

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra jakosti a spolehlivosti strojů



Údržba vozidel se spalovacím motorem a elektropohonem

Bakalářská práce

Vedoucí práce: prof. Ing. Martin Pexa, Ph.D.

Autor práce: Jiří Hrubý

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jiří Hrubý

Technika a technologie v dopravě a spojích
Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

Údržba vozidel se spalovacím motorem a elektropohonem

Název anglicky

Maintenance of vehicles with internal combustion engine and electric drive

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je popsat specifika pohonů vozidel se spalovacím motorem, elektromotorem a v jejich kombinaci. Hlavní část práce se zaměří na problematiku údržby jednotlivých koncepcí pohonu vozidel s hodnocením náročnosti a ekonomické otázky.

Metodika

Bakalářská práce se v první části zaměří na literární rešerši zaměřenou na oblast pohonu vozidel z hlediska konstrukce a požadavků na údržbu. Pro porovnání systémů pohonu z hlediska údržby budou použity i zkušenosti uživatelů.

Osnova:

1. Úvod
2. Cíl a metodika práce
3. Popis pohonů vozidel (spalovací motor, elektropohon, hybrid)
4. Popis údržby pohonů (předepsané pokyny a zkušenosti uživatelů)
5. Porovnání pohonů (náročnost a ekonomika údržby)
6. Závěr

Doporučený rozsah práce

30-40

Klíčová slova

údržba, elektropohon, spalovací motor

Doporučené zdroje informací

HROMÁDKO, Jan. *Speciální spalovací motory a alternativní pohony : komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol*. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4455-1.
KRAUSE, Paul C.; WASYNCZUK, Oleg.; SUDHOFF, Scott D. *Analysis of electric machinery and drive systems*. New York: IEEE Press, 2002. ISBN 978-0-471-14326-0.
LEGÁT, Václav. *Management a inženýrství údržby*. [Praha]: Kamil Mařík – Professional Publishing, 2016. ISBN 978-80-7431-163-5.
LEVITT, Joel. *Complete guide to preventive and predictive maintenance*. New York: Industrial Press, 2011. ISBN 978-0-8311-3441-9.
Periodika, předpisy a firmení literatura

Předběžný termín obhajoby

2023/2024 LS – TF

Vedoucí práce

doc. Ing. Martin Pexa, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra jakosti a spolehlivosti strojů

Elektronicky schváleno dne 24. 1. 2022

doc. Ing. Martin Pexa, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 23. 2. 2022

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 20. 03. 2024

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Údržba vozidel se spalovacím motorem a elektropohonem" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne:

Jiří Hrubý

Poděkování

Rád bych poděkoval panu prof. Ing. Martinu Pexovi, Ph.D. za trpělivost a pomoc při tvorbě této práce.

Abstrakt

Tato práce popisuje konstrukci pohonů automobilů se spalovacím motorem, elektromotorem a jejich kombinaci. Dále popisuje údržbu jednotlivých druhů pohonů. Následně se věnuje porovnání pohonů z hlediska náročnosti a ekonomiky jejich údržby. V práci se vyskytují i zkušenosti uživatelů včetně porovnání vozů z hlediska údržby. Ve výsledku se došlo k závěru, že jednodušší konstrukce elektromobilu pozitivně ovlivňuje i údržbu. Elektromobil má oproti automobilu se spalovacím motorem méně náročnou údržbu a také je jeho údržba ekonomicky výhodnější.

Klíčová slova: údržba, elektropohon, spalovací motor

Abstract

This thesis describes the design of car drive trains with internal combustion engine, electric motor and their combination. It also describes the maintenance of each type of drive train. It then compares the drive trains in terms of their maintenance requirements and economics. User experiences including a comparison of the cars in terms of maintenance are also included. As a result, it is concluded that the simpler design of the electric vehicle has a positive effect on maintenance. An electric car has less maintenance requirements compared to a car with an internal combustion engine and also its maintenance is more economical.

Keywords: maintenance, electric drive, internal combustion engine

Obsah

1. Úvod	1
2. Cíl a metodika práce	2
3. Počátky pohonů vozidel	3
3.1 Spalovací motory	5
3.1.1 Zážehové motory	6
3.1.2 Vznětové motory	7
3.2 Elektromotory	8
3.2.1 Elektromobily	9
3.2.1.1 Pohonné ústrojí elektromobilů	10
3.2.1.2 Akumulátory	12
3.2.2 Hybridní automobily	14
3.2.2.1 Typy hybridních elektromobilů	15
4. Údržba automobilů	18
4.1 Údržba automobilů se spalovacím motorem	18
4.2 Údržba elektromobilů	21
4.3 Údržba vozidel s hybridním pohonem	23
5. Porovnání údržby jednotlivých pohonů	24
6. Závěr	28

1. Úvod

Elektromobily, automobily se spalovacím motorem a jejich kombinace, jaký je mezi nimi rozdíl a v čem se liší jejich údržba. Elektromobil je automobil, který pro svůj pohon používá elektromotor a jako zdroj energie má trakční akumulátor. Elektromobily jsou stále populárnější a to hlavně díky požadavkům Evropské unie na snížení emisí automobilů. Konvenční automobily využívají k pohonu spalovací motor, ten může být vznětový nebo zážehový. Kombinací těchto pohonů je hybridní automobil, ten se pokouší využít výhody obou zmíněných pohonů. Existují různé druhy hybridních pohonů, dle toho do jaké míry jsou schopné využívat oba druhy pohonů. Díky rozdílům v jejich konstrukci se liší také údržbou. Liší se její náročností, intervaly, ve kterých musí být prováděna a také její cena. Například cena údržby elektromobilu Chevrolet Bolt EUV je okolo 35% nižší než u vozu Chevrolet Trax se spalovacím motorem.[1]

2. Cíl a metodika práce

Cílem této bakalářské práce je popsat jednotlivé druhy pohonů vozidel se spalovacím motorem, elektromotorem a v jejich kombinaci, dále se práce zaměří na údržbu jednotlivých druhů pohonů s ohledem na její technickou a ekonomickou náročnost.

V první části stručně zmapuje historii jednotlivých pohonů a pokračuje literární rešerší zaměřenou na konstrukci a údržbu jednotlivých druhů pohonů. Pro porovnání pohonů z hlediska náročnosti údržby budou použity i zkušenosti uživatelů.

3. Počátky pohonů vozidel

Za první vozidlo s vlastním pohonem je považován Cugnotův dělostřelecký vůz (viz Obr.1). Nicolas Joseph Cugnot byl v roce 1764 pověřen francouzským ministrem války vytvořit parní traktor pro dělostřelectvo. V roce 1769 byl vůz prezentován v Paříži. Pro jízdu bylo potřeba naplnit kotel vodou, na zemi pod ním rozdělát oheň a po vytvoření páry bylo teprve schopné jízdy. Vůz poté dosahoval rychlosti 4,5 km/h a byl schopen jízdy 12 minut než pára došla. Avšak za vynálezce parního stroje je označován James Watt, který na něj získal patent a zásadně se podílel na jeho rozšíření a později jej zdokonaloval.[2]



Obrázek 1 Cugnotův dělostřelecký vůz. Zdroj: Helmut Faugel

Vynálezci, kteří se podíleli na vývoji moderního automobilu je mnoho. Ale nikdo se svým přínosem nevyrovnal Karlu Benzovi. Benz vynalezl, sestrojil a následně si nechal v lednu roku 1886 patentovat jeho motorový vůz. Jednalo se o tříkolový stroj s jednoválcovým čtyřtaktním spalovacím motorem, který byl poháněn svítiplynem (viz Obr.2). Přibližně ve stejnou dobu sestrojil vůz poháněný spalovacím motorem i Gottlieb Daimler. Benzův vůz měl několik prvků, které jsou u dnešních automobilů běžné jako jsou zapalovací svíčka, spojka a chladič na vodní chlazení.[3]



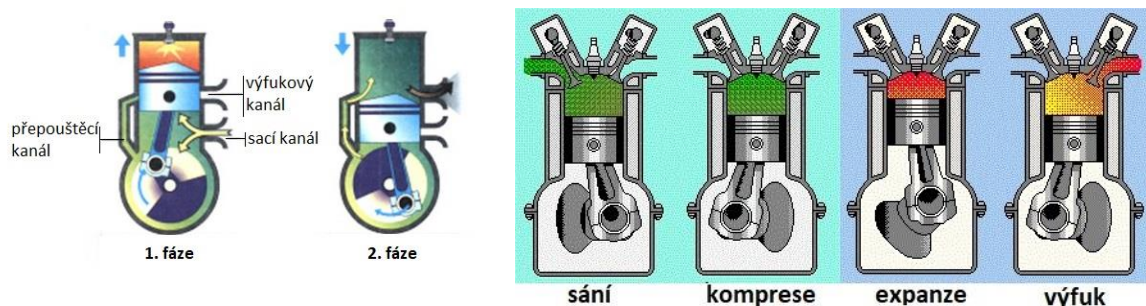
Obrázek 2 Benzův motorový vůz. Zdroj: Thomas T.

