

UNIVERZITA PARDUBICE

Dopravní fakulta Jana Pernera

Zvýšení provozuschopnosti parkovací brzdy u vozidel s retardérem

Lukáš Bačkovský

Bakalářská práce

2009

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lukáš BAČKOVSKÝ**  
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**  
Studijní obor: **Dopravní prostředky-Silniční vozidla**

Název tématu: **Řešení zvýšení provozuschopnosti parkovací brzdy  
u vozidel s retardérem**

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

1. Úvod
2. Systémy parkovací brzdy pro nákladní vozidla a autobusy
3. Silový rozbor soustavy parkovací brzdy
4. Návrh ovládacích prvků a jejich umístění v brzdovém systému
5. Návrh provozních parametrů systému
6. Závěr

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

MOTEJL, Vladimír, HOREJŠ, Karel. Učebnice pro řidiče a opraváře automobilů. [s.l.] : Literatura Brno, 1998. 504 s. ISBN 80-85763-00-1.  
GSCHEIDLE, Rolf. Příručka pro automechanika. Translation 3rd. revised edition Iva Michňová, Zdeněk Michňa, Jiří Handlíř. 3. přeprac. vyd. Praha : Europa-Sobotáles.cz s. r. o, 2007. 688 s. ISBN 978-80-86706-17-7.  
VLK, František. Podvozky motorových vozidel. 2. vyd. Brno : [s.n.], 2003. 392 s. ISBN 80-239-0026-9.

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Jan Pokorný**

Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Datum zadání bakalářské práce:

**20. února 2009**

Termín odevzdání bakalářské práce:

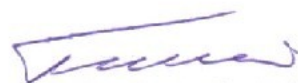
**1. června 2009**



prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.

děkan

L.S.



doc. Ing. Miroslav Tesař, CSc.

vedoucí katedry

dne

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/200 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle §60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 13. 5. 2009

Lukáš Bačkovský

## Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat rodičům za poskytnutí zázemí, které mi umožnilo propracovat se šesti semestry bakalářského studia a vedoucímu bakalářské práce za vedení a konzultace, které byly přínosem pro moji práci.

## ANOTACE

Práce se zabývá návrhy systémů pro zvýšení provozuschopnosti parkovací brzdy. Každý ze systémů je schematicky nakreslen a popsán. U každého systému jsou uvedeny výhody a nevýhody.

## KLÍČOVÁ SLOVA

parkovací brzdy, udržení vozidla na svahu, přídatný systém

## TITLE

Solutions to increase operability of the parking brake for vehicles equipped with retarder

## ANNOTATION

The work deals with proposal for systems to increase operability of the parking brake. Each system is schematically drawn and described. Advantages and disadvantages are listed for each system.

## KEYWORDS

Parking brake, keeping the vehicle on the slope, additional system

## Obsah

1. Úvod .....	8
1.1. Základní pojmy brzdění .....	8
1.2. Druhy brzdových soustav .....	9
1.2.1. Podle účelu použití .....	9
1.2.2. Podle zdroje energie. ....	9
1.3. Strojní brzdová soustava .....	10
1.3.1. Strojní pneumatická brzdová soustava. ....	10
1.3.2. Hydropneumatická brzdová soustava.....	11
1.4. Bubnová brzda .....	12
1.5. Kotoučová brzda .....	13
2. Systémy parkovací brzdy pro nákladní automobily a autobusy .....	14
2.1. Parkovací brzda u vozidel vybavených bubnovými brzdami na zadní nápravě... 14	
2.2. Parkovací brzda u vozidel vybavených kotoučovými brzdami na zadní nápravě 15	
2.2.2. Parkovací brzda samostatná bubnová.....	15
3. Silový rozbor soustavy parkovací brzdy .....	16
3.1. Bubnové brzdy .....	16
3.1.1. Bubnové brzdy ovládané klíčem .....	18
3.1.2. Bubnové brzdy ovládané rozpěrným klínem.....	18
3.2. Kotoučové brzdy .....	19
4. Návrh ovládacích prvků a jejich umístění v systému .....	20
4.1. Přídavné systémy pro hydropneumatické brzdové soustavy .....	20
4.2. Přídavné systémy pro vzduchotlaké brzdové soustavy.....	24
5. Návrh provozních parametrů systému .....	29
6. Závěr.....	30

## 1. Úvod

Během své praxe jsem se setkal s problémem, kdy autobusům zůstávaly brzdy zalehlé, jak ve stavu plného zabrzdění, tak ve stavu plného odbrzdění. Podle slov údržby to bylo způsobeno tím, že řidiči daleko častěji používají k provoznímu brzdění retardér i na rovinných úsecích, kde to není nezbytné nutné. Myslím si, že kvůli tomu je pohyblivost v rámci brzdového ústrojí omezena. Cílem této práce je návrh systémů, které by zajistily takovou pohyblivost v rámci brzdového ústrojí, že by bylo zajištěno udržení vozidla na svahu o sklonu, který je daný v zákonném požadavku na brzdovou soustavu. Na začátku práce uvádím několik pojmů z problematiky brzdění, které se mohou v této práci vyskytnout.

### 1.1. Základní pojmy brzdění

- a) Brzdová zařízení – zahrnuje všechny brzdové a zpomalovací soustavy montované na vozidle.
- b) Brzdová soustava – soubor ústrojí, jež slouží ke snížení rychlosti pohybujícího se vozidla, k jeho zastavení a k zajištění již stojícího vozidla proti samovolnému pohybu.
- c) Zpomalovací soustava – ústrojí, jež neslouží k úplnému zastavení vozidla, nýbrž jen ke snížení rychlosti.
- d) Ovládací síla brzdy – síla, která působí na ovládací orgán brzdy, vynakládaná na brzdění řidičem, nebo cizím zdrojem energie.
- e) Brzdící síla – síla, která vzniká účinkem ovládací síly prostřednictvím převodu brzdy a vyvolává zpomalující sