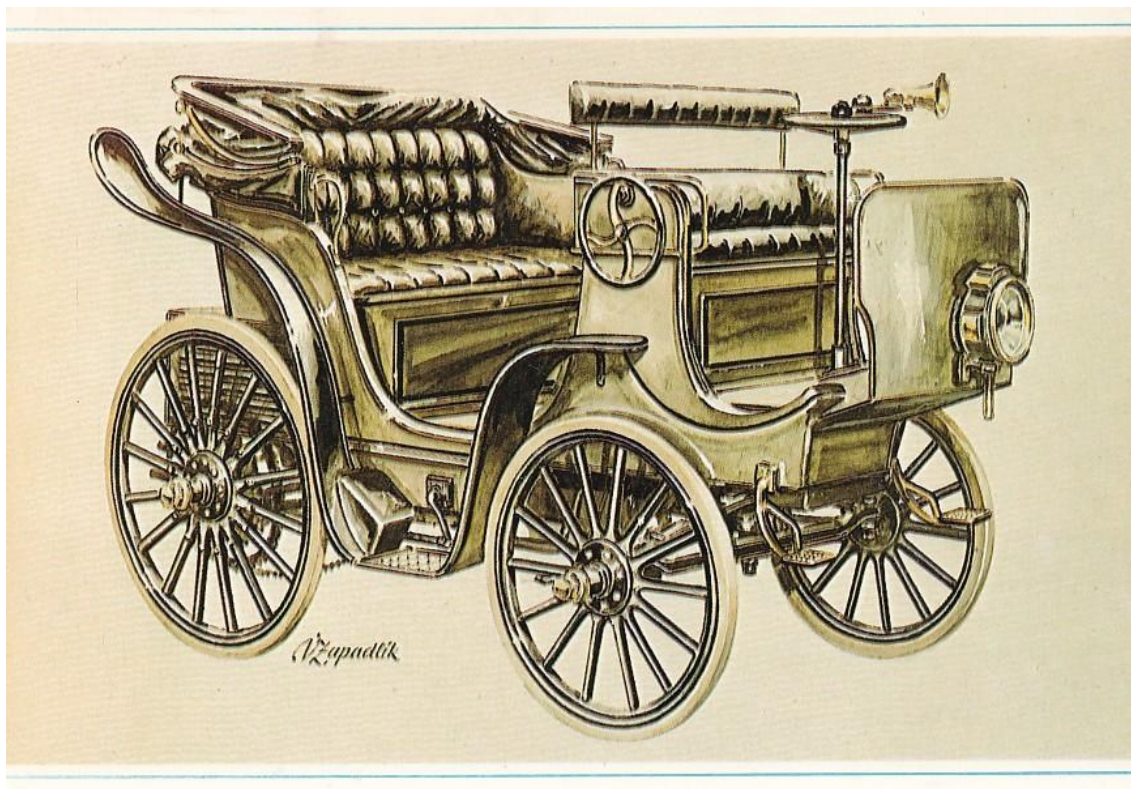


Principy pohonu hybridních, vodíkových a elektrických automobilů

Je nepopíratelné, že elektromotory jako pohon dopravních prostředků fungují velmi dobře. Dokazuje to existence trolebusů, tramvají a elektrických lokomotiv. Na rozdíl od spalovacích motorů jsou elektromotory konstrukčně jednodušší, levnější a hospodárněji nakládají s energií. Jejich použití u automobilů ovšem po dobu takřka celého minulého století znemožňovala nízká kapacita těžkých akumulátorů, které si elektricky poháněné silniční vozidlo musí vozit s sebou.

Nicméně i tak už na konci 19. století různí nadšenci stavěli první elektromobily. U nás byl takovým průkopníkem Ing. František Křížík, který postupně postavil hned tři elektrické „kočáry bez koní“, ten první už v roce 1895.



Elektromobil Františka Křížíka.

Zdroj: <https://www.autokaleidoskop.cz/Historie/Elektromobil-Frantiska-Krizika/>

Jinak elektřina začala do světa automobilů výrazněji pronikat až v devadesátých letech 20. století, a to nejprve ve formě hybridních pohonů aut, později vznikem plug-in-hybridů a nakonec i čistých elektromobilů. Jejich větší rozšíření umožnilo použití lithium-iontových akumulátorů s vyšší kapacitou.

Výhody elektromobility

- Elektromotor je konstrukčně mnohem jednodušší než motor spalovací o srovnatelném výkonu, má snadnější údržbu a je lehčí a levnější.
- Elektromotor má jinou výkonovou charakteristiku než motor spalovací. Protože velkým kroutícím momentem disponuje už při rozběhu a pak i ve velkém rozsahu otáček, není potřebná složitá převodovka s řazením většího počtu rychlostních stupňů. Pedálem ovládanou spojku elektromobily ani nemají.

