

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: B 2301 Strojírenství  
Studijní zaměření: Dopravní a manipulační technika

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Návrh řešení dvou říditelných náprav u osobního vozidla

Autor: **Jan Vysoký**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Josef Formánek, Ph.D.**

Akademický rok 2016/2017

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan VYSOKÝ**

Osobní číslo: **S14B0294P**

Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**

Studijní obor: **Dopravní a manipulační technika**

Název tématu: **Návrh řešení dvou říditelných náprav u osobního vozidla**

Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Základní požadavky:

Cílem je provést rozbor technického uspořádání základních komponent a možností pro říditelnou přední i zadní nápravu osobního vozidla. Provést specifikaci požadavků s ohledem na správnou funkčnost a technickou jednoduchost. Výsledkem je konstrukční návrh sestavy hnacích náprav, tak aby byla možnost využitelnosti v budoucím konstrukčním řešení elektricky poháněných vozidel.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Vypracování rešerše včetně systematického popisu funkce
2. Vypracování rozboru technických parametrů
3. Vypracování variant koncepčních řešení
4. Zhodnocení vybrané navržené konstrukční varianty

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**

Rozsah kvalifikační práce: **30-40 stran A4**

---

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

**VALA, M. *Teorie a konstrukce silničních vozidel I.* Pardubice: Univerzita Pardubice, 2003**

**VLK, F. *Stavba motorových vozidel.* Brno: Vlk, 2005**

**JAN, Z., ŽDÁNSKÝ, B., ČUPERA, J. *Automobily - Podvozky.* Brno: Avid s.r.o, 2007**

*Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.*

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Josef Formánek, Ph.D.**

Katedra konstruování strojů

Konzultant bakalářské práce: **Doc. Ing. Josef Formánek, Ph.D.**

Katedra konstruování strojů

Datum zadání bakalářské práce: **19. září 2016**

Termín odevzdání bakalářské práce: **2. června 2017**



Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.  
děkan



Doc. Ing. Václava Lašová, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 19. září 2016

Prohlášení o autorství

**Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.**

**Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.**

**V Plzni dne: .....**

**.....  
podpis autora**

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval svým blízkým a přátelům, kteří mě podporovali při vypracování této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Doc. Ing. Josefu Formánkovi, Ph.D. za vedení a cenné rady při jejím vypracování.

# ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	<b>Příjmení</b> Vysoký	<b>Jméno</b> Jan		
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	B2301- „Dopravní a manipulační technika“			
<b>VEDOUČÍ PRÁCE</b>	<b>Příjmení (včetně titulů)</b> Doc. Ing. Formánek, Ph.D.	<b>Jméno</b> Josef		
<b>PRACOVÍŠTĚ</b>	ZČU - FST - KKS			
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	<b>Nehodící se škrtněte</b>	
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Návrh řešení dvou říditelných náprav u osobního vozidla			

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KKS	<b>ROK ODEVZD.</b>	2017
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

## POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	41	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	36	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	5
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b>  <b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b>	Cílem je provést návrh řešení natáčení zadní nápravy u osobního vozidla. Tato bakalářská práce obsahuje shrnutí stávající techniky, výběr a zhodnocení konstrukčního návrhu, jeho požadavky a technické parametry, včetně 3D modelu.
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b>  <b>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b>	4WS, nápravy, natáčení, stabilita, elektromechanický, senzor

## SUMMARY OF BACHELOR SHEET

<b>AUTHOR</b>	<b>Surname</b> Vysoký	<b>Name</b> Jan		
<b>FIELD OF STUDY</b>	B2301 "Transport and handling machinery"			
<b>SUPERVISOR</b>	<b>Surname (Inclusive of Degrees)</b> Doc. Ing. Formánek, Ph.D.	<b>Name</b> Josef		
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KKS			
<b>TYPE OF WORK</b>	<del>DIPLOMA</del>	<b>BACHELOR</b>	<b>Delete when not applicable</b>	
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Design solution of two steerable axles of passenger vehicles			

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	Machine Design	<b>SUBMITTED IN</b>	2017
----------------	---------------------------	-------------------	-------------------	---------------------	------

### NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

<b>TOTALLY</b>	41	<b>TEXT PART</b>	36	<b>GRAPHICAL PART</b>	5
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

<b>BRIEF DESCRIPTION</b> <b>TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	The aim is to design solution of two steerable axles of passenger vehicles. This bachelor consists of: summary already used technology, evaluation of the chosen design, with legislative requirements and technical parameters. The resulting design also includes 3D model.
<b>KEY WORDS</b>	4WS, axles, steerable, stability, electro-mechanical, senzors

## Obsah

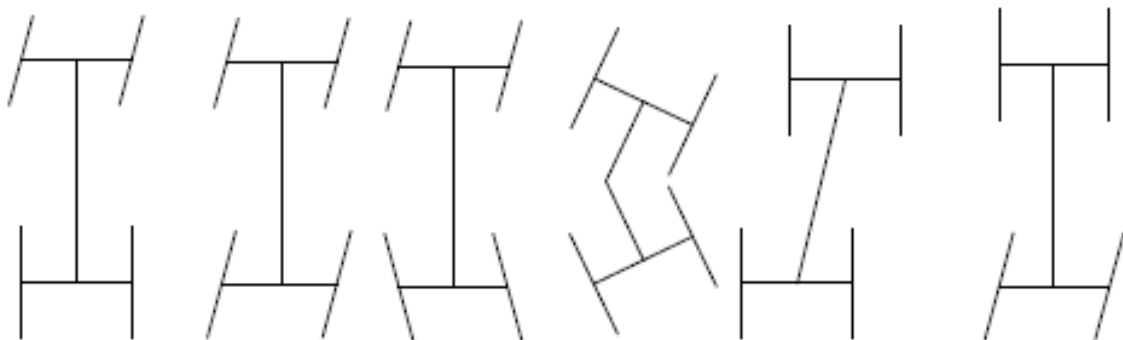
1.	Úvod .....	1
1.1.	Four wheel steering .....	2
1.2.	Počátky 4WS.....	3
1.3.	Stávající technika .....	4
1.3.1.	Hromadná kolová doprava.....	4
1.3.2.	Zemědělská technika.....	5
1.3.3.	Vícenápravové přívěsy .....	6
2.	Vypracování rozboru technických parametrů .....	12
2.1.	Požadavky na řízení všemi koly .....	12
2.2.	Ukázka vlivu signálů na způsob natáčení zadních kol systému SUPER HICAS.....	13
2.3.	Snímače vstupních proměnných .....	14
3.	Vypracování variant koncepčních řešení.....	14
3.1.	Pasivní řízení .....	15
3.2.	Aktivní řízení .....	15
3.2.1.	Honda 4WS .....	16
3.2.2.	Nissan Hicas (High Capacity Actively Controlled Steering).....	18
3.2.3.	Mazda 4WS .....	20
3.2.4.	BMW AHK .....	21
3.2.5.	Steer by wire.....	22
4.	Navržené konstrukční varianta .....	23
4.1.	Zhodnocení navržené konstrukční varianty.....	26
5.	Závěr .....	27
	PŘÍLOHA č. 1 .....	34
	Vlastní skici .....	34
	PŘÍLOHA č. 2.....	36
	§ 32 vyhl. č. 102/1995 Sb.....	36

## 1. Úvod

U osobních automobilů je stále více kladen důraz na bezpečnost posádky a komfort řidiče. Drtivé množství vozů má v dnešní době zatáčení pomocí předních rejdových kol. Je to levný, spolehlivý, způsob, konstrukčně jednoduchý a k hlavnímu účelu (dopřít z bodu A do B) i dostatečný. Japonští inženýři z 80. let minulého století však pozvedli pojem „řízení“ o stupínek výš a převedli systém, jež dokázal natáčet vozidlo, později variabilně, i pomocí zadních kol. V raných začátcích tohoto systému se uvažovalo jen o nesouhlasném natáčení. Při tehdejších nízkých rychlostech ani víc nebylo potřeba.

V současné době se vyskytují i vozy a stroje, kterým nemají pouze dvě nápravy.

Dalšími typy, které umožňují změnu směru jízdy, jsou např.: kloubový (nakladač), nezávislý (pásky u bagrů), natáčení pouze zadní nápravy (vysokozdvížné vozíky), kloubové rovnoběžné (válec). Vyvození této změny se děje na základě zařízení umožňující převádět točivý moment elektromotoru na otáčivý pohyb kol, nebo se tak děje pomocí hydraulických válců (ŠT 180, viz. níže).



Obr. 1 - Typy natáčení

V této bakalářské práci bude nadále uvažováno o prvních třech typech natáčení, tedy klasické, souhlasné a nesouhlasné řízení, a to pouze s dvěma nápravami. Ty, narozdíl od ostatních, mohou dosáhnout natočení vozu i při vyšších rychlostech bez ztráty stability. Proto jsou ostatní typy používány hlavně pro těžkou, popř. speciální techniku, např. pro traktory, válce, vysokozdvížné vozíky atp. Samotný návrh je pro elektromobil s lichoběžníkovým zavěšením, s předním pohonem. Jedná se pouze o konstrukční návrh zařízení.

V této bakalářské práci jsou tedy uvedeny 3D modely návrhu a v přílohách výkresy. Vymodelovány byly v programu Solid Edge ST8 a rendrovány pomocí programu KeyShot 5.



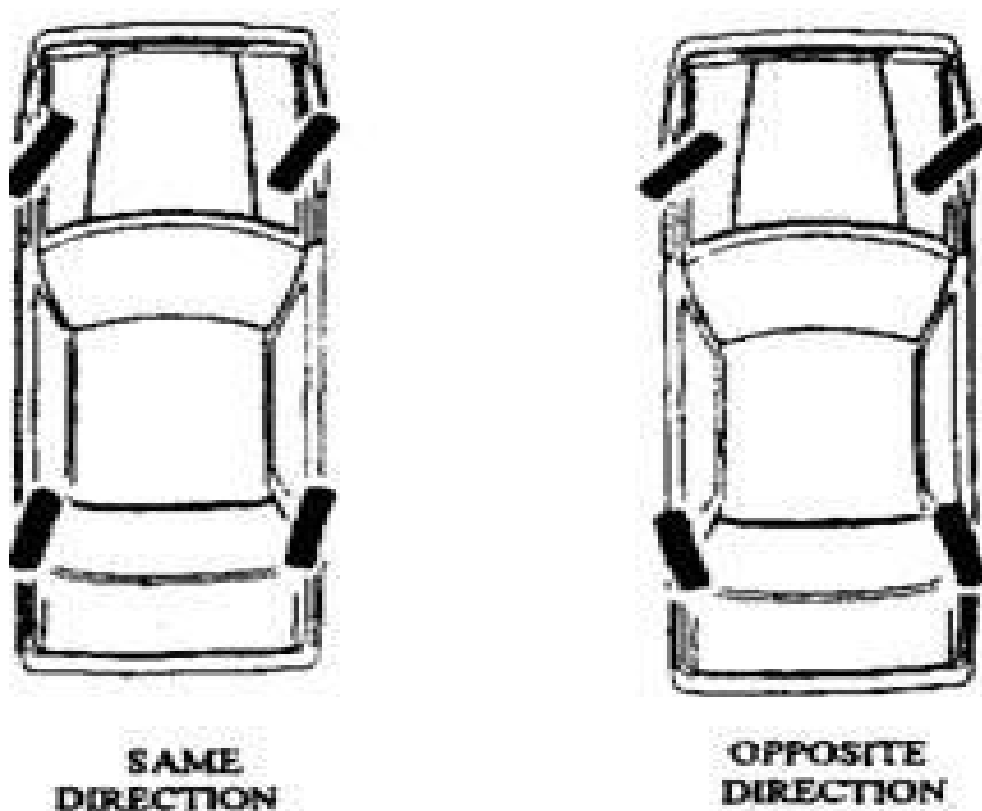
## 1.1. Four wheel steering

Tento systém, umožňující natočení i zadních kol, byl dodáván do sériových vozů od konce osmdesátých let. Symboly tohoto řešení jsou např. Honda Accord, Mitsubishi Galant VR4 atd. Dnes je tato metoda spíše použita u přepravní, těžké speciální techniky a prémiových řad některých značek (Lexus, Infinity, F. řady BMW...)

