

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

## POHON 4X4 U OSOBNÍCH VOZIDEL.

PASSENGER CARS FOUR WHEEL DRIVE.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

ZBYNĚK HRÁDEK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. ONDŘEJ BLAŽÁK

BRNO 2008



Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2007/08

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Hrádek Zbyněk

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:

### **Pohon 4x4 u osobních vozidel.**

v anglickém jazyce:

### **Passenger Cars Four Wheel Drive.**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Zpracujte přehled konstrukčních řešení pohonu 4x4 u osobních vozidel.

Cíle bakalářské práce:

1. Zpracujte přehled konstrukčních řešení pohonu 4x4 u osobních vozidel.
2. Rozeberte v současnosti nejpoužívanější systémy.
3. Formulujte tendence vývoje v oblasti konstrukce pohonu 4x4 u osobních vozidel.

Seznam odborné literatury:

[1] VLK,F. Dynamika motorových vozidel. ISBN 80-238-5273-6, Nakladatelství VLK, Brno 2000.

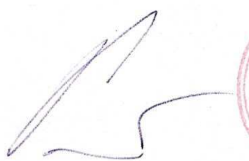
[2] VLK,F. Zkoušení a diagnostika motorových vozidel. ISBN 80-234-6573-0, Nakladatelství VLK, Brno 2000.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Ondřej Blaťák

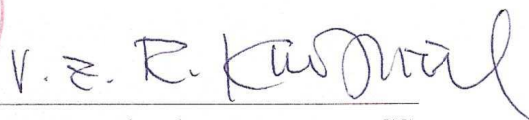
Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2007/08.

V Brně, dne 1.11.2007

L.S.



prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.  
Ředitel ústavu



doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Cílem bakalářské práce je vytvoření rešerše popisující jednotlivé koncepce pohonu všech kol u osobních automobilů. Zvláště se pak zaměřuje na konstrukci, princip činnosti a vhodnost použití jednotlivých koncepcí. Počátek práce je věnován historii, výhodám a nevýhodám tohoto technického řešení. V další části jsou popsány nejpoužívanější koncepce pohonu. Konec práce obsahuje shrnutí získaných informací a úvahu, jakým směrem se bude pohon všech kol ubírat v následujících letech.

## **ABSTRACT**

The aim of my Bachelor's project is to form the search describing individual drive concepts of the all cars' wheels. It is focused especially on the construction, working principle and usability of the particular concepts. The beginning of the thesis is interested in the the history as well as the advantages and disadvantages of this engineering solution. In the following part the most used drive concepts are described. The end of the project covers the summary of the acquired information and the consideration of how the all wheels' drive will be developed in the following years.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Pohon všech kol, adheze, diferenciál, spojka, rozvodovka, uzávěrka

## **KEY WORDS**

Wheels' drive, adhesion, differential gear, clutch, final gear, axle lock

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

HRÁDEK, Z. *Pohon 4x4 u osobních vozidel*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 32 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Ondřej Blaťák.

## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci *Pohon 4x4 u osobních vozidel* vypracoval samostatně pod vedením Ing. Ondřeje Blaťáka, a všechny použité literární a odborné prameny jsem uvedl v seznamu použitých zdrojů.

V Brně:.....

.....  
Zbyněk Hrádek

## PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval Ing. Ondřeji Blatňákovi za odborné vedení, podmětne připomínky a cenné rady, kterými přispěl k vypracování této bakalářské práce.



## OBSAH

Úvod.....	11
1. Rozdělení koncepcí pohonu všech kol.....	12
2. Historie pohonu 4x4.....	13
3. Vymezení základních pojmů.....	14
3.1 Rozvodovka.....	15
3.2 Diferenciál.....	15
3.3 Rozdělovací převodovka.....	17
4. Stálý pohon všech kol.....	18
4.1 Centrální diferenciál.....	18
4.1.1 Šnekový samosvorný diferenciál Torsen.....	19
4.1.1.1 Konstrukce.....	19
4.1.1.2 Princip činnosti.....	19
4.1.1.3 Hlavní výhody pohonu všech kol s centrálním diferenciálem Torsen.....	20
4.2 Viskózní spojka.....	21
4.2.1 Konstrukce viskózní spojky.....	21
4.2.2 Princip činnosti.....	22
4. Samočinně připojitelný pohon všech kol.....	23
4.1 Mezinápravová lamelová spojka Haldex.....	23
4.1.1 Princip činnosti.....	23
4.1.2 Konstrukce.....	24
4.1.3 Hlavní výhody mezinápravové spojky Haldex.....	25
5. Manuálně přiřaditelný pohon druhé nápravy.....	26
5.1 Uzávěrka diferenciálu.....	27
5.1.1 Princip činnosti.....	27
5.2 Hlavní výhody manuálně přiřaditelného pohonu druhé nápravy.....	27
6. Příklady pohonu všech kol u osobních automobilů.....	28
6.1 Nissan All mode 4x4.....	28
6.2 BMW drive.....	28
6.3 Honda SH-AWD systém.....	29
6.4 Lexus Hybrid drive.....	30
Závěr.....	32
Seznam použitých zdrojů.....	33



### ÚVOD

U automobilů jsou důvody pro pohon pouze jedné nápravy zcela ekonomické povahy, poněvadž se uspoří další konstrukční díly, jako mezinápravový diferenciál, další nápravový diferenciál, spojovací hřídel a hnací hřídele. Zpravidla postačuje pohon jedné nápravy, protože součinitel adheze mezi pneumatikou a vozovkou se pohybuje u suché vozovky kolem hodnoty 0,9 a na mokré vozovce zřídka klesne pod hodnotu 0,6. Tím lze docílit zrychlení při rozjezdu přes  $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ , které leží značně nad normálním zrychlením kolem  $1 \text{ až } 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ , tedy poskytuje dostatečnou rezervu. U vysoce výkonných vozidel s malým zatížením hnací nápravy nemůže při prudké akceleraci na mokré vozovce nízký součinitel adheze zajistit přenos obvodové síly, což vede k prokluzu kol. Na vozovce pokryté sněhem nebo ledem (součinitel adheze 0,1 až 0,3), jsou při rozjezdu nebo při jízdě do svahu patrné nedostatky pohonu pouze jedné nápravy. V těchto situacích se plně osvědčuje pohon všech kol. Pohon všech kol může být permanentní, nebo zapínatelný (manuálně, elektricky).[1]

Hlavními přednostmi pohonu všech kol ve srovnání s pohonem pouze jedné nápravy jsou[1]:

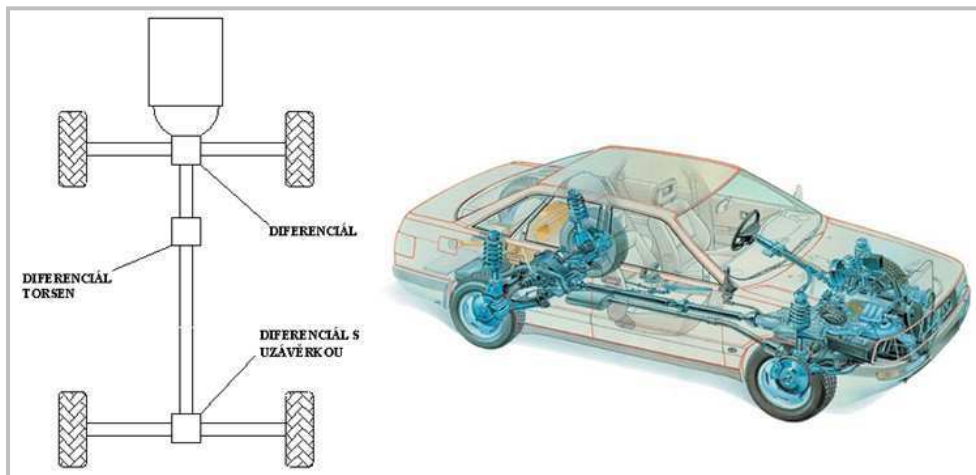
- zlepšení trakční schopnosti zejména na kluzké vozovce,
- vysoká schopnost akcelerace u motorů s výkony nad 120 kW,
- zvýšení schopnosti rozjezdu a stoupavosti nezávisle na zatížení,
- malá citlivost na boční vítr,
- vysoké rezervy stability při přejezdu větší vrstvy sněhu,
- stejnoměrné opotřebení pneumatik,
- zmenšený nájezd do zatáčky při ubrání plynu,
- příznivější chování z hlediska aquaplaningu (při neuzavřeném mezinápravovém diferenciálu),
- obzvláště vhodný pro tažení přívěsu,
- dobré rozdělení z hlediska zatížení náprav,

Nevýhody této koncepce[1]:

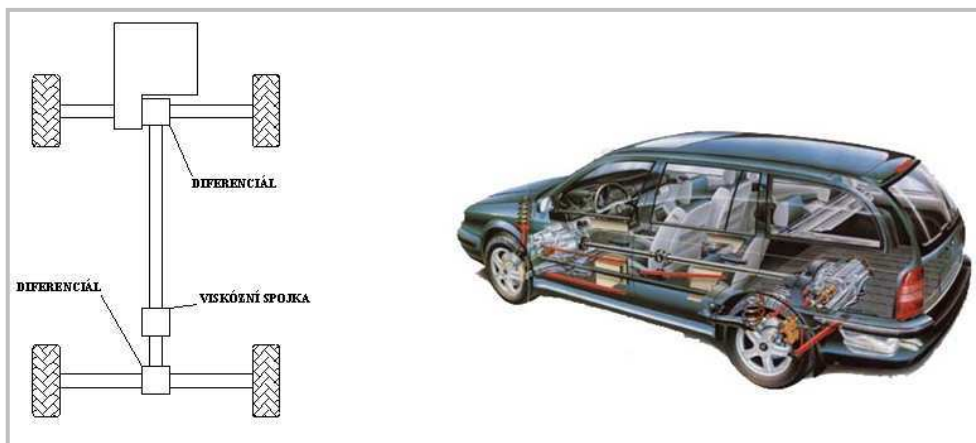
- zvýšené pořizovací náklady,
- poněkud vyšší pohotovostní hmotnost vozidla a s tím spojená nepatrně menší schopnost akcelerace vozidla u motorů pod 100kW,
- vyšší spotřeba paliva o 5 až 10%,
- menší zavazadlový prostor,

