

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Systemy odlehčovacích brzdových soustav

bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Martin Pexa, Ph.D.

Autor práce: Martin Janků, DiS.

Praha 2018

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Martin Janků, DiS.

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

SYSTÉMY ODLEHČOVACÍCH BRZDOVÝCH SOUSTAV

Název anglicky

FRAME OF RETARDING BRAKING SYSTEM

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je popsat konstrukci a použití odlehčovacích brzd. Práce bude obsahovat ekonomický rozbor použití odlehčovacích brzd.

Metodika

1. Úvod
2. Cíl a metodika práce
3. Předpisy a vyhlášky
4. Konstrukce odlehčovacích brzd
5. Ekonomický přínos.
6. Závěr

Doporučený rozsah práce

30-40

Klíčová slova

automobil, brzdy, bezpečnost, přínos

Doporučené zdroje informací

GSCHEIDLE, R. *Příručka pro automechanika*. Praha: Sobotáles, 2002. ISBN 80-85920-83-2.

HALDERMAN, J D. – MITCHELL, C D. *Automotive brake systems*. Upper Saddle River, New Jersey: b Pearson/Prentice Hall, 2004. ISBN 978-0131142077.

Normy, periodika a firemní literatura

VLK, F. *Podvozky motorových vozidel*. Brno: František Vlk, 2003. ISBN 80-239-0026-9.

VLK, F. *Zkoušení a diagnostika motorových vozidel : výkon vozidla, brzdě vlastnosti, převodová ústrojí, řízení, geometrie kol, tlumiče a pružiny, říditelnost a ovladatelnost, životnostní zkoušky, motor, zapalování, elektronické systémy*. Brno: Vlk, 2001. ISBN 80-238-6573-0.

Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – TF

Vedoucí práce

doc. Ing. Martin Pexa, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra jakosti a spolehlivosti strojů

Elektronicky schváleno dne 2. 1. 2017

doc. Ing. Martin Pexa, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 23. 1. 2017

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 26. 03. 2018

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Systémy odlehčovacích brzdových soustav vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Jsem si vědom, že moje bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí. Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

dne

podpis studenta

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce panu doc. Ing. Martinu Pexovi, Ph.D., za odborné vedení při zpracování této bakalářské práce.

Abstrakt: Obsahem této bakalářské práce je souhrn systémů odlehčovacích brzd u nákladních vozidel. V první části je v úvodu zmíněna statistika dopravních nehod na území České republiky i s odůvodněním příčin nehodovosti a jsou vysvětleny nároky, které působí na provozní brzdy v průběhu brzdění. Druhá část obsahuje výtah z předpisu Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů pro odlehčovací brzdy. Ve třetí části jsou zpracovány jednotlivé systémy odlehčovacích brzd podle způsobu, jak transformují kinetickou energii na brzdnou. Ve čtvrté části je prokázán ekonomický přínos při použití odlehčovacích brzd. Závěr shrnuje všechny poznatky, které byly zjištěny při vypracování této práce.

Klíčová slova: odlehčovací brzda; retardér; bezpečnost; ekonomický přínos

Frame of retarding braking system

Summary: The content of my Bachelor thesis is a collection systems of retarders on trucks. In first part is mentioned statistics of traffic accidents in the Czech Republic with causes of accidents. Second part consists explanation of demands which exert on brake during braking and summary from Regulation of the Economic Commission for Europe of the United Nations for retarders. In the third part are processed individual braking systems according to how they transform the kinetic energy into braking energy. The fourth part is a proven economic benefits of the use of retarders. The conclusion summarizes all the findings that have been identified in this work.

Key words: retarders; safety; economic benefit

Obsah

1) Úvod.....	1
2) Cíl a metodika práce.....	3
3) Legislativní požadavky na použití, konstrukci a účinnost odlehčovacích brzd.....	4
3.1) Teorie procesu brzdění.....	4
3.2) Legislativní požadavky.....	6
4) Konstrukce, provedení a řízení odlehčovacích brzd.....	10
4.1) Hydrodynamická odlehčovací brzda.....	10
4.2) Elektromagnetická odlehčovací brzda.....	21
4.3) Motorová odlehčovací brzda.....	30
4.4) Výfuková odlehčovací brzda.....	35
5) Ekonomický přínos při využití retardéru.....	37
6) Závěr.....	42
7) Seznam použité literatury a zdrojů informací.....	43
8) Seznam obrázků.....	44
9) Seznam tabulek.....	46

1) Úvod

Brzdová soustava je jeden z nejdůležitějších prvků, který se používá jak v osobních, tak v nákladních vozech. Slouží ke snížení rychlosti, zastavení vozu nebo k jeho zajištění proti samovolnému pohybu. Princip brzd je založen na třecím odporu mezi pevnou a rotační částí brzdového systému. Při tření vzniká přebytečné teplo, které je potřeba odvádět do okolního prostředí, aby se zabránilo poškození brzd. Dnešní zvyšování výkonu motorů, hmotností převážených nákladů a průměrných rychlostí, a naopak snižování jízdních odporů (tření v ložiscích, součinitel odporu vzduchu, valivý odpor pneumatik atd.) má za následek, že se zvyšuje kinetická energie a brzdový systém je více zatěžován. Jak zabránit přetížení brzdového systému řeší výrobci vozidel použitím odlehčovacích brzd, které pomáhají snižovat rychlost zejména při sjíždění dlouhých kopců.

Podle statistik za rok 2016 (v době, kdy byla tato bakalářská práce vypracována, nevydala policie ČR aktuálnější přehled o nehodovosti), způsobila nákladní vozidla 11177 dopravních nehod, při kterých zahynulo 80 osob (*tab. 1*). [1]

Tab. 1 Přehled nehod podle druhu vozidla za rok 2016 [1]

Druh vozidla	Usmrceno	Počet nehod
osobní vozidlo bez přívěsu	364	51681
nákladní vozidlo	80	11177
Motocykl	29	1609
jízdní kolo	23	2476
nezjištěno, řidič ujel	10	16127

Největší zavinění má na svědomí řidič vozidla tím, že se nevěnoval plně řízení vozidla (*tab. 2*). [1]

Tab. 2 Přehled 10 nejtragičtějších příčin nehod, kde došlo k úmrtí 2016 [1]

Pořadí	Nejtragičtější příčiny nehody zaviněných řidiči nákladních vozidel	Usmrceno osob
1	řidič se plně nevěnoval řízení vozidla	19
2	vjetí do protisměru	13
3	nepřízpůsobení rychlosti vlastnostem vozidla a nákladu	8
4	nepřízpůsobení rychlosti dopravně technickému stavu vozovky	6
5	nezvládnutí řízení vozidla	5
6	nesprávné otáčení nebo couvání	4
7	jiný druh nesprávné jízdy	4
8	nepřízpůsobení rychlosti stavu vozovky	3
9	nedání přednosti upravené dopravní značkou DEJ PŘEDNOST V JÍZDĚ!	3
10	nedání přednosti chodci na vyznačeném přechodu	3

Největším problémem dnešního provozu, jak již bylo zmíněno, je řidič sám. Ve výše uvedených statistikách nenese vinu na životech technický stav vozidla, ale nejvíce nepozornost řidiče. Dalo by se namítat, že nepřizpůsobení rychlosti at' stavu vozovky, vlastnostem vozu anebo nezvládnutí řízení vozidla, jak je uvedeno v tabulce 2 v bodech 3, 4, 5 a 8 může být způsobeno technickým stavem vozidla, a ne chybou řidiče. Tuto domněnku však vyvrací statistika policie ČR, kde je uvedeno, že technický stav vozidla způsobil 427 dopravních nehod, ale bez obětí na životech. V těchto 427 dopravních nehodách je závada provozních brzd zastoupena počtem 25, což je přibližně 6 %. Dá se předpokládat, že takto nízké číslo je hlavně způsobeno používáním odlehčovacích brzd a snížením nároků na provozní brzdy. [1]

2) Cíl a metodika práce

Cílem bakalářské práce bylo shromáždit informace týkající se odlehčovacích brzd, popsat jednotlivé druhy brzd, jejich součásti a princip jejich činnosti. vytvořit stručný výtah z legislativy pro použití odlehčovacích brzd. Posledním cílem bylo prokázat ekonomickou úsporu při jejich používání. K vypracování této práce byly použity informace z odborných publikací, ale i materiály společností, které se zabývají výrobou a distribucí odlehčovacích brzd. Byla použita literatura a publikace jak z tuzemská, tak i ze zahraniční. V části, kde je popsán ekonomický přínos odlehčovacích brzd, byly využity informace, které prezentují výrobci a prodejci odlehčovacích brzd. Autor této práce využil ke zpracování vlastní analýzy ekonomického přínosu informace, které si vyžádal přímo od přepravce, jenž se zabývá tuzemskou i mezinárodní přepravou a pro její vyhodnocení použil informace a postup z normy Society of Automotive Engineers.

3) Legislativní požadavky na použití, konstrukci a účinnost odlehčovacích brzd

3.1) Teorie procesu brzdění

Odlehčovací brzdy jsou předmětem této práce, ale je důležité pochopit funkci a nároky, jaké jsou kladeny na provozní brzdy těžkých vozidel, rozsah a charakteristiky brzdných technologií. Před popisem odlehčovacích brzdných systémů se bude diskutovat o funkci provozních brzd.

Brzdové systémy vozidel fungují tak, že přeměňují kinetickou energii pohybujícího se vozidla na jiné formy energie, nejčastěji na teplo. Prostřednictvím této transformace energie se vozidlo zpomaluje, nebo úplně zastaví, ve zjednodušeném scénáři, kdy je energie vytvořená vozidlem naprosto kinetická. Tento druh energie je vyjádřen v rovnici číslo 1.

$$E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad (1)$$

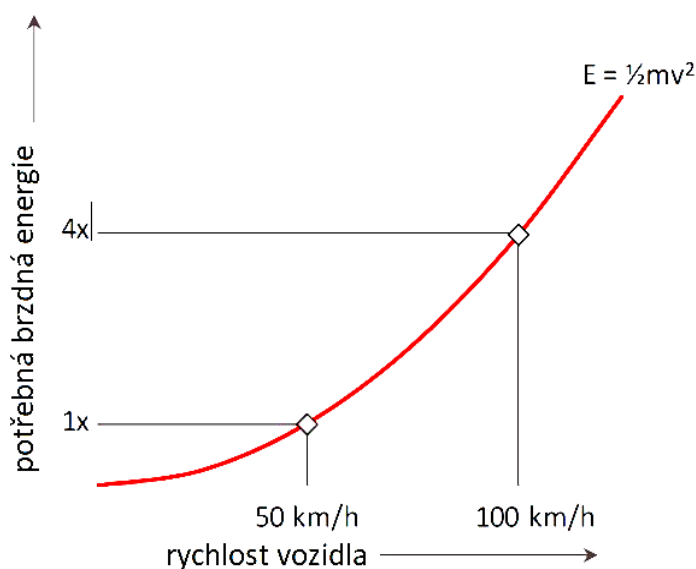
kde:

E = kinetická energie (J)

m = hmotnost tělesa (kg)

v = rychlost tělesa (m/s)

Zatímco zvyšující se hmotnost vozidla vytváří lineární nárůst požadovaného brzdného výkonu, energie vozidla je nejvíce závislá na jeho rychlosti, protože energie se zvyšuje exponenciálně (*obr. 1*). Při posuzování dvou identických vozidel to znamená, že vozidlo s dvojnásobnou rychlostí bude potřebovat čtyřnásobek brzdné dráhy, aby se zastavilo, za předpokladu stejného brzdného výkonu. Je-li brzdná dráha stejná, je nutný čtyřnásobek brzdného výkonu k zastavení vozidla. [2]



Obr. 1 Vztah mezi rychlostí vozidla a energií potřebnou k zastavení [2]

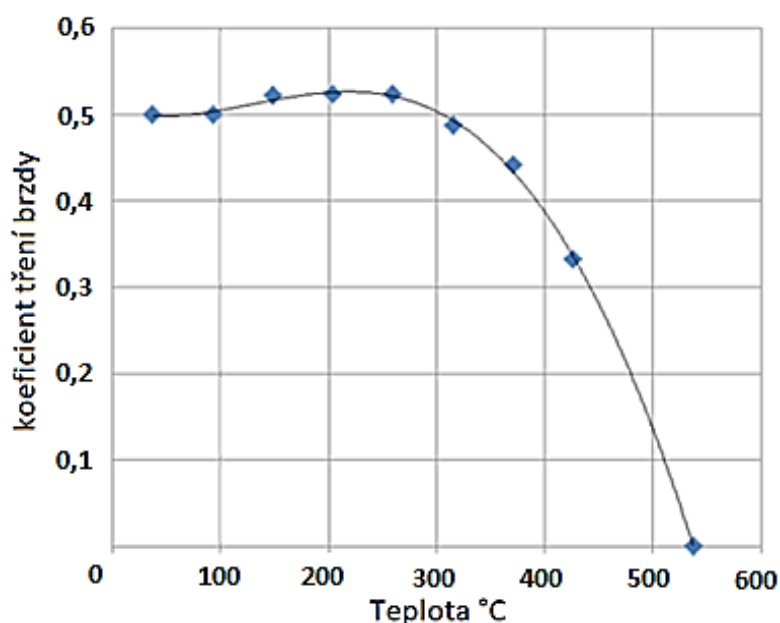
Základní komponenty brzdy a jejich funkce

Užitková vozidla jsou běžně vybavena vzduchovými brzdami, ve kterých se používá stlačený vzduch k působení brzdící síly na každé kolo. Vzduchová brzda na užitkovém vozidle se skládá z napájecího systému a řídicího systému. Napájecí systém zahrnuje kompresor a zásobník vzduchu, který dodává stlačený vzduch do řídicího systému. Řídicí systém moduluje dodávku tlaku vzduchu z napájecího zdroje, což dále řídí použití brzd. Aktivační signál je zajištěn brzdovým pedálem nebo ručním ovládním parkovací brzdy.

Při jízdě z kopce dochází k přehřátí brzd v závislosti na hmotnosti vozu, stupni jízdy, rychlosti vozidla a době jízdy (nebo jízdě dráze). Přehřátí způsobuje snížení účinnosti brzd, což se nazývá jako vadnutí brzd. [2]

Vadnutí brzd

Používání provozních brzd v dlouhých a strmých kopcích na užitkových vozidlech může vést k jejich přehřátí. Jedná se o stav, kdy provozní brzdy ztrácejí svou účinnost, mohou zcela selhat a hrozí možnost havárie. Vadnutí brzd nastává, když provozní brzda během krátké doby vytváří více tepla, než je schopna odvést. Tepelná roztažnost může způsobit, že se průměr bubnu zvětší a zvětší se i vzdálenost potřebná pro kontakt s obložením a tím se snižuje množství brzdící síly. [2]



Obr. 2 Vliv teploty obložení na koeficientu tření [2]

Dalším účinkem přebytečného tepla je, že materiál bubnu je tak horký, že už nemůže absorbovat žádné další teplo. To vede ke ztrátě tření mezi bubnem a brzdovým obložením (obr. 2), čímž se výrazně snižuje brzdící síla. Vzhledem k tomu, že na všech kolech nemusí dojít ke ztrátě brzd ve stejnou dobu, některá kola mohou mít sníženou brzdící sílu,

zatímco jiná mohou stále brzdit. To může vést ke ztrátě kontroly řízení vozu během brzdění. Snížení vadnutí brzd lze docílit pomocí nižších hodnot brzděné energie, jako nižší hmotnost nebo rychlost vozidla, anebo zlepšení chlazení brzdového obložení. Nicméně zlepšit chlazení u provozních brzd bez zvýšení nákladů je obtížné. [2]

Opotřebení obložení provozní brzdy je téměř úměrné energii brzdění a rychle se zvyšuje s narůstající teplotou. Zastavení, zpomalení anebo udržování rychlosti těžkého vozidla o hmotnosti např. 40 tun při sjezdu z kopce pomocí provozních brzd, způsobí velké opotřebení brzdových destiček. Obložení je třeba často měnit a hrozí selhání brzd.

