



ÓBUDAI EGYETEM
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Mikroelektronikai és Technológia Intézet

**A MFAV motorkocsi utastéri világításának
modernizálása LED technológiával**

2015.

Rózsahegyi Barnabás
Világítástechnikai hallgató

Belső konzulens: Molnár Károly tanársegéd
Külső konzulens: Gregor József üzemvezető

Mikroelektronikai és Technológia Intézet-2015

| | | |
|------------|--|-----------|
| 1. | BEVEZETÉS..... | 8 |
| 2. | A VILÁG LEGJOBB METRÓJA | 9 |
| 2.1. | Történeti áttekintés..... | 10 |
| 2.2. | Jelentősebb átalakítások | 13 |
| 2.3. | A motorkocsi főbb műszaki adatai..... | 15 |
| 3. | A KORSZERŰSÍTÉS KRITÉRIUMAI..... | 16 |
| 3.1. | Jelenlegi állapot | 17 |
| 3.2. | Tervezett állapot LED technológia esetén | 18 |
| 3.2.1. | Előnyök | 19 |
| 3.2.2. | Hátrányok | 19 |
| 3.3. | „Retrofit” kialakítás ismertetése..... | 19 |
| 4. | A JELENLEGI UTASTÉRI VILÁGÍTÁS RÉSZEI | 22 |
| 4.1. | Statikus áramátalakító | 22 |
| 4.2. | 3KPM 180P típusú akkumulátor | 24 |
| 4.3. | Inverter | 24 |
| 4.4. | Kisnyomású, kisülő elven működő fényforrás (Fénycső)..... | 25 |
| 5. | AZ ALKALMAZOTT LED TECHNOLÓGIA RÖVID ISMERTETÉSE... 27 | |
| 5.1. | A LED-cső főbb részei | 30 |
| 5.2. | A meghajtó elektronika felépítése | 33 |
| 5.3. | Alkatrészlista | 33 |
| 5.4. | XL 6005 Integrált áramkör bekötése | 34 |
| 5.5. | Tápegység elvi működésének összefoglalója (24 V, 270 mA) | 36 |
| 5.6. | Áramgenerátor | 38 |
| 5.7. | Kapcsolóüzemű tápegység működése..... | 38 |
| 5.7.1. | Be- és kikapcsolási jelenségek | 39 |
| 6. | LED-CSŐ MÉRÉSI JEGYZŐKÖNYVE | 41 |
| 7. | UTASTÉR MEGVILÁGÍTÁS MÉRÉSI JEGYZŐKÖNYVE | 42 |
| 8. | A KORSZERŰSÍTÉS EREDMÉNYE..... | 44 |
| 9. | ÖSSZEFOGLALÁS | 45 |
| 10. | ZUSAMMENFASSUNG..... | 47 |
| 11. | IRODALOMJEGYZÉK..... | 49 |
| 12. | KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS..... | 50 |
| 13. | MELLÉKLETEK..... | 51 |

| | | |
|--------------|--|-----------|
| 13.1. | Eulumdat file (CD-n) | 51 |
| 13.2. | Mérések során felhasznált eszközök: | 51 |
| 13.3. | LED-cső bekapcsolási jelensége | 52 |
| 13.4. | A MFAV motorkocsik által megtett távolságok | 54 |
| 13.5. | 24 V DC LED-cső és driver fotók..... | 55 |
| 13.6. | Az átszerelésről készített fotók..... | 56 |

„Az Európai Unió azt a nagyra törő célt tűzte ki, hogy 2020-ig 20%-kal növeli az energiahatékonyságot. A világítás körülbelül 50%-át teszi ki a városok villamosenergia-fogyasztásának, ezen belül a legnagyobb fogyasztók az ipari üzemek.

Az európai városok tehát a rendkívül innovatív és környezetbarát LED-es világítási megoldások széles körű elterjedésével fontos szerepet játszhatnak a széndioxid kibocsátás csökkentésében. **Ma a LED-es világítástechnika nagykorúvá vált, és képes arra, hogy előnyöket nyújtson a városok és az ipar számára egyaránt.** Ellenőrizhető és jobb minőségű fényt, fokozott vizuális komfortot jelent, javítja a hangulatot és a termelékenységet. Sőt, a LED-es világítás az ipari termelést „zöldebbé” teszi, az elérhető eredmény a világítási energia és a költségek csökkentése terén a meglévő világítási infrastruktúrával összehasonlítva akár 70% is lehet. Az innovatív világítási infrastruktúra beszerzése és telepítése a gyárak világításkorszerűsítéséhez hozzájárul a helyi innovációhoz, a növekedéshez és a munkahelyteremtéshez. Az intelligens LED-es világítási rendszerek elterjedése része lesz a fenntartható növekedésnek. Ez a polgárok és a vállalkozások számára ideális módon dinamizálja az alkalmazkodó, optimális világítási szolgáltatásokat.”[1]

Ez a jelentés része az európai digitális menetrend kiemelt kezdeményezésnek. Folytatása a “Jövő világítása” bizottság munkájának, amely célul tűzte ki az európai városokban, mint potenciális vezetőpiacokon, az innovatív LED-es világítási megoldások szélesebb körű alkalmazásának felgyorsítását. Üdvözlöm ezt a jelentést, és remélem, hogy arra ösztönzi az európai városokat, hogy Európa-szerte megosszák a LED-világítás bevezetése terén szerzett tapasztalatokat, eredményeket és tanulságokat.

(az Európai Bizottság 2009. március 18-án véglegesen jóváhagyta a határozatot)

1. BEVEZETÉS

Az utóbbi években a LED-es technológia gyors fejlődését tapasztalhatjuk, ennek következtében felhasználási területe is egyre bővül. Az energia-megtakarításban rejlő lehetőségek számos vállalkozásnál igényként felmerülnek.

A szakdolgozatom témaválasztásánál **kettős cél** vezérelt:

- 1. Egyszerűbb felépítésű világítást alakítsak ki, hogy a jelenlegi pazarlóan működő járművilágítási rendszer hatékonyabban működjön.**
- 2. Bizonyítsam a „retrofit” T8-as LED- cső felhasználhatóságának sokoldalúságát, egy eddig mellőzött területen.**

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, és a környezettudatos megfontolások következtében a kisnyomású kisülő elven működő fényforrások háttérbe szorulása folyamatosan zajlik. A megkezdett folyamat eredményeként a közvélemény és az üzemeltetők egyértelműnek tartják a fénycsövek LED-del való kiváltását. Meggyőződésem, hogy a folyamatot nem lehet feltartóztatni, és a félvezetőkön alapuló technológia a jövő fényforrása lehet, amennyiben a világítástechnikai szakma szigorú intelmeit is figyelembe vesszük a fejlesztéseknél.

Dolgozatomban elfogulatlanul próbálom vizsgálni a LED-ek térnyerésének előnyeit, és esetleges hátrányait egy tényleges megvalósított beruházáson keresztül.

Jelen megvalósított dolgozat alkalmas lehet arra is, hogy a hasonlóan felépített HÉV (Helyi Érdekű Vasút) és villamos világítási hálózatait ezen lefektetett modell alapján, némi módosítással korszerűsítsék.

2. A VILÁG LEGJOBB METRÓJA

Kevesen gondolnák, hogy a világ egyik legjobb Metróját Budapesten találjuk. A Telegraph cikke alapján a „Kisföldalatti” a top 13 között van, jóllehet **a kontinens legöregebb járatáról van szó**. A listán ott van még Delhi, London, München, Stockholm, Montreal, Moszkva, Lisszabon, Koppenhága, Szentpétervár, Prága, Varsó és Berlin is. [2]

A Millenniumi Földalatti Vasút, továbbiakban MFAV, mint járműágazat a maga 4,4 Km hosszú és 23 db járművével kicsinek számít a fővárosban üzemelő egyéb tömegközlekedési járműágazatok mellett. Mégis naponta 170 000 utast szállít, fajlagos terhelése jóval meghaladja Budapest bármelyik tömegközlekedési útvonalának utasterhelését. Elég, ha csak a nemrégiben átadott 4 es Metró vonalra gondolunk a napi 15 000 főnyi utaslétszámával. A hétfégi és szezonális turizmus okozta többletterhelést is figyelembe kell venni, ugyanis Budapest egyik legfrekvenciáltabb fekvésű vasúti vonala népszerű a turisták körében is.

Annak ellenére, hogy a vonalra tervezett utasterhelés lényegesen nagyobb lett az idők folyamán, a MFAV járművek a megnövekedett forgalmi igényeknek kifogástalanul eleget tesznek.

Az utasforgalmi igények metró szintű kielégítésének megvalósításához nagyon magas szintű szakmai tudással rendelkező kiszolgáló személyzet szükséges, akik a járművek működését részletekbe menően ismerik.

Véleményem szerint az 1896-ban megépített és jelenlegi formájában, 1974-től üzemelő, Ganz – Mávag és Ganz Villamossági művek által gyártott és azóta több, mint **23 millió km-t megtett** (13.4 számú melléklet) szerelvény együttes megérdemli a „törődést” és a korszerűsítést.

2.1. Történeti áttekintés

Az 1880-as években, a millenniumi ünnepségek közeledtével, sürgős megoldásra várt a Belváros és a Városliget közötti gyors közlekedés problémája. Ennek hatására a Budapesti Közúti Vaspályatársaság (BKVT) és a Budapesti Villamos Városi Vasút (BVVV) összefogásának eredményeképpen egy még addig nem látott, új, angol mintára megszületett a földalatti vasút ötlete.

Mindezek megvalósításához a kor technikai fejlettségéhez képest rendkívül kifinomult technológiára, építési technikára és nem utolsósorban leleményességre volt szükség, hiszen **egyrészt a határidő szorította a két céget, másrészt pedig a vasutat az útburkolat és a Nagykörúti főcsatorna közé kellett elhelyezni**, ami annyit jelentett, hogy az alagút belmagassága nem haladhatta meg a három és fél métert.

A tervet elkészülte után, 1894. január 22-én, a két cég benyújtotta közös ajánlatát a földalatti megépítésére vonatkozóan. 1894. augusztus 9-én a kereskedelemügyi miniszter kiadta a kilencven évre szóló engedélyokiratot az építési engedéllyel együtt. A következő napon megalakult a Budapesti Földalatti Közúti Villamos Vasút Rt.

Pályáztatás után eldöntötték, hogy az alagút és a **vasúthoz tartozó építmények, magát a vaspályát is beleértve** megtervezését és felépítésével az akkor már közismert **Wünsch Róbert** építési vállalkozót bízzák meg, aki a kor vasbeton-építészetének egyik legkiemelkedőbb alakja volt.

A kocsik karosszériáját, a villamos gyártásban már sok tapasztalatot szerzett magyar gyártó, a Schlick Vasöntöde és Gépgyár készítette el. Az elektromos berendezést a Siemens und Halske német cég szállította.

Wünsch építészei a kor legmodernebb technikájával építették meg az alagutat: az oldalfalak és a födémek vasbetonból készültek. Az építés során rengeteg probléma merült fel, ilyen volt például a talajvíz. Az érintett vonalszakaszokon elektromos vízszivattyúkat alkalmaztak a víz leszívására, amelyet aztán a csatornába engedtek.



2.1. ábra: Wünsch Róbert, építési vállalkozó [3]

Az alagút végén a kocsik a felszínre jöttek, itt épült egy híd, melyen a gyalogosok mehettek át a sínek egyik oldaláról a másikra. **Ez a híd volt Magyarország első vasbeton hídja**, mely még mindig látható a Városligeti tó mellett.



2.2. ábra: Magyarország első vasbetonhídja, régen [3]



2.3. ábra: Magyarország első vasbetonhídja, most [3]

A Ligetben még egyéb változások is történtek: 1894. előtt két szigetet ölelt körül a Városligeti tó. Az egyik még ma is létezik, ezen áll a Vajdahunyad vár. A másikat Nádor-szigetnek hívták, és nagyjából a mai Széchenyi-fürdő helyén volt a partja. A tó Széchenyi-fürdőt körülölelő részét betemették (így a Nádor-sziget megszűnt), kifejezetten abból a célból, hogy a földalatti – a millenniumi kiállítás pavilonjaihoz közel eső - végállomását ki tudják alakítani.

