



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

TRENDY VE VÝVOJI HYBRIDNÍ VOZIDEL

TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF HYBRID VEHICLES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Matej Ďurica

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.

BRNO 2020

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **Matej Ďurica**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.**
Akademický rok: 2019/20

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Trendy ve vývoji hybridní vozidel

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Rozvoj různých technologií pohonů hybridních vozidel v posledních letech nabral na dynamice. Vzniká tedy potřeba vytvořit kompletní přehled v současné době využívaných technologií a používaných označení a zkratk pro ně. Je třeba prostudovat výhody a nevýhody jednotlivých typů.

Cíle bakalářské práce:

Přehled současného stavu poznání ve vývoji hybridních pohonů. Zpracovat výhody a nevýhody jednotlivých typů hybridních pohonů. Zpracovat přehled označování hybridních pohonů. Zpracovat přehled jednotlivých komponent celého hybridního pohonu včetně zástavby ve vozidlech. Základní analýza využití hybridního vozidla na známé dráze.

Diskuse zahrnující směry, kterými se bude rozvoj těchto pohonů a vozidel ubírat.

Seznam doporučené literatury:

VARGA, B, ICLODEAN, C. a FLORIN, M. Electric and Hybrid Buses for Urban Transport: Energy Efficiency Strategies. Switzerland: Springer, 2016. ISBN 978-3-319-41249-8.

PISTOIA, G. Electric and hybrid vehicles: power sources, models, sustainability, infrastructure and the market. Boston: Elsevier, 2010. ISBN 978-0-444-53565-8.

LINK, A., O'CONNER, A., SCOTT, T. Battery technology for electric vehicles: public science and private innovation. New York, NY: Swales&Willis, 2015. ISBN 978-1-138-81110-2.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2019/20

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Táto bakalárska práca sa zaoberá vývojom hybridných vozidiel a to hlavne za posledných desať rokov. Prvá časť popisuje kategórie hybridných vozidiel s dôrazom na vývoj akumulátorov a s tým spojenou technológiou. Dôležitou časťou sú výhody a nevýhody systémov a pohonov. Druhá časť sa zaoberá budúcnosťou hybridných pohonov, aplikáciami hlavne v ťažkom priemysle a možnosťami zmeny „ťažkých“ fosílnych palív „zelenšími“ alternatívami. V závere práce je zhodnotenie dopadu koronavírusovej krízy na automobilový priemysel.

KLÚČOVÉ SLOVÁ

hybridný pohon, elektromotor, hybridné vozidlo, akumulátory, emisie, CO₂, NO_x

ABSTRACT

This bachelor thesis is dedicated to make brief research in the hybrid automotive department, focused on the last ten years of development. The first part describes the categories of hybrid vehicles with an emphasis on the development of accumulators and related technology. An important part is the advantages and disadvantages of systems and drives. The second part deals with the future of hybrid drives, applications mainly in heavy industry, and the possibilities of changing "heavy" fossil fuels with "greener" alternatives. At the end of the work is the evaluation of the impact of the COVID crisis on the automotive industry.

KEYWORDS

hybrid drive, electric motor, hybrid vehicle, accumulators, emissions, NO_x, CO₂

BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA

ŘURICA, Matej. *Trendy ve vývoji hybridní vozidel*. Brno, 2020. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/125032>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. 38 s. Vedoucí práce prof. Ing. Josef Štětina Ph.D..

ČESTNÉ PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že som túto bakalársku prácu vypracoval samostatne a je mojím pôvodným dielom pod vedením vedúceho bakalárskej práce s použitím informačných zdrojov uvedených v zozname.

V Brne, dňa 20. 6. 2020

.....

Matej Ďurica

POĎAKOVANIE

Touto formou by som sa chcel poďakovať svojmu vedúcemu, prof. Ing. Jozefovi Štetinovi, Ph.D., za cenné rady pri tvorbe tejto práce. Zároveň ďakujem aj Ing. Michalovi Ivaničovi za rady a pomoc pri vypracovaní práce.

OBSAH

Úvod	2
1. História hybridných vozidiel	3
2. Rozdelenie hybridných pohonov	4
2.1 Full hybrid	4
2.2 Plug-in hybrid	4
2.3 Mild Hybrid	5
2.4 Micro hybrid	7
3. Hybridné usporiadanie	8
3.1 Sériová konfigurácia	8
3.2 Paralelné usporiadanie	9
3.3 Zmiešaná konfigurácia	10
3.3.1 Power-split hybrid	10
3.3.2 Sériovo-paralelný hybrid	10
3.3.3 Sériovo-paralelný hybrid s prevodovkou	11
3.4 TTR paralelný hybrid	12
4. Atkinsonov cyklus	13
4.1 Porovnanie s bežným cyklom	13
5. Trendy vo vývoji akumulátorov	14
5.1 Lítium-iónové batérie	14
5.2 Sodík-sírové batérie	15
5.3 Polovodičové batérie	16
5.4 Nikel-metal hydridové batérie	18
5.5 Superkondenzátory	20
6. Formula 1 – systém KERS, MGU-K a MGU-H	22
7. Trendy vo vývoji hybridnej technológie	25
7.1 Technológia V2G	25
7.2 Technológia indukčnej cesty	26
7.3 Dopad koronavírusovej krízy na automobilový priemysel	27
7.4 Počet zelených áut – aktuálna situácia v Česku a na Slovensku	28
Záver	31
Použité informačné zdroje	32
Zoznam obrázkov	36
Zoznam použitých skratiek a symbolov	37

ÚVOD

Rozvoj alternatívy k pohonu motormi spaľujúcimi fosílne palivá naráža na viacero prekážok. No aj na pochybnosti o elektromobilite ako jedinej správnej ceste k náhrade „špinavých“ dopravných prostriedkov „čistými“. Zlatá stredná cesta sa javí vo vývoji hybridných vozidiel.

Hybridné vozidlá a myšlienka ich konštrukcie je stará viac ako 100 rokov, no ich realizácia bola odsunutá hlavne pre rozmach v ére spaľovacích motorov. Odhliadnuc od faktu, že hybridné vozidlá tu sú už dlhú dobu, nikdy nebol lepší čas a väčšia motivácia pre ich zdokonalenie a vyriešenie všetkých problémov pre ich fungovanie. Hlavným faktorom sú stále pribúdajúce autá, ktoré stále viac a viac zaťažujú náš eko-systém emisiami. Regulačné orgány Európskej únie stále sprísňujú emisné limity a práve v tomto roku 2020 vstupuje do platnosti prvá méta obmedzujúca maximálnu produkciu miestnych emisií CO₂ na 95 g/km.

Sťažené podmienky dnešných konštruktérov vo vývoji automobilov, často rieši cesta hybridizácie pohonu, ktorá spája dobré vlastnosti vozidiel zo sveta elektromobility, ako aj skúsenosti z vývoja spaľovacích motorov. Mnohé krajiny sa zaviazali, že do najbližších rokov úplne zakážu fosílne palivá vo všetkých sférach, no prechodná cesta k tomuto cieľu ide práve cez hybridný pohon vozidiel, ktorého výhody a nevýhody sú spracované v tejto práci.

1. HISTÓRIA HYBRIDNÝCH VOZIDIEL

Dnes nie je možné určiť, kedy v minulosti presne vznikol prvý motor s prívlastkom hybridný. Vieme, že dôvody pre ich vznik sa oproti dnešku výrazne líšili. V časoch priemyselnej revolúcie, na prelome 19. storočia, kedy bol vývoj spaľovacích motorov len na začiatku, elektromotory boli už dosť známe. Vozidlá s elektromotormi boli schopné dosahovať väčšie rýchlosti, no ako je tomu aj dnes, zdieľali podobné problémy. K najväčším patrila práve nedokonalá technológia skladovania elektrickej energie, keďže akumulátory tej doby boli veľmi veľké a disponovali malou kapacitou. Na vyriešenie tohto problému bol najatý mladý rakúsky konštruktér, ktorý v roku 1898 navrhol pre Lohner-Werke model Semper Vivus. Jeho meno bolo Ferdinand Porsche a tento automobil sa stal prvým hybridným vozidlom na svete. Ďalšou kapitolou vo vývoji bolo auto Lohner-Porsche, vozidlo bez prevodu poháňané elektromotorom v náboji kolies, ktorý sa stal hitom autosalónu v Paríži v roku 1900. Prvý akumulátorový elektromobil bol poháňaný dvoma elektromotormi, vsadenými do predných kolies. Na pretekárske účely bol neskôr vyvinutý novší typ, ktorý na rozdiel od svojho predchodcu obsahoval až štyri motory, jeden v každom kolese. Technológia elektromobilov bola však nedokonalá a bola limitovaná veľkosťou batérií a ich kapacitou. Porsche sa teda zamerlal na vývoj hybridu. Semper Vivus („vždy živý“) dostal za pohonnú jednotku dva spaľovacie motory DeDion Bouton s výkonom 3,5 k (pozn. k je kôň – staršia jednotka výkonu, rovná 735,29 W), ktoré poháňali dva generátory s výkonom 2,5 k. Takto vyrobený prúd napájal elektromotory uložené v náboji kolies a zároveň dobíjal akumulátory. Spaľovací motor, podobne ako dnes, sa na štarte a rozbehu vozidla nepodieľal. Veľkou výhodou bol teda oveľa väčší dojazd v porovnaní s elektromobilom. Zaujímavé bolo využitie generátorov, ktoré mali zároveň úlohu spúšťača spaľovacieho motora. V praxi musel Porsche bojovať s viacerými problémami, ako napr. vysoká hmotnosť vozidla (1,2 tony) a zároveň synchronizácia medzi činnosťou spaľovacieho motora, generátora a elektromotora. Na druhej strane, však nebol obmedzený emisnými normami [1].



Obr.1 Semper Vivus [2]

2. ROZDELENIE HYBRIDNÝCH POHONOV

2.1 FULL HYBRID

Najrozšírenejšiu kategóriu tvoria paralelné full hybridy. Ich pohon využíva zapojenie spaľovacieho a elektrického motora, čo znamená, že každý z motorov môže vozidlo poháňať aj samostatne, no v prípade potreby sú v činnosti obidva. Systém vo väčšine modelov používa NiMH akumulátory s napätím 276 – 280 V a dvojicu striedavých motorgenerátorov pripojených cez planétovú prevodovku k spaľovaciemu motoru a náhonu kolies. Tie podľa režimu jazdy poháňajú vozidlo alebo zabezpečujú rekuperáciu. Klasické hybridy nabíjajú batériu iba počas jazdy, pokiaľ je v činnosti motor alebo keď auto spomaľuje, pomocou rekuperácie. Nedajú sa pripojiť do zásuvky a dobíjať. Dojazd na batériu v prípade plného nabitia je zhruba 1 až 3 km, nie je to však ten najdôležitejší údaj. Riadiaca jednotka volí optimálny druh pohonu podľa konkrétnej situácie a pohony sa navzájom dopĺňajú. Emisie CO₂ a NO_x sa v porovnaní s bežným automobilom rovnakej váhovej kategórie redukujú asi na polovicu [3] [4].



Obr.2 Full hybrid Toyota Yaris [5]

2.2 PLUG-IN HYBRID

Konfigurácia plug-in hybridu (PHEV) je prechodná technológia medzi batériovým elektromobilom (BEV) a full hybridom (HEV). Podľa Inštitútu pre elektrinu a elektroniku, možno plug-in hybrid definovať ako vozidlo, ktoré obsahuje akumulátor s minimálnou veľkosťou 4 kWh, ktorý využije k pohonu vozidla a musí mať možnosť dobíjania akumulátora z externého zdroja elektriny. Musí prejsť minimálne 15 km na čisto elektrickú energiu bez použitia iného paliva. Konceptne je plug-in hybrid typom full hybridu, ktorý navyše obsahuje veľkú batériu dobíjateľnú z externého zdroja. Keď je batéria dobíjaná na maximum, môže vozidlo fungovať čisto na elektrinu s dojazdom zodpovedajúcim hmotnosti vozidla a rýchlosti jazdy. Režim sa automaticky prepne do hybridného módu po poklese úrovne energie v batérii

preddefinovanej dodávateľom. Výhoda externého dobíjania nie je jedinou výhodou plug-in hybridu, medzi jeho schopnosti tiež patrí možnosť vrátiť prebytočnú energiu do systému. Jednou z výhod je možnosť prevádzky v dvoch rôznych módoch v závislosti od stavu nabitia batérie. Prvý mód, so skratkou CD (charge-depleting), predstavuje situáciu, kedy je počiatočný stav batérie: 100 % nabitá. Plug-in hybridy sú charakterizované podľa ich CD dojazdu, napr. PHEV-X, kde X je počet kilometrov, ktoré môžu byť realizované v CD móde. PHEV-32 znamená že plug-in hybrid má dojazd 32 kilometrov čisto na elektrinu. Po dosiahnutí konca jeho CD dojazdu sa vozidlo prepne do druhého módu: CS (charge sustaining). V rámci trvania tohto módu je funkcia vozidla dosť podobná klasickému hybridu, kedy vozidlo využíva energiu z brzdenia a zo spaľovacieho motora na udržanie konštantnej hodnoty SOC – priemerného stavu nabitia. Prepnutie do CS módu je spustené vtedy, ak batéria dosiahne hodnotu SOC približne 30 %. Kontrolná jazdná stratégia vozidla vyhodnotí, či je vhodnejšia prevádzka v čisto elektrickom alebo zmiešanom móde. Čisto elektrický mód znamená, že vozidlo bude využívať iba elektrinu v určitom CD rozsahu. V tomto prípade je CD dojazd často zamieňaný za AER (all-electric range), teda čisto elektrickú jazdu. Ak je CD mód zmiešaný, spaľovací motor a elektromotor sú využívané súčasne na pohon vozidla. Inak povedané, čisto elektrický plug-in hybrid bude potrebovať väčší elektromotor a väčšiu batériu, ako keby vozidlo využívalo zmiešaný zdroj energie [4] [6].

