

A LED korlátai a világítástechnikában

Készült 2010. évben.

Vass László
Percept kft

Az elmúlt évtized egyik látványos fejlődése a LED-ekhez mint fényforrásokhoz kapcsolódik. A '90-es évek vége felé jelent meg az első kereskedelmi forgalomban kapható fehér- fényporral bevont kék-LED. Ezek a <70 mW felvett teljesítményű, hengeres vagy négyszögletes tokozású LED-ek a maguk 0,2—2 lumenes fényáramukkal jelzésttechnikára voltak csak alkalmasak és **ma is azok**.

Itt be kell szúrnom egy közbevetést. A LED egy elektromos alkatrész, amelyet valamilyen készülék fényforrásaként használunk, de a felhasználó nem tudja és nem is dolga kezelni. Ha jó LED-et használtunk és jól terveztünk, a LED-et nem kell cserélni, mert a lámpatest előbb elöregszik. Nem kell foglalat, nem kell nyitási lehetőség. Az izzópótlók és fénycsöpótlók nem ilyenek. Miért is teszünk be egy üzembiztos LED-et a kontakthibás, lötyögő foglalatokba? Ezenkívül legtöbbjük kisméretű LED-del készül, ezért a fényárama sem elegendő.

Tehát a fényporral ellátott kék LED eredő fehér fénye [7] színe alapján már alkalmas volt a világítástechnikai felhasználásra, ezért szintén a '90-es évek végén megjelentek a nagyobb méretű LED-ek, 1 mm²-t meghaladó morzsával. Ezek teljesítmény felvétele 1 W körüli. Kezdetben 20 lumen, ma viszont 140 lumen fényáram is előállítható egy teljesítmény LED-re adott kb. 1W teljesítménnyel. A morzsa hőelvezetése természetesen kritikus (mint minden félvezetőé), tehát ahogy sikerült csökkenteni a tokozás hőellenállását, úgy növekedhetett a bevitt teljesítmény. Ma egy jó minőségű, kb. 0,5 cm² alapterületű tokban megfelelő hűtés mellett 3 W bevitt teljesítmény is megengedett, a hatásfok és az élettartam valamelyes csökkenése árán.

1.-Elérkeztünk a LED egyik legfontosabb korlátjához, a kristály hőmérsékletéhez. [6] Csak akkor tudjuk kihasználni a LED-es fényforrások tetemes előnyeit, ha jól ismerjük és már a tervezésnél figyelembe vesszük a korlátait. Minden fényforrásunkra hat a környezeti hőmérséklet, az izzóra a legkevésbé. A LED-re viszont, félvezető lévén, igen erősen. A gyártók megadják a kristályra megengedett legmagasabb hőmérsékletet, amelynek szokásos értéke a kisteljesítményű LED-eknél általában 85 °C , a világítástechnikában használt nagyteljesítményű (power) LED-eknél 120 °C – 150 °C közt lehet. A kristályhőmérséklet és az élettartam közti összefüggés részleteinek a bőséges szakirodalomban és a jobb gyártók honlapján lehet utána nézni. **Érdemes! Rengeteg tévhitet, hamis információt lehet így kiszűrni.** A legtöbb, főleg kisteljesítményű LED-nél csak derültséget válthat ki a 100'000 órás élettartam dicsekvés, hiszen még megfelelően kézben tartott hűtés mellett is nagyon jó a 40'000 órás élettartam. A hőmérséklet tehát igen fontos a **tervezés** és az **üzemeltetés** szempontjából. Később is, minden megfontolásunkban előbukkan. Jó tanács a barkácsolóknak: 1 W LED teljesítményhez legalább 0,5 dm² alumínium lemezt alkalmazzunk, függőlegesen.

2.-Második fontos korlát, illetve szempont a tápellátás. [5] A LED elektromos szempontból dióda, amelynek nyitófeszültsége 2,7—3 V, munkaponti feszültsége 3—3,6 V, fehér LED esetén. A szokásos diódákhoz képest még annyi megkötés van, hogy a teljesítmény LED-ekre **zárófeszültség nem megengedett**. Tehát szó sem lehet váltófeszültségű táplálásról! A dióda áramát külső eszközzel korlátozni kell. Egyszerű esetben ellenállás is megteszi a hatásfok csökkenés és fokozottabb melegedés árán. Viszont induktív előtét a zárófeszültség, és a váltófeszültségű táplálás tiltása miatt nem

használható, és még az antiparallel kötött LED-ek esetén sem javaslom a rossz kihasználtság okán. Legjobb a LED-ek meghajtására tervezett áramgenerátoros üzemi tápegység, amelyekből folyamatosan bővül a választék. Szokásos áramértékek a 350 mA és annak többszörösei, de előfordul 500 mA is.