- Účinnost elektromotoru je cca 90 %, je tedy mnohem vyšší oproti spalovacím motorům, a to jak zážehovým (účinnost do 30 %), tak i vznětovým (do 40 %). Elektromotor se prostě méně zahřívá a ani neprodukuje horké výfukové plyny.
- Elektromobily a hybridy primárně brzdí elektrodynamicky, tedy elektromotorem. Běžné čelistové brzdy slouží jen pro nouzové zastavení vozidla. Elektromotor při brzdění generuje elektrický proud, kterým zpětně nabíjí akumulátor. Tím se prodlužuje dojezd vozidla.
- Elektromobily při svém provozu zanechávají menší uhlíkovou stopu než auta se spalovacím motorem. Samy neprodukují CO₂ ani jiné plyny.

Nevýhody elektromobility

- Větší provozní hmotnost a menší energetická hustota akumulátorů oproti plné nádrži vozidla se spalovacím motorem. Z toho vyplývá kratší dojezd elektromobilu na jedno nabití, než je dojezd klasického automobilu na plnou nádrž.
- Delší doba nabíjení akumulátoru oproti tankování paliva.

V posledních letech prodeje elektrických aut celosvětově rostou. V některých státech k tomu napomáhají i různé dotace. Evropská unie zakázala prodej automobilů s čistě spalovacím pohonem od roku 2035. Dále se mají v EU prodávat jako nové již jen elektromobily a hybridy.

Automobily s elektrickým pohonem lze rozdělit do pěti skupin:

- Elektromobily – mají jeden či více elektromotorů poháněných z lithium-iontových akumulátorů.
- Mild-hybridy – mají spalovací motor a malý pomocný elektromotor s malou baterií.
- Hybridy – mají spalovací motor a elektromotor s větší baterií, kterou ale nelze nabíjet z vnějšího zdroje elektřiny. Do této skupiny patří i nové e-Power hybridy.
- Plug-in-hybridy – mají spalovací motor, elektromotor a velkou baterii, kterou lze nabíjet i z externí nabíječky, stejně, jako je tomu u ryzích elektromobilů.
- Vodíkové automobily – mají elektromotor poháněný proudem vzniklým v palivovém článku při reakci vodíku s kyslíkem.

Elektromobily

Konstrukce pohonného ústrojí elektromobilu se od pohonu auta se spalovacím pohonem značně liší.

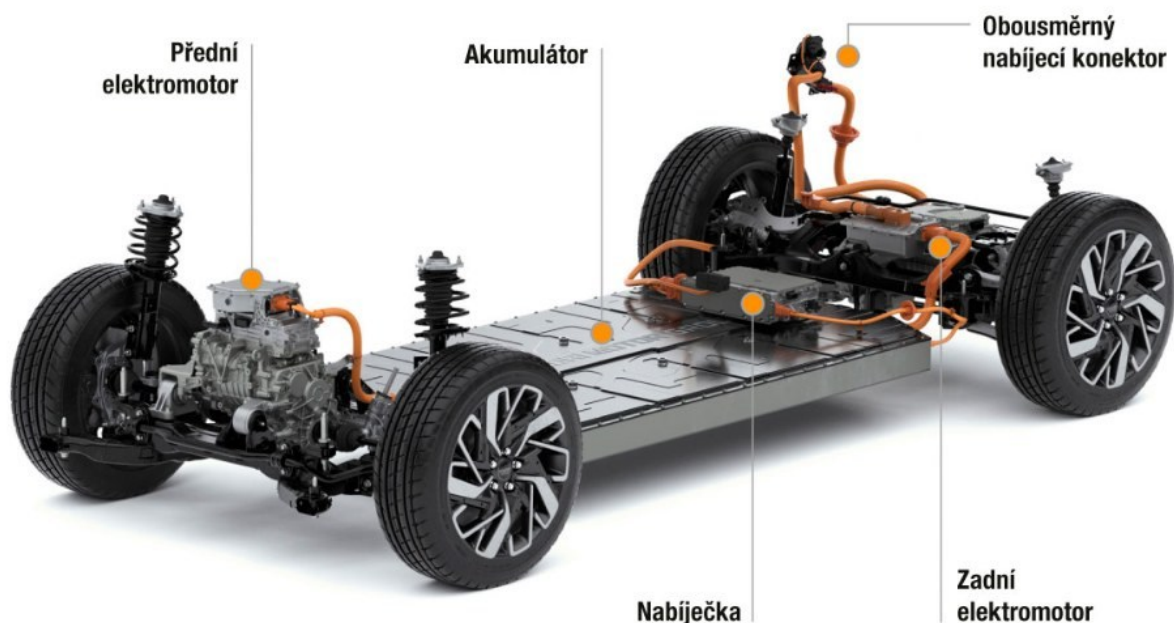
Zatímco moderní spalovací motory se skládají řadově ze stovek součástí, elektromotor je naproti tomu tvořen jen několika desítkami dílů. A jen jediná jeho součást, rotor (techniky běžně nazývaný kotva), se otáčí. Ostatní díly zůstávají nehybné.

