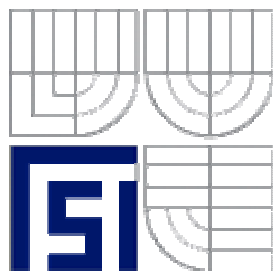


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

SPORTOVNÍ VOZY PORSCHE - OD HISTORIE AŽ PO SOUČASNOST

SPORT CARS PORSCHE – FROM HISTORY TO PRESENT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

LUKÁŠ KRYTINÁŘ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. RADIM DUNDÁLEK, Ph.D.

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2008/09

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Krytinář Lukáš

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

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

Sportovní vozy Porsche - od historie až po současnost

v anglickém jazyce:

Sport cars Porsche - from history to present

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Získání přehledu o zadané problematice. Stanovení základních vývojových trendů.

Cíle bakalářské práce:

Uvedení přehledu vozů značky Porsche, které se významně zapsaly do historie motoristického sportu. Přehled zajímavých a netradičních konstrukčních řešení.

Seznam odborné literatury:

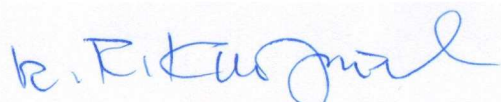
- [1] Internet
- [2] Svět motorů

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Radim Dundálek, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/09.

V Brně, dne 21.10.2008

L.S.

		
prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc. Ředitel ústavu		doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc. Děkan fakulty

Anotace :

Tato bakalářská práce se v první části chronologicky zabývá nejzajímavějšími modely vozů světoznámé německé automobilové značky Porsche. Důraz byl kladen především na vznik a vývoj modelů v počátcích vývoje společnosti a na současně produkující vozy automobilky, i na nejnovější koncepty, jakými jsou hybridní Porsche Cayenne a Porsche Panamera. V druhé části práce jsou nastíněny nejzajímavější konstrukční a technické řešení současně sériově vyráběných modelů automobilky. V závěru je představena spolupráce inženýrů z Porsche na vývoji různých technických projektů.

Klíčová slova :

Ferdinand Porsche, Porsche 356, 911, Cayenne, Panamera, PDK, PCCC, PCCB, DFI, VarioCam Plus, V-Rod

Annotation :

This bachelor thesis is chronologically the first part deals with the most interesting models of cars well known German car brand Porsche. Emphasis was placed on the emergence and development of models early in the development of society and at the same time producing cars, and the latest concepts, such as hybrid Porsche Cayenne and Porsche Panamera. In the second part of the thesis are the most interesting design and technical solution to the current series-produced car models. The conclusion is presented in cooperation Porsche engineers on the development of various technical projects.

Key words :

Ferdinand Porsche, Porsche 356, 911, Cayenne, Panamera, PDK, PCCC, PCCB, DFI, VarioCam Plus, V-Rod

Bibliografická citace :

Krytinář, L.: Sportovní vozy Porsche – od historie až po současnost. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 46 str.
Vedoucí bakalářské práce Ing. Radim Dundálek, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Na tomto místě prohlašuji, že tuto bakalářskou práci Sportovní vozy Porsche – od historie až po současnost jsem napsal samostatně pod vedením Ing. Radima Dundálka, Ph.D. s použitím uvedených zdrojů odborné literatury, které cituji v závěru práce.

V Brně, dne 2009

.....

Podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval mému vedoucímu bakalářské práce Ing. Radimu Dundálkovi, Ph.D. za jeho pomoc při tvorbě této bakalářské práce.

Velké díky patří i mým rodičům za jejich podporu při mém studiu a nakonec také kamarádům, kteří mě po celé moje studium provázejí.

OBSAH

Úvodní list závěrečné práce	1
Zadání závěrečné bakalářské práce	3
Anotace, klíčová slova	5
Bibliografická citace	7
Čestné prohlášení	9
Poděkování	11
Obsah	13
Úvod	14
1. Stručný přehled zajímavých modelů Porsche	15
1.1. Začátky Ferdinanda Porsche	15
1.2. Lohner-Porsche Mixte Hybrid	16
1.3. Zrod automobilky Porsche v době války	17
1.4. Auto Unie	17
1.5. Porsche 64	18
1.6. Vojenské projekty	19
1.7. Porsche 356	20
1.8. Porsche 911	21
1.9. Porsche Cayenne Hybrid	24
1.10. Porsche Panamera.....	27
2. Přehled zajímavých konstrukčních řešení	31
2.1. Porsche Doppelkupplung (PDK)	31
2.2. Systém VarioCam Plus	33
2.3. Direkt Fuel Injection (DFI)	34
2.4. Keramická spojka (PCCC)	36
2.5. Využití lehkých slitin	38
2.6. Halley-Davidson V-Rod	39
2.7. Konstrukční zajímavosti při spolupráci na zakázkách	41
Závěr	43
Seznam obrázků a tabulek	44
Seznam použitých zdrojů	45

ÚVOD

Tato bakalářská práce má za snahu nastínit jejímu čtenáři zajímavá a netradiční konstrukční řešení použité při vývoji a výrobě modelů automobilů světově uznávané německé značky Porsche.

V první hlavní kapitole jsou chronologicky představeny modely především v počátečních letech společnosti a pak také současné modely a koncepty, které dělí mezi sebou doba cca. 60 ÷ 80 let. Tyto modely byly mnou záměrně vybrány z důvodu možného porovnání a technického vývoje v daném období. V první kapitole je představen vznik automobilky před více jak 100 lety, představen životní příběh jejího zakladatele Prof. Dr. Ing. Ferdinanda Porscheho, popsány jeho vůbec první návrhy modelů vozidel na elektrický pohon předních kol. V druhé kapitole je popsána práce na prvním hybridním automobilu Lohner-Porsche Mixte Hybrid kombinující klasický spalovací motor s elektromotory a jeho činnost u společnosti Daimler Motor Company. V třetí kapitole je popsán vznik poradenské kanceláře v době 2. světové války, ze které postupem času vznikla světoznámá automobilka Porsche a práce na vývoji „lidového vozidla“ Volkswagenu Brouka. Ve čtvrté kapitole je popsán závodní vůz Auto unie, který vznikl za podpory Prof. Porscheho při jeho působení u společnosti Daimler Motor Company. V páté kapitole je představen vůz Porsche 64, známý také pod označením VW Aerocupé – typ 64, který vznikl dle konceptu Volkswagenu Brouka. V šesté části jsou představeny zásadní vojenské projekty, na kterých se Porsche podílel. Byly to především Volkswagen Kübelwagen, Schwimmwagen a ve spolupráci se společností Henschel & Son obrněné tanky Tigr I a Tigr II. Sedmá část je věnována modelu Porsche 356. V dalších částech jsou představeny současné modely v pořadí : 911 Carrera, koncept hybridního Porsche Cayenne a v poslední desáté kapitole je uveden nejnovější model : Panamera.

V druhé hlavní části jsou nastíněny nejzajímavější konstrukční a technické řešení současně sériově vyráběných modelů. Mezi nejzajímavější nepochybně patří nasazení dvou-spojkové převodovky Porsche Doppelkupplung (PDK), dále pak systém VarioCam Plus (systém natáčení vačkových hřídelů při plynulé změně zdvihu sacích ventilů), systém Direkt Fuel Injection (DFI) – tedy systém přímého vstřikování paliva, keramická spojka - Porsche Ceramic Composite Clutch (PCCC), využití lehkých slitin v konstrukci karoserie i jiných důležitých částí vozu a ke konci této části je popsána spolupráce na vývoji revolučního závodního motocyklového motoru V-Rod značky Halley-Davidson.

V závěru práce je zobrazena spolupráce inženýrů z Porsche na vývoji rozlišných mezioborových technických projektů.

1. STRUČNÝ PŘEHLED ZAJÍMAVÝCH MODELŮ PORSCHE

1.1. ZAČÁTKY FERDINANDA PORSCHE

Na počátcích každé úspěšné společnosti stojí jejich zakladatelé, kteří svou pílí, pracovitostí a vysokým nasazením vybudovali firmy, které zná téměř každý člověk na Zemi. Mezi těmito „novátory“, kteří pozvedli své výrobky ke světovému věhlasu, byl bezpochyby ve společnosti Porsche v jejich počátcích Prof. Dr. Ing. Ferdinand Porsche. Původem byl zčásti Čech, neboť se narodil 3. září 1875 ve Vratislavicích nad Nisou poblíž Liberce v rodině německy mluvících rodičů. Jeho zájem o mechanismy a stroje byl i přes jeho poměrně nízký věk v dětství značný, a tak není s podivem, že se přihlásil na „Císařskou technickou školu“ v Liberci.



Obr. 1. Ferdinand Porsche představuje dětem model vozu Porsche 356 [26]

Po dovršení jeho plnoletosti, díky svým velmi dobrým doporučením z Technické školy nastoupil ve Vídni na Technickou univerzitu, na které později získal doktorát, a také dostal příležitost pracovat u společnosti „Béla Egger Electrical“ se svým přítelem Jakobem Lohnerem. Jejich prvním společným návrhem byl v roce 1898 „System Lohner-Porsche“. Jednalo se o automobil poháněn dvěma elektromotory, které byly uloženy do předních kol vozu.

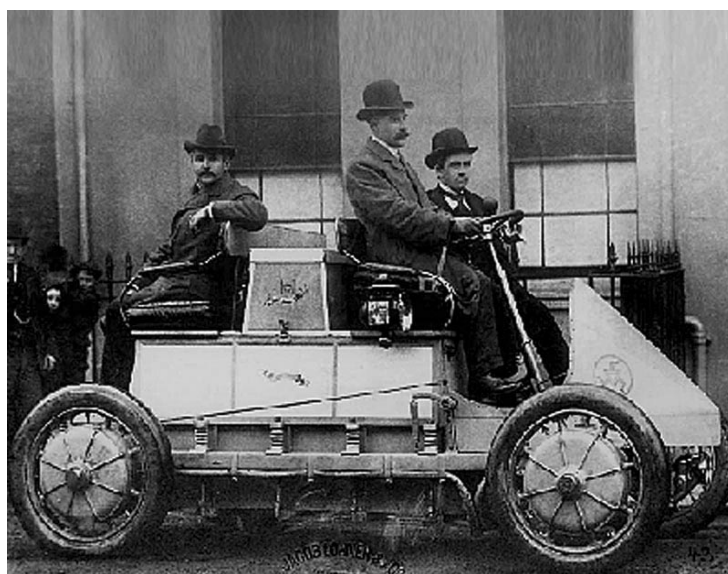


Obr. 2. Systém Lohner-Porsche (elektromotory uloženy v předních kolech) [25]

1.2. LOHNER-PORSCHE MIXTE HYBRID

Na principu uložení elektromotorů v hnacích kolech byl v prosinci roku 1900 představen na Pařížské světové výstavě koncept „Toujours-contente“. Velkou nevýhodou vozidla byla jeho značná hmotnost téměř 1 800 kg, která byla převážně způsobena obrovskými olověnými akumulátory, které sloužili pro jeho pohon. Jejich životnost také nebyla příliš vysoká. Přestože jeho výkon byl dostačující pro jízdu po rovině, jeho celková váha způsobila, že při jízdě do mírného kopcovitého terénu elektromotory „zadhrávali“.

Díky této hlavní nevýhodě v roce 1901 Porsche představuje společně ve spolupráci s firmou Daimler nový koncept : „Lohner-Porsche Mixte Hybrid“ – hybridní automobil poháněný jak spalovacím motorem, tak i elektromotory, které jsou zasazeny ve všech nábojích hnacích kol. Každý takto vložený elektromotor dokázal vytvořit od 1,9 do 2,6 kW (v extrémních případech a krátkém provozu i 5,2 kW).



Obr. 3. Čtyřmístný hybridní vůz Lohner-Porsche s pohonem všech kol [5]

Velkou výhodou těchto typů motoru je skutečnost, že nepotřebují další přídavné soustavy k přenosu energie na hnací kola (jsou jejich součástí). Vnější kapota vozu byla uzpůsobena max. 4 pasažérům, kteří seděli na sedačkách v přední a zadní části. Opět obrovskou nevýhodou byla váha vozidla, která činila 1,5 tuny. Tato monstrózní hmotnost byla dosažena díky kombinaci pohonu vozu na benzín i elektřinu. Nejvyšší část hmotnosti však náležela dohromady 44 bateriím o potenciálu 80 Voltů. Z toho je patrné, že náklady byly v té době ohromné – téměř 15 000 rakouských korun. Po dokončení a kompletaci vozu, osobně Ferdinand Porsche tento vůz doručil a předvedl novému majiteli.

V úspěšné spolupráci Porsche s Jakobem Lohnerem pokračoval i nadále. Lohner o něm prohlásil : „On je velmi mladý, ale je to člověk s velkou kariérou, kterou má před sebou. Ještě o něm znovu uslyšíte.“ Hybridní koncept, zkonstruovaný před více než 100 lety, dal základ v dnešní době již moderním železničním lokomotivám. Zájem o typy hybridních automobilů v dnešní době dlouhodobě rychle roste, a to převážně z důvodů ekologie a nižších provozních nákladů.