Proto používání odlehčovacích brzd s sebou nese tyto výhody:

- kontrola rychlosti při jízdě z kopce, přičemž provozní brzdy mohou zůstat v klidu a jsou připraveny pro bezpečné zastavení v případě nouze,
- snížením tepelného zatížení brzd se snižuje opotřebení obložení a zvyšuje se interval oprav, výměn, a i odstavení vozu z provozu,
- prodloužení životnosti pláště pneumatiky,
- usnadní se řízení vozidla a sníží se únava řidiče z opakovaného používání provozních brzd,
- zvýší se produktivita vozidel a zvýší se dojezd kvůli snížené době jízdy tím, že se udržuje vyšší rychlost při sjezdu delšího klesání,
- ušetří se celkové náklady na provoz vozidla, úspora nákladů z prodloužené životnosti brzd, snížení dlouhodobých nákladů na údržbu, zkrácení doby jízdy, náklady na odstranění nehod a náhrad v případě zranění, které několika násobně překračují náklady na odlehčovací brzdy. [3]

3.2) Legislativní požadavky

Odlehčovací brzdy jsou bezpečnostní prvek, a tudíž podléhají legislativním požadavkům na použití, konstrukci a účinnost. Tyto požadavky jsou uvedeny v předpisu Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů č. 13 v oddílu: Jednotná ustanovení pro schvalování vozidel kategorií M, N a O z hlediska brzdění. [4]

V předpisu je definována odlehčovací brzda jako doplňkové brzdové zařízení, které má schopnost vyvodit a udržovat brzdny účinek po dlouhou dobu bez podstatnějšího zmenšení tohoto účinku. Termínem odlehčovací brzda je zahrnut úplný systém včetně ovládacího

zařízení. Předpis rozděluje ovládání odlehčovací brzdy do tří kategorií podle závislosti na ovládání provozní brzdy:

- Nezávislý odlehčovací brzdový systém je odlehčovací brzda, která má ovládací zařízení oddělené od ovládacího zařízení provozní brzdy.
- Integrovaný odlehčovací brzdový systém je odlehčovací brzda, která má ovládací zařízení integrované s ovládacím zařízením pro systém provozního brzdění, a to tak, že jak odlehčovací brzda, tak systémy provozního brzdění se uvádějí do činnosti současně anebo s vhodným časovým odstupňováním při působení na kombinované ovládací zařízení.
- Kombinovaný odlehčovací brzdový systém je integrovaná odlehčovací brzda, která má navíc zařízení ke svému vyřazení z činnosti a toto zařízení umožňuje ovládat kombinovaným ovládacím zařízením samotný systém pro provozní brzdění. [4]

Signalizace brzdění prostřednictvím rozsvícení brzdových světel je další požadavek na vozidla, která používají elektronické signály k počátečnímu ovládání brzdění. Platí následující požadavky.

Prahové hodnoty zpomalení:

- $\leq 1 \text{ m/s}^2$ - může generovat signál,
- $> 1 \text{ m/s}^2$ - musí generovat signál.

U vozidel vybavených brzdovým systémem s vlastnostmi jinými než u vozidel, která používají elektronické signály k počátečnímu ovládání brzdění, může systém odlehčovacího brzdění, pokud je v činnosti, generovat signál bez ohledu na dosahované zpomalení.

Zkoušení vozidel s odlehčovací brzdou je předpisem definováno a dělí se na dva typy a tj. zkouška typu II a zkouška typu IIA. [4]

Průběh zkoušky typu II

Naložená vozidla se musí zkoušet tak, aby se pohlcovala tatáž energie, jaká vzniká za stejnou dobu u vozidla jedoucího střední rychlostí 30 km/h na klesání 6 % na dráze 6 km dlouhé, přičemž je zařazen vhodný převodový stupeň a je použit systém odlehčovacího brzdění, pokud je jím vozidlo vybaveno. Zařazený převodový stupeň se musí zvolit tak, aby otáčky motoru (v ot./min.) nepřekročily nejvyšší hodnotu předepsanou výrobcem. [4]

Průběh zkoušky typu IIA

Naložená vozidla se zkoušejí tak, aby se pohlcovala tatáž energie, jako vzniká za stejnou dobu u naloženého vozidla jedoucího střední rychlostí 30 km/h na 7 % klesání na dráze 6 km dlouhé. Během zkoušky se nesmějí použít systémy provozního, nouzového a parkovacího brzdění. Zařazený převodový stupeň se musí zvolit tak, aby otáčky motoru (v ot./min.) nepřekročily nejvyšší hodnotu předepsanou výrobcem. Může se použít integrovaný systém odlehčovacího brzdění, pokud je náležitě sfázován tak, že systém provozního brzdění nevstoupí do činnosti. To se může ověřit kontrolou, že tyto brzdy zůstávají studené, a to je definováno jako: „brzda se považuje za studenou, jestliže teplota měřená na kotouči nebo na vnějšku bubnu je nižší než 100 °C“. Účinek systému odlehčovacího brzdění se zkouší při maximální hmotnosti vozidla nebo jízdní soupravy. [4]

Zkouška typu IIA se musí provést s vozidly následujících kategorií:

- vozidla kategorie M3 náležející do tříd II, III nebo B podle definice v úplném usnesení o konstrukci vozidel,
- vozidla kategorie N3 určená k tažení přípojného vozidla kategorie O4. [4]

Případy, ve kterých není nutné provádět zkoušky typu II nebo typu IIA

Dotčené vozidlo je vybaveno systémem odlehčovacího brzdění jiným než motorovou brzdou, identickým se systémem odlehčovacího brzdění, který již byl zkoušen zkouškou typu II nebo typu IIA. Při uvedených zkouškách se musí ověřit, že otáčky rotujících částí systému odlehčovacího brzdění, pokud vozidlo předané ke schválení jede rychlostí 30 km/h, jsou takové, při nichž se brzdňý moment odlehčovací brzdy rovná nejméně momentu odpovídajícímu zkoušce typu II nebo typu IIA. [4]

Doplňková ustanovení pro určitá vozidla, jak je specifikováno v Evropské dohodě o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí

Motorová vozidla s maximální hmotností přesahující 16 tun nebo vozidla, která smějí táhnout přípojné vozidlo kategorie O4, musí být vybavena systémem odlehčovacího brzdění a tento systém musí splňovat následující požadavky:

- v případě elektrické poruchy protiblokovacího zařízení se musí automaticky vypnout integrovaný nebo kombinovaný systém odlehčovacího brzdění,
- protiblokovací zařízení musí kontrolovat účinek systému odlehčovacího brzdění tak, aby nápravu (nápravy) brzděnou (brzděné) systémem odlehčovacího brzdění nemohl tento systém zablokovat při rychlostech přesahujících 15 km/h,

- systém odlehčovacího brzdění musí obsahovat několik stupňů účinku, včetně dolního stupně vhodného pro nenaložený stav vozidla. Pokud je systém odlehčovacího brzdění motorového vozidla tvořen jeho motorem, pokládají se různé převodové stupně za stupně zajišťující různé stupně účinku,
- účinek systému odlehčovacího brzdění musí být takový, aby splňoval požadavky zkoušky typu IIA pro hmotnost naloženého vozidla skládající se z hmotnosti naloženého motorového vozidla a z maximální přípustné přípojné hmotnosti. Celkem však hmotnost nesmí přesáhnout 44 tun. [4]

4) Konstrukce, provedení a řízení odlehčovacích brzd

Odlehčovací brzdy se běžně používají u užitkových motorových vozidel a absorbují energii prostřednictvím jiného mechanismu než provozní a parkovací brzdy.

Běžně používané formy odlehčovacích brzdových systémů:

- hydraulické nebo elektromagnetické retardéry, buď integrované do převodovky, anebo jinak instalované do pohonné jednotky,
- výfukové a motorové brzdy.

Účinnost brzdění závisí na následujících faktorech:

- stálý převod nápravy,
- rozměr pneumatik,
- zkušenosti řidiče,
- vlastnosti systému (Efficient Dual Clutch, Opticruise). [3]

4.1) Hydrodynamická odlehčovací brzda

Užití kapaliny jako pracovního média, které brání otáčení a zároveň absorbuje energii je známé již delší dobu. V roce 1877 William Froude vynalezl hydrodynamický dynamometr k měření momentů. Hydrodynamický retardér se skládá z rotoru připojeného k rotujícímu hřídeli a pevného statoru upevněného do těla retardéru. Rotor se otáčí a působí odstředivou silou na kapalinu. To nutí kapalinu k pohybu radiálním směrem ven. Současně na tekutinu působí tangenciální síla v důsledku otáčení rotoru. Když je kapalina odstředěna ven do dutin statoru (který stojí klidně) tangenciální rychlost se náhle zastaví a tekutina proudí zpět do středu turbíny, aby opět vstoupila do rotoru. Rotor i stator mají lopatky, jenž v celku vytvářejí prstenec nazývaný „Toroid“. Pohyb oleje umožňuje generovat sílu vytvářející brzdny moment na rotoru. Brzdny moment je vyjádřen v rovnici číslo 2. [5]

$$M_r = \alpha \lambda \rho D^5 \text{ (Nm)} \quad (2)$$

kde

α ... naplnění pracovního prostoru (%)

ρ ... hustota kapaliny (kg/m^3)

D ... průměr rotoru (m)

λ ... charakteristika retardéru [5]

Brzdný výkon je vyjádřen rovnicí číslo 3.

$$P_r = \frac{\alpha \lambda \rho n_r^2 D^5}{9550} \text{ (kW)} \quad (3)$$

kde

α ... naplnění pracovního prostoru (%)

ρ ... hustota kapaliny (kg/m³)

D ... průměr rotoru (m)

λ ... charakteristika retardéru

n_r ... otáčky rotoru (ot./min.)

9550 ... konstanta vzniklá přepočtem z úhlové rychlosti na otáčky za minutu [5]

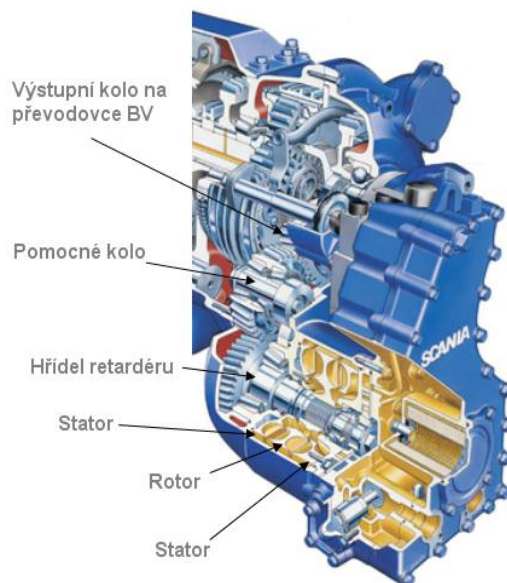
Hydrodynamický retardér se dělí podle umístění na voze:

- 1) integrovaný retardér,
- 2) retardér umístěný na převodovce anebo volně na hnacím ústrojí.

Jeho funkce bude popsána na integrovaném retardéru společnosti Scania (*obr. 3*), princip funkce ostatních je víceméně stejný.

4.1.1) Integrovaný retardér

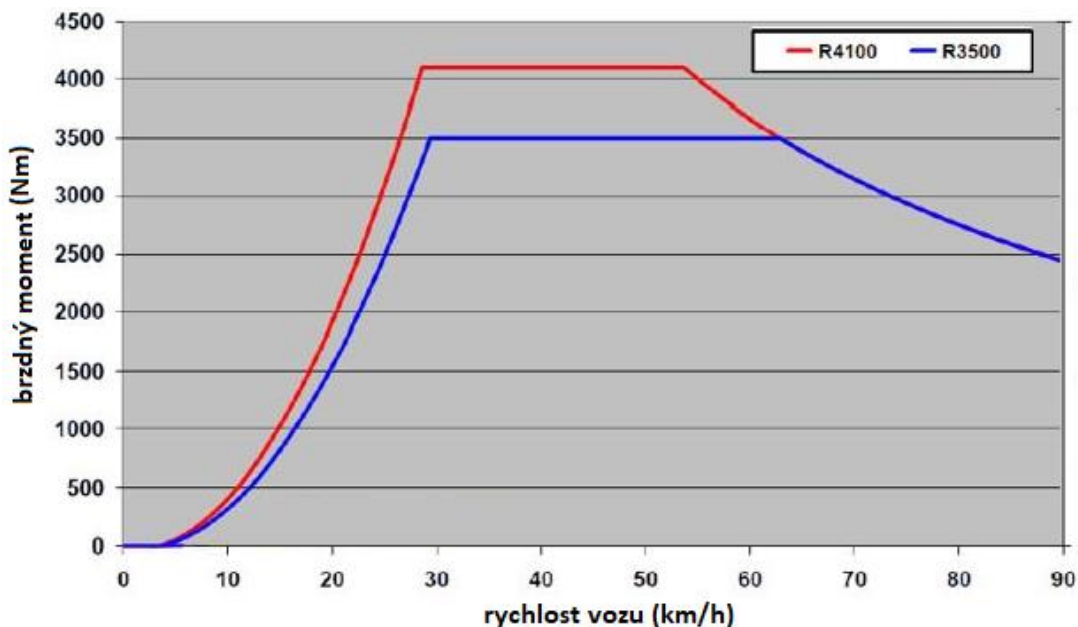
Mechanický pohon, který je třeba pro funkci retardéru, se získává z výstupního hřídele převodovky vozu. Ozubená kola umístěná na vstupním hřídeli retardéru a výstupním hřídeli převodovky zajišťují pohon pro rotor retardéru. Převod mezi výše uvedeným ozubením je volen tak, že se hřídel retardéru otáčí rychleji než výstupní hřídel převodovky. Tento převod zajišťuje správnou funkci hydraulického mechanismu a umožňuje zvětšení brzdné síly retardéru. Při velmi nízké rychlosti vozidla není retardér účinný, protože není v hydraulické spojce dostatečný proud oleje pro generování potřebného brzdového momentu. Retardéry Scania mají dva převodové poměry.



