



Napjaink ipara egyre inkább előtérbe helyezi a LED alapú világítástechnikai eszközöket. A világítótestek teljesítményét, megbízhatóságát, és a ráfordítások megtérülését nagyban befolyásolja az alkalmazott LED meghajtó minősége. A működő rendszerek hibaelemzése alapján megállapítható, hogy a meghibásodásokért a LED chip csak mintegy 5 százalékban tehető felelőssé, egyéb alkatrészek hibája is mintegy 5 százaléknyi, ellenben a meghajtó meghibásodása az ok az esetek 90 százalékában. A kritikus teljesítménymutatók figyelembevétele – csakúgy, mint a megbízhatósági szempontokra (MTBF, élettartam) való odafigyelés – egyaránt szükségesek ahhoz, hogy a világítótestek tervezői a piacon található különféle meghajtók közül számukra a legideálisabbat választhassák. Írásunkban szeretnénk áttekinteni mindazokat a jellemzőket, melyeket figyelembe kell venni az összehasonlítás során a gyártók sokszor nehezen hozzáférhető termékinformációi közül, és képet szeretnénk alkotni a meghajtók megbízhatósági és élettartam jellemzőiről is.

1. A LED meghajtó

A LED világításhoz olyan speciális tápegységre van szükség, ami a hálózati váltakozó feszültséget egyenfeszültséggé alakítja és szabályozni képes a LED-en átfolyó áram erősségét, miközben védi a LED-et a feszültségingadozástól a működés során. A meghajtók lehetnek állandó áramú (áramgenerátor), vagy állandó feszültségű típusok. Az elektronikus előtétek használatával a világítótest számos extra funkciót is kaphat, mint pl. a fényerőszabályzás. Napjaink áramköreire jellemző a nagyfokú integráltság, a diszkrét alkatrészek alkalmazása háttérbe szorul.

A szabályozható kimenet (dimmelés) lehetővé teszi a teljes (100%) fényerő lecsökkentését akár 0% értékre a LED nyitóirányú áramának csökkentésével, amit leggyakrabban impulzusszélesség modulációval (PWM) oldanak meg a fejlesztők. A frekvencia akár 100 kHz-es nagyságrendje miatt a LED fényét az emberi szem folyamatosnak, villódzásmentesnek látja. A meghajtó érzékeny elektronikája folyamatosan ki van téve a környezeti hatásoknak, emiatt különösen fontos, hogy pontosan ismerjük a kritikus tényezőket, melyek befolyásolják a működést. Ezek között vannak olyanok, melyek a

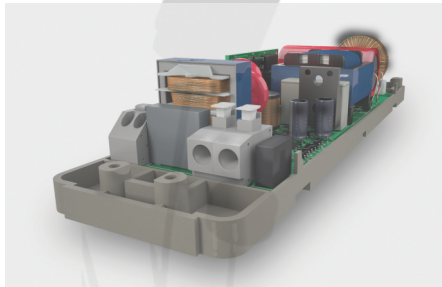
teljesítménymutatókra vannak hatással, mások a megbízhatóságot és az élettartamot érintik.

Teljesítménymutatók:

- Magas hatásfok – A jó energia-hasznosításhoz és a megtakarításhoz szükséges
- Fényerőszabályzás – Szintén nagyban befolyásolja az energiatakarékosságot
- Egyéb elektromos jellemzők (PFC, THD) – a driver és a hálózat kölcsönhatását befolyásolják

Megbízhatósági mutatók:

- Nagyfokú megbízhatóság – A karbantartási költségek csökkentésében van kulcsfontosságú szerepe
- Hosszú élettartam – A driver és a LED chipek élettartamának kompatibilitása biztosított általa



2. Teljesítménymutatókat befolyásoló tényezők

Ahogy azt már megállapítottuk, a meghajtónak kulcsszerepe van a világítótést teljesítményének maxi-

malizálásában. A tápegységgyártók nagyon eltérő minőségű technikai információkat adnak ki termékeikről, ami megnehezíti a jellemzők összehasonlítását és a megfelelő driver kiválasztását. Azok az előtétek, melyek elsőre tökéletesnek látszanak, esetleg nem megfelelőek a megszokottól eltérő környezeti paraméterek melletti használatkor, ezért azok különféle körülmények közötti viselkedésének pontos ismerete szükséges. A gyártó felé irányuló megfelelő célzott kérdések meghatározásához szükség van arra, hogy tudjuk általában miként specifikálják a LED tápegységeket.