Jako první vozidlo s elektrickým pohonem napájeným baterií, kterou bylo možné opětovně dobít, je považováno tříkolové vozítko sestavené Gustavem Trouve. Vozidlo bylo demonstrováno v listopadu roku 1881 na International Exhibition of Electricity pořádané v Paříži. Gustave Trouve použil sekundární články vynalezený francouzským fyzikem Gastonem Planté. Jedná se o olověný akumulátor, který je schopen po svém vybití být opět dobit, což do té doby nebylo možné.[4]

Vozidla s hybridním pohonem vznikala krátce po vynálezu spalovacího motoru. V dnešní době jsou hybridy využívány primárně pro snížení nákladů na pohonné hmoty. První hybridy však sloužily pro zlepšení výkonu automobilů nebo na prodloužení jejich dojezdu. První hybridní vozidla byla představena v roce 1899 v Paříži.[5]

3.1 Spalovací motory

Jedná se o tepelný stroj, který přeměňuje chemickou energii na tepelnou, která expanduje, tím působí na píst a vytváří mechanickou energii. Ta je přenášena na klikovou hřídel.[5] Spalovací motory mají mnoho pohyblivých i nepohyblivých součástí. Mezi pohyblivé součásti patří například: píst, ojnice, ventily, kliková hřídel atd. Nepohyblivé jsou například: blok motoru, hlava motoru, výfuková soustava atd. Spalovací motory se dají rozdělit na vznětové a zážehové. Rozdíl mezi nimi je ve způsobu zapálení směsi ve spalovacím prostoru. Od tohoto se také odvíjí konstrukce jednotlivých druhů motorů.[6] Dále se motory dělí na dvoudobé a čtyřdobé. Většina motorů používaná v dnešních automobilech je čtyřdobá. Dvoudobé motory pracují ve dvou fázích: první je sání a komprese a druhá je expanze a výfuk. Čtyřdobý má fáze čtyři: sání, komprese, expanze a výfuk. Liší se také konstrukcí, např.: dvoudobý používá k přivedení směsi do spalovacího prostoru a pro odvedení výfukových plynů kanály, kdežto čtyřdobý používá sací a výfukové ventily (viz Obr.3).[7]



Obrázek 3 Dvoudobé a čtyřdobé motory. Zdroj: Dvořák www.sekacky-pily.cz

V současné době velmi řešený problém je znečištění ovzduší způsobený automobily se spalovacími motory. Od druhé světové války se emise produkované automobily výrazně snížili. Zvyšovala se nejen efektivita motorů, ale také se vylepšovala paliva a čištění výfukových plynů. K čištění výfukových plynů slouží filtr pevných částic a dále například katalyzátor, ve kterém dochází k rozkladu nebezpečných chemických nečistot na přijatelnější méně nebezpečné.[5]

Pro převedení výkonu spalovacích motorů na kola jsou potřeba další mechanické části a to především převodová skříň. Jelikož spalovací motory mají omezený rozsah otáček musí převodová skříň měnit převodové poměry mezi motorem a koly. Další části jako jsou spojka, poloosy, kardanový hřídel, diferenciál a tak dále, slouží k přenosu točivého momentu z motoru na kola.[8]

3.1.1 Zážehové motory

V zážehových motorech musí být palivo dobře smícháno se vzduchem, aby došlo ke správnému spalování. K tomuto smíšení v dnešní době slouží více bodové nebo přímé vstřikování pomocí vstřikovačů. Dříve se pro smíchání paliva se vzduchem používalo jedno bodové vstřikování nebo karburátor. Přímé a více bodové vstřikování umožňuje rychlejší odezvu než karburátor nebo jedno bodové vstřikování. K zapálení směsi se používá zapalovací svíčka, ta musí zapálit směs ve správný čas.[6] Kompresní poměry se pohybují mezi 8:1 až 11:1. Při vyšších kompresních poměrech může docházet k samovznícení směsi, což je nežádoucí. Aby ve výkonnějších zážehových motorech nedocházelo k samovznícení používají se paliva s vyšším oktanovým číslem, které mají vyšší odolnost vůči samovznícení. Když k samovznícení dojde, může dojít k trvalému poškození motoru.[5] Jsou již ale i motory s kompresním poměrem 14:1, což se již blíží kompresním poměrům, které mají motory vznětové.[9]

3.1.2 Vznětové motory

U vznětových motorů je do motoru nasáván pouze vzduch. Ten je následně stlačen pístem na vysokou teplotu a poté je přímo do válce vstříknuté palivo. Díky vysokému tlaku a teplotě dojde ke samovznícení směsi.[5] Kompresní poměr vznětových motorů se pohybuje mezi 14:1 až 22:1 v závislosti na tom, jestli je motor atmosférický nebo přeplňovaný. Díky vysokému kompresnímu poměru musí být vznětové motory robustnější a jsou také těžší (viz obr.4). Vznětové motory mají díky palivu a díky vysokým tlakům obecně vyšší účinnost než motory zážehové.[6]



Obrázek 4 Porovnání pístu vznětového motoru (vlevo) a pístů ze zážehových motorů (vpravo).
Zdroj:10.3390/lubricants7120105

3.2 Elektromotory

Elektromotory odebírají elektrickou energii a následně jí přeměňují na energii mechanickou. Jsou to elektrické stroje pracující s točivým magnetickým polem. To vzniká otáčením tyčového stálého magnetu nebo otáčením tyčového elektromagnetu kolem jeho středu, tím vznikne točivé magnetické pole.[10]

Elektromotory se dají rozdělit na dvě hlavní skupiny. Na motory používající střídavý proud a na motory používající stejnosměrný proud. V dnešních elektromobilech, či hybridních automobilech se spíše používají střídavé elektromotory. Stejnosměrné elektromotory se v automobilech používali převážně v minulosti. Stejnosměrné elektromotory jsou oproti střídavým svou konstrukcí složitější a mají nižší účinnost. Střídavé motory mají dvě podskupiny: synchronní a asynchronní.[11]

V synchronních elektromotorech se točivé magnetické pole vytvářené statorem otáčí stejnou rychlostí jako točivé pole statoru. Jsou-li rychlosti otáčení točivých polí odlišné, jedná se o asynchronní motor.[10] Synchronní motor dosahuje vyšší účinnosti než asynchronní a to především v nižších otáčkách. Asynchronní motory se tedy využívají pro použití v automobilech, u kterých se předpokládá častější jízda po dálnici, jelikož mají vyšší účinnost při vyšších otáčkách. Synchronní elektromotor má rychlejší nástup točivého momentu a lepší tepelné vlastnosti, čímž je schopen podávat opakovaně vysoké výkony. Asynchronní elektromotory ovšem nemají oproti synchronním na rotoru permanentní magnety, které jsou ze vzácných kovů, což zvyšuje cenu celého elektromotoru. U motorů s permanentními neodymovými magnety vznikají ztráty způsobené indukovaným napětím a vířivými proudy. Přesto je toto řešení nejrozšířenější.

