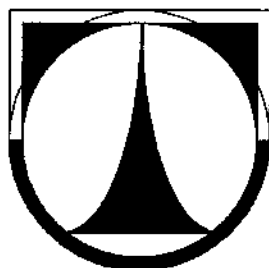


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA STROJNÍ

Katedra vozidel a motorů



**VARIÁTOROVÁ AUTOMOBILOVÁ PŘEVODOVKA
CONTINUOUSLY VARIABLE AUTOMOBILE GEARBOX**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

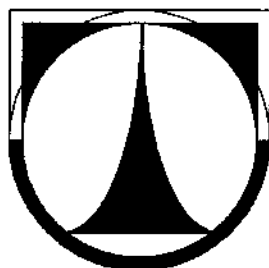
Josef Bareš

Květen 2007

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA STROJNÍ

Katedra vozidel a motorů



Obor 2301R022

Stroje a zařízení

Zaměření

Dopravní stroje a zařízení

VARIÁTOROVÁ AUTOMOBILOVÁ PŘEVODOVKA CONTINUOUSLY VARIABLE AUTOMOBILE GEARBOX

KVM – BP – 134

Josef Bareš

Vedoucí diplomové práce: Dr. Ing. Elias Tomeh

Konzultant diplomové práce: Ing. Robert Voženílek

Počet stran : 56

Počet obrázků: 47

Počet příloh : 28

Počet výkresů : 5

Květen 2007

Místo pro vložení originálního zadání DP (BP)

Variátorová automobilová převodovka

Anotace

Práce se zabývá současným stavem používaných, plynule měnitelných převodovek. Dále se zaměřuje na konkrétní převodovku AUDI MULTITRONIC 01J. U této převodovky popisuje celkové uspořádání, mechanismus řazení, toky výkonu, kinematické a silové poměry. Součástí této práce je návrh stojanu a návrh částečných řezů pro seznámení se s vnitřním uspořádáním převodovky.

Klíčová slova: variátor, multitronic, plynule měnitelná převodovka, CVT, kinematické poměry, silové poměry, stojan

Continuously variable automobile gearbox

Annotation

This work is concerned with present condition of using continuously variable transmissions. Next it is focusing on concrete gearbox AUDI MULTITRONIC 01J. By this transmission it describes overall configuration, gearbox shifting mechanism, load flow, kinematic and force ratio. Part of this work is design of rack and design of local cuts for identification with inner configuration of transmission

Key words: variator, multitronic, continuously variable transmission, CVT, kinematic ratio, force ratio, rack

Desetinné třídění: (př. 621.43.01 - Teorie spalovacích motorů)
Zpracovatel: TU v Liberci, Fakulta strojní, Katedra strojů průmyslové dopravy
Dokončeno : 2007
Archivní označení zprávy: (nevypĺňovat)

Počet stran: 56
Počet obrázků: 47
Počet příloh: 28
Počet výkresů: 5

Prohlášení k využívání výsledků diplomové práce

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom(a) povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

V dne

.....

podpis

Poděkování

V první řadě chci poděkovat vedoucímu této bakalářské práce Dr. Ing. Eliasi Tomehovi a mému konzultantovi Ing. Robertu Voženílkovi. Dále bych rád poděkoval Ing. Josefu Bareši, Luboši Dittrichovi a Vítu Jelínkovi, kteří mi pomohli ve hledání potřebných podkladů a poskytli mi kritiku na tuto práci. Velice děkuji zástupci českého importéra HONDA Zdeňkovi Šolcovi, zástupci společnosti Daimler-Chrysler, českého importéra Mercede-Benz, Dr. Pavlovi Martináskovi, zástupci českého importéra FORD a infoline operátorovi Karlu Majerovi, zástupci českého importéra SUBARU Martinu Čermákovi, zástupci českého importéra a infoline operátorce NISSAN Zuzaně Kreuzigerové. Ing. Marku Fišerovi, technickému školiteli školícího střediska Import VOLKSWAGEN Group s.r.o, za poskytnuté materiály a pomoc při rozborce samotné převodovky, Pavlu Dvořákovi, který mi byl nápomocen při zajištění frézařských prací, MUDr. Aleně Barešové za pomoc u dodatkových frézařských prací a v poslední řadě Josefu Hlaváčovi, který mi pomohl zajistit samotnou výrobu stojanu. Všem těmto lidem děkuji za poskytnuté informace a skvělou spolupráci.

Seznam symbolů a jednotek

i	převodový poměr	[-]
V_z	zdvihový objem	[l]
M	točivý moment	[N*m]
M_h	hnací točivý moment na kole vozu	[N*m]
M_o	moment odporové síly vztažený na poloměr kola	[N*m]
P	výkon motoru	[kW]
n	otáčky motoru	[min ⁻¹]
v	rychlost vozidla	[km/hod]
ω	úhlová rychlost klikové hřídele motoru	[Rad*min ⁻¹]
R_p	vnější poloměr pneumatiky	[m]
i_{sh}	převodový poměr z předlohového hřídele na hnací hřídel variátoru	[-]
i_{hd}	převodový poměr z hnaného hřídele variátoru na vnější ozubení diferenciálu	[-]
i_{pp}	převodový poměr planetového soukolí pro jízdu vpřed	[-]
i_{pz}	převodový poměr planetového soukolí pro jízdu vzad	[-]
i_{ck}^u	náhradní převodový poměr z centrálního kola na korunové kolo při zastaveném unašeči	[-]
i_{vmax}	maximální převodový poměr variátoru	[-]
i_{vmin}	minimální převodový poměr variátoru	[-]
i_{cpmax}	maximální celkový převodový poměr pro jízdu vpřed	[-]
i_{cpmin}	minimální celkový převodový poměr pro jízdu vpřed	[-]
i_{czmax}	maximální celkový převodový poměr pro jízdu vzad	[-]
i_{czmin}	minimální celkový převodový poměr pro jízdu vzad	[-]
j	počet skupin satelitů	[-]
$Z_{př}$	počet zubů kola předlohového hřídele v záběru s kolem hnací hřídele variátoru	[-]
Z_{vhc}	počet zubů kola hnacího hřídele variátoru	[-]
Z_{vhn}	počet zubů kola hnaného hřídele variátoru	[-]
Z_d	počet zubů kola vnějšího ozubení diferenciálu	[-]
Z_k	počet zubů korunového kola planetového soukolí	[-]
Z_c	počet zubů centrálního kola planetového soukolí	[-]

a	osová vzdálenost hnacího a hnaného hřídele variátoru	[mm]
h	výška řetězu variátoru	[mm]
D_{1min}	minimální průměr opsaný středem řetězu na hnací řemenici	[mm]
D_{2max}	maximální průměr opsaný středem řetězu na hnané řemenici	[mm]
D_{2t}	maximální průměr opsaný vrškem řetězu na hnané řemenici	[mm]
c	maximální vzdálenost krajních bodů průměrů opsaných vrškem řetězu na obou řemenicích variátoru	[mm]
δ	rozsah převodovky	[-]
ρ_{vz}	tabelovaná hustota vzduchu	[kg*m ⁻³]
c_x	součinitel odporu vzduchu	[-]
S_x	obsah čelní plochy vozidla	[m ²]
F_o	síla odporu vzduchu	[N]

Obsah

1	Úvod	10
2	Současný stav CVT používaných v osobních automobilech	11
3	Převodovka AUDI MULTITRONIC 01J	34
3.1	Uspořádání převodovky	34
3.2	Mechanismus řazení	43
3.3	Převodové poměry	46
3.4	Charakteristiky	48
4	Návrh učební pomůcky	54
4.1	Částečné řezy	54
4.2	Návrh stojanu	54
5	Závěr	55
6	Seznam použité literatury	56

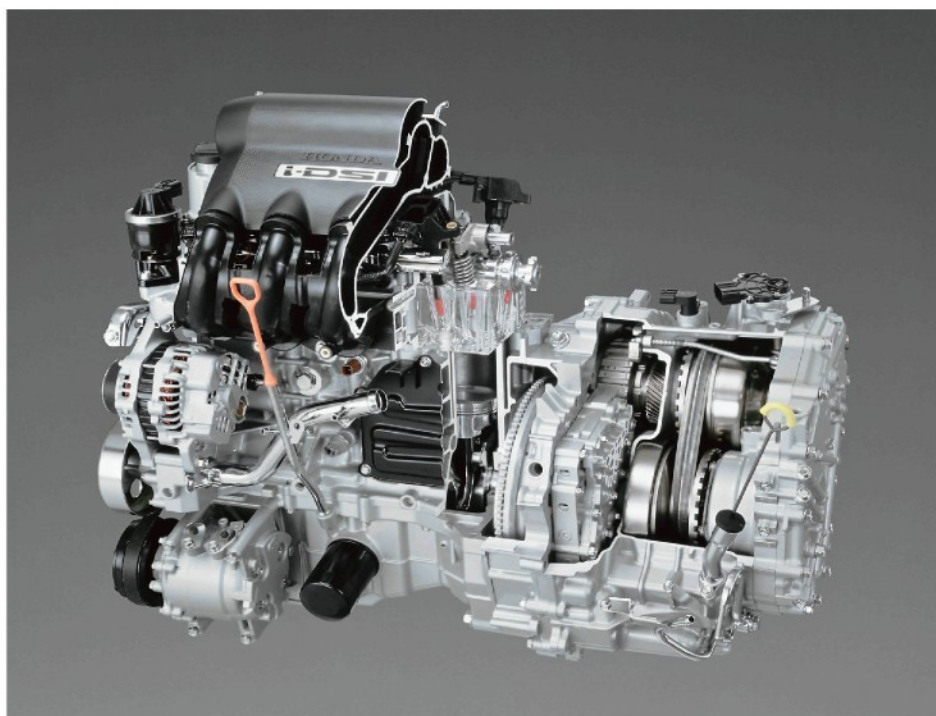
1 Úvod

V úvodu této práce bych rád řekl, že CVT převodovky (continuously variable transmission – plynule měnitelné převodovky) budou mít dle mého názoru v budoucnosti veliký nárůst. Velmi se zvýší jejich procentuální zastoupení v celkovém rozsahu všech používaných převodovek. Budou mít velké uplatnění u komfortních vozů, kde řidič bude chtít mít maximální pohodlí při řízení a možnost volby jízdy bez řazení. Avšak hlavní výhodou CVT převodovky není pouze komfortní jízda pro řidiče, ale pomocí CVT převodovky je také možno udržovat motor v ideálním otáčkovém režimu, kde lze docílit minimální spotřeby paliva nebo snížení emisí, což je hlavně důležité pro výrobce a to z hlediska stále se zpříšňujících emisních norem. Je zde také možnost zvýšení životnosti motoru, protože motor nebude tolik podroben neustálé změně otáček a provozního režimu.

Dnes již CVT převodovky mají i relativně vysokou účinnost. Například u CVT převodovek s kovovým řemenem nebo řetězem se uvádí dokonce účinnost 90-97%. Z toho vyplývá, že CVT převodovky budou mít velký význam při konstrukci a to nejenom automobilů, proto by se měli budoucí konstruktéři seznámit s možnými koncepcemi těchto převodovek. K tomu jim doufám pomůže i tato práce, která má za svůj cíl nejen v začátku popsat současný stav používaných CVT převodovek u osobních automobilů, ale posléze přiblíží vybranou převodovku MULTITRONIC 01J, u které popíše celkovou koncepci této převodovky a vysvětlí řazení převodových stupňů. Dále se bude zabývat toky výkonu, silovými a kinematickými poměry ve vztahu k momentové charakteristice motoru. Součástí této práce bude i návrh pro vytvoření učební pomůcky složené ze samotné převodovky, kde budou navrženy vhodné řezy pro částečné odstranění pláště skříně a případná realizace těchto řezů. Dále součástí bude návrh stojanu, do kterého bude převodovka umístěna. Učební pomůcka bude zřejmě k prohlédnutí na katedře vozidel a motorů na Technické univerzitě v Liberci.

2 Současný stav CVT používaných v osobních automobilech

CVT převodovky v současné době používá již mnoho automobilek, avšak většina z nich je nabízena pouze u několika málo typů. Jednou z těchto automobilek je HONDA. HONDA nabízí v podstatě jedno provedení CVT s variátorem s kovovým pásem, které se liší programem řízení a převodovými poměry. V současné době je nabízena u modelů *CITY* a *CIVIC HYBRID*. V minulosti ji HONDA nabízela ještě s modely *JAZZ*, *CIVIC* a *HR-V*. Označení těchto převodovek od výrobce vozů je *MULTIMATIC*. Tyto převodovky neobsahují hydrodynamický měnič. Používají rozjezdovou vícelamelovou spojku. Zpětný chod je realizován planetovým soukolím.



08/2001

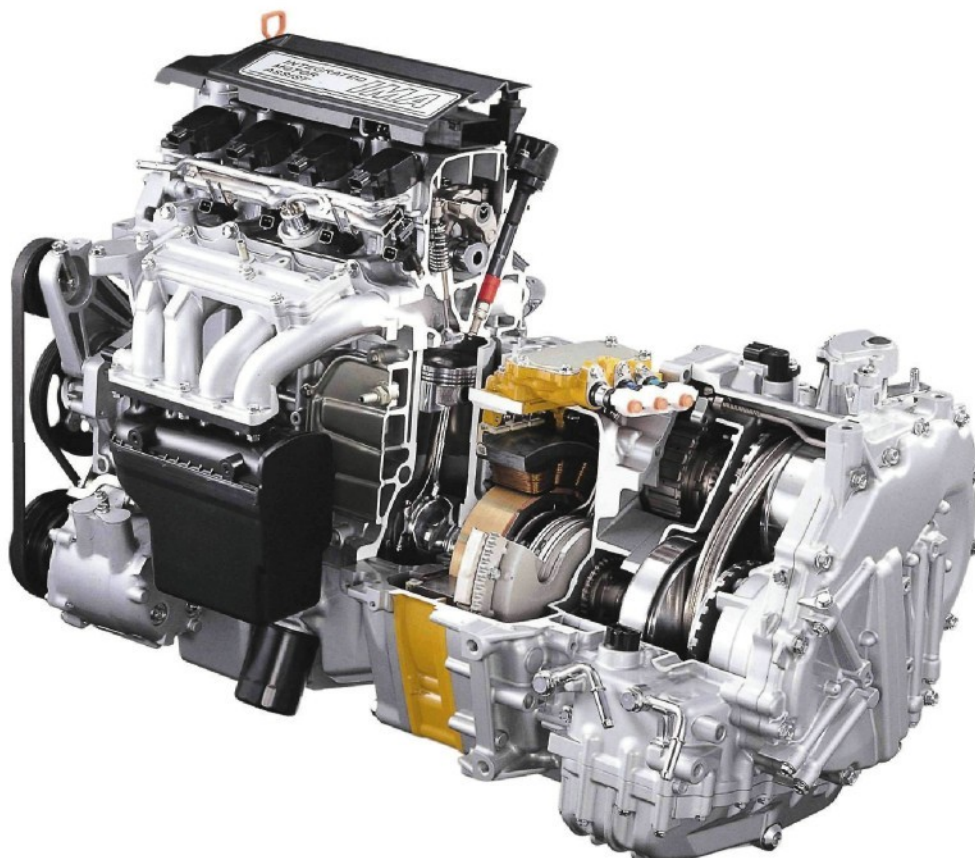


HONDA
The Power of Dreams

Obr. 1 CVT s motorem i-DSI používaná u modelu *JAZZ* | (obrázek poskytnut zástupcem českého importéra automobilky HONDA)

převodový poměr	max.	min.
jízda vpřed	2,367	0,407

Tab. 1 Převodové poměry u CVT používaných u modelu *JAZZ* | (hodnoty poskytnuty zástupcem českého importéra automobilky HONDA)



Obr. 2 CVT s motorem IMA používaná u modelu *CIVIC* | (<http://www.hondanews.eu/>)

převodový poměr	max.	min.
jízda vpřed	2,526	0,421

Tab. 2 Převodové poměry u CVT používaných u modelu *CIVIC Hybrid* | (hodnoty poskytnuty zástupcem českého importéra automobilky HONDA)

Další automobilkou, která v současné době využívá CVT převodovky, je MERCEDES-BENZ. MERCEDES-BENZ zavedl CVT relativně nedávno, udává se rok 2004. Používá ho třída A (BR 169) a třída B (BR 245). Vyrábí se ve dvou podobných provedení, které se liší velikostí maximálního jmenovitého vstupního točivého momentu. Jedná se také o CVT s variátorem s kovovým pásem. Obsahují vždy hydrodynamický měnič. Zpětný chod je realizován planetovým soukolím. Převodovky jsou výrobcem nazývány *AUTOTRONIC*.



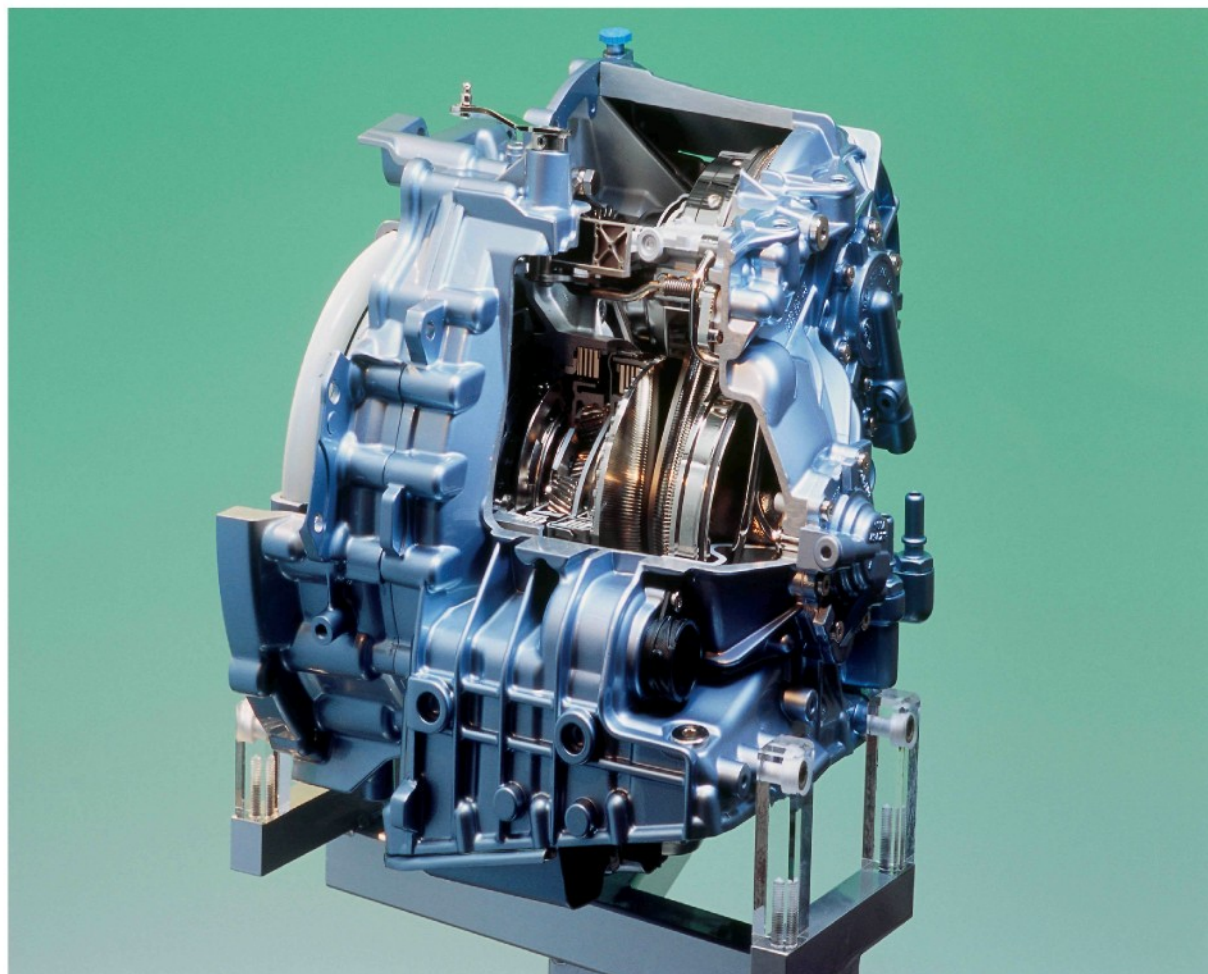
Obr. 3 CVT AUTOTRONIC používaná automobilkou MERCEDES-BENZ |
<http://www.elchfans.de/aklasse Technik/cvt.php>

převodový poměr	max.	min.
jízda vpřed	2,72	0,424

Tab. 3 Převodové poměry u CVT AUTOTRONIC používané u třídy B |
<http://www.einfach-autos.de/autolexikon/buchstabe/wort/?w=Autotronic>

Za zmínku stojí také CVT používaná automobilkou FORD. Dle informací, poskytnutých zástupcem českého importéra, výroba těchto převodovek bez náhrady skončila prosincem 2006. Jelikož je to relativně nedávno a s automobily, které tuto převodovku používají se můžeme setkat, zahrnul jsem ji také do mé práce. FORD zřejmě ukončil výrobu z důvodu malého zájmu o tyto převodovky (dodávané FORDem), jelikož tyto CVT jsou dražší než klasická stupňová převodovka a dle technických informací, dodaných zástupcem importéra, mají motory s těmito převodovkami vyšší spotřebu paliva, produkují větší množství emisí CO₂, vykazují nižší maximální rychlost a zrychlení proti stupňové převodovce, dodávané jako

alternativa k těmto vozům. Tato CVT má od FORDu název *DURASHIFT CVT*. Jedná se o CVT s variátorem s kovovým pásem. Zpětný chod je zde také realizován planetovým soukolím. Převodovka obsahuje hydrodynamický měnič. Byla používána ve vozech *FOCUS* a *FOCUS C-MAX* s motorem 1,6 TDCi 109k a *Fiesta* s motorem 1.4.



Obr. 4 CVT DURASHIFT |

(<http://www.autovia.com/extras/wallpaper/albun79/DurashiftCVT44.jpg>)

převodový poměr	max.	min.
jízda vpřed	2,52	0,423

Tab. 4 Převodové poměry u CVT DURASHIFT |

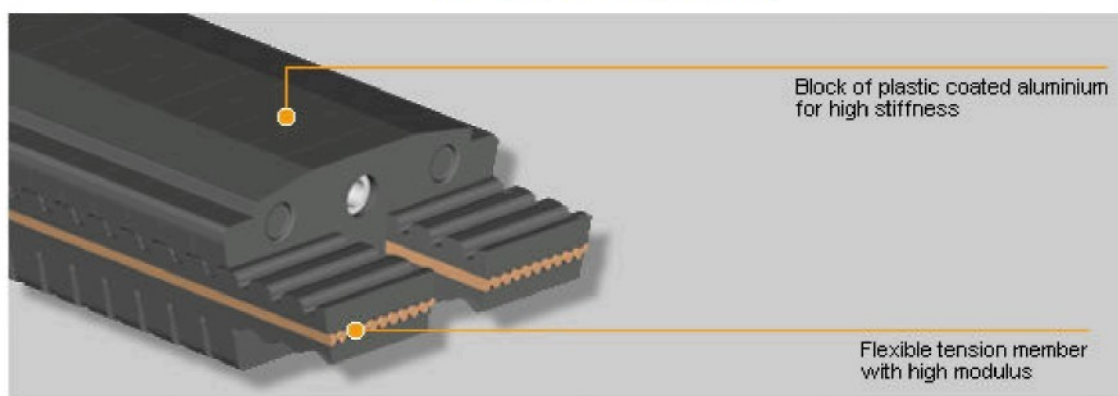
(<http://news.auto.cz/technika/ford-durashift-cvt-plynule-menitelna-alternativa.html>)

V poslední době přišla další automobilka s převodovkou CVT. Jedná se o automobilku AUDI, která vyšla s převodovkou *MULTITRONIC*. Tato převodovka bude v následující kapitole více rozebrána, avšak ve stručnosti se jedná o převodovku CVT s variátorem s kovovým řetězem. Pro představu a porovnání tohoto konstrukčního rozdílu na obr.5,6,7 a 8 vidíme pásy, který se používá u předchozích převodovek. Na obr. 9 je možno vidět kovový řetěz, používaný převodovkou *MULTITRONIC*. Používá elektronicky řízenou, lamelovou spojku. Zpětný chod realizován pomocní planetového soukolí. Tato převodovka a její řízení vykazují snížení spotřeby paliva oproti stupňové automatické, ale i manuální převodovce, což ukazuje tab.G. Je používána vozy AUDI A4, A6, A8.