Systém 4WS (Four Wheel Steering) oproti klasickému koncepčnímu řešení řízení pouze náročností jdou samozřejmě i větší finanční a servisní úkony. V posledních 20ti letech se navíc stále více uplatňuje vliv finanční náročnosti, např. v kamionové dopravě. Drahý mechanismus je vynahrazen levnějším provozem pohonných hmot a menšího opotřebení pneumatik.

Řiditelná zadní náprava má v dnešní době široké využití napříč dopravou (kamionová doprava, sportovní a terénní vozy, stavební stroje, autobusy...). Současný koncept některých vozů též umožňuje natáčení zadní nápravy vlivem elastokinematického řízení (souhlasné natočení). Jedná se tedy o pasivní řízení.

V zásadě má 4WS dva funkční způsoby natočení kol: souhlasné a nesouhlasné. Tato dvě natočení závisí na rychlosti a směru jízdy a jsou uvedeny na obrázky níže. Souhlasné znamená, že zadní kola se natáčí ve stejném směru jako přední. Nesouhlasné tedy znamená, že se zadní otáčí proti smyslu předních kol.



Obr. 2 - Způsoby natáčení zadní nápravy [4]



Obr. 3 - Caldwell tractor (1910) [5]

## 1.2. Počátky 4WS

Jako historicky první datovaný stroj představující tuto technologii byl australský traktor značky Caldwell. Ten jako první představil reálnou myšlenku natočení nápravy nesouhlasným směrem oproti přední nápravě. Tím bylo dosaženo malých radiusů potřebných při práci na polích. Podnětem k němu byla pravděpodobně náročnost na zatáčení vlivem absence servomotorů a větších kol. Výjimečným prvkem tohoto stroje byla i přídavná chladicí nádrž připevněná u zadní nápravy. Tyto stroje je stále možné vidat na soutěžích a přehlídkách ve funkčním stavu.



Obr. 4 - Mercedes Benz [6]

S každou válkou přijdou do světa i nové, revoluční technologie. Nacistické velení v roce 1937 vlastnilo ve svém vozovém parku dva druhy lehkých terénních vozů zn. BMW a Mercedes-Benz. Třetí říše tedy využila těchto vozidel, což jí dalo výhodu v lesnatých a hornatých krajinách Evropy.

Tyto systémy byly čistě mechanické a robustní. Umožňovaly tedy jejich chod v náročnějších podmínkách.

## 1.3. Stávající technika

### 1.3.1. Hromadná kolová doprava

V dnešních přeplávaných městech je dobrá manévrovatelnost klíčová pro plynulost, rychlost a bezpečnost provozu cestujících. Pohyb po městě, zhoršený o délku celého vozu, je právě částečně ulehčen právě natáčením zadních náprav. Pro autobus s 4WS, popř. šestrinápravový autobus 6WS, to znamená mnohem menší poloměr zatáčení. U 6WS bývá natáčecí pouze poslední náprava, protože prostřední bývá hnací a osazena dvojmontáží. Praha se nedávno pochlubila nejdelším, jednokloubovým autobusem na světě - Mercedes-Benz Capacity L. Jeho čtyři říditelné nápravy dokáží autobus vést přesně tudy, kudy řidič potřebuje. Je to tedy zajímavou kombinací kloubového řízení a řízení více nápravového systému. Překážkami nejsou ani průjezdnosti kruhových objezdů a točen autobusů.



Obr. 5 - Mercedes-Benz Capacity L [7]

V oblastech Jižní Ameriky se vyskytují v provozu i tříčlankové autobusy. Jejich natáčení je tedy regulováno pro každou nápravu samostatně. Je to tedy ideální spojení velkokapacitního dopravního prostředku s vozem schopným ulice velkoměst, které konkrétně v Jižní Americe dosahují obrovské hustoty obyvatel i dopravy.

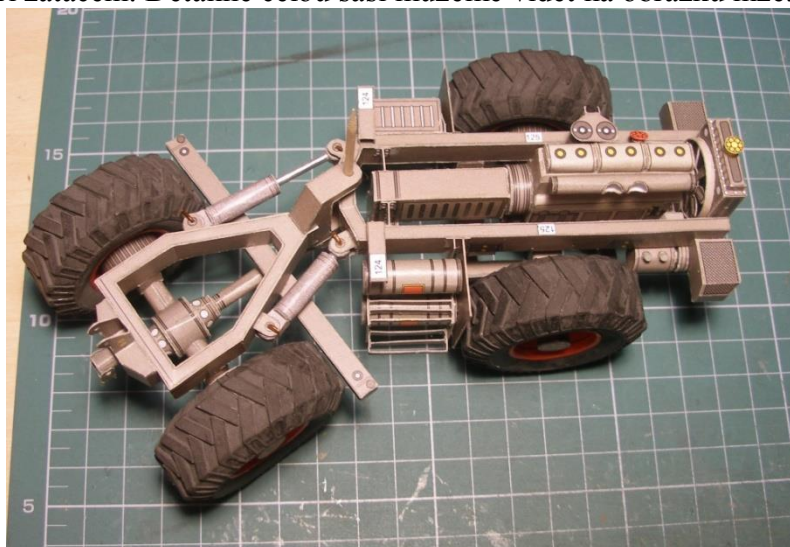
### 1.3.2. Zemědělská technika

Některá špatně přístupná místa vyžadují maximální flexibilitu výkonu práce v každé situaci. Ať už jsou to příliš ostré úhly, nedostupnost terénu atp. Vzhledem k nízkým rychlostem bývá řízení zadní nápravy nesouhlasné vůči přední pomocí hydraulického mechanismu.



Obr. 6 - ŠT 180 - Orební soustava [8]

Výše na obrázku je orební sestava složená ze dvou traktorů Škoda T180. Zajímavostí u této soustavy je absence řidiče u taženého traktoru. Vše se tedy odehrává z kabiny taženého stroje, včetně řízení, řazení a výkonu spojeného s orbou. Na obrázku je také vidět, jak se vysouvá píst z pístnice při zatáčení. Detailně celou šasi můžeme vidět na obrázku níže.



Obr. 7 - Model šasi ŠT 180 [9]

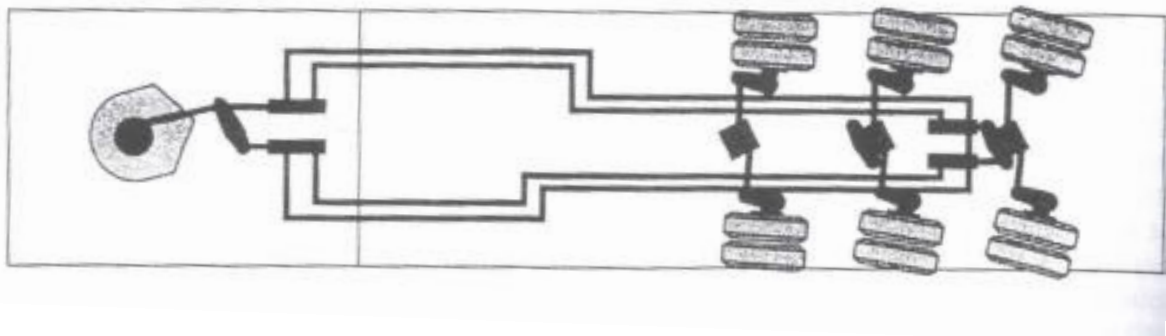
### 1.3.3. Vícenápravové přívěsy

Při zatáčení nastane tzv. úhel zlomení, který vznikne mezi osou tahače a návěsu. Tento úhel se projeví relativní změnou délky řídicí tyče od klínu tahače k zadním nápravám, popř. se tento pohyb uskutečňuje pomocí lan a kladek. Dnešní kamionové společnosti si již jen těžko představí stavět či kupovat přívěsy bez této technologie. Výhodou je nesporně lepší manévrovatelnost, průjezdnost koridory, najíždění k vykládacímu stání a v neposlední řadě i úspora nemalých peněz v podobě snížení opotřebení pneumatik.



Obr. 8 - Natočení přívěsu tahače [10]

Na obrázku níže je relativního pohybu využíváno k hydraulickému přenosu řízení. Ten, na rozdíl od systému 4WS, se používá v praxi jen pro nepoháněné nápravy a jeho kinematika je dána čistě mechanicko-hydraulicky. To znamená, že je pevně definována a nepřizpůsobuje se jízdním podmínkám. Jeho jednoduchost však zaručuje spolehlivost a trvanlivost.



Obr. 9 - Hydraulické řízení Doll [1]

U nadrozměrných nákladů je téměř nutnost užití tohoto systému. V městských provozech, křižovatkách či kruhových objezdech by nebylo možné manévrovat s dlouhým nákladem.

### 1.3.4. Speciální těžká technika

a) Stavební stroje :



Obr. 10 - Nakladač JBC [11 ]

b) Soupravy pro převoz nadměrných nákladů



Obr. 11 - Souprava pro přepravu [12]

c)Nakládací jeřáb na kolech



Obr. 12 - Jeřáb na kolech [13]

### 1.3.5. Terénní automobily

Největší oblibě tohoto systému se dostává u milovníků off-roadu a uphillů. Tedy jízdy mimo pohodlné cesty a jízdy do kopce. Nutno říci, že tyto inovace do vozů přináší hlavně nadšení majitelé, popř. je do svých vozů přímo instalují. Právě natáčení dokáže vůz dostat ze situace, kdy přední kola nemají dostatečnou trakci k přejetí např. kluzkého povrchu, objetí překážky a je potřeba vybrat jinou cestou. To umožňuje jak souhlasné, tak nesouhlasné řízení, neboť zmenšený rádius u nesouhlasného, či jízda jakoby bokem u souhlasného, dokážou automobil dostat z této situace

Legendou mezi off-roady je pak bezesporu Jeep Hurricane, který skončil u konceptu, ale pojem 4WS rozhodně pozvedl o úroveň výše. Jeho systém dokázal točit libovolně s jednotlivými koly na jedné nápravě, taktéž nezávisle vůči nápravám. K tomu samozřejmě musely být uzpůsobeny i poloosy, převodovky i rozvodky.



Obr. 13 - Jeep Hurricane [14]

Co se týče každodenního a praktického využití, AWS u terénních vozů představuje spíš přiblížení vozům osobním. Jedná se tak o městský provoz, kde některé vozy mají problém parkovat, vyjíždět vjezdy do podzemních a nadzemních garáží. Dalším pozitivem je snížení dynamické síly působící při prudké změně směru jízdy. Ta totiž u vozů s vysoce položeným těžištěm může celý vůz rozhoupat, popř. se vůz může i dostat na dorazy tlumičů.

### 1.3.6. Osobní automobily

#### 1936 - Mercedes Benz

Jako první s tímto nápadem pro osobní vozy přišla automobilka Mercedes-Benz s vozem označeným 170VL (Vierradlenkung). Následně pak vůz 170VL G5. Jednalo se o lesní vojenské speciály štábu německé armády. Bohužel, tento koncept nebyl rozvinut i na cestovní vozy. Způsob zatáčení umožňoval projet hustým lesním porostem, ale měl umožňovat natočení pouze souhlasně.

#### 1985 - Nissan GTS (R31) HICAS

HICAS (High Capacity Actively Controlled Steering). Oproti Benzovu systému umožňoval dvojí natáčení, tedy souhlasné pro rychlosti do 30km/h a nesouhlasné pro vyšší rychlosti. Při zatáčení zvyšoval stabilitu. Úhel natočení v té době byl 0,5%. Je sporné tvrdit, že to byl první 4WS tak jak ho známe, neboť používal jednoduchou hydrauliku pro vychýlení os kol a nebyl připraven pro sériovou výrobu. Dal však podnět k rychlejšímu vývoji.



[6]

Obr. 14 - Nissa Skyline R31 [15]

#### 1988 - Honda Prelude SI 3g



Obr. 15 - Honda Prelude 3g, převzato z [16]

Tento model byl první sériově prodávaný osobní vůz se systémem 4WS. Čistě mechanický způsob přenosu je neskutečně jednoduchý, přestože zajišťoval celou řadu funkcí. Dobrou odezvu, perfektní jízdní vlastnosti. Ideální reklamou se tomuto vozu stal časopis Road and Track [36], který v testu postavil proti sobě nejlepší sportovní, sériově vyráběné vozy. Tato Honda zajela slalom lépe jak Porsche, Ferrari a Lamborghini, převzato z [5]. Paradoxem je, že systém zavedla kvůli stížnostem řidičů na přílišnou nedotáčivost předešlé verze. Tato revoluce měla velká očekávání.