A Városligeti tó Széchenyi-fürdő felőli végénél látható egy kis híd (Nádor-híd), ez az egyetlen tárgyi emlék arról, hogy ott valaha egy sziget volt. A vasút a meghatározott időre, húsz hónap alatt készült el úgy, hogy a megengedett 3,6 millió forintnyi költségvetést nem lépték túl. A 3,68 km hosszú vonalból 3,22 km volt a föld alatti szakasz, 9 megállóval, és mintegy 460 m futott a felszínen.

1896. május 2-án, a délutáni órákban Ferenc József osztrák császár és magyar király ünnepélyes keretek között megnyitotta a vasutat az utazóközönség számára. Aznap mindenki ingyen utazhatott a kontinens első földalatti vasútvonalán. Később a megállóknál elhelyezett jegyosztó automata adta a jegyeket, darabját egységesen két fillérért, de a rendszert hamarosan megszüntették. Még május 8-án Ferenc József is végigjárta a vonalat a királyi kocsiban, és engedélyt adott arra, hogy az új közlekedési eszköz az ő nevét viselje. Ezzel egy időben a vasutat üzemeltető cég neve is megváltozott: Ferenc József Földalatti Villamosvasút Rt. lett a neve.[3]

2.2. Jelentősebb átalakítások

A megnyitás évének végéig több mint hárommillió utas utazott a földalattin. 1917-re az éves utasszám elérte a 11 milliót. A kocsik egyszárnyú tolóajtóit 1931-32-ben kétszárnyúra alakították át, így az utascseré gyorsabbá vált. 1934-35-ben a kocsikon forgóvázcserét hajtottak végre. Az 1936-37-es években a kocsikat visszatápláló villamos féküzemre alakították át, így a felhasznált villamosenergia egy részét visszanyerték, ezáltal az alagút felmelegedése csökkent.

1924 és 1930 között végeztek először sínátszerelést, s ekkor állt át a földalatti 350 V-ról 550 V-os üzemi feszültségre. A szerelvényeket sárga színűre festették, ami azóta sem változott. 1950 után ezt az alsóvezetékes rendszert felszámolták, és helyette felsővezetékes rendszert alakítottak ki.

Mivel a Dózsa György úton a kocsiszín előtt már régóta villamos is közlekedett, a kocsiszínben, ill. a kocsiszín előtti szakaszon (a hídig) a felsővezeték magasságának egyeznie kellett a villamos felsővezetékének magasságával. Ez annyit jelentett, hogy a kocsik nem érték el a tápkábelt. Erre két megoldást találtak ki: egy "Mukival" kihúzták a kocsit a hídig, vagy áramszedő kocsiként egy "Béka" becenévvel illetett kis motorkocsit alkalmaztak. 1955 körül a 2-es metró építése miatt a Deák téri megállót kb. 40 m-rel arrébb helyezték, az eredeti megállót lezárták, ma ott van a múzeum.



2.4. ábra: A 7300-as számú kis mozdony, az ún. „Béka” [3]

1970-ben jóváhagyták a vonalhosszabbítást és a felszíni szakasz föld alá helyezését. A munkálatok Budapest egyesítésének centenáriumára készültek el. 1973. december 30-

án adták át a meghosszabbított vonalat a Mexikói útig, így a teljes 4,4 km-es vonal föld alá került. Az új végállomáson új járműtelep is épült.

A vasút nagyszabású rekonstrukcióját 1995 márciusában kezdték el. Felújították a pályát – kivéve a Széchenyi fürdő és a Mexikói út közötti új építésű szakaszt –, a zúzottkő ágyazatos, talpfás síneket korszerű hegesztett, hézagnélküli betonágyazatos sínekkel váltották fel. De ezt követően, a földalatti különleges illatát, amelyet a régi motorokhoz alkalmazott gépolajjal átívódott talpfák adtak, már nem lehetett érezni. A nagykörúti főgyűjtő vezetékéből kihalásztak egy darabot, így az alagút magassága 13 cm-rel, 2,78 m-re nőtt. Ekkor egy kitérőt is megépítettek az Oktogon megállónál. Azelőtt üzemzavar esetén a teljes vonalon leállt a forgalom, ennek köszönhetően viszont az érintetlen szakaszon továbbra is járhatott a „kisföldalatti”. A földszigetelés folytatódott a Kodály körönd és a Bajcsy-Zsilinszky út között. Ezzel párhuzamosan megújult az Andrássy út is. Az állomásokat és a járműveket felújították, így 1995 novemberére gyakorlatilag egy új, korszerű földalatti vasút indulhatott útjára. Ugyanakkor a műemléki állomások és a szerelvények millennium korabeli stílusa megmaradt.

A megállókról és a vonalról még érdemes tudni, hogy a Deák téri, a Széchenyi fürdői és a Mexikói úti megállók kivételével a megállók falburkolata a pécsi Zsolnay Porcelángyárban készült kerámiacsempe, a fent említett megállóknál azonban műmárvánnyal burkolták a falakat. Az 1995-ös nagy rekonstrukciónál a megállókat felújították, az oszlopokat újrafestették, rozsdátlanították, a falak egyes elemeit újraalkották, a földémszerkezetet is rekonstruálták, újraszigetelték, a síneket kicserélték.

Az idők folyamán megnövekedett forgalmi igényeket a régi szerelvények kis befogadó képességük, alacsony sebességük miatt nem tudták kielégíteni, ezért új, korszerű, nagy befogadó képességű járműveket kellett üzembe állítani. Az új motorkocsi szerkezeti kialakítása jellegében megtartotta a régi motorkocsiknál jól ismert és jellegzetes „hattyúnyak” alakú alvázat. Mind a régi, mind az új kocsi kialakítását döntően befolyásolta ugyanis, hogy az alagútnak át kell haladnia a Nagykörút alatti szennyvízgyűjtő főcsatorna fölött. Emiatt az alagút belmérete igen alacsony, a sínkorona és a felsővezeték között csak 2700 mm van.

Az utastér belső kialakításakor fontos volt a gyors utascseré. Ezért sok állóhely és kevés ülőhely van. A világítás kezdettől fogva fénycsöves megoldású. A kocsikban fűtés nem lett kiépítve.[3]

A régi járművek utastéri világítása direkt 600V-ról működött, egy nulláram relén keresztül, 120V-os izzókkal. Az utastér 16db izzója 4 áramkörre volt kötve. Két körben 4db soros izzóhoz még egy fényvető (pálya világító) izzó, a harmadik körben egy zárjelző izzó társult sorba kapcsolva, iránytól függően. A 4. körben levő ötödik soros izzó a vezetőállás megvilágítására szolgál, annak kikapcsolásakor azt egy ellenállás helyettesíti. Kiegészítő izzó az adott áramköri izzók elsötétítését okozta. A nulláram relé világítási árammentes állapotban kiejtve lehetővé tette 2db szükségvilágítási utastéri lámpa, és 2db szükségvilágítási zárlámpa felkapcsolását, melyek a jármű akkumulátoráról kaptak 24V-os megtáplálást.[12]

2.3. A motorkocsi főbb műszaki adatai

A rendelkezésre álló műszaki dokumentációk szerint a motorkocsi fő műszaki adatai a következők [4]:

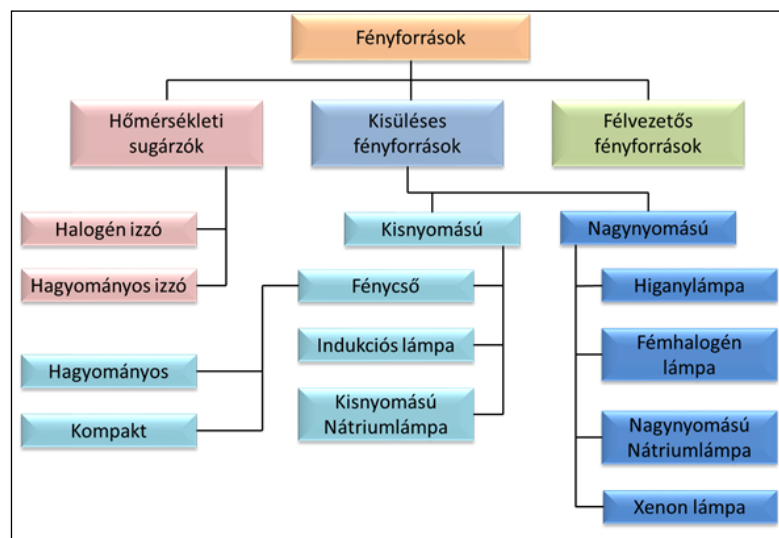
| | |
|----------------------------------|-----------|
| Nyomtáv | 1435 mm |
| Teljes hossz | 30 370 mm |
| Önsúly | 37 t |
| Önsúly + teljes terhelés | 54,5 t |
| Teljes befogadó képesség | 246 fő |
| Hajtott tengelyek száma | 4 |
| Motor névleges feszültsége | 600 V |
| Motorok állandó teljesítménye | 4 x 61 kW |
| Engedélyezett maximális sebesség | 60 km/h |

3. A KORSZERŰSÍTÉS KRITÉRIUMAI

A BKV Zrt., mint a kisföldalatti üzemeltetője, szeretné költséghatékonyan üzemeltetni a járműveit, ezért folyamatosan keresi azokat a műszaki megoldásokat, amelyek ezt lehetővé teszik. A korszerűsítés kritériumai a meglévő feltételek és körülmények, valamint az elérni kívánt állapot figyelembe vételével az alábbiak szerint került meghatározásra:

1. Az üzemeltető szeretné a világítási rendszert egyszerűsíteni, és gazdaságosabbá tenni. Ezáltal a meghibásodási lehetőségeket minimalizálni. Az inverterek életkora több mint 25 év, alkatrész utánpótlásuk nehézkes, a gyártó EVIG már ezeket a termékeket nem forgalmazza.
2. Az utastérben megvilágítási szintet szeretnék növelni, de úgy, hogy többlet fényforrás beépítésére nincs lehetőség.
3. Az átalakításnak költséghatékonynak kell lenni, üzemeltető nem kíván új lámpatesteket vásárolni.

Első lépésként kiválasztottam a lehetséges fényforrásokat, amivel a korszerűsítés megvalósítható. Ezeknek a csoportosítását a 3.1. ábra mutatja.



3.1. ábra: Fényforrások csoportosítása [5]

Az indukciós elven működő lámpákat azért zártam ki, mert a meglévő lámpatestek megváltoztatására nincsen lehetőség. A nagynyomású fényforrásokat az alacsony fénypontmagasság miatt zártam ki. A hőmérsékleti sugárzók energiamérlege rosszabb, mint a fénycsöveké, és az EU 2012-től gyártásukat betiltotta, ezért a korszerűsítésnél ezek a termékek sem jöhetnek számításba.

Ezért a korszerűsítési kritériumok egyidejű megvalósítása csak a LED technológia alkalmazásával lehetséges.

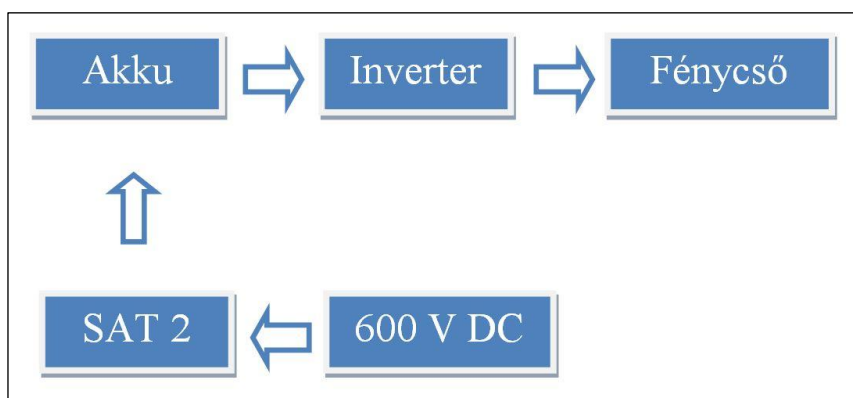
Az esettanulmány egy ténylegesen megvalósított munkát tartalmaz. A LED-es fényforrásokat több lépcsőben megterveztük, és legyártottuk. A prototípusokat 12 hónapon keresztül üzemi körülmények között teszteltük.