V roce 1901 vyhrál hybridní vůz Exelbergskou rally a překonal několik rakouských rychlostních rekordů – pokořil rychlost 56 km/hod. Během vojenské služby v roce 1902 působil Porsche jako dvorní řidič arcivévody Františka Ferdinanda – korunního rakouského prince. V roce 1905 obdržel díky svým technickým úspěchům v Poettingu rakouskou cenu pro vynikajícího automobilového inženýra. O rok později nastupuje do společnosti Astro-

Daimler jako hlavní konstruktér. Svým vysokým pracovním nasazením a úsilím v konstrukci vozů byl zvolen o deset let později roku 1916 generálním ředitelem společnosti, o další rok později získává čestný doktorát na Technické univerzitě ve Vídni. Vozy jeho konstrukce sbírají vítězné ceny na motoristických závodech (vítězství ve 43 z 53 závodů).

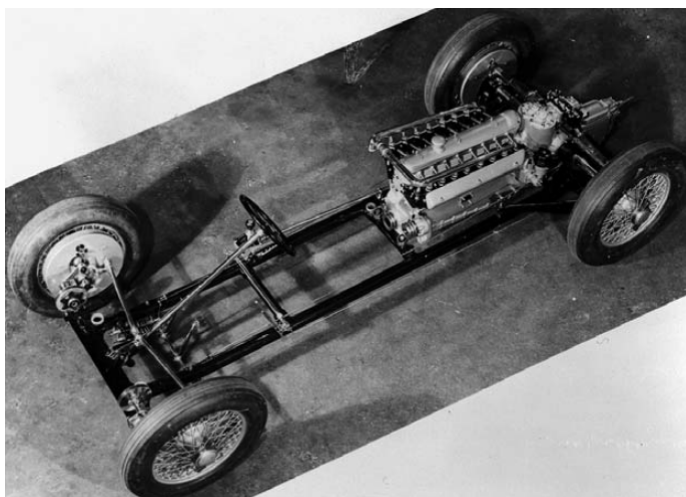
Jeho další úsilí směřuje ke společnosti Daimler Motor Company ve Stuttgartu , u které je zaměstnán na pozici technického ředitele. Získává další čestný doktorát ze Stuttgartské technické univerzity a později i titul profesora. Roku 1926 se společnost slučuje s Benz & Cie pod společný název Mercedes-Benz. Záhy nato díky ekonomické krizi roku 1929 Ferdinand Porsche s prací končí – je nezaměstnaný.

1.3. ZROD AUTOMOBILKY PORSCHE V DOBĚ VÁLKY

Počátek historie automobilky sahá do roku 1930, kdy profesor Porsche společně se svými „věrnými“ spolupracovníky a svým synem Ferryem Porsche založil společnost „Dr. Ing. Hc F. Porsche GmbH“ ve městě Stuttgart v Německu. Na začátku zrodu společnost nabízela pouze poradenství v oblasti motorových vozidel – nenavrhovala ani se nepodílela na vývoji nebo výrobě svých vlastních vozů. Mezi prvními žádostmi německé vlády k této společnosti byly požadavky, navrhnout „lidový vůz“ – německy „Volkswagen“, tedy automobil vhodný pro běžný každodenní provoz – k přepravě 2 dospělých osob a 3 dětí. Zanedlouho vznikl jeden z nejúspěšnějších a nejprodávanějších německých vozů všech dob – „Volkswagen Brouk“.

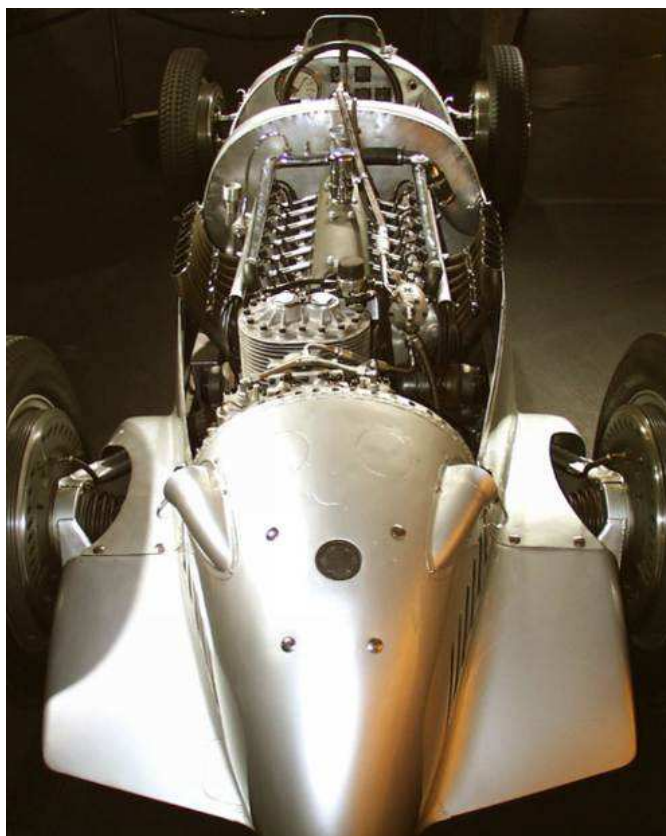
1.4. AUTO UNIE

Ve stejném období se profesor Porsche podílí na vzniku závodního automobilu známého pod názvem „Auto unie“, se kterým chtěl soutěžit na Velké ceně roku 1934 proti vozům Daimler-Benz. Zvláštností tohoto vozu, bylo uložení motoru v zadní části vozu, které bylo v té době revoluční. Řidič díky umístění sedačky v přední části vozu měl kvalitnější výhled z automobilu na dráhu.



Obr. 4. Podvozek Auto Unie [6]

Automobil využíval přeplňovaný motor, který byl schopen vyvinout až 300 koňských sil (220 kW). Jednalo se 12 válcový motor o objemu 3 litry, který měl 2 válce skloněny pod úhlem 45° s jedinou „overhead“ vačkou, která ovládala činnost všech ventilů. Hlavy válců byly polokruhové, se sacími ventily uvnitř, které byly přímo spojeny s vačkovou hřídelí přes vahadla k ventilům. Vahadla výfukových ventilů byly připojeny k vačkové hřídeli



prostřednictvím přitlačných tyčí, které byly umístěny nad zapalovacími svíčkami. Spalovací motor a nádrž na palivo byly umístěna ve středu vozu (přímo za řidičem).

Obrovská síla a zrychlení auta bylo nesporné, ovšem zásadní nedostatek se skrýval při vysokých rychlostech, proto koncem motoristické sezóny Porsche provedl inovaci s využitím LSD diferenciálu.

Obr. 5. Auto Union C/D V12 – pohled na zád' do motorového prostoru [6]

1.5. PORSCHE 64

Prvním modelem, který společnost Porsche navrhla již v roce 1939 bylo Porsche 64 (známé také pod názvem VW Aerocupé – typ 64), které bylo sestaveno s použitím mnoha komponentů Volkswagen Brouka. Čtyřválcový motor o objemu 1,1 litru a výkonu od 22 do 50 koňských sil s dvěma karburátory, velkými ventily a speciální vačkovou hřídelí s vysokým kompresním zdvihem. Hlavním znakem vozu byla dlouhá táhlá karoserie vyrobená z lehkých slitin kovů připomínající styl Auta union.



Obr. 6. Porsche 64 – pohled na oblou karoserii vyrobenou z lehkých slitin [7]

1.6. VOJENSKÉ PROJEKTY

Po začátku 2. světové války Volkswagen vyráběl upravenou armádní verzi Volkswagen Brouka – „Kübelwagen“, která výhradně sloužila pro účely armády – konkrétně pro Wehrmacht i jednotky Waffen-SS. Tohoto typu se vyrobilo na téměř 52 000 kusů. Mezi velké výhody tohoto „konceptu“ patřili : nízká hmotnost, vysoká světlá výška (cca. 28 cm), nezávislé zavěšení všech čtyř kol a zamykání diferenciálu, které omezovalo prokluzu kol a udržení trakce. Další upravenou verzí byl „Schwimmwagen“ s 14 000 vyrobenými kusy, který sloužil i pro plavbu na vodě, a to díky svému tvaru spodní části karoserie, která byla zaoblená a celkově zakrytována, proti vniku vody. V zadní části vozu byl připevněn lodní šroub, který byl poháněn přes tvarovou spojku hřídelí čtyřválcového spalovacího motoru o objemu 1 131 cm³ a výkonu 25 koňských sil.



Obr. 8. Volkswagen Schwimmwagen – boční pohled [9]



Obr. 7. Volkswagen Schwimmwagen (zadní pohled na lodní šroub) [9]

V dalších fázích války Porsche navrhlo několik různých designových návrhů, jak by měly vypadat nové armádní tanky. Ve spolupráci se společností Henschel & Son, která sídlí v Kasselu a je jednou z nejznámějších společností specializujících se na výrobu dopravních prostředků, podepsali smlouvy na návrhy designu tanků „Tigr I“ a mírně upraveného „Tigr II“. V závěrečných fázích války se společnost podílela i na návrhu a výrobě těžkého tanku „Panzerkampfwagen VIII Maus“.



Obr. 9. Německý tank Tigr I (designový návrh od Porsche) [24]

Na konci války, kolem roku 1945 společnost Volkswagen přešla pod správu Velké Británie. Ferdinand Porsche přišel o vedoucí pozici předsedy představenstva ve správní radě Volkswagenu a na jeho místo nastoupil anglický major Ivan Hirst, který byl označován za „Majora, co zachránil Volkswagen“. Na konci téhož roku byl Ferdinand Porsche zatčen za válečné zločiny. Během jeho téměř 20 měsíčního vězení, se jeho syn Ferry Porsche pokoušel sestavit svůj první automobil, protože paradoxně mezi prodávanými vozy si nemohl vybrat.

1.7. PORSCHE 356

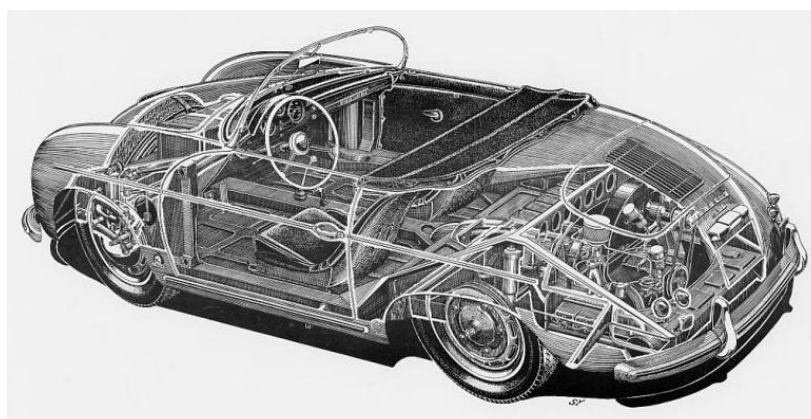
První prototyp vozu byl sestrojen v malém městě Gmünd na jihu Rakouska. Byl to vůz se známým označením 356. Vůz byl postaven na sportovně upraveném podvozku Volkswagenu Brouka a z mnoha dalších jeho částí. Velká část obdivovatelů považuje model 356 za první automobil Porsche proto, že to byl první model, který se začal sériově společností vyrábět. Jednalo se o lehký a svižný vůz – v provedení kupé nebo kabriolet (s odnímatelnou střechou), s hliníkovou kapotou, vzduchem chlazeným motorem uloženým v zadní části vozu. Elegantní tvar karoserie navrhl designér Erwin Komenda, který se rovněž podílel na tvorbě karoserie Volkswagenu Brouka.



Obr. 10. Porsche 356 [10]

Model 356 byl certifikován k provozu na silnicích v roce 1948. Téměř polovinu produkce pro USA v roce 1950 tvořily kabriolety s označením „Speedster“. Díky tomuto typu vozu Porsche expandovalo na americký automobilový trh.

Hlavním lákadlem při koupi vozu byla zcela jistě možnost složit plátěnou střechu.



Obr. 11. Porsche 356
Speedster [23]

Technical data	
Kerb weight	585 kg
Permissible load	200 kg
Engine	Four-cylinder, two-valve, naturally aspirated, overhead valve, air-cooled mid engine
Stroke/bore	64mm/75mm
Capacity	1131 cc
Power	35 bhp at 4000 rpm
Fuel system	Downdraught carburettor
Transmission	Rear-wheel drive, four-speed gear box
Chassis	Steel tube chassis with aluminium body, independent suspension, mechanical drum brakes
Dimensions and weight	Wheelbase 2150 mm, track front 1290 mm, track rear 1250 mm, weight 585 kg
Performance	Top speed 135 km/h (84 mph)
Silencer type	Oval resonator silencer with no baffles, side inlets and a fish-tail exhaust
Transmission type	Engine, single-plate dry clutch, four-speed manual gearbox with one reverse gear, rear axle with differential
Number and type of brakes	Hand brake: mechanical internal expanding brakes on all four wheels Foot brake: mechanical internal expanding brakes on all four wheels
Wheelbase	2150 mm
Turning circle	10.2 m

Po drobných konstrukčních úpravách se 356 držela na předních místech v žebříčcích prodeje automobilů.

