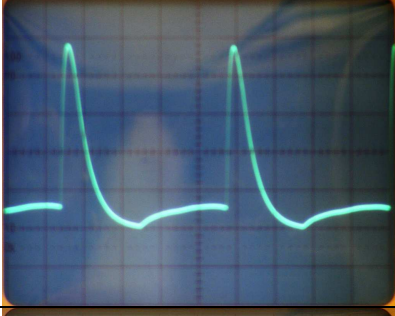
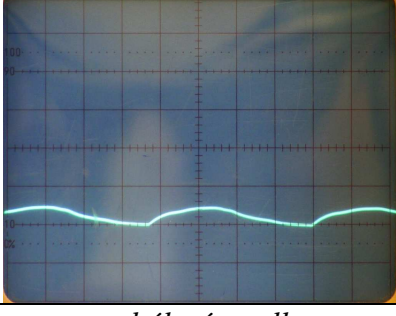


17. ábra

az 1. számú LED-körte fényáramának időfüggvénye tirisztoros szabályozóról táplálva.

A teljesítményt csökkentve a jelalak további felharmonikus tartalmat mutatott. A fényáram átlaga egy szakaszon (100 és 60 % között) arányosan csökkent, viszont a csúcserték megmaradt, az időfüggvény kitöltési tényezője változott. 60 % környékén a lámpa fényárama ugrásszerűen lecsökkent és a fennmaradó tartományban a szabályozó állásától független maradt.

A 3. táblázat mutatja az egyes mérések eredményeit.

Beállított teljesítmény	Fényáram ingadozás	Beosztás	Jelalak
100 %	100 %	20 mV / osztás 2 msec / osztás	
80 %	100 %	20 mV / osztás 2 msec / osztás	
65 %	100 %	20 mV / osztás 2 msec / osztás	
25 %	100 %	20 mV / osztás 2 msec / osztás	

3. táblázat: az 1. számú LED-lámpa viselkedése tirisztoros szabályzás mellett

A mérési eredményekből látszik, hogy az alsó árkategória ezen képviselője nem teljesíti a LED-lámpák egyik előnyének hirdetett villogásmentességet. Használata az induktív előtéttel szerelt fénycsövek minden hátrányát magában hordozza.