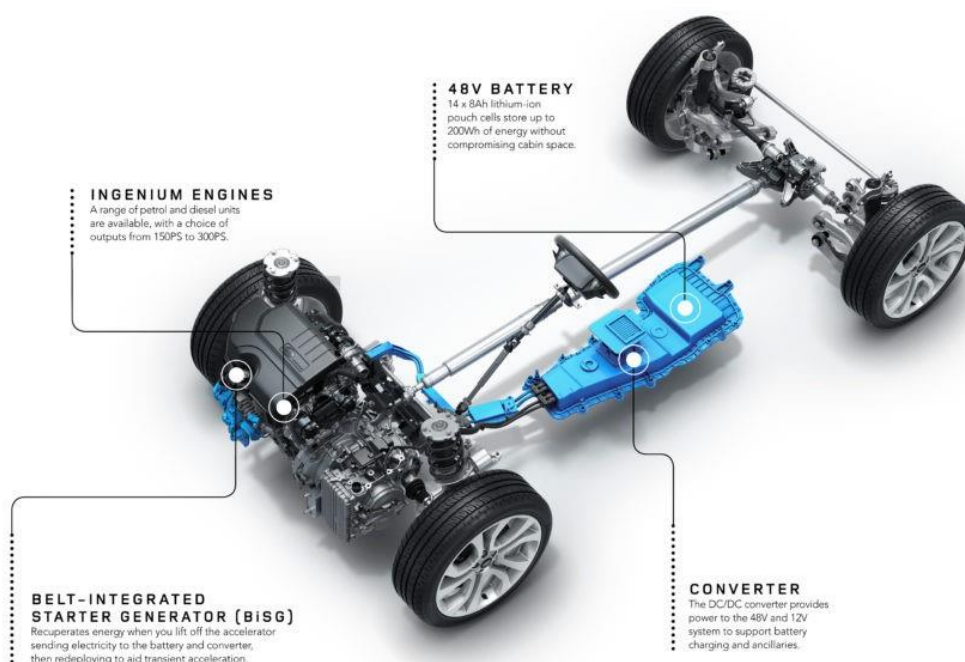


Obr.3 Škoda SUPERB iV plug-in hybrid [7]

2.3 MILD HYBRID

Väčšina dnešných automobiliek si momentálne osvojuje technológiu mild hybrid (MHEW), ako začiatok prechodu na plne hybridný pohon. Pre mild hybridy je charakteristický priemerne veľký spaľovací motor spojený s elektromotorom, ktorý môže dosahovať výkon až 15 kW. Mild hybridy sú relatívne úsporné, keďže navýšenie ceny za elektromotor je vyvážené cenou odobratého štartéra a alternátora, pričom si uloženie a rozloženie spaľovacieho motora nevyžaduje závažnejšie zmeny. Navyše, zákaznícky dopyt po veľkých sedanoch a športových autách je mimo Európy stále vysoký, čo tiež podporuje konfiguráciu s veľkými spaľovacími motormi. Zatiaľ čo veľkosť elektromotora pri mild hybridoch je menšia ako pri full hybridoch,

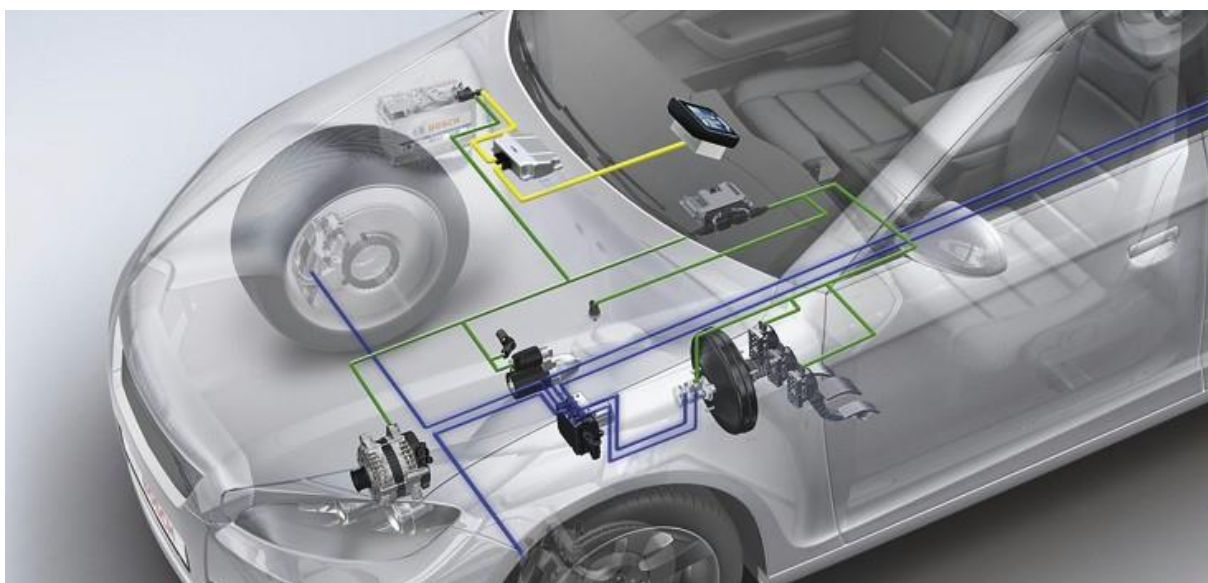
nemôže byť využitý viacúčelovo v priebehu jazdy a preto je systém na rozdelenie točivého momentu zjednodušený. Typické pre mild hybridnú konfiguráciu je, že elektromotor sa využíva iba pri štartovaní a akcelerácií. Ďalšou vlastnosťou, ktorú má dnes takmer každý mild hybrid je funkcia start/stop, ktorá umožňuje vypínanie motora keď sa automobil nepohybuje, napríklad pri státi na križovatke. Je to badateľne iné využitie hybridného pohonu ako napríklad pri full hybride, ale úspora na palive sa stále pohybuje v rozmedzí 10-15 % v porovnaní s obvyčajným motorom v rovnakej váhovej kategórii. Ako príklad môže slúžiť model Chevrolet Silverado, pri ktorom výrobca tvrdí že úspora na palive môže dosiahnuť až 12 %. Zatiaľ čo mild hybrid môže byť charakterizovaný úbytkom na sile spaľovacieho motora, ktorý je nahradený výkonom elektromotora, full hybrid má väčšie spektrum uplatnenia a vyžaduje presnú konfiguráciu, ak je cieľom zachovanie výkonu. Optimalizácia tohto problému je kľúčom k dosiahnutiu najlepšieho možného výkonu. Klasickú 12 V batériu v posledných rokoch sprevádza druhá 48 V batéria, uložená v zadnej časti vozidla. V súčte sa teda dostávame na 60 V, teda ešte stále pod hranicou tzv. vysokonapäťovej kategórie. Tento fakt má mnoho výhod z hľadiska servisu, spotreby a celkovej optimalizácie mild hybridu [4].



Obr.4 Mild hybrid Discovery 2020 [8]

2.4 MICRO HYBRID

V mnohých prípadoch sa tento typ ako hybrid neklasifikuje. Micro hybrid sa skladá z klasického spaľovacieho motora, ktorý je obohatený o systém start/stop. Funkcia tohto systému sa zakladá na automatickom vypínaní motora počas doby, kedy beží naprázdno a opätovného naskočenia hneď, keď je potrebný. Zatiaľ čo tento systém existuje niekoľko rokov, iba prednedávnom sa stal domovom pre micro hybridy. Hlavným zámerom tohto systému je úspora paliva a šetrenie ovzdušia hlavne vo veľkých urbanizovaných zónach. Podľa nemeckej automobilovej firmy Bosch, ktorá je dodávateľom tohto systému všetkým veľkým európskym automobilkám a tvrdí, že za jeho pomoci je schopná znížiť emisie a spotrebu paliva o 8 až 15 % v mestských podmienkach. V posledných rokoch prišla už zmienená nemecká firma z ďalším vylepšením tohto systému. Novou aplikáciou bude aj možnosť vypnutia motora pri jazde z kopca. Testy totiž ukázali, že motor beží zbytočne zhruba v 30 % bežnej aktivity. S aplikáciou novej verzie teda možno povedať, že necháme motor odpočívať jednu tretinu každej jazdy. Medzi nové použité komponenty patrí akumulátor s funkciou AGM, snímač neutrálu prevodovky na prevodovej skrini, alternátor s dátovým vedením zbernice LIN-BUS, spúšťač s vyššou mechanickou odolnosťou a napäťový menič [9][10].



Obr.5 Komponenty start/stop od firmy Bosch [11]

3. HYBRIDNÉ USPORIADANIE

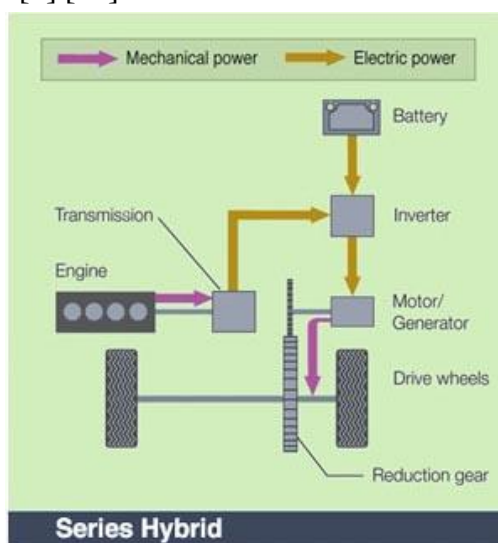
3.1 SÉRIOVÁ KONFIGURÁCIA

Sériové hybridné usporiadanie sa spolieha na dva zdroje energie, ktoré napájajú pohonnú jednotku, v tomto prípade elektromotor. Vnútný spaľovací motor je spárovaný s elektrickým generátorom, ktorý zásobuje elektromotor cez usmerňovač. Spaľovací motor funguje so svojou najvyššou účinnosťou, pretože je prepojený na motorové kolesá, čo zaisťuje využitie spaľovacieho motora s vysokou rýchlosťou a nízkym prevodom. Pretože má elektromotor skoro ideálnu rýchlo-spojkovú charakteristiku, nepotrebujú prevodovku s viacerými prevodmi a tiež viacero elektromotorov môže byť pripojených individuálne k jednotlivým kolesám. Táto konfigurácia umožňuje mechanické párovanie medzi kolesami, takže zaručuje pohon na každom kolese. Manažment prevodovky je zjednodušený, pretože je tu možnosť rozpojenia medzi kolesami a spaľovacím motorom. Hlavné **výhody** tohto usporiadania sú:

1. spaľovací motor možno prevádzkovať s vysokou efektivitou,
2. variabilné uloženie elektromotora,
3. vhodné do mestského prostredia,
4. možnosť úplného vynechania prevodovky,
5. možnosť využitia viacerých elektromotorov a tým teda poháňať každé koleso.

Medzi **nevýhody** sériového usporiadania patrí:

1. Mechanická energia spaľovacieho motora je transformovaná na elektrickú pomocou generátora, táto energia slúži k pohonu elektromotora zodpovedného za pohyb vozidla. Tento opakovaný transformačný proces znižuje efektívnosť vozidla.
2. Elektrický generátor zvyšuje cenu a hmotnosť auta.
3. Elektromotor musí mať dostatočnú silu na zaručenie prevádzky vozidla pri maximálnom výkone[3] [12].



Obr.6 Sériové usporiadanie - schéma[13]

3.2 PARALELNÉ USPORIADANIE

Pri paralelnom usporiadaní môžu obidva motory sprostredkovať pohon kolies, buď individuálne alebo ich kombináciou. Systém sa ľahko adaptuje na akúkoľvek reálnu situáciu. Batéria v automobile sa dobíja prostredníctvom spaľovacieho motora alebo rekuperácie. Pri tomto procese má elektromotor funkciu generátora. Pri zapojení oboch motorov je možné dosiahnuť vysoký krútiaci moment pri nízkych otáčkach a tým má tento motor dostatočnú výkonovú rezervu a nie je nutné použiť veľkoobjemový spaľovací motor. Elektrický tok idúci z batérií môže potom byť efektívne využitý napríklad pri štarte vozidla. Odhliadnuc od jednoduchšieho usporiadania, spaľovací motor nemôže byť súčasne využitý k pohonu kolies a zároveň na dobíjanie batérií. Na udržanie maximálneho využitia energie zo spaľovacieho motora, niektoré funkcie, ako napríklad klimatizácia, či posilňovač riadenia, sú ponechané na elektromotor. Elektromotor v tomto usporiadaní má trojfázovú variabilitu, rozdelenú na tieto kategórie:

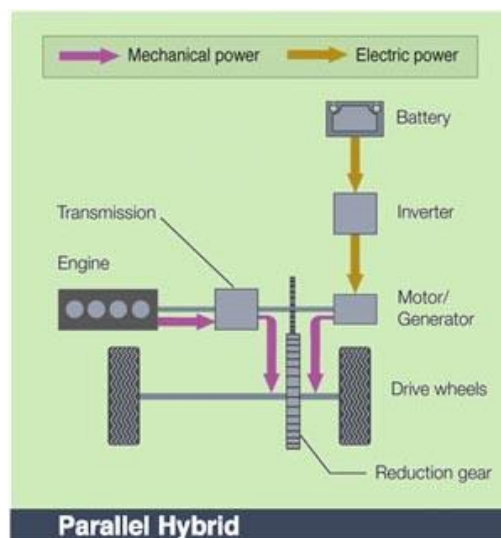
1. asynchrónny motor (ASM),
2. synchronný motor s permanentným magnetom (PSM),
3. motor s priečnym tokom (TFM),
4. motor s obrátenou magnetickou rezistenciou (SRM).

Výhody paralelného usporiadania sú:

1. možnosť využitia menšieho spaľovacieho motora a tým šetrenie miesta,
2. vysoká účinnosť hlavne pri vyšších rýchlostiach,
3. rozsiahle spektrum využitia spaľovacieho motora, ktorý môže slúžiť ako generátor, pohonná jednotka alebo ako štartér.

Medzi **nevýhody** možno zaradiť:

1. v porovnaní so sériovým usporiadaním, menšia efektivita pri nižších rýchlostiach,
2. mechanická väzba medzi motormi a nápravou, čo znižuje optimalizáciu nastavenia systému a tým navyšuje spotrebu,
3. pri umiestení elektromotoru na výstupe prevodovky sa stráca možnosť dobíjania batérií [3].



Obr.7 Schéma paralelného usporiadania [13]

3.3 ZMIEŠANÁ KONFIGURÁCIA

Výhody a nevýhody predchádzajúcich dvoch usporiadaní, vedú k optimalizácii medzi elektromotorom, spaľovacím motorom, akumulátorom, prevodovkami a spojkami tak, aby sa výkon dostal na kolesá viacerými cestami teda, došlo k vetveniu výkonu. Tento stav sa dosahuje pomocou diferenciálu alebo cez elektromotor. Systém so zmiešaným prívodom energie sa rozdeľuje do nasledujúcich kategórií: Power-split hybrid, sériovo-paralelný hybrid a sériovo-paralelný hybrid s prevodovkou.

3.3.1 POWER-SPLIT HYBRID

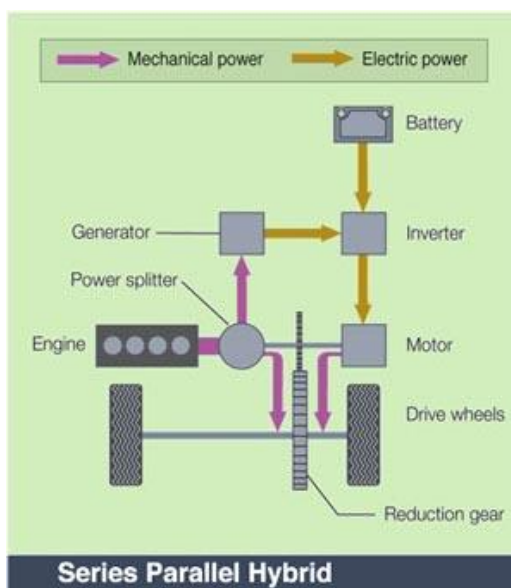
Power-split hybrid je systém, kde je energia generovaná spaľovacím motorom, prechádza cez diferenciál priamo na kolesá. Súčasne s týmto cyklom však vzniká ďalší, kde energia poháňajúca generátor tvorí brzdný moment motora (break torque). Získaná elektrická energia slúži na pohon elektromotora, spojeného s osou kolies, ktorý dopĺňa brzdný moment získaný zo spaľovacieho motora. Vo výsledku teda dostávame prenos toku energie elektrickým aj mechanickým systémom [3].