Obr. 3 Integrovaný retardér společnosti Scania [6]

Typ R4100 disponuje převodovým poměrem 3,26, který poskytuje maximální brzdný moment 4100 Nm a typ R3500 s převodovým poměrem 3,04, který poskytuje maximální brzdný

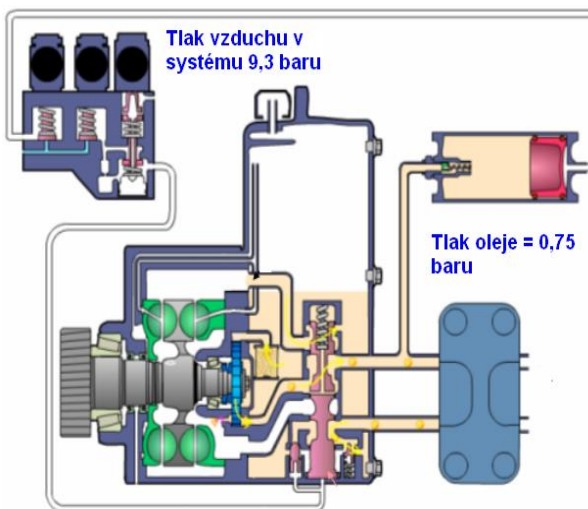
moment 3500 Nm (obr. 4). Výkon je z důvodu zahřívání omezen přibližně na 500 kW. Výkonnější typ R4100 je také k dispozici ve verzi se spojkou, která odpojuje retardér od převodovky, pokud není aktivní. Důvodem je minimalizace ztrát retardéru a tím i úspora paliva. Tato verze s odpojením retardéru má označení R4100D. [6]



Obr. 4 Velikost brzdňého momentu v závislosti na rychlosti vozu pro retardéry Scania [6]

Retardér ve stavu klidu

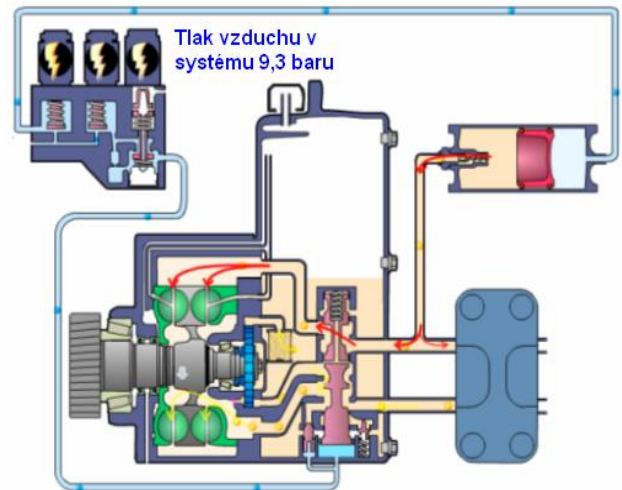
Retardér se otáčí, ale nevyvíjí se brzdňý účinek, jelikož elektromagnetický ventil pro přívod vzduchu a proporcionální rozdělovač nejsou aktivní (obr. 5). Ovládací šoupátko a bezpečnostní ventil se proto nacházejí v klidové poloze. Čerpadlo přivádí olej přes ovládací ventil do chladiče a přes obtokový ventil a vlastní měnič do olejové nádrže. Obtokový ventil zajišťuje zpětný tlak směrem k akumulátoru. Určité množství oleje je rovněž rozváděno mazacími kanály a zajišťuje mazání a chlazení pohyblivých částí. Elektromagnetický ventil akumulátoru oleje je rovněž neaktivní. Píst akumulátoru zůstává v původní poloze a akumulátor je naplněn olejem. [6]



Obr. 5 Retardér ve stavu klidu [6]

Aktivace retardéru

Elektromagnetický ventil přivádí vzduch do proporcionálního rozváděče. Rozváděč vytvoří tlak vzduchu odpovídající požadovanému brzdicímu momentu. Ovládací šoupátko se posune do krajní polohy a stlačí pružinu, přičemž bezpečnostní ventil je přidržován v uzavřené poloze tlakem vzduchu. Olejové čerpadlo nyní dodává olej do olejové komory retardéru plnicími otvory na boku (obr 6). Akumulátor oleje je aktivován elektromagnetickým ventilem

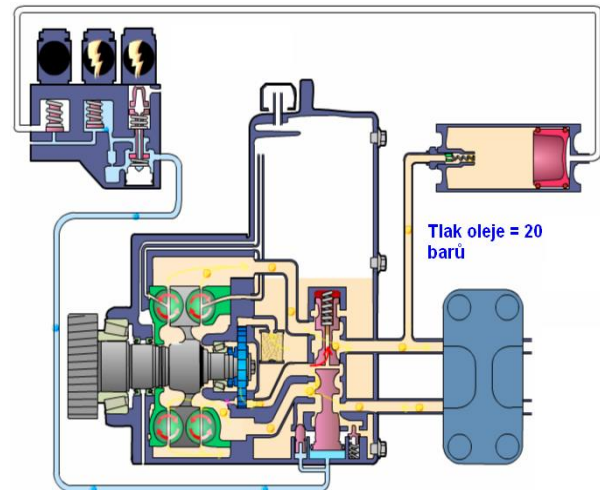


Obr. 6 Aktivace retardéru [6]

a tlačí olej do komory retardéru. Retardér se tak aktivuje rychleji. Tlak oleje nad ovládacím šoupátkem se vytvoří prostřednictvím kanálu, který jím prochází. Bezpečnostní ventil a obtokový ventil zůstávají uzavřeny po celou dobu aktivace. [6]

Aktivní retardér

Proporcionální rozváděč udržuje na ovládacím šoupátku požadovaný tlak vzduchu. Tlak oleje nad pístem se vytvoří prostřednictvím kanálu uprostřed ovládacího šoupátka. Ten pak podporován pružinou tlačí ovládací šoupátko směrem dolů, až dosáhne rovnováhy mezi tlakem vzduchu na jedné straně a kalibrovanou pružinou a tlakem oleje na straně druhé (obr. 7). V této poloze ovládacího šoupátka je olej schopen proudit přes retardér a přes chladič oleje. Část oleje



Obr. 7 Aktivní retardér [6]

je potřebná pro znovu naplnění akumulátoru, proto olejové čerpadlo dodává vždy lehký nadbytek oleje. V rovnovážné poloze otevře ovládací šoupátko kanál, který umožní návrat nadbytečného množství oleje přes obtokový ventil zpět do olejové nádrže. [6]

Změna rychlosti vozidla

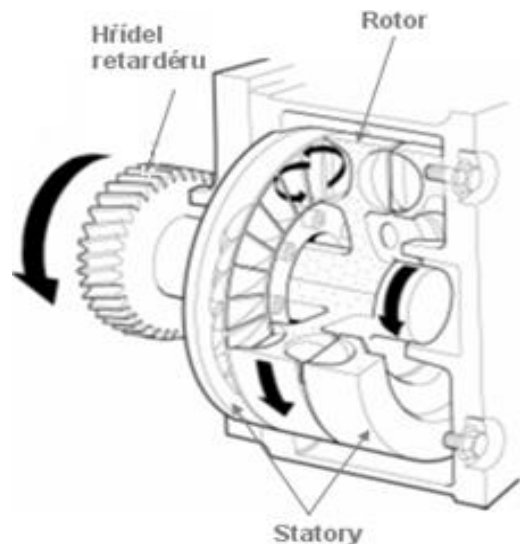
Pokud se rychlost vozidla mění, mění se i rychlost otáčení rotoru. Pokud se rychlost vozidla sníží, sníží se rovněž odstředivá síla a rychlost olejového čerpadla, které je poháněné od hřídele retardéru. To způsobuje pokles dodávaného množství oleje. Ovládací šoupátko se tak dostane do nové polohy umožňující omezení průtoku oleje v místě kužele tak, aby se do retardéru dostalo větší množství oleje. To umožní zachovat stejný brzdný moment i při menší rychlosti pohybu vozidla. [6]

Zvyšování brzdného momentu

Proporcionální rozváděč zvyšuje tlak vzduchu na ovládací šoupátko, které se posune do polohy pro plnění. Do retardéru je dodáváno větší množství oleje a tlak oleje se zvyšuje. Tím vzrůstá i brzdná síla. Po určité časové prodlevě se ventil ustálí na rovnovážnou polohu, která odpovídá zvýšenému tlaku oleje. Když je systém naplněn olejem, tak se při změnách tlaku akumulátor nevyužívá. [6]

Stator a rotor

Pokud je retardér aktivován, je olej přiváděn mezi statory a rotor. Pečlivě propracovaný tvar lopatek statorů i rotoru společně s otáčením rotoru generují rotační pohyb oleje kanály ve směru lopatek (*obr. 8*). Rotorem tlačенý olej se vrací zpomalený ze statorů a působí na pohybující se rotor, to vyvolává reakční sílu s tendencí rotor zastavit. Rychlost otáčení rotoru odpovídá rychlosti vozidla. Čím vyšší bude rychlost otáčení rotoru, tím nižší bude potřeba, aby se mezi rotor a stator dostalo větší množství oleje. Tato potřeba přichází v úvahu až, když se otáčky rotoru snižují a tím klesá i brzdný účinek retardéru. Zvýšením množství oleje se zvýší síla působící proti statoru a rotoru. [6]

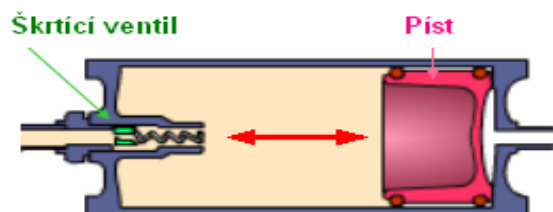


Obr. 8 Umístění rotoru a statoru v retardéru [6]

Akumulátor

Olej obsažený v akumulátoru je využíván pro rychlé naplnění retardéru při náběhu brzdění.

Aktivace je způsobena stlačeným vzduchem přicházejícím z elektroventilu. Škrticí ventil je umístěn na výstupu z akumulátoru (obr. 9). [6]



Obr. 9 Akumulátor [6]

Fáze aktivace a plnění akumulátoru po brzdění

V této poloze olej protéká přes ventil a kolem něho. Tato poloha je využívána pro vyprazdňování a plnění akumulátoru po brzdění. [6]

Fáze plnění akumulátoru v průběhu brzdění

V této poloze (poloha škrtení) je ventil vlivem tlaku oleje ve svém sedle. Během brzdění je tlak oleje vyšší než síla kalibrované pružiny. Olej proto prochází pouze přes ventil. Tato poloha je využívána pro plnění akumulátoru během brzdění, aby byla většina oleje odváděna do retardéru a nikoli do akumulátoru. [6]

Elektromagnetické ventily

Blok elektromagnetických ventilů V97 seskupuje tři elektromagnetické ventily (obr. 10)

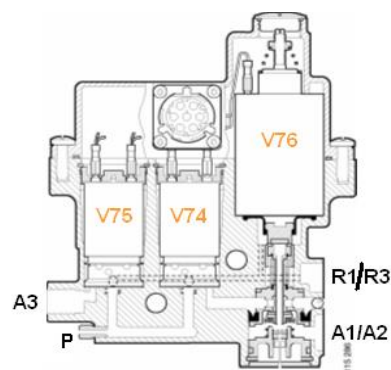
- jeden ventil pro hlavní přívod vzduchu V74,
- jeden ventil pro vyprazdňování akumulátoru oleje V75,
- proporcionální ventil pro řízení pohybu ovládacího šoupátka retardéru V76.

A3: výstup vzduchu pro vypouštění akumulátoru,

P: přívod vzduchu do bloku V97,

A1/A2: výstup vzduchu k ovládacímu šoupátku retardéru,

R1/R3: atmosférický vzduch. [6]

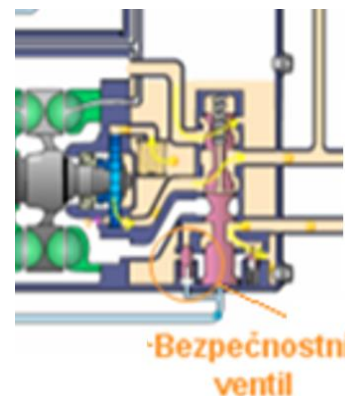


Obr. 10 Blok elektromagnetických ventilů [6]

Bezpečnostní ventil

Pomocí bezpečnostního ventilu (obr. 11) může být brzdění retardérem přerušeno na žádost řídicí jednotky ABS/EBS, i když je ovládací systém retardéru vadný. Systém zajišťuje dvojitou ochranu a jeho funkce je následující:

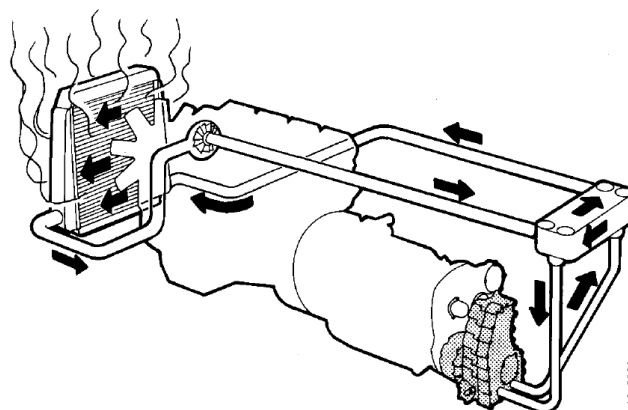
- 1) Elektromagnetický ventil přívodu vzduchu a bezpečnostní ventil mají možnost snížit tlak oleje, i když je proporcionální rozváděč nebo ovládací šoupátko zadřeno, nebo jinak zablokováno. Tlak vzduchu se přenáší přes zpětný ventil integrovaný v bloku.
- 2) Systém ABS/EBS, při regulaci ABS, přeruší elektrické napájení elektromagnetického ventilu přívodu vzduchu, i když se řídicí jednotka retardéru pokouší udržet ovládací šoupátko v poloze brzdění. [6]



Obr. 11 Bezpečnostní ventil [6]

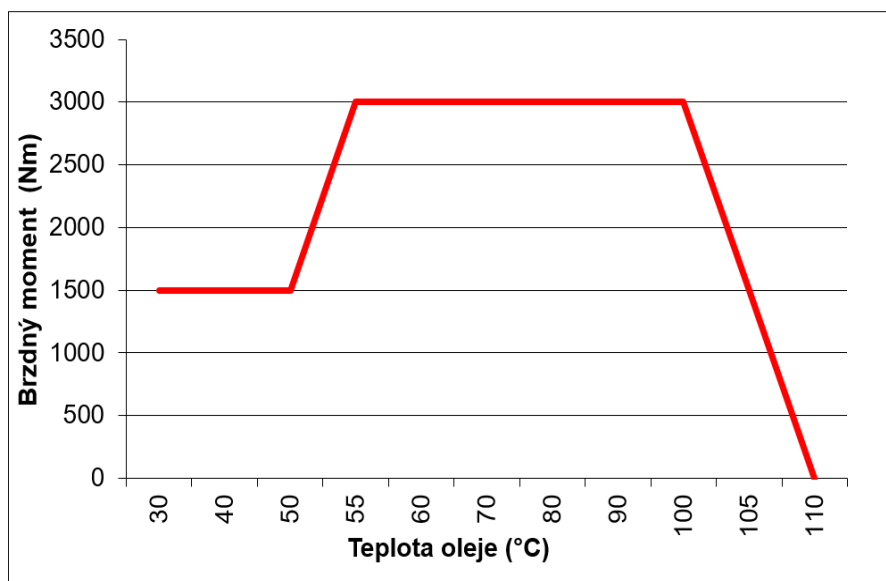
Chladič oleje

Teplo vzniklé brzděním retardéru je za pomoci oleje přenášeno do chladicí soustavy vozu (obr. 12). Výměník typu olej/voda zajišťuje odvádění tepla z olejové náplně retardéru do chladicí kapaliny. Snímače teploty chladicí kapaliny na výstupu z výměníku zajišťují snížení výkonu retardéru, pokud se teplota chladicí kapaliny nadměrně zvýší tak, že by mohlo dojít k přehřívání. [6]



Obr. 12 Chladicí soustava retardéru [6]

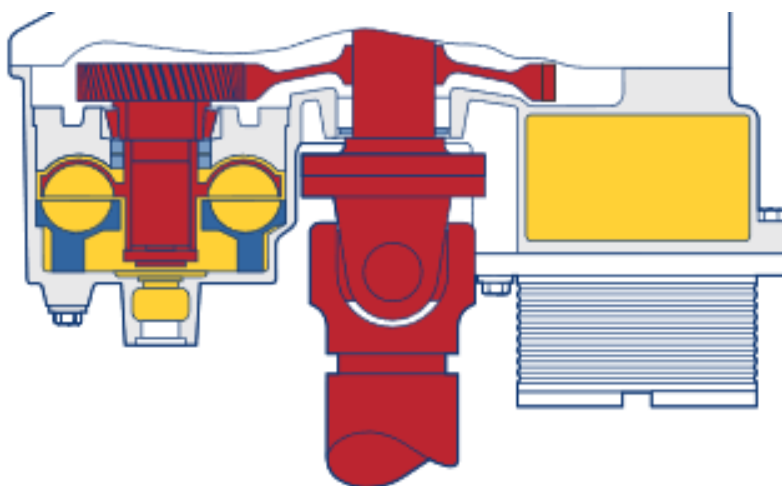
Pro používání retardéru je nutné zajistit zvýšené otáčky (nad 1500 ot./min.), aby čerpadlo mohlo zajistit zvýšený průtok chladicí kapaliny. Správná teplota oleje je velmi důležitá pro dobrou funkci retardéru (obr. 13). Pokud je teplota menší než 50 °C anebo větší než 105 °C, je výkon retardéru omezen na 50 %. Je-li teplota větší než 110 °C, je retardér odpojen. Řídicí jednotka retardéru účinně snižuje brzdňý moment retardéru, pokud teplota na snímačích významně vzroste, čímž zabrání dosažení bodu varu chladicí kapaliny. Omezení brzdňého momentu je závislé na teplotě chladicí kapaliny, ale rovněž na její změně. [6]



Obr. 13 Závislost brzdňého momentu na teplotě oleje [6]

4.1.2) Integrovaný retardér společnosti Voith

Jedním z předních výrobců hydrodynamických retardérů je společnost Voith (obr. 14). Jejich integrované retardéry jsou rychloběžné, kde jsou otáčky oproti otáčkám kloubového hřídele zvýšeny převodem ozubených kol. Tyto retardéry jsou velmi kompaktní a mají vysoký brzdňý účinek již od nízkých rychlostí jízdy. [7]