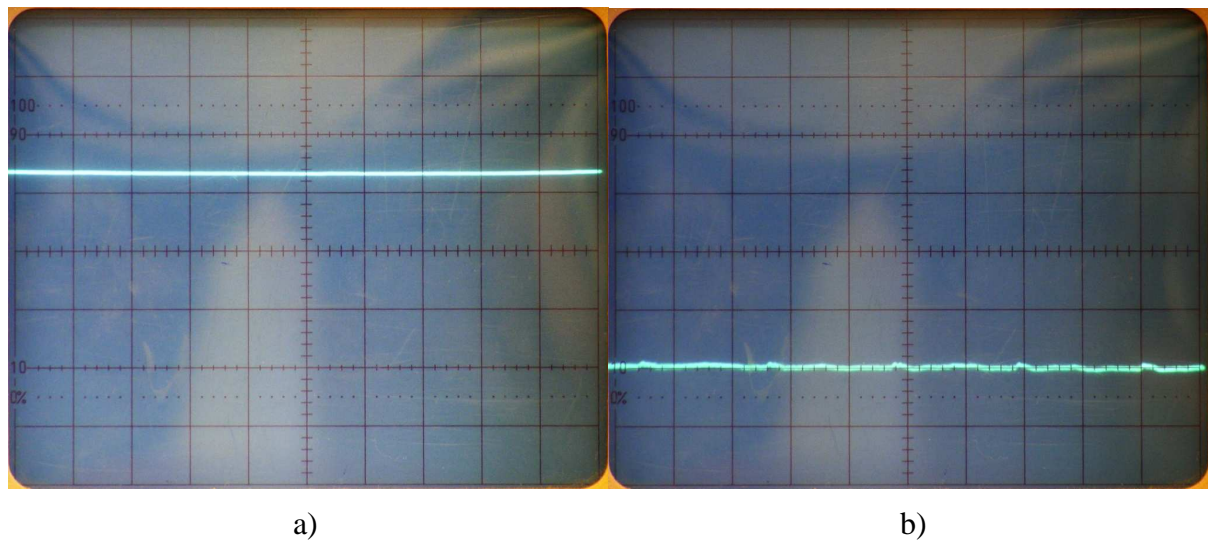
4.2. A 2. számú lámpa

A vizsgálat tárgya a tanszéken található, Barkóczi Gergely által tervezett világítás-bemutató panelben több éve üzemelő, felső árkategóriájú LED-körte. Felépítése, tömege első ránézésre a Landlite lámpánál komolyabb belsőt ígér. Meghajtó-egységének pontos kapcsolása nem áll rendelkezésemre, mivel a német gyártó bizalmas információként kezeli azt. Emiatt csak a kísérletek során tapasztalt viselkedéséből tudok következtetni felépítésére, működési elvére. Mivel a fényforrás nem dimmelhető (szerepel a lámpán is), csak a toroid-transzformátoros szabályozóval tápláltam.

A lámpa fontosabb műszaki adatai: 7 W, 155 lm.

4.2.1. A mérés eredménye

Szabályozás nélkül, közvetlenül a hálózatról táplálva a lámpa fényárama stabil, egyenletes. Az oszcilloszkópot AC módra kapcsolva és az érzékenységet maximálisra növelve is alig volt látható ingadozás.



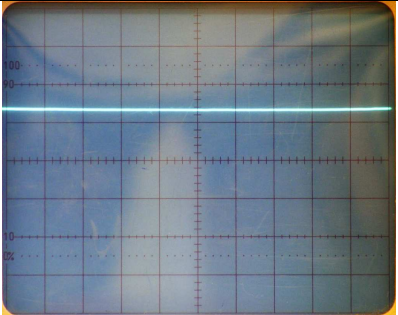
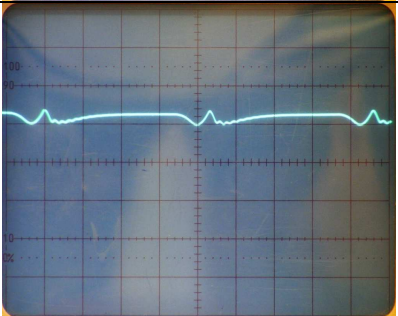
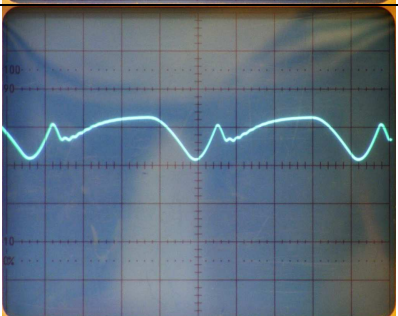
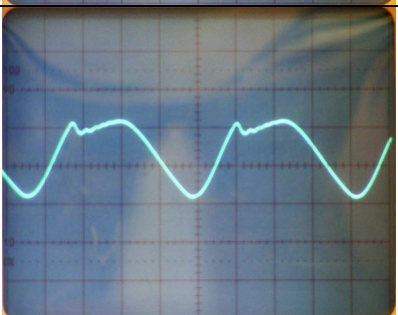
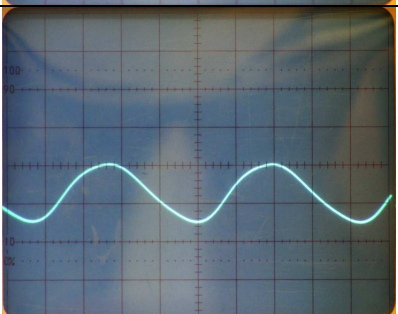
18. ábra

A 2. számú LED-körte fényáramának (a), illetve a fényáram változásának (b) időfüggvénye.
(a: 20 mV / o. , b: 1 mV / o. ; 2 msec / o.)

A fényelem karakterisztikájának segítségével meghatározható, hogy a fényáram ingadozása ebben az esetben 1 % alatti.

162 V tápfeszültség fölött stabilan tartja a fényáramát, majd a feszültséget tovább csökkentve az időfüggvény kezd periodikussá válni. 80 V környékén a fényáram időfüggvénye szinuszoszá válik és 0 V-ig a feszültséggel arányosan csökken.

A részletes mérési eredményeket a 4. táblázat tartalmazza.