## 1. ROZDĚLENÍ KONCEPCÍ POHONU VŠECH KOL:

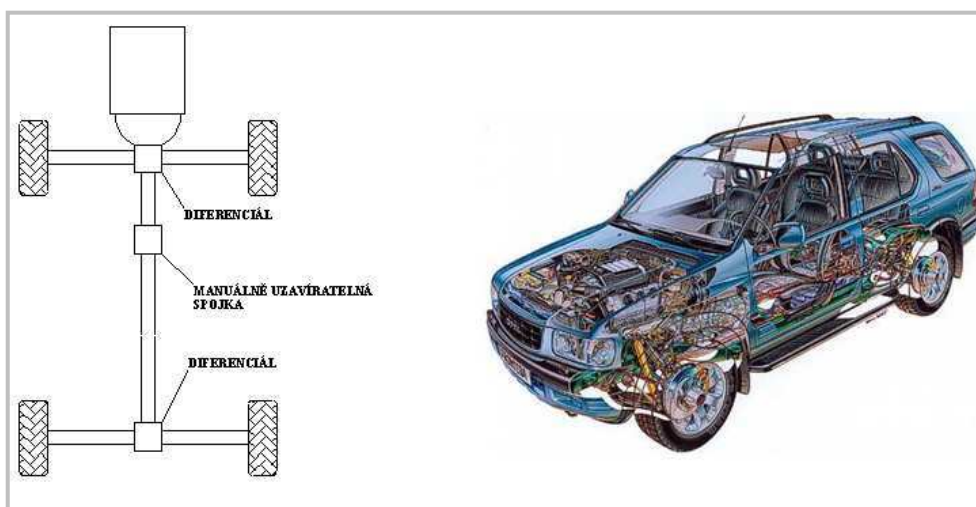
- permanentní pohon všech kol (Obr. 1.1),
- samočinně připojitelný pohon druhé nápravy (Obr. 1.2),
- manuálně přiřaditelný pohon druhé nápravy (Obr. 1.3),



Obr. 1.1 Permanentní pohon všech, Audi 80 převzato z [4]



Obr. 1.2 Samočinně připojitelný pohon druhé nápravy, Škoda Octavia Combi 4x4 převzato z [5]



Obr. 1.3 Manuálně přiřaditelný pohon druhé nápravy, Opel Frontera převzato z [6]

## 2. HISTORIE POHONU 4X4

Vznik automobilu se datuje do třetí čtvrtiny 19. století, ale první automobil se spalovacím motorem a pohonem všech kol byl poprvé postaven až v roce 1903. Jednalo se o dvoumístný sportovní automobil Spyker 60HP (Obr. 2.1) určený pro závody do vrchu zkonstruovaný holandskými bratry Hendrikem a Jan Spijjerem Jacobuseovými v Amsterdamu.

O dva roky později přišla s návrhem systému pohonu čtyř kol v roce 1905 společnost Brookville ze Spojených států, první čtyřkolové vozidlo postavené na jejich území však bylo představeno až v roce 1911 společností FWD z Wisconsinu. Společnost FWD později vyprodukovala přes 20,000 nákladních vozidel. Jednalo se převážně o tzv. model B určený pro britské a americké armády během 1. světové války.

V roce 1932 Ettore Bugatti vytvořil celkem tři závodní vozy s pohonem čtyř kol označené, jako typ 53. Vozy však byly nechvalně známé tím, že měly problémy se zatáčením.

U armády si našly vozy s pohonem všech kol nezastupitelné místo zejména v průběhu 2. světové války, kdy byly používány především vozy značky Jeep, vyvinuté firmou American Bantam, ale kvůli zvýšené poptávce byla výroba přesunuta do výrobních podniků Fordu a Willys-Overlandu (od roku 1950 majitel známky Jeep). Firma Willys-Overland představila roku 1945 první sériově vyráběný osobní automobil s pohonem všech kol - model CJ-2A. Model Jeep během války prokázal výborné vlastnosti, a tak se výrobce Willys - Overland rozhodl zastavit vývoj osobních automobilů a soustředit se na terénní vozy. V nabídce se to projevilo modely, jako byl Jeep kombi v roce 1946 nebo Jeepster convertible v roce 1948. Zaměřit se pouze na Jeepy byl nejlepší krok, jaký mohla firma udělat. Ačkoli byla firma Willys - Overland pohlcena jinými společnostmi, popularita Jeepu neubývala a tento vůz se stal synonymem pro pohon všech kol (Obr. 2.2.).

V průběhu padesátých a šedesátých let 20. století byl pohon všech kol viděn jako místo s velkým potenciálem pro zlepšování jízdních vlastností nejen u terénních, ale i nákladních a osobních vozidel, což se projevilo značnými investicemi právě do tohoto odvětví automobilového průmyslu.



Obr. 2.1 Spyker 60HP, převzato z [9]



Obr. 2.2 Jeep CJ-2A, převzato z [9]

V roce 1966 společnost Jensen Motor Company použila systém pohonu všech kol nazývaný Formula Ferguson do jejich vozu Jensen FF (Obr. 2.3). Systém byl používán v produkčních sportovních automobilech, ale s celkovým počtem 320 prodaných kusů nedosáhl předpokládaných prodejních výsledků.



Obr. 2.3 Jensen FF, převzato Z [4]

První výrobce, který vyvinul pohon všech kol pro silniční automobily bylo Subaru, které uvedlo masově vyráběný model Leon 4WD v roce 1972. Ten se stal v 80. letech světově nejprodávanějším automobilem s pohonem čtyř kol.

Začátkem roku 1980 se prezentovala firma Audi vysoce výkonným vozem Quattro (Obr. 2.4) s revoluční koncepcí pohonu všech kol. Tato událost povzbudila automobilový průmysl na celém světě k dalším aktivitám v této oblasti.



Obr. 2.4 Audi Quattro, převzato z [19]

Vozy s pohonem čtyř kol otevřely nové možnosti nejen u závodních speciálů, ale i u osobních automobilů. V současnosti se mechanismy pro přenos výkonu stále vyvíjejí s ohledem na lepší spolehlivost, vyšší účinnost a menší výrobní náklady.

### 3. VYMEZENÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ

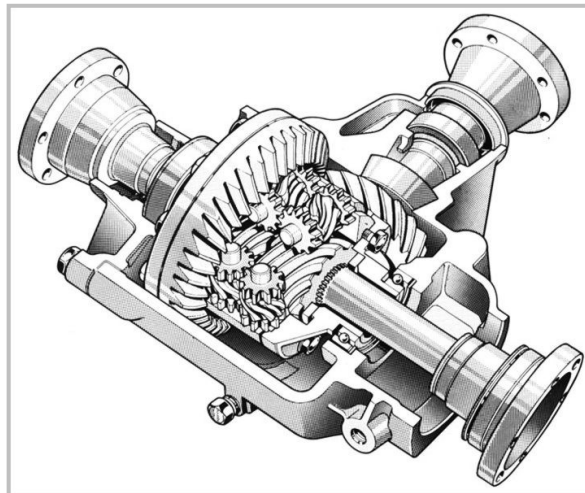
U všech typů automobilů s pohonem čtyř kol je bez ohledu na typ vozidla a koncepci pohonu nutno použít rozvodovku, diferenciál a rozdělovací převodovku.

#### 3.1 Rozvodovka

Rozvodovka zastává v automobilu tři základní funkce:

- zvyšuje hnací moment vystupující z převodovky tak, aby byl dostatečný za všech jízdních podmínek,
- pomocí stálého převodu snižuje výstupní otáčky z převodovky, což souvisí s již zmiňovaným zvýšením hnacího momentu podle vztahu  $P=M \cdot 2\pi n$ , kde  $P[W]$  je výkon,  $M[Nm]$  je točivý moment a  $n[ot/sec.]$  je počet otáček,
- rozvádí točivý moment z podélně uloženého hřídele na příčně uložené hnací hřídele kol. Změna přenosu se uskutečňuje pomocí stálého kuželového převodu,

Hlavními částmi rozvodovky jsou stálý hnací převod a diferenciál.



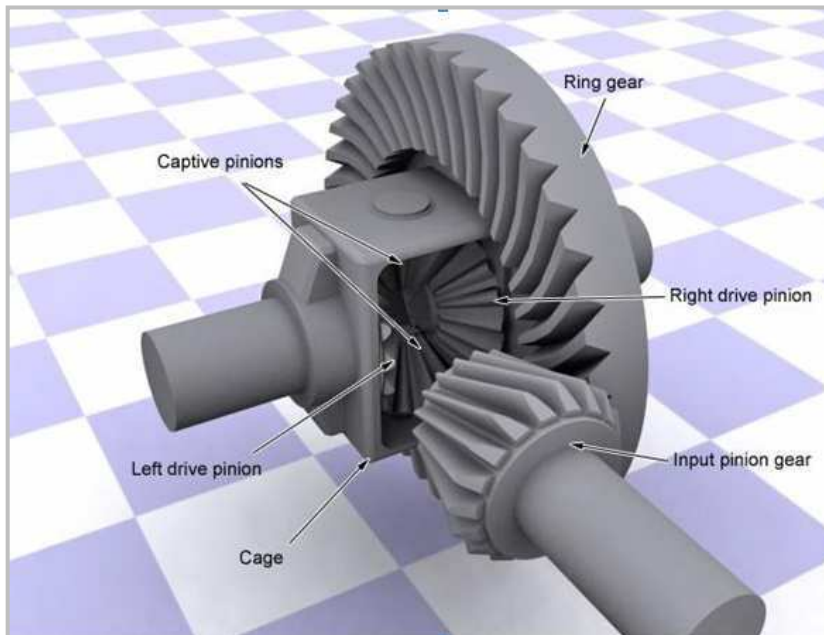
Obr.3.1 Rozvodovka s diferenciálem Torsen, převzato z [17]

#### 3.2 Diferenciál

Diferenciál plní v automobilu dvě základní funkce. Při průjezdu vozidla zatáčkou umožňuje otáčení kol poháněné nápravy rozdílnými rychlostmi, což je dáno rozdílnými poloměry kružnic, které kola opisují a rozděluje točivý moment mezi hnacími hřídeli.

