



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

BRZDOVÉ SYSTÉMY TĚŽKÝCH UŽITKOVÝCH VOZIDEL

BRAKE SYSTEMS FOR HEAVY COMMERCIAL VEHICLES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

David Andrlé

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jan Fojtášek

BRNO 2019

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student:	David Andrlé
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce:	Ing. Jan Fojtášek
Akademický rok:	2018/19

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:

Brzdové systémy těžkých užitkových vozidel

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Brzdové systémy jsou u nákladních vozidel jedním z nejdůležitějších prvků pro bezpečný provoz. Z tohoto důvodu jsou stále vyvíjena nová řešení vedoucí k vyšší spolehlivosti a životnosti samotných brzd či ovladatelnosti celého vozidla. Za tímto účelem je také vyvíjena celá řada elektronických systémů, jejichž úkolem je prostřednictvím brzd zlepšit jízdní vlastnosti vozidla.

Cíle bakalářské práce:

Rešeršní práce popisující brzdové systémy nákladních vozidel, vyráběných v minulosti i v současnosti.

Práce bude obsahovat

ucelený přehled soudobých i dříve používaných systémů.

Popis konstrukčního uspořádání.

Popis principu funkce.

Vyhodnocení hlavních výhod a nevýhod

jednotlivých řešení.

Popis elektronických systémů brzdových soustav.

Zohledněny budou také vývojové tendence těchto systémů dle v současnosti vyráběných typů nebo také nákladních vozidel připravovaných na trh.

Seznam doporučené literatury:

REIMPELL, Jornsén. The Automotive Chassis. 2nd edition. Oxford: Butterworth - Heinemann, 2001. 444 s. ISBN 0-7506-5054-0.

LEEMING, David John a HARTLEY, Reg. Heavy Vehicle Technology. 2nd edition. Leckhampton: Stanley Thomas, 1989. 260 s. ISBN 07-487-0275-X.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je vytvořit ucelený přehled v oblasti brzdových systémů nákladních vozidel. Práce je rozdělena do šesti základních částí. První část se zabývá stručnou historií vzniku brzd. Druhá část je zaměřena na základní rozdělení brzdových soustav podle jejich účelu a zdroje jejich energie. Následující část popisuje nepřímou brzdovou soustavu. Čtvrtá část pojednává o jednotlivých typech odlehčovacích brzdových soustav. Obsahem páté části je elektronický brzdový systém a jeho podsystémy. Poslední část je zaměřena na možné vývojové trendy v oblasti brzdových soustav.

KLÍČOVÁ SLOVA

Systémy, brzdná soustava, provozní brzda, ABS, moderní trendy, rekuperační brzdění

ABSTRACT

The aim of the thesis is to create a comprehensive overview of freight vehicle brake systems. The thesis is divided into six major parts. The first part deals with a brief history of the development of brakes. The second part focuses on the basic division of brake systems according to their use and energy source. The following part describes the indirect brake system. The fourth part deals with the individual types of retarder braking systems. The fifth part deals with the electric brake system and its subsystems. The last part focuses on the possible trends in the development of brake systems.

KEYWORDS

Systems, braking systems, service brake, ABS, modern trends, regenerative braking

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ANDRLE, D. *Brzdové systémy těžkých užitkových vozidel*. Brno, 2019. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. 40 s. Vedoucí bakalářské práce Jan Fojtášek.



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Jana Fojtáška a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 24. května 2019

.....

David Andrlé

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu své práce panu Ing. Janu Fojtáškoví za ochotu a trpělivost při vedení této bakalářské práce.

OBSAH

Úvod	9
1 Stručný pohled do historie brzd	10
2 Základní rozdělení brzd	11
2.1 Rozdělení brzdových soustav podle účelu	11
2.2 Druhy brzdových soustav podle zdroje energie	12
3 Nepřímocinná brzdová soustava	13
3.1 Vzduchotlaká brzdová soustava	13
3.2 Vzduchokapalinová brzdová soustava	18
4 Odlehčovací brzdová soustava	19
4.1 Motorové brzdy	19
4.2 Výfukové brzdy	20
4.3 Elektromagnetické vířivé brzdy	21
4.4 Hydrodynamická Brzda	22
5 Elektronická brzdová soustava ebs	23
5.1 Elektronické podsystémy systému EBS	25
6 Vývojové tendence v oblasti brzdových soustav	32
6.1 Rekuperace brzděné energie	32
6.2 Ovládání brzdových soustav	34
Závěr	35
Použité informační zdroje	37
Seznam použitých zkratk	40

ÚVOD

Jen stěží by dnešní společnost mohla fungovat bez nákladní a kamionové dopravy, o to víc pokud by tento prostředek transportu byl nebezpečný svému okolí. Proto se konstruktéři nákladních vozidel snaží, aby jejich technická řešení byla co možná nejlepší, v případě brzdových soustav ta nejbezpečnější.

V posledních letech je vývoj brzdových a pomocných elektronických systémů na vzestupu. Zásahu na tom mají především automobilky, které se navzájem předhánějí s novými produkty a inovacemi.

Ve své podstatě je fungování brzd velmi jednoduché. Jde o přeměnu kinetické energie na jiný typ, v dnešní době je to především přeměna na teplo. Jak to ale v praxi bývá, fungování dnešních brzd je mnohem složitější. Postupným vývojem jsme se dostali od dřevěného špalku až ke složitým zařízením, které dokáží pomocí brzdění přeměnit rychlost vozidla na využitelný zdroj energie.

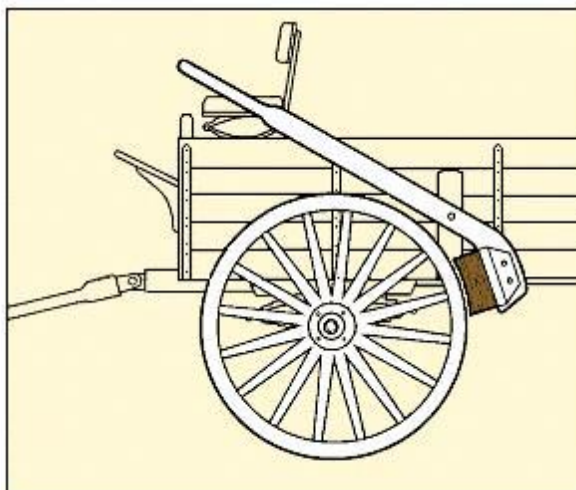
Cílem této bakalářské práce je vytvořit ucelený přehled brzdových soustav a možná predikce, kterým směrem se v budoucnu budou ubírat brzdové systémy nákladních automobilů.

1 STRUČNÝ POHLED DO HISTORIE BRZD

Náznaky primitivních brzd můžeme najít již v daleké historii. Nedá se s určitostí říct, kdo je jejich vynálezcem. K jejich objevu zřejmě došlo v souvislosti s vynálezem kola, následně dřevěnými vozy a kočáry. První důkazy o výrobě kol můžeme najít již v mladší době kamenné 8000 až 5000 let před naším letopočtem. Zpočátku ke zpomalení vozu stačila lidská nebo zvířecí síla. Postupem času se zvyšující se hmotností nákladu bylo potřeba brzdy zdokonalovat [1].

Prvními pomyslnými brzdami byly brzdy parkovací. Většinou se jednalo o jednoduchý klín, později se přešlo k sofistikovanějším mechanismům, které dokázaly vozidlo kontrolovatelně zpomalovat. Tím se staly různé typy špalíkových brzd, které se v modernější podobě používají v železniční dopravě dodnes [1].

Na obr. 1 je znázorněna špalíková brzda, která ke zvýšení své účinnosti byla ovládána přes jednoduchý pákový mechanismus.



Obr. 1 Špalíková brzda ovládána pákovým mechanismem [1]

Začátkem 20. století si Louis Renault nechal patentovat vlastní mechanické bubnové brzdy, ty byly velmi podobné těm, které se používají dodnes. S dalším zdokonalením přišel v roce 1914 Fred Duesenber a to s hydraulickou brzdou [1].

V roce 1953 britský závodní tým Jaguár jako první osazuje své závodní automobily novými kotoučovými brzdami značky Dunlop. I díky této novince dokázal Jaguár vyhrát čtyřiadvacetihodinový závod Le Mans [2]

2 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ BRZD

Brzdy obecně slouží ke zpomalování, zastavování nebo zajištění vozidla proti pohybu.

2.1 ROZDĚLENÍ BRZDOVÝCH SOUSTAV PODLE ÚČELU

Brzdy jsou obecným názvem pro veškerá brzdná zařízení. Podle konkrétního účelu můžeme brzdové soustavy u nákladních automobilů rozdělit na níže uvedené typy brzdových soustav.

2.1.1 PROVOZNÍ BRZDOVÁ SOUSTAVA

Provozní brzdová soustava je určena k ovládní vozidla, snižování rychlosti, případně i k úplnému zastavení vozidla, přičemž se vozidlo nesmí odchýlit od daného směru. Brzdný účinek provozních brzd je odstupňovaný (regulovaný) a působí na všechna kola vozidla. Provozní brzdy jsou ovládány pouze nohou řidiče [3].

2.1.2 NOUZOVÁ BRZDOVÁ SOUSTAVA

Nouzová brzdová soustava, jak už z názvu napovídá, slouží jako nouzová brzda při poruše brzd provozních. V tomto okamžiku přebírají jejich funkci a musí působit alespoň na jedno kolo na každé straně vozu. Soustava nemusí být samostatná, může tvořit uzavřený neporušený okruh dvou i víceokruhových provozních brzd. Za nouzovou brzdovou soustavu se dá považovat i brzda parkovací. To ovšem neplatí pro odlehčovací brzdovou soustavu, ta neslouží k zastavení vozidla [3].

2.1.3 PARKOVACÍ BRZDOVÁ SOUSTAVA

Parkovací brzdová soustava slouží k zamezení pohybu vozidla, soupravy, ale i vozidla přípojného, které je odpojené od vozidla tažného. Naložené vozidlo musí parkovací brzda udržet na svahu 18%. U vozidel určených pro tah přípojných vozidel musí být brzda schopna udržet tuto jízdní soupravu na svahu 12%, a to v obou směrech. Brzděné musí být vždy minimálně jedno kolo na každé straně vozu [4]. Parkovací brzdovou soustavu je možné využívat i za nepřítomnosti řidiče [3].

2.1.4 ODLEHČOVACÍ BRZDOVÁ SOUSTAVA

Odlehčovací nebo také zpomalovací brzdová soustava, případně retardér slouží ke zpomalení vozidla. Její funkce se nejvíce využívá při dlouhých, táhlých klesáních a to bez použití provozní, nouzové nebo parkovací brzdy. Tato brzdová soustava se využívá u těžkých vozidel, u kterých hrozí přehřátí provozních brzd. Účelem odlehčovacích brzd je vozidlo zpomalit, ne jej zcela zastavit [3].

Problematicke odlehčovacích brzd se dále věnuje čtvrtá kapitola.

2.2 DRUHY BRZDOVÝCH SOUSTAV PODLE ZDROJE ENERGIE

2.2.1 PŘÍMOČINNÁ BRZDOVÁ SOUSTAVA

Energie, která je potřebná k vytvoření brzdné síly, je dodávána pouze vlastní silou řidiče. Tato síla se dále přenáší mechanickým nebo hydraulickým převodem na kola vozidla [3].

2.2.2 BRZDOVÁ SOUSTAVA S POSILOVAČEM

V případě, že je síla řidiče k vytvoření potřebné brzdné energie nedostatečná, může být podpořena pomocí podtlakového nebo hydraulického posilovače. Ten je navržen tak, že i při jeho poruše musí zůstat brzdová soustava v činnosti, a přitom ovládací síla na brzdový pedál nesmí přesáhnout 800 N [3].