3.3.2 SÉRIOVO-PARALELNÝ HYBRID

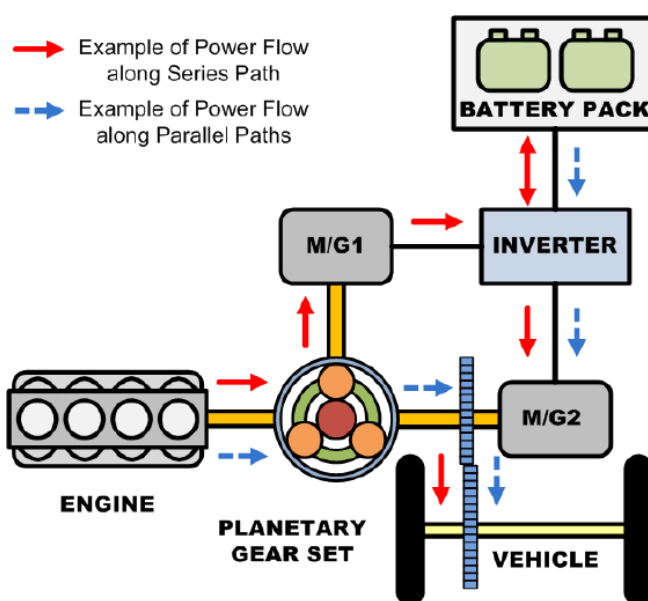
Sériovo-paralelný hybrid je systém, kde energia zo spaľovacieho motora spustí prúdový generátor, ktorý podmieni vznik brzdného momentu pre motor. Tieto akcie vo výsledku produkujú elektrický prúd poháňajúci elektromotor pripojený k osi kolies, ktorý doplní brzdný moment od spaľovacieho motora (thermal engine) [3].

3.3.3 SÉRIOVO-PARALELNÝ HYBRID S PREVODOVKOU

Sériovo-paralelný hybrid s prevodovkou je systém kde energia produkovaná spaľovacím motorom spustí prúdový generátor vytvárajúci brzdný moment pre motor. Získaná elektrická energia slúži na pohon elektromotora pripojeného na os kolies, ktorý dopĺňa moment od spaľovacieho motora s čím je spojená možnosť voľby jazdného režimu. Veľkou výhodou tohto systému je takzvaný rozdeľovač, ktorý tvorí spojenie medzi obidvoma motormi a generátorom a ktorého úlohou je prispôsobenie výkonu (power flow) idúceho k náprave. Systém funguje podľa sériového modelu, kde spaľovací motor spustí generátor a poháňa elektromotor, alebo ako paralelný, kde spaľovací motor prenáša energiu priamo na nápravu, pričom je dopĺňaný elektromotorom využívajúcim energiu z batérií [3].



Obr.8 Usporiadanie sériovo-paralelného hybridu [13]



Obr.9 Systém s vlastnosťami sériovo-paralelného toku energie [14]

3.4 TTR PARALELNÝ HYBRID

TTR (through the road) je druh paralelného hybridu, ktorý používa elektromotor na pohon jednej nápravy a spaľovací na pohon druhej. Umožňujú kombinovanú jazdu a jedná sa o pohon 4×4, alebo na každý motor zvlášť. Dá sa teda očakávať, že spotreba paliva bude nižšia ako v prípade klasického hybridu. Vďaka spojeniu medzi prednou a zadnou nápravou je rýchlosť elektromotora proporčne rovnaká s rýchlosťou vozidla. V porovnaní s klasickým hybridom, kde nie je rýchlosť obmedzená rýchlosťou vozidla, teda pracuje s najväčšou efektívnosťou a vyššou spotrebou. Tento systém používajú aj moderné plug-in hybridy ako BMW i8 a BMW 225x [15].



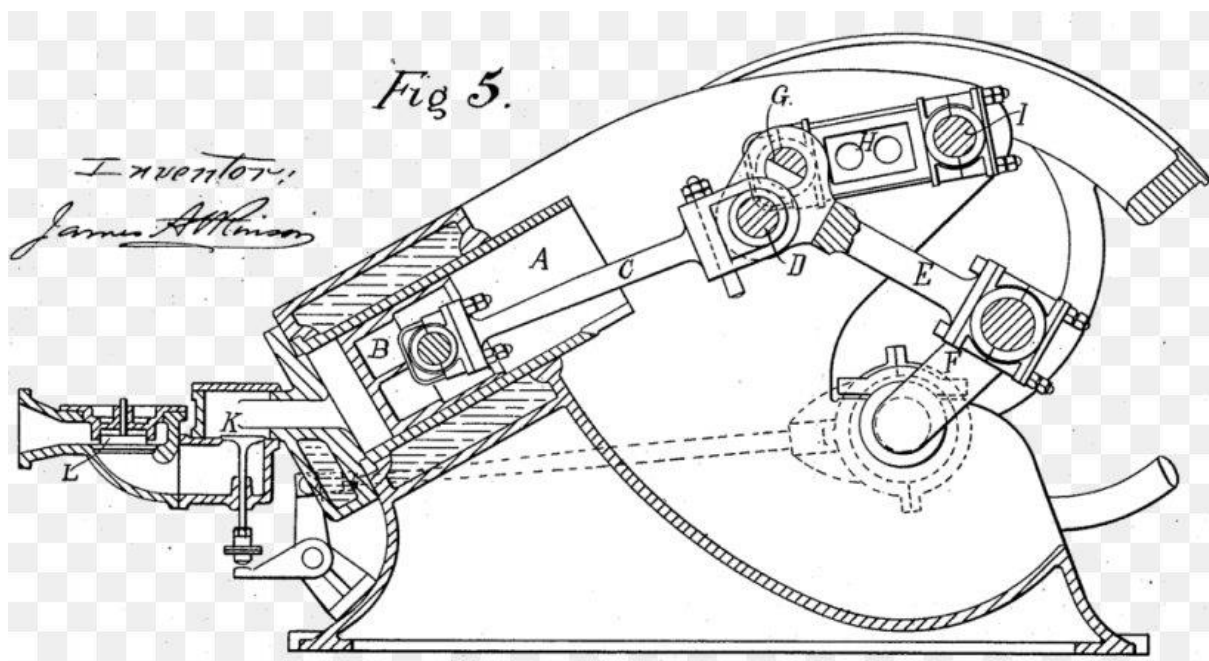
Obrázok 10. Schéma TRT hybridu [16]

4. ATKINSONOV CYKLUS

Motor s Atkinsonovým cyklom bol navrhnutý tak, aby zjednotil nasávanie, kompresiu, expanziu a výfuk v rozmedzí jedného otočenia kľukovej hriadele a zároveň rešpektoval štvordobý cyklus. Túto funkciu umožňuje aplikácia špeciálneho kľukového mechanizmu, ktorý je spárovaný s ojnícou a je uložený na boku kľukovej hriadele.

4.1 POROVNANIE S BEŽNÝM CYKLOM

Atkinsonov cyklus je nevyhnutný krok k dosiahnutiu maximálneho využitia paliva. Skladá sa, podobne ako Ottov, zo štyroch základných stavov. Sú to: nasatie zmesi, stlačenie zmesi, expanzia a výfuk. Pri bežnom cykle (Ottov cyklus) sa nasávací ventil zavrie práve vtedy, keď je poloha piestu práve na dne valca. Rozdiel pri Atkinsonovom cykle je, že nasávací ventil sa zavrie až vtedy, keď začne piest zasa stúpať na vrch. Vďaka tomu sa časť zmesi paliva a vzduchu vráti naspäť do prívodu. Na základe toho, že po expanzii sa piest pohne nižšie ako je tomu v prípade Ottovho cyklu, je Atkinsonov cyklus schopný previesť viac energie zo zmesi paliva do pohybu piestu. Za prítomnosti Atkinsonovho cyklu je výsledný tlak a teplota na spodku valca nižšia ako pri Ottovom cykle. Hlavný zámer je teda previesť energiu z paliva do pohybu piestu bez ďalších strát. V súčasnosti sa toto prevedenie nevyužíva tak často. Známe sú aplikácie v motoroch Toyota Prius, Ford Escape, či v automobiloch značky Lexus. Toto zefektívnenie spaľovacieho cyklu sa dnes využíva hlavne pri menších hybridných motoroch [17] [18].



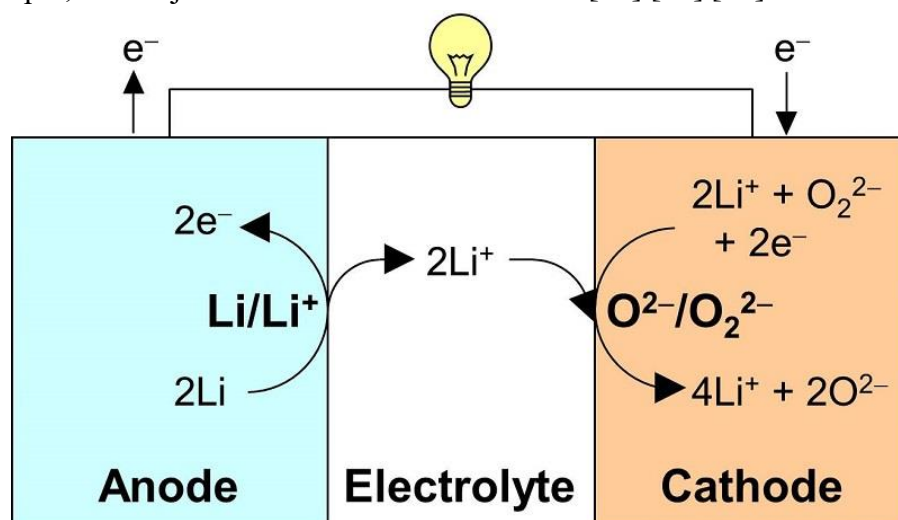
Obr.11 Atkinsonov štvordobý motor [17]

5. TRENDY VO VÝVOJI AKUMULÁTOROV

5.1 LÍTIUM-IÓNOVÉ BATÉRIE

V dnešnej dobe patria tieto batérie medzi najpoužívanější druh elektrických akumulátorov, ktoré nevyužívajú len hybridné ale tiež elektrické autá. Technológia Li-ion batérií je pomerne nová, znovudobývateľné batérie prišli do komerčného predaja začiatkom 90. rokov. Lítium-iónové batérie pozostávajú väčšinou z anódy obsahujúcej lítium a katódy pozostávajúcej z oxidu kovovej zliatiny alebo fosfátu železnej zliatiny. Poslednou zložkou je elektrolyt, ktorý pozostáva z vodivej lítiovej soli, ako napríklad LiPF_6 . Lítiové ióny prechádzajú medzi kladnou a zápornou elektródou. Na začiatku vybíjania batérie dochádza k prechodu iónov lítia elektrolytom a to zo zápornej na kladnú elektródu. V procese dobíjania je proces obrátený, smerom od kladnej k zápornej elektróde. Táto obojstranne zameniteľná vlastnosť iónov lítia, ovplyvňuje ich výborné cyklické správanie sa v Li-ion batériách. Medzi **výhody** týchto batérií patrí vysoká hustota energie (100-200 Wh/kg), vysoká účinnosť dobíjania a vybíjania, a to až do 90 %, nízka schopnosť samovybíjania – asi len 10 % za niekoľko týždňov, neprítomnosť pamäťového efektu a vysoká životnosť. Ďalšia výborná vlastnosť je možnosť recyklácie skoro každej časti batérie a možnosť prispôsobenia tvaru a veľkosti pre danú aplikáciu. Naopak, k **nevýhodám** možno zaradiť ich stále vysokú cenu, relatívne nebezpečné usporiadanie a to hlavne v prípade nehody a poškodenia akumulátora, nevyhnutnosť udržiavať optimálnu pracovnú teplotu, cca 20 °C, pre stálosť pracovného výkonu. Vhodné je tiež dobíjanie stálym elektrickým prúdom, ktorého napäťové rozmedzie by nemalo presahovať interval 230-400 V. Dôležitý je tiež typ prúdu, kde pri automobilových aplikáciách musí byť prúd jednosmerný.

Za zmienku určite stojí aj momentálny priekopník v elektromobilitě a to značka Tesla, ktorá poháňa už dlhé roky svoje vozidlá touto technológiou. Na rozdiel od iných automobiliek vie Tesla zaručiť svojim batériám dlhú životnosť, nízke straty na kapacite batérií po opakovaných nabitíach a bezkonkurenčne najdlhší dojazd. Známe je ich usporiadanie, pri ktorom využívajú veľký počet malých článkov veľkosti tužkovej batérie do sérií a do paralelných skupín, dosahujúc maximum z každého článku [19] [20] [21].



Obr.12 Usporiadanie v Li-iónovej batérii [16]

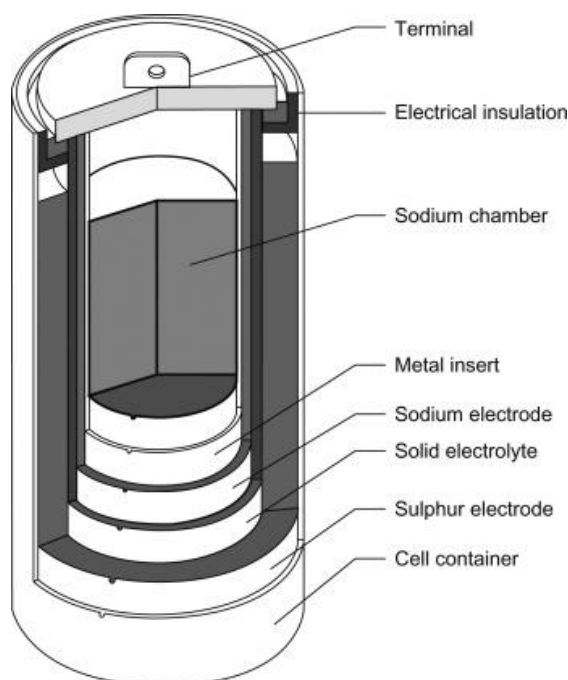
5.2 SODÍK-SÍROVÉ BATÉRIE

Dnes sú známe dve konštrukcie sodíkových batérií: sodík-sírová (sodium-sulfur) a sodík-nikel-chloridová (sodium-nickel-chloride). Ich konštrukcia je veľmi podobná ostatným elektrochemickým akumulátorom. Pozostáva z kladnej a zápornej elektródy a elektrolytu. K **výhodám** patrí: vysoká prevádzková teplota, ktorá sa pohybuje v rozmedzí 270 – 350 °C a na druhej strane fakt, že obe elektródy sa nezvyčajne nachádzajú v kvapalnom skupenstve. Teploty pri nabíjaní a vybíjaní sa pohybujú od 300 – 350 °C. Počas procesu vybíjania, záporná sodíková elektróda sa oxiduje na oxid sodný a na rozhraní elektrolytu a elektródy sa tvoria ióny Na^+ . Tieto ióny prechádzajú cez tuhý elektrolyt, ktorým môže byť napríklad beta oxid hlinitý, pričom na kladnej elektróde dochádza k redukcii a zároveň k vzniku sulfidu sodného. Látky použité v konštrukcii týchto batérií možno zaradiť medzi nebezpečné, vrátane kovového sodíka, ktorý je horľavý, pokiaľ by došlo ku kontaktu s bežnou vodou. Tomuto faktoru zodpovedá celková konštrukcia batérie, ktorá je navrhnutá tak, aby k tomuto stavu nedošlo. Využíva pri tom uzavretú konštrukciu z nerezovej ocele a tiež je nevyhnutná úplná absencia kyslíka. Základnou zložkou pre fungovanie batérie sú vodivé sodíkovo-sírové články, ktoré sú hermeticky uzavreté a obklopené pieskom, ktorý zaručuje izoláciu. Využitie piesku tu má dvojité úlohu:

1. zamedzuje možnosť požiaru pri prípadnom poškodení,
2. fixuje udržanie správnej polohy článkov.