3.-Harmadik korlátunk az ár, ami most még igen erős korlát. A LED **jóval drágább** minden hagyományos fényforrásnál! Fényforrás szinten különösen. Ha az üzemeltetési költségeket is figyelembe vesszük, változatosabb a helyzet. Az árak összevetéséhez az egyik fontos paraméter a fényhasznosítás. Szokásos értékei:

Hagyományos izzólámpa	10 – 15	lumen/watt
Halogén izzó	20 – 25	lumen/watt
Kompakt fénycső	50 – 65	lumen/watt
Fénycső	60 – 80	lumen/watt
Fémhalogén lámpa	70 – 80	lumen/watt
Nátriumlámpa	100 – 120	lumen/watt
LEDlámpa (kicsi)	30 – 60	lumen/watt
LEDlámpa (nagyteljesítményű)	60 – 140	lumen/watt

Ezek az értékek a szokásos tápegységek, a foglalatok, burák, lámpatestek 25—40 %-t csökkenthetnek.

A táblázatból rögtön látszik, hogy a kisméretű LED-ből készült izzó- és fénycsőpótlók nem térülnek meg, mert nagyjából azonos fényhasznosításúak, de a LED drágább. Egy 18 W-os fénycső ára pár száz forint, egy hasonló teljesítményű LED-es tíz euro körül, azaz 2500 Ft fölött van. Az egyéb technikai problémákkal most nem foglalkozunk, néhány megfontolás található az [1] hivatkozásnál.

Az izzóénál valóban jobb a fényhasznosítás. Nézzünk azonban egy példát: talán a leggyakoribb alkalmazás, amikor egy 35 wattos halogén izzó (fényárama kb 750 lumen) helyett egy kisméretű LED-ekből készült kb. 3 wattos LED-es lámpát szerelnek. A LED-es lámpa azért legfeljebb 3 wattos, mert abba a térfogatba még a 3 watt is sok egy kicsit, a melegedés miatt az élettartam várhatóan nem éri el a 30'000 órát, ami igen messze van a 100'000 órától. Ennek a fényforrásnak a fényárama 100—200 lumen, ez aztán jócskán elmarad a halogén izzóétól. Igaz, hogy keveset fogyaszt, de fényt sem ad. Négyet—ötöt kellene használnunk hogy elegendő megvilágítást kapjunk. Bármekkora kereskedelmi érdek fűződik hozzá, műszaki és gazdaságossági okokból a fénycső- és izzópótló LED-ek alkalmazása nem indokolt.

Más a helyzet a teljesítmény- LED-ekkel. 2009-ben kereskedelmi forgalomba került 140 lumen/W fényhasznosítású LED. Mivel nemcsak a fényhasznosítás jobb a legtöbb hagyományos fényforrásénál, de a kisugárzott fény is jobban kezelhető, irányítható. Eredően pontosabb fényirányítást, kisebb fogyasztást és a nátriumlámpához képest sokkal jobb színelismerést kapunk. A teljesítmény LED-ek más paramétereikben is jóval meghaladják a kisméretű LED-eket. A legjobb LED-ek 140--150 °C megengedett kristályhőmérséklete kb 60 °C -kal magasabb hőmérséklet tűrést eredményez. A LED-ek öregedése is hő aktivált folyamat, ezért az öregedés Arrhenius egyenlet szerint négyszer—ötször hosszabb idő alatt zajlik le a magasabb hő tűrésű LED-ekben. Közvilágítási lámpáknál, amelyek szinte csak az éjszakai, hidegebb környezetben üzemelnek, előfordulhat a 100'000 óra, vagy annál hosszabb élettartam is.

Eddigiekből a tanulság:

- A kereskedelemben kapható izzópótlók sokkal rosszabb hatásfokúak, általában nem, vagy alig érik el a kompakt fénycsövek hatásfokát, vagyis azokkal szemben soha nem térülnek meg. Energia megtérülésről csak az izzóval szembe állítva érdemes beszélni, de mint az előző példában láttuk, ott a létrehozható fényárammal van gond.

