



MISKOLCI EGYETEM
GÉPÉSZMÉRNÖKI ÉS INFORMATIKAI KAR



TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

Hibridhajtások

Sárosi Barbara
II. éves gépészmérnök hallgató

Konzulens:
Bihari János
egyetemi tanársegéd
Gép- és Terméktervezési Intézet

Miskolc, 2014.

Tartalomjegyzék

1. fejezet: Problémafelvetés.....	1
2. fejezet: A vizsgálat tárgyának bemutatása.....	1
3. fejezet: A vizsgálat elméleti háttere.....	1
4. fejezet: A vizsgálat eredményei.....	1
4.1. Működési elve.....	1
4.2. Hajtástípusok.....	2
4.2.1. Soros hibridhajtás.....	2
4.2.2. Párhuzamos hibridhajtás	3
4.2.2.1. A párhuzamos hajtású hibridautók működése:	5
4.2.3. Megosztott soros-párhuzamos hibrid vagy vegyes hibrid hajtás	6
4.3. A továbbiakban a hibrid járművek fő egységeivel foglalkozom.	7
4.3.1. Akkumulátorok.....	7
4.3.1.1. Az akkumulátor feladata:.....	7
4.3.1.2. Működési elve:	7
4.3.1.3. Típusai:	8
4.3.1.3.1. Ólom vagy savas akkumulátor	8
4.3.1.3.2. Nikkel-kadmium (NiCd).....	12
4.3.1.3.3. Nikkel metál-hidrid (NiMH)	13
4.3.1.3.4. Lítium-ion (Li-Ion)	14
4.3.1.3.5. Lítium-polimer.....	15
4.3.1.3.6. Cink-levegő	15
4.3.1.3.7. Üzemanyagcella.....	16
4.3.2. Motor típusok:.....	20
4.3.2.1. Otto-motor	20
4.3.2.1.1. Az Otto-motor működése	20
4.3.2.1.2. Megvalósított motorok	21
4.3.2.1.3. A hagyományos Otto-motor szerkezeti elemei	22
4.3.2.1.4. A motorok felosztása	23
4.3.2.2. Miller-ciklus	24
4.3.2.3. Atkinson-cikluson alapuló motorok	25
4.3.3. Villanymotor	27
4.3.3.1. Működése.....	28
4.3.3.2. Története	28

4.3.3.3.	Fajtái:	28
4.4.	Start-stop rendszer	28
4.4.1.	Működése	29
4.4.2.	I-Eloop rendszer:	29
4.4.3.	I-Stop rendszer:	29
4.4.4.	Története:	30
4.5.	Osztályozás a hibridizáció foka szerint.....	30
4.5.1.	Rásegítőhibrid	30
4.5.2.	Enyhén hibrid	31
4.5.3.	Mikrohibrid	32
4.5.4.	Konnektoros hibrid.....	32
4.5.5.	Teljesen hibrid.....	33
4.5.5.1.	Hybrid Synergy Drive® alapvető elemek	34
4.6.	Tüzelőanyag-cellás autók.....	38
4.6.1.	A tüzelőanyag-cella működése.....	38
4.6.2.	A tüzelőanyag-cellás autó felépítése:.....	40
4.6.3.	A tüzelőanyag-cellás autó tankolása	41
4.6.4.	A tüzelőanyag-cellás autók környezeti terhelése	42
4.6.5.	Hol lehet tüzelőanyag-cellás autót venni?.....	42
4.7.	Pneumatikus hibrid autók	43
4.7.1.	Működése:	45
5.	fejezet Összegzés és következtetések	46
6.	fejezet Összefoglaló.....	46
	Irodalomjegyzék	46

Ábrajegyzék:

1. ábra	Soros hibridhajtás.....	2
2. ábra	Párhuzamos hibridhajtás	3
3. ábra	Vegyes hibrid hajtás	6
4. ábra	Planté akkumulátora	8
5. ábra	Ólom akkumulátor.....	9
6. ábra	AGM akkumulátor	11
7. ábra	Nikkel-Metal-Hidrid akkumulátor.....	13
8. ábra	Li-ion akkumulátor.....	14

9. ábra Üzemanyagcella működési elve.....	16
10. ábra Karosszéria-akkumulátor	17
11. ábra Ottó-motor működése	21
12. ábra Miller-ciklus.....	24
13. ábra Atkinson-ciklus.....	26
14. ábra Toyota Hybrid Synergy Drive alapvető elemek	34
15. ábra Belsőégésű motor	34
16. ábra Hibrid hajtómű.....	35
17. ábra Alapvető elemek	36
18. ábra Energia gazdálkodás	37
19. ábra HV akkumulátor	37
20. ábra Tüzelőanyag-cellás autó felépítése	41
21. ábra Pneumatikus hibrid autó	45

1. FEJEZET: PROBLÉMAFELVETÉS

Tekintettel arra, hogy a címben jelzett téma sokak számára ismeretlen és újszerű, ezért dolgoztam fel a hibridhajtásokat, különös tekintettel a történeti kialakulásukra.

2. FEJEZET: A VIZSGÁLAT TÁRGYÁNAK BEMUTATÁSA

A hibrid szó két, vagy több dolog kombinálását jelenti. A hibridautó olyan autó, amely a meghajtásához szükséges energiát több, egymástól eltérő elven működő erőforrásból nyeri.

A hibridautó fő részei általában a belső égésű motor, a hajtómű (bolygóműves nyomatékosztó egység), a villanymotor és az akkumulátor.

3. FEJEZET: A VIZSGÁLAT ELMÉLETI HÁTTERE

Az elvégzett irodalmi kutatások összegzése, lásd az irodalomjegyzéket.

4. FEJEZET: A VIZSGÁLAT EREDMÉNYEI

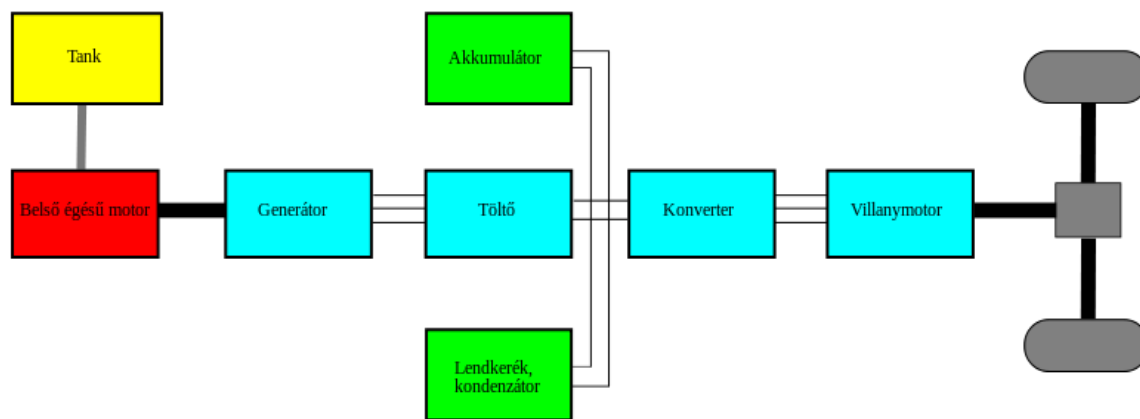
Az elvégzett vizsgálatokat az alábbi pontok szerint dolgoztam fel:

4.1. Működési elv

A sorozatban gyártott hibridautók akkumulátora menet közben is feltölthető; egyrészt a belsőégésű motor, másrészt az energia visszatöltő rendszer segítségével. A belső égésű motor generátort hajt, és az termeli az áramot, amely vagy közvetlenül a járművet hajtja, és/vagy az akkumulátor töltésére fordítódik. Az üzemanyag fogyasztás csökkentését célozza a start-stop funkció is, amely üresjáratban automatikusan leállítja, majd újraindítja a belsőégésű motort. Az energia visszatöltő rendszer a fékezés energiájának visszatáplálását teszi lehetővé. A hibridautó belsőégésű motorja kisebb teljesítményű, mint a hagyományos (csak belsőégésű motorral rendelkező) autóké. A rövid idejű gyorsításoknál azonban mindkét hajtás üzemelhet, így nincs jelentős fogyasztásbeli különbség a hagyományos hajtású autókhoz képest.

4.2. Hajtástípusok

4.2.1. Soros hibridhajtás



1. ábra Soros hibridhajtás

Forrás: <http://hu.wikipedia.org/wiki/Hibridaut%C3%B3>

A soros hibrideknél a belső égésű motor energiája egyetlen úton jut el a kerekékig. A belsőégésű motor nem közvetlen az autót, hanem a generátort hajtja, amely elektromos áramot termel a kerekeket meghajtó villanymotor - meg az egyéb fogyasztók és az akku - számára, az akkumulátor töltöttségétől függően. Fékezéskor a jármű mozgási energiáját a villanymotor - generátorként - az akkumulátor töltésére használja fel. A soros rendszer kialakítása és elektromos vezérlése nem túl nehéz feladat, ám a többszörös energiaátalakítás és az akkumulátor töltési-kisülési veszteségei folytán a belsőégésű motor teljesítményének csupán mintegy 60%-a hasznosul.

A soros hibridautók konstrukciója sokkal jobban hasonlít a villanyautókéra, mint a belsőégésű motorral hajtott hagyományos autók vagy a párhuzamos hibridek konstrukciója. A soros hajtásrendszerben a belsőégésű motor nem hajtja meg közvetlenül a kerekeket, hanem csak a generátort. Az abban keletkező áram hajtja meg a villanymotort és tölti fel az akkumulátort. Nagy teljesítményigény esetén a villanymotor a generátorból közvetlenül és az akkumulátorból is használ fel áramot. Sebességváltóra nincs is mindig szükség; ha mégis, az akkor is sokkal egyszerűbb, mint a hagyományos vagy a párhuzamos hajtású autók esetében. A villanymotor tág fordulatszám-tartományban is jó hatásfokkal működik.

Vannak olyan járművek, ahol a nagy villanymotor helyett mind a négy kerékben van egy-egy kisebb.

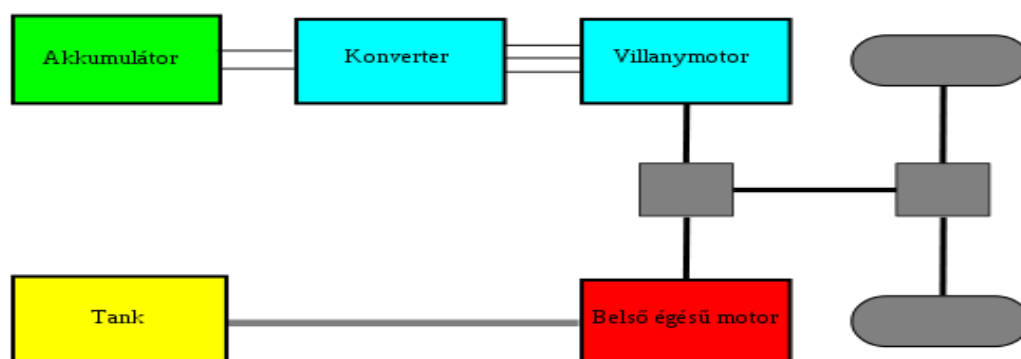
A soros hibridhajtásban nincs mechanikai összeköttetés a belsőégésű motor és a kerekek között, a belsőégésű motor pedig a jármű különböző sebessége esetén is állandó fordulatszámon és hatásfokkal üzemelhet. Ezért a belsőégésű motor a 35-37%-os elméletileg maximális hatásfok közelében működtethető – ami jobb, mint a hagyományos autókra jellemző 20%.

A belsőégésű motorban nyert energia áthalad a generátoron és a villanymotoron, majd – a konstrukciótól függően (lásd az ábrát) – esetleg a töltőn és az akkumulátoron is. Minden energiaátalakításnál elvész az energia egy része. A belsőégésű motorból nyert energiának 70-80%-a jut el a kerekekig; míg a hagyományos tengelykapcsolónál ez az arány 98%. Ha a jármű autópályán tesz meg hosszú utat, a belsőégésű motorból kell fedezni az energiaszükséglet nagyobb részét; ilyenkor a soros hibridhajtás hatásfoka 20-30%-kal kisebb, mint a párhuzamos hibridhajtásé.

Ha a villanymotorok a kerékbe vannak beépítve, nincs szükség a hagyományos erőátviteli berendezésekre (sebességváltó, hajtóműtengelyek, differenciálmű), és esetleg hajlékony tengelykapcsolóra sem. Egyszerűbb a négykerék meghajtás, a hajtás- és fékezésszabályozás (ASR, ABS, ESP stb.), alacsonyabb lehet a padlószint. Viszont nagyobb lesz a rugózatlan tömeg és romlik a felfüggesztés reagálása az út egyenetlenségeire; ettől kényelmetlenebb és kevésbé biztonságos lesz az utazás.

Soros hibridhajtással rendelkezik például: Renault Kangoo Elect'Road, Daimler Orion hibrid busz, Chevrolet Volt, Opel Flextreame.

4.2.2. Párhuzamos hibridhajtás



2. ábra Párhuzamos hibridhajtás

Forrás: <http://hu.wikipedia.org/wiki/Hibridaut%C3%B3>

A párhuzamos hibrideknél az energia két úton, párhuzamosan folyhat, vagyis a belsőégésű és a villanymotor egyaránt forgathatja a hajtásláncot. Bonyolultabb elrendezésű megoldás, szélesebb körű szabályozhatósága viszont nagyobb üzemanyag-megtakarítást eredményez. A párhuzamos hibrideknek jobb a hatásfokuk, mint a sorosaké. A ma kapható hibridautók többségében párhuzamos rendszer működik. Ezen az elven alapul a Lexus RX 400h meghajtása, és ez található a Honda Insight és Civic IMA modelljében.

A párhuzamos hajtásoknál a belsőégésű motor és egy villanymotor hajtja meg az erőátviteli berendezést. A legtöbb konstrukcióban a villanymotor/generátor egy egységet alkot a belsőégésű motorral és az erőátviteli berendezéssel, így helyettesíti a hagyományos indítómotort és generátort is. Az energia tárolására egy nagy akkumulátortelep szolgál, amely a hagyományos 12 voltos helyett 42-120 voltos feszültségen üzemel. A hibridautó kisegítő berendezéseit (pl. légkondicionáló, elektromos szervokormány) nem a belsőégésű motor hajtja meg, hanem a fix feszültségű akku. Így az elektromos berendezések állandó sebességgel, vagyis nagyobb hatásfokkal működtethetők, nincsenek kiszolgáltatva a belsőégésű motor változó fordulatszámának.

A párhuzamos hibridhajtások osztályozhatók a mechanikai összekapcsolás szerint. Ha valamely tengelyhez valóban párhuzamosan kapcsolódnak, akkor azonosnak kell lenni a fordulatszámuknak. Ebben az esetben a forgatónyomatékuk összeadódik. Ez a típus jellemző a villanymotoros kerékpárookra. Amikor a két hajtás közül csak az egyiket használjuk, akkor a másik lehet vagy üresjáratban, vagy kapcsolódhat szabadonfutó tengelykapcsolóval. A hibridautóknál a két kiindulási hajtáslánc inkább differenciálmű segítségével szokott egyesülni. Vagyis a bemenő tengelyek forgatónyomatéka legyen azonos, és a fordulatszámuk összeadódik. A pontos „összeg” a differenciálmű jelleggörbájátől függ. Ha a két meghajtómotor közül csak az egyik működik, a másiknak akkor is nyújtania kell a forgatónyomaték nagy részét, vagy fordított szabadonfutó tengelykapcsolóval kell szerelni.

A párhuzamos hibridek (pl. Hondától az Insight, a Civic és az Accord hibridek) egyidejűleg két motorral is meg tudják hajtani a kerekeket; például belsőégésű motorral és akkumulátorról hajtott villanymotorral. A legtöbb párhuzamos hibridben a belsőégésű motor és az erőátviteli berendezés között van a villanymotor, de az is előfordul, hogy a villanymotor az autó egyik tengelyét hajtja meg, a belsőégésű motor pedig a másikat (miközben generátoron keresztül tölti az akkumulátort is). Ilyen például az Audi Duo is, amely konnektorból is tölthető hibridautó. A párhuzamos hibridek beprogramozhatók úgy

is, hogy amikor kis teljesítményre van szükség, a villanymotor helyettesítse a belsőégésű motort, vagy akár úgy is, hogy jelentős mértékben kiegészítsék a kis belsőégésű motor teljesítményét. Mindkét megoldás jóval nagyobb hatásfokot biztosít, mint a hagyományos, csak belsőégésű motorral üzemelő járművek.

Párhuzamos hibridhajtással rendelkezik például a Ford Escape Hybrid.