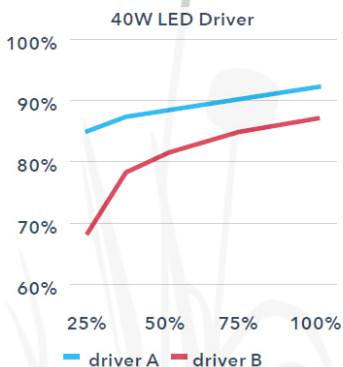
Hatásfok

világítás használatának legfőbb előnye az elérhető energiamegtakarítás, leggyakrabban ez játszik szerepet a hagyományos világítás leváltását célzó döntésben. Egy jó hatásfokú driver élettartama során jelentős többletmegtakarítást képes realizálni, hiszen egy 90%-os hatásfokú előtét éppen fele annyi hőveszteséget termel, mint egy 80%-os hatásfokú, ez az elfűtött veszteség a közel 50,000 óra üzemidő alatt igen magas többletköltséget jelenthet, ha csak az energiaárat tekintjük. Emellett a kisebb hőveszteség alacsonyabb üzemi hőmérséklettel párusul, ami az élettartam növekedésén keresztül is pozitívan hat. Az alacsonyabb hatásfokú tápegységben

jelentkező többlet hőveszteség tovább melegíti az elektronikai komponenseket. Az Arrhenius képletből tudjuk, hogy az elektrolit kondenzátorok élettartama feleződik minden 10 °C hőmérsékletemelkedés esetén, így mivel az elektronika élettartamát a leggyengébb láncszem határozza meg, könnyen belátható, hogy a magasabb hatásfok akár többszörösére is növelheti a teljes világítóttest várható élettartamát.

A megbízhatóság is a környezeti hőmérséklet függvénye, annak csökkentésével minden alkatrész megbízhatósága nő. Ha fényerőszabályzást is alkalmazunk az inaktív időszakokban való energiamegtakarításhoz, akkor gyakorta csökken a megbízhatóság is, melynek mértéke eltérő más és más gyártók ugyanazon a névleges teljesítményű termékeinél.

Nagyon fontos annak ellenőrzése, hogy vajon a kiválasztott előtét az alkalmazott (csökkentett) terhelések mellett is kellő hatásfokkal rendelkezik-e.



40W-os meghajtó hatásfok-terhelés diagram

Fényerőszabályzás

A fényerőszabályzásra általában akkor van szükség, amikor kihasználatlan időszakban energiatakarékosági megfontolásból lecsökkentjük a LED nyitóirányú áramát. Mint tudjuk ez károsan hathat a hatásfokra, ha nem megfelelő a driver kiválasztása, akkor itt nem kívánt veszteség keletkezhet. Mind a lineáris, mind a PWM dimmelés okozhat villódzást, flickert, különösen nagyon alacsony fényerejű fokozatban, az előtét kiválasztásakor ezt is vizsgálni érdemes.

Ripple áram

Az AC/DC átalakítás minden esetben zavart kelt a kimeneten, ami az feszültség egyenáramú komponensére rakódó AC komponens, az úgynevezett ripple formájában jelenik meg. Ez a periodikus zavar áramot hajt át a LED-en, ami a villódzás miatt vizuális diszkomfort érzetet okozhat.

Ez a hatás erősödik az alacsony szintű dimmelés esetén. A 100 Hz és ennél kisebb frekvenciát az emberi szem már képes követni, így a cél a ripple és így a villódzás 10% alatt való tartása.