Existují ale i řešení bez drahých permanentních magnetů. Například konstrukce motoru s vinutím na rotoru, kde je do vinutí přiveden elektrický proud a tím vzniká točivé magnetické pole. Ale pro přenos elektrického proudu na rotor jsou potřeba sběrné kroužky a kartáče, což snižuje maximální otáčky a také zkracuje životnost motoru. Výhodou motoru s vinutím na rotoru je možnost regulace magnetického pole, díky čemuž nevznikají ztráty jako u motorů s neodymovými magnety.[11]

Existují také ale synchronní reluktanční motory. Ty fungují na principu změny magnetického odporu magnetického obvodu motoru. Rotory těchto motorů neobsahují drahé kovy ani vinutí. Díky absenci vinutí nedochází v rotorech k žádným ohmickým ztrátám, kvůli kterým by mohlo docházet k zahřátí rotoru. Tím se zvyšuje účinnost motoru a díky nižším teplotám prodlužuje životnost izolace vinutí na statoru. Dále také díky své robustní konstrukci nevyžadují složitou údržbu a v porovnání s ostatními elektromotory mají nižší cenu. Vylepšením synchronního reluktančního motoru přidáním permanentních magnetů vznikne takzvaně hybridní synchronní motor. Ten díky použití jak permanentních magnetů tak reluktančního momentu je schopen vysoké účinnosti v celém spektru otáček. Pro zachování nižší ceny jsou magnety feritové, ale účinnost zůstává vysoká.[12]

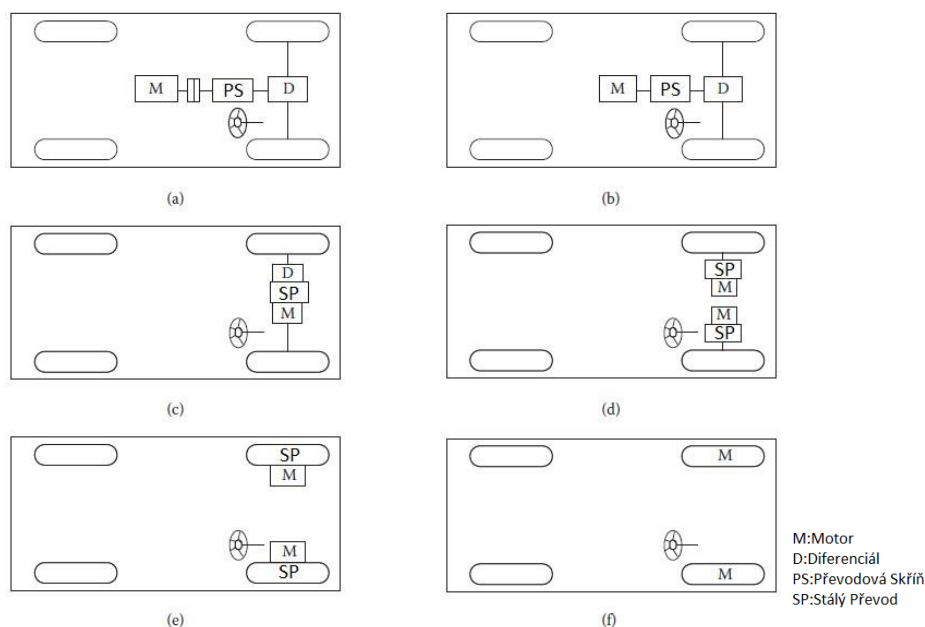
3.2.1 Elektromobily

Dříve se auta předělávala z normálních automobilů se spalovacím motorem jen přestavbou a úpravou na elektromobily. Výměnou spalovacího motoru s palivovou nádrží za elektromotor s akumulátorem, s ponecháním ostatních komponentů. Nevýhody jako je vysoká hmotnost, nižší flexibilita a postupné zhoršování výkonnosti způsobily, že se tento typ elektromobilů přestal používat. Zatímco moderní elektromobily jsou přímo navrženy jako elektromobily a mají tak optimální design, konstrukci rámu a uspořádání ostatních komponent. To přidává na flexibilitě a výkonnosti elektropohonu. Elektromotory jsou schopné i při malých rozměrech a nižší váze podávat srovnatelné výkony jako motory spalovací. Díky kompaktním rozměrům a nižší váze elektromotorů jsou možná různá konstrukční řešení. To umožňuje i řešení s více motory než jen s jedním, jak tomu běžně bývá u automobilů se spalovacím motorem.

Zdroj energie pro pohon elektromotorů je akumulátor. Akumulátor je složený ze stovek až tisíců bateriových článků. Jednotlivé články jsou v paralelním nebo v sériovém zapojení dle požadavků na napětí a proud.[13] Akumulátory se často ukládají do podlahy mezi nápravy a stávají se součástí konstrukce, anebo také do středového tunelu, či pod sedadla. Akumulátory jsou v dnešní době poměrně velmi pokročilé ale stále jsou příliš objemné a těžké, proto je preferována konstrukce s akumulátory mezi nápravami pro co nejnižší těžiště.

Další nedílnou součástí moderních elektromobilů jsou měniče. Měníče jsou používány k regulaci střídavých elektromotorů. Toto zařízení přeměňuje stejnosměrný proud dodávaný akumulátorem na střídavý proud, který potřebuje elektromotor. Dělá tak za pomoci tranzistorů, díky nimž je též schopen měnit frekvenci střídavého proudu, čímž je umožněna regulace střídavých elektromotorů. Měníče se též využívají při použití více elektromotorů na pohon více kol bez použití mechanických diferenciálů. Jsou schopny nahradit diferenciál a umožnit jiné rychlosti jednotlivých elektromotorů. Je možné tudíž rozdělovat výkon na jednotlivá kola, což slouží ke stabilizaci automobilu.[14]

3.2.1.1 Pohonné ústrojí elektromobilů



Obrázek 5 Možnosti uspořádání pohonného ústrojí elektromobilů.
Zdroj: Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles

- a) Konfigurace, kde byl spalovací motor pouze nahrazen elektromotorem a ostatní součásti pohonného ústrojí zůstaly na původním místě. Skládá se z elektromotoru, spojky, převodové skříně a diferenciálu. Spojku a převodovou skříň lze nahradit automatickou převodovkou. Spojka zde slouží jako u spalovacích motorů k oddělení a spojení motoru od ostatních částí pohonného ústrojí. Převodová skříň poskytuje možnost změny převodových poměrů pro ideální otáčky ve vyšších rychlostech. Diferenciál umožňuje pohyb kol jinou rychlostí, čímž umožňuje automobilu projet zatáčkou bez smýkání kol.

- b) Konfigurace s elektromotorem, který má stálý výkon v širokém spektru otáček a převodovkou se stálým převodem, která nahradí více rychlostní převodovou skříň. Tím odpadá nutnost použití spojky. Toto řešení nejen snižuje hmotnost převodovky, ale také zjednodušuje ovládání pohonného ústrojí, jelikož není potřeba řadit na jiné převodové stupně.
- c) Konfigurace podobná té předchozí. Použití elektromotoru, stálých převodů a diferenciálu je sloučeno do jedné součásti, ze které vedou poloosy přímo na poháněná kola. Celé pohonné ústrojí je tedy značně zjednodušené a zmenšené.
- d) V této konfiguraci je diferenciál nahrazen dvěma elektromotory. Každý z motorů pohání jedno kolo a tím je možné pohánět každé kolo jinou rychlostí, tudíž není problém projet zatačkou.
- e) Pro další zjednodušení pohonného ústrojí je v této konfiguraci elektromotor umístěn přímo v poháněném kole. Použití planetové převodovky zajistí redukci otáček elektromotoru a zajistí zvýšení točivého momentu na poháněném kole. Výhodou planetové převodovky je také souosé uspořádání vstupní a výstupní hřídele.
- f) Konfigurace bez použití mechanických převodů mezi elektromotorem a poháněným kolem. Vnější rotor nízko otáčkového elektromotoru může být přímo spojen s poháněným kolem. Tudíž otáčky elektromotoru jsou totožné s otáčkami poháněného kola. Nicméně pro tuto konstrukci musí být elektromotor dost silný a mít vysoký točivý moment za nízkých otáček aby byl schopen uvést vůz do provozu a akcelarovat.[13]