#### 1988 - Mazda 626 GT

Další japonský konkurent nabídl elektronický systém natáčení. Byl komplexnější, ale poruchovější oproti Hondě. Nástupcem 626ky byla po té MX-6, sportovní kupé. Vývojáři však nezháleli a o tento systém rozšířili kupř. vozy Xedos a slavné vozy s označením RX.



Obr. 16 - Mazda 626 GT (1988) [17]





Obr. 17 - Nissan 300ZX (1989) [18]

#### 1989 - Nissan Skyline GTR32-34, Nissan 300ZX Z32 HICAS

Nissan se nechtěl spokojit s rolí dvojky za svým největším sportovním oponentem Hondou. HICAS je již nyní opravdu 4WS mechanický systém využívající aktuátoru. Systém rozpoznával rychlost, úhel natočení volantu a úhel vybočení. 1989 -

#### 1989 - Toyota Celica GT-R

Dalším japonským zástupcem na trhu se systémem 4WS je Toyota. Největší současný výrobce aut na světě testuje tento systém dodnes. Jako první taktéž dokázal úspěšně uvést do sériové výroby vozy s ručním vypínáním a zapínáním 4WS. Pod touto značkou s tímto systémem se dále vyráběly vozy Carina.

#### Mitsubishi Galant VR4

Mitsubishi nemohlo zůstat pozadu v japonském tažení za zákazníky. Zástupce Galant VR4 se dodával s pohonem všech čtyř kol a systémem natáčení zadních kol. Jeho jízdní vlastnosti jsou dodnes těžko překonatelné. Vedle úspěšného Galantu se proslavilo i Mitsubishi 3000GT, i jeho sesterský Dodge Stelth.



Obr. 18 - Mitsubishi Galant VR4 [19]

#### Konec japonské éry

Japonské automobilky tento systém používali až do roku 2001. Například do prémiového vozu Nissan GTR R34 se dával HICAS pouze na objednávku. Faktem pro zrušení AWS byly velké pořizovací náklady a časté technické problémy. Mezi japonské vozy samozřejmě patří i značka Subaru se svým vozem SVX.

Na dnešním trhu se například dají koupit sety pro odstranění kinetické části 4WS, neboť těhlice i zbytek nápravy zůstávají originální, resp. právě díky tomuto setu není důvod měnit zbytek komponent. Například pro JDM (Japan Domestic Market) se toto používá kvůli častým problémům a dražším náhradním dílům, způsobené postupným mizením těchto skvělých aut. Japonské rychlé vozy totiž často lákají k rychlé a agresivní jízdě.

Zajímavostí jsou pak 4WS u Lexuse, Acury a Infinity, tedy značek spadající pod průkopníky tohoto systému (Toyota, Honda, Nissan), které se vyvážejí mimo japonský trh.

### Začátek éry zbytku světa

Je s podivem, o kolik let a o jaký kus byli japonští konstruktéři vepředu před zbytkem světa. Zajímavým důvodem může být větší náročnost japonských zákazníků na vůz.

### 2008 - Renault Laguna GT

Renault oprášil již staré japonské metody a vytvořil systém Active Drive (později 4control). Ten už plně spolupracuje s ESP a ABS a signály z ní jdou opět do ŘJ, která proměnně vyhodnotí a na základě toho elektromotor umístěný v zadní části vozu natáčí s koly. Zajímavým faktem v této metodě je rozpoznávání rychlosti natočení volantu, kdy automobil pozná, zda se jedná o zatáčku nebo úhybný manévr.



**Obr. 19 - Renault Laguna GT [20]**

### BMW - Rychlejší podvozek než motor

Dalším pak modelová řada 8, konkrétně e31. Modelové řady 5 a 7 se dočkaly tohoto vylepšení až v roce 2011, kdy mohutné a těžké vozy s náhonem pouze na zadní, či obě nápravy měly problém na přečpaných parkovištích a při manévrech ve vyšších rychlostech.



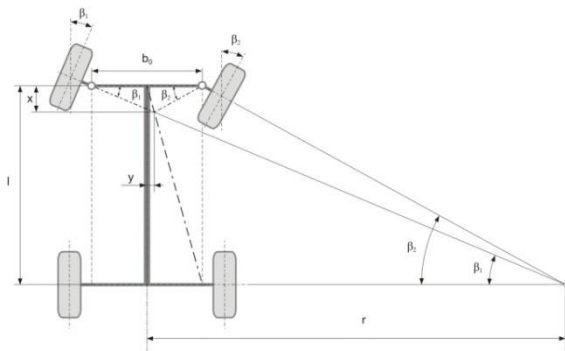
**Obr. 20 - BMW 850CSi[21]**

I Porsche zakomponovalo říditelnou zadní nápravu do svých vozů, konkrétně super-sporty 911 GT a Turbo. Dalšími vozy jsou např. Audi Q7. Posléze i americké značky, jako Dodge, GMC nebo Chrysler koketovaly s tímto způsobem zatáčení, které se však u už tak drahých pick-upů moc neprodávaly.

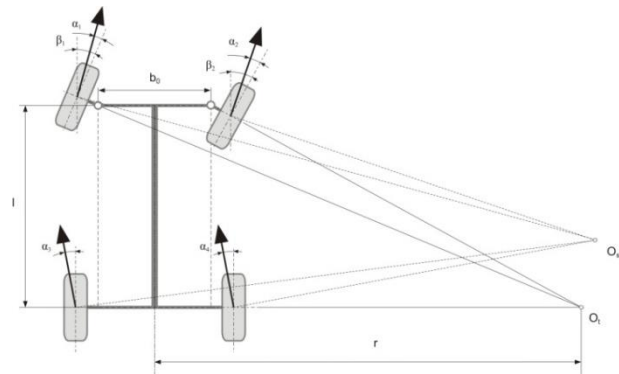
## 2. Vypracování rozboru technických parametrů

### 2.1. Požadavky na řízení všemi koly

- Je nutné zajistit bezpečnost a spolehlivost tohoto systému za každých okolností. Dále by neměly vznikat rázy a vůle, popř. omezovat činnost volantu. V České Republice je dle § 32 vyhlášky č. 102/1995 sb. uzákoněno, jak by se měl automobil vybavený tímto systémem chovat. Viz. příloha.
- Dalším požadavkem je, aby auto bylo mírně nedotáčivé. Je také potřeba schopnost komunikace s ostatními asistenčními systémy (ESP atp.)
- Vypnutí systému při couvání. Vazba mezi volantem a přední i zadní řídicí tyčí



Obr. 21 - Ackermannova geometrie [22]



Obr. 22 - Ackermanova geometrie 4WS [23]

Natočení řízených kol při zatáčení musí též splňovat teoretickou, tzv. Ackermannovu geometrii řízení. Ta říká, že se pneumatiky musí odvalovat, nikoliv smýkat. Při řízení pouze předními koly 2WS (bočně nepoddajnými) musí střed otáčení vozidla ležet na prodloužení ose nápravy zadních kol.

$$\cot g \beta_1 - \cot g \beta_2 = \frac{t_0}{l} \quad [1]$$

$t_0$  je vzdálenost rejdových čepů

$l$  je rozchod náprav

Je tedy zřejmé, že potřebujeme dva rozdílné úhly  $\beta$

Nepsaným zákonem, tedy spíš požadavkem na tento systém je co nejmenší směrová odchylka ( $\alpha$ ). Je to vzdálenost pohybu těžiště vozidla od jeho osy. Jde pak o subjektivní pocit řidiče. Ideálním stavem je  $\alpha = 0$ . Tím tedy řidič i při vyšších rychlostech může odhadnout, jak se bude automobil chovat. Opakem je pak pocit nedotáčivosti, popř. přetáčivosti.

## 2.2. Ukázka vlivu signálů na způsob natáčení zadních kol systému SUPER HICAS

Low Speed - minimální rychlost, kdy není rozdíl oproti klasickému automobilu.

Mid Speed - Se zvětšující se rychlostí se zadní náprava začne pomocí mechanického zařízení natáčet nesouhlasně proti přední nápravě. Při výjezdu nebo zvýšení rychlosti (40km/h+) se začne natáčet souhlasně. V tomto okamžiku dochází k jisté nestabilitě automobilu a je zapotřebí zkušeností řidiče, aby nedošlo ke ztrátě kontroly. Dochází též k nadměrnému opotřebení pneumatik.

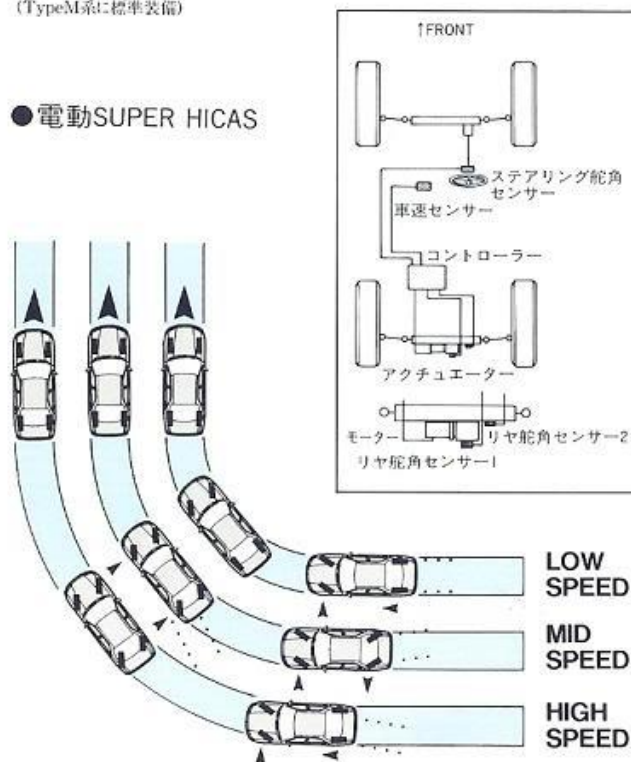
Umožňuje snadnější parkování a otáčení se na menším poloměru

High speed - Rychlost, při níž je přední náprava souhlasně se zadní. Toto natočení se realizuje pouze malým úhlem natočení. Snižuje se tím stáčivá rychlost (lepší manévrovací schopnosti) a moment setrvačné síly vznikající při klopení podél svislé osy

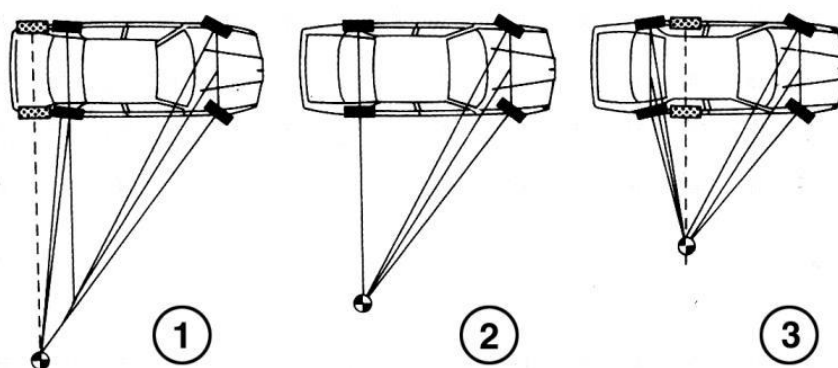
vozu (zatáčení ve vysoké rychlosti, např. při přejíždění z jednoho pruhu do druhého). Zvyšuje se tedy tím směrová stabilita, snižuje riziko smyku.

駆け抜ける抜群の操縦安定性が体感していただけます。

(TypeM系に標準装備)



Obr. 23 - Super HICAS [24]



Obr. 24 - Střed natočení [24]

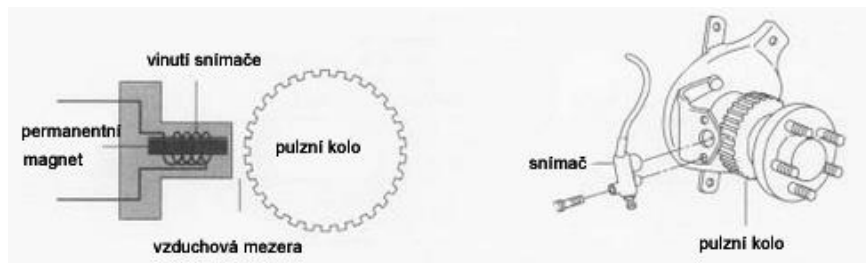
1. Vozidlo vybavené 4WS při vysoké rychlosti (souhlasné natočení zadní nápravy). Střed se posouvá za zadní nápravu - zvětšuje se poloměr otáčení.
2. Obyčejné vozidlo
3. Vozidlo vybavené 4WS při nízkých rychlostech (nesouhlasné natočení zadní nápravy). Střed se posouvá blíže k vozidlo, před zadní nápravu - zmenšuje se poloměr otáčení.