Obr. 14 Integrovaný retardér společnosti Voith 115E [7]

Retardér Voith 115 E

Systém převodovka-retardér GO/VR 115E je výsledek spolupráce společností Voith a Daimler AG a je určen speciálně pro autobusy. [7]

Retardér Voith 115 HV

Pro užitkové vozy Mercedes-Benz Actros a Axor byl vyvinut retardér 115HV, který je montován na koncernovou převodovku MB / Powershift. [7]

Retardér Voith 3250

Pro nákladní vozy Volvo řady FH a FM, autobusy Volvo a pro vozy společnosti Renault s převodovkou Optidriver (konkrétně Renault Mag-num, Renault Premium, Renault Lander a Renault Kera) se používá retardér VR3250. [7]

Tab. 3 Technické údaje integrovaných retardérů společnosti Voith [7]

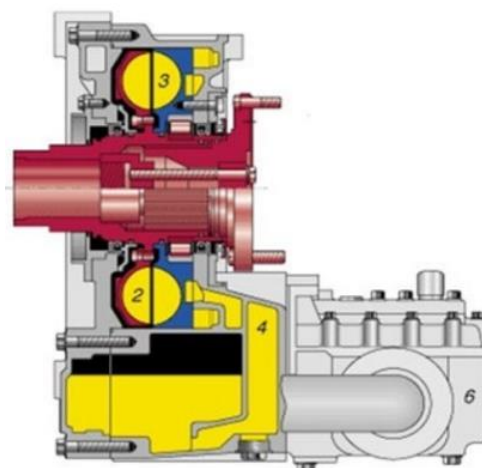
Technické údaje	VR 115E	VR 115 HV	VR 3250
Maximální jmenovitý brzdný moment retardéru na kloubové hřídeli (Nm)	3750	3500	3250
Maximální otáčky kloubového hřídele (ot./min.)	2400	2480	2500
Hmotnost bez provozního média (kg)	65	62	59
Specifický brzdný moment (Nm/kg)	58	56	55

4.1.3) Retardéry Voith umístěné na převodovce nebo volně na hnacím ústrojí

Retardéry Voith inline jsou namontovány na převodovce nebo volně v hnacím hřídeli a jsou spojeny s kloubovým hřídelem vozidla. [7]

Retardér Voith 120 (obr. 15)

Využití pro linkové a turistické autobusy, nákladní vozy střední velikosti jako přepravníky aut, vozidla pro zásobování, vozidla pro přepravu nápojů a velkoobjemového nákladu a mobilní jeřáby. [7]



Obr. 15 Retardér VOITH 120 [7]

Retardér Voith 123

Tento retardér byl vyvinut speciálně pro použití v nákladních vozech, autobusech City a Midi až do celkové přípustné váhy 18 tun. [7]

Retardér Voith 133-2

Tento nejsilnější hydrodynamický retardér společnosti Voith, který disponuje vysokým brzdným momentem při nízké hmotnosti, se využívá pro turistické autobusy a nákladní vozidla těžké třídy a pro speciální vozidla. [7]

Tab. 4 Technické údaje retardérů Voith umístěných na převodovce nebo hnacím ústrojí [7]

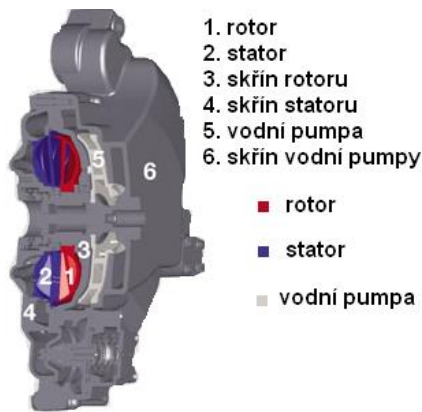
Technické údaje	VR 120	VR 123	VR 133-2
Maximální jmenovitý brzdný moment retardéru na kloubové hřídeli (Nm)	2000	1500	4000
Maximální otáčky kloubového hřídele (ot./min.)	3400	3150	2800
Hmotnost bez provozního média (kg)	65	52,5	85
Specifický brzdný moment (Nm/kg)	31	29	47

4.1.4) Zf-Intarder

ZF-Intarder je hydrodynamický retardér, který je integrován do převodovky na výstupním konci a využívá zásobu oleje s převodovkou. Rotor je spojen s výstupním hřídelem převodovky v převodovém stupni 1:2. Pokud je Intarder vypnut, hydraulické čerpadlo směřuje olej z převodovky přímo přes výměník tepla Intarderu. Tím se zabrání špičkám přenosové teploty a v průměru se dosáhne výrazně nižší teploty oleje. Celkově to vede ke snížení stárnutí oleje. Životnost jednotlivých komponent je pozitivně ovlivněna. [8]

Zvláštností funkce Intarderu je funkce topení. Během počáteční fáze se chladicí kapalina ohřeje rychleji než převodový olej. Zde je obrácený cyklus chlazení nebo lepší cyklus výměny teploty: teplo chladicí kapaliny motoru se nyní přenese do chladiče oleje. Převodový olej dosáhne své provozní teploty rychleji a celý systém pracuje rychleji v optimálním rozsahu teploty a účinnosti. Po dosažení provozní teploty převodového oleje je nastaven normální cyklus chlazení. Převodový olej prochází chladičem a teplo se během brzdění uvolňuje zpět do chladicí kapaliny. Intardery společnosti ZF dosahují brzdného momentu až 4000 Nm při otáčkách 1300 min⁻¹. [8]

4.1.5) Aquatarder WR 190



Obr. 16 Aquatarder WR 190 [8]

Aquatarder (*obr. 16*) je hydrodynamická brzda vyrobená společností Voith a není jako standardní retardér. Ke své činnosti nepoužívá jako standardní retardéry olej, ale vodu. Je přímo integrován do chladicího okruhu motoru a je instalován na přední straně motoru, kde je přímo spojen s klikovou hřídelí. Teplo vytvořené při tomto brzdění se uvolňuje přímo do chladicího zařízení. Síla brzdění Aquatardera závisí na chladicím výkonu vozidla a otáčení motoru. Pouze s několika málo součástmi a nízkou objemovou hmotností váží jen 32 kg. Retardér

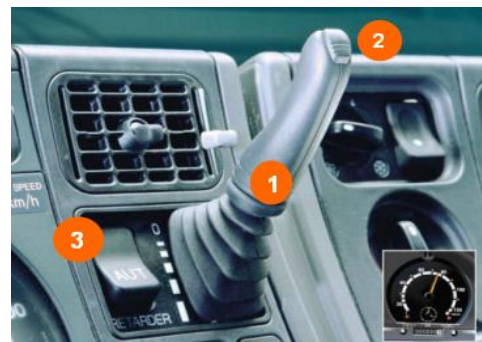
může být ovládaný snadno a pohodlně přes páku u volantu či pedálem. Maximální brzdný moment je 1450 Nm. [8]

Ovládání retardéru

Ovládání retardéru u vozidel je následující:

1. ovládací páka,
2. spínač manuálního ovládní,
3. spínač AUT (automatické ovládní).

Retardér může být ovládán v manuálním nebo automatickém režimu. Každý výrobce má své specifické umístění ovládacích prvků na palubní desce (*obr. 17*). [6]



Obr. 17 Ovládací prvky retardéru Scania [6]

Manuální režim

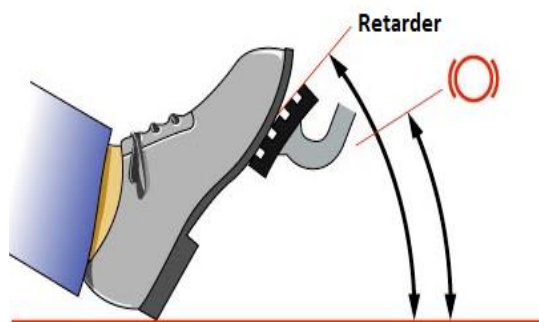
Pro používání retardéru v manuálním režimu nesmí být spínač AUT aktivován. Postupným posouváním ovládací páky směrem dolů se brzdný moment zajišťovaný retardérem zvyšuje. Je zde k dispozici 5 poloh, na posledním stupni se připojí výfuková brzda, pokud je sepnut spínač S17 umístěný na palubní desce (*obr. 18*). Spínač na konci volící páky umožňuje manuální programování rychlosti při sjíždění z kopce. [6]



Obr. 18 Spínač S17 [6]

Automatický režim

Pro používání retardéru v automatickém režimu musí být spínač AUT aktivován. V tomto pracovním režimu je retardér spojen s brzdovým pedálem (obr. 19). Vozidlo je nejprve brzděno retardérem a od určité hodnoty momentu se k retardéru přidávají provozní brzdy. Brzdný výkon retardéru odpovídá proporcionálně sešlápnutí brzdového pedálu. Programování rychlosti



Obr. 19 Ovládání retardéru pedálem [6]

při jízdě ze svahu je automatické. V důsledku toho má řídicí jednotka retardéru trvale uloženou nejnižší rychlost vozidla. Pokud je brzdový pedál uvolněn, udržuje jednotka nejvyšší rychlost uloženou do paměti. Tak, jako v manuálním režimu, akcelerace pomocí pedálu nebo systému „cruise control“ odpojí retardér a zruší naprogramování rychlosti pro sjíždění z kopce. Používání ovládací páky a jejího přepínače je možné, i když je aktivován automatický režim. Omezení rychlosti pro sjíždění z kopce naprogramované spínačem má vyšší prioritu než naprogramování brzdovým pedálem. [6]

4.2) Elektromagnetická odlehčovací brzda

Elektromagnetická brzda využívá jevu objeveného francouzským fyzikem Leonem Foucaultem. Retardér je permanentně připojený ke kardanové hřídeli a obsahuje dva otáčející se kotouče nazvané rotory a nehybnou součást nazvanou stator. Rotory se otáčejí ve stejné rychlosti jako kardanová hřídel. Stator je připevněn na „šasi“ vozu a je namontovaný mezi dvěma rotory. Na statoru je 8 (16) cívek, jejichž polarita je střídavá okolo celého statoru, popis součástí elektromagnetické brzdy je znázorněn (obr. 20). Vířivé proudy se indukují v kovovém kotouči, který se otáčí v magnetickém poli. Tyto proudy působí proti pohybu a vytvářejí teplo. Stejný efekt vzniká i tehdy, jestliže se kotouč neotáčí mezi póly, ale před nimi. Brzdný účinek závisí na otáčkách kotouče a intenzitě magnetického pole, vyjádřeného rovnicí 4. Elektrický proud je odebírán z elektrické soustavy vozu, prochází vinutím cívek a jeho regulací se mění intenzita magnetického pole. Elektrický retardér může během krátké chvíle vyvinout brzdný výkon až 500 kW, což může dostačovat k uspokojení všech brzdných požadavků i bez použití provozních brzd. [5]

Intenzita magnetického pole:

$$H = \frac{U_m}{l} = \frac{N \cdot I}{l} \text{ [A/m]} \quad (4)$$

kde:

H ... intenzita magnetického pole (A/m)

U_m ... magnetické napětí (A)

l ... délka siločáry (m)

N ... počet závitů

I ... proud (A)

Mezi magnetickou indukcí a intenzitou magnetického pole platí vztah:

$$B = \mu \cdot H \text{ [T]} \quad (5)$$

kde:

B ... magnetická indukce (T)

μ ... permeabilita prostředí (H/m)

H ... intenzita magnetického pole (A/m)

Magnetický tok se rovná:

$$\Phi = B \cdot S \text{ [Wb]} \quad (6)$$

kde:

Φ ... magnetický tok (Wb)

S ... průřez magnetickým tokem (m²)

B ... magnetická indukce (T)

Faradayův zákon, který je vyjádřen rovnicí 7, pojednává o vzniku elektrického napětí v uzavřeném elektrickém obvodu, který je způsoben změnou magnetického indukčního toku, což je označováno jako elektromagnetická indukce. [5]

$$\varepsilon(t) = -N \frac{d\Phi}{dt} \text{ } [\Phi(t)] \quad (7)$$

kde:

ε ... indukované elektromotorické napětí

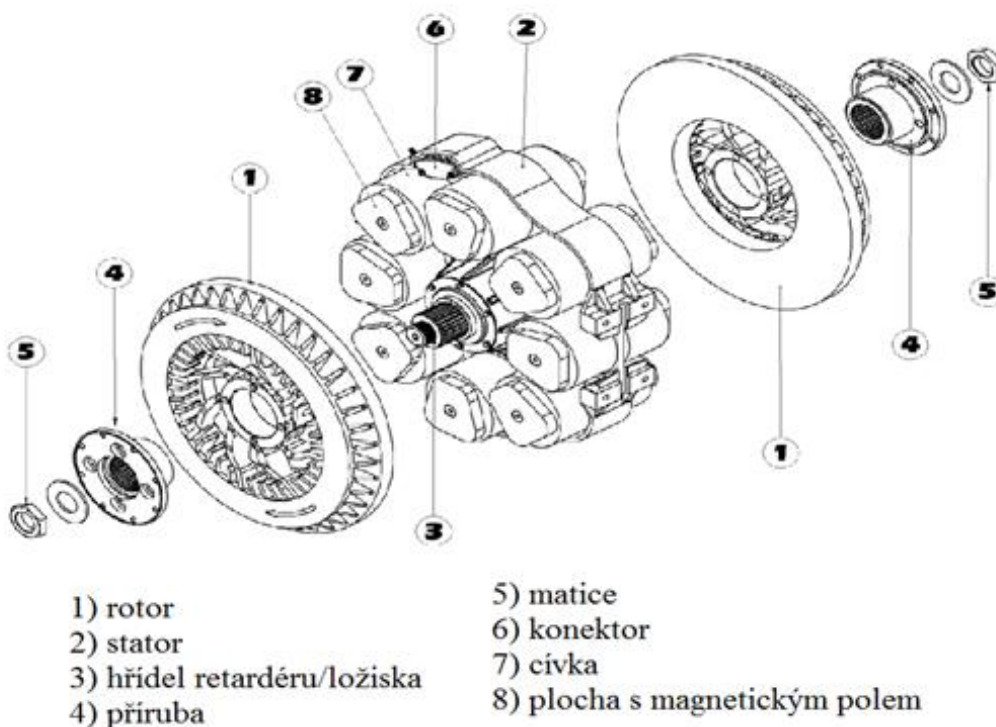
dt ... změna času

dΦ ... změna magnetického indukčního toku (Wb)

N ... počet závitů

To znamená, že konstantní proud protékající cívkou neprodukuje žádné napětí na cívce. Z Faradayova zákona je možné pochopit, že měnící se tok indukuje napětí. V případě brzdění retardérem se rotor otáčí okolo pevně uchycených cívek a vytváří se tak elektromagnetický tok. Tento otáčivý pohyb okolo stojících cívek má za následek vzniku napětí na rotoru. Střídavé vířivé proudy jsou vytvořeny uvnitř rotoru silou úměrnou elektromagnetickému toku. Vířivé proudy vnikají do rotoru a způsobují tak vznik opačného elektromagnetického toku a tím pádem tvoří brzdou sílu. [5]

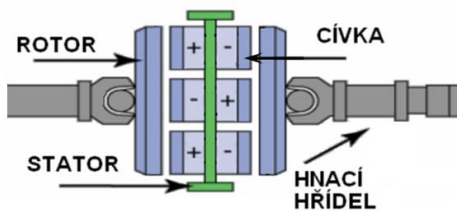
4.2.1) Popis součástí elektromagnetické brzdy Telma:



Obr. 20 Elektromagnetická brzda společnosti Telma [9]

Retardér není aktivní

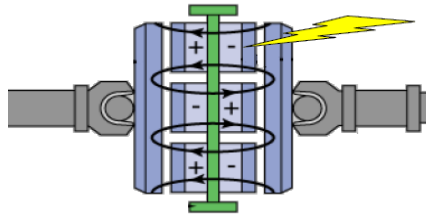
Retardér se otáčí a do cívek neproudí žádný proud (*obr. 21*), tudíž nevzniká žádné magnetické pole a rotor není brzděn. [9]