3.1. Jelenlegi állapot

A felmérések, bejárások alapján a jelenlegi világítási rendszer felépítése a következő:

1. Bejövő feszültség 600 V DC felsővezetékéről
2. SAT 2 (statikus áramátalakító)
3. Akkumulátor
4. Inverter (31 V DC - 230 V AC)
5. Fénycső

Melynek diagramját a 3.2. ábra tartalmazza.

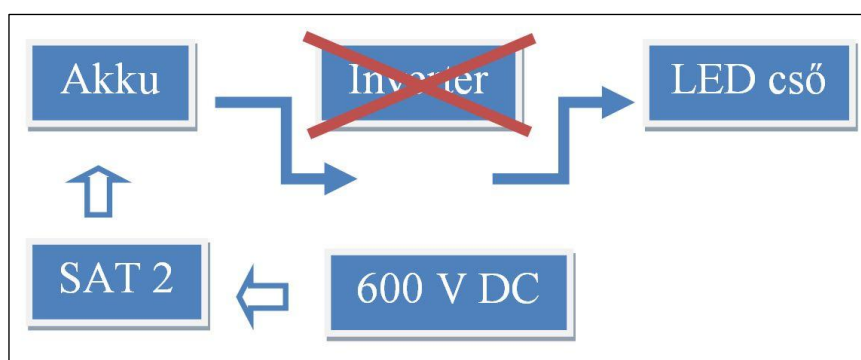


3.2. ábra: Jelenlegi világítási rendszer felépítése

3.2. Tervezett állapot LED technológia esetén

Az alábbiakban vázolt műszaki megoldást terveztük annak érdekében, hogy a LED-es technológiát alkalmazhassuk (3.3. ábra).

1. Bejövő feszültség 600 V DC felsővezetékről
2. SAT 2 (statikus áramátalakító) keresztül
3. Akkumulátor
4. 18-32 V DC LED-cső



3.3. ábra: Tervezett világítási rendszer felépítése

Az új, megvalósítani kívánt rendszerben a statikus áramátalakító és az akkumulátor megmarad. Az invertert kihagyva a rendszerből, a LED-csővek közvetlenül az akkumulátortól kapják a 24 V üzemi feszültséget.

3.2.1. Előnyök

A LED-es világítás kialakítása több szempontból is előnyös, az alábbiak szerint:

1. Olcsóbb üzemeltetés (jelenleg minden egyes 18W-os fénycsőhöz kell egy inverter).
2. Inverter beszerelési, javítási költségcsökkenés.
3. Fogyasztás csökkenés.
4. Könnyű beszerelés.

Tehát a cél egy olyan LED-cső kifejlesztése, és legyártása, ami ezeknek a kritériumoknak megfelel.

3.2.2. Hátrányok

Mint minden technológiának, a LED-es technológiának is vannak hátrányai, amelyek a következők:

1. A fénycsőhöz viszonyítva a termék magas ára.
2. A régi fénycsöves világítótest elveszíti a CE tanúsítását és garanciáját.

3.3. „Retrofit” kialakítás ismertetése

Az angol „retrofit” szó átalakítást, modernizálást jelent. A világítástechnikában ez a világítótest átalakítását jelenti, amely során a régi lámpatestet meghagyják, de a fényforrását LED-es típusra cserélik. A retrofit termékek alkalmazása éppen ezért viszonylag olcsó. A szakmailag is jó döntés meghozatalához viszont számba kell venni az esetleges problémákat is. Vegyük számításba a lehetséges előnyöket és hátrányokat, és ezek alapján határozzuk meg, hogy jó döntés-e az, ha ehhez a korszerűsítéshez ilyen retrofit megoldást választunk.

Általánosságban elmondható, hogy a retrofit megoldásokkal szemben az alábbi

jogos kifogások merülnek fel:

1. Az új, LED-del szerelt világítótest fényeloszlása megváltozik.
2. A régi világítási berendezést ezáltal hosszú időre konzerváljuk.
3. Elektromos bekötési problémák merülhetnek fel.
4. A lámpatestnek megszűnik a biztonsági minősítése.

Most, mielőtt továbbmennénk, térjünk ki ezen kérdések megválaszolására.

1. A LED-es fényforrások fényárama és fényeloszlása eltér a régi fénycsöves világítótest fénytechnikai paramétereitől. Ez azt eredményezi, hogy az új megvilágítási és fénysűrűségi szintek következtében ún. "foltosság" jöhet létre. Ez itt azért nem következett be, mert a lámpatestek olyan közel vannak egymáshoz (0,75 m), és olyan alacsony a fénypontmagasságuk (1,95 m), hogy ezek kedvező egyidejűségéből fakadóan pont az ellenkezője következett be, általánosan mindenhol egyenletesen növekedett a megvilágítási szint és így el tudtuk érni a kívánt 150 lx-ot.

Mely értéket az Országos Vasúti Szabályzat (OVSZ I.) 103/2003.(XII.27) GKM rendelet és a BKV utastéri megvilágítási szabályzata tartalmazza.

2. A MFAV belsőtéri világítótestjei direkt világításúak, és ezt egy homorú alumínium bevonatú tükrös reflektáló réteg segíti, ami a mennyezetbe van besüllyesztve. Ennél jelenleg sincs jobb technika, és szerintem nem is kell. A bura kialakítása üveg, ami a rendszeres karbantartásnak köszönhetően nem elhasználódott, a fényt jó hatásfokkal – kialakításának köszönhetően – káprázásmentesen engedi át.
3. A járműveket a BKV saját dolgozói javítják. A több évtizedes üzemeltetői tapasztalat, és a kiválóan összeszokott elhivatott szakembergárdának ez az átszerelés semmilyen gondot nem okoz.

4. A lámpatesteknek a garanciája már réges-régen lejárt, sőt a gyártó cég is rég megszűnt. De a rendszeres és körültekintő karbantartás ezeket a régi lámpákat jól konzerválja, és elmondhatom, hogy szinte újszerű állapotban tartja.

Összességében megállapítható tehát, hogy a járművilágítás egy olyan speciális terület, ahol véleményem szerint a retrofit megoldásokat célszerű alkalmazni, mert több előnnyel járnak, mint hátránnyal.

4. A JELENLEGI UTASTÉRI VILÁGÍTÁS RÉSZEI

Az MFAV világítási rendszerének ismertetése

Az utastéri világítás részei a következők:

1. Statikus áramátalakító (továbbiakban SAT 2 áramátalakító)
2. 3KPM 180P típusú akkumulátor
3. Inverter
4. Fénycső

4.1. Statikus áramátalakító

A statikus áramátalakító tölti az akkumulátorokat, és szolgáltatja a 24V-os váltakozó feszültséget a fénycsövekhez.

A világítást 24 V névleges feszültségű hálózat lája el. Ezt az akkumulátorral puffer üzemben állandóan párhuzamosan üzemelő SAT 2 típusú áramátalakító táplálja.

A kocsiban a villamosenergiát a 600 V névleges feszültségű felsővezetékéről veszi le. A SAT 2 típusú áramátalakító kondenzátorok, félvezetők és transzformátorok segítségével 600 V DC-t (egyenáramot) szaggatja, váltóárammá alakítja, letranszformálja 31 V feszültségre, majd visszaalakítja egyenárammá. Erre azért van szükség, mert a jármű segédüzemi berendezései érintésvédelmi okokból törpefeszültségről működnek.

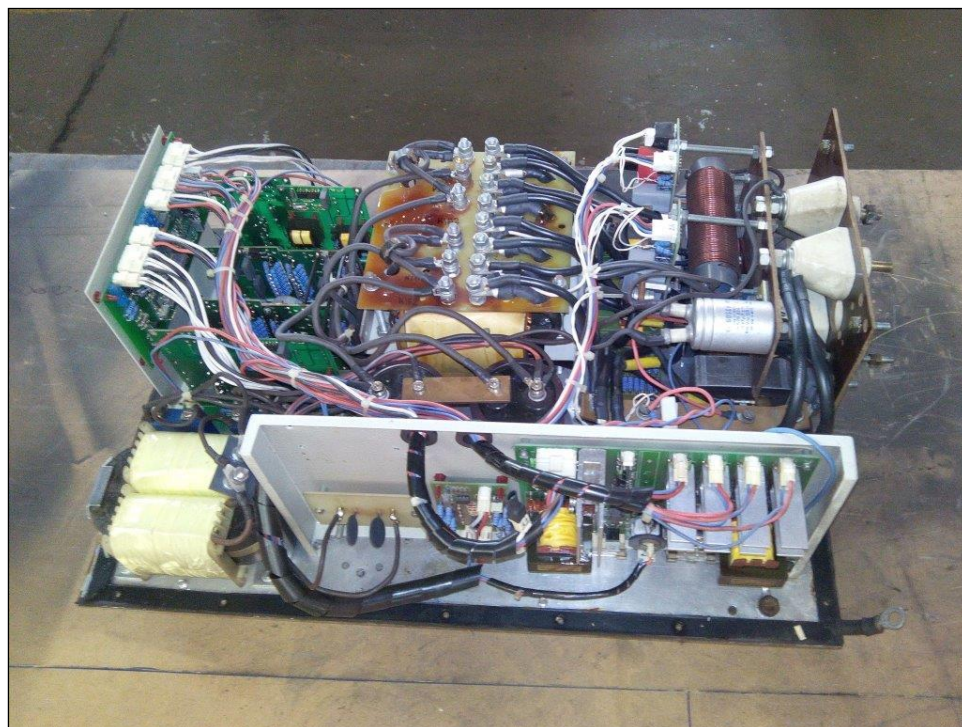
A primer feszültség bekapcsolása után L1 vasmagos fojtótekercsen keresztül a puffer kondenzátor a hálózati feszültségre feltöltődik. Nyugalmi helyzetben a T1 és T2 tranzisztor zárva van, mindkettőre nyitó irányú feszültség jut. Ez a feszültség az U_H felsővezeték feszültségének 75-80 %-a. Ugyanakkor feszültségre töltődnek fel a C11 és C21 oltókondenzátorok. A kondenzátorok feltöltése L11 és L21 vasmagos fojtótekercsen keresztül történik.

A fojtó vasmagja 2-2 db párhuzamosan kapcsolt gyűrű alakú vasmag. Amikor U_H értéke eléri és túlhaladja a specifikációban megadott alsó küszöbfeszültséget, a

nagyfeszültségű oldal A1 jelű elektronikája működésbe lép és T1 és T2 tiriszoroknak meghatározott időközönként gyújtóimpulzusokat ad IT1 impulzustranzformátor közbeiktatásával. Az első gyújtóimpulzus hatására T1 és T2 vezet, TR transzformátor primer tekercse feszültség alá kerül, C11 és C21 áttöltődhet, de előzőleg L1, illetve L21 telítődő fojtótekercs a következő képlettel számítható feszültség-idő terület magára vesz:

$$2 \cdot B_S \cdot A_{V\acute{A}S} \cdot N = U_H \cdot t$$

„t” idő elteltével a vasmag ellentétes telítési állapotba kerül, az oltókapacitátorok ismét áttöltődésre készek. [6]



4.1. ábra: SAT 2, szétszerelt állapotban

4.2. 3KPM 180P típusú akkumulátor

A 3KPM 180P típusú akkumulátor 21 db (7x3) 180 Ah-s, magasított lúgterű cellából áll. A kisműködésű főbiztosítók közvetlenül az akkumulátor mellett vannak beépítve úgy, hogy a kocsiban ne legyen biztosítatlan 24 V-os vezeték. Az egész 24 V-os hálózatot főkapcsolóval le lehet választani az akkumulátorról.