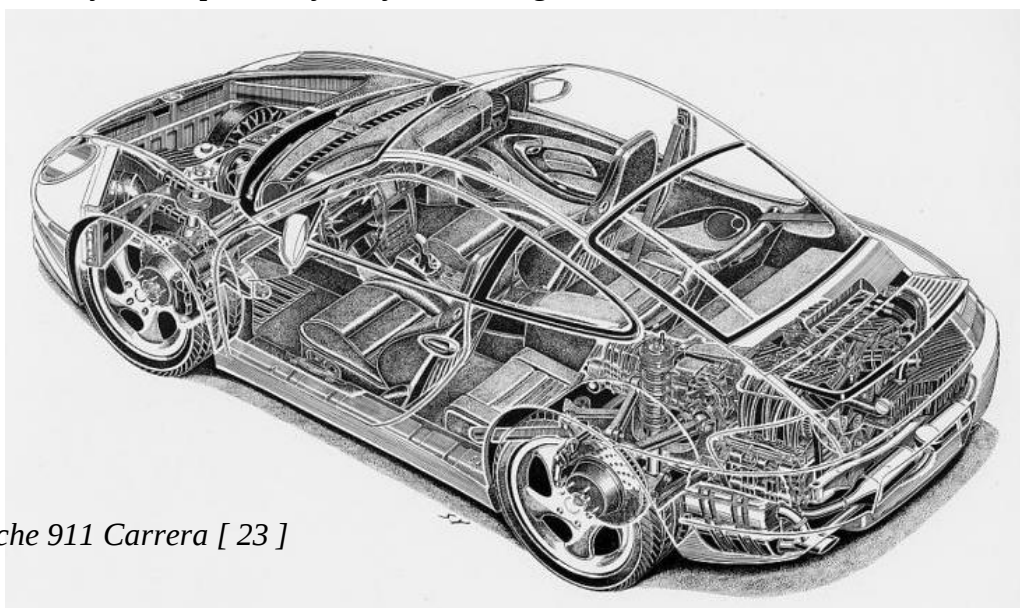
Mezi nejdůležitější úpravy v roce 1964 patřily : externí palivová nádrž v předním blatníku, zvětšení plochy oken, vybavení kotoučovými brzdami a nový motor Porsche o výkonu 71 kW. Díky těmto úpravám vznikl model 356B.

Tab. 1. Základní technické data modelu Porsche 356 [19]

Ferry Porsche společnost řídil až do srpna roku 1947, kdy byl jeho otec z vězení propuštěn. Model 356 se vyráběl až do roku 1965 s celkovým počtem 78 000 kusů vyrobených vozů. Po ukončení výroby byl nahrazen světovým modelem Porsche 911.

1.8. PORSCHE 911

Tento model je bezesporu celosvětově nejúspěšnější, nejznámější a nejprodávanější sportovní automobil z dílny Porsche. Od svého vzniku v roce 1963 uplynulo již více jak 45 let, ale na kvalitě a úspěšnosti v prodejním žebříčku to není vůbec znát. Zajisté během tak dlouhé doby bylo provedeno několik úprav, především na posílení bezpečnosti, snížení spotřeby paliva, snížení aerodynamického odporu, atd. Nejnovější v pořadí šestá generace je pokračováním dlouholeté tradice ve vývoji zaměřené na vynikající výkon a jízdní dynamiku na které se u současných 911 podílí nejnovější technologie.



Obr. 12. Porsche 911 Carrera [23]

Model 911 je v dnešní době k dispozici ve dvou odlišných verzích s rozdílnými obsahy motorů : 1. modelem je Porsche Carrera, která je standardizovanou verzí, s obsahem motoru o velikosti 3,6 litru produkujícím 239 kW (325 koní) při 6 800 min⁻¹; 2. modelem je Porsche Carrera S s obsahem motoru 3,8 litru produkujícím 261 kW (355 koní) při 6 600 min⁻¹.

Tento nový 3,8 litrový motor dosahuje svého maximálního točivého momentu 400 N·m při 4 600 min⁻¹. S tímto výkonem pohonné jednotky model Porsche Carrera S akceleruje z 0 na 100 km/hod za necelých 4,8 sekund a dosahuje maximální rychlosti 293 km/hod.



Obr. 13. 3,8 litrový motor modelu Porsche 911 Carrera S [14]

Další vynikající úpravy tvaru a konstrukce karoserie vedly ke snížení aerodynamických koeficientů. Všechny tyto koeficienty byly výrazně sníženy v porovnání s jeho modelovými předchůdci. Například u modelu Carrera koeficient klesl z původních 0,30 na 0,28 Cd. Ještě významnějším úspěchem je pokles koeficientů z 0,05 na přední části a 0,02 v zadní části. Tyto hodnoty učinily model Porsche Carrera průkopníkem v oblasti snižování aerodynamických odporů ve srovnání proti mezinárodní konkurenci.

Dále byly učiněny úpravy vedoucí ke snížení ztrát vyvolaných působením tepla při zahřívání předních kotoučových brzd umístěných na předních kolech vozu, a to především úpravou designu příváděcího systému vzduchu. U předchozího modelu Carrery byl vzduch přiváděn k předním kolům svisle dolů. Nyní je navržen tak, že vzduch vstupuje do prostoru



předních kol přímo a objem vzduchu proudící k vnějším stranám vozidla je řízen pomocí systému automatizovaných klapek. Propustnost (objem vstupujícího vzduchu) při tomto druhu chlazení se zvýšila o 20 % proti předchozímu modelu bez navýšení aerodynamického odporu.

Obr. 14. Zobrazení toku vzduchu u chlazení předních kotouč. brzd [14]

U tohoto modelu byl poprvé použit aktivní tlumicí systém pro přepracované zavěšení kol. Tzv. „PASM“ (Porsche Active Suspension Management), kterým je standardně vybaven model 911 Carrera S v sobě kombinuje dva odlišné podvozky v jednom, přičemž jeden se zaměřuje na cestovní styl jízdy a pohodlí při cestách na velké vzdálenosti, a druhý je zaměřen na sportovnější extrémní jízdu.



Obr. 15. Zobrazení vnitřního uspořádání tlumiče u PASM systému [14]

PASM je systém skládající se z řízených tlumičů s nastavitelnou hodnotou tlumicí síly, kontrolním modulem a dvěma senzory určených pro detekci vertikálního pohybu vozu. Příčné zrychlení, úhel natočení, rychlost, brzdný tlak, točivý moment od spalovacího motoru a další jsou zpracovávány přes CAN sběrnici. Požadované vlastnosti podvozku (Normální nebo Sportovní typ jízdy) jsou voleny přes tlačítko na centrální středové konzole ve vozu. U obou programů (Normálního a Sportovního) PASM přesně vybere požadovaný tlumicí poměr pro každé jednotlivé kolo. To zajišťuje výrazný nárůst aktivní bezpečnosti jízdy při všech možných situacích a citelné zlepšení jízdního komfortu.

Další úpravou bylo zvýšení brzdného účinku díky použití výborných zesílených 4-pístových třmenových kotoučových brzd. Na předních kolech se nachází kotoučový perforovaný vnitřně chlazený disk o průměru 318 mm, na zadních kolech je osazen tentýž disk o průměru 299 mm. U modelu Carrera S jsou to tytéž disky o stejných průměrech 330 mm na všech kolech. Tyto poměrně vysoké rozměry disků jsou zárukou zabrzdění i za nepříznivých podmínek.

Pro extrémní závodní „nadšence“ je možnost dokoupení ještě účinnějších keramických brzd, které výhradně používají závodní modely, jako například modely 911 GT, 911 GT2, 911 GT3 ... Technologie PCCB (Porsche Carbon Ceramic Brakes) poskytuje bezkonkurenční vysoké brzdné odpory a trvale vysokou úroveň tření s využitím speciálně ošetřených uhlíkových vláken keramických kotoučů s kompozitními vložkami ve spojení s šesti-pístovými třmeny na předních kolech a dvojicí čtyř-pístových na zadních kolech. Mezi další hlavní výhody patří pozoruhodná životnost disků, a více než 50 % snížení hmotnosti v porovnání s konvenčními kovovými kotoučovými brzdami.



Obr. 16. Keramický perforovaný kotouč s šesti-pístovým třmenem [27]

1.9. PORSCHE CAYENNE HYBRID

Hlavní myšlenkou ke vzniku hybridního vozu bylo snižování spotřeby paliva s ohledem na ekologii životního prostředí. Kombinací spalovacího motoru a elektromotoru bylo dosaženo značné snížení spotřeby paliva. Proto však ještě není hybrid jako hybrid. Porsche se rozhodlo pro nejúčinnější a technicky nejnáročnější koncept. Snad ještě koncem tomto desetiletí přijde na trh Cayenne s 3.6 litrovým šestiválcovým motorem V6 s přímým vstřikováním paliva a výkonu 206 kW a tímto konceptem poháněcí soustavy. Bude mít spotřebu méně než 9 litrů na 100 kilometrů. To je snížení o více než 25 % (u klasického modelu Cayenne je spotřeba udávána 12,9 litrů na 100 kilometrů). Také nejnovější Porsche Panamera, která byla nedávno uvedena na trh, bude nabízena s hybridním pohonem.

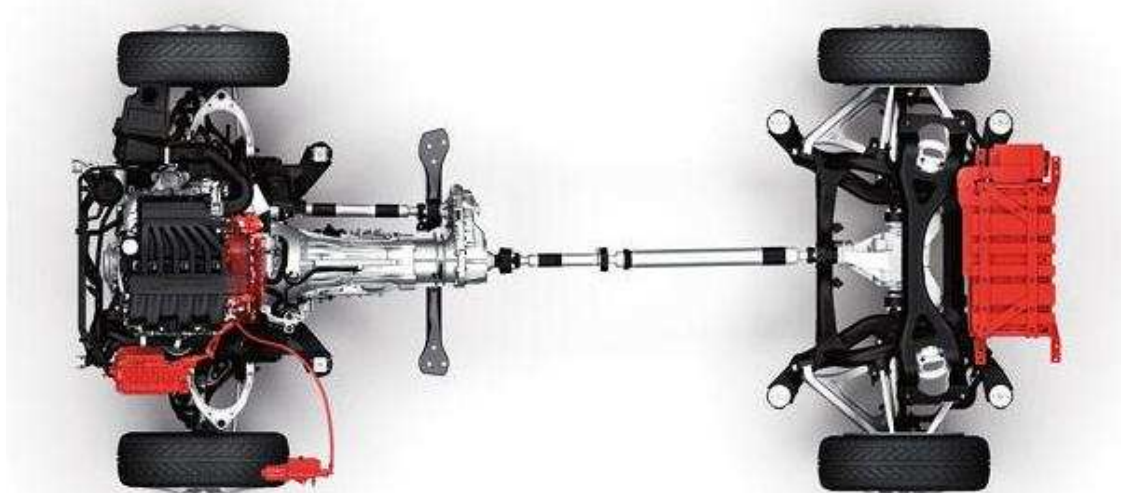


Obr. 17. Hybridní koncept Porsche Cayenne [2]

Celkovou souhru mezi spalovacím motorem, elektromotorem a akumulátorem zajišťuje elektronická jednotka, která je srdcí vozidla. Ta přijímá veškeré informace během celé jízdy a také kontroluje stav energie. V každé jízdní situaci optimálně nastavuje činnost obou motorů (spalovacího motoru i elektromotoru). Dále dohlíží na to, aby nedocházelo k vysokému vybíjení akumulátorů, ani k častému dobíjení a vybíjení. Tento „hybridní manažer“ je vysoce výkonný elektronický počítač, který musí v daném okamžiku zpracovat až 20 000 definovaných datových parametrů. Běžná konvenční řídicí jednotka motoru vystačí s „pouhými“ 6 000 parametry.

Spalovací motor a elektromotor s akumulátorem jsou umístěny paralelně (tedy za sebou). Na tomto „Parallel Full-Hybrid“ systému spolupracují inženýři s koncernem Volkswagen i Audi. Na rozdíl od běžných plně hybridních řešení je u paralelního systému integrován elektromotor do poháněcího ústrojí. Znamená to úsporu prostoru, protože lze takto minimalizovat omezení pro objem zavazadlového prostoru a použití techniky pohonu všech kol.

Obrovskou výhodou paralelního plně hybridního systému je to, že z něj má užitek životní prostředí a současně i řidič. Elektromotor spalovací motor nejen zastupuje, ale v mnohých případech i podporuje. Tato souhra dodatečně zlepšuje i celkové zrychlení a elasticitu vozu. Mimo to, nižší spotřebu paliva lze dosáhnout také při jízdě mimo město, nebo po dálnici. Do rychlosti cca. 120 km/hod může hybridní manažer spalovací motor vypínat, tzn. že při těchto rychlostech hybridní Cayenne „bezhluchně plachtí“ po silnici.



