

Vyšší odborná škola a Střední průmyslová škola dopravní, Praha 1, Masná 18
 Masná 18, 110 00 Praha 1

Vyšší odborné studium

Vzdělávací program: **23-45-N/02 Diagnostika silničních vozidel**

ABSOLVENTSKÁ PRÁCE

Téma: Hnací ústrojí vozidla BMW i8

Studijní skupina: **DG3**

Školní rok: **2016/2017**

Ladislav Třešňák



VYŠŠÍ ODBORNÁ ŠKOLA
A STŘEDNÍ PRŮMYSLOVÁ ŠKOLA DOPRAVNÍ
MASNÁ 18, 110 00 PRAHA 1

Vyšší odborné studium

Vzdělávací program: **23-45-N/02 Diagnostika silničních vozidel**

Školní rok: **2016/2017**

Studijní skupina: **DG 3**

Jméno a příjmení: **Ladislav Třešňák**

ZADÁNÍ ABSOLVENTSKÉ PRÁCE

Téma: **Hnací ústrojí vozidla BMW i8**

- Význam elektrického pohonu vozidel
- Technický popis vozidla BMW i8
- Uspořádání a funkce poháněcího ústrojí
- Diagnostika poháněcího ústrojí

Rozsah minimálně 20 normostran formátu A4 (bez příloh)

Úprava dle Přílohy č. 1 - Způsob zpracování a pokyny k obsahu a rozsahu absolventské práce

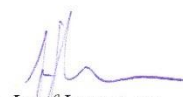
Vedoucí absolventské práce: **Ing. Zdeněk Fohl**
VOŠ a SPŠD, Praha 1, Masná 18
Masná 18, 110 00 Praha 1

Konzultant absolventské práce: **Ing. František Krátký**
invelt - s. r. o.
Jeremiášova 5, 155 00 Praha-Stodůlky

Datum zahájení práce: **5. prosince 2016**

Datum odevzdání práce: **5. května 2017**

V Praze dne 2. prosince 2016


Ing. Josef Ineman
ředitel školy

VYŠŠÍ ODBORNÁ ŠKOLA
A STŘEDNÍ PRŮMYSLOVÁ ŠKOLA DOPRAVNÍ
PRAHA 1, MASNÁ 18, PSČ 110 00

Prohlašuji, že absolventskou práci jsem vypracoval samostatně na základě uvedeného seznamu použité literatury.

Souhlasím, aby tato absolventská práce byla použita k výukovým účelům Vyšší odborné a Střední průmyslové školy dopravní, Praha 1, Masná 18.

Dne 5. května 2017

.....
podpis žáka

Shrnutí

Práce se zabývá technickým popisem sportovního hybridního vozidla BMW i8 se zaměřením na poháněcí ústrojí. První kapitola řeší obecnou problematiku elektrického pohonu vozidel. Zmíní se i o historickém využití elektrické energie v automobilové dopravě. Rozebírá důvody využívání elektřiny, hodnotí výhody a nevýhody oproti uhlovodíkovým palivům a věnuje se technickým náležitostem, které jsou nutné pro jízdu vozidla.

Ve druhé kapitole se nachází podrobný technický popis konstrukčních celků vozu. V začátku seznámí s historií vozidla a prototypy, které předcházely produkční výrobě vozu. Následuje představení karoserie. Jsou zde obsaženy konstrukční informace o podvozku vozidla, jmenovitě o zavěšení kol, řízení a brzdách. Dále kapitola nabídne seznámení s prostorem pro posádku a se zvláštní výbavou zpříjemňující užívání automobilu.

Vzhledem k tomu, že práce se podrobněji zabývá hnacím ústrojím, je tomuto tématu věnována celá třetí kapitola, která pojednává detailně o hybridním trakčním ústrojí, jenž utváří kombinace spalovacího motoru a elektromotoru. Začíná přehledem dosahovaných parametrů vozu. Následuje technický popis uprostřed uloženého spalovacího motoru pohánějícího zadní kola se všemi přídatnými agregáty a automatickou převodovkou. Pak navazuje popis elektromotoru na přední nápravě, ve středovém tunelu uložené vysokonapěťové baterie a nechybí ani přehled o možnostech nabíjení. Závěr kapitoly je věnován jízdě vozu.

Finální kapitola seznámí se všemi náležitostmi potřebnými pro diagnostiku prováděnou na hybridním voze BMW i8. Představí vybrané pracovní postupy, spojené s prováděním servisních úkonů a sdělí bezpečnostní podmínky týkající se práce na vysokonapěťových systémech automobilu.

Summary

Graduation thesis deals with the technical description of the sports hybrid vehicles BMW i8 focusing on the powertrain. The first chapter presents the topic of electric drive vehicles in general and mentions the historical use of electricity in the automotive transport. It analyzes the reasons for the use of electricity, evaluates the advantages and disadvantages compared to hydrocarbon fuels and focuses on the technical formalities which are necessary for driving the vehicle.

The second chapter is a detailed technical description of the vehicle assemblies. The chapter explains history of BMW i8 and presents prototypes preceding serial production. Next, the car body with its aspects is presented together with design information on the vehicle chassis, namely the suspension, steering and brakes. Furthermore, the chapter apprises of the cockpit and the use of special equipment making the car more user-friendly.

Since the work focuses on powertrains, it became the main topic of the third chapter, which discusses in detail the hybrid traction system (a combination of combustion engine and electric motor). It begins with an overview of obtained parameters of the car followed by technical description of center-positioned internal combustion engine driving the rear wheels with all additional units and automatic transmission. Then follows a description of the electric motor on the front axle at high center tunnel mounted battery and there is also an overview of the possibilities of charging. The chapter concludes with description of drive abilities.

The final chapter provides overview of all the necessities needed for diagnosis performed on the hybrid BMW i8. It presents selected work practices associated with carrying out service work and points out safety conditions regarding work on high voltage systems of the car.

Obsah

Úvod	1
1 Význam elektrického pohonu vozidel	2
1.1 Uchování elektrické energie	3
1.2 Superkondenzátor	4
1.3 Trakční akumulátor	5
1.4 Palivové články	5
1.5 Trakční elektromotor	6
2 Technický popis vozidla BMW i8	7
2.1 Historie vozidla BMW i8	7
2.2 Karoserie	10
2.3 Podvozek	13
2.3.1 Zavěšení a nápravy	13
2.3.2 Řízení	14
2.3.3 Kola	15
2.3.4 Brzdy	15
2.4 Interiér	16
2.5 Prémiová výbava	17
2.5.1 Laser light	18
2.5.2 BMW i 360°	19
2.5.3 Displejový klíč	19
3 Uspořádání a funkce poháněcího ústrojí	20
3.1 Parametry	20
3.2 Spalovací motor	22
3.2.1 Pevné části motoru	23
3.2.2 Pohyblivé komponenty motoru	27
3.2.3 Starterogenerátor	30
3.2.4 Palivová soustava	31
3.2.5 Chladicí soustava	31
3.2.6 Mazací soustava	32
3.2.7 Převodovka	33
3.3 Elektromotor	34

3.3.1	Vysokonapěťová baterie.....	36
3.4	Jízda	38
4	Diagnostika poháněcího ústrojí	41
4.1	Odvzdušnění chladicí soustavy.....	43
4.2	Test na válcové zkušebně.....	44
	Závěr.....	45
	Použitá literatura.....	- 1 -

Seznam obrázků

Obrázek 1: BMW i8	1
Obrázek 2: elektromobil Porsche – Lohner	3
Obrázek 3: Superkondenzátor	5
Obrázek 4: Vodíkový palivový článěk	6
Obrázek 5: BMW Vision Efficient Dynamics 2009.....	8
Obrázek 6: Výklopné dveře.....	10
Obrázek 7: Karbonový monokok	11
Obrázek 8: Rozměry.....	12
Obrázek 9: Přední náprava	13
Obrázek 10: Zádňi náprava.....	14
Obrázek 11: 20" kola W-spoke 470.....	15
Obrázek 12: Interiér The Halo.....	17
Obrázek 13: Modul laserových světlometů	18
Obrázek 14: Displejový klíč	19
Obrázek 15: Poháněcí ústrojí.....	20
Obrázek 16: Řez spalovacím motorem.....	21
Obrázek 17: Spalovací motor	22
Obrázek 18: Pevné části motoru 1	24
Obrázek 19: Pevné části motoru 2	24
Obrázek 20: Sací trakt	25
Obrázek 21: Výfuk	26
Obrázek 22: Akustické kryty motoru	27
Obrázek 23: Klikový mechanismus.....	28
Obrázek 24: Kliková hřídel	28
Obrázek 25: Rozvodový mechanismus	29
Obrázek 26: Starterogenerátor.....	30
Obrázek 27: Vstřikovací soustava	31
Obrázek 28: Schéma chladicích okruhů	32
Obrázek 29: Planetové soukolí Ravigneaux	33
Obrázek 30: Elektromotor přední nápravy s jednotkou EME	34
Obrázek 31: Momentová a výkonová charakteristika elektromotoru přední nápravy	35

Obrázek 32: Převodovka elektromotoru.....	36
Obrázek 33: Uspořádání vysokonapěťové baterie.....	37
Obrázek 34: Dobíjecí zásuvka a 220 V nabíječka.....	38
Obrázek 35: Jednotky podílející se na jízdě	39
Obrázek 36: Dílenské vybavení.....	41
Obrázek 37: Zajištěný konektor vysokého napětí	42
Obrázek 38: Stání vozidla v servise s demontovanou VN baterií	44

Seznam tabulek

Tabulka 1: Převodové poměry.....	33
----------------------------------	----

Seznam příloh

Přílohy	- 1 -
I. Přehled řídicích jednotek v diagnostickém programu BMW ISTA/D	- 1 -
II. Vybavení potřebné pro diagnostiku.....	- 2 -
III. Jištění VN konektorů	- 2 -
IV. Řez přední části BMW i8.....	- 3 -
V. Porovnání uspořádání konvenčního synchronního motoru a motoru i8.....	- 3 -
VI. Srovnání momentové a výkonové charakteristiky motoru B38TOP a B38M ...	- 4 -

Úvod

Automobilka BMW patří svou filozofií k továrnám, vyznávající sportovního ducha svých vozů, už samotný slogan *radost z jízdy*, dává tušit sportovní zaměření vozidel mnichovské automobilky, která dokáže vykouzlit úsměv na tváři nejednoho řidiče. Tato filosofie je podložena i historicky, kdy divize BMW Motorsport získala mnohé sportovní úspěchy, a to zejména na okruhových závodech cestovních automobilů. Úspěchy tak daly vzniknout automobilovým legendám jako BMW M1, BMW 635 CSi nebo snad nejznámějšímu vozu BMW M3 E30. Automobilka se snaží přenášet rychlost a sportovnost svých vozů i do civilních vozidel, avšak vývoj nikdo nezastaví a dnes je již zřejmé, že budoucnost se bude ubírat cestou hybridních a elektrických pohonů. A tak se nemůžeme divit, že BMW jako jedna z prvních automobilek na světě uvedla na trh sportovní vůz, který k pohonu využívá hybridní ústrojí. Cílem této práce je seznámit s technickým popisem vozidla BMW i8, s podrobnějším zaměřením na pohánecí ústrojí.



Obrázek 1: BMW i8

1 Význam elektrického pohonu vozidel

Již několik desítek let běží sdělovacími médii informace, že strategické zásoby ropy dochází. Automobilky byly nuceny začít hledat alternativní paliva, případně alternativní pohony. Kromě údajného nedostatku surovin jsou další příčinou hledání alternativ neustále se zpřísnující emisní normy pro nově vyráběná vozidla. Dnes je již patrná cesta, kterou automobiloví výrobci zvolili, rozhodli se, že budoucnost patří elektrické energii. Existuje několik důvodů, proč tak zvolili. Elektromotor má výhodnou charakteristiku, dosahuje maximálního točivého momentu od nulových otáček, má vysokou účinnost, jeho chod je poměrně tichý, máme možnost rekuperovat energii při brzdění, ale zřejmě hlavní důvod jsou nulové emise v místě provozu. To je důležité zmínit, neboť elektrický pohon je závislý na dodané elektrické energii, kterou musíme někde vyrobit, a právě v oblasti elektráren dochází ke znečištění ovzduší emisemi. Je tedy sice pravda, že ve městech, kde zatím probíhá největší rozmach elektromobilů, dochází k redukci emisí v ovzduší, ale příroda je dále devastována lokálními zdroji v podobě elektráren, které bývají dost často tepelné.

Orgány, které se zabývají dozorem nad znečišťováním přírody, mají ovšem usnadněnou práci, pokud je výskyt emisí centralizovaný – tj. místa kde se nachází elektrárny, protože je snazší aplikovat nařízení a opatření vedoucí ke snížení tvorby emisí. Při současném stavu, kdy v podstatě každý motorista je zdroj znečištění, je nemožné, aby orgány aplikovaly plošné snížení emisí. Kdyby k tomu teoreticky došlo, vznikla by velká nevole obyvatel a vedlo by to pouze ke špatné náladě ve společnosti. Kdežto jsou-li emise vypouštěny energetickými společnostmi a dojde k nařízení ke snížení obsahu vypouštěných škodlivin, tak v uvozovkách si elektrárny pouze přidávají další čistící zařízení na komín a koncový zákazník – motorista o nějakém zpřísnění limitů v podstatě ani neví. Dovolují si tedy odhadnout, že v budoucnu, pokud přejdeme plošně na elektro pohony se bude ve městech s velkým dopravním zatížením žít lépe, ve zdravějším prostředí a s čistším vzduchem.

Elektrická energie v automobilech není v žádném případě doménou několika posledních let. Již na přelomu 19. a 20. století zkonstruoval Ferdinand Porsche, ve spolupráci s firmou Lohner, vozidla, která používala k pohonu elektromotory umístěné v nábojích kol. Jejich výkon činil 2 kW, maximální rychlost byla 50 km/h a doba dojezdu až 3 hodiny. Na tehdejší

dobu velice slušné parametry. Zásoba energie se brala z těžkých olověných akumulátorů. K jejich dobíjení sloužil spalovací motor, jednalo se tedy o sériový hybrid. Vyrobeno, v různých modifikacích, bylo téměř 300 kusů. Důvodem ke vzniku elektromobilu byla tehdejší nespolehlivost spalovacích motorů. Vůz tehdy překonal několik rekordů, avšak jeho největší slabinou bylo uchování elektrické energie sloužící k pohonu. Tento problém přetrvává u elektro vozidel dodnes, hlavní problém, který řeší vývojová oddělení automobilek zabývajících se elektro pohonem, je dostatečné množství převážené energie, tj. dostatečná kapacita akumulátorů a snížení vydané energie na pohon.



Obrázek 2: elektromobil Porsche – Lohner

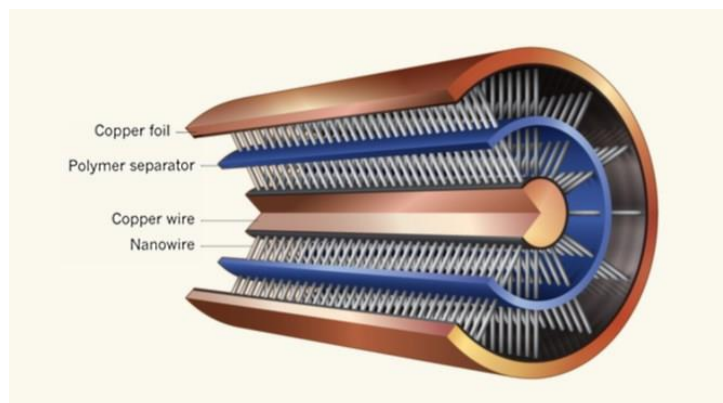
1.1 Uchování elektrické energie

K tomu, aby se vozidla mohla pohybovat volně, musí si sebou vézt zásobu energie. U běžného vozidla se spalovacím motorem se jedná o kapalnou zásobu uhlovodíkového paliva, ať už benzín, či nafta. Jejich uchování není nikterak složité, stačí k tomu nádrž, kam palivo tankujeme a odkud se dopravuje do motoru. U vozidla využívajícího k pohonu

elektrickou energii, je právě její uchování, zřejmě nejsložitější problém. V podstatě máme jen tři možnosti, jak energii udržet v zásobě. A to trakční akumulátor, superkondenzátor nebo palivový článěk. U všech možností řešíme hlavně jejich kapacitu, která je podstatná pro dojezd. Jenže s rostoucí kapacitou roste zároveň hmotnost. U zřejmě nejznámějšího elektromobilu současnosti Tesla model S85, činí hmotnost akumulátoru s kapacitou 85 kWh přes 500 kg a dojezd je 450 km. Na stejnou vzdálenost stačí konvenčnímu vozu se spalovacím motorem o stejné velikosti, řekněme BMW řady 7, 50 l paliva, vezmeme-li v úvahu hmotnost nádrže 25 kg, tak elektromobil si veze s sebou navíc 425 kg. Což nutí výrobce používat aerodynamické optimalizace karoserie a moderní lehké materiály ke snížení hmotnosti a zvýšení torzní tuhosti karoserie. Například prostor pro posádku je tvořen monokokem z uhlíkových vláken, který se vyznačuje vysokou pevností a nízkou hmotností.