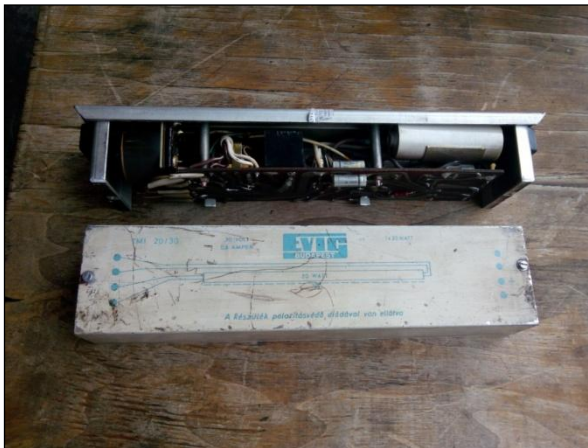
Feladata az MFAV motorkocsi kisműködésű áramköreinek táplálása. A lúgos akkumulátor olyan villamosenergia tároló, amely a belé vezetett egyenáramot az elektródalemezek aktív masszájában kémiai úton felhalmozza és a kívánt időben visszaszolgáltatja. [6]



4.2. ábra: 3KPM 180P típusú akkumulátor

4.3. Inverter

Az inverter feladata: a motorkocsi utasterének megvilágítását szolgáló fénycsövek táplálása. A kocsi utasterét jelenleg OSRAM, LUMILUX L18W/840 váltóáramú fénycsövek világítják meg. A fénycsövek részére szükséges váltakozó áramot a lámpatestek hátoldalára felszerelt inverterek állítják elő az akkumulátorok által biztosított egyenfeszültségből. Minden fénycsőhöz külön inverter tartozik. Az inverterek kb. 9 kHz frekvenciájú feszültséget állítanak elő. Az inverter olyan tranzistoros feszültség-átalakító, amely külön gyújtó nélkül biztosítja a fénycső gyújtását. [6]



4.3. ábra: EVIG gyártmányú Inverter

4.4. Kisnyomású, kisülő elven működő fényforrás (Fénycső)

A jelenleg használatos járműveken eredeti állapotban utasterenként 10db (így egy járműben 30db) 110V-os 20W-os fénycső volt felszerelve. Ezek 24V-os hálózatról egyedi tranzistoros inverterekről működtek. A vonali feszültség kimaradásakor ezek elaludtak az akkumulátor kímélése céljából. Az ajtók előtti lámpákban 10W-os vészvilágítási izzó nyert elhelyezést, mely külön kapcsolóval felkapcsolható. A fénycső először 220V 20W-os csőre, majd 18W-os csőre lett lecserélve.[12]

A kocsı belsejét jelenleg 18 W-os normál fénycsővel világítják meg. Az MFAV motorkocsı három szerelvényből áll, melynek a mennyezetébe kocsırészenként 10-10 db, összesen tehát 30 db 18W/840-es fényforrás van beépítve. A kocsıvezető az üzemi világítást a homlokfali kapcsolósorban kialakított billenőkapcsoló előrenyomásával kapcsolja be. [6]

Az Országos Vasúti Szabályzat (OVSZ I.) 103/2003.(XII.27) GKM rendelet és a BKV utastéri megvilágítási szabályzata alapján az utastérben legalább $E_m=150$ lx megvilágításnak kell lennie.[7]



4.4. ábra: Meglévő fénycsöves világítótest szétszerelt állapotban

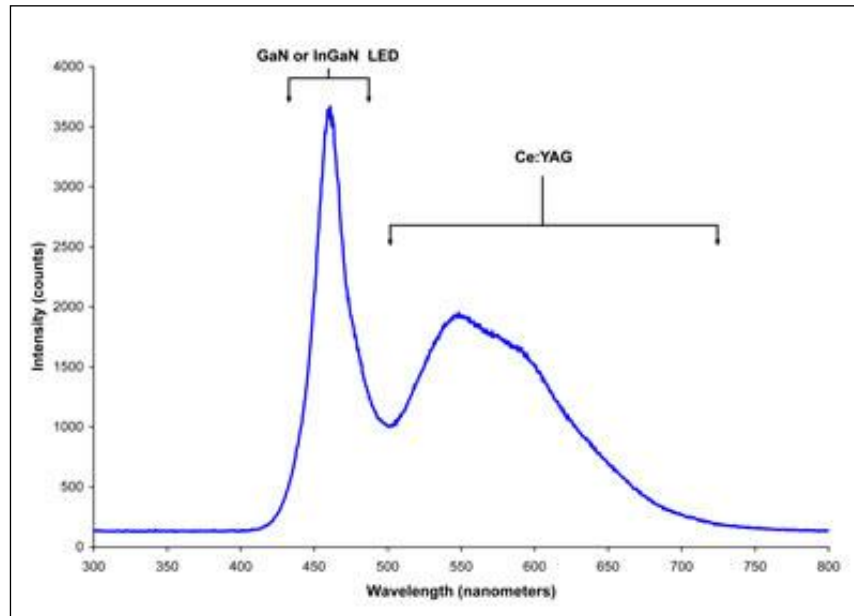
5. AZ ALKALMAZOTT LED TECHNOLÓGIA RÖVID ISMERTETÉSE

A LED (Light-Emitting Diode) egy félvezető eszköz, amely az elektromos energiát közvetlenül optikai sugárzássá alakítja. Ezt a jelenséget hidegen sugárzásnak vagy elektrolumineszcenciának nevezzük. A LED egy p-n átmenet, amire ha adott nyitóirányú feszültséget kapcsolunk, lecsökken a határréteg átmeneti ellenállása, így itt megnövekszik a töltésmozgás, és bekövetkezik a nagyszámú elektron-lyuk rekombináció. Ennek hatására a tiltott sáv szélességhez tartozó energiával arányos hullámhosszú fény keletkezik.

Az első LED-ek gallium-ardenidből (GaAs), gallium-foszfidből (GaP) és ezek egykristályaiból készültek. A piros, sárga és zöld LED-ek megjelenése után csak hosszabb idő múlva sikerült kifejleszteni a kéken sugárzó diódát. Ez már lehetőséget adott arra, hogy a világítástechnikai jelentőséggel bíró „fehér” LED is elérhető legyen. A fehér LED előállítására két mód is nyílt: vörös-zöld-kék (RGB) LED-ek színének keverésével, vagy – a fénycsőnél alkalmazott eljáráshoz hasonlóan – fénypor segítségével. Napjainkban a fehér LED-ek többsége sárga fénypor és kék LED-chip felhasználásával készül.

Akaszaki Iszamu, Amano Hirosi és Nakamura Súdzszi, a nagy fényáramú, energiatakarékos és környezetbarát kék fényt kibocsátó LED feltalálói, a világítástechnikát alapjaiban alakították át. Munkájukat húsz évvel később, 2014-ben Nobel-díjjal ismerték el. [11]

A LED-ek nagy előnye, hogy kis áramerősséget és feszültséget igényelnek a kimeneti fény előállításához, így fogyasztásuk kicsi, és az élettartamuk hosszú.



5.1. ábra: Kék LED (InGaN) és sárga foszfor (Ce:YAG) kombinálásával készített fehér LED spektrális görbéje [8]

Kapcsolástechnika

Mint azt említettem, a LED hagyományos diódeként működik, fényt bocsát ki megfelelő nagyságú nyitóirányú feszültség hatására. Az áramkorlátozáshoz külső elemet alkalmaznak. A soros ellenállás méretezését Ohm törvényével számolják:

$$R_S = \frac{U_{mp} - U_0}{I_{mp}}$$

ahol

U_{mp} a LED nyitófeszültsége

I_{mp} a munkaponti áram, jellemző értéke 20 mA

U_0 a tápfeszültség

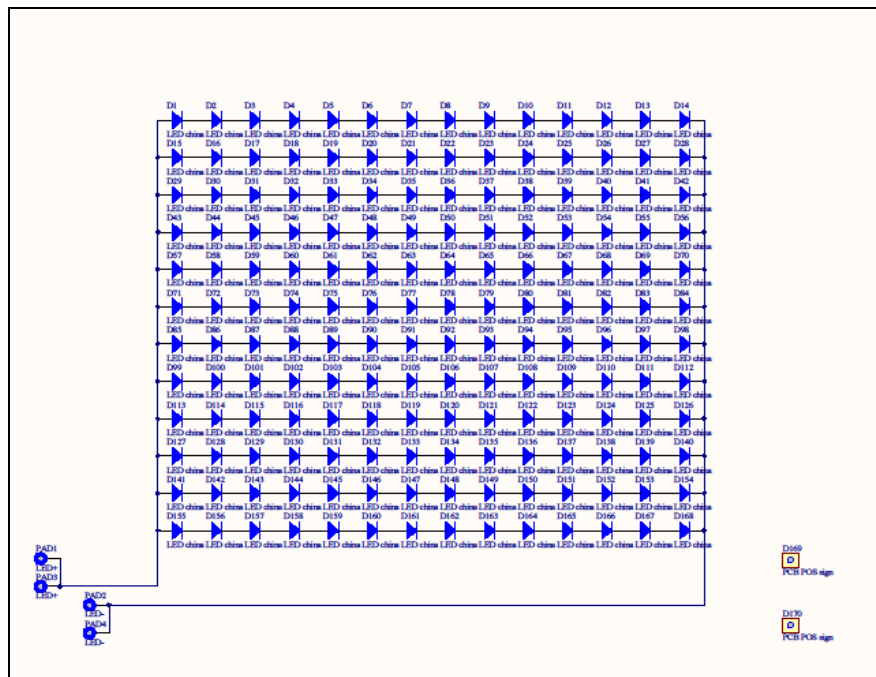
Sorba kapcsolásakor minden elemen azonos áram folyik át, de egyetlen LED meghibásodása esetén működésképtelenné válik az összes többi is. A munkaponti feszültségek összege adja a szükséges feszültséget. A LED-ek gyártási szórása miatt

viszont nem fognak egyformán világítani, ezért az egyenletes fénykibocsátás elérése érdekében gondos válogatásra van szükség.

Párhuzamos kapcsolás esetén a LED-ek különböző munkaponti feszültsége problémát jelent, mivel a többi LED munkapontját is a legalacsonyabb feszültségű határozza meg. A diódák ebben az esetben sem fognak egyformán világítani.

Világítási célokra nagy darabszámban kötik össze vegyes kapcsolásban a LED-eket. Néhány LED-et sorba, majd több soros csoportot párhuzamosan kötünk. Ezt mutatja az 5.2. ábra.

Az így kialakított, például 3x3-as mátrixból építkezhetünk, akár több száz beépített elemig. Egyetlen LED meghibásodása esetben egy hármas LED-csoport fénye fog kiesni, ami minimális áramnövekedést jelent, és minimális fényvesztést okoz az áramkör többi részére nézve.



5.2. ábra: LED-ek kapcsolási mátrixa

5.1. A LED-cső főbb részei

A LED-csövek műszaki paramétereit:

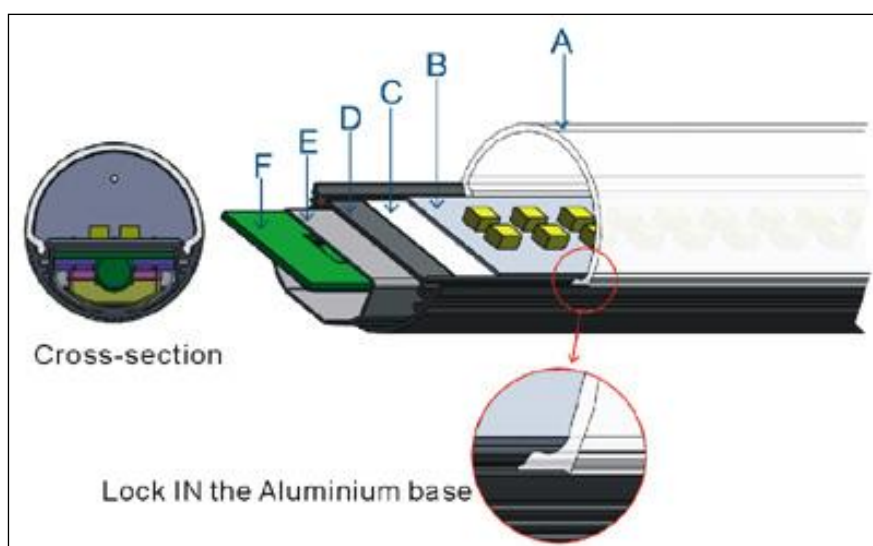
Működési feszültség: 18-31 V DC

Fényáram: 1000 Lm

Teljesítmény: 9 W

Színhőmérséklet: 4000 K

Az 5.3. ábrán a LED cső metszeti 3D rajza, az 5.4 ábrán a fő méretei, az 5.5 ábrán az alkatrészeinek részletrajza van feltüntetve.