Obr. 18. Paralelní uspořádání základních komponent vozu Cayenne Hybrid [2]

K dosažení optimálního výkonu u hybridní soustavy zapojené paralelně, muselo být vyřešeno několik konstrukčních výzev. Jednou z nich je spojka umístěná mezi spalovacím motorem a elektromotorem. Ta musí odvádět jak „značně citlivou“, tak i „tvrdou práci“. Hybridní manažer zapíná nebo vypíná spalovací motor dle toho, co je optimální pro každou odlišnou situaci. Za podpory spalovacího motoru, který v každé situaci bleskurychle naběhne nebo zhasne a také díky již zmiňované spojce z toho řidič nic nezpozoruje – po zhasnutí spalovacího motoru řidič neslyší již téměř nic.

Elektromotor, který je napájen akumulátorem složeným z 240 NiMH článků (s rozměry 347 x 633 x 291 mm), je uložen v místě klasicky určeném pro náhradní (rezervní) kolo a váží 69 kilogramů.



Obr. 19. Umístění akumulátoru pod úložným prostorem v zadní části vozu [17]

Akumulátor pracuje s výkonem 38 kW a má celkové napětí 288 V. Během jízdy se využívá rekuperace energie, tj. dobíjení energie za jízdy pomocí kinetické energie a spalovací motor pracuje v optimalizovaném režimu z hlediska snížení spotřeby paliva.



Moving off and driving with an electric motor



Braking while charging the battery



Driving with a combustion engine and hybrid turbocharging



Acceleration with an electric motor via electric motor and combustion engine

Obr. 20. Schématické znázornění toků energie ze spalovacího motoru a elektromotoru [17]

Neboť se akumulátor během dobíjení a vybíjení relativně hodně zahřívá, udržujeme jeho celkovou teplotu pod 40 °C za použití speciálního systému chlazení vzduchem. Tento čerstvý vzduch proudí k akumulátoru od prostoru posádky. Celková životnost akumulátoru se díky této úpravě chlazením vyrovnala životnosti celého vozidla.

Z důvodu, že je v klasickém vozidle další příslušenství, jako je např. podtlakové čerpadlo pro posilovač řízení, posilovač brzd, klimatizace nebo olejové čerpadlo pro samočinnou převodovku, závislé na funkci spalovacího motoru, jsou všechny tyto komponenty v tomto modelu doplněny jednotlivými elektronicky poháněnými agregáty. Díky těmto změnám vzniklo např. elektro-hydraulické řízení, které snižuje spotřebu energie o 88 % ve srovnání s klasickým hydraulickým posilovačem řízení.



Obr. 21. Pohled na palubní počítač při jízdě jen za činnosti elektromotoru [17]

1.10. PORSCHE PANAMERA

Jedná se o nejnovější model této značky, je koncipován jako čtyřdveřový sportovní vůz s impozantním interiérem. Spojuje sportovní dynamickou jízdu modelů 911, Boxster, Cayman a sportovního SUV Cayenne. Spadá do 4. modelové řady. Inovativní design interiéru je na první pohled impozantní. Nejnapadnější částí interiéru je bezesporu centrální konzole, která prochází od přístrojové desky až k cestujícím na zadních sedačkách.



Obr. 22. Vnitřní interiér modelu Panamera [21]

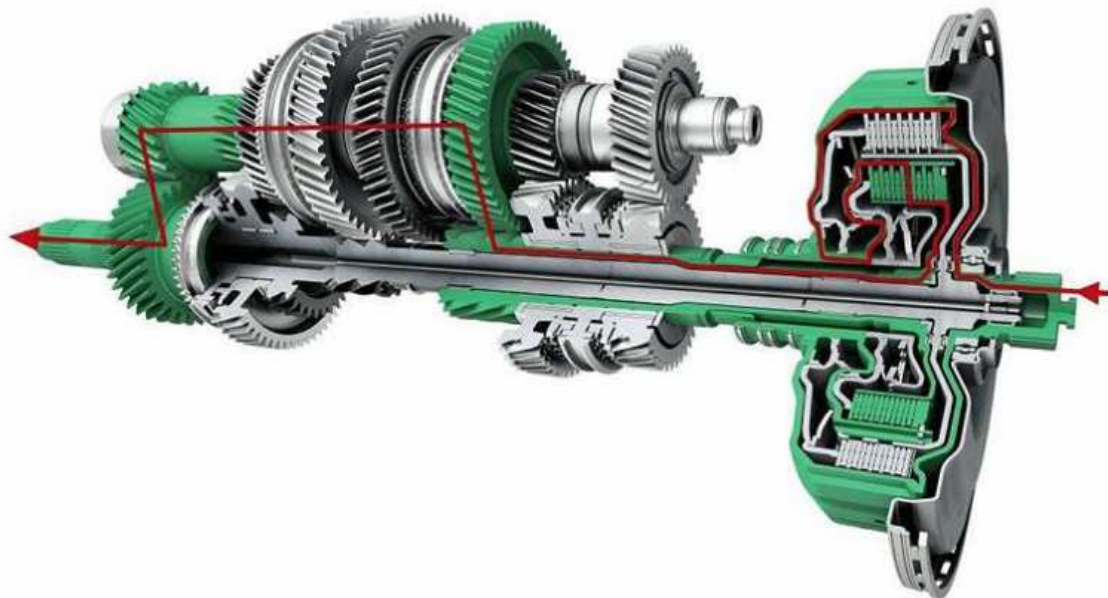
Ergonomicky řešený interiér jak pro řidiče, tak pro ostatní „pasažéry“ vozu je navržen k co nejvyššímu osobnímu pohodlí cestujících na jednotlivých sedadlech. Zákazník má na výběr z 13 možných barevných kombinací materiálu vnitřního interiéru, popř. pro vyšší komfort automobilka nabízí i kombinace dekorů interiéru pomocí exkluzivních materiálů, jako jsou uhlíkové „carbon“ materiály, přírodní olivové dřevo a jiné.

Tak jako v předešlých modelech je nabízena automatická čtyřzónová klimatizace s individuálním nastavením teploty a ventilátorem k rozvedení klimatizovaného vzduchu ke každému sedadlu. Dále je vůz vybaven pro případy nehody airbasy v přední části u řidiče a spolujezdce, bočními airbasy, hlavovými a kolenními airbasy. Jízdní komfort zvyšují elektricky nastavitelná sedadla, s cílem zajistit maximální pohodlí. Sportovně nízko položené sedačky a nízká světlá výška vozu je typická pro značku Porsche. O audiovizuální systém je postaráno kvalitním systémem 1 300 Wattového prostorového zvuku od společnosti Burmester. Díky celkové ploše reproduktorů téměř 2 400 cm² se pasažéři mohou při poslechu hudby cítit jako na živém koncertu. Celkově 16 reproduktorů, každý opatřen zesilovačem, dodává souhrnem 1 000 Wattů. To zajišťuje jedinečný zvuk, který je doplněn aktivním 300 Wattovým subwooferem.

Dostatečný objem zavazadlového prostoru o objemu 432 litrů zajišťuje při delších cestách snadné umístění i 4 kufrů. Samozřejmostí je možnost sklopení zadních sedadel, kdy dostaneme prostor pro skladování zavazadel o objemu téměř 1 250 litrů.

Pod kapotou se nachází 4,8 litrový, osmiválcový motor V8 s pohonem všech kol, který zdolá téměř 400 koňských sil (294 kW). Maximální rychlost je udána na 283 km/hod, zrychlení z 0 na 100 km/hod za 5,4 sekundy, kombinovaná spotřeba paliva 10,8 litrů na 100 km a emise CO₂ 253 g/km v souladu se standardy Euro 5. K dispozici je také verze Turbo, která je mírně výkonnější.

O přenášení krouticího momentu je postaráno sedmistupňovou dvouspojkovou převodovkou PDK (Porsche Doppelkupplung). Hlavní výhodou je to, že výborně totiž kombinuje komfort samočinného (automatického) řazení se sportovním řazením manuálním. Změna převodových stupňů probíhá bleskurychle a bez rázů, aniž by došlo k přerušení silového toku motoru. V neposlední řadě ovlivňuje nízkou spotřebu paliva.



Obr. 23. Znáznornění „silového toku“ dvouspojkovou převodovkou [22]

Vůz je opatřen přímým vstřikováním paliva (DFI) a díky použití lehkých slitin je minimalizovaná hmotnost vozu. Díky využití automatické převodovky PDK je Panamera vybavena funkcí „start-stop“ – to zajišťuje automatické řízení otáček při zastavení automobilu a aktivací brzd např. na křižovatce, v dopravní zácpě apod.

Při vývoji vozu bylo zapracováno i na aerodynamice. Verze s turbodmychadlem dostane navíc aktivní křídlo na víko kufru v zadní části, které se bude automaticky přenastavovat do čtyř pozic tak, aby bylo zajištěno co nejlepšího přítlaku vozidla k vozovce. Z tohoto důvodu byl i celý podvozek kompletně zakrytován.



Obr. 24. Zobrazení nastavitelného zadního přítláčného křídla [22]



Obr. 25. Zobrazení aerodynamiky při obtékání vzduchu zakrytovaným podvozkem [22]

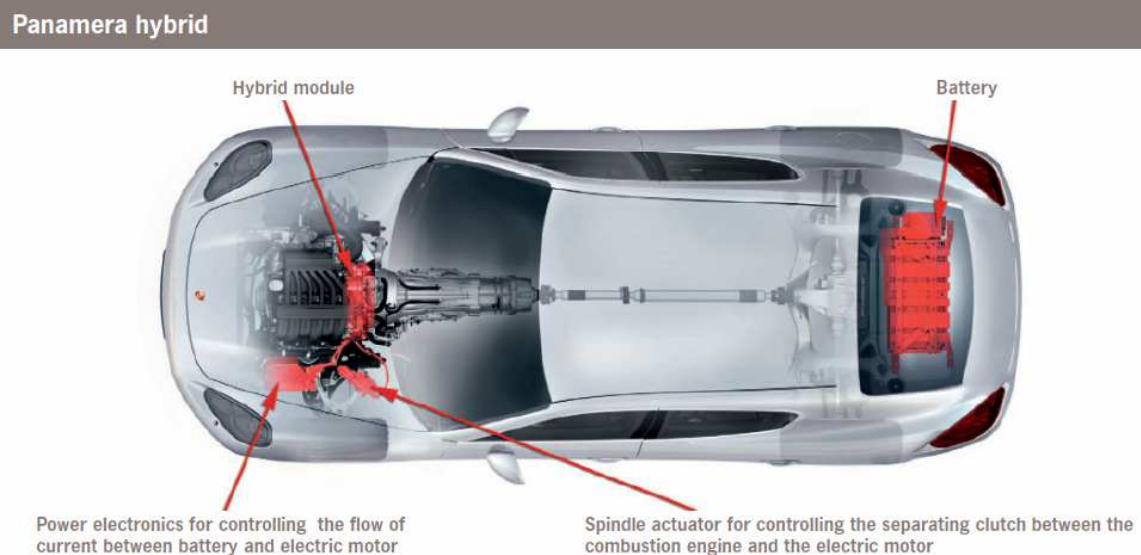
Panamera má celkovou délku 4 970 mm, šířku 1 931 mm a výšku 1 418 mm. Nápravy jsou od sebe vzdáleny 2 920 mm. I přes tyto neskromné rozměry se podařilo udržet hmotnost v přiměřených mezích. Použily se ocelové plechy s proměnnou tloušťkou, lehké kovy v podobě slitin hliníku a hořčíku, stejně tak i plasty. Například dveře jsou vyrobené z laserem opracovaného hliníkového odlitku, vnější plášť dveří je hliníkový plech a rámy oken jsou tvořené hořčíkovým odlitkem.



Obr. 26. Schématické znázornění použitých materiálů [22]

Celková hmotnost Panamery je udána na hodnotě 1 770 kg, což ve srovnání například se Škodou Superbem s šestiválcovým motorem, který váží jen asi o 100 kg méně.

V budoucnu se chystá i koncept hybridního vozu Panamera, který bude konstrukčně vycházet ze svého předchůdce Cayenne. Na následujícím obrázku jsou schématicky zobrazeny hlavní části – hybridní modul ve spojení se spalovacím motorem umístěn v přední části vozu a baterie umístěná pod zavazadlovým prostorem, tak jako je tomu u hybridního Cayennu.