További gond lehet a magas ripple áram esetén – ha az csak rövid ideig is, de meghaladja a LED maximális megengedhető nyitóirányú áramértékét

–, hogy ez hosszútávon a LED élettartamának csökkenését eredményezi.

Nyugalmi áramfelvétel és éledési idő

A jelenleg érvényben lévő EU direktíváknak megfelelően a LED alapú világítótest nyugalmi állapotban nem fogyaszthat többet 1W-nál. Az új elvárások szerint ez az érték várhatóan nem haladhatja meg a 0.5W értéket és a lámpa éledési ideje pedig bizonyos világítások esetén a 0.5 sec értéket. Ezt is ellenőrizni kell amikor meghajtót választunk.

PFC – teljesítménytényező

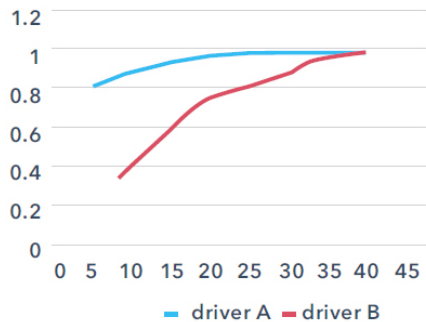
A meghajtó névleges teljesítményétől függően annak teljesítménytényezőjére, a hatásos és meddő teljesítmény hányadosára is lehetnek előírások. A hálózatra kapcsolt alacsony $\cos\phi$ -vel rendelkező driver esetén nagyobb a felvett áram értéke ugyanazon hatásos teljesítmény átvitele mellett. Ez többlet energiavesztéssel jár, ami miatt vastagabb kábelekre vagy fázisjavító berendezések beiktatására van szükség. 2W alatti driverek esetén a direktívák nem határoznak meg minimális PFC értéket, de efelett szükség van a $\cos\phi$ előírásokra, mert nagyszámú rossz teljesítménytényezőjű világítótest alkalmazása esetén a látszólagos

teljesítmény növekedése miatt többletköltségek terhelhetik az üzemeltetőket.

$2W < P \leq 5W$ PF > 0.4

$5W < P \leq 25W$ PF > 0.5

$25W < P$ PF > 0.9



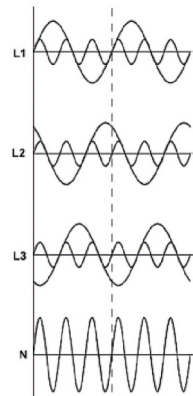
Teljesítménytényező alakulása a terhelés [W] függvényében különböző driverek esetén

A teljesítménytényező sem tekinthető állandó adatnak, ez is a terhelés függvénye. A tervező figyelembe kell, hogy vegye az eltérő $\cos\phi$ értéket az adott driverre vonatkozóan, mert az egyértelműen csökken a névleges teljesítmény alatti üzemben, miközben a teljes világítótest meg kell, hogy feleljen az EU direktíva előírásainak.

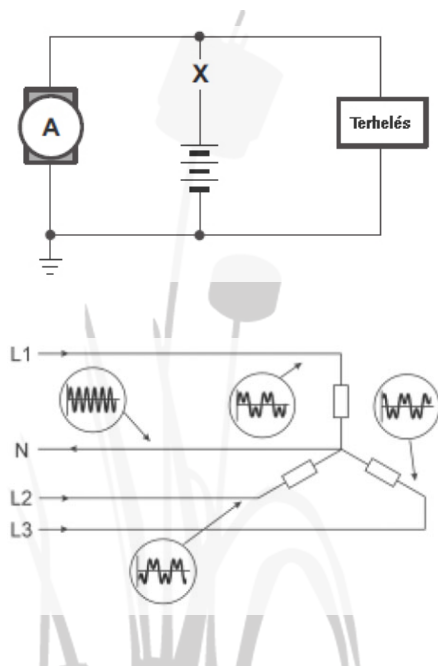
THD

A teljes harmonikus torzítás (THD - total harmonic distortion) is nagyon fontos tulajdonsága a LED meghajtónak.