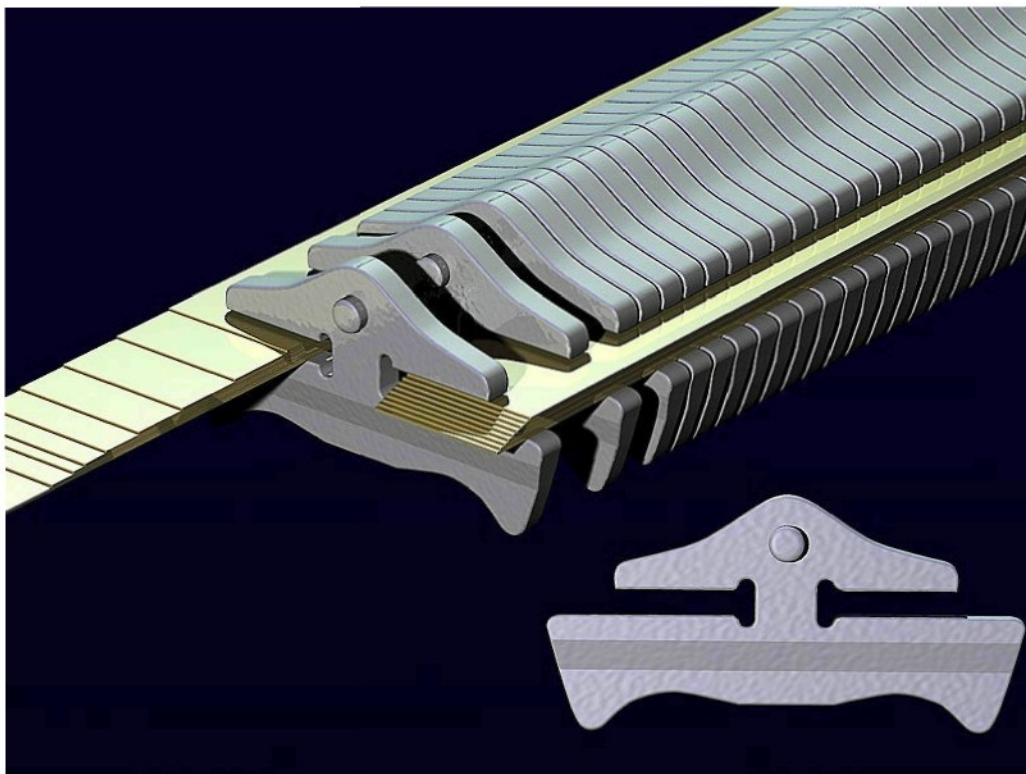
Obr. 5 Plastový pás používaný u CVT |

(http://www.contitech.de/ct/contitech/themen/produkte/antriebsriemen/kfz_erstausruestung/hybridring_e.html)



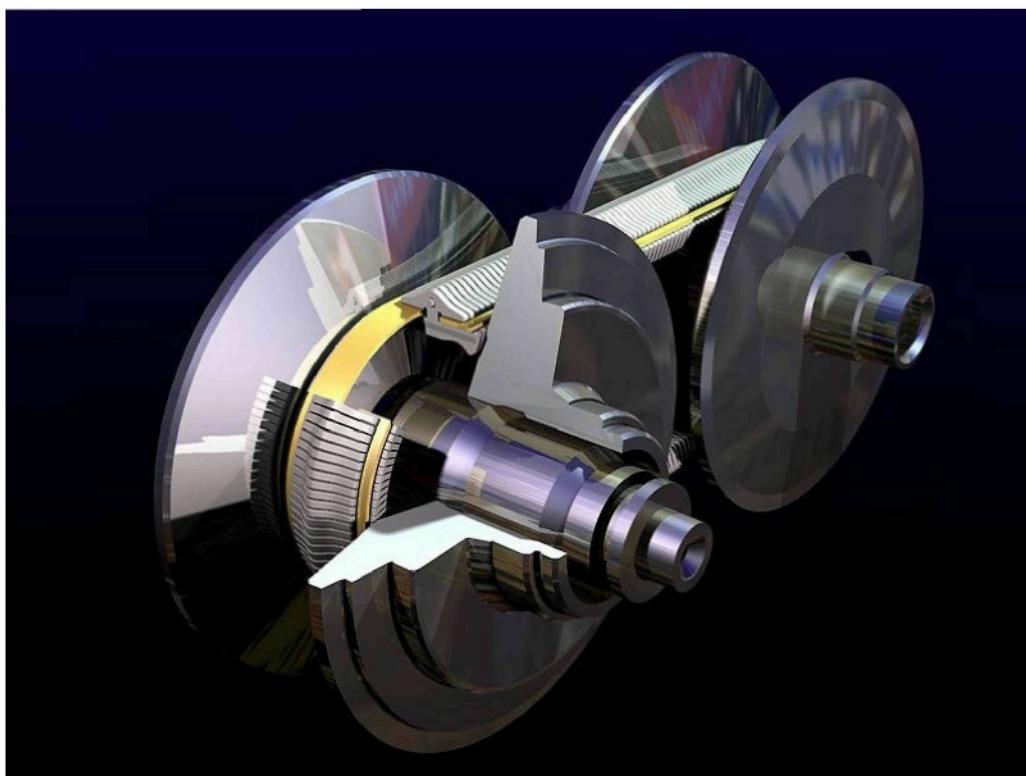
Obr. 6 Řez plastovým pásem |

(http://www.contitech.de/ct/contitech/themen/produkte/antriebsriemen/kfz_erstausruestung/hybridring_e.html)



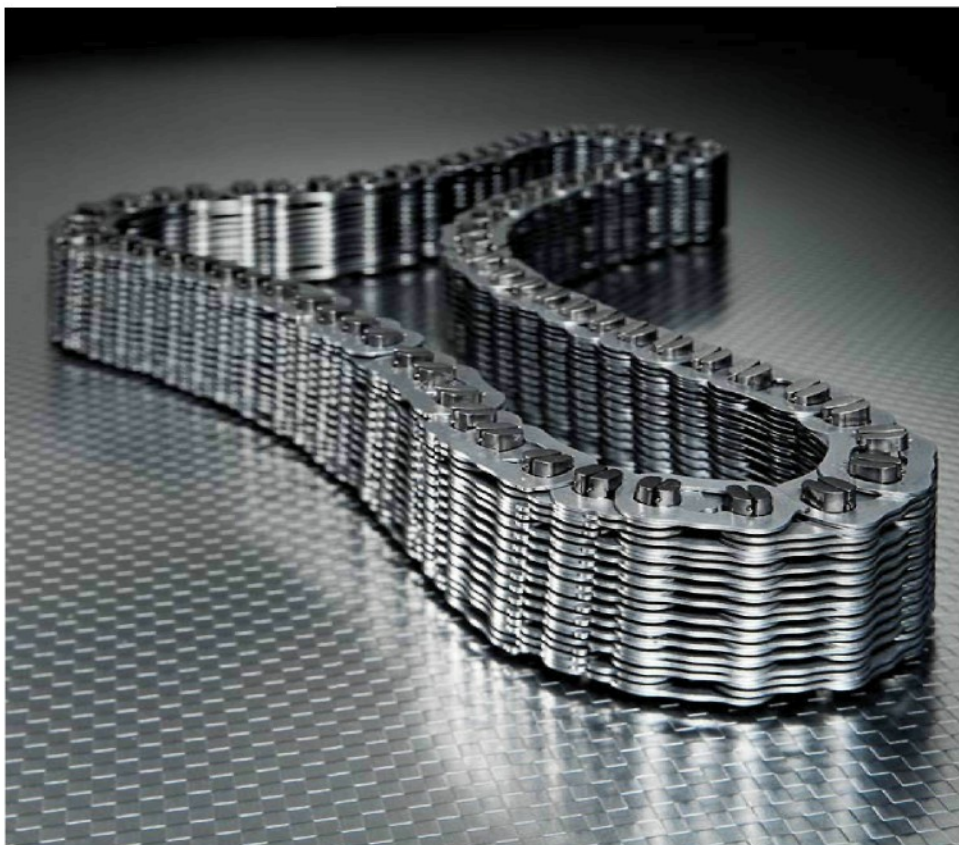
Obr. 7 Kovový pás používaný u CVT |

(<http://www.canadiandriver.com/articles/jk/030402.htm>)

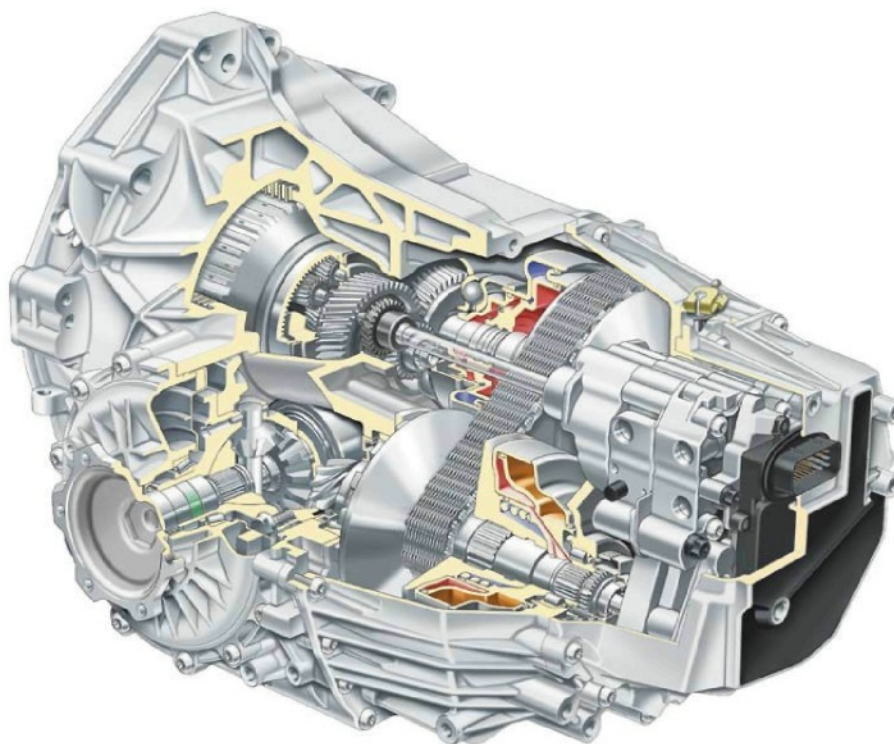


Obr. 8 Pohled na variátor s kovovým pásem |

(<http://www.canadiandriver.com/articles/jk/030402.htm>)



Obr. 9 Kovový řetěz používaný převodovkou *MULTITRONIC* |
(<http://www.audiworld.com/news/99/multitronic/content.shtml>)



Obr. 10 Převodovka *MULTITRONIC* |
(<http://www.audiworld.com/news/99/multitronic/content.shtml>)

	0-60 mph	Fuel consumption
A6 with 5-speed manual	8.2 sec	9.9 litre / 100km
A6 with 5-speed Tiptronic	9.4 sec	10.6 litre / 100km
A6 with Multitronic CVT	8.1 sec	9.7 litre / 100km

Tab. 5 Porovnání spotřeby paliva a zrychlení u stupňové manuální, stupňové automatické a CVT *MULTITRONIC* převodovky |

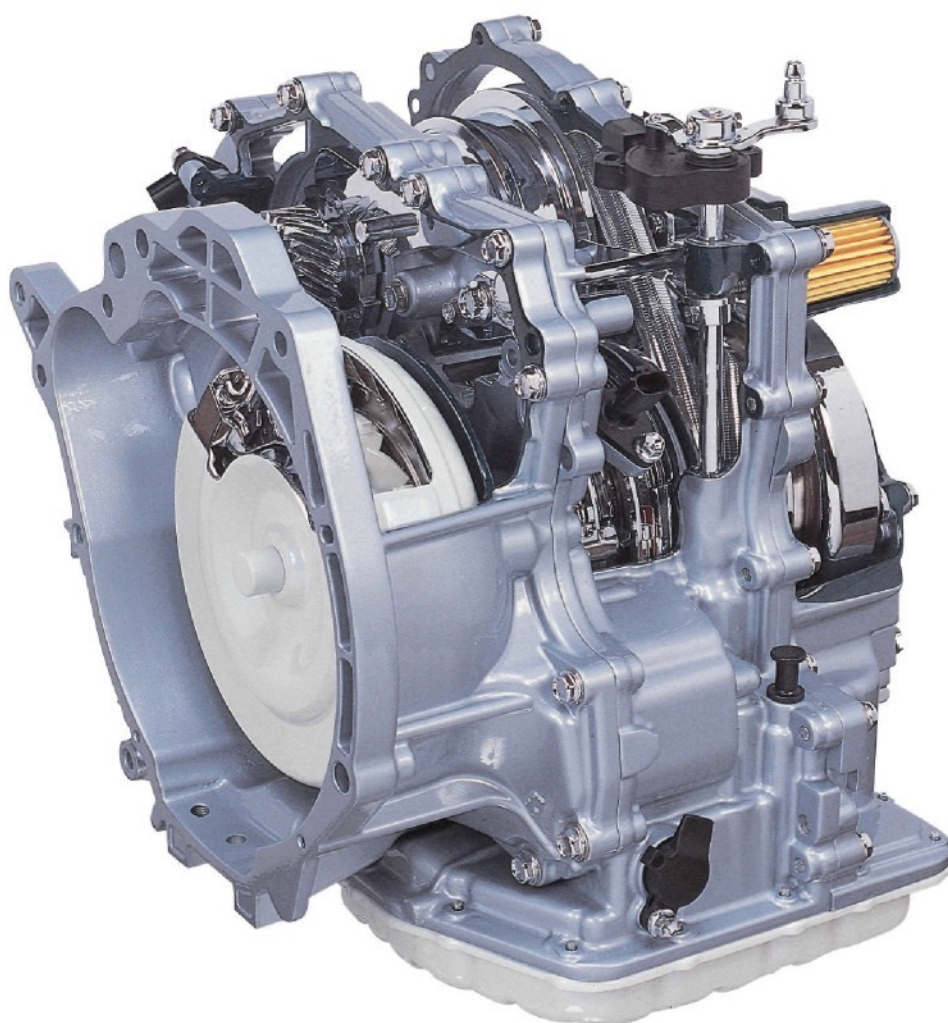
(http://www.autozine.org/technical_school/gearbox/tech_gear_cvt.htm)

převodový poměr	max.	min.
jízda vpřed	2,40	0,40

Tab. 6 Převodové poměry u AUDI *MULTITRONIC* | (Stufenloses Automatikgetriebe multitronic 01J, Selbststudien program 228, vydáno automobilkou AUDI)

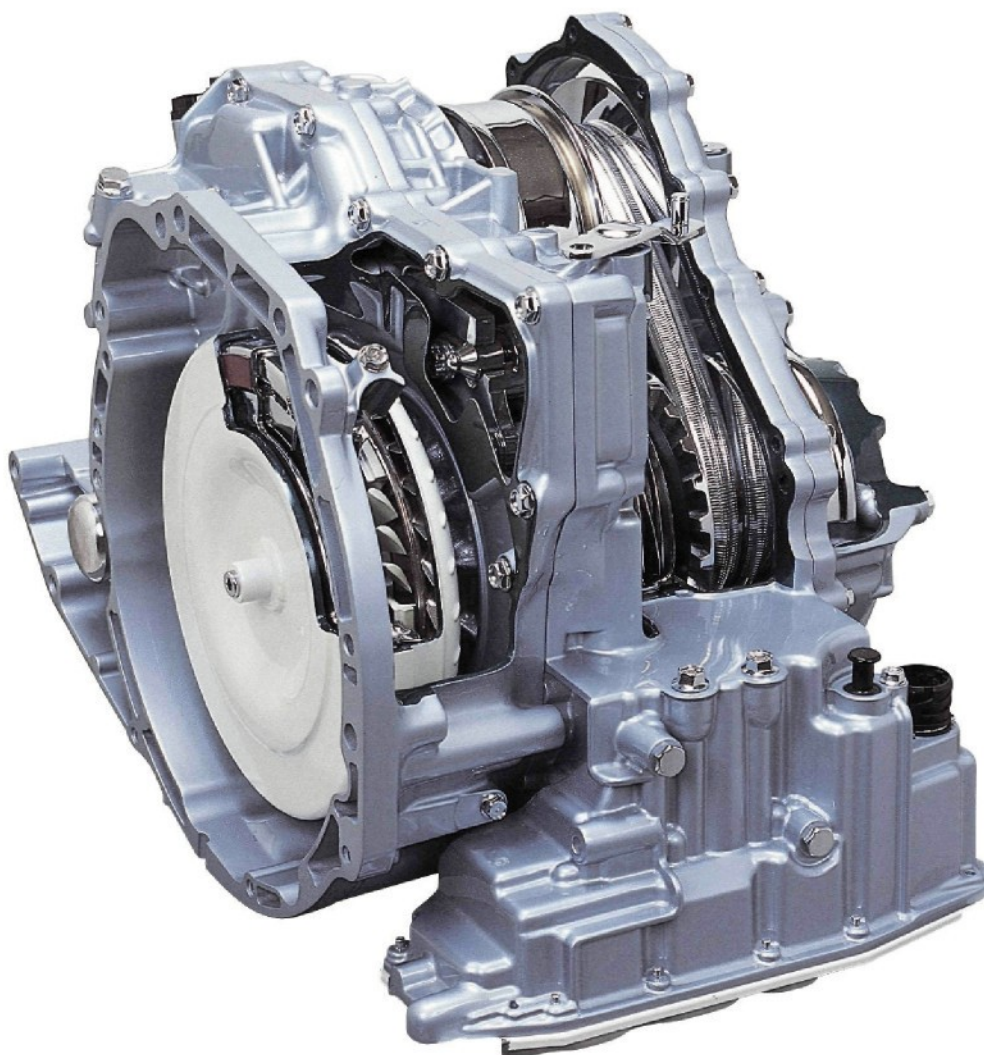
Nyní uvedu společnost, která se zabývá vývojem a výrobou CVT. U této společnosti představím typy vyráběných CVT. Tato společnost dodává tyto převodovky mnohým automobilkám. Jedná se o firmu JATCO Ltd., založená roku 1999.

Prvním typem CVT od společnosti JATCO je JF012E. Jedná se o převodovku určenou pro malé vozidla, která jsou vybavena motory s malým výkonem. Tato převodovka je používána hlavně u vozidel, která mají pohon předních kol. Má vysokou účinnost, nízkou hmotnost a vykazuje snížení spotřeby paliva u motorů, které ji používají. Je používána u vozů SUBARU *STELLA*, SUZUKI *WAGON*. Tato převodovka také používá variátor s ocelovým pásem. Je vybavena hydrodynamickým měničem.



Obr. 11 JF012E | (<http://www.jatco.co.jp/ENGLISH/PRODUCTS/cvt.html>)

Dalším typem, vyráběným společností JATCO, je převodovka JF009E. Tato převodovka se také používá u menších vozidel, avšak tyto vozidla již mohou být vybavena výkonnějším motorem. Uvádí se, že je použitelná pro motory se zdvihovým objemem do 1,8 l. Tato převodovka má také nízkou hmotnost. Lze u ní použít nejen spořivý režim, ale je také stavěna pro rychlou akceleraci. Je použita u vozů NISSAN *TIIDA*, *NOTE*, *CUBE*, *MARCH*, *WINGROAD* a dalších. Je to také CVT, u které je používán variátor s ocelovým pásem. Součástí převodovky je hydrodynamický měnič.



Obr. 12 JF009E | (<http://www.jatco.co.jp/ENGLISH/PRODUCTS/cvt.html>)

Následující typ má označení JFO11E. Tento typ je výrobcem určen pro střední vozy. Převodovka je již schopna přenést větší výkony. Používá se pro motory se zdvihovým objemem do 2,5 l. Má vysokou účinnost. Umí využívat také spořivý i akcelerační režim. Používá se u automobilů NISSAN *LAFESTA*, *SERENA*, *BLUEBIRD*, *SYLPHY*, dále u MITSUBISHI *OUTLANDER*, *DELICA D5*, potom u SUZUKI *LANDY*, výčet uzavřeme DAIMLER-CHRYSLER *DODGE CALIBER*, *JEEP COMPAS*, *JEEP PATRIOT*. Také tato převodovka používá variátor s ocelovým pásem a hydrodynamický měnič.

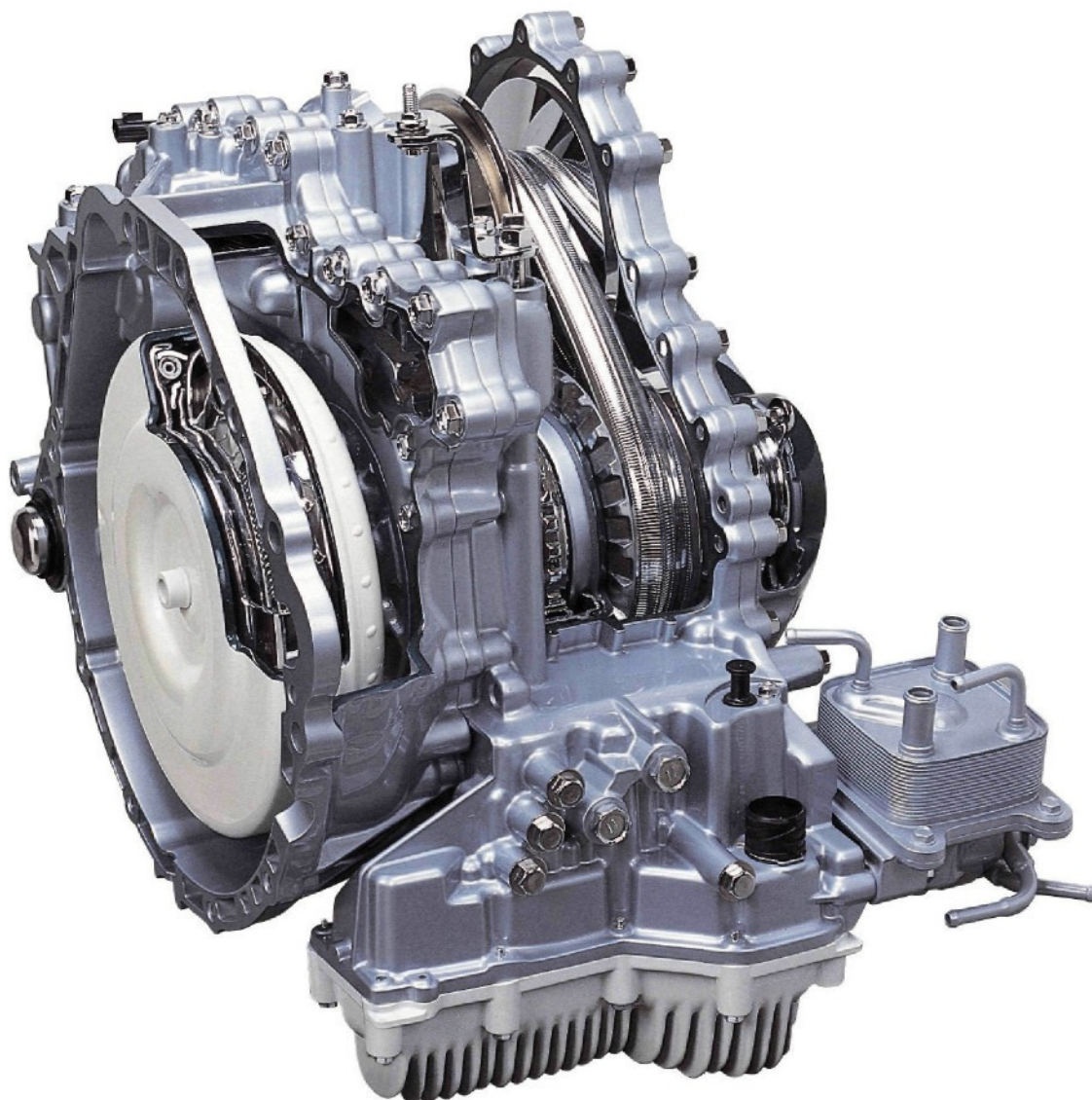


Obr. 13 JF011E | (<http://www.jatco.co.jp/ENGLISH/PRODUCTS/cvt.html>)

Předposledním typem této koncepce je převodovka JF010E. Tato převodovka se používá pro velké osobní vozidla. Je známá také pod označení *XTRONIC CVT*. Tento název má od automobilky NISSAN. Převodovka je určena k přenosu velmi velkých výkonů. Udává se použitelnost pro motory se zdvihovým objemem do 3,5 l. Výrobce udává, že v této třídě byla uvedena jako první na světě. Z důvodu přenosu velkých výkonů můžeme vidět na obr. 14, že převodovka je již vybavena masivnějším pasivním chladičem hydraulického oleje (žebrování na spodku převodovky). Tato převodovka je také vybavena variátorem s ocelovým pásem a hydrodynamickým měničem. Používá ji zatím výhradně automobilka NISSAN ve vozech *TEANA*, *PRESAGE*, *MURANO*, *MAXIMA*.

převodový poměr	max.	min.
jízda vpřed	2.371	0.439

Tab. 7 Převodové poměry u NISSAN X-TRONIC CVT |
http://www.vibratesoftware.com/html_help/html/Diagnosis/Reference/CVT_Transmissions.htm)



Obr. 14 JF010E (NISSAN X-TRONIC CVT) |
<http://www.jatco.co.jp/ENGLISH/PRODUCTS/cvt.html>)



Obr. 15 JF010E (NISSAN X-TRONIC CVT) |

(<http://www.cutawaycreations.com/IMAGES/car6/gallery6.html>)

Za zmínku také stojí CVT převodovka *F1C1*. Je to poslední typ této koncepce, kterou společnost JATCO nabízí. Jedná se dle výrobce o ultra-lehkou převodovku, vhodnou do malých vozidel. Má velkou účinnost. Jako všechny typy této koncepce je vhodná pro vozidla s pohonem předních kol. Jde zde též využito variátoru s ocelovým pásem.

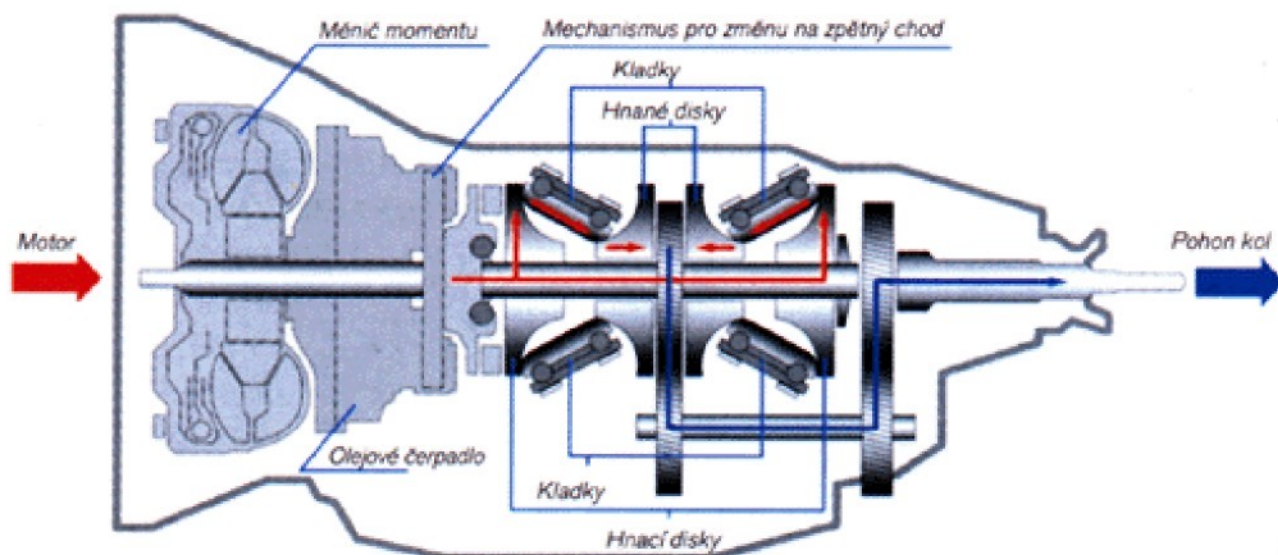


Obr. 16 F1C1 | (<http://www.jatco.co.jp/ENGLISH/PRODUCTS/cvt.html>)

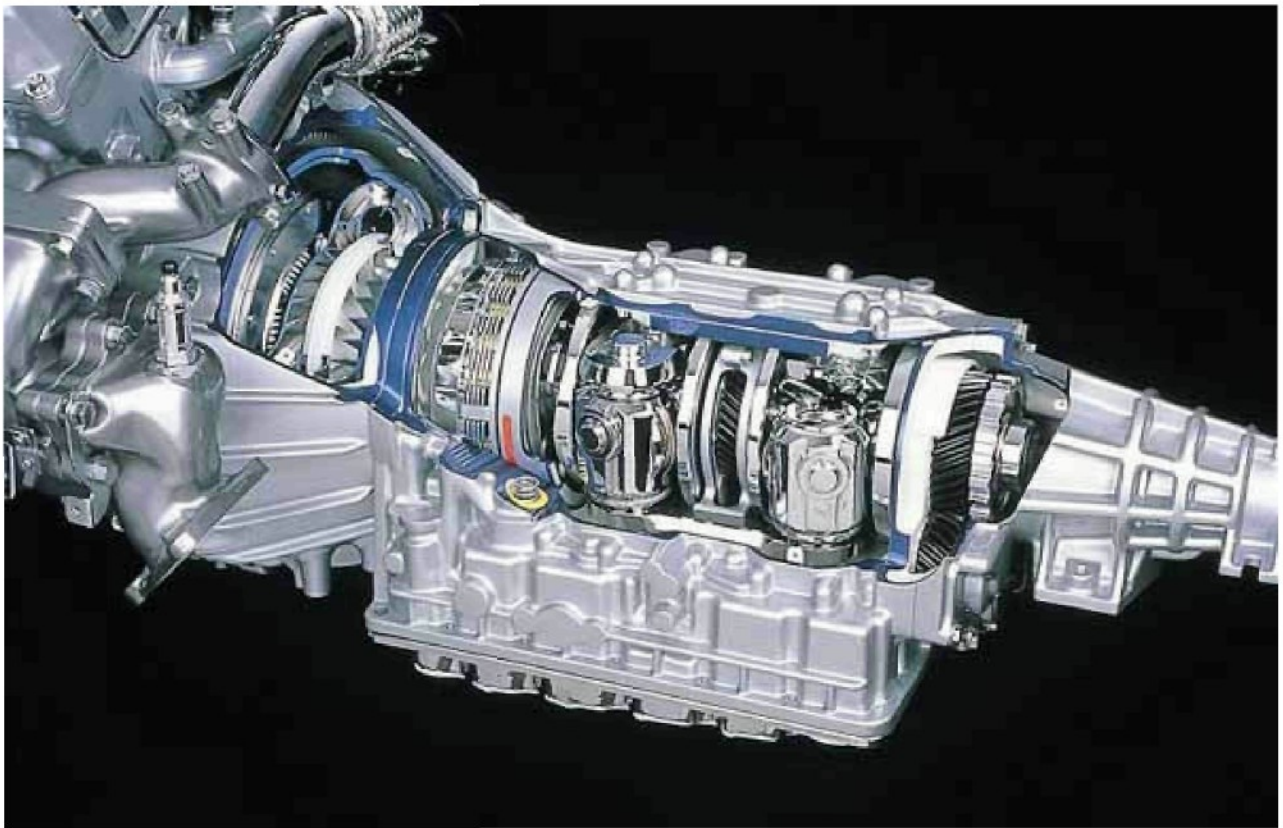
Společnost JATCO vyrábí také CVT převodovku vhodnou pro vozidla s pohonem zadních. Má označení *JR006E*. Je spíše známá pod názvem *EXTROID CVT*. Toto označení má také jako předchůzí *X-TRONIC* od automobilky NISSAN, pro kterou je zatím výhradně určena. Jedná se o unikátní konstrukci a řešení převodu. *EXTROID CVT* nepoužívá klasický variátor s pásem nebo řetězem. Je zde použit tzv. toroidní variátor (viz obr. 17). Lze ji použít pro přenosy velikých výkonů a momentů. Udává se až 400 N*m. Změna převodového poměru je realizována postupným nakláněním dvojice pohyblivých kladek. Tato konstrukce umožňuje extrémně rychlou změnu převodového poměru. Převodovka je vybavena hydrodynamickým měničem.