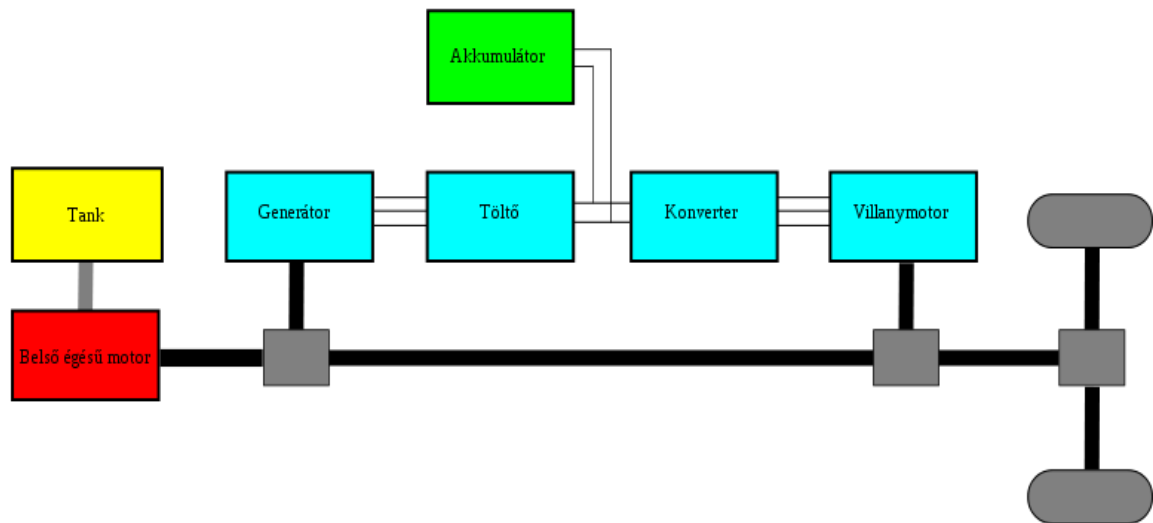
A párhuzamos hibrideket (ilyen például a Toyota és a Lexus) villanymotor hajtja meg, amikor hátrafelé vagy kis sebességgel mennek, mivel ez kevesebb energiát fogyaszt (álláskor egyáltalán semmit). Ezért városi és városkörnyéki forgalomban a hibridautó az ideális közlekedési eszköz. A sebesség növekedésével (vagy a sebesség növelésekor, amikor „rálépünk a gázpedálra”) beindul a belsőégésű motor, és a két motor *együtt*, egymással párhuzamosan hajtja a járművet. Azonos motortömegnél a belsőégésű motor teljesítménye nagyobb, ezért nagy sebességre ez alkalmasabb. A villanymotor és az akkumulátorok segítségével tiszta elektromos meghajtással kb. 3–5 km-t tud megtenni az autó, 40 km/h sebességgel. Ezen túl a belsőégésű motorra van szükség, akár azért, hogy feltöltse az akkumulátort, akár, hogy növelje a sebességet vagy a forgatónyomatékot.

4.2.2.1. A párhuzamos hajtású hibridautók működése:

Indításkor a villanymotor kapcsolódik be. Ha a belsőégésű motor hideg, elkezdődik az előmelegítés. Haladáskor mindkét motor hajtja előre az autót. Lakott területen kívül alapvetően a belsőégésű motor szolgáltatja az energiát (már csak azért is, hogy ne használódjon el olyan hamar az akkumulátor), de pl. előzésnél vagy hegynek fel bekapcsol és ráségít a villanymotor is. Fékezéskor a motor (néha négyből három henger) leáll, ugyanakkor az autó mozgási energiája elektromos árammá alakul (a villanymotor generátorként működik), amely visszatöltődik az akkumulátorba.

A fékezési energia visszanyerésével később hasznosítható ez az energia – ami a hagyományos járművekben hővé alakul és szétszóródik (már nem hasznosítható). A start-stop funkció is üzemanyagot takarít meg. Minél nagyobb a villanymotor és az akkumulátor, annál több energia nyerhető vissza fékezéskor, mielőtt működésbe lépne a hagyományos dobfék és tárcsafék. A nagyobb villanymotor és akkumulátor viszont aránytalanul megnövelné a helyigényt és a jármű tömegét, úgyhogy itt meg kell keresni az optimális megoldást.

4.2.3. Megosztott soros-párhuzamos hibrid vagy vegyes hibrid hajtás



3. ábra Vegyes hibrid hajtás

Forrás: <http://hu.wikipedia.org/wiki/Hibridaut%C3%B3>

Ez a hajtásrendszer egyesíti magában mind a soros, mind a párhuzamos hajtás tulajdonságait. A belsőégésű motor és a kerekek között olyan mechanikai és/vagy elektromos berendezések találhatók, amelyek elválasztják a belsőégésű motor (vagy más elsődleges energiaszolgáltató eszköz) felől jövő hajtást a vezető által igényelt hajtástól.

A belsőégésű motor a legkisebb fordulatszámon adja le a legkisebb forgatónyomatékot, és egy hagyományos járműben nagy motorra van szükség ahhoz, hogy az autó álló helyből elinduljon. Amikor viszont a jármű nagyjából állandó sebességgel halad, a nagy motor a szükségesnél nagyobb teljesítményt nyújt. A soros gerjesztésű villanymotor forgatónyomatéka nyugalmi állapotban a legnagyobb, és kiválóan alkalmas arra, hogy kis fordulaton kompenzálja (és helyettesítse) a belsőégésű motorból nyerhető alacsony forgatónyomatékot. A megosztott hajtású soros-párhuzamos hibrid belsőégésű motorja így lehet kisebb, kevésbé rugalmas – és magasabb lesz a hatásfoka. A hagyományos Otto-ciklus helyett (nagy teljesítménysűrűség, alacsony fordulatszámon nagyobb forgatónyomaték, alacsony hatásfok) gyakran Miller- vagy Atkinson-ciklusú motort (kis teljesítménysűrűség, alacsony fordulatszámon kisebb forgatónyomaték, jobb hatásfok,) alkalmaznak.

Megosztott hibrid hajtással rendelkezik például a 2008-as Toyota Prius. A Lexus RX 400h hajtása hasonló ehhez, csak itt az első tengelyt egyenletes terhelésnél meghajtó benzinmotor és villanymotor mellett van még egy másik villanymotor, amely erős

gyorsulásnál hajtja meg a hátsó tengelyt, vagy akkor, ha az első kerék csúszik– ekkor négykerékkehajtásúvá válik. Ennél a típusnál az akkutelep névleges feszültsége a 288 V-ot is elérheti.

4.3. A továbbiakban a hibrid járművek fő egységeivel foglalkozom.

4.3.1. Akkumulátorok

4.3.1.1. Az akkumulátor feladata:

A gépjármű indító akkumulátorok feladata, hogy energiát tároljon arra az időre, amíg a generátor nem képes feszültséget szolgáltatni a működéshez.

Az akkumulátornak két fő feladata van:

1. A gépkocsi álló motorjának indítása és az ehhez szükséges segédberendezések árammal történő ellátása. Például:
 - Motorvezérlő elektronika,
 - Önindító,
 - Üzemanyag szivattyú,
 - Gyújtó- vagy izzító rendszer.
2. Fontos feladat a gépkocsi olyan berendezéseit energiával ellátni, amelyekre a motor kikapcsolt állapotában is szükség van:
 - Belső és külső világítás,
 - Riasztó berendezés,
 - Szórakoztató elektronika,
 - Készenléti állapotban lévő elektromos berendezések memóriája,
 - Állófűtés.

4.3.1.2. Működési elve:

Az akkumulátor egy olyan energia tároló berendezés amely képes a töltés során felvenni a villamos energiát és azt vegyi energiává alakítva tárolni, amíg azt kisütéskor (fogyasztáskor) villamos energia formájában vissza nem nyerjük.

4.3.1.3. Típusai:

4.3.1.3.1. Ólom vagy savas akkumulátor



A savas ólomakkumulátorok története másfél évszázadra nyúlik vissza. Gaston Planté francia fizikus nevéhez fűződik az első akkumulátor kifejlesztése 1859-ben. Az általa feltalált technológiát alkalmazzák ma is a gépjárművekben, szünetmentes tápegységekben és a biztonságtechnikában is felhasználásra kerülő akkumulátoroknál. Emile Alphonse Faure 1880-ban megalkotta azt a változatot, ami már ipari célokra alkalmas teljesítményre volt képes és ezzel jelentős lökést adott az akkumulátorok gépjárművekben történő tényleges

alkalmazásához. A zárt zselés akkumulátor szabadalmát a német Jache nyújtotta be 1957-ben, de az méretű gyártásuk igazán csak az 1970-

évek közepétől indult el. A zárt, felitatott üvegszálas (AGM) rendszerű akkumulátor helyhez kötött változata 1980-ban került kereskedelmi forgalomba. A biztonságtechnikában a mai napig alkalmazott „hordozható” AGM akkumulátorok alkalmazása a katonai repülőgépeknél jelent meg először, tömeges elterjedésük pedig 1990-től vált meghatározóvá. Az ilyen technológiájú akkumulátorok fejlesztésének fő motorját az analóg mobiltelefonok ugrásszerű elterjedése jelentette.

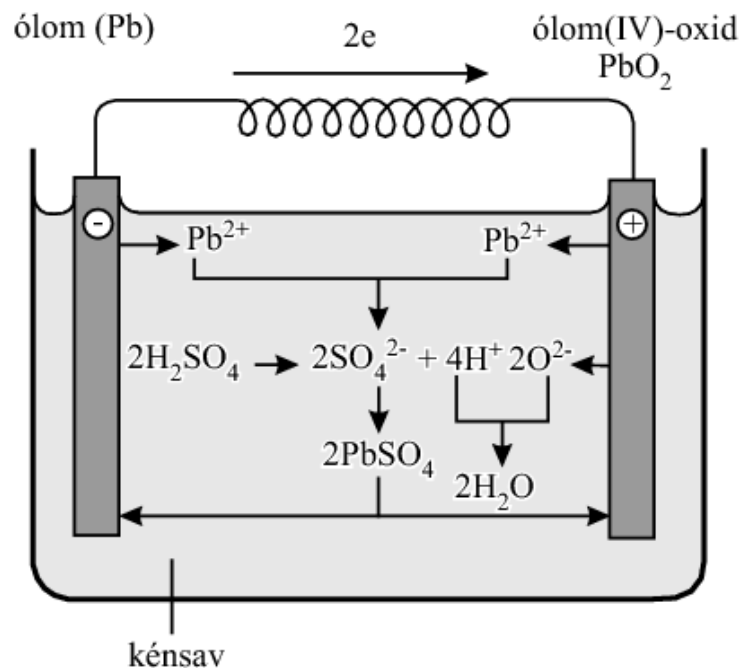
A savas ólomakkumulátorok áramtermelő alapegysége a lemezekből álló akkumulátorcella, amelynél a pozitív elektróda anyaga – az akkumulátor feltöltött állapotában – egy ólomrácsra sajtolt ólom-dioxid, a negatív elektródáé pedig tiszta ólom. Az elektródák desztillált vízzel hígított kénsavba, az elektrolitba merülnek. Amikor az akkumulátorra fogyasztót kapcsolunk, vagyis kisütjük, akkor az elektrolízis során mind az ólom-dioxid elektróda, mind az ólom elektróda ólom szulfáttá alakul.

4. ábra Planté akkumulátora

Forrás:

<http://www.batteryfacts.co.uk/BatteryHistory/Plante.html>

Otto
ipari
es



5. ábra Ólom akkumulátor

Forrás: <http://fk-tudas.hu/wp-content/uploads/2013/11/olom-akku.png>

A töltés folyamán a folyamat fordított módon megy végbe, valamint a vízbontás eredményeként a töltés kb. 80%-os értékénél a pozitív elektródon oxigén képződik, a negatív elektródon pedig a töltés befejezésekor hidrogén.

A hagyományos, nem zárt jellegű akkumulátorok időnként a desztillált víz utántöltését igénylik. Egy cella feszültsége, feltöltött állapotban 2V nagyságrendű. A gépjárműveknél és a biztonságtechnikában alkalmazott ólomakkumulátorok elsősorban 12V-os típusok, vagyis 6 darab sorba kötött cellát tartalmaznak.

Az savas ólomakkumulátor a legrégebbi, tölthető akkumulátor. Napjainkban is tartja magát, hiszen az új technológiák vagy nagyon drágák, vagy kevés energiát szolgáltatnak, vagy kényesek. Ezen hátrányok egyike sem mondható el az ólom akkumulátorokról, azzal együtt, hogy nekik is van árnyoldaluk.

Problémát okoz a 2,39 volt cellafeszültség fölött jelentkező vízbontás, ami robbanásveszélyes "durranógáz" (hidrogén - oxigén elegy) keletkezését okozza. Az 1970-es évektől megjelentek a zárt kivitelű (gondozásmentes) akkumulátorok, amelyekben megfelelő katalizátor alakítja vissza vízzé az említett gázelegyet.

Problémát okoz újrafeldolgozása is a mérgező nehézfém (ólom) tartalom miatt.

A felhasználás jellege alapján kétféle akkumulátor különböztethető meg:

- indító akkumulátor
- ciklikus és készenléti (puffer) üzemmódú akkumulátor

Az indító akkumulátorokat alapvetően a gépjárművek indítására fejlesztették ki, vagyis rövid idejű, de nagy áramok biztosítására. Viszonylag vékony ólomlemezeket tartalmaznak. A ciklikus és a készenléti akkumulátorok vastagabb ólomlemezekkel vannak ellátva, csak korlátozottan alkalmasak nagy áramok leadására, de jól bírják a rendszeres feltöltési és kisütési ciklusokat. Az úgynevezett mélykisülés állóságuk is sokkal jobb, mint az indító akkumulátoroké. A biztonságtechnikában használt akkumulátorok alapvetően készenléti (csepptöltéses) üzemmódban működnek.

Gyártástechnológiai, kivitelezési szempontból az alábbi ólomakkumulátor típusokkal találkozhatunk:

- karbantartást (gondozást) igénylő savas akkumulátor
- karbantartásszegény (csekély gondozást igénylő) savas akkumulátor, aminél általában csak a desztillált víz időnkénti utánpótlására van szükség
- karbantartásmentes (abszolút gondozásmentes), zárt rendszerű, szelep-vezérelt ólom-sav akkumulátor (valve-regulated lead-acid, vagy VRLA). A zárt, gondozásmentes akkumulátor másik nemzetközi megnevezése: SLA (sealed lead-acid).

Az SLA akkumulátorok között is van két speciális típus:

- zselés akkumulátor
- felitatott üvegszál (absorbed glass mat, rövidítve AGM) akkumulátor

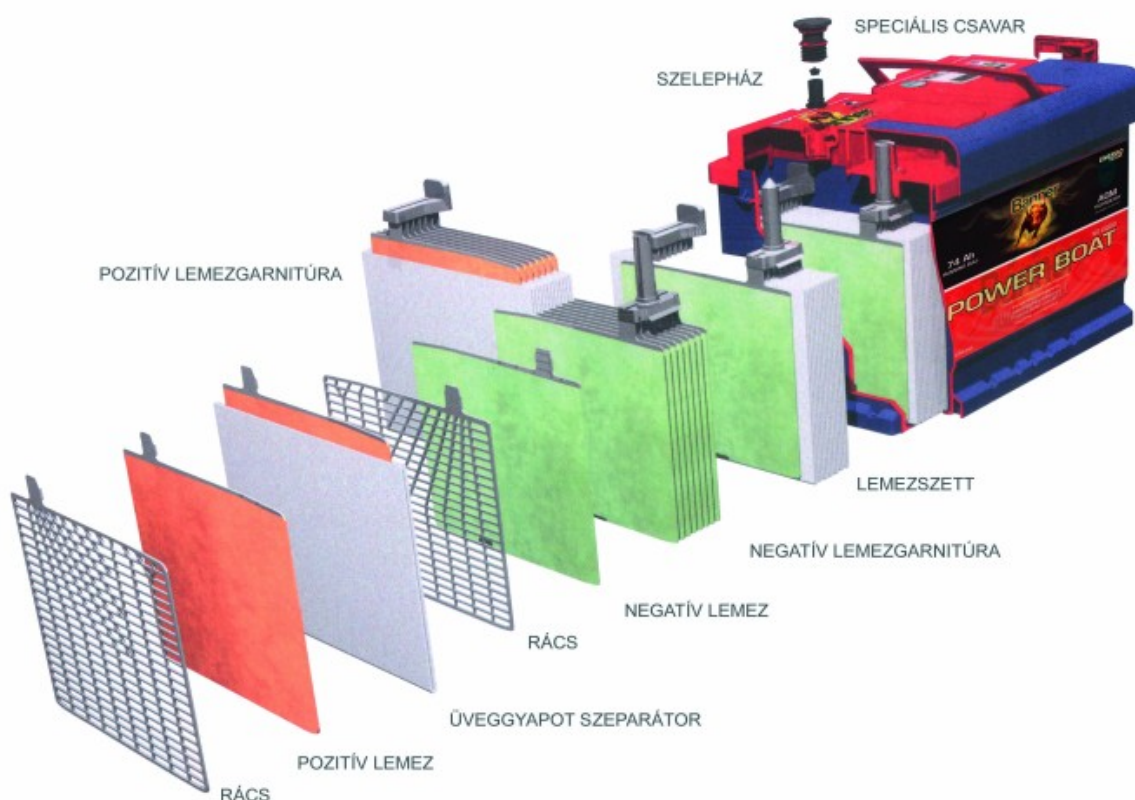
A zselés és az AGM akkumulátorok a hagyományos savas akkumulátorok speciális fajtái és elsősorban ciklikus, valamint készenléti üzemmódban történő felhasználásra valók. Szokták még őket oxigén-rekombinációs akkumulátor néven is említeni, mivel itt már megoldották az oxigén negatív elektródon történő rekombinációját és elhárították a töltés során keletkező robbanásveszélyes gázok kialakulásának a veszélyét. Áruk többnyire jóval magasabb, mint a hasonló kapacitású hagyományos savas akkumulátoroké, de élettartamuk hosszabb, jobb a tároló képességük, kevésbé szulfátosodnak és több töltési-kisütési ciklusra képesek. Ha 50%-nál nem sűtik ki őket jobban, akkor mintegy 400-600 ciklusra (feltöltésre-kisütésre) tehető az élettartamuk. A zselés akkumulátorokat elsősorban kisteljesítményű gépjárműveknél, motorkerékpároknál, robogóknál, golfautóknál, kerekesszékeknél, hordozható mérőműszereknél használják. Az AGM

akkumulátorok felhasználási köre még szélesebb: megtaláljuk őket a hajózásban, napelemes rendszereknél, távközlési berendezésekben, telefonalközpontoknál, vészvilágító berendezésekben, szünetmentes tápegységekben és a biztonságtechnikában.