Batérie sodík-sírové môžu byť prítomné v elektrických zariadeniach trafostaníc alebo pri výrobe elektriny z obnoviteľných zdrojov, kde sú nabíjané práve vtedy, keď je výroba elektriny väčšia ako spotreba.

Medzi **pozitíva** týchto batérií patria ich technické hodnoty. Hustota energie tu však dosahuje iba 170 Wh/kg, ale teoreticky vypočítaná hodnota by mohla dosiahnuť až 792 Wh/kg, čo by bol dvojnásobok oproti Li-iónovým batériám. Počet nabíjaciach a vybíjaciach cyklov dosahuje minimálne 4500 a životnosť sa odhaduje na 15 rokov. Najväčšia známa sodíková batéria uvedená do prevádzky má maximálny výkon 4 MW a je schopná udržať túto elektrinu 8 hodín, čo je veľmi výhodná kapacita – 32 MWh. Veľkosť tejto batérie je porovnateľná s veľkosťou malej výrobnéj haly. Jej prezývka je BOB (big-old battery). Jej využitie nie je len pri výpadku prúdu, ale tiež zohráva rolu stabilizátora siete, kde plní funkciu tzv. podpory. Tento projekt odštartoval v roku 2010 a štát Texas zaň japonskému dodávateľovi zaplatil vyše 25 miliónov dolárov [20] [22].



Obr.13 Popis sodíkovo-sírovej batérie [16]

5.3 POLOVODIČOVÉ BATÉRIE

Jedna z mnohých ciest k zlepšeniu výkonu dnešných lítiových batérií, vedie cez výmenu niektorých kvapalných komponentov za tuhé. Tieto experimentálne zariadenia sú známe ako polovodičové alebo solid-state batérie a dokážu značne predĺžiť životnosť elektrických vozidiel aj mobilných telefónov a to prostredníctvom zvýšenia hustoty energie uloženej vo vnútri batérie. Vedci z massachusettského technologického inštitútu (MIT) momentálne zaznamenávajú veľký pokrok vo vývoji tejto technológie, ktorá má potenciál nahradiť dnešné lítiové akumulátory vo všetkých sférach.

V bežných lítiových batériách slúži tekutý elektrolyt ako médium, cez ktoré sa pohybujú lítiové ióny medzi anódou a katódou, tam a späť. Jedným z hlavných problémov je to, že táto tekutina je vysoko prchavá, ktorá môže vzácne viesť až k samovznieteniu. Ako neslávny príklad môže slúžiť batéria Samsungu Galaxy Note 7, keď bolo potrebné stiahnuť všetky tieto telefóny z trhu. Výmenou tekutého elektrolytu za pevný materiál, by sa tak nielenže zvýšila bezpečnosť, ale tiež by to mohlo priniesť nové možnosti pre ďalšie kľúčové komponenty batérie. Anóda v dnešných lítiových batériách pozostáva zo zliatiny grafitu a medi, ale ak by bola vyrobená z čistého lítia, mohla by výrazne prekonať energetickú hustotu súčasných lítium-iónových batérií.

Obrovský potenciál čistej lítiovej anódy má preto vo výskume batérií vysokú prioritu a odrazovým mostíkom by tak mohlo byť zavedenie životaschopného pevného elektrolytu. S ním sú však spojené značné prekážky. Keď sa takáto polovodičová batéria nabíja, vo vnútri lítiového kovu sa hromadia atómy, ktoré spôsobujú jeho rozširovanie. Počas používania sa ich počet znižuje, čím dochádza zase k sťahovaniu kovu. Tým je takmer nemožný stály kontakt medzi materiálmi a môže to viesť až k zlomeniu elektrolytu.

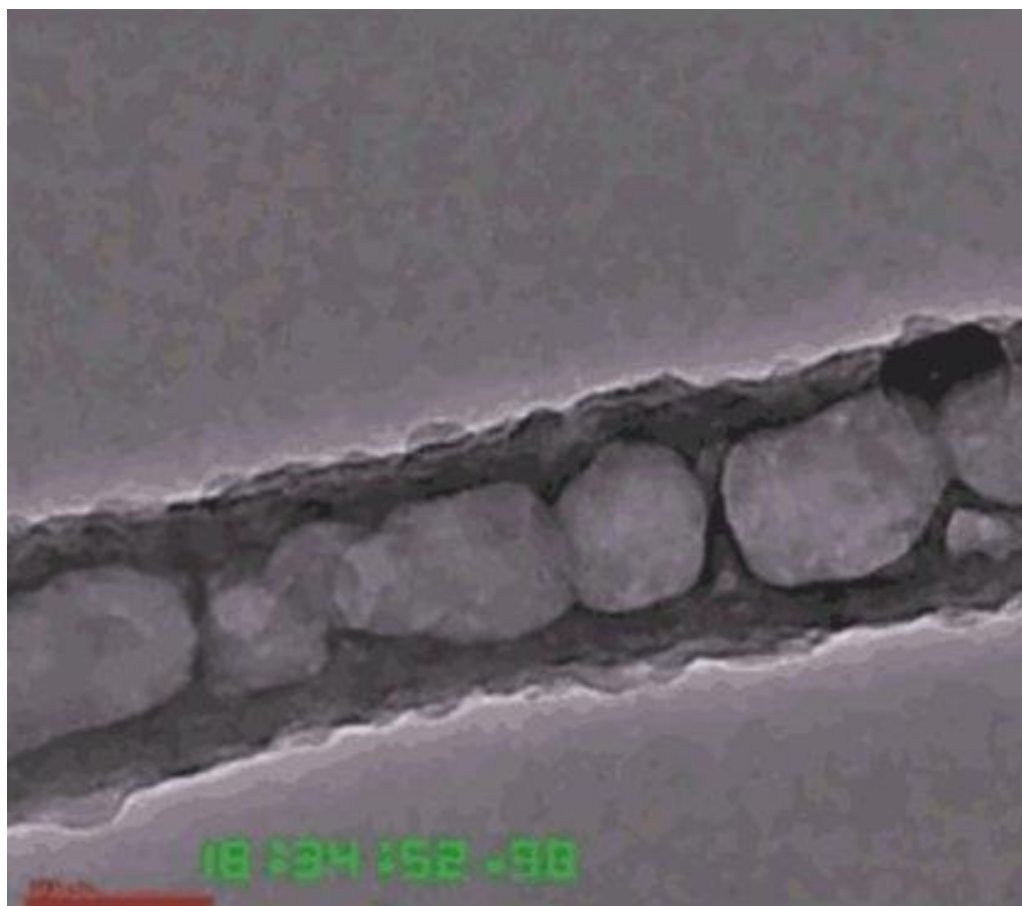
Túto prekážku však môže vyriešiť nová architektúra z dielne MIT. Zahŕňa kombináciu tuhých materiálov známych ako zmiešané iónovo-elektronické vodiče (MIEC) a izolátory elektrónov a Li-iónov (ELI). Tie boli zabudované do trojrozmernej „honey-shaped“ voštinovej architektúry, ktorá má rozloženie trubíc v nanometroch, skladajúcich sa práve z MIEC.

Tieto nanotrúbice sú naplnené pevným lítiovým kovom, čím sa vytvorí anóda batérie. Keďže v každej z týchto trubíc je viac priestoru, lítiový kov má rezervu pre rozširovanie a zmenšovanie počas nabíjania a vybíjania bez narušenia kontaktnej plochy. Týmto spôsobom sa materiál pohybuje podobne ako kvapalina, ale udržiava v priebehu procesu pevnú kryštalickú štruktúru.

Celý tento proces, ktorý prebieha vo vnútri anódy obaľuje ELI izolácia, správajúca sa ako spojivo medzi tuhým elektrolytom a stenami nanotrubic. To znamená, že keď sa batéria nabíja, kolísavé rozmery lítiového kovu sú vo vnútri štruktúry a jej vonkajšie rozmery sa nezmenia.

Výhodou je, že anóda je po mechanickej aj chemickej stránke stabilná počas procesu nabíjania a vybíjania., pričom lítium nikdy nestratí elektrický kontakt s pevným elektrolytom. Tím výskumníkov to považuje za významný pokrok v porovnaní s inými experimentálnymi soli-state batériami, ktoré sa zvyčajne spoliehajú na nejaký druh tekutého elektrolytu. Momentálne je celý projekt v štádiu testovania a v prvých 100 cykloch nabíjania a vybíjania neboli pozorované žiadne trhliny na elektrolyte. Ďalšia výhoda je úspora na hmotnosti, keďže tento typ usporiadania má asi štvrtinu hmotnosti v porovnaní s jej predchodcom, no má rovnakú kapacitu.

Ďalším veľkým hráčom vo vývoji solid-state batérií je spoločnosť Samsung, ktorá skúša skĺbiť po prvý krát kombináciu striebra a uhlíka (Ag-C), ktoré budú prostredníctvom vrstiev slúžiť ako základ pre anódu. Výskumný tím prišiel na významné účinky tohto vrstevného usporiadania, ktoré okrem iného zaručuje vysokú kapacitu, vysokú životnosť a zvyšuje jej celkovú bezpečnosť. Pri rozmere iba 5 mikrometrov, ultratenké Ag-C nanokapacitné vrstvy umožňujú zmenšiť celkovú hrúbku anódy a umožňujú zvýšiť hustotu energie až na 900 Wh/kg. Táto technológia umožňuje zmenšiť celkovú veľkosť batérie asi o 50 %, v porovnaní s konvenčnou Li-iónovou batériou. Tento sľubný vývoj a jeho očakávaná aplikácia v elektrických vozidlách, by mala zvýšiť ich dojazd až na 800 km na jedno nabitie a zaručiť životnosť až 1000 nabití [23] [24].



Obr.14 Pokovovanie a odizolovanie kovu lítia v uhlíkovej trubici s rozmerom 100 nm [25]

5.4 NIKEL-METAL HYDRIDOVÉ BATÉRIE

Výskum tohto typu batérie sa datuje k roku 1967, hoci problém so stabilitou vtedy skôr naznačoval vývoj cestou nikel-vodík NiH. Tento problém sa podarilo vyriešiť v roku 1980, kedy bola objavená a implementovaná nová zliatina niklu (napr. $ZrNi_2$ alebo $LaNi_5$) absorbujúca vodík za vzniku zmesi hydridov neurčitého zloženia. Hlavným dôvodom boli požiadavky ekologov na náhradu škodlivého kadmia vhodnejším materiálom. Postupne je nahradená NiCd batéria NiMH. Takto vynovená batéria bola v porovnaní s vtedajšou NiCd batériou, schopná navýšiť svoju kapacitu až o 40 %. Samozrejme NiMH batéria nie je bezchybná. Oproti vtedajšej NiCd je o dosť hrubšia a trápia ju aj problémy s disipáciou energie, keď môže stratiť až 20 % v priebehu prvých 24 hodín. Trendy vo vývoji vodíkových zliatin sa podpísali pod zlepšenie disipačnej charakteristiky ako aj korozívnych vlastností, ktoré bohužiaľ znamenali pokles na kapacite celkovej energie. S týmito vlastnosťami boli tieto batérie ideálne pre pohon elektrických zariadení danej doby, pre ktoré boli ich robustnosť a veľká životnosť hlavnými kritériami.

Batérie NiMH sa stali najdostupnejšími znovudobíjateľnými batériami pre každodenné využitie. Výrobcovia batérií ako Panasonic, Energizer a Duracell poznali dopyt po trvácich a znovudobíjateľných batériách a ponúkli trhu varianty AA a AAA a iné rôzne veľkosti, so zámerom odučiť zákazníkov od jednorázových batérií.

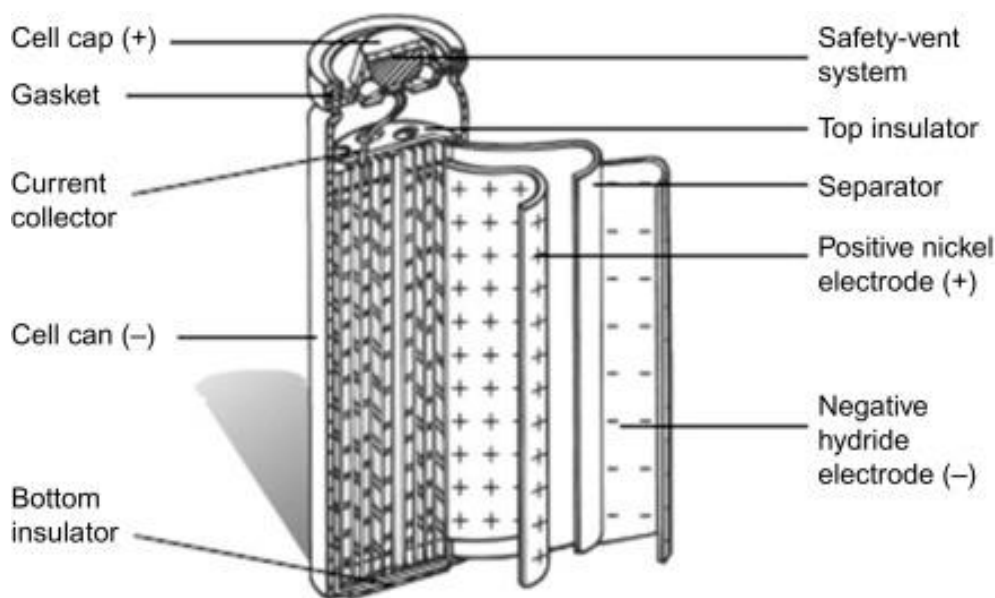
Medzi **výhody** týchto batérií možno zaradiť:

1. vyššia kapacita v porovnaní s NiCd o 30 – 40 %,
2. lepšie pamäťové zotavenie v porovnaní s NiCd,
3. jednoduché skladovanie a prenos, nepodlieha regulačnej kontrole,
4. environmentálne ústretový, obsahuje iba mierne toxické látky,
5. vyšší obsah niklu podporuje jej recykláciu,
6. vysoký rozsah teplôt.

Medzi **nevýhody** možno zaradiť:

1. strata životnosti po mnohých vybitiach,
2. vyžaduje komplexný nabíjací cyklus, citlivá na preťaženie,
3. produkuje teplo počas rýchleho nabitia a rýchleho vybitia,
4. vysoká vlastná disipácia,
5. kolumbický efekt dosahuje pri najlepšom iba 65 % (Li – ion až 99 %).

Dnešné výroba NiMH batérie kombinuje technológie z NiCd a NiH₂ batérií, aby vytvorili články, ktoré disponujú vysokou energetickou hustotou, dlhou životnosťou a nízkou cenou. Rozdiel medzi článkami NiCd a NiMH je v náhrade materiálu elektródy z kadmia na zliatinu vodíka. Táto náhrada sa podpísala pod stratu hmotnosti, ako aj na benefite v náraste celkovej kapacity batérie. Keďže je táto technológia známa už dlhšiu dobu, vývoj v sfére zliatin a materiálov môže byť rovno aplikovaný aj do týchto batérií [21][26].