## 2.3. Snímače vstupních proměnných

Jelikož všechny možnosti řízení zadní nápravy se již neopírají o čistě mechanickou vazbu, tedy neztrácí možnost regulace natočení. K tomu jsou však potřeba hodnoty získané z různých částí vozu. Jsou tak nepostradatelné pro správný a bezproblémový chod. Tyto údaje jsou přivedeny a zhodnoceny v ŘJ.

### 2.3.1. Snímač otáček kola - rychlost vozu

Nejčastějším zástupcem je Hallův snímač (magnetický kroužek). Jeho výhodou je jednoduchý binární výstupní signál, který je snadno přepočítán na otáčky kola a využívá se tzv. Hallova jevu. Jeho výhodou je nezávislost na hodnotě intenzity. Měří se pouze změna magnetické indukce. Rotující oz. kolo narušuje mag. pole snímače - to je snímáno a zaznamenáváno. Snímač bývá umístěn přímo v náboji.



Obr. 25 - Snímač otáček kola [25]

### Snímání polohy volantu - úhel natočení

Jedním z nejpoužívanějších je opět Hallův snímač. Nyní je potřeba počítat pouze malé množství otáček - Max. rozsah volantu je pouze 720°. Snímání polohy volantu se uskutečňuje pomocí 14 Hallových závor. Právě pět z nich určuje počet otáček (v rozsahu pouze 360°) a posílá do ŘJ. Dalších 9 závor vytváří informaci o samotném úhlu.

Dalším způsobem je optoelektronický snímač. Ten funguje na principu světelné závory - inkrementální metoda. Tedy že je zdroj světla a přijímač, mezi kterými prochází inkrementální člen. Ten svou konstrukcí přerušuje a zase umožňuje spojit zdroj s přijímačem.



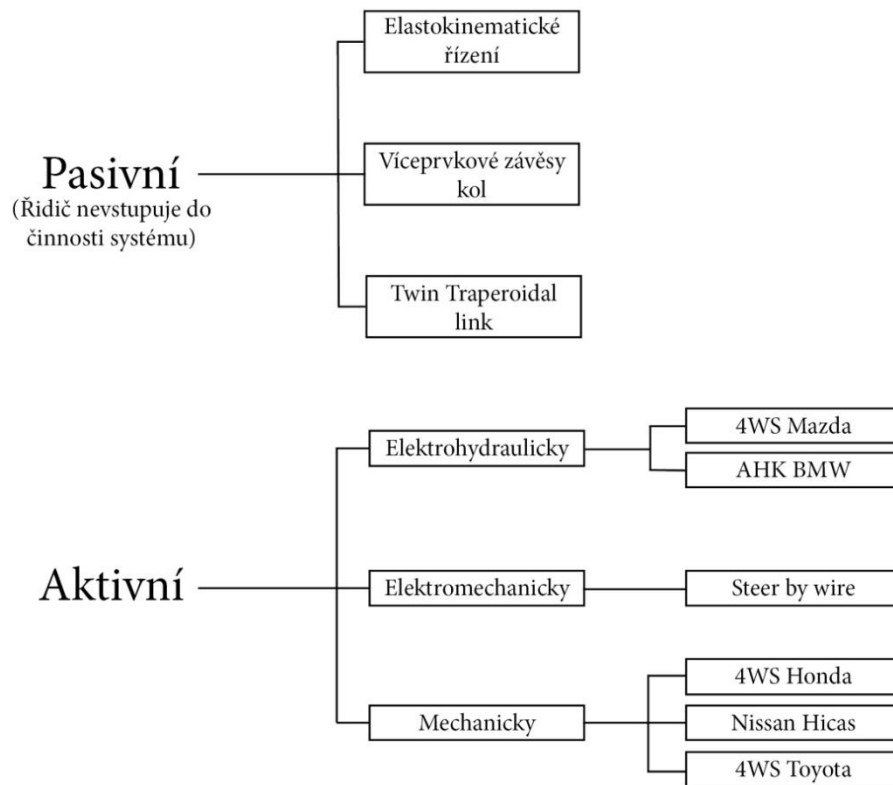
Obr. 26 - Optoelektronický snímač

### 2.3.2. Snímání polohy zadní nápravy

Lze využít jednoduchého odporového (potenciometrického) snímače dráhy. Hřeben je pak jakožto jezdec - změny napětí lze přepočítat jako změnu dráhy.

### 3. Vypracování variant koncepčních řešení

#### Rozdělení systému osobních vozidel



Konvenční

### 3.1. Pasivní řízení

Je to systém natáčení zadní nápravy, které nezáleží na vůli řidiče. Je ustanovena z výroby, popř. nastavena dodatečně. Nezávislost na vůli řidiče je největší výhodou a zároveň nevýhodou. Spolehlivé systémy přináší okamžitou reakci, zlepšující dynamickou jízdu v zatáčkách. Zároveň však může být nepředvídatelný a jeho konstrukční prvky jsou spotřebním materiálem. Pasivní řízení se prakticky neprojevuje při nízkých rychlostech. Jedná se tedy o souhlasné natočení.

- Elastokinematické řízení

Efekt elastokinematického řízení je samořízení, které musí být přesně definováno, neboť může přinášet mimo zlepšení jízdních vlastností i nepředvídatelné chování vozidla. Zadní kola jsou pak vychylována jen o malý úhel. Jedná se o pružné uložení prvků nápravy (nápravnic) ke karoserii, tzv. silentbloky. Zlepšuje směrovou dynamiku tím, že ovlivňuje nedotáčivost, popř. přetáčivost.

Princip: Vlivem vratných momentů a bočních sil se díky použitým pružným prvkům zavěšení kola dochází k samovolnému otáčení kol kolem jejich svislých os. Ovlivňující síly vznikají např. při brzdění nebo při ovlivňování rychlosti v zatáčce. Konkrétně u zadních náprav bývá určitá sbíhavost pro ovlivnění nepřetáčivosti.

Měření elastokinematiky (tuhosti) více těles spojených kinematickými vazbami se provádí na laboratorní úrovni.

Tento systém je uplatňován např. u Opel Omega.

- Nezávislé zavěšení kol - víceprvková náprava

U tohoto zavěšení, skládajícího se z různého počtu příčných, podélných a šikmých ramen (každé rameno lze nastavit samostatně) - lze ustanovit parametr každého ramene. Pasivní řízení je tedy přesně definováno, pokud nejsou přílišné vůle.

Tento systém je uplatňován např. u Mitsubishi Sigma, Audi A8 atd.

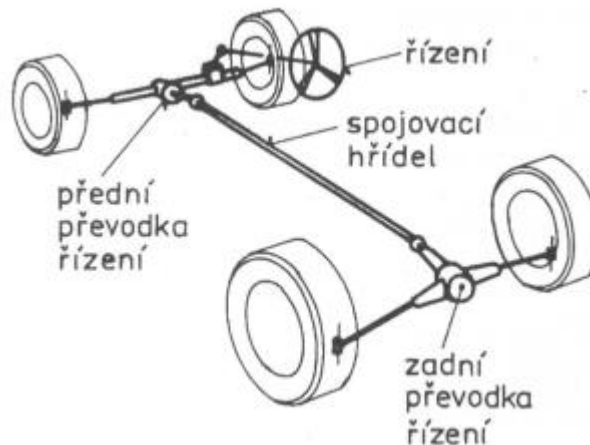
- Twin Trapezoidal link

Závěs kol, používaný např. u Mazdy MX-3. Jeho úkolem je pasivně pomáhat při řízení, konkrétně při svižné jízdě zatáčkou.

### 3.2. Aktivní řízení

Technicky nákladné systémy, které potřebují ke své funkci otočně uložená kola. Kola se natáčí řídicími silami. Síly jsou vyvolány dodatečným mechanickým, elektrohydraulickým, či elektromechanickým způsobem. Aktivní řízení pracuje s více proměnnými, jako jsou rychlosti vozidla, natočení volantu. Na rozdíl od pasivního je tedy adaptivní k podmínkám a to k dodatečným systémům vozu (např. ESP), dokáže kola natáčet oběma směry, a to podle potřeby

### 3.2.1. Honda 4WS



Obr. 27 - Honda 4WS sestava [1]

Tento systém jako jediný čistě mechanickým způsobem převádí pohyb z volantu na přední i zadní nápravu. Děje se tak pomocí spojovací hřídele. Obě nápravy mají pak svou vlastní převodku řízení. Honda tak jako první na světě dokázala dostat 4WS do sériové výroby, což jí přineslo popularitu, reklamu i úspěchy na poli sportovním. Její pověstné atmosférické zážehové motory s touto technologií pak dokázali i v běžných osobních vozech ujet sportovním vozům.

#### Honda E-4WS

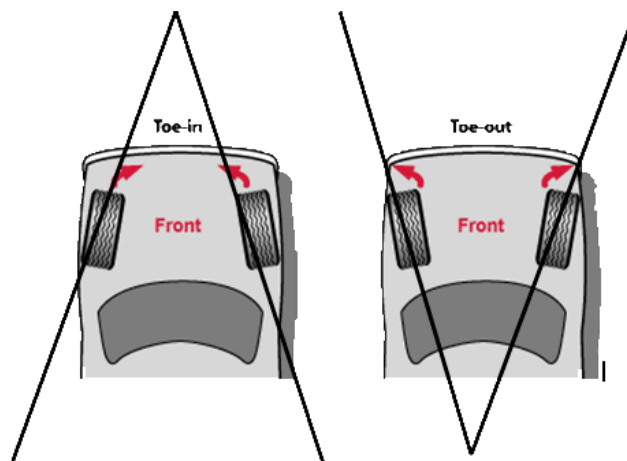
Později, v roce 1992, pak Honda nahradila čistě mechanický způsob na elektromechanický. Ten přinesl odlehčení, zvýšení spolehlivosti. Na druhou stranu však jeho nevýhodou byla ztráta spolehlivosti a zvýšení prodlevy reakce. V této inovaci už figurovaly senzory rychlosti, natočení volantu atd.

Konec 4WS v Hondě pak představil systém ATTS (Active Torque Transfer System). Ten dokázal aktivně přenášet moment z jedné strany na druhou a naopak při jízdě v zatáčce, čímž bylo dosaženo lepších trakčních i jízdních vlastností. Tyto systémy byly užity právě v Hondě Prelude (4WS pro 4g a 5g), ATTS pak jen pro 5g generaci. 4WS a ATTS se vzájemně vylučovali. Dále pak Hondě patří avizovaná Acura.

Honda: Accord, Prelude, Ascot Innova

#### Acura: RLX

Nemá pevně spjatou vazbu zadních kol. U 4WS je pak využito nejen souhlasného a nesouhlasného užití jednotlivých náprav. Zde na obrázku je vidět i možnost natáčení nesouhlasně každé nápravy zvlášť. Tento vůz právě tohoto systém využívá. Při brzdění se např. zadní kola sevrou směrem do středu auta. Tím je dosaženo většího brzděného účinku. Tato metoda je brána spíše pro sportovní účely.