A zselés és az AGM akkumulátor esetében nagyon sokszor találkozunk fogalomzavarral. A köznyelvben – helytelenül – zselés akkumulátornak hívnak minden többé-kevésbé zárt akkumulátort, amelybe nem kell folyadékot tölteni.

Az AGM rendszerű akkumulátornál egy mikroszkópikus, ezredmilliméter vastagságú rostos üvegszálakból álló bór-szilikát lemezbe itatják fel a kénsavat. Ezt a szakirodalomban üveggyapotként is említett anyagot helyezik az elektródák közé, így biztosítva az egyenletes savelosztást és a lemezek közti szigetelés kialakítását is. A zselés akkumulátorok elektrolitja is kénsav, de az elektrolitot szilika-gél hozzáadásával megkötik, és gél állapotúvá alakítják. A zselésítés hatására megszűnik a kénsav folyadék jellege.

A zselés akkumulátorok piaci részesedése fokozatosan csökken, az AGM rendszerű



6. ábra AGM akkumulátor

Forrás: [http://www.energofish.hu/publ_images/3\(11\).jpg](http://www.energofish.hu/publ_images/3(11).jpg)

akkumulátorok lassan kiszorítják őket.

4.3.1.3.2. Nikkel-kadmium (NiCd)

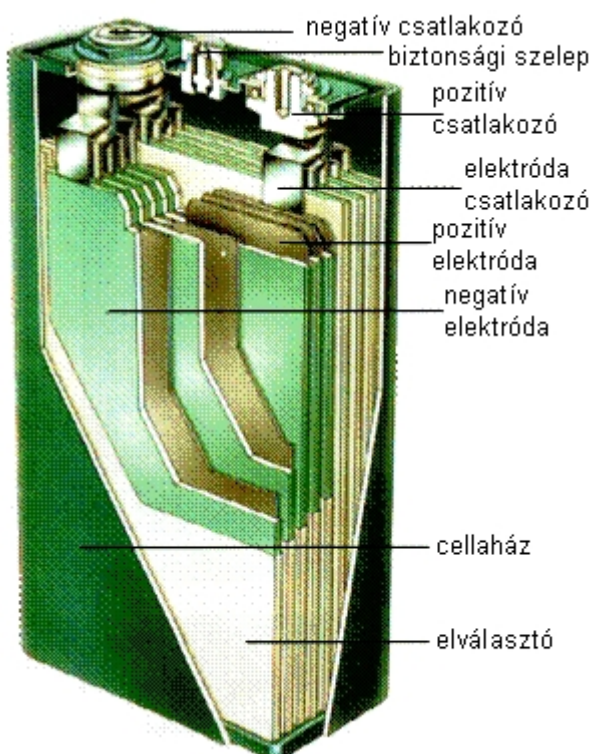
A hatvanas években jelentek meg az első nikkell-kadmium (NiCd) akkumulátorok. Akkoriban ezek kínálták az egyetlen alternatívát a sav-ólom akkuk mellett. Nevét - az összes többi technológiához hasonlóan - az alkalmazott anód és katód anyagáról kapta. Jó tulajdonságainak köszönhetően az utóbbi évekig szinte minden hordozható számítógépbe, rádiótelefonba és kamerába ezeket az áramforrásokat építették be. A NiCd akkumulátorok számára nagy csapást jelentett a "zöld" korszak eljövetele, mivel a kadmium erősen mérgező, így egyre több gyártó választ más, kevésbé veszélyes akkumulátortípust. Egyetlen versenytársa sem tölthető újra ennyiszor, és nem képes ekkora csúcsteljesítmény leadására. Emellett könnyen és gyorsan tölthető, jól szállítható - és olcsó. Hátrányai közül említésre méltó, hogy a többi megoldáshoz képest kicsi az energiasűrűsége, és hajlamos a köznyelvben memória effektusként emlegetett kristályképződésre. A memória effektus akkor lép fel, amikor egy NiCd akkumulátort rendszeresen pontosan ugyanannyira töltünk fel és merítünk ki, egy idő múlva kisebb lesz a kapacitása. Ez azonban csak különleges körülmények között fordulhat elő, és egyetlen kisütés-töltéssel megszüntethető. A mindennapi életben sokkal nagyobb probléma a kristályképződés, pontosabban az, hogy az akkumulátor aktív részecskéi, ha sokáig nem moztatják meg őket, hajlamosak nagyobb kristályokba összeállni, ami csökkenti az akku kapacitását. Szükséges esetben tönkre is teheti a cellát, mivel a kristály sarka kiszúrhatja az elválasztó membrán falát. Ez elsősorban a mélyebb rétegekben fordul elő, ugyanis az itt elhelyezkedő részecskéket ritkán moztatjuk meg, ritkán merítjük le ennyire az akkumulátort. A kristályok kialakulása ellen az a leghatékonyabb védekezés, ha havonta egyszer teljesen lemerítjük az akkumulátort. Figyelem! A teljesen itt azt jelenti, hogy addig, amíg a telefon vagy noteszgép ki nem kapcsol. Ha rövidre próbáljuk zárni az akkumulátort, az azonnal tönkremegy, sőt esetleg felrobban! Ennél gyakrabban nem kell, sőt egyenesen ellenjavallott a teljes kimerítés, ugyanis ez is csökkenti az akku élettartamát. Ha havonta egyszer elvégezzük ezt a műveletet, a hónap többi részében egyáltalán nem kell foglalkozni az akkumulátorral. Ha sokáig nem merítjük le az akkumulátorokat, olyan nagy kristályok alakulhatnak ki, amelyeket már csak nagyon gondosan ellenőrzött lemerítés-feltöltés ciklusokkal lehet felaprítani. Ez a művelet csak szakmühelyben végezhető el, de szerencsés esetben tökéletesen visszafordítható a folyamat. Hasonló eredményre vezet, ha nagyon sokáig (hetekig, hónapokig)

folyamatosan töltjük az akkumulátort, ugyanis ilyenkor pártized voltal csökken a feszültsége, és a készülék azt hiszi róla, hogy kimerült. Ez az állapot is visszafordítható szaksegítséggel.

Zárt kivitelben különböző elektronikus eszközök: hordozható rádiók és magnetofonok, villanólámpák, mobiltelefonok stb. áramforrásaként használják.

4.3.1.3.3. Nikkel metál-hidrid (NiMH)

Az elmúlt néhány évben a legtöbb kis méretű áramforrást igénylő területen a nikkel metál-hidrid (NiMH) technológia vette át a NiCd akkumulátorok helyét. Ezekben az akkukban a pozitív oldalon a NiCd akkukhoz hasonlóan nikkelt találunk, a negatív oldalon viszont egy speciális hidrogén-megkötő fémötvözet veszi át a kadmium helyét. Töltéskor ez a fémötvözet megkötö a savas elektrolit hidrogénjét, kisütéskor pedig leadja azt.

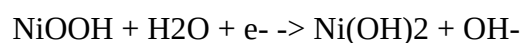


Tulajdonságok:

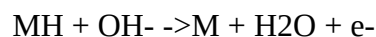
- Feszültség: 1,35 volt (cellánként)
- Elektrolit: kálium-hidroxid
- Anód: Különböző fémek ötvözete pl. vanádium, cirkónium, króm, nikkel, kobalt, titán, vas
- Katód: Nikkel-oxid-hidroxid

A NiMH akkumulátorok vegyi reakciói:

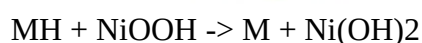
A katódon:



Az anódon:



Az összesített reakció



7. ábra Nikkel-Metal-Hidrid akkumulátor

A fentebb említett fémek (M) nem vesznek részt a nikkel-metal-hidrid akkumulátorok kémiai reakcióiban, csak a hidrogén tárolására szolgálnak.

Forrás:

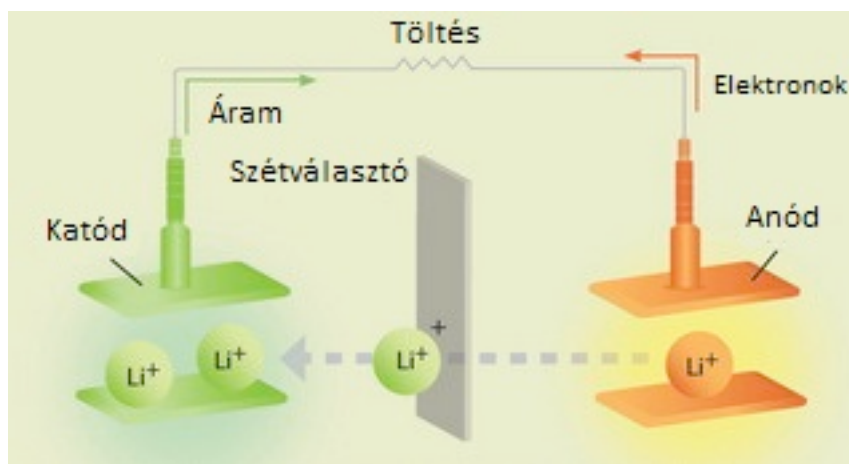
<http://vilaglex.hu/Kemia/Kepek/NiMHAkFe.jp>

A nyolcvanas években kifejlesztett NiMH akkuk azonos méret mellett 10-40%-kal nagyobb kapacitásra képesek NiCd társaiknál, és sokkal kevésbé hajlamosak a kristályképződésre (elég 3 havonta tréningeztetni őket). Cserébe lassabban tölthetők, sokkal rövidebb az élettartamuk, és kisebb a kinyerhető csúcsteljesítményük. A felhasználó szemszögéből sokkal kevésbé feltűnő, de említésre méltó probléma az is, hogy a NiMH akku töltése sokkal bonyolultabb, mint a NiCd-é. A megfelelő töltésszint eléréséhez az akkumulátor hőmérsékletét is figyelembe vevő, bonyolult töltési algoritmus szükséges, ami megdrágítja a töltőáramköröket.

Különböző elektronikus eszközök (pl. mobiltelefonok, laptopok), elektromos autók áramforrásként használatos.

4.3.1.3.4. Lítium-ion (Li-Ion)

A legfiatalabb generációba tartozik a lítium-ion (Li-ion) technológia. Nevét onnan kapta, hogy a töltés tárolásáról lítium-ionok gondoskodnak, amelyek töltéskor a negatív, szén alapú elektródához, kisütéskor pedig a pozitív fénoxid elektródához vándorolnak. Az anódot és a katódot szerves elektrolit választja el egymástól.



8. ábra Li-ion akkumulátor

Forrás: <http://ezermester.hu/articles/images/2011/03/liionmukodes.jpg>

Először a nyolcvanas években sikerült ilyen akkumulátorokat előállítani. Ezek még fémes lítiumot tartalmaztak, ami kisebb üzemzavar hatására is hajlamos volt villámsebessen felforrósodni, és ez az akku felrobbanásához vagy elolvadásához vezetett. A ma kapható variáció a lítium-ionok forrásként különféle vegyületeket használ, melyekben

megfelelően biztonságosan kötött a lítium. A veszélyek ellenére is nagyon sok gyártó belefogott a Li-ion akkuk fejlesztésébe, mivel ennek a típusnak a legnagyobb a kapacitása - a NiCd akkukénak kétszerese - és cellafeszültsége. Mivel még a kimerült cella is képes legalább 3 V-ot szolgáltatni az 1-1,25 V-os NiCd, illetve NiMH akkukkal szemben (teljesen feltöltött állapotban mintegy 4 V a cellafeszültség), egyetlen cellával táplálható a legtöbb modern rádiótelefon, és a hasonló feszültségen működő számítógépekre is csak néhány évet kell várni. Az egyetlen cellából épített akkumulátor esetén nem kell számolni a rosszul párosított vagy gyári hibás cellákból eredő, valamint az egyenetlen előregedés okozta problémákkal. Az előnyök között szerepel még a meglepően kis súly és az, hogy egyáltalán nem képződnek kristályok az akkumulátorban, így nem kell gondot fordítani a rendszeres kezelésükre. Sőt, a Li-ion akkumulátorok nem is szeretik igazán, ha teljesen kisütik őket. A NiMH technológiához hasonlóan ezek az akkuk is nagyon kevés mérgező anyagot tartalmaznak. Sajnos a Li-ion akkumulátor sem tökéletes. Még a NiMH akkunál is gondosabb és hosszabb töltést igényel, ráadásul jelenleg még meglehetősen drága.

4.3.1.3.5. Lítium-polimer

Még fejlesztés alatt áll a Li-ion utódja, a lítium-polimer (Li-polymer) akkumulátor. Hatalmas előnye, hogy nem vagy csak nagyon kis mennyiségben tartalmaz folyékony elektrolitot, helyette speciális polimer választja el az anódot és a katódot. Ez nagyon vékony és nagyon rugalmas cellákat eredményezhet, mivel nem kell vastag falú burkolattal védekezni a folyadék kifolyása ellen. Az is elképzelhető, hogy egy szabadon hajtogatható lapocska lesz a jövő akkumulátora, amit ízlés szerint betömökhetünk a rendelkezésre álló nyílásba. Cserébe várhatóan még rövidebb élettartammal és még hosszabb töltési idővel kell számolnunk.

4.3.1.3.6. Cink-levegő

Szintén fejlesztés alatt áll a cink-levegő akkumulátortechnológia. Érdekessége, hogy a többi akkutípussal szemben nem zárt: működéséhez folyamatos levegő-utánpótlásra van szükség, mert kisüléskor oxigént köt meg, töltéskor pedig oxigént bocsát ki. A hatékony működéshez minél nagyobb cellafelületre van szükség, így inkább könnyűek lesznek ezek az egységek, mintsem aprók. A Li-polymerhez hasonlóan ezt a megoldást is hosszú töltési idő és rövid élettartam jellemzi.

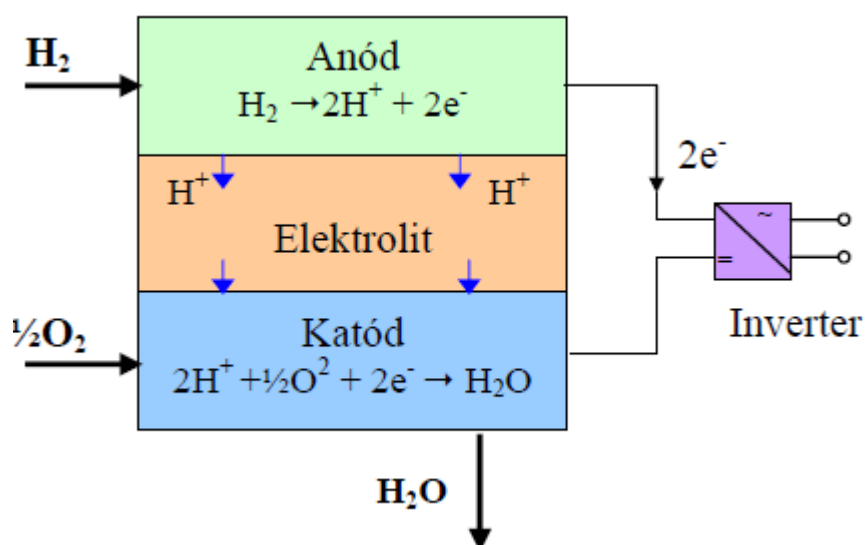
4.3.1.3.7. Üzemanyagcella

Működésük az elemekhez hasonló. Elektromosságot állítanak elő közvetlenül vegyi reakciókkal. Az a különbség az elem és az üzemanyagcella között, hogy az elemet, ha kifogy, ki lehet dobni, viszont az üzemanyagcellát folyamatosan újra lehet tölteni.

Hivatalos megfogalmazásban az üzemanyagcellák elektrokémiai energia átalakító berendezések, melyek a hidrogént és az oxigént alakítják vízzé, miközben elektromos áramot termelnek.

Tehát itt is elektrokémiai reakció játszódik le a hagyományos akkumulátorokhoz hasonlóan, viszont az akkumulátorok teljes mértékben önmagukban tárolják a reakcióhoz szükséges kémiai anyagokat, így a leállítást követően a villamosenergia-termelés leáll. Az üzemanyagcelláknál ezzel ellentétben az elektrokémiai reakciókhoz szükséges elemek (hidrogén, oxigén) folyamatosan áramlanak a cellákba, így amíg a folyamat tart, azok szüntelenül termelnek áramot.