A tipikus kapcsolóüzemű tápegység először egyenirányító



hidak segítségével az AC/DC konverziót végzi el, majd DC/DC konverzió útján állítja elő a kívánt kimeneti feszültséget. Mivel a diódhíd nem lineáris az áram is jelentős nonlinearitással bír, benne a bemeneti feszültség frekvenciájának felharmonikusai jelennek meg. Három fázisú asszimmetrikus rendszerekben a harmadik harmonikus áramösszetevők jelenthetnek igazi gondot, mert ezek az L1, L2, L3 vonalon fázisban vannak, így eredőjük a nulla vezetéken a fázisáramnál akár nagyobb effektív értékű áramerősséget generálhat. A gyakran vékony nulla vezeték nem erre van méretezve ami veszélyforrást jelenthet. Ezért gyakorta találkozunk olyan előírással, ami a THD-t <20%, vagy akár ennél jóval kisebb értékben maximalálja.



3. Megbízhatóság: Élettartam és MTBF

A definíció szerint a megbízhatóság egy valószínűségi érték, azt mutatja meg, hogy egy termék adott működési feltételek mellett adott ideig milyen valószínűséggel képes megfelelően működni.

Tehát a megbízhatóság az idő, a körülmények és a „megfelelő” működés függvénye.

A megbízhatóság fontos a karbantartási költségek minimális szinten tartásához. A megbízhatóság számszerűsítésére használatos fogalom az MTBF (Mean Time Between Failures), melynek pontos értelmezése nagyon fontos ahhoz, hogy megértsük a miként vonható le következtetés egy katalógusadatból az eszköz megbízhatóságára vonatkozóan, és hogy miért nem szabad az MTBF értéket összekeverni a várható élettartammal. Elméletben igaz, hogy a magasabb MTBF érték egyben nagyobb megbízhatóságot is feltételez, azonban a két érték nem egyenesen arányos egymással.

A Mean Time Between Failure (MTBF) egy statisztikai jellegű közelítés, ami megmodja azt, hogy egy n számosságú eszközpobláció összesen mekkora ideig képes működni mielőtt hiba lépne fel.

Fontos ismét megjegyezni, hogy ennek semmi köze nincs egy kiragadott eszköz várható élettartamához.

$$MTBF = (n * t) / R$$

n: az eszközök száma

t: egy eszköz működési ideje

R: hibák száma

Ha pl. veszünk egy 1000 driverből álló populációt, melyet 1000 órán keresztül üzemeltetünk úgy, hogy mindössze 5 hiba lépett fel, a képlet szerint az MTBF 200,000 órára adódik. Természetesen ez nem jelenti azt, hogy egy kiragadott egyed várhatóan közel 23 évig képes hiba nélkül működni. Más szavakkal, ha egy ilyen MTBF-el rendelkező meghajtókból álló 1000 darabos rendszert telepítünk, átlagosan 5 naponként várható meghibásodás 7/24 üzemben és átlagosan 15 naponta várható meghibásodás 8 órás üzemben.

A megbízhatóság az alábbi képlettel írható le:

$$R(t) = e^{-t/MTBF}$$

Ennek megfelelően annak valószínűsége, hogy egy eszköz hasznos élettartama eléri az MTBF értéket a következőképp határozható meg:

$$R(MTBF) = e^{-1} = 0.3677 = 36,77\%$$

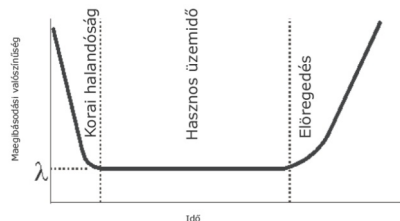
Elvárt élettartam [h]	MTBF [h]	Megbízhatóság [%]
50,000	100,000	60,65%
50,000	250,000	81,87%
50,000	400,000	88,25%
50,000	500,000	90%

A termék élettartama az jelenti, hogy milyen hosszú ideig képes működni adott körülmények között. Ha ez az élettartam 50,000 óra, akkor a különböző MTBF-el specifikált eszközök megbízhatósága a következőképpen alakul:

Jól látható, hogy az MTBF 400%-os növekedése mintegy 30% megbízhatóság növekedést jelent ugyanolyan élettartam elvárások mellett. Az MTBF és a megbízhatóság nincsenek egymással egyenes arányosságban.