Obr. 21 Retardér není aktivní [9]

Aktivace retardéru

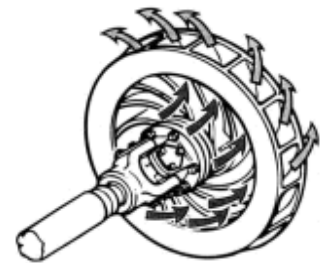
Cívkami prochází proud a vytváří se magnetické pole (obr. 22), ve kterém se otáčí rotor. Toto magnetické pole prochází otáčejícím se rotorem a způsobuje jeho zpomalování. Intenzita brzdění je závislá na velikosti proudu procházejícího cívkami. [9]



Obr. 22 Aktivace retardéru [9]

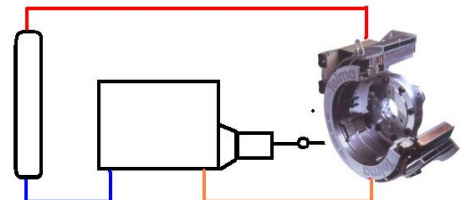
Chlazení elektromagnetického retardéru

Brzdňý výkon, který je produkovaný vířivými proudy, bude přeměněn na teplo a odvádí se rotorem, jenž má po obvodu speciálně tvarované lopatky (obr. 23). Teplota může vzrůst až na hodnotu 400°C. Rychlost odvádění tepla závisí na otáčkách rotoru. Tento způsob chlazení je v mnoha případech nedostatečný a výsledkem je přehřátí retardéru a jeho součástí přiléhajících k němu, a vede k poklesu brzdňého momentu. Proto se mnoho společností snaží vyvinout lepší chladicí systémy. Společnost ARB (Astoria Retarder Bau) přišla s retardérem chlazeným vzduchem, který využívá pneumatického systému vozidla. Přístroj má teplotní čidlo, které po překročení určité teploty spustí přímé chlazení na stator a cívkky. [9]



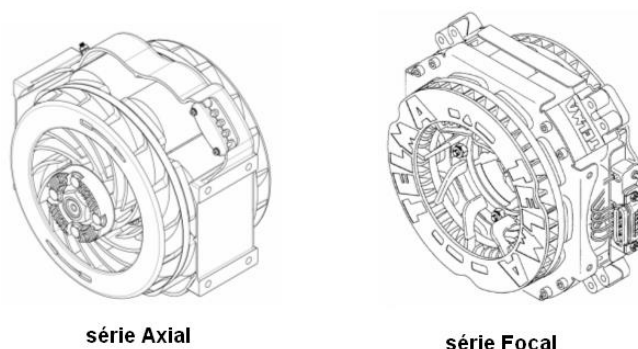
Obr. 23 Chlazení retardéru pomocí lopatek rotoru [9]

S lepším řešením přišla společnost Telma ve spolupráci s Mercedes Benz, které nese název TELMA HYDRAL (obr. 24). Teplo z retardéru je odváděno za pomoci chladicí kapaliny do chladicího systému vozidla. [9]



Obr. 24 Telma Hydral [9]

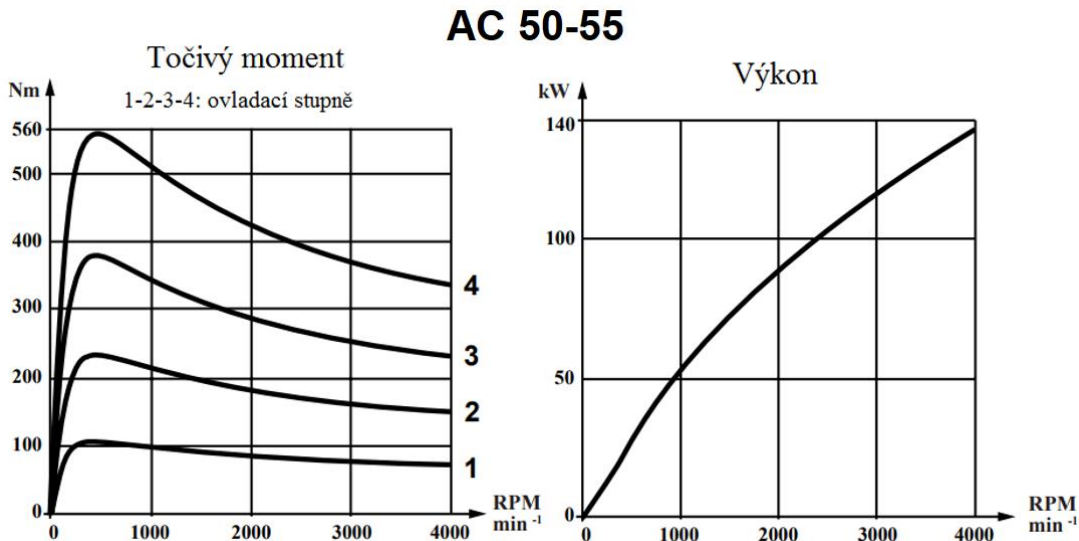
Na vozech se používají dva druhy retardéru (obr. 25), jenž se liší v umístění na voze, ale pracují na stejném principu. [9]



Obr. 25 Série Axiál a Focal [9]

Série Axiál

Tato řada retardérů se vyznačuje nejjednodušší montáží, která probíhá buď přímo na výrobní lince anebo dodatečnou montáží na vozy, které jsou již v provozu. Spočívá v tom, že se montuje na hnací ústrojí a je umístěna mezi převodovku a poháněnou nápravu. Tělo retardéru je upevněno na rám vozu. Je vhodná na všechny typy běžných podvozků. V tabulce č. 5 jsou uvedeny technické informace axiálních retardérů společnosti Telma. [9]



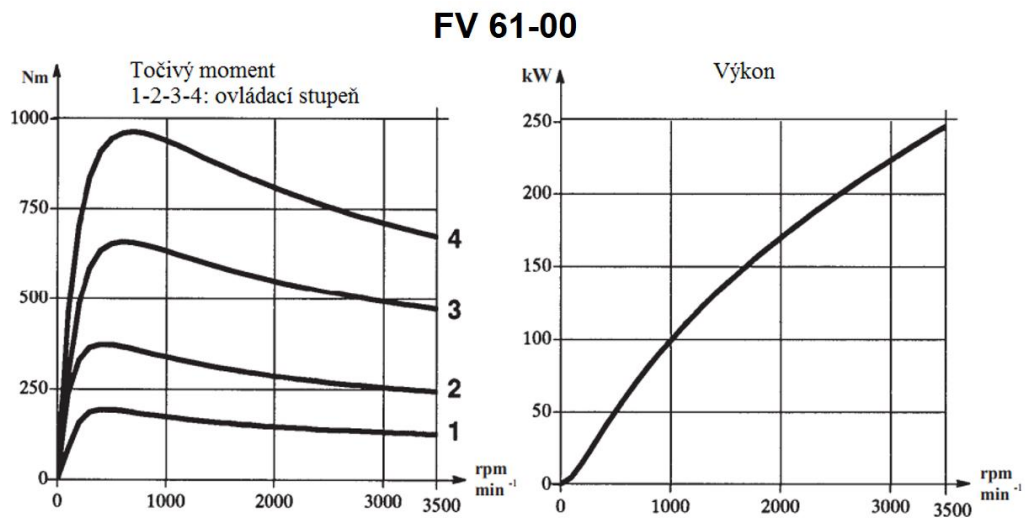
Obr. 26 Průběh točivého momentu a výkonu axiálního retardéru Telma AC 55-55 [9]

Tab. 5 Technické údaje axiálních retardérů společnosti Telma [9]

Rozsah hmotnosti vozu (t)	3-44
Maximální brzdicí moment (Nm)	350-3300
Celková hmotnost (kg)	69-400
Maximální přenosný moment (Nm)	5000-36000
Maximální dovolené otáčky (ot./min.)	2000-4500

Série Focal

System přímé montáže na převodovku nebo rozvodovku nevyžaduje téměř žádnou změnu nebo úpravu hnacího ústrojí, přináší úsporu hmotnosti a výrazně usnadňuje údržbu. Tento systém je určen pro dálkové autobusy a pro tahače s krátkým rozvorem. Velmi široká řada retardérů Telma pokrývá celý trh od přesně specifikovaných těžkých užitkových vozů až po minibusy. Je to optimální řešení z hlediska výkonnosti, efektivnosti a bezpečnosti. V tabulce č. 6 jsou uvedeny technické informace retardérů série focal společnosti Telma. [9]



Obr. 27 Průběh točivého momentu a výkonu retardéru Telma série Focal FV 61-00 [9]

Tab. 6 Technické údaje retardérů série focal společnosti Telma [9]

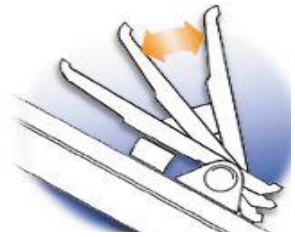
Rozsah hmotnosti vozu (t)	6-40
Maximální brzdící moment (Nm)	850-3300
Celková hmotnost (kg)	96-255
Maximální přenosný moment (Nm)	5000-36000
Maximální dovolené otáčky (ot./min.)	2000-4500

Ovládání elektromagnetického retardéru

Retardér obsahuje několik součástí, které řidič potřebuje k tomu, aby mohl vozidlo bezpečně a účinně brzdit. Systém může být aktivován několika způsoby. [9]

Ovládání pomocí pedálu

Tento typ ovládání by měl být užíván v městském provozu „stop-and-go“, kde se vyžaduje automatická aktivace retardéru. Retardér se aktivuje automaticky, když je pedál brzdy sešlápnut (obr. 28). Systém je integrován do brzdové soustavy vozidel (vzduchové či hydraulické) a bude fungovat, jakmile je pedál brzdy stlačen. [9]

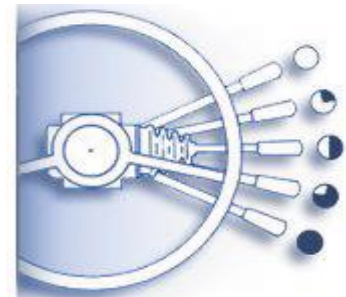


Obr. 28 Ovládání pedálem [9]

Ruční ovládání

Ruční ovládání (obr. 29) se používá pro hornaté terény, kde je retardér aktivován na dlouhé sestupy a je nezávislý na ovládání pedálem. Ruční ovládání může být namontováno na hřídeli volantu, či vestavěno do palubní desky. Pro aktivaci retardéru se jednoduše pohybuje ruční pákou na jednu ze čtyř pozic. [9]

pozice 0:	retardér deaktivován
pozice 1:	25 % výkonu retardéru
pozice 2:	50 % výkonu retardéru
pozice 3:	75 % výkonu retardéru
pozice 4:	100 % výkonu retardéru



Obr. 29 Ruční ovládání [9]

Při ručním ovládání je třeba dát pozor na to, že se při nízkých rychlostech retardér sám nevypne a je tedy potřeba ho přepnout do pozice 0. [9]

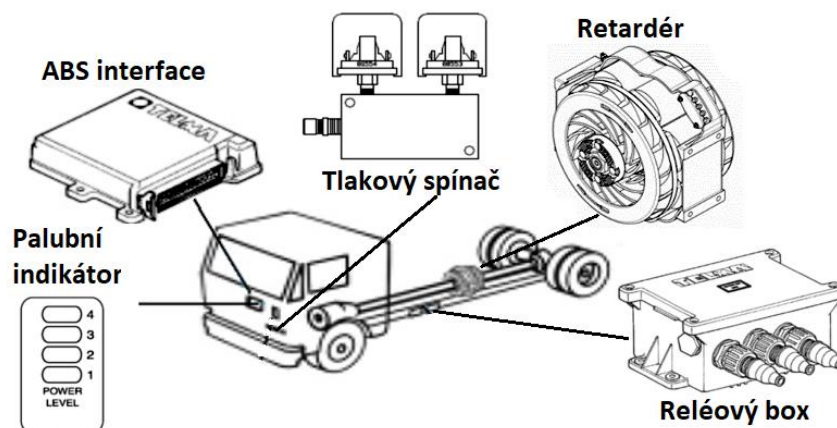
Volné ovládání plynového pedálu

Volné ovládání plynového pedálu dovolují retardéru být automaticky aktivovaný, když řidič sundá nohu z plynového pedálu. Takto mohou být aktivovány jeden či dva stupně a zbývající stupně mohou být aktivovány pedálem brzdy. Tento typ kontroly je obvykle kombinovaný s nožní aplikací brzdy. Ruční ovládání může také být užíván pro vybraný počet stupňů, které se aktivují, když je plynový pedál uvolněný. [9]

Kombinovaná kontrola

Každý z výše zmíněných ovládacích prvků může být kombinovaný k tomu, aby poskytoval zvětšenou přizpůsobivost v použití retardéru. [9]

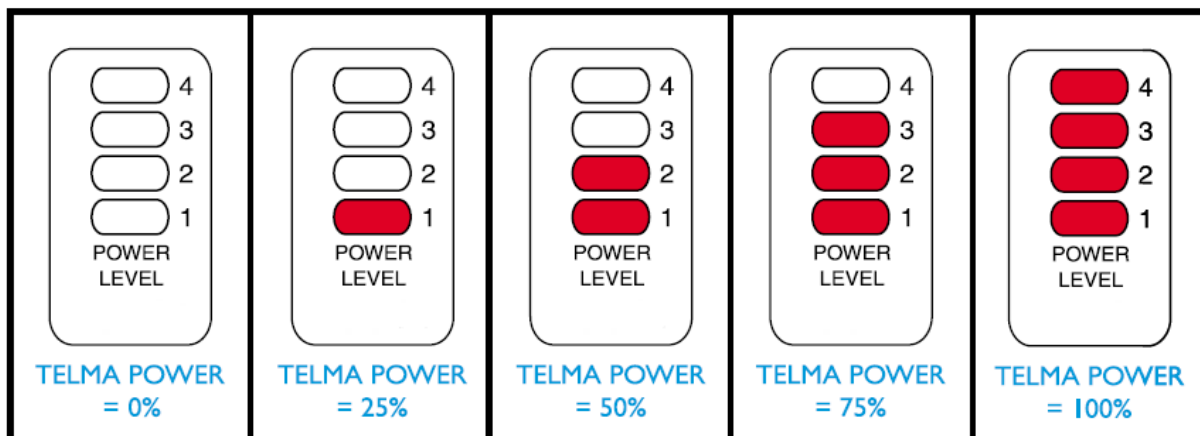
Součásti ovládání retardéru společnosti Telma



Obr. 30 Součásti ovládání retardéru Telma [9]

Indikátor na palubní desce

Indikátor (obr. 31) umístěný na palubní desce je pro řidiče hlavní znamení funkce retardéru. Tento indikátor obsahuje čtyři separátní světla uvnitř displeje, který ukazuje stupeň aktivace retardéru. Každé světlo odpovídá jednomu ze čtyř stupňů jednotky. [9]



Obr. 31 Indikátor na palubní desce [9]

ABS interface

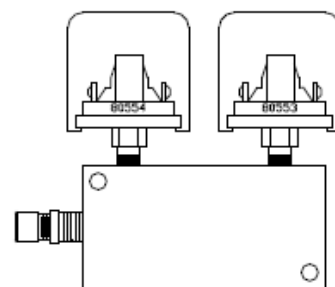
Elektromagnetický odlehčovací systém je vybavený elektronickým rozhraním navrženým k tomu, aby pracovalo s protiblokovacím systémem (ABS) vozu. Retardér se sám automaticky vypne a ABS ovládá brzdy bez zásahu retardéru. Po ukončení práce ABS se retardér znovu aktivuje a postupně zajišťuje správné brzdění. [9]



Obr. 32 ABS interface [9]