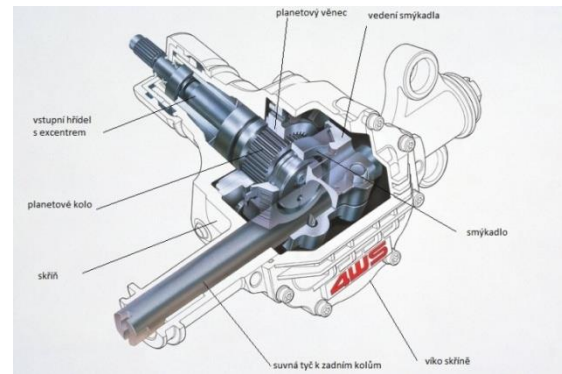
Obr. 28 - Acura RLX [26]



### Zadní převodka řízení:

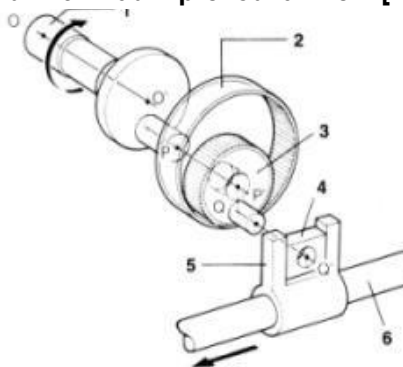
Umožňuje primární změnu smyslu pohybu od kloubového spojovacího hřídele, který je spojen s přední převodkou řízení. To je umožněno díky jednoduchému planetovému převodu. Ze zadní převodky jsou pak vedeny řídicí tyče ke kolům. Na rozdíl od ostatních smyslů přenosu signálu a vyvolání síly (elektrohydraulický, elektromechanický, steer by wire) tato převodka určuje kdy, jakým směrem a jak silně se natočí zadní kola.

Jako nevýhoda je nemožnost změny natočení v závislosti na rychlostních podmínkách  
Princip fungování lze vidět na obrázku:

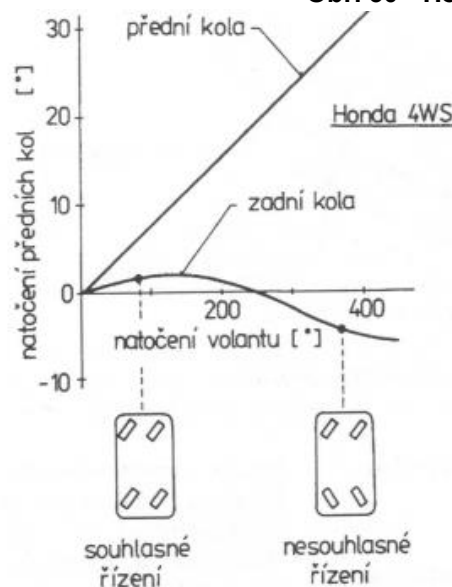


Obr. 29 - Zadní převodka řízení [27]

- 1-Excentrický hřídel
- 2-Planetový věnec (pevně uchycený)
- 3-Planetové kolo
- 4-Smýkadlo
- 5-Vedení smýkadla
- 6-Suvná tyč - tyč řízení



Obr. 30 - Honda 4WS schéma [27]



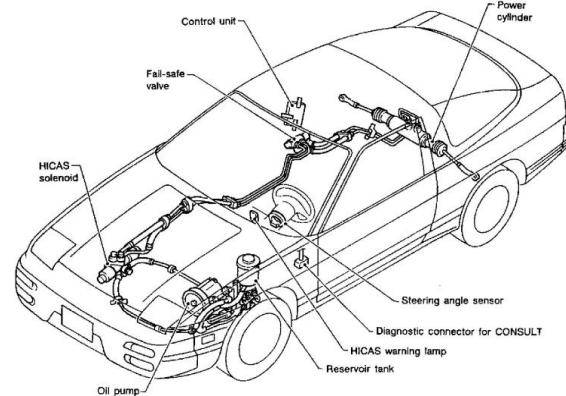
Obr. 31 - Graf vlivu úhlu na rychlosti [1]

Točí-li se hřídel ve směru šipky, pohybuje se čep na planetovém kole nejdříve mírně doprava a kola se vychýlí souhlasně s předními (max 1,7°). Vzhledem k souhlasnému smyslu a malému úhlu je jasné, že se jedná o rychlosti střední a vyšší, tedy rychlosti od 35km/h a více. Při zvětšujícím se úhlu (při nízkých rychlostech) se osa čepu (a smýkadla) nejdříve pohybuje nahoru. Při překročení natočení volantu 240° pak osa čepu změní svůj směr a začne se pohybovat doleva (spojitě s planetovým kolem) - složeným způsobem (hypocykloidně). Kola se tak začnou natáčet nesouhlasně k předním. Maximální rejď je 5°, což je dostatečné pro městský provoz.

### 3.2.2. Nissan Hicas (High Capacity Actively Controlled Steering)

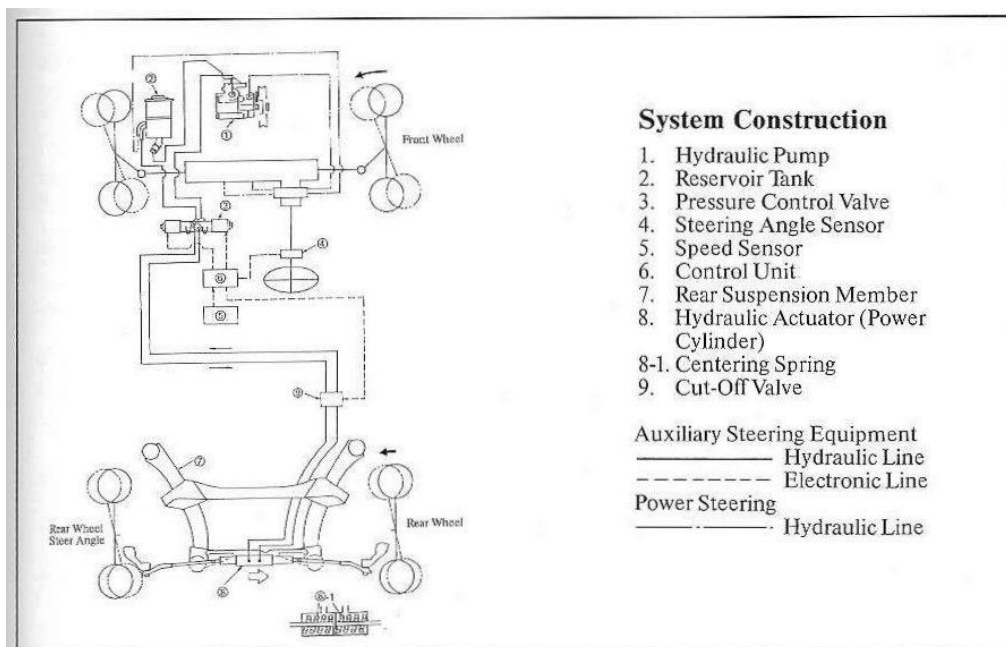
Systém vyvinutý firmou Nissan byl poprvé použit v Nissanu GTS. Tato japonská automobilka v dřívějších letech vždy sázela na skvostné benzínové motory (RB25DET, SR20DEx...). Těmto výkonným motorům, často přepínaných a s pohonem zadních kol musel sekundovat i podvozek. Vozy této automobilky jsou proslulé svými jízdními vlastnostmi.

První modely užívající tento systém neuměly adaptovat smysl natáčení podle rychlosti. Byly proto používány zpočátku jen pro manévry při nízkých rychlostech. Dělo se tak pomocí jednoduchého hydraulického systému, který reagoval na signály z čidla příčného zrychlení. Přesáhlo-li 0,5g, kola se natáčí neohledě na natočení volantu. Docházelo tak ke zlepšení jízdní stability. Při nízkých rychlostech umožňoval tento systém až 7° pro nízké, 0,5° pro vysoké rychlosti



Obr. 32 - Nissan Hicas [28]

Super HICAS - přibyl elektrický aktuátor (aktivní člen - převádí el. signál na mechanickou část procesu) spolu s vlastní ECU (Electronic Unit Control) napojenou na ECM (Engine Control Modules). Použitím aktuátoru odpadla velká část mechanismu, což vedlo k odlehčení, jež napomohlo ke snížení poruchovosti vlivem menších neodpružených hmot. Dále pak dokázal eliminovat přílišné vychýlení směrové odchylky  $\alpha$ .

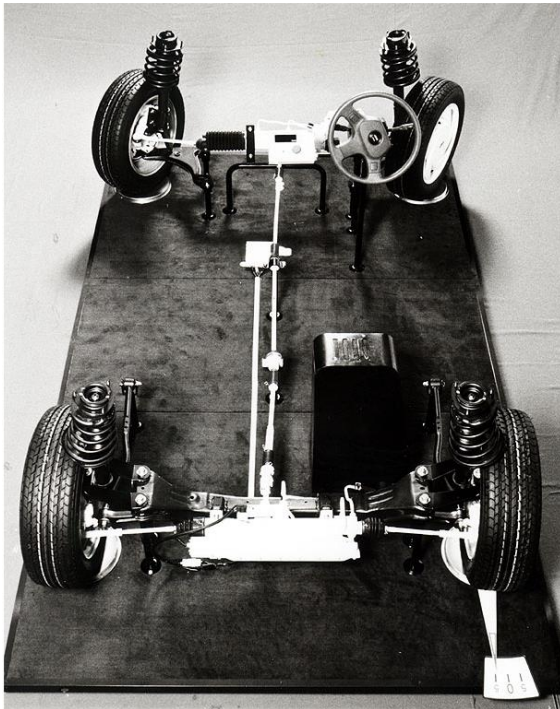


Obr. 33 - Nissan Hicas schéma [24]

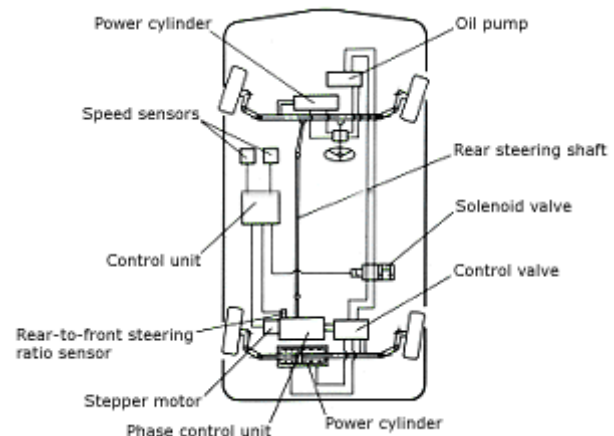
Super HICAS se používal nejen u vozů Nissan, ale i u vozů jeho dceřiné společnosti Infinity.  
 Nissan: Cefiro, 180SX, 240SX, Laurel, Fuga, Silvia, Stagea, Skyline  
 Infinity: FX50, G35, J30t, M45, M35, Q45t

### 3.2.3. Mazda 4WS

Mazda patřila vždy mezi průkopníky nových technologií. Takovým příkladem za všechny budiž Mazda RX7 a RX8 s Waneklovým rotačním motorem a Mazda Xedos 6 a 9. Tyto automobily byly osazeny právě elektrohydraulickým systémem 4WS. Dále se do těchto vozů dával motor na Millerovu principu.



Obr. 34 - Podvozek Mazdy 626 [29]

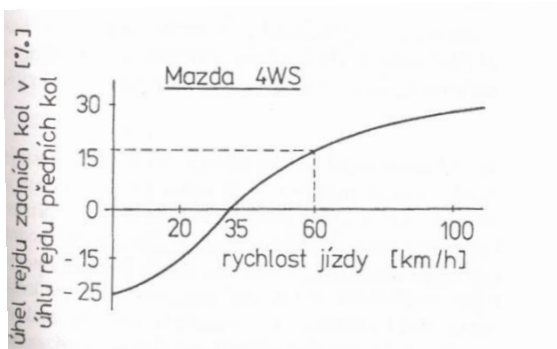


Obr. 35 - Schéma Mazdy 626 [29]

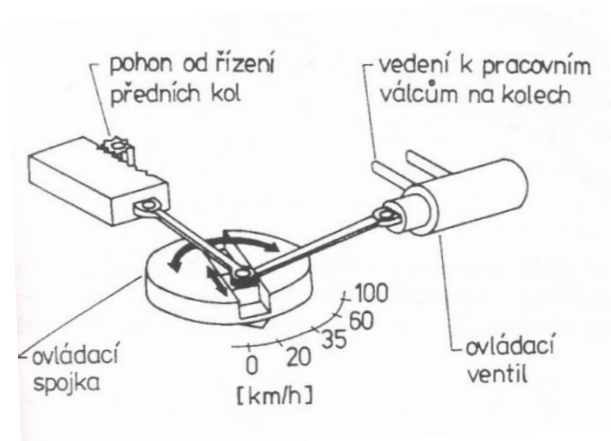
Zde je na obrázku podvozek Mazdy 626, jenž bylo první sériově vyráběné auto pod touto značkou s 4WS s aktivním řízením zadní nápravy s přiloženým schématem.