5.3. ábra: LED cső metszeti 3D rajza

Ismertetem a LED cső felépítését az alábbiak szerint.

A: Polikarbonát cső

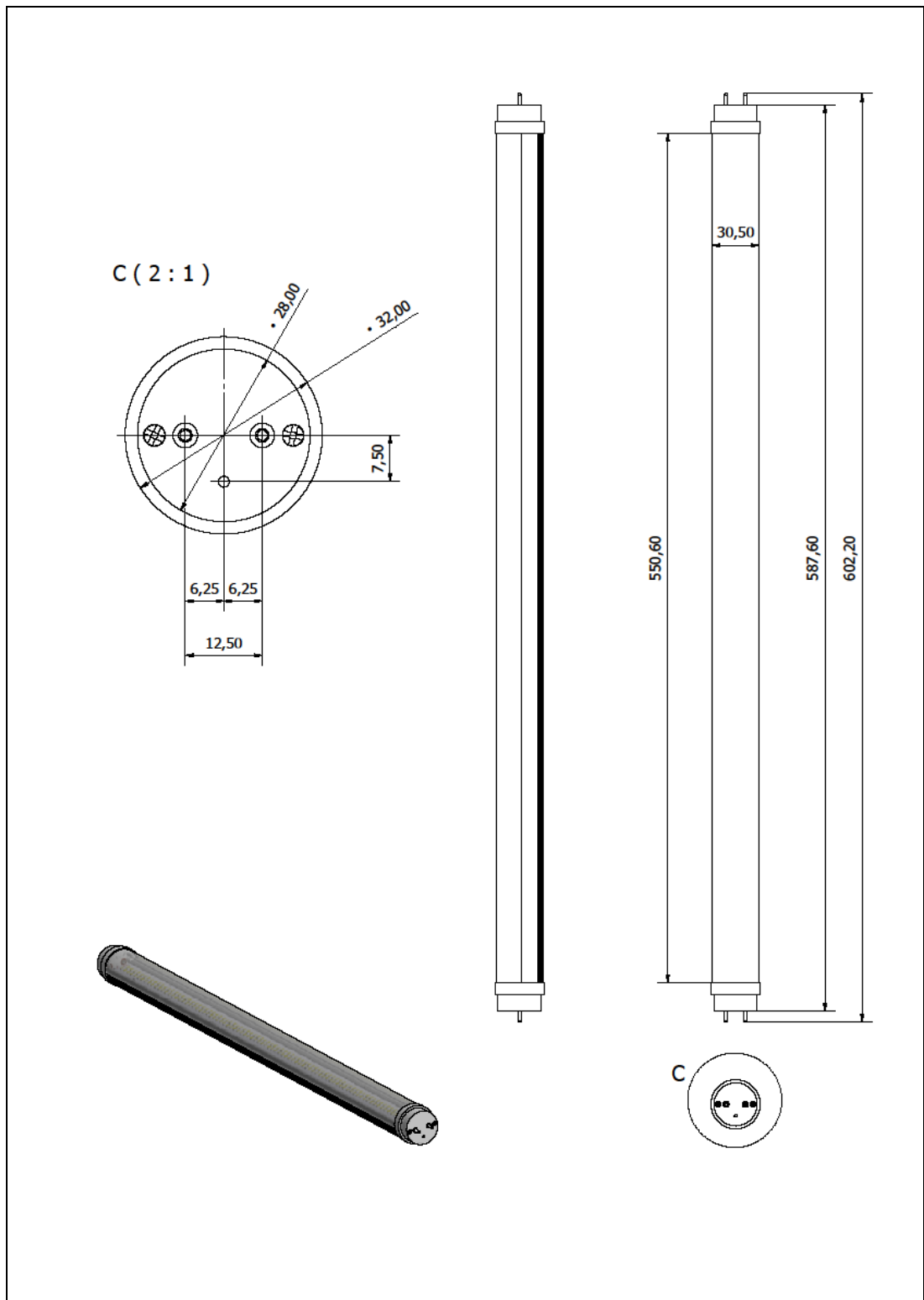
B: SMD LED-del szerelt alumínium PCB (nyomtatott áramköri lap)

C: Hővezető paszta (ragasztó)

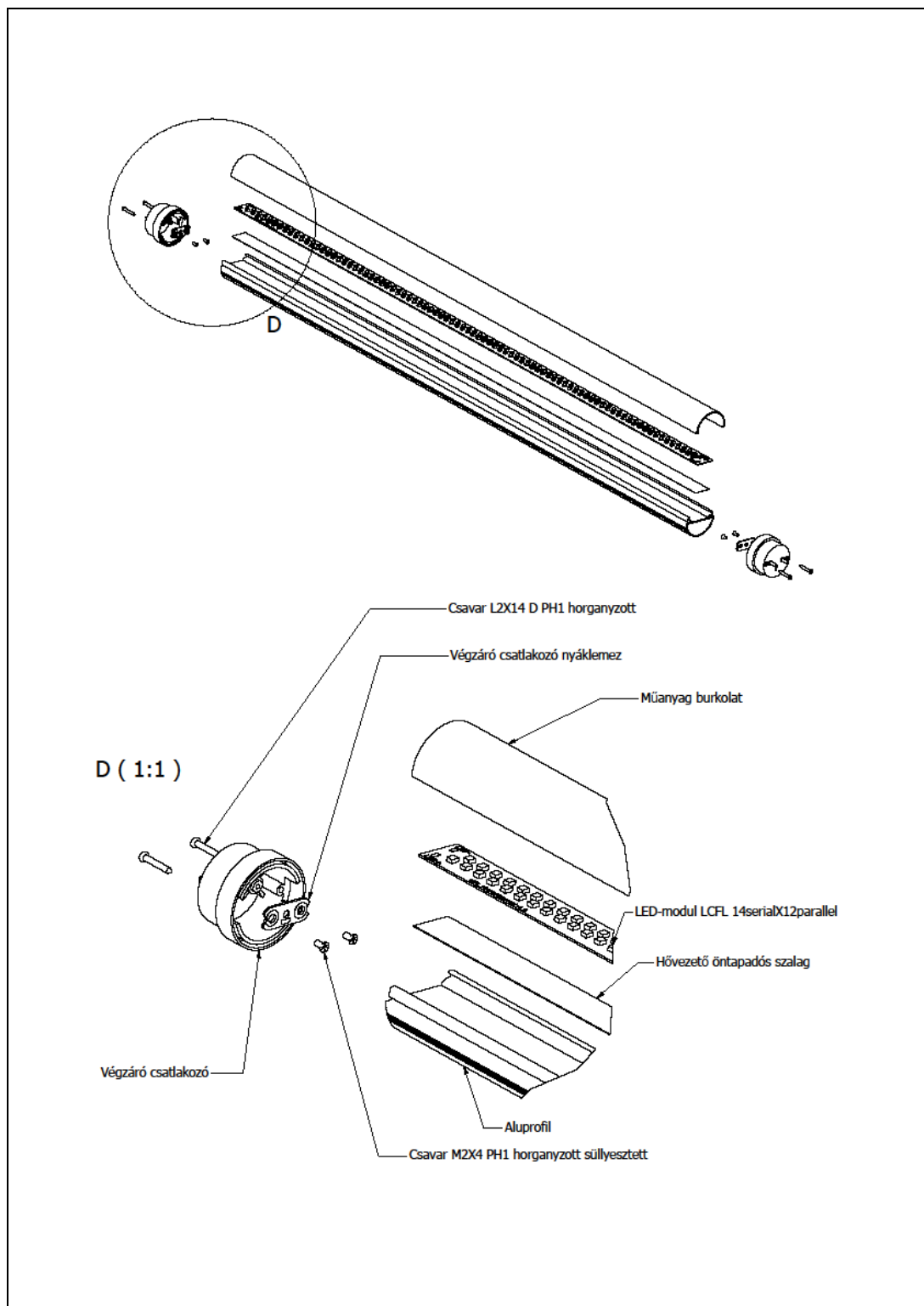
D: Alumínium „D” típusú hűtőborda

E: Műanyag tok

F: Driver (meghajtó)



5.4. ábra: G13-T8 LED cső fő méretei



5.5. ábra: G13-T8 LED cső alkatrészeinek részletrajza

5.2. A meghajtó elektronika felépítése

DC-DC átalakító, állandó áramú (áramgenerátoros) LED meghajtó áramkör

Az áramkör feladata:

24 V-os egyenáramú táplálás mellett biztosítja a 36 V-os LED sor egyenletes és biztonságos működését.

A modern, nagysebességű kapcsolásnak köszönhetően, akár 94 %-os hatásfokú átalakítás is elérhető ezzel az áramkörrel. A kapcsolás előnye, hogy nem érzékeny a bemeneti feszültség ingadozásaira valamint, rövidzár, túláram és túlmelegedés védelemmel van ellátva.

Az áramkör működése:

A D1-D4 diódákból felépített híd kapcsolás (Graetz) ebben az esetben azért került beépítésre, hogy ellentétes polaritású bekötés esetén is működjön az áramkör.

Tehát a polaritás helyességét biztosítja. Ezt azért építettem be, hogy a beszereléskor ne lehessen hibás polaritással beépíteni. Ugyanis gyakran előfordul, hogy a LED fényforrást a meglévő lámpatestbe behelyezve felcserélik a pozitív és a negatív polaritásokat, ezért a cső nem világít. Amit a hozzá nem értő szerelő vélhet úgy, hogy a LED cső hibás, ezért nem világít.

A C1 kondenzátor az esetleges feszültség-ingadozásból és az áramkör működéséből eredő zavarokat hivatott szűrni.

Az áramkör lelke az XL6005 nagysebességű MOSFET-tel felépített kapcsolóüzemű integrált áramkör. Ez biztosítja a feszültség átalakítását és az állandó áramot a LED-eknek.

5.3. Alkatrészlista

Aktív alkatrészek azok az alkatrészek, amelyek aktívan vesznek részt az áramkör működésében, erősítenek, szabályoznak, korlátoznak.

Aktív alkatrészek, félvezetők:

Az aktív alkatrészek és félvezetők az alábbi jelöléssel és megnevezéssel kerültek feltüntetésre.

IC: XL 6005 SMD

D1-D4: MDD SS34 SMD Schottky dióda, 3A

D5: SF 28 gyors dióda, 400V/2A

D7: SMD 56 V Zener dióda

LED sor, 168 db

Passzív alkatrészek:

A passzív alkatrészek az aktív alkatrészek működéséhez szükségesek, ezek az alábbiak:

C1-C2: Kondenzátor, 330 μ F/50v, 105 °C

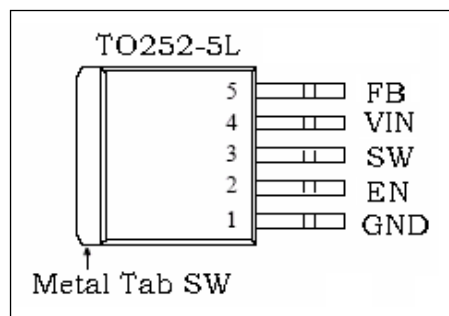
R1: Ellenállás, 0,68 Ω , 2 W (az ellenállásra jutó maximális teljesítmény, amit túlzott melegedés nélkül elvisel)

R2: Ellenállás, 30 Ω , SMD

R3: Ellenállás, 1 k Ω , SMD

R4: Ellenállás, 4,7 k Ω , SMD

L1: Tekercs, 68 μ H

5.4. XL 6005 Integrált áramkör bekötése

5.6. ábra: XL 6005 Integrált áramkör

Az IC 1-es lábán **GND, ground** (föld potenciál) kapja a negatív feszültséget. Az IC 2-es lába **EN enable** (engedélyező láb) nincs használva, egyéb kapcsolásoknál engedélyező impulzussal a ki-be kapcsolás megoldására használható. Az IC 3-as lábán **SW switch** (kapcsoló) az IC kimenete, itt jelenik meg a 180 kHz-es kapcsoló impulzus. Az IC 4-es lába **VIN Vinput** (feszültség bemenet) lábára kerülő bemeneti egyenfeszültség beindítja a belső oszcillátort, amely vezérli a belső MOSFET-et, amely az L1 tekercs segítségével 180 kHz impulzusokat generál. Az IC 5-ös **FB feedback** (azaz visszacsatolás) lábán állítható be a LED árama. A beállítást az R3 ellenállás végzi. A visszajelzési feszültség küszöb 0,22 V. A LED áram = $0,22/R1$. Ha megváltozik az R1 ellenálláson átfolyó áram, akkor feszültségváltozást okoz az IC 5-ös lábán, aminek hatására megváltozik a kimenő feszültség, amíg az egyensúly vissza nem áll.