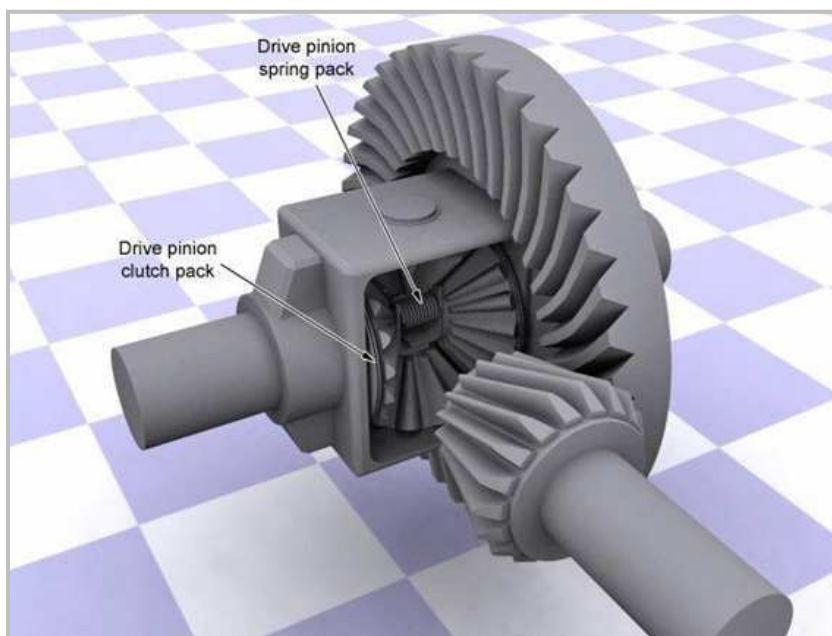
Typy diferenciálů:

- otevřené diferenciály(Obr.3.2)- jedná se většinou o diferenciály kuželové, které se používají téměř u všech osobních automobilů. Rozdělují kroutící moment v konstantním poměru 50 : 50%,



Obr.3.2 Otevřený diferenciál, převzato z [18]

- samosvorné diferenciály(Obr.3.3)- v případě prokluzu není hnací moment rozdělován rovnoměrně na obě kola, ale větší část momentu směřuje na kolo s lepší adhezí. Rozeznáváme tři základní typy samosvorných diferenciálů[1]:
  - vačkové diferenciály,
  - diferenciály se zvýšeným třením (limited slip),
  - automatické diferenciály,



Obr.3.3 Diferenciál se zvýšeným třením, převzato z [18]

- diferenciály s uzávěrkou- používají se zejména k vyproštění těžkých vozidel a vozidel určených do terénu. V okamžiku, kdy vozidlo překoná obtížné místo, musí být uzávěra



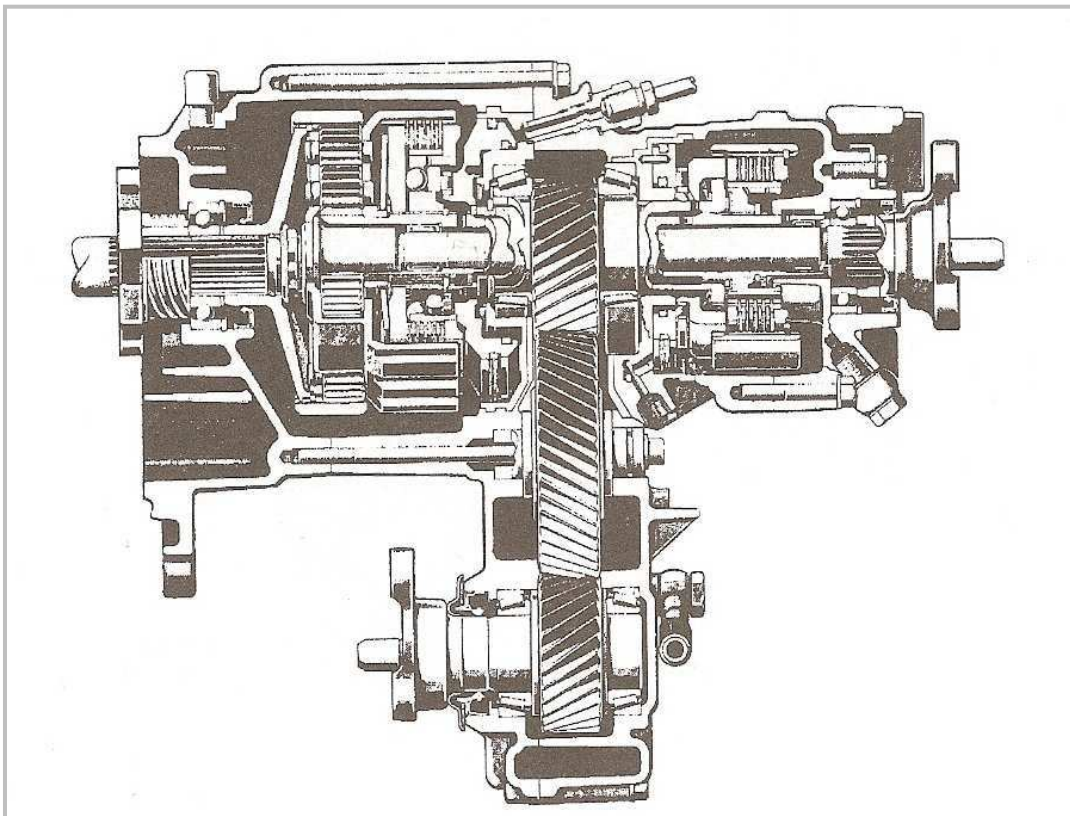
diferenciálu ihned vyřazena z činnosti, v opačném případě by mělo vozidlo vlastnosti, jako bez použití diferenciálu a docházelo by k velkému zatížení hnacího ústrojí.

### 3.3 Rozdělovací převodovka

Automobily s pohonem všech čtyř kol mají realizován přenos hnací síly k oběma nápravám kloubovými hřídeli z rozdělovací převodovky. Rozdělovací převodovky jsou vždy konstruovány s ohledem na provozní podmínky, typ vozidla a uložení motoru.

Základní typy rozdělovacích převodovek:

- jednostupňová rozdělovací převodovka- používá se u stálého pohonu všech kol a je vybavena uzávěrkou centrálního diferenciálu,
- dvoustupňová rozdělovací převodovka- skládá se z dvoustupňové předlohy a umožňuje volit mezi silničním nebo terénním převodem, používá se u terénních vozidel,
- rozdělovací převodovka bez diferenciálu- v tomto případě je stále hnaná pouze jedna náprava, druhou v případě potřeby přiřadí manuálně řidič,
- rozdělovací převodovka s uzávěrkou diferenciálu- obě nápravy jsou permanentně poháněny, točivý moment je rozdělován mezi nápravami v určitém poměru,



Obr.3.3 Rozdělovací převodovka, převzato z [1]

## 4. STÁLÝ POHON VŠECH KOL

Permanentní systém pohonu všech kol můžeme nalézt především u výkonných osobních automobilů a sportovních automobilů určených pro volný čas. U tohoto typu pohonu se používá k propojení přední a zadní nápravy viskózní spojka nebo centrální mezinápravový diferenciál, který rozděluje točivý moment mezi přední a zadní nápravou v určitém poměru. Obě technická řešení jsou značně variabilní a přenášejí výkon optimálně na jednotlivá kola. Tím je dosaženo nejen lepších jízdních vlastností a zvýšení trakce, ale i bezpečnosti.

### 4.1 Centrální diferenciál

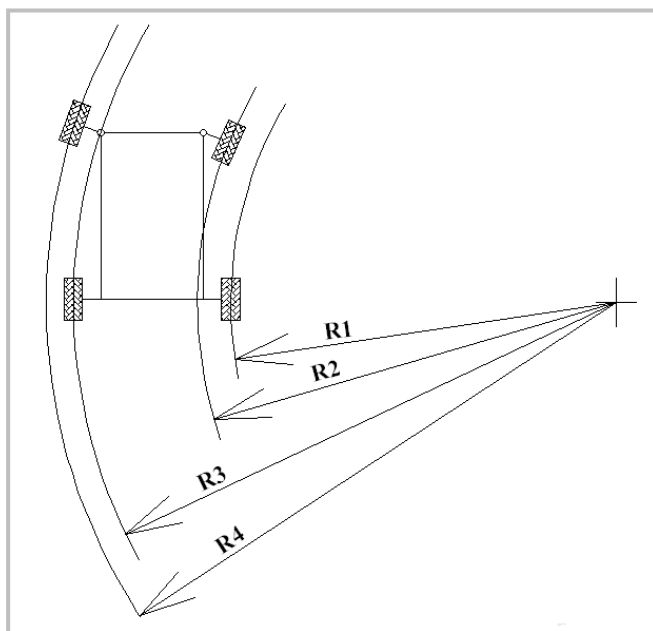
Vozidla se stálým pohonem všech kol jsou vybavena mezinápravový (centrálním) diferenciálem především z důvodu eliminace pnutí v hnacím ústrojí. Pnutí vzniká rozdílnými rychlostmi otáčení předních a zadních kol, což je dáno tím, že přední kola opisují při průjezdu zatáčkou kružnici o větším poloměru (Obr.4.1). Centrální diferenciál zabraňuje nejen nadměrnému opotřebení hnacího ústrojí, ale jeho použitím je dosaženo i snížení opotřebení pneumatik a spotřeby paliva. Mezinápravový diferenciál rozděluje točivý moment na přední a zadní kola v poměru 50 : 50%, což přibližně odpovídá statickému rozložení hmotnosti u částečně zatíženého vozu[1].

K jeho zablokování se většinou používají viskózní spojky nebo diferenciály s uzávěrkou, která působí v závislosti na momentovém toku. Tyto diferenciály jsou zablokovány, jestliže kola v důsledku příliš velkého momentu prokluzují[1].

Při rozdílné adhezi předních a zadních kol, jejichž prokluz signalizují řídicí jednotce čidla otáček kol, společná s protiblokovací soustavou, blokuje tento diferenciál elektronicky ovládaná vícelamelová spojka a v mezním případě přenesou celý točivý moment jen jedna náprava. Elektronická řídicí jednotka reaguje na počínající prokluz takřka okamžitě-zpoždění jen 20 milisekund.[1]

V současnosti je oblíbeným druhem diferenciálu jeho šnekové provedení (tzv. diferenciál Torsen, což je zkratka od Torque Sensing) se závěrným účinkem, který zajišťuje proměnné síly mezi přední a zadní nápravou podle aktuální adhezních podmínek.