Feszültség effektív értéke	Fényáram ingadozás	Beosztás	Jelalak
230 V	0 %	20 mV / osztás 2 msec / osztás	
150 V	16 %	20 mV / osztás 2 msec / osztás	
130 V	40 %	20 mV / osztás 2 msec / osztás	
100 V	65 %	20 mV / osztás 2 msec / osztás	
60 V	85 %	20 mV / osztás 2 msec / osztás	

4. táblázat: a 2. számú LED-lámpa viselkedése toroidos szabályzás mellett

A 2. számú lámpa közvetlenül a hálózatról táplálva példásan egyenletes fényt bocsát ki és széles feszültségtartományban tartja is. Viselkedéséből ítélve a meghajtó-áramkör része lehet egy stabilizáló áramkör, ennek köszönhető az egyenletes fényáram. Mivel a lámpa nem dimmelhető, az elvárt feladatát teljes mértékben ellátja.

4.3. A 3. számú lámpa

A mérés során egy másik német gyártó felső árkategóriás, új gyártmányú, de nem szabályozható lámpája került a műszerbe.



19. ábra
a 3. számú LED-körte fényképe

Felépítése a 2. számú lámpához hasonló, szintén nagy hűtőfelülettel rendelkezik és tömege sem elhanyagolható. A diffúz bura mögött négy darab, egyenként 2 W-os teljesítmény LED bújik meg. Előtét-áramkörének pontos megvalósításáról nem állnak rendelkezésre adataim.

A lámpa főbb műszaki adatai: 230 V, 8 W, 345 lm, nem dimmelhető.

4.3.1. Be- és kikapcsolási jelenségek

A lámpa viselkedése be- és kikapcsolás során az eddigiektől eltérő. Bekapcsoláskor hirtelen felfutással és némi túllövással megnő a fényáram, majd egy maximumot elérve lecsökken az állandósult értékére.



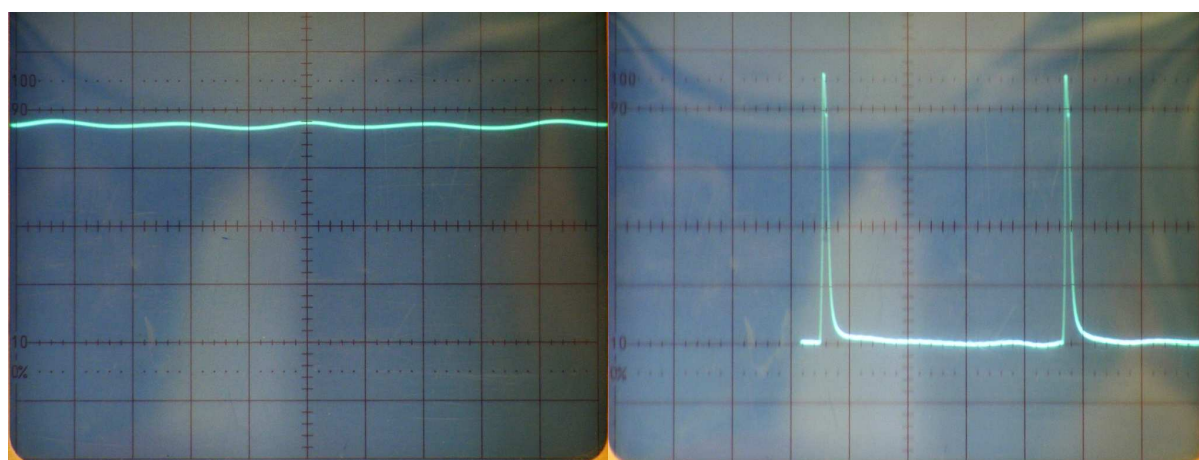
20. ábra

az OSRAM LED-körte fényáramának alakulása be- és kikapcsoláskor
(50 mV / o. ; 50 msec / o.)

Kikapcsoláskor a fényáram hirtelen megnő, majd 2 msec után exponenciális beállással nullára csökken. Az aszimptotikus beállást a fénypor utánvilágítása okozhatja.

4.3.2. A mérés eredménye

Állandósult állapotban a 3. számú LED-körte fényárama is ingadozik, az eltérés a teljes fényáram 4-5 %-át teszi ki. Toroid transzformátorral csökkentve a feszültséget, a fényáram 82 V-ig nem változik, 82 V alatt a lámpa kialszik és nagyjából másfél másodpercenként igen rövid időre felvillan.



a)

b)

21. ábra:

a 3. számú LED-körte fényáramának időfüggvénye 230 V (a), illetve 82 V-nál kisebb tápfeszültség mellett. (a: 50 mV / o. , 2 msec / o. ; b: 50 mV / o. , 50 msec / o.)