1.2 Superkondenzátor

Neboli elektrolytický kondenzátor, v současnosti se nacházíme v době, kdy jeho vývoj a následné použití v praxi je na začátku. Jeho využití v automobilech je prakticky minimální, do budoucna se díky svým vlastnostem jeví jako ideální řešení použití právě u hybridů, společně s akumulátorem. Na rozdíl od akumulátoru zvládá kondenzátor velké proudy, bylo by tedy ideální ho využívat k uchování elektrické energie získané rekuperací při brzdění, která by následně byla použita při prudké akceleraci, anebo by pozvolna dobíjela akumulátor, při prudkém brzdění nejsme totiž schopni zachytit všechnu energii do akumulátoru a část ji tak přichází pryč, jako odpadní teplo na vlastních brzdách vozu. Superkondenzátor má také větší počet nabíjecích a vybíjecích cyklů, kapacita neklesá vlivem velkého počtu opakování cyklů, jeho životnost je téměř trvalá, dochází pouze k částečnému vysychání elektrolytu. Problém není ani při velkých mrazech, kdy neklesá jeho kapacita. Díky použití nano-technologií má velkou vnitřní plochu. K sériovému nasazení kondenzátoru přistoupila Mazda, která v rámci svého opatření na zvýšení účinnosti motorů Skyactiv, používá systém I-ELOOP na rekuperaci brzděné energie, který se skládá z alternátoru s variabilním napětím 12–25 V, DC/DC měniče a dvouvrstvého kondenzátoru s velmi nízkým odporem.



Obrázek 3: Superkondenzátor

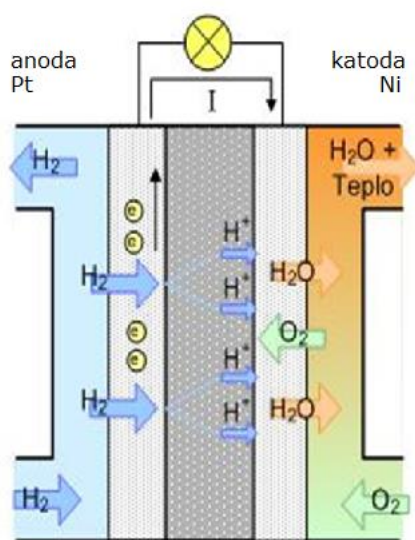
1.3 Trakční akumulátor

Elektrochemický zdroj energie, pro použití v hybridních nebo čistě elektrických automobilech se v drtivé většině používají zásadité Lithium – Iontové akumulátory. Jejich napětí činí cca 300 V stejnosměrného napětí a kapacita od 10 Ah u hybridů až 100 Ah u elektromobilů. Trakční baterie jsou sesazeny z jednotlivých článků o jmenovitém napětí 3,7 V, například Tesla má akumulátor složený ze 7104 článků, články jsou různě zapojeny sériově a paralelně v několika řadách. Kladná deska Li-Io akumulátoru je tvořena oxidem lithia a záporná uhlíkem, elektrolyt je lithiová sůl v organickém rozpouštědle. Těmto zdrojům elektrické energie vadí, jak hluboké vybíjení, tak vysoké přebíjení, a také vlivem nabíjení a vybíjení klesá jejich kapacita. Hrozí zde riziko požáru, proto je nabíjení řízeno řídicí jednotkou, která snímá napětí jednotlivých článků a napětí vyrovnává – tzv. balancer.

1.4 Palivové články

Palivový článek je elektrochemický zdroj energie. Elektromobily používající tuto technologii se vyznačují malým dojezdem, mají totiž velkou hmotnost, protože si musí vést vlastní zásobu vodíku, která je náročná na uchování, a také je málo možností kde doplnit vodík. Články mají životnost 5 000 až 30 000 hodin, jejich účinnost dosahuje nanejvýše 50 % a pro využití možnosti rekuperace se musí použít akumulátor. K získání elektrické energie potřebujeme palivo a okysličovadlo. Konstrukčně se článek skládá z anody, katody a elektrolytu. Automobilky, které se vydávají právě tímto směrem vývoje, používají

nejčastěji vodíkové palivové články. Na anodu se přivádí palivo – vodík a na katodu okysličovadlo – vzduch. Výsledkem chemické reakce je elektrický proud a odpadní produkty. Procesu se zúčastňují také katalyzátory platina a nikl, které jsou nanесeny na povrchu elektrod. Elektrody jsou odděleny elektrolytem schopným propouštět ionty nebo membránou. Ionty vždy směřují od katody k anodě. K produkčnímu nasazení v osobním voze se odhodlala Toyota s modelem Mirai, ten je na 5 kg vodíku schopen ujet 500 km s elektromotorem o výkonu 113 kW. Na americkém trhu atakuje cena sedanu hranici šedesáti tisíc dolarů.



Obrázek 4: Vodíkový palivový článek

1.5 Trakční elektromotor

Jeho úkolem je převádět elektrickou energii z akumulátoru na mechanickou práci, která slouží k pohonu vozidla. Jedná se o elektrický točivý stroj, vlivem proudu, který prochází vodičem, vzniká silové působení. Elektromotor se skládá ze statoru a rotoru. Synchronní motor, jehož stator je tvořen cívkami, př.: 36 cívek po obvodě a rotor tvoří 12 permanentních magnetů, jeho účinnost dosahuje až 95 % a je nutné jeho chlazení. Elektromotor je schopen vozidlo i brzdít, pracuje jako generátor a dobíjí akumulátor, říkáme tomu rekuperační brzdění.

2 Technický popis vozidla BMW i8

2.1 Historie vozidla BMW i8

BMW patří svou filozofií k automobilkám, jejichž vozidla mají sportovní charakter a řidič při jejich ovládání má radost z jízdy. V době, kdy již víme, že budoucnost vozidel bude elektrická, je logickým faktem, že se automobilka Bayerische Motoren Werke AG, vytvořila supersportovní vůz s hybridním trakčním ústrojím. K produkci plug-in hybridů založila automobilka v roce 2011 speciální odnož nesoucí označení BMWi. Do jejího portfolia patří plně elektrické auto BMW i3, plug-in hybrid i8 a vozidla z řady iPerformance, jako například BMW 740e nebo X5 xDrive 40e. Před uvedením sériového modelu i8 v roce 2014 bylo světu nabídnuto několik konceptů.

Vzniku sériového modelu předcházelo v roce 2009, na Mezinárodní motor show v Německu, ve Frankfurtu nad Mohanem, představení konceptu BMW Vision Efficient Dynamics, jednalo se o sportovní plug-in hybrid, který byl poháněn tříválcovým, přeplňovaným vznětovým motorem a dvěma elektromotory. Toto pohonné ústrojí umožňovalo akceleraci z 0 na 100 km/h za 4,8 s a maximální rychlost byla omezena na 250 km/h. Karoserie byla vyrobena z hliníku a na části karoserie jako střecha, čelní sklo nebo dveře se použil polykarbonát. Součinitel odporu vzduchu činil 0,26. Designéry konceptu byly Mario Majdandzic a Jochen Paesen. Automobil vykazoval průměrnou spotřebu 3,76 l/100 km v evropském měřícím cyklu a produkoval 99 g CO₂/100 km. Na čistě elektrický pohon vůz dojel 50 km, palivo pro spalovací motor bylo v nádrži o objemu 24 l. Celkový akční rádius dosahoval až 700 km.



Obrázek 5: BMW Vision Efficient Dynamics 2009

Před sériovou i8 nebyl pouze jeden koncept, další následoval v roce 2011, opět na automobilovém veletrhu ve Frankfurtu nad Mohanem, ten se již označoval jako BMW i8 Concept. Vůz měl pohon všech čtyř kol, přední náprava byla poháněna elektromotorem s výkonem 96 kW a točivým momentem 250 Nm, pohon zadních kol obstarával přeplňovaný zážehový tříválec s objemem 1,5 l, výkonem 164 kW a točivým momentem 300 Nm. Celkové parametry pohonného ústrojí činily 260 kW a 550 Nm. Elektrická energie pro elektromotor se uchovávala v lithium-iontové baterii s kapacitou 7,2 kWh, umístěné ve středovém tunelu, což zajišťovalo nízké těžiště vozu a společně s rozložením hmotnosti mezi přední a zadní nápravu 50:50 i výborné jízdní vlastnosti. Koncept byl schopný ujet na elektřinu 35 km a rekuperovat kinetickou energii při brzdění ze všech čtyř kol. Maximální rychlost byla elektronicky omezena na 250 km/h a zrychlení na 100 km/h činilo 4,6 s. Průměrná spotřeba dosahovala 2,9 l/100 km. Nabití akumulátoru bylo možné za 2 hodiny při použití 220 V zdroje. Zajímavostí je použití tohoto konceptu ve filmu Mission: Impossible – Ghost Protocol. Roku 2012 se představil i koncept v karosářské verzi kabriolet.

Posledním prototypem byl v roce 2013 BMW i8 coupe prototype. Jeho design vychází z předešlého konceptu. Karoserie prošla aerodynamickou optimalizací a byla vyrobena z kompozitového materiálu označovaného CFRP – je to uhlíkovými vlákny vyztužený plast, běžně označovaný jako karbon. Díky tomu má automobil nízkou hmotnost, součinitel odporu vzduchu c_x činí 0,26, dosahuje kombinovanou spotřebu paliva 2,5 l/100 km a produkuje pouze 59 g CO₂/100 km. Jeho zrychlení 0-100 km/h činí 4,5 s. Vůz je poháněn kombinací spalovacího motoru a elektromotoru. Spalovací motor je zážehový přeplňovaný 1,5 l tří-válec s výkonem 170 kW. Litrový výkon činí 115 kW, což jsou parametry srovnatelné se supersportovními vozidly, pro BMW je to motor s největším litrovým výkonem, jaký kdy vyrobilo. Na přední nápravě se nachází synchronní elektromotor o výkonu 96 kW a točivém momentu 320 Nm. V závislosti na zvoleném jízdním režimu je elektromotor schopen vůz pohánět sám, a to až do rychlosti 120 km/h, dále elektromotor sekunduje spalovacímu při plné akceleraci. Dojezd pouze s využitím elektrické energie činí 35 km. Při kombinaci obou zdrojů energie se akční rádius v nastavení comfort dostává na hodnotu 500 km, o dalších 20 % se zvýší v energeticky nejméně náročném módu eco pro. Prototyp je již vybaven možností volby jízdních režimů, a to ECO PRO, COMFORT a SPORT. Ty samozřejmě ovlivňují charakteristiku vozidla z hlediska jízdních vlastností a energetické náročnosti provozu. Představení konceptu proběhlo na testovacím polygonu BMW ve francouzském městě Miramas. Tento koncept měl již velmi blízko k produkční verzi i8 a v současnosti je vystaven v londýnském showroomu BMWi na Park Lane.

Finální produkční verze BMW i8 se představila v roce 2013 na Mezinárodní motor show v Německu. První vozy produkční série pro zákazníky se začaly vyrábět v dubnu roku 2014, v německém Lipsku. Designérem finální verze byl Benoit Jacob. Vůz má hmotnost pouze 1 485 kg. Zajímavým designovým prvkem jsou vertikálně otvíratelné dveře. i8 je první sériový automobil, který využívá v hlavních světlometech laserovou technologii. Vůz je schopen dosáhnout spotřeby 2,1 l/100 km a produkuje 49 g CO₂/100 km. Maximální rychlost je elektronicky omezena 250 km/h.



Obrázek 6: Výklopné dveře

2.2 Karoserie

Karoserie stejně jako zbytek automobilu je ztělesněním budoucnosti supersportovních vozidel. Karosářsky se jedná o kupé s prostorovým řešením pro posádku 2+2. Celá karosářská koncepce je nazývána jako BMW Efficient Lightweight. Karoserie je samonosná, ovšem její základní nosný prvek není skelet jako u konvenčních automobilů, ale nosný monokok. Je to střední část karoserie, ke které jsou přišroubovány ostatní komponenty. Z hlediska prostoru monokok tvoří prostor pro posádku – čelní stěnu, A, B i C sloupek, podlahovou platformu, prahy, zadní bočnice, střechu a prostor pro spalovací motor v zadní části. K monokoku je přišroubován hliníkový drive modul, který se skládá ze zadní hliníkové platformy, která nese zavěšení zadních kol, spalovací motor a pomocný rám. Ten společně s nárazovou příčkou tvoří hlavní deformační prvek, který pohltí energii při zadním nárazu. Mezi přední a zadní částí drive modulu se nachází 7,1 kWh baterie. V přední části drive modulu se nachází hliníkový nosný rám, který nese elektromotor, chladič, přední zavěšení a tvoří hlavní element, který pohlcuje kinetickou energii při čelním nárazu. Vnější panely karoserie – nárazníky, blatníky, prahy a kryty sloupků jsou vyrobeny z termoplastu PP – EDPM, tím je jejich hmotnost snížena o 50 % ve srovnání s konvenčními materiály. Panely dveří a přední kapota jsou z hliníku, ze stejného materiálu je i rám, na kterém je nalepeno sklo a dohromady tvoří kryt zavazadlového prostoru. Přes zadní zavazadlový

prostor je i přístup ke spalovacímu motoru. Prostor pro posádku a zavazadlový prostor odděluje tvrzené sklo Gorilla Glass s optimalizovanými akustickými vlastnostmi a hmotností pouhých 920 g. Do interiéru vozu se lze dostat přes dvojici výklopných dveří, které mají panty v A sloupku, díky způsobu otvírání se jim říká motýlí křídla.

