

# AZ AKKUMULÁTORTECHNIKA JELENE ÉS AZ AZOKAT FELHASZNÁLÓ KEFEMENTES MOTOROK

Hauch Tamás



**A BRUSHLESS motor technológia (BL-, vagy BLDC-motorok) nem mai találmány, de csak az elmúlt tíz évben került az asztalosok műhelyeibe. Már önmagában a kefementesség is csodás dolog, de kicsit nézzünk a technológia kezdeti időszakára, felépítésére és az azt működtető áramforrások őskorára.**

Az akkumulátortechnológiák folyamatosan fejlődnek. Szerencsére már nem csupán a szerszámgépek kialakításánál játszik nagy szerepet a mobilitást (közlekedés) elősegítő akkumulátorok fejlesztése. A General Motors már 1996-ban készített akkumulátoros autót. Mármost tisztán elektromost. (Nagyjából ebben az időszakban már léteztek akkumulátoros fűrógépek is.)

Az autó nemes egyszerűséggel a GM EV1 (Electric Vehicle) nevet kapta a keresztségben. Ez a kicsit csúnyácska jármű egy 18,7 kWh-s NiMH akkumulátorcsomaggal készült. A megfelelően összekapcsolt cellák névleges feszültsége 312 V,



GM EV1

kapacitása pedig 60 Ah volt. A motor 102 kW teljesítmény leadására volt képes és egy töltéssel akár 230 km-t is megtett. Sajnos ezt a papíron kiváló paraméterekkel rendelkező villanyautót a GM nem kívánta értékesíteni, csupán egy lízingkonstrukciót kínáltak a felhasználók számára. Sorozatgyártása is megindult, de kis idő múltán szinte az összes modellt bezúzták.

Vigyázni kellett a részleges töltésekkel, mert a NiMH akkumulátor az autóban is hajlamos a memóriaeffektusra, ennek következtében az „átlagos” használat során, mindennapi rátöltések esetén hamar tönkremehet az akku. Az első generációs modellből 660 darab, míg a másodikból 457 példány készült. Az első generációsok közül pár túlmelegedés és egy tüzeset is történt a töltőrendszer hibájából.

## ÉS ELINDULT A LAVINA

Ezt követte 1997-ben a Toyota RAV4 EV, később a Peugeot 106 / Citroen Saxo Electrique, majd a hibrid meghajtású Toyota Prius. Az első és az utolsó talán mindenkinek ismerős. A francia villanyautózás Peugeot / Citroen koncepciója már kevésbé. Közös bennük, hogy NiMH akkukkal operáltak. Ez később változott és nyilván sok más innováció is bekerült ezekbe a járművekbe. (A Priusba például nem egy hagyományos 4-ütemű Otto-motor került, hanem egy úgynevezett Atkinson ciklusú motor.)

A vezető iparágak (járműgyártás, hadiipar) által fejlesztett technológiák egy idő után a tömeges elterjedést követően olcsóbbá válnak és az ott szerzett széles körű tapasztalatok alapján a kezdeti gyermekbetegségek is már könnyedén kiküszöbölhetők.

Nem elég csak nagy kapacitású, stabil, könnyű, tartós, nagy energiasűrűségű áramforrásokat fejleszteni és gyártani. Egyre fontosabb, hogy ezeket megfelelő hatékonysággal fel is tudjuk használni. Nem mindegy, hogy egy 18 voltos 5 Ah-s akkuval egy hagyományos volfrámszálal izzót hány óráig tudunk működtetni és meddig egy LED-lámpát, azonos fényáram mellett. Igaz nem szóltunk arról, hogy hányadik generációs az alkalmazott LED.

### AKKUMULÁTOROS KISGÉPEK MOTORJAI

Ugyanez a helyzet a villanymotorok (villamos gépek) területén. A legelterjedtebb akkus meghajtó egység az egyenáramú kefések motor volt. Azaz a mai napig is az, mivel gyártása egyszerű és olcsó. Az úgynevezett univerzális motor is kefések, csak más a felépítése. A lényeg ugyanaz mindkettőnél.

Mindenki találkozott a technológia két leggyakoribb hibájával. A legkellemetlenebb, amikor a kommutátor egy szegmense kiszakad a gépből. A motor irgalmatlan szikrázással és füsttel (amperszag) jelzi, hogy ő biza, most feladta a küzdelmet. A másik gond, hogy az akkus kisgépek motorjaiban állandó



1. ábra

mágnesek találhatók, amik bizonyos környezetben folyamatosan összeszedik a vasreszeléket, és a kefések kapcsolat hajlamos a szikrázásra, valamint a kefések kopásával is számolni kell. Viszont gyártásuk olcsó és régóta képezik az akkus kisgépek viszonylag megbízható erőforrásait.

### KIS FIZIKAÓRA KÖVETKEZIK ÁLTALÁNOSÁGBAN

A kefések motor egy rögzített állandó mágnesből (állórész), egy forgó elektromágnesből (forgórész), egy áramirányítóból (kommutátor), szénkefékből és csatlakozó kapcsokból áll.

Az áram bekapcsolásakor a forgórész mágnesessé válik. Ha a forgórész és az állórész azonos pólusai vannak egymással szemben, akkor taszítani fogják egymást. A forgórész elfordul a déli pólustól

és az északi pólus fogja vonzani. Vagyis forog!

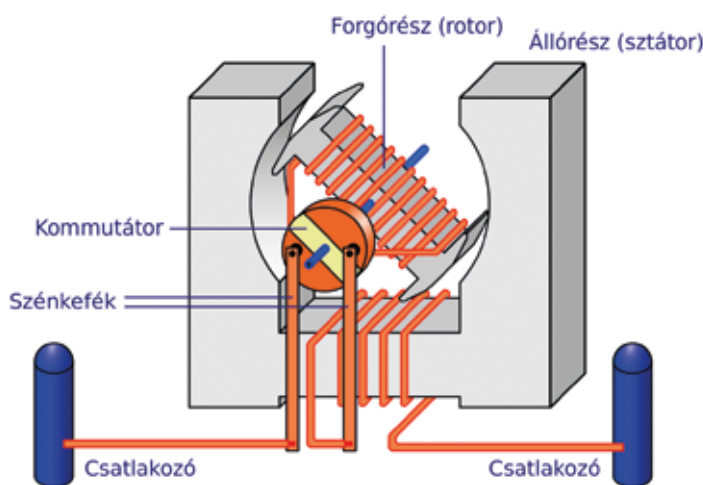
Most jön a képbe a kommutátor. Ha a forgórész elérte az északi pólust, akkor az áramirányító megváltoztatja az áram irányát a forgórészben. Ekkor a pólusok megfordulnak. Így az északi pólus taszítani, míg a déli pólus újból vonzani fog.

Az áramirányító ekkor újból megváltoztatja az áramlási irányát és ez a folyamat ismétlődik.

Az 1. ábrán látható gép tehát úgy működik, hogy a forgórész pólusait félfordulatonként felcseréljük. Ezen egyszerű motor nagy problémája, hogy az általa szolgáltatott nyomaték a forgórész pozíciójának függvényében kétoldalasan egyenirányított szinuszhullámnak megfelelően változik, és így van nulla helyzete is, amikor a gép nem tud elindulni. Erre többféle megoldást dolgoztak ki, hiszen ezzel a jelenséggel sosem találkozunk igazából.

### KEFEMENTES MOTOR, VAGYIS A BRUSHLESS

Az elnevezés már sugallja, hogy ennél a motornál nincsenek kefések, amelyek a forgórészre vezetik az áramot. De akkor mi van helyette, varázslat? Kicsit az. A mágneseket a forgórész kapta és a tekercsokat az álló. Mivel a tekercsok nem mozognak, könnyebb a táplálásuk és a szabályzás is rugalmasabb. Nincsenek mozgó/kopó alkatrészek (szénkefe, kommutátor, tekercselés).



Kétpólusú villanymotor



Brushless motor. A tekercsek az állórészben vannak

### „ÉRTEM ÉN, HOGY GŐZGÉP, DE MITŐL MEGY?”

Egy BLDC-motorban, az elektromágnesek nem mozognak; helyettük az állandó mágnesek forognak, és az armatúra áll. Ezzel megoldódik az a kérdés, hogy miként lehet átvinni az áramot egy mozgó armatúrába. Ebből a célból a kefe-kommutátor rendszert felváltja egy elektronikus vezérlő. A vezérlő hasonlóan osztja el az áramot, mint az az egyenáramú kefes motornál történik, de ez egy félvezetős áramkör a kefe-kommutátor rendszer helyett.

Egy BL-motor azért lesz drágább, mivel a vezérlő végzi el azt a munkát, amit korábban a kefék és a kommutátor, csak elektronikusan. A BLDC- (Brushless Direct Current) motorok számos előnnyel rendelkeznek a kefes egyenáramú motorokhoz képest. Jobb hatékonyság, megbízhatóság, kisebb

zaj, hosszabb élettartam (nincs kefe, ami elkopjon), nem keletkeznek szikrák a kommutátornál és kisebb az elektromágneses interferencia (EMI). A kefementes motorok kialakítása jelentősen eltér a hagyományos kefes társaitól. Ez utóbbiakban a forgórészt ajánlatos hűteni, amit a tengelyre szerelt kis ventilátorral oldottak meg. Ez kis fordulaton, nagy nyomaték mellett mit sem ér, ha a rézvezetékek túlmelegednek a megnövekedett áramerősség okán, könnyen elfüstölhet a motor. Viszont a léghűtéssel a motor belsejébe szennyeződések is kerülhetnek. Plusz probléma, hogy a forgórész huzalozása komoly centrifugális erőnek lehet kitéve.

A BLDC-motoroknál elérhető legnagyobb teljesítmény rendkívül magas, szinte kizárólag a melegedés korlátozza, ami a mágnesekben tehet kárt (kilágyu-

lás). A BL-motorok huzalozása az állórészben található. Ezt inrunner kialakításnak nevezzük. Mivel az állórész mozdulatlan, a hűtése is könnyűszerrel megoldható. Ez lehet passzív (hűtőborda), vagy aktív. Előbbi a jellemző, de kombinált kivitel is elképzelhető. Az outrunner kialakítás más történet, de ott eszeveszett teljesítményre nincs szükség.

Ebből már érzékelhető, hogy egy BL-motor lehet teljesen zárt is ezzel egy sor probléma kiküszöbölhető.

A BLDC hátránya a magasabb költség, aminek két oka van. Az első az, hogy a BLDC-motoroknak összetett elektronikus sebességvezérlőre van szükségük a működéshez. A kefes egyenáramú motorokat egész egyszerű vezérléssel lehet működtetni, ilyen például a reosztát. A második ok, hogy több hasznos alkalmazásra még nincs kifejlesztett megoldás a kereskedelmi szektorban.

A BLDC-motorok sokkal hatékonyabban alakítják át az elektromosságot mechanikai erővé, mint a kefes egyenáramú motorok. Ez főleg annak köszönhető, hogy a kefék hiánya miatt mentesek az elektromos és súrlódási veszteségektől, illetve a konstrukció ritkán pusztítja el önmagát.

A nagyobb hatékonyság a terhelésmentes és kis terhelésű tartományokban érzékelhető leginkább. Nagy terhelésnél a BLDC-motorok és a jó minőségű (!) szénkefes egyenáramú motorok hasonló hatékonysággal bírnak. Ez hasonló, mint mikor egy belső égésű motort részterhelésen, vagy maximum terhelésen vizsgálunk. Belátható, hogy szinte minden erőgép alkalmazásánál a részterhelés dominál. Ahol nem, ott az erőforrás hamarabb fárad, gyorsabb a tönkremenetele.

## A MOTOR LELKE A VEZÉRLŐ

Mivel a vezérlő irányítja a forgást, információra van szüksége, hogy a forgórész éppen hol tart a mozgásban. Ehhez a forgórész állására, illetve az állórész tekercseihez képesti helyzetére vonatkozó adatokra tart igényt. Ezek nélkül a motor életképtelen. Néhány kivitelnél Hall-jeladókat vagy forgásjeladót használnak, amivel közvetlenül lehet mérni a forgórész helyzetét. Más esetekben a visszaható elektromotoros erő mérk a használaton kívüli tekercsekben, hogy következtetni tudjanak a forgórész helyzetére, így elhagyható a Hall-jeladó. Ezeket szokás érzékelő nélküli vezérlőknek hívni.

A vezérlő három darab kétirányú meghajtóval rendelkezik, amivel a nagy teljesítményigény kiszolgálható, és amit egy logikai áramkör vezérel. Az egyszerű vezérlőkben komparátorokat használnak, amivel meghatározzák a kimenetnek előnyös fázist, míg a fejlettebb vezérlőknel mikrovezérlőt alkalmaznak, amivel a gyorsulást, a vezérlés sebességét és a hatékonyságot lehet javítani.

Azok a vezérlők, amelyek a visszaható elektromotoros erő alapján érzékelik a forgórész helyzetét, több feladatot kell, hogy végrehajtsanak a mozgás elindításához, mivel ilyenkor még nincs visszaható elektromotoros erő, mely nem jön létre álló forgórész esetében. Ezt általában úgy valósítják meg, hogy a forgás tetszőleges fázison indul meg, és ha az nem megfelelő, akkor átugrik egy másik fázisra. Ezért nem tudjuk a szokásos „lövöldözős” effektet elsűtni a BLDC-motoroknál. Ezek az olcsóbb vezérlők is egyben.

A BLDC-motorok különböző fizikai kivitelezésekben készülhetnek: A „hagyományos” belső forgórésű („inrunner”) kivitelnél az állandó

mágnesek a forgó armatúrára vannak szerelve (rotor). Három állórész tekercs veszi körül a forgórészt. Szerszámgépeknél ez a jellemző megoldás. Azonban vannak egyéb felhasználási területek, ahol már több évtizede is ezek a motorok dolgoznak, a mai napig.

Ezek az „outrunner”, vagy külső forgórésű motorok. Az állórész tekercsei alkotják a motor közepét (magját), míg az állandó mágnesek egy fölé lógó rotoron forognak, ami körülveszi a magot. Lapos típust használnak ott, ahol korlátozott a rendelkezésre álló hely, állórész és forgórész tányérokot használ egymással szembe fordítva. Az outrunner típusoknak általában több pólusa van, hármásával elrendezve, amivel biztosítják a tekercsek hármass csoportját, és alacsony fordulatszámon nagyobb lehet a forgatónyomaték. Az állórész tekercsei minden BLDC-motornál rögzítettek. Alkalmazásukat tekintve csakúgy megtaláljuk őket a merevlemezekben és a hűtőventilátorokban. Csendesek, jól szabályozhatók és megbízhatók.

Még két villamos kivitel létezik, ami a tekercsek húzalozásának egymással való összeköttetésében

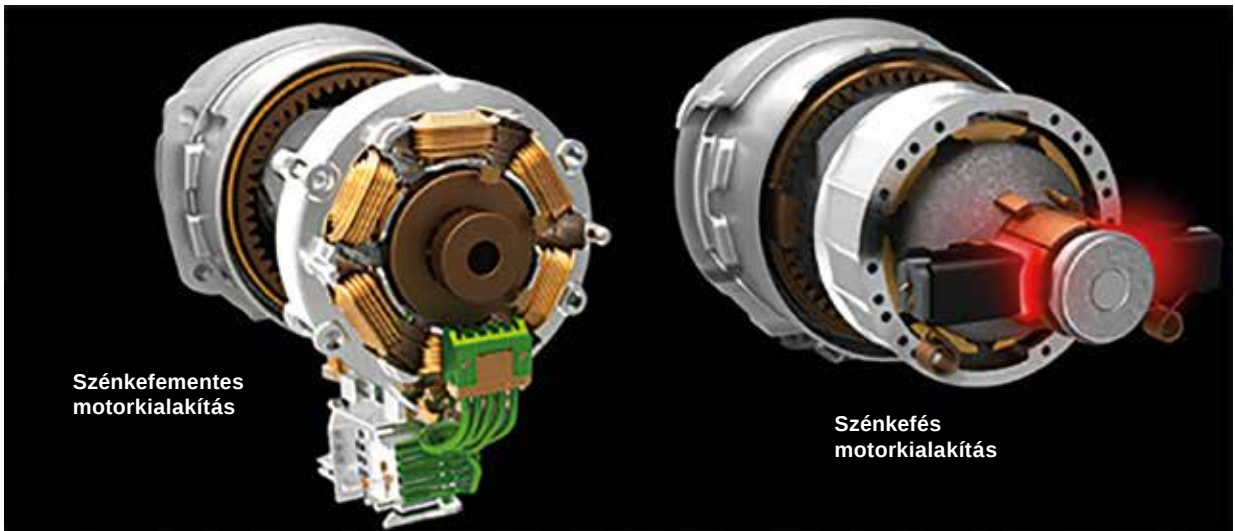
különbözik (nem a fizikai alakjukban vagy elhelyezkedésében). A háromszög kapcsolású kivitelnél a három tekercs egymáshoz van kapcsolva (sorosan), és minden csatlakozási ponton táplálva van. Ismerős? Ez a háromfázisú delta kapcsolás. A csillag kivitelnél minden tekercs egy középső közös pontba csatlakozik (párhuzamosan), és a táplálást minden tekercs szabad végén oldják meg. Nincs új a Nap alatt, csupán más a motor felépítése az aszinkron motorokhoz képest, ahol a mágnes elmarad.

A háromszög kivitelű tekercselésnél alacsony a forgatónyomaték alacsony fordulatszámon, de magasabb lehet a legnagyobb fordulatszám. Csillag kivitelnél magas a forgatónyomaték alacsony fordulatszámon is, de nem olyan magas a legnagyobb fordulatszám. Ezek a karakterisztikák fogják befolyásolni az adott elrendezés felhasználási körét. A háromszög kivitelű BLDC-motorok inkább fűró-csavarozó gépekben, fűrészekben járatosak. A csillag kivitel teszi lehetővé az akkus felsőmarók létrejöttét.

Bár a hatékonyságot nagyban befolyásolja a motor felépítése, a



Merevlemez outrunner BLDC-motorja szétszedve



csillagkapcsolás általában nagyobb hatékonyságú. A háromszög huza-  
lozásnál káros magas frekvenciás  
áramok folyhatnak végig a motoron.  
A csillagkapcsolás nem tartalmaz  
zárt hurkot, amiben káros áram  
folyhatna, így nem jelentkezik  
ilyen veszteségek.

A vezérlő szempontjából a két kivitel  
kezelése egyforma, bár az olcsóbb  
vezérlők a csillagkapcsolás közös  
csatlakozási pontjáról olvassák a  
feszültséget.

Amikor akkus szerszámot vásárolunk,  
készülünk fel arra, hogy egyre  
gyakrabban fogunk találkozni a

BRUSHLESS felirattal. Mivel ezeknél  
a gépeknél új technológiáról (ez  
azért nem teljesen igaz, mivel 30  
éve létezik) van szó, ezt preferálják  
a gyártók és a forgalmazók is. Az  
árat ugyan megnövelheti a BL-motor.  
DE! Az egész semmit nem ér, ha  
nem megfelelő az akkumulátor-  
technológia, ami kiszolgálja ezeket  
a motorokat. A leírásból látszik,  
hogy óriási potenciál van ezekben  
az erőforrásokban, amit megfelelő  
energiasűrűség és kapacitás hiányá-  
ban nem tudunk majd kihasználni.  
Szerencsére a gyártók már olyan  
rendszereket dolgoztak ki, amelyek

egy 18 V-os, 5–8 Ah-s akkumulátor-  
ral, 1600 W teljesítményű vezetékes  
géppel egyenértékűek. Ez óriási  
teljesítményt jelent, ami a legtöbb  
géptípusnál bőven elegendő.

A nagy gyártók már évek óta fejlesz-  
tik a BL- és Li-ion technológiáikat.  
Az ezeken a területeken szerzett  
tapasztalatokat sikerrel adaptálják  
a már meglévő termékpalettákba,  
illetve újabbnál újabb gépeket si-  
kerül a vezeték nélküli platformra  
„behívni”. Ilyenek például a gyalugé-  
pek és a felsőmarók. De az akkus  
körfűrészek, merülőfűrészek, vagy  
gérvágó fűrészek is már a kefe-  
mentes motorokat kapják. A nagyobb  
nyomaték és a hosszabb üzemidő  
mellett a porra való érzéketlenség  
is nagy előny. A következő években  
további fejlesztések várhatók, ame-  
lyek a felhasználói oldalról nézve  
egyre nagyobb mobilitást fognak  
eredményezni. ■



**Forrás:**

<https://news.wuerth.at/motor/>  
Készítette: Sebastian Koppehel  
, CC BY 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2747626>  
<https://raketa.hu/>  
<https://regi.tankonyvtar.hu>