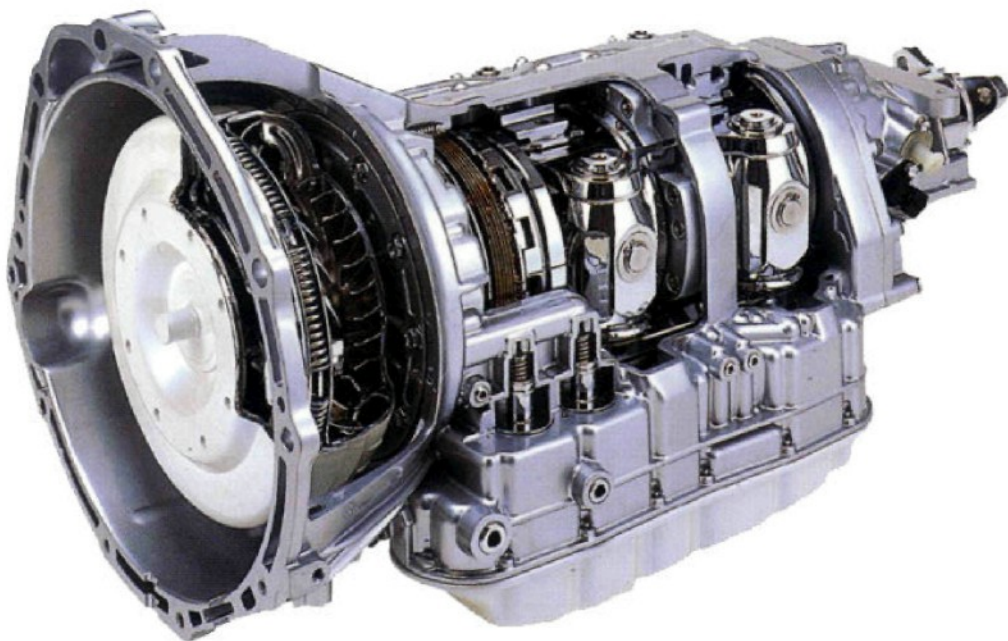
Obr. 17 Toroidní variátor | (<http://www.histomobile.com/histomob/tech/2/90.htm>)



Obr. 18 Schéma *EXTROID CVT* | (<http://www.nissan-jpn.cz/galerie/tech08.html>)



Obr. 19 *EXTROID CVT* | (<http://www.histomobile.com/histomob/tech/2/90.htm>)



Obr. 20 *EXTROID CVT* |
(http://www.in.gr/auto/cartechnology/images/foto_big/in_cvt_jatco_01.jpg)

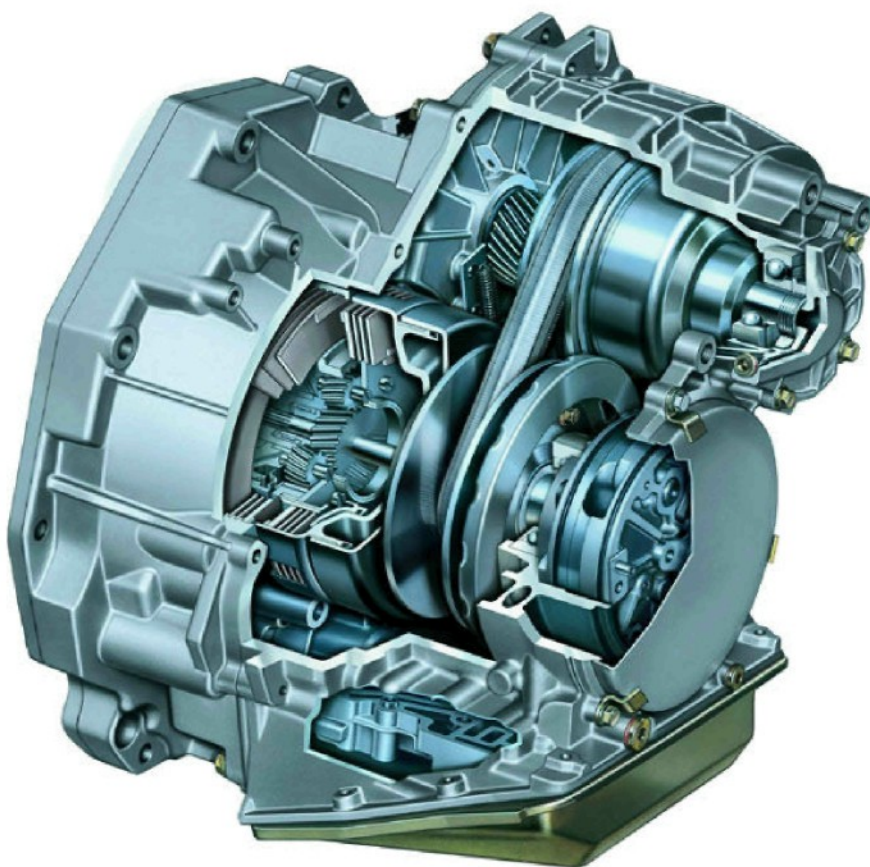
převodový poměr	max.	min.
jízda vpřed	4,36	0,229

Tab. 8 Převodové poměry u NISSAN *EXTROID CVT* |
(<http://www.histomobile.com/histomob/tech/2/90.htm>)

Dalším výrobcem CVT, který stojí za zmínku, je společnost ZF FRIEDRICHSHAFEN AG založená roku 1915. Tato společnost má široké spektrum produktů, z nichž CVT převodovky jsou jen malá část. CVT převodovky od ZF nejsou určeny pouze pro osobní automobily, ale jsou dodávány i pro zemědělskou techniku atd. Budou zde ale uvedeny pouze CVT, které jsou určeny pro osobní automobily. V první řadě musím uvést, že společnost ZF vyvíjela ve spolupráci s FORD MOTOR COMPANY převodovku *DURASHIFT CVT*, který již byla dříve představena. ZF nabízí pro osobní automobily 3 typy CVT, jsou to *CFT 23*, *CFT 30* a *VT1*. *CFT 23* a *CFT 30* se v zásadě neliší pouze velikostí max. vstupního momentu. Jedná se o stejnou koncepci jako *DURASHIFT CVT*. Typ *VT 1* má trochu odlišnější uspořádání. Je dimenzován pro nižší vstupní moment, proto se používá u malých automobilů jako *MINI COOPER CVT*, *MINI ONE CVT*, *ROVER 214/216*, *ROVER 25 a 45*. Všechny tyto typy jsou CVT, používající variátor s ocelovým pásem. Využívají hydrodynamického měniče. U těchto převodovek se uvádí, že dokáží snížit spotřebu paliva oproti 4 stupňové automatické převodovce až o 10%.

Typ	Vstupní moment [N*m]
CFT 23	250
CFT 30	310
VT 1	165

Tab. 9 Velikosti vstupních momentů pro CVT od společnosti ZF |
(<http://www.zf.com/defaultz.asp?id=441&lang=2>)



Obr. 21 VT 1 od ZF používaná ve vozzech MINI CVT |
http://cvt.co.nz/which_cvt_for_what_car.htm

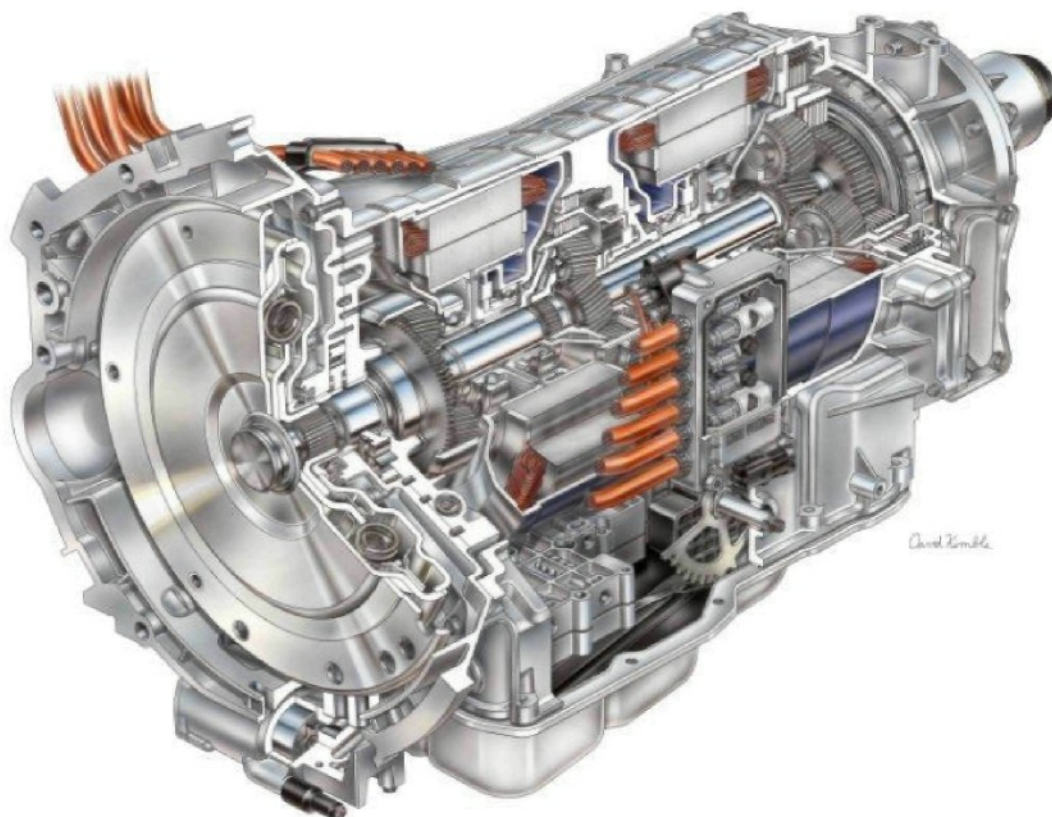
Následujícím výrobcem CVT, kterého představím, je společnost FHI (FUJI HEAVY INDUSTRIES) založená roku 2001. Ta společně s automobilkou FIAT vyvinula převodovku s označením *DLTC46FHJ1AA*. Je to také CVT s variátorem s kovovým pásem. Je to lehká kompaktní převodovka využívající hydrodynamického měniče. Má velkou účinnost. Je vhodná pro menší vozidla, jako jsou FIAT *PUNTO*, *PALIO*, *UNO* a jiné modely FIAT. Tuto převodovku využívala i automobilka SUBARU ve svém voze *JUSTY*. Navíc byl pouze udělaný výstup pro pohon zadní nápravy který se připojoval pomocí tlaku oleje přes elektromagnetický ventil. Další modely SUBARU vybavené CVT od FHI jsou pro příklad *VIVIO*, *PLEO*. Následující automobilkou, která využívala CVT od FHI je NISSAN ve vozzech *MICRA*, *PRIMERA*, *SERENA*, *ALMERA*, *BLUEBIRD*, *AVENIR*, *R'NESSA*, pro úplnost také LANCIA ve voze *Y*. Převodovky v těchto vozzech jsou podobné koncepce.



Obr. 22 DLTC46FHJ1AA od společnosti FHI |
(http://cvt.co.nz/which_cvt_for_what_car.htm)

Poslední skupinou CVT převodovek jsou tzv. ECVT. Jedná se o elektronicky řízené plynule měnitelné převodovky. Tyto převodovky jsou vybaveny speciálním elektromagnetickým měničem, který umožňuje rozjezd vozidla. Většinou jsou použity u hybridních pohonů vozidel, kde je spalovací motor použit pro dobíjení akumulátoru a pohon zajišťuje elektromotor nebo skupina elektromotorů. Plynulá změna převodového poměru je zajištěna planetovým diferenciálem, nebo skupinou planetových diferenciálů, které přerozdělují výkon spalovacího motoru mezi alternátor pro dobíjení akumulátoru a na hnanou nápravu pro podporu elektromotorů. Tyto převodovky, používané u hybridních pohonů, nejsou tedy CVT v pravém slova smyslu.

Jedna z těchto převodovek je vyvinuta ve spolupráci tří velkých společností. Jedná se o automobilky BMW, GM a společnost DAIMLER-CHRYSLER. Součástí převodovky jsou tři planetové soukolí a dva elektromotory pro pohon vozidla. Tato převodovka pracuje v šesti možných režimech. Pracovní bod je řízen elektronickým systémem, který ho optimalizuje pro ideální využití energie.



WorldCarFans.com

Obr. 23 ECVT vyvinutá společnostmi BMW, GM a DAIMLER-CHRYSLER |
(<http://www.worldcarfans.com/news.cfm/newsid/2060428.011/country/gen/general/manufacturers-develop-ecvt-for-hybrids>)



WorldCarFans.com

GM, DaimlerChrysler and BMW
Two-Mode Hybrid Transmission Display

Obr. 24 Struktura ECVT od BMW, GM a DAIMLER-CHRYSLER |
(<http://www.worldcarfans.com/news.cfm/newsid/2060428.011/country/gen/general/manufacturers-develop-ecvt-for-hybrids>)

WorldCarFans.com



GM, DaimlerChrysler and BMW Two-Mode Hybrid
Electric Motors and Planetary Gear Sets

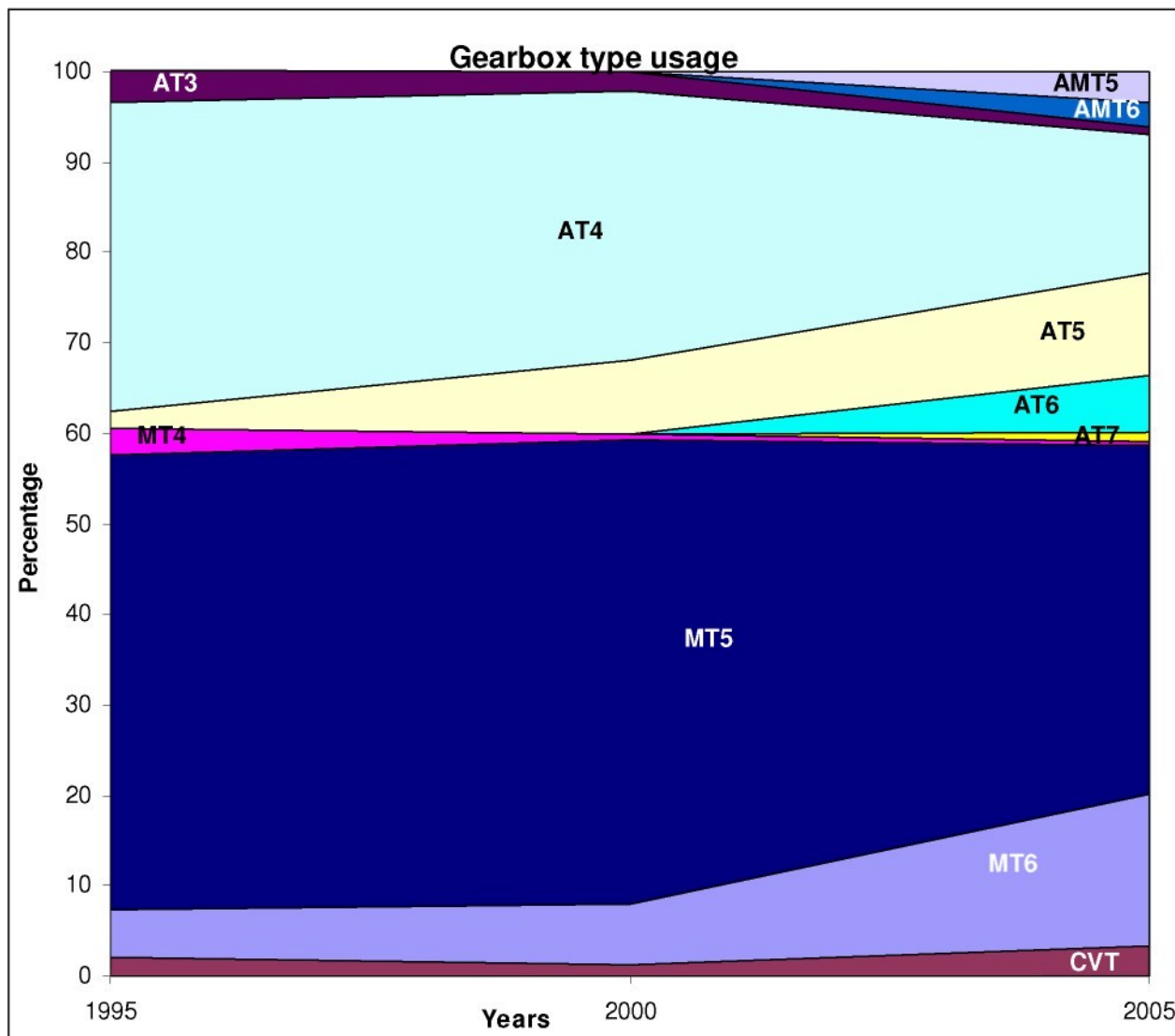
Obr. 25 Detailní pohled na planetová soukolí s elektromotory |
(<http://www.worldcarfans.com/news.cfm/newsid/2060428.011/country/gen/general/manufacturers-develop-ecvt-for-hybrids>)

ECVT využívá také automobilka TOYOTA. Jedná se však o jednodušší konstrukci, kde je použito pouze jednoho planetového diferenciálu. TOYOTA nabízí 4 typy. Jsou to *ECCVT P111*, *P112*, *P310*, *P311* a *Q211*. Liší se velikostí převodového poměru. *ECCVT P111* a *P112* se používají ve voze *PRIUS*. *ECCVT P310* a *Q211* jsou použity u *HIGHLANDER HYBRID*. *P311* se dává do *CAMRY HYBRID*.



Obr. 26 Mechanismus ECCVT u vozu *PRIUS* |
(<http://www.cleangreencar.co.nz/page/prius-transmission>)

Na závěr této části uvedu grafy, které zhruba uvádějí postoj CVT na evropském trhu. V prvním grafu jsou CVT porovnány se všemi dostupnými třídami převodovek. V druhém grafu jsou CVT porovnány pouze ve třídě automatických převodovek.

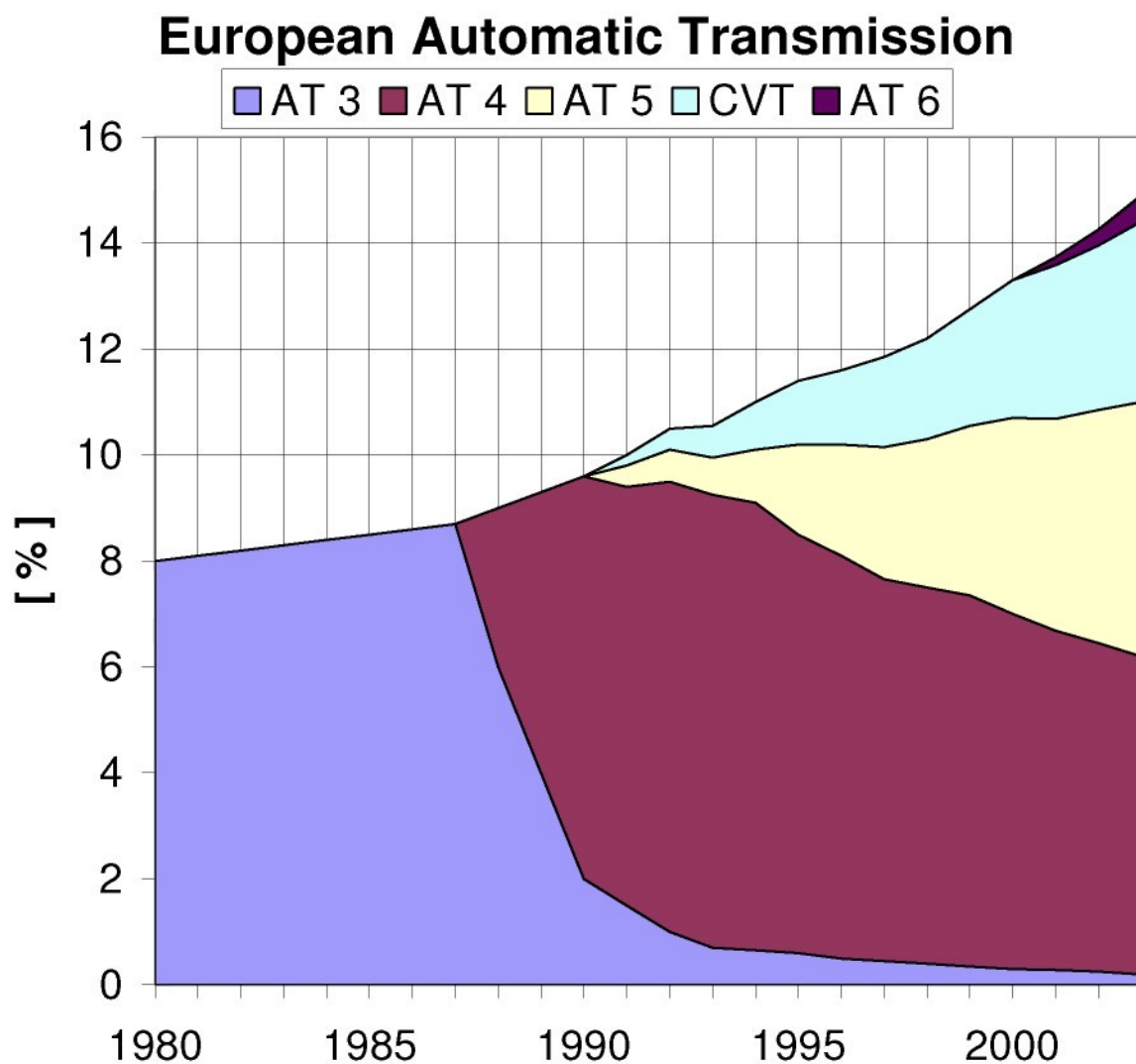


Obr. 27 Graf popisující rozdělení převodovek na trhu | (www.inovace-dmt.fs.cvut.cz/studijni_materialy/6.10.2006_MHP.ppt)

Pozn. (AT-automatické, AMT-poloautomatické, MT-manuální, CVT-plynule měnitelné), číslo za označením znamená počet převodových stupňů v dané třídě.

Z tohoto grafu vidíme, že CVT převodovky nemají na evropském trhu zatím velké zastoupení. Je to zřejmě způsobeno jejich cenou, která je v průměru vyšší než u ostatních převodovek. V případě, kdy se v budoucnu ujmou na trhu hybridní pohony, je možno očekávat nárůst CVT převodovek a to zejména ECVT.





Obr. 28 Graf popisující rozdělení automatických převodovek na evropském trhu |
www.inovace-dmt.fs.cvut.cz/studijni_materialy/6.10.2006_MHP.ppt

Tento graf nám naznačuje, že v oblasti automatických převodovek, CVT zaujímají stále větší část. I když zastoupení je stále jen v jednotkách % v celkovém množství.

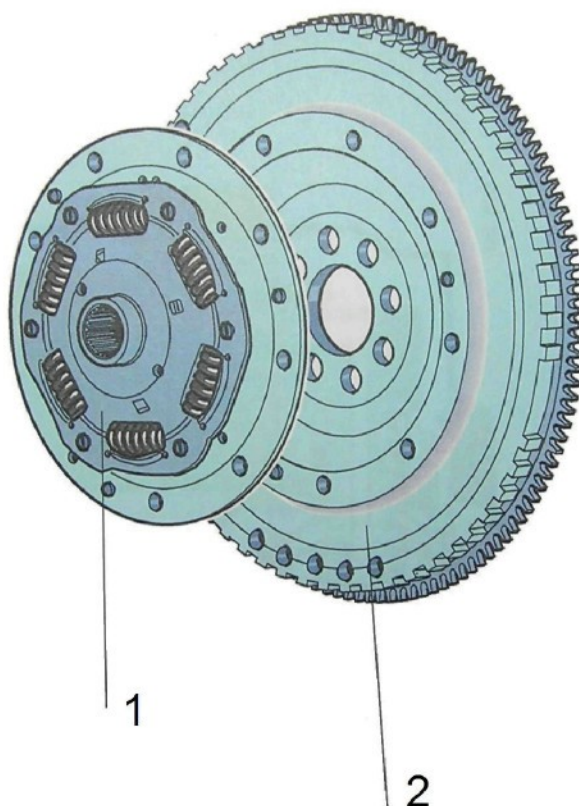


3 Převodovka AUDI MULTITRONIC 01J

Jak jsem již zmínil v 1. části, jedná se o CVT převodovku pracující na principu klínořemenového variátoru. Je zde použit oproti ostatním typům místo kovového pásu ocelový lamelový řetěz, který byl vyvinut firmou LUK. Použitím tohoto řetězu se zvětšil rozsah převodů a to z důvodu menších rozměrů oproti kovovému pásu.

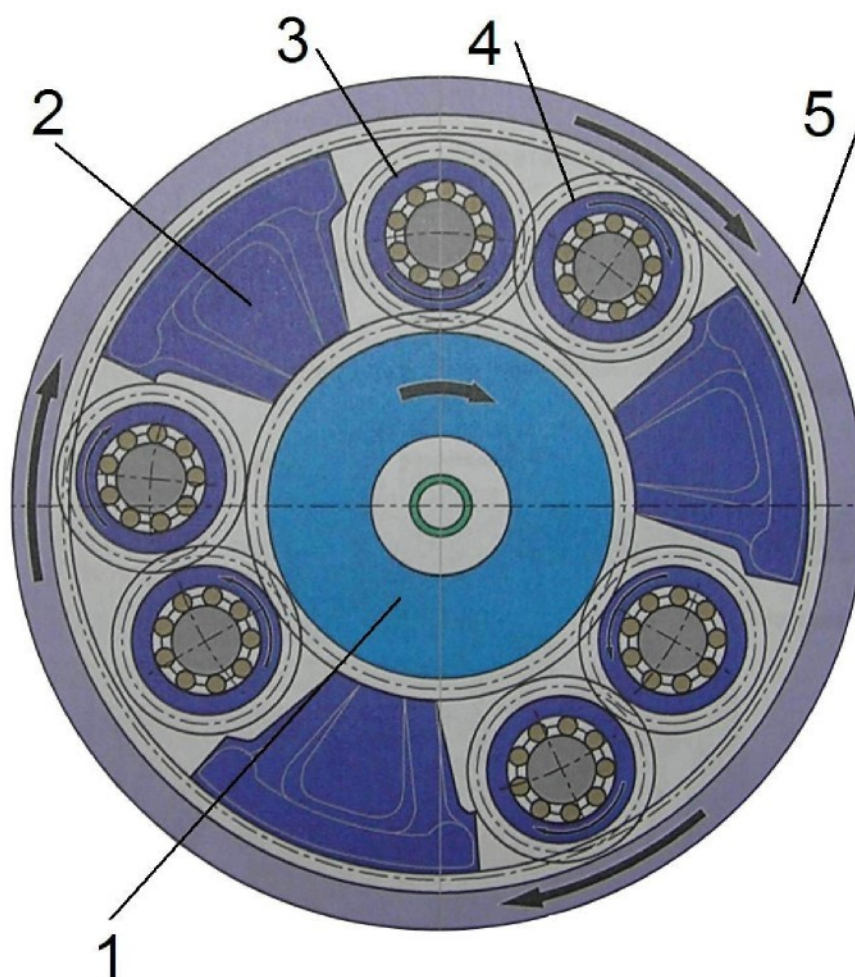
3.1 Uspořádání převodovky

Převodovka je vybavena na vstupu od motoru setrvačником s tlumičem torzních kmitů. Tlumič je tvořen odpruženým kotoučem, který je namontován přímo na setrvačník (viz obr. 29). Ze setrvačníku je výkon přenášen na rozjezdové vícelamelové spojky. V převodovce jsou dvě. První je určena pro pohyb vozidla vpřed. Druhá slouží ke zpětnému chodu. Spojky obsahují 13 ocelových lamel. Jsou hydraulicky ovládané. Pro rozpojení jsou spojky vybavené vratnou talířovou pružinou.