2.2.3 NEPŘÍMOČINNÁ BRZDOVÁ SOUSTAVA

Tato soustava je také nazývána jako strojní brzdová soustava. Brzdná síla je zde tvořena jiným zdrojem energie, nejčastěji tlakem vzduchu, který je dodáván ústrojím pro dodávku energie. Funkcí řidiče je pouze ovládání změny této energie. Této soustavě se více věnuje třetí kapitola [3].

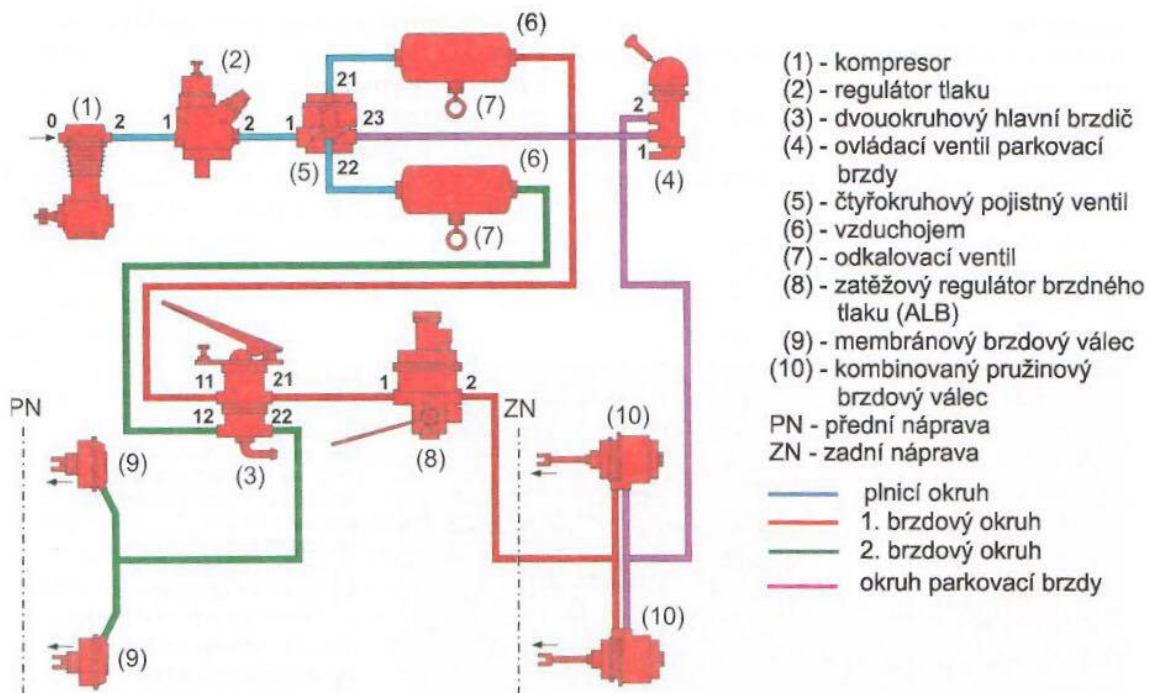
3 NEPŘÍMOČINNÁ BRZDOVÁ SOUSTAVA

Nepřímočinná soustava zahrnuje soustavy, které při brzdění používají jiný zdroj energie než sílu řidiče. Vzhledem k druhu energie se dělí na přetlakové (vzduchové) a kapalinové.

Kombinovaný pneumaticko-kapalinový systém se používá u lehkých a středně těžkých užitkových vozidel s celkovou hmotností do 10 t. Princip spočívá v použití tlakového vzduchu, který ovládá hlavní brzdový válec kapalinové brzdy [3].

3.1 VZDUCHOTLAKÁ BRZDOVÁ SOUSTAVA

Pro brzdění těžších vozidel a zvláště pak pro brzdění přívěsů a jízdních souprav, se používá vzduchotlaká brzdová soustava. Tato soustava jako zdroj energie využívá tlak vzduchu, který je přenášen pneumaticko-mechanickým převodem na třecí brzdy. Tlak vyvinutý při brzdění je úměrný sešlápnutí brzdového pedálu. Pro zvýšení bezpečnosti se využívá brzdová soustava dvouokruhová s uspořádáním okruhů „přední - zadní“ (na obr. 2). V minulosti se používala pouze brzdová soustava jednookruhová [3].



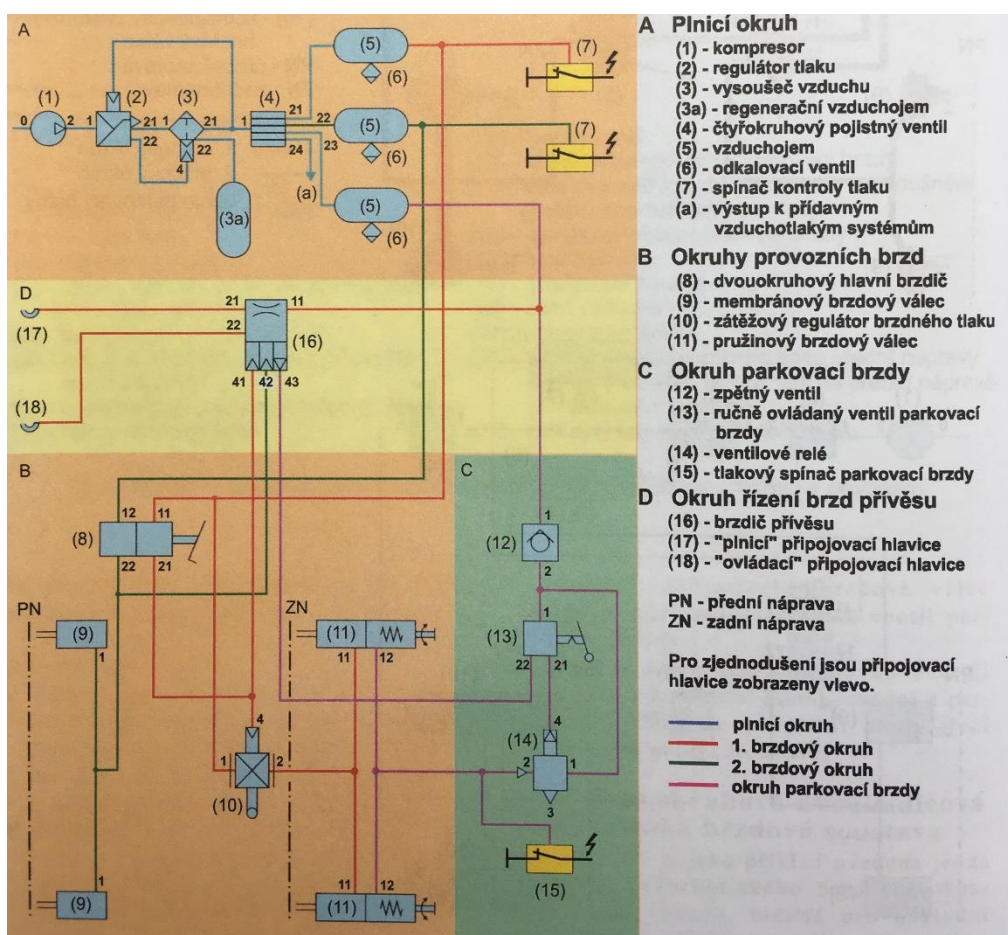
Obr. 2 Dvouokruhová vzduchotlaká brzdová soustava [3]

První částí systému je plnicí okruh, který vytváří zásobu stlačeného vzduchu s pracovním tlakem 0,8 MPa (8 bar). Vzduch je přiváděn a plněn pomocí kompresoru přes regulátor tlaku a vysoušeč vzduchu do čtyřokruhového pojistného ventilu. Díky regulátoru tlaku je přebytečný vzduch vypouštěn do atmosféry, a proto nemůže dojít k překročení maximální hodnoty dovoleného tlaku. Vzdušná vlhkost je zachycena pomocí vysoušeče vzduchu. Čtyřokruhový

pojistný ventil rozděluje stlačený vzduch do čtyř vzduchotlakých okruhů, do dvou okruhů provozních brzd, okruhu parkovací brzdy a brzdy přívěsu. Vzduchojemy slouží jako zásobníky stlačeného vzduchu pro provozní brzdy, parkovací brzdy a brzdy přívěsu. Voda, která zkondenzuje ve vzduchojemech, je vypouštěna pomocí odkalovacích ventilů. V případě, že by nastal pokles tlaku pod minimální hodnotu, vyvolají tlakové spínače akustický nebo optický varovný signál [3].

Brzdný účinek v brzdách přední a zadní nápravy závisí na síle sešlápnutí brzdového pedálu a je řízen pedálovým dvouokruhovým brzděčem. Čím více je brzdový pedál stlačen, tím více vzduchu proudí ze vzduchojemů obou okruhů provozních brzd do brzdových válců přední nápravy a přes zátěžový regulátor tlaku do pružinových brzdových válců zadní nápravy. Vysunutí pístnice brzdového válce závisí na množství vzduchu přivedeného do brzdových válců. Pístnice pomocí brzdové páky uvede do činnosti kolové brzdy. Všechny systémy brzd nákladních automobilů používají u zadních náprav zátěžové regulátory brzdného tlaku, ty omezují brzdný účinek zadních kol v závislosti na zatížení náprav. U nezatížených vozidel je přívod vzduchu omezen [3].

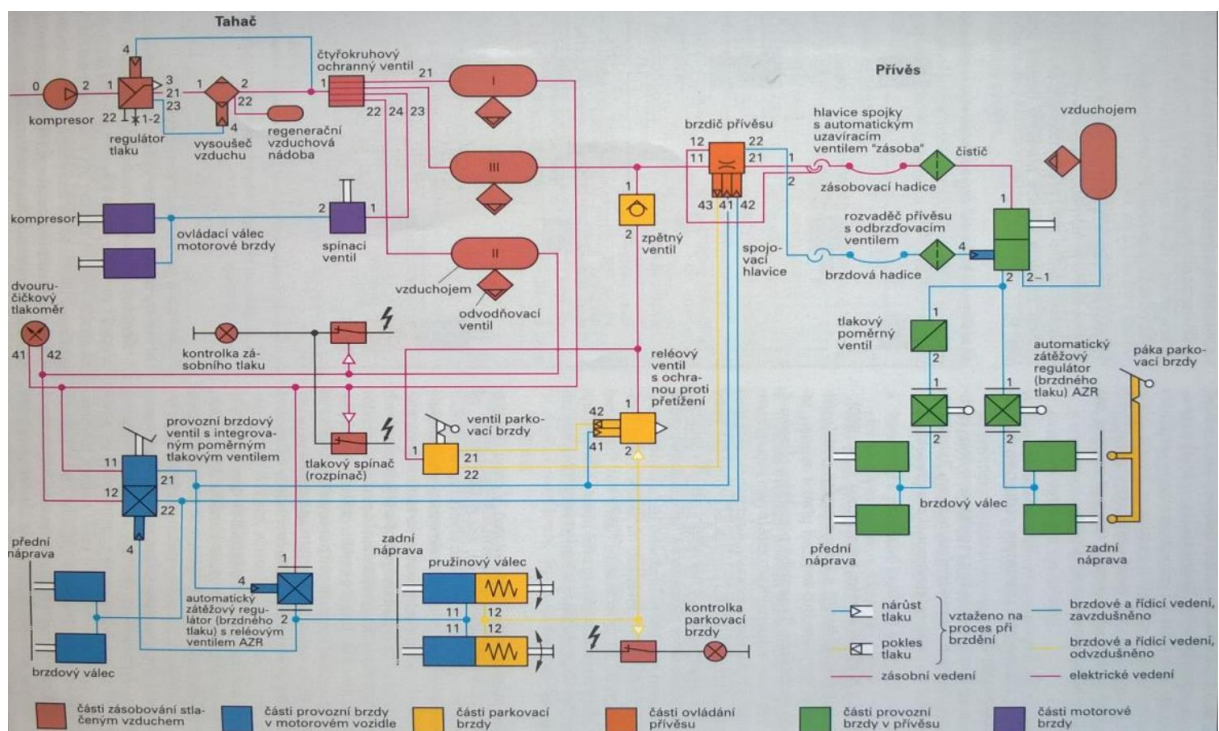
Součástí systému je také parkovací brzda. Ta je uvedena do činnosti ruční pákou parkovací brzdy a je ovládána pneumaticky. V případě poruchy provozní brzdy může parkovací brzda pracovat jako nouzová s odstupňovaným účinkem [3].