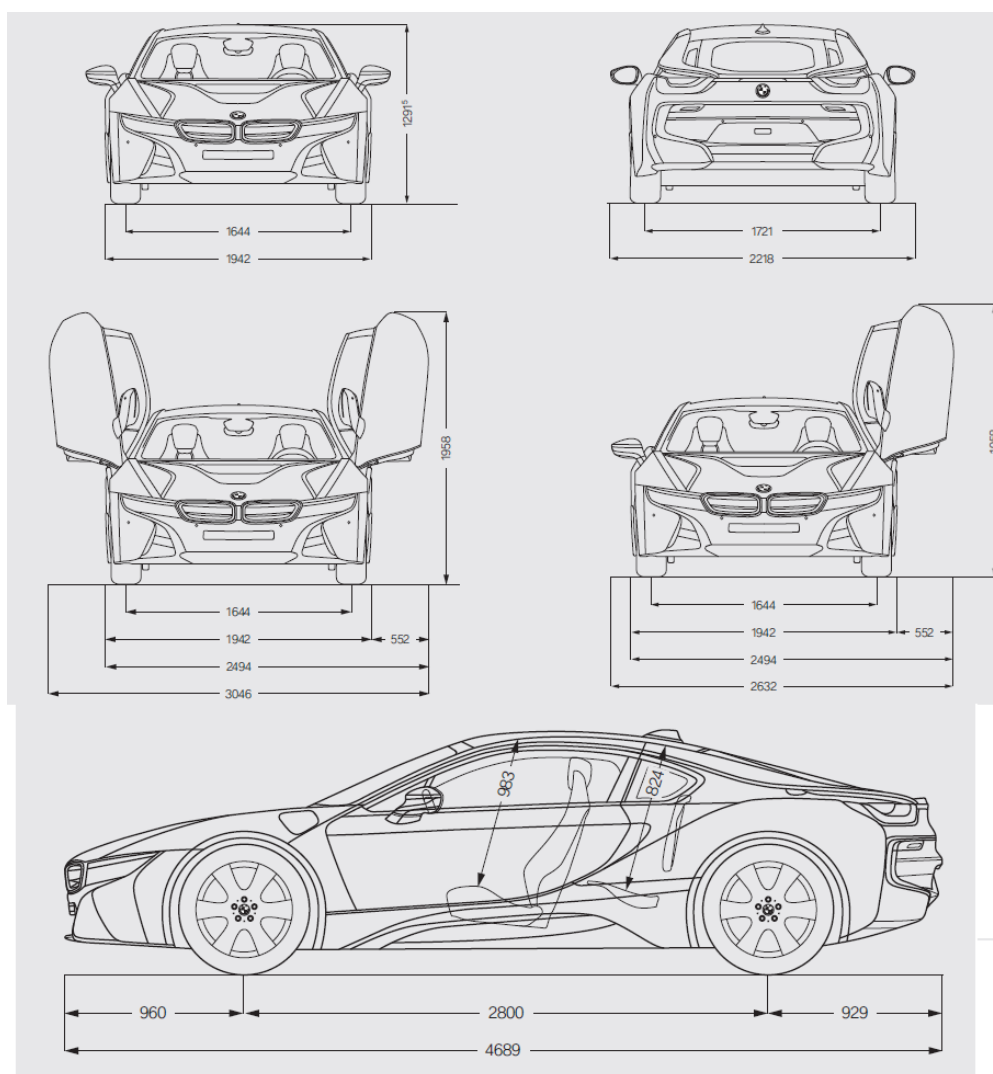


Obrázek 7: Karbonový monokok

Při konstruování byl brán zřetel na nízké těžiště vozidla, nízkou hmotnost a vysokou torzní pevnost. Tyto vynikající vlastnosti byly dosaženy díky konstrukci monokoku z kompozitového materiálu CFRP – carbon-fibre reinforced plastic neboli plast vyztužený uhlíkovými vlákny, obvykle nazýván pouze karbon. V případě nárazu nedochází u karbonu k deformaci, jako u ocelového skeletu, tvar monokoku neboli life modulu, není nikterak porušen a posádka má v rámci pasivní bezpečnosti dostatek prostoru pro přežití. Ačkoliv vůz musí nést lithium-iontovou baterii, váží pouze 1 485 kg. Použitím karbonu se zredukovala hmotnost o 30 % ve srovnání s hliníkem a o 50 % s ocelí. Vzhledem ke sportovnímu charakteru vozu je nedílnou součástí karoserie funkční aerodynamika. Součinitel odporu vzduchu c_x má hodnotu pouze 0,26. Proud vzduchu z boční části se usměřuje do tunelu procházejícího nad zadním kolem a v zadní části vyústující v oblasti děleného koncového světla. Ve spodní části před zadním kolem se nachází sací kanál, kudy může vzduch proudit pod vozidlo, odkud se rychle odsává pryč, čímž se dosáhne efektu difuzoru, kdy se pod oblastí zadní nápravy vytvoří podtlak a vozidlo je při vyšších rychlostech přitlačováno k silnici, což zlepšuje sportovní jízdní vlastnosti. Pro lepší obtok

proudícího vzduchu jsou také charakteristické ledvinky v přední masce plné, místo klasického vertikálního mřížkování. Vzduch ke chladičům je veden otvorem pod ledvinkami, za mřížkou se nachází šikmo uložené chladiče a za nimi ventilátor. Chladicí vzduch proudí ven z vozu přes masivní otvor v přední kapotě.

Na délku i8 měří 4 689 mm, přední převis je 960 a zadní 929 mm. Rozvor má rovných 2 800 mm, rozchod předních kol je 1 644 mm a zadních 1 721 mm. Celková šířka činí 1 942 mm a se zpětnými zrcátky 2 218 mm. Na výšku vůz dosahuje 1 297 mm a při otevřených dveřích 1 958 mm.

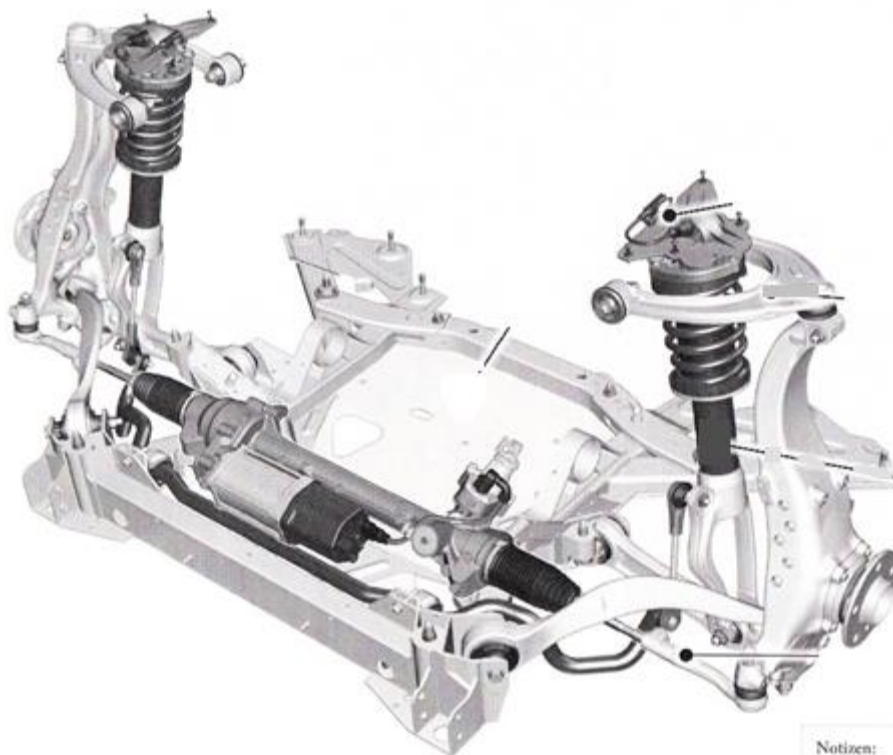


Obrázek 8: Rozměry

2.3 Podvozek

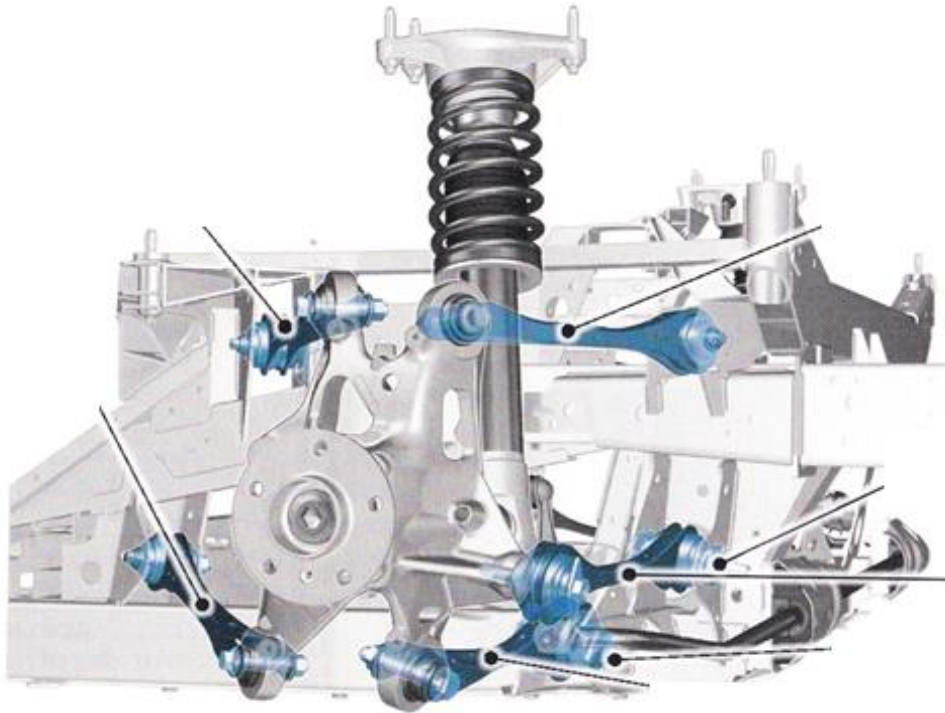
2.3.1 Zavěšení a nápravy

Přední nápravu tvoří víceprvkové nezávislé zavěšení s příčným zkrutným stabilizátorem. Víceprvkové zavěšení je kombinací lichoběžníkové nápravy a zavěšení typu McPherson. Teleskopický tlumič s elektromagneticky nastavitelnou charakteristikou, s vně uloženou pružinou je v horní části uchycen do rámu přední nápravy, součástí tlumiče je konektor pro ovládání elektromagnetického ventilu nastavitelných sportovních tlumičů. Spodní, rozvidlená část tlumiče je uchycena přes silentblok do příčného ramene. Spodní rameno je uchyceno do přidavného rámu. Příčný zkrutný stabilizátor je přes malou tyčku spojen s teleskopickým tlumičem. Ve spodní části se nachází ještě šikmé rameno. Těhlice kola spojuje spodní ramena s horním příčným V-ramenem. Horní rameno je k dispozici ve třech variantách v závislosti na nastavení odklonu. Ten může být $\pm 0^{\circ}30'$.



Obrázek 9: Přední náprava

Konstrukční řešení zadní nápravy je nezávislé, víceprvkové s příčným torzním stabilizátorem. Nastavitelný tlumič typu McPherson je uchycen do monokoku. Těhlici kola a zadní rám spojují ramena, jedná se o vodící, příčné, podélné, rameno sbíhavosti a rameno odklonu. Sbíhavost a odklon zadních kol se nastavují excentrickými šrouby.



Obrázek 10: Zádňá náprava

U tlumičů lze nastavovat normální a sportovní charakteristiku tlumení, děje se tak elektronicky prostřednictvím elektromagnetu v tlumiči, který ovládá kanál pro normální režim při pohybu oleje vlivem pružení. Při sportovním režimu má olej menší možnosti pohybu, čímž dochází ke ztvrdnutí podvozku. Dynamické nastavování tlumičů spadá pod řídicí jednotku tlumičů SAS, umístěné v levé zadní části vozu, ta je podřízena centrální řídicí jednotce BDC – body domain controller.

2.3.2 Řízení

i8 disponuje hřebenovým řízením s elektromechanickým posilovačem, kde pastorek v případě otáčivého pohybu (zatáčení) posune hřebenem v převodce řízení. Ke snížení

ovládací síly pomáhá elektromotor, který přes převod pohybuje s hřebenem řízení. Elektromotor je schopen samostatně hýbat koly, což je využito například k jízdnímu asistentu lane assist. Řízení má vlastní řídicí jednotku EPS umístěnou za elektromotorem. Jednotku je potřeba naučit úhel rejdu přes sériovou diagnostiku, otáčením volantu na dorazy vlevo a vpravo. Elektronika řízení využívá ke své práci snímač momentu natočení volantu. Přes spojovací tyčky se nastavuje sbíhavost předních kol.

2.3.3 Kola

Na přední a zadní nápravě jsou použity rozdílné rozměry pneumatik. Průměr ráfku je vždy 20 palců. Základní kola pro přední nápravu mají rozměr 195/50 R 20 na ráfku 7 J × 20, v rámci příplatkové výbavy se nabízí kola 215/45 R 20 s ráfkem 7,5 J × 20. Standardní kola vzadu jsou 215/45 R 20 na disku širokém 7,5 palce, tvaru J. Kola ze zvláštní výbavy se vyznačují rozměrem 245/40 R 20 na ráfku 8,5 J × 20. Všechna kola jsou odlita z lehké hliníkové slitiny s optimalizovaným designem pro snadné obtékání vzduchu.



Obrázek 11: 20" kola W-spoke 470

2.3.4 Brzdy

Základní brzdová soustava se skládá z komponentů brzdový pedál, podtlakový posilovač, hlavní brzdový válec s nádržkou brzdové kapaliny, vysokotlakého vedení z pancéřových trubek, jednotky DSC a vrtaných kotoučů s vnitřním chlazením na všech čtyřech kolech. Pro přední nápravu mají průměr 340 mm a tloušťku 29 mm, používají se s pevnými

čtyřpístkovými třmeny, vzadu se nachází plovoucí jednopístkové třmeny s kotouči 330×19 mm. DSC – dynamická kontrola stability, je elektronická a hydraulická výkonná jednotka s elektromagnetickými ventily, která umožňuje přibrzdit a odbrzdit nezávisle každé kolo. Obsluhuje systémy ABS nebo ESP. Ke své činnosti potřebuje snímat úhlovou frekvenci otáčení každého kola. Součástí jednotky DSC je i elektrické podtlakové čerpadlo, které vytváří podtlak pro posilovač brzd. Levá přední a pravá zadní brzda jsou vybaveny snímačem opotřebení brzdového obložení. Parkovací brzda je řešena elektromechanicky na zadní kola. Ve třmenu zadní brzdy nalezneme integrované akční členy parkovací brzdy, které aktivuje řídicí jednotka EMS, pokud dostane signál od ovládacího tlačítka parkovací brzdy v interiéru.

Díky hybridnímu pohonu může ke zpomalení vozidla docházet několika způsoby. V první fázi se využívá rekuperačního brzdění. Kdy je pohybová energie převáděna na elektrickou. Na zadní nápravě se tak děje s využitím starterogenerátoru, jenž je součástí spalovacího motoru a na přední nápravě s využitím elektromotoru. Řídicí jednotka DSC dostane signál o poloze brzdového pedálu, vypočítá požadované brzdné zpomalení a informuje o něm DME – ŘJ motoru. DME následně ovládá jednotky EME – řídicí jednotku elektromotoru přední nápravy a REME – řídicí jednotku starterogenerátoru. Takto získaná elektrická energie slouží k dobíjení vysokonapěťové baterie. Procentuální využití rekuperace ovlivňují jízdní mód, teplota elektromotoru, starterogenerátoru, stav nabití vysokonapěťové baterie a zadání od DSC. Ve sportovním režimu je rekuperace maximální. Pokud se překročí určitá mez požadovaného zpomalení – pedál brzdy je více sešlápnut, nastupují k účinnosti hydraulické brzdy. Možnosti zpomalení jsou tři, čistě rekuperační brzdění, rekuperační + třecí brzdění a čistě hydraulické brzdění.

2.4 Interiér

Budoucnost, dynamika a lehkost jsou hlavní směry, kterými se ubírali konstruktéři při navrhování interiéru. Řidič, spolujezdec i pasažéři na zadních sedadlech sedí velmi nízko, což umocňuje sportovní charakter vozu. Konstrukce sedadel se zaměřuje na správné držení těla a poskytuje dostatečnou oporu při průjezdu zatáčkami. Sedadla jsou hmotnostně optimalizována. Interiéru dominuje široký středový tunel a palubní deska, která zdůrazňuje

šířku vozu. Střední část palubní desky je mírně natočena k řidiči, což je charakteristický rys vozů BMW. K řízení vozu slouží tříramenný sportovní volant, potažený kůží s ovládacími tlačítky a možností řazení převodových stupňů pádly pod volantem. Středu palubní desky dominuje 8,8“ displej infotainmentu vozu – iDrive. Na středovém tunelu se nachází volič automatické převodovky, tlačítko zapnutí a vypnutí pohonného ústrojí, ovládací prvek iDrivu a volič jízdních režimů.