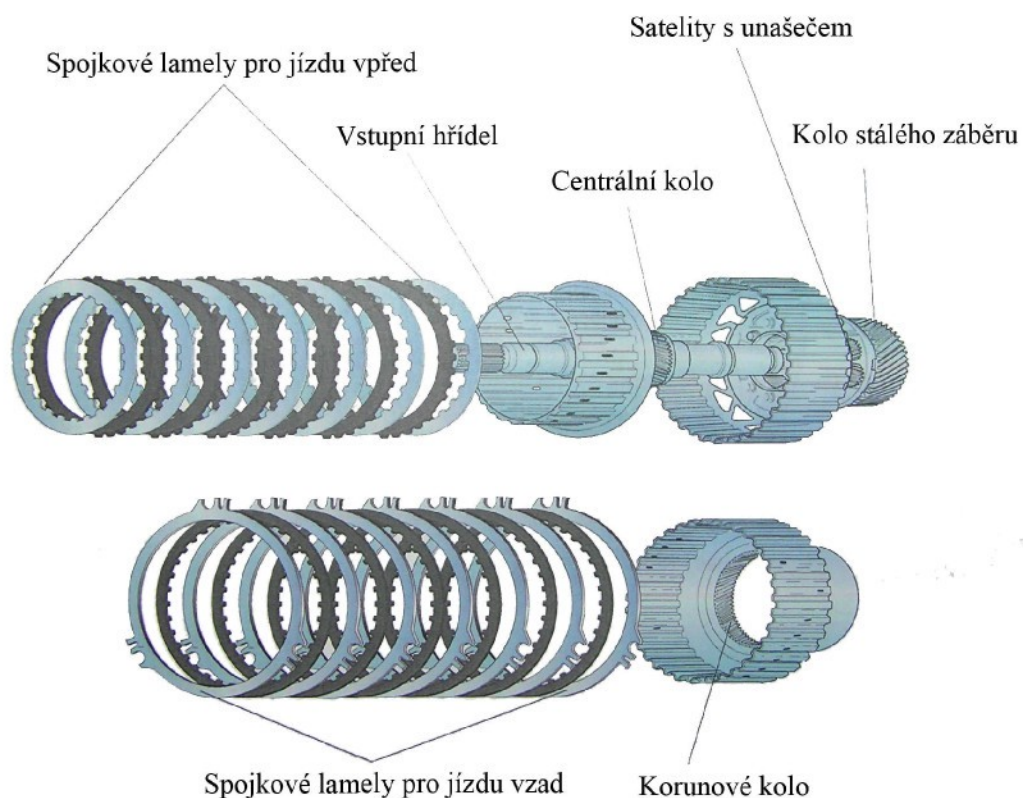
Obr. 29 Setrvačník (2) s torzním tlumičem (1) | (Stufenloses Automatikgetriebe multitronic 01J, Selbststudien program 228, vydáno automobilkou AUDI)

Následuje planetové soukolí. Je tvořeno šesti satelity (viz obr. 30). Jsou rozděleny na dvě vzájemně zabírající trojice, kde první trojice (4) zabírá s korunovým kolem (5) a druhá (3) s centrálním kolem (1). Vnitřní lamely 1. spojky pro jízdu vpřed jsou spojeny s hnací hřídelí a vnější lamely nepřímo se satelitem. Unašeč je spojen s kolem stálého záběru. Vnitřní lamely 2. spojky pro jízdu vzad jsou spojeny s korunovým kolem. Vnější lamely jsou fixovány k bloku převodovky. Centrální kolo je součástí hnacího hřídele. Pro jízdu vpřed spojí 1. spojka přímo hnací hřídel s unašečem. Z toho vyplývá, že zde převodový poměr $i=1$. (viz obr.33) Pro jízdu vzad je 1. spojka rozpojena. 2. spojka spojí korunové kolo s blokem převodovky a tím ho zastaví. Výkon se tedy přenáší z centrálního kola na unašeč. Převodový poměr tentokrát závisí na počtu zubů centrálního a korunového kola. (viz obr.34).

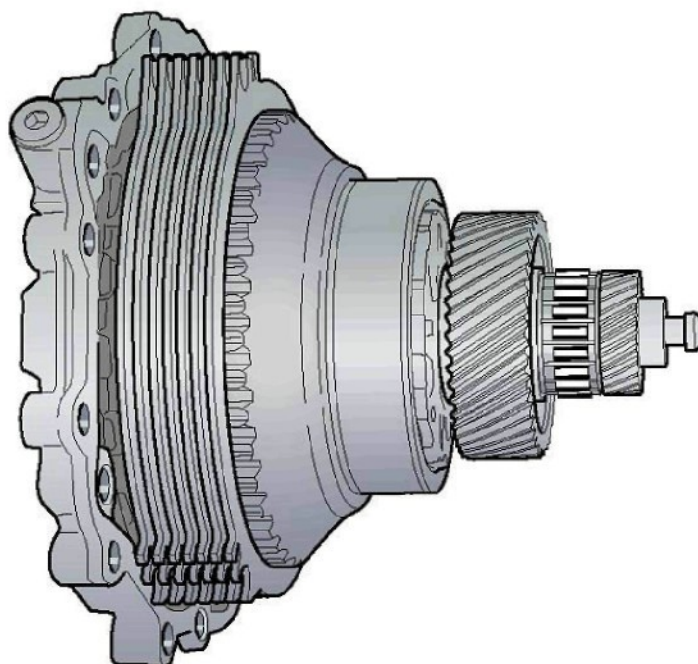


Obr. 30 Schéma planetového soukolí | (Stufenloses Automatikgetriebe multitronic 01J, Selbststudien program 228, vydáno automobilkou AUDI)

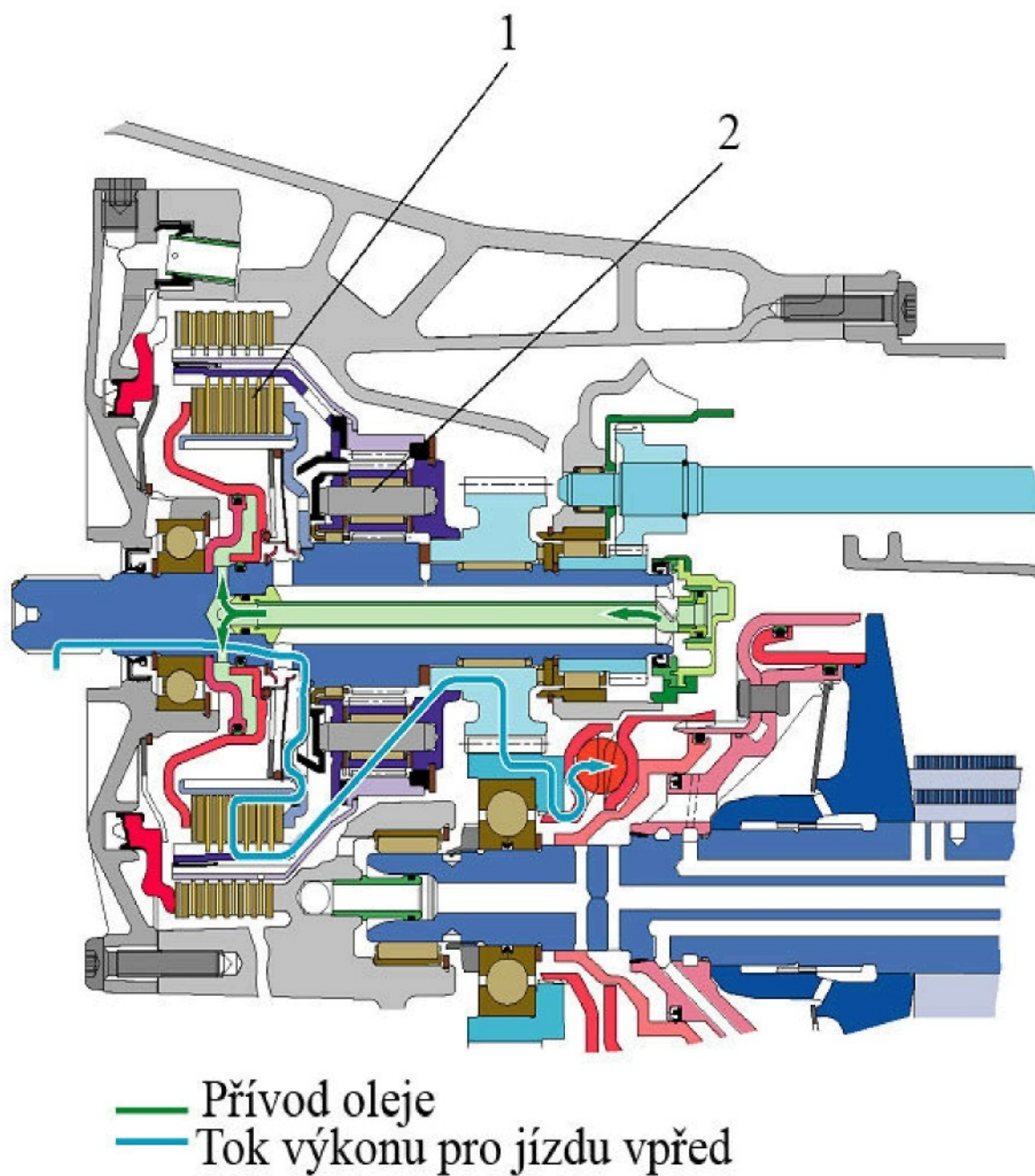
Pozn. 1-centrální kolo, 2-unašeč, 3 a 4-satelit, 5-korunové kolo



Obr. 31 Realizace planetového soukolí | (Stufenloses Automatikgetriebe multitronic 01J, Selbststudien program 228, vydáno automobilkou AUDI)



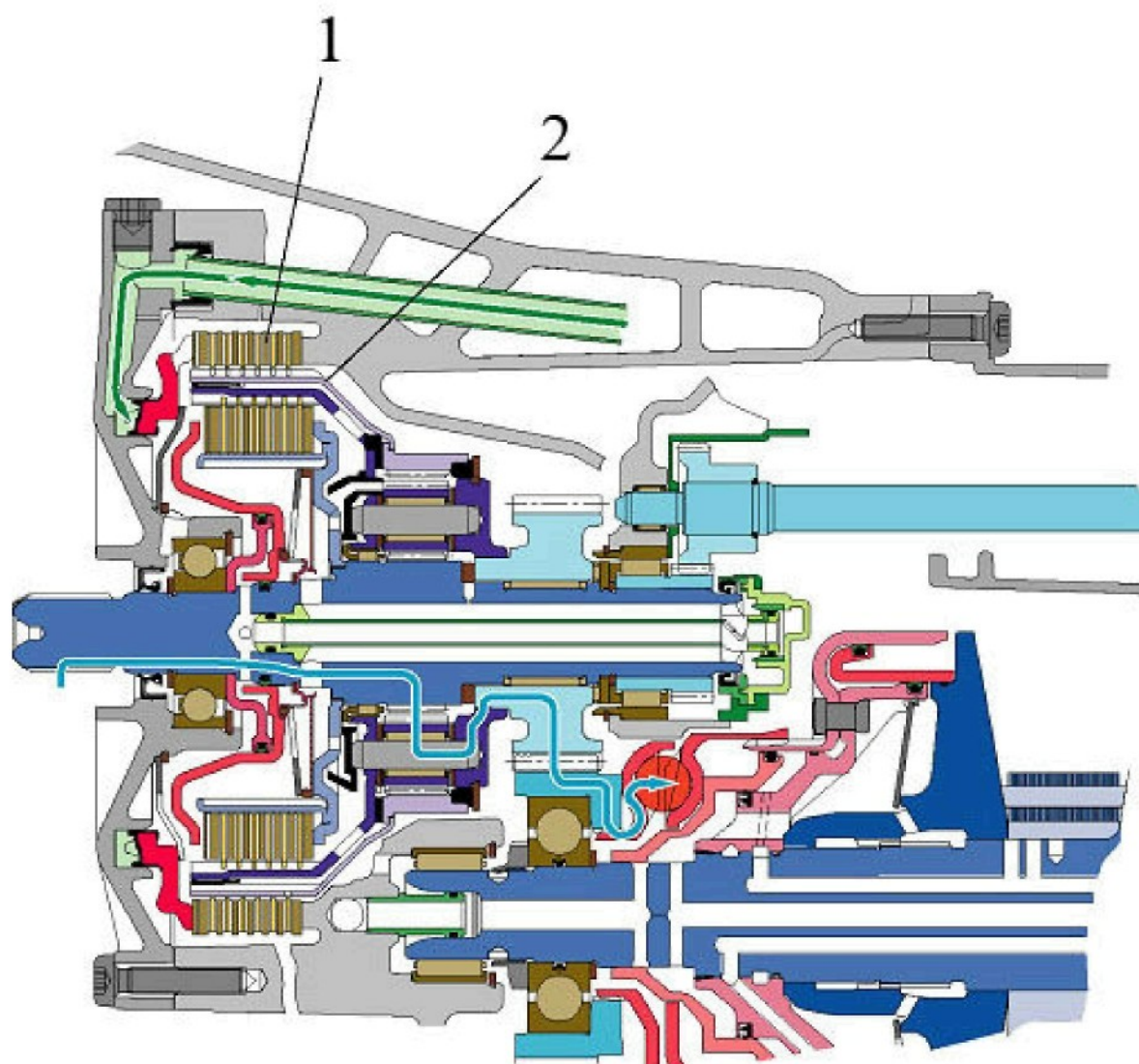
Obr. 32 Sestava planetového soukolí | (Stufenloses Automatikgetriebe multitronic 01J, Selbststudien program 228, vydáno automobilkou AUDI)



Obr. 33 Tok výkonu pro jízdu vpřed | (Stufenloses Automatikgetriebe multitronic 01J, Selbststudien program 228, vydáno automobilkou AUDI)

Pozn. 1-spojka jízdy vpřed, 2- planetové soukolí (hřídel spojena s unašečem)

Na obrázku 33 lze vidět nejenom tok výkonu do variátoru při jízdě vpřed, ale i přívod tlakového oleje, který v tomto případě ovládá spojku 1. Olej je veden vstupní hřídelí, která je dutá.



— Přívod oleje
— Tok výkonu pro jízdu vzad

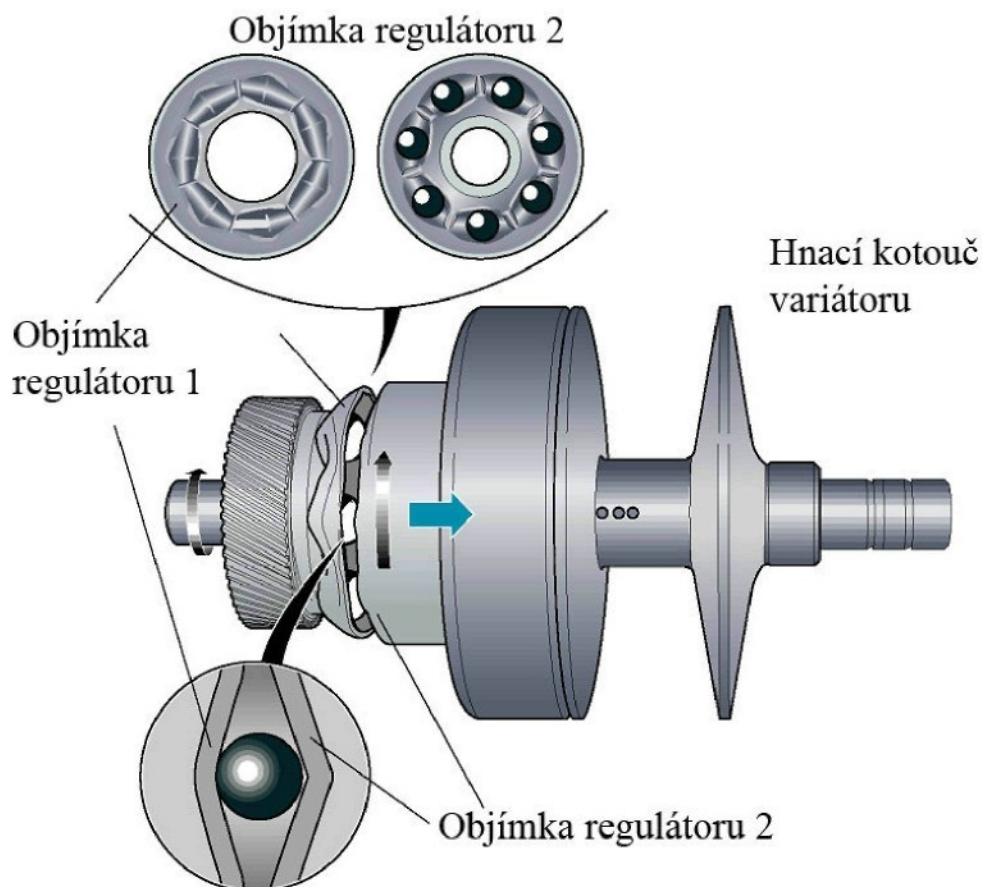
Obr. 34 Tok výkonu pro jízdu vzad | (Stufenloses Automatikgetriebe multitronic 01J, Selbststudien program 228, vydáno automobilkou AUDI)

Pozn. 1-spojka zpětného chodu, 2-korunové kolo (při jízdě vzad je kolo spojeno s blokem převodovky a tím pádem je zastaveno)

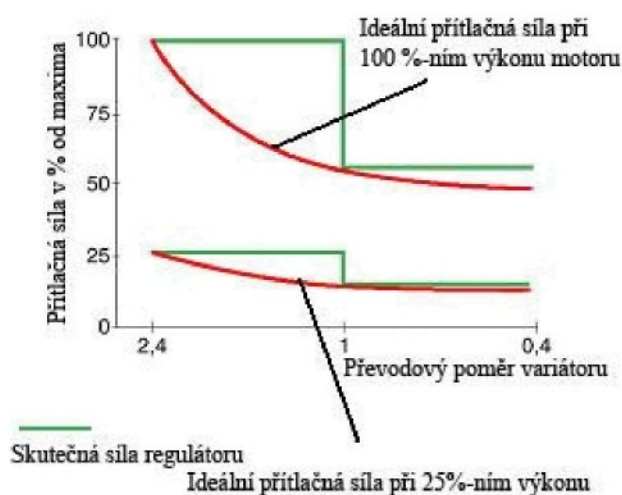
Olej pro ovládání spojky zpětného chodu je přiváděn skrz blok převodovky

Dále je výkon přenášen z unašeče na vstupní kolo stálého záběru, které je s ním napevno spojeno. Výstupní kolo je pevně spojeno s regulátorem přítláčné síly variátoru, který zabraňuje prokluzu řetězu, nebo v opačném případě nadměrnému opotřebení řetězu. Regulátor má 2 části – hydraulickou a mechanickou. Mechanická část (viz obr. 35) je tvořen dvěma objímkami a sedmi kuličkami, které jsou mezi nimi

sevrěny. Regulátor při provozu umožňuje vyvodit velikostně dvě síly, protože při režimu redukce ($i > 1$) je potřeba daleko větší přitlačná síla (viz obr. 36).

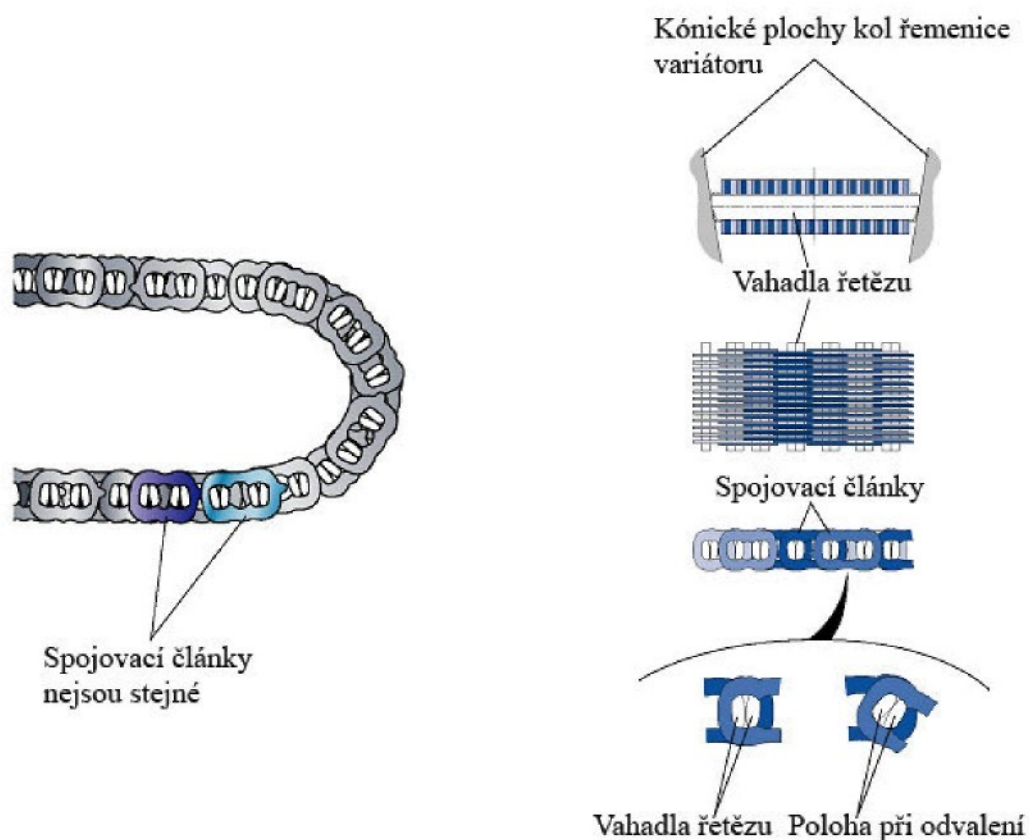


Obr. 35 Sestava regulátoru přitlačné síly | (Stufenloses Automatikgetriebe multitronic 01J, Selbststudien program 228, vydáno automobilkou AUDI)

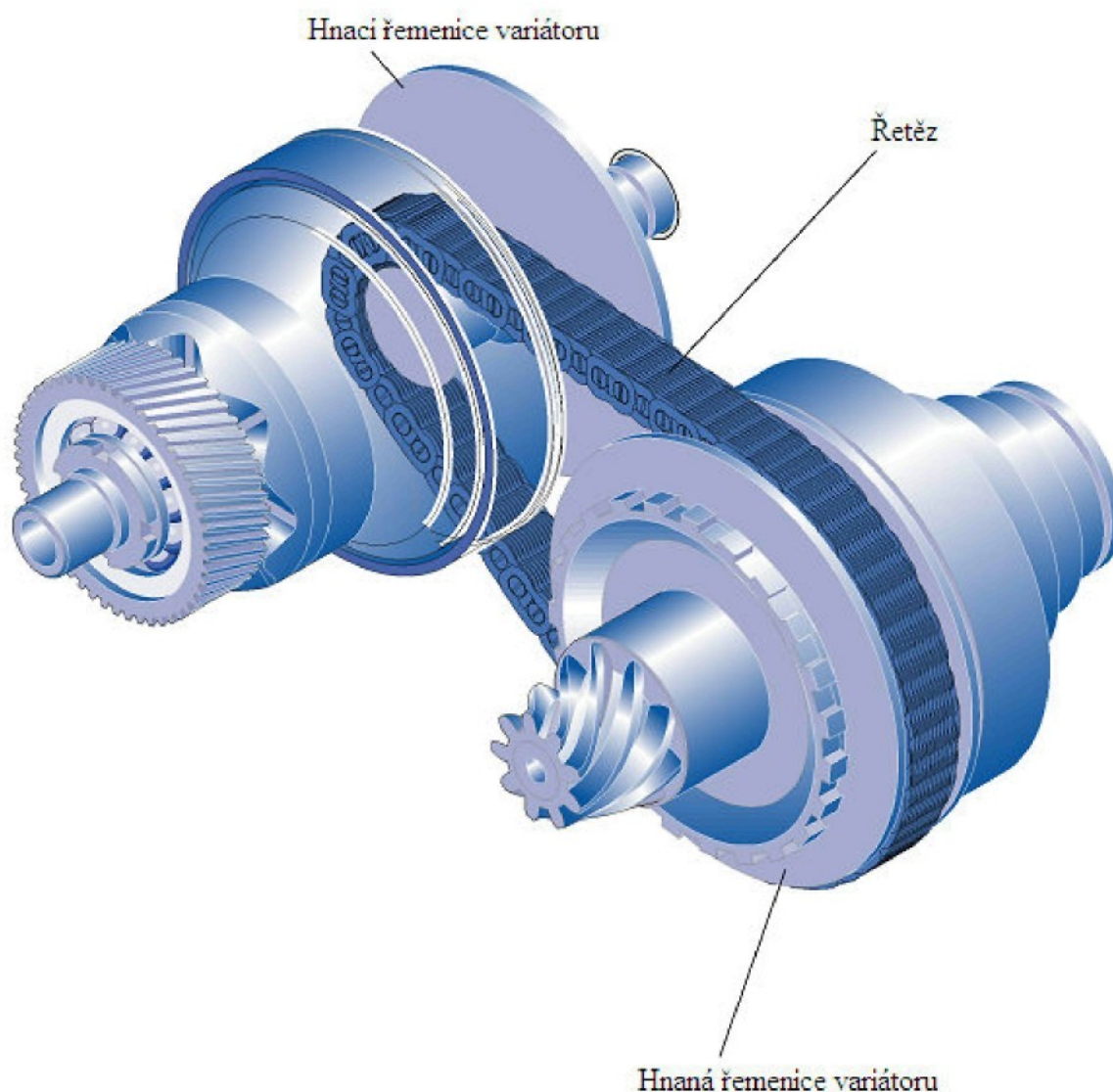


Obr. 36 Graf regulace přitlačné síly | (Stufenloses Automatikgetriebe multitronic 01J, Selbststudien program 228, vydáno automobilkou AUDI)

Z regulátoru je výkon přenášen na hnací řemenici variátoru, kde se řetězem přenese na hnanou řemenici. Řemenice variátoru je tvořena dvěma kónickými koly, které mezi sebou mají řetěz. Je zde udržováno stálé napnutí řetězu a to dvěma pružinami. Na hnací řemenici je talířová pružina, na hnané tlačná šroubově vinutá pružina. Obě pružiny jsou navrženy nejen pro stálé napnutí řetězu, ale také pro automatické přesunutí řetězu do polohy nejvyššího převodového poměru. Řetěz, jak jsem již napsal, byl vyvinut firmou LUK a to tak, aby se co nejvíce zamezilo smyku. Smyk by vlivem velikých přenášených sil řetěz velice opotřebovával. Uprostřed spojovacích článků nejsou čepy, jako třeba u klasických válečkových řetězů, ale jsou zde vahadla, které v případě ohybu řetězu při náběhu na řemenici se po sobě odvalují (viz obr. 37). Spojovací články u řetězu nejsou stejně dlouhé a to z důvodu snížení hluku při náběhu na řemenici.