Obr. 3 Schéma dvouokruhové dvouhadicové vzduchové brzdové soustavy [3]

3.1.1 BRZDĚNÍ PŘÍPOJNÉHO VOZIDLA

Brzdění přípojného vozidla může být realizováno pomocí tzv. jednohadicového systému nebo dvouhadicového systému. Přívěs s tažným vozidlem je u jednohadicového systému propojen pouze jednou hadicí, která při jízdě doplňuje neustále vzduch do vzduchojemu. V okamžiku, kdy vozidlo brzdí, vytváří ovládací signál pro rozvaděč přívěsu, ten ovládá velikost tlaku vzduchu, který se přepustí ze vzduchojemu do kolových brzd přívěsu. Tento systém má ale nevýhody. Pokud vozidlo dlouhodobě brzdí, není do vzduchojemu přípojného vozidla doplňován vzduch. Může tedy nastat situace, že při opětovném brzdění nebude mít přípojné vozidlo ve vzduchojemu dostatečný tlak pro brzdění [5]. Aby se těmto situacím předešlo, začal se používat systém dvouhadicový. Tažné vozidlo a přípojné vozidlo je propojeno plnicí a ovládací hadicí. Brzdy přívěsu vozidla jsou zásobovány vzduchem z výstupní přípojky čtyřokruhového pojistného ventilu přes výstupní přípojku brzdiče a plnicí připojovací hlavici [3].



Obr. 4 Dvouokruhová dvouhadicová pneumatická brzdová soustava tažného vozidla a přívěsu [5]

3.1.2 PLNICÍ ČÁSTI VZDUCHOTLAKÉ BRZDOVÉ SOUSTAVY

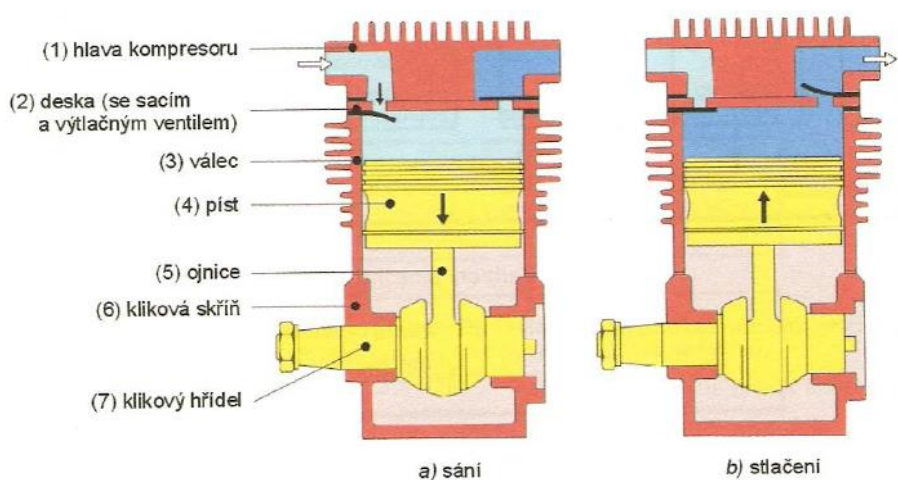
Úkolem plnicí části je vytvořit dostatečné množství stlačeného vzduchu. Má několik částí: kompresor, regulátor tlaku, vysoušeč vzduchu, čtyřokruhový jisticí ventil, vzduchojemy s odkalovacím ventilem a tlakový spínač kontroly tlaku [3].

KOMPRESOR

Kompresor je prvek, který je zdrojem stlačeného vzduchu. Ve své podstatě je to pístové čerpadlo, které je obvykle umístěno v motorovém prostoru, jelikož je jeho klikový hřídel

poháněn zpravidla klínovým řemenem od rozvodů motoru. Konstrukce a činnost kompresoru jsou znázorněny na obr. 5

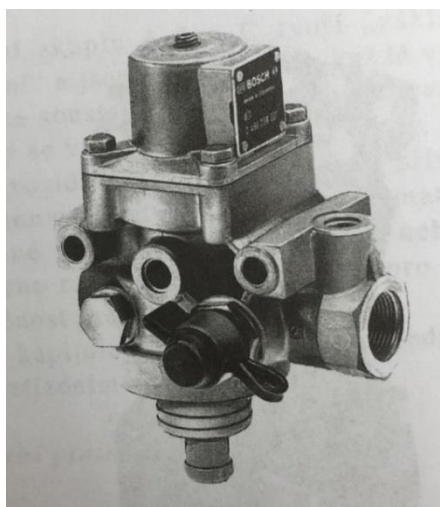
Píst kompresoru koná přímočarý vratný pohyb ve válci, práce probíhá ve dvou dobách, a to sání a stlačení. Jestliže se píst pohybuje do dolní úvratě, vzniká podtlak a sacím ventilem je nasáván vzduch. Při pohybu do horní úvratě se sací ventil uzavře, vniká přetlak a výtlačným ventilem je vzduch uvolněn dále do soustavy [3].



Obr. 5 Hlavní části a činnost kompresoru [3]

REGULÁTOR TLAKU VZDUCHU

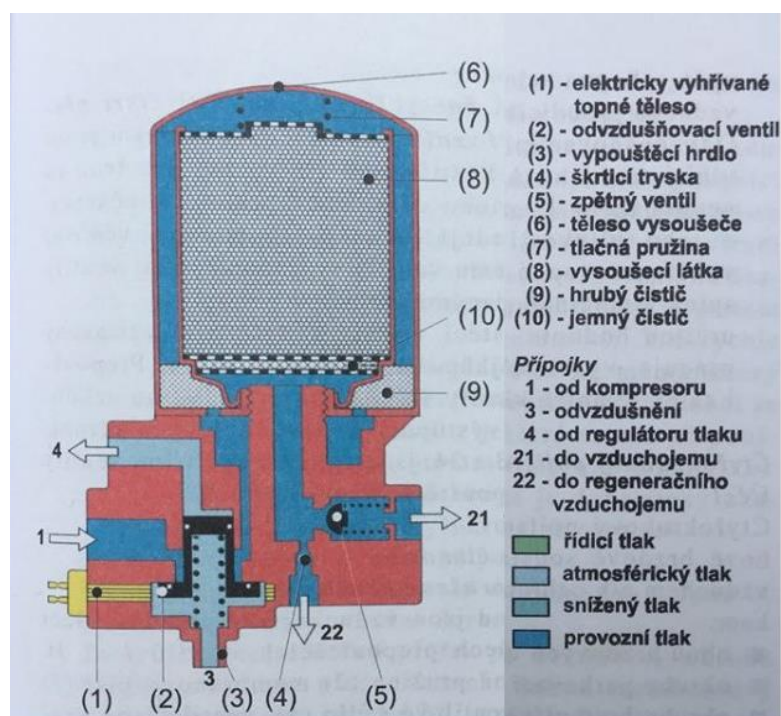
Úkolem regulátoru tlaku vzduchu je udržovat v soustavě maximální možnou hodnotu tlaku. Při dosažení maximální hodnoty tlaku je přebytečný vzduch vypouštěn do ovzduší. V těle regulátoru bývá zpravidla zabudovaná i přípojka pro plnění pneumatik [3].



Obr. 6 regulátor tlaku vzduchu [3]

VYSOUŠEČ VZDUCHU

Vzduch, který je nasáván do soustavy z atmosféry, obsahuje vlhkost, ta poté kondenzuje v soustavě a působí problémy. Vzniklý kondenzát může způsobit korozi potrubí, vzduchojemů nebo válců, stárnutí pryžových dílů a odstranění mazacího filmu z vnitřních částí okruhu. Vysoušeč pracuje na principu děje zvaného absorpce. Čistič zachytí hrubé nečistoty a současně slouží jako předběžný odlučovač vody. Jelikož proudící vzduch se zde ochladí, klesne hodnota rosného bodu vzduchu a vzniká kondenzát části vodních par. Proces vysoušení nastává při proudění vzduchu vysoušecí látkou. Vysušený vzduch proudí přes čistič a otevřený zpětný ventil výstupní přípojkou do vzduchojemu [3].



Obr. 7 Vysoušeč vzduchu bez regulátoru tlaku [3]

ČTYŘOKRUHOVÝ POJISTNÝ VENTIL

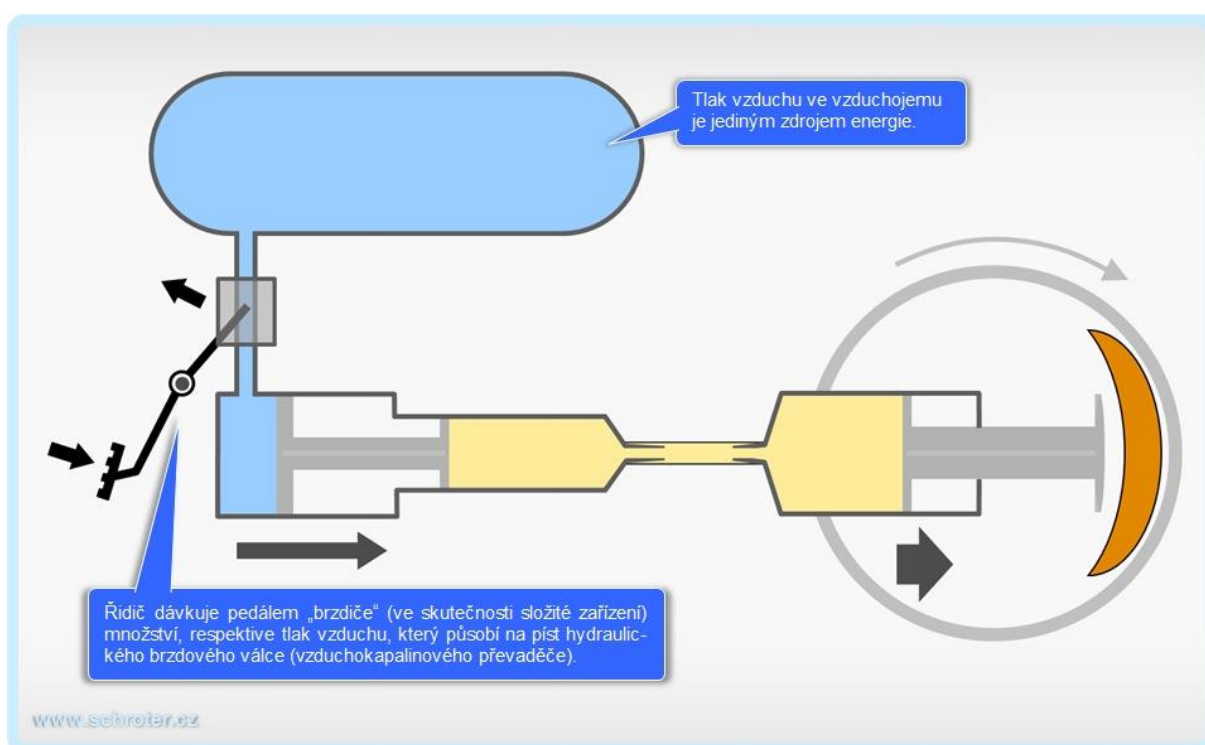
Čtyřokruhový pojistný ventil u dvouokruhové brzdové soustavy má za úkol zásobovat vzduchotlaké okruhy a dále slouží k ochraně před nadměrným tlakem v obou brzdových okruzích, okruhu parkovací brzdy, brzd přívěsu a okruhu přidavných vzduchových zařízení [3].