Az áramkör további védelme:

A D6 Zener dióda az esetleges túlfeszültség esetét leállítja az IC-t. A LED sor az R1 és R2 ellenállásokon keresztül kapcsolódik a negatív polarításra. A D5 impulzus dióda egyenirányítja az impulzusokat, amit a C2 kondenzátor szűr meg azért, hogy sima egyenáramot kapjunk. Az R1 védőellenállás normál működés közben lényegtelen. Rövidzár esetét megszakad, és védi az IC-t.

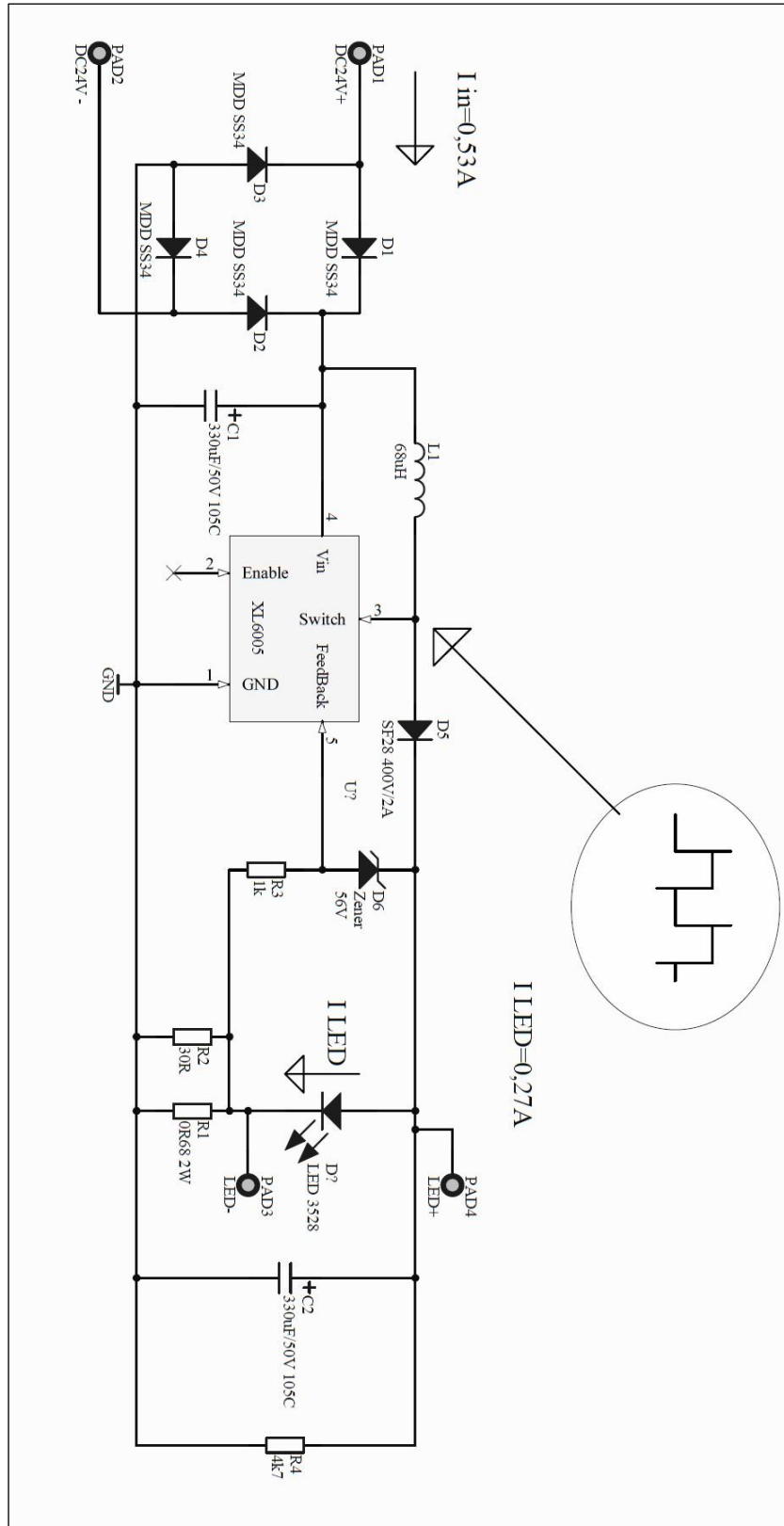
XL6005 jellemzői:

1. széles bemeneti feszültségtartomány (12-36 V)
2. állítható LED áram
3. rögzített 180 kHz frekvencia
4. maximális 4 A terhelő áram
5. 94 %-os hatásfok
6. kiváló terhelési szabályozás
7. túláram védelem
8. rövidzár védelem

5.5. Tápegység elvi működésének összefoglalója (24 V, 270 mA)

1. A DC24V+ és DC24V- sarukon megtápláljuk 24Vos DC feszültséggel az áramkört. A polaritás helyességre nem kell ügyelni, mivel a D1-D4 diódarendszer Graetz elrendezése a C1 puffer kondenzátort a helyes polaritással fogja feltölteni, függetlenül a bemeneti polaritás helyességétől.
2. A vezérlő IC tápfeszültséget kapva beindul így az L1 tekercset rövidre zárja a GND-vel, ennek hatására az áram el kezd nőni az L1 induktivitáson.
3. Majd a vezérlő megszakítja a tekercs kapcsolatát a GND-vel, és az addig az L1-ben felhalmozott energia el kezd kiürülni belőle, aminek hatására az áram a D5 diódán keresztül fog folyni a C3 puffer kondenzátorba illetve a LED modul felé (a puffer kondenzátoron nőni kezd a feszültség a töltőáram hatására).
4. A LED-en átfolyó áram az R2 és R1 ellenálláson fog tovább folyni a GND felé aminek hatására az R1 R2 ellenálláson feszültség fog keletkezni.
5. Ez a feszültség fogja szolgálni az áramgenerátor visszacsatoló jelét, mivel az itt keletkező feszültség nagysága egyenesen arányos a LED-en folyó áram nagyságával.
6. Amikor bekapcsolás után néhány millisekundum alatt állandósul a tápegység működése, már 180 000-szer játszódik le másodpercenként a ki és bekapcsolás folyamata, azaz a tekercs földre zárása és elengedése.

Tehát üzem közben egy folytonosnak tekinthető áram fog folyni a LED-eken, minimális feszültségértékű 180 kHz-es háromszögjellel szuperponálódva. A tápegység kapcsolási rajzát az 5.7. ábra mutatja.



5.7. ábra: Tápegység kapcsolási rajza

5.6. Áramgenerátor

A villamos áramforrások egy speciális változata az áramgenerátor, amely kimeneti kapcsolókra kötött terhelésen hoz létre állandó áramot.

Jellemzői:

1. Az ellenállástól, hőmérséklettől, üzemállapottól függetlenül a beállított értéken tartja a terhelésen folyó áramot.
2. A kimeneti kapcsolók rövidre zárása esetén is csak a beállított áram folyik.

A valós áramgenerátorok a gyakorlatban elektronikus kapcsolások, amelyek addig viselkednek ideális áramgenerátorként, amíg a beállított kimenő áram, a terhelés pillanatnyi értékén a bemenetre kapcsolt feszültséggel fenntartható. Tulajdonképpen egy ideális feszültséggenerátor, és egy szabályozható ellenállás soros kapcsolásának tekinthetjük.

5.7. Kapcsolóüzemű tápegység működése

A kapcsolóüzemű tápegység (switched-mode power supply, SMPS) a szabályozás vagy a vezérlés során nagyfrekvenciájú kapcsolójelet használ a kívánt feszültség és áram előállításához, illetve annak állandó és megkívánt értéken tartása érdekében. A bemenetet egyenirányítják és szűrik, majd tranzisztor segítségével a szabályzásnak vagy vezérlésnek megfelelő kitöltésű négyszögjellel egy energiatároló elemet - amely többnyire egy tekercs - nagyfrekvencián (50 kHz - 2 MHz) kapcsolgatnak. A tekercs transzformátorként vagy önindukciós elemként szolgálhat. A kimenetet szükség szerint ismét szűrik.

A hagyományos váltóáramú tápegységekhez képest előnye, hogy nagyfrekvenciás, így sokkal kisebb transzformátort tartalmazhat.

Előnyei:

Fentiek alapján az alábbi előnyöket határozhatjuk meg:

- a. Egyenáram átalakítására is alkalmas.
- b. Hatásfoka akár a 98 %-ot is elérheti.
- c. Terheléstől függetlenül állandó értéken lehet tartani a kimenet feszültségét vagy áramát.
- d. Tudja kezelni a zárlatot.

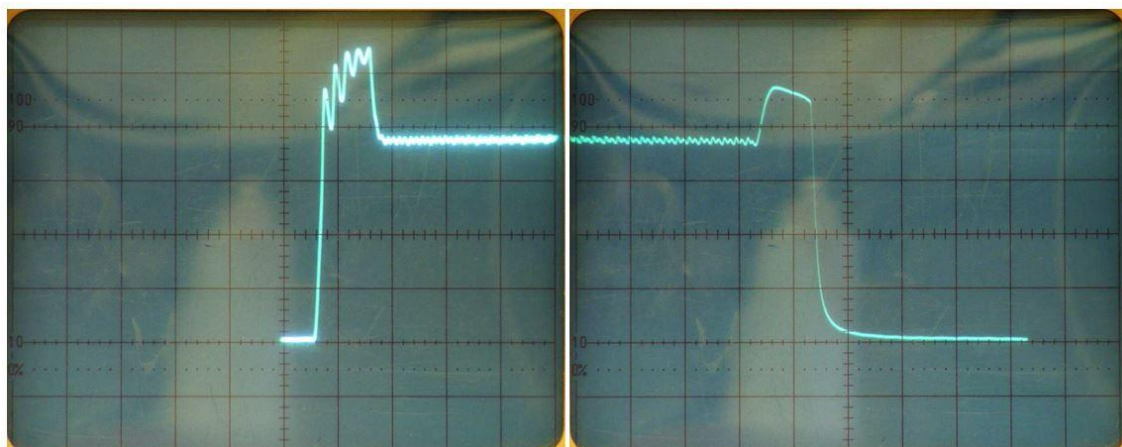
Hátrányai:

Az előnyökhöz képest hátránya kevesebb van, ezek a következők lehetnek:

1. A bonyolult kivitelezés.
2. A szórt elektromágneses tere nagyobb, ami a híradástechnikai elemek működését zavarhatja.

5.7.1. Be- és kikapcsolási jelenségek

A lámpa viselkedése be- és kikapcsolás során a kisülő elven működő fénycsövektől eltérő. A fénycső lassú felfutású fényforrás, a LED gyors felfutású. Bekapcsoláskor hirtelen felfutással és némi túllövással meg nő a fényáram, majd egy maximumot elérve lecsökken az állandósult értékére.



5.8. ábra: a G13-T8 as LED cső fényáramának alakulása be- és kikapcsoláskor
(50 mV/o.; 50ms/o.)