Obr. 27. Schématické umístění hlavních částí konceptu hybridního Porsche Panamery [20]

2. PŘEHLED ZAJÍMAVÝCH KONSTRUKČNÍCH ŘEŠENÍ

2.1. PORSCHE DOPPELKUPPLUNG (PDK)

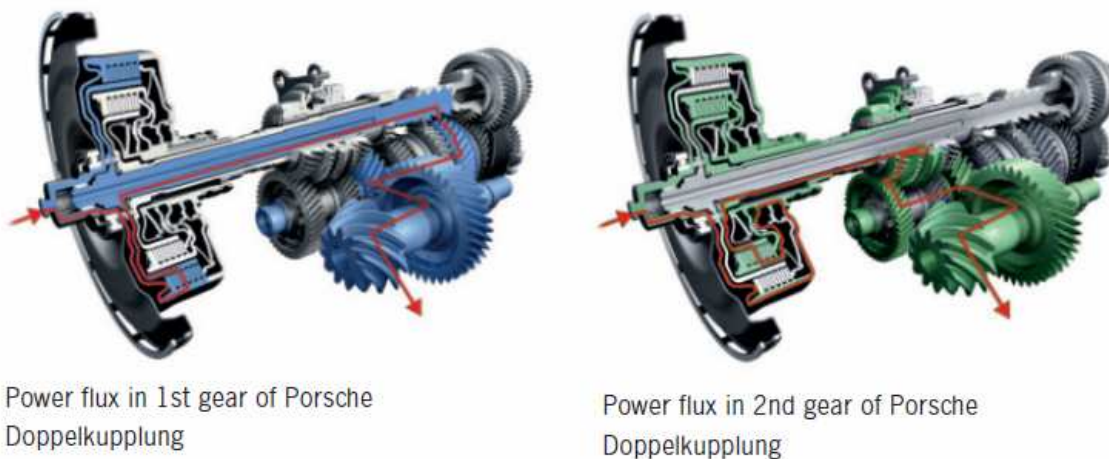
Jedná se o revoluční dvouspojkovou převodovku z dílny Porsche. Kombinuje vysoké vstupní kroutící momenty ze spalovacího motoru s extrémně kompaktním přenosem energie a vynikající každodenní použitelností při nízkých provozních ztrátách a zároveň udržuje hmotnost vozů na minimálních hodnotách. Vývojáři a konstruktéři skombinovali výhody několika systémů v této sedmistupňové převodovce a to především dynamiku manuální převodovky s pohodlím při řazení převodových stupňů u automatické převodovky.



Obr. 28. Model odlitku z lehkých slitin skříňe dvojspojkové převodovky PDK [18]

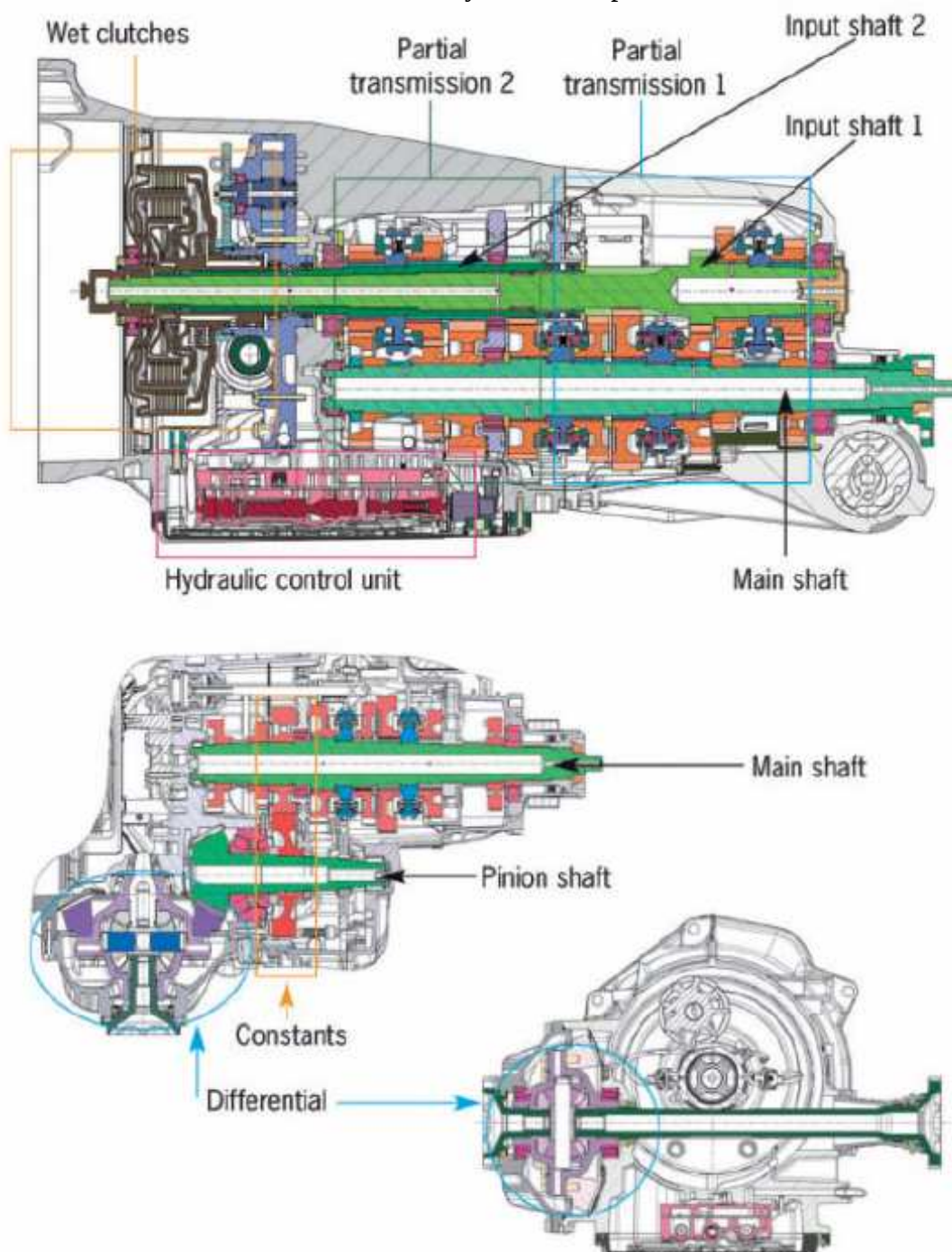
Automatický přenos nyní umožňuje přesouvání ozubených kol bez přerušení trakce a výjimečné pohodlí, zatímco manuální systém nabízí nízké ztráty, vynikající účinnost, vysoké přenosové-poměry, flexibilitu a nízkou celkovou hmotnost. A co víc, modely jsou nyní vybaveny nejlepší dobou pro akceleraci díky rychlému řazení bez přerušení trakce.

Řazení rychlostních stupňů s touto PDK převodovkou ve standardních sportovních automobilech kombinuje nejnovější technologie a dlouholeté zkušenosti, protože technologie Porsche Doppelkupplung je stará již kolem 25 let. Závodní oddělení bylo průkopníkem této technologie, neboť ji poprvé použily v roce 1983 v modelu Porsche 956 pro závodní automobily na dlouhé vzdálenosti. V následujících letech, nástupce modelu, Porsche 962, mělo své první vítězství v „Supercupu“ na německém závodním okruhu v Nürburgringu. Největší úspěch zaznamenal v roce 1986 model 962 na Mistrovství světa v italské Monze.



Obr. 29. Znáznornění přenášení výkonu dvojspojkovou převodovkou PDK [18]

Nový převodový systém Porsche Doppelkupplung nabízí řidiči sedm rychlostí k jízdě vpřed a jeden zpětný chod. Jak je z názvu patrné, převodovka se skutečně skládá ze dvou převodovek v „jednom celku“. První část spojky je tvořena z 1., 3., 5. a 7. stupně, včetně i zpětného chodu, druhou část tvoří 2., 4. a 6. rychlostní stupeň.



Obr. 30. Řez skříní dvojspojkové převodovky PDK se zobrazením základních částí [18]

Obě části jsou poháněny pomocí sdílené vstupní hřídele a hřídele pro přenos kroutícího momentu běžícího na příslušné spojce. Všechna ozubená kola se neustále kontinuálně otáčejí, ale běží bez zatížení. Činnost řazení jednotlivých stupňů je dán posunem jednotlivých ozubených kol po hřídeli, stejně jako v mechanické manuální převodovce.

Mimo tento klasický systém, v PDK jsou kola ovládány elektrohydraulicky. Přenos může být uskutečněn dokonce i na zakázku s použitím moderní elektroniky. Jsou k dispozici

následující tři varianty : "Normální" pozice - je zaměřena na nižší spotřebu paliva, další je "Sport" pozice, která je zaměřena na sportovnější jízdu a poslední pozicí je "Sport plus". To využijí sportovní řidiči vyznávající adrenalinovou jízdu, při které po odstranění stisknutého brzdového pedálu, ihned šlapou na plný plyn a vyjíždějí vpřed bez skluzu a přerušení tažné síly od motoru.

Porsche 911 Carrera (values in brackets: with Tiptronic S/PDK)

	Power output kW/bhp	Torque Nm	Fuel consumption Coupé l/100 km	NEFZ total Cabriolet l/100 km
Previous	239/325	370	11.0 (11.2)	11.2 (11.4) in accordance with Euro 4
New	254/345	390	10.3 (9.8)	10.4 (9.9) in accordance with Euro 5*
	+ 6.2 %	+ 5.4 %	- 6.4 % (- 12.5 %)	- 7.1 % (- 13.2 %)

Porsche 911 Carrera S (values in brackets: with Tiptronic S/PDK)

	Power output kW/bhp	Torque Nm	Fuel consumption Coupé l/100 km	NEFZ total Cabriolet l/100 km
Previous	261/355	400	11.5 (11.7)	11.6 (11.7) in accordance with Euro 4
New	283/385	420	10.6 (10.2)	10.8 (10.3) in accordance with Euro 5*
	+ 8.5 %	+ 5 %	- 7.8 % (- 12.8 %)	- 6.9 % (- 12 %)

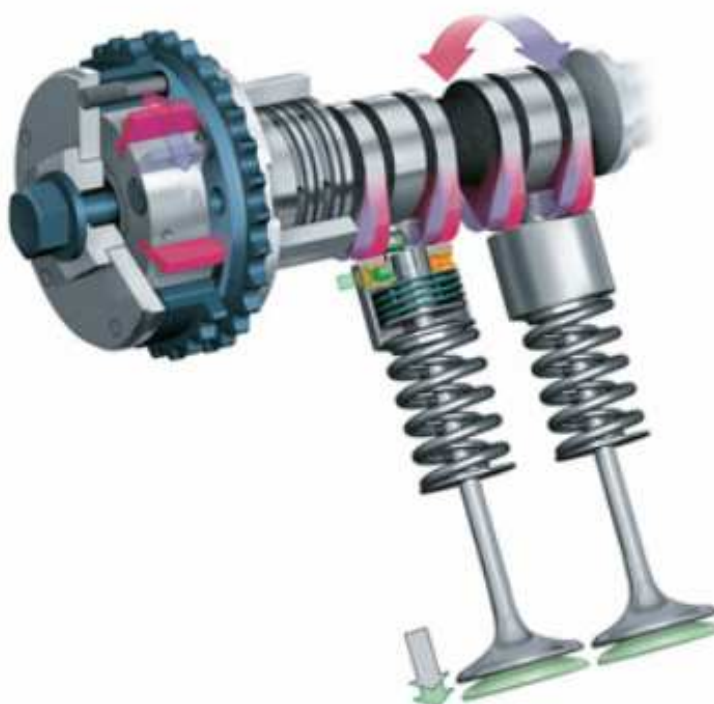
Tab. 2. Srovnání zvýšení výkonu za použití dvojité převodovky PDK u modelů Porsche 911 s 3,6 litrovým a 3,8 litrovým motorem [18]

2.2. SYSTÉM VARIOCAM PLUS

Jedná se o systém zajišťující natáčení vačkových hřídelů na sání motoru a plynulou změnu zdvihu sacích ventilů.

K hlavním přínosům patří lepší kvalita běhu motoru, příznivá spotřeba paliva a nízké produkce emisí především díky vysoké hodnotě výkonu a točivého momentu motoru.

Systém VarioCam Plus představuje koncepci „dvou motorů v jednom“ tím, že se přizpůsobuje konkrétním požadavkům na výkon.



Obr. 31. Znáznornění funkce systému VarioCam Plus [16]

K přepínání dochází nepozorovaně za pomoci řídicí jednotky, která se vyznačuje vysokým výkonem. Výsledek tohoto systému je vyvážený běh motoru a spontánní zrychlení.



System změny zdvihu ventilů na sání je tvořen speciálními hrníčkovými zdvihátky, které jsou ovládány elektrohydraulicky za pomoci řízeného ventilu. Zdvihátko je vytvořeno dvěma samostatnými zdvihátky (vnitřním a vnějším), která lze vzájemně propojit s čepem. Sací ventily ovládá buďto velká vačka působící na vnější zdvihátko, popř. malá vačka působící na vnitřní zdvihátko. Časování sacích ventilů probíhá plynule a to za pomoci lopatkového seřizovače polohy vačkového hřídele umístěného z čelní strany vačkového hřídele. Řízení probíhá přes elektrohydraulický regulační ventil. Z důvodu zlepšení reakce nezahřátého motoru při nízkých teplotách na sešlápnutí plynového pedálu volí systém VarioCam Plus velký zdvih ventilů s opožděným časováním. Tento systém časování sacích ventilů byl poprvé použit v modelu Porsche 968 s 3 litrovým motorem v roce 1992.