U moderních konstrukcí se stále častěji nahrazuje klasická závěra levnějším řešením, které její funkci simuluje zásahem na brzdách protáčejících se kol. Řídící roli hraje elektronika, vycházející většinou ze systému ABS nebo TCS. Ta po vyhodnocení signálu příslušných čidel dává příkazy pro ventily ovládající tlak na brzdách jednotlivých kol. Výborně se takové řešení uplatňuje při jízdě na běžné vozovce, kde nemá žádná negativa, ovšem v těžkém terénu se brzy dostane na limit svých možností.[1]



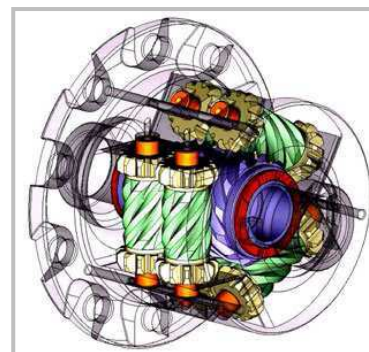
Obr.4.1 Rozdílné poloměry kružnic

### 4.1.1 Šnekový samosvorný diferenciál Torsen

Tento diferenciál poskytuje ideální kompromis mezi dvěma základními funkcemi kteréhokoliv diferenciálu a to, že umožňuje otáčení hnacích kol rozdílnými rychlostmi a přenáší točivý moment mezi hnacími hřídelemi. Protože se jedná o diferenciál samosvorný, u něhož se využívá skutečnosti, že šnekový převod může přenášet sílu pouze ze strany šnekového kola, neposkytuje nám rozdělení momentu k jednotlivým kolům v konstantním poměru, jako je tomu u otevřeného diferenciálu, ale rozděluje jej podle aktuálních adhezních podmínek. Může být použit jako nápravový nebo mezinápravový.

#### 4.1.1.1 Konstrukce

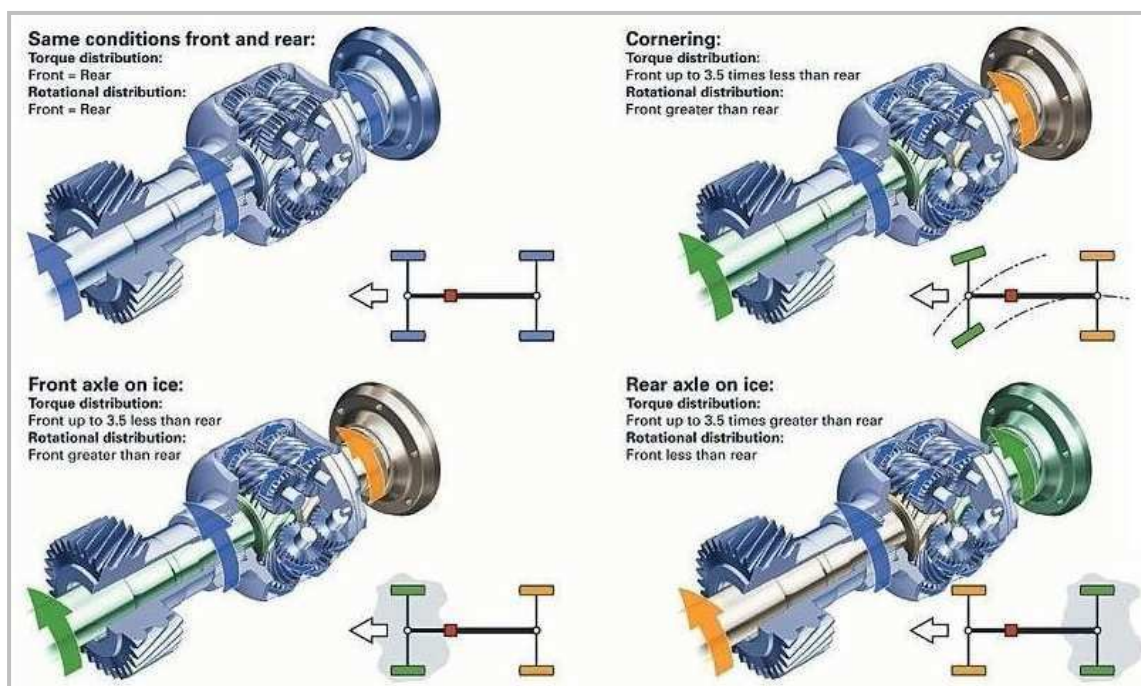
Diferenciál je tvořen 21 prvky. Skládá se ze tří párů satelitů, které jsou otočně uloženy na čepech po 120 stupních. Každý satelit má šnekové a čelní ozubení s přímými zuby. Šnekovým ozubením zabírá s planetovým kolem a čelním ozubením je v záběru s čelním ozubením párového satelitu. Točivý moment je přiváděn z převodovky přes stálý převod na klec diferenciálu a následně je přes satelity přenášén na centrální kolo a hnací hřídele[2].



Obr.4.2 Průhled diferenciálem Torsen, převzato z [10]

#### 4.1.1.2 Princip činnosti

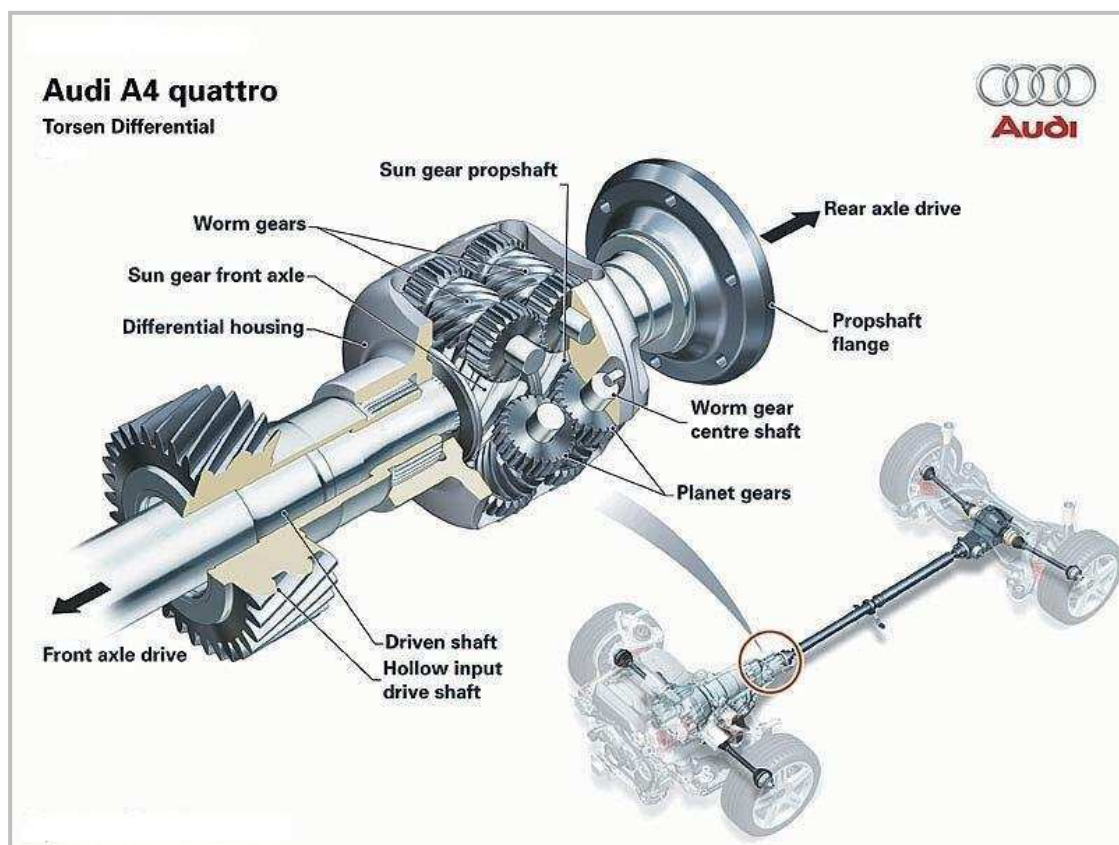
Mají-li hnací kola nebo nápravy stejné otáčky, satelity se na čepech neotáčejí a pracují pouze jako zubové spojky a točivý moment je rozdělen na obě hnací hřídele ve stejném poměru. Při jízdě v zatáčce se začnou satelity na čepech otáčet a tím umožňují rozdílné otáčky hnacích kol. Pokud se začne jedno kolo protáčet (v důsledku nízké adheze), zvýší se tření ve šnekovém ozubení a vlivem třecího odporu dojde k přibrždění prokluzujícího kola. V tomto případě se větší točivý moment přenáší na kolo s lepší adhezí. Diferenciály Torsen jsou konstruovány tak, aby jejich „svornost“ byla si 35% (účinnost diferenciálu 65%)[2].



Obr.4.3 Diferenciál Torsen v různých jízdních situacích, převzato z [10]

Diferenciál Torsen může u automobilu plnit funkci nápravového i mezinápravového diferenciálu. Jako mezinápravový je použit u většiny automobilů Audi s označením Quattro, a to především u modelů A4 (Obr.4.4), A6, A8, ale také u supersportu R8. Dále jej můžeme nalézt u některých vozidel Alfa Romeo, Volkswagen, Toyota, ale dokonce i Bentley, který u modelu Continental GT používá techniku z Volkswagenu Phaeton.

Funkci nápravového diferenciálu zastává například u automobilů Honda S2000, Mazda MX5, Subaru Impreza WRX STI nebo Lancia Delta Integrale.



Obr.4.4 Uložení diferenciálu u Audi A4 quattro, převzato z [13]

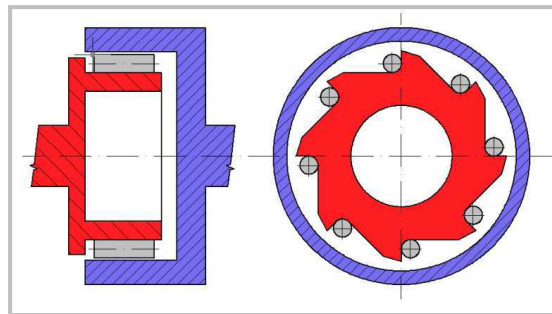
### 4.1.1.3 Hlavní výhody pohonu všech kol s centrálním diferenciálem Torsen[1]:

- vynikající trakce
- vyšší bezpečnostní rezervy v zatáčkách
- lepší hodnoty zrychlení na kluzkých a nekvalitních silnicích
- nižší citlivost na boční vítr a vyšší stabilita směru jízdy
- vyšší tažná síla při jízdách s přívěsem

## 4.2 Viskózní spojka

Pro přenos točivého momentu se také používá lamelová spojka umístěná na kloubovém hřídeli mezi nápravami. Spojka u automobilů s pohonem všech čtyř kol zastává funkci samosvorného mezinápravového diferenciálu. Pokud se vozidlo pohybuje v přímém směru jízdy po vozovce s dostatečným součinitelem adheze, mají hnací i hnané lamely stejné otáčky a systém se chová, jako tuhý pohon všech kol.[2] Při průjezdu zatáčkou se lamely otáčejí rozdílnými rychlostmi. Nevýhoda viskózní spojky oproti diferenciálu spočívá ve větším odporu otáčení hnacích a hnaných lamel, což se projevuje větším namáháním hnacího ústrojí a zvýšeným opotřebením pneumatik.