- A teljesítmény LED-ekkel készült ipari jellegű fényforrásokat már érdemes összevetni a hagyományos, szintén ipari jellegű (pl. közvilágítás) fényforrásokkal.

Csak a fényforrás árából számoljuk 1 lumen árát

Fényforrás típusa	Izzó (75W)	Halogén izzó (100W)	Kompakt fénycső (18w)	Nagynyomású Na lámpa (70W)	1 db Cree LED (2010 második félév)
Hatásfok [lumen/W]	12	18	60	100	140
Ár [Ft] / Fajlagos költség [Ft / lumen]	50 / 0,06	200 / 0,11	2'000 / 1,25	4000 / 0,57	600 / 4,29
Élettartam [óra]	1'000	2'000	9'000	28'500	100'000

Ezek a költségek beruházás jellegűek.

Ez az összehasonlítás persze nem teljes. Ahol szükséges, figyelembe kell vennünk az előtét, a táp, a lámpatest árát is.

Hasonlítsuk össze háromféle közvilágítási lámpatest gazdaságosságát. Számoljuk ki a beruházási és az üzemeltetési költségeket.

Vegyük figyelembe a fényforrás és az esetleges lámpatest csere költségét, és mindezt vonatkoztatjuk 1 lumenre.

Fényforrás típusa	Kompakt fénycső (2 x 18w)+lámpatest	Nagynyomású Na lámpa + előtét +lámpatest (70W+20W)	40 db Cree LED (2010 második félév) + táp + lámpatest (65W+7W)
Hatásfok a lámpatesttel együtt [lumen/W]	35 (lámpatest hatásfok kb. 0,6)	62 (lámpatest hatásfok kb. 0,6)	85 (lámpatest hatásfok kb. 0,6)
Fényforrás csere ára [Ft] / Fajlagos költség [Ft / lumen]	2'000 + 4'500/ 5,16	4'000 + 21'000 / 4,48	200'000 / 32,68
Ár [Ft] / Fajlagos lámpatest költség [Ft / lumen]	15'000/ 11,90	70'000 / 11,67	200'000 / 32,68
Élettartam [óra]	9'000	28'500	100'000

Ezek a költségek beruházás jellegűek.

Az energia árát egyszerűség kedvéért 40 Ft/kWórával számolom.

Fényforrás típusa	Kompakt fénycső (2 x 18w)	Nagynyomású Na lámpa (70W+20W)	40 db Cree LED (2010 második félév) (65W+7W)
Hatásfok a lámpatesttel együtt [lumen/W] (lámpatest hatásfok kb. 0,6)	35	62	85
Fajlagos energia költség [Ft / lumen x 1'000óra]	<u>1,14</u>	<u>0,6</u>	<u>0,47</u>
Élettartam [óra]	9'000	28'500	100'000

Ezek a költségek üzemeltetés jellegűek.

Adjuk össze a fajlagos energia költséget és a fajlagos amortizációt 1 lumenre és 1'000 órára vonatkoztatva. A nátrium lámpa lámpatestjére 100'000 órát, a fénycső lámpatestjére 50'000 óra élettartamot számolok, ami igen optimista feltételezés.

Fényforrás típusa	Kompakt fénycső (2 x 18w)	Nagynyomású Na lámpa (70W+20W)	40 db Cree LED (2010 második félév)
Hatásfok a lámpatesttel együtt [lumen/W] (lámpatest hatásfok kb. 0,6)	35	62	85
Energia költség + amortizáció 1'000 órára: [Ft / lumen x 1'000 óra]	1,14 + 0,64 = <u>1,78</u>	0,6 + 0,16 = <u>0,76</u>	0,47 + 0,33 = <u>0,80</u>
Élettartam [óra]	9'000	28'500	100'000

Adataink nem voltak pontosak, ezért az eredmények 5--7 % hibával terheltek.

Ebben az esetben a LED-es világítás **energia fogyasztása 25%-kal gazdaságosabb** a nátrium lámpánál, és több mint 50%-kal jobb a kompakt fénycsöves világításnál. A LED-es lámpatest és fényforrás jelenlegi magas ára miatti **nagy amortizáció a megtérülést kétségessé teszi.**

Ha egyéb szempontokat (pl. megbízhatóság, dimmelhetőség, rázásállóság, hidegállóság, stb) is figyelembe kell venni, akkor sok feladatnál egyértelműen a LED-es világítás a jobb.