Rychlost je po celou dobu snímána a díky tomu je řízení kol, skrze ovládací spojku, kontinuálně dobu regulováno. Do 35km/h jsou kola natáčena nesouhlasně. Inženýři z Mazdy dále zjistili, že pro optimální podmínky a pocit řidiče je optimální natočení max 5° zadních kol. Oproti Honda 4WS je tento systém složitější a náchylnější.

Mazda: MX-6, RX-7, 626, 929, Xedos



Obr. 37 - Závislost úhlu na rychlosti [1]



Obr. 36 - Princip řízení u Mazda 626 [1]

### 3.2.4. BMW AHK (Aktive Hinterachskinematik)

Počítačem ovládaný, elektrohydraulický systém vyvinutý BMW a Bosch Rexroth AG. BMW 850Csi - Tento supersportovní vůz se nedočkal velké slávy, ale jeho pětilitrový motor, složený ze dvou řadových 6ti válců do V12, sliboval zázračné hybné síly. Bohužel, jeho náročné servisní úkony, nedoceněný design a vysoká pořizovací cena byla příčinou jeho brzkého konce vývoje. Avšak jeho výroba trvala přes 10 let. Majitelé těchto vozů pak tento systém povětšinou odstraňují z důvodu nerentability. Nepřiměřené ceny repasí aktuátorů, akumulátorů, řídicích jednotek a originálních olejů, které často unikají, byly v mnoha případech důvodech pro odstavení vozu.



Obr. 39 - Symbol AHK [30]

V roce 1994 firmy, jež vyvíjeli AHK, přišly se systémem DSC (Dynamic stability Control). Ten sice nenahradil AHK co do jízdních vlastností, ale byl mnohem spolehlivější a dokázal spojit funkci ABS a ASC+T (Automatic Stability Control). Jeho adaptivita s natáčením zadních kol byla příliš náročná.

Až v roce 2008 firma BMW zavedla systém řízení zadních kol do modelových řad 7. Konkrétně do F01 a F02, později F10. Integral Active Steering (IAS) je elektronický systém, který je jednodušší a spolehlivější než AHK. Zároveň jeho pořizovací i servisní cena je mnohonásobně nižší, než v případě elektrohydraulického modelu.



Obr. 39 - BMW 5. řady [31]

Dalšími vozy vybavenými aktivním systémem řízení zadních kol:

BMW 850Csi

BMW 5. řady: F07 Gran Turismo, F10, F11

BMW 7. řady: F01, F02

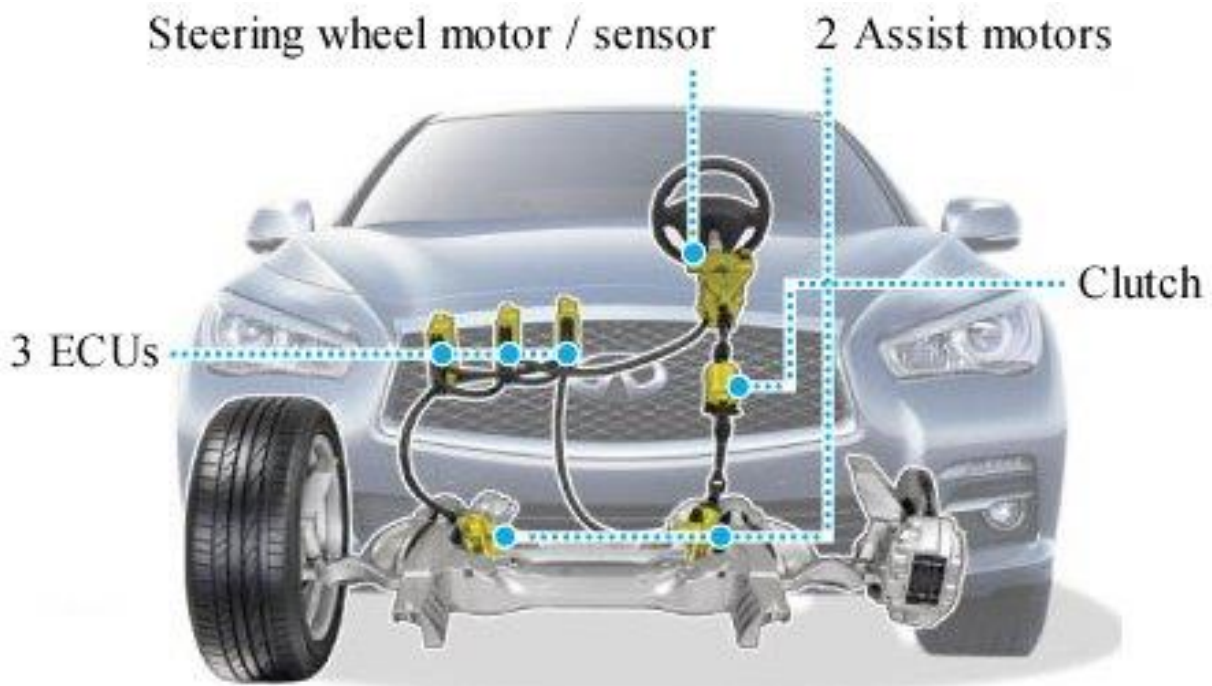
### 3.2.5. Steer by wire - Řízení po drátě

Kompaktní elektronický systém, který se začíná prosazovat napříč průmyslem. Tato verze má mechanickou část pouze u elektronického akčního členu, v tomto případě hřídel na výstupu z elektromotoru. Podle § 32 vyhlášky č. 102/1995 sb. je nutné zajistit natáčení kol při poruše el. obvodu. Při nesplnění těchto požadavků hrozí nebezpečí posádce ve voze, popř. i ostatních účastníků silničního provozu. Aretace řídicí tyče je pak možná díky elektromagnetu. Aby k takovým případům nedošlo, používají se záložní obvody. Při přerušení dodávky el. je potřeba doplnit i záložní zdroj (např. při vybití baterie). Na druhou stranu, tento způsob je úspěšně zaveden např. v letectví, kde jsou kladeny větší požadavky na bezporuchovost systému. V automobilismu je již řízení po drátě využito např. u pedálů.

Virtuální realita - Infinity Q50 - Direct Adaptive Steering

V případě, že nebude mechanicky propojen volant s koly, neexistuje zpětná vazba od kol k řidiči. Řídicí jednotka tedy na základě údajů ze senzorů tvoří odpor, který se již na volantu projevívá

Nissan jako první dokázal čistě elektronickou vazbu mezi volantem a koly, resp. k jejich otočení. K tomuto účelu jsou nainstalovány tři řídicí jednotky, které pracují paralelně pro případ selhání ostatních. Tento systém využívá pak dvou asistenčních motorů k otočení předních kol.



Obr. 39 - Nissan Steer by wire [32]

Výhody	Nevýhody
Nižší hmotnost	Zatím pouze jen teorie
Eliminace akčního média (oleje)	Možnost selhání obvodu (zkrat)
Nižší konstrukční náročnost	Závislost na snímacích prvcích
Snazší adaptivita se vstupními veličinami	Spolehlivost
Snadné odpojení	Odclonění

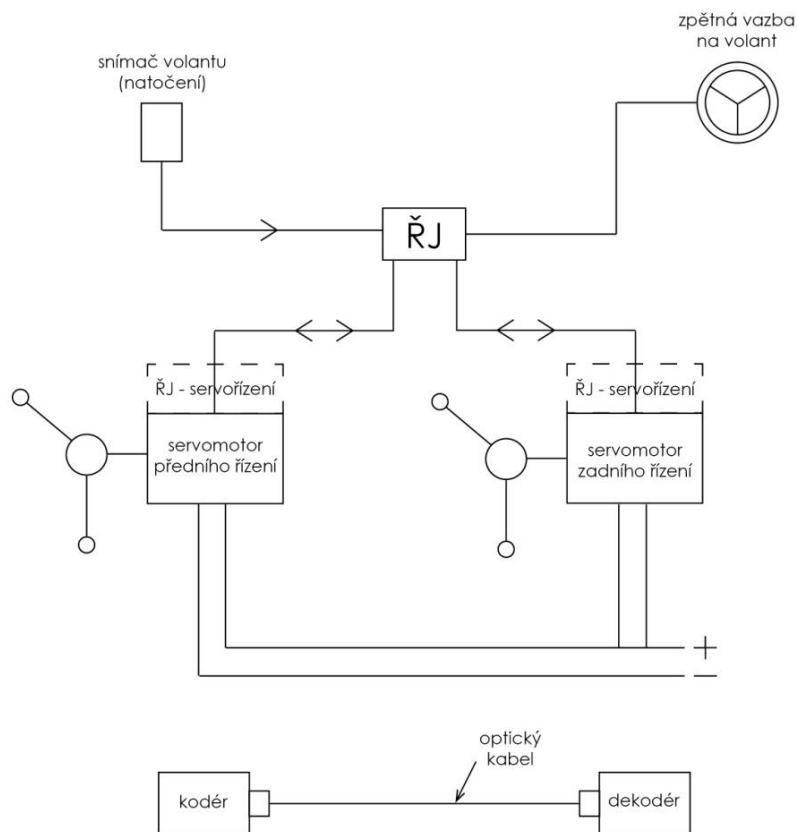
Tabulka č.1 - Výhody a nevýhody Steer by wire

## 4. Navržené konstrukční varianta

### Vlastní návrh

Řídicí jednotka zpracovává data ze tří senzorů: snímače volantu, snímače otáček kol a polohy zadní nápravy. Tyto hodnoty jsou pak posílány k servomotoru zadní nápravy v případě čisté mechanické vazby volantu s přední nápravou, nebo k servomotorům na přední i zadní nápravě v případě úplného řízení po drátě. Řídicí jednotka je potom paralelně zdvojena pro každou část vozu (přední i zadní). Je tak pro zvýšení spolehlivosti. Řídicí jednotka je napojena na ústrojí, jež vytváří fiktivní odpor proti otáčení volantu. Dále je nutno zajistit ustanovení zadní nápravy v základní poloze při výpadku proudu či poruše. Toho se dosáhne pomocí aretačních čepů jištěných v základní poloze elektromagnety. Vzhledem k tomu, že elektromotor je připevněn k nápravě, resp. je z ní odpružená hmota, je položen relativně nízko. Při propružení by tedy mohlo docházet k jeho tření o vozovku, popř. i jeho poškození. Vzhledem k tomuto důvodu a také k tomu, že je potřeba jeho dobrého chlazení pro zachování jeho funkčnosti, je zespodu nápravy upevněn plastový kryt, jež taktéž napomáhá k cirkulaci vzduchu a tím i chlazení elektromotoru.

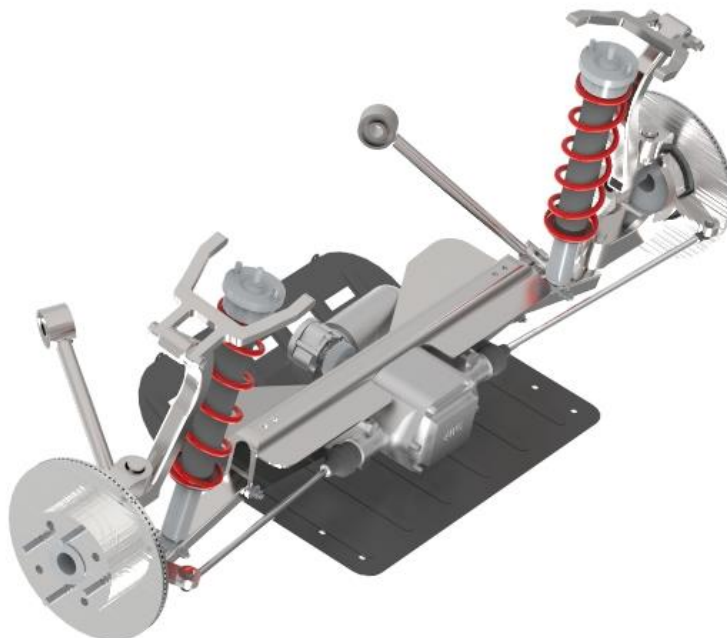
Mezi elektromotorem a samotnou převodkou systému řízení zadní nápravy je elektromagnetická spojka. Hřídel vede tedy do samosvorné šnekové převodky pro realizování mimoběžného přenosu kroutícího momentu. Přenos signálu je po drátě, popř. se dá využít optického kabelu.