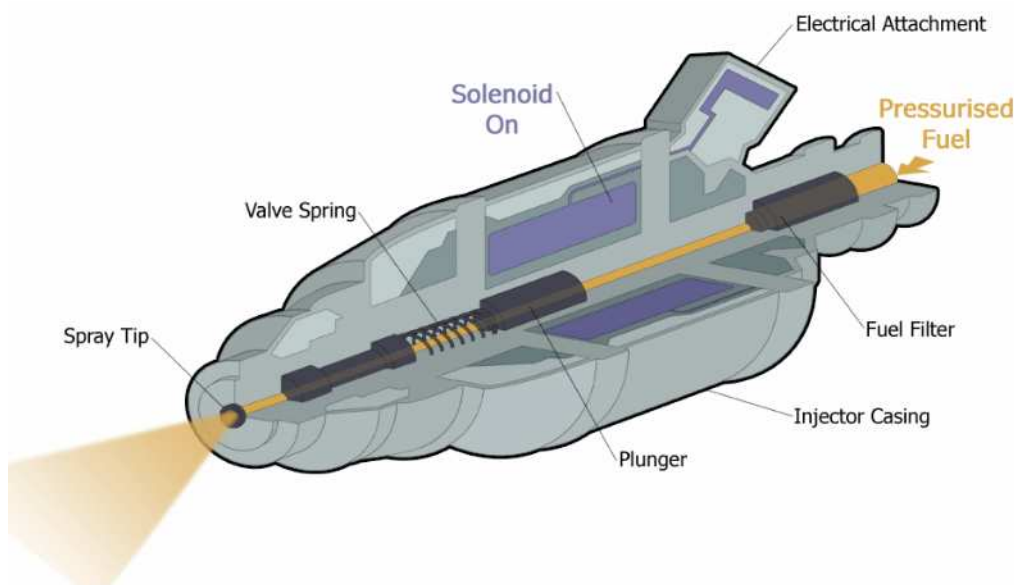
Obr. 32. Spalovací motor s ventily ovládanými systémem VarioCam Plus [16]

V oblasti středních otáček při malém zatížení snižuje tento systém přechodem na malý zdvih ventilů a dřívější otvírání sacích ventilů spotřebu paliva a emise škodlivin. Vysokých hodnot točivého momentu a maximálního výkonu se dosahuje pomocí velkého zdvihu ventilů. Palubní diagnostika, která je umístěna standardně ve všech modelech, včas rozpozná eventuální chyby a poruchy ve výfukovém a palivovém systému a během jízdy o nich informuje řidiče prostřednictvím palubního počítače. Tímto tedy lze zabránit zvýšeným emisím škodlivin a zvýšené spotřebě paliva.

2.3. DIRECT FUEL INJECTION (DFI)

Jedná se o systém přímého vstřikování (paliva) benzinu. Palivo vstřikují elektromagneticky ovládané vstřikovací ventily přímo do spalovacích prostorů pod vysokým tlakem. Vysokotlaké čerpadlo vytváří tlak až téměř 12 MPa v závislosti na zatížení a otáčkách spalovacího motoru.

Úhel a geometrie kužele vstřikovaného paliva prošly konstrukčními optimalizacemi z hlediska točivého momentu, výkonu a snížení emisí. Rozvíření paliva vede ke zvlášť homogennímu rozdělení směsi vzduchu a benzinu ve válci. Výsledkem je účinné spalování.



Obr. 33. Schématické zobrazení vstříkovací trysky systému vstřikování paliva [11]

Přibližně do $3\,500\text{ min}^{-1}$ probíhá dvojité vstřikování. Potřebné množství paliva se při něm rozdělí do dvou po sobě jdoucích procesů vstřikování. To má za následek rychlejší zahřátí katalyzátorů na provozní teplotu po studeném startu a vyšší hodnoty točivého momentu v oblasti vyššího zatížení.



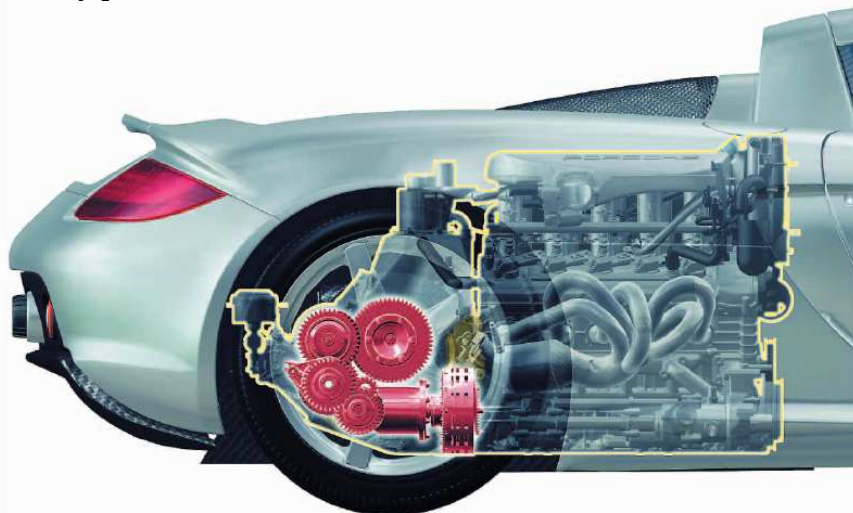
Obr. 34. Zobrazení systému přímého vstřikování paliva [18]

Dále tento systém zlepšuje vnitřní chlazení spalovacího prostoru tvorbou směsi přímo ve válci. Díky tomu mohl být navýšen kompresní poměr. K dosažení co nejvyšších výkonů, jsou navrženy spalovací komory na maximální kompresní poměr $12,5 : 1$. U předchozích verzí tomu bylo např. $11,8 : 1$ u 3,8 litrového motoru a $11,3 : 1$ u 3,6 litrového motoru. Výsledkem je dosažení vyššího výkonu při lepší účinnosti motoru.

Hlavní výhodou přímého vstřikování je rozprášení paliva přímo pod sací ventil do válce spalovacího motoru, kde vytvoří společně směs s nasávaným vzduchem. Vstřikování je řízené elektronickou řídicí jednotkou motoru v závislosti na požadovaném výkonu. Ta neustále řídí tvorbu korektní směsi paliva se vzduchem. Dvojité lambda sondy dohlížejí nad sníženou produkcí škodlivých emisí. To prospívá životnímu prostředí i šetří finance.

2.4. KERAMICKÁ SPOJKA (PCCC)

Zkratka PCCC značí u nových sportovních vozů „Porsche Ceramic Composite Clutch“. Jedná se o keramickou kompozitní spojku, kterou byl poprvé ve standartu vybaven sportovní model Porsche Carrera GT. Tato dvou-disková spojka splňuje vysoké sportovní-závodní požadavky, a to malý průměr kotoučů, nízkou celkovou hmotnost a velmi dlouhou životnost.

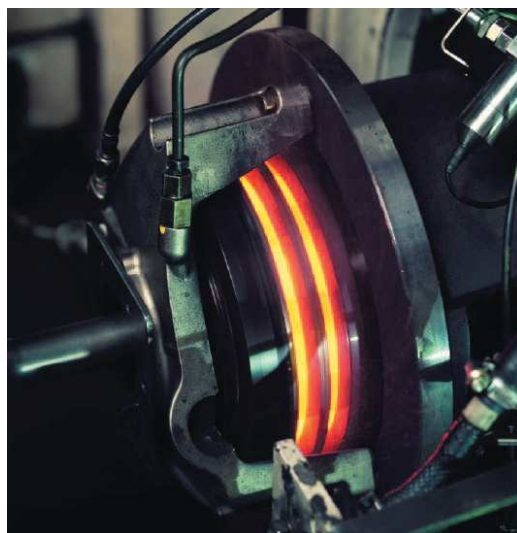


Obr. 35. Umístění keramické spojky a motoru ve sportovním voze Carrera GT [13]

Rozměry a umístění spojky a spalovacího motoru ve sportovním voze rozhodují o umístění polohy těžiště vozidla. Ke sportovním účelům je nutné mít toto „centrum veškeré hmoty“ vozu co nejbližší k vozovce, z důvodů sportovní jízdy. Čím jsou rozměry spojky menší a čím je kratší vzdálenost mezi ložisky klikového hřídele a umístěním spodní strany motoru, tím níže může být spalovací motor instalován a tím níž se bude nacházet těžiště celého vozu. V dobách minulých se používaly pouze kotoučové spojky tvořené směsí uhlíkových vláken, které nebyly schopny poskytnout zvyšující se nároky na závodní charakteristiky. Z tohoto důvodu inženýři v Porsche ve spolupráci s vybranými partnery skombinovaly zcela nový inovativní materiál, díky kterému mohlo být „ubráno“ i na vnějších rozměrech.



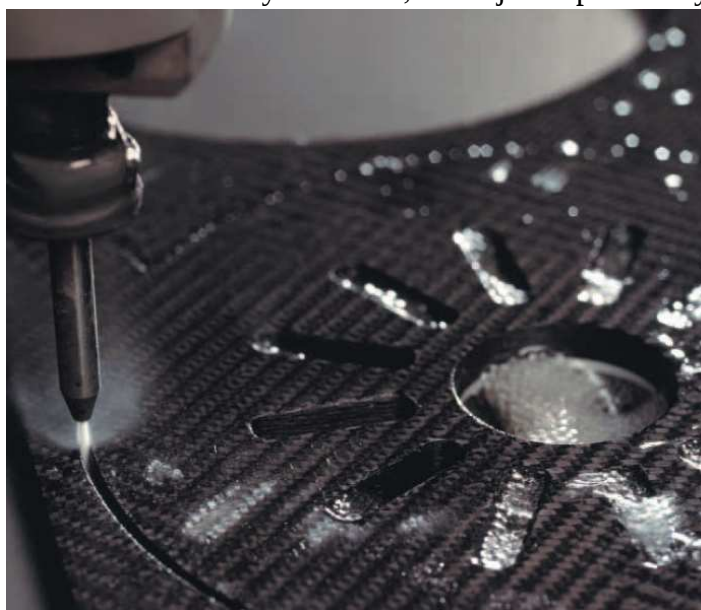
Obr. 37. Detailnější zobrazení keramické spojky pro vůz Carrera GT [13]



Obr. 36. Upravené keramické kotouče spojky při testování na zkušební stroji při vysokých otáčkách motoru [13]

Keramický vyztužený materiál se po prvních testech ukázal být velmi robustní, extrémně žáruvzdorný a vysoce trvanlivý. Během prvních testů byla konvenční spojka nakonfigurována s krátkými vlákny keramického materiálu. U běžných – konvenčních – materiálů nedokázala spojka odolat napětí, které vyvolávaly odstředivé síly a teplo vzniklé třením. U speciálního upraveného (keramického) materiálu vyztuženého uhlíkovými vlákny karbidu křemíku, mohly být zvýšeny nároky do takové míry, že celý systém keramické spojky byl schopen odolat otáčkám motoru až $20\,000\text{ min}^{-1}$ v kombinaci s extrémním tepelným zatížením bez známek jakékoliv povrchového poškození.

Keramický disk je tvořen několika vrstvami uhlíkových vláken, které jsou zpracovány v pryskyřici obohacené uhlíkem. Materiál je uveden do „uhlíkového stavu“ – vytvrzen - přibližně při $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ a následně pak silikonizován (obohacen křemíkem) při cca. $1\,400\text{ }^{\circ}\text{C}$. Jednotlivé disky jsou vyřezány z keramické desky za pomoci vysokotlakového vodního paprsku za tlaku až $3\,000\text{ barů}$.



Obr. 38. Řezání disku vodním paprskem za vysokého tlaku z keramické desky [13]

Při synchronizaci s manuálním přenosem byly zoptimalizovány (minimalizovány) síly, které jsou vyžadovány při funkci spojky i vnější rozměry disků.



Obr. 39. Umístění keramické spojky k bloku motoru [13]

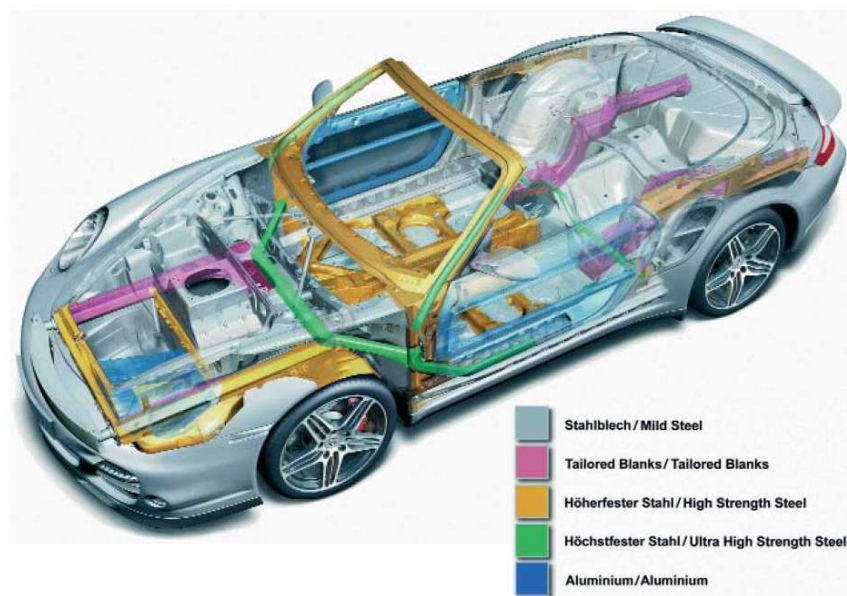
Hlavní nevýhodou jsou vysoké náklady ve srovnání s konvenčním typem spojek vzniklé z důvodu velmi speciálních výrobních procesů a malého množství vyrobených kusů. PCCC spojky mají jistě před sebou bohatý rozvoj do budoucna pro využití u vysoce zatížených aplikací - zejména při vysokém rozsahu otáček.