Zatímco jakýkoliv spalovací motor v provozu nikdy nesmí klesnout do nulových otáček, i při zastavení vozidla musí běžet na volnoběh, elektromotor se při provozním zastavení auta třeba někde na křižovatce sám zcela zastaví. Pro opětovný rozjezd pak u klasického auta potřebujeme pedálem ovládanou spojku, která běžícímu spalovacímu motoru umožní „vytáhnout“ automobil z nulové rychlosti. U elektromobilu takováto spojka není potřebná, protože elektromotor při svém rozběhu disponuje největším kroučícím momentem a je tedy schopen vozidlo snadno rozjet, aniž by při tom bylo nutné jeho rotor (kotvu) fyzicky odpojovat od kol.

Jelikož elektromotory disponují velkým kroutícím momentem v mnohem širším rozsahu otáček, než je tomu u motorů spalovacích, není (teoreticky vzato) u elektromobilů nezbytně nutná ani běžná automobilová vícerychlostní převodovka. Přesto ale někteří výrobci elektromobilů své vozy vybavují dvoustupňovou automatickou převodovkou, přičemž 1. stupeň je určen pro městskou jízdu do cca 60 km/h a 2. stupeň se pak použije pro rychlosti vyšší. Převodovka ovšem není nezbytná – např. naše opavské trolejbusy nic takového nemají a jejich elektromotory jsou s poháněnými koly spojeny jednoduchým pevným převodem.

Couvání se u elektromobilů provádí přepólováním buzení elektromotoru. Protože je elektromobil teoreticky schopen jet dozadu stejně rychle jako dopředu, je rychlost couvání omezena řídicím softwarem vozu.

Elektromobily ani nemusí nutně mít na poháněné nápravě rozvodovku s diferenciálem. Dá se totiž u nich použít i uspořádání se dvěma samostatnými elektromotory umístěnými po jednom na každém kole hnací nápravy. Rozdíl otáček mezi vnějšími a vnitřními koly při průjezdu vozu zatáčkou rovněž obstará řídicí elektronika.



Podvozková platforma elektromobilu se dvěma elektromotory a pohonem všech čtyř kol.

Zdroj: <https://www.kia-express.cz/fotky/?list=item&page=118>

Asi největší technické kouzlo, které provoz elektromotoru u auta nabízí, je bezesporu rekuperační elektrodynamické brzdění. Není to žádná novinka – tramvaje takto brzdí už více než sto let. (U nich se ale při tom vzniklý proud dříve mařil v přídavných odporech, moderní tramvaje jej rekuperují do troleje.)

Vše probíhá takto: Pokud řidič elektrického auta sundá nohu z „plynového“ pedálu, elektronika vozu přepojí elektromotor do generátorového chodu a ten, poháněn kinetickou energií jedoucího vozidla, začne vyrábět elektrický proud. Jím je pak zpětně nabíjena lithium-iontová baterie vozu. Automobil snižuje svou kinetickou energii a zpomaluje až do zastavení. Elektromobil ale také disponuje i klasickými čelistovými brzdami, které řidič použije v nečekaných a nouzových situacích. V předvídatelných situacích je naproti tomu možné jízdu vozu ovládat jen výše zmíněným „plynovým“ pedálem.

Elektromobily vyžadují mnohem menší údržbu než auta se spalovacím motorem. Odpadají u něj starosti s výměnou motorového oleje, se svíčkami, vstřikováním, ventily a rozvody a vozidlo také postrádá alternátor a startér. Díky rekuperačnímu elektrodynamickému brzdění se i méně opotřebovávají brzdové destičky (čelisti) a kotouče.

Mezi jednoznačné nevýhody elektrického automobilu patří jeho vyšší hmotnost daná především značnou váhou akumulátorů, kratší dojezd na jedno nabití (ve srovnání s plnou nádrží paliva) a delší doba nabíjení (ve srovnání s tankováním).

O elektromobilech se někdy s trochou nadsázky říká, že jsou „jednoduché jak vrtačka“. O jejich pohonných ústrojích (elektromotor + převodovka + poháněná náprava) to asi platí, nicméně jejich ostatní komponenty už docela složité jsou.

Tak například akumulátory: Dnes se takřka výhradně používají lithium-iontové baterie, protože ze všech dosud známých druhů baterií mají nejvyšší energetickou kapacitu při relativně nízké hmotnosti. Obsahují řádově stovky elektrických článků, z nichž každý má kladnou elektrodu vyrobenou z vhodné slitiny lithia (obvykle lithium + kobalt) a zápornou z uhlíku (obvykle v podobě grafitu). Elektrolytem bývá lithiová sůl.