VZDUCHOJEM

Vzduchojem je válcová nádoba, která slouží k uchování tlakového vzduchu. Ve spodní části nádoby, kde se může shromažďovat vlhkost, se nachází odkalovací ventil. Tento ventil slouží k vypouštění zkondenzované vody a zabraňuje zmenšení objemu stlačeného vzduchu (platí pro soustavy bez vysoušeče). U vzduchotlakých soustav, které obsahují vysoušeč, se pomocí tohoto ventilu kontroluje jeho funkčnost [3].

3.2 VZDUCHOKAPALINOVÁ BRZDOVÁ SOUSTAVA

Vzduchokapalinová brzdová soustava nachází své uplatnění převážně u lehkých a středně těžkých užitkových vozidel a traktorů. Vozidla jsou vybavena hydraulickými brzdami, ale i kompresorem, který dodává vzduch. Stlačený vzduch slouží k ovládní brzdového válce, brzdovým pedálem se ovládá hydraulická i vzduchová část systému. Hlavní brzdič i plnicí část je shodná se vzduchotlakou brzdovou soustavou. Ovládací část je hydraulická, přičemž přechod mezi těmito systémy tvoří vzduchokapalinový válec. Brzdové válečky i zátěžový regulátor jsou hydraulické. Parkovací brzda je realizována vzduchovým válcem, ten je ovládán ručním brzdovým ventilem [6] [7].



Obr. 8 Vzduchokapalinová brzdová soustava [7]

4 ODLEHČOVACÍ BRZDOVÁ SOUSTAVA

Těžká nákladní vozidla, autobusy a jízdní soupravy používají ke snižování a udržování stálé rychlosti odlehčovací brzdové soustavy (retardéry). Tato soustava je činná pouze při nenulové rychlosti. To znamená, že funguje pouze při pohybu vozidla a proto ji tedy nelze použít jako brzdu parkovací. Hlavním důvodem jejich použití je zvýšení bezpečnosti, snížení zahřívání a opotřebení provozních brzd a proto nedochází ke ztrátě brzdného účinku. Odlehčovací brzdy přeměňují kinetickou energii vozidla nejčastěji na teplo. Odlehčovací brzdy můžeme rozdělit na: motorové brzdy, výfukové brzdy, elektromagnetické vířivé brzdy a hydrodynamické brzdy [8].

Výhodou odlehčovacích brzd je zvýšení bezpečnosti a pohotovosti třecích brzd. Ekologický a ekonomický způsob brzdění, jelikož šetří brzdové obložení třecích brzd. U výfukových a motorových brzd je velkou výhodou nízká hmotnost a příznivá cena. Při dlouhodobém použití odlehčovacích brzd nedochází ke snížení brzdného účinku.

Odlehčovací brzdy mají ovšem i řadu nevýhod, například při použití elektromagnetické vířivé brzdy nebo hydrodynamické brzdy, je to jejich vysoká cena, případně značné zahřívání.

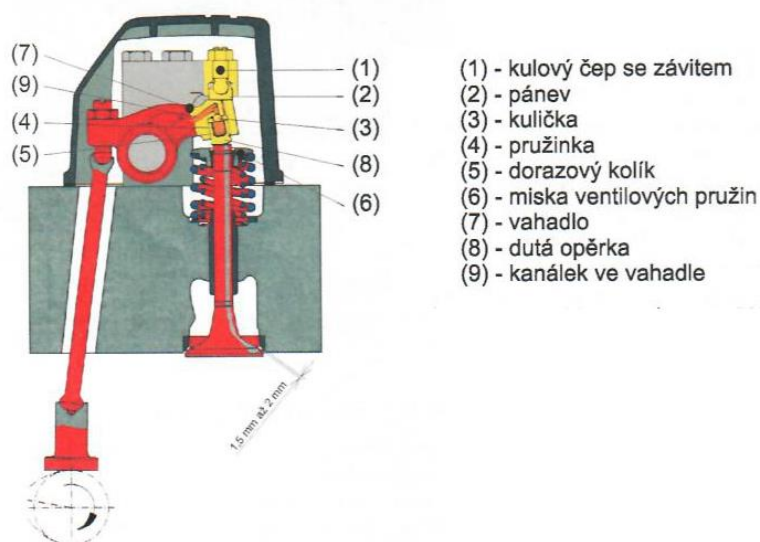
4.1 MOTOROVÉ BRZDY

Pro možné fungování motorové brzdy je důležité propojení motoru a hnacích kol, tzn. musí být zařazen převodový stupeň. Princip fungování motorové brzdy spočívá ve změně tlaku výfukového systému změnou časování ventilového rozvodu a přerušením přívodu paliva. Výhodou motorových brzd jsou nízké pořizovací náklady a relativně jednoduchá konstrukce [9].

Brzdný výkon je ovlivněn otáčkami motoru. Maximálního brzdného výkonu je dosaženo při maximálních otáčkách motoru, toho docílíme zařazením co nejmenšího převodového stupně, který je možné zařadit při dané rychlosti vozu. Brzdný výkon dosahuje hodnot 60 – 100 % výkonu motoru v závislosti na konkrétním provedení retardéru [10].

Při stlačování nasávaného vzduchu dochází k přeměně kinetické energie vozidla na vnitřní a potenciální energii stlačeného vzduchu. Při brzdění, kdy se píst motoru blíží k horní úvrati, systém motorové brzdy otevře výfukový ventil. Píst vytlačí stlačený plyn a dokončí svůj kompresní zdvih. Při expanzi stlačeného vzduchu dochází v motoru k podtlaku, zvětšuje se odpor motoru, který vytváří brzdný účinek a tím pádem brzdí vozidlo [11].

Existuje mnoho provedení motorové brzdy, v závislosti na výrobci, všechna tato provedení jsou ale založena na stejném principu. Obr. 9 znázorňuje provedení EVB od firmy MAN [3].



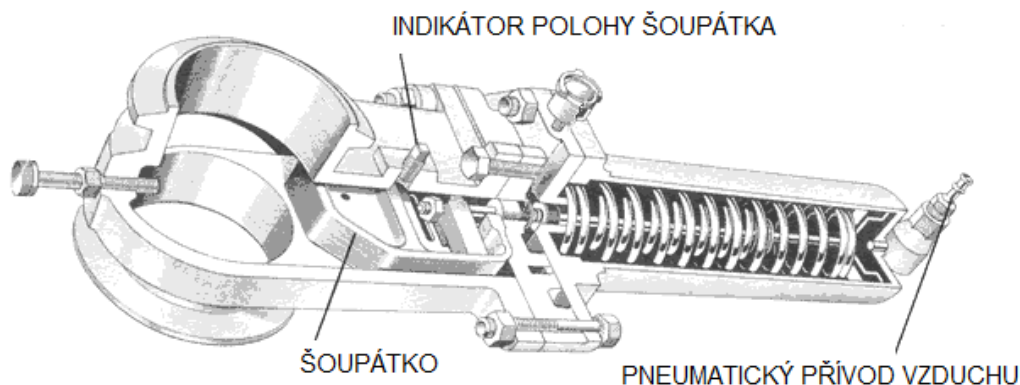
Obr. 9 Motorová brzda MAN – EVB [3]

4.2 VÝFUKOVÉ BRZDY

Výfukové brzdy představují velmi používaný, cenově přijatelný a kompaktní druh retardéru. Výfuková brzda funguje na principu škrcení výfukových plynů. U výfukových brzd se k tomuto účelu nejčastěji používá klapka (obr. 10) nebo ploché šoupátko (obr. 11). Jejich ovládání je nejčastěji pneumatické. Tyto komponenty jsou ve výfukovém potrubí umístěny v blízkosti motoru. V případě, že je motor přepínán, jsou tyto komponenty umístěny těsně za turbínovou částí. Velmi často se využívá kombinace výfukové a motorové brzdy. Nevýhodou klapky je částečný odpor i v neaktivním stavu, což může negativně ovlivnit výkon motoru [3].



Obr. 10 Výfuková brzda, klapka [12]



Obr. 11 Výfuková brzda, ploché šoupátko [13]

4.3 ELEKTROMAGNETICKÉ VÍŘIVÉ BRZDY

Elektromagnetické vířivé brzdy, též elektrické retardéry, zpomalují vozidlo přeměnou mechanické energie na teplo pomocí vířivé brzdy. U této odlehčovací brzdy nezáleží na výkonu motoru, brzda k němu není přímo připojena a brzdný výkon je obvykle vyvíjen na hnací hřídel nebo diferenciál hnané nápravy [3].

Výhodou je velký brzdný účinek, který je úměrný síle magnetického pole, to umožňuje snadnou regulaci brzdění. Nevýhodou je poměrně vysoká hmotnost, ta může dosahovat až 300 kg. Další nevýhodou je také velké zahřívání, které může vést ke snížení brzdného výkonu [6].

Rotor brzdy se otáčí kolem statoru s pevnými elektromagnety, které jsou napájeny z elektrického systému vozidla. V okamžiku, kdy jsou magnety pod napětím, dochází ke vzniku vířivých proudů, které působí na rotor. Proudů vytváří magnetické pole opačné orientace, než magnetické pole, které je vytvořeno pevnými elektromagnety. Brzdný výkon retardéru je dán silou magnetického pole elektromagnetů, rychlostí otáčení a konstrukční geometrií [10].

Jedny z nejpoužívanějších elektromagnetických brzd jsou brzdy francouzské společnosti Telma, ta vytvořila koncept elektromagnetické brzdy, která je chlazená vzduchem [3].



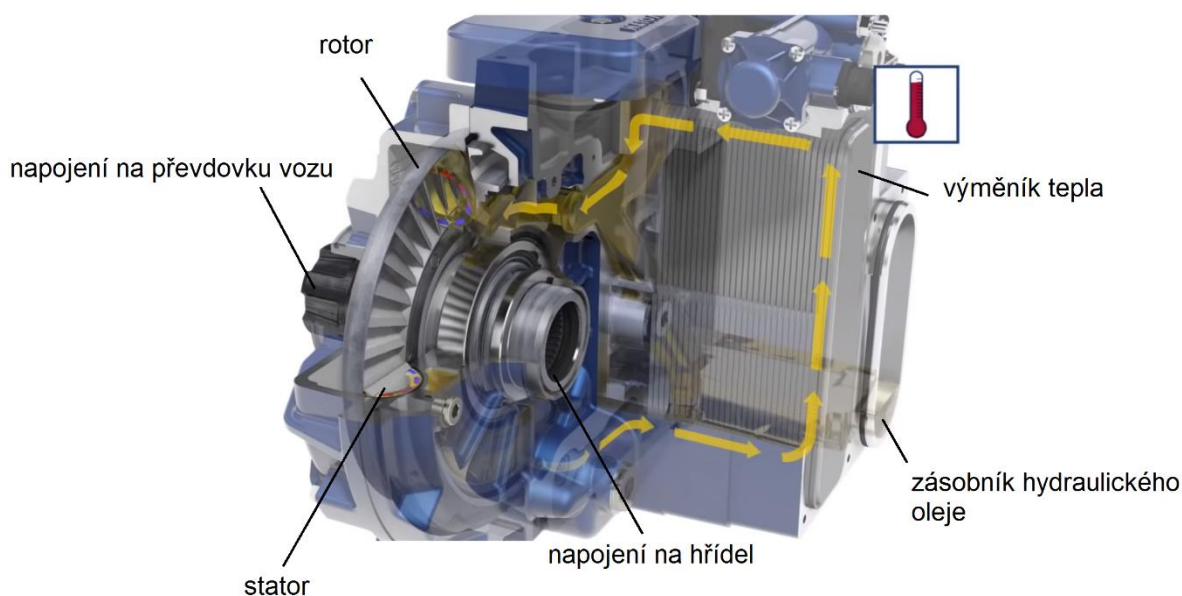
Obr. 12 Telma Axial AC 50-80 [14]

4.4 HYDRODYNAMICKÁ BRZDA

Hydrodynamické retardéry přeměňují kinetickou energii vozidla na teplo pomocí tření v kapalině v uzavřeném prostoru. Využívá se odporu, který vzniká vířením kapaliny mezi státorem a rotorem. Stator je pevně spojen se skříní brzdy, rotor je připojen k hnacímu ustrojí s koly vozidla. Lopatky statoru i rotoru jsou skloněny o 45° vzhledem k rovině kolmé na osu hřídele a stojí vzájemně proti sobě. Retardéry mohou být umístěny na spojovacím hřídeli vozidla nebo přímo na převodovce. Regulace brzdného účinku se upravuje množstvím hydraulického oleje v komoře [3].