Az eszközpopuláció élettartamgörbéje, az úgynevezett 'fürdőkád' görbe három jól elkülöníthető részre osztható:

Meghibásodási valószínűség - idő diagram



A működés kezdeti fázisát a meghibásodások számának drasztikus csökkenése jellemzi, erre az időszakra a gyártási problémákból eredő korai meghibásodás jellemző („csecsemő halandóság”), a gyenge egyedek kihullanak és a meghibásodási ráta alacsony szinten állandósul. A korai kihullások száma csökkenthető a tervezés integritásának növelésével, a

kiterjedt stressz tesztek alkalmazásával és a minőségirányítási rendszerek bevezetésével. A hasznos élettartam szakaszában a hibák véletlenszerű eloszlásban jelentkeznek a hibaráta alacsony szinten állandósul. Az időtartam attól függ, hogy mekkora a felhasznált alkatrészek várható élettartama.

Mihelyst ezek az alkatrészek elkezdnek tönkremenni a korosodás, az elektromos stressz és a hőmérsékletingadozás együttes hatására, a hibaráta növekedni kezd és elérkezünk a termék élettartamának végéhez. Ebben a szakaszban a megállapított MTBF már nem érvényes, hiszen az csak a normál hasznos élettartam alatt él. Lehetséges az is, hogy egy 10 éves MTBF-el rendelkező eszköz 3 év alatt megy tönkre, sajnos nincs megbízható módja az elektroniai eszközök várható élettartamának becslésére.

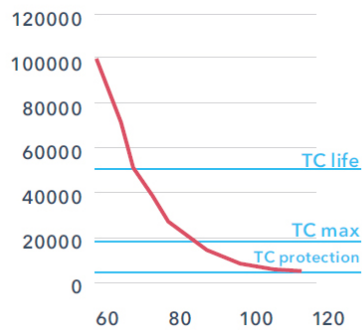
Általánosságban elmondható, hogy a megbízható komponens- és tápegység gyártók is arra töreksznek, hogy a gyártmány valós várható élettartama messze haladja meg a termék tervezett élettartamát.

4. Megbízhatóságot befolyásoló tényezők

Működési hőmérséklet

A működési hőmérséklet nagyban meghatározza a világítótest élettartamát,

ezért a termikus tervezés nagy hangsúlyt kell, hogy kapjon. A meghatókra vonatkozó T_{cmax} maximális felületi hőmérséklet az a határhőmérséklet, ahol az élettartam még garantálható. Még ha a lámpatestben van is beépített hővédelem, az jóval e fölött a hőmérséklet fölött fog aktiválódni, így a tápegység várható élettartama nagyot csökkenhet.

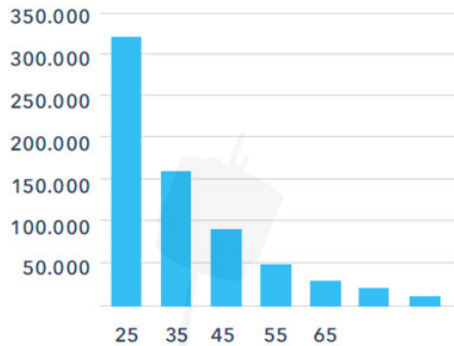


Várható élettartam[hrs] vs. Hőmérséklet [°C]