Při nabíjení akumulátoru se z kladné katody uvolňují ionty lithia, které procházejí elektrolytem a usazují se na záporné anodě.

Při vybíjení panuje opačný proces. Ionty lithia se opět elektrolytem vracejí z anody na katodu a vnějším obvodem přitom putují volné elektrony, které pohánějí ústrojí auta.

U elektromobilu bývají akumulátory obvykle umísťovány na podvozkovou platformu mezi přední a zadní nápravu pod podlahu prostoru pro cestující. To pomáhá snížit vozidlu jeho těžiště a zlepšit jeho jízdní stabilitu.

Lithium-iontové baterie se navíc při vybíjení zahřívají, proto je nutné je chladit. Pokud provozní teplota akumulátoru často stoupá nad 60°, významně se snižuje jeho kapacita a zkracuje životnost. U elektromobilů se akumulátory většinou chladí vodou, která proudí v potrubí na dně platformy pod akumulátorem.

Zajímavé také je, že elektromobily vedle velké lithium-iontové baterie mají i běžný 12V akumulátor s olověnými elektrodami a kyselinovým elektrolytem, jak ho známe ze spalovacích aut. Ten tam rozhodně není zbytečný. Jeho účelem je zabezpečit funkci řídicích a obslužných systémů elektromobilu i v případě úplného vybití hlavní baterie. Ono přece i u zcela vybitého a nepojízdného elektromobilu musí zůstat funkční centrální zamykání, výstražná blikací světla apod.

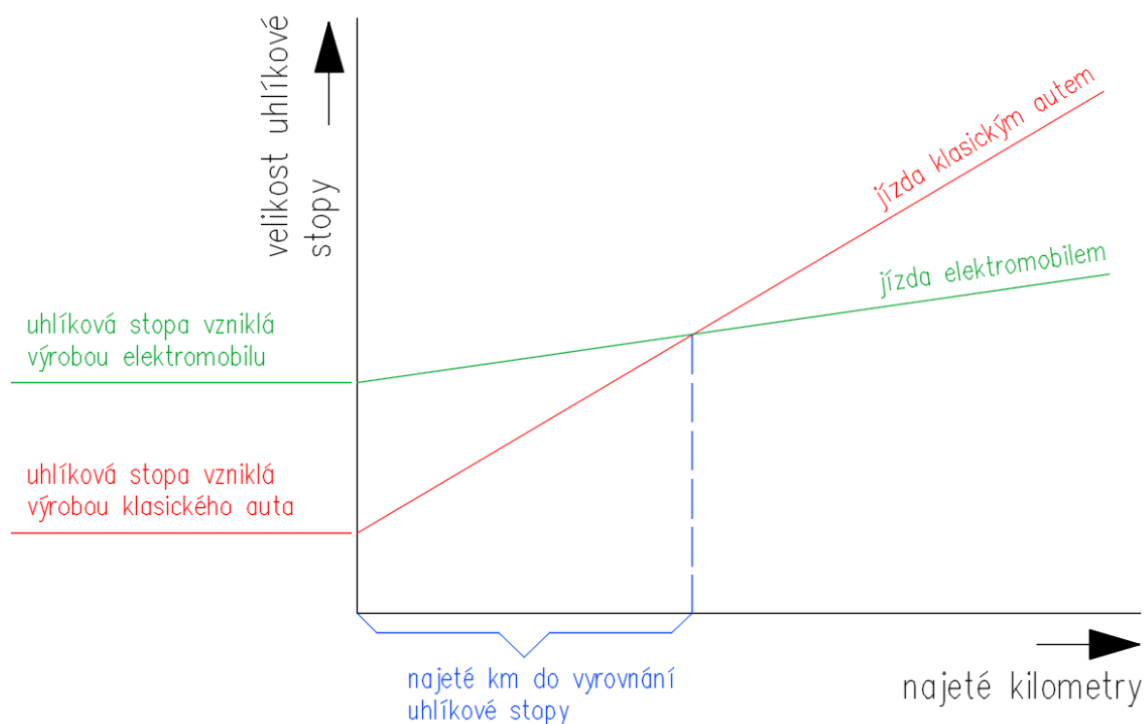
Elektromobily mohou mít různý počet elektromotorů. Používají se střídavé motory synchronní i asynchronní a jejich počet a umístění nabízí velmi pestré možnosti. Některé vozy mají jediný elektromotor buďto vpředu nebo vzadu, jiné mají dva, po jednom vpředu i vzadu. Dokonce existují i elektroauta se dvěma motory na dvou samostatně zavěšených kolech vpředu či vzadu, popřípadě se čtveřicí motorů na všech čtyřech samostatných kolech. Elektromotory se také musí chladit. Jejich optimální provozní teplota je mezi 60 °C až 70 °C. Toto chlazení se děje buďto prouděním vzduchu kolem elektromotoru (nuceně pomocí ventilátoru), nebo vozy mají druhý kapalinový okruh chlazení.

Malé zamyšlení nad ekologičností provozu elektroaut

Elektromobilita je dnes v médiích prezentována jako ekologičtější způsob individuální dopravy ve srovnání s ježděním auty na spalovací pohon. To je sice teoreticky pravda, platí to ovšem jen za určitých předpokladů. To, že elektromobil při jízdě nevypouští žádné výfukové spaliny, je nesporný fakt. Neznamená to ale, že svou jízdou nezanechává žádnou uhlíkovou stopu. Zde je potřeba totiž

zohlednit i způsob výroby elektřiny, kterou spotřebovává a v ČR je asi třetina elektrické energie stále ještě vyráběna v uhelných elektrárnách a ty spaliny produkují. Na českých silnicích tedy jedoucí elektromobily nějakou uhlíkovou stopu mají, ale tato je menší než u jedoucího auta se spalovacím pohonem. Další uhlíková stopa vzniká už při výrobě vozidel. Když se přihlédne k energeticky velmi náročné výrobě potřebných lithium-iontových akumulátorů, musíme konstatovat, že elektromobil už svou výrobou zatěžuje životní prostředí mnohem více, než spalovací auto.

Uhlíková stopa je tedy při provozu elektromobilu oproti spalovacímu autu nižší teprve po naježdění několika desítek tisíc kilometrů. To znamená, že když si pořídíte nový elektromobil, a po najetí dejme tomu 1000 km jej totálně nabouráte, tak jste životnímu prostředí neprospěli, ale uškodili.



Srovnání uhlíkové stopy při provozu klasického automobilu a elektromobilu.

Mild-hybridy

Jsou to nejméně elektrizované hybridní automobily. Jedná se vlastně o klasické automobily se spalovacími motory (zážehovými i vznětovými) doplněnými malým elektromotorem a baterií. Elektromotor má malý výkon a není schopen auto sám „utáhnout“. Slouží pouze jako výpomoc spalovacímu motoru při rozjezdu či při náhlé akceleraci. Zároveň při zpomalování vozidla (při jízdě na volnoběh i při brzdění) přeměňuje část jeho kinetické energie na elektrickou, kterou rekuperuje zpět do baterie.

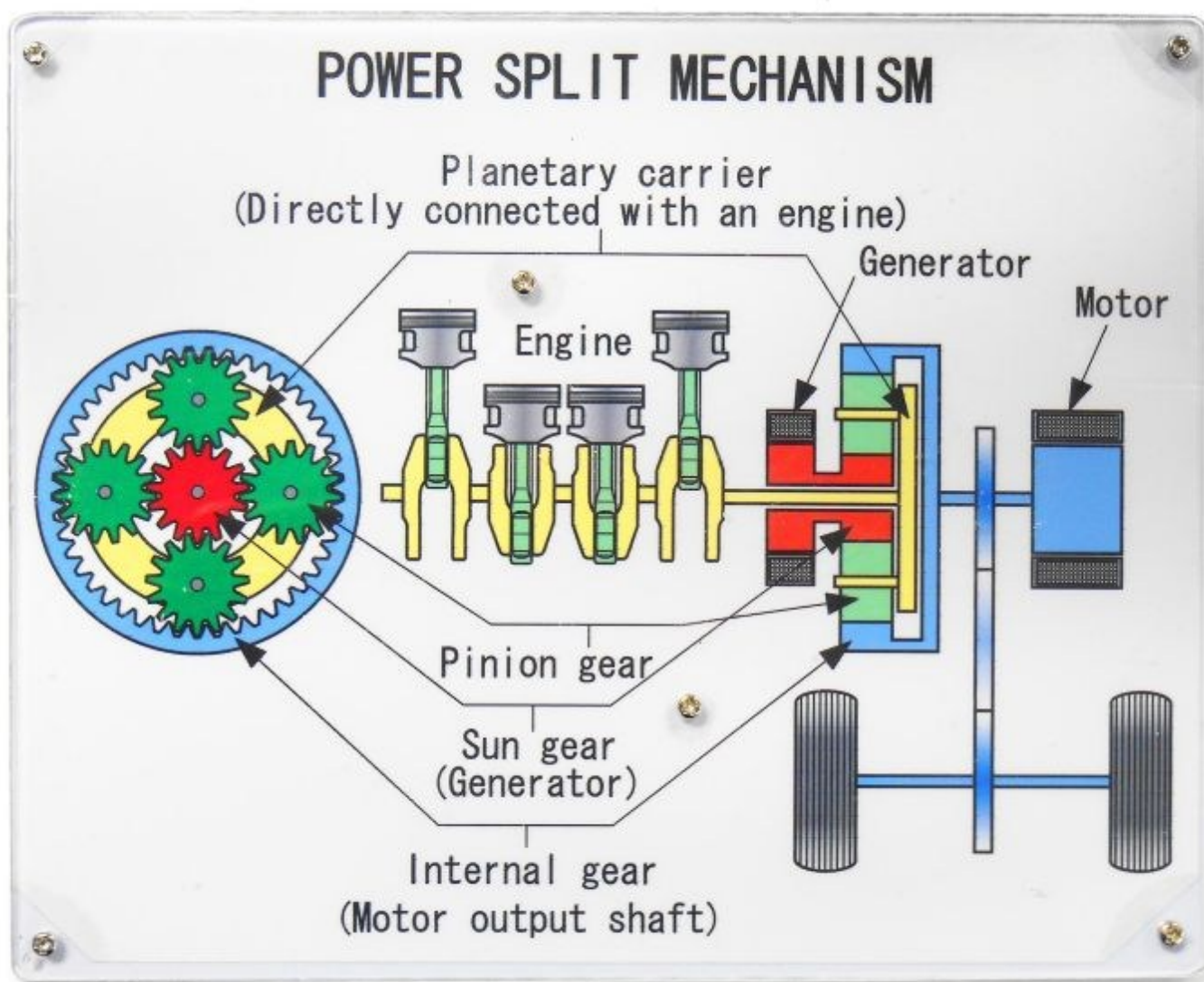
Mild hybridy jsou tedy automobily, které nejsou schopny jízdy jen na čistě elektrický pohon. Ten složí jen k podpoře hlavního motoru při maximálních zátěžích. Baterii mild-hybridu ani není možné nabíjet z vnějšího zdroje, nabíjení se děje rekuperací nebo klasicky spalovacím motorem.