Tlakový spínač

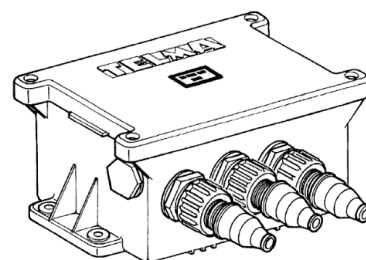
Tlakové spínače (*obr. 33*) jsou aktivovány, když je pedál brzdy sešlápnut. Tlaková sestava vypínače obsahuje čtyři spínače, dva na každé straně. Tyto spínače jsou v továrně nakalibrovány k tomu, aby se spustily při tlaku na pedál brzdy v rozsahu 3, 5, 7 a 10 Psi. Vzduchový přívod do tlakového spínače je připojen přímo k brzdě soustavě. Elektrický výstup ze spínače je veden do hlavního svazku vodičů. [9]



Obr. 33 Tlakový spínač [9]

Reléový box

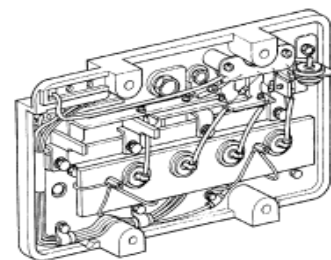
Reléový box (*obr. 34*) rozvádí napětí baterie k retardéru ve čtyřech stupních a je obvykle namontován na podélném nosníku rámu mezi baterií a retardérem. Baterie je připojená k boxu na kladném pólu. Když je napětí aplikováno na vývody 1, 2, 3 a 4, jejich příslušná relé se zavřou. „M“ terminál uzemňuje relé rozváděče a tlumí obrácené výkyvy napětí, které se vyskytují, když každý stupeň ukončí funkci. „S“ terminál přijímá napětí baterie, kdykoliv je nějaké relé uzavřené. [9]



Obr. 34 Reléový box [9]

Diody reléového boxu

Skupina čtyř ochranných diod (*obr. 35*) je instalovaná na spodní straně reléového rozváděče. Tyto diody chrání relé od vratných výkyvů napětí a jiskřením, které se vyskytuje, když retardér ukončuje funkci. Kontrolka na palubní desce signalizuje selhání v případě, že jedna z těchto diod nefunguje, či reléový panel není správně uzemněn. [9]

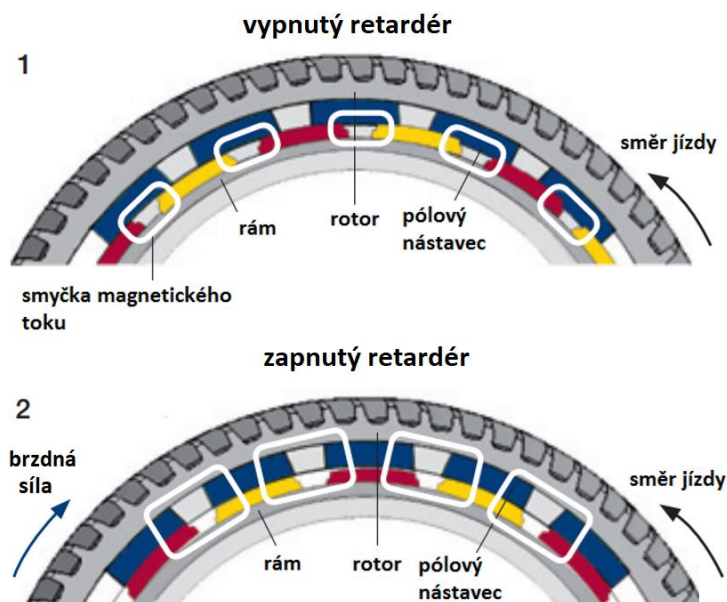


Obr. 35 Diody reléového boxu [9]

4.2.2) Retardér s permanentními magnety

Retardér s permanentními magnety (*obr. 36*) se skládá ze dvou hlavních součástí, rotoru a statoru. Stator je připojen na zadní straně převodovky. Má řadu velmi silných permanentních magnetů, které jsou umístěny s protilehlými póly vedle sebe. Když je retardér vypnutý, na rotor není vyvíjena žádná síla, protože magnety jsou umístěny kolem pólů a magnetický obvod se pohybuje pouze přes póly. Když je retardér zapnutý, magnety jsou pomocí stlačeného vzduchu spojeny s pólovým nástavcem. Když k tomu dojde,

magnetický obvod překlenuje póly, prochází rotorem a vytváří vířivý proud na vnitřním povrchu rotoru. Tím se stává zdrojem brzdné síly. Je schopen vytvořit brzdny moment až 650 Nm, což odpovídá brzdnému výkonu až 160 kW. Tento retardér nepotřebuje ke své funkci energii ze zdroje vozu a nevytváří žádné vedlejší teplo. Se svojí hmotností 39 kg se jedná o zajímavý typ odlehčovací brzdy. [10]



Obr. 36 Retardér s permanentními magnety [10]

4.3) Motorová odlehčovací brzda

Kompresní poměry naftových motorů jsou obvykle kolem 18:1. V horní úvratí při zavřeném sacím a výfukovém ventilu je vzduch stlačen na 1/18 původního objemu a tlak je cca 3,5 MPa. Kliková hřídel motoru dodává energii, která je potřebná k vytvoření vysokého tlaku. Vyšší kompresní poměr vytváří vyšší tlaky ve válci a absorbuje více energie. Pokud je instalováno turbodmychadlo, tak se do válce dopraví větší množství vzduchu, čímž se zvýší počáteční objem a tlak. To bude mít za následek mnohem vyšší konečný tlak. Čím vyšší je konečný tlak, tím více energie je absorbováno. A turbodmychadlo, které umožní zvýšit tlaky ve válci, vede k vyšší výkonnosti motorové brzdy. [11]

Turbodmychadlo s variabilní geometrií nebo turbodmychadlo s variabilními lopatkami poskytuje plnicí tlak již při nižších otáčkách motoru a zvyšuje střední rozsah otáček pro motorovou brzdu. Bez motorové brzdy zůstanou všechny ventily zavřené v horní části kompresního zdvihu a začne pracovní takt. Bez vstříku paliva tlak vzduchu působí silou na píst a vrací většinu síly na klikový hřídel. S motorovou brzdou (obr. 37) jsou výfukové

ventily otevřeny těsně u horní úvrati kompresního zdvihu. Energie uložená ve vzduchu bezpečně unikne prostřednictvím výfukového systému. Teoreticky se žádné síly nevracejí na klikový hřídel a motor je schopen vozidlu poskytnout brzdou sílu. Načasování otevírání ventilů je důležité, protože píst má v horní úvrati maximální množství energie. Je-li ventil otevřen předčasně, nevzniká energie potřebná k brzdění vozidla a vzduch uniká výfukovým ventilem. [11]

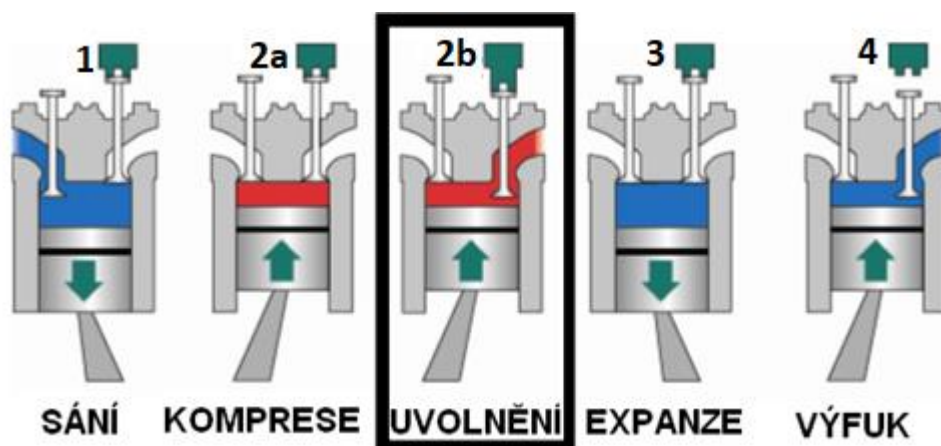
Podobná situace nastává v případě, když je ventil otevřen za horní úvrati a část energie, která je obsažená ve stlačeném vzduchu, se vrací zpět na klikový hřídel a brzdění se stává méně efektivní. V praxi je nutné použít vačkový nebo vahadlový pohyb, který se vyskytuje v blízkosti horní úvrati. Tento pohyb se přenáší na hlavní píst, který ho předává pomocí hydraulického okruhu vedlejšímu pístu, jenž otevírá výfukový ventil. Mezi nejdůležitější faktory ovlivňující zpomalení výkonu motoru patří zdvihový objem, kompresní poměr, typ použitého turbodmychadla a časování záklopka – zahájení akce. Za dobrých dopravních podmínek umožňuje retardér řidiči navolit stupeň brzdění vozidla. [11]

Pro aktivaci motorové brzdy musí být splněny dvě podmínky:

- spojka musí být sepnutá (automatická převodovka nesmí být na pozici neutrálu),
- musí být zamezeno vstřikování paliva do motoru (noha z pedálu).

Za těchto podmínek je napětí puštěno do elektromagnetu a motorová brzda je aktivována. Na starších motorech s mechanickou kontrolou paliva obsahuje motorový brzdový systém palivové čerpadlo, spojkový snímač a navíc snímač, který detekuje, zdali jsou všechny podmínky splněny. Dnešní motory jsou vybaveny elektronickými řídicími jednotkami motoru (ECM), který snímá, kdy je motor bez paliva a jestli je spojka sepnuta. Elektronické motory mají motorovou brzdu řízenou přímo z řídicí jednotky motoru. Všechny motorové brzdové systémy jsou nastaveny pro práci s brzdovým systémem ABS a většina může být nastavena i pro práci s tempomatem. Mnohé z dnešních elektronických automatických převodovek je možné naprogramovat na podřazení v případě, že je to vyžadováno motorovou brzdou, tj. zařazení optimálních otáček motoru, které jsou potřebné pro nejlepší brzdny účinek motorové brzdy. [11]

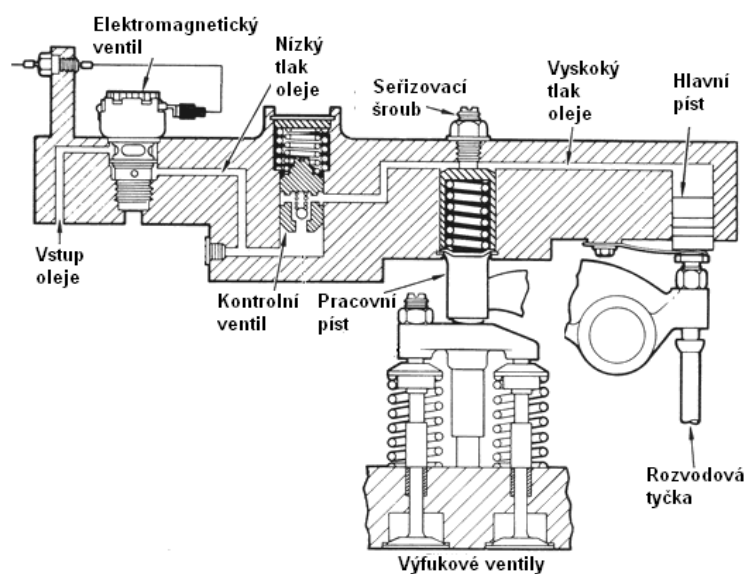
Princip funkce



Obr. 37 Cykly motorové brzdy [11]

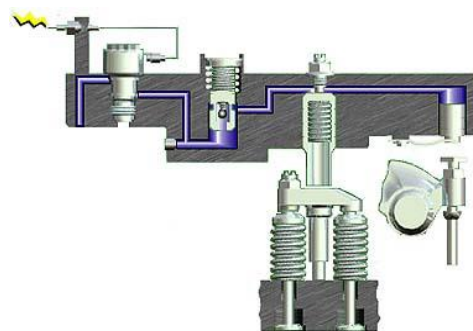
- 1) Sací ventil se otvírá a vzduch je přiveden do válce za podpory tlaku od turbodmychadla.
- 2a) Vzduch je stlačený asi na 3,5 MPa pístem motoru. Energie požadovaná k tomu, aby stlačila tento vzduch, je produkovaná hnacími koly.
- 2b) Blízko horní úvrti motorová brzda otevírá výfukový ventil. Skrz výfuk odchází stlačený vzduch a s ním i naakumulovaná energie.
- 3) Při pohybu dolů se žádná energie nevrací zpět do pístu. Vzniká zde ztráta energie a tato ztráta je důvodem zpomalování vozu.
- 4) Normální výfukový takt. [11]

Praktická činnost motorové brzdy bude prezentovaná na motorové brzdě společnosti Jacobs. Popis nejdůležitějších částí brzdy (obr. 38) je důležitý k pochopení činnosti.

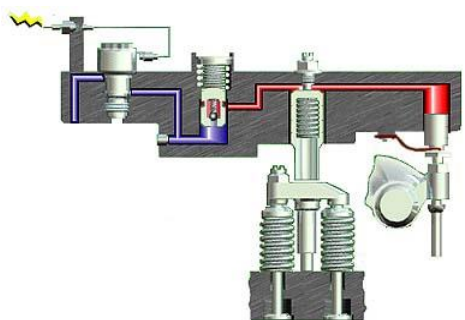


Obr. 38 Součásti motorové brzdy společnosti Jacobs [11]

1) Když je motorová brzda aktivována (obr. 39), elektromagnet propouští olej k pojistnému ventilu. Kulička ve ventilu propustí olej dále do okruhu a ten vyplňuje hlavní a vedlejší píst.



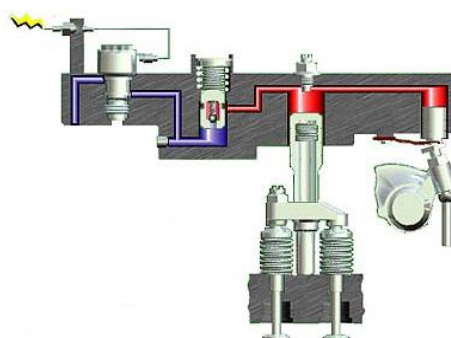
Obr. 39 Aktivace motorové brzdy [11]



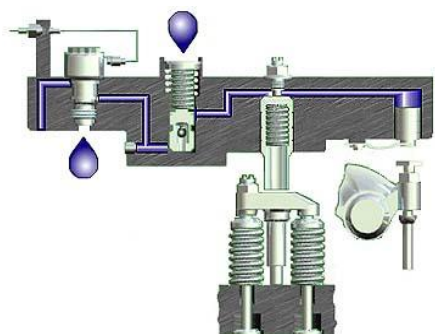
Obr. 40 Zvýšení tlaku oleje [11]

2) Olej pod nízkým tlakem vytlačuje hlavní píst ven. Až když vahadlo zatlačí na hlavní píst (obr. 40), vznikne zpětný vysoký tlak, který uzavírá kuličku v řídicím ventilu.

3) Vysoký tlak oleje uzavře kuličku v řídicím ventilu (obr. 41). Pokračující pohyb vahadla působí na hlavní píst, zvyšující se tlak oleje tlačí na pracovní píst a způsobuje to, že se výfukové ventily otevírají.



Obr. 41 Otevření výfukových ventilů [11]



Obr. 42 Deaktivace motorové brzdy [11]

4) Když se vahadlo pohybuje směrem dolů, hlavní píst se vrací zpět a vedlejší píst se pohybuje nahoru, což umožňuje výfukový ventil uzavřít a připravit se na další cyklus. Tyto cykly pokračují tak dlouho, dokud je elektromagnet pod napětím. Když je elektromagnet bez napětí (obr. 42), pojistný ventil se posune dolů a vysoký tlak oleje se uvolní přes otvory na vrcholu pojistného ventilu. [11]

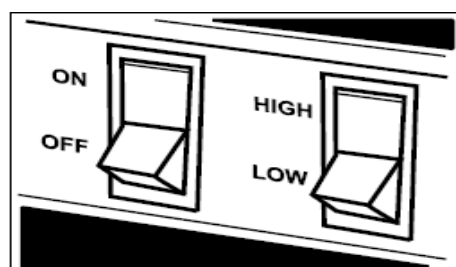
Maximální zpomalující síla se získá využitím nejnižšího možného převodového stupně bez překročení doporučených otáček motoru pro brzdění motorem. Nejlepší zpomalující výkon se získá od 1800 ot./min. a výše. Pod hodnotu 1700 ot./min. může být brzdná síla výrazně snížena. Jakmile bude motorová brzda zapnutá, je nutné odložit nohu z plynového pedálu, aby se vozidlo zpomalilo. Motorová brzda zahájí činnost a poskytuje brzdnou sílu vozidlu. Použití provozní brzdy je třeba, když je nutné úplně zastavit vozidlo.