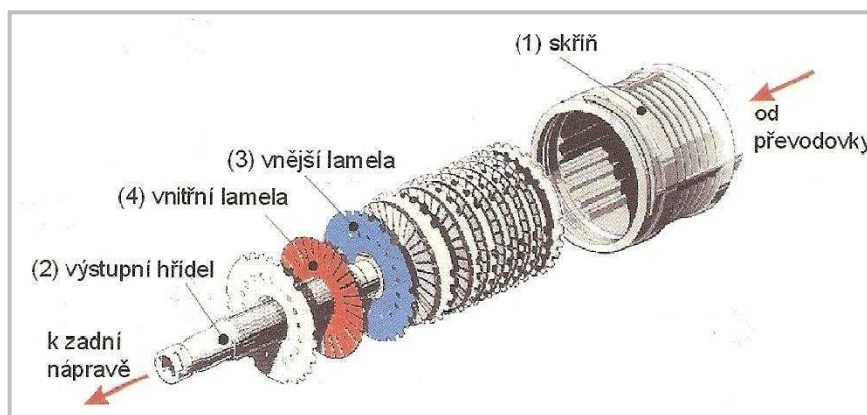
V některých případech, jako například u Volva V70 AWD nebo Volkswagenu Golf MK3 syncro, je součástí pohonu 4x4 i volnoběžka (Obr.4.5). Volnoběžka umožňuje nerušenou činnost protiblokovacího systému ABS, ale i v případě, že jim není vozidlo vybaveno, napomáhá udržení směrové stability při razantním přerušovaném brzdění. V případě zablokování zadních kol parkovací brzdou se vlivem volnoběžky přenáší brzdící síla i na kola přední.



Obr.4.5 Volnoběžka

### 4.2.1 Konstrukce viskózní spojky

Hnací skříň (1) z hliníkové slitiny má na vnitřní straně axiální drážky, kterými jsou poháněny vnější hnací lamely (3). Hnaný výstupní hřídel (2) je na povrchu opatřen axiálními drážkami, na kterých jsou uloženy vnitřní hnané lamely (4), které hřídel unášejí. Hnací a hnané lamely jsou ve skříni uloženy střídavě. Lamely nejsou zajištěny proti axiálnímu posuvu, ale jsou mezi nimi mezery 0,2 mm až 0,4 mm (v závislosti na přenášeném momentu). Spojka je utěsněna, protože je z 75% až 92% objemu své vnitřní části naplněna speciálním silikonovým olejem, jehož viskozita se zvyšuje se zvyšující se teplotou.[2]

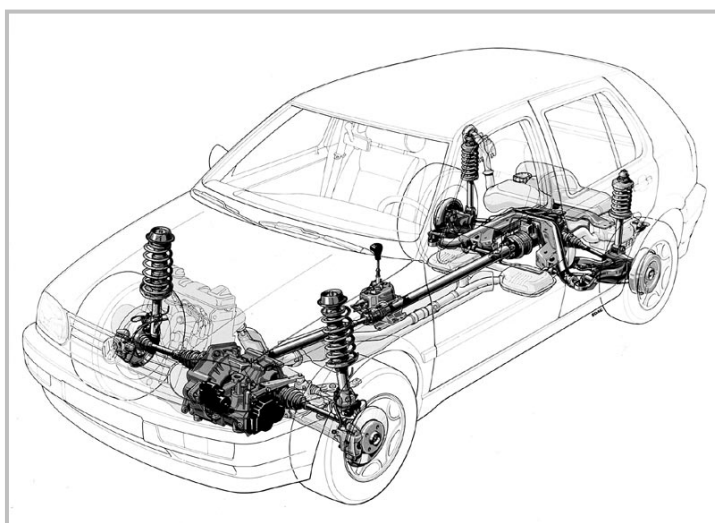


Obr.4.6 Viskózní spojka v rozloženém stavu, převzato z [2]

### 4.2.2 Princip činnosti

Viskózní spojka začíná pracovat v případě rozdílných otáček přední a zadní nápravy[2]. Při rozdílných otáčkách hnacích a hnaných lamel se naruší soudržnost oleje, který se nakonec „přestříhne“ ve středové ploše mezi lamelami, což při velké viskozitě oleje vyvolá značné kapalinové tření a následné rozdělení výkonu mezi obě nápravy.

Viskózní mezinápravovou spojku můžeme nalézt nejen u vozidel, jako je Subaru Justy, Volkswagen Golf MK3 syncro (Obr.4.7) nebo Volvo V70 AWD Cross Country, ale i u modelů automobilky Porsche, kde se o pohon všech kol již několik generací stará spojka vlastní konstrukce. U všech jejich modelů je za běžných podmínek přenášeno na přední nápravu 35% kroutícího momentu. V případě potřeby se však toto číslo může pohybovat v rozmezí 5% až 40%.



Obr.4.7 Volkswagen Golf MK3 Syncro, převzato z [4]

## 4. SAMOČINNĚ PŘIPOJITELNÝ POHON VŠECH KOL

Stálý pohon všech kol pomocí viskózní spojky je jednoduchým a elegantním řešením, které však má i své nedostatky. Mezi největší nedostatky patří omezený přenos kroutícího momentu na zadní kola, špatná schopnost rozpoznat, zda se při rozdílných otáčkách jedná o prokluz kol vzniklý problémy s adhezí pneumatik nebo nadměrně rychlou jízdou v zatáčce a v neposlední řadě problematická spolupráce s elektronickými prvky aktivní bezpečnosti, jako je protiblokovací systém ABS nebo stabilizační systém ESP. Tyto problémy odstraňují systémy s elektronickou regulací, které samočinně připojují pohon zadní nápravy při prokluzu předních kol.

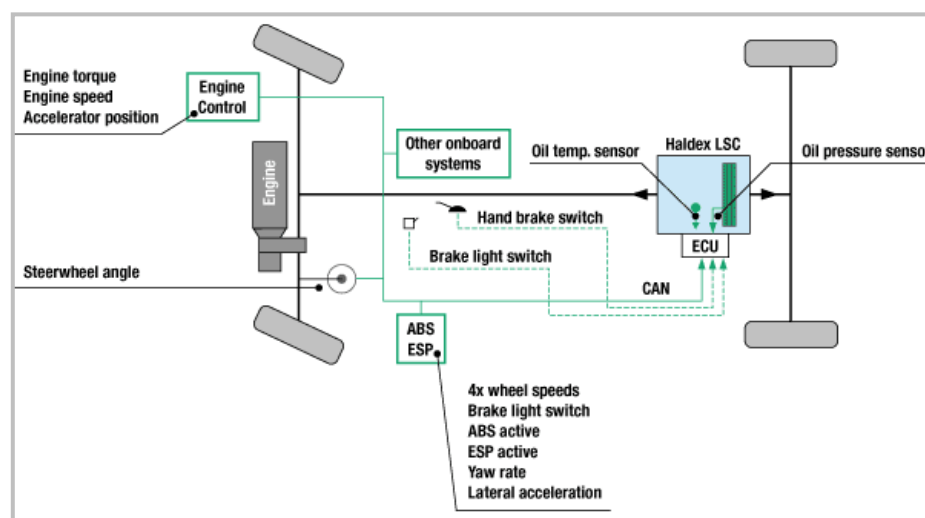
Samočinně připojitelný pohon zadní nápravy bývá realizován mnoha technickými řešeními. Mezi nejznámější a nejpoužívanější patří mezinápravová spojka Haldex.

### 4.1 Mezinápravová lamelová spojka Haldex

Mezinápravová (centrální) spojka Haldex samočinně přiřazuje pohon zadní nápravy u některých vozidel s pohonem všech kol. Jedná se o elektrohydraulicky ovládanou spojku s vlastní řídicí jednotkou, která pomocí snímačů vyhodnocuje stav trakčních podmínek (schopnost přenosu hnací síly z kola na vozovku) přední nápravy. V případě nedostatečných trakčních podmínek je vydán příkaz zapojit i zadní náhon. Spojka Haldex byla vyvinuta stejnojmennou švédskou firmou Haldex ve spolupráci s automobilkami Volkswagen a Steyer-Daimler-Puch. Poprvé byla použita v roce 1998 u VW Golf 4 MOTION.

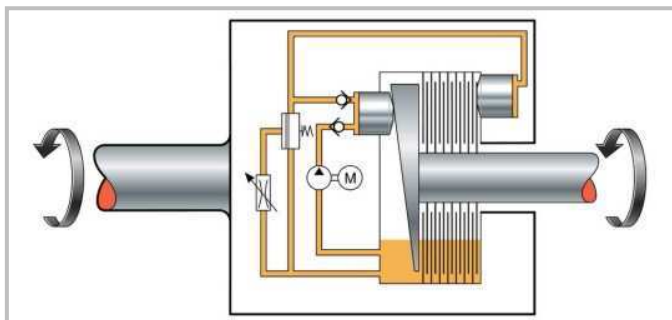
#### 4.1.1 Princip činnosti

Elektronická řídicí jednotka jednotka lamelové spojky Haldex vyhodnocuje stokrát za sekundu rychlost, otáčení jednotlivých kol, natočení volantu, polohu škrtkové klapky, úroveň točivého momentu, otáčky motoru, činnost brzdové soustavy a podle situace přivádí 10% až 100% točivého momentu ke kolům zadní nápravy. Rozdílné otáčky vstupního a výstupního hřídele aktivuje hydraulické čerpadlo, od něhož proudí olej k pístu spojky, jímž dojde ke stlačení lamel a snížení rozdílu v otáčkách. Jednosměrnými ventily se mění tlak oleje v soustavě a tím i tlak na lamely spojky. Při jakémkoli brzdění se AWD (All-Wheel Drive) vypíná, aby se zkrátila brzdná dráha a zachovala účinnost ABS[1].



Obr.4.8 Umístění senzorů ve vozidle, převzato z [3]

Spojka Haldex pracuje v olejové lázni a je ovládána dvojicí pístků, k nimž dodává potřebný tlak axiální hydraulické čerpadlo[1]. Písty jsou ovládány pomocí soustavy regulačních ventilů, které ovládá elektronická řídicí jednotka. Elektronická jednotka (ECU) zpracovává informace od výše zmíněných senzorů a v případě jakéhokoliv rozdílu v otáčkách kol obou náprav zajistí zvýšení, případně snížení, tlaku oleje působícího prostřednictvím pístků na spojku (Obr.4.9).