Az űrkutatásban és a haditechnikában évtizedek óta használják energiaforrásként.



9. ábra Üzemanyagcella működési elve

Forrás:

http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0021_Energiamenedzsment/ch10s03.html

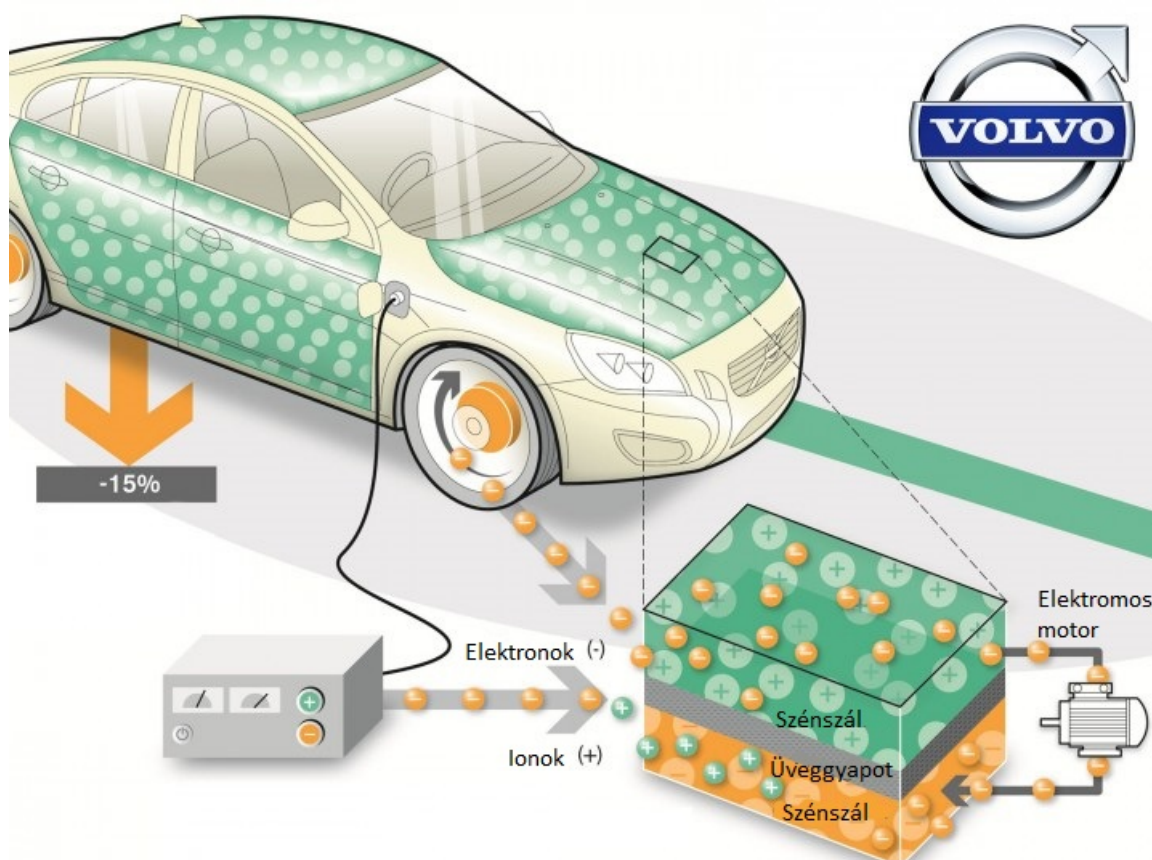
A tüzelőanyag-cellában tehát ellentétes folyamat zajlik, mint az elektrolízis: a levegőből nyert oxigén és hidrogén reakciójánál víz és elektromos energia keletkezik.

1839-ben Sir William Grove, angol fizikus felismerte, hogy elektrolízis vizsgálatánál elektromosságot alkalmazva, annak folyamata visszafordítható. Grove az üzemanyagcellával a gőzgépnek akart versenytársat teremteni. Kezdetben „gas battery”-nek nevezte, később lett a neve „fuel cell”. Életében nem sok sikerrel járt, az utókor fedezte fel ezt a lehetőséget.

Az energiát tároló akkumulátorok sok helyet foglalnak, és nagy súlyt jelentenek. Probléma még a jelentős árak, és a feltöltés viszonylagos lassúsága is.

Az elektromos, hibrid autók sikerének egyik kulcsa az akkumulátorok súlyának, méretének csökkentése. A svédek egészen újszerű megoldást találtak ki.

Egy közös európai uniós fejlesztés keretében a Volvónál sikerült elérni, hogy egy S80-as modelljük karosszériájába integrálják az áramforrást.



10. ábra Karosszéria-akkumulátor

Forrás: <http://www.carbodydesign.com/media/2013/10/Volvo-develops-car-body-panels-that-serve-as-batteries-01-720x540.jpg>

A megoldáson három évet dolgoztak a mérnökök és lényegében egy szénszál, műanyag és polimergyantába sikerült a nanotechnológiás akkumulátoregységeket vagy energiatároló kondenzátorokat elhelyezni.

Ezeket az elemeket aztán ajtóként, motorháztetőként vagy kabintetőként szerelhetik fel a kocsikra. A megoldással önmagában 15 százalékkal csökkenthető az autó tömege, a töltése ugyanúgy hálózatról vagy a mozgási energia visszanyerésével oldható meg. Számítások szerint, ha mind a három elemet ilyen karosszéria-akkumulátorokra cserélik, akkor 130 kilométeres távolságig tudna tisztán elektromos üzemben hajtani a motor.

A megoldást nem csak hibridhajtásban lehet szerephez juttatni, de kiváltható lenne vele az eddig ismert normál akkumulátor is, mondjuk egy karosszériaelem cseréjével.

Az egyik nagy lépés a lítium ion akkumulátorok bevezetése lenne autóiipari alkalmazásokban. A Mercedes, a General Motors és más gyártók folyamatosan kutatják, hogyan lehetne ennek a technológiának az előnyeit kihasználni az autók esetében. A laptopokban, vagy például a mobil telefonokban már ilyen típusú akkumulátorokat használunk. A lítium a világ legkönnyebb féme, és nagyszerűen alkalmas elektromos töltés tárolására. Ilyen karakterisztikával pedig kiválóan teljesít a hordozható eszközökben, ahol fontos az alacsony tömeg.

A lítium ion akkumulátorok másik fontos jellemzője, hogy nem áll fenn úgynevezett memóriaeffektus. Eltérően más újratölthető technológiáktól, a lítium ion akkuk bármikor, bármilyen töltöttségi állapotban újratölthetőek. Ha más akkumulátorokkal próbálnánk ugyanezt tenni, az kristályosodáshoz vezet, mely viszont már limitálja, hogy mekkora energiát képes az akku tárolni.

Egy lítium ion akkumulátor belsejében használt pozitív elektróda általában lítium kobalt oxid, vagy lítium vas foszfát, esetleg lítium mangán oxidból készül. Rengeteg variáció létezik, nagyon sokat kipróbáltak már az elektromos autókban a fejlesztések folyamán. Egy vékony műanyag membrán választja el a lítiumot a grafit negatív elektródától. Egyaránt külső réz bevonat tartja egyben a pozitív és a negatív elektródákat. Ahogy az ionok "átlépnek" a műanyagon az elektródák között, elektromos töltés indukálódik. Ezek a fajta akkumulátorok gyakorlatilag bármilyen külső formát felvehetnek, ezért ideálisak olyan helyekre, ahol például helyszűke van. Van azonban egy nagy hátrányuk, mégpedig, hogy más akkumulátorokkal összehasonlítva igen drágák.

Jelenleg Nikkel Metál Hydrid (NiMH) akkukat találunk a legtöbb hibrid autótípusban, és a jövőben is biztosan találkozunk majd ezzel a technológiával. Az újratölthető NiMH akkumulátorok mára általánossá váltak a különböző alkalmazásokban, így nehéz elhinni,

hogy csak 1989-ben tűntek fel a piacon. Autó akkumulátorokként szintén jól funkcionálnak. Habár nehezebbek, mint a lítium ion akkum, még mindig sokkal könnyebbek, mint a ólom-savas egységek, ráadásul a hibrid gépkocsikban (ahol ezeket alkalmazzák) kifinomult feszültség szabályzók gondoskodnak hosszú élettartamukról, ami így hosszabb, mint hagyományos társaiké. Ha megkérdezzük egy autógyárat, hogy mennyire tartósak az NiMH akkumulátorai, nem fognak válaszolni. Mindenesetre általában 8 év garanciát adnak, de sok elektromos hibrid ennél idősebb akksikkal üzemel. Töltés közben ezeket az akkumulátorokat általában csak a maximum 80%-val töltik. Ez meghosszabbítja a kémiai reakciók élettartamát és megóvjá azokat a túlmelegedéstől.

A legtöbb jelenlegi autóban még savas ólom akkumulátor szolgál a motor indítására. Ezekben az akkukban az elektrolit szerepét kénsav látja el. Az ólomlemezekből esetenként darabok szakadhatnak le, és a felületi szulfátosodásra is hajlamosak. Ez általában több év elmúltával következhet be, de egy lemerült állapotban hagyott akkumulátor esetében akár pár hét alatt is. Egy folyamatosan használt és megfelelően feltöltött akkumulátor élettartama mindig hosszabb. Mostanában már a töltési rendszerek elektronikusan kontrolláltak, ami segít meghosszabbítani az akkumulátorok használhatósági idejét.

A piacon fellelhetőek üvegszálaz szövetet vagy zselét tartalmazó akkuk is. Ezek viszont általában drágább darabok, ezért néhány kivételtől eltekintve (pl.: Aston Martin..) nem alkalmazzák őket gyári első szerelésként, viszont nem elhanyagolható előnyeik vannak egyes felhasználásokban. Ezek a töltés tárolók le vannak zárva, így bármilyen helyzetben rögzíthetőek. Zártságuk ellenére rendelkeznek biztonsági szeleppel, mely túlmelegedés esetén nyit. Az "üvegszálaz" akkumulátorokban az elektrolit speciális üvegszálaz anyaggal van felitva, míg a zselés típusokban az elektrolit zselé formában van jelen. Természetesen a cellák konstrukciója is eltérő ezekben az akkumulátorokban, hogy ki lehessen aknázni a másfajta elektrolitok előnyeit. A zselés és az üvegszálaz akkumulátorok előnyei különösen a magas rázkódásnak kitett alkalmazásokban érvényesülnek, illetve ahol kevés a rendelkezésre álló hely.

Később akár cink-levegő, vagy olvadt só akkumulátorokkal is találkozhatunk majd az autókban. Az akkumulátorok fejlesztésére, új technológiák kutatására szánt hatalmas összegekre alapozva az elkövetkező egy-két évben gyors változás is bekövetkezhet, de a hagyományos ólom-savas akkuk még hosszú ideig megtalálhatóak lesznek autóinkban.

4.3.2. Motor típusok:

4.3.2.1. Otto-motor

Az Otto-motor az első megvalósított négyütemű belsőégésű motor, amelyet Nikolaus August Otto készített 1876-ban. Világviszonylatban ez a belsőégésű motor terjedt el leginkább és üzemanyaga, a benzin miatt hívják sokkal inkább benzinmotornak. Tekintettel arra, hogy jelenleg a hibridhajtások túlnyomó többségének ez a motor az egyik fő egysége, részletesen foglalkozom ezzel a motorral.

4.3.2.1.1. Az Otto-motor működése

- Az első ütem: a szívás

A lefelé haladó dugattyú maga után szívja (fizikailag a dugattyú fölött keletkező térbe a normál külső légköri nyomás által beáramlik) a porlasztóból a benzin-levegő keveréket. A porlasztó által elporlasztott üzemanyaghoz megfelelő mennyiségű levegőt keverve, a kész elegy a szívócsövön keresztül áramlik a henger belsejébe.

Amikor a dugattyú az alsó helyzetbe ér, a dugattyú fölötti hengertér teljesen feltöltődik a benzin-levegő keverékkel. A dugattyú a legfelső helyzetről (felső holtpont) a legalsó helyzetre (alsó holtpont) való mozgásakor a forgattyús tengely fél fordulattal elfordult. Ettől a pillanattól kezdődik a második ütem.

- A második ütem: a sűrités

A vezérműtengely által vezérelt szívószelep elzárja a szívócső furatát. A forgattyús tengely további forgása következtében a dugattyú lentől felfelé halad.

Az előző ütemben beszívott benzin-levegő keverék nem tud kiáramlani a hengerből (a kipufogószelep szintén zárva van). A dugattyú tehát a fölötté lévő keveréket erősen összenyomja (összesűríti). Attól a pillanattól kezdve, hogy a dugattyú ismét a legfelső helyzetbe kerül, kezdődik a harmadik ütem.

- A harmadik ütem: expanzió

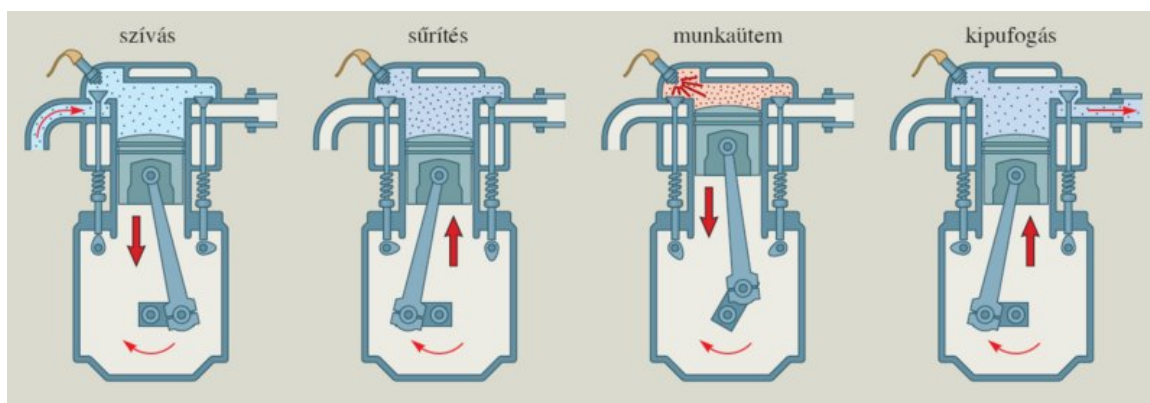
Amikor a dugattyú a felső holtponttól visszaszámított 2 mm-t eléri (itt keletkezik a megfelelő levegő-benzin keverék), a gyújtógyertya elektródái között villamos szikra ugrik át. Ez a szikra meggyújtja az égéstérben összenyomott benzin-levegő keveréket, ami robbanásszerűen elég.

A terjeszkedő gázok óriási nyomása a dugattyút fentről lefelé löki, ezt nevezzük terjeszkedésnek (expánziónak). A dugattyú a hajtórúdon keresztül fél fordulattal elfordítja a forgattyútengelyt, amely fél fordulat gyakorlatilag a motor hasznos munkája. (A további fordulatok csak a működés járulékos veszteségeként foghatók fel). A robbanás nyomán keletkező égéstermék el kell távolítani a hengerből. Ez már a negyedik ütem alatt zajlik le.

- A negyedik ütem: a kipufogás

A dugattyú a legalsó helyzetből – ahová az előző ütemben került – ismét felfelé halad. Ekkor viszont nyitva van a kipufogószelep, és a dugattyú kitolja maga előtt a kipufogócsőbe az égéstermék.

Miután a dugattyú ismét a legfelső helyzetbe kerül, záródik a kipufogószelep, nyílik a szívószelep, és az egész folyamat kezdődik előlről. A folyamat termodinamikai modellje az Otto-ciklus vagy Otto-körfolyamat.



11. ábra Ottó-motor működése

Forrás: http://www.mozaweb.hu/course/fizika_7/jpg_big/cd_f7_134_4.jpg

4.3.2.1.2. Megvalósított motorok

A vázolt eredeti Otto-körfolyamat csak a korai, lassújárású motoroknál volt jellemző. Hamar rájöttek arra, hogy nagyobb fordulatszámnál (100 fordulat/perc felett) a dugattyú mozgása egyedül nem tudja elég gyorsan megfordítani a gáz áramlását, amikor a szívószelepek kinyitnak. Ezért a korszerű motoroknál a dugattyú felső holtpontja közelében a szívó- és kipufogószelepek egymásba nyitnak kissé. A kipufogószelepen kiáramló gázok magukkal ragadják a szívószelepen keresztül a beáramló üzemanyag-levegő keveréket és így javítják a szívást. Természetesen a távozó füstgázokkal együtt

egy kevés friss keverék is távozik, ami rontja a motor hatásfokát. Versenymotoroknál ezzel a kis kiáramló hideg keverékkel a szelepeket hűtik. A kipufogószelepeket is kb. húsz fokkal az alsó holtpont elérése előtt már kezdik nyitni, hogy az égéstermékeknek elég idejük legyen távozni. A korszerű motoroknál a gyújtás sem a felső holtpontban történik, hanem a motor fordulatszámától, és leggyakrabban a szívócsőben uralkodó nyomástól függően előgyújtást alkalmaznak.