Technical information	
Type	Two-disk dry clutch
External diameter	192 mm
Weight	3.5 kg
Materials	Carbon fibre-reinforced silicon carbide
Transmission	Maximum of more than 1,000 Nm
Run-out speed	Over 20,000 r.p.m.

Tab. 3. Tabulka technických informací keramické spojky [13]

2.5. VYUŽITÍ LEHKÝCH SLITIN

V dnešní době je těžké představit si konstrukce vozidel bez využití lehkých slitin hliníku. I když konkuruje materiálům jako je uhlík a hořčík, hraje významnou roli ve vývoji a výrobě sportovních vozů v důsledku jeho poměru bezkonkurenční ceny a vynikajících vlastností. Díky své lehké hmotnosti vytváří obrovské konstrukční možnosti - především výborné tvarování lisováním v kombinaci s jeho vysokou pevností. Ve speciálních slitinách lze dále jeho vlastnosti upravovat a zlepšit např. jeho dobrou antikorozi odolnost, dlouhou životnost součástí a dílů, které mohou odolávat extrémním podmínkám.



Obr. 40. Schématický přehled použitých materiálů v modelu 911 [15]

Siluetu modelu 911 je jednou z typických charakteristik tohoto klasického sportovního vozu. Od svého debutu v roce 1963 se mnohé pozměnilo. V průběhu let 911 získala na hmotnosti vzhledem ke zvýšeným nárokům na bezpečnostní zařízení, jako jsou airbagy,

stabilizační systémy. Zvýšilo se i pohodlí - například systémy automatické klimatizace, elektricky ovládaná střecha atd.

Zatímco první verze vážila 1 080 kg, současný model dosahuje 1 395 kg. Z tohoto hlediska do budoucna vyplývají snahy o co nejvyšší minimalizaci hmotnosti za pomoci inteligentní lehké konstrukce s využitím nových materiálů. Zatímco běžně používané suroviny – především oceli byly používány po mnoho desetiletí, v dnešní době již dosáhly vrcholu svých konstrukčních možností. Důležitou roli v budoucnosti bude mít vyšší využití lehkých hliníkových slitin.

Například u dveří modelu Porsche 911 byl zaměněn materiál z oceli za hliníkovou slitinu. Přístup k nahrazení materiálů v konstrukci celého pláště by nebyl vhodný vzhledem k vysokým nákladům. Ke snížení celkových nákladů přispívá pouze vyztužování jednotlivých tvarově složitých částí. Značné snížení nákladů bylo dosaženo i prostřednictvím optimalizace topologie a tloušťky stěn, v kombinaci s úsporami na nástrojových výdajích, výrobě a montážních časech.

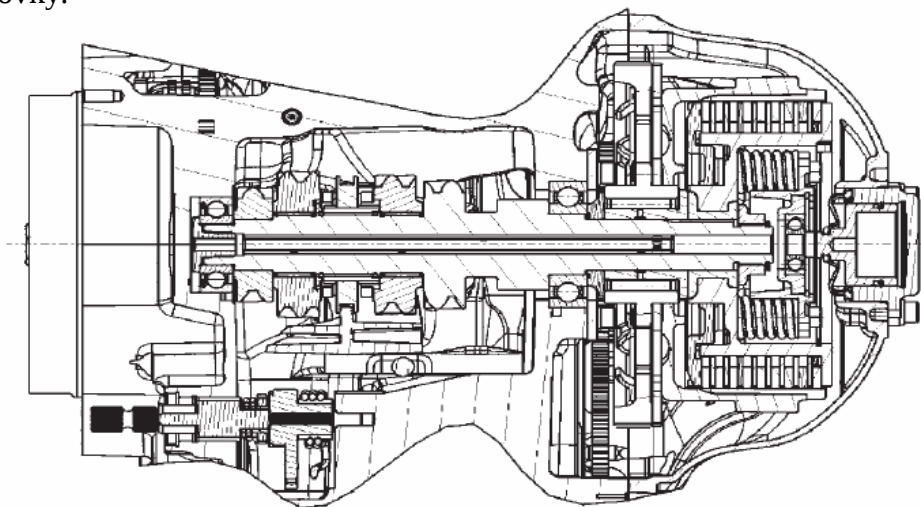
2.6. HARLEY-DAVIDSON V-ROD

Společně s inženýry společnosti Porsche Harley-Davidson vyvinul zcela nový typ závodního motoru. Dosud všechny sériově vyráběné motocykly byly napájeny vzduchem chlazeným dvouventilovým typem motorů tvaru V a úhlu 45°. Tyto dosud běžné parametry byly radikálně změněny na systém „V-Rod“. Nový motor, který byl založen na závodním motoru VR 1000 - čtyřválcovém, s DOHC rozvodem, chlazeným vodou, se střídavě uspořádanými válci ve tvaru V s úhlem 60° a vícediskovou spojkou.

Stejně jako u většiny motocyklů, motor, spojka a přenosové ústrojí V-Rod jsou umístěny v jednom prostoru. Tento prostor je rozdělena horizontálně, kliková hřídel a přenosové ústrojí vstupní a výstupní hřídele jsou umístěny kolmo k směru jízdy. Přenosové ústrojí a řadicí mechanismus (pedál) je umístěn v zadní části.

Tento motocykl má dlouhý rozvor, nízko položené těžiště a vysoce uložené přední kolo, které umožní dosáhnout velmi vysokého počátečního zrychlení. Z těchto důvodů nehrozí nebezpečí jízdy po zadním kole i při extrémní akceleraci.

Maximální hodnoty zrychlení (téměř až 1,3 g) bylo dosaženo v krátkém období zkoušek. Je to hodnota, kterou se může pyšnit velmi málo sportovních motocyklů. To vyžaduje schopnost akcelerace spojky, která se dokáže vypořádat s vysokými nároky při zrychlení. U motoru V-Rod nehrozí ztráta kontroly motocyklu při zvedání předního kola od vozovky.



Obr. 41. Spojka se
zobrazením vstupního hřídele [12]

Devítidisková spojka běží v motorovém oleji a má třecí průměr 130 mm. Hliníkové třecí disky jsou vybaveny adhezivními příločkami, řídící disky jsou vyrobeny z ocelového plechu. Vnější a vnitřní klece spojky jsou hliníkové odlitky. Pět pružin uvnitř vnitřní klece působí na disky. Spojka je ovládaná hydraulickým válcem zamontovaným v krytu spojky.

Integrovaný tlumič snižuje vrcholky točivého momentu, které mohou vyplynout z nerovnoměrné rotace, rezonujících ozubených kol spojky. Disky spojky jsou vystaveny extrémnímu tepelnému zatížení při náhlých zrychleních - to vyžaduje speciálně navržené mazání. Komora v náboji spojky dodává správného množství oleje do devět třecích disků v souladu s jejich tepelným zatížením. Vhodné množství náplně (oleje) se stanoví na základě extrémních akceleračních testů a měření při přetáhnutém kroutícím momentu.



Rezonance v hnacím ústrojí se objevila při vysokém zatížení komponent od klikového hřídele k zadnímu kolu. Bylo to nezbytně nutné pro jemné vyladění oscilačních vlastností, které byly způsobeny nerovnoměrným otáčením motoru a „ztuha“ poháněné zadní kolo ozubeným řemenem. I když je ozubený řemen používán z důvodu nízké údržby, je dvakrát tak tvrdý, jak řetěz disku a tím vytváří velmi vysoké špičkové zatížení v hnacím ústrojí.

Obr. 42. Uložení převodovky v klikové skříni [12]

Bylo možné konstrukčně snížit zatížení na nižší úrovni instalací tlumiče pohonu v zadním kole. Hnací ústrojí také dokazuje vynikající reakce přizpůsobení změnám zatížení na silnici.

Převodovka je pěti-rychlostní s konstantním záběrem předlohového hřídele s klasickým dvou-hřídelovým uspořádáním a sekvenčním přesouváním. Všechny přesouvané složky jsou umístěny ve spodní části klikové skříně, hřídele převodovky jsou umístěny v dělené rovině klikové skříně. Převodovka je navržena pro vstupní moment 200 N·m.

Všechna ozubená kola běží na jehlových ložiskách, které jsou spolu s hřídelí spojeny obvyklým způsobem prostřednictvím operační objímky pro 1., 3., 4. a 5. kolo a posuvně pro 5. a 2. kolo. Hřídele jsou podepřeny pevnými a volnými ložisky, které jsou dostatečně dimenzované, aby se vyrovnaly s radiálními silami vyskytujícími se v průběhu cyklu. Na výstupní straně, síly vyvozené řemenem musí být pohlceny v dalším ozubeném kole. Jako pevná ložiska jsou použita dvouřadá kuličková ložiska.



Obr. 43. Zobrazení jednotlivých převodových stupňů [12]

2.7. KONSTRUKČNÍ ZAJÍMAVOSTI PŘI SPOLUPRÁCI NA ZAKÁZKÁCH

Pouze díky schopným a pracovitým technikům, inženýrům a konstruktérům mohly vzniknout ve spolupráci Porsche s jinými společnostmi tyto mnohdy odlišné a technicky zajímavé výrobky různých společností. Na následujícím obrázku je nastíněn chronologický přehled výrobků, které vznikly díky dlouhodobým zkušenostem a tvůrčím nápadům.

1954	1959	1973	1975
			
"Jagdswagen" Typ 597	PFM 3200 aircraft engine	Long-term research project	SAVE
This vehicle is a true all-rounder; it can be driven on- and off-road and it is also amphibious. It was developed in 1954 for the German army. The all-wheel-drive off-road vehicle had the opportunity to demonstrate its technical superiority. During a presentation, the Typ 597 had to pull its competitors out of the mud where they had become stuck.	From 1959 onwards Porsche had a programme for developing small aircraft engines. In 1981 the development process made a quantum leap forward with the PFM 3200 aircraft engine. The engine was based on the familiar and multi-talented flat-six engine from the 911 which had been extensively modified and fitted with a propeller.	In 1972 the Club of Rome published a report called "The Limits to Growth". Porsche's response was a long-term research project known as the FLA. The aim was to cover 300,000 kilometres in 20 years in one car. Durable and reusable materials were used in order to achieve the main objective of saving resources.	The SAVE vehicle is designed to provide emergency treatment after accidents. The modular design allows a conventional small van, for example, to be converted into an ambulance. The SAVE system was created in 1975 and set standards in ambulance design throughout the world.

1977	1979	1980	1981
			
ORBIT	Typ 995	Typ 960	Airbus cockpit
The ORBIT is a fire service vehicle. ORBIT stands for optimum rescue and fire fighting capabilities with integrated assistance. Depending on requirements, different modules can be added to the basic design. This research study from 1977 has a similar modular design to the SAVE ambulance and also played a pioneering role.	In Weissach Porsche carried out a research study with the internal code 995 on behalf of the German Federal Ministry of Research and Technology. The study was based on the 928. The focus was on noise emissions and fuel consumption, along with a number of active and passive safety measures.	A research study in 1980 with the name Typ 960 aimed to reduce fuel consumption without weakening safety-related components. To this end, the body was made from HSLA steels. The use of high-strength, low-alloy steels represented a major innovation in car design in 1980.	In the early 1980s Porsche developed a new cockpit in cooperation with aircraft manufacturer Airbus. To improve working conditions in the cockpit, the engineers from Weissach put themselves in the position of the pilots. The development of the cockpit layout created a new trend in which monitors replaced the then standard analogue instruments.

Tab. 4. Spolupráce inženýrů od Porsche na vývoji zařízeních v průběhu let (1. část) [21]

Ústav automobilního a dopravního inženýrství
SPORTOVNÍ VOZY PORSCHE – OD HISTORIE PO SOUČASNOST

1981	1984	1987	1994
			
Linde forklift truck	TAG – McLaren	Boat engine	C88 Chinese concept car
Porsche began developing an entire model range of innovative forklift trucks for Linde AG at the beginning of the 1980s. This was not so much business as pleasure, because it allowed Porsche to demonstrate that industrial trucks do not have to be ugly.	This 1.5 litre engine produces more than 1000 bhp. The high-performance engine was developed for the British racing team McLaren which dominated Formula 1 at the beginning of the 1980s and won three world championships in a row.	An engine, based on the 8-cylinder 928 engine, was developed in 1987 for use in offshore racing boats. A four-valve version was used and it was fitted with KKK turbochargers with cooled turbo housings. The charge air and the exhaust system were cooled using sea water.	Porsche presented the C88 concept car, which was specially developed for the Chinese market, at an international family car conference in Beijing in November 1994. There is a particular reason behind the name C88 given to this model for the Far East. In Chinese the number 88 means "good luck".
1996	2001	2004	2007
			
Harley Davidson – V-Rod, VR1000 race engine	DeWind – wind turbine	Alber – wheelchair	Fendt – tractor
In 1984 Porsche developed the Evolution engine and participated in the design of the Revolution engine. The V-Rod was the first water-cooled Harley engine. In 2002 the engineers in Weissach developed the race engine, ready for volume production. This was the start of a new Harley Davidson model range.	In the early 1940s, Porsche designed a range of wind power plants for generating electricity. This involved important research in the field of renewable energy. Designers today are still making use of the experience gained on this project. In 2001 Porsche produced this design for a wind turbine for the Lübeck-based DeWind AG.	The development of an off-road electric wheelchair in 2004 represented unknown territory for Porsche. The name of the spring-suspension model, which was developed on behalf of Ulrich Alber GmbH, was "Adventure". The wheelchair had hydraulic damping and full independent suspension.	Porsche has a long tradition of designing agricultural machinery, dating back to its "Volkstraktor", a best seller in the 1930s. Current developments, such as this Fendt tractor, are an impressive combination of technical expertise and the styling which is characteristic of Porsche.