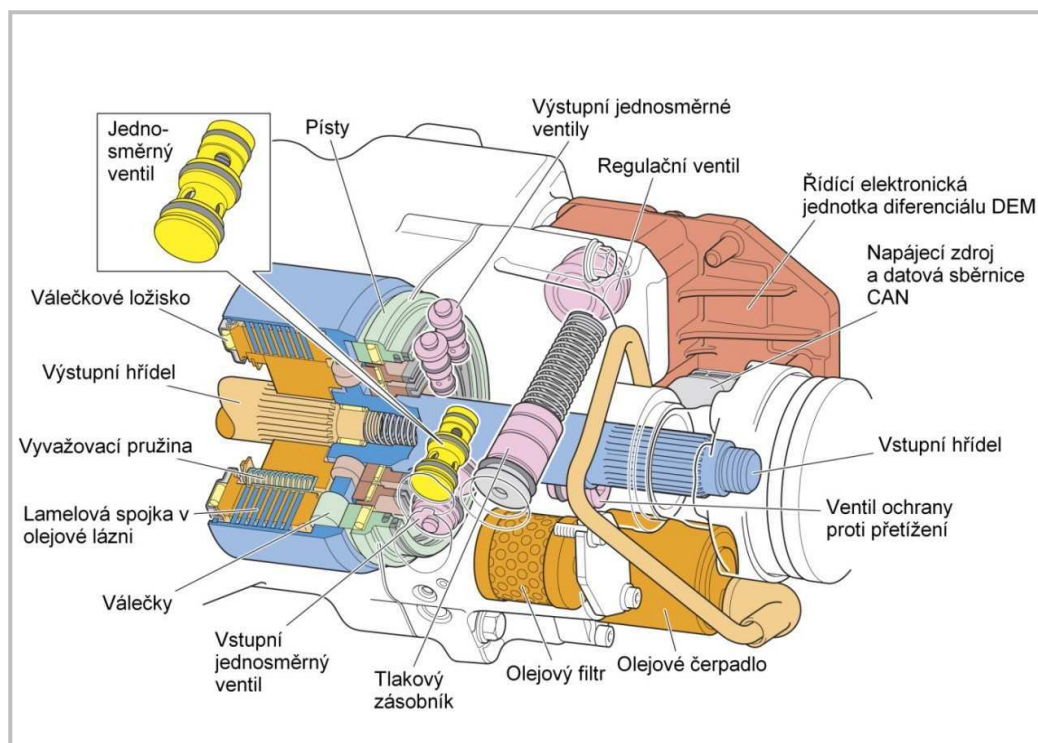


Obr.4.9 Schéma spojky Haldex, převzato z [3]

Mezinápravová spojka tak vždy přeneše na zadní kola jen takový točivý moment, jaký je v daných podmínkách optimální. Poměr momentu přenášeného koly přední a zadní nápravy se tak podle potřeby okamžitě přizpůsobuje daným provozním podmínkám. Tím se dosahuje optimálního záběru všech kol na kluzkém povrchu a výrazně se zlepšují jízdní vlastnosti zejména v extrémních podmínkách[1].

Výkon motoru je přenášen pomocí podélného hnacího hřídele k zadní nápravě, kde je v pomocné konstrukci zavěšena rozvodovka s diferenciálem. V její přední části, mezi spojovacím hřídelem a rozvodovkou zadní nápravy, je uložena také vícelamelová spojka Haldex. Uložení zadní mezinápravové spojky u zadní nápravy přispívá ke vhodnému rozložení hmotnosti na obě nápravy, což má příznivý vliv na jízdní vlastnosti vozu[1].

### 4.1.2 Konstrukce



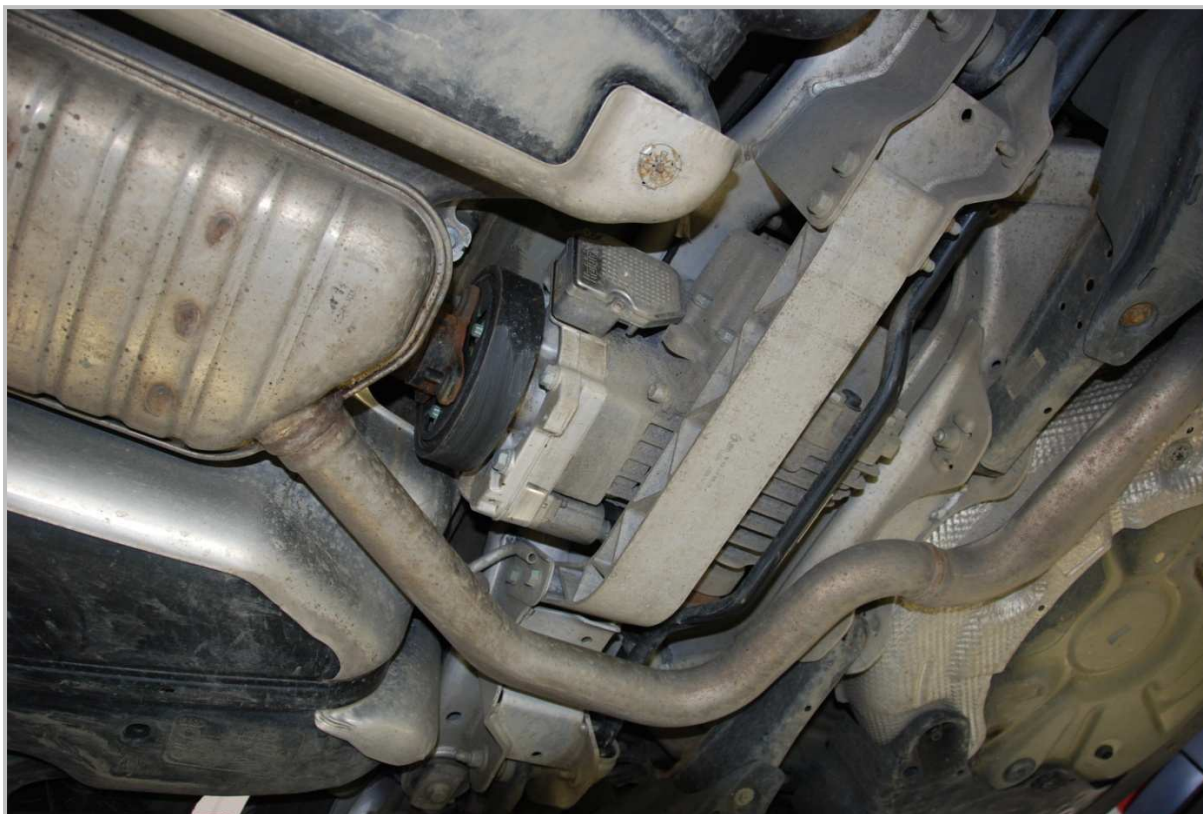
Obr.4.10 Průhled spojkou Haldex 3. generace, převzato z [3]



#### 4.1.3 Hlavní výhody mezinápravové spojky Haldex:

- schopnost přenést prakticky okamžitě vysoký točivý moment (až 2400 Nm) na všechna kola
- plná funkce systému i při zpátečce
- bezproblémová spolupráce s brzdovými systémy, jako ABS a systémy jízdní stability ESP
- plně kontrolovatelné charakteristiky momentového přenosu kontrolované pomocí řídicí jednotky ECU, která vyhodnocuje jízdní podmínky v reálném čase
- nižší spotřeba paliva oproti koncepci s diferenciálem z důvodu připojení zadní nápravy pouze v případě potřeby
- žádné problémy s funkčností v případě užití kol s různým průměrem (jízda s dojezdovou rezervou)

Viskózní mezinápravová spojka Haldex se je v současnosti stále oblíbeným technickým řešením pohonu všech kol. Můžeme ji najít nejen u vozidel, jako je Volkswagen Passat 4Motion, Škoda Octavia 4x4, Saab 9-3 XWD, ale i u sportovního Audi S3 a supersportovního Bugatti Veyron.



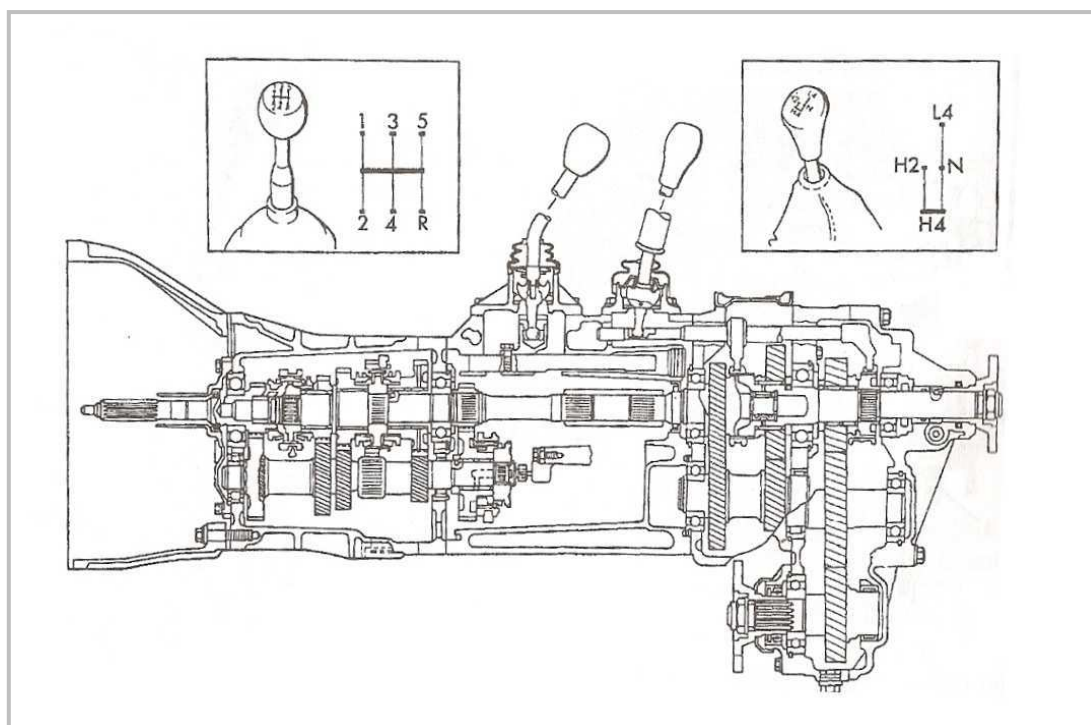
Obr.4.11 Spojka Haldex-Škoda Octavia Combi 4x4 2.generace

## 5. MANUÁLNĚ PŘIŘADITELNÝ POHON DRUHÉ NÁPRAVY

Manuálně přiřaditelný pohon všech kol bývá používán u vozidel primárně určených pro jízdu do terénu. Za běžných podmínek, tj. při jízdě na silnici nebo v lehkém terénu jsou poháněny pouze kola jedné nápravy. V případě potřeby se pevně připojí i pohon nápravy druhé.