3.2.1.2 Akumulátory

V současné době jsou akumulátory hlavní překážkou širšímu užití elektromobilů. Vývoj lepších a lehčích akumulátorů s vyšší kapacitou rozšíří celkové užití elektromobilů a uživatelé je budou vnímat jako ideální alternativu k vozidlům se spalovacím motorem. Akumulátory jsou klíčovým prvkem elektromobilů. Jsou též tím nejdražším prvkem v celém automobilu. Nicméně cena akumulátorů by se měla postupně snižovat, jelikož se čím dál více společností zabývá jejich vývojem a vylepšením. Při cestování elektromobilem není jen klíčovým faktorem dojezd, ale i čas potřebný pro dobití akumulátoru. Standardní síťová zásuvka je schopná poskytnout výkon okolo 3 kW, což znamená, že deset hodin nabíjení dobije maximálně 30 kWh energie do akumulátoru. I při použití rychlonabíjecích stanic bude plné dobití trvat jednu až tři hodiny. To vedlo ke konceptům stanic pro výměnu akumulátorů. V této stanici by mělo docházet k výměně vybitého akumulátoru v autě za stejný nabitý ze stanice. Nicméně jak vzrůstající počet modelů elektromobilů, tak použití různých druhů akumulátorů a jejich nedostatečná standardizace, neumožňují využití těchto stanic, jelikož všechna vozidla obsluhována touto stanicí by měla používat identické akumulátory. I přesto, že jsou stále častěji v elektromobilech používané lithium-iontové akumulátory, existuje více typů akumulátorů.

Olovněný akumulátor (Pb-PbO₂)

Tyto akumulátory byly vynalezeny již v roce 1859 a jsou nejstarším typem dobíjecích článků. Tento typ akumulátoru je běžně používán jako palubní autobaterie v běžných automobilech se spalovacím motorem. Dříve však byl používán i v elektromobilech jako například GM EV1 a Toyota RAV4 EV. Akumulátor se skládá z elektrod na bázi olova a z elektrolytu. Jako elektrolyt zde slouží roztok kyseliny sírové.

Nikl-kadmiový akumulátor (Ni-Cd)

Tato technologie byla používána v 90. letech. Tyto akumulátory mají větší hustotu energie. Jejich nevýhodou je velký paměťový efekt, krátká životnost a kadmium v nich obsažené je velmi drahý a toxický prvek. Z tohoto důvodu jsou v dnešní době tyto akumulátory nahrazovány nikl-metal hydridovými akumulátory (Ni-MH).

Nikl-metal hydridový akumulátor (Ni-MH)

V těchto akumulátorech je kadmium nahrazené slitinou, která absorbuje a uchovává vodík. Přestože mají vyšší rychlost samovybití než nikl-kadmiové akumulátory byly tyto akumulátory používány v mnoha hybridních vozech jako například Toyota Prius, nebo druhá verze GM EV1. Toyota RAV4 EV měla také vedle verze s olověným akumulátorem verzi s nikl-metal hydridovým akumulátorem.[15]

Lithium-iontový akumulátor (Li-Ion)

Tyto akumulátory používají jako elektrolyt lithiovou sůl v rozpouštědle, která dodává potřebné ionty pro vratnou elektrochemickou reakci probíhající mezi katodou a anodou. Katoda je vyrobena z oxidu kovu a anoda je vyrobena z uhlíku. Články tohoto akumulátoru obsahují čip, který řídí nabíjení a výdej energie.

Dále se Li-Ion články dělí dle použitých prvků. Jsou to například:

- LCO – Lithium Cobalt Oxide
- LMO – Lithium Manganese Oxide
- NMC – Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide
- LFP – Lithium Iron Phosphate
- NCA – Lithium Nickel Cobalt Aluminium Oxide
- LTO – Lithium Titanate

Jednotlivé druhy článků se dále liší hustotou energie na kilogram.[14]

3.2.2 Hybridní automobily

Po mnoho desetiletí byly konvenční systémy pohonu s jedním zdrojem výkonu založeném na spalování fosilních paliv nejrozšířenějším druhem vozidel. V posledních letech však snaha o úsporu paliva a obava ze znečišťování životního prostředí způsobily, že konstrukce hybridního pohonného ústrojí je vnímána jako jedna z předních alternativ k čistě spalovacím motorům. Komerční zájem o vozy s hybridní technologií rychleji než se očekávalo. Optimisticky se předpokládal mnohem větší skok z technologie využívající fosilní paliva přímo na palivové články a vodíkové či biopalivové systémy. Nyní se však předpokládá užití hybridních pohonů v příštích desetiletích, jelikož ostatní systémy se stále vyvíjejí.

Zájem o hybridní vozy roste ze stále vzrůstajících obav o životní prostředí, jelikož vozy se spalovacím motorem mohou vypouštět nebezpečné plyny, které podporují skleníkový efekt a poškozují tím životní prostředí. Dalším důvodem je, že fosilní paliva jsou neobnovitelný zdroj energie. Proto i přesto, že hybridní vozy spotřebovávají fosilní paliva, jsou schopna snížit spotřebu a v místě používání produkovat méně emisí. Mají však bezpečnost a spolehlivost jako automobily se spalovacím motorem.

Hybridní elektromobily se snaží kombinovat výhody spalovacích motorů a elektromotorů. Spalovací motor nejčastěji poskytuje většinu výkonu vozidla. Elektromotor poskytuje přídavný výkon potřebný při akceleraci nebo pro předjetí. Jsou i hybridní vozidla schopná jet do určité rychlosti pouze na elektromotor, avšak s limitovaným dojezdem. To umožňuje použití menšího spalovacího motoru a použití při jeho optimální účinnosti. Elektrickou energii lze získávat použitím spalovacího motoru jako generátor, nabíjením ze zásuvky a také rekuperací při brždění nebo jízdě z kopce. Rekuperací lze získat energii, která by jinak byla ztracena, a uložit jí do akumulátoru.[8]

3.2.2.1 Typy hybridních elektromobilů

Hybridní elektromobily se dále dají rozdělit podle uspořádání pohonného ústrojí na sériový hybrid, paralelní hybrid a jejich kombinaci.[16]

Paralelní hybrid

Paralelní hybrid používá dva mechanické způsoby pro pohon vozidla. Elektromotorem nebo spalovacím motorem.[8] Je možné pohánět vozidlo individuálně každým zvlášť nebo oběma způsoby současně. Elektromotor může v této konfiguraci fungovat též jako generátor a také jako startér. U jednohřídelové konstrukce v případě pohonu jen jedním motorem může být druhý odpojen pomocí spojky nebo se volně otáčí bez přivedeného výkonu. U dvouhřídelové konstrukce může být elektromotor implementován do převodovky, nebo připojen pomocí planetové převodovky. Paralelní hybrid dosahuje vyšších účinností při vyšší průměrné rychlosti, tím pádem se více hodí na mimoměstský provoz.[17]

Sériový hybrid

Sériový hybrid využívá jako pohon pouze elektromotor. Spalovací motor zde slouží pouze jako generátor elektrické energie a není mechanicky spojen s hnanými koly.[8] To umožňuje provoz motoru v ideálních otáčkách, což znamená optimální účinnost, spotřebu a životnost spalovacího motoru.[17] Vygenerovaná elektrická energie je ukládána do akumulátoru nebo přímo napájí elektromotor.[8] Toto řešení též umožňuje použití více elektromotorů a absenci vícerychlostní převodovky. Pro změnu převodových poměrů může sloužit redukční převodovka se stálým převodem. Sériový hybrid dosahuje lepší účinnosti v nižších rychlostech, tudíž se více hodí na městský provoz.[17]

Kombinovaný hybrid

Kombinovaný hybrid slučuje výhody paralelního a sériového hybridu. V dnešní době se jedná o nejpoužívanější koncepci hybridních automobilů. Pro pohon vozu lze použít elektromotor, spalovací motor nebo oba současně. Existují dva způsoby dělení kombinovaných hybridních systémů. Přepínatelné pohony ovládají sestavu spojek a spínají či rozpínají je podle potřeby. Dále pak pohony s dělením výkonu, ty využívají planetové převodovky s více stupni volnosti a rozdělují pomocí nich výkon na mechanickou a elektrickou cestu. Tento typ hybridu má univerzální využití pro nižší i vyšší rychlosti.[17]

Dalším způsobem rozdělení hybridních elektromobilů je dle stupně jejich hybridizace. Existují micro hybridy, mild hybridy, full hybridy a plug-in hybridy.[16]

Micro hybrid

U micro hybridů je elektromotor využíván jako startér a alternátor, v moment kdy se automobil zastaví vypne se i spalovací motor a v moment kdy se potřebuje rozjet tak hned nastartuje auto a rozjede se. Když je vozidlo v provozu tak je poháněno čistě spalovacím motorem. Funkce Start/Stop systému.