Pokud je vozidlo vybaveno automatickou převodovkou, tak motorová brzda pracuje v základním principu stejně jako u vozidla s manuální převodovkou. Motorová brzda se aktivuje při uvolnění plynového pedálu a zároveň se deaktivuje při sešlápnutí plynového pedálu. [11]

Ovládání

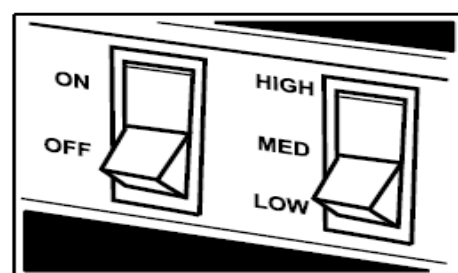
Ovládací prvky se mírně mění v závislosti na provedení motorové brzdy a tvaru kabiny. Základní kontrola je stejná pro všechny modely. Všechna vozidla s manuálními převodovkami dovolí řidiči zapnutí, vypnutí a nastavení brzdění motorové brzdy podle potřeby. Níže jsou ilustrace různých typů vypínačů, které jsou umístěny ve vozidle. Operace přidělené těmto vypínačům jsou následující (pro typický řadový motor s šesti válci):

Dvoustupňový spínač: „LOW“ vypínač (obr. 43) aktivuje tři válce a motor odevzdává přibližně 50 % výkonu na brzdění. „HIGH“ vypínač aktivuje všech šest válců a motor odevzdává plný výkon na brzdění vozu. [11]



Obr. 43 Dvoustupňový spínač [11]

Třístupňový spínač: „LOW“ (obr. 44) nastavení aktivuje dva válce a motor odevzdává na brzdění přibližně jednu třetinu svého výkonu. „MED“ nastavení aktivuje čtyři válce a odevzdává na brzdění dvě třetiny výkonu. „HIGH“ nastavení aktivuje všech šest válců a poskytuje plný výkon na brzdění vozu. [11]

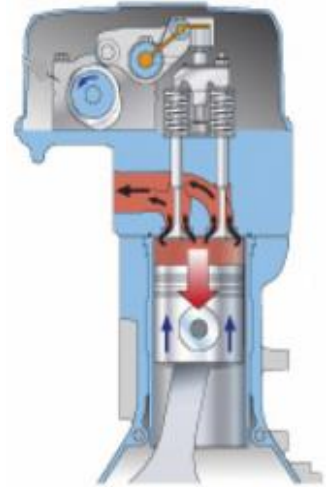


Obr. 44 Třístupňový spínač [11]

Dodatečně může být namontováno nožní ovládání, které dává kontrolu nad dvěma polohami funkce motorové brzdy. Někteří výrobci vozidel nabízejí několika polohové přepínače pro motorovou brzdu. [11]

Motorová brzda Volvo VEB

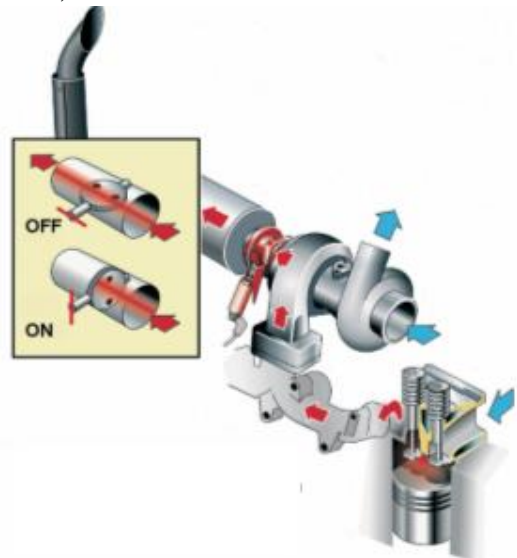
Je to kombinace výfukové klapky a modifikace brzdy Jake Brake (obr. 45). Tato brzda se zapíná pomocí tlačítka na přístrojové desce a pak je další ovládání závislé na sešlápnutí brzdového pedálu. Při běžné práci motoru dvě vačky, které působí na výfukové ventily, neovlivňují jejich otvírání a zavírání, jelikož je jejich zdvih menší než samotná vůle ventilů. Při aktivaci motorové brzdy se pomocí škrticího ventilu zvýší tlak oleje v kanálu vahadla. To způsobuje, že pístek vahadla působícím tlakem oleje vymezuje vůle ventilu téměř na nulovou hodnotu. V tomto momentu je činnost motorové brzdy obdobná jako u dalších motorových brzd. Vačky otevřou výfukové ventily blízko horní úvrti a stlačený vzduch odchází z pracovního válce do výfukového potrubí i s naakumulovanou energií. Při zpětném pohybu nepůsobí na píst žádná energie a tato ztráta způsobuje brzdný moment. [12]



Obr. 45 Motorová brzda Volvo VEB [12]

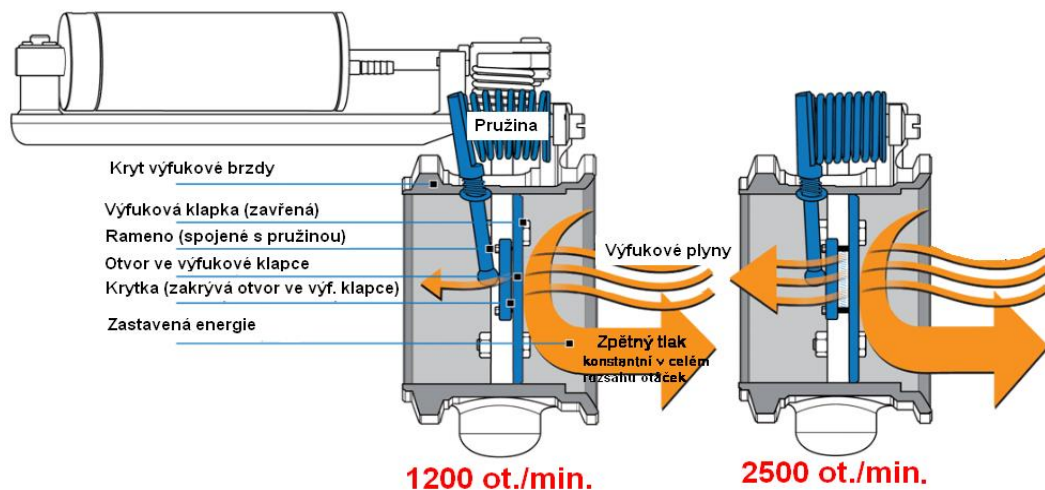
4.4) Výfuková odlehčovací brzda

Když se při sjíždění kopce sníží či úplně zamezí dodávka paliva do motoru, začíná motor působit na vozidlo jako brzda. Čím vyšší otáčky motoru, tím více vozidlo brzdí. Tento brzdný účinek se dá ještě zvýšit tím, že se omezí anebo úplně znemožní průchod spalin výfukovým potrubím. Uzavření výfukového potrubí se zpravidla provádí klapkou nebo šoupátkem, které se ovládá za pomoci pneumatického válce. Výfuková brzda (obr. 46) uzavírá část výfukového potrubí, které je umístěno mezi turbokompresorem (je-li instalován) a tlumičem výfuku. Když je výfuk uzavřen, motor začíná pracovat jako kompresor, což způsobuje brzdnou činnost.



Obr. 46 Výfuková odlehčovací brzda [13]

Vstříkovací čerpadlo je během brzdění ve stavu nečinnosti. Výfuková brzda může být použita v rychlostech nad 10 km/h. Při brzdění se nejlepšího účinku dosáhne, když je zařazen nižší převodový stupeň a tím se zvyšuje brzdný výkon. [13]



Obr. 47 Součásti výfukové brzdy [13]

Pro získání nejlepších výsledků výfukové brzdy je nezbytné sledovat několik jednoduchých operačních procedur.

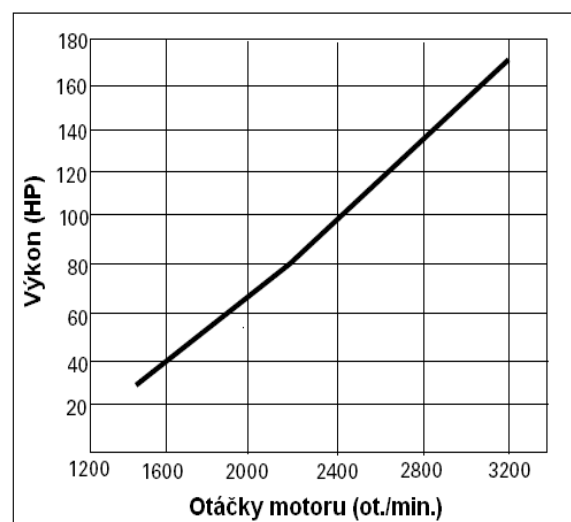
Aktivace výfukové brzdy je možná, když jsou splněny následující podmínky:

- systémový ON/OFF vypínač je v poloze zapnuto (ON),
- do motoru není dodáváno palivo.

Mezi uvolněním plynového pedálu a uzavřením výfukové brzdy je časová prodleva 1 až 2 vteřiny, než řídicí jednotka vyšle signál o uzavření. Toto zpoždění je naprogramované v řídicí jednotce a není možné ho přednastavit. Účel tohoto zpoždění je předejít neúmyslné aktivaci motorové brzdy během změny převodového stupně. [13]

Řízení s výfukovou brzdou

Pro získání optimální brzděné síly z výfukové brzdy je nezbytné držet otáčky motoru tak vysoko, jak je to možné (obr. 48). Při zpomalování vozidla se řadí převodový stupeň, který způsobí, že motor bude operovat blízko 3200 ot./min. (tato hodnota je určena pro lehčí nákladní vozy, těžší nákladní vozy operují v nižších otáčkách), ne však přes tuto hranici. Jestli rychlost vozidla začíná být nižší, než je požadována, je třeba buď stlačit plynový pedál, aby se zvýšily otáčky motoru, či zařadit vyšší převodový stupeň. [13]



Obr. 48 Závislost brzděného výkonu na otáčkách [13]

5) Ekonomický přínos při využití retardéru

Odlehčovací brzdy se nepoužívají pouze z bezpečnostního hlediska, které převyšuje důležitost užití, ale i z důvodů úspor brzdového obložení, pláště pneumatik, zkrácení doby jízdy atd. Každá společnost, která vyrábí odlehčovací brzdy, poukazuje i na to, jak velká úspora vznikne užíváním jejich produktu. Níže uvedenou finanční bilanci si vypracovala společnost Telma v roce 2014, kde se zkoumala úspora při využití retardéru. Sledovaná společnost se zabývá svozem odpadu a pohybuje se výhradně v městské části, kde se brzdění vyskytuje častěji než u kamionové vnitrostátní nebo mezinárodní přepravy. [9]

TELMA INVESTMENT ANALYSIS

sledovaná společnost: Premier Waste Collection Company

výměna brzd bez retardéru za rok: 4,8x

měsíční interval: 2,5

výměna brzd s retardérem za rok: 0,57x

měsíční interval: 21,1

zvýšení životnosti brzd: 8,44x

Náklady na výměnu brzd:

materiál (brzdové obložení a další náhradní díly): 915 USD,

práce: 420 USD,

průměrné náklady výměny brzd (materiál + práce): 1335 USD.

Průměrné roční náklady na výměnu brzd

	bez retardéru	s retardérem
počet výměn za rok:	4,8	0,57
náklady vynaložené na výměnu brzd:	1335 USD	1335 USD
náklady vynaložené na výměnu brzd za rok:	6408 USD	761 USD
roční úspora při použití retardéru:		<u>5647 USD</u>

průměrná životnost vozidla: 10 let,

náklady vynaložené na výměnu brzd za životnost vozidla bez retardéru: 64080 USD,

náklady vynaložené na výměnu brzd za životnost vozidla s retardérem: 7610 USD,

investice do retardéru: 10500 USD,

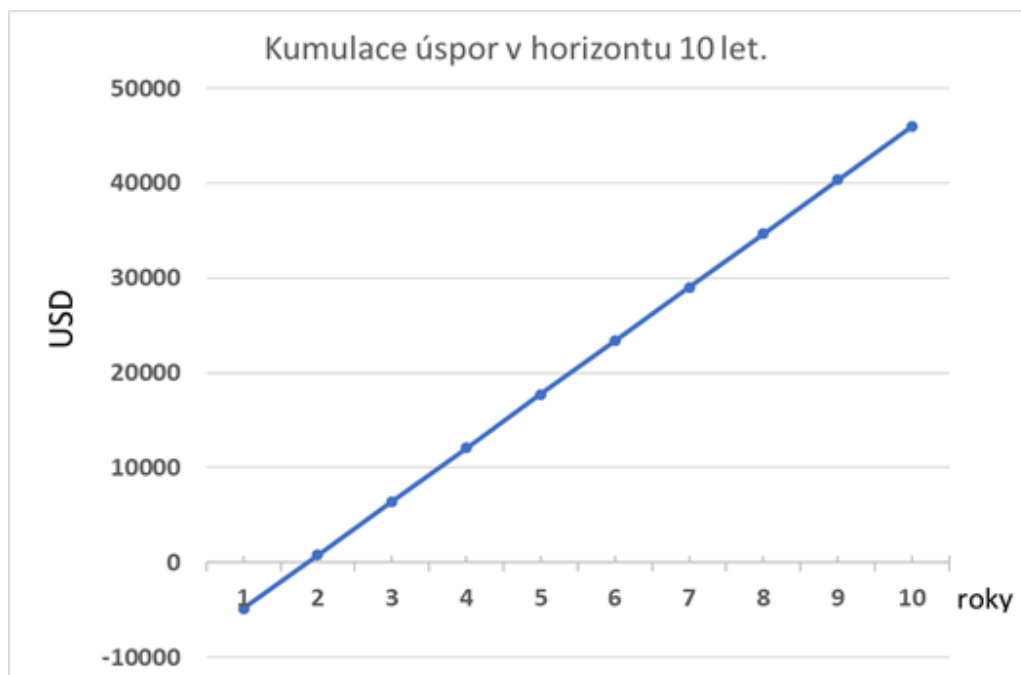
úspora po odečtení nákladů za instalaci retardéru: 45970 USD. [9]

Z výše uvedené bilance je patrné, že užití retardéru přináší společnosti roční úsporu 5647 USD. V prvním roce se úspora po investici do instalace retardéru nachází v záporných číslech, změna nastává až druhým rokem, kde se dostává nad nulovou hodnotu

a s postupujícími lety lineárně roste (obr. 49). Je to za předpokladu, že po celou dobu životnosti vozidla, tj. 10 let, nedojde k poškození nebo poruše retardéru a tím vznikem nákladů do jeho oprav.

Tab. 7 Kumulace úspor v horizontu 10 let

Rok	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
úspora (USD)	-4853	794	6441	12088	17735	23382	29029	34676	40323	45970



Obr. 49 Kumulace úspor v horizontu 10 let

Návratnost investice je základní ukazatel v podnikové ekonomice, prodeji a investování. Originální název je „return on investment“ a má zkratku ROI. Tento ukazatel reprezentuje poměr investovaných peněz ku vydělaným. Výsledek vyjadřuje, jestli je investice výhodná, či nikoliv. V rovnici číslo 8 je spočtena návratnost investice do retardéru Telma. [14]

$$ROI = \frac{\text{zisk} - \text{investice}}{\text{investice}} \cdot 100 (\%) \quad (8)$$

$$ROI = \frac{45970 - 10500}{10500} \cdot 100 = 337,8 \% \Rightarrow 338 \%$$

Výsledek, který po zaokrouhlení vychází na 338 %, je průkazným důkazem o tom, že instalace retardéru je přínos pro sledovanou společnost.