Obr. 37 Detail řetězu vyvinutého společností LUK | (Stufenloses Automatikgetriebe multitronic 01J, Selbststudien program 228, vydáno automobilkou AUDI)

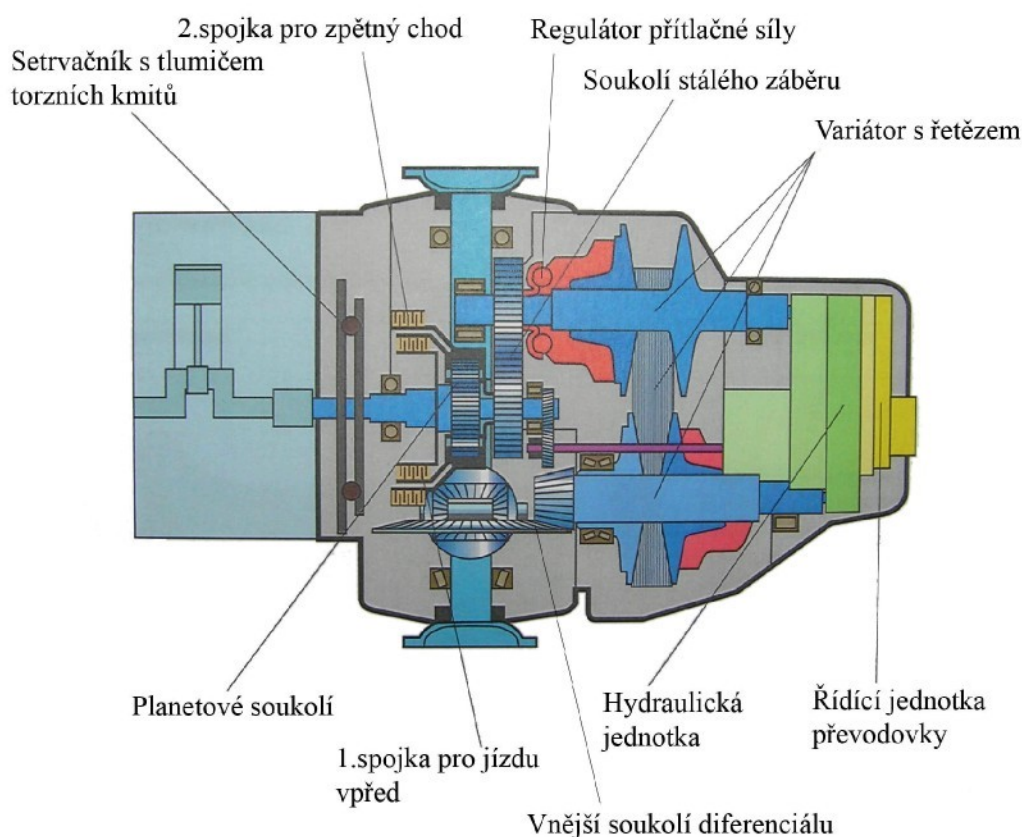


Obr. 38 Variátor | (Stufenloses Automatikgetriebe multitronic 01J, Selbststudien
program 228, vydáno automobilkou AUDI)

Z variátoru dále výkon postupuje na vnější ozubení diferenciálu, odkud je rozváděn na poloosy a dále ke kolům. Pro úplnost převodovka obsahuje elektro-hydraulickou řídicí jednotku, jejíž součástí je olejové zubové čerpadlo, které má na starost dodávku tlakového oleje v převodovce. Dále hřídel řazení pomocí níž jednotka vykonává samotné řazení převodových stupňů. Tlakový olej je rozdělen do dvou okruhů. První okruh slouží k vytváření přitlačné síly kotoučů, druhý k řazení převodových stupňů, nebo-li k posuvu pohyblivých kotoučů. Pro informaci

převodovka obsahuje dva druhy oleje. Olej ATF slouží k mazání a ovládání variátoru a dále druhý typ oleje slouží k mazání diferenciálu. Pro informaci olejová náplň ATF je 7,5 l. Olejová náplň diferenciálu 1,3 l. AUDI udává, že obě olejové náplně jsou celoživotní.

Z konstrukce vyplývá, že u této převodovky se při parkovacím režimu rozpojí motor s převodovkou v důsledku ztráty hydraulického tlaku na spojky. Takže při parkování nelze využít brzdou schopnost motoru. Z tohoto důvodu je převodovka vybavena tzv. parkovací západkou aretující vstupní řemenici, která je ovládána manuálně pomocí řadicí páky.

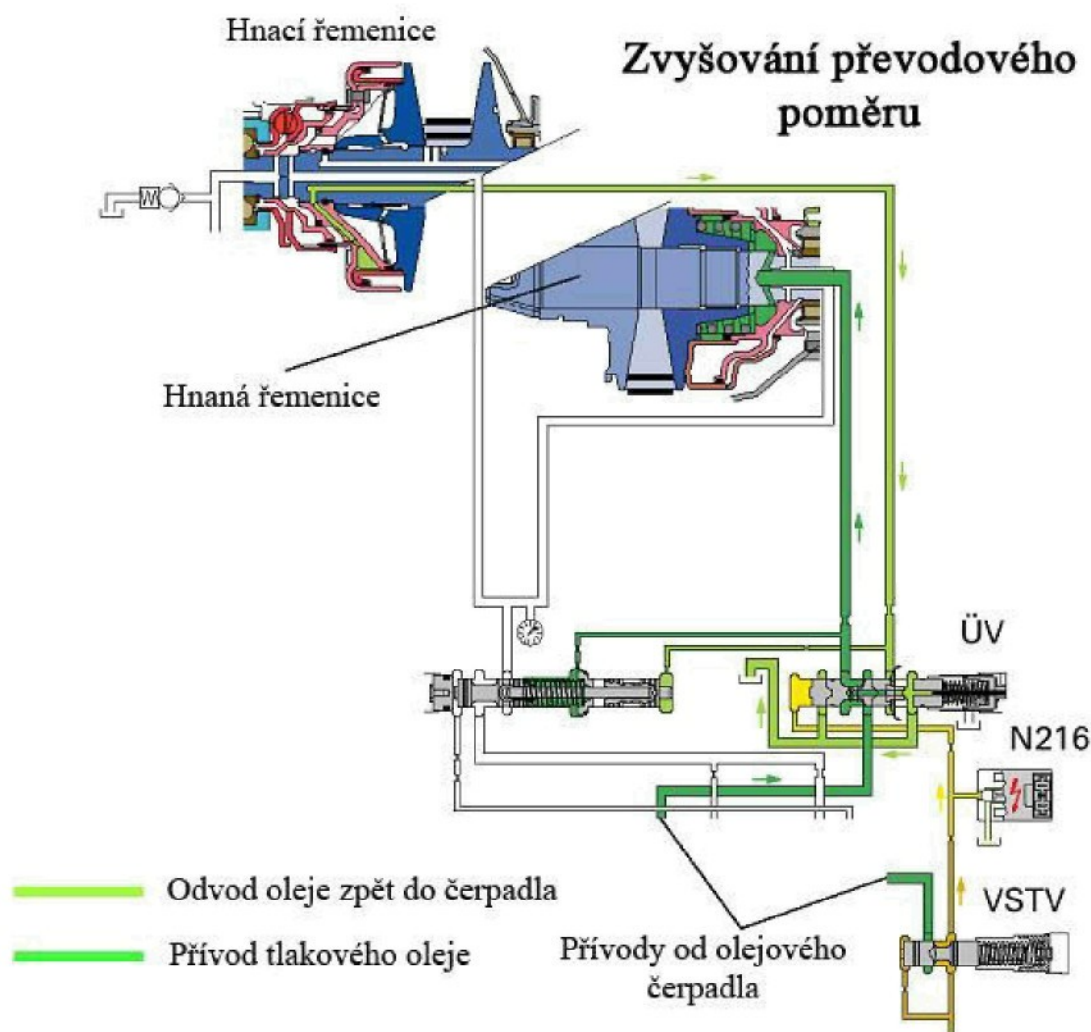


Obr. 39 Celkové schéma převodovky | (Stufenloses Automatikgetriebe multitronic 01J, Selbststudien program 228, vydáno automobilkou AUDI)

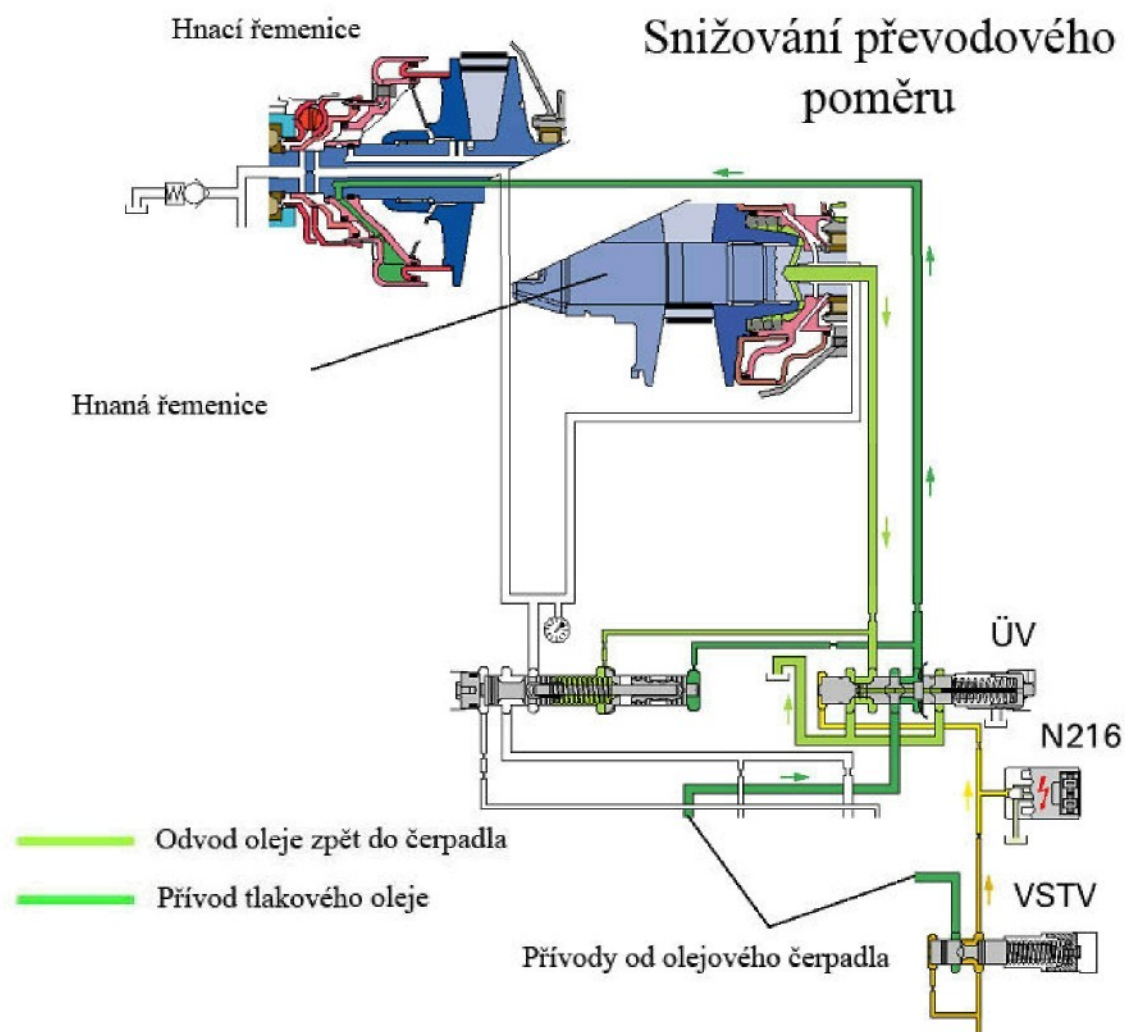
3.2 Mechanismus řazení

Do systému řazení v první řadě patří, jak jsem již zmínil, obě hydraulické spojky, kterými volíme směr jízdy. Hlavním členem systému řazení je variátor. Ovládání variátoru má dvojí funkci. Za první se stará o správnou dodávku tlakového oleje, potřebného pro vyvození přitlačné síly. Za druhé má za úkol samotné řazení variátoru, tedy přisunutí nebo odsunutí kol řemenic. Prostor pro přívod tlakového oleje pro řazení je navrhnut objemově malý, což má za následek velmi rychlé řazení.

Při zvyšování převodového poměru je tlakový olej přiváděn do ovládacího prostoru hnací řemenice, čímž jsou k sobě přisouvány její kola. Z ovládacího prostoru hnací řemenice je olej odváděn a tedy její kola jsou odsouvány (viz obr. 39). V případě snižování převodového poměru je tok oleje opačný (viz obr.40).



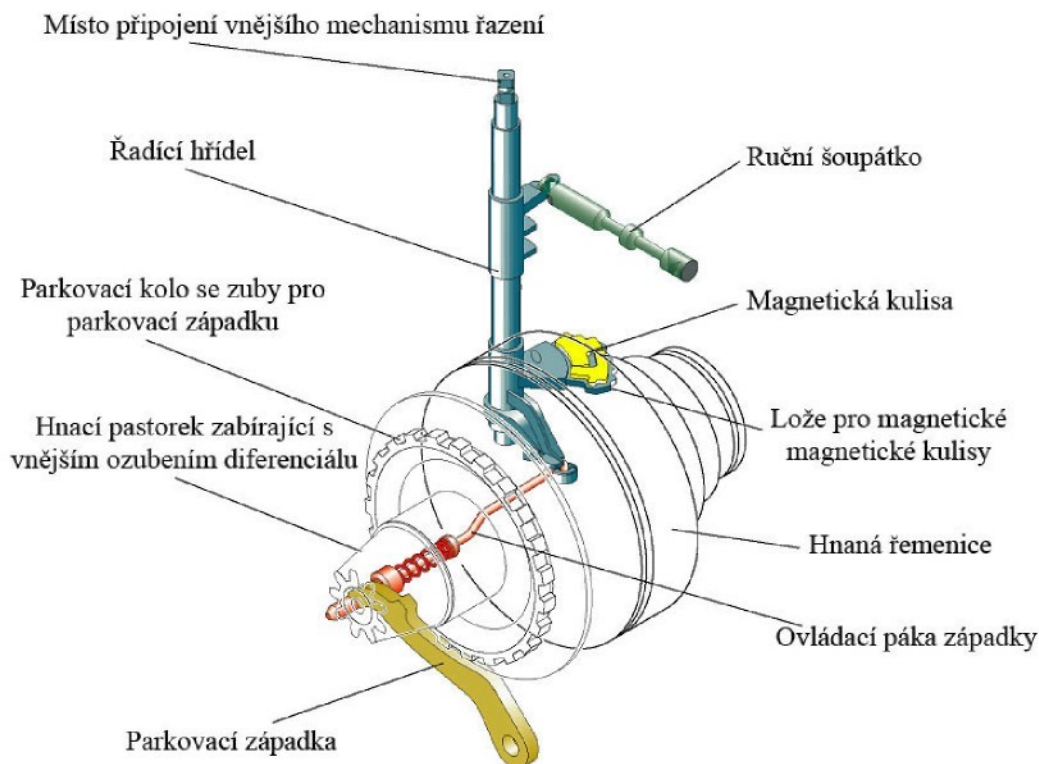
Obr. 40 Zvyšování převodového poměru | (Stufenloses Automatikgetriebe multitronic 01J, Selbststudien program 228, vydáno automobilkou AUDI)



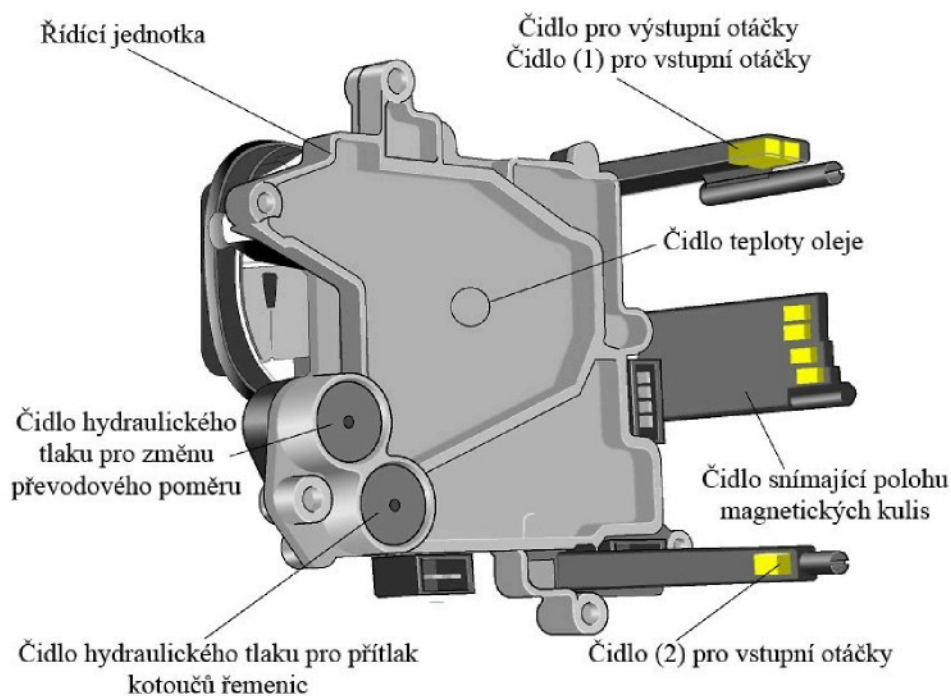
Obr. 41 Snižování převodového poměru | (Stufenloses Automatikgetriebe multitronic 01J, Selbststudien program 228, vydáno automobilkou AUDI)

Do mechanismu řazení patří také řadící hřídel, která je ovládaná řadící pákou v kabině auta. Součástí hřídele je ploška s magnetickými kulisami (viz obr.42). Řídicí jednotkou je snímána poloha této plošky, podle které se vyhodnocuje řadící režim. Převodovka má 4 režimy řazení **P,R,N,D**. Režim P (parking) je parkovací režim, kde je pomocí parkovací západky zablokovaná převodovka. Režim R (revers) je režim zpětného chodu, N (neutral) je režim, kdy je přerušen tok výkonu převodovkou a D (drive) režim pro jízdu vpřed. Řídicí jednotka převodovky má v sobě naprogramováno také 5 převodových stupňů pro řidiče, kteří mají raději jízdu, kde si sami rozhodují o převodovém stupni. Takže součástí řadící hřídele je také kulisa

ovládající ruční šoupátko určující požadované přehrazení. Součástí hřídele je také kulisa ovládající páku pro posun parkovací západky.



Obr. 42 Řadící hřídel | (Stufenloses Automatikgetriebe multitronic 01J, Selbststudien program 228, vydáno automobilkou AUDI)



Obr. 43 Řídicí jednotka | (Stufenloses Automatikgetriebe multitronic 01J, Selbststudien program 228, vydáno automobilkou AUDI)

3.3 Převodové poměry

- **Převodový poměr z předlohového hřídele na hnací hřídel variátoru**

$$i_{sh} = \frac{Z_{vhc}}{Z_{pt}} = \frac{51}{46} = 1,109 \quad (1)$$

- **Převodový poměr z hnaného hřídele variátoru na vnější ozubení diferenciálu**

$$i_{hd} = \frac{Z_d}{Z_{vhn}} = \frac{43}{9} = 4,778 \quad (2)$$

- **Převodový poměr planetového soukolí pro jízdu vpřed**

Jelikož je při jízdě vpřed spojen vstupní hřídel přes spojku s unašečem, který dále přenáší výkon na předlohový hřídel, platí

$$i_{pp} = 1 \quad (3)$$

- **Převodový poměr planetového soukolí pro jízdu vzad**

Pro tento převodový poměr je třeba nejprve spočítat náhradní převodový poměr z centrálního na korunové kolo při zastaveném unašeči.

$$i_{ek}'' = \frac{Z_k}{Z_c} \cdot (-1)^j = \frac{66}{30} \cdot (-1)^2 = 2,2 \quad (4)$$

Pozn. Planetová převodovka má mezi centrálním a korunovým kolem 2 trojice satelitů ve společném záběru (viz obr.30), z toho plyne

$$j = 2 \quad (5)$$

Pro převodový poměr planetového soukolí pro jízdu vzad, pak platí

$$i_{pp} = 1 - i_{ek}'' = 1 - 2,2 = -1,2 \quad (6)$$

- **Převodové poměry variátoru**

Pozn.pro objasnění způsobu měření viz obr.44

$$a = 171mm \quad (7)$$

Změřené hodnoty jsou c, h, D_{2t}.

c [mm]	h[mm]	D _{2t} [mm]
300	14,5	175,7

Tab. 10 Naměřené hodnoty variátoru | (naměřeno autorem)

$$D_{2max} = D_{2t} - h = 175,7 - 14,5 = 161,2mm \quad (8)$$

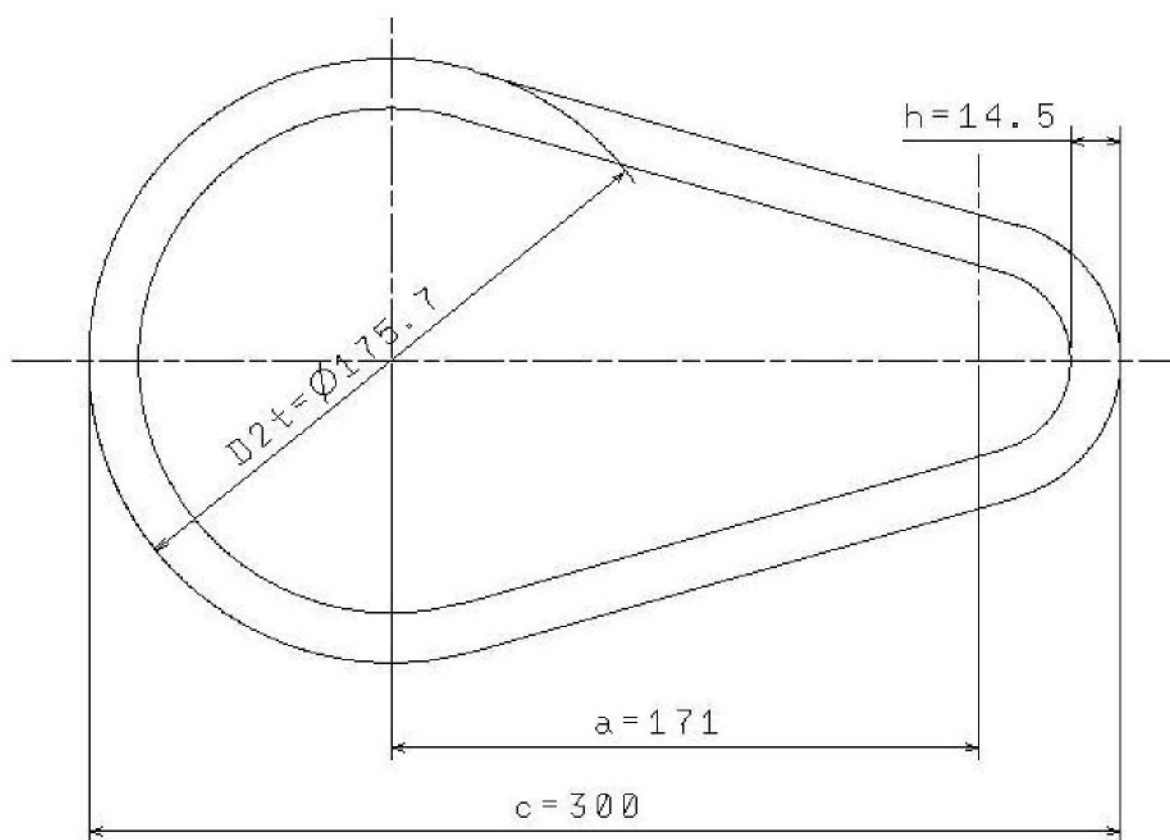
$$D_{1min} = 2 * (c - a - \frac{D_{2t}}{2}) - h = 2 * (300 - 171 - \frac{175,7}{2}) - 14,5 = 67,8mm \quad (9)$$

$$i_{vmax} = \frac{D_{2max}}{D_{1min}} = \frac{161,2}{67,8} = 2,378 \quad (10)$$

Pozn. Výpočet i_{vmin} bude teoretický. Pro skutečný výpočet je nutno znát maximální oddálení kotoučů jednotlivých řemenic. Toto oddálení je ovládáno hydraulicky. Může být tedy libovolné v závislosti na nastavení řídicí jednotky. Výpočet bude tedy proveden za předpokladu, že D_{1min} bude rovno D_{2min} a D_{1max} bude rovno D_{2max} .

$$i_{vmin} = \frac{1}{i_{vmax}} = \frac{1}{2,378} = 0,421 \quad (11)$$

Pozn. Měření maximálního a minimálního převodového poměru variátoru může být zatíženo chybou nepřímého měření. Pro srovnání výrobce uvádí maximální převodový poměr 2,4, což je srovnatelné se zjištěnou hodnotou.



Obr. 44 Měření převodového poměru variátoru (naplý řetěz) | (vytvořeno autorem)

- **Celkové poměry převodovky**

- ❖ Maximální převodový poměr pro jízdu vpřed

$$i_{cpmax} = i_{pp} * i_{sh} * i_{vmax} * i_{hd} = 1 * 1,109 * 2,378 * 4,778 = 12,600 \quad (12)$$

- ❖ Minimální celkový převodový poměr pro jízdu vpřed

$$i_{cpmin} = i_{pp} * i_{sh} * i_{vmin} * i_{hd} = 1 * 1,109 * 0,421 * 4,778 = 2,231 \quad (13)$$

- ❖ Maximální celkový převodový poměr pro jízdu vzad

$$i_{czmax} = i_{pz} * i_{sh} * i_{vmax} * i_{hd} = (-1,2) * 1,109 * 2,378 * 4,778 = -15,121 \quad (14)$$

- ❖ Minimální celkový převodový poměr pro jízdu vzad

$$i_{czmin} = i_{pz} * i_{sh} * i_{vmin} * i_{hd} = (-1,2) * 1,109 * 0,421 * 4,778 = -2,677 \quad (15)$$

- **Rozsah převodovky**

$$\delta = \frac{i_{cpmax}}{i_{cpmin}} = \frac{12,600}{2,231} = 5,65 \quad (16)$$

Pozn. Pro porovnání výsledku výrobce uvádí rozsah převodovky 6. Odlišnost je způsobena hlavně v teoretickém výpočtu minimálního převodového poměru variátoru (viz rovnice 11).

3.4 Charakteristiky

Pro charakteristiky převodovky byly použity níže uvedené hodnoty.

$$\rho_{vz} = 1,28 \text{ kg} * \text{m}^{-3} \quad (17)$$

viz Matematické fyzikální a chemické tabulky (seznam - 3)

Pro vytvoření charakteristik byl vybrán vůz AUDI A6 3,2 FSI Multitronic.