Mild hybrid

Mild hybrid je velice podobný micro hybridům, ale má zvětšený elektromotor a zvýšenou kapacitu akumulátoru. Díky tomu může elektromotor pomáhat při pohonu automobilu. Ve skutečných podmínkách je toto řešení schopné zvýšit účinnost využití paliva až o 25% oproti vozidlu pouze se spalovacím motorem.

Full hybrid

Oproti micro hybridům a mild hybridům je u full hybridů akumulátor a elektromotor značně větší a výkonnější. Díky tomu může být spalovací motor u full hybridů menší než u micro nebo mild hybridů. Ale požadují sofistikovanější systémy řízení využití energie. U full hybridů může být samotný elektromotor použit pro pohon vozidla. Ve skutečných podmínkách je full hybrid schopen zvýšit účinnost využití paliva až o 45% oproti vozidlům pouze se spalovacím motorem.

Plug-in hybrid

Plug-in hybrid má velmi podobnou konstrukci jako full hybrid, ale narušil od full hybridu, který akumulátor dobíjí pouze rekuperací nebo spalovacím motorem, plug-in hybrid lze připojit do zásuvky či dobíjecí stanice. Díky tomu lze dobít akumulátor a vůz je schopen ujet mnohem delší vzdálenosti čistě na elektřinu.[18] Jsou schopny tedy dosáhnout, například v centrech měst, velmi nízkých místních emisí.[16]

4. Údržba automobilů

Automobily se všemi druhy pohonů vyžadují jistou údržbu. Automobily se spalovacími motory vyžadují vzhledem ke svému pohonnému ústrojí častější a složitější údržbu než vozidla s čistě elektrickým pohonem. Pro zajištění správné funkčnosti a zároveň pro značné prodloužení životnosti automobilu je pravidelná údržba důležitá.[19] Údržba je v tomto případě souhrn určitých technologických činností, díky nimž je provedena obnova technického stavu vozidla. Pravidelnou údržbou se též zvyšuje spolehlivost vozu. Údržba se skládá z plánovaných preventivních operací stanovených pravidelnými intervaly. Tyto intervaly stanovuje výrobce automobilu, jedná se například o výměnu motorového oleje a olejového filtru. Dle stanovených intervalů dochází k údržbě nebo výměně daných součástí automobilu. K údržbě dochází dle schváleného technologického postupu.[20]

4.1 Údržba automobilů se spalovacím motorem

Olej a olejový filtr

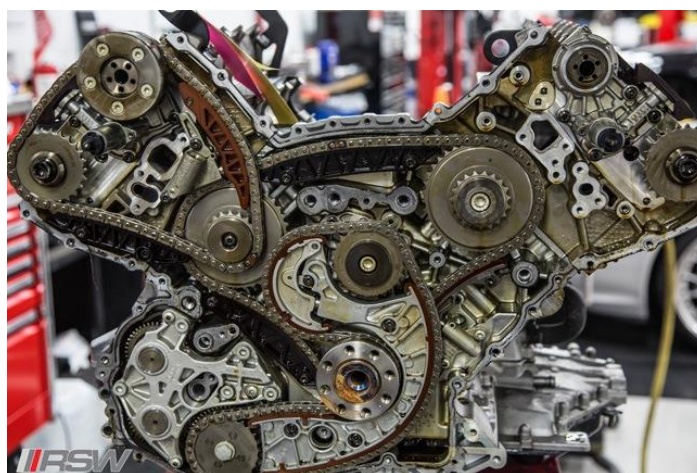
Hlavní součástí těchto automobilů je spalovací motor. Pro jeho správný chod je potřeba základní údržba předepsaná výrobcem. Ta spočívá ve výměně motorového oleje a olejového filtru. Interval, ve kterém je potřeba olej a olejový filtr vyměnit je též předepsaný výrobcem vozu. Obecně je doporučeno měnit olej v intervalech po 15000 až 20000 najetých kilometrech nebo po uplynutí jednoho roku od výměny, dle toho jaká situace nastane dříve. Pokud výměna proběhne při nižších intervalech než je předepsáno, tak se motoru nic nestane.[21]

Rozvodový řemen a řetěz

Výrobce také doporučuje vyměnit rozvody motoru. Rozvody mohou být s rozvodovým řemenem nebo rozvodovým řetězem (viz Obr.6 a Obr.7). Podobně jako u výměny oleje i zde výrobce určuje ideální interval výměny rozvodů. Obecně je doporučeno měnit řemenové rozvody v intervalech po 90000 až 160000 najetých kilometrech nebo šesti letech. Podle toho, jaká situace nastane dříve. U rozvodů řetězových není určen interval výměny, i tak však může dojít k potřebě jeho výměny, ale většinou se jedná o vysoké nájezdy a starší vozy. Časem může dojít k jeho vytáhnutí a nedostatečným mazáním k jeho opotřebení. S výměnou rozvodového řemene, či řetězu je doporučeno vyměnit i napínací kladky a vodní čerpadlo.[22]



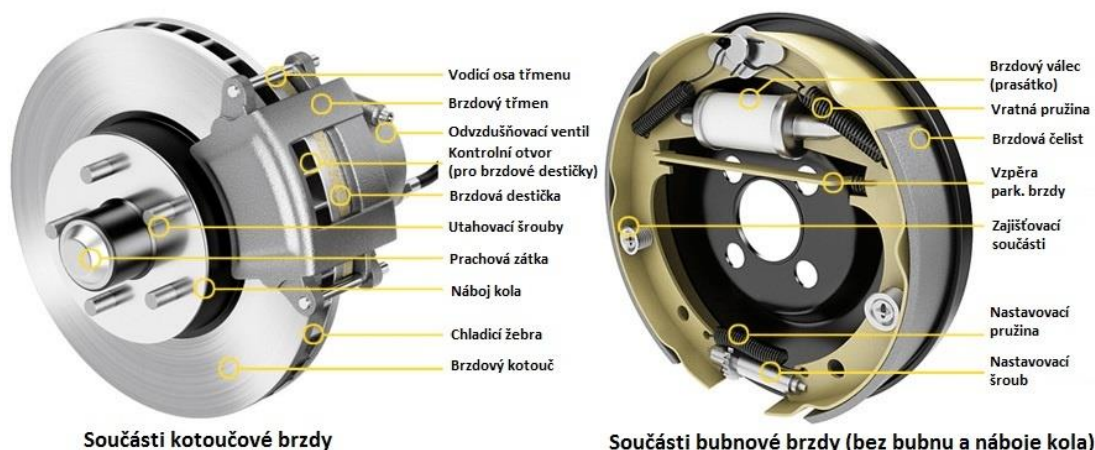
Obrázek 6 Ukázka rozvodového řemene u spalovacího motoru.
Zdroj: davesautorepairutah.com



Obrázek 7 Ukázka motoru s rozvodovým řetězem. Zdroj: atlanticmotorcar.com

Brzdy a brzdová kapalina

Součástí každého automobilu jsou brzdy. Ty se v dnešní době skládají převážně z brzdových kotoučů a brzdových destiček. Bržděním dochází k opotřebenosti obou těchto součástí. U brzd je důležitá kontrola tloušťky brzdových destiček, povrchu kotoučů a jejich opotřebenosti. Existují také brzdy bubnové, jejichž výhodou je delší životnost, avšak jsou více náchylné na přehřátí a mají nižší brzdící účinek (viz Obr.8). [21] To jak dlouho brzdy vydrží je velmi individuální a záleží na stylu jízdy a prostředí používání auta, v městském prostředí to může být kolem 50000 najetých kilometrů, ale při časté plynulé jízdě po dálnici až kolem 130000 najetých kilometrů.[23]