Hybridy

Ty mají spalovací i elektrický pohon. Na rozdíl od předchozích mild-hybridů ale mají jejich elektromotory větší výkony a také baterie bývají větší. Jsou to vozidla schopná i jízdy jen na čistě elektrický pohon, nicméně pouze v rozsahu několika málo kilometrů. V praxi to vypadá tak, že elektromotor hybridního auta vůz rozjede a po dosažení určité rychlosti jízdy předá pohon spalovacímu motoru. Čistě elektricky se děje jen manipulační poježdění auta na parkovištích a v garážích a také couvání.

Ani u běžných hybridů nelze baterii nabíjet připojením kabelu k vnějšímu zdroji elektřiny, i u nich se tato nabíjí rekuperací při brzdění nebo s využitím spalovacího motoru.

Primárním zdrojem energie je u hybridních automobilů stále ještě pouze palivo pro spalovací motor. Pomocí elektropohonu tyto vozy dokáží s touto energií nakládat hospodárněji, mají oproti klasickým autům nižší spotřebu, delší dojezd na jednu plnou nádrž a zanechávají o něco menší uhlíkovou stopu.



Pohon hybridních vozidel bývá zpravidla řešen s využitím planetové převodovky vložené mezi spalovací motor a elektromotor.

Zdroj: <https://nadascientific.com/default/hybrid-system-model-manual-operation-toyota-prius.html>

Plug-in-hybridy

Takto jsou označovány hybridní automobily, jejichž baterii lze navíc nabíjet i z vnější nabíječky. Jsou to vlastně „hybridy do zásuvky“. Jejich baterie zpravidla bývají o něco větší než u standardních hybridních aut a mívají i větší kapacitu. Výkony elektromotorů u plug-in-hybridů bývají srovnatelné s výkony jejich spalovacích motorů a tato auta jsou pak schopna delší jízdy na čistě elektrický pohon. Jejich „elektrický“ dojezd výrobci uvádějí v rozpětí od desítek po nižší stovky kilometrů. Po vybití baterie u nich nastupuje spalovací pohon.