A szelepek mozgatását általában büttyökkel ellátott vezérműtengely, más néven büttyökstengely végzi. A szelep zárását és zárva tartását erős acélrugóval oldják meg (konstrukciótól függően csavarrugó vagy hajtűrugó). Mivel mind a kipufogószelep, mind a szívószelep egy négyütemű ciklus alatt (vagyis két motorfordulat alatt) egyszer kell, hogy nyisson, a vezértengely fordulatszáma a motor fordulatszámának pontosan fele kell legyen. Ebben a konstrukcióban a motor fordulatszámát a szelep zárási sebessége határolja be. A zárási sebességét pedig a szelep és a hozzá tartozó mechanizmus (szelephimba, rúd stb.) tömege, illetve a rugó keménysége határozza meg. Minél kisebb a tömeg és minél keményebb a rugó, annál gyorsabban zár a szelep, azonban a túl erős rugó a kopást növeli. Újabb nagy fordulatszámú konstrukciókban (például versenyautókban, motorkerékpárokbán) lérugózású szelepet, illetve kényszerzárású szelepet használnak. Ez utóbbinál a szelep zárásának folyamata pontosan megtervezhető. A kényszerzárású szelepek abban különböznek a hagyományos zárásúaktól, hogy itt a zárást nem rugó, hanem egy másik büttyök végzi, ennek köszönhető a pontosabb működés.

Összefoglalásként megállapítható, hogy a tényleges tervezési paraméterek meghatározása csak kompromisszum eredménye lehet.

4.3.2.1.3. A hagyományos Otto-motor szerkezeti elemei

- Henger
- Dugattyú
- Forgattyús mechanizmus:
- Csapszeg
- Hajtórúd
- Forgattyús tengely
- Lendítőkerék
- Szelepvezérlés

- Vezértengely (bütykös tengely)
- Szelepek
- Gyújtás rendszere
- Gyújtógyertya
- Elektromos szikrát előállító szerkezet
- Porlasztó, karburátor vagy üzemanyag befecskendező szerkezet
- A teljesítménynövelés és hatásfokjavítás idővel további alkatrészekkel bővítette a szerkezetet, pl. turbófeltöltő.

4.3.2.1.4. A motorok felosztása

A motor egy- vagy többhengeres. Ma csak az egészen kis teljesítményű motorok készülnek egy hengerrel.

A többhengeres motorok hengerei igen változatos elrendezésűek lehetnek:

- Soros – a hengerek egy egyenes mentén, párhuzamosan, egy irányban dolgoznak. A legtöbb motor ilyen, főleg a kis lökettérfogatúak.

- Boxer

A hengerek egy egyenes mentén, párhuzamosan, egymásnak háttal dolgoznak. Középen a főtengely és a dugattyúk két irányba dolgoznak. Így a rezonanciát is hatékonyan oltják ki. A legismertebb gyártó a Porsche és a Subaru, motorkerékpároknál a BMW.

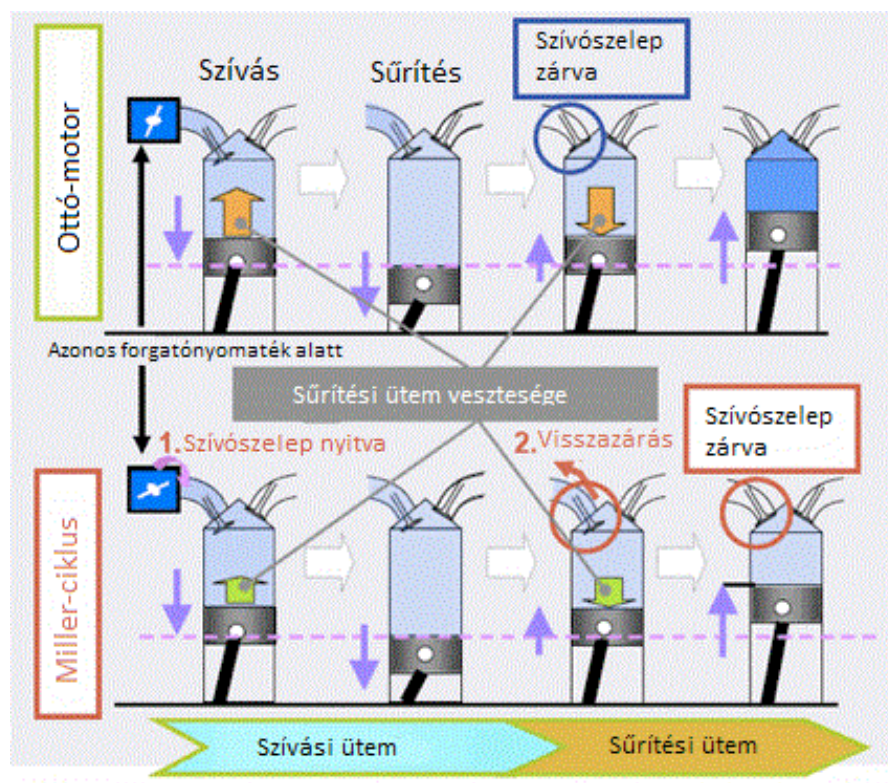
- V – a hengerek két szöget bezáró egyenes mentén, soronként párhuzamosan és egy irányban dolgoznak, két-két dugattyú kapcsolódik egy hajtókarcsaphoz. Általában nagyobb lökettérfogattal rendelkező motorokra jellemző.
- Kiforgatott – ránézésre soros vagy V motor /hengersizőgtől függ, hogy egy vagy két hengerfejet alkalmaznak/, de az egymással szemben lévő dugattyúk külön hajtókarcsapokra dolgoznak, lényegében a Boxer motor is ez.
- W – 2 db V-motor, egymás mögött elhelyezve. 12 vagy 16 hengeres kocsikban alkalmazzák; például a Volkswagen konszernnél. Valamint folynak kísérletek egy főtengelyes, 3 sorban elhelyezett dugattyús motorral is.
- Csillag – a hengerek egy körvonal kerületén egyenlő távolságban találhatók. A főtengely a középpontba van szerelve, valamennyi dugattyú egy hajtókarcsaphoz

kapcsolódik. Főleg kisebb repülőgépekben alkalmazzák. Egyik jeles gyártója a Bentley.

- Wankel – bolygódugattyús motornak is hívják. A dugattyúk háromszög alakúak, az élük íves. A henger (köpeny) formája úgy néz ki, mint egy nulla, ebben egy excenter tengely segítségével bolyong a dugattyú. A dugattyú három csúcsa mindig érintkezik a dugattyú falával, a köpennyel, hiszen ez zárja el a különböző ütemeket egymástól.

4.3.2.2. Miller-ciklus

A Miller-ciklus termodinamikai körfolyamat, melyet négyütemű motorral valósítanak meg. Ralph Miller amerikai mérnök az 1940-es években fejlesztette ki a Diesel-ciklus módosításával. Célja az volt, hogy a magas kompresszióarányú feltöltős Diesel-gépekben résztöltés révén korlátozza a túlságosan magas csúcshőmérséklet kialakulását, amely a kenőolaj-film leégését, ezzel a motorok élettartamának csökkenését okozza. A résztöltést a szívószelep nyitási idejének korlátozásával oldotta meg. 4 ütemű Otto-motorok esetén szintén megvalósítható a Miller-ciklus, amely a szelepvezérlés módosításával éri el a hatásfok javulását. A továbbiakban az utóbbi rendszerű gépek működését elemezzük.



12. ábra Miller-ciklus

Forrás:

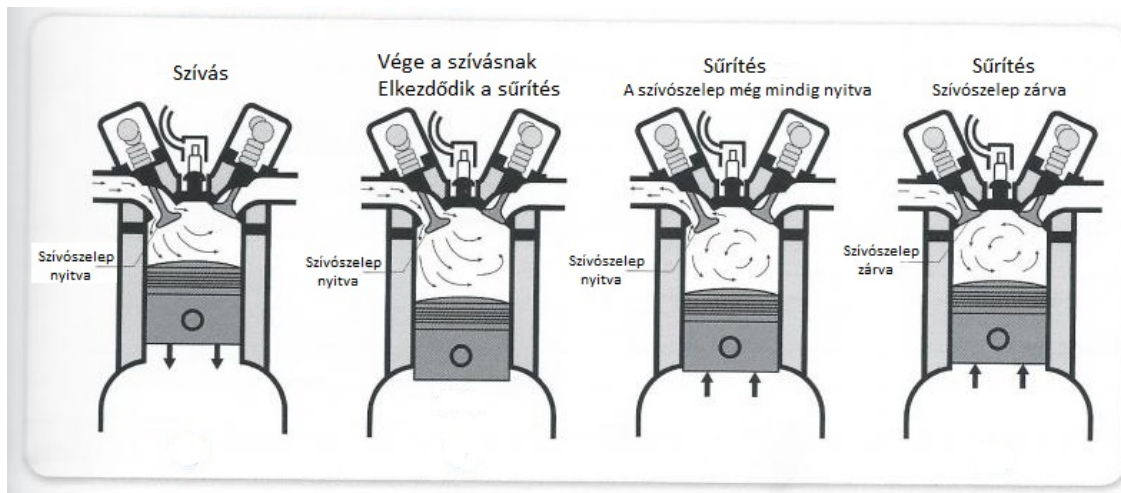
<http://www.nissan-global.com/JP/TECHNOLOGY/FILES/2013/01/f5101e57c28e74.gif>²⁴

A hagyományos négyütemű Otto-motor veszteségeinek nagy része – ha most a mechanikus veszteségektől eltekintünk – abból adódik, hogy a munkavégző ütem végén az égéstermékek hőmérséklete és nyomása még elég nagy lenne ahhoz, hogy mechanikus energiát szolgáltatson, de a kipufogó szelepen hasznosítatlanul távozik. A hatásfok javítására elsősorban a munkavégző ütem megnyújtása, vagyis a kompresszióviszony növelése alkalmas, de ennek határt szab a keverék öngyulladásának, a kopogásnak a fellépése. A motorból kivehető mozgási energiát csökkenti a sűrítési ütemben a kompresszióra fordított energia is, ezért minden változtatás, mely a kompresszió energiaszükségletét csökkenti, szintén javítja a motor hatásfokát és tüzelőanyag fogyasztását.

A Miller-ciklus újítása az, hogy a szívószelepet az Otto-motorhoz képest hosszabb ideig hagyja nyitva. Ennek eredményeképpen a kompresszió-ütem két részre tagozódik: az első részben a szívószelep nyitva van, míg a második részben zárva van. E miatt a kétrészes szívás miatt a motort ötütemű motornak is hívják.

4.3.2.3. Atkinson-cikluson alapuló motorok

Az Atkinson-ciklus felhasználásával építette meg James Atkinson 1898-ban szabadalmaztatott gépét. Ez a korai megoldás azon alapul, hogy a lökethossz mechanikus megoldással, a hajtókarhoz csatlakozó több elemből és csapágyból álló szerkezettel módosítja. Az összetett mechanizmus a főtengelyt olyan módon hajtja meg, hogy a motor négy üteme, vagyis a dugattyú két oda-vissza mozgása alatt fordul egyet a főtengely, illetve ezalatt játszódik le az ehhez csatolt lökethossz-módosító mechanizmus mozgásának egy teljes periódusa. A dugattyú a motor szívó és sűrítő üteme alatt kisebb utat tesz meg, mint a munkavégzés és kipufogás üteme alatt. A motor termikus hatásfokát az növeli, hogy a szívás és sűrítés energiavesztesége szempontjából egy szokványos sűrítési viszonyú Otto-motorhoz hasonlítható, míg energianyerés szempontjából egy jóval nagyobb sűrítési arányú motorhoz.



13. ábra Atkinson-ciklus

Forrás: Kia Optima Hybrid Mastery Workshop [2012]

Az eredeti Atkinson-mechanizmus több csatoló elemet és csapágyat iktat be a hajtókar és a főtengely excentere közé. Kevesebb ilyen közbülső elemből álló mechanizmust hozott létre a Honda, de ennél a konstrukciónál a szerkezet más részén további gépelemek is szükségesek. Itt a főtengely a szokványos Otto-motorral megegyezően a négy ütem alatt kétszer fordul körbe. A főtengely két fordulatra eső egy teljes lökethossz-módosító periódust úgy érik el, hogy a főtengely fordulatszámát fogaskerékkel felezik, és a löket modulálását az így meghajtott excenter biztosítja. A gyártómű adatai szerint ez a megoldás nagy szerepet játszik abban, hogy a Diesel-motorokkal összemérhető hatásfokot értek el benzines motorral. A henger lökettérfogata eltér a szívás-sűrítés és a munkavégzés-kipufogás ütempárok során, ez utóbbinál durván másfélszereshez közeli érték a szívás-sűrítés ütempárhoz képest. Ha a munkavégző ütem lökettérfogata alapján számolunk, a teljesítmény/lökettérfogata arány kedvezőtlenebb az Otto-motorhoz képest – cserébe a jó hatásfokért, vagyis a kisebb fajlagos tüzelőanyag-felhasználásért és károsanyag-kibocsátásért. A jobb hatásfok miatt azonos motorteljesítményhez azonban a szívóütem lökettérfogata arányosan kisebbre választható egy azonos teljesítményű hagyományos Otto-motorhoz viszonyítva, vagyis a munkavégző ütem lökettérfogata sem lesz annak másfélszerese, annál jóval kisebb lehet.

Az előbbi két megoldás az egyszerű hajtókar helyett bonyolult megoldásokat alkalmaz, míg a következő két konstrukciónál a dugattyú, a hajtókar és főtengely kapcsolata a szokásos. Cserébe többlet hengereket és valamivel bonyolultabb szelepvezérlést találunk. Az ILMOR által kifejlesztett konstrukció lényege legegyszerűbb esetben az, hogy két

Otto-ciklus szerint működő henger között egy többletként beépített, nagyobb átmérőjű, de a közös főtengelyre dolgozó henger működik. A négyüteműként dolgozó kisebb átmérőjű hengerből a kipufogás üteme alatt az égéstermék szeleppel vezérelve a nagyobb átmérőjű hengerbe távozik, ott munkát végez, majd innen történik a végleges kipufogás. Mivel két henger dolgozik rá, ezért a többlet hengerben a főtengely minden körülfordulására egy munkavégző és egy kipufogó ütem esik. Vegyük észre, hogy a többlet henger miatt így a teljesítmény és össz-lökettérfogat aránya kedvezőtlenül változott.

Még inkább eltérő konstrukció a Scuderi cég koncepciója alapján egy ál-kétüteműként dolgozó négyütemű motor, amely már 1+1 hengeres kivitelben is létrehozható. A két hengerben a dugattyú közel azonos fázisban mozog. Az első, kisebb átmérőjű henger első ütemében történik a szívás, második ütemében a sűrítés. Az ütem végén az összesűrített keverék átáramlik a nagyobb térfogatú hengerbe, és a munkavégzés-kipufogás két üteme ott játszódik le. Vagyis egy főtengely fordulat alatt megtörténik mind a négy ütem, a két henger között megosztva. Az össz-lökettérfogat a második henger nagyobb mérete miatt itt is növekedett az azonos teljesítményű Otto-motorhoz képest.

4.3.3. Villanymotor

A villanymotor olyan villamos gép, amely az elektromágneses indukció elvén az elektromos áram energiáját mechanikus energiává, általában forgó mozgássá alakítja.

Villamos hajtások mozgás-nyomaték viszonyai

A motor tengelyén megjelenő nyomaték és szögsebesség irányától függően négyféle üzemiállapot lehetséges. Ezeket a lehetséges állapotokat és a köztük lévő váltásokat a motor villamos és mechanikai tervezésekor figyelembe kell venni. Ennek megfelelően, egy, két, három és négy negyedek hajtásokról beszélhetünk.

Amikor a villanymotor mechanikus energiát állít elő elektromos energia felhasználásával, akkor motorról beszélünk (géptani értelemben „munkagépről”). Ez az I. és III. negyed, amikor a mozgás és nyomaték iránya megegyező. Amikor a villanymotor elektromos energiát állít elő mechanikus energia felhasználásával ("visszatermel" a hálózatra), akkor generátorról beszélünk (géptani értelemben „erőgépről”). Ez a II. és IV. negyed.

4.3.3.1. Működése

Ha egy mágneses térben elhelyezett tekercsbe elektromos áramot vezetnek a benne kialakuló mágneses mező kölcsönhatásba lép az állandó mágnesek közötti mágneses mezővel és elfordítja a tekercset (a motor forgórészét).

4.3.3.2. Története

Az elektromos energia mechanikus energiává való átalakítását Michael Faraday angol tudós mutatta be 1821-ben. Az első villanymotort Jedlik Ányos készítette 1825-ben.