A mérési eredményekből látszik, hogy a 3. számú lámpa is nagymértékben teljesíti a villogásmentesség feltételeit, viselkedéséből ítélve a LED-chipek táplálása áramgenerátoros lehet.

4.4. A 4. számú lámpa

Új gyártmányú, dimmelhető, felső árkategóriás retrofit LED-körte a 2. számú lámpa német gyártójától. Kék fényű LED-chipekkel szerelt, a fehér fény előállításához szükséges sárga fénypor a belső burán található. Ezzel a megoldással részben sikerült kiküszöbölni az egyes diódák okozta egyenetlen fényeloszlást. A külső opál bura tovább javítja az egyenletességet.

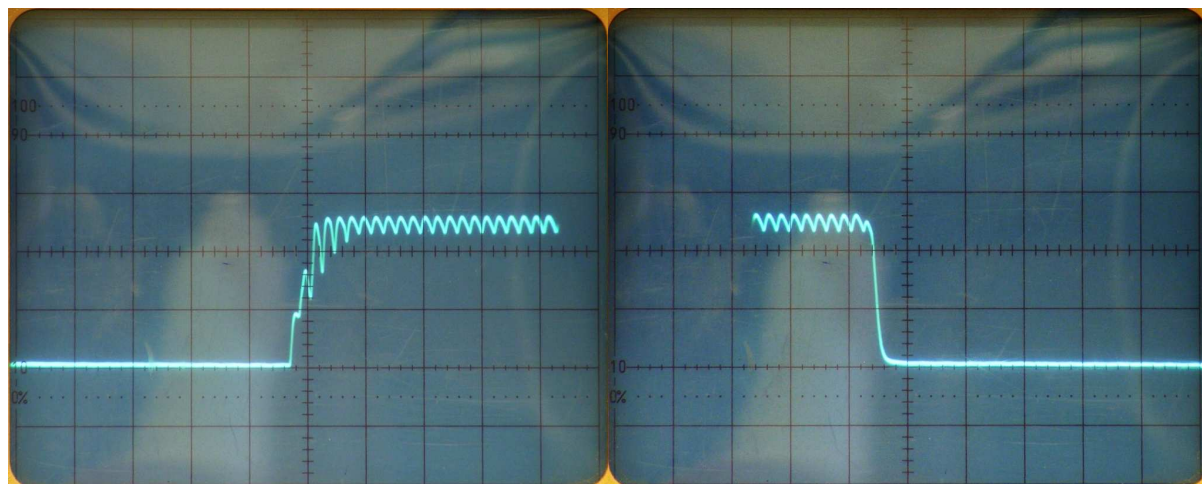


22. ábra
a 4. számú LED-körte fényképe

Fontosabb műszaki adatai: 230 V, 7 W, 350 lm, dimmelhető.

4.4.1. Be- és kikapcsolási jelenségek

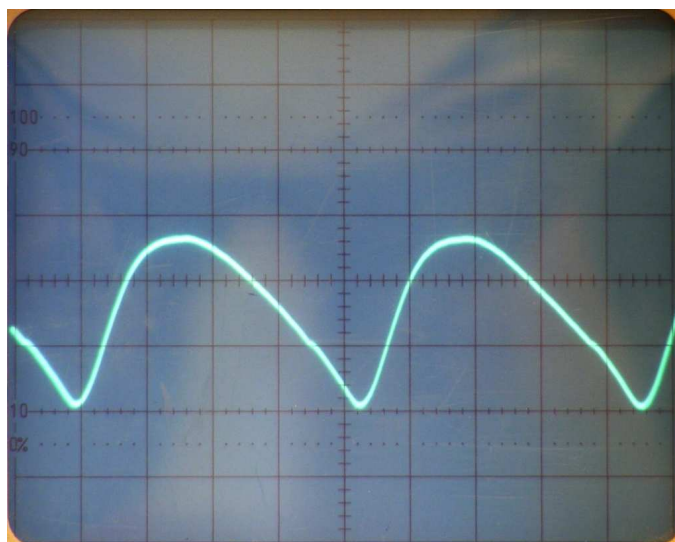
Mivel a lámpa meghajtó-áramköréről nem állnak a rendelkezésemre információk, a fényforrás indulási és leállási viselkedéséből próbálok következtetni az előtét megoldására.