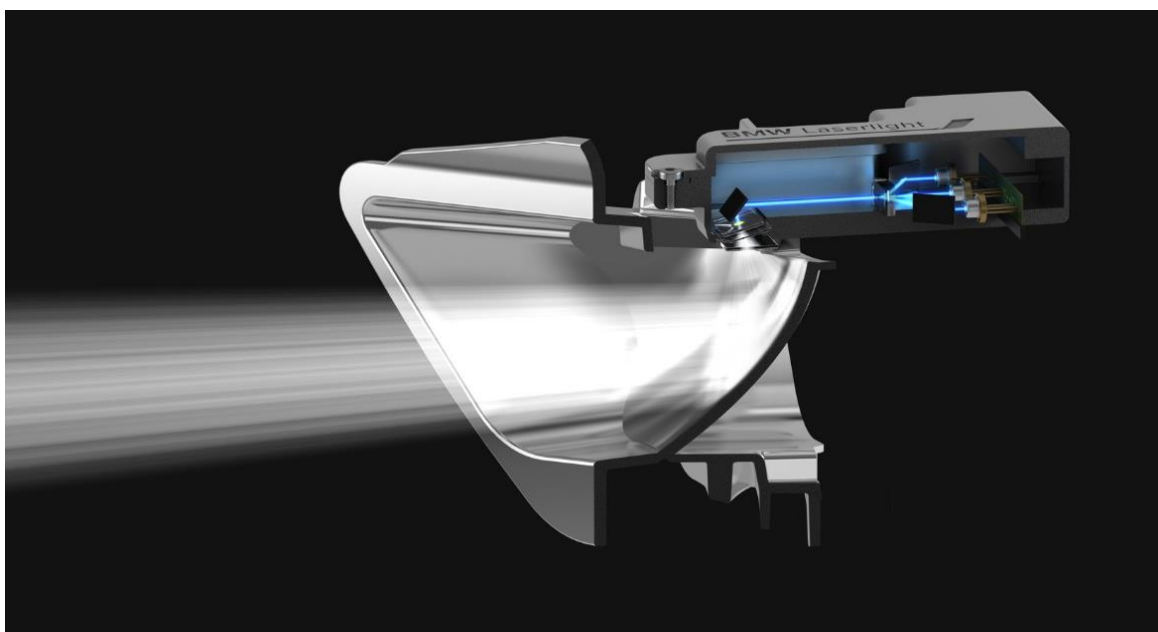
Obrázek 12: Interiér The Halo

2.5 Prémiová výbava

Vůz i8, stejně tak jako celá automobilka BMW, se řadí do prémiového segmentu značek, což kromě vysoké kvality zpracování, použití prvotřídních materiálů a moderních technologií, přináší i možnosti rozsáhlé moderní výbavy, zejména v oblasti aktivní bezpečnosti a spojení řidiče s vozidlem přes informační technologie. Účelem této výbavy je zjednodušit a zpříjemnit ovládání vozu. Jedná se například o PDC-parkovací asistent, full Led technologie osvětlení, tempomat s brzděním, dešťový senzor, eCall-funkce tísňového volání, asistent dálkových světel, parkovací kamera, kamery vytvářející obraz kolem celého vozu, čtení dopravních značek, krizové samozastavení, head-up displej nebo Connected Drive.

2.5.1 Laser light

BMW i8 se v dubnu 2014, při začátku svého prodeje, stalo světově prvním sériově vyráběným automobilem vybaveným hlavními světlomety s laserovou technologií BMW Laser Lights. Laserová technologie umožňuje v režimu dálkových světel osvětlit vozovku až na 600 metrů, přičemž konvenční osvětlovací technika dosahuje zhruba čtvrtinové až třetinové vzdálenosti. Světlomety s LED technologií se vyznačují vysokou účinností, jejich výkon je závislý na teplotě, ta nesmí přesáhnout 100°C, proto jsou světlomety vybaveny ventilátorem pro chlazení. Laserový modul je součástí LED světlometů. Skládá se ze třech vysoce svítivých modrých LED diod s vlnovou délkou 450 nm, jejichž tři paprsky se setkávají díky odrazovým zrcadlům v kolimátoru, odkud vychází hlavní paprsek. Ten je usměrněn odrazovým zrcadlem přes fosforovou membránu, která změní jeho barvu na bílou, do hlavní odrazové plochy. K aktivaci laserových dálkových světlometů dochází samočinně při zapnutém asistentu dálkových světel, pokud snímací kamera vyhodnotí, že v dosahu světelného kužele není jiný zdroj světla – protijedoucí auto, které by mohlo být oslněno.



Obrázek 13: Modul laserových světlometů

2.5.2 BMW i 360°

Je to služba zákazníkovi, kterou BMW poskytuje. Jejím určením je informovat o možnosti nabíjení vozidla. Jedna z možností je dobíjet auto z klasické 230 V zásuvky, touto cestou se již za 2,5 hodiny dostane kapacita akumulátoru na 80 %, dále může mít klient doma tzv. Wallbox. Pokud se vozidlo nachází na cestě, lze najít nejbližší dobíjecí stanici v menu iDrive, přes připojení na internet ConnectedDrive.

2.5.3 Displejový klíč

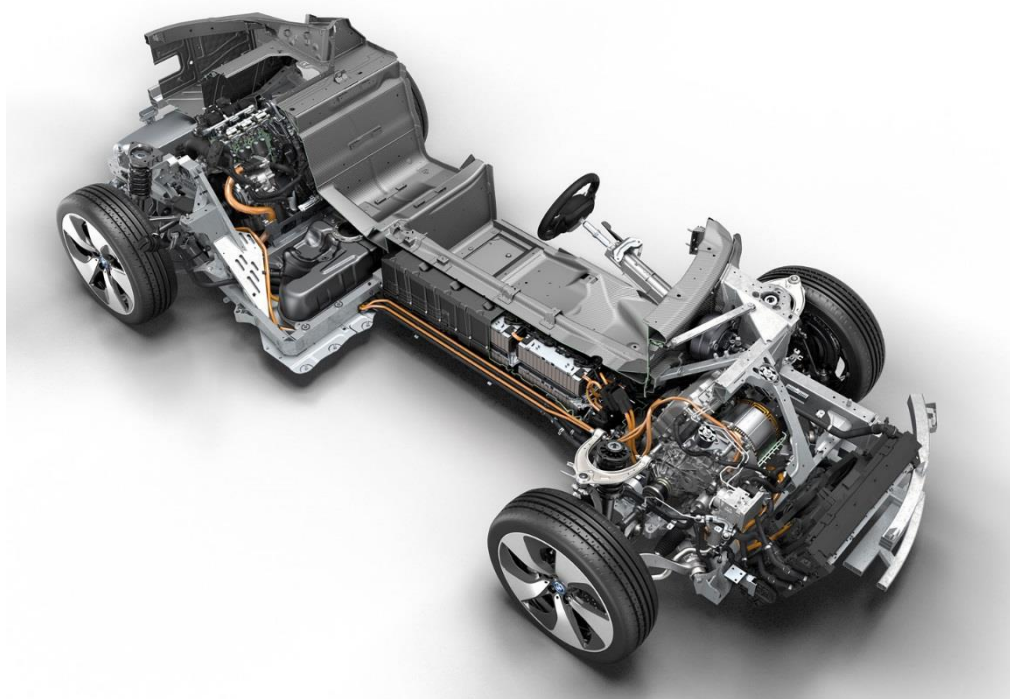
Na tomto typu klíče se nachází tlačítka pro odemčení a uzamčení vozu, otevření víka zavazadlového prostoru, programovatelné tlačítko a také 2,2“ dotykový displej, jehož prostřednictvím lze až na vzdálenost 300 m zkontrolovat otevření a zamčení dveří a oken, stav nabití vysokonapěťové baterie, stav paliva v nádrži, dojezd, zbývající čas nabíjení, servisní informace a ovládat klimatizaci. Baterie klíče se dobíjí přes mikro USB konektor nebo indukčně v přihrádce vozidla. Rozměry klíče jsou 90×55×15 mm a váží 90 g.



Obrázek 14: Displejový klíč

3 Uspořádání a funkce poháněcího ústrojí

BMW I12, tak zní interní označení pro i8, používá ke svému pohonu hybridní ústrojí složené ze zážehového, přeplňovaného, spalovacího motoru BMW Twin Power Turbo spojeného s automatickou šestistupňovou převodovkou, pohánějícího zadní kola a elektromotoru s vysokonapěťovou baterií BMW eDrive Technology s dvoustupňovou samočinnou převodovkou, který pohání kola přední. V určitém jízdním režimu, pokud je zapotřebí maximální trakce, disponuje i8 pohonem všech kol AWD s elektronickým řízením a rozdělováním točivého momentu. K pohonu všech kol není tedy zapotřebí kloubových hnacích hřídelů, přední a zadní kola jsou poháněna bez fyzického propojení.

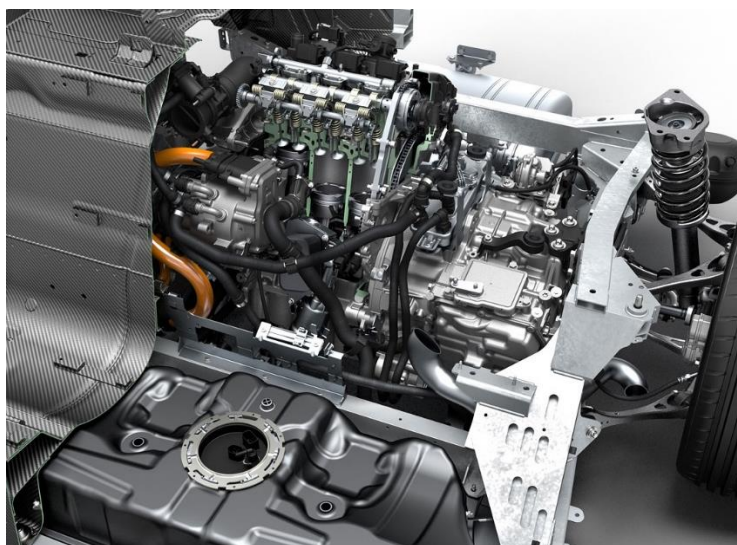


Obrázek 15: Poháněcí ústrojí

3.1 Parametry

Spalovací motor poskytuje vozu ze svého zdvihového objemu $1\,499\text{ cm}^3$ 170 kW výkonu při $5\,800$ otáčkách za minutu. Točivý moment vrcholí na 320 Nm při $3\,700\text{ min}^{-1}$. Zdvih pístu činí $94,6\text{ mm}$ a průměr vrtání válce je 82 mm . Motor disponuje litrovým výkonem

115 kW, což z něho činí nejvýkonnější agregát, jaký doposud vzešel z dílen BMW. Vzhledem k přeplňování motoru je kompresní poměr 9,5: 1. Plnění každého válce zajišťují čtyři ventily, z toho dva sací a dva výfukové. Agregát je schopen provozu na bezolovnatý benzín s oktanovým číslem, zjištěným výzkumnou metodou ROZ v rozsahu 91–100. Ovšem výrobce doporučuje používat palivo s oktanovým číslem 98 tak, aby se zajistily maximální hodnoty dosahovaných výkonů. Vzhledem k využití elektrické energie, produkce oxidu uhličitého dosahuje pouze 49 g/km a kombinovaná spotřeba činí 2,1 l/100 km. Vozidlo splňuje emisní předpisy ULEV II (kalifornské předpisy ultra-low emissions vehicle) a emisní normu EURO 6. Synchronní elektromotor přední nápravy má maximální výkon 96 kW v režimu plné akcelerace – boost, po dobu 5 sekund. Nepřetržitě produkuje výkon 25 kW. Hodnota točivého momentu je 250 Nm, a to od nulových otáček až k 5000 min⁻¹, elektromotor může dosáhnout až 11 400 otáček. Celkový výkon hnacího agregátu činí 266 kW a točivý moment dosahuje hodnotu 570 Nm. S těmito parametry se vozidlo vážící 1 500 kg dostane z klidu na 100 km/h za 4,4 sekundy. Na pružné zrychlení z 80 na 120 km/h potřebuje 4 s na pátý převodový stupeň a pouze 3,4 s na čtvrtý. Maximální rychlost se elektronicky zastaví na 250 km/h. Pokud se použije čistě elektrický pohon, může se dosáhnout maximálně rychlosti 120 km/h. V plně elektrickém režimu je dojezd nanejvýše 37 km. Ovšem v kombinaci se spalovacím motorem a 42 litrovou nádrží, atakuje akční rádius až 600 km.



Obrázek 16: Řez spalovacím motorem

3.2 Spalovací motor

Najdeme ho uložený uprostřed napříč. Způsob uložení má historickou souvislost, navazuje tak na legendární BMW M1 E26 ze 70. let 20. století. Jeho označení B38K15T0 znamená B – vývoj BMW group, 3 – tři válce v řadě, 8 – přímé vstřikování paliva s přeplňováním a systémem Valvetronic, K – způsob zástavby, 15 – zdvihový objem 1,5 litru, T – verze motoru TOP a 0 – zcela nově vyvinutý motor. Jedná se o řadový zážehový tříválec s kapalinovým chlazením, s oběžným tlakovým mazáním a přeplňováním. Rozvod je typu DOHC s 12 ventily. Motor je první z modulární řady motorů, kde na stejném konstrukčním základě je možné mít tří nebo čtyřválcový motor, stejně tak zážehový nebo vznětový, dle počtu válců označený buď 38 nebo 48. Pro továrnu modulární koncepce představuje značné snížení nákladů. Řízení motoru obstarává elektronika BOSCH MEVD 17.2.3, pro motory s přímým vstřikováním.



TA13-1733

Obrázek 17: Spalovací motor

3.2.1 Pevné části motoru

Pevné části spalovacího motoru tvoří olejová vana, blok válců, těsnění pod hlavou válců, hlava motoru a víko vačkových hřídelů.

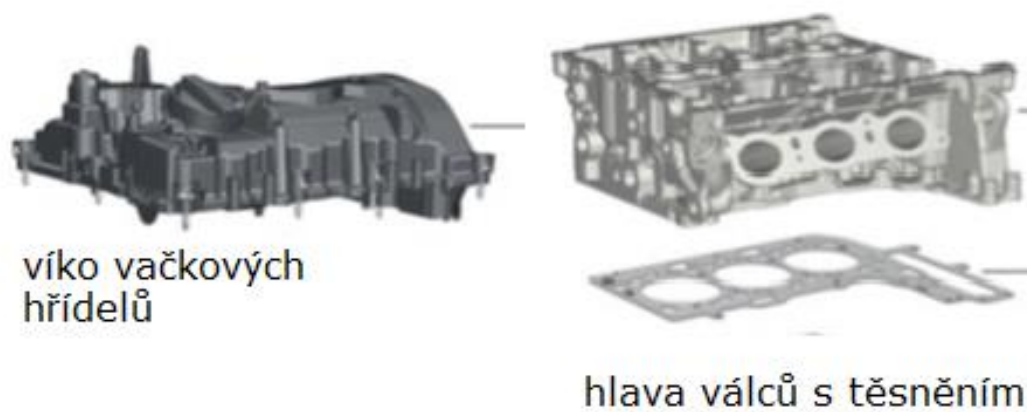
Víko vačkových hřídelů tvoří vrchní kryt motoru, je to tlakový plastový odlitek. Je na něm umístěno víčko pro dolévání oleje, otvory pro vstup vstřikovačů a zapalovacích cívek, snímač polohy vačkových hřídelů, oddělovač vody a oleje, průchod pro přírubu vysokotlakého palivového čerpadla, elektromagnety pro nastavování systému VANOS a odvětrání klikové skříně, regulace odvětrání probíhá na základě vnitřního tlaku v motoru.

Pod víkem se nachází hlava válců vyrobená z hliníkové slitiny tlakovým litím. Složení materiálu se označuje AlSi7MgCu0.5. Součástí hlavy motoru jsou sací a výfukové kanály, dále se zde nachází dva vačkové hřídele společně se svými přestavovači VANOS. Umístění zde našel i systém VALVETRONIC umožňující variabilní zdvih sacích ventilů. Od vačkové hřídele výfukových ventilů je poháněno vysokotlaké palivové čerpadlo.

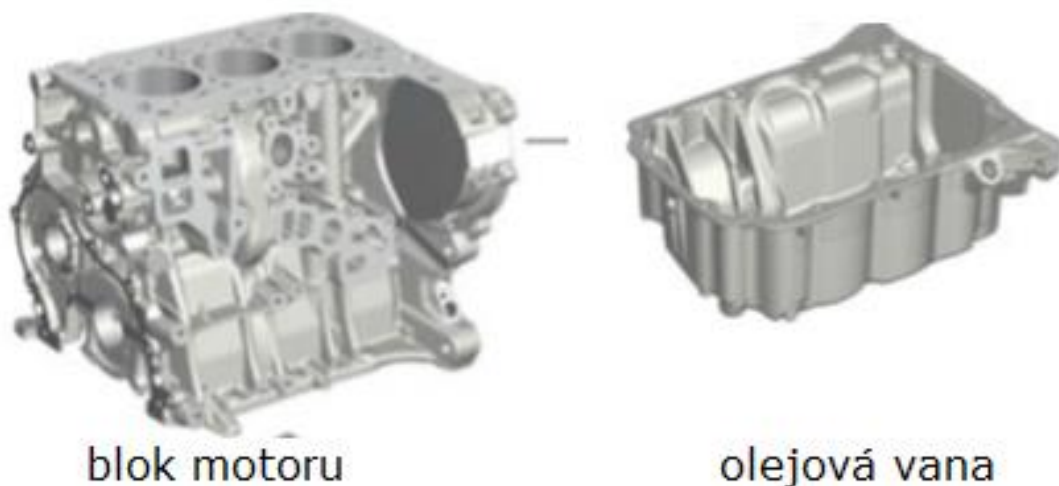
Hlavu a blok motoru odděluje třívrstvé ocelové těsnění.