Výhodou hydraulických retardérů je vysoký brzdný účinek a nízká hmotnost, proto mohou být zabudovány do převodovky vozidla. Nevýhodou je vysoká cena.

Na obr. 13 je znázorněn hydrodynamický retardér firmy Voith, který je umístěn přímo za převodovkou. Aktivace brzdy probíhá pomocí páčky nebo brzdového pedálu. Poté je ze zásobníku pomocí stlačeného vzduchu přečerpán olej do pracovní komory. Následně retardér vytváří brzdný moment a vozidlo zpomaluje. Během brzdění se teplo odvádí pomocí výměníku tepla. V momentě, kdy je ukončeno brzdění pomocí retardéru, je olej přečerpán zpět do zásobníku a rotor je pružinou automaticky odtlačen od statoru [15].



Obr. 13 Hydrodynamická brzda Voith VR123+ [15]

5 ELEKTRONICKÁ BRZDOVÁ SOUSTAVA EBS

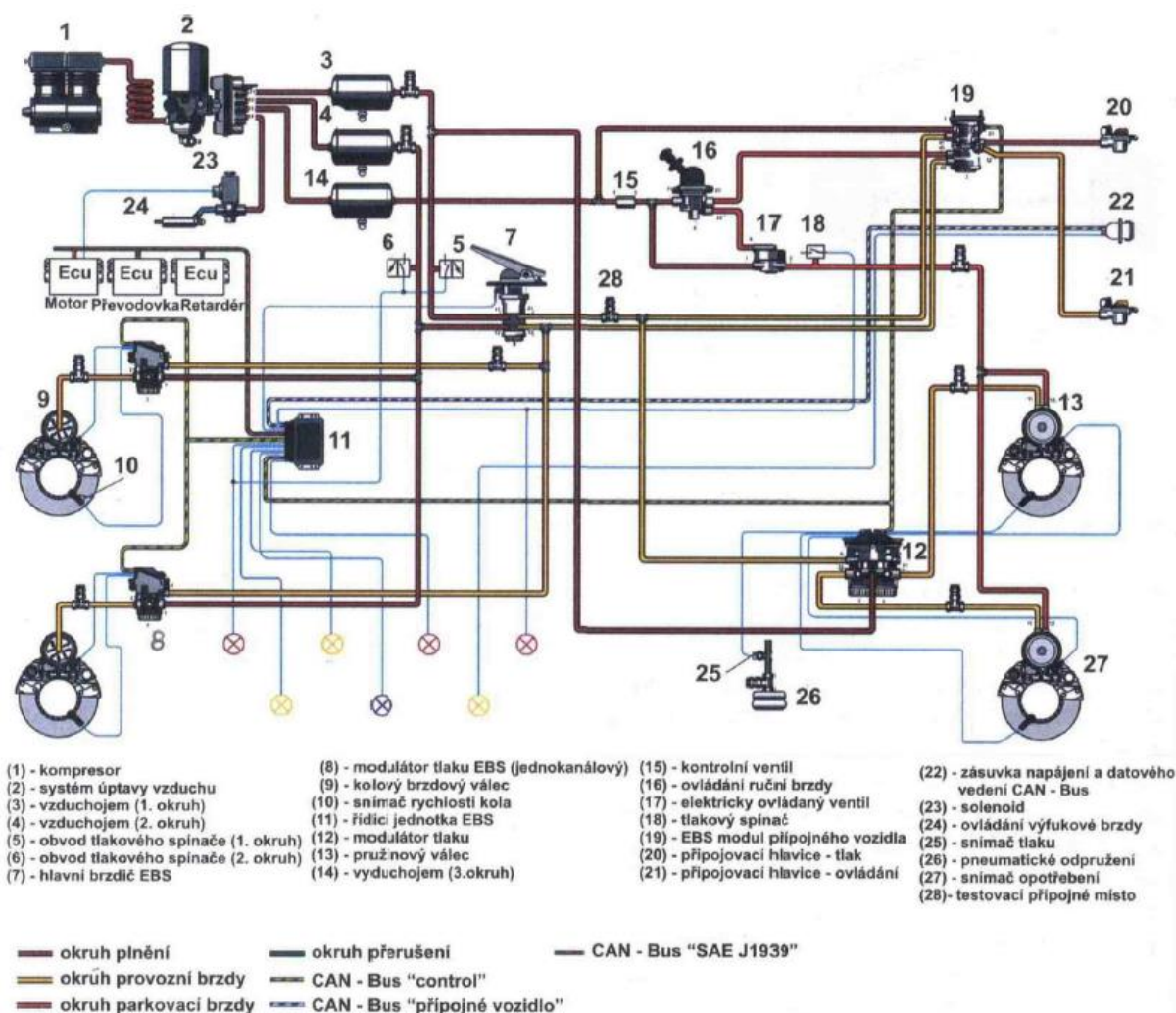
Elektronický brzdový systém, dále jen EBS, je moderní elektronicky řízený brzdový systém, který spolupracuje výhradně s kotoučovými brzdami. Základem tohoto systému je ovšem konvenční vzduchová brzdová soustava (viz třetí kapitola). Původní mechanicko-pneumatické ovládání a řízení je nahrazeno elektronickým ovládáním (servy, aktuátory) s množstvím senzorů. Například reléové ventily, používané u systému ABS, jsou nahrazeny elektronicky řízenými modulátory tlaku. Aktuátory kromě regulace tlaku vzduchu přebírají též úlohu sběru a zpracování signálů ze senzorů. [3]

EBS je součástí elektronického systému vozidla, což nám přináší určitý přínos spolupráce mechanické kolové a pomocné brzdy. Tím se zlepšuje efektivita a bezpečnost provozu. Komunikaci mezi řídicími jednotkami probíhá výměnou elektronických signálů, k čemuž se využívá sběrnice sítě CAN. Jako u každého systému, tak i u systému EBS může dojít k jeho selhání. Proto je EBS vybaveno záložním pneumatickým systémem, který se standardně skládá ze dvou nezávislých brzdových okruhů. Ty jsou takřka totožné s konvenční brzdovou soustavou, ale můžou mít například menší průměr brzdových hadic. [16] [3]

Jednou z možností zapojení elektronické brzdové soustavy nákladních vozidel (EBS) je znázorněn na obr. 14.

Jak již bylo v úvodu řečeno, určitá část klasického pneumatického vedení je nahrazena vedením elektrickým. Tím je zajištěna výrazně rychlejší odezva brzdového systému a zkrácení reakční doby systému. Použitím elektronického systému místo pneumatického bylo docíleno částečného odstranění nedokonalostí spojených s dynamikou plynu (stlačitelnost, přenos tlakových vln) [3].

Díky použití kompresoru získáme stlačený vzduch, který je veden skrze systém úpravy vzduchu (regulace, vysušení a rozdělení do příslušných okruhů a přídavných systémů) až k zásobníku vzduchu třech okruhů, odtud je dále postupuje k ovládání ruční brzdy, modulu přípojného vozidla, hlavnímu brzdiči, modulátoru tlaku zadní nápravy a ke dvěma modulátorům přední nápravy [3].



Obr. 14 Schéma elektropneumatického brzdového systému EBS [3]

Díky všem signálům a informacím je schopna centrální řídicí jednotka určit brzdny tlak pro jednotlivá kola vozidla zvlášť. Nastavení přiměřeného brzdny tlaku zajišťují modulátory ovládané signálem z centrální řídicí jednotky EBS. K těmto modulátorům je tlak přiveden přímo ze vzduchojemů [3].

Výhody systému EBS [3] [15]

- zvýšení pohodlí a bezpečnosti tahačů i jízdních souprav
- rychlejší odezva brzdění
- zkrácení brzdny dráhy
- v případě poruchy elektroniky je stále možné brzdit záložním systémem
- vzájemná spolupráce elektronických systémů
- úbytek mechanických komponent
- ideální opotřebení brzdny desek a kotoučů

K tomu aby systém EBS byl účinný i u jízdních souprav, musí být připojené vozidlo také vybaveno tímto systémem. Jestliže návěs (přívěs) tímto systémem vybaven není, můžeme ho také připojit, ovšem brzdění taženého vozidla probíhá bez elektronického řízení a regulace.

5.1 ELEKTRONICKÉ PODSYSTÉMY SYSTÉMU EBS

Jednotlivé názvy, případně zkratky elektronických systémů vozidel se mohou podle výrobce či způsobu konstrukce lišit, jejich funkce však bývá zpravidla podobná.

Elektronický systém je vybaven celou řadou snímačů, například snímač opotřebení brzdového obložení, snímač otáček kol, nebo snímač natočení úhlu volantu [3].

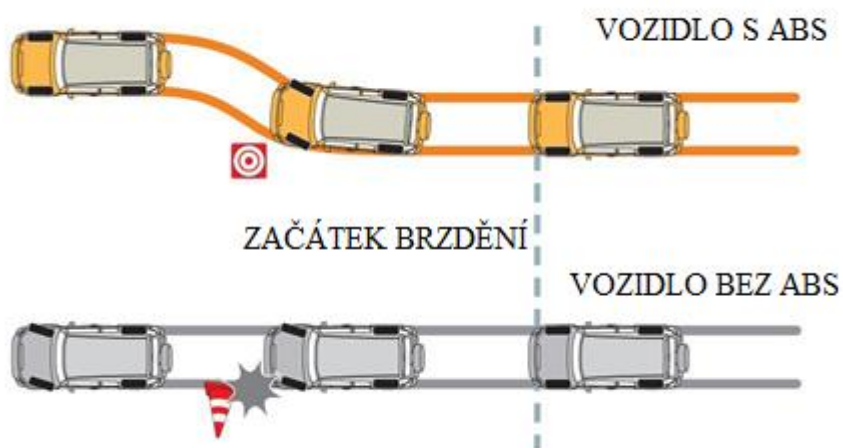
EBS je hlavní systém, ten obsahuje celou řadu podsystémů, jejich přehled si uvedeme v následující části.

5.1.1 PROTIBLOKOVACÍ SYSTÉM ABS

Zkratka ABS vznikla z anglického Anti-lock Braking System, v češtině ji překládáme jako protiblokovací systém. Tento systém je prvek aktivní bezpečnosti, který má zabránit zablokování kol při intenzivním brzdění [17].

Historie vývoje systému ABS sahá již do počátku 20. století, kdy se objevovaly úvahy o tom, jak zabránit možné blokaci kol při prudkém brzdění. Roku 1936 ohlásila firma BOSCH patent na „Zařízení k zabránění silného brzdění kol motorového vozidla“. Avšak teprve s příchodem elektronického řízení byli inženýři schopni vyvinout protiblokovací brzdový systém, který by byl dostatečně rychlý pro použití u motorových vozidel. Jako zvláštní výbava vozu byl systém ABS komerčně instalován do vozu Mercedes-Benz třídy E [17].