Tab. 5. Spolupráce inženýrů od Porsche na vývoji zařízeních v průběhu let (2. část) [21]

ZÁVĚR

Zobecněným cílem této bakalářské práce bylo seznámit její čtenáře se zajímavými konstrukčními „skvosty“ z produkce světoznámé, původem německé automobilní společnosti Porsche. Jedná se automobilový koncern světového formátu, pod který spadají další renomované dceřiné společnosti, jako jsou například Volkswagen Group, Audi, Bentley, Bugatti, Lamborghini, Seat, Scania i jeden náš český zástupce – Škoda Auto (která spadá pod Volkswagen Group, potažmo Porsche). Značka Porsche je u většiny lidí po celém světě symbolem jedinečné kvality jejich výrobků. Vždyť automobilka vyváží své vozy do celého světa, a tak není divu, že tyto vozy lze vidět mimi Evropu i například v Americe, Asii tak třeba i v Austrálii. Z toho pohledu jistě nepřekvapí, že se jedná o automobilku s nejvyššími zisky na světě.

Společnost se snaží o co možná nejvyšší hospodárnost (především minimalizace spotřeby paliva ve spalovacích motorech, snížení produkce škodlivých emisí ...) a přitom splňovat vysoké požadavky a budoucí cíle, které si sama stanovuje. Jedná se prvořadě o kvalitu veškerých částí, dále také o „nepříjemné“ otázky ohledně zvyšujícího se zájmu o ochranu životního prostředí a v neposlední řadě převážně o bezpečnost cestujících za každé možné nastalé situace. Samozřejmě typickým rysem mnoha automobilek je zájem o fascinaci z modelů nových vozů svých budoucích majitelů především nekonvenčními, do jisté míry „inovátorskými“ a spolehlivými vozy.

V každé úspěšné společnosti hrají bezpochyby hlavní roli její zaměstnanci – tedy přece jenom lidé, kteří jsou díky svým jedinečným vědomostem, kreativností schopni vytvářet nové a „neotřelé“ vozy. To by dozajista nebylo možné bez nasazení nejnovějších výrobních a technologických postupů, strojů (robotů) a další nezbytně nutné technologii ve výrobě každého vozidla.

Do budoucna jsou dle mého názoru perspektivní hybridní koncepty vozidel, které již dnes sklízí úspěchy od konkurenčních automobilek především v Asii. Neustálé zvyšování cen ropy a benzínu mnohé zájemce při koupi nových vozů odrazuje jejich příliš vysoká spotřeba. Proto se domnívám, že bude nezbytné se nadále snažit o co nejvyšší minimalizaci, ovšem při zachování výkonnostních a momentových charakteristik.

Obrovské rezervy spatřuji ve využití nových materiálů, které jsou na jiné bázi než klasická ocel. Tato cesta vedla již například k vývoji keramické spojky (PCCC) u závodních modelů, keramických diskových kotoučů brzd (PCCB). Nemálo významné je využití lehkých slitin, převážně na bázi hliníku při konstrukcích karoserií, u kterých bylo dosaženo značné úspory celkové hmotnosti

Při psaní této práce jsem se snažil o nalézání co největšího množství informací a dat. To ovšem byl v některých případech nadlidský výkon, převážně z důvodu, že každá prestižní automobilka se snaží své technologie „uchránit“ před vzrůstající konkurencí.

SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ A TABULEK

SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

- Obr. 1. Ferdinand Porsche představuje dětem model vozu Porsche 356 [26]
Obr. 2. Systém Lohner-Porsche (elektromotory uloženy v předních kolech) [25]
Obr. 3. Čtyřmístný hybridní vůz Lohner-Porsche s pohonem všech kol [5]
Obr. 4. Podvozek Auta Unie [6]
Obr. 5. Auto Union C/D V12 – pohled na zád' do motorového prostoru [6]
Obr. 6. Porsche 64 – pohled na oblou karoserii vyrobenou z lehkých slitin [7]
Obr. 7. Volkswagen Schwimmwagen (zadní pohled na lodní šroub) [9]
Obr. 8. Volkswagen Schwimmwagen – boční pohled [9]
Obr. 9. Německý tank Tigr I (designový návrh od Porsche) [24]
Obr. 10. Porsche 356 [10]
Obr. 11. Porsche 356 Speedster [23]
Obr. 12. Porsche 911 Carrera [23]
Obr. 13. 3,8 litrový motor modelu Porsche 911 Carrera S [14]
Obr. 14. Zobrazení toku vzduchu u chlazení předních kotouč. brzd [14]
Obr. 15. Zobrazení vnitřního uspořádání tlumiče u PASM systému [14]
Obr. 16. Keramický perforovaný kotouč s šesti-pístovým třmenem [27]
Obr. 17. Hybridní koncept Porsche Cayenne [2]
Obr. 18. Paralelní uspořádání základních komponent vozu Cayenne Hybrid [2]
Obr. 19. Umístění akumulátoru pod úložným prostorem v zadní části vozu [17]
Obr. 20. Schématické znázornění toků energie ze spalovacího motoru a elektromotoru [17]
Obr. 21. Pohled na palubní počítač při jízdě jen za činnosti elektromotoru [17]
Obr. 22. Vnitřní interiér modelu Panamera [21]
Obr. 23. Znázornění „silového toku“ dvouspojkovou převodovkou [22]
Obr. 24. Zobrazení nastavitelného zadního přítlačného křídla [22]
Obr. 25. Zobrazení aerodynamiky při obtékání vzduchu zakrytovaným podvozkem [22]
Obr. 26. Schématické znázornění použitých materiálů [22]
Obr. 27. Schématické umístění hlavních částí konceptu hybridního Porsche Panamery [20]
Obr. 28. Model odlitku z lehkých slitin skříně dvojspojkové převodovky PDK [18]
Obr. 29. Znázornění přenášení výkonu dvojspojkovou převodovkou PDK [18]
Obr. 30. Řez skříní dvojspojkové převodovky PDK se zobrazením základních částí [18]
Obr. 31. Znázornění funkce systému VarioCam Plus [16]
Obr. 32. Spalovací motor s ventily ovládanými systémem VarioCam Plus [16]
Obr. 33. Schématické zobrazení vstřikovací trysky systému vstřikování paliva [11]
Obr. 34. Zobrazení systému přímého vstřikování paliva [18]
Obr. 35. Umístění keramické spojky a motoru ve sportovním voze Carrera GT [13]
Obr. 36. Upravené keramické kotouče spojky při testování na zkušebním stroji při vysokých otáčkách motoru [13]
Obr. 37. Detailnější zobrazení keramické spojky pro vůz Carrera GT [13]
Obr. 38. Řezání disku vodním paprskem za vysokého tlaku z keramické desky [13]
Obr. 39. Umístění keramické spojky k bloku motoru [13]
Obr. 40. Schématický přehled použitých materiálů v modelu 911 [15]
Obr. 41. Spojka se zobrazením vstupního hřídele [12]
Obr. 42. Uložení převodovky v klikové skříní [12]
Obr. 43. Zobrazení jednotlivých převodových stupňů [12]

SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

- Tab. 1. Základní technické data modelu Porsche 356 [19]*
Tab. 3. Tabulka technických informací keramické spojky [13]
Tab. 2. Srovnání zvýšení výkonu za použití dvojité převodovky PDK u modelů Porsche 911 s 3,6 litrovým a 3,8 litrovým motorem [18]
Tab. 4. Spolupráce inženýrů od Porsche na vývoji zařízeních v průběhu let (1. část) [21]
Tab. 5. Spolupráce inženýrů od Porsche na vývoji zařízeních v průběhu let (2. část) [21]

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Porsche, [online]. Dostupné z :
<<http://en.wikipedia.org/wiki/Porsche>>
- [2] Technologie Porsche, [online]. Dostupné z :
<<http://auto.porsche.cz/zivotni-prostredi/technologie>>
- [3] Hybridní pohon Porsche, [online]. Dostupné z :
<<http://auto.porsche.cz/zivotni-prostredi/hybridni-pohon>>
- [4] Ferdinand Porsche, [online]. Dostupné z :
<http://en.wikipedia.org/wiki/Ferdinand_Porsche>
- [5] Lohner-Porsche Mixte Hybrid, [online]. Dostupné z :
<http://en.wikipedia.org/wiki/Lohner_Porsche>
- [6] Auto Union, [online]. Dostupné z :
<http://en.wikipedia.org/wiki/Auto_Union>
- [7] Porsche 64, [online]. Dostupné z :
< http://en.wikipedia.org/wiki/Porsche_64>
- [8] Volkswagen Kübelwagen, [online]. Dostupné z :
< http://en.wikipedia.org/wiki/Volkswagen_Kübelwagen >
- [9] Volkswagen Schwimmwagen, [online]. Dostupné z :
< http://en.wikipedia.org/wiki/Volkswagen_Schwimmwagen >
- [10] Porsche 356, [online]. Dostupné z :
< http://en.wikipedia.org/wiki/Porsche_356>
- [11] Fuel injection, [online]. Dostupné z :
< http://en.wikipedia.org/wiki/Fuel_injection>

- [12] PORSCHE, Cruiser developed with Porsche Engineering. *Porsche Engineering Magazine, Edition 01/2003* [online]. 2003, č. 1 [cit. 2009-05-21]. Dostupný na WWW: <<http://www.porscheengineering.com/peg/en/press/customeremagazine>>
- [13] PORSCHE, The ceramic clutch – a world first from Porsche. *Porsche Engineering Magazine, Issue 02/2004* [online]. 2004, č. 2 [cit. 2009-05-21]. Dostupný na WWW: <<http://www.porscheengineering.com/peg/en/press/customeremagazine>>
- [14] PORSCHE, Double take on the 911. *Porsche Engineering Magazine, Issue 01/2005* [online]. 2005, č. 1 [cit. 2009-05-21]. Dostupný na WWW: <<http://www.porscheengineering.com/peg/en/press/customeremagazine>>
- [15] PORSCHE, Intelligent lightweight construction for the 911 Turbo. *Porsche Engineering Magazine, Issue 01/2007* [online]. 2007, č. 1 [cit. 2009-05-21]. Dostupný na WWW: <<http://www.porscheengineering.com/peg/en/press/customeremagazine>>
- [16] PORSCHE, Engine power plus. *Porsche Engineering Magazine, Issue 02/2005* [online]. 2005, č. 2 [cit. 2009-05-21]. Dostupný na WWW: <<http://www.porscheengineering.com/peg/en/press/customeremagazine>>
- [17] PORSCHE, Sailing into the future : The Porsche Cayenne hybrid. *Porsche Engineering Magazine, Issue 02/2008* [online]. 2008, č. 2 [cit. 2009-05-21]. Dostupný na WWW: <<http://www.porscheengineering.com/peg/en/press/customeremagazine>>
- [18] PORSCHE, It's what's inside that counts. *Porsche Engineering Magazine, Issue 02/2008* [online]. 2008, č. 2 [cit. 2009-05-21]. Dostupný na WWW: <<http://www.porscheengineering.com/peg/en/press/customeremagazine>>
- [19] PORSCHE, The Typ 356 : The Porsche No. 1. *Porsche Engineering Magazine, Issue 01/2009* [online]. 2009, č. 1 [cit. 2009-05-21]. Dostupný na WWW: <<http://www.porscheengineering.com/peg/en/press/customeremagazine>>
- [20] PORSCHE, The Fourth Dimension : the New Panamera. *Porsche Engineering Magazine, Issue 01/2009* [online]. 2009, č. 1 [cit. 2009-05-21]. Dostupný na WWW: <<http://www.porscheengineering.com/peg/en/press/customeremagazine>>
- [21] PORSCHE, Milestones in Customer Development. *Porsche Engineering Magazine, Issue 01/2009* [online]. 2009, č. 1 [cit. 2009-05-21]. Dostupný na WWW: <<http://www.porscheengineering.com/peg/en/press/customeremagazine>>

DALŠÍ INTERNETOVÉ STRÁNKY

- [22] <http://auto.idnes.cz>
- [23] <http://www.kaiartintl.com/porsche>
- [24] <http://nacismus.mysteria.cz/vendeta/tiger1>
- [25] <http://jalopnik.com/photogallery/lohnerporsche/1001246630>
- [26] <http://www.ridelust.com/happy-birthday-prof-dr-ing-hc-ferdinand-porsche/>
- [27] http://www.tunersgroup.com/Online_Store/browse/cat/Big_Brake_Kits.html