Blok motoru je vytvořen tlakovým litím z hliníkové slitiny. Samotná hliníková slitina nedosahuje dostatečných pevnostních vlastností, aby mohla tvořit vložku válce. Povrch válců je zde upraven metodou LDS, ocelový drát je taven elektrickým obloukem a nanášen vysokým tlakem na stěny válce, kde utvoří 0,3 mm silnou vrstvu, jenž extrémně odolává opotřebení vlivem tření a usnadňuje odvod tepla ze spalovacího prostoru do bloku motoru a následně do chladicí kapaliny. Ve spodní části bloku motoru se nachází kliková skříně. Hlavní ložiska klikové hřídele jsou dělena trapézově a není možné zaměňovat jejich montážní pozici. Ve spodní části válce jsou umístěny větrací otvory mezi jednotlivými válci, přes ně může proudit vzduch, čímž se usnadňuje pohyb pístu.

Spodek motoru tvoří olejová nádrž, vyrobená jako odlitek z hliníku s žebrovou výztuhou. Nádrž zachycuje motorový olej, její součástí je výpustný šroub a snímač množství hladiny oleje. Těsnění mezi vanou a blokem motoru tvoří tmel na silikonové bázi.



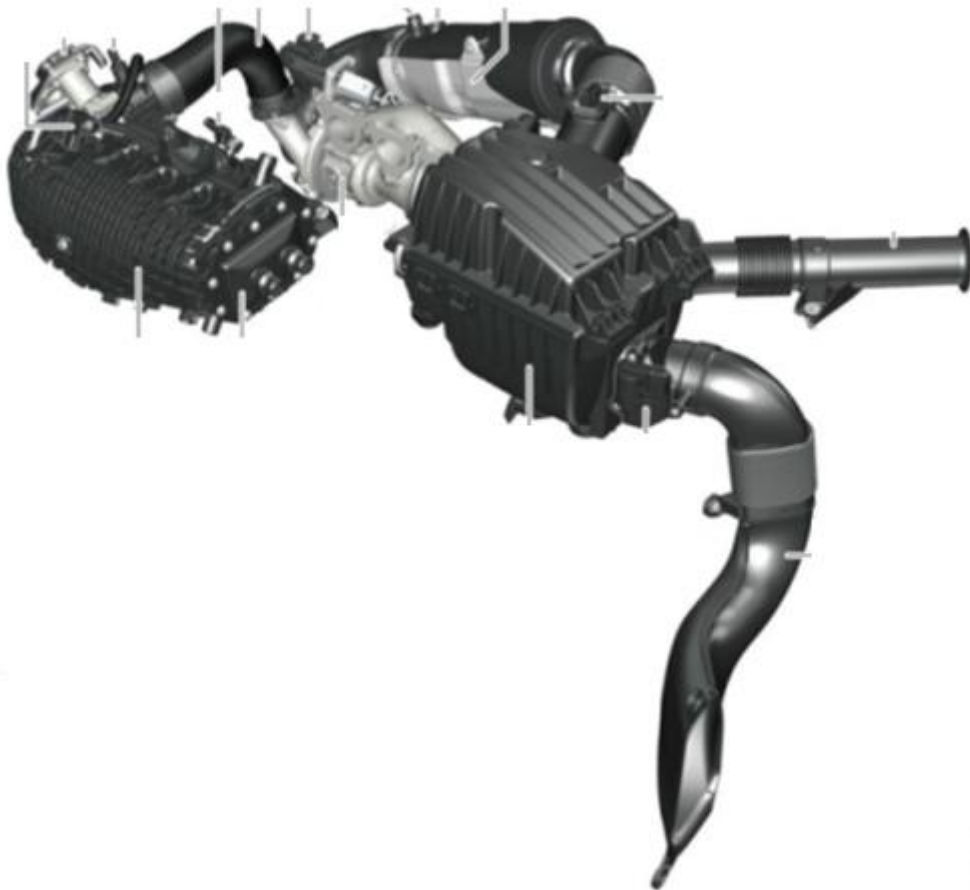
Obrázek 18: Pevné části motoru 1



Obrázek 19: Pevné části motoru 2

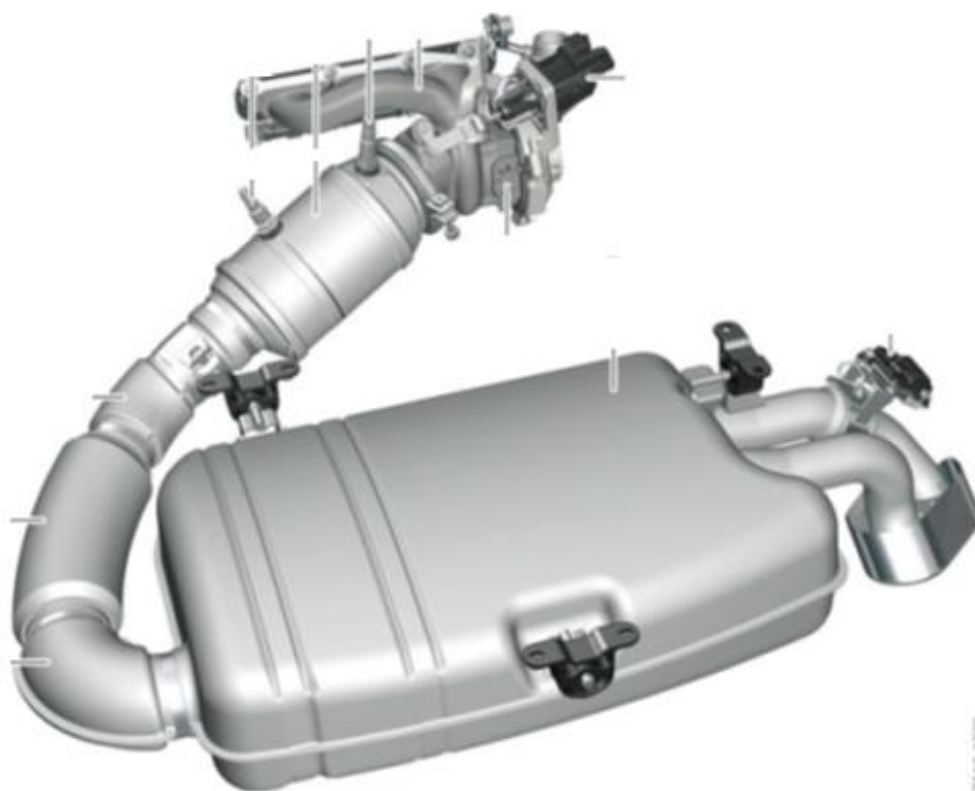
Sací trakt je navržen s ohledem na dosažení maximálního výkonu a na rychlé reakce motoru, jako materiál se použil plast. Vzduch z okolního prostředí je přiváděn z poza krytu levého zadního kola do airboxu, kde proběhne vyčištění za pomoci papírové filtrační vložky. V rozmezí otáček 3 000 až 4 500, dochází k uzavření hlavní sací trubky a vzduch se saje přes pomocnou akustickou trubku, snižuje se tím hlučnost. Za filtrem se nachází snímač hmotnosti průtoku nasávaného vzduchu, následuje vedení vzduchu do dmychadlové části

turbodmychadla. V tomto vedení jsou přípojky pro odvětrání palivové nádrže a odvětrání klikové skříně. Hadicí z turbodmychadla stlačený teplý vzduch proudí přes škrticí klapku do rozdělovacího sacího potrubí, v němž je integrován intercooler a následně je rozveden k příslušným válcům. V sacím potrubí se nachází snímač tlaku vzduchu. Škrticí klapka kvůli ochraně vlastní elektroniky musí být chlazena kapalinou, protože se nachází netypicky před intercoolerem. Stlačený vzduch se ochlazuje nepřímo v sacím potrubí, kde se nachází tepelný výměník vzduch – voda. Teplo ze stlačeného vzduchu se nejprve odvede chladicí kapalině a teprve ta jej předá do okolního vzduchu. Díky integrovanému intercooleru má stlačený vzduch krátkou trasu, nevznikají tlakové ztráty a motor pružně reaguje na změny.



Obrázek 20: Sací trakt

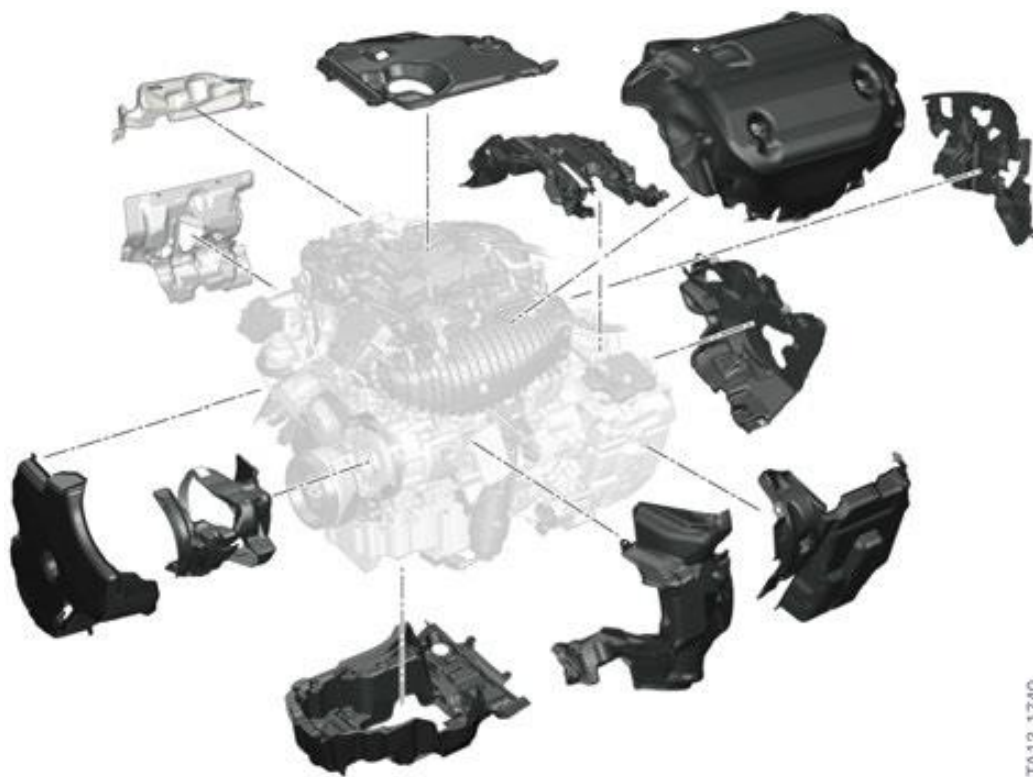
Výfukové potrubí se nachází směrem dozadu. Tvoří ho sběrné potrubí ústící do turbínové části turbodmychadla. Regulace plnicího vzduchu se provádí obtokovým ventilem waste – gate s elektromechanickým nastavovačem. V bezprostřední blízkosti turbodmychadla se nachází oxidačně – redukční katalyzátor s regulační, širokopásmovou, zirkonovou lambda sondou před a kontrolní, skokovou lambda sondou za katalyzátorem. Výfukové plyny jsou vedeny z katalyzátoru přes izolované výfukové potrubí do masivního a jediného tlumiče výfuku. Za tlumičem následuje pouze krátká koncovka výfuku, jejíž součástí je klapka, která pomáhá utvářet zvukový projev motoru.



Obrázek 21: Výfuk

Z důvodu zvukového komfortu posádky je spalovací motor odizolován akustickými kryty z lehké pěny a netkané tkaniny, které jsou instalovány přímo na motor B38TOP a přesně vytvářeny podle jednotlivých montážních míst. Díky tomu není třeba zvuková izolace na karoserii a dojde tím k celkovému odlehčení vozidla. V místech s vysokou

teplotou – v oblasti výfukového potrubí, jsou namontovány tepelně izolační hliníkové plechy.



Obrázek 22: Akustické kryty motoru

3.2.2 Pohyblivé komponenty motoru

Jsou tvořeny klikovým a rozvodovým mechanismem. Klikový mechanismus se skládá z pístu z lehké slitiny, klasické válcovité stavby. Dno pístu má čtyři vybrání pro ventily a část dna je zapuštěna, aby došlo k lepšímu tvarování spalovacího prostoru, ten je utěsněn dvěma kroužky a třetím stíracím. Pístní čep převádí sílu z pístu na ojnici. Ta má v místě uložení pístu sešikmení a její délka činí 146 mm. Čepy na klikovém hřídelu mají průměr 50 mm, horní a spodní ložiskové pánve jsou rozdílné, liší se v povrchové úpravě, na horní pánvi je nanášena povrchová vrstva IROX, která zlepšuje mazací vlastnosti. Kliky na hřídelu jsou vzájemně posunuty o 240°. Na pravé straně motoru, při pohledu od zadního čela, se nachází pohon řemene starterogenerátoru a chladicího čerpadla, na druhé straně směrem k převodovce se nachází pohon rozvodů a odlehčený setrvačnick. Motor používá jednu

vyvažovací hřídel uloženu v jehličkových ložiskách, ta má stejné otáčky jako kliková hřídel a k pohonu slouží ozubená kola na straně řemene.



Obrázek 23: Klikový mechanismus



Obrázek 24: Kliková hřídel

Rozvody jsou řešeny ozubenými koly a ocelovými válečkovými řetězy. Od klikového hřídele je poháněno olejové čerpadlo krátkým řetězem. Pohon dvou vačkových hřídelů

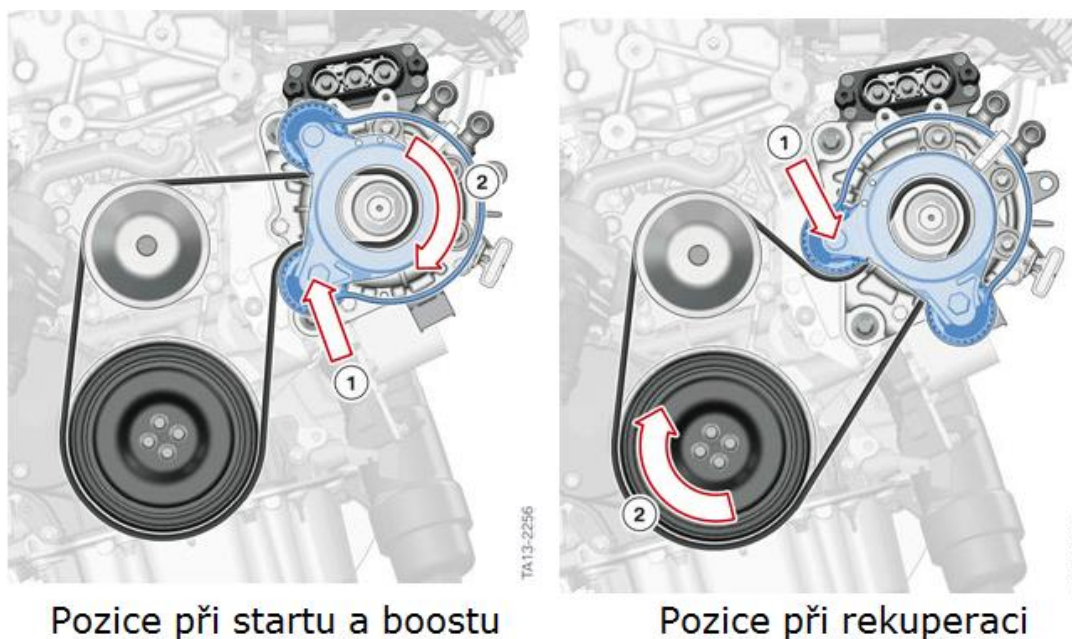
v hlavě válců je řešen dvěma řetězy přes středové ozubené kolo. Každý řetěz má dvě vodící lišty a jeden napínák. Motor disponuje systémem Double Vanos, jenž umožňuje přestavovat hydraulicky tlakem oleje přes elektromagnet vačkové hřídele, a měnit tak časování rozvodů. Díky tomu se může použít tzv. interní systém recirkulace spalin. Na sacích ventilech se používá systém Valvetronic, ten za pomoci excentrické hřídele a nastavovacího elektromotoru může plynule měnit zdvih ventilů, díky tomu není potřeba škrticí klapka v sání, ovšem preventivně je namontována, pro případ poruchy Valvetronicu.