23. ábra

a 4. számú LED-körte fényáramának alakulása be- és kikapcsoláskor
(50 mV / o. ; 50 msec / o.)

A fényáram időfüggvényéből ítélve a lámpa előtétje nem áramgenerátoros, hanem előtét-impedancia (esetleg transzformátor), Graetz-híd és pufferkondenzátor követik egymást (utóbbi hatása jól látszik bekapcsoláskor, illetve az állandósult fényáram ingadozásának jellegén, mely a 24. ábrán látható).



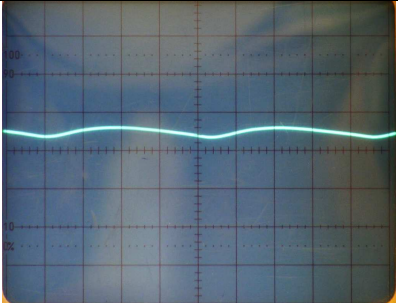
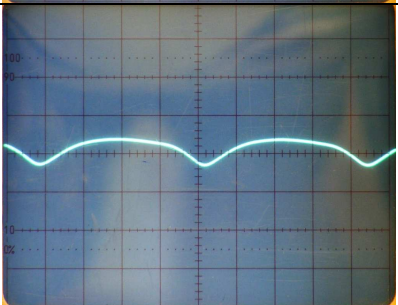
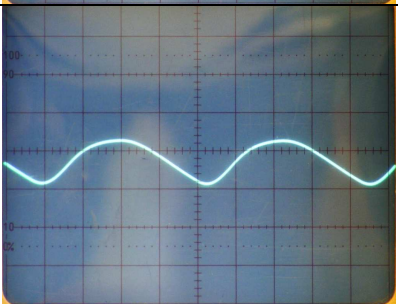
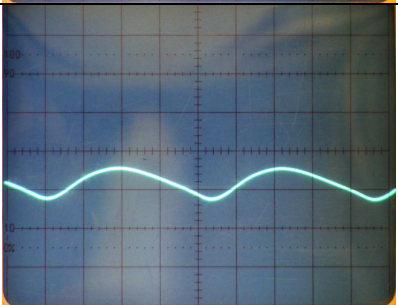
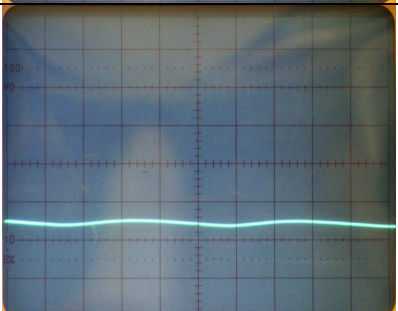
24. ábra

a 4. számú lámpa állandósult fényáramának ingadozása (1 mV / o. ; 2 msec / o.)

A tranziensek 60 msec alatt lejátszódnak, így a lámpa begyújtása gyorsnak mondható. Az állandósult fényáram 100 Hz-es lüktetése kizárja a kapcsolóüzemű tápegység létét.

4.4.2. Szabályozás toroid transzformátorral

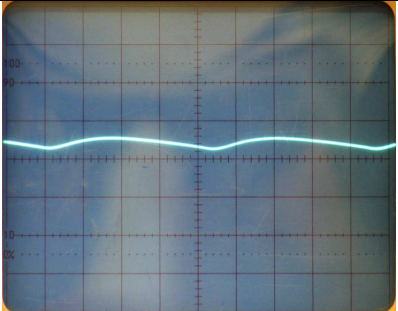
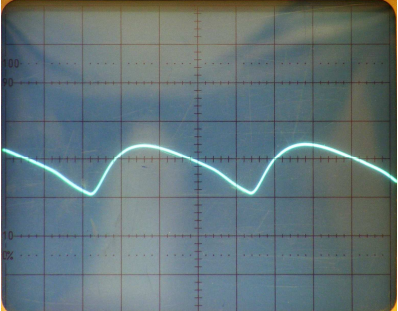
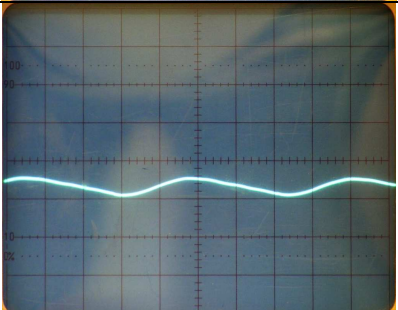
A kísérlet alatt a LED-körte az elvárásoknak megfelelően működött: a Landlite-lámpához hasonlóan a tápfeszültséggel arányosan változott a fényárama. A mérés eredményeit az 5. táblázat tartalmazza.