Obr. 40 - Schéma vlastního návrhu

Současně automobily využívají 12V. V budoucnu se mohou využívat buď motory asynchronní střídavé, či stejnosměrné. Důležitou složkou pro motor je doba rozběhová a brzdová funkce. Zdroj pro tento systém je napájen z akumulátoru el. energie.

Tento návrh je pro automobil s předním náhonem a lichoběžníkovým zavěšením kola, s tlumičem připevněným ke spodnímu ramenu a horním ramenem připevněným k rámu vozu. Celý systém je připevněný k nápravnici. Ze systému vedou dvě tyčky, které jsou přes kloub uloženy v těhlici a jsou chráněny prachovkami. Tyčky pak vykonávají samotný kyvný pohyb těhlice a tím i celého kola. Ze spodu je plastový kryt pro ochranu, viz. výše.



Obr. 41 - 3D sestava návrhu 1



Obr. 42 - Detail vlastního návrhu

#### 4.1. Zhodnocení navržené konstrukční varianty



Obr. 43 - Srovnání Porsche x Honda[32]

Elektromechanický způsob byl zvolen z několika důvodů.

Oproti čistě mechanické vazbě může být natočení kola regulováno, popř. celý systém se může snadno odpojit od předního řízení. Mnohočlenné systémy jsou těžší, zástavbově složitější a těžší. Drátová vazba je nejjednodušší ze všech, konstrukčně obsahuje nejméně členů a je zástavbově nejmenší. Elektrická vazba nevyžaduje stálé měnění kvalitních olejů a olejových těsnění. Nevýhodou je zpoždění, neboť mechanická vazba překonává pouze malé vůle.

Oproti elektrohydraulickému řízení pozbývá akční médium, které podléhá častým měnícím intervalům a hrozí úniky a tím může dojít k fatálním následkům, např. k zadření systému. V porovnání s Mazda 4WS dokáže Steer by Wire úhel natočení lépe definovat, neboť se jedná o přesně definovaný převodový poměr, zatímco u elektrohydraulického převodu se tak děje pomocí hydraulických válců a nádrží.

Výhodou oproti všem systémům je nezávislé řízení od přední nápravy, které se dá programovatelnou řídicí jednotkou přizpůsobovat jednotlivým rychlostem. U Acury RLX lze právě díky elektrotechnice jednotlivá kola na jedné nápravě natáčet proti sobě a tím vyvodit lepší podmínky, např. pro brzdění. To žádný jiný dosavadní koncept neumožňuje.

Nevýhodou v porovnání se všemi systémy musí mít elektromechanický koncept Steer by wire člen vykonávající relativní odpor proti točení, potřebuje stálý zdroj a je nutnost odclonění a chránění signálů. Zdroj u elektroautomobilů je však snadno dostupný.

Ve výsledném shrnutí byly subjektivně zhodnoceny základní požadavky na zařízení konající natáčení zadní nápravy

Typ	Spolehlivost	Variabilita	Váha	Cena	Zástavba	Kinematika	$\Sigma$
Steer By Wire	3	4	3	3	4	4	21
Elektrohydraulický	1	3	1	1	1	3	10
Mechanický	2	2	2	2	2	2	12
Pasivní	4	1	4	4	3	1	17

Tabulka č.2 - Zhodnocení variant



## 5. Závěr

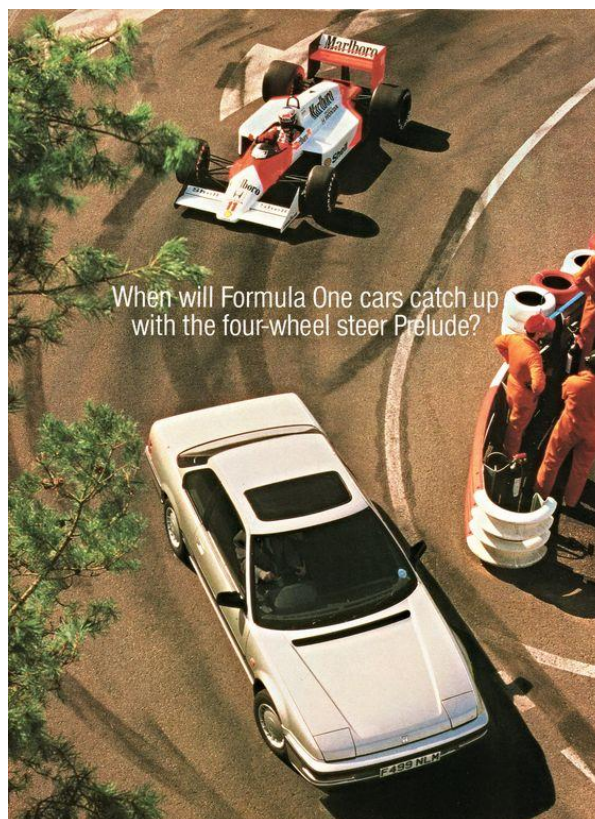
Budoucnost natáčení více náprav u os. automobilu

Je zřejmé, že tento systém oslovil již od konce 80. let spoustu nadšených motoristů. Se zvyšujícími se rychlostmi a hmotnostmi automobilů však rostou i požadavky na jejich stabilitu a aktivní bezpečnost. Souběžně s rostoucím počtem automobilů klesá počet parkovacích míst a houstne doprava. Jeho zatáčecí schopnosti na malém poloměru a manévrovatelnost při vysokých rychlostech z něj dělá systém, který dokáže z obyčejného automobilu vytvořit vozidlo s jízdními vlastnostmi v zatáčkách srovnatelné se špičkovými sportovními vozy a zároveň z velkých MPV a offroadů vytvořit vozidlo schopné pohybovat se v přeplněných městských ulicích.

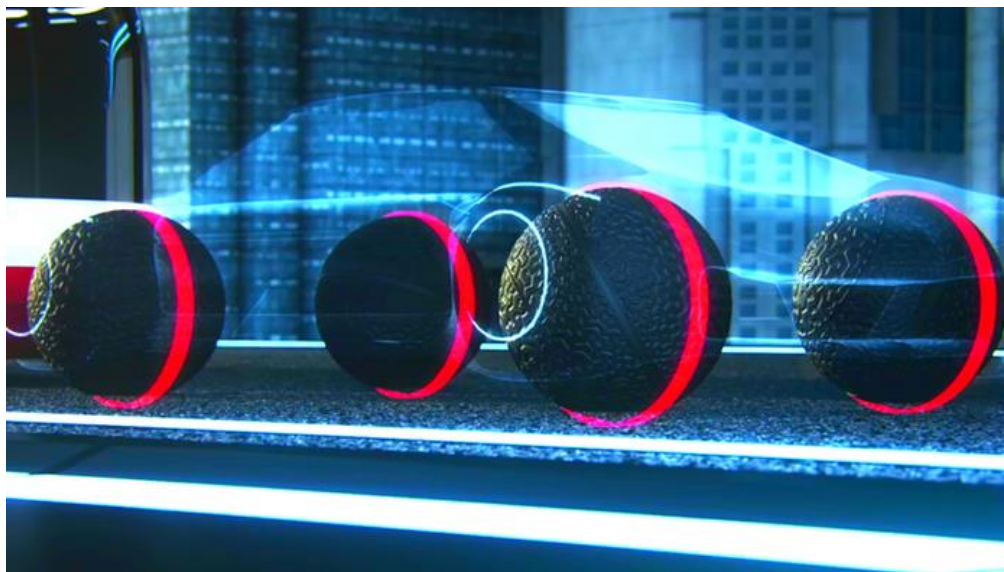
Finanční dopad

Jak už to ve světě bývá, finanční stránka věci je v řadě případů tou nejdůležitější. Vysoké náklady spojené se zástavbou zařízení se např. u kamionové dopravy brzy vrátí v podobě ušetřeného paliva a menšího opotřebení pneumatik. Vozy s říditelnou zadní nápravou zvyšují technickou image značky. I v budoucím užití je tedy předpokládaná úspora peněz a snaha o zviditelnění se.

V případě autonomního řízení je 4WS velkým přínosem, protože právě automatická silniční doprava má z hlavních předpokládaných kladů více plynulou a bezpečnou jízdu, dosaženou komunikací mezi jednotlivými vozy. Plynulejší přejezdy z pruhů při vyšších rychlostech, menší přesahy do sousedních pruhů při zatáčení v menších rychlostech, to vše je zapotřebí pro hustou, ale plynulou jízdu budoucnosti.



Obr. 43 - Prelude vs F1 [33]



Obr. 43 - Good Year [34]

V nedávné době firma Goodyear představila nový koncept pneumatik. Jedná se o kulový útvar, jenž dokáže plnit funkci 4WS téměř v neomezeném měřítku. Dokáže se tedy odvalovat jakýkoliv směrem bez nutnosti změny trajektorie vozu. Jistě nesporná výhoda na parkovištích, při vyhýbání se překážkám atd. Umí i myslet a komunikovat s vozem. Vzhledem k budoucímu rozšíření autonomního řízení je také potřeba komunikace vozovky s vozem právě skrze tyto, na 3D tiskárně vyrobené, pneumatiky.

Dnes už je použitelným modelem zdroje energie tzv. rekuperační jednotka. Ta při brzdění dokáže vytvářet el. energii. Stejně tak jako turbína umístěná u výfuku. K jejímu pohonu tedy slouží výfukové plyny, které ji roztáčí. Tento systém, umístěný v zadní části vozu by tak mohl nahradit napájení z baterie, popř. by mohl fungovat jako záložní zdroj. Otázkou je, na jaké palivo budou jezdit automobily v budoucnosti a jestli budou vůbec nějaké výfukové plyny.

Jedná se sice o budoucnost, je třeba vystavit chytré silnice a rozšířit autonomní řízení. Dalším, dnes již jistým vývojovým krokem se jeví létající automobily. Pneumatiky už budou plnit pouze dosedací plochu, jen levitující polštáře, magnetické pole a knipl.



Obr. 44 - Delorean [35]

Zde na obrázku je legendární Delorean. Nedávno toto auto zažilo velké výročí, když se ve filmu z roku 1985 objevilo v budoucnosti v roce 2015. Přišla tedy na přetřes budoucnost logistiky. Ještě sice neumíme cestovat v čase, ale levitující vlaky už úspěšně jezdí.

Four Wheel Steering má jistě využití v letech budoucích nejen pro osobní, ale i užitkové vozy. Jeho variabilita, úspora paliva i pozitivní změna jízdních vlastností jsou jednoznačnými důkazy jeho využitelnosti. Může vést i k větší bezpečnosti, a to např. kvůli menším nárokům na točení volantem, lepší dynamické stabilitě a menšímu vybočení části vozidla v zatáčce.