Obrázek 25: Rozvodový mechanismus

3.2.3 Starterogenerátor

Spalovací motor není vybaven standardním alternátorem ani spouštěčem, obě tyto funkce zastává třífázový střídavý starterogenerátor. Ten je umístěn na řemenovém rozvodu společně s čerpadlem chladicí kapaliny a klikovou hřídelí. Přes řemen se řeší i spouštění motoru, proto disponuje osmi drážkami, oproti běžným šesti. Řemenice klikového hřídele disponuje integrovaným tlumičem torzních kmitů, ten je umístěn za řemenicí směrem ven od bloku. Na chod motoru má stejný vliv jako dvoumotový setrvačnick. Pohon starterogenerátoru zajišťuje kyvný napínák řemene. V závislosti na poloze napínáku se mění pracovní režimy. Ty jsou startovací režim, rekuperační a režim boostu. V rekuperačním režimu generátor nabíjí vysokonapěťovou baterii. Při funkci boost pomáhá spalovacímu motoru. Maximální točivý moment, jaký lze přenést řemenem převést je 50 Nm. Starterogenerátor je řízen řídicí jednotkou prodlouženého dojezdu REME, která zároveň mění DC napětí z baterie na AC potřebné k pohonu a z AC na DC v rekuperačním provozu. Dodavatelem je firma Denso, provozní napětí dosahuje 400 V a výkon činí 8 kW až 15 kW při špičkách, Starterogenerátor váží 12,5 kg a maximální otáčky činí 18 000 ot./min.



Obrázek 26: Starterogenerátor

3.2.4 Palivová soustava

Nádrž na benzin o objemu 42 litrů najdeme pod zadními sedadly, ta je tlaková, kvůli tomu, aby neunikaly benzinové výpary při dlouhodobém provozu na elektrickou energii. Před tankováním se musí tlak odpustit přes ventil AKF, vyfouknutí aktivujeme tlačítkem na dveřích řidiče. V nádrži se nachází podávací čerpadlo, které dopravuje benzin tlakem 500 kPa do vysokotlakého čerpadla, kde je stlačeno až na 20 MPa v závislosti na jízdním režimu. Stlačené palivo je vedeno do tlakového zásobníku, odkud se rozděluje k elektromagnetickým vstřikovačům, ty jej vstříkují přímo do válce.



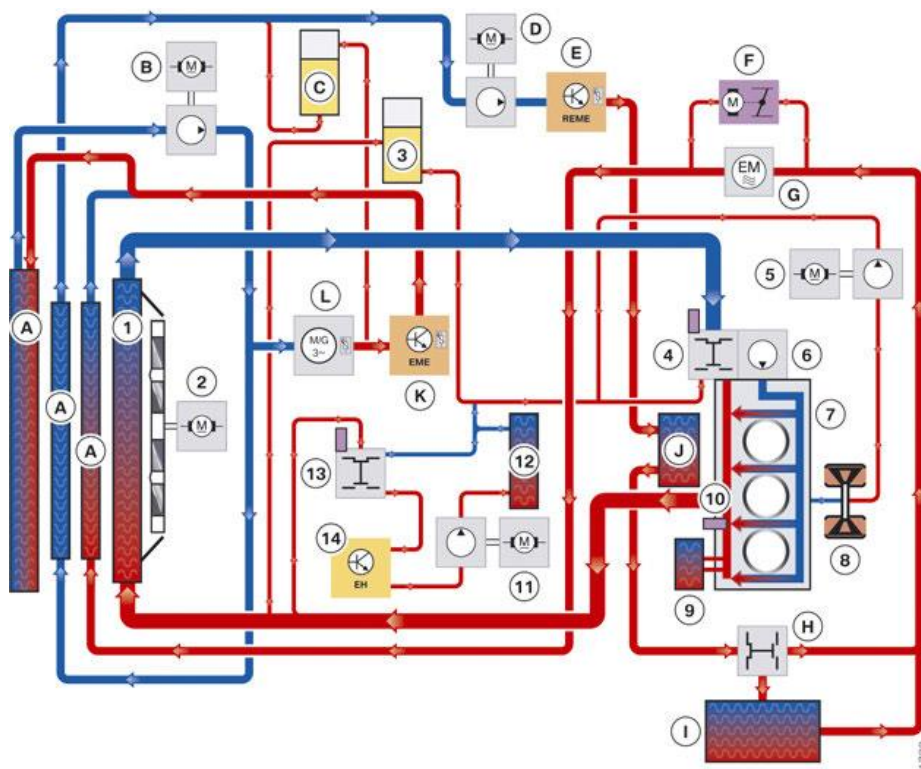
Obrázek 27: Vstřikovací soustava

3.2.5 Chladicí soustava

V I12 se nachází dva separátní okruhy vysokoteplotní a nízkoteplotního okruh. Kvůli rozdílným hodnotám teplot není možné aplikovat pouze jeden chladicí okruh, jako u konvenčních automobilů. Komponenty, které potřebují chlazení, jsou rozděleny podle požadované provozní teploty. Chlazení řídí jednotka motoru DME, ta v závislosti na požadované teplotě může otevřít klapky v předním nárazníku.

Vysokoteplotní okruh chladí spalovací motor, výfukové potrubí a jeho teplo se využívá k vyhřívání interiéru. Chladicí kapalinu přečerpává mechanické čerpadlo a pro potřeby

dochlazení turbodmychadla přídavné elektrické. Nízkoteplotní okruh obstarává chlazení elektromotoru, EME, vysokonapěťové baterie, intercooleru, škrticí klapky, REME, starterogenerátoru a oleje převodovky. K proudění chladicí kapaliny dochází díky dvěma nezávislým elektrickým čerpadlům.



Obrázek 28: Schéma chladicích okruhů

3.2.6 Mazací soustava

Je použito oběžné tlakové mazání s olejovou náplní 4,25 l v olejové vaně, jež tvoří součást motoru. V závislosti na otáčkách a zatížení je řízen jednotkou motoru DME tlak oleje. Jednotka má údaj o tlaku oleje ze snímače tlaku a prostřednictvím elektromagnetického nastavovače v čerpadle může měnit tlak oleje. Čerpadlo oleje má pohon od klikového hřídele přes ocelový řetěz. V čerpadle se nachází dva přívodní okruhy. V prvním okruhu je přívod oleje řízen od DME, ten funguje v běžném režimu. Pro nouzový režim se olej vede druhým okruhem přímo do čerpadla, bez elektronického řízení tlaku. Olej se čistí v plnoprůtokovém čističi a chladí se ve výměníku typu olej – chladicí kapalina. Jak čistič, tak výměník jsou pro případ ucpání opatřeni obtokovým ventilem, aby se zajistilo mazání motoru. Z filtru se olej

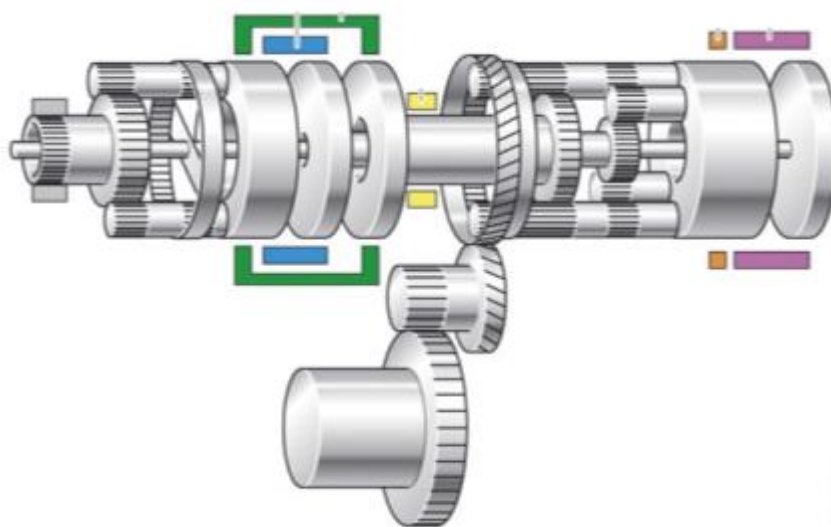
vede ke klikovému mechanismu a část ho míří rovnou do hlavy motoru. Kromě mazání zajišťuje tlak oleje, také nastavování proměnlivého časování vačkových hřídelů Double Vanos.

3.2.7 Převodovka

S označením GA6F21AW je tento typ použit pouze ve voze i8. Jedná se o automatickou převodovku s šesti rychlostními stupni vpřed a jedním vzad. Je to výrobek japonské firmy Aisin, průměr hydrodynamického měniče činí 260 mm a celá převodovka váží 90 kg. Planetová soukolí tvoří řady Ravigneaux. Příslušenství převodovky jsou elektrické olejové čerpadlo, výměník tepla mezi převodovým olejem a chladicí kapalinou, řídicí jednotka EGS a řídicí akční člen. Převodovka je konstruována na maximální vstupní točivý moment 320 Nm. Převodovka nemá mechanickou vazbu k místu ovládání řidičem. Řazení probíhá elektromechanicky ovládacím táhlem z ŘJ převodovky.

Tabulka 1: Převodové poměry

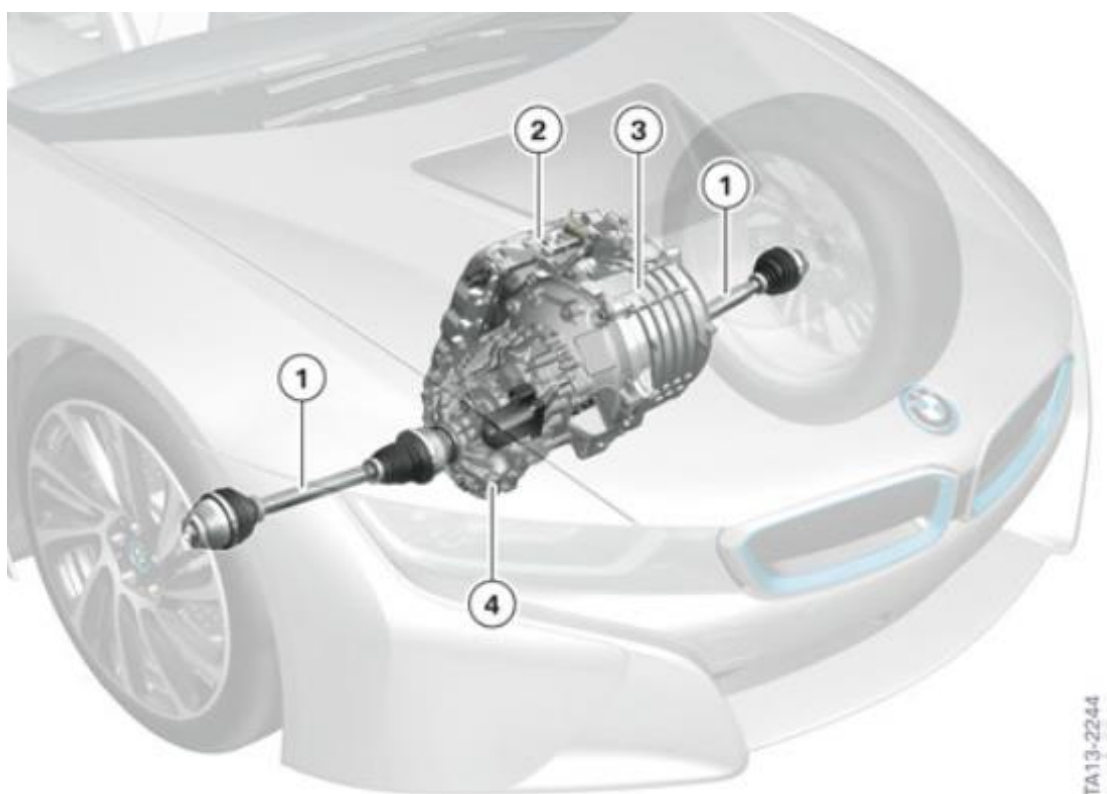
Rychlostní stupeň	1.	2.	3.	4.	5.	6.	R	stálý převod
Převodový poměr	4,459	2,508	1,556	1,142	0,851	0,672	3,185	3,683



Obrázek 29: Planetové soukolí Ravigneaux

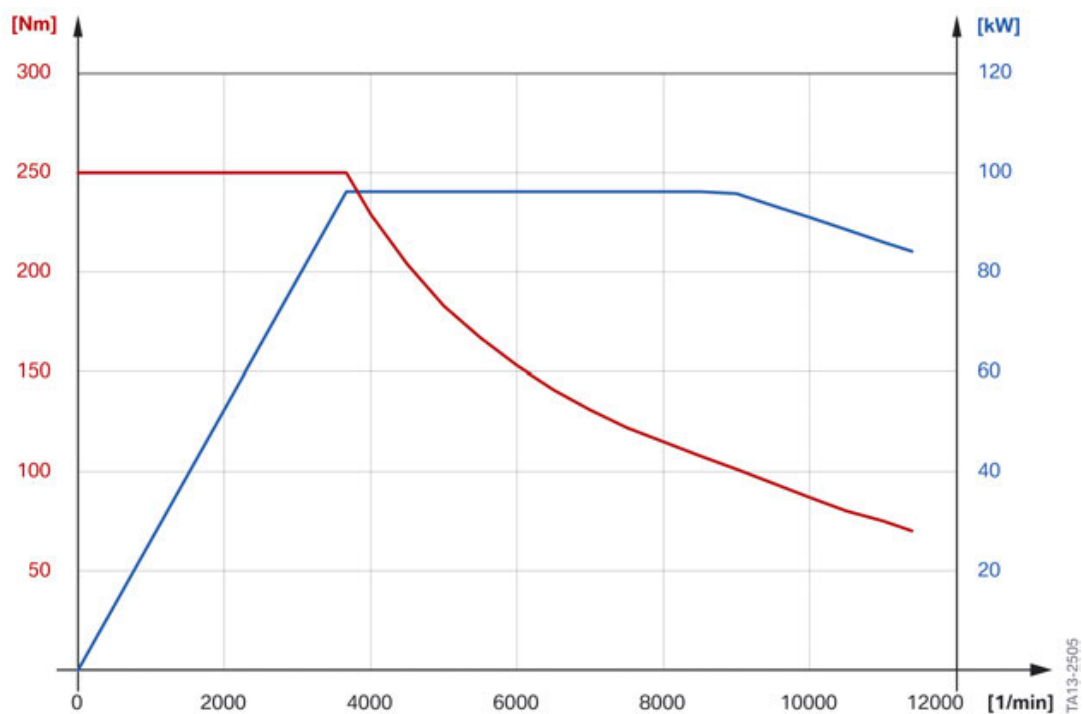
3.3 Elektromotor

Přední a zadní náprava není mechanicky spojena. K pohonu přední nápravy se využívá synchronní elektromotor. Jeho součástí je řídicí elektronika EME. Točivý moment se dostává na kola prostřednictvím samočinné dvoustupňové převodovky a elektrická energie se ukládá v li-ion baterii. Synchronní elektromotor tvoří stator – vnější část a rotor. V rotoru se nachází čtyři skupiny permanentních magnetů, uspořádání se liší oproti konvenčním elektromotorům, což má za výsledek nižší proudy potřebné k roztočení. Nominální hodnota napětí je 460 V a proud 400 A. Motor váží 50 kg.