Feszültség effektív értéke	Fényáram ingadozás	Beosztás	Jelalak
230 V	2,4 %	50 mV / osztás 2 msec / osztás	
180 V	25 %	50 mV / osztás 2 msec / osztás	
160 V	45 %	50 mV / osztás 2 msec / osztás	
140 V	55 %	50 mV / osztás 2 msec / osztás	
80 V	70 %	50 mV / osztás 2 msec / osztás	

5. táblázat: a 4. számú LED-körte toroidos mérésének eredménye

4.4.3. Szabályozás tirisztoros szabályozóval

A gyári adatok szerint a fényforrás dimmelhető, vagyis kompatibilis a háztartásban már korábban beépített, legtöbbször fázishasítás elvén működő szabályozó egységekkel. A kísérlet eredménye a 6. táblázatban látható.

Beállított teljesítmény	Fényáram ingadozás	Beosztás	Jelalak
100 %	3 %	50 mV / osztás 2 msec / osztás	
75 %	50 %	50 mV / osztás 2 msec / osztás	
30 %	30 %	50 mV / osztás 2 msec / osztás	

6. táblázat: a 4. számú LED-körte tirisztoros mérésének eredményei

Az eredményekből látható, hogy a fényforrás a gyár ígéretének megfelelően elviseli mindkét féle szabályozást. Állandósult állapotban a fényáram egyenletesnek mondható, de a szabályozó bizonyos állásaiban az ingadozás az 55 %-ot is eléri.

5. Összefoglaló, tanulságok

Munkám célja a hagyományos fényforrások kiváltására szánt retrofit LED-lámpák fényáramának vizsgálata volt. Kutatásom során megismertem a villogás emberi egészségre, viselkedésre gyakorolt hatásait, a fényáram-mérés módját, műszereit. Megvizsgáltam néhány kereskedelemben kapható retrofit LED fényforrást (törekedve a lámpatest választékon belüli változatosságra), bemutattam viselkedésüket, jellemző jelalakjaikat, illetve ezen adatokból következtettem a meghajtó-egység felépítésére, működési elvére.

A vizsgált lámpatestek fontosabb tulajdonságait, és a kutatás alatt szerzett tapasztalataimat a 7. táblázatban foglalom össze.

Szám	Ár-kategória	Gyártó cég	Állandósult állapotú fényáram ingadozás	Dimmelhető	Szabályozott villogás
1.	Alsó	kínai	100 %	Igen	100 %
2.	Felső	német	0,08 %	Nem	–
3.	Közép	német	2 %	Nem	–
4.	Felső	német	4.5 %	Igen	55 %

7. táblázat: a vizsgált lámpák összehasonlítása

Az eredményekből jól látható, hogy az alsó árkategóriájú izzó-alkatú LED-lámpák népszerűségük ellenére nem mindig váltják be a hozzájuk fűzött reményeket, használatuk színvisszaadás, fényáram és villogás szempontjából az izzólámpához képest visszalépést is jelenthet. A jobb minőségű lámpák ára még mindig magas és teljes megtérülésük egyelőre kétséges, de mindenképpen igen lassú.

A napjainkban is zajló változások emlékeztetnek az elektroncsövekről félvezetőkre (kezdetben tranzistorokra) való átállásra, mely az 1960-as, '70-es években történt. Míg a két eszköz működése gyökeresen eltér egymástól, működésük eredménye – az erősítés – majdnem azonos. A félvezető elektroncsövekhez képesti előnyei és a LED-ek izzólámpához képesti előnyei között erős párhuzam figyelhető meg (ami nem csoda, hiszen a LED is egy félvezető eszköz). Közös előnyök a jobb hatásfok, emiatt a velük felépített eszközök könnyebb hordozhatósága, a mechanikai hatásokkal szembeni ellenállóképesség.

Egy elektroncsöves készüléket tranzistorosra alakítani nehéz és hálátlan feladat, mert nem elég csak az eszközöket kicserélni. A környezetüket is nagymértékben át kell alakítani, hiszen a csövek foglalatába beillesztett tranzistorok jobb esetben nem fognak működni, rosszabb esetben tönkre is mennek. Ugyanígy nagy feladat egy eredetileg izzólámpához tervezett világítási rendszer LED-esre alakítása. Ugyan már rendelkezésre állnak az izzó helyére közvetlenül beilleszthető LED-es lámpatestek, de főleg az olcsóbb és ezáltal népszerűbb típusok kísérleteim során is észlelt villogása a vizuális komfortot nagymértékben rontja.