## 6. Seznam použité literatury

- [1] VLK, F. Podvozky motorových vozidel, 3. vydání. Brno: Vlk 2006  
[2] VALA, M. Teorie a konstrukce silničních vozidel I. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2003  
[3] Čupera, J., Štěrba, P.: Automobily – Diagnostika motorových vozidel I., Brno, 2007

### Publikace na internetu

- [4] Způsoby natočení [online] [cit.2017-01-30]  
<http://what-when-how.com/automobile/four-wheel-steering-4ws-automobile/>
- [5] Caldwell [online] [cit.2017-05-28]  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Caldwell\\_Vale#/media/File:Caldwell\\_vale\\_tractor.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Caldwell_Vale#/media/File:Caldwell_vale_tractor.jpg)
- [6] Mercedes Benz 170vl [online] [cit.2017-02-03]  
[http://www.autoevolution.com/cars/mercedes-benz-170-vl-w139-1936.html#agal\\_0](http://www.autoevolution.com/cars/mercedes-benz-170-vl-w139-1936.html#agal_0)
- [7] Mercedes Benz Capacity L [online] [cit.2017-02-02]  
[http://www.mercedes-benz.cz/content/czechia/mpc/mpc\\_czechia\\_website/czng/home\\_mpc/bus/home/new\\_buses/models/regular\\_service\\_busses/capacity\\_e6/faszination/gallery.flash.html](http://www.mercedes-benz.cz/content/czechia/mpc/mpc_czechia_website/czng/home_mpc/bus/home/new_buses/models/regular_service_busses/capacity_e6/faszination/gallery.flash.html)
- [8] Orební sestava ŠT180 [online] [cit.2017-05-30]  
[http://bagry.cz/cze/forum/stavebni\\_stroje/skoda\\_liaz\\_st\\_180\\_n](http://bagry.cz/cze/forum/stavebni_stroje/skoda_liaz_st_180_n)
- [9] Model šasí ŠT180 [online] [cit.2017-05-30]  
<http://www.papirove-modely.cz/galerie/index.php?showimage=148357>
- [10] Natočení přívěsu tahače [online] [cit. 2017-02-02]  
<http://krakertrailers.eu/ujdonsagokestermekfejleszttes/?id=932>
- [11] Nakladač JBC [online] [cit. 2017-02-02] <http://www.technikboerse.com/en/view/second-hand-machine/equipment-carrier/1856073/jcb-fastrac-2155-4ws.html>
- [12] Souprava pro přepravu [online] [cit. 2017-02-02]  
<http://www.apb-plzen.cz/nadmerne-naklady>
- [13] Jeřáb na kolech [online] [cit. 2017-02-02]  
<http://www.oocities.org/rdalbutt/jcb.htm>
- [14] Jeep Hurricane [online] [cit. 2017-04-01]  
[http://www.wjjeeps.com/concept/jeep\\_hurricane\\_005.jpg](http://www.wjjeeps.com/concept/jeep_hurricane_005.jpg)
- [15] Nissan Skyline R31 [online] [cit. 2017-02-15]  
<http://gtrnissanskyline.com/r31-skyline/>

- [16] Honda Prelude 3g [online] [cit. 2017-02-15]  
<http://world.honda.com/history/challenge/19874ws/index.html>
- [17] Mazda 626 GT [online] [cit. 2017-02-15]  
<http://www.4ws.50megs.com/photo2.html>
- [18] Nissan 300ZX [online] [cit. 2017-02-15]  
[http://www.nissan-global.com/EN/HERITAGE/fairlady\\_z\\_300zx.html](http://www.nissan-global.com/EN/HERITAGE/fairlady_z_300zx.html)
- [19] Mitsubishi Galant VR4 [online] [cit. 2017-02-15]  
<http://www.mitsubishi-motors.com/en/spirit/history/1980/index.html>
- [20] Renault Laguna GT [online] [cit. 2017-02-15]  
<http://www.auto.cz/renault-laguna-gt-2-0-dci-131-kw-2-0-150-kw-a-rizeni-vsech-kol-k-tomu-8352>
- [21] BMW 850CSi [online] [cit. 2017-04-02]  
<https://www.topgear.com/car-news/list/ten-reasons-why-bmws-8-series-great#1>
- [22] Ackermannova geometrie [online] [cit. 2017-03-03]  
<http://www.autolexicon.net/cs/articles/ackermannova-podminka/>
- [23] Ackermannova geometrie 4WS [online] [cit. 2017-03-03]  
<http://www.autolexicon.net/cs/articles/ackermannova-podminka/>
- [24] Super HICAS [online] [cit. 2017-02-25]  
<http://carguts.ru/articles/4ws/>
- [25] Snímač otáček kola [online] [cit. 2017-04-30]  
<http://www.h-diag.cz/news/brzdove-snimace-abs/>
- [26] Acura RLX [online] [cit. 2017-05-05]  
<https://www.quora.com/How-is-toe-in-toe-out-useful-in-automobiles>
- [27] Zadní převodka řízení [online] [cit. 2017-03-07]  
[http://www.automobilrevue.cz/rubriky/automobily/technika/system-4ws-rizeni-vsech-kol\\_39289.html](http://www.automobilrevue.cz/rubriky/automobily/technika/system-4ws-rizeni-vsech-kol_39289.html)
- [28] Nissan HICAS [online] [cit. 2017-03-01]  
<http://forums.gtcanada.com/forum/skyline-gts-rb20-25/gts-discussion/36228-r32-to-r33-super-hicas-cd-rate-etc%20>
- [29] Mazda 626 [online] [cit. 2017-03-16]  
[https://www.jsae.or.jp/autotech/data\\_e/5-12e.html](https://www.jsae.or.jp/autotech/data_e/5-12e.html)
- [30] BMW AHK [online] [cit. 2017-03-17]  
[https://e31wiki.org/wiki/Active\\_Rear\\_Axle\\_Kinematics](https://e31wiki.org/wiki/Active_Rear_Axle_Kinematics)

[31] BMW 5. série [online] [cit. 2017-03-14]  
[https://en.wikipedia.org/wiki/BMW\\_5\\_Series\\_\(F10\)](https://en.wikipedia.org/wiki/BMW_5_Series_(F10))

[32] Nissan Steer by wire [online] [cit. 2017-04-20]  
[http://www.autozine.org/technical\\_school/traction/Steering\\_3.html](http://www.autozine.org/technical_school/traction/Steering_3.html)

[33] Prelude vs F1 [online] [cit. 2017-03-01]  
<https://cz.pinterest.com/GaryLiljebeck/honda-prelude-inspiration-board/>

[34] Good Year [online] [cit. 2017-02-15]  
<https://www.lighthouse newsdaily.com/goodyears-eagle-360-magnetic-tires/5533/>

[35] Delorean [online] [cit. 2017-02-20]  
<http://offthethrottle.com/back-to-the-future-day-has-come-gone-so-where-are-the-flying-cars/>

[36] Road and Track [cit. 2017-05-30]  
<http://www.preludepower.com/forums/showthread.php?t=342136>

## **Seznam tabulek a příloh**

Tabulka 1 - Výhody a nevýhody Steer by Wire

Tabulka 2 - Zhodnocení variant

Příloha 1 - Skici vlastního návrhu

Příloha 2 - Zákon § 32 vyhl. č. 102/1995 Sb

Příloha 3 - Výkres sestavy vlastního návrhu

Příloha 4 - Výrobní výkres krytu

## **Použitý software**

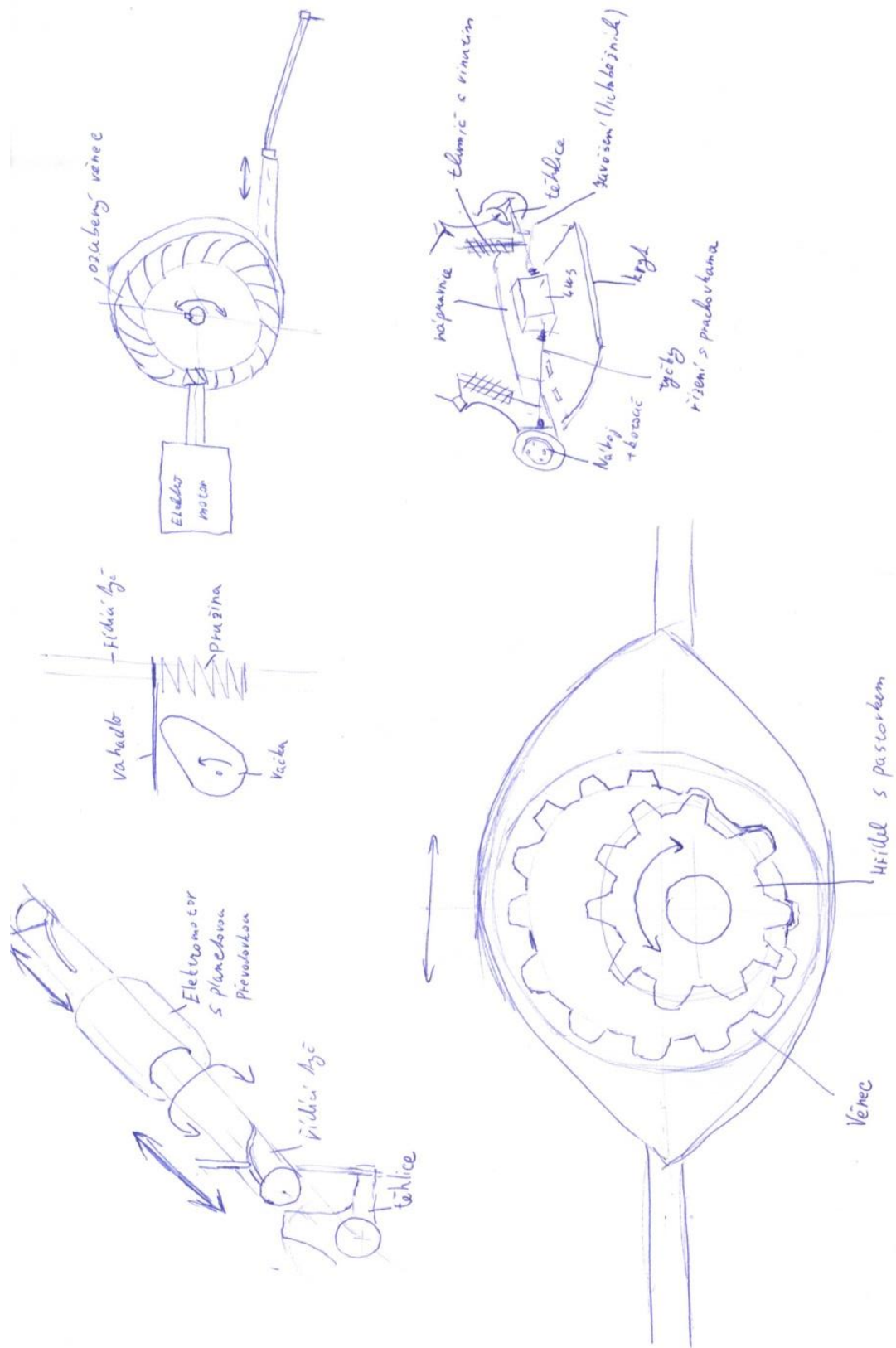
Solid Edge ST8

KeyShot 5

## **PŘÍLOHA č. 1**

### **Vlastní skici**

Skici: návrhy uzpůsobení převodu, finální návrh včetně krytu zařízení



Obr. 44 - vlastní skicovaný návrh

## **PŘÍLOHA č. 2**

**§ 32 vyhl. č. 102/1995 Sb**



Podle § 32 vyhl. č. 102/1995 Sb. o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích musí řízení splňovat následující požadavky:

- a) snadná, rychlá a bezpečná ovladatelnost. Mechanismus říditelné nápravy a geometrie řízení musí být konstruovány a provedeny tak, aby nevznikly kmity a rázy v řízení;
- b) řízena kola se po projetí zatáčky musí samovolně vracet do přímého směru, nebo aby k vracení kol do přímého směru byla potřebná podstatně menší síla než pro pohyb do zatáčky (tato podmínka neplatí pro vozidla se strojním řízením);
- c) řídicí ústrojí nesmí mít větší vůle. U vozidel s nejvyšší rychlosti přes 100 km/h je přípustná vůle na volantu  $18^\circ$ , u vozidel s max. rychlosti 25 až 100 km/h do  $27^\circ$  a u vozidel s konstrukční rychlosti nepřesahující 25 km/h může vůle činit  $36^\circ$ ;
- d) pokud není řízení vybaveno posilovacím zařízením, pak počet otáček volantu nesmí být větší než 5 z polohy odpovídající vychýlení vnitřního kola o  $35^\circ$  zprava do stejné polohy vlevo, nebo z jedné krajní polohy do druhé, pokud není docíleno uhlu vychýlení řízeného kola  $35^\circ$ . Krajní vychýlení kol musí být omezeno dorazy;
- e) motorová vozidla u nichž hmotnost připadající na řízenou nápravu (resp. nápravy) činí nejméně 3,5 t, musí mít řízení vybaveno posilovacím zařízením. Při selhání tohoto zařízení musí být možno řídit vozidlo (soupravu) svalovou silou řidiče; tato síla nesmí přesáhnout 600N;

Další zákonný požadavek je stanoven v § 22 odst. 4 vyhl. č. 102/1995 Sb., který udává maximální přípustnou plochu zabírající vozidlem při zatáčení, Při projíždění kruhové zatáčky o  $360^\circ$  s vnějším poloměrem 12,5 m smí motorová vozidla a jízdní soupravy zabírat obrysově nejvýše 7,2 m šířky vozovky. Při nájezdu z přímé jízdy do této zatáčky nesmí žádná část vozidla nebo soupravy přesahovat o více než 0,8 m, u kloubových autobusů a kloubových trolejbusů o více než 1,2 m tečnu vnějšího kruhu zatáčky.