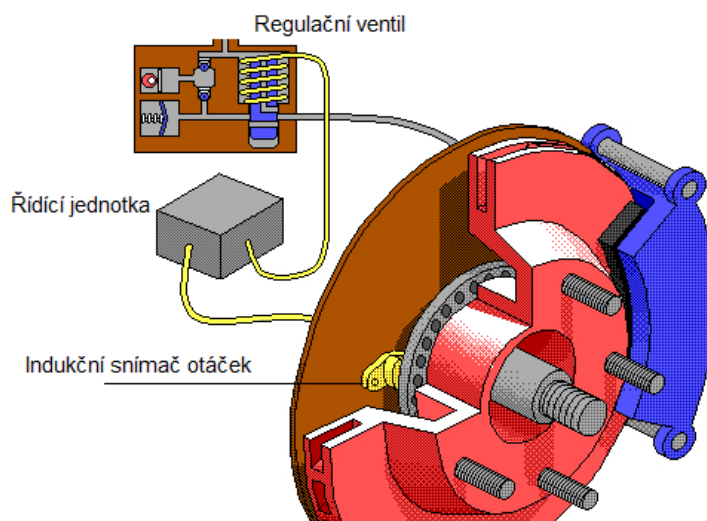
Kola vozu vybaveného ABS, se neustále odvalují a tím pádem zabraňují ztrátě adheze mezi pneumatikami vozu a vozovkou. Kolo, které se odvaluje, umožňuje zachování směrové stability a celkové ovladatelnosti i v krajních situacích, jako je například prudké brzdění nebo brzdění na kluzké vozovce. Zablokované kolo nepřenáší jinou než přímou sílu, z toho důvodu znemožňuje řízení vozu. Z toho vyplývá, že nespornou výhodou tohoto systému je možnost řízení vozidla i při plném brzdění [17].



Obr. 15 Dráha vozu s ABS a bez ABS [18]

Popis funkce systému:

Funkce ABS je založena na principu automatické regulace brzdné síly. Systém se skládá ze snímače otáček, regulačního ventilu a řídicí jednotky, viz obr. 16. Každé kolo je vybaveno snímačem otáček, ten předává řídicí jednotce informace o rychlosti otáčení kola vozu. Jestliže řídicí jednotka vyhodnotí, že je některé z kol blokováno, dojde k okamžitému snížení tlaku v brzdovém systému. To se provádí pomocí elektromagnetického regulačního ventilu tak, že se krátkodobě sníží brzdný účinek na konkrétním kole, který je však ihned obnoven. Tuto regulaci může systém ABS učinit až 16krát za sekundu [17].



Obr. 16 základní části systému ABS [17]

Může se zdát, že nevýhodou ABS je prodlužování brzdné dráhy při krizovém brzdění zapříčiněné činností tohoto systému. Tento jev může nastat v případě suché vozovky, na vlhkém a zledovatělém povrchu má vozidlo s ABS kratší brzdovou dráhu. Hlavní výhodou tohoto systému ovšem zůstává, že je vozidlo při brzdění ovladatelné, tím se zvyšuje šance se překážce například vyhnout [17].

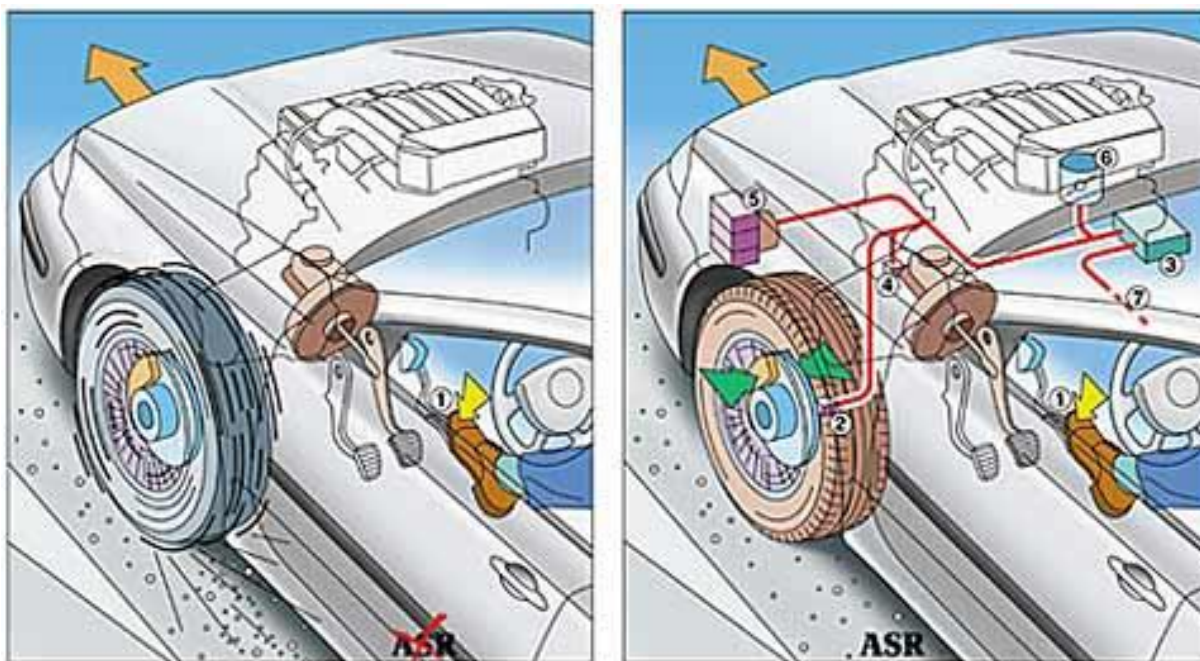
U systému EBS se ABS od konvenčního použití mírně liší převážně některými komponenty. Nahrazeny jsou například ventily ABS za modulátory tlaku a propracovanější elektroniku zařízení. Nicméně princip a podstata systému se nemění [3].

5.1.2 PROTIPROKLUZOVÝ SYSTÉM ASR

Systém regulace prokluzu kol známý jako ASR, z německého Antriebsschlupfregelung, zabraňuje protáčení kol hnané nápravy při akceleraci. V okamžiku protočení kol systém sníží točivý moment motoru na takovou hodnotu tak, aby je kola byla, za daných adhezních podmínek, schopna přenést na vozovku [19].

Pod názvem MaxTrac byl v roce 1971 představen automobilkou Buick první předchůdce tohoto systému. Jednalo se o velmi jednoduché zařízení umožňující úpravu výkonu motoru. Systém porovnával rychlost předního kola a výstupu na převodovce. V případě, že by došlo k rozdílu, zapalování motoru by na malou chvíli bylo vyřazeno z provozu a tím by se snížil výkon na zadních kolech. Systém ASR v dnešní podobě se objevil až v roce 1986 [19][20].

ASR pracuje spolu s elektronickým uzávěrem diferenciálu (zkráceně EDS) a řídicí jednotkou motoru. ASR na rozdíl od EDS může fungovat při jakékoliv rychlosti. Funkčnost systému EDS je omezena pouze do rychlosti 40 km/h. ASR tak zvyšuje stabilitu vozidla na kluzkém povrchu a při průjezdu zatáčkou působí proti nedotáčivosti vozu, zároveň také zabraňuje prokluzu kol při akceleraci. Systém funguje na principu porovnávání otáček kol na hnané nápravě s otáčkami na ostatních kolech. V okamžiku, kdy řídicí jednotka detekuje rozdíl, přibrzdí prokluzující kolo. Ve chvíli, kdy se vozidlo pohybuje ve vyšších rychlostech, je řídicí jednotkou snížen točivý moment motoru ubráním plynu [19].



Obr. 17 Chování kola automobilu s ASR a bez něj [19]

5.1.3 ELEKTRONICKÝ STABILIZAČNÍ SYSTÉM ESP

Electronic Stability Programme, zkráceně ESP, v překlade znamená elektronický stabilizační program. Tento systém napomáhá svými zásahy předcházet smyku, nebo jej zcela zvládnout vyrovnat. Jedná se o velmi důležitý systém a v dnešní době je povinně montován do nově vyrobených automobilů [21].

„Díky vybavení vozidla systémem ESP můžete zabránit 44 procentům nehod, které se staly nákladním automobilům bez účasti dalších účastníků provozu“ [22]

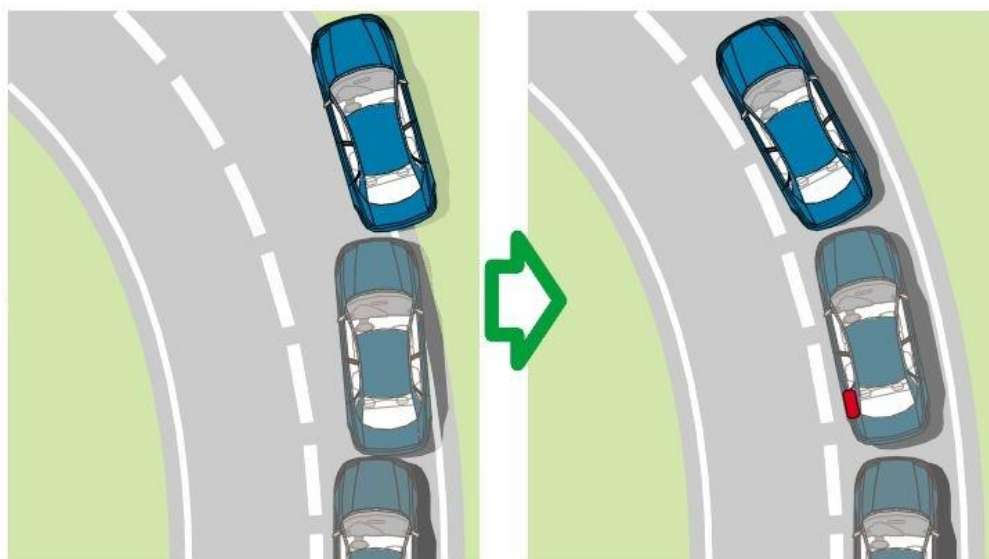
Vyvinutí elektronického stabilizačního programu znamenalo pro celosvětový automobilismus převratný pokrok podobně jako ABS. První vůz, vybaven tímto systémem, byl nový Mercedes-Benz třídy E, a to v roce 1995. Zpočátku byl tento systém velmi finančně nákladný. Ovšem funkčnost tohoto systému postupem času přinutila výrobce instalovat ESP i do cenově dostupnějších vozidel [23][26].

Je-li systémem zjištěno, že hrozí nestabilní stav vozidla, dochází k aktivaci ESP, to vůz stabilizuje zásahem do brzdného, motorového a u některých vozidel i do převodového systému. Ke správné funkčnosti ESP je zapotřebí řada dat. Ta jsou získávána ze snímačů natočení volantu, polohy plynového pedálu, podélného a příčného zrychlení, otáček všech kol, rotační rychlosti a tlaku brzdové kapaliny [21][23].



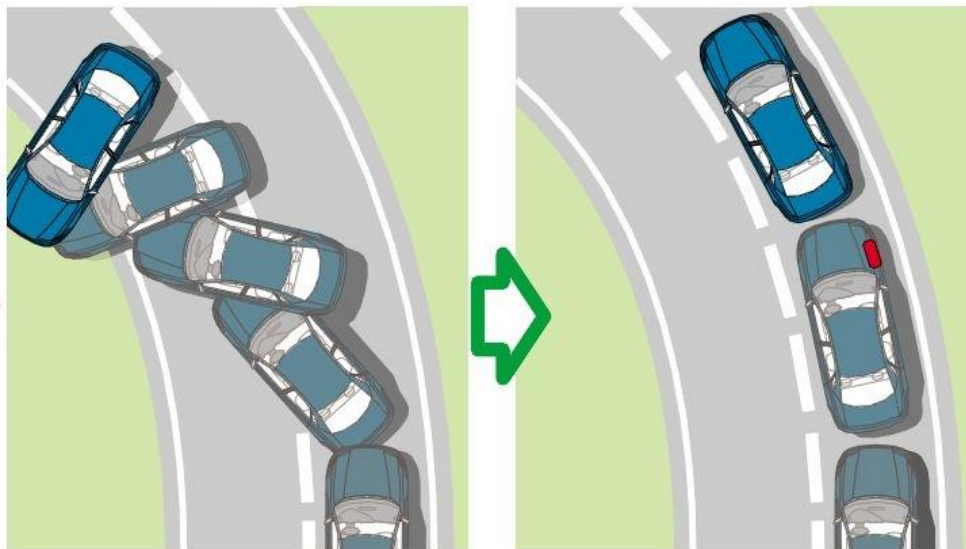
Obr. 18 Chování jízdní soupravy při zapnutém a vypnutém ESP [24]

Možných příčin, kdy musí elektronický stabilizační systém zasahovat, je několik. Může se například jednat o smyk nedotáčivý, přetáčivý, či jejich kombinaci. Nedotáčivost je způsobena nepřiměřenou nájezdovou rychlostí do zatáčky, v této chvíli se dostávají do smyku přední kola a vozidlo přestává být ovladatelným. Systém ESP nejprve v závislosti na situaci sníží tah motoru a následně cíleným brzdným zásahem na jedno či více kol vytvoří opačný stáčivý moment [23].