1-poloosa, 2-ŘJ EME, 3-elektromotor, 4-2°převodovka el. motoru

Obrázek 30: Elektromotor přední nápravy s jednotkou EME



Obrázek 31: Momentová a výkonová charakteristika elektromotoru přední nápravy

Samočinná převodovka se skládá z šesti ozubených kol s čelním šikmým ozubením, které pracují ve stálém záběru. Řazení probíhá elektromechanicky za pomoci šnekového elektromotoru, který skrze táhlo přesouvá synchronizační spojku na vstupní hřídeli mezi prvním a druhým převodem. Na výstupní hřídeli se nachází ozubené kolo pastorku, které tvoří stálý převod s talířovým kolem. Součástí talířového kola je kuželový diferenciál s přírubami pro montáž poloos. Převodovka může přenášet až 250 Nm a vyrábí ji firma GKN. Ve skříni se nachází 0,65 l oleje (Castrol BOT 338). Přední trakční ústrojí má na starosti řídicí jednotka EME, která je našroubována na elektromotoru. První rychlostní stupeň s převodem do pomala 11,3 se používá pouze v plně elektrickém režimu eDrive. V ostatních jízdních režimem se využívá druhého stupně s $i = 5,85$.



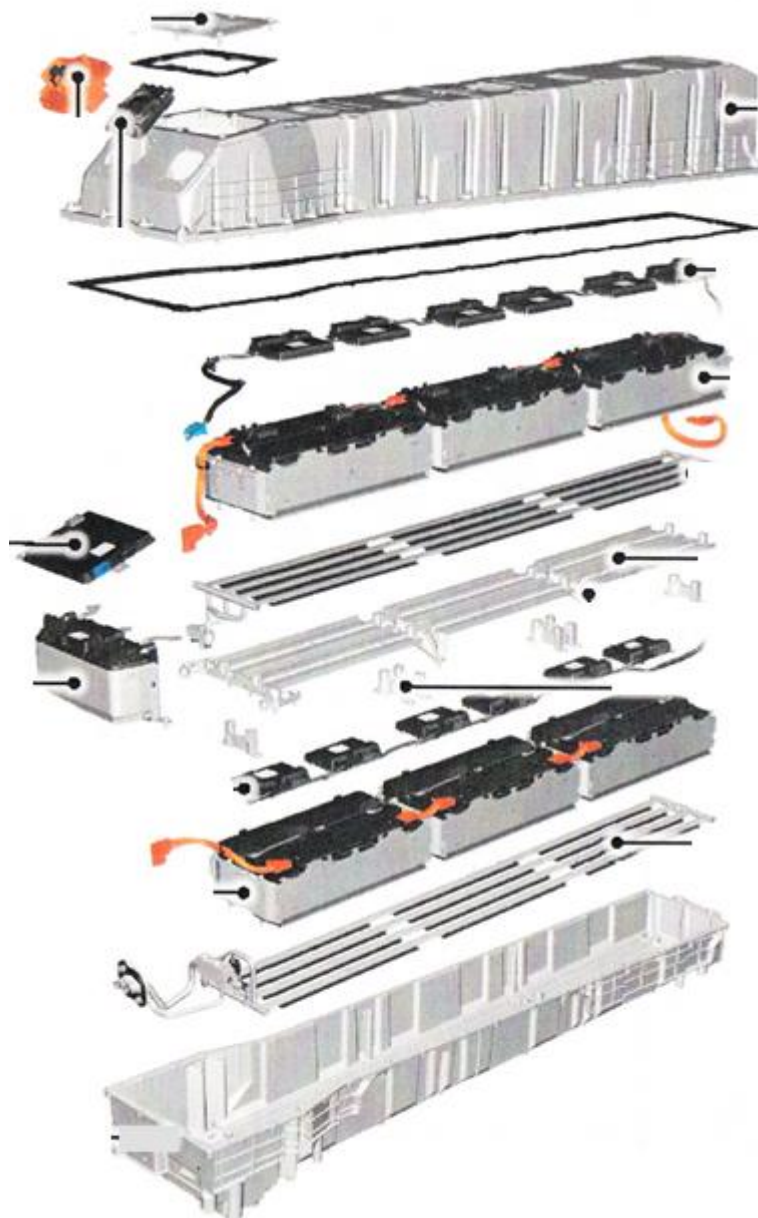
Obrázek 32: Převodovka elektromotoru

3.3.1 Vysokonapět'ová baterie

Nejprve je nutné podotknout, že kromě vysokonapět'ového systému, se ve vozidle nachází i 12 V palubní síť, s 12 V AGM akumulátorem o kapacitě 50 Ah. Pokud je vůz absolutně vybit, je nutné ho začít napájet přes nabíječku VN baterie. Jednotka EME v sobě obsahuje AC/DC měnič, který umožní nabití i 12 V akumulátoru.

VN baterii najdeme umístěnou ve středovém tunelu vozu, na délku měří 1 460 mm, na šířku 305 mm a na výšku 330 mm. Celková hmotnost se pohybuje okolo 98 kg. Jedná se o elektrochemický zdroj energie. Skládá se z 96 článků (16×6), zapojených v sérii, každý o napětí 3,7 V a kapacitě 20 Ah. Katodu článků (mínus pól) tvoří grafit. Anoda (plus pól) se skládá ze sloučeniny NMC_o/LMO. NMC_o – nikl, mangan, kobalt, LMO – oxid lithia a manganu. Jmenovité napětí činí 355,2 V, rozsah pracovního napětí se pohybuje od 259 V až po 396 voltů. Celková uložitelná kapacita baterie činí 7,1 kWh, provozně využitelných je z toho 5,1 kWh. Vybíjecí výkon má trvale 28 kW a krátkodobě 105 kW. Baterie v řídicí hierarchii spadá pod EME – v této jednotce se nachází AC/DC měnič, protože v baterii je stejnosměrná elektrická energie. Konstrukčně se baterie skládá odspodu ze spodního víka, spodního tepelného výměníku, 3 modulů článků, každý modul po 16 člancích, u každého článku se měří napětí a sleduje teplota – CSC jednotka, následuje středová mezipodlaha a konstrukce se opakuje – horní tepelný výměník, 3 moduly článků, sledovací elektronika a vrchní kryt s vysokonapět'ovým konektorem. Chlazení zajišťuje

okruh klimatizace naplněný chladivem R1234yf, chladivo je stlačováno elektrickým kompresorem EKK umístěným v přední části vozu. Pokud CSC zjistí nízké napětí na jednom článku, okamžitě zahlásí ŘJ SME konec vybíjení, díky sledování teploty a stavu nabití každého článku se prodlužuje životnost baterie. Při nabíjení kontrolní elektronika dorovná napětí jednotlivých článků.



Obrázek 33: Uspořádání vysokonapět'ové baterie

Nabíjení lze provádět výkonem 3,7 kW, řídí ho jednotka LIM, která potřebuje informaci od jednotky motoru, zdali je zvolen parkovací mód v převodovce, od centrální řídicí jednotky, v jakém stavu jsou svorky a od DSC, jestli je rychlost vozidla nulová a od EME, jaký je požadovaný výkon nabíjení. Pokud jsou všechny podmínky splněny, je možné zahájit nabíjení. Vůz se dobíjí z 220 V AC sítě, v autě v jednotce EME je umístěn AC/DC měnič, který změní střídavé napětí na stejnosměrné a uloží elektrickou energii v baterii. Pro obsluhu je kolem dobíjecí zásuvky indikační světelný kruh. Po otevření dvířek bliká bíle, což znamená připravenost k nabíjení a možnost připojit nabíječku, tzv. In-Cable Box. Po připojení kruh bliká žlutě, dochází k inicializaci mezi jednotkou LIM a In-Cable boxem. Inicializace probíhá nanejvýš 10 sekund. Poté začne kruh blikat modře s frekvencí 0,7 Hz, čímž se signalizuje probíhající aktivní nabíjení, po skončení nabíjení je kruh zelený. Pokud by v průběhu nabíjení nastala chyba, kruh 3× červeně blikne.

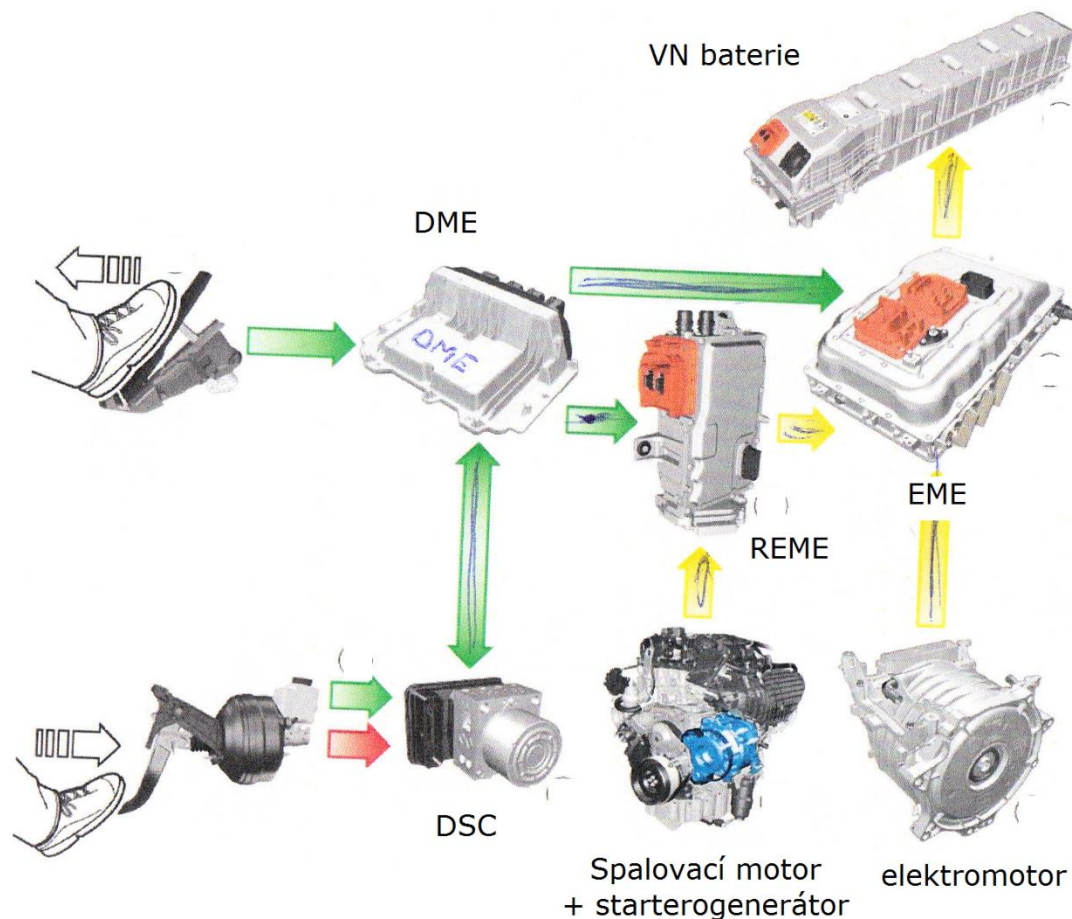


Obrázek 34: Dobíjecí zásuvka a 220 V nabíječka

3.4 Jízda

Na jízdě vozidla se podílí pět řídicích jednotek, které spolu komunikují po vysokorychlostní sběrnici flex-ray, rychlostí až 10 Mbit/s. Jednotku master, a tedy všem nadřízenou, tvoří jednotka spalovacího motoru DME. Ta na základě polohy pedálu akcelérátoru, vyhodnocuje požadavek řidiče na točivý moment a podle situace jej rozdělí mezi přední a zadní nápravu, k tomu jí slouží komunikace s ostatními jednotkami. Jednotka DSC sleduje jízdní stabilitu vozidla, soustavně informuje DME o schopnosti jednotlivých kol přenášet sílu na vozovku. Ovládá brzdy a jízdní asistenty ovlivňující aktivní bezpečnost. EME hlavní řídicí jednotka vysokonapěťové soustavy, řídí přední elektromotor, VN baterii, elektrický

kompresor klimatizace, elektrické topení a REME. REME se nachází v motorovém prostoru a ovládá starterogenerátor. Poslední ŘJ podílející se na pohonu je SME – ta zajišťuje management VN baterie, řízení procesu nabíjení, kontrolu nabíjení a řízení klimatizace.



Obrázek 35: Jednotky podílející se na jízdě

Řidič má možnost přizpůsobit si jízdni projev vozidla svým aktuálním potřebám, prostřednictvím volby jízdniho režimu, tlačítka na středovém tunelu v blízkosti tlačítka aktivování vozu – startu. Po nastartování je vůz připraven v režimu COMFORT, ten přináší vyvážený poměr mezi spotřebou energie a poskytovaným výkonem. Spalovací motor se nastartuje, pokud je málo nabitý VN akumulátor, jinak se elektronika snaží udržovat maximální možný podíl elektromotoru na jízdě. Dosahovaná spotřeba benzínu se pohybuje okolo 7 l/100 km.

Pro čistě elektrickou jízdu existuje režim eDrive, při plně nabitě baterie se dojede až 37 km, maximální rychlost je omezena na 120 km/h. Vozidlo pohání elektromotor přední nápravy a v přední dvoustupňové převodovce je zařazen první stupeň. Provoz v tomto režimu se vyznačuje tichostí, až do rychlosti 25 km/h by byl pohyb vozu takřka neslyšitelný, což by mohlo mít i nebezpečné následky zejména při jízdě po městě. Z tohoto důvodu je vůz vybaven generátorem motorového zvuku – VSG, lidově označovaného jako plašič chodců, aktivuje se vždy při elektro-jízdě a vypíná po překročení 50 km/h.

Při použití charakteristiky ECO PRO se jízdní projev zaměří na co nejnižší spotřebu. Převodovka řadí v nižších otáčkách, reakce na plynový pedál jsou opožděnější, také se sníží elektrický příkon klimatizace a komfortních systémů. V tomto režimu se spotřeba paliva může dostat až na 2,1 l/100 km.

Režim SPORT se aktivuje přepnutím voliče automatické převodovky do polohy S. V tomto režimu dochází k maximální rekuperaci a je deaktivován MSA neboli start – stop systém. ŘJ SAS – změni charakteristiku tlumičů na tvrdší. Zrychlí se reakce na plynový pedál a k dispozici je plný výkon soustavy 266 kW. Zde se reálná spotřeba dostává k hodnotě okolo 12 l/100 km.

Při jízdě s hybridním vozidlem je velmi důležitá rekuperace. Při deceleraci se kinetická energie vozidla využívá k výrobě elektrické energie, kterou se dobíjí vysokonapěťová baterie. Vše řídí DME, která vyše požadavek jednotce EME, ovládající elektromotor na přední nápravě a na zadní nápravě jednotce REME, ovládající starterogenerátor. Důležitý je snímač polohy brzdového pedálu, při částečném brzdění se využívá pouze rekuperace, až při požadavku na vyšší brzdné zpomalení se zapojí hydraulické brzdy.

Pokud řidič požaduje maximální točivý moment, aktivuje se funkce Boost. Spalovací motor je podpořen starterogenerátorem a na přední nápravu začne posílat sílu trakční elektromotor.

4 Diagnostika poháněcího ústrojí

Všechny elektronické systémy vozidla spolu komunikují prostřednictvím datových protokolů po sběrnících. Základní způsob, jak provádět diagnostiku je komunikace po sériové lince, připojením se na šestnáctipinový diagnostický konektor OBD II, prostřednictvím testeru řídicích jednotek s továrním programem BMW ISTA/D. Po identifikaci vozidla proběhne test řídicích jednotek a načte se paměť závad. Na základě zjištěné chyby se diagnostik dostane do rozhraní testeru umožňující provádět servisní funkce jako např. test snímačů nebo akčních členů. V případě opravy jsou k dispozici všechna potřebná schémata a návody na opravu v elektronické podobě. Při provádění sériové diagnostiky lze dobíjet VN baterii bez omezení běžným způsobem z 220 V zásuvky, ovšem pokud se provádí programování vozu, prostřednictvím programu ISTA/P, musí se VN systém deaktivovat a nabíjení 12 V baterie se provádí 12 V nabíječkou.

Autorizovaný servis disponuje speciálním vybavením pro práci na hybridních či elektrických vozidlech, které předepisuje BMW. Toto vybavení obsahuje zvedací plošinu MHT 1200, ohraničovací pásy, montážní klíny, nabíječku, testovací přístroj VN baterie a plničku klimatizací pro chladivo R1234yf.