$c_x[-]$	$V_d[l]$	Max. výkon [kW při min^{-1}]	Max. točivý moment [N * m při min^{-1}]
0,28	3,123	188/6500	330/3250

Tab. 11 Parametry AUDI A6 3,2 FSI Multitronic |

(<http://www.audi.cz/modely/a6/a6limuzina/motory/>)

(<http://www.auto.cz/predstavujeme/audi-a6-podrobny-popis.html>)

Používané pneumatiky 225/55 R 16

Obsah čelní plochy vozidla byl určen hrubým výpočtem z rozměrů (viz příloha 2,3,4).

$$S_x = 2,333 \text{ m}^2 \quad (18)$$

n [min ⁻¹]	0	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000
M [N*m]	0	231	288	300	314	325	328	327
n [min ⁻¹]	4500	5000	5500	6000	6500	7000	7500	
M [N*m]	323	320	310	297	277	255	230	

Tab. 12 Parametry motoru 3,2 l V6 FSI od automobilky AUDI | (vytvořeno autorem-
převzato z charakteristiky (viz příloha 1))

Pozn. Hodnoty jsou pouze přibližné z důvodu horšího odečítání z charakteristiky, proto bude pro porovnání uvedena charakteristika motoru vytvořená z těchto hodnot.

$$v = \omega * R_p * \frac{1}{i_{cp}} * 3,6 = 2\pi * \frac{n}{60} * R_p * \frac{1}{i_{cp}} * 3,6 \quad (19)$$

Velikost vnějšího poloměru pneumatiky R_p byla určena z označení pneumatiky na hodnotu 0,33 m.

n [min ⁻¹]	0	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000
v _{min} [km/hod]	0,0	9,9	14,8	19,7	24,7	29,6	34,6	39,5
v _{max} [km/hod]	0,0	55,8	83,6	111,5	139,4	167,3	195,2	223,0
n [min ⁻¹]	4500	5000	5500	6000	6500	7000	7500	
v _{min} [km/hod]	44,4	49,4	54,3	59,2	64,2	69,1	74,0	
v _{max} [km/hod]	250,9	278,8	306,7	334,6	362,4	390,3	418,2	

Tab. 13 Teoretické krajní hodnoty rychlosti vozidla s převodovkou AUDI Multitronic
v závislosti na otáčkách motoru | (vytvořeno autorem)

Pozn. Dle výrobce vybraný vůz má maximální rychlost 226 km/hod, což na nejrychlejší převodový poměr (2,231) odpovídá otáčkám motoru 4053 min⁻¹. Při výpočtech byl uvažován nulový prokluz variátoru.

$$M_h = M * i_{cp} \quad (20)$$

$$M_o = F_o * R_p = R_p * \frac{1}{2} * c_x * S_x * v^2 \quad (21)$$

$n \text{ [min}^{-1}\text{]}$	0	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000
$M_h \text{ [N}\cdot\text{m]}$	0	516	641	669	701	725	732	729
$M_o \text{ [N}\cdot\text{m]}$	0	26	58	103	162	233	317	414
$n \text{ [min}^{-1}\text{]}$	4500	5000	5500	6000	6500	7000	7500	
$M_h \text{ [N}\cdot\text{m]}$	722	713	692	662	617	570	514	
$M_o \text{ [N}\cdot\text{m]}$	524	646	782	931	1093	1267	1455	

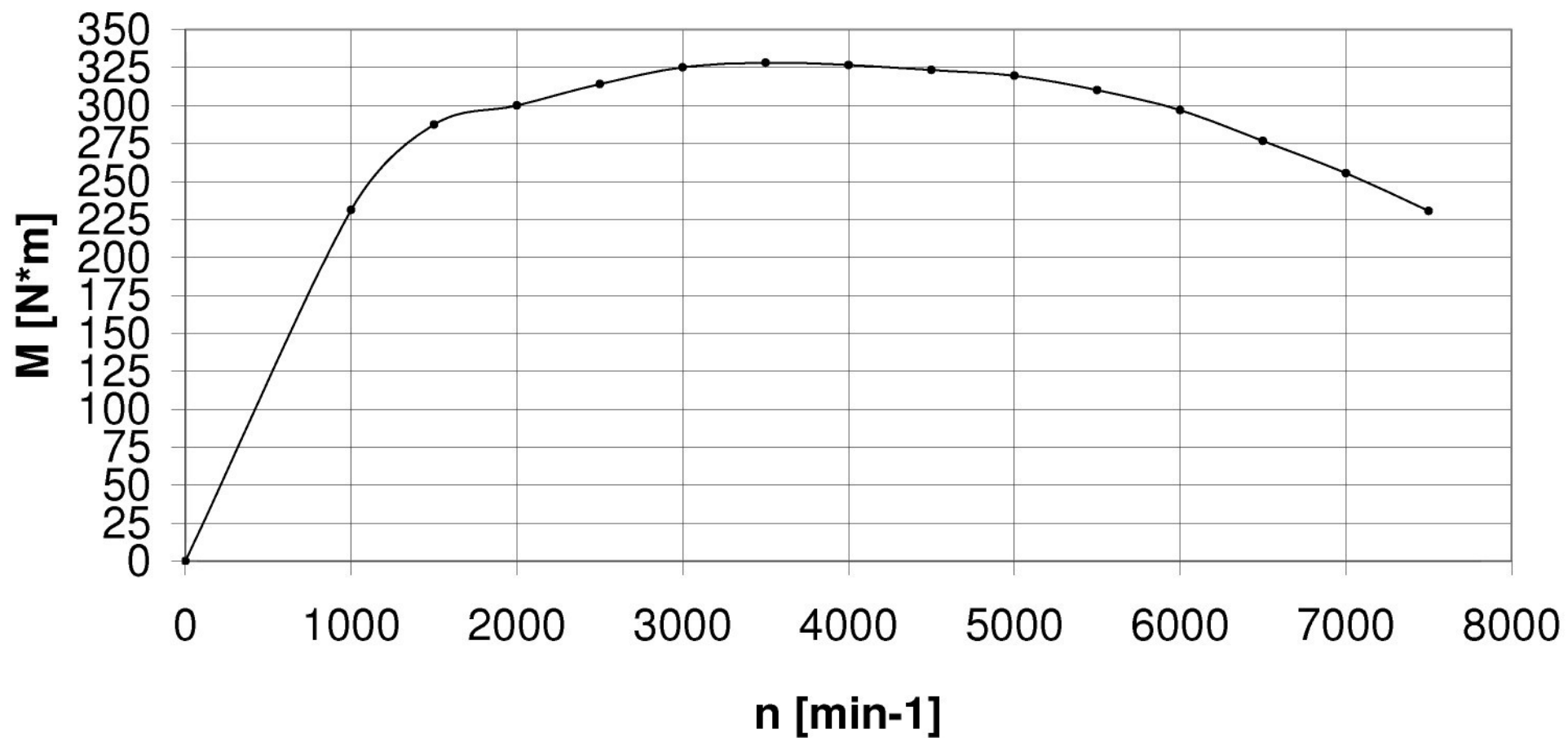
Tab. 14 Otáčková závislost odporového a hnacího momentu při nejrychlejším převodovém poměru (2,231) | (vytvořeno autorem)

$n \text{ [min}^{-1}\text{]}$	0	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000
$M_h \text{ [N}\cdot\text{m]}$	0	2914	3623	3780	3957	4095	4134	4115
$M_o \text{ [N}\cdot\text{m]}$	0	1	2	3	5	7	10	13
$n \text{ [min}^{-1}\text{]}$	4500	5000	5500	6000	6500	7000	7500	
$M_h \text{ [N}\cdot\text{m]}$	4075	4026	3908	3741	3485	3219	2904	
$M_o \text{ [N}\cdot\text{m]}$	16	20	25	29	34	40	46	

Tab. 15 Otáčková závislost odporového a hnacího momentu při nejpomalejším převodovém poměru (12,6) | (vytvořeno autorem)

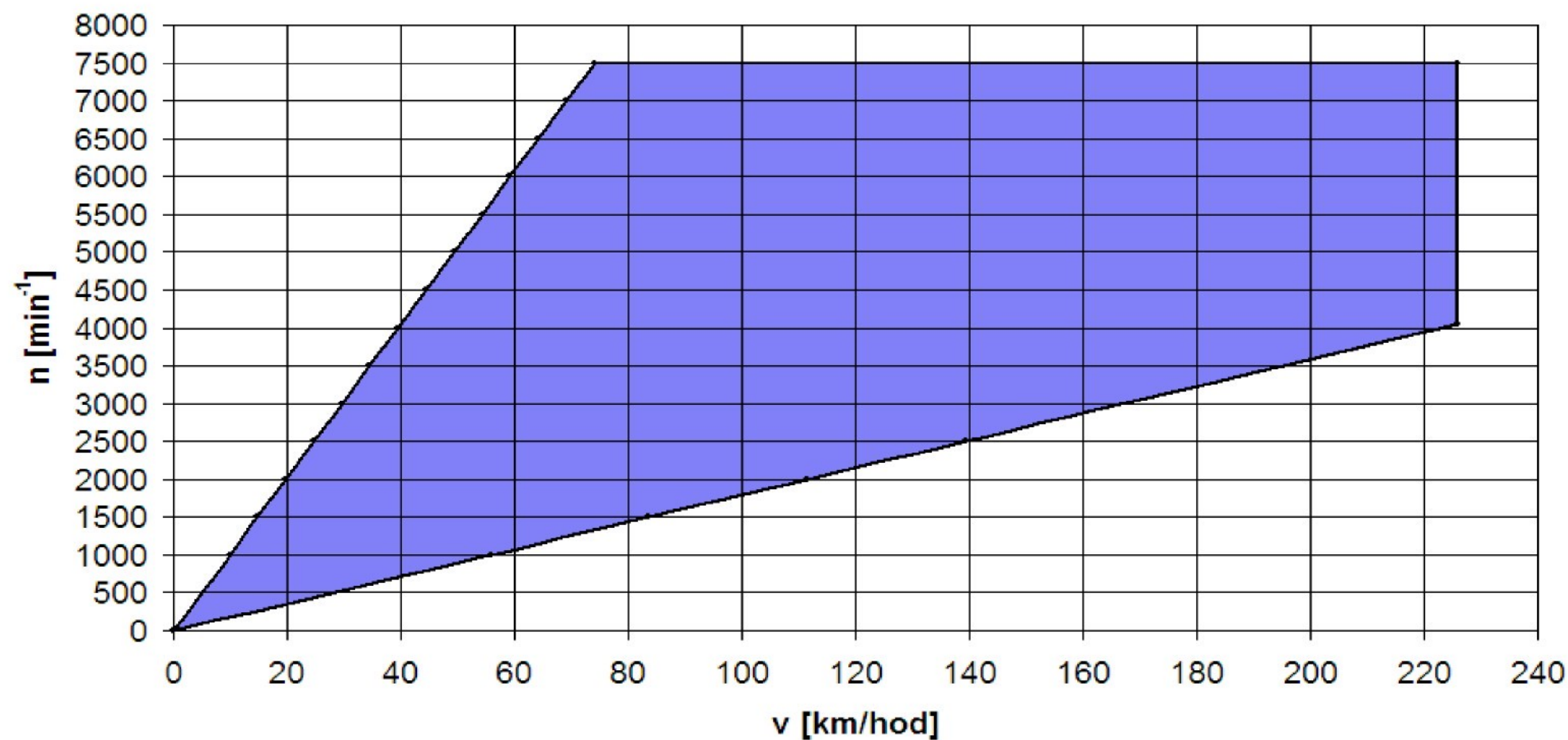
Pozn. Hodnoty jsou velice teoretické. Účinnost převodovky je zde uvažována jako 1. Do odporového momentu je uvažována pouze síla odporu vzduchu a to ještě za bezvětří a dané hustotě vzduchu. Není započítán odpor valení, odpor stoupání ani odpor zrychlení, proto také z rychlostní charakteristiky hnacího momentu vychází vyšší rychlost.

Otáčková charakteristika motoru AUDI 3,2 FSI



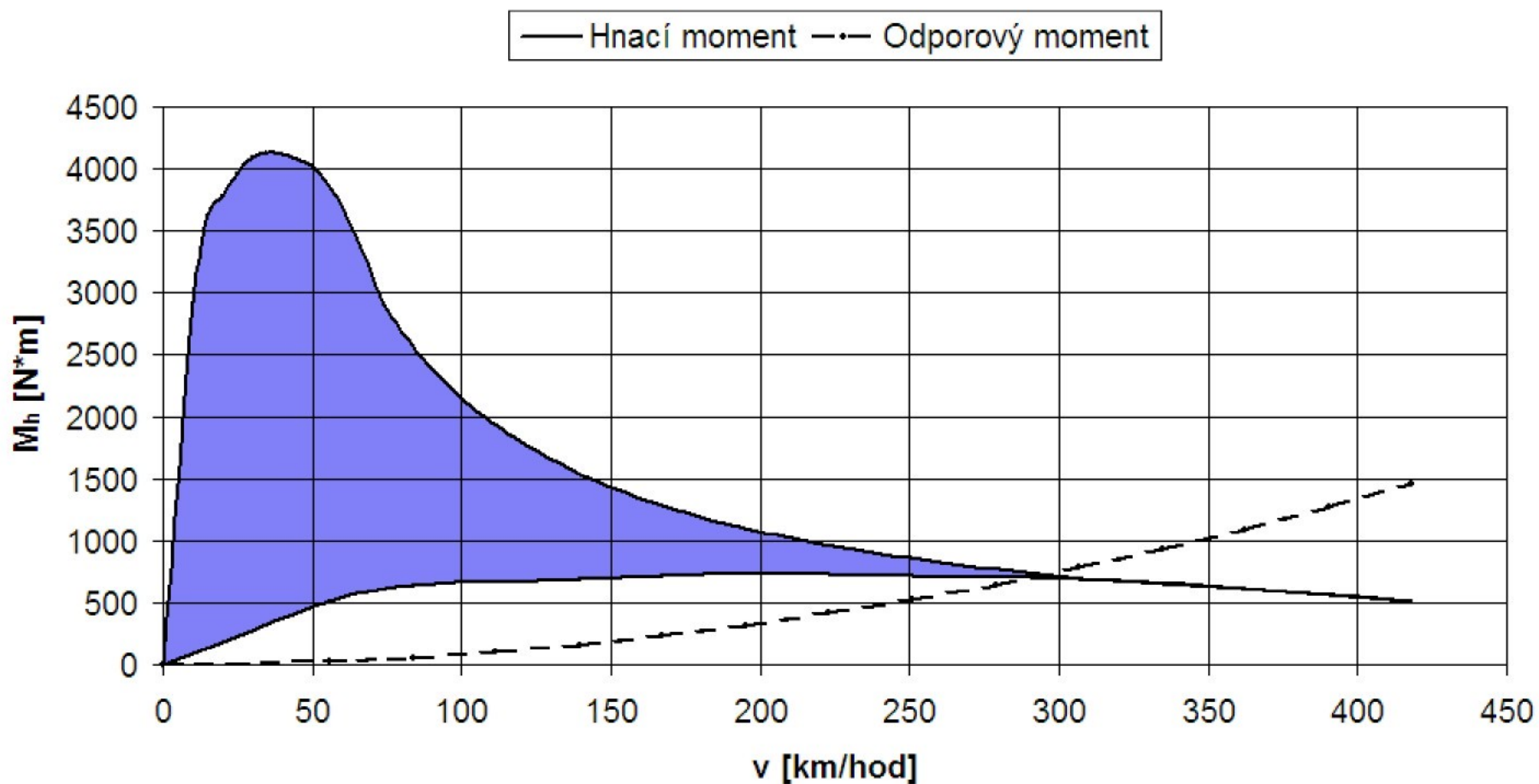
Obr. 45 Graf otáčkové charakteristiky motoru | (vytvoreno autorem-hodnoty vzaty z tab.12)

Rychlostní charakteristika AUDI A6 3,2 FSI Multitronic



Obr. 46 Rychlostní charakteristika AUDI A6 3,2 FSI Multitronic | (vytvořeno autorem-hodnoty vzaty z tab.13)

Rychlostní charakteristika hnacího momentu na kole u AUDI 3,2 FSI Multitronic



Obr. 47 Rychlostní charakteristika hnacího momentu na kole u AUDI 3,2 FSI Multitronic | (vytvořeno autorem-viz tab.14 a 15)

4 Návrh učební pomůcky

4.1 Částečné řezy

Návrh částečných řezů bloku převodovky byl proveden za účelem zviditelnění důležitých součástí převodovky. První řez (viz příloha 19) byl navrhnut pro odkrytí planetového soukolí a diferenciálu převodovky. Zde muselo být částečně vyříznuto korunové kolo planetového soukolí z důvodu zviditelnění satelitů planetového soukolí a lamel spojky pro jízdu vpřed, ale i spojky zpětného chodu. Tímto řezem se také částečně odkrylo soukolí mezi vstupní hřídelí a hnací hřídelí variátoru a soukolí mezi hnanou hřídelí variátoru a vnějším ozubením diferenciálu.

Druhý řez (viz příloha 20) byl hlavně navrhnut pro odkrytí mechanicko-hydraulického regulátoru přitlačné síly. Pro zviditelnění regulátoru musela být též odstraněna část držáku výstupu z diferenciálu.

Třetím (viz příloha 21) a čtvrtým (viz příloha 22) řezem byla odkryta hlavní součást převodovky- variátor. V těchto řezech můžeme vidět kotouče variátoru, řetěz a přitlačný segment, do kterého byl též proveden řez, který odkrývá přitlačnou pružinu a tlakové prostory pro přitlak a ovládání variátoru.

Pátým (viz příloha 23) a šestým (viz příloha 24) byl odkryt celek tvořící řídicí jednotka převodovky rozvaděč tlakového oleje a olejová čerpadlo. V šestém řezu můžeme vidět i část řadicího hřídele s magnetickými kulisami.

4.2 Návrh stojanu

Profil stojanu byl navržen z jednoho z nejpoužívanějších profilů pro tyto typy konstrukce. Jedná se o čtyřhrannou trubku o hraně 30 mm. Vrchní plocha převodovky byla umístěna do výšky 1,2 m od spodní plochy stojanu pro lepší možnost náhledu na řezy. Jako hlavní místa spojení stojanu a převodovky byly vybrány otvory u vstupní části převodovky. Z důvodu vyšší hmotnosti převodovky byl stojan vybaven opěrnou výztuhou pro zadní část převodovky, kde byl navržen výstupek pro možné sešroubování převodovky s výztuhou. Základna stojanu byla volena poměrně veliká s ohledem na hmotnost převodovky, výšku převodovky od základny a bezpečnost proti překlpení. Výkresy stojanu jsou součástí přílohy.

5 Závěr

Na začátku závěru je nutno uvést, že obrázky použité z učební pomůcky vydané automobilkou AUDI byli vlastními silami přeloženy autorem. Z toho vyplývá, že přeložené výrazy nemusejí být totožné s českým překladem této pomůcky. Co se týče přehledu používaných plynule měnitelných převodovek u osobních automobilů je možné, že nebyli uvedeny všechny typy CVT, avšak je zde uvedena naprostá většina těchto CVT a jsou zde vyjmenovány všechny druhy CVT, o kterých bylo možno získat jakékoliv informace. K výpočtům převodových poměrů je třeba říct, že se shodují s poměry uvedenými výrobcem.

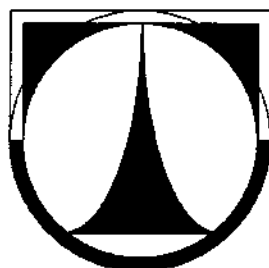
Dále je nutno uvést, že při samotné výrobě učební pomůcky nebylo možno rozebrat samotný variátor. Sám výrobce toto nedoporučuje z důvodu složitosti zpětného složení a potřeby speciálních prostředků, které nebyly k dispozici. Je to škoda, protože by studenti mohli lépe proniknout do samotné konstrukce a hlavně geometrie variátoru. Samotná obrábění bloku převodovky bylo prováděno s namontovaným variátorem, což s sebou neslo značné obtíže. Dále ze stejných důvodů nebyl rozebrán celek s řídicí jednotkou a olejovým čerpadlem. U ostatních důležitých součástí se odkrytí a dokumentace víceméně povedly.

V poslední řadě bych rád řekl, že tato koncepce převodovky udává vozidlu zajímavou dynamiku a komfort při jízdě a doporučuji všem, kdo se zajímá o vývoj v automobilovém průmyslu, seznámit se s tímto konstrukčním řešením plynule měnitelné převodovky, protože některé použité konstrukční prvky mohou být inspirací pro další vývoj těchto typů převodovek.

6 Seznam použité literatury

1. Stufenloses Automatikgetriebe multitronic 01J, Selbststudien program 228, vydáno automobilkou AUDI
2. Převody motorových vozidel, Prof. Ing. František Vlk DrSc. Nakladatelství a vydavatelství Brno 2006
3. Matematické, fyzikální a chemické tabulky, 3. vydání, PROMETHEUS
4. Internetové stránky uvedené u jednotlivých obrázků

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA STROJNÍ
Katedra vozidel a motorů



**VARIÁTOROVÁ AUTOMOBILOVÁ PŘEVODOVKA
CONTINUOUSLY VARIABLE AUTOMOBILE GEARBOX**

PŘÍLOHY K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

KVM – BP – 134

Josef Bareš

Květen 2007

3,2 Liter-V6-FSI-Motor

mit FSI®- Benzindirekteinspritzung, Schaltsaugrohr, Kontinuierliche Nockenwellenverstellung und Nockenwellenantrieb per Kette



3.2 litre V6 FSI engine

with FSI®- Fuel direct injection, variable intake manifold, variable camshaft timing, and chain driven camshafts