Obr. 19 Chování vozu při nedotáčivosti [23]

Přetáčivost je situace, kdy zadní část vozu začne předbíhat přední a vůz se stáčí do středu zatáčky. Systém ESP nejdříve přibrzdí přední kolo na vnější straně zatáčky, pokud ani to nepomůže, přidá řídicí jednotka krátkodobě plyn [23].

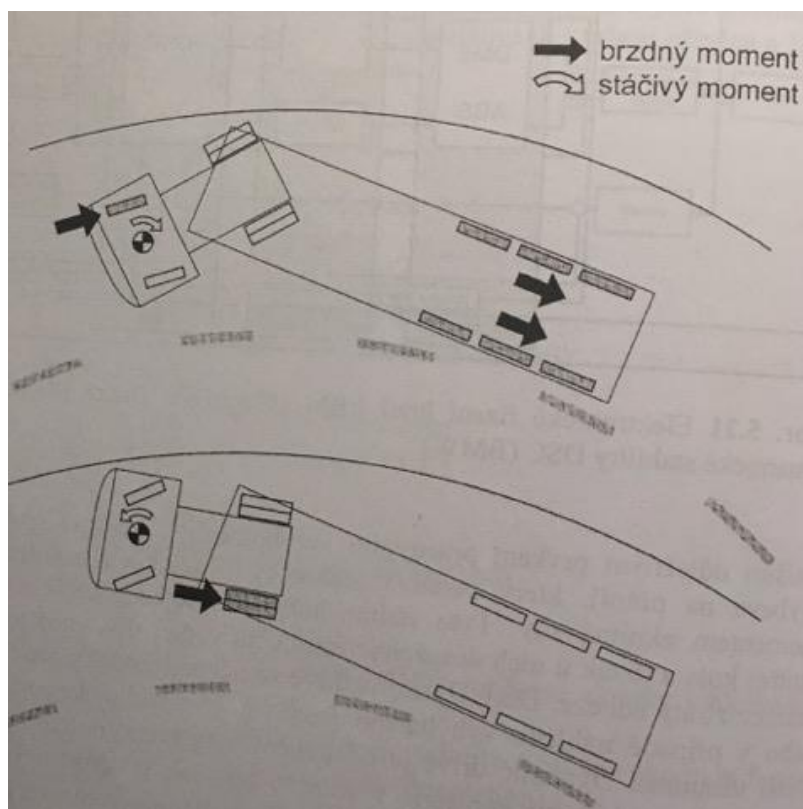


Obr. 20 Chování vozu při přetáčivosti [23]

Kombinace nedotáčivosti a přetáčivosti nejčastěji nastává při vyhýbacím manévru. ESP se nejdříve snaží zabránit nedotáčivosti, následně přetáčivosti a možnému převrácení vozu. To je v dnešní době testováno u tzv. losího testu. Vozidlo jede směrem k překážce vysokou rychlostí, prudce brzdí a následně rychle mění směr jízdy na jednu a pak na druhou stranu tak, aby se dokázalo překážce vyhnout. Díky tomuto testu se začalo ESP instalovat i do vozů nižších tříd [23][27].

Elektronickým stabilizačním systémem se vybavují nejen osobní automobily, ale i nákladní jízdní soupravy. V tomto případě je důležitá nejen stabilizace a udržení jízdní stopy, ale také zabránění tzv. lámání soupravy. To nejčastěji nastává při prudkém brzdění, vyhýbání se překážce, jízdě na kluzkém povrchu, nebo vysoké rychlosti v zatáčce. Za těchto podmínek může systém ESP podle aktuálního chování jízdní soupravy přibrzďovat potřebná kola jak motorového vozidla, tak vozidla přípojného [24][25].

V okamžiku nepatřičně rychlého průjezdu zatáčkou, nebo při úhybném manévru na povrchu s dobrou přilnavostí může mít vozidlo nebo jízdní souprava tendenci k převrácení. ESP díky informacím ze snímače bočního zrychlení pozná kritickou mez převrácení, na to řídicí jednotka reaguje zmenšením výkonu motoru, nebo přibrzděním kola. Jestliže nastane kritická situace, odlehčená vnitřní kola mají sklon ke zvedání se z vozovky a blokování. Systém v tomto případě aktivuje druhý stupeň ESP, ten spustí razantní brzdění celé soupravy a eliminuje možné převrácení. [3]



Obr. 21 Princip ESP u návěsové soupravy – zásah brzd, přetáčivé a nedotáčivé chování [16]

5.1.4 DALŠÍ STANDARDNÍ FUNKCE SYSTÉMU EBS

Základní systém EBS standardně montovaný do nákladních vozidel obsahuje několik dalších funkcí.

Můžeme například uvést automatickou uzávěrku diferenciálu hnací nápravy, která je aktivní při nízkých rychlostech.

Dále například systém řízení brzdícího momentu, asistence rozjezdu do kopce nebo asistence při nouzovém brzdění.

6 VÝVOJOVÉ TENDENCE V OBLASTI BRZDOVÝCH SOUSTAV

Stejně jako v ostatních oblastech vývoje, tak i v oblasti užitkových vozidel dochází k inovacím a snaze vylepšit stávající techniku. Největší důraz je kladen především na zvýšení bezpečnosti, zlepšení ovládání vozidla, snížení spotřeby, hmotnosti a možné zvýšení přepravní kapacity vozů s následným vyšším ziskem provozovatelů silniční nákladní dopravy. Nejdůležitější prvkem ovšem zůstává najít kompromis mezi bezpečností a přijatelnou cenou.

6.1 REKUPERACE BRZDNÉ ENERGIE

Rekuperační brzdy přetváří kinetickou energii vozidla na později využitelný zdroj energie. To přináší řadu výhod. Díky rekuperaci šetříme energii, tu můžeme později využít, tím snížit spotřebu paliva a zvýšit dojezd vozidla. Nevýhodou je přidaná hmotnost a vyšší cena.

Existuje několik způsobů rekuperace energie, tím nejpoužívanějším je elektromagnetická rekuperace brzdové energie.

Vozidla, která jsou vybavena rekuperačními brzdami, mají instalovány také klasické třecí brzdy, které fungují jako záložní systém pro případy, kdy rekuperační brzdění neposkytuje dostatečný výkon k zastavení vozu [28].

ELEKTROMAGNETICKÉ REKUPERAČNÍ BRZDY

Elektromagnetická rekuperační brzda má generátor spojený s hnacím hřídelem vozidla. Magnetické pole vytváří brzdový moment a současně dochází k výrobě elektrické energie. U hybridních a elektrických vozidel se elektřina přeměrovává do akumulátorů nebo kondenzátorů, odtud je později využívána k pohonu vozidla [28] [29].

Tento systém je v dnešní době využíván převážně u osobních elektromobilů například značky Tesla. V roce 2017 tato společnost odhalila prototyp tahače zvaný Tesla Semi s dojezdem až 800 km. Začátek produkce je plánován již na tento rok a s dodávkami na evropský trh se počítá v roce 2020. [30] Dle oficiálních zpráv by měl být provoz Tesla Semi zhruba o 20 % levnější než provoz konkurenčních výrobců diesellových nákladních automobilů [31].



Obr. 22 Porovnání velikosti Tesla Semi s modelem Tesla X [31]

Výrobu elektrických nákladních automobilů však plánují i tradiční automobilky. Společnost DAF Trucks N.V. připravuje tahač DAF CF Electric pro celkovou hmotnost soupravy až 37 tun. CF Electric vychází z typu DAF CF. Dojezd CF Electric činí přibližně 100 km, což postačuje pro rozvážku velkoobjemových nákladů ve městech [32].

Na přelomu roku 2018 a 2019 uvedla společnost DAF několik vozů do provozu [33]. Nicméně společnost DAF Trucks N.V. uvádí, že sériový prodej těchto vozidel bude zahájen, až na to bude trh připraven [32].



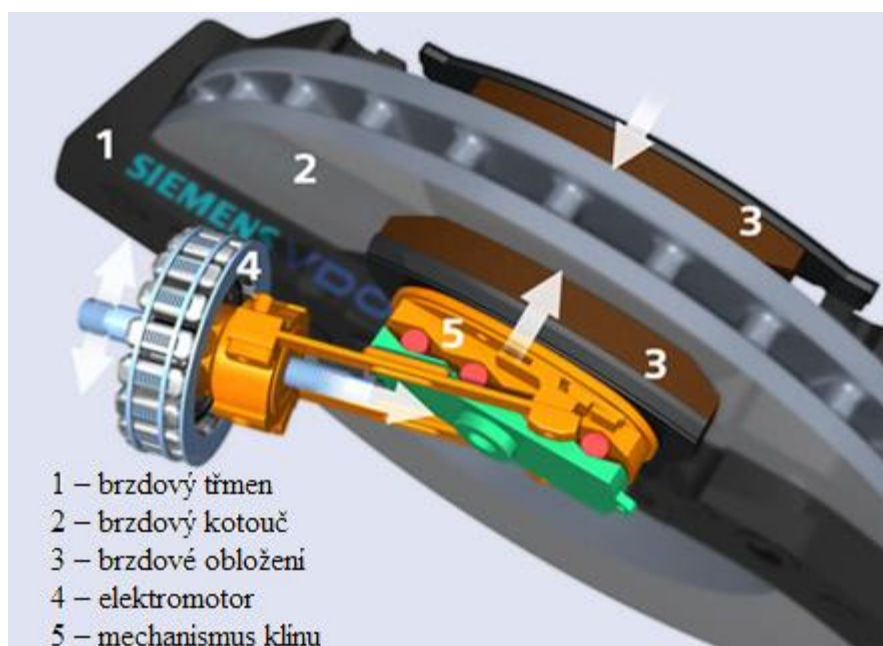
Obr. 23 DAF CF Electric [33]

6.2 OVLÁDÁNÍ BRZDOVÝCH SOUSTAV

Giovanni Canavotta, výkonný ředitel společnosti Brembopro, pro magazín Car and Drive uvedl, že „Elektrifikované brzdy budou v příštím desetiletí silným trendem. Systémy brake-by-wire nám a automobilkám skutečně dávají flexibilitu při jejich ladění. Roky jsme je používali ve formuli 1. V autech mohou být ušité na míru řidiči a vytvářet tak měkký nebo tvrdý odpor při brzdění, anebo kratší či delší pohyb pedálu, velmi podobně jako v případě změny jízdních režimů podvozku a řízení.“ [34]

Podle výše uvedeného textu se dá očekávat, že velká inovace nastane právě ve změně ovládání brzd. Postupem času by se mělo zcela upustit od klasických principů ovládání brzd. Brake-by-wire neboli brzdění po drátě je technologie, která mění způsob ovládání brzd. Princip spočívá v nahrazení klasické brzdové soustavy soustavou zcela elektronickou. [35]

Na obr. 24 je elektronická klínová brzda EWD vyvinutá společností Siemens, která představila první funkční vzorky již v roce 2005. Vozidlo vybavené EWB mělo díky menší reakční době a větší účinnosti kratší brzdovou dráhu. Další výhodou je také snížení hmotnosti, jelikož ze systému zmizí hydraulická část. Redukce hmotnosti se projeví především v oblasti kol, zde brzda patří mezi tzv. neodpruženou hmotu, což by mělo příznivě ovlivnit jízdní komfort a ovladatelnost vozu. [36]



Obr. 24 Elektrická klínová brzda EWB [36]

Ovládání klínových prvků funguje pouze pomocí rychlých krokových elektromotorů. Sešlápnutí brzdového pedálu aktivuje elektromotory, které tlačí brzdovou destičku s brzdovým obložением mezi třmen a kotouč. Díky třecí síle mezi kotoučem a brzdovou destičkou je brzdová destička ještě více tlačena na kotouč, proto EWB potřebuje méně energie než současné hydraulické systémy. [36]

ZÁVĚR

S velkou pravděpodobností se každý člověk během svého života setká s lehčí nebo vážnější dopravní nehodou, ať už přímo jako účastník nebo jen jako přihlížející. V řadě případů se dá nehodám předcházet. Právě proto se výrobci automobilů snaží vyvíjet stále dokonalejší prvky aktivní či pasivní bezpečnosti. Aktivními prvky bezpečnosti jsou právě brzdové a stabilizační systémy, ty se svou funkcí snaží předcházet dopravním nehodám. Jejich další vývoj je vzhledem k rozšíření dopravních prostředků prakticky nezastavitelný.