Obrázek 8 Kotoučové a bubnové brzdy. Zdroj: kutiluv-zapisnik.cz

Další položka, kterou mnohdy výrobce doporučuje měnit v pravidelných intervalech je brzdová kapalina. Většina výrobců doporučuje měnit brzdovou kapalinu každé dva roky nebo po 38000 najetých kilometrech, podle toho, jaká situace nastane dřív. Avšak pokud styl jízdy nebo terén vyžaduje častější používání brzd, je lepší měnit brzdovou kapalinu častěji. [24]

Chladicí kapalina

Pomocí chladicí kapaliny je motor udržován v optimální teplotě. Chladicí kapalina však může časem zestárnout a dochází k jejímu znehodnocování. Chladicí kapalina poté již tak účinně neodolává teplotám, jakým by měla. Může dojít k jejímu zamrznání nebo naopak je snadněji uvedena do varu. Dle druhu chladicí kapaliny je vhodná její výměna po dvou až pěti letech nebo po 48000 až 160000 najetých kilometrech nebo dle doporučení výrobce. [25]

Vzduchový, kabinový a palivový filtr

Přes vzduchový filtr proudí do motoru všechn nasávaný vzduch a brání nečistotám, aby vnikly do motoru. Výměna by měla nastat po roce nebo po 15000 až 25000 najetých kilometrech. Pokud je vůz provozován v prašném prostředí, je třeba jej měnit častěji. [26]

Kabinový filtr filtruje a čistí vzduch proudící do kabiny vozu. Je schopen zachytit pevné částice, pyl, aerosol a zmírnit zápach nasávaného vzduchu. Jeho výměna by měla být prováděna jednou ročně nebo po 30000 najetých kilometrech.[27]

Palivový filtr filtruje palivo od nečistot a brání tak zanesení palivového potrubí a případnému ucpání vstřikovačů. U zážehových motorů by měl být měněn každých 5 až 6 let nebo po 120000 až 160000 najetých kilometrech. U vznětových motorů by měl být měněn každé dva roky nebo 30000 až 40000 najetých kilometrů. K rychlejšímu zanesení palivového filtru dojde při používání nekvalitních pohonných hmot.[28]

Pneumatiky

Pro správnou činnost pneumatik je potřeba sledovat několik faktorů. Pneumatiky musí být nahuštěné na výrobcem danou hodnotu. Dané druhy pneumatik musí být používány pro výrobcem určené použití. Základně se rozdělují na zimní a letní pneumatiky, ale existují i pneumatiky celoroční (viz Obr.9). Pneumatiky se od sebe liší například vzorem a hloubkou dezénu, dále také jejich tvrdostí. Pro letní pneumatiky je minimální hloubka dezénu 1,6mm, pro zimní pneumatiky to jsou 4mm. Životnost pneumatik může být různá, záleží na způsobu provozu a na jejich uskladnění v době nepoužívání. Průměrná životnost se pohybuje kolem čtyř až pěti let provozu. Poté může docházet k zhoršení vlastností pneumatik, což ovlivňuje manévrovatelnost a bezpečnost jízdy.[21]



Obrázek 9 Porovnání vzorku zimní a letní pneumatiky. Zdroj: pneumatiky.cz

Kabinový filtr

Opotřebení kabinového filtru elektromobilu se nijak neliší od opotřebení kabinového filtru automobilu se spalovacím motorem. Tudíž i interval jeho výměny zůstává stejný, tedy jednou ročně nebo po 30000 najetých kilometrech.

Chladící kapalina

Chladící kapalina u elektromobilu slouží pro řízení teploty akumulátoru a k chlazení elektromotoru a dalších elektrických zařízení.[29] Výměna chladící kapaliny by měla být provedena dle pokynů výrobce. Nicméně doporučený interval je pět let nebo 240000 najetých kilometrů.[30] Avšak například automobilka Tesla udává, že chladící kapalinu akumulátoru není potřeba měnit po celou životnost automobilu.[31]

Brzdy a brzdová kapalina

Díky možnosti rekuperace, čili dobíjení akumulátoru a lepšímu využití energie při zpomalování elektromobilu, jsou brzdy elektromobilů při běžném provozu méně namáhány než brzdy automobilů se spalovacím motorem. Naopak může dojít k jejich zreznutí a zatuhnutí brzdových třmenů. Automobilky doporučují je tedy jednou za čas použít tvrdším bržděním. Díky rekuperaci také dochází k prodloužení životnosti brzdových kotoučů a brzdových destiček, jelikož nedochází k tak značnému opotřebení. [29] Při použití automobilu v zimě v oblastech s chemickým posypem vozovky Tesla doporučuje u svých vozů jednou ročně nebo každých 20000 najetých kilometrů vyčistit a promazat brzdové třmeny. Dále doporučuje kontrolu stavu brzdové kapaliny a její případnou výměnu každé čtyři roky.[31] Uživatelé vozů Tesla uvádí, že ujeli přes 160000 kilometrů bez nutnosti výměny brzd.[32]

Pneumatiky

Pneumatiky jsou u elektromobilů rychleji opotřebovávány než u vozů se spalovacím motorem. Důvodem je průměrně vyšší váha elektromobilů a také vysoký točivý moment elektromotorů. Po pneumatikách pro elektromobily je také vyžadován co nejnižší valivý odpor, aby mohl být využit co nejvyšší dojezd. Kvůli rychlejšímu opotřebení výrobci doporučují častější rotaci pneumatik a to přibližně o třetinu.[30] Například každých 10000 najetých kilometrů nebo pokud jsou rozdíly v hloubce dezénu 1,5mm nebo více, dle toho jaká situace nastane dříve.[31]

4.3 Údržba vozidel s hybridním pohonem

Automobily s hybridním pohonem vyžadují velmi obdobnou údržbu jako automobily se spalovacím motorem, jelikož je také součástí jejich pohonného ústrojí. To znamená, že výměna oleje a všech filtrů probíhá dle intervalů, které určuje výrobce. Elektrické ústrojí vyžaduje minimální údržbu jako je tomu u elektromobilů. Pokud je hybridní automobil schopen rekuperace, má stejnou výhodu jako elektromobil, tudíž prodlouženou životnost brzdových kotoučů a brzdových destiček.[33]

5. Porovnání údržby jednotlivých pohonů

	Automobil se spalovacím motorem	Elektromobil
Olej a olejový filtr	15000km nebo 1rok	X
Vzduchový filtr	15000km nebo 1rok	X
Palivový filtr	Zážehové: 120000km nebo 5let Vznětové: 30000km nebo 2roky	X
Kabinový filtr	30000km nebo 1rok	30000km nebo 1rok
Brzdy (velmi individuální)	50000km až 130000km	Až přes 160000km
Brzdová kapalina	38000km nebo 2roky	4roky
Chladicí kapalina	Až 160000km nebo 5let	Až 240000 nebo 5let
Výměna rozvodů	90000km až 160000km nebo 6let	X
Rotace pneumatik	15000km	10000km

Tabulka 1 Porovnání náročnosti údržby

Z tabulky 1 je patrné, že údržba automobilu se spalovacím motorem je oproti elektromobilu náročnější a musí být prováděna v kratších intervalech. Nejvíce pravidelné údržby vyžaduje samotný spalovací motor. Je to způsobeno jeho celkovou složitostí, jelikož spalovací motor má mnoho pohyblivých součástí, které potřebují správné mazání a optimální podmínky, aby nedocházelo k jejich nadměrnému opotřebování. Jinak položky jako kabinový filtr, chladicí kapalina a rotace pneumatik jsou velice podobné a jejich intervaly se v některých případech příliš neliší. Celková cena za údržbu elektromobilu by měla být okolo 35% nižší než oproti automobilu se spalovacím motorem. [1]

Cena výměny oleje v autorizovaném servisu se pohybuje okolo 2500Kč. [34] Například pro vozy Ford výměna předních brzdových destiček a kotoučů od 5000Kč, výměna brzdové kapaliny 900Kč. [35] Cena výměny rozvodů vozidla se odvíjí od druhu motoru, značky automobilu a také složitosti výměny u daného modelu vozu. Řádově se jedná o tisíce až desetitisíce Kč.[21]