Elektrolit kondenzátorok és egyéb kritikus elektromikai komponensek

A termék élettartamát a leggyengébb, legalacsonyabb várható élettartamú alkatrész határozza meg. A tápegységek esetén ez a komponens általában az alumínium elektrolit kondenzátor. Elsősorban a folyékony elektrolit a magas környezeti hőmérséklet és a hosszú üzemben töltött idő miatti kiszáradása okozza ezt. Hosszú élettartamú és nagy névleges hőmérsékletre tervezett, esetleg polimer elektrolit kondenzátorok használatával

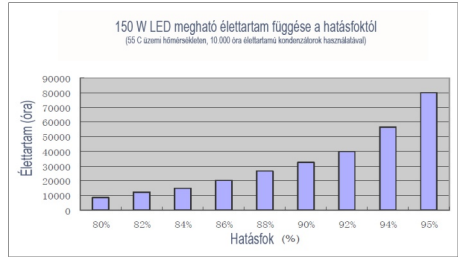
nagyobb várható élettartam érhető el, és a kimeneti ripple feszültség is csökkenthető. Mivel az alumínium elektrolit kondenzátorok élettartama minden 100°C hőmérsékletcsökkenés hatására duplázódik, nagyon fontos az üzemi hőmérséklet alacsony szinten tartása. Érdekes módon mára a LED driverek meghibásodásában már a félvezetők, mint a MOSFET elemek, diódák, optocsatlók és vezérlő IC-k tönkremenetele dominál, melyben ismételten a magas üzemi hőmérsékletnek van szerepe. Elmondható, hogy általában minden 100°C hőmérséklet-növekedés hatására a LED driver meghibásodási rátája 25-40%-al nő.



E-cap élettartam[hrs] vs. Környezeti hőmérséklet [°C]

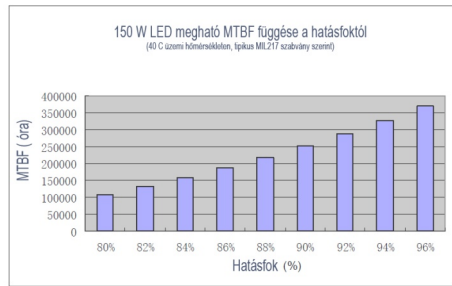
Hatásfok

A hatásfok szerepe a driver várható élettartamának meghatározásában a hővesztésen keresztül jelentkezik. Minél kisebb felesleges hő termelődik, azaz minél magasabb a hatásfok, az alkatrészekre jutó termikus stressz annál kisebb lesz.



Egy 150W-os Led meghajtó várható élettartama két és félszeresére nő, ha a hatásfoka 85% -ról 93%-ra nő.

Egy 150W-os előtét MTBF értéke közel 90%-al nő, ha a hatásfok 85%-ról 94%-ra változik.



Forrasztási pontok

A forrasztási pontok megbízhatósága is komoly szereppel bír, mert a különböző fémek eltérő hőtágulási tényezője miatt a hőmérsékletváltozás közben fellépő mechanikai erők rejtett repedéseket okozhatnak a forrasztási pontokon.

További erők ébredhetnek nagy méretű alkatrészek forrasztáskor, illetve rázkódás és vibráció hatására, melyek mind ronthatják a forrasztás minőségét.

Összefoglalva a megbízhatóságot növelő intézkedések:

- Minőségi alkatrészekből épült driverek alkalmazása, elsősorban a elektrolit kondenzátorokra és a félvezetőkre helyezve a hangsúlyt
- A működési hőmérséklet csökkentése a hatásfok emelésével
- Ráhagyásokkal történő tervezés

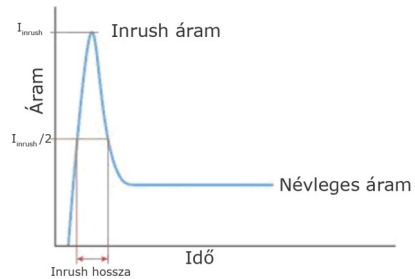
5. Pénzügyi megfontolások

In addition to providing high performance and reliability also financial expectations need to be considered and additional technical features should be Amellett hogy figyelembe vesszük a teljesítmény és a megbízhatóság növelésének lehetőségeit, számos olyan technikai jellemzőt is szem előtt kell tartani, amik a gazdaságosságot segítik elő.