4.3.3.3. Fajtái:

- Egyenáramú gép
- Kefe nélküli egyenáramú motor
- Aszinkron gép
- Szinkron gép

4.4. Start-stop rendszer

A mai egyre szigorodó emissziós követelmények miatt fejlesztették ki a start-stop rendszert. A vásárlói is egyre inkább a kis fogyasztású járművek iránt mutat nagyobb keresletet, így az új járművek kifejlesztésénél a gyári fogyasztási adatok rendkívül fontosak egy típus sikeréhez. A gyártók ezért előszeretettel alkalmazzák a gyártók a legtöbb közép és felső kategóriájú gépjárműben. Logikus döntés, hiszen teljesítmény csökkenés nélkül mérsékelhető a jármű fogyasztása, az üresjáratú időben történő leállítással. Korábban elszórtan voltak erre irányuló tervek, melyek alkalmanként megjelentek a korszerűnek szánt járművekben a 80-as évek végétől, de ez technikai nehézségek miatt inkább csak az elmúlt években terjedt el szélesebb körökben. A korai típusok hibái viszont nagyon beleégtek a köztudatba, és azóta tartja magát az a szemlélet, mely szerint kifejezetten káros a motor gyakran történő újraindítása. Ez régen igaz is volt, de hála a technikai fejlődésnek, sikeresen javítottak a rendszer hatásfokán és működési

mechanizmusán, és mára eljutottunk odáig, hogy akár 8-10 másodpercre történő leállítás is gazdaságos lehet.

4.4.1. Működése

A start-stop rendszer lényege az, hogy a jármű teljes megállása után, ha a sebességváltó üresbe van helyezve, akkor a motor automatikusan leáll. Ha az indulási jelet megadjuk, ami legtöbb esetben a kuplung megnyomása, a motor automatikusan elindítja önmagát. A jelzés amely a járművet leállítja, majd elindítja, típusonként eltérő lehet.

Automata váltóval szerelt gépjárművel is társítható a rendszer. Ez esetben az álló motor indítási jelzését a fékpedálba épített jeladó biztosítja, vagy egyéb helyre felszerelt gomb, esetleg a váltógomb kimozdítása.

A hibridek is rendelkeznek start-stop rendszerrel, nem is lehetne ez másként, ám itt a indítást és leállítást nem a sofőr vezérli, hanem fordulatszám és teljesítmény függvényében a jármű elektronikája. Ez már egy összetettebb technika, mint a hagyományos értelemben vett start-stop.

A start-stop rendszer statisztikailag közel 10% üzemanyag megtakarítást képes elérni.

Az újabb start-stop rendszerekhez további energia megtakarítást ígérő eszközöket is társítanak, amelyek a fékezés energiáját tárolják el valamilyen formában, és ezt használják fel a motor indításánál, ezzel is további energiát takarítva meg.

4.4.2. I-Eloop rendszer:

A Mazda fejlesztette ki, melyet először az új Mazda 6-ban alkalmaztak. Ez volt az első olyan jármű, amely a fékenergia visszanyerését kondenzátorok segítségével oldotta meg. A feltöltött kondenzátorok többlet energiát biztosítanak az indítómotor számára, így nem terheli az akkumulátort, és nem kell a generátornak visszatermelni a hiányzó áramot.

4.4.3. I-Stop rendszer:

Ezt a technikát is a Mazdának köszönhetjük, melyet a Mazda 3 és a Mazda 5 modellek benzines kivitelénél alkalmaztak első ízben 2009-ben. A Mazda CX -5 modellek mindegyikében ez mára alapfelszereltségnek számít. Az indítómotor adott dugattyúját

bizonyos pozícióban állítja meg a rendszer. Ezt követően már elég csak a levegő-benzin elegyet meggyújtania a rendszernek, és a motor már el is indult.

4.4.4. Története:

A start-stop rendszert első alkalommal a Volkswagen POLO Formel E típusában alkalmazták szériagyártásban. Ez még egy kezdetlegesebb technika volt, nem alkalmaztak nagyobb indítómotort, vagy egyéb beállításokat az alkalmazásánál, és a rendszer csak adott idő elteltével állította le a motort. Itt még viszonylag költséges volt az indítás, a motor által igényelt többlet energia és többlet üzemanyag miatt nem volt túl optimális. Később, a motorok finomhangolása, a technika továbbfejlesztése miatt azonban egyre gazdaságosabb lett az üzemeltetése. A korábbi változatok miatt terjedt el a köztudatban, hogy a start-stop rendszer tönkreteszi a motort, és hogy többet is fogyaszt, mint amit megtakarít. Az új rendszerek esetében csupán néhány másodperces leállás már megtakarítással járhat.

A közeljövőben további technológiákkal egészíthetik ki ezt a rendszert. A Bosch fejlesztéseként megjelent egy olyan változat, amely a hibrid autókéhoz nagyban hasonló működést biztosít. A terhelésmentes időszakokban, például fékezéskor vagy lejtmenetben kikapcsolja a motort, így statisztikailag 30% üzemanyag fogyasztáscsökkenés is elérhető lehet.

4.5. Osztályozás a hibridizáció foka szerint

4.5.1. Rásegítőhibrid

A rásegítőhibrid járművek (power assist hybrid) elsősorban a belsőégésű motorból nyerik az energiát; szükség esetén a villanymotor rásegít egy kis plusz nyomatékkal; a hajtáslánc meglehetősen szokványos. A belsőégésű motor és a hajtómű között elhelyezkedő villanymotor lényegében egy nagy indítómotor, amit most nem csak a belsőégésű motor indításához használunk, hanem akkor is, amikor a vezető „rálép a gázra”, növelni akarja a forgatónyomatékot. A villanymotor a belsőégésű motor újraindításához is használható, vagyis álláskor leállítható a főmotor, miközben az elektromos berendezések az akkumulátorról üzemelnek.

Rásegítő hibrid hajtással rendelkeznek például a Honda hibridjei (többek között az Insight), amely a kis, hatékony benzinmotorok tervezéséről is híres. A Honda rendszerét integrált motor rásegítésnek (IMA) hívják. A rásegítőhibridek leginkább abban különböznek a teljesen hibridektől, hogy nem tudnak belsőégésű motor nélkül üzemelni. De nem sok elektromos energiára van szükségük, ezért az akkumulátoruk is lehet kisebb. A 2006-os Civic Hybrid óta az IMA csak villanymotorról is tudja hajtani a járművet – közepes, nagyjából állandó sebességnél.

4.5.2. Enyhén hibrid

Az enyhén hibrid (lágy hibrid, mild hybrid) autó lényegében egy hagyományos jármű. A kis villanymotor felfogható egy nagy indítómotornak is. Megálláskor, fékezéskor, „guruláskor” leáll a belsőégésű motor, de gyorsan és tisztán újraindul. Az elektromos berendezések (pl. klíma) akkor is működhetnek, ha a belsőégésű motor áll. Fékezéskor visszanyeri az energiát. A villanymotor még az üzemanyag befecskendezése előtt felpörgeti a belsőégésű motort az üzemi fordulatszámra. Hegynek fel vagy előzéskor a villanymotor segít a belsőégésű motornak.

Az enyhén hibrideket sokan nem is tekintik hibrideknek. Nem is takarítható meg velük annyi üzemanyag, mint a teljesen hibridekkel. Itt van például a 2005-ös Chevrolet Silverado hibrid kisteherautó. A Chevrolet Silverado a start-stop funkcióval 10% üzemanyag-megtakarítást ért el. Az egyre növekvő számú (és energiaigényű) elektromos berendezések táplálásához az enyhén hibrid járművek általában 42 voltos rendszert használnak.

Az enyhén hibrid megnevezés nem szabványos; inkább marketingesek használják, mint műszakiak.

A villanymotor start-stop funkciója mellett más megoldás is létezik arra, hogy megálláskor álljon le a belsőégésű motor, de szükség esetén azonnal induljon újra: a statikusan induló belsőégésű motor (static start engine). Ehhez nincs szükség indítómotorra. Ebben érzékelők határozzák meg a dugattyúk pontos helyét, mindegyik hengerbe a kellő pillanatban befecskendezik az üzemanyagot és ráadják a gyújtást, és így indul be a motor.

Rásegítő hibrid hajtással rendelkeznek például a Mercedes S és a BMW 7-es sorozatú hibridautók. És a már említett Chevrolet Silverado.

4.5.3. Mikrohibrid

Üresjáratban a start-stop funkció automatikusan leállítja a belsőégésű motort, utána pedig (pl. amikor a vezető leveszi a lábát a fékről) a másodperc törtrésze alatt finoman, simán újraindítja. Ezzel is növeli az üzemanyagfelhasználás hatékonyságát. Ez különösen azoknál a járműveknél előnyös, amelyek sok időt töltenek el dugóban vagy a zöld jelzésre várva. Ez a megoldás tisztán belsőégésű motorral hajtott autókban is alkalmazható; ilyenkor 5-10% üzemanyagot takaríthat meg a start-stop funkció.

A hagyományos autóban a vízszivattyút és a légkondicionálót általában több, tárcsán átvezetett ékszíj hajtotta meg a belsőégésű motor főtengelyéről. Ennek a hajtásnak a hátránya volt többek között az, hogy ezek az elektromos gépek csak akkor működhettek, ha járt a motor. A motort pedig a maximumra kellett tervezni, hogy akkor is le tudjon adni maximális forgatónyomatékot, amikor minden elektromos fogyasztó működik. A motor pedig a maximumon járt akkor is, amikor nem volt szükség nagy elektromos teljesítményre. A mikrohibrid autóban villanymotor hajtja meg az elektromos eszközöket, éppen akkor, amikor kell.

Az indítómotor-generátor meghajtható szíjjal vagy rászerezhető a főtengelyre (ISG, ISAD). A start-stop funkció ellátásához jól kell bírnia azt, hogy sűrűn indítja a belsőégésű motort. A generátor nincs állandóan bekapcsolva (mint pl. a hagyományos autóknál), ilyenkor akkumulátorról üzemelnek az elektromos berendezések. A generátor akkor kapcsolódik be, amikor tölteni kell az akkumulátort vagy fékezéskor (energiavisszatáplálás). A villanymotor ráségíthet a belsőégésű motornak a jármű hajtásában, esetleg önállóan is hajthatja.

Mikrohibrid hajtással rendelkezik például a Smart Fortwo.

4.5.4. Konnektoros hibrid

A konnektoros (háztartási hálózatról tölthető) hibrid (plug-in hybrid, PHEV) villanymotort és belsőégésű motort tartalmazó párhuzamos, soros vagy vegyes, teljesen hibrid autó. Nagy mennyiségű elektromos energiát képes tárolni (általában lítium-ionos akkumulátorukban). Az utazás befejeztével az akkumulátor (pl. otthon a garázsban vagy a munkahelyen a parkolóházban) a közönséges elektromos hálózat konnektorához csatlakoztatva feltölthető, és akkor nem kell a jármű saját belsőégésű motorját a töltésre használni.

Ha egy jármű PHEV-68, azaz PHEV109km, az azt jelenti, hogy akkumulátoros (vagy elektromos) hatótávolsága (AER: all electric range) 68 mérföld, azaz 109 km. Ennyit tud megtenni csak az akkumulátorára támaszkodva.

Egyes hálózatról tölthető hibridekben nagy energiasűrűségű szuperkondenzátorok találhatók. A szuperkondenzátorok több feltöltési-kisütési ciklust bírják, mint az akkumulátorok. Anyaguk – az akkumulátorok anyagától eltérően – nem szennyezi a környezetet. Sokkal kisebb a belső ellenállásuk, jobb a hatásfokuk, gyakorlatilag nem melegsznek. A szuperkondenzátor és az akkumulátor egy egységbe is összeépíthető.

Az akkumulátor optimális mérete attól függ, hogy az üzemanyagfogyasztást, a működési költségeket vagy a károsanyag-kibocsátást akarjuk csökkenteni, de egy tanulmány szerint az akkumulátor kapacitásának meghatározásakor az a legfontosabb, hogy két feltöltés között mekkora távolságot kell megtennie a hálózatról tölthető hibridnek. Ha az autót városi forgalomban használjuk (legfőleg 15 km-t kell mennie két töltés között), akkor a 11 km-es elektromos hatótávolságú (PHEV-7, azaz PHEV11km) akkumulátor az optimális az üzemanyagfogyasztás és a kibocsátott üvegházhatású gázok mennyisége szempontjából.

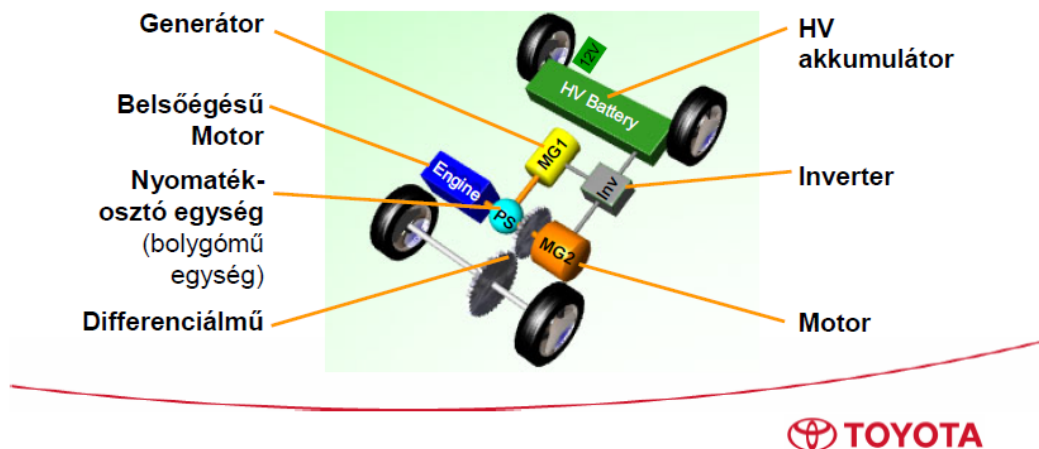
Villanymotorról üzemelve a hibridautó nem bocsát ki káros anyagokat. Igaz, az erőművek legtöbbször szennyezik a környezetet, de már annak is megvan az az előnye, hogy nem a sűrűn lakott városok levegőjét szennyezzük.

A tervek szerint fali csatlakozóról kb. 3 óra alatt tölthető fel az Opel Flextre.

4.5.5. Teljesen hibrid

A teljesen hibrid (más néven teljes értékű hibrid, full hybrid) bármikor képes akár akkumulátorról, akár belsőégésű motorral, akár mindkettővel meghajtva menni. Ilyen például az újabb Toyota Prius, a Ford Escape és a Mercury Mariner. Ahhoz, hogy a jármű csak akkumulátorról is tudjon üzemelni, nagy kapacitású akkumulátorra van szükség. Azért, hogy a mechanikai és az elektromos energiát könnyebben át lehessen alakítani egymásba, a hajtáslánc megosztott – ettől persze bonyolultabb lesz a rendszer. Egy differenciálműre is szükség van ahhoz, hogy szabályozni lehessen az egyes erőforrásokból nyert teljesítmény viszonylagos arányát. Toyota „hibrid szinergiahajtásnak” nevezi azt a rendszert, amelyet a Priusban, a Highlanderben és a Camryban alkalmaz.

4.5.5.1. Hybrid Synergy Drive® alapvető elemek



14. ábra Toyota Hybrid Synergy Drive alapvető elemek

Forrás:

http://energia.bme.hu/bme/ujproba/docs/notes/eloadas/Prius_pres%20HUbme051003.pdf

Belsőégésű motor

- 1,5 l, 16 szelep, DOHC VVT-i Atkinson ciklusú benzinmotor
- Magas termikus hatásfok
- Speciális fejlesztés a hibrid rendszerhez
- Európai Step IV-es emisszió



15. ábra Belsőégésű motor

Forrás:

http://www.energia.bme.hu/bme/ujproba/docs/notes/eloadas/Prius_pres%20HUbme051003.pdf

Hibrid hajtómű

- CVT mintájára (Constant Variable Transaxle)
- Nincs zajos szíj
- „okos” hajtómű nyomatékosztó egységgel (bolygómű egység)
 - o Összekapcsolja a:
 - benzinmotort,
 - generátort,
 - villamos motort és a kerekeket.