Obr.15 Prierez NiMH batériou [27]

5.5 SUPERKONDENZÁTORY

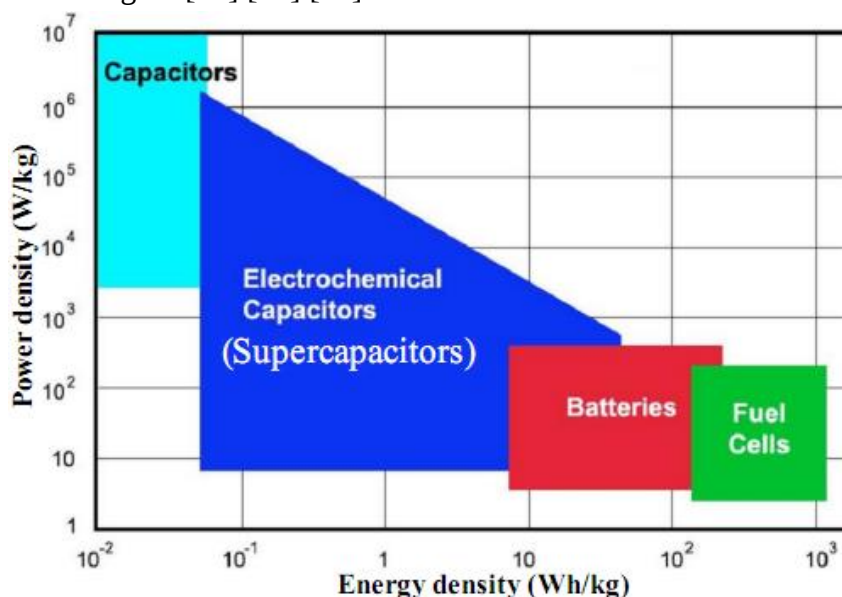
Všeobecne sa kondenzátor skladá z dvoch vodivých elektród, ktoré sú oddelené izolačným dielektrickým materiálom. Prítomnosťou napätia sa indukuje náboj opačného znamienka, ktorý sa následne akumuluje na povrchu elektród, oddelených dielektrikom. Vzniká elektrické pole, ktoré umožňuje kondenzátorom uskladniť energiu. Kapacita kondenzátora je závislá od veľkosti plochy elektród a zároveň od ich vzájomnej vzdialenosti. Kondenzátor môže uskladniť hotovú elektrickú energiu bez ďalšieho chemického procesu priamo na povrchu elektród.

Superkondenzátory sú novou generáciou medzi zariadeniami uskladňujúcimi energiu, slúžiace k uloženiu elektrického prúdu so schopnosťou vysokej energetickej hustoty pri zachovaní dlhého životného cyklu. Akumulácia energie tu prebieha odlišne ako v prípade klasických kondenzátorov. Ich súčasťou nie je klasické dielektrikum, ani elektrolyt a separátor. Pri nabíjaní sa pohybom katiónov a aniónov formuje tenká elektrická dvojvrstva uchováajúca náboj. Kapacitu sa darí zvyšovať hlavne využitím poréznych elektród na základe uhlíka, ktoré disponujú veľkým povrchom. Na celkovej kapacite sa veľkou mierou podieľa aj tzv. pseudokapacita. Jej veľkosť je pri správnom usmernení badateľná a môže až presahovať veľkosť energie dvojvrstvy. Pseudokapacita je výsledkom plne vratnej redoxnej reakcie (oxidácia a redukcia), ktorej podstata je na odobratí alebo odovzdaní elektrónu medzi elektródami. Rozdiel medzi touto reakciou a reakciou v bežných akumulátoroch je v tom, že tu nevznikajú nové chemické väzby, zapojené špecie nereagujú s elektródou a vzájomná interakcia má absorpčný charakter.

K dosiahnutiu pseudokapacitných vlastností sú elektródy dopované redoxnou zložkou. Jednou z preskúmaných ciest, je jej vloženie do vodivých polymérov. Na tomto základe spočíva momentálny pokrok v danej technológii. Nové riešenie zložené z troch 1,5 V článkov, uložených v sérii je jednoduché. S novým polymérom a cenovo priaznivou hladkou kovovou fóliou bola zachytená hodnota 4 F/cm^2 , čo je voči predchádzajúcim superkondenzátorom nárast až o $3,7 \text{ F/cm}^2$. Za významným zdokonalením stojí objav hydrofóbných priestorových polymérov s unikátnymi vlastnosťami, ktoré nahrádzujú konvenčný elektrolyt a zvyšujú celkový elektrostatický príspevok pseudokapacity. Tento materiál je veľmi podobný tomu, ktorý je základom kontaktných šošoviek.

Superkondenzátory majú oproti klasickým kondenzátorom omnoho väčšiu kapacitu a oveľa menší vnútorný odpor. Spomedzi mnohých rozdelení patria medzi dva najvýznamnejšie elektrochemické-dvojvrstvové kondenzátory (EDLC) a pseudokondenzátory. Faradický proces na princípe oxidačno-redukčnej reakcie, zahŕňa presun náboja medzi elektródami a elektrolytom na chemickej báze. V opačnom procese, teda nefaradickom – nevyužívajúci chemický mechanizmus, sa o presun elektrónov postarajú fyzikálne procesy. Elektródy superkondenzátorov sú najčastejšie zložené z aktivovaného uhlíka (AC) alebo uhlíkových nanotrubic (CNT). V posledných rokoch sa taktiež zvažuje využitie Grafénu, hlavne kvôli jeho jedinečnej hrúbke, pevnosti a vodivosti, ktoré môžu zohrávať kľúčovú rolu v stále prebiehajúcom vývoji. Vďaka ich vysokému výkonu, dokáže zoskupenie superkondenzátorov, napríklad pri výpadku prúdu, veľmi rýchlo spustiť elektrické generátory v nemocniciach. Kondenzátory sa využívajú v aplikáciách, ktoré potrebujú rýchle sprostredkovanie energie

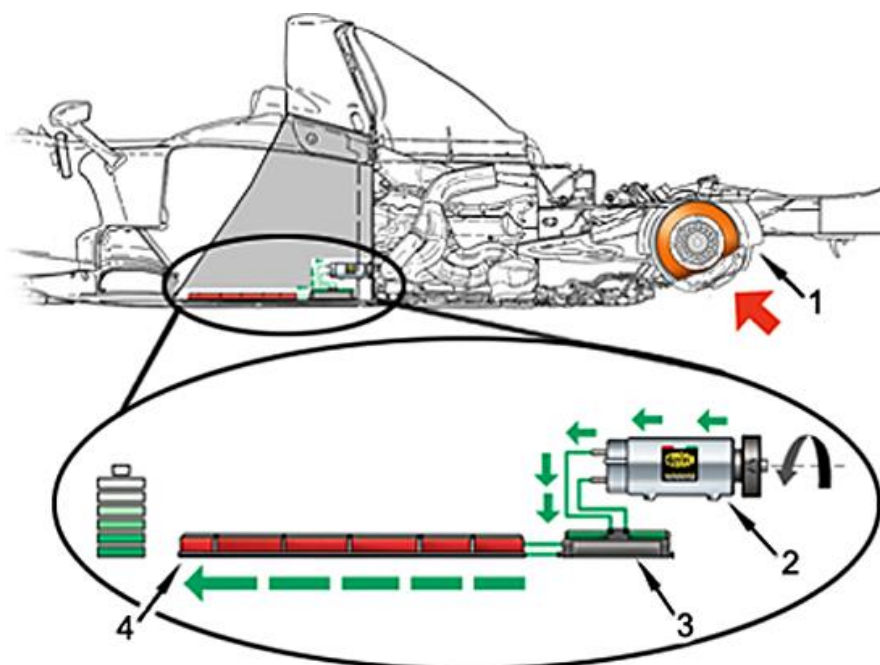
a batérie vtedy, ak je dôležité udržanie energie. Superkondenzátory nemôžu slúžiť ako rovnocenná náhrada batérií, ale môžu byť aplikované ako podpora výkonným batériám a to so zámerom poskytnutia vysokého výkonu za krátky čas. Vďaka svojej vysokej hustote výkonu (až 10 000 W/kg) dokážu pokryť tzv. „výkonové peeky“, s ktorými si napríklad konvenčné batérie nevedeli poradiť. Na druhej strane je stále problémom ich nízka hustota energie (5-10 Wh/kg). Hlavnou **výhodou** tohto usporiadania je možnosť extrémne rýchleho dobíjania, spolu s vysokou účinnosťou takmer 99 %. Ďalšie plusy sú ich vysoká životnosť, nízka vlastná disipácia energie, malé poškodenie pri úplnom vybití. **Nevýhody** sú stále pretrvávajúce vysoké ceny, nízka hustota energie a veľká závislosť na okolitej teplote. Uplatnenie je dnes časté pri mestskej hromadnej doprave a to hlavne v Ázii, pri ťažkých pracovných strojoch a najnovšie aj pri super športoch Lamborghini[28] [29] [30].



Obr.16 Závislosť hustoty výkonu od hustoty energie [31]

6. FORMULA 1 – SYSTÉM KERS, MGU-K A MGU-H

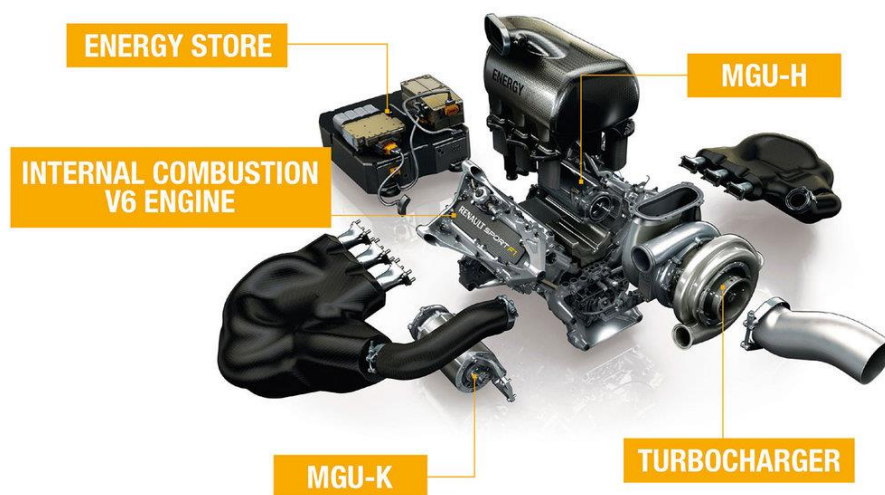
Formula 1. je už dlhé roky známa svojím technickým pokrokom a drží si prvenstvo v tom, čo sa dá v dnešnom motoršporte dosiahnuť. Monoposty sú pre každú sezónu vyvíjané podľa prísnych pravidiel, určenými tak, aby každý tím ukázal čoho je schopný s „oklieštenými“ rukami. Ako prvá hybridná aplikácia formuly vstúpila do platnosti na prelome sezón 2008/2009. KERS (kinetic energy reecorvery systém) alebo systém pre rekuperáciu kinetickej energie, bol povolený pre všetky stajne. Nie každý po tejto technológii siahol, pretože niečo nové, čo ešte nie je poriadne preskúmané, si do už aj tak na kilogram optimalizovaného monopostu cestu nenájde. Stajne, ktoré sa tejto výzvy nezľakli, zaznamenali v danej sezóne značné zlepšenie v súbojoch, predbiehaní a teda aj na konečnom umiestnení. Ako funguje systém KERS? Kinetická energia, ktorá bola pred jeho zavedením zmarená pri brzdení ako odpadové teplo, sa vďaka tomuto systému mení na elektrickú, ktorú možno následne využiť na krátkodobé zvýšenie rýchlosti. Najprv je nevyhnutné energiu získať, odbrzdená energia je zo zadných kolies rekuperovaná a pomocou alternátora uložená buď do mechanického zotrvačníka (flywheel), alebo do batérii/superkondenzátorov. Jeho využitie bolo podľa FIA limitované na dobu 6,7 sekundy iba raz za kolo. Jazdec si môže pomocou tohto systému polepšiť až o 60 kW, ktoré môžu znamenať to málo, čo postačí na predbehnutie konkurencie. V momente kedy si pilot zvolí využitie tejto energie, postačí mu iba stlačenie gombíka na volante. Medzi najvyspelejšie systémy KERS patria značky Zytex, Torotrak a Xtrac, ktoré všetky využívajú prevodovku s premenným prevodovým pomerom [32].



Obr.17 Popis systém KERS [32].

Rok 2014 znamenal pre svet „Formuly 1“ nástup tzv. „turbo-éry“, kedy bol starý systém KERS nahradený systémom ERS (Energy Recovery System), ktorý sa skladal z dvoch jednotiek MGU-K a MGU-H. Systém MGU-K je pripojený k zadnej náprave a generuje energiu pomocou motorgenerátora, ktorá sa emituje pri brzdení. Systém MGU-H rekuperuje tepelnú energiu z výfukových plynov pomocou druhého motorgenerátora a následne ňou dobíja batériu umiestnenú za chrbtom jazdca. Obmedzenie na množstvo energie získanej brzdou je limitované na 2 MJ na kolo, MGU-H limit nedostal. Keďže výkon MGU-K nesmie presiahnuť podľa nariadení 120 kW, počas jedného kola si môže pilot polepšiť až o 160 koní po dobu 33 sekúnd. Pre rekuperáciu energie sú zásadné tri faktory: počet brzdných bodov, dĺžka roviniek a charakteristika zákrut. Tímy sa samozrejme snažia získať čo najviac energie z brzd, pretože táto energia nie je podmienená spotrebou paliva, je teda efektívnejšia. Väčšina pretekov však neumožňuje presiahnutie nabrzdeneho limitu 2 MJ na kolo, teda systém MGU-K je naprogramovaný pre maximálny zber pri každom brzdení a nie je inak obmedzený. Táto energia netrápi pilotov napríklad v Monaku či Singapure, no napríklad v Soči sa ledva dostanú na 1,5 MJ. Pri dobíjaní batérií však pomáha aj systém MGU-H, ktorý však pre tvorbu väčšieho množstva energie potrebuje vyššiu teplotu teda aj vyššiu spotrebu. Výkon motora však nie je úplne využitý nikdy, kvôli turbu je ho až priveľa. Napríklad v Monaku sa využije priemerne 50 % a v Monze priemerne 65 % zo svojho maximálne potenciálu. Vzniká tu teda priestor pre výrobu elektrickej energie. Miesto toho, aby pre dosiahnutie potrebného krútiaceho momentu bolo vstrekané menšie množstvo paliva, motor ho naopak spaľuje viac. Takto získaný výkon však nie je využitý na pohon zadnej nápravy, ale MGU-H vtedy pracuje ako generátor. Limitujúci faktor je tu spotreba paliva, ktorá je podľa pravidiel stanovená na 100 kg. V kvalifikácii však tento faktor nehrá rolu, takže sa tu palivo nešetrí, naopak spaľuje sa so zámerom, čo najväčšieho možného zisku energie. Tento jav sa nazýva preťažovanie (overloading) a takto získaná energia sa ukladá do batérií. Stav dobitia je do veľkej miery ovplyvnený vlastnosťami batérií. Časté nabíjanie a vybíjanie znižuje životnosť článkov, no zatiaľ sa s ich výmenou počas sezóny nestretol žiadny tím. Využívanie systému je odlišné pre každú trať. Napríklad v Suzuke, ktorá je známa veľkým množstvom zákrut, je snaha aby bola batéria čo najviac plná pred dlhou rovinkou. Dôležitá je tiež stratégia využitia tejto energie, kedy nie je najlepšie minúť všetko, aby ste do nového kola nešli s prázdnu batériou.