Ahhoz hogy több LED tápegységet használhassunk ugyanazon a hálózaton, így spórolva a kábelezésen és egyéb telepítési feladatokon, figyelniük kell arra, hogy a bekapcsoláskor fellépő tranziens áram bizonyos határ alatt maradjon.

Ellenkező esetben a kismegszakító nem tudja kezelni az együttesen fellépő hatalmas áramtranzienst, és telepítéskor vagy cserélni kell azt, vagy jelentős többletkábelezéssel új szegmenseket kell kiépíteni. Ha az összes alkalmazott

meghajtó optimális inrush áramértékkel rendelkezik, többet tudunk ugyanarra a kismegszakítóra kötni és nem lesz indítási probléma a hálózaton.



Az induláskor fellépő nagy tranziens áram a tápegységben lévő kondenzátorok pillanatnyi töltődése és a transzformátorok mágneses terének késleltetett felépülése miatt alakul ki.

Az úgynevezett inrush áram általában gyors 10 ms nagyságrendű lefolyású, azonban értéke sokszorosán meghaladhatja a normál körülmények közti névleges áramértéket és képes kioldani a kismegszakítót. Érdeemes optimális bekapcsolási áramerősségű meghajtót választani retrofit megoldásokhoz, hogy ne kelljen feleslegesen kábelezni.

Az Endrich LUMO beltéri driverei a bemeneti oldalon nem használnak elektrolit kondenzátorokat, így az inrush áram alacsony szinten marad.

Általában a fix kimenő áramerősségű meghajtók olcsóbb megoldást kínálnak a

variálható kimenetű társaiknál, azonban érdemes fontolóra venni ez utóbbi alkalmazását, amikor az újabb nagyobb fényerejű LED családok megjelenése és felhasználása mellett is biztosítani akarjuk a lefele történő kompatibilitást.

Összefoglalás

Ahhoz, hogy mind teljesítményében, mind megízhatóságában, várható élettartamában és ár/érték viszonylatban is a legjobb drivert tudjuk választani, egy sor jellemzőt kell megvizsgálni és ezek alapján összehasonlítani a különböző gyártók szöba jöhető termékeit. Ez nem mindig egyszerű feladat a gyárak nem tökéletes keresztmetszetű adat-szolgáltatása miatt, de hiba lenne csak beszerzési költség alapján választani, mert sok olyan tényező esne a látókörön kívül ami a projekt összköltségét negatívan befolyásolná.

Reményeink szerint a cikkben részletezett jellemzők figyelembe vételével pontosabb kiválasztásra van mód.

Az Endrich maga is kínál egy sor kültéri és beltéri LED driver megoldást. Mivel nagyjából minden LED alapú világítástechnikai alkalmazás az energiamegtakarításra és a karbantartási költségek minimális szinten tartására fókuszál, mi is magas hatásfokú és megbízható termékeket kínálunk.

Portfoliónk egészen 95%-os hatásfokig és 0.99 teljesítménytényezőig tartalmaz akár IP67 védetségű fokú, vízálló, róbosztus meghajtókat.

Termékeink megfelelnek a magas szintű érintésvédelmi és biztonsági szabályoknak, EMC előírásoknak és kielégítő túlfeszültség-, túláram és túlmelegedés elleni védelmet tartalmaznak. Használhatók kültéri LED lámpák, utcalámpák, alagút világítás és építészeti dekorációs világítás területén, de természetesen a beltéri használatra is vannak kiváló megoldásaink.

Az Endrich beltéri LUMO sorozata speciális hosszú élettartamú 10,000 hrs @105 °C kondenzátorokat használ a kimeneti oldalon. Az alacsony ripple lehetővé teszi a stabil, villódzásmentes kimenetet.

Az önműködő hőmérsékletszabályozás pedig lehetővé teszi az öt éves garancia alkalmazását.