3.123 cm³

188kW (255 PS) bei 6.500 min⁻¹

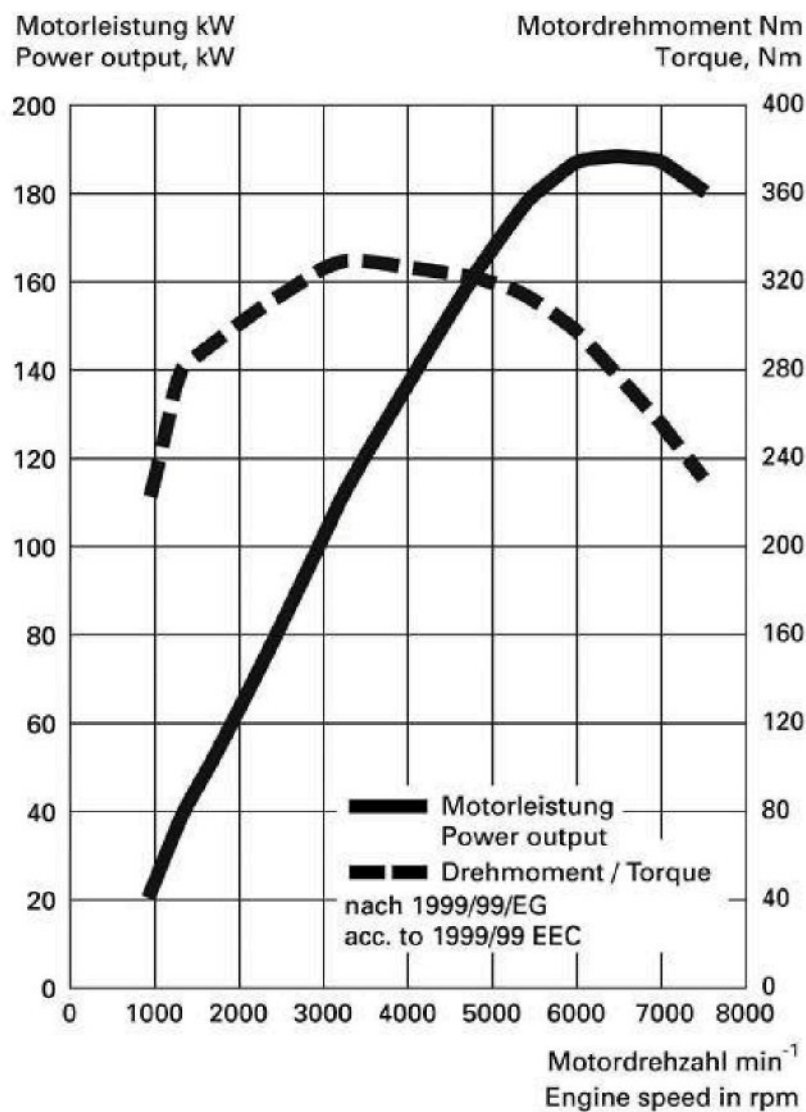
330 Nm bei 3.250 min⁻¹

3.123cc

188 kW (255 bhp) at 6,500 rpm

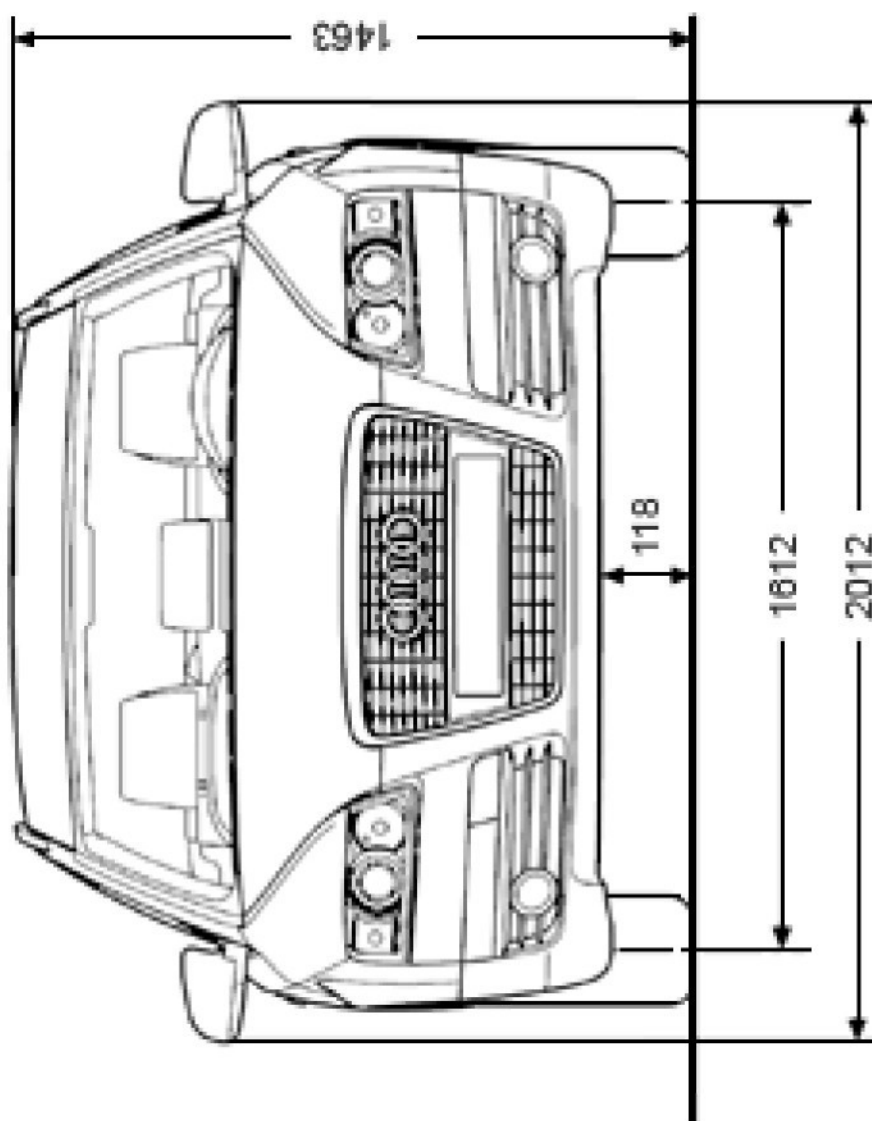
330 Nm at 3,250 rpm

03/04

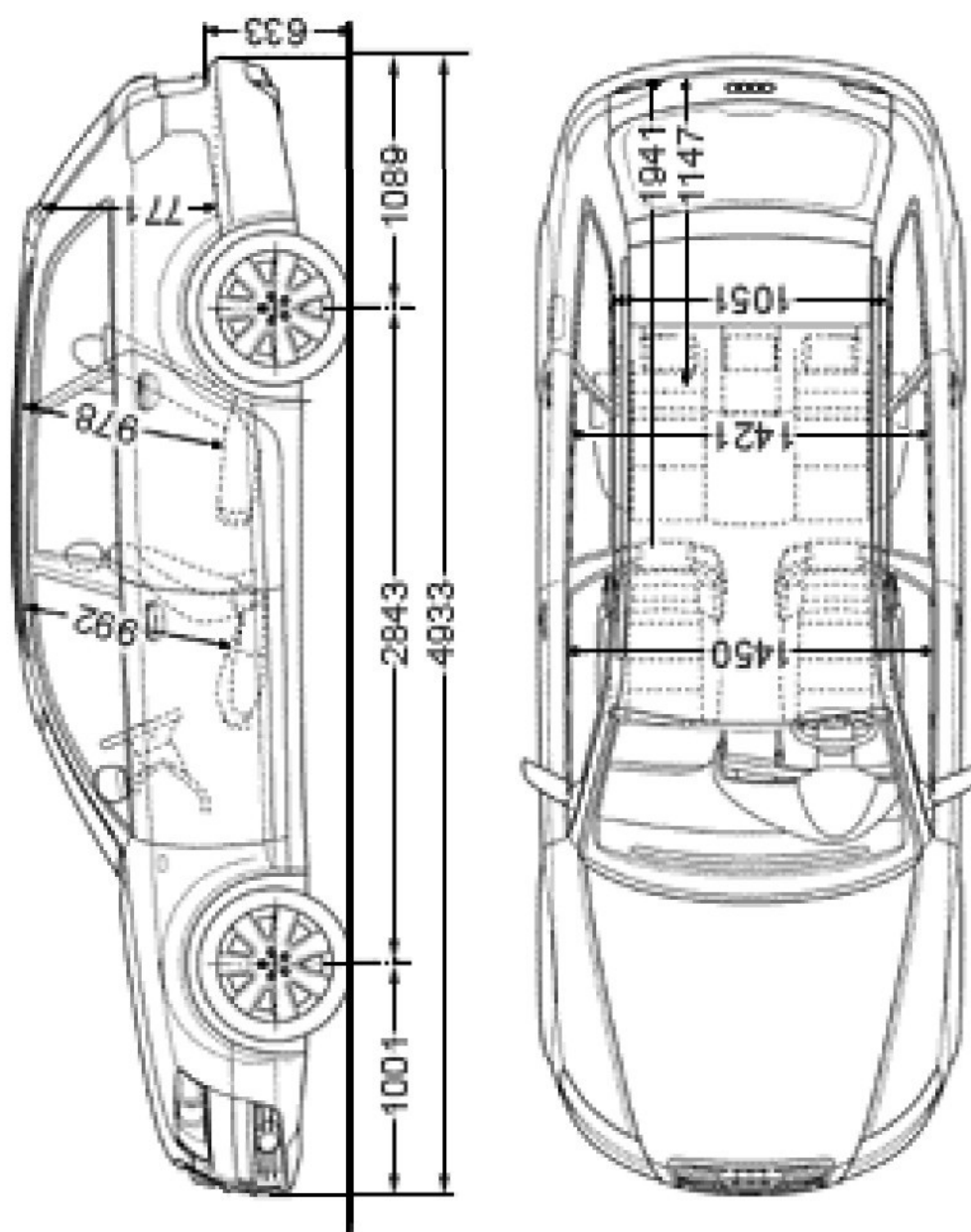


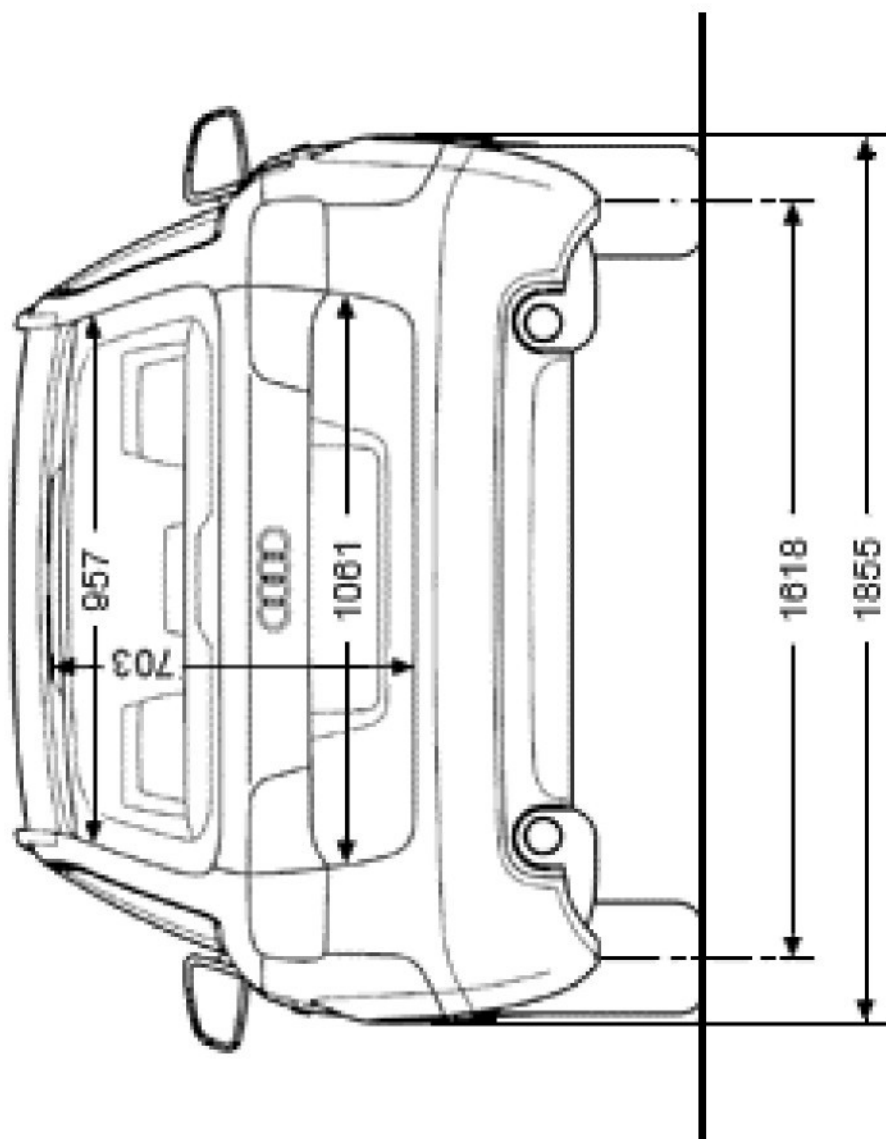
Charakteristika motoru 3,2 l FSI AUDI |

(<http://www.auto.cz/predstavujeme/audi-a6-podrobny-popis.html>)



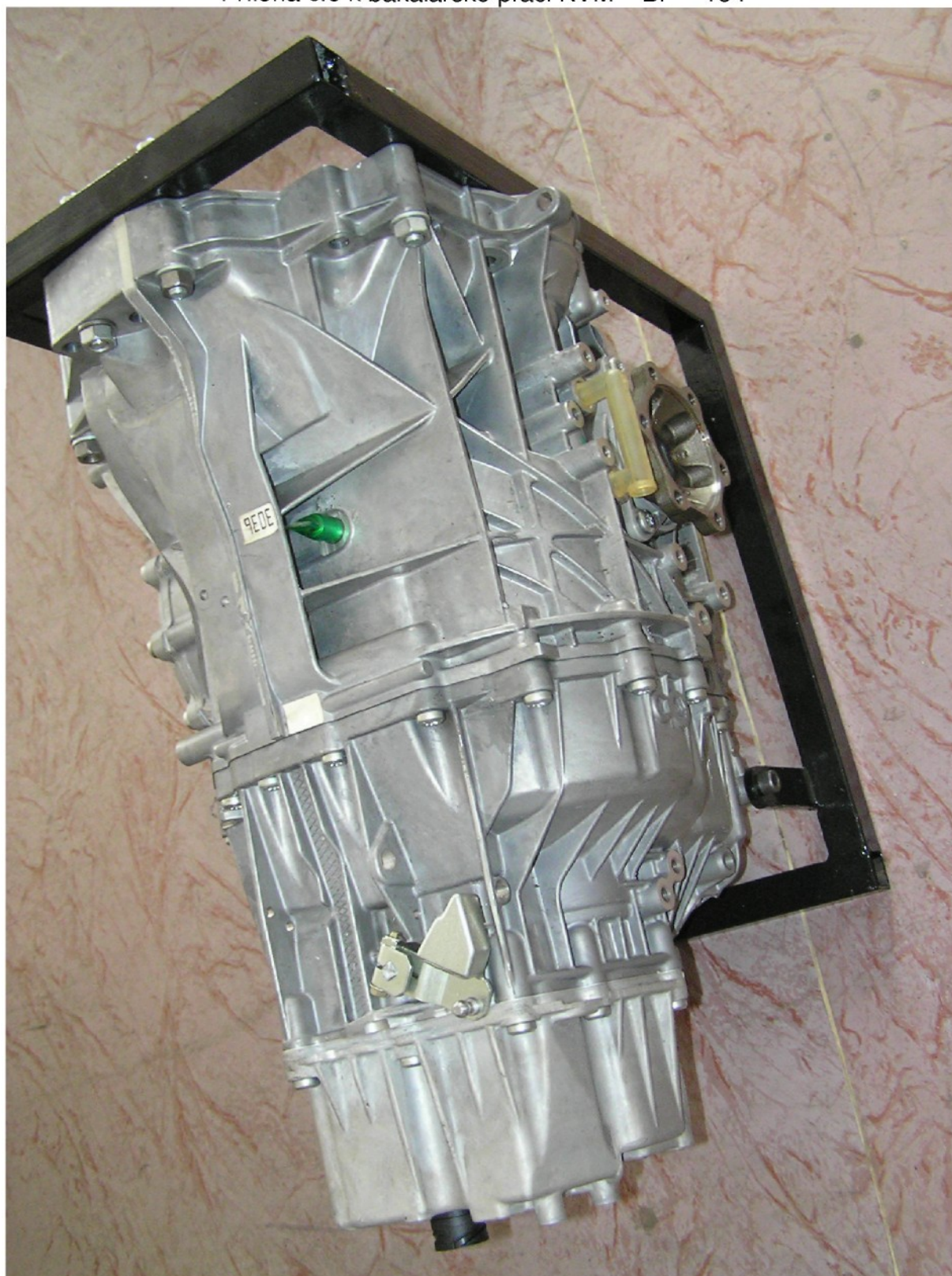
Čelní pohled na AUDI A6 | (<http://www.audi.cz/modely/a6/avant/rozmary/>)



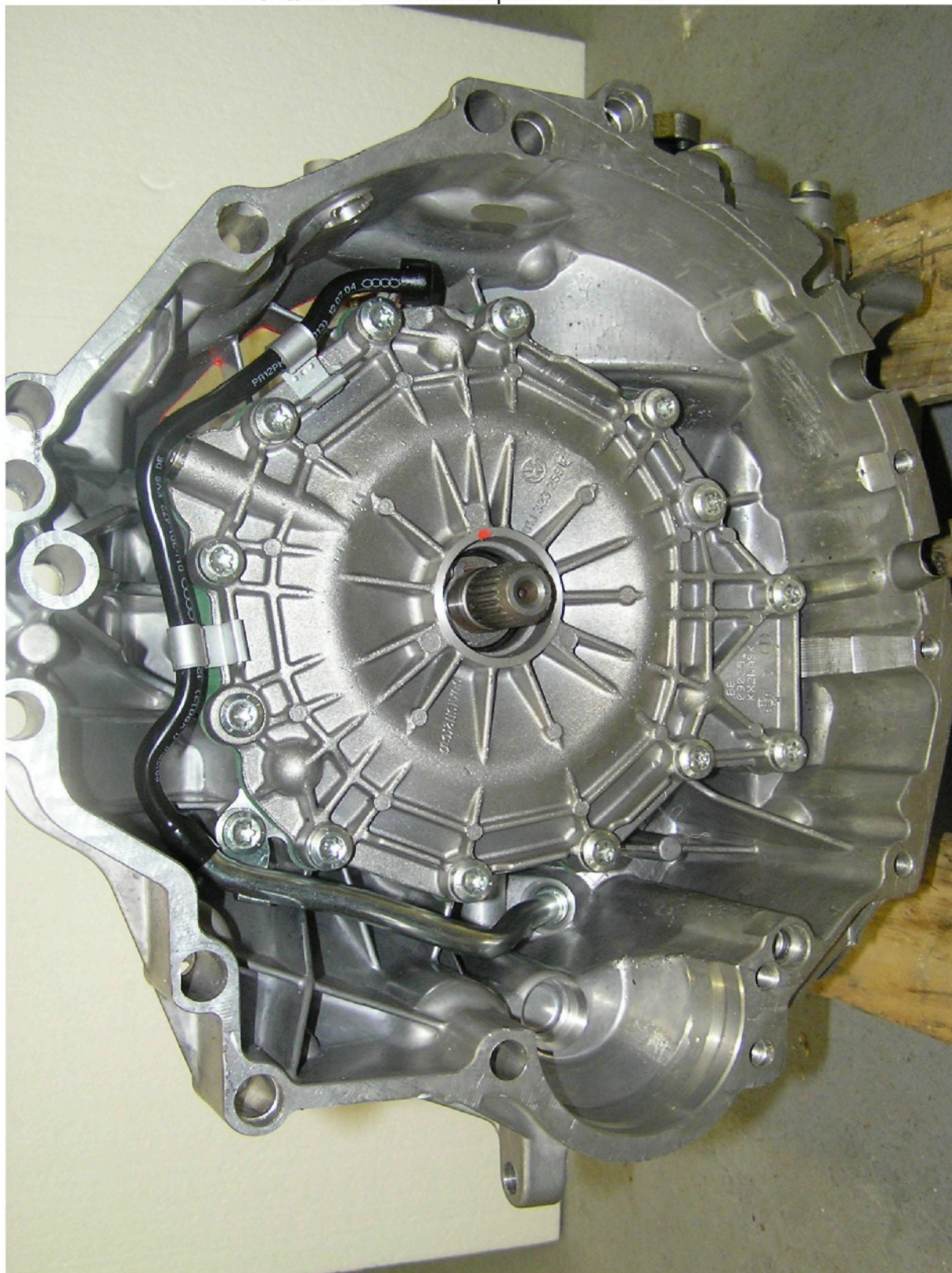




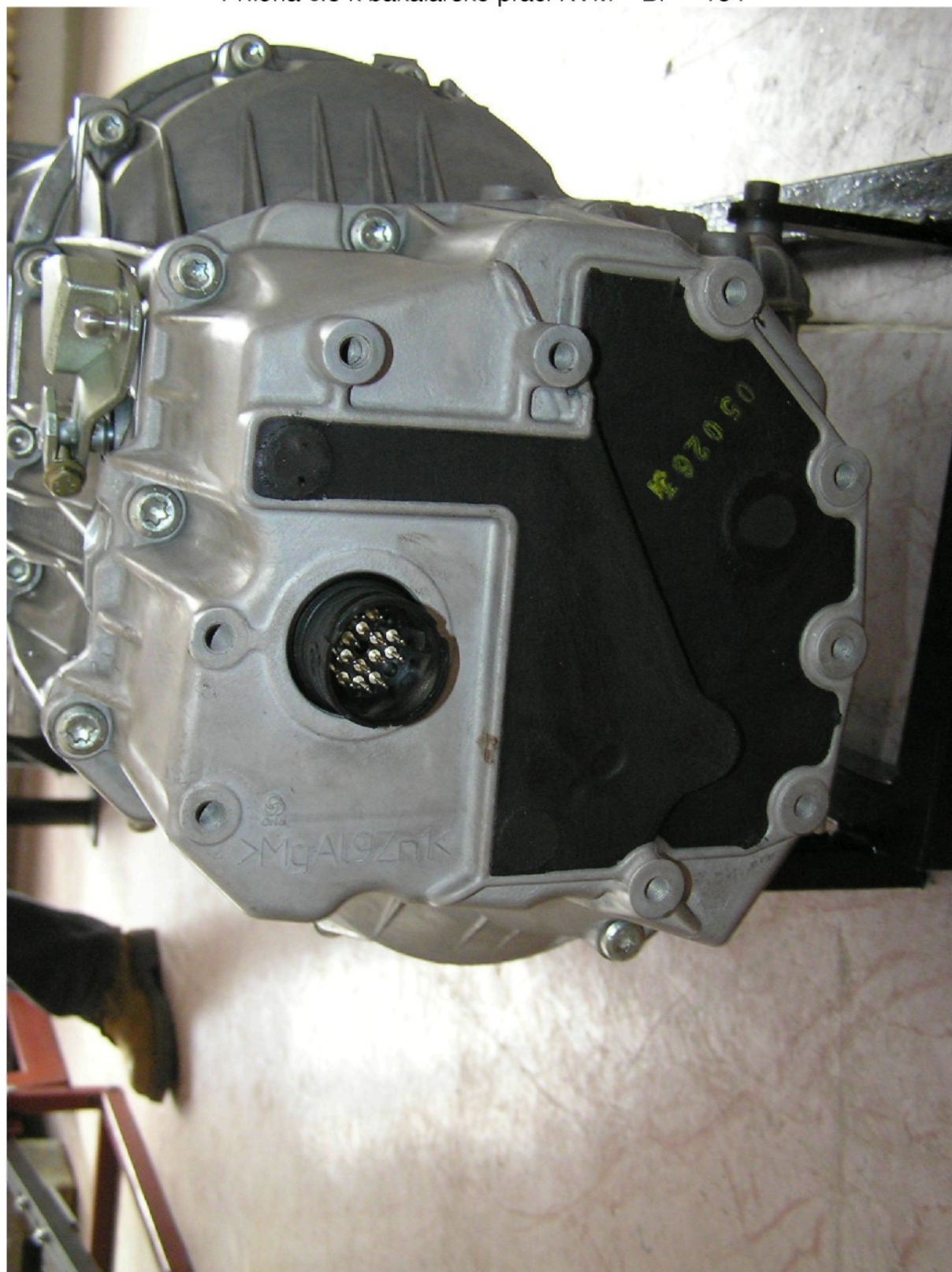
Boční pohled na převodovku AUDI Multitronic | (vytvořeno autorem)



Boční pohled na převodovku AUDI Multitronic | (vytvořeno autorem)



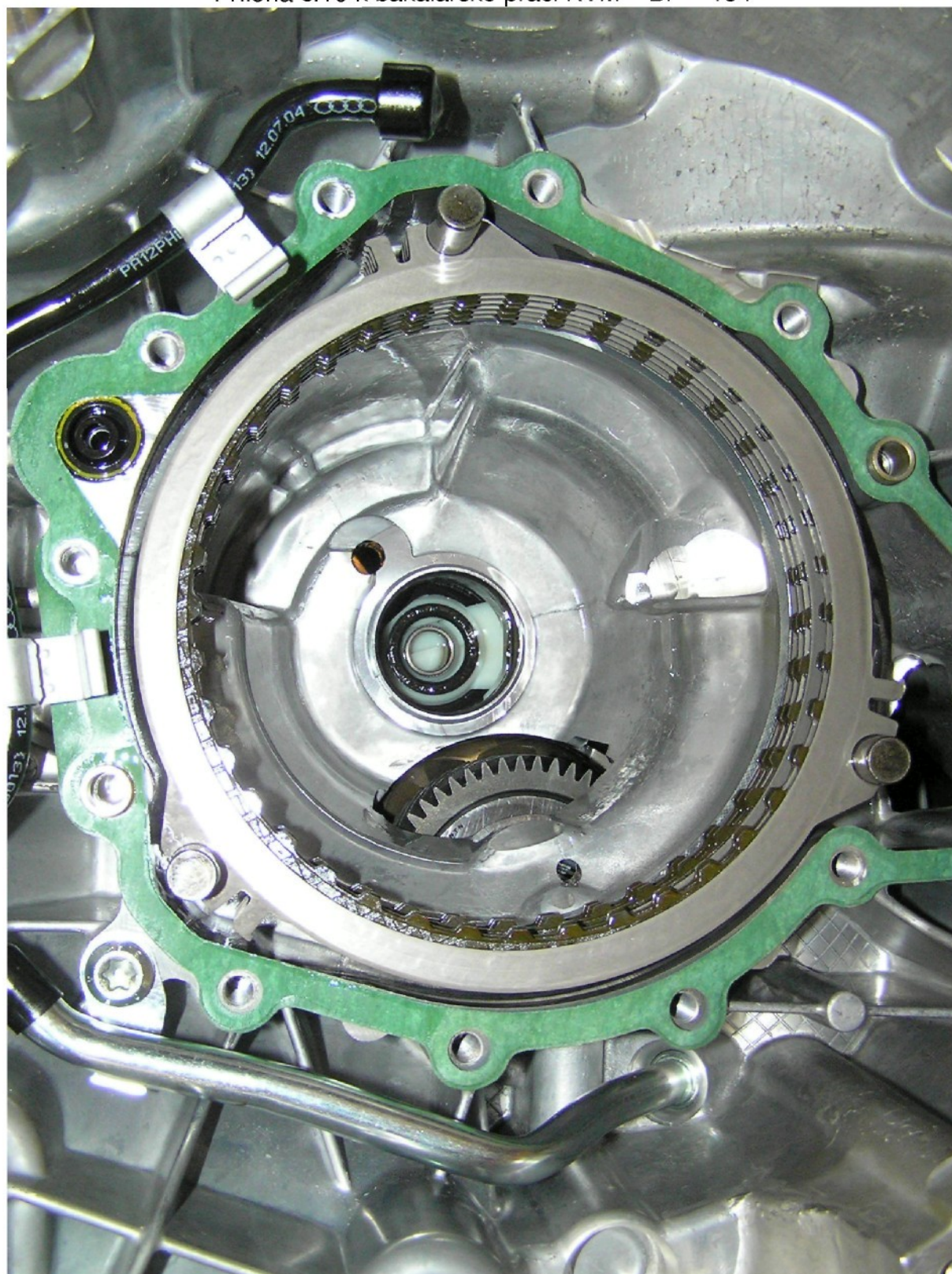
Čelní pohled na převodovku AUDI Multitronic | (vytvořeno autorem)



Zadní pohled na převodovku AUDI Multitronic | (vytvořeno autorem)



Vzdálenost těžiště od čelní plochy převodovky AUDI Multitronic | (vytvořeno autorem)



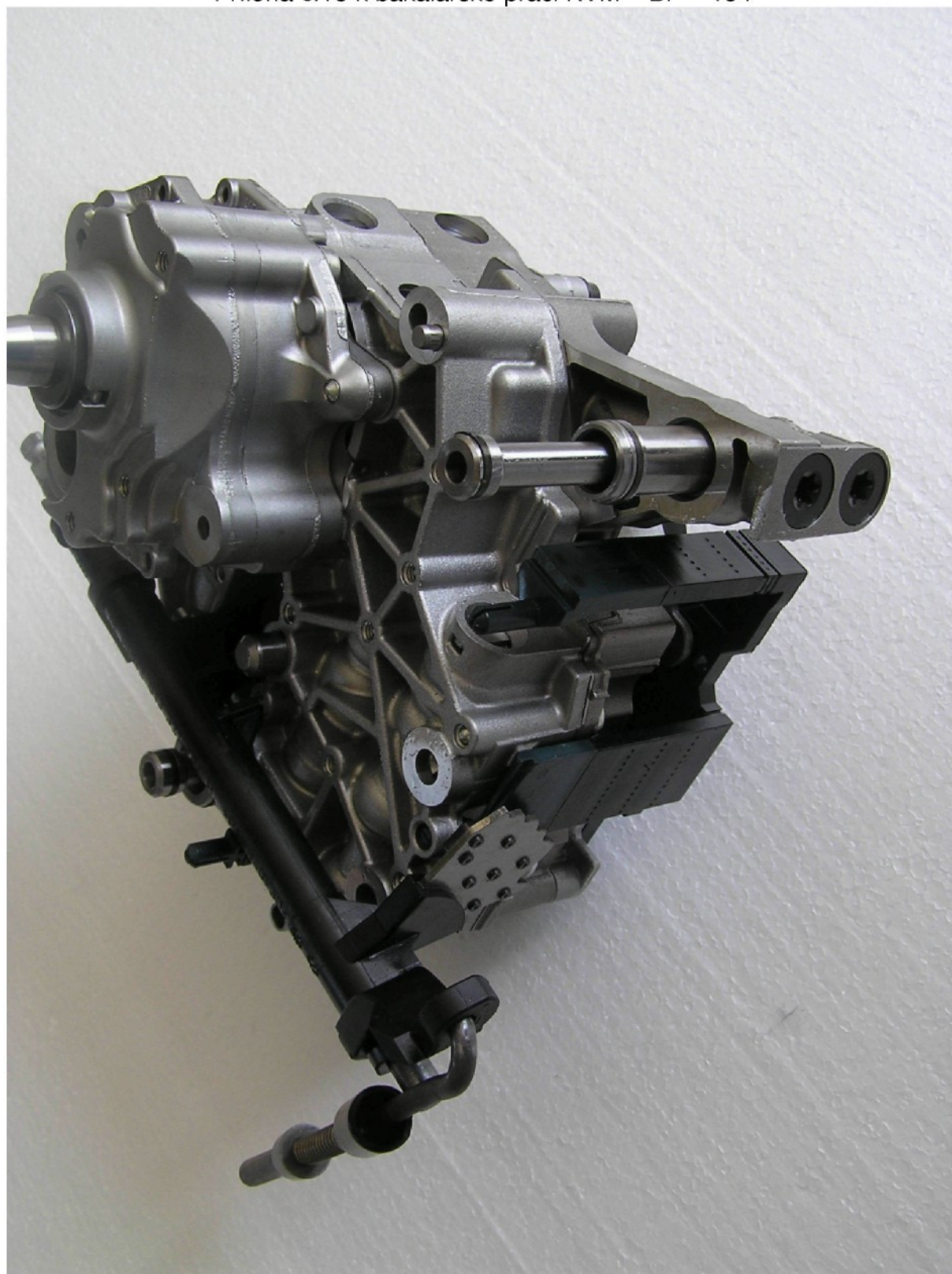
Lamely spojky zpětného chodu | (vytvořeno autorem)



Sestava planetového soukolí | (vytvořeno autorem)



Řetěz a mechanismus parkovací západky | (vytvořeno autorem)



Řídicí jednotka s olejovým čerpadlem a řadící hřídel s magnetickými kulisami | (vytvořeno autorem)



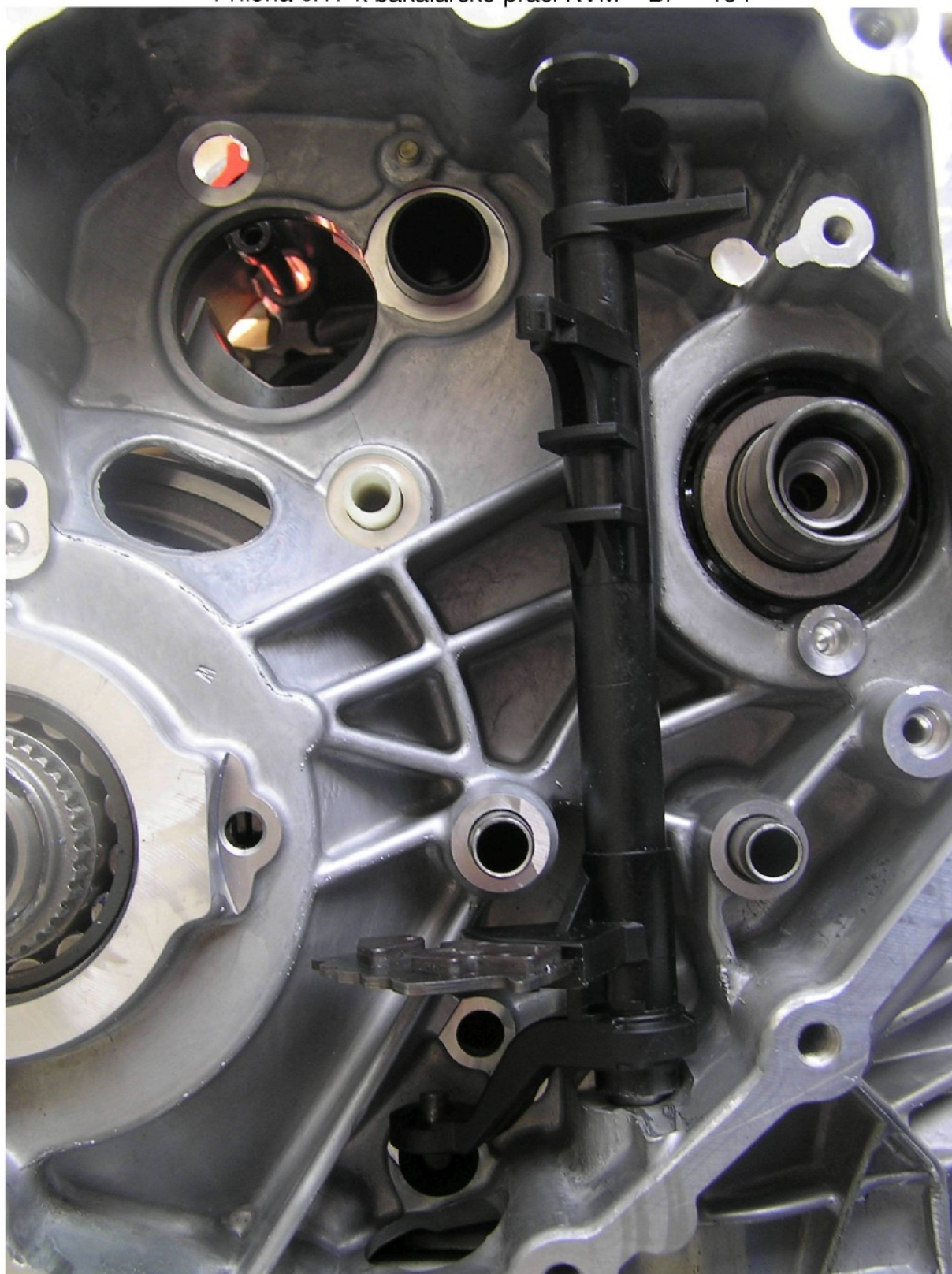
Obnažené planetové soukolí s lamelami obou spojek | (vytvořeno autorem)