Cílem této bakalářské práce bylo vytvořit ucelený přehled brzdových systémů nákladních vozidel a popis jednotlivých konstrukčních řešení. I přesto, že jsou brzdy používány již řadu let, jejich vývoj zdaleka není u konce.

První část bakalářské práce obsahuje stručnou historii brzd. Je důležité si uvědomit, že brzdy provází lidskou populaci již řadu let. V dalších kapitolách práce je popsána samotná problematika brzdových systémů.

Vzhledem k tomu, že pojmem brzdy označujeme prakticky veškerá brzdná zařízení, je druhá kapitola zaměřena na praktické rozdělení jednotlivých soustav, a to jak podle jejich účelu, tak podle přenosu zdroje energie.

Těžká nákladní vozidla a jízdní soupravy v dnešní době využívají vzduchotlakou brzdovou soustavu. V práci je popsán princip fungování dvouokruhové vzduchotlaké brzdové soustavy, která nahradila jednookruhovou. Podrobný popis jednotlivých prvků této soustavy je popsán ve třetí kapitole. Vzduchotlaké brzdy jsou brzdami provozními, nákladní automobily však využívají také odlehčovací brzdové soustavy. Jejich nespornou výhodou je nesnižující se brzdny účinek při dlouhodobém brzdění.

Práce se dále zabývá elektronickou brzdovou soustavou, principem její funkčnosti a rozdíly mezi klasickou vzduchotlakou brzdovou soustavou a elektronickou brzdovou soustavou. Dále byly shrnuty informace o bezpečnostních asistenčních systémech, které se vyskytují u dnešních nákladních automobilů.

Aktuální vývojový trend naznačuje, že se postupem času zcela upustí od klasického mechanického ovládání a začne se používat čistě elektronické ovládání brzdových soustav, což by také mělo zjednodušit propojení s aktivními prvky bezpečnosti jako je ABS nebo ESP. Nicméně takové změny můžeme očekávat až v nadcházejícím desetiletí.

Vývoj dnešních automobilů stojí na pomyslné hranici mezi motory s vnitřním spalováním a elektromotory. Přísné emisní normy nám do budoucna přinesou velkou řadu nových automobilů, jejichž pohon bude právě elektrický. Proto bude velmi důležité správně hospodařit s energií v automobilech. To se v dnešní době ne vždy daří, kinetická energie je pomocí brzd přetvářena na teplo a nevyužívána. V blízké době by se právě tento fakt měl změnit, výrobci nákladních automobilů plánují na trh zařadit řadu nových nákladních automobilů poháněných primárně elektromotory. Díky tomu bude možná instalace efektivních rekuperačních brzd, které mohou nahradit odlehčovací brzdny systémy.

Během psaní této práce jsem získal ucelený přehled o tom, co se děje v okamžiku, kdy je sešlápnut brzdový pedál, a proč řidič autobusu při brzdění z kopce neustále manipuluje páčkou pod volantem.

Věřím, že tato práce splní požadavky zadavatele a v budoucnu ji budou moci využít studenti Fakulty strojního inženýrství v Brně jako učební materiál nebo jako rešeršní základ diplomové práce.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] MIHÁLIK, Miro. Vývoj automobilových brzd: Od dřevěného špalku po hi-tech kotouče. *Autorevue.cz* [online]. [cit. 2019-04-20]. Dostupné z: <https://www.autorevue.cz/vyvoj-automobilovych-brzd-od-dreveneho-spalku-po-hi-tech-kotouce>
- [2] Naše historie. *Dunlop.eu* [online]. [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: https://www.dunlop.eu/dunlop_czcs/about-us/our-history/motorsport/
- [3] JAN, Zdeněk, Bronislav ŽDÁNSKÝ a Jiří ČUPERA. *Automobily*. 1, Podvozky. 2. vyd. Brno: Avid, 2009, 245 s. ISBN 978-80-87143-11-7.
- [4] SCHRÖTER, Zdeněk. Otázka č. 28. *Schroter.cz* [online]. [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <http://www.schroter.cz/ouvskc2/ouv-c-ot28sajv-koncept.htm>
- [5] GSCHEIDLE R., a kol.: *Příručka pro automechanika*, 3. přepracované vydání Praha: Nakladatelství Sobotáles 2007. 688s. ISBN 978-80-86706-17-7
- [6] VLK, František. *Podvozky motorových vozidel*. Vyd. 3. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., 2006. vii, 464 s. ISBN 80-239-6464-X
- [7] SCHRÖTER, Zdeněk. Otázka č. 30. *Schroter.cz* [online]. [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <http://www.schroter.cz/ouvskc2/ouv-c-ot30trop.htm>
- [8] FAUS, Pavel a Miroslav OLŠAN. *Autoškola - C, D, E, T: učebnice pro řidiče nákladních vozidel, autobusů a traktorů*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2007, 166 s. ISBN 978-80-251-1715-6.
- [9] VLK, František. *Automobilová technická příručka*. Brno: František Vlk, 2003. ISBN 80-238-9681-4.
- [10] Francher, P., J. O'Day, H. Bunch, M. Sayers and C. Winkler *Retarders for Heavy Vehicles: Evaluation of Performance Characteristics and In-service Costs – Vol. 1. Report number UM-HSRI-81-8-1*. Michigan: Highway Safety Research Institute, 1981. Dostupné z: <https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/393/45708.0001.001.pdf?sequence=2>
- [11] *Engine Compression Retarders* [online]. [cit. 2019-05-19]. Dostupné z: <http://www.gonefcon.com/trucktcom/retarder.htm#engcomp>
- [12] SCHRÖTER, Zdeněk. Otázka č. 29. *Schroter.cz* [online]. [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <http://www.schroter.cz/ouvskc2/ouv-c-ot29osrt-koncept.htm>
- [13] *Sliding Gate Exhaust Brake Valve* [online]. [cit. 2019-05-19]. Dostupné z: http://www.gonefcon.com/trucktcom/gate_retrdr.gif
- [14] *Telma: Technical specifications* [online]. [cit. 2019-05-19]. Dostupné z: <http://www.heartmagic.com/telma.pdf>

- [15] Voith Retarder Animation - Function Retarder VR123+ and VR119 [online]. 2012 [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=bXai8z99IUg>
- [16] VLK, František. Automobilová elektronika: systémy řízení podvozku a komfortní systémy. díl 2. Brno: Prof.Ing.František Vlk,DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2006, 308 s. ISBN 80-239-7062-3.
- [17] SAIDL, Jan. ABS (Anti-lock Braking System). *Autolexicon.net* [online]. [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/abs-anti-lock-braking-system/>
- [18] What is Anti Lock Braking System. *Nepalautotrader.com* [online]. [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: <https://www.nepalautotrader.com/index.php/blog/what-is-anti-lock-braking-system-abs>
- [19] SAIDL, Jan. ASR (Antriebsschlupfregelung). *Autolexicon.net* [online]. [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/asr-antriebsschlupfregelung/>
- [20] Max Trac [online]. *Buick Riviera*, 2013 [cit. 2019-05-11]. Dostupné z: www.buick-riviera.com/maxtrac.html
- [21] ESP. *Novinky.cz* [online]. [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: <https://tema.novinky.cz/esp->
- [22] Elektronický stabilizační program (ESP). *Truck.man.eu* [online]. [cit. 2019-05-13]. Dostupné z: <https://www.truck.man.eu/cz/cz/svet-man/technologie-und-odbornost/bezpecnostni-a-asistencni-systemy/elektronicky-stabilizacni-program/Elektronicky-stabilizacni-program.html>
- [23] SAIDL, Jan. ESP (Electronic Stability Programme). *Autolexicon.net* [online]. [cit. 2019-05-13]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/esp-electronic-stability-programme/>
- [24] SEMRÁD, Ivo. Představujeme: ESP od Volvo Trucks pro soupravy - Bezpečná jízda. *Auto.cz* [online]. [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/predstavujeme-esp-od-volvo-trucks-pro-soupravy-bezpecna-jizda-3355>
- [25] Podpůrné systémy. *Volvotrucks.cz* [online]. [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://www.volvotrucks.cz/cs-cz/trucks/volvo-fm/features/driver-support-systems.html>
- [26] BEDNÁŘ, Marek. Neznámá historie: právě tady se zrodilo ESP, v hlavě jednoho chytrého Němce. *Autoforum.cz* [online]. [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://www.autoforum.cz/fascinace/neznama-historie-prave-tady-se-zrodilo-esp-v-hlave-jednoho-chytreho-nemce/>
- [27] SAIDL, Jan. Losí test. *Autolexicon.net* [online]. [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/losi-test/>
- [28] Regenerative braking. *Energyeducation.ca* [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: https://energyeducation.ca/encyclopedia/Regenerative_braking

- [29] Jaký je rozdíl mezi třecími a regenerativními brzdami u aut. *E-konstrukter.cz*/ [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://e-konstrukter.cz/novinka/jaky-je-rozdil-mezi-trecimi-a-regenerativnimi-brzdami-u-aut>
- [30] Tesla Semi. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Tesla_Semi
- [31] BAŠTA, Lukáš. Kamion od Tesly je překvapivě levný. Možná až moc!. *Obnovitelne.cz* [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://www.obnovitelne.cz/cz/clanek/222/kamion-od-tesly-je-prekvapive-levny-mozna-az-moc/>
- [32] PAVLŮSEK, Ondřej. DAF spojuje budoucnost nákladních vozidel s elektrinou. *Auto.cz* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/daf-spojuje-budoucnost-nakladnich-vozidel-s-elekrinou-124876>
- [33] DAF CF ELECTRIC PRO TINIE MANDERS TRANSPORT Z GELDROPU. *Daftrucks.cz* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <http://www.daftrucks.cz/cs-cz/news-and-media/news-archive/articles/global/2019/q1/04-02-2019-daf-cf-electric-for-tinie-manders-transport>
- [34] SRP, Pavel. Nejen řízení, ale i brzdy už budou “po drátech”. *Auto-mania.cz* [online]. [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <https://auto-mania.cz/nejen-rizeni-ale-i-brzy-uz-budou-po-dratech/>
- [35] RYBIANSKÝ, Marián. Elektronické brzdy a riadenie. *Rybiansky.szm.com* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <http://rybiansky.szm.com/eln.pdf>
- [36] SAIDL, Jan. EWB (Electronic Wedge Brake). *Autolexicon.net* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/ewb-electronic-wedge-brake/>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ABS	Anti-lock Braking System
ASR	Anti-Slip Regulation
CAN	Controller Area Network
EBS	Electronic Brake System
EDS	Electronic Diferencial System
ESP	Electronic Stabilitx Program
EWD	Electronic wedge Brake