Samozřejmě velkou obavou pro uživatele by mohl být akumulátor a jeho životnost. Avšak dle studie z roku 2018 vykazují akumulátory průměrnou roční ztrátu kapacity 2,3%, dle dalšího průzkumu z roku 2020 se 1016 tázanými účastníky se zjistilo, že během šesti let došlo k poklesu kapacity akumulátoru o 8%, což je pokles 1,33% ročně. Ovšem u lithium-iontových akumulátorů je důležité se o ně dobře starat. Pokud možno nenabíjet je každý den na 100% kapacity a nevybíjet je na nulu, ideální je se držet mezi 80-20% kapacity akumulátoru. To je pro tento typ akumulátoru optimální. Dále také nejsou ideální do extrémně chladných podmínek. Udává se, že provozu schopnost těchto akumulátorů je do -20° C. Běžně ale výrobci elektromobilů dávají poměrně vysoké záruky na akumulátory. Pohybují se okolo osmi až deseti let nebo 160000 a více najetých kilometrů.[36] Při snížení kapacity akumulátoru na nepřijatelnou hodnotu je možné vyměnit pouze moduly akumulátoru s nejvíce poškozenými články, pokud to výrobce umožňuje. Cena se poté pohybuje v řádu tisíců až desetitisíců Kč. [37]

Porovnání údržby a provozu včetně pohonných hmot

Data v následující tabulce pocházejí z vlastního měření. Porovnává provoz a údržbu čtyřech automobilů: elektromobilu Tesla Model 3, automobil se vznětovým motorem Volvo V90 Cross Country, automobilu se zážehovým motorem Ford Fiesta a hybridní automobil Hyundai Tucson. Jde o čistě orientační porovnání čtyřech různých vozů se čtyřmi různými řidiči. Všechna vozidla byla převážně využívána po Praze a v jejím okolí. Data v tabulce 2 jsou za měřené období dvou až tří let.

	Tesla Model 3	Hyundai Tucson	Ford Fiesta	Volvo V90 CC
Počet najetých kilometrů	37645km	42691km	11532km	79474km
Celkem za servis	2341Kč	36105Kč	3754Kč	47881Kč
Cena servisu [Kč/km]	0,062	0,846	0,326	0,602
Celkem spotřebovaného paliva/energie	8575kWh	2769L	750L	5667L
Celkem za palivo/energii	61738Kč	99298Kč+560Kč Adblue	28326Kč	205200Kč+1533Kč Adblue
Cena provozu servis + palivo [Kč/Km]	1,702	3,185	2,782	3,204

Tabulka 2 Porovnání vozů za měřené období.

Tesla Model 3 Performance

Dual motor verze s výkonem 377 kW a kapacitou akumulátoru 75 kWh, rok výroby 2020. Celkový nájezd činí 37645km. Servis: pouze výměna kabinového filtru a desinfekce klimatizace. Dále servis na záruku: výměna předních horních ramen na straně spolujezdce. Dobíjení většinou v domácích podmínkách v garáži, ze superchargeru méně než v jednom procentě případů.

Hyundai Tucson 1,6 CRDi DCT

Verze se vznětovým motorem o objemu 1,6 litru a elektromotorem, mild-hybrid. Výkon 100 kW, rok výroby 2021. Sedmistupňová automatická převodovka. Celkový nájezd činí 42691km. Servis: třikrát garanční prohlídka včetně výměny filtrů a olejů a geometrie podvozku. Vzhledem k servisům pouze v autorizovaném servisu je servis dražší než u jiných vozů z tabulky.

Ford Fiesta 1,25 Duratec

Verze se zážehovým motorem o objemu 1,25 litru a o výkonu 44 kW. Rok výroby 2012. Pětistupňová manuální převodovka. Celkový nájezd činí 111171km. Servis: dvakrát výměna oleje a filtrů, jednou výměna žárovek denního svícení a výměna autobaterie. Výměnu oleje a filtrů vykonával řidič sám, stejně tak výměnu autobaterie a žárovek.

Volvo V90 Cross Country 2,0 D4 AWD

Verze se vznětovým motorem o objemu 2,0 litru a o výkonu 140 kW. Rok výroby 2018. Osmistupňová automatická převodovka. Celkový nájezd činí 118181km. Servis: šestkrát výměna oleje a filtrů z toho jednou v autorizovaném servisu s výměnou brzdové kapaliny, jednou výměna stěračů, jednou výměna zadních brzdových destiček a jednou doplnění klimatizace. Servis z většiny případů vykonával sám řidič, tudíž je cena nižší než, kdyby auto bylo servisováno v autorizovaném servisu.

6. Závěr

Jednotlivé druhy pohonů mají své výhody a nevýhody. Některé jsou konstrukčně složitější, jiné jednodušší. Odvíjí se od toho také rozsah, náročnost a interval jejich údržby. Díky své jednodušší konstrukci jsou tedy i méně náročné právě elektromobily, jak na samostatnou údržbu, tak i po ekonomické stránce. Na to také poukazují data v tabulce 2. Jedná se ovšem pouze o údržbu jednotlivých druhů pohonu. Pokud bychom započítali i pořizovací cenu, povinné ručení a pojištění, výsledky by mohly být jiné. Obecně mají totiž elektromobily vyšší pořizovací cenu a tudíž i pojištění a povinné ručení je na ně vyšší než na konvenční automobily se spalovacím motorem. Elektromobily jsou ve velkém množství komerčně prodávány poměrně krátký čas, tudíž nelze s jistotou určit, zdali jsou dlouhodobě udržitelné a provozuschopné, hlavní obavou jsou v tomto ohledu jejich akumulátory. Avšak jelikož jsou neustále technologicky vyvíjeny lze očekávat jejich další zdokonalování. Elektromobily se stávají populárnější hlavně díky tomu, že mají oproti vozům se spalovacím motorem mnohem nižší místní emise. To je hlavně v Evropské unii velmi řešené téma a elektromobil se zdá být jako jedno z řešení na problém s emisemi.

Seznam použité literatury

- [1] FITZGERALD, Craig. *Maintenance Costs Compared: EV vs ICE*. Online. CarGurus. C2024. Dostupné z: <https://www.cargurus.com/Cars/articles/EV-vs-ICE-Maintenance>. [cit. 2024-03-25].
- [2] HROMÁDKO, Jan. *Speciální spalovací motory a alternativní pohony: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol*. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4455-1.
- [3] HENNESSY, Kathryn (ed.). *Car: The definitive visual history of the automobile*. Spojené státy americké: DK Publishing, 2011. ISBN 978-0-7566-7167-9.
- [4] BURTON, Nigel. *A History of Electric Cars*. Online. Ramsbury (Spojené Království): The Crowood Press, 2013. ISBN 978 1 84797 571 3. Dostupné z: www.crowood.com. [cit. 2023-03-22].
- [5] W. PULKRABEK, Willard. *Engineering fundamentals of the internal combustion engine*. Spojené státy americké: Prentice Hall, 1997. ISBN 9780135708545.
- [6] B. HEYWOOD, John. *Internal Combustion Engine Fundamentals*. Second Edition. Spojené státy americké: McGraw Hill Education, 2018. ISBN 978-1-26-011610-6.
- [7] *Dvoutaktní nebo čtyřtákní motor? Jaký je jejich rozdíl? Jaké mají výhody?* Online. Dvořák. C2002-2023. Dostupné z: <https://www.sekacky-pily.cz/dvoutaktni-nebo-ctyrtaktni-motor-jaky-je-jejich-rozdil-jake-maji-vyhody/n66/>. [cit. 2023-11-03].
- [8] MASHADI, Behrooz a CROLLA, David. *Vehicle powertrain systems*. United Kingdom: John Wiley & Sons, 2012. ISBN 978-1-119-95836-9.
- [9] MIHÁLIK, Miro. *Mazda SkyActiv-G 2. a 3. generace: vznětový benzín, adiabatické spalování a spotřeba jen 2,1 l/100 km*. Online. Autoweb. Praha: Viaso, 2014. Dostupné z: <https://www.autoweb.cz/mazda-skyactiv-g-2-a-3-generace-vznetovy-benzin-adiabaticke-spalovani-a-spotreba-jen-2-1-l-100-km/>. [cit. 2023-03-25].
- [10] TKOTZ, Klaus. *Průručka pro elektrotechnika*. Přeložil Jiří HANDLÍŘ. Praha: Europa-Sobotáles cz., 2002. ISBN 80-86706-00-1.
- [11] DITTRICH, Lukáš. *Elektromotory – Synchronní vládně*. Online. Automobil Revue. 2022. Dostupné z: https://www.automobilrevue.cz/rubriky/presunuto-na-trucker-cz-truck-bus/predstavujeme/elektromotory-synchronni-vladne_48530.html. [cit. 2024-03-05].