Společnost Voith ve svých propagačních materiálech uvádí příklad ekonomického přínosu v období tří let pro odlehčovací brzdu VOITH 115HV (již zmíněna v kapitole Hydrodynamická odlehčovací brzda). [7]

Tab. 8 Ekonomický přínos retardéru Voith 115HV [7]

Ekonomický přínos retardéru společnosti VOITH v časovém období 3 let		
Investice	bez retardéru	s retardérem
nákup retardéru 115HV	0 €	4000 €
servis retardéru (výměna oleje, zahrnující cenu oleje) 115 euro/rok * 3 roky	0 €	345 €
cena za výměnu brzd na vozu Mercedes – Benz – kamion (1x obložení a buben), životnost 3 roky	2900 €	0 €
cena za výměnu brzd na vozu Mercedes – Benz – návěs (1x 3 nápravy/obložení a bubnu, životnost 3 roky	4500 €	0 €
úspora paliva s retardérem 115HV za předpokladu prozíravého způsobu jízdy cca 738 euro/rok * 3 roky	0 €	-2214 €
hodnota dalšího prodeje retardéru	0 €	-2000 €
celkové náklady	7400 €	131 €
celková úspora s retardérem za období 3 let	7269 €	

I zde vychází výrazná úspora při užití odlehčovací brzdy. Je zde započítána i možnost odprodeje 3 roky starého retardéru, čímž se vrátí částečná investice vložená do nákupu. Výhodou tohoto řešení je, že nákup dalšího, nového retardéru, bude už s nižšími vstupy a že se při nákupu nového retardéru obnoví i záruční lhůta. [7]

Autor bakalářské práce vypracoval vlastní finanční bilanci na základě informací, které si vyžádal od přepravce, jenž se zabývá vnitrostátní a mezinárodní kamionovou přepravou. Při výpočtu ekonomického přínosu používá poměr využití provozní brzdy a retardéru v celkovém brzdění. Autor vycházel ze SAE (Society of Automotive Engineers) 811260, kde je tento poměr uveden a nazývá se B_{LEF} čili brake life extension factor a je vyjádřen rovnicí 9. [15]

$$B_{LEF} = \frac{(a)Total}{(d)Total} \quad (9)$$

kde:

(a)Total ... celkové brzdění (%),

(d)Total ... brzdění provozní brzdou (%).

Níže uvedené informace byly získány od přepravce na základě jeho zkušeností a popisují procentuální využití provozní a odlehčovací brzdy (tab. 9).

Tab. 9 Procentuální zastoupení provozní brzdy v celkovém brzdění [15]

	(a) celkové brzdění v %	(b) brzdění retardérem v %	(c) brzdění provozní brzdou v %	(d) (a) x (c) = brzdění provozní brzdou v %
Celkové zastavení	20	30	70	14
Přibrzdění v provozu	40	80	20	8
Brzdění při jízdě z kopce	40	90	10	4
	100 %			26 %

$$B_{LEF} = \frac{(a)Total}{(d)Total} = \frac{100}{26} = 3,85$$

Pokud v této rovnici vychází číslo, které je větší než 1, tak se na brzdění podílí i odlehčovací brzda, teď je jen důležité, v jakém procentuálním poměru zastupuje odlehčovací brzda provozní brzdou. V tomto případě odlehčovací brzda prodlouží životnost brzd 3,85krát. Přepravcem byly poskytnuty informace o počtu ujetých kilometrů za rok v tuzemsku i mezinárodně, o ceně za výměnu brzd a práci a počet kilometrů, po kterých se provádí výměna brzd.

Počet ujetých kilometrů za rok je cca 120000 km.

Cena za výměnu brzd a práci je 35000 Kč.

Počet ujetých kilometrů mezi výměnou brzd – tuzemsko: 300000 km,

mezinárodní: 450000 km.

U obou případů se jedná o vozidla, která již mají odlehčovací brzdou, a proto se spočítá, jaké náklady by byly v případě, že by vůz nebyl vybaven odlehčovací brzdou. Podle odhadu přepravce je provozní brzda využívána z 26 %, tudíž 74 % obstarává odlehčovací brzda.

Tab. 10 Přehled nákladů na výměnu brzd s použitím odlehčovací brzdy

přeprava	počet ujetých kilometrů mezi výměnou brzd	počet ujetých kilometrů za rok	počet výměn za rok	cena za výměnu brzd (Kč)	cena za výměnu brzd (Kč/rok)
tuzemsko	300000	120000	0,4	35000	14000
mezinárodní	450000	120000	0,27	35000	9450

Retardér prodloužil životnost 3,85krát, níže je uveden přepočet, kolik by se ujelo bez použití retardéru a jaká roční částka je nutná na výměnu.

Tab. 11 Přehled nákladů na výměnu brzd bez použití odlehčovací brzdy

přeprava	počet ujetých kilometrů mezi výměnou brzd	počet ujetých kilometrů za rok	počet výměn za rok	cena za výměnu brzd (Kč)	cena za výměnu brzd (Kč/rok)
tuzemsko	77922	120000	1,54	35000	53900
mezinárodní	116883	120000	1,03	35000	36050

Ve výše uvedených tabulkách jsou hodnoty, které udávají náklady na výměnu brzd s použitím odlehčovací brzdy a bez použití. Úspora, která takto vznikne za rok je spočtena v tabulce číslo 12.

Tab. 12 Úspora vzniklá použitím odlehčovací brzdy

přeprava	cena za výměnu brzd s retardérem (Kč/rok)	cena za výměnu brzd bez retardéru (Kč/rok)	rozdíl (Kč/rok)
tuzemsko	14000	53900	39900
mezinárodní	9450	36050	26600

Na základě těchto informací je zřejmé, že i tuzemská společnost ušetří nemalé prostředky, když bude používat odlehčovací brzdy. Je zde prostor i pro větší úsporu, ale to je závislé na zkušenostech řidiče.

6) Závěr

Cílem této práce bylo vytvořit přehled systémů odlehčovacích brzdových soustav a prokázat jejich úsporu při používání u nákladních vozidel a autobusů. Každá skupina brzd využívá jiné způsoby, jak snížit kinetickou energii. Hydrodynamický retardér využívá nejčastěji olej jako provozní kapalinu a disponuje největším brzdícím výkonem z uvedených retardérů. Výkon je hlavně závislý na teplotě oleje a je omezen výkonem chladicí soustavy. Nevýhodou je jeho konstrukční složitost a velká hmotnost, která zvyšuje celkovou hmotnost vozidla. Elektromagnetický retardér využívá vířivé proudy k vytvoření brzdící síly. Tato síla je nejvíce ovlivněna teplotou, která se vytvoří průchodem proudů v otáčejícím se rotoru. Výhoda tohoto retardéru je ve snadné montáži do hnacího ústrojí užitkového vozu a ve velmi dobrém brzdícím výkonu. Nevýhodou je ovšem jeho velká hmotnost a teploty, které se při brzdění vytváří. Motorová brzda využívá pro brzdění změnu časování ventilů. Výkon brzdy je nejvíce ovlivněn zdvihovým objemem, kompresním poměrem, plněním pracovního prostoru turbodmychadlem a správným časováním ventilů. Výhodou je nízká hmotnost. Nevýhoda spočívá v tom, že se nedá využít v zážehovém motoru, i když tento motor není u nákladních vozů běžný. Výfuková brzda je umístěna ve výfukovém potrubí a brání odchodu výfukových plynů, čímž vytváří brzdící sílu. Výhoda je v jednoduchosti montáže, brzda je vhodná i pro malé nákladní vozy, kde není prostor pro výše uvedené brzdy. Nevýhodou je nízký brzdící výkon, a proto se používá v kombinaci s výkonnějším retardérem pro těžké nákladní vozy. Všechny výše uvedené odlehčovací brzdy splňují požadavek, který je na ně kladen a nelze jednoznačně určit, který systém je nejlepší.

Vedlejším, ale neméně důležitým přínosem retardéru, je i ekonomické hledisko. Toto hledisko bylo vypracováno v kapitole číslo 5. Jsou zde uvedeny příklady úspor tak, jak je prezentují výrobci, ale i vlastní autorovo zpracování, na základě informací přímo od přepravce. Bylo prokázáno, že odlehčovací brzda přináší nemalé finanční úspory, které může podnik investovat například do rozvoje lidí nebo techniky. Všechny uvedené odlehčovací brzdové systémy způsobí snížení rychlosti přeměnou kinetické energie nejčastěji na teplo, které se odvede do okolí. Tudíž energie, která byla potřeba k dosažení požadované rychlosti, se při zpomalení dále nevyužije. Dalším krokem ve vývoji odlehčovacích brzd je, aby energie, která se vytvoří při brzdění, byla naakumulována (rekuperována) a pomohla motoru v následném rozjezdu. Toto řešení snižuje spotřebu a emise, nicméně ještě není standardně instalováno do vozů a je ve stavu výzkumu a testování.

7) Seznam použité literatury a zdrojů informací

- [1] ŘEDITELSTVÍ SLUŽBY DOPRAVNÍ POLICIE POLICEJNÍHO PREZIDIA ČESKÉ REPUBLIKY. Přehled o nehodovosti na pozemních komunikacích v České republice za rok 2016 [online]. 2016 [cit. 2017-09-17]. Dostupné z: <http://www.policie.cz/soubor/prehled-nehodovosti-na-pozemnich-komunikacich-v-roce-2016-rar.aspx>
- [2] Developing Braking Standards for Heavy Vehicles to Brake Effectively and Safely on Steep Declines. Onlinepublications austroads [online]. 2017 [cit. 2017-09-13]. Dostupné z: <https://www.onlinepublications.austroads.com.au/items/AP-R539-17>
- [3] XIN, Qianfan. Diesel engine system design. Cambridge: Woodhead Publishing, 2011. Woodhead Publishing in mechanical engineering. ISBN 9781845697150.
- [4] Předpis Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů (EHK OSN) č. 13: Jednotná ustanovení pro schvalování vozidel kategorií M, N a O z hlediska brzdění [2016/194 [online]. 2016 [cit. 2017-11-07]. Dostupné z: <http://eurlex.europa.eu/eli/reg/2016/194/oj>
- [5] BAGGEN, M.C.J. Feasibility study of BST for truck application. *Technische Universiteit Eindhoven* [online]. Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven, 2004 [cit. 2017-12-07]. Dostupné z: <http://repository.tue.nl/9c3997a1-2f40-428a-974c-236c387239cc>
- [6] SCANIA: Technická literatura společnosti SCANIA Czech Republic.
- [7] Voith: Retarders – Trucks [online]. [cit. 2017-01-25]. Dostupné z: <http://voith.com/corpen/braking-systems/retarders-trucks.html>
- [8] ZF: Technická literatura společnosti ZF.
- [9] Telma: Technical support [online]. [cit. 2017-06-14]. Dostupné z: <https://www.telmausa.com/>
- [10] WIESINGER, Johannes. Elektrodynamischer Retarder. <https://www.kfztech.de/> [online]. [cit. 2017-05-09]. Dostupné z: https://www.kfztech.de/kfztechnik/fahrwerk/bremsen/retarder_2.htm
- [11] Jacobs vehicle system: Technology [online]. [cit. 2017-02-23]. Dostupné z: <https://www.jacobsvehiclesystems.com/>
- [12] Volvo: Volvo engine brake [online]. [cit. 2018-02-23]. Dostupné z: pnt.volvo.com/e/GetAttachment.ashx?id=2041
- [13] Pacbrake: The strongest exhaust brake [online]. [cit. 2018-02-23]. Dostupné z: <https://pacbrake.com/product-lines/exhaust-brakes/>
- [14] MAREŠ, Jan. Return On Investment [online]. [cit. 2018-01-23]. Dostupné z: <http://www.firemnislovník.cz/r/roi-return-investment/>
- [15] O'DAY, James a Howard M. BUNCH. Safety and Economic Benefits of Heavy Truck Retarder Use [online]. 1. Media Info, 1981 [cit. 2018-02-23]. ISBN 00362498. Dostupné z: <https://www.sae.org/>

8) Seznam obrázků

Obr. 1 Vztah mezi rychlostí vozidla a energií potřebnou k zastavení [2]	4
Obr. 2 Vliv teploty obložení na koeficientu tření [2]	5
Obr. 3 Integrovaný retardér společnosti Scania [6]	11
Obr. 4 Velikost brzdného momentu v závislosti na rychlosti vozu pro retardéry Scania [6]...	12
Obr. 5 Retardér ve stavu klidu [6]	12
Obr. 6 Aktivace retardéru [6]	13
Obr. 7 Aktivní retardér [6].....	13
Obr. 8 Umístění rotoru a statoru v retardéru [6].....	14
Obr. 9 Akumulátor [6].....	15
Obr. 10 Blok elektromagnetických ventilů [6].....	15
Obr. 11 Bezpečnostní ventil [6].....	16
Obr. 12 Chladicí soustava retardéru [6].....	16
Obr. 13 Závislost brzdného momentu na teplotě oleje [6]	17
Obr. 14 Integrovaný retardér společnosti Voith 115E [7]	17
Obr. 15 Retardér VOITH 120 [7]	18
Obr. 16 Aquatarder WR 190 [8].....	20
Obr. 17 Ovládací prvky retardéru Scania [6]	20
Obr. 18 Spínač S17 [6]	20
Obr. 19 Ovládání retardéru pedálem [6].....	21
Obr. 20 Elektromagnetická brzda společnosti Telma [9].....	23
Obr. 21 Retardér není aktivní [9].....	23
Obr. 22 Aktivace retardéru [9]	24
Obr. 23 Chlazení retardéru pomocí lopatek rotoru [9]	24
Obr. 24 Telma Hydral [9].....	24
Obr. 25 Série Axiál a Focal [9].....	25
Obr. 26 Průběh točivého momentu a výkonu axiálního retardéru Telma AC 55-55 [9].....	25
Obr. 27 Průběh točivého momentu a výkonu retardéru Telma série focal FV 61-00 [9].....	26
Obr. 28 Ovládání pedálem [9]	27
Obr. 29 Ruční ovládání [9].....	27
Obr. 30 Součásti ovládání retardéru Telma [9]	28
Obr. 31 Indikátor na palubní desce [9]	28
Obr. 32 ABS interface [9].....	28
Obr. 33 Tlakový spínač [9].....	29
Obr. 34 Reléový box [9].....	29
Obr. 35 Diody reléového boxu [9]	29
Obr. 36 Retardér s permanentními magnety [10]	30
Obr. 37 Cykly motorové brzdy [11]	32
Obr. 38 Součásti motorové brzdy společnosti Jacobs [11].....	32
Obr. 39 Aktivace motorové brzdy [11]	33
Obr. 40 Zvýšení tlaku oleje [11].....	33
Obr. 41 Otevření výfukových ventilů [11]	33
Obr. 42 Deaktivace motorové brzdy [11].....	33
Obr. 43 Dvoustupňový spínač [11].....	34
Obr. 44 Třístupňový spínač [11].....	34
Obr. 45 Motorová brzda Volvo VEB [12].....	35

Obr. 46 Výfuková odlehčovací brzda [13]	35
Obr. 47 Součásti výfukové brzdy [13]	36
Obr. 48 Závislost brzdného výkonu na otáčkách [13].....	36
Obr. 49 Kumulace úspor v horizontu 10 let	38

9) Seznam tabulek

Tab. 1 Přehled nehod podle druhu vozidla za rok 2016 [1]	1
Tab. 2 Přehled 10 nejtragičtějších příčin nehod, kde došlo k úmrtí 2016 [1]	1
Tab. 3 Technické údaje integrovaných retardérů společnosti Voith [7].....	18
Tab. 4 Technické údaje retardérů Voith umístěných na převodovce nebo hnacím ústrojí [7].	19
Tab. 5 Technické údaje axiálních retardérů společnosti Telma [9].....	25
Tab. 6 Technické údaje retardérů série focal společnosti Telma [9].....	26
Tab. 7 Kumulace úspor v horizontu 10 let	38
Tab. 8 Ekonomický přínos retardéru Voith 115HV [7]	39
Tab. 9 Procentuální zastoupení provozní brzdy v celkovém brzdění [15].....	40
Tab. 10 Přehled nákladů na výměnu brzd s použitím odlehčovací brzdy	40
Tab. 11 Přehled nákladů na výměnu brzd bez použití odlehčovací brzdy	41
Tab. 12 Úspora vzniklá použitím odlehčovací brzdy	41