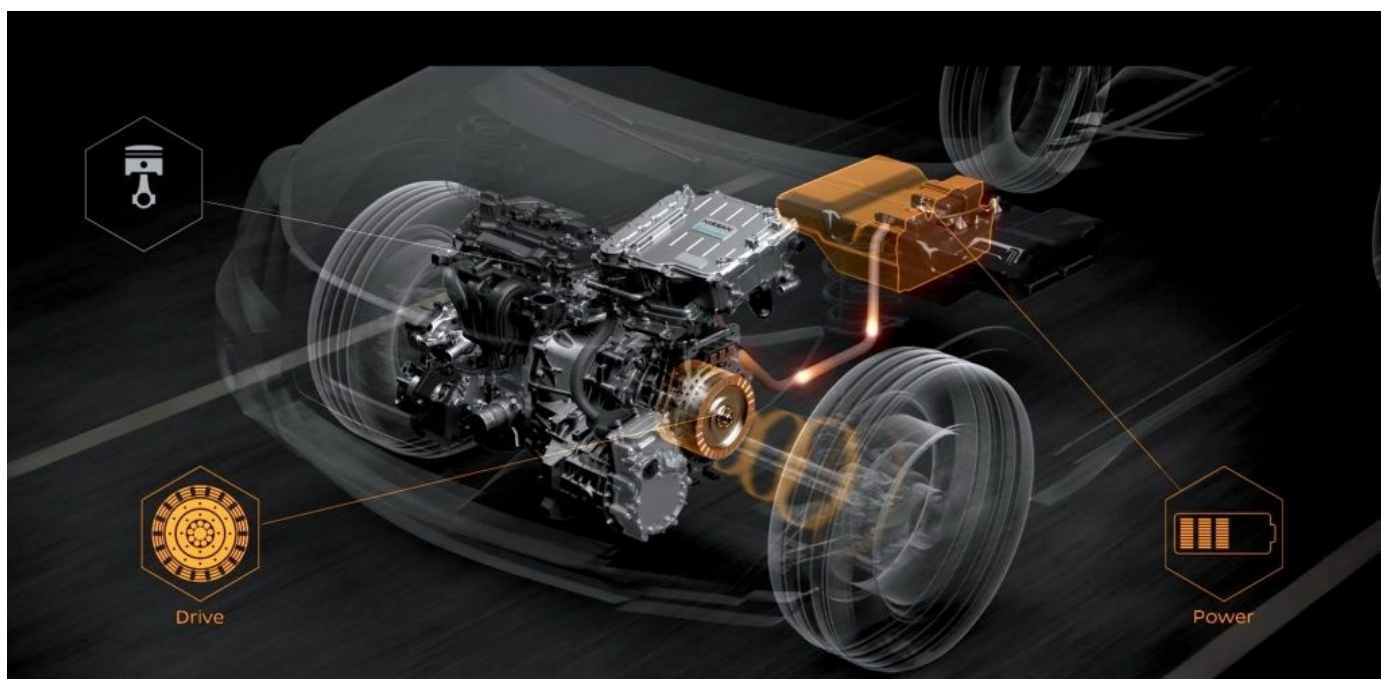
Hybridy e-Power

Tento zatím zcela ojedinělý systém uspořádání pohonů hybridních automobilů vymyslela před několika lety nejmenovaná japonská automobilka. Pohon e-Power je v principu zdokonalením pohonu klasického hybridního auta bez možnosti nabíjení baterie z vnějšího zdroje. Plug-in-hybridy jsou tady mimo hru.

U systému e-Power není spalovací motor vozidla vůbec mechanicky spojen s jeho poháněnou nápravou. Díky tomu z pohonného ústrojí auta zcela odpadají převodovka a spojka. O pohon automobilu se pak výlučně stará jen elektromotor, spalovací motor naproti tomu pohání generátor elektrického proudu. Elektřina pak při jízdě putuje na svorky elektromotoru a svými přebytky nebo po zastavení vozu nabíjí standardní lithium-iontovou baterii. Je-li baterie dostatečně nabita, je pak schopna po určitou krátkou dobu pohánět auto i sama. Tento čistě elektrický dojezd může činit 3 až 4 km.

E-Power hybridy samozřejmě disponují i rekuperačním brzděním úplně stejně, jako je tomu u všech jiných druhů hybridních aut i u elektromobilů. To jim prodlužuje dojezd.

Jelikož je provoz spalovacího motoru u e-Power hybridů fyzicky oddělen od jízdy auta, je motor seřízen tak, aby ihned po startu naběhl do optimálních otáček, při nichž má nejmenší spotřebu v závislosti na stylu jízdy.



Uspořádání hybridního pohonu e-Power.

Zdroj: <https://evcentral.com.au/nissan-e-power-hybrid-tech-explained/>

„Hybridní“ zamyšlení

Pokud bychom měli **hybridní automobily zhodnotit** z provozního hlediska, nemůžeme se vyhnout určité kontroverzi. Vozidla se dvěma druhy pohonu jsou už z podstaty věci složitější než čistě spalovací auta nebo plné elektromobily. Z toho pramení i jejich vyšší poruchovost. Objemné baterie je navíc nutné někde umístit, což se zpravidla děje na úkor zavazadlového prostoru.