Obrázek 36: Dilenské vybavení

Práci na vysokonapěťovém systému vozidla mohou provádět pouze speciálně vyškolení pracovníci splňující podmínky §6 vyhlášky 50/1978 Sb. Pro zajištění maximální bezpečnosti mají vysokonapěťové (360 V) kabely ve vozidle zřetelné jasně oranžové zbarvení a jsou připojeny přes jištěné konektory. Pracoviště musí být čisté, suché, bez statické elektřiny. Pro zajištění servisního místa proti vstupu neoprávněných osob jsou zapotřebí ohraničovací pásy. Před a v průběhu technologických kroků je vždy nutné hodnotit vizuálně stav komponentů, na kterých se pracuje.



Obrázek 37: Zajištěný konektor vysokého napětí

Při práci na vysokonapěťovém systému vozidla se musí vypnout zapalování a nechat vozidlo usnout, pak se provede deaktivace vysokého napětí. K tomu slouží hlavní konektor, který se rozpojí a zajistí visacím zámekem tak, aby nemohlo dojít k aktivaci vysokého napětí a byla zajištěna bezpečnost pracovníků servisu. Následně se zapne zapalování a vyčká se na zobrazení kontrolního hlášení – High voltage system deactivated. Teprve teď je možné zahájit práce na VN systému vozidla.

Bezpečnostní koncepce VN systému obsahuje měření a kontrolu izolačních odporů VN vedení navzájem a vůči kostře vozidla. Tyto bezpečnostní funkce zajišťuje u I12 jednotka SME umístěná ve skříni baterie. Je proto bezpodmínečně nutné, aby skříň všech VN komponentů byly pevně spojeny s kosterou vozidla, musí se dodržovat utahovací momenty a čisté styčné kovové plochy. Správnost provedení všech prací a přesné dotažení

šroubových spojů kontrolují dva pracovníci servisu. Oba správnost provedení potvrzují podpisem do protokolu zakázky.

Pokud probíhají práce na kabelovém vedení, nesmí se nikdy dotknout nezaizolovaný vodič karbonové karoserie, mohlo by tak dojít k požáru.

4.1 Odvzdušnění chladicí soustavy

Vzhledem ke složitosti chladicí soustavy je nutno provádět odvzdušnění předepsaným způsobem tak, aby byla zajištěna následná správná funkce systému. K této proceduře se musí použít vakuová plnička a diagnostický systém. Před zahájením prací na chladicím systému je nutné odpojit nabíjení a vypnout svorku 15, jinak by mohlo dojít ke spuštění elektrického chladicího čerpadla a ventilátoru. Nejprve se chladicí médium odsaje podtlakovou plničkou, pak je teprve možné pracovat na chladicí soustavě. Po skončení prací se plničkou soustava opět naplní. Samotné odvzdušnění se provede následovně. Otevře se odvzdušňovací šroub a vyrovnávací nádobka, po 20 s se uzavřou. Aktivuje se svorka 15 – zapnuté zapalování, teplota na panelu klimatizace se nastaví na 28°C, ventilátor na 1° a vypne se klimatizace. Na 20 s se plně sešlápnou plynový pedál při vypnutém motoru. Následně se motor nastartuje, na voliči převodovky musí být P – parkovací mód a aktivovaná parkovací brzda. Po nastartování se každé dvě minuty 4x přidá plyn až do 3 500 ot./min. Každé šlápnutí plynu se drží 5-10 s a mezi čtyřmi šlápnutími musí být 10 s pauza. Po 16-18 minutách se provedou čtyři sešlápnutí až na 5 500 ot./min. Každé šlápnutí se opět drží 5-10 s a mezi jednotlivými je 10 s pauza. Kontrola hodnoty otáček se provádí přes diagnostiku. Po celkem 20 minutách se provede zkušební jízda s voličem převodovky na S a s naplno nastaveným topením. Pokud z výdechů ventilace proudí souvislý rovnoměrný proud vzduchu je odvzdušnění úspěšně ukončeno. Následuje pouze doplnění chladicí kapaliny ve vyrovnávací nádobce na MAX. Pokud by se v průběhu celé procedury rozsvítila žlutá kontrolka MIL, je nutné proces přerušit z důvodu přehřátí a znovu zopakovat od začátku.



Obrázek 38: Stání vozidla v servise s demontovanou VN baterií

4.2 Test na válcové zkušebně

Vzhledem ke konstrukční a funkční složitosti poháněcího ústrojí a členitosti kombinovaného brzdového systému není možné libovolně testovat brzdy na válcové zkušebně. Vůz je nutné uvést do speciálního nastavení. Musí být zapnuté zapalování – aktivována svorka 15. Na panelu přístrojů se podrží deset sekund nastavovací tlačítko a zobrazí se servisní menu. Dvakrát se krátce zmáčkne nastavovací tlačítko, čímž se vybere možnost 03 – Mód pro válcovou zkušebnu a dlouhým držením se výběr potvrdí. Po skončení testování se nastavovací tlačítko jednou krátce zmáčkne, čímž se mód ukončí.

Závěr

Tato práce přiblížila hybridní vůz BMW i8 a podrobněji seznámila s jeho poháněcím ústrojím a diagnostikou, ovšem neopomenula ani na ostatní konstrukční části automobilu, jako podvozek, karoserie nebo na prémiovou výbavu.

Ze zkušeností autora práce, které získal na své odborné praxi, kterou absolvoval v autorizovaném servise vozidel BMW, Mini, Alpina a BMW Motorrad u společnosti Invelt s. r. o., se sídlem v Praze 5, lze říci, že vozidlo netrpí vážnými závadami a v provozu vykazuje spolehlivost. Z uživatelského hlediska dává kromě výrazné rychlosti i futuristický pocit, jako by řidič ovládal cosi z budoucnosti.

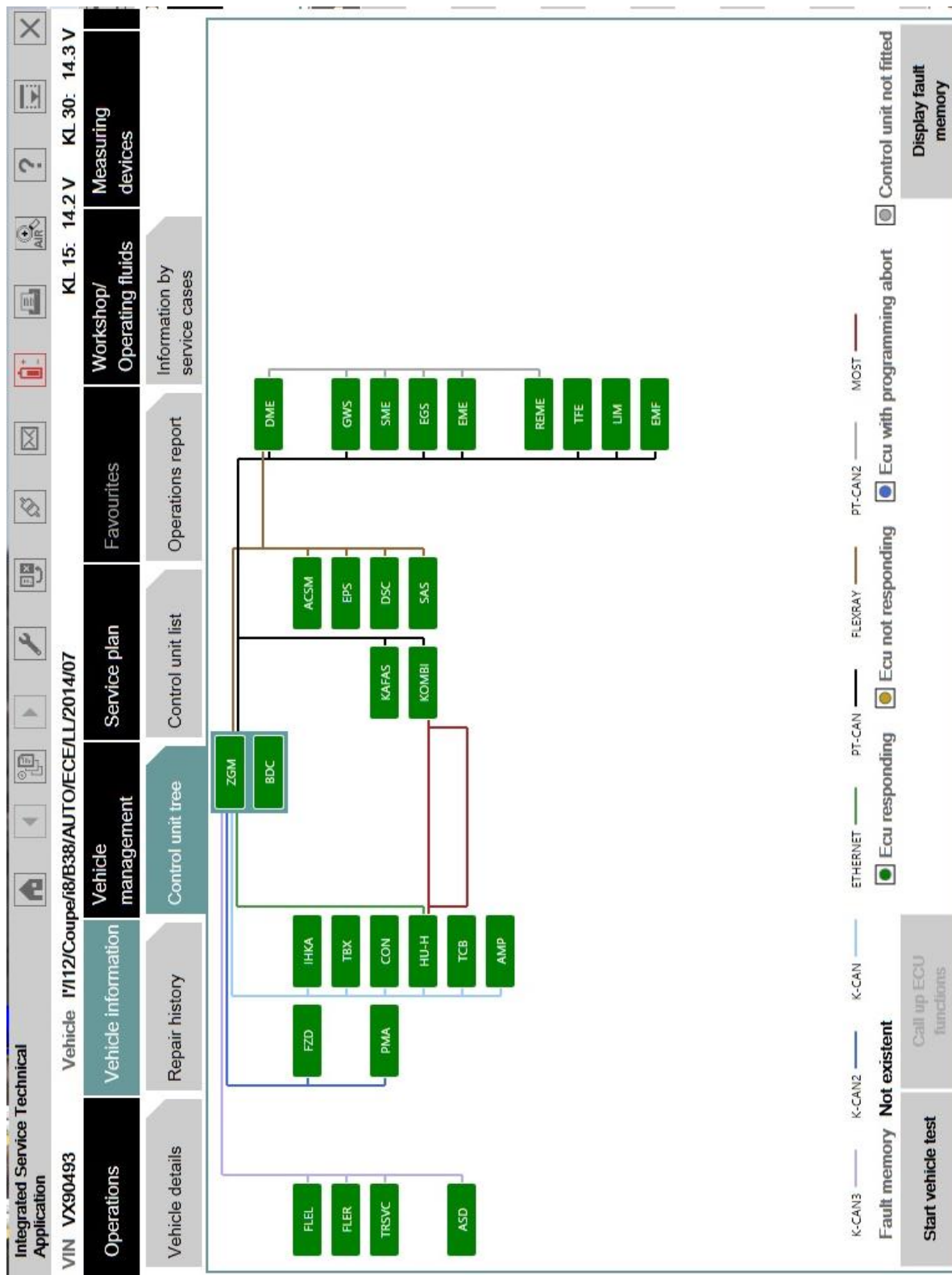
Důvodem k výběru tohoto tématu byla nevšednost vozu BMW i8. Použité materiály a konstrukční řešení nejsou běžnou velkosériovou záležitostí a autor chtěl blíže poznat aktuální hybridní technologii pohonu, která se v budoucnu bude více a více rozšiřovat.

Použitá literatura

1. BMW GROUP AG. *Technical training BMW i8: Product information*. Unterschleißheim, Germany, 2014.
2. *Katalog BMW i8*. English. Munich: BMW AG, Germany, 2014.
3. BMW GROUP AG. *Technical training engine B38: Product information*. Unterschleißheim, Germany, 2015.
4. BMW i8. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2017-03-05]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/BMW_i8
5. *BMW i8: Nabíjení* [online]. [cit. 2017-03-05]. Dostupné z: <http://www.bmw.cz/cs/all-models/bmw-i/i8/2014/charging.html>
6. *Autolexikon* [online]. [cit. 2017-03-07]. Dostupné z: http://www.autolexicon.net/cs/lexikon-a-z/#char_49
7. GSCHEIDLE, Rolf. *Příručka pro automechanika*. 3., přeprac. vyd. Přeložila Iva MICHŇOVÁ, přeložil Zdeněk MICHŇA, přeložil Jiří HANDLÍŘ. Praha: Europa-Sobotáles, 2007. ISBN 9788086706177.
8. ING. VESECKÝ, Jan. *Alternativní a hybridní pohony*. Praha, 2016.
9. ING. VESECKÝ, Jindřich. *Elektrické pohony*. Praha, 2015.

Přílohy

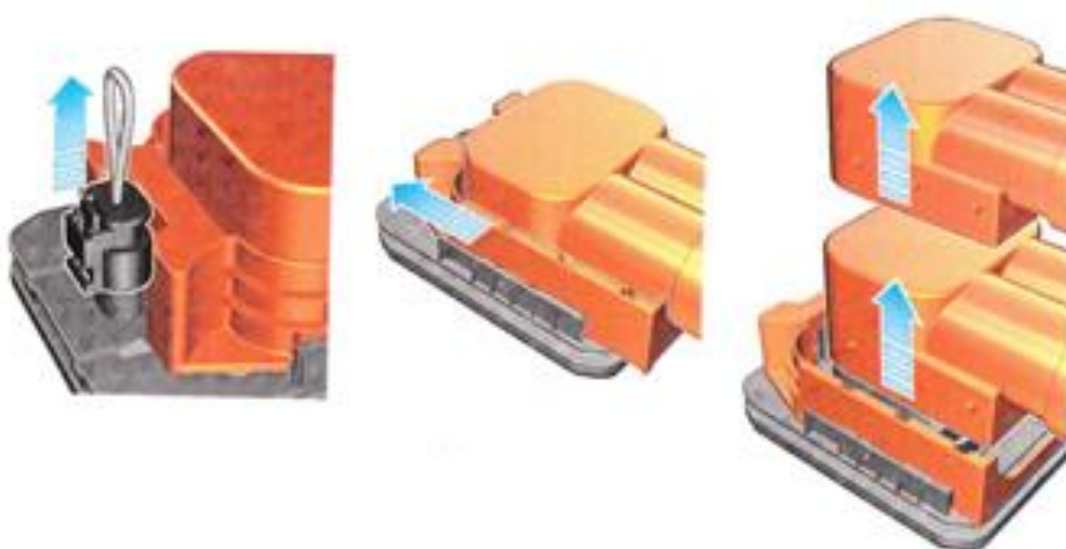
I. Přehled řídicích jednotek v diagnostickém programu BMW ISTA/D



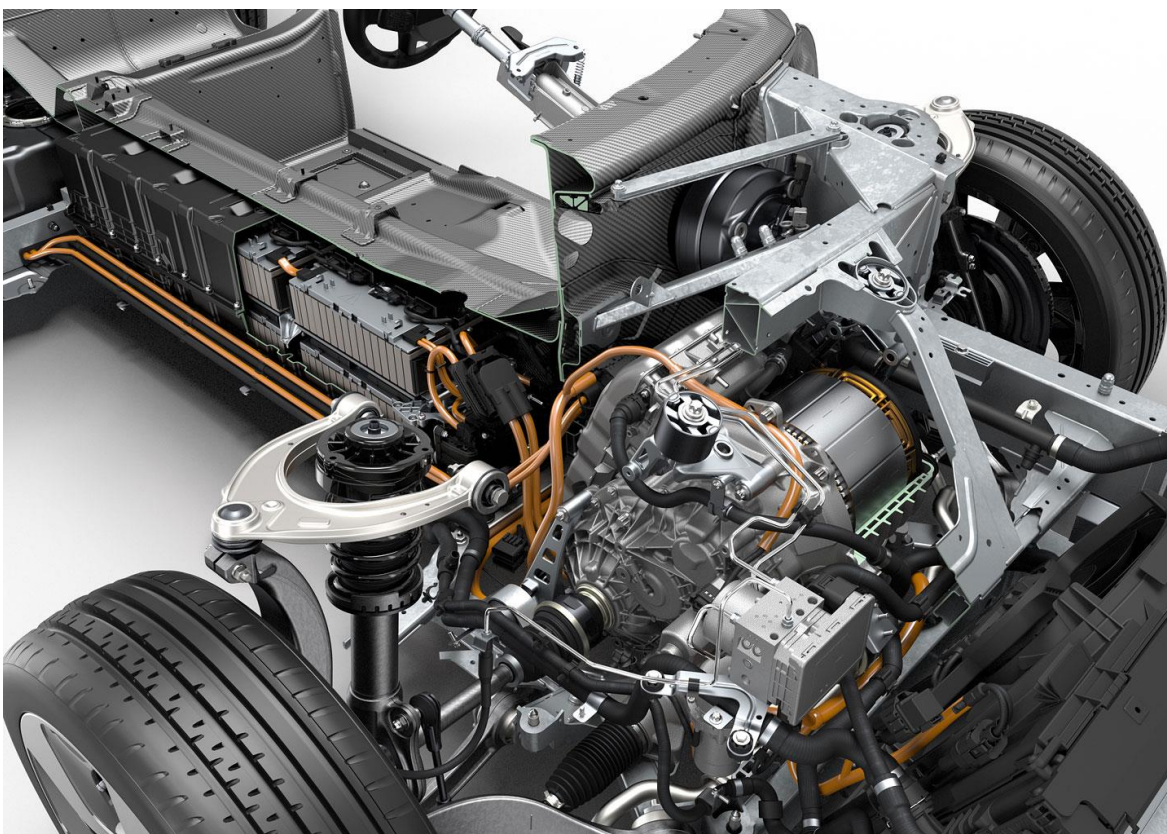
II. Vybavení potřebné pro diagnostiku



III. Jištění VN konektorů



IV. Řez přední části BMW i8



V. Porovnání uspořádání konvenčního synchronního motoru a motoru i8



A-konvenční motor, B-motor BMW, 1-stator, 2-rotor,
3-jihní pól permanentního magnetu,
4-severní pól permanentního magnetu

VI. Srovnání momentové a výkonové charakteristiky motoru B38TOP a B38M