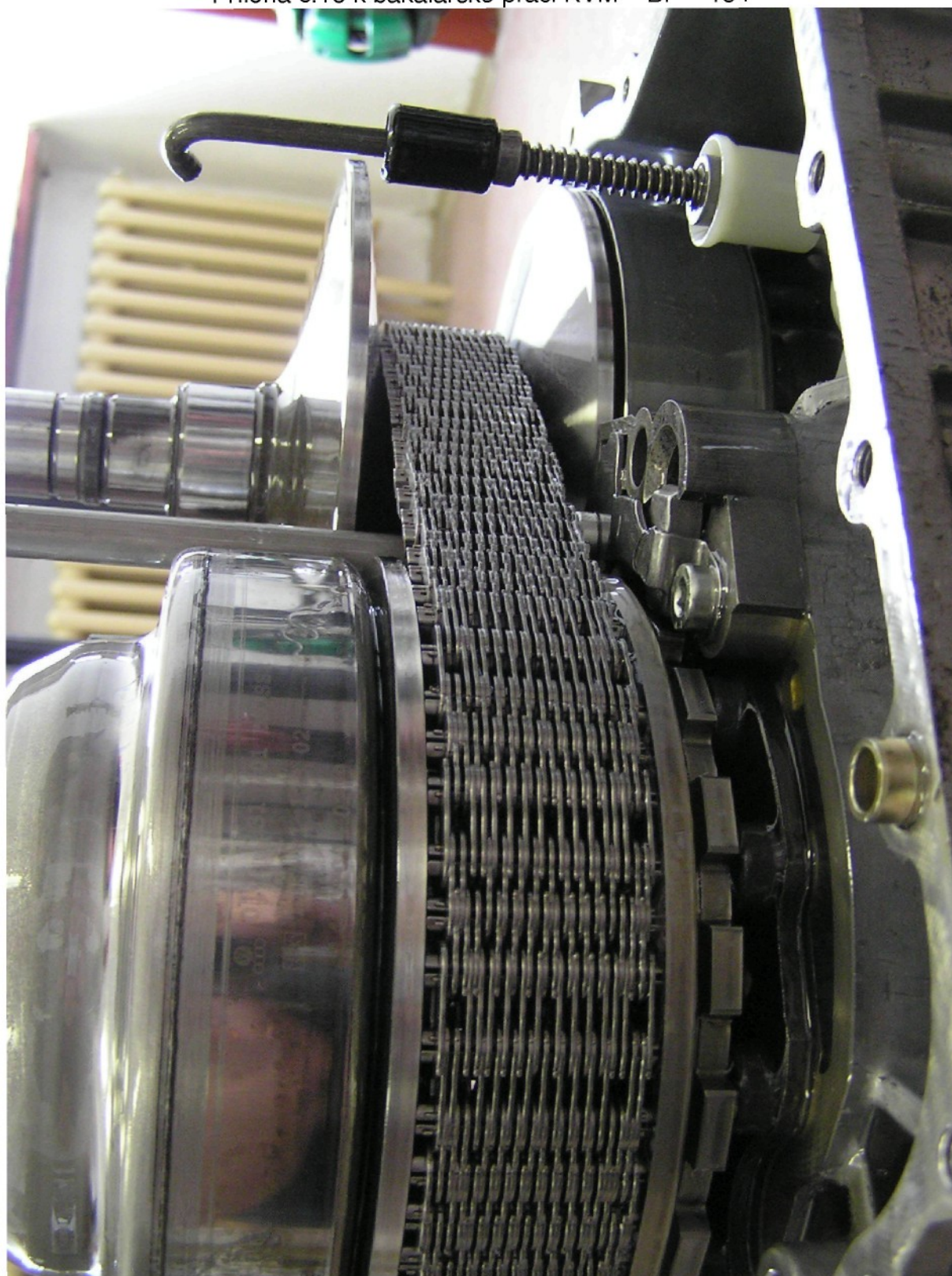
Sestava diferenciálu | (vytvořeno autorem)



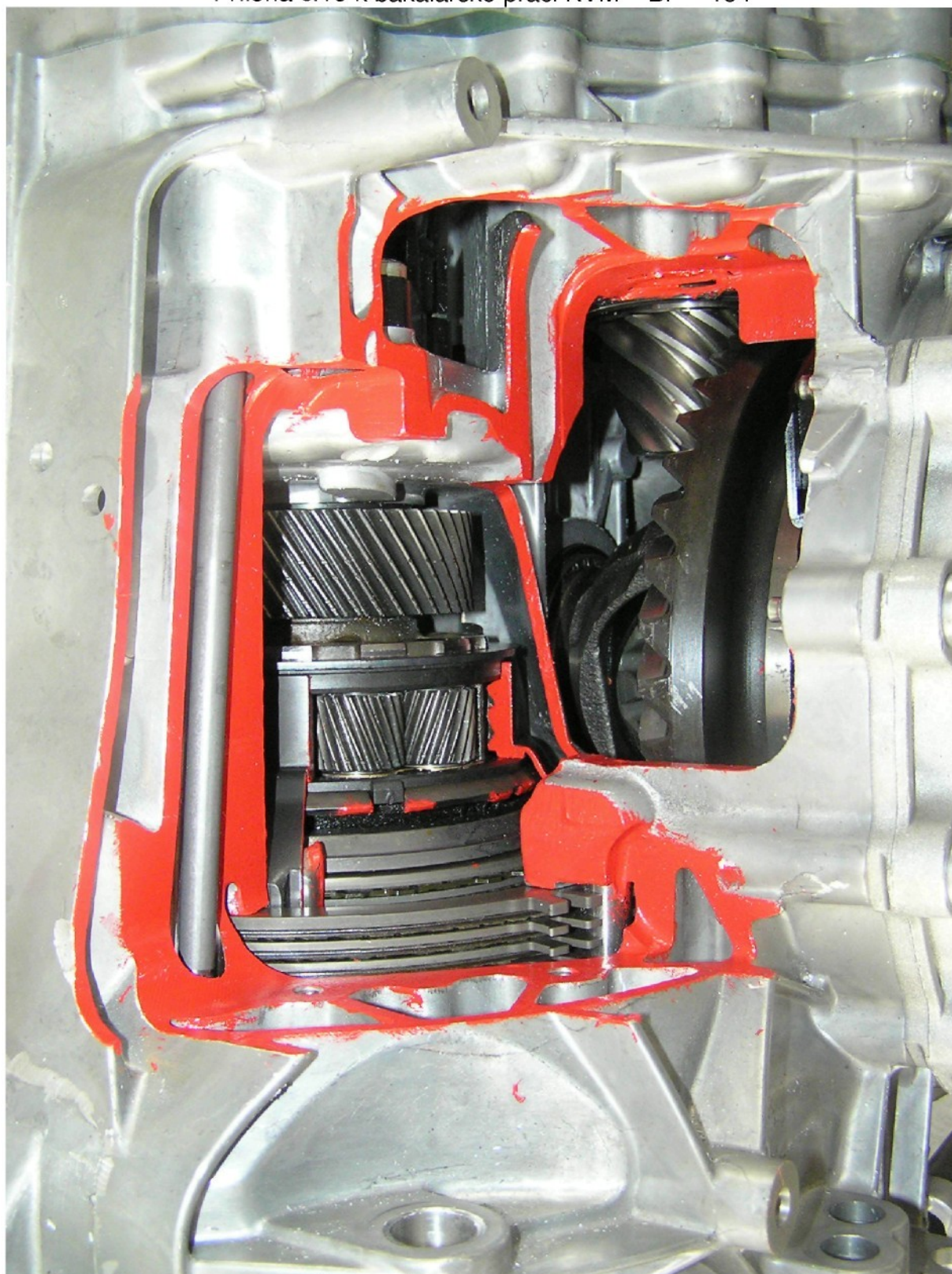
Detail diferenciálu | (vytvořeno autorem)



Řadící hřídel s magnetickými kulisami | (vytvořeno autorem)



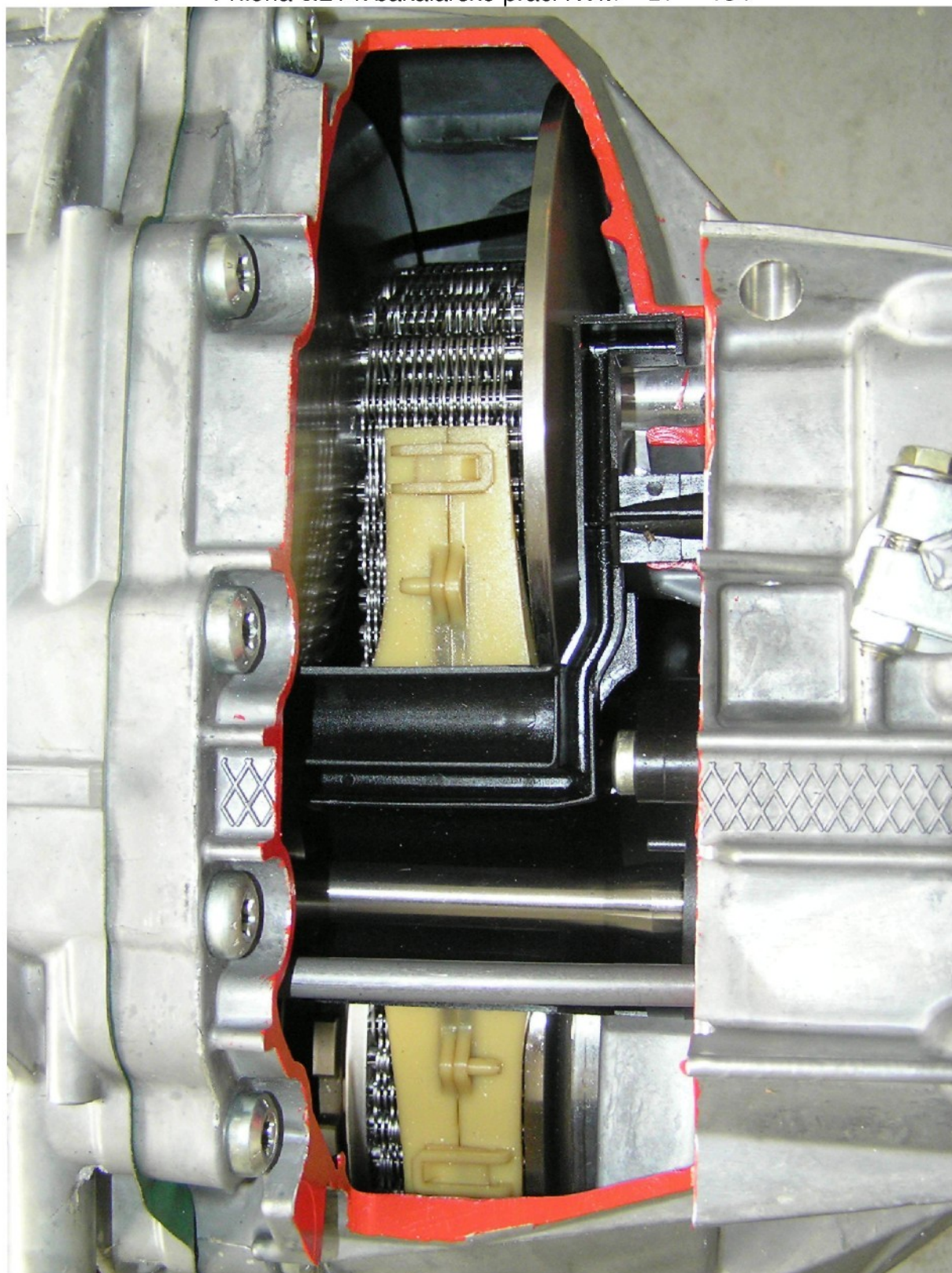
Variátor | (vytvořeno autorem)



Řez č.1 | (vytvořeno autorem)



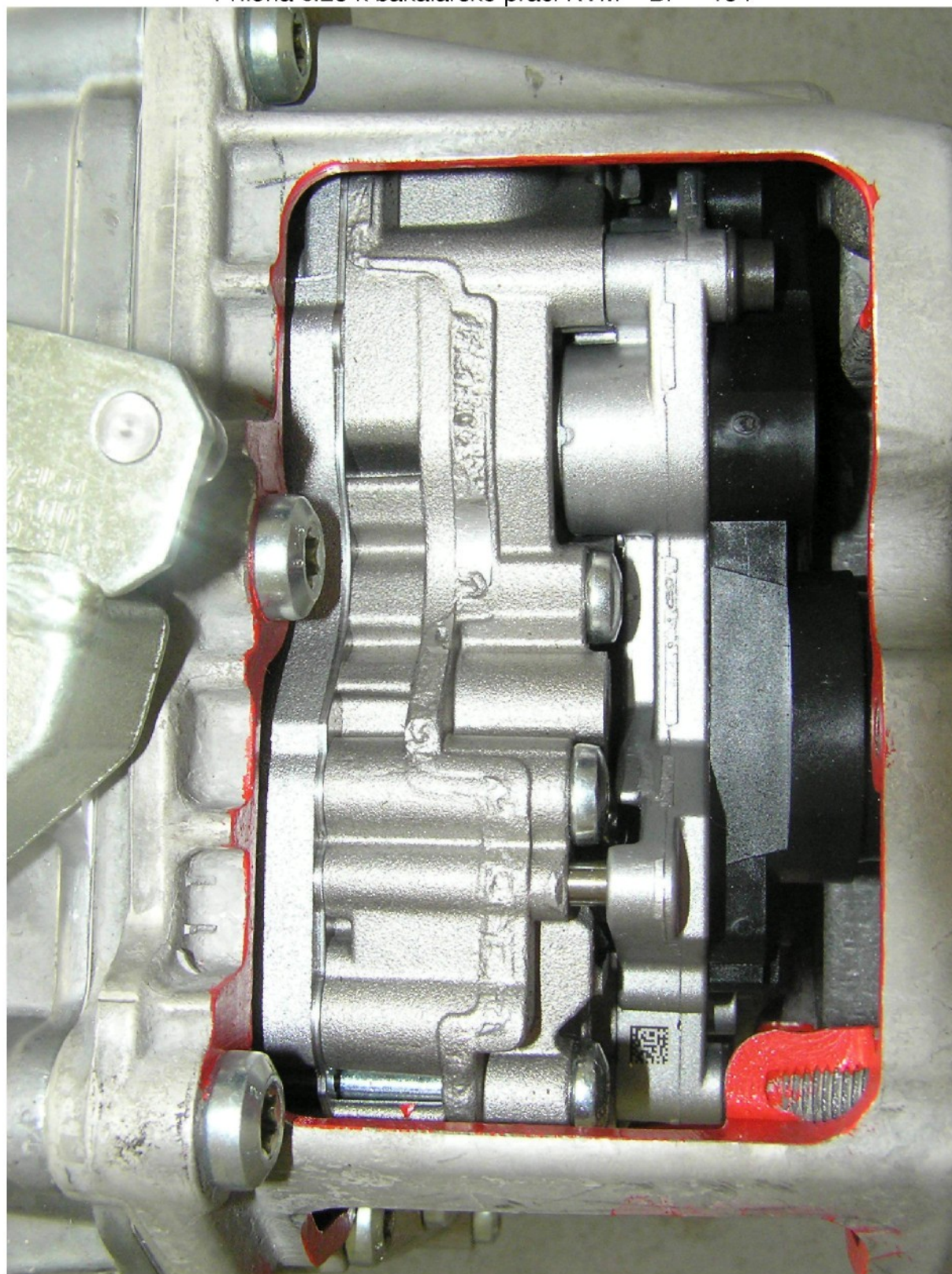
Řez č.2 | (vytvořeno autorem)



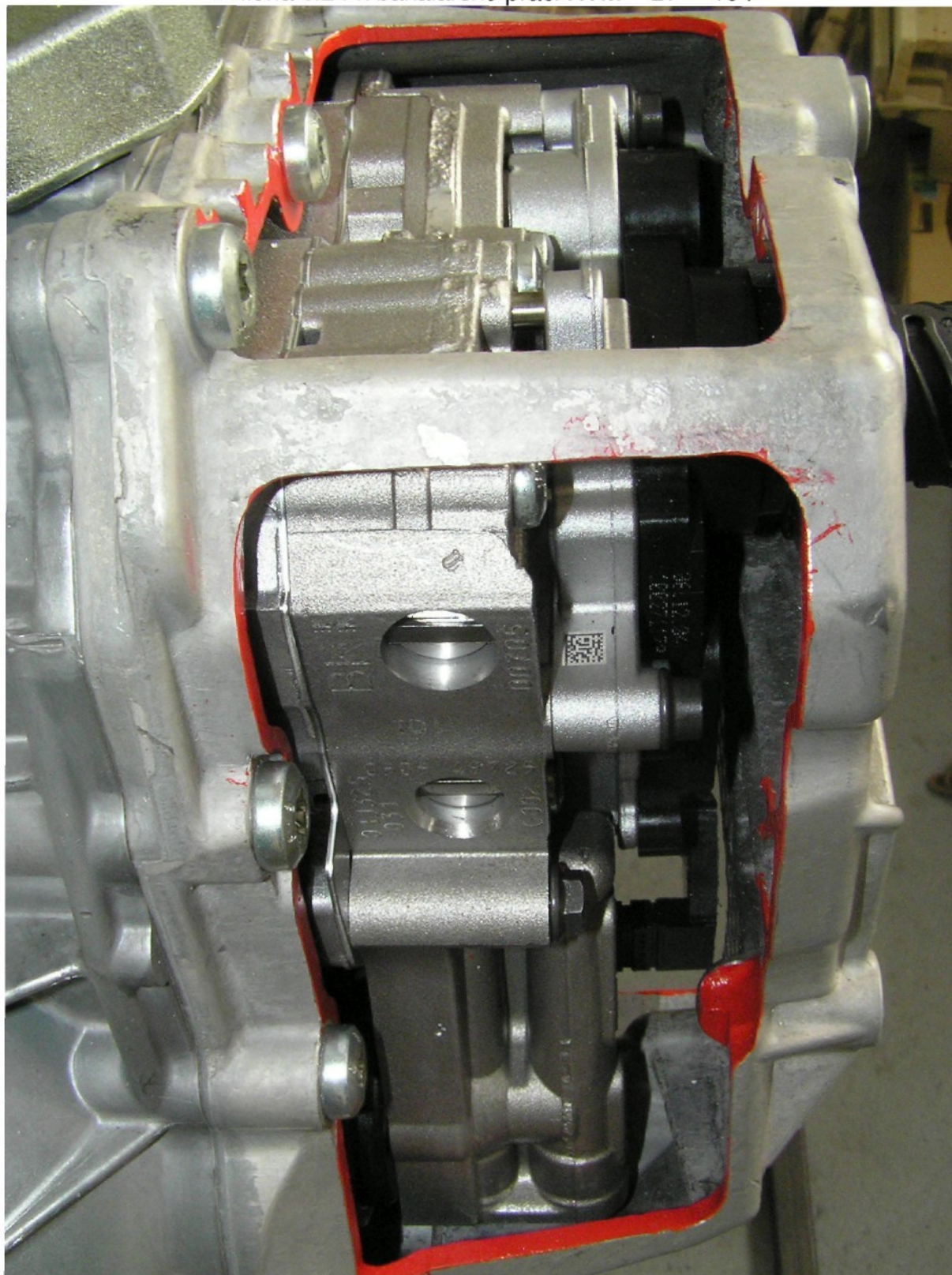
Rez č.3 | (vytvořeno autorem)



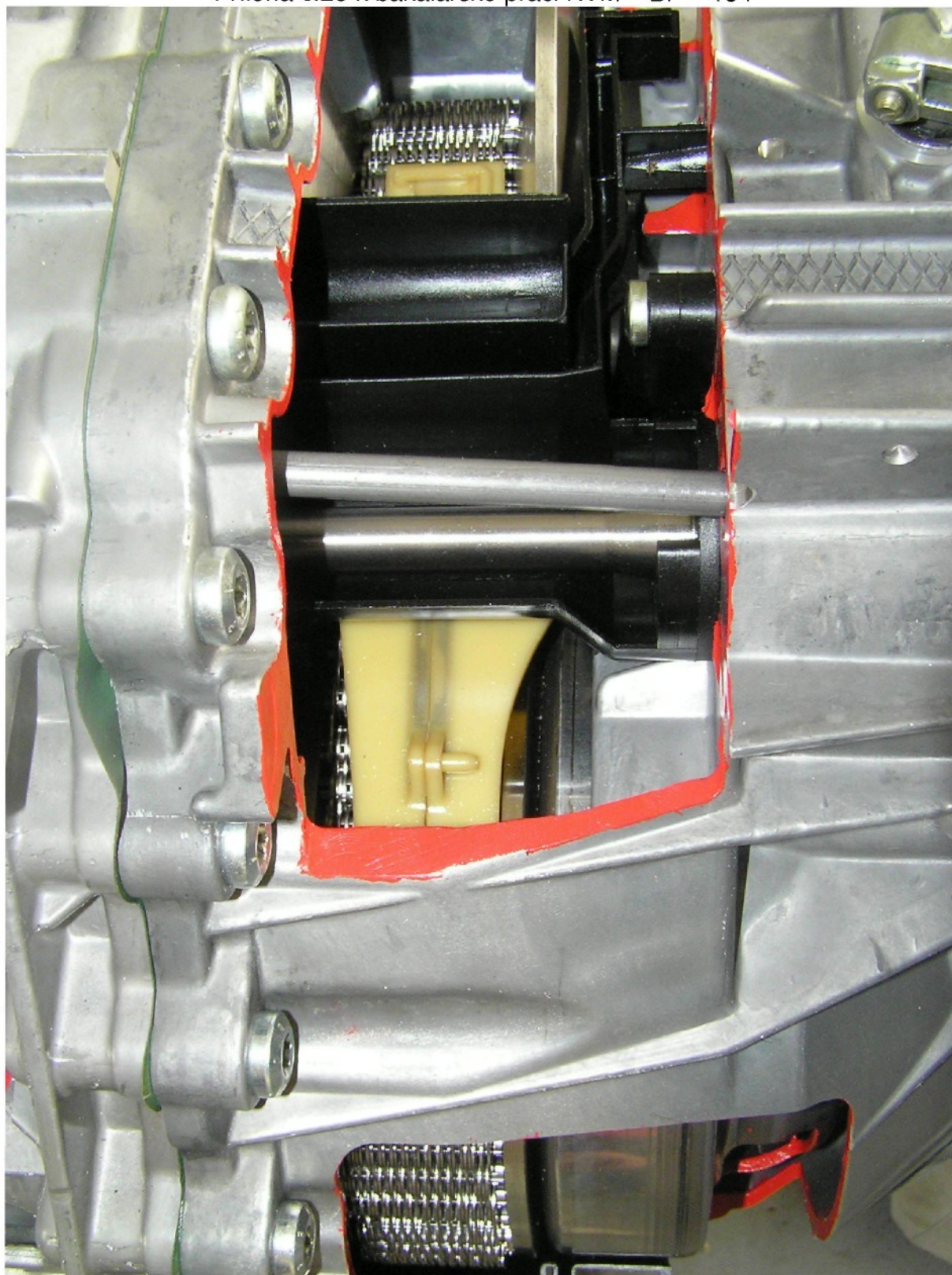
Rez č.4 | (vytvořeno autorem)



Řez č.5 | (vytvořeno autorem)



Řez č.6 | (vytvořeno autorem)



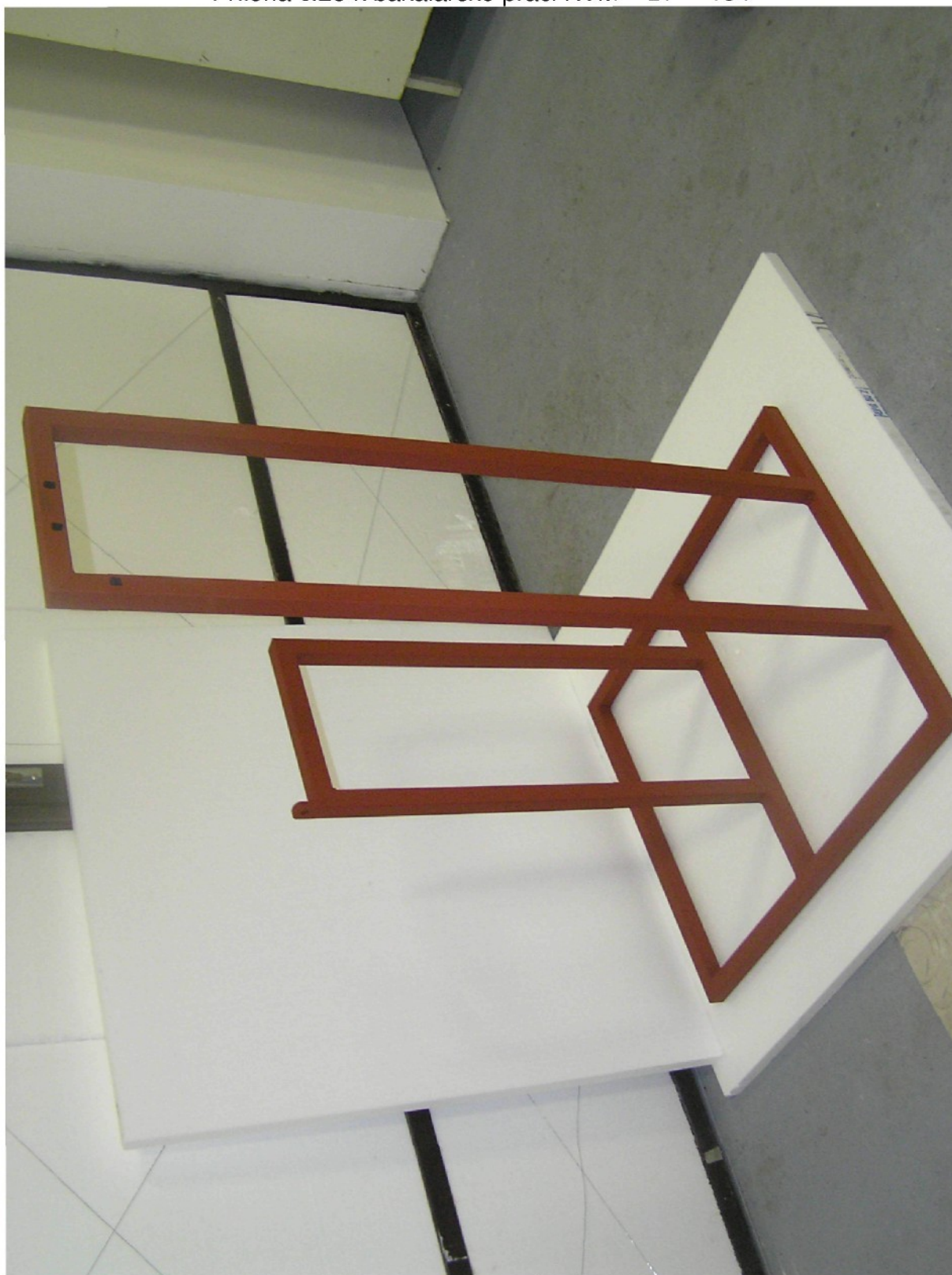
Rez č.3 a 4 | (vytvořeno autorem)



Celkový pohled | (vytvořeno autorem)



Celkový pohled | (vytvořeno autorem)



Stojan natřen základní barvou | (vytvořeno autorem)