U tohoto typu pohonu všech kol se rozdělovací převodovka skládá z dvoustupňové předlohy pro silniční a terénní převod a separátního připojení pohonu předních kol. Z toho nám plynou následující možnosti pohonu vozidla[1]:

- silniční převod pouze s pohonem zadní nápravy
- silniční převod s pohonem přední i zadní nápravy
- terénní převod s pohonem přední i zadní nápravy



Obr.5.1 Rozdělovací převodovka VW Taro připojená k přímo řazené převodovce, převzato z [1]

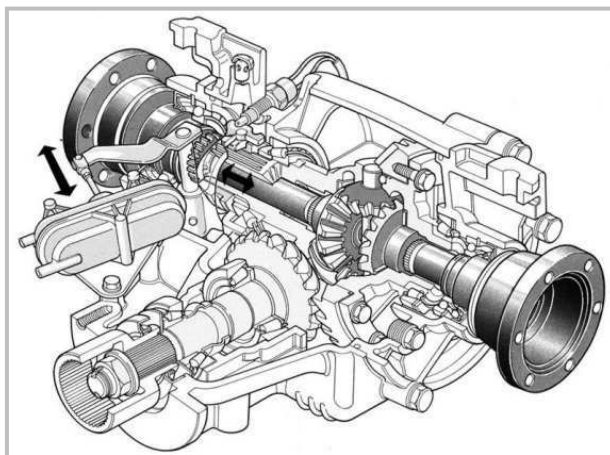
Z důvodu toho, že rozdělovací převodovka s manuálně přiřaditelným pohonem i druhé hnací nápravy nebývá vybavena mezinápravovým diferenciálem, je hnací moment mezi přední a zadní nápravou rozdělen v poměru 50:50. Nevýhodou této koncepce je vysoké namáhání hnacího mechanismu a značné opotřebení pneumatik při jízdě na zpevněném povrchu s dobrou adhezí. Tato nevýhoda bývá částečně eliminována umístěním volnoběžky na připojovanou nápravu vozidla.

## 5.1 Uzávěrka diferenciálu

Vozidla pro jízdu v těžkém terénu bývají zpravidla vybavena uzávěrkou diferenciálu. Jedná se o mechanické zařízení, které vyřazuje v případě velmi špatných adhezních podmínek z činnosti nápravový, nebo mezinápravový diferenciál. Uzávěrka může být řidičem řazena mechanicky, elektronicky, elektropneumaticky nebo hydraulicky.

### 5.1.1 Princip činnosti

Závěr diferenciálu určitým způsobem zablokuje planetová kola tak, že se nemohou vůči kleci relativně otáčet a diferenciál se musí otáčet jako celek. Při prokluzování jednoho kola se pak přenáší celý točivý moment na kolo spočívajícím na tvrdém nebo drsném povrchu a vyvine hnací sílu obvykle dostačující k vyproštění vozidla[1].



Obr.5.2 Uzávěrka diferenciálu, převzato z [17]

## 5.2 Hlavní výhody manuálně přiřaditelného pohonu druhé nápravy:

- o výborná trakce
- o menší spotřeba pohonných hmot při jízdě s pouze jednou hnanou nápravou

Manuálně přiřaditelný pohon druhé nápravy můžeme nalézt u vozidel, jako je Opel Frontera, Nissan Patrol, VW Taro nebo Mercedes-Benz GD 4x4.

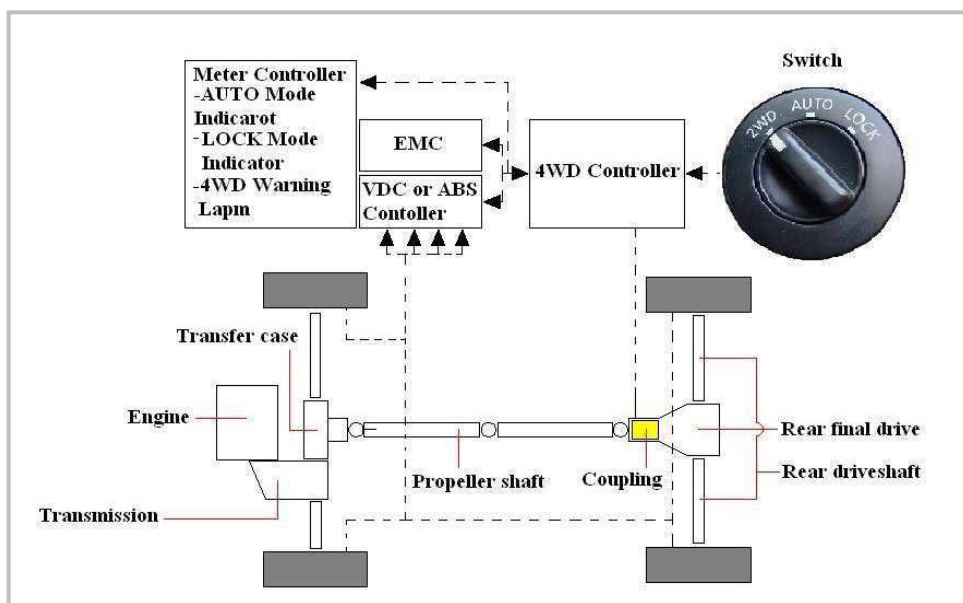
## 6. PŘÍKLADY POHONU VŠECH KOL U OSOBNÍCH AUTOMOBILŮ

### 6.1 Nissan All mode 4x4

V současnosti používá většina automobilů pro volný čas k automatickému přiřazení pohonu všech kol v reálné čase systém zdvojeného čerpadla, který v případě protočení hnaných kol připojí i pohon další nápravy. Nevýhodou tohoto systému je znatelná časová prodleva mezi prokluzem hnaných kol a připojením druhé nápravy.

Nissan dokázal u svého systému All mode 4x4 tuto nevýhodu eliminovat. Ten dokáže predikovat ztrátu adheze hnané nápravy tak, že se časová prodleva sníží na pouhé pootočení hnaných kol jen o pár stupňů. U systému je možnost přepínat mezi dvěma jízdními režimy pohonu všech kol - Auto a Lock. V případě volby režimu Auto systém samočinně rozděljuje točivý moment na jednotlivá kola podle okamžitého povrchu cesty. Za normálních podmínek používá All mode 4x4 pouze pohon pření nápravy. V případě sebemenšího náznaku prokluzu přední nápravy rozdělí elektronicky řízená mezinápravová spojka točivý moment v přesném poměru na obě nápravy. Při volbě režimu Lock se mezinápravová spojka pevně uzamkne a rozděljuje točivý moment ve stálém poměru 57:43 ve prospěch přední nápravy. Režim Lock se používá pouze do těžkého terénu nebo v extrémních podmínkách. V případě překročení předem dané rychlosti se systém pohonu všech kol automaticky přepne do režimu Auto.

Systém All mode 4x4 poskytuje oproti konkurenčním systémům podstatné zvýšení aktivní bezpečnosti a dobré jízdni vlastnosti. V současné době jej můžeme nalézt u modelu X-trail.



Obr.6.1 Schéma pohonu Nissan All mode 4x4

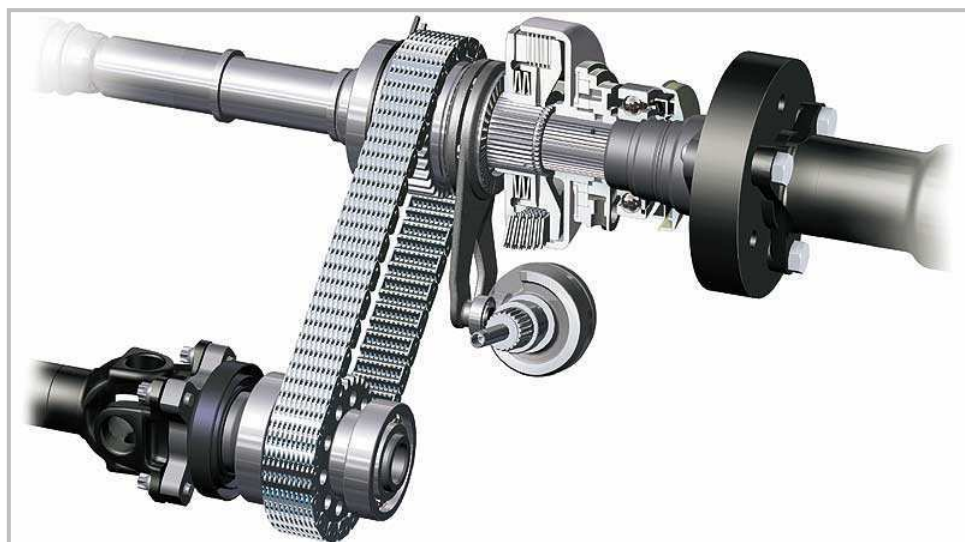
### 6.2 BMW xDrive

Automobilka BMW nabízí u většiny svých modelů možnost pohonu všech kol pomocí systému xDrive. Jedná se o elektronicky řízenou mezinápravovou spojku, která rozděljuje točivý moment v poměru 40:60 ve prospěch zadní nápravy, v případě potřeby však může přenést až 100% výkonu na nápravu přední. Spojka rozděljuje hnací sílu podle adheze

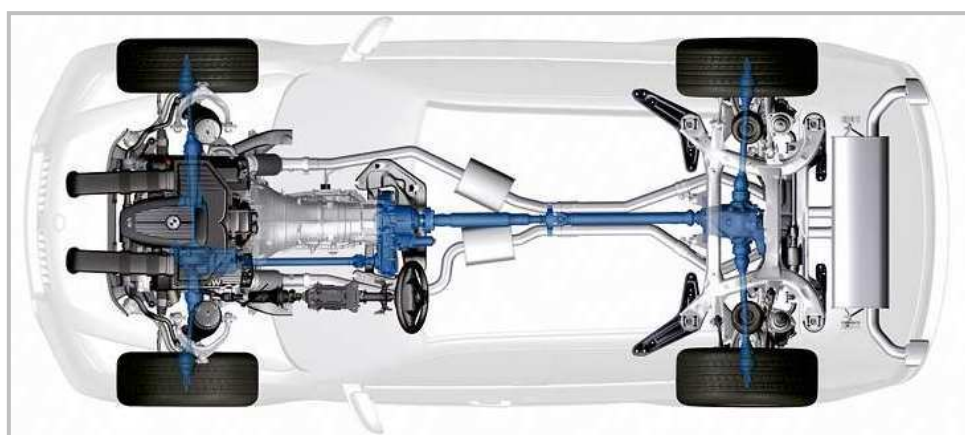
jednotlivých kol, ale může také sloužit i jako samočinný uzávěr diferenciálu. Na jednotlivých nápravách plní funkci uzávěrky dynamický systém stabilizace jízdy DSC, který přibrzdí jednotlivá kola.