Dodatočný výkon môže motor čerpať aj kombináciou oboch systémov. Výhody okamžitého čerpania tepelnej energie je to, že sa nezarátavajú do stanoveného maxima 4 MJ na kolo. Vznikajú tu teda dva možné varianty ako poháňať kompresor a turbínu pri nízkych otáčkach. Buď sa využíva tepelná energia z výfukových plynov, pri ktorých sa však stráca energia spätného tlaku výfuku, alebo je možné turbínu poháňať energiou z batérií, kedy neovplyvňujeme motor, ktorý tak poddáva svoj štandardný výkon. Preto, keď je na začiatku pretekov batéria úplne dobitá, je tu potreba čerpať hlavne túto energiu až do bodu tzv. „útesu“, kedy pohon prechádza na jednotku MGU-K za pomoci MGU-H. Daňou za nerozvážnu spotrebu energie môže byť pri získaní 0,5 sekundy vybitá batéria, ktorou dobíjaním stratí pilot v ďalšom kole 2 sekundy [33].

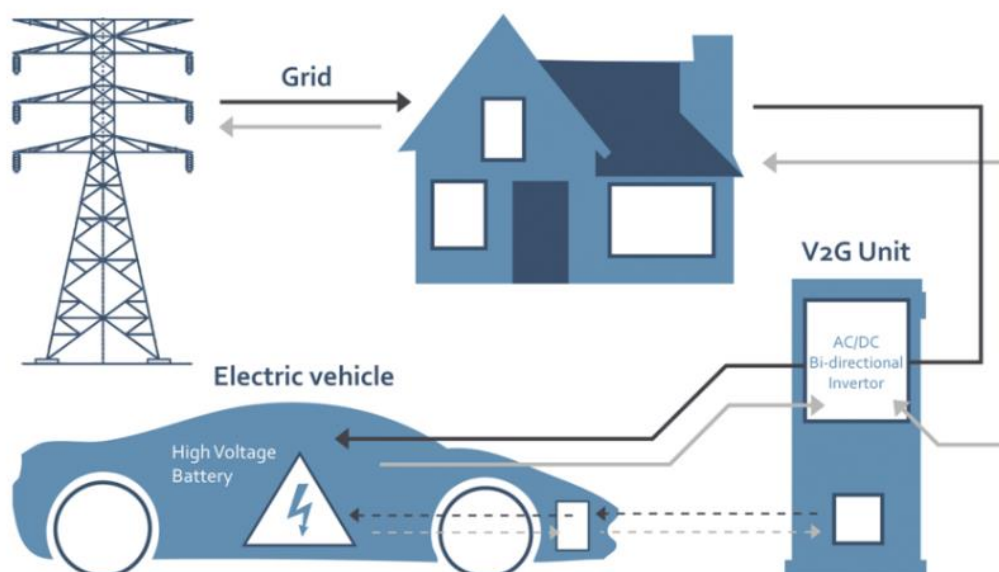


Obr.18 Zloženie motoru Renault zo sezóny 2018 s prvkami MHU-K a MGU-H [34]

7. TRENDY VO VÝVOJI HYBRIDNEJ TECHNOLOGIE

7.1 TECHNOLOGIA V2G

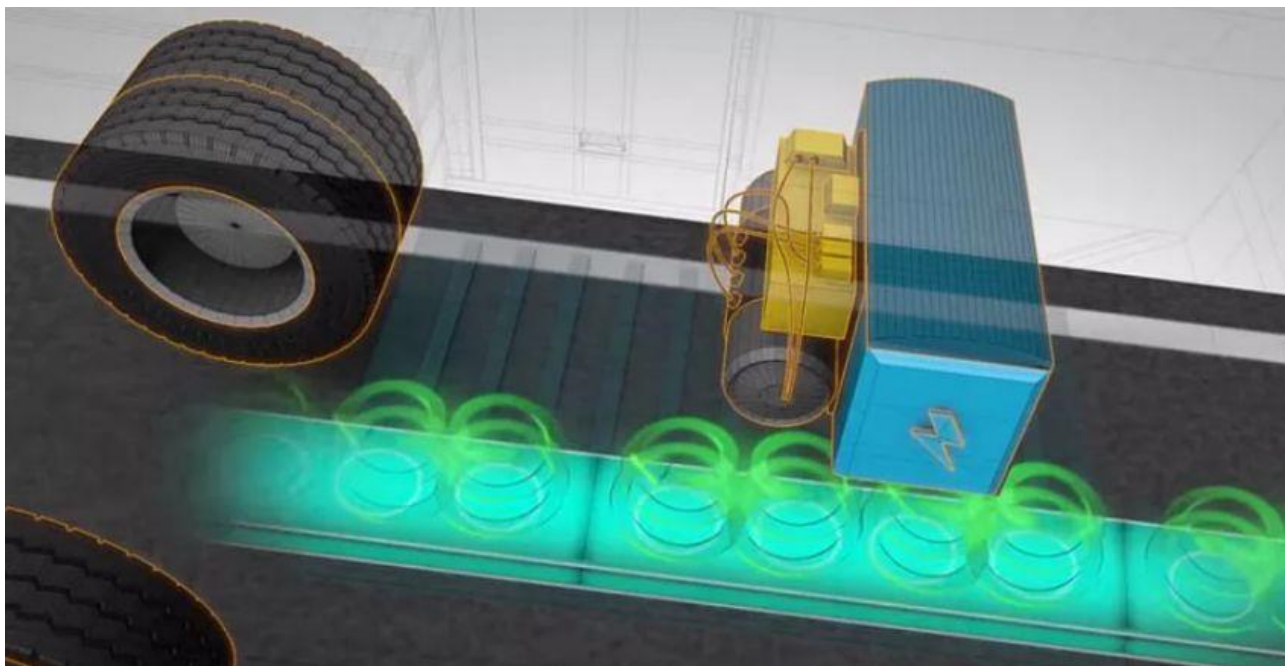
Rapidný nárast predaja elektromobilov a hybridov je síce veľmi pozitívny, no treba zároveň myslieť na vývoj situácie zo širšieho spektra a zobrať v úvahu aj vplyv na elektrickú sieť. Jednou z výziev, ktorú v budúcnosti určite prinesie nárast elektromobilov, je zaťaženie elektrickej siete a to hlavne v ranných a skorých večerných hodinách. Problém týchto tzv. „peak hours“ by mohla vyriešiť technológia V2G (vehicle to grid). Nabíjanie vozidiel pomocou V2G, nazývame aj reverzibilné napájanie – reguluje nabíjanie a vybíjanie batérií elektromobilov v súlade s aktuálnymi potrebami užívateľov a dodávkou elektriny zo siete. Nabíjanie vozidiel dosahuje svoje maximum hlavne v časoch, keď dodávka energie prevyšuje jej výdaj a to hlavne v nočných hodinách, kedy sú aj tarify pre elektrinu omnoho lacnejšie. Druhé maximum odberov je cez deň, kedy sú najväčšie dodávky elektriny zo zdrojov obnoviteľnej energie. Vozidlá s technológiou V2G sú však schopné poslať energiu aj naspäť do siete a toto môže mať svoje využitie hlavne počas peak hours, kedy je sieť preťažená a autobatérie môžu slúžiť ako príležitostný zdroj energie. Týmto spôsobom elektrická sieť optimalizuje dodávky miestnej obnoviteľnej energie a znižuje náklady na infraštruktúru, ktorá by musela byť postavená ako alternatívny zdroj energie. Zároveň využíva väčšie percento obnoviteľnej energie, ktoré je motivované aj finančnou odmenou, kde si účastníci môžu čo-to privyrobiť. Reverzibilné napájanie je v súčasnosti skúmané hlavne spoločnosťou Renault a Nissan, ktorí v automobiloch vybavených touto technológiou skúmajú spôsobené klady a zápory. Každý z nás by sa mal však zúčastniť na budúcej prosperite a optimalizácii inteligentnej elektrickej siete, bez ohľadu na finančnú odmenu. Bohužiaľ, viaceré výskumy hodnotia momentálny stav technológie ako neživotaschopnú [3]. Hlavným problémom je stále otázka životnosti batérií, ktorých limitovaný počet dobití a celková cena za jej výmenu, tvorí hlavnú prekážku tejto technológie. Budúcnosť celkového vývoja sa do značnej miery bude odvíjať od prepojenia energetického a automobilového sektora, ktorých spolupráca je nevyhnutná v dosiahnutí energetickej stability v každých podmienkach. Tiež je nevyhnutná ochota zo strany bežných ľudí, ako aj medzinárodných spoločností, aby pripojili svoj elektromobil v podpore stability našej spoločnej siete [36] [37].



Obr.19 Ekosystém V2G [38]

7.2 TECHNOLOGIA INDUKČNEJ CESTY

Novinka z firmy Electreon zameraná na zmenu celkového ekosystému autodopravy, stavila na technológiu indukčnej cesty. Účelom tejto technológie je dobíjanie elektromobilu za jazdy a to za pomoci prístroja inštalovaného na spodku vozidla tzv. „prijímača“. Tento prijímač je kompatibilný s väčšinou dnešných komerčne dostupných akumulátorov. Technológia je založená na princípe indukcie, kde sa prúd vytvára v dvoch cievkach, jednej uloženej v prijímači a druhej uloženej vo vozovke. Cesty musia byť samozrejme upravené tak, že sa do stredu pruhu inštaluje každých 10 cm indukčné zariadenie, ktoré je následne chránené polymérovou vrstvou. Auto je schopné dobíjania pri jazde od 20 až do 110 km/h. Predpokladaná účinnosť, na základe štúdie, by mohla dosahovať až 91 % a dobijací výkon 8,5 kW s potencionálnym nárastom až na 15 kW. Veľkým plusom tejto technológie je možnosť ušetrenia veľkého množstva hmotnosti viazanej v akumulátoroch, ktoré by pri jazde na takto upravenej ceste neboli potrebné. Otázkou však ostáva vybudovanie potrebnej infraštruktúry a s tým spojené testy z každodenného života. Pilotný projekt firmy Electreon sa uskutočnil v izraelskom Tel-Alive, kde bol vybudovaný 1 km úsek medzi miestnou univerzitou a vlakovou stanicou, na ktorej každodenne premáva autobusová linka a pár testovacích vozidiel. Výsledky sú zatiaľ veľmi dobré. Za úspechom tohto projektu nasleduje ďalšia aplikácia technológie indukčnej cesty, a to konkrétne na švédskom ostrove Gotland. Tu sa momentálne buduje 1,6 km dlhý úsek, ktorý bude prepájať mesto Visby s tamojším letiskom. Dokončenie prác bolo stanovené na prvý štvrtrok 2020. Túto cestu plánujú využívať hlavne kamióny, ktoré boli vopred upravené a momentálne čakajú na dokončenie úseku. Budúcnosť tejto technológie je* momentálne ohrozená stále klesajúcimi cenami lítia, ktoré má význam pre osobné vozidlá. Stále však bude mať veľký význam pre hromadnú a nákladnú dopravu, ktoré by tento nový úsek využívali každodenne[39][40].



Obr.20 Umiestnenie indukčného pruhu a jeho interakcia s vozidlom [41].

7.3 DOPAD KORONAVÍRUSOVEJ KRÍZY NA AUTOMOBILOVÝ PRIEMYSEL

Štatistiky predaja z automobilového sektora slúžia ako testovacia vzorka toho, ako sa danej ekonomike darí. Je tomu tak z rôznych dôvodov, ako napríklad to, že zamestnáva veľký počet ľudí, ktorí sa podieľajú na doprave, vývoji, výrobe či predaji, ale taktiež odráža kúpyschopnosť daného obyvateľstva po nie nutnom tovare. Nie nadarmo preto analytici skúmajú aktuálnu situáciu v automobilkách:

1. Práve v tejto chvíli sa predpokladá nástup krízy a kopalps ekonomiky nemalých rozmerov. Je však zaujímavé správanie domácej automobilky Škoda, ktorá má posledné roky tendenciu zvyšovať ceny svojich vozidiel. Ceny sa dvíhajú citeľne až o desiatky tisíc korún, ktoré sú v mnohých prípadoch podložené vyššou kvalitou. Pokiaľ by automobilka predpokladala prepád, v jej záujme by určite v najbližších časoch tieto ceny klesli, keďže nepredané autá nikomu nepomôžu.
2. Možno ešte dôležitejší fakt by mohol byť práve ten, že pred krízou mnohé automobilky nestíhali vyrábať, čo sa odrazilo na čakacej dobe ktorá často prevýšila dobu niekoľkých mesiacov. Existuje samozrejme riziko, že v dnešnej neistej dobe mnohí potenciálni zákazníci stratia záujem o kúpu vozidla, pretože momentálne v Českej republike sú dve z troch nových vozidiel registrované na firmu. Ak by bola kríza krátkodobá, naštartovanie výrobných liniek by hladný trh privítal.
3. Taktiež sa ozýva množstvo hlasov ktoré volajú o „vypnutie“ pokút za prekročenie emisných noriem. Automobilkám, ktoré sú momentálne vo veľkých stratách, by sa týmto spôsobom uľahčila existencia a zároveň by sa zachránilo množstvo pracovných miest. Ako príklad slúži fakt, že vypnutím liniek vznikajú automobilkám straty v miliónoch eur týždenne. Na druhej strane „vypnutie“ tejto povinnosti by bolo nefér

voči tým, ktorí doteraz vynaložili nemalé prostriedky na vývoj a technológiu aby tieto normy dodržali [42].

Očakávaná budúcnosť pre malé firmy a start-upy, by nemala byť odlišná od predchádzajúcich kríz. Či je to cesta bankrotu sa dozvieme v blízkom čase. S kreatívnym prístupom riešenia naskladnených nepredaných áut prišlo v posledných mesiacoch Nemecko. Ako najsilnejšia európska ekonomika, sa rozhodlo znížiť DPH zo 19 % na 17 % a zároveň ponúkať dotácie na elektro- a hybridné automobily. Výška dotácie sa pohybuje pre hybridy do 6,5 tisíc eur a pre čisté elektromobily až do 9 tisíc eur. Nemecká národná banka ďalej vyčlenila vyše 2,5 miliárd eur na podporu infraštruktúry a to tak, že bude po novom vyžadovať od každej benzínovej stanice možnosť dobitia batérie elektromobilu. Nemecko sa teda ku celej kríze stavia ako k príležitosti a neváha v týchto ťažkých časoch podporiť svoje automobilky, ktoré tvoria hlavnú časť nemeckého príjmu HDP [45].