A LED-ek számtalan előnnyel rendelkeznek már ma is és még többet rejtenek magukban. Ezt azonban hosszas fejlesztő munkával lehet kihozni belőlük. Ahogy számtalan, félvezetőkel megvalósított készülék 40 éven túl is kiválóan üzemel a gyári tranzistoraival, úgy a nekik megfelelő környezetben a LED-ektől is sok év megbízható működést várhatunk.

A világító diódák új, eddig nem alkalmazott technikát jelentenek, ezért használatukhoz megfelelő kialakítás, tervezés, készülékek és szerelvények, továbbá mind a gyártástechnológia, mind az alkalmazás technika terén megfelelően idomított szabványosítás szükségesek. Ha ezek mind rendelkezésre állnak és a beljük helyezett diódát képesek lesznek megfelelően kiszolgálni, belőlük a lehető legnagyobb teljesítményt kihozni, akkor nyugodt szívvel mondhatjuk, hogy a LED-es megoldások készen állnak a háztartási használatra. [21]

Felhasznált irodalom

- [1] Irena Fryc –
LED's spectral power distribution under different condition of operating temperature
and driving current
LUMEN V4 Világítási Konferencia 2010 – Brno
- [2] Flickr képmegosztó oldal
www.flickr.com
Hozzáférés: 2011. október 6.
- [3] LED-világ áruház honlapja
www.ledvilag.hu
- [4] Stone P T –
Fluorescent lighting and health
Lighting Research and Technology 1990.
- [5] Veitch, J. A.; Mccoll, S. L. –
Modulation of fluorescent light : flicker rate and light source effects on visual
performance and visual comfort
Lighting Research and Technology 1995.
- [6] Veitch, J. A.; Newsham, G. R. –
Lighting quality and energy-efficiency effects on task performance, mood, health,
satisfaction and comfort
Lightning Research and Technology 1998.
- [7] Alan Kennedy, Wayne S. Murray –
The effects of flicker on eye movement control
The Quarterly Journal of Experimental Psychology 2007.
- [8] Sandström Monica BSc, Lyskov Eugene MD, Medvedev Sviatoslav MD –
Neurophysiological Effects of Flickering Light in Patients with Perceived Electrical
Hypersensitivity
Journal of Occupational and Environmental Medicine 1997.
- [9] Osborne, D. J., Holton, D. –
Reading from screen versus paper: There is no difference.
International Journal of Man-Machine Studies, 1988.
- [10] Wilkins, A., Nimmo-Smith, I., Tait, A., McManus, Barrie, M., & Scott, S. –
A neurological basis for visual discomfort.
Brain, 1984.
- [11] Pernille Kofoed Nielsen, Karen Sjøgaard, Jørgen Skotte, Peder Wolkoff –
Ocular surface area and human eye blink frequency during VDU work: the effect of
monitor position and task
Springer Verlag 2007.
- [12] K. Reinhold, P. Tint –
Lighting of Workplaces and Health Risks
Elektronika ir Elektrotechnika 2009.
- [13] John Geiger –
A Short History of Stroboscopic Light
2003.

- [14] Pillitz Dezső –
Világítástechnikai alapismeretek, különös tekintettel a légoltalmi elsötétítésre
Világítástechnikai Állomás 1941.
- [15] Schanda János –
Világítástechnikai műszerek
Előadási anyag
- [16] Varga Károly –
Mérési módszer kifejlesztése LED-ek ellenőrző vizsgálatához
Szakdolgozat, BMF-KVK, 2003
- [17] Hefelle J –
Megvilágításmérés - szenzitometria
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1978.
- [18] Az optikai sugárzás érzékelése –
Veszprémi Egyetemi tankönyv.
- [19] Keschitz József –
Világítástechnika
Munkavédelmi Továbbképző Intézet 1979.
- [20] Hajdu László, Mikos Pál –
Világítástechnika és színdinamika
Táncsics kiadó 1977.
- [21] Barkóczy Gergely
Van élet a LED-ek előtt?
Elektrotechnika, 2010. szeptember