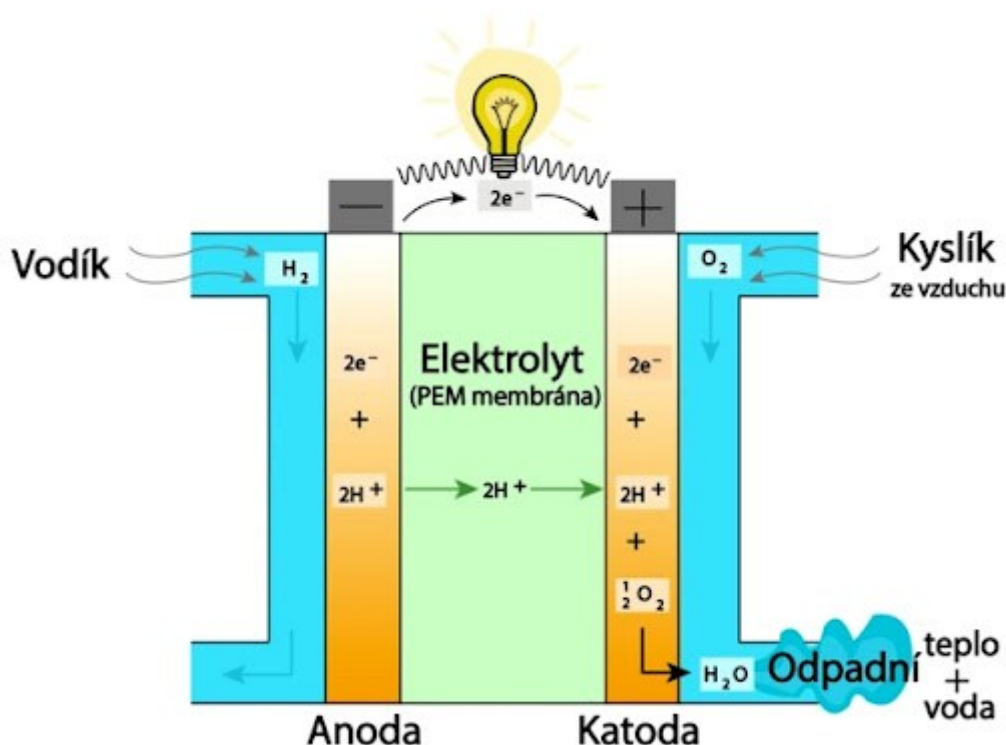
Výhodou hybridních vozů je možnost rekuperace elektrické energie při brzdění, což těmto autům snižuje spotřebu paliva. To se ovšem projeví hlavně v městském provozu, při jízdě konstantní rychlostí po dálnici k žádným úsporám prakticky nedochází. Hybridní automobily jsou tedy výborné pro kratší jízdy (například pro každodenní dojíždění do práce), pro dálkové cestování se hodí méně.

Vodíkové automobily

Vodíkový automobil je ve své podstatě (pomineme-li možnost přímého spalování vodíku ve spalovacím motoru, což taky lze) elektromobil, u kterého je potřebná elektrická energie získávána chemickou reakcí vodíku s kyslíkem v tzv. palivovém článku. Ten u auta nahrazuje baterii.

S elektromobily mají vodíková auta mnohé společné. Zejména tichý a bezemisní provoz. Jinak platí, že provoz elektromobilů je ekonomičtější, vodíkové vozy naproti tomu nabízejí rychlejší tankování a delší dojezd.

Palivový článek je zařízení se dvěma elektrodami, katodou a anodou, mezi něž je vložena elektrolytická membrána. K anodě je přiváděn vodík, ke katodě kyslík. Na anodě probíhá redukční reakce, při níž vznikají kladné vodíkové ionty a záporné volné elektrony. Zatímco ionty prostupují membránou přímo ke katodě, elektrony to berou oklikou a putují elektrickým obvodem přes pohonné ústrojí auta. Na katodě článku pak dochází k další reakci, kdy z vodíkových iontů, volných elektronů a přivedeného kyslíku vzniká vodní pára odváděná výfukem auta do ovzduší.



Nákres principu funkce palivového článku.

Zdroj: <http://www.droneweb.cz/aktuality/item/260-plativove-clanky-drony>

Protože je pára odcházející z palivového článku již ze své fyzikální podstaty horká (teplota nad 100 °C), je energetická účinnost vodíkových aut nižší, než je tomu u bateriových elektromobilů. Účinnost samotných palivových článků se uvádí do 50 % a celého vodíkového auta jen do 25 %, což vskutku není mnoho.

Zdali má vodíková elektromobilita potenciál stát se budoucností pozemní dopravy, se teprve ukáže. Asi to bude záležet na ekonomice provozu takovýchto aut, do níž budou muset být zahrnuty i náklady na vybudování infrastruktury pro výrobu, transport a tankování potřebného vodíku. Možná je to jen slepá ulička vývoje.



Princip pohonu vodíkového auta.

Zdroj: <https://www.lesni-park.cz/auto-na-vodik/>