7.4 POČET ZELENÝCH ÁUT – AKTUÁLNA SITUÁCIA V ČESKU A NA SLOVENSKU

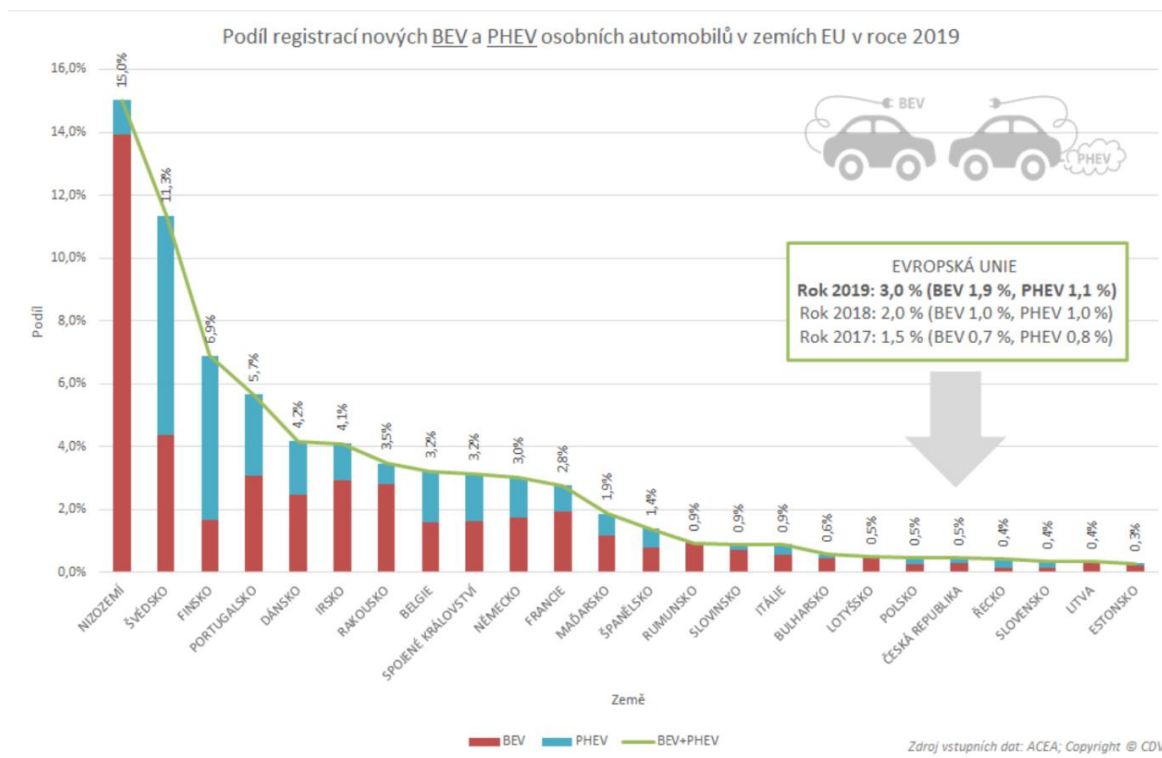
V Českej republike bolo k dňu 31.12.2019 evidovaných 7637 batériových elektrických vozidiel. Po pripočítaní vozidiel z prvého kvartálu 2020 ich počet narástol až na 10 000. Takmer polovicu, presnejšie 48 % z tohto množstva, tvoria vozidlá typu M1, ďalej kategória LA so 16 %, L1 s 13 % a nakoniec N1 ktorá ma zatiaľ len 4 %.

„V úvodním kvartále bylo registrováno 1 320 osobních elektromobilů a plug-in hybridů, před rokem to bylo jen 280 těchto vozidel. Z uvedeného počtu bylo 855 elektromobilů (BEV - 65 %) a 465 plug-in hybridů (PHEV - 35 %),“ uvádí Ing. Jindřich Frič, Ph.D., ředitel Centra dopravního výzkumu, v. v. i., a dodává: „V obou uvedených kategoriích vozidel bylo již za první kvartál registrováno více vozidel než za celý loňský rok. V letošním roce má z pohledu jednotlivých značek nejvyšší podíl registrací Škoda (771 vozidel, 58% podíl), následuje Hyundai (153 ks, 12 %) a Tesla (114 ks, 9 %) [42] [46].“

Registrácie nových osobných automobilov podľa paliva (január - marec)	benzín	nafta	CNG	LPG	elektro	plug-in hybrid	hybrid	celkom
2019	41 719	16 678	163	200	143	53	1 416	59 616
2020	33 007	14 686	435	41	855	465	2 571	50 194
medziročne	-8 712	-1 992	272	-159	712	412	1 155	-9 422
	-20,9%	-11,9%	166,9%	-79,5%	497,9%	777,4%	81,6%	-15,8%

Tab.1 Medziročný nárast nových vozidiel v januári až marci v rokoch 2019 – 2020. [42]

Za najúspešnejšieho predajcu elektromobilov a hybridov je aj vďaka modelom City-go a Superb iV česká Škoda. Za prvý kvartál roku 2020 zaznamenala v ČR predaj 457 elektromobilov a 314 plug-in hybridov.

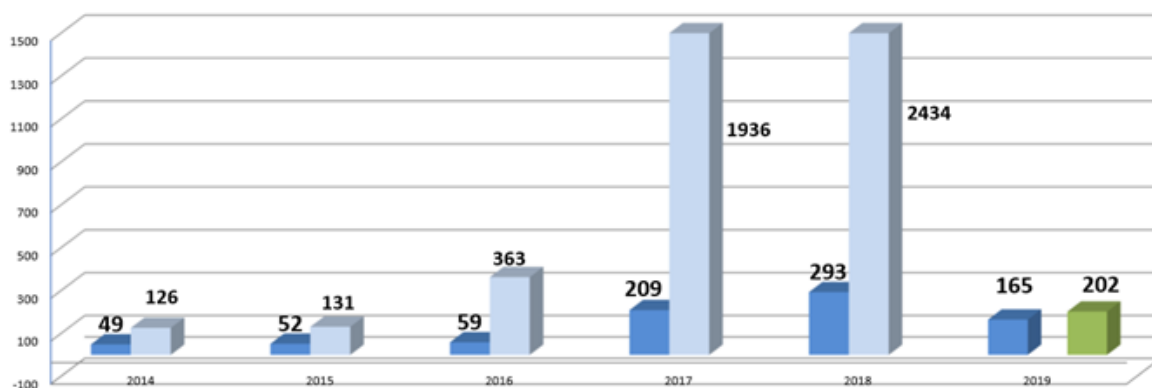


Obr.21 Graf predaja nových elektromobilov v rámci EU. [42]

Na Slovensku v roku 2019 prebehla akcia pod záštitou ministerstva dopravy, ktoré vyhradilo 6 miliónov eur na podporu elektromobility. Podmienkou bolo zaregistrovať svoju žiadosť, po ktorej vyhovení nasledovala povinnosť kúpy vozidla do 12 mesiacov. Výška bonusu sa maximálne pohybovalo do 5000 € pri plug-in hybridoch a 8000 € pri BEV teda full elektromobiloch. Dotácie sa minuli za necelé 4 minúty, kde sa zo 4000 registrovaných žiadostí podarilo uspieť prvým 125, čo predstavuje príspevok na 689 elektromobilov a 97 hybridov. Ostatní žiadatelia zatiaľ ostanú v tzv. „zásobníku“, pre ktorých sa žiaľ dotácia neušla. Maximálna cena vozidla bola stanovená na 50 000 € a možnosť hromadnej dotácie pre firmy obmedzená na 3 vozidlá. Veľký záujem bol hlavne o lacnejšie modely, ako napríklad Škoda city-go či Volkswagen e-up, ktorých cenovka sa blíži 20 000 €, avšak do rozpočtu sa zmestila aj Tesla model 3, ktorej základná konfigurácia sa pohybuje na hranici 50 000 €.

Z pozitívnych ohlasov zo sféry predaja elektromobilov sa bohužiaľ na Slovenku radosť nedá. Vyššie zmienená akcia spôsobila medziročný prepád v predaji elektromobilov až o 44 %. Potenciálni zákazníci sa rozhodli zdržať svoj nákup, ako z prieskumu vyplýva, bolo ich vyše 4000. No po zverejnení výsledkov sme sa dozvedeli, že peniaze sa ušli len prvým 125. Zvyšných 3850 záujemcov teda momentálne zvažuje, či sa investícia do elektromobilu bez

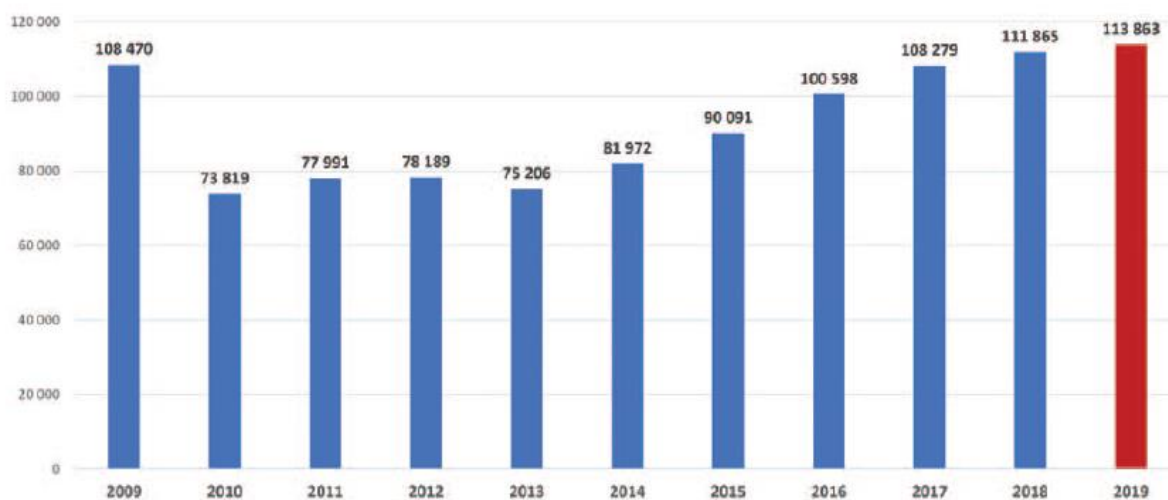
dotácie vyplatiť. Je teda diskutabilné, či táto dotácia nebola kontraproduktívna a nespôsobila viac zla ako dobra [44].



	2014	2015	2016	2017	2018	2019
BEV	49	52	59	209	293	165
PHEV+HEV	126	131	363	1936	2434	
PHEV						202

Obr. 22 Predaj elektromobilov v predchádzajúcich rokoch na Slovensku. [43]

Za minulý rok bolo na území Slovenskej republiky zaregistrovaných 113 863 nových vozidiel, z ktorých je necelých 70 % na benzín, 25 % diesel a iba 5 % využívajúcich alternatívne zdroje energie.



Obr.23 Vývoj registrácií nových vozidiel v SR za roky 2009 – 2019 [43]

ZÁVER

Hybridné vozidlá budú tvoriť v najbližšej budúcnosti veľký prevrat našej prepravy. Predpísané prísne emisné normy do veľkej miery určujú, kam sa bude ďalší vývoj uberať. Ak sa Európska únia rozhodne zakázať fosílna palivá, autovýrobcovia nebudú mať inú možnosť, ako elektrifikovať celé svoje portfólio. Pred elektromobilmi majú hybridy výhodu v kombinácii jazdného módu, ktorý je pre zákazníka lákavý, čo sa odráža na každoročných nárastoch v ich predaji. Z hľadiska komponentov, je, bol a bude stále najviac rozoberaný práve akumulátor, ktorému sa z hľadiska vývoju venuje hlavná pozornosť. Jeho optimalizácia, aby bol čo najľahší a zároveň disponoval čo najväčším dojazdom, sú hlavnými kritériami, na ktoré sa kladie dôraz. Dnes sa zdá, že batérie na základe lítia sú tým najlepším čo máme, do budúcnosti však môže nastať problém s jeho nedostatkom, keďže lítia je v zemskej kôre len 0,6 %. Výskum preto nespí a sústreďuje sa na ďalšie možné materiály a komponenty, ktoré by mohli byť využiteľné a cenovo dostupné.

Pri spracovávaní mojej práce som narazil na množstvo iných technológií zo sveta hybridného vývoja, ktoré som do tejto práce nezahrnul. Patrí medzi ne napríklad nový typ elektromotora s prezývkou AMPERE, ktorý ponúka v porovnaní s klasickým až štvornásobnú hustotu energie, vyrobený pomocou 3D tlače z kovového prášku, s cieľom ušetriť čo najväčšiu možnú hmotnosť. Taktiež som narazil na nový typ elektromagnetických brzd z dielne Warner Electric, ktoré sľubujú veľké úspory energie, keďže sú ovládané jednorázovým pulzom. Ďalšou kapitolou, ktorá ma zaujala a nezahrnul som ju do mojej práce, bola oblasť alternatívnych zdrojov paliva. Zaujímavé sú práve možnosti využitia vodíka, ktorý by pri svojom využití neprodukoval žiadne emisie, alebo jadrová energia, ktorú už dnes využívajú veľké vojenské lode ako náhradu za neekologické dieslové motory.

Voľbu, ktorou sa bude zákazník riadiť pri výbere automobilu je možné ovplyvniť rôznymi typmi dotácií a úľavami zo strany štátu, ktoré neraz hrajú kľúčovú rolu v rozhodovaní. Najväčšie výhody majú elektromobily práve v Nórsku, kde bola pre ne vytvorená zo strany štátu priaznivá forma, nemuseli platiť mýtnu, parkovné ani stáť v zápchach, pretože mali vyhradené samostatné pruhy na jazdu. Na Slovensku sa koncom roku 2019 konala ďalšia štátna podpora, s cieľom výmeny neekologických vozidiel, kde si vlastníci vozidiel starších ako 15 rokov mohli po ich zošrotovaní uplatniť zľavu až do výšky 35 % z ceny nového hybridného automobilu. Bohužiaľ, dnešná situácia s ktorou nikto nepočítal, zohráva kľúčovú úlohu v tom, ako sa bude život hybridov ďalej vyvíjať. Mnohí analytici predpokladajú veľkú ekonomickú krízu, ktorá zabrzdí celý vývoj, no väčšina veľkým hráčov, ako Daimler či Tesla, už dnes pracujú na technológiách a prístrojoch, ktoré sú nevyhnutné v boji proti spoločnému nepriateľovi.