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

6. LED-CSŐ MÉRÉSI JEGYZŐKÖNYVE

Készült: 2014. október 1., 10:00-14:00

Helyszín: Óbudai Egyetem labor (1084 Budapest, Tavaszmező utca 17.)

Jelen vannak: Molnár Károly, egyetemi oktató
Rózsahegyi Barnabás, hallgató

Mérések típusai:

1. Teljesítmény mérés
2. Fényerősség mérés
3. Goniofotométer mérés

Vizsgálandó fényforrás:

1. 24V DC 9W-os OPAL burás G13-T8 LED cső, melynek a bekapcsolása után fél órával a teljesítménye $P = 8,8\text{W}$; ($I = 365\text{ mA}$).

Fényerősség mérés:

Ha a bemeneti feszültség 24V DC ről 30V DC re emelkedik, milyen mértékben változik a fényerősség?

| | | |
|-----------|--------|--------|
| Eredmény: | 24V DC | 236 cd |
| | 30V DC | 237 cd |

Tehát nem lényeges az eltérés, stabil az elektronika.

Észrevételek:

1. A 9 W-os Opál LED-es fényforrás E_{\max} értéke közvetlenül a bekapcsolás pillanatában mérhető. Ezt követően folyamatosan csökken, kb. 10 perc eltelte után állandósul. Ez a LED-ek melegedése miatt van. Minél jobb a fényforrás hűtése, annál kisebb mértékben csökken a fényárama. $E_{\max} = 325,8\text{ lx}$; $E_{\min} = 314,8\text{ lx}$.

7. UTASTÉR MEGVILÁGÍTÁS MÉRÉSI JEGYZŐKÖNYVE

Készült: 2014. november 18.

Helyszín: BKV Kacsóh Pongrácz úti telephely

Jelen vannak: Rózsahegyi Barnabás, hallgató

Mérés típusa:

Megvilágítás mérés

Mérés célja:

Az utastéri megvilágítás korszerűsítés előtti és utáni állapotának felmérése, ellenőrzése.

Vizsgált világítási rendszer fényforrásai:

1. Korszerűsítés előtt: 18W/840 típusú fénycső
2. Korszerűsítés után: 24V DC 9W-os OPAL burás G13-T8 LED cső

Mérési terület:

A méréseket az utastér 7 x 2,2 m-es területén végeztem, 1 x 1,1 m-es raszterben.

Mérőműszer:

MEGVILÁGÍTÁSMÉRŐ

Típus: HD 2102.2 típusú, kalibrált eszköz LP 471 PHOT típusú érzékelővel

Gyári szám: 08034386

Kalibrálás időpontja: 2014. november 21.

Kalibrációs bizonyítvány száma: SZÓ-FE-0192/2014

Mérési eredmények:

A korszerűsítés előtt méréseket végeztem, az eredményeket az alábbi táblázatban foglalom össze.

| Korszerűsítés előtt | | | | | | | |
|----------------------------|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | Megvilágítás (lx) | | | | | | |
| Mérési pontok | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 135 | 125 | 120 | 138 | 114 | 135 | 114 |
| 2 | 135 | 130 | 118 | 125 | 118 | 118 | 112 |

| Korszerűsítés után | | | | | | | |
|---------------------------|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | Megvilágítás (lx) | | | | | | |
| Mérési pontok | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 169 | 167 | 172 | 175 | 178 | 178 | 180 |
| 2 | 175 | 173 | 170 | 175 | 170 | 184 | 183 |

Észrevételek:

A korszerűsített világítási rendszer az utastérben az előírásnak megfelelő átlagos megvilágítási értéket eredményezett.

A korszerűsítés után mért eredményeket összehasonlítva a korszerűsítés előtt mért eredményekkel, látható, hogy a megvilágítás egyenletessége javult, a megvilágítás nőtt.

8. A KORSZERŰSÍTÉS EREDMÉNYE

Az eredményeket figyelembe véve elmondhatjuk, hogy a korszerűsítés által megvalósultak a kitűzött célok, a megvilágítási eredmények igazolják a modernizáció szükségességét.

A korszerűsítés eredményeit az alábbiakban így határozhatjuk meg:

1. A LED cső vitathatatlan előnye, hogy a foglalat megtartása mellett, minimális átalakítással üzembe helyezhető. Az invertert ki kell kötni, és a lámpatesten belül kell a vezetékeket átkötni. Ami kb. ½ óra munkát vesz igénybe lámpánként.
2. A LED cső működtetése, a fénycsőhöz képest 50 %-kal kevesebb energiát igényel, amit a Mérési Jegyzőkönyvben mérésekkel igazolok.
3. Nőtt az utastérben a megvilágítási érték, elértük az előírt 150 lx-ot.

9. ÖSSZEFOGLALÁS

Az utóbbi években a LED-es technológia gyors fejlődését tapasztalhatjuk, ennek következtében felhasználási területe is egyre bővül. Az energia-megtakarításra vonatkozó igények számos vállalkozásnál felmerülnek.

A dolgozatomban feldolgozott LED-es világítás korszerűsítési projekt kiindulópontja is ezen a valós igényen alapult. A MFAV motorkocsi utastéri világításának modernizálását LED-es technológiával a fenntartó BKV Zrt. megbízásából végeztem el.

A MFAV, ismertebb nevén a kisköfalatti történeti áttekintése után, az eddigi jelentősebb átalakítások figyelembe vételével kezdtem el a projektet. A rendelkezésre álló dokumentációk alapján bemutattam a motorkocsi főbb műszaki adatait.

Meghatároztam a korszerűsítés kritériumait, kiindulva a jelenlegi állapottól, eljutva a tervezett állapotig. A modernizálás eredményességének érdekében világosan kellett látni az előnyöket és a hátrányokat. Elmondhatom, hogy több előny tapasztalható a korszerűsítés végrehajtása után, mint amennyi esetleges hátrány jelentkezik.

Dolgozatomban kitértem a „retrofit” kialakítás ismertetésére. Megállapítható, hogy a járművilágítás, egy olyan speciális terület, ahol véleményem szerint a retrofit megoldásokat célszerű alkalmazni, mert több előnnyel járnak, mint hátránnyal.

Ismertettem a jelenlegi világítás részeit, melynek főbb elemei a statikus áramátalakító, a 3KPM 180P típusú akkumulátor, az inverter és a fénycső. Mindezeket ábrákkal is bemutattam.

A tervezett LED-es technológia megértéséhez szükséges volt, hogy részletesen bemutassam a beépíteni kívánt LED cső felépítését, elektronikáját, alkatrészeit. Az XL 6005 integrált áramkört ábrával is szemléltettem. Összefoglaltam a tápegység működését, bemutattam az áramgenerátort és a kapcsolóüzemű tápegységet.

Dolgozatom lényege a projekt során megtervezett és kivitelezett LED-es világítás. A tervezés során figyelembe vettem a műszaki lehetőségeket, meghatároztam a szükséges átalakításokat. A Mérés jegyzőkönyv eredménye is alátámasztotta pozitív

elvárásaimat a LED-csőre való átállást illetően. Összehasonlítva mindezeket a jelenleg használt fénycsöves világítás ugyanezen adataival, meggyőződhettem arról, hogy a LED-es világítás minden szempontból jelentősen előnyösebb.

10. ZUSAMMENFASSUNG

In den vorigen Jahren können wir eine rasche Entwicklung der LED Technologie erfahren, infolgedessen erweitert sich auch ihr Anwendungsgebiet. Die auf Energieersparung bezüglichen Ansprüche tauchen bei zahlreichen Unternehmungen auf.

Der Ausgangspunkt des in meiner Arbeit bearbeiteten Modernisierungsprojekt der LED-Beleuchtung beruhte sich auf diesen realen Anspruch. Die Beleuchtungsmodernisierung mit LED- Technologie des Passagiertraumes von MFAV Motorwagen habe ich im Auftrage von dem Erhalter BKV Zrt. durchgeführt.

Nach der historischen Durchsicht von MFAV, besser bekannt als Klein-U-Bahn, habe ich das Projekt, unter Rücksichtnahme von bedeutensten Veränderungen, begonnen. Auf Grund von zur Verfügung stehenden Dokumentationen habe ich die wichtigsten technischen Daten von Motorwagen vorgestellt.

Ich habe die Kriterien der Modernisierung, ausgehend von gegenwärtigem Zustand, gelangen zu geplantem Zustand, bestimmt. Im Interesse von Wirksamkeit der Modernisierung hat man die Vorteile und Nachteile deutlich sehen müssen. Ich kann sagen, dass man nach der Modernisierung mehr Vorteile, als eventuelle Nachteile erfahren kann.

In meiner Arbeit bin ich auf Bekanntmachen der Retrofit – Ausstattung eingegangen. Man kann feststellen, dass die Fahrzeugbeleuchtung ein spezielles Gebiet ist, wo nach meiner Meinung zweckvoll ist Retrofit-Lösungen zu verwenden, denn die haben mehr Vorteile, als Nachteile.

Ich habe die Teile der gegenwärtigen Beleuchtung dargelegt, deren Hauptteile der statische Konvertor, der 3KPM 180P Akkumulator, der Inverter und die Leuchtstofflampe sind. Das alles habe ich auch mit Abbildungen präsentiert.

Um die projektierte LED-Technologie zu verstehen war es notwendig, die Aufbau, die Elektronik und die Einzelteile des einbauenden LED-Rohres ausführlich vorzustellen. Ich habe den integrierten Stromkreis auch mit Abbildung veranschaulicht. Ich habe den Betrieb des Netzgerätes zusammengefasst, habe den

Stromgenerator und den mit Schalter funktionierenden Netzgerät präsentiert.

Das Wesen meiner Arbeit ist durch im Laufe des Projekts geplante und durchgeführte LED-Beleuchtung. Während der Planung habe ich die technischen Möglichkeiten berücksichtigt, ich habe die nötigen Veränderungen festgestellt. Auch das Resultat des Messprotokolles hat meine positive Erwartungen in Betreff der Übergang auf LED-Beleuchtung unterstützt. Ich habe, berücksichtigend den Anschaffungspreis, die Einbau- und Unterhaltungskosten, den Energieverbrauch und Lebensdauer des LED Rohres auch wirtschaftliche Analyse gemacht.

Vergleichend das alles mit den gleichen Daten der derzeitig verwendeten Leuchtstofflampenbeleuchtung bin ich überzeugt gewesen, dass die LED- Beleuchtung in jeder Hinsicht wesentlich vorteilhafter ist.

11. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] <http://eur-lex.europa.eu/legalcontent/HU/TXT/HTML/?uri=CELEX:52011DC0889&from=EN> (2014.09.10.)
- [2] <http://www.telegraph.co.uk/travel/journeysbyrail/10466613/Railways-The-worlds-best-> (2014.09.03.)
- [3] http://digitus.itk.ppke.hu/~szema/FJFVV_von.html (2014.12.10.)
- [4] Salánki, J., Várnai, J.: *MFAV motorkocsik járműszerkezeti ismerete I.*, Közlekedési Dokumentációs Vállalat, 1990
- [5] <http://www.fenyforraswebshop.hu/> (2015.01.15.)
- [6] Lovas László – Balázs Pál: *MFAV motorkocsik járműszerkezeti ismerete II.*, Közlekedési Dokumentációs Vállalat, 1990
- [7] Országos Vasúti Szabályzat (OVSZ I.) 103/2003.(XII.27) GKM rendelet és a BKV utastéri megvilágítási szabályzata
http://www.anube.hu/eujog_old/Tartalom/TV/103_2003_GKM_Rend.pdf
(2014.10.14.)
- [8] <http://www.projektor.hu/a+led-ekrol+-+alapfokon.html> (2014.10.22.)
- [9] Budapesti Közlekedési Dokumentációs Vállalat évkönyve 1990
- [10] Fodor, G.: *MFAV motorkocsijának elektromos berendezése*, Közlekedési Dokumentációs Vállalat, 1988
- [11] Dr Borsányi, J., Molnár, K. szerk.: *Innovatív világítás* (jegyzet)
- [12] Gregor, J. szerk.: *MFAV motorkocsi világítása*

12. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretnék köszönetet mondani **Dr. Borsányi János** tanár úrnak, aki a fényforrásokról tartott szenvedélyes előadásaival, és szakmai alázatával, mérhetetlen tudásával kedvet csinált a mindennapi tanuláshoz. **Molnár Károly** tanár úrnak a világítástechnika gyakorlatias megközelítésének elsajátításához nyújtott hasznos tanácsaiért.