További példák is sorolhatók, de most nézzük az utolsó, nem túl jelentős korlátozást, ami a hőmérséklet korlátból következik:

4.-Negyedik korlát a teljesítmény növelésének korlátja. A mai LED hatásfokokkal csak intenzív, keringetett levegő vagy folyadékűtéssel célszerű egy kompakt fényforrásban 120—150 W fölé növelni a teljesítményt.. Ez 10'000—15'000 lumen fényáramot jelent. Az eredő felületi fénysűrűség korlátozott. Reflektorok, szpotlámpák, pontos eloszlás függvényt igénylő készülékek, például gépkocsi fényszórója tervezésénél előfordulhat, hogy nem megoldható a feladat.

Ezek a korlátok elsősorban úgy korlátok, hogy másképp kell használni, másképp kell tervezni mind műszakilag, mind gazdaságilag a LED-es fényforrásokat.

- Másképp kell használni, tehát jó lenne elérni, hogy a felhasználó igencsak gondolja át, megveszi e az izzó- és fénycsőpótló bővlikat.

- Másképp kell tervezni, mert fokozottabb figyelmet kell fordítani a hűtésre.

- Másképp kell tervezni gazdaságilag is, mert míg a hagyományos fényforrások ára már nem, a LED-es fényforrásoké rendkívül gyorsan változik. Okai:

- Az energia árának növekedése erős nyomást fejt ki az igen jó hatásfokú LED-ek alkalmazása irányába.

- A LED-ek fényhasznosítása két három évente duplázódik, és ez a tendencia még két három évig eltart. Ebből eredően a megtérülési idő erősen csökken.

- Igen sok alkalmazásban fontos előny a nagyon kicsi gondozási igény. A LED-eknél ez tovább csökkenti az üzemeltetési költséget.

- Az erősebb elterjedtség nagyobb szériát, az pedig alacsonyabb árat jelent.

A gyors változás miatt hangsúlyoztam ki a dolgozat elején, hogy 2010. évben készült.

Összegezve: a LED a világítástechnikában igencsak új eszköz. Érdemi alkalmazása még nincs tíz éves. Előnyei mellett a korlátait is jól kell ismernünk, hogy megfelelően használhassuk.

Néhány szó az irodalomról.

LED-del foglalkozó cikk rengeteg jelenik meg. Ezek jó része egyszerű dicsekvés, vagy egy adott típus műszaki ismertetése. Míg tíz évvel ezelőtt a LED-es irodalom számottevő részét ismertem, ma már képtelenség áttekinteni a LED-ekkel foglalkozó irodalmat.

Termékek mérése:

[1]

Villanyszerelők Lapja 2010 július-augusztus

LED fénycsövek vizsgálata

MEEI kft vizsgálata szerzők megnevezése nélkül.

Gyártói honlapok:

[2]

www.cree.com

[3]

www.luxeon.com

[4]

www.zLED.com

Alkalmazói:

[5]

www.percept.hu

Fizikai paraméterek mérése:

[6]

Dr Tichy Géza, dr Kojnok József

ELTE TTK Szilárdtestfizikai tanszék: Világítódioda lámpatestek fejlesztése 2002-2004

OMFB-00757/2002 – Percept kft pályázat. Kutatói jelentések

[7]

Schanda J, Muray K, Kránicz B.

LED Colorimetry

AIC-Conference, Rochester, 2001

Szakdolgozatok:

[8]

Varga Károly

Mérési módszer kifejlesztése LED-ek ellenőrző vizsgálatához 2003

Szakdolgozat BMF KVK 2003 N-CXXXII-282/99

[9]

Takács Gábor

LED alapú világítás

Szakdolgozat BMF KVK 2007 KVK-O-NV-04-315

Világítástechnikai jegyzetek és könyvek:

- [10] Poppe Kornélné:
Világítástechnikai eszközök, és rendszerek I.
KKVMF Jegyzet 1997

- [11] Dr. Borsányi János – Várkonyi László :
Világítástechnikai eszközök, és rendszerek II.
KKVMF Jegyzet 1997

- [12] Poppe Kornélné - Dr. Borsányi János :
Világítástechnika I.
BMF KVK Jegyzet 2005

- [13] Arató András - Dr. Borsányi János – Dr. Kovács Károly – Dr. Majoros András –Molnár
Károly:
Világítástechnika II.
BMF KVK Jegyzet 2004

- [14] Gergely Pál szerkesztésében
Gyakorlati világítástechnika
Műszaki könyvkiadó 1977