POUŽITÉ INFORMAČNÉ ZDROJE

- [1] OLIVÍK, Pavel. Lohner-Porsche Semper Vivus: první hybridní auto Více na: https://www.autorevue.cz/lohner-porsche-semper-vivus-prvni-hybridni-auto_1 [online]. 24.09.2011 [cit. 2020-03-17]. Dostupné z: https://www.autorevue.cz/lohner-porsche-semper-vivus-prvni-hybridni-auto_1
- [2] <https://www.autokaleidoskop.cz/files/201103/20110315-180431.jpg>
- [3] VARGA, Bogdan, Calin ICLODEAN a Florin MARIASIU. Electric and Hybrid Buses for Urban Transport: Energy Efficiency Strategies. Switzerland: Springer, 2016. ISBN 978-3-319-41248-1.
- [4] PISTOIA, Gianfranco. ELECTRIC AND HYBRID VEHICLES POWER SOURCES, MODELS, SUSTAINABILITY, INFRASTRUCTURE AND THE MARKET. Rím: Elsevier, 2010. ISBN 978-0-444-53565-8.
- [5] https://www.autopromotec.com/media-files/userfilesResize/autopromotec-blog-dettaglio/AutoNewsArticolo/images/YARIS_HYBRID_TEC_02_GMS_2012.JPG
- [6] MUHAMMAD H., Rashid. Power Electronics Handbook. 4th Edition. Florida: Butterworth- Heinemann, 2018. ISBN 978-0-12-811407-0.
- [7] <https://www.skoda-auto.cz/modely/novy-superb/novy-superb-iv>
- [8] <https://newmobility.news/wp-content/uploads/2020/01/rrevq20mymhevpowertrainannotatedv222111801-960x640.jpg>
- [9] TRVALÁ DEAKTIVACE START-STOP SYSTÉMU OCTAVIA III NEBO GOLF VI [online]. 2016, , 5-6 [cit. 2020-03-10]. Dostupné z: http://www.e-autokelly.cz/einfo-rijen-2016/e_info_10.pdf
- [10] Applied Energy [online]. 15.04.2014, , 314-329 [cit. 2020-03-10]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544219316421?via%3Dihub>
- [11] <https://cdr.cz/sites/default/files/images/9340/bosch2.jpg>
- [12] RANDALL, Carolyn. What Are the Advantages and Disadvantages of Series Hybrid Designs? [online]. , 1-2 [cit. 2020-03-13]. Dostupné z: <https://homeguides.sfgate.com/advantages-disadvantages-series-hybrid-designs-78758.html>
- [13] <http://autocaat.org/uploadedImages/Content/Technologies/Hybrid and Electric Vehicles/Types/Series-Hybrid.jpg>
- [14] https://www.researchgate.net/profile/Scott_Moura/publication/265525745/figure/fig1/AS:303852332044288@1449455449323/The-single-mode-power-split-hybrid-architecture-uses-a-planetary-gear-set-to-split.png

- [15] PISANTI, C., V. MARANO a G. RIZZO. Energy Management of Through-The-Road Parallel Hybrid Vehicles. IFAC Proceedings Volumes [online]. Volume 47, Issue 3. Cape Town: Elsevier, 2014, s. 2118-2124 [cit. 2020-03-13]. ISBN 978-3-902823-62-5. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474667016419269>
- [16] https://s.aolcdn.com/dims-global/dims3/GLOB/legacy_thumbnail/1049x590/quality/80/http://www.blogcdn.com/green.autoblog.com/media/2010/08/3008hybrid41003techj.jpg
- [17] ZHAO, Jinxing. Research and application of over-expansion cycle (Atkinson and Miller) engines. Applied Energy [online]. 2017, (185), 300-319 [cit. 2020-03-20]. DOI: 10.1016/j.apenergy.2016.10.063. ISSN 03062619. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/309751100_Research_and_application_of_over-expansion_cycle_Atkinson_and_Miller_engines_-_A_review
- [18] LEXUS, Portugal. Motor a gasolina com ciclo Atkinson. In: Youtube [online]. [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=uhtMEvfZkdM&t=96s>
- [19] LANGUANG, Lu, Han XUEBING a Li JIANQIU. A review on the key issues for lithium-ion battery management in electric vehicles. Journal of Power Sources 226 [online]. 2013, , 272-288 [cit. 2020-03-21]. DOI: 10.1016/j.jpowsour.2012.10.060. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/257225400_A_review_on_the_key_issues_for_lithium-ion_battery_management_in_electric_vehicles
- [20] Storing Energy in China. M.LETCHER, Trevor. Storing Energy [online]. Durban, South Africa: Elsevier, 2016, s. 509-527 [cit. 2020-03-21]. ISBN 978-0-12-803440-8. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128034408000245?via%3Dihub>
- [21] N.LINK, Albert, Alan C. O'CONNOR a Troy J. SCOTT. Battery Technology for Electric Vehicles: The adoption of battery technology in EDVs. New York: Routledge, 2015. ISBN 978-1-138-81110-2.
- [22] REICHL, Tomáš. Sodíkové baterie - konstrukce, princip činnosti a aplikace [online]. 15.04.2015, , 1-2 [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/rychle-zpravy/sodikove-baterie-konstrukce-princip-cinnosti-a-aplikace>
- [23] ZOU, Zhi, Daiwei YU a Yang YANG. Gradient Li-rich oxide cathode particles immunized against oxygen release by a molten salt treatment. Nature Energy [online]. December 2019, (4), 1049-1058 [cit. 2020-03-24]. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41560-019-0508-x>. Dostupné z: <https://www.nature.com/articles/s41560-019-0508-x>
- [24] ADKINS, Keisha. Samsung Presents Groundbreaking All-Solid-State Battery Technology to 'Nature Energy' [online]. 10.03.2020, , 1-2 [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://www.companynewshq.com/company-news/technology-company-news/samsung-presents-groundbreaking-all-solid-state-battery-technology-to-nature-energy/>
- [25] <http://news.mit.edu/2020/solid-batteries-lithium-metal-electrode-0203>

- [26] QAZI, Salahuddin. Standalone Photovoltaic (PV) Systems for Disaster Relief and Remote Areas. : Battery Storage for Standalone PV System [online]. New York: Elsevier, 2016, s. 58-59 [cit. 2020-03-25]. ISBN 978-0-12-803022-6. Dostupné z: [https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=JPPHBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Standalone+Photovoltaic+\(PV\)+Systems+for+Disaster+Relief+and+Remote+Areas+Book+%E2%80%A2+2016&ots=ua_JyMOBOL&sig=EOfF2qe0xVClqbL6d3PZPeTvYSM&redir_esc=y#v=onepage&q=Standalone%20Photovoltaic%20\(PV\)%20Systems%20for%20Disaster%20Relief%20and%20Remote%20Areas%20Book%20%E2%80%A2+2016&f=false](https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=JPPHBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Standalone+Photovoltaic+(PV)+Systems+for+Disaster+Relief+and+Remote+Areas+Book+%E2%80%A2+2016&ots=ua_JyMOBOL&sig=EOfF2qe0xVClqbL6d3PZPeTvYSM&redir_esc=y#v=onepage&q=Standalone%20Photovoltaic%20(PV)%20Systems%20for%20Disaster%20Relief%20and%20Remote%20Areas%20Book%20%E2%80%A2+2016&f=false)
- [27] <https://ars.els-cdn.com/content/image/3-s2.0-B9781782423775000066-f06-09-9781782423775.jpg>
- [28] DIOPAN, Václav. Superkondenzátory: nahradí v budoucnu lithium-iontové baterie? [online]. 2018, , 1-4 [cit. 2020-03-26]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/superkondenzatory-nahradi-v-budoucnu-lithium-iontove-baterie>
- [29] Biopolymer Composites in Electronics [online]. SADASIVUNI, Kishor Kumar, Deepalekshmi PONNAMMA a Mariam AlAli ALMAADEED. Amsterdam: Elsevier, 2016, s. 487-503 [cit. 2020-03-26]. ISBN 978-0-12-809261-3. Dostupné z: https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=5km0CwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Biopolymer+Composites+in+Electronics&ots=4SCOSK5iqH&sig=cuSeAXn02-IRKIIHm3V9mIe_lSE&redir_esc=y#v=onepage&q=Biopolymer%20Composites%20in%20Electronics&f=false
- [30] ZAHARADDEEN, S. Iro a S.S. DASH. A Brief Review on Electrode Materials for Supercapacitor. International journal of electrochemical science [online]. **2016**(11), 10628 – 10643 [cit. 2020-03-26]. DOI:10.20964/2016.12.50. Dostupné z: <http://electrochemsci.org/papers/vol11/111210628.pdf>
- [31] <https://www.seas.ucla.edu/~pilon/EES.html>
- [32] KERS (Kinetic Energy Recovery System) [online]. [cit. 2020-03-27]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/kers-kinetic-energy-recovery-system/>
- [33] HLAWICZKA, Petr. Jak funguje hybridní systém F1 aneb když MGU-K nestíhá dobíjet baterie Zdroj: <https://f1news.autoroad.cz/technika/49650-jak-funguje-hybridni-system-f1-aneb-kdyz-mgu-k-nestiha-dobijet-baterie> [online]. 05.01.2015 [cit. 2020-03-27]. Dostupné z: <https://f1news.autoroad.cz/technika/49650-jak-funguje-hybridni-system-f1-aneb-kdyz-mgu-k-nestiha-dobijet-baterie>
- [34] <https://www.auto.cz/systemy-mgu-k-a-mgu-h-jak-funguje-hybridni-pohon-formule-1-113150>
- [35] UDDIN, Kotub, Matthieu DUBARRY a Mark B. GLICK. The viability of vehicle-to-grid operations from a battery technology and policy perspective: Science for Environment Policy. Energy Policy [online]. 27.03.2019, **2018**(Volume 113), 342-347 [cit. 2020-04-03]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.11.015>. Dostupné z: https://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/understanding_degradation_battery_life_key_successful_v2g_523na1_en.pdf?_hstc=51530422.9edc33763a9

[9c95d669e59a76bafbecd.1585900264281.1585911637896.1585914694836.3&_hssc=51530422.1.1585914694836&_hsfp=3287271431&hsutk=9edc33763a99c95d669e59a76bafbecd&contentType=standard-page](https://www.virta.global/vehicle-to-grid-v2g)

- [36] Vehicle-to-Grid: Everything you need to know [online]. 2019 [cit. 2020-04-03]. Dostupné z: <https://www.virta.global/vehicle-to-grid-v2g>
- [37] Renault zkouší používat elektromobily jako malé elektrárny [online]. 2019 [cit. 2020-04-03]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/renault-zkousi-pouzivat-elektromobily-jako-male-elektrarny>
- [38] <https://ignitisinnovation.com/2019/12/11/vehicle-to-grid/>
- [39] CONDLIFFE, Jamie. The Case for Building Electric Roads [online]. In: . 18.05.2017, s. 1-2 [cit. 2020-04-05]. Dostupné z: <https://www.technologyreview.com/s/607902/the-case-for-building-roads-that-can-charge-electric-cars-on-the-go/>
- [40] FROST, Adam. Sweden to build world's first dynamic 'electric road' system [online]. 12.04.2019, , 1-2 [cit. 2020-04-05]. Dostupné z: <https://www.trafficechnologytoday.com/news/traffic-management/sweden-to-build-worlds-first-dynamic-electric-road-system.html>
- [41] <https://techtimes.com/wp-content/uploads/sites/2/2019/04/ELECTRIC-ROAD-ELECTREON.jpg>
- [42] NIEDERMAYER, Luděk. *Koronavirus a automobilový průmysl: co se bude dít?* [online]. 07.04.2020, s 1-3 [cit. 2020-06-26]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/koronavirus-automobilovy-prumysl-co-se-bude-dit>
- [43] <https://podkapotou.zoznam.sk/cl/1000612/1851653/Vyroba-aut-na-Slovensku-aj-registracie-novych-boli-opat-rekordne>
- [44] MIHALIK, Miloslav. Dotácia na elektromobil je zlyhanie. Dvakrát zrušená a presunutá [online]. 12.12.2019, , 1-3 [cit. 2020-06-26]. Dostupné z: <https://www.topspeed.sk/novinky/dotacia-na-elektromobil-je-fail-dvakrat-zrusena-a-presunuta/16936>
- [45] HORČÍK, Jan. Německo zvyšuje dotaci na nákup elektromobilu na 9000 eur [online]. 04.06.2020, , 1-2 [cit. 2020-06-26]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/nemecko-zvysuje-dotaci-na-nakup-elektromobilu-na-9000-eur>
- [46] FRIČ, Jindřich. Počet elektromobilů se v České republice blíží desetitisícové hranici [online]. Ostrava/Brno, 7. dubna 2020, , 1-5 [cit. 2020-06-26]. Dostupné z: <https://www.cdv.cz/file/tz-pocet-elektromobilu-se-v-ceske-republice-blizi-desetitisicove-hranici/>

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr.1 Semper Vivus [2]	3
Obr.2 Full-hybrid Toyota Yaris [5]	4
Obr.3 Škoda SUPERB iV plug in hybrid [7]	5
Obr.4 Mild-hybrid Discovery 2020 [8]	6
Obr.5 Komponenty start-stop od firmy Bosch [11]	7
Obr.6 Sériové usporiadanie - schéma[13]	8
Obr.7 Schéma paralelného usporiadania [13]	10
Obr.8 Usporiadanie seriovo-paralelné [13]	11
Obr.9 Systém s vlastnosťami seriovo / paralelného toku energie [14]	11
Obr.10. Schéma TRT hybridu[16]	12
Obr.11 Atkinsonov 4-dobý motor [17]	13
Obr.12 Usporiadanie v Li-iontovej batérii[16]	14
Obr.13 Popis sodíkovo-sírovej batérie [16]	16
Obr.14 Pokovanie a odizolovanie kovu lítia v uhlíkovej trubici s rozmerom 100 nm [25]	18
Obr.15 Prierez NiMH batériou [27]	19
Obr.16 Závislosť hustoty výkonu od hustoty energie [31]	191
Obr.17 Popis systém KERS [32].	22
Obr.18 Zloženie motoru Renault zo sezóny 2018 s prvkami MHU-K a MGU-H [34]	24
Obr.19 Ekosystém V2G [38]	26
Obr.20 Umiestnenie indukčného pruhu a jeho interakcia s vozidlom [41]	27
Obr.21 Graf predaja nových elektromobilov v rámci EU. [42]	26
Obr.22 Predaj elektromobilov v predchádzajúcich rokoch na Slovensku. [43]	27
Obr.23 Vývoj registrácií nových vozidiel v SR za roky 2009 – 2019 [43]	26

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A SYMBOLOV

PHEV	(plug-in hybrid electric vehicle)	Plug-in hybridné vozidlo
CO ₂	Oxid uhličitý	
NO _x	Oxidy dusíka	
HEV	(hybrid electric vehicle)	Plne hybridné vozidlo
MHEV	(mild hybrid electric vehicle)	Mierne hybridné vozidlo
BEV	(battery electric vehicle)	Hybridné vozidlo s batériou
SOC	(state of charge)	Aktuálny stav nabitia
AER	(all electric range)	Plne elektrický dojazd
CD	(charge depleting)	Stav vybíjania
CS	(charge sustaining)	Stav dobíjania
GM	(general motors)	Americký koncern zastrešujúci Ford
AGM	(absorbed glass mat)	Elektrolyt nasiaknutý v tkanine zo sklených vlákien
ASM	Asynchronný motor	
PSM	Synchronný motor s permanentným magnetom	
TFM	Motor s priečnym tokom	
SRM	Motor s obrátenou magnetickou rezistenciou	
Ni - MH	Nikel – metalhydridová batéria	
Ni - Cd	Nikel – kadmiová batéria	
Li - ion	Lítium – iónová batéria	
Ag-C	Striebro-uhlíková batéria	
AA	Tužkové batérie	
AAA	Mikro-tužkové batérie	
MIT	(Massachusetts Institute of Technology)	Massachusettský technologický inštitút
MIEC	(Mixed ionic-electric conductor)	Zmiešaný iónovo-elektrický vodič
ELI	(Electron-Li-ion isolant)	Elektrónovo-lítiový izolant

KERS	(kinetic energy recovery system)	System rekuperácie kinetickej energie
MGU-K	(motor generator unit - kinetic)	Motorický generátor - kinetickej energie
MGU-H	(motor generator unit - heat)	Motorický generátor z tepla
V2G	(Vehicle to grid)	Vozidlo v sieti
M1	motorové vozidlá, ktoré majú najmenej štyri kolesá a používajú sa na prepravu osôb	
N1	motorové vozidlá, ktoré majú najmenej štyri kolesá a používajú sa na prepravu tovaru	
L1	dvojkolesové mopedy – s objemom valcov motora najviac 50 cm ³	