- [12] RYPAN, Jakub. *Reluktanční synchronní motor*. Bakalářská práce. Jugoslávských partyzánů 1580/3 160 00 Praha 6 - Dejvice Česká republika: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická, 2021.
- [13] ESHANI, Mehrdad; GAO, Yimin; LONGO, Stefano a M. EBRAHIMI, Kambiz. *Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles*. Third edition. Spojené státy americké: CRC Press, 2018. ISBN 978-1-4987-6177-2.
- [14] BEJBLÍK, Jan. *Elektrické pohony automobilů*. Bakalářská práce. Jugoslávských partyzánů 1580/3 160 00 Praha 6 - Dejvice Česká republika: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní, 2017.
- [15] A. SANGUESA, Julio. A Review on Electric Vehicles: Technologies and Challenges. Online. *Smart Cities*. 2021, roč. 2021, č. 4, s. 372-404. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/smartcities4010022>. [cit. 2024-03-20].
- [16] *Druhy elektromobilů – znáte je všechny?* Online. ŠKODA AUTO A.S. Škoda Storyboard. 2019. Dostupné z: <https://www.skoda-storyboard.com/cs/e-mobilita-cs/druhy-elektromobilu-znate-je-vsechny/>. [cit. 2024-03-22].
- [17] PROCHÁZKA, Jan. *Trendy vývoje hybridních pohonů*. Diplomová práce. Jugoslávských partyzánů 1580/3 160 00 Praha 6 - Dejvice Česká republika: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní, 2019.
- [18] ENANG, Wisdom a BANNISTER, Chris. Modelling and control of hybrid electric vehicles (A comprehensive review). Online. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2017, roč. 2017, č. 74, s. 1210-1239. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.075>. [cit. 2024-03-22].
- [19] COLE, Craig. *EV Maintenance vs. ICE Maintenance*. Online. WiTricity. C2009-2024. Dostupné z: <https://witricity.com/media/blog/ev-maintenance-vs-ice-maintenance>. [cit. 2024-03-24].
- [20] KROUPA, Pavel. *Metody údržby vybraných prvků osobních automobilů vedoucí ke zvyšování jejich spolehlivostních vlastností*. Bakalářská práce. Studentská 95, 532 10 Pardubice II: Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, 2012.
- [21] *Pravidelná údržba a servis auta*. Online. Cebia. 2024. Dostupné z: <https://www.cebia.cz/pruvodce/pravidelna-udrzba-a-servis-auta>. [cit. 2024-03-25].
- [22] *Rozvody v autě: K čemu slouží a jak často je měnit?* Online. Autoride. 2023. Dostupné z: <https://autoride.cz/rozvody-v-aute-k-cemu-slouzi-a-jak-casto-je-menit>. [cit. 2024-03-25].
- [23] *When to Replace Brake Pads*. Online. Bridgestone Americas Tire Operations. 2021. Dostupné z: <https://www.bridgestonetire.com/learn/maintenance/when-to-replace-brake-pads/#>. [cit. 2024-03-25].

- [24] *How often to change brake fluid.* Online. Jiffy Lube. C2024. Dostupné z: <https://www.jiffylube.com/resource-center/how-often-to-change-brake-fluid>. [cit. 2024-03-25].
- [25] M & L CHRYSLER DODGE JEEP RAM. *Signs that Your Vehicle Needs a Coolant Flush.* Online. M & L CHRYSLER DODGE JEEP RAM. 2017. Dostupné z: <https://www.mlchryslerdodgejeepramlexington.com/signs-vehicle-needs-coolant-flush/>. [cit. 2024-03-25].
- [26] *How Often Should You Change the Engine Air Filter?* Online. Cars.com. 2023. Dostupné z: <https://www.cars.com/articles/how-often-should-you-change-the-engine-air-filter-1420663059324/>. [cit. 2024-03-25].
- [27] *HOW OFTEN TO CHANGE CABIN AIR FILTERS.* Online. Mercedes-Bens of White Plains. C2024. Dostupné z: <https://www.mbwhiteplains.com/service/service-and-parts-tips/how-often-to-change-cabin-air-filter/>. [cit. 2024-03-25].
- [28] *What is the fuel filter replacement frequency for optimal engine function?* Online. Trodo. 2023. Dostupné z: <https://www.trodo.com/blog/what-is-the-fuel-filter-replacement-frequency-for-optimal-engine-function>. [cit. 2024-03-25].
- [29] *Differences Between ICE and EV Maintenance.* Online. Recharged. C2024. Dostupné z: <https://www.recharged.com/differences-between-ICE-EV-maintenance/>. [cit. 2024-03-25].
- [30] *EV Maintenance vs. ICE Maintenance.* Online. WiTricity. 2023. Dostupné z: <https://witricity.com/media/blog/ev-maintenance-vs-ice-maintenance>. [cit. 2024-03-25].
- [31] *Maintenance Service Intervals.* Online. Tesla. C2024. Dostupné z: https://www.tesla.com/ownersmanual/model3/en_us/GUID-E95DAAD9-646E-4249-9930-B109ED7B1D91.html. [cit. 2024-03-25].
- [32] *Going the Extra Mile: Do Brakes on Electric Vehicles Last Longer Than Traditional Cars?* Online. NRS Brakes. 2023. Dostupné z: <https://nrsbrakes.com/blogs/blog/going-the-extra-mile-do-brakes-on-electric-vehicles-last-longer-than-traditional-cars>. [cit. 2024-03-25].
- [33] *Maintenance and Safety of Electric Vehicles.* Online. U.S. Department of Energy. Dostupné z: https://afdc.energy.gov/vehicles/electric_maintenance.html. [cit. 2024-03-25].
- [34] KRÁL, Jiří. *Výměna motorového oleje.* Online. Pneumatiky.cz. 2024. Dostupné z: <https://www.pneumatiky.cz/vymena-motoroveho-oleje-t4>. [cit. 2024-03-25].
- [35] *Ekonomický servis: kvalitní pozáruční péče o váš vůz.* Online. F67. C2019. Dostupné z: <https://www.f67.cz/2021/vyhodne-servisni-sluzby-ford/>. [cit. 2024-03-25].

[36] HUSLEY, Amelia. *MAINTENANCE COSTS FOR EVS VS. ICE VEHICLES*. Online. Drive Electric Tennessee. 2022. Dostupné z: <https://www.driveelectrictn.org/maintenance-costs-for-evs-vs-ice-vehicles/>. [cit. 2024-03-27].

Seznam použitých obrázků

<i>Obrázek 1 Cugnotův dělostřelecký vůz. Zdroj: Helmut Faugel</i>	3
<i>Obrázek 2 Benzův motorový vůz. Zdroj: Thomas T.</i>	4
<i>Obrázek 3 Dvoudobé a čtyřdobé motory. Zdroj: Dvořák www.sekacky-pily.cz</i>	5
<i>Obrázek 4 Porovnání pístu vznětového motoru (vlevo) a pístů ze zážehových motorů (vpravo). Zdroj: 10.3390/lubricants7120105</i>	7
<i>Obrázek 5 Možnosti uspořádání pohonného ústrojí elektromobilů. Zdroj: Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles</i>	10
<i>Obrázek 6 Ukázka rozvodového řemene u spalovacího motoru. Zdroj: davesautorepairutah.com</i>	19
<i>Obrázek 7 Ukázka motoru s rozvodovým řetězem. Zdroj: atlanticmotorcar.com</i>	19
<i>Obrázek 8 Kotoučové a bubnové brzdy. Zdroj: kutiluv-zapisnik.cz</i>	20
<i>Obrázek 9 Porovnání vzorku zimní a letní pneumatiky. Zdroj: pneumatiky.cz</i>	21