Při rozjezdu je mezinápravová spojka sepnutá až do rychlosti 20km/h. Tím je zaručena maximální trakce při rozjezdu. Poté systém variabilně rozvádí hnací sílu na jednotlivá kola podle jízdní situace a stavu vozovky. V extrémních případech může být spojka dokonce úplně rozpojena, nebo napevno spojena.

Systém xDrive výrazně zlepšuje agilnost vozidla, požitek z jízdy, ale i bezpečnost v porovnání s běžným systémem pohonu všech kol, což je dáno schopností využít všechny informace a data nabídnuté systémem DSC. Můžeme jej nalézt u většiny automobilů značky BMW. Sériově je však dodáván například u modelu X5 nebo X3.



Obr.6.2 Mezinápravová spojka systému xDrive, převzato z [14]



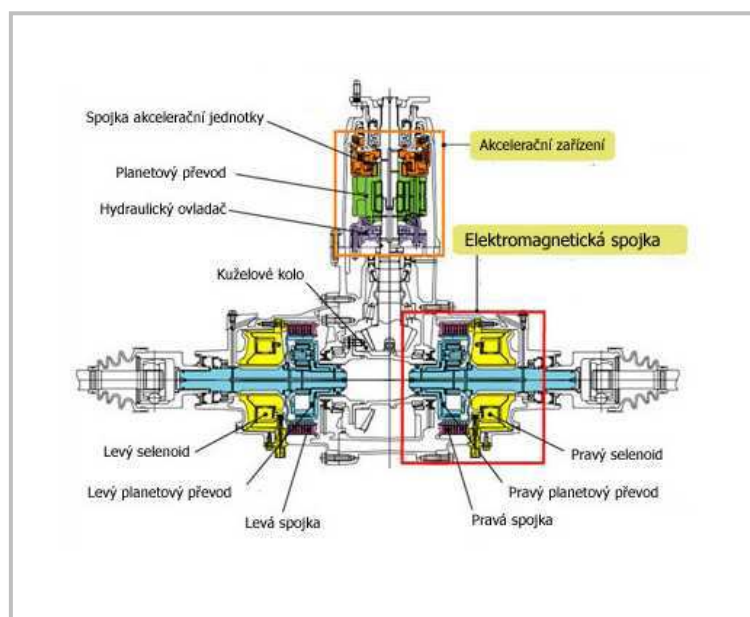
Obr.6.3 Podvozek BMW X5, převzato z [7]

## 6.3 HONDA SH-AWD SYSTÉM

SH-AWD systém pohonu všech od automobilky Honda je unikátním řešením, které umožňuje rozdělení kroutícího momentu nejen mezi přední a zadní nápravou, ale i mezi levým a pravým kolem tak, aby byly na jednotlivá kola přenášeny optimální hodnoty kroutícího momentu v závislosti na jízdních podmínkách. Tato vlastnost umožňuje využít výkon motoru nejen k akceleraci, ale i jako dopomoc při zatáčení, což se kladně projevuje na ovladatelnosti vozidla.

Řídící jednotka ECU vypočte v závislosti na úhlu natočení kol, bočním zrychlení a chování vozidla optimální rozdělení kroutícího momentu mezi jednotlivými koly. Tato informace je dále předána do diferenciálu zadní nápravy, kde elektromagnetické spojky nepřetržitě regulují rozdělení hnacího momentu nejen mezi přední a zadní nápravou v rozsahu 30:70 až 70:30, ale i stranové rozdělení hnacího momentu v rozsahu 0:100 a 100:0 mezi jednotlivými koly nápravy.

Systém SH-AWD zajišťuje dobré jízdní vlastnosti a vysokou stabilitu vozidla. V současnosti jej můžeme najít pouze u modelu Legend.



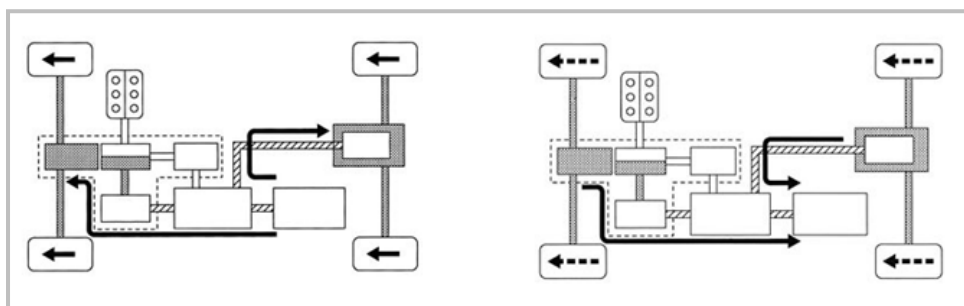
Obr.6.4 Rozvodovka zadní nápravy systému Honda SH-AWD, převzato z [15]

## 6.4 Lexus Hybrid drive

Použitá technika koncepce Hybrid Synergy Drive (HSD) umožňuje téměř nehlukný rozjezd, který obstarává elektromotor propojený s předními koly. V případě prudšího sešlápnutí plynového pedálu se připojí i elektromotor pohánějící kola zadní nápravy. Poté se pomalu zapojí i zážehový šestiválec, který uděluje jak požadovaný výkon, tak podle potřeby roztáčí generátor pro eventuální dobíjení kapalinou chlazených Ni-MH akumulátorů. Při brzdění pak dochází k přeměně kinetické energie vozu na elektrickou, aby byly akumulátory schopny v případě dalšího rozjezdu start opakovat.

Během normální jízdy jsou poháněna pouze kola přední nápravy. V případě, že má v důsledku nedostatečné adheze některé z předních kol tendenci k prokluzu, se automaticky zapojí elektromotor, který pohání kola zadní nápravy. Připojitelný pohon zadní nápravy nepomáhá jen lepší trakci, ale dovede přispět i ke stabilizaci jízdy v zatáčce. Z tohoto pohledu je výhodné, že točivý moment kol zadní nápravy je možno okamžitě elektricky měnit.

Vzhledem ke komplikované technice je v současnosti systém pohonu všech kol pomocí elektromotoru poměrně drahou a nepříliš vídanou záležitostí. Nespornou výhodou tohoto systému je určitá návratnost energie při brzdění (generátorový chod motoru) a s tím související dobrá spotřeba pohonných hmot. V současnosti jej můžeme nalézt například v modelu RX 400h (Obr.6.6).



Obr.6.5 Systém pohonu Hybrid drive v různých jízdních režimech, převzato z [16]



Obr.6.6 Lexus RX 400h, převzato z [7]

## ZÁVĚR

V této práci byla provedena rešerše nejpoužívanějších koncepcí pohonů všech kol u osobních automobilů. V první části byla zpracována historie pohonu 4x4 a základní rozdělení závislé především na způsobu pohonu nebo přiřazení druhé nápravy. V další části byl proveden popis jednotlivých koncepcí obsahující konstrukci, princip funkce, a také zhodnocení daného řešení. V poslední části byl proveden výpis některých typů pohonu, které nejsou zahrnuty v předchozím přehledu, ale mají nezanedbatelný význam a do jisté míry naznačují, jakým směrem se bude toto odvětví automobilového průmyslu ubírat.

V nejbližší budoucnosti se bude vývoj zaměřovat především na elektronicky řízené systémy pohonu všech kol, což naznačuje i firma Lexus a „přestup“ některých modelů Volkswagenu z centrálního diferenciálu Torsen na mezinápravovou spojku Haldex. Na druhou stranu mohu říct, že nevymizí ani mechanické systémy, které mají své nezastupitelné místo. Každá koncepce má své nepopíratelné výhody i nevýhody a její volba záleží především na typu vozidla a podmínkách, kde se bude vozidlo provozovat.

V současnosti se mi jeví jako nejlepší technické řešení pohon všech kol pomocí systému Haldex. Tento systém vyzdvihuje nejen množství výhod vycházejících ze spolupráce s elektronickými systémy bezpečnosti, ale také jeho značná univerzálnost.



## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ:

- [1] VLK, F. *Převody motorových vozidel*. Brno: Prof.Ing.František Vlk,DrSc nakladatelství a vydavatelství, 2006. 371 s. ISBN: 80-239-6463-1
- [2] ING. ZDENĚK JAN, ING. BRONISLAV ŽDÁNSKÝ *Automobily 2 – převody*, Brno nakladatelství Avid s.r.o. Brno. 2004, 129s
- [3] HALDEX-TRACTION  
<http://www.haldex-traction.com>
- [4] AUTOREVIEW  
[http://www.autoreview.ru/new\\_site/year2002/n22/4wd/1.htm](http://www.autoreview.ru/new_site/year2002/n22/4wd/1.htm)
- [5] ŠKODA-AUTO UNOFFICIAL  
<http://www.skoda-auto.xf.cz/>
- [6] OFF-ROAD POLSKO  
<http://www.off-road.pl>
- [7] VŠE O AUTECH NA JEDNOM MÍSTĚ  
<http://www.auto.cz>
- [8] ŠKODA TECHWEB  
<http://www.skoda.panda.cz>
- [9] WIKIPEDIA-THE FREE ENCYKLOPEDIA  
<http://www.en.wikipedia.org/wiki/Torsen>
- [10] TORSEN OFFICIAL SITE  
<http://www.torsen.com>
- [11] VOLKSWAGEN CZECH REPUBLIC  
<http://www.volkswagen.cz>
- [12] ALL WHEEL DRIVEN  
<http://www.awd.ee>
- [13] AUDI OFFICIAL SITE  
<http://www.audi.com>
- [14] BMW 7-forum  
<http://www.7-forum.com>
- [15] HONDA Slovensko  
<http://www.honda.sk>
- [16] AUTOMOTOREVUE  
<http://www.automotorevue.cz>
- [17] AUTOKATALOG  
<http://www.clanky.katalog-automobilu.cz>
- [18] CARBIBLE  
<http://www.carbibles.com>
- [19] CHANNEL4  
<http://www.channel4.com>