Valamint **Gregor József** úrnak, a BKV Zrt. villamos üzemviteli vezetőjének, a kisföldalatti állomásfőnökének, aki a szakdolgozatban szereplő MFAV utastéri világítási rendszer modernizálásához szükséges információkkal ellátott, és támogatott munkám során.

13. MELLÉKLETEK

13.1. Eulumdat file (CD-n)

13.2. Mérések során felhasznált eszközök:

INTEGRÁLÓ FOTOMÉTER-GÖMB

Típus: KEB 73-300

Gyártási szám: 218-90154-56

Kalibrálás időpontja: 2014. 12. 22.

Kalibrációs bizonyítvány száma: SZŐ-FE-0191/2014

ÉRZÉKELŐ

Típus: LMT

Gyártási szám: 0492353

TELJESÍTMÉNYMÉRŐ

Típus: METRIX PX 110

Gyártási szám: 139017ZDH

Kalibrálás időpontja: 2014. 09. 29.

Kalibrációs bizonyítvány száma: CD9599/2014

MEGVILÁGÍTÁSMÉRŐ

Típus: HD 2102.2 típusú, kalibrált eszköz LP 471 PHOT típusú érzékelővel

Gyári szám: 08034386

Kalibrálás időpontja: 2014. november 21.

Kalibrációs bizonyítvány száma: SZŐ-FE-0192/2014

GONIOFOTOMÉTER

Típus: LMT GO-V-1900

Gyártási szám: 018612

Kalibrálás időpontja: 2014. 12. 22.

Kalibrációs bizonyítvány száma: SZŐ-FE-0194/2014

HŐMÉRSÉKLET ÉS PÁRATARTALOM MÉRŐ

Típus: WS 9400

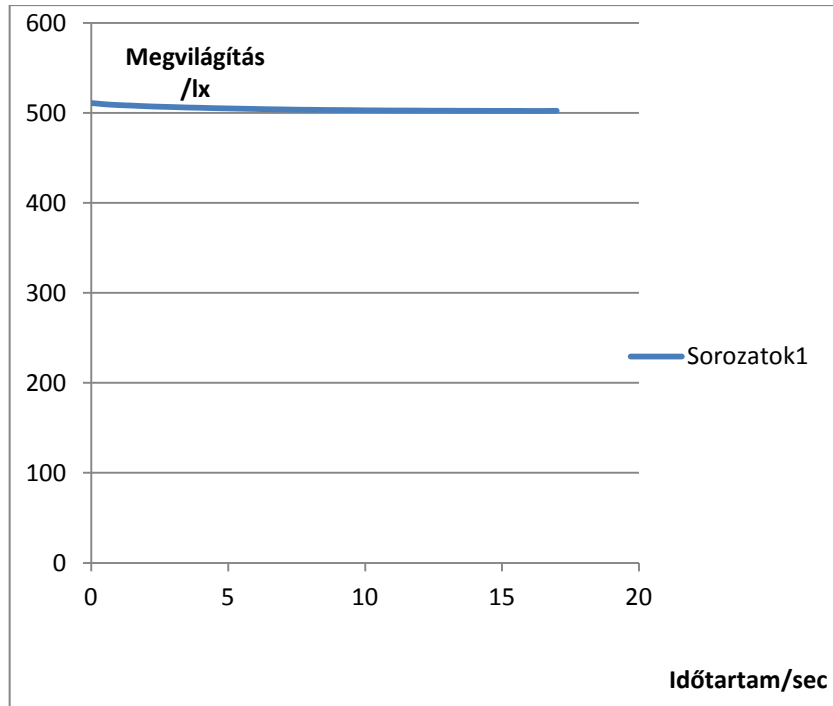
Gyári szám: 1411259

Kalibrálás időpontja: 2014. 11. 25.

Kalibrációs bizonyítvány száma: K/51798

13.3. LED-cső bekapcsolási jelensége

Ábra:



13.1: LED-cső bekapcsolási jelensége

Mért értékek:

| Időpont | Időtartam (s) | Megvilágítás (lx) |
|------------------|---------------|-------------------|
| 2014.10.01 11:49 | 0,0 | 511,1 |
| 2014.10.01 11:49 | 0,5 | 509,7 |
| 2014.10.01 11:50 | 1,0 | 508,8 |
| 2014.10.01 11:50 | 1,5 | 508,2 |
| 2014.10.01 11:51 | 2,0 | 507,5 |
| 2014.10.01 11:51 | 2,5 | 507,0 |
| 2014.10.01 11:52 | 3,0 | 506,6 |
| 2014.10.01 11:52 | 3,5 | 506,1 |
| 2014.10.01 11:53 | 4,0 | 505,8 |
| 2014.10.01 11:53 | 4,5 | 505,4 |
| 2014.10.01 11:54 | 5,0 | 505,1 |
| 2014.10.01 11:54 | 5,5 | 504,8 |
| 2014.10.01 11:55 | 6,0 | 504,5 |
| 2014.10.01 11:55 | 6,5 | 504,2 |
| 2014.10.01 11:56 | 7,0 | 504,0 |
| 2014.10.01 11:56 | 7,5 | 503,7 |
| 2014.10.01 11:57 | 8,0 | 503,6 |
| 2014.10.01 11:57 | 8,5 | 503,4 |
| 2014.10.01 11:58 | 9,0 | 503,3 |
| 2014.10.01 11:58 | 9,5 | 503,2 |
| 2014.10.01 11:59 | 10,0 | 503,0 |
| 2014.10.01 11:59 | 10,5 | 502,9 |
| 2014.10.01 12:00 | 11,0 | 502,8 |
| 2014.10.01 12:00 | 11,5 | 502,8 |
| 2014.10.01 12:01 | 12,0 | 502,7 |
| 2014.10.01 12:01 | 12,5 | 502,6 |
| 2014.10.01 12:02 | 13,0 | 502,6 |
| 2014.10.01 12:02 | 13,5 | 502,5 |
| 2014.10.01 12:03 | 14,0 | 502,5 |
| 2014.10.01 12:03 | 14,5 | 502,4 |
| 2014.10.01 12:04 | 15,0 | 502,4 |
| 2014.10.01 12:04 | 15,5 | 502,4 |
| 2014.10.01 12:05 | 16,0 | 502,3 |
| 2014.10.01 12:05 | 16,5 | 502,3 |
| 2014.10.01 12:06 | 17,0 | 502,5 |

13.4. A MFAV motorkocsik által megtett távolságok

| Kocsi száma | A MFAV motorkocsik által megtett távolságok (km) havi bontásban 2014-ben | | | | | | | | | | | |
|----------------|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | Január | Február | Március | Április | Május | Június | Július | Augusztus | Szeptember | Október | November | December |
| 21 | 5487 | 5588 | 5527 | 5349 | 4930 | 4136 | 5002 | 5945 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 22 | 4964 | 4740 | 2743 | 0 | 0 | 0 | 5919 | 5180 | 5210 | 5344 | 5344 | 5344 |
| 23 | 5732 | 4795 | 5185 | 5167 | 4771 | 3561 | 6118 | 5054 | 5003 | 4906 | 4906 | 4906 |
| 24 | 5323 | 5068 | 5902 | 5129 | 5033 | 3900 | 5557 | 5055 | 5569 | 4881 | 4881 | 4881 |
| 25 | 4745 | 5265 | 4953 | 5273 | 5625 | 0 | 8279 | 5213 | 5174 | 5128 | 5128 | 5128 |
| 26 | 4829 | 4739 | 5872 | 4696 | 5259 | 3736 | 6247 | 4819 | 5607 | 5237 | 5237 | 5237 |
| 27 | 5338 | 5030 | 5377 | 4904 | 5053 | 3893 | 5825 | 4325 | 4066 | 0 | 0 | 0 |
| 28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5680 | 5264 | 5264 | 5264 |
| 29 | 4984 | 4518 | 5159 | 4612 | 5532 | 3783 | 4241 | 4559 | 5351 | 5256 | 5256 | 5256 |
| 30 | 5167 | 5311 | 5209 | 4428 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 31 | 5050 | 5007 | 5374 | 5161 | 4440 | 3690 | 6025 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 32 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4954 | 3678 | 5776 | 5760 | 5492 | 4884 | 4884 | 4884 |
| 33 | 5374 | 5241 | 4985 | 5416 | 5287 | 4442 | 5978 | 5137 | 5276 | 5109 | 5109 | 5109 |
| 34 | 5540 | 5069 | 5079 | 5789 | 5194 | 4560 | 5691 | 2822 | 5320 | 5202 | 5202 | 5202 |
| 35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4251 | 5622 | 4956 | 4956 | 4956 |
| 36 | 4669 | 4626 | 5061 | 5353 | 5093 | 4164 | 5683 | 4398 | 5325 | 4906 | 4906 | 4906 |
| 37 | 1917 | 4043 | 5264 | 5276 | 5305 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4881 | 4881 | 4881 |
| 38 | 5201 | 5339 | 5642 | 5353 | 5557 | 3803 | 0 | 0 | 0 | 4528 | 4528 | 4528 |
| 39 | 0 | 0 | 0 | 4695 | 5106 | 3437 | 5977 | 5143 | 5308 | 5341 | 5341 | 5341 |
| 40 | 5232 | 4676 | 5053 | 4842 | 5486 | 4055 | 6402 | 4790 | 5387 | 4782 | 4782 | 4782 |
| 41 | 4617 | 4482 | 4701 | 5434 | 5314 | 3472 | 6486 | 5048 | 5959 | 5043 | 5043 | 5043 |
| 42 | 5228 | 5632 | 4663 | 4845 | 5432 | 3715 | 6091 | 4844 | 5532 | 5476 | 5476 | 5476 |
| 43 | 5065 | 4625 | 5051 | 4521 | 4994 | 3696 | 5830 | 5391 | 3635 | 5281 | 5281 | 5281 |
| Össz | 94462 | 93794 | 96800 | 96243 | 98365 | 65721 | 108027 | 87734 | 94516 | 96405 | 96405 | 96405 |

13.2: MFAV motorkocsik által megtett távolságok havi bontásban, 2014-ben

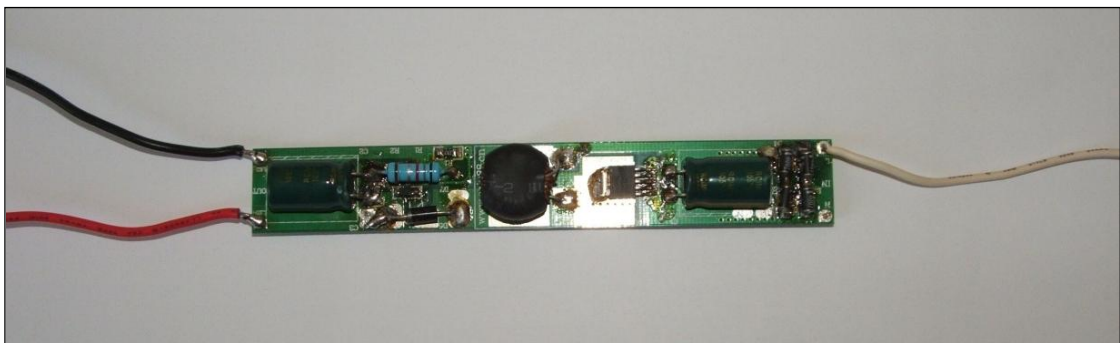
13.5. 24 V DC LED-cső és driver fotók



13.3: 24 V DC LED-cső



13.4: 24 V DC LED-cső



13.5: LED-cső driver

13.6. Az átszerelésről készített fotók**13.6: Az átszerelésről készített fotó**



13.7: Az átszerelésről készített fotó



13.8: Az átszerelésről készített fotó



13.9. ábra: Az új LED-es világítás