16. ábra Hibrid hajtómű

Forrás:

http://energia.bme.hu/bme/ujproba/docs/notes/eloadas/Prius_pres%20HUbme051003.pdf

Generátor / indítómotor

- Tölti a HV akkumulátort vagy
- Ellátja a villamos motort
- Indítja a benzinmotort
- Szabályozza a CVT funkciót

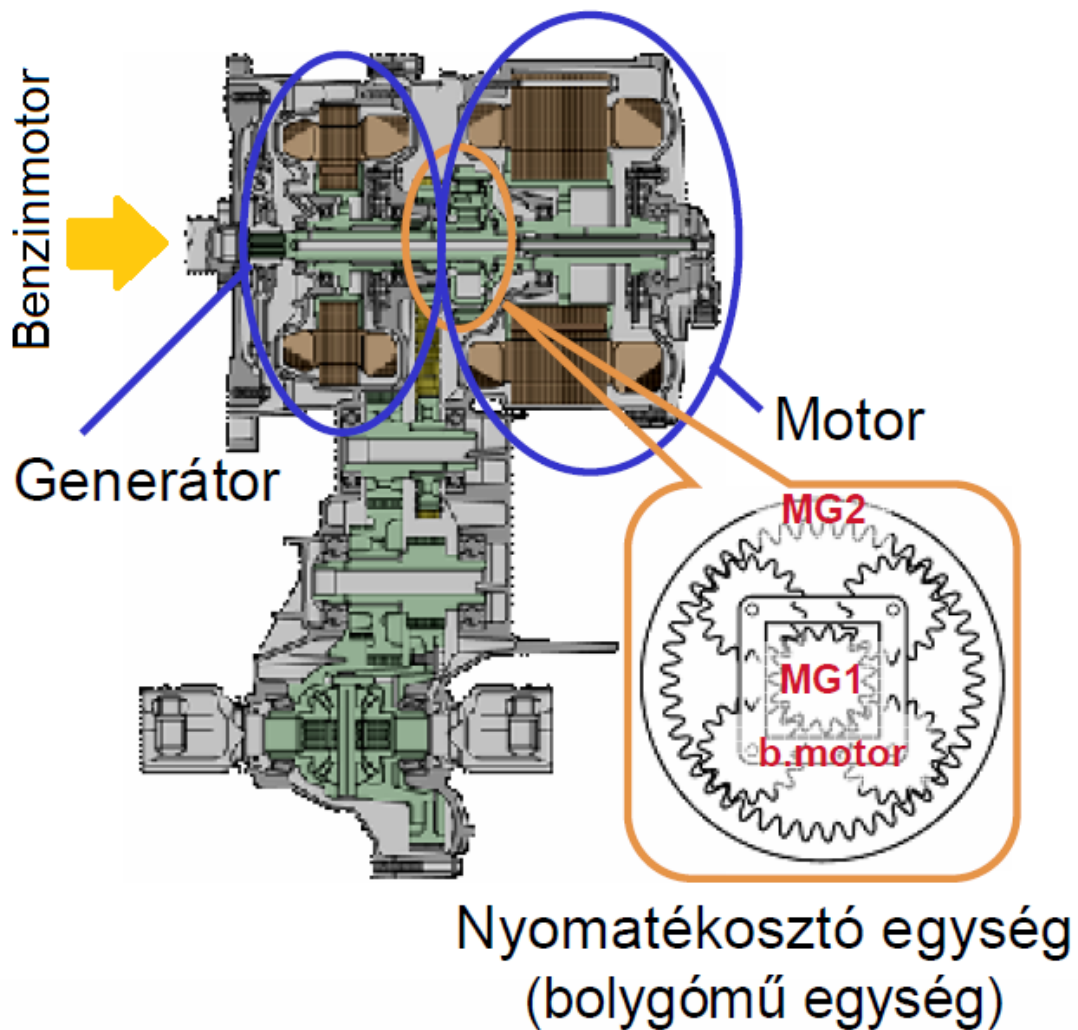
Hajtó villamos motor / Generátor

- Hajtja a járművet
- Végrehajtja a regeneratív fékezést
- Max. teljesítmény: 50kW

- Max. nyomaték: 400 nM
 - o Álló helyzetből
 - o Széles skálán

Nyomatékosztó egység = bolygómű (a rendszer lelke)

- Összekapcsolja a benzinmotort és a két villamos gépet
- Elosztja a benzinmotor teljesítményét:
 - o a kerek felé
 - o generátor felé



17. ábra Alapvető elemek

Forrás:

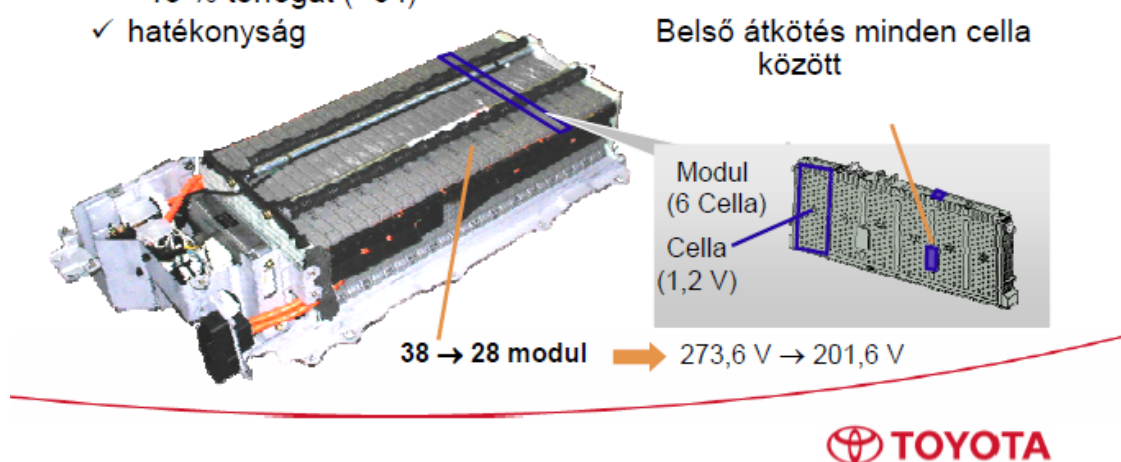
http://www.energia.bme.hu/bme/ujproba/docs/notes/eloadas/Prius_pres%20HUbme051003.pdf

HV akkumulátor

- A csomag térben a hátsó ülés mögött
- Emellett 408 l csomag tér
- Magas belső ellenállás (teljesen töltött akkumulátor 60 napig tartja a töltését)
- Szigetelt Nikkel metal hidrid (Ni-Mh) akkumulátor

HV akkumulátor fejlődése:

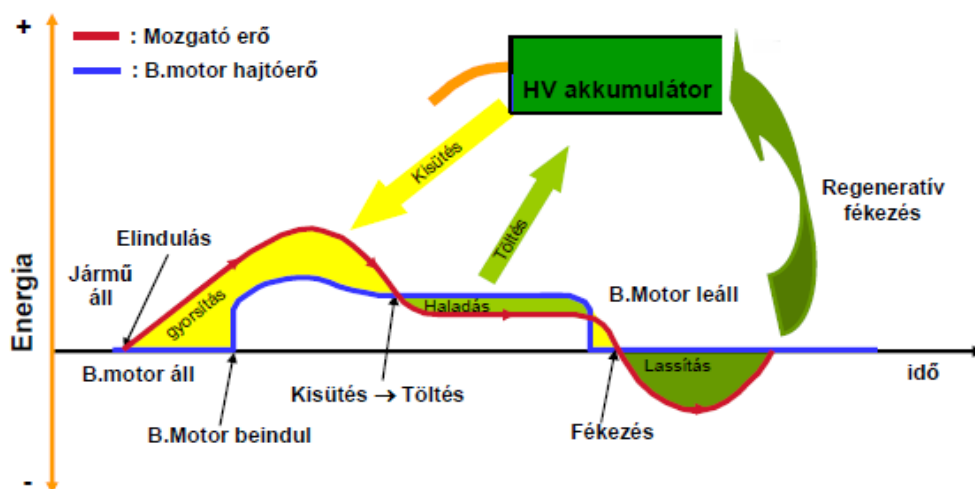
- ✓ - 26% Modul (38 → 28 modul)
- ✓ - 30% tömeg (56 kg → 39 kg)
- ✓ - 15 % térfogat (- 6 l)
- ✓ hatékonyság



19. ábra HV akkumulátor

Forrás:

http://energia.bme.hu/bme/ujproba/docs/notes/eloadas/Prius_pres%20HUbme051003.pdf



18. ábra Energia gazdálkodás

Forrás:

http://energia.bme.hu/bme/ujproba/docs/notes/eloadas/Prius_pres%20HUbme051003.pdf

A harmadik generációs Priusban a vezető választhat a hajtásmódok között, így például van sportos használatra, dugóban történő araszolásra, illetve üzemanyag-takarékosságra optimalizált üzemmód is.

4.6. Tüzelőanyag-cellás autók

Talán a hidrogén a legisztább az összes alternatív üzemanyag közül, ugyanis égése során csak vízgőz és hő keletkezik az elektro-mechanikus üzemanyagcellában.

4.6.1. A tüzelőanyag-cella működése

Az alapelv tehát az, hogy az üzemanyagcellában lejátszódó elektrokémiai reakció termeli az autó villanymotorjának működéséhez szükséges áramot.

A tüzelőanyag-cella tulajdonképpen egy galvánelem, két elektródából (anód és katód) és az ezeket elválasztó elektrolitból áll. A tüzelőanyagot az anódhoz, az oxidáló anyagot (levegő vagy oxigén) pedig a katódhoz vezetik. Az elektrolit feladata egyrészt, hogy a két elektródát elszigetelje egymástól, nehogy a különböző anyagok reakcióba lépjenek, másrészt az ionvezetés feladatát is ellátja, melynek következtében a kívánt kémiai reakció le tud játszódni.

A hagyományos tüzelőanyaggal működő autók a felhasznált üzemanyag mindössze 20-25%-át képesek mozgási energiává alakítani, ez az arány az üzemanyagcellás autók esetében akár 60% is lehet. Viszont az üzemanyagcella aktív komponenseit (hidrogén és a levegő oxigénjét) pótolni kell, hogy az elektromos áram előállítása folyamatos maradhasson.

Az autóiipari technológiák elemzői szerint a legnagyobb lehetőség a protonátereszthő membrán tüzelőanyag-cellában van. Ezeknek a típusoknak az az egyik előnye, hogy alacsony hőmérsékleten is működnek, így csökken az indítási idő. A szilárd polimereket használó cella technológiája biztonságosabb, mint a folyékony sav vagy alkáli elektrolit-oldatokat használó celláké. A vezető elektródák grafitból készülnek, ezek képezik a cellák határait. Az elektródák kialakítása lehetővé teszi, hogy a reagensek könnyen átjussanak rajta, miközben folyamatos elektromos kapcsolatban maradhatnak az elektrolit-katalizátor-gáz felülettel. Az anódon a hidrogén katalitikus bomlása történik, így hidrogén-ionokat (H^+) és elektronokat kapunk. A hidrogén-ionok a membránon keresztül

a katódhoz áramlanak. A szabaddá vált elektronok egy külső terhelésen keresztül áramlanak a katódhoz, azaz áram folyik. A katódoldalon az odaérkezett elektronok egyesülnek az oxigénmolekulával, melynek következtében oxigén-ionok (O_2^-) születnek. A membránon át érkező hidrogén-ionok egyesülnek a katódon keletkezett oxigén-ionokkal, így víz (H_2O) képződik.

A tüzelőanyag-cellás autók legoptimálisabb tüzelőanyaga a hidrogén. A hidrogéngáz kitűnő üzemanyag, ugyanis nagyon gyúlékony és magas az energiatartalma (1 kg hidrogéngáz 2,8 kg benzinnel megfelelő energiát tartalmaz). A technológiai kihívást a hidrogén alacsony sűrűsége jelenti, ugyanis a hidrogéntároló berendezések elhelyezése az autón belül meglehetősen bonyolult a méretük miatt.

A hidrogéntartály a jelenlegi üzemanyag-tartályok méretének sokszorososa kellene, hogy legyen ahhoz, hogy ugyanakkora energiatartalmú hidrogéngázt tudjunk benne tárolni (szobahőmérsékleten és normál légköri nyomáson), mint amennyi egy tank benzinben van. Több módszert is kifejlesztettek, ami lehetővé teszi elegendő mennyiségű hidrogén tárolását. Az egyik megoldás szerint a hidrogéngázt nagy nyomás alatt – az atmoszférikus nyomás 700-szeresén – tárolják nyomásálló tartályokban. Ez a módszer azonban, különösen baleseteknél robbanásveszélyes lehet. Egy másik lehetőség, hogy a hidrogént – 150°C -ra hűtik (kb. 10 Bar nyomáson). Ezen a hőmérsékleten cseppfolyós halmazállapotúvá válik, ezért kisebb helyet foglal, viszont ez a technológia rendkívül energiaigényes.

Létezik azonban egy harmadik megoldás is, a hidrogén elnyelése fémekben. A fém-hidridek olyan speciális fémötvözetek, amik nyomás alatt képesek a hidrogént úgy 'felszívni', mint egy szivacs (abszorbálni). Ahhoz, hogy visszakaphassuk a hidrogéngázt az eredeti formájában, csökkentenünk kell a nyomást és növelnünk a hőmérsékletet. Ugyan talán ez a legbiztonságosabb módszer, mégsem a legoptimálisabb, ugyanis a fém-hidrid alapú cellák jelentősen megnövelik az autó tömegét – ezáltal jelentős fogyasztásnövekedést okoznak.

Egyelőre még nem sikerült megtalálni az ideális hidrogénforrást sem. A legegyszerűbben a víz elektrolízisével lehet hidrogént előállítani, ez a folyamat azonban túl energiaigényes. Egy új megközelítés szerint valamilyen hidrogénben gazdag üzemanyag lenne alkalmas a célra, amelyet szükség esetén gázzá alakíthatna egy arra alkalmas berendezés. Minél alacsonyabb hőmérsékleten bomlik az üzemanyag, annál jobban megfelel a célra. A metán tűnik a legalkalmasabbnak, ugyanis már 260°C -os hőmérsékleten elbomlik, míg a benzin, az etanol, a természetes gáz és a propán erre csak $600\text{--}900^\circ\text{C}$ -on képes.

4.6.2. A tüzelőanyag-cellás autó felépítése:

Kulcsfontosságú a cella megválasztása. A kereskedelmi forgalomban már több gyártó (Ballard, Altery, BASF stb.) által fejlesztett termék is kapható.

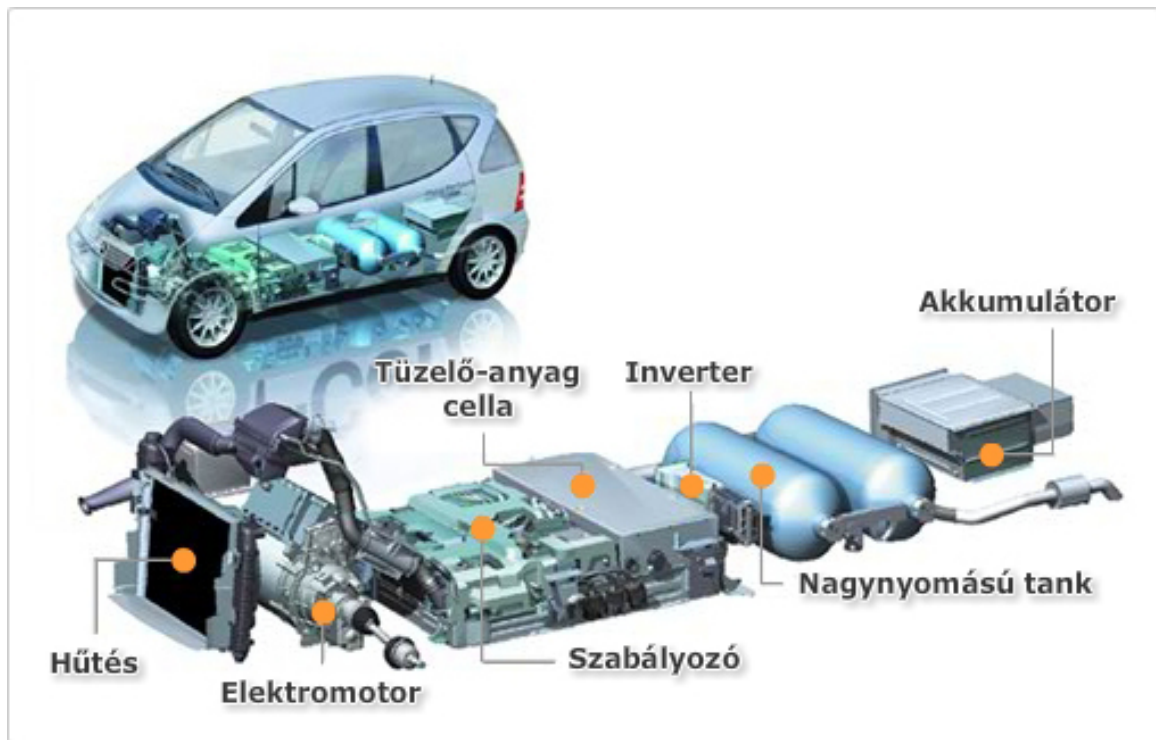
A PEM cellák működéséhez optimális 80 °C-ot biztosítandó, a cellát mind hűtő, mind fűtő körrel el kell látni. Az indítást követően némi várakozás szükséges tehát. Azonban ha belegondolunk, hogy a normál üzemű gépkocsinkat szintén „járatjuk” használat előtt, úgy ez itt sem tűnik hátránynak. A várakozási idő kb. 30–40 másodperc.

Amennyiben egy jármű hajtásához szükséges maximális teljesítményt 100 kW-nak választjuk, úgy körülbelül egy 80 kW kimenő teljesítményű tüzelőanyag-cella szükséges a megépítéshez (a maradék 20 kW-ot, amelyre csak maximális kihasználtság esetén van szükség, a szuperkapacitások biztosítják). Ennek tömege mintegy 200–250 kg-nyi. A fejlődés menete azonban a katalizátor aktivitásának növelése, ezáltal a későbbiekben jóval kisebb tömegű cellák is elérhetőek lesznek.

Az autó mozgatásához szükséges mechanikai energiát egy elektromos motor biztosítja. Ennek nagy előnye, hogy széles fordulatszám-tartományban képes nagy forgatónyomaték kifejtésére (ellentétben a belső égésű motorokkal). Ezen motorok mindkét fajtája, az egyenárammal (DC: direct current) és a váltóárammal (AC: alternating current) üzemelők is alkalmazhatók. A DC motorok jóval könnyebben integrálhatók, valamint vezérlésük is könnyebben megoldható, ezért jelentősen olcsóbbak. Azonban hátrányuk, hogy a fent említett teljesítménnyel nem igazán gyártják őket, komplikáltabbak, és mivel generátorokként nem alkalmazhatóak, így a „hasznosuló fékezéssel” (regenerative braking) egyáltalán nem kombinálhatók.

Az üzemanyagcellák egyenáramot termelnek, így mindenképpen szükséges legalább egy DC-AC átalakító berendezés. Manapság már sok AC motor tartalmaz beépített konvertert. A szabályozáshoz szükséges AC kontrollert azonban sajnos megdrágítja járművünket.

Előny, hogy mivel a motort két célra is hasznosítjuk, a megtermelt villamos energiát eltárolhatjuk. Erre szolgál az ábrán is feltüntetett, akkumulátorok sokaságából álló egység, feltöltésük után így jelentős mértékben hozzájárulhatnak a jármű gyorsításához. Az idő nagy részében azonban nincs szükség gyorsításra. Ekkor csak a súrlódás legyőzéséhez elegendő energiát kell megtermelni. A fölösleget el lehet tárolni: mint az ábrán is látható, a tüzelőanyag-cella kapcsolatban van az akkumulátorokkal.



20. ábra Tüzelőanyag-cellás autó felépítése

Forrás: http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0017_31_hidrogen_es_metanol/ch02s04.html

4.6.3. A tüzelőanyag-cellás autó tankolása

A tankolás módja attól függ, hogy konkrétan milyen tüzelőanyagot használ a tüzelőanyag-cellás autók. Ahogy már említettük, különböző tüzelőanyag-típusok léteznek: például a hidrogén, a metanol és a benzin. Az utóbbi kettő esetében ugyanúgy történik a tankolás, mint a hagyományos autóknál, mivel mindkettő folyékony halmazállapotú.

A hidrogén esetében egy teljesen másfajta tankolási folyamatról van szó. Bár a hidrogénes újratöltő rendszerek még fejlesztés alatt állnak, azért mindegyiknek biztosan része egy rugalmas csővezeték, ami összeköti a rögzített autót és a töltőkutat, valamint egy előválasztó rendszer, aminek segítségével megadható a tankolandó hidrogén mennyisége, amelyet a rendszer automatikusan beletölt a járművünkbe az indítógomb megnyomása után.

Megközelítőleg mindössze 100 töltőállomás létezik világszerte, mivel új technológiáról van szó. Tíz európai nagyvárosban telepítettek már hidrogén töltőállomásokat:

Amsterdamban, Barcelonában, Hamburgban, Londonban, Luxembourgban, Madridban, Portóban, Reykjavikban, Stockholmban és Stuttgartban.

4.6.4. A tüzelőanyag-cellás autók környezeti terhelése

Ha hagyományos üzemanyagot használunk az üzemanyagcellás autó működtetéséhez, és csak a kibocsátott szén-dioxid és metán mennyiségét vesszük figyelembe, akkor elmondható, hogy az üzemanyagcellás autók arányaiban jóval alacsonyabb kibocsátási értékekkel rendelkeznek, mint benzines társaik. A csökkenés annak köszönhető, hogy a hidrogénhajtású járművek tüzelőanyag-hatékonyak, és a villanymotornak köszönhetően szinte egyáltalán nem használnak energiát álló helyzetben. A regeneratív fékezés is megközelítőleg 20%-kal javítja az üzemanyag-felhasználási mutatót. A nitrogén-oxid kibocsátás is jelentősen, akár 70-100%-kal alacsonyabb az üzemanyagcellás autók esetében, mint a hagyományos benzines autóknál.

Ha megújuló energiát használunk a hidrogén előállításához, akkor nincs felesleges kibocsátás – leszámítva a vízgőzt, ami nem környezetszennyező.

4.6.5. Hol lehet tüzelőanyag-cellás autót venni?

Minden nagy gyártó rendelkezik saját üzemanyagcellás autó programmal, a kérdés csak az, melyikük dobja először piacra saját konstrukcióját, és kezdi meg a szériagyártását. Néhány a már elkészült és hétköznapi használatban lévő típusok közül: a Mercedes-Benz 'F-Cell' (Berlin) és a Honda FCX (San Francisco).

Összesen több mint 170 tüzelőanyag-cellás prototípust készítettek eddig a különböző gyártók, ezek közül a legjelentősebbek az alábbiak: Mercedes-Benz 'F-Cell' A-osztály, Honda FCX, GM/Opel HydroGen3 (Zafira platformra épült), Ford Focus FCV. Ezen autók többségénél a motort a kanadai Ballard Power Systems építette.

Levegőből gyárt benzint egy brit cég: kivonja belőle a szén-dioxidot, majd pedig vízből elektrolízissel kinyert hidrogénnel vegyíti, így nyerve benzint.

Az eljárás egy kis észak-angliai cég, az Air Fuel Syndication találmánya. Egyelőre még messze van a levegőből folyó benzintermelés az ipari méretektől, de a kísérletek ígéretesek. Az eljárással - amelyben a szén-dioxidot nátrium-hidroxiddal is elegyítik, mielőtt a hidrogént adnának hozzá - öt liter benzint állítottak elő három hónap alatt. A kísérletek már két éve folynak, költségkeretük 1,1 millió font, amelyet névtelenségbe

burkolózó pénzemberek adományoznak, remélve, hogy idővel jövedelmező lesz az eljárás. A cég reméli, hogy két éven belül akkora üzemet tudnak megépíteni, amely naponta legalább egy tonna benzint állít elő. A forradalmian új eljárást támogatja a Brit Gépészmérnökök Intézete, amelynek tisztségviselői így értékelik: túl szép, hogy igaz legyen, de igaz. Hangsúlyozzák, hogy fordulatot hozhat a levegőszennyezés okozta klímaváltozás elleni harcban, mivel az így előállított üzemanyag semmiféle adalékot - például ként - nem tartalmaz, valamint további környezeti előnyökkel jár, ha sikerül az előállításához az energiát megújuló forrásokból előteremteni.

4.7. Pneumatikus hibrid autók

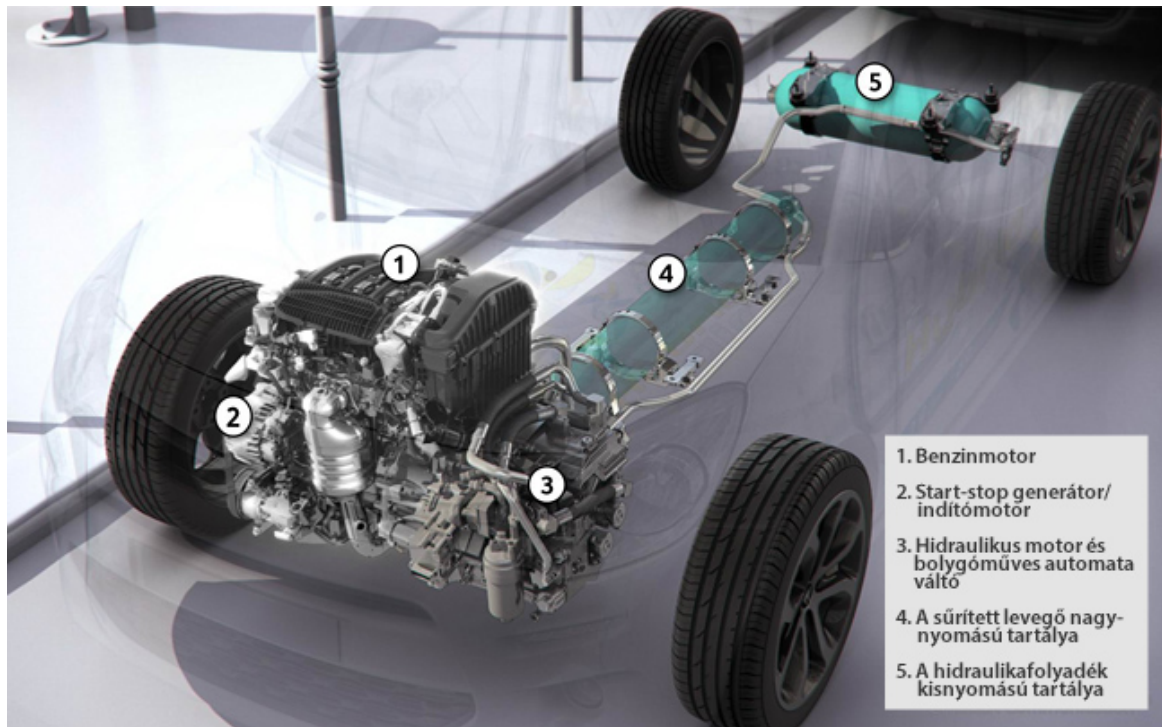
A Bosch új, hidraulikus teljes hibrid hajtáslánca bizonyítja, hogy a takarékoság is lehet élvezetes. A Bosch és a PSA Peugeot Citroën együttműködésében kifejlesztett technológia célja egyértelmű: olyan hidraulikus hibrid hajtáslánc megalkotása, amellyel jelentősen mérsékelhető a kompakt modellek üzemanyag-fogyasztása és széndioxid-kibocsátása. A rendszer más piaci szegmensek autóival, valamint városi kisáruszállítókkal is kompatibilis.

A Bosch és a PSA Peugeot Citroën közötti szoros kapcsolat egyébként 2008-ra vezethető vissza. Az akkori közös munkálkodásnak eredménye lett 2011-ben a Peugeot 3008 Hibrid4, a világ első sorozatgyártású, egyes motorjaival külön tengelyt hajtó (axle-split), dízel hibrid autó bemutatása. A PSA Peugeot Citroën a Bosch tervezőivel szoros együttműködésben fejlesztette ki a rendszer elektromos komponenseit (elektromotor, teljesítmény-szabályzó elektronika és magasfeszültségű generátor), amely az elektronikus menetstabilizáló rendszer (ESP®) hibridjárművek számára szükséges különleges hangolására is kiterjedt. E hibrid-koncepció szerepel a PSA Peugeot 508 (az RXH kombi és a Hibrid4 limuzin esetében egyaránt) és Citroën DS5 Hibrid4 modelljeiben is, amelyek hajtásrendszeréhez szintén a Bosch szállítja az elektromos komponenseket.

Az idén debütáló hidraulikus hibridhajtás olyan gyorsítóhatás kiaknázása jegyében készült, amelyre egyébként csupán a komplex elektromos hajtások esetében nyílna lehetőség. Ez esetben a hagyományos belső égésű motor hidraulikus egységgel, illetve nitrogén-nyomástárolóval egészül ki, így produkálva rövid átmeneti gyorsító teljesítményt. A hibridrendszer benzin- és dízelmotorok esetében egyaránt alkalmazható, mégpedig az erőforrások az optimálistól elmaradó hatásfok jellemezte üzemi tartományaiban.

A teljesítmény-megosztás e koncepciója jóvoltából különböző hajtási lehetőségek kínálkoznak. Rövid távokon a tárolt energia a tisztán hidraulikus úton előállított teljesítmény általi hajtást is lehetővé teszi, miközben a belső égésű motor mindvégig üzemben kívül marad, nullára csökkentve a jármű károsanyag-kibocsátását. A hosszabb utazások, illetve a tempósabb autózások alkalmával a belső égésű motor gondoskodik a gyorsításhoz szükséges vonóerőről. A két hajtásrendszer kombinálható is egymással, ekkor a hidraulikus rendszerben tárolt energia és az üzemanyag belső égésű motorban felszabaduló energiája együttesen hajtja az autót, átmenetileg szintén hatékony gyorsító erőt produkálva.

A Bosch és a PSA Peugeot Citroën egyaránt nagy lehetőséget lát e technikában, amely az Új Európai Menetciklus során a hagyományos belső égésű motorral hajtott modellekhez viszonyítva akár 30 százalékkal is csökkentette az üzemanyag-fogyasztást. Városi közlekedésben a megtakarítás a 45 százalékot is elérheti. Sőt, a hibrid hajtásrendszer így olyan energiát hasznosít, amely egyébként veszendőbe menne. A fékezés gyorsan feltölti a hidraulikus nyomástárolót, a lassulás során felszabaduló mozgási energia így hidraulikus energiává alakítva tárolható. Ez az energiamennyiség normál körülmények között a fékbetétek súrlódásakor hővé alakulna. A hibridrendszer előnyei az autó állandó sebességű haladása közben is hasonlóképpen egyértelműek. A belső égésű motor ekkor magas hatásfokú üzemi tartományában működhet, miközben szintén feltölti a hidraulikus energiatárolót. E hidraulikus-mechanikus rendszer költségtakarékos, robusztus, és könnyen szervizelhető hibridhajtást tesz lehetővé és mivel nem igényel különleges infrastruktúrát, világszerte egyszerűen alkalmazható.



21. ábra Pneumatikus hibrid autó

Forrás: <http://www.origo.hu/auto/20130322-harom-ev-mulva-jon-a-levegovel-hajtott-auto.html>

4.7.1. Működése:

A hagyományos belső égésű motorral megvalósított hajtásrendszerrel összevetve, a hidraulikus hibrid technika nyomástárolót és folyadéktartályt is tartalmaz. A hidraulikus egységek folyadék segítségével egy adott gázmennyiséget komprimálnak. A folyadék és a gáz egymástól különválasztva helyezkedik el. E „gázpárna” bizonyos mennyiségű energia tárolására is alkalmas, mivel összenyomását követően egyfajta előfeszített „rugóként” viselkedik. A rendszernyomás ekkor a 300 bart is meghaladja. Az energiatárolóban felhalmozódó energia mennyisége alapvetően a rendszer méretétől függ. Amint a tárolóban lecsökkent a nyomás, a folyamat ellentétes irányban indul újra. Ekkor a táguló gáz fejt ki erőt a folyadékra, amely hidraulikus motort hajt meg. E motor az erőátviteli rendszeren keresztül juttatja vissza a tárolt energiát a hajtásba. Tény, hogy e nyomástároló kisebb kapacitású, mint az elektromos autók lítiumion-akkumulátora. Ezzel együtt azonban jóval gyorsabb a feltöltése, és hatékonyabban tudja hasznosítani a belső égésű motor által produkált energiatöbbletet.

5. FEJEZET ÖSSZEGZÉS ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

A dolgozat összegzéseképpen azt a következtetést lehet levonni, hogy ahhoz, hogy megfelelő hatásfokú, olcsón gyártható hibridhajtású járműveket lehessen megvalósítani, még igen sok kutatómunkát és ehhez kapcsolódóan igen sok pénzt kell ráfordítani. Az is kijelenthető, hogy igen nagy valószínűséggel az elkövetkező 20 évben ezekből a járművekből ún. népautó nem lesz.

6. FEJEZET ÖSSZEFOGLALÓ

Összefoglalásképpen megemlítem, hogy ezeknek a járműveknek a forgalomba kerülése még hosszú folyamat eredménye, és nem mellékesen ezt a folyamatot lassítja, hogy az olajhatalmak kezében még meglehetősen nagy olajtartalékok vannak.

„Azt hiszem, végül minden hibrid lesz. Vagy benzin hibrid, vagy dízel hibrid, vagy pedig tüzelőanyag-cella hibrid.”

(Jim Press, a Toyota Motor Sales USA elnöke)

Ezzel az idézettel nem teljes mértékben értek egyet, mert a jelenleg már megépített tiszta akkumulátoros gépkocsik is egyre jobb eredményeket mutatnak, például Tesla Roadster.

Irodalomjegyzék

A világ működése <http://www.vilaglex.hu/Kemia/Html/NiMeAkku.htm>

A világ működése <http://www.vilaglex.hu/Kemia/Html/SaOlAkku.htm>

Alternativ Energia.hu [2013] <http://www.alternativenergia.hu/itt-a-vilag-elseo-hidraulikus-hibridje-pneumatikus-nyomastaroloval/62045>

Budapesti Műszaki Egyetem [2011]

http://www.energia.bme.hu/bme/ujproba/docs/notes/eloadas/Prius_pres%20HUbme051003.pdf

hvg.hu [2013]

http://hvg.hu/cegauto/20131018_Kitalalt_valamit_a_Volvo_az_autok_teste/

Mayer Zoltán, Kriston Ákos [2012] EDUTUS Főiskola

http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0017_31_hidrogen_es_metanol/ch02s04.html

Mazda-autó [2009]

<http://www.mazda-auto.hu/akkumulator-technologia-fejlodes-hibrid.html>

Műszer oldal <http://www.muszeroldal.hu/assistance/akku.html>

Oktel Elektronikai Kft. <http://oktel.hu/szolgalatas/riasztobereendezesek/akkumulator/>

Wikipédia [2013] <http://hu.wikipedia.org/wiki/Miller-ciklus>

Wikipédia [2014a] <http://hu.wikipedia.org/wiki/Atkinson-ciklus>

Wikipédia [2014b] <http://hu.wikipedia.org/wiki/Hibridaut%C3%B3>

Wikipédia [2014c] <http://hu.wikipedia.org/wiki/Otto-motor>

Wikipédia [2014d] http://hu.wikipedia.org/wiki/Start-stop_rendszer

Wikipédia [2014e] <http://hu.wikipedia.org/wiki/Villanymotor>

Zöldautó <http://www.zoldauto.info/technologiak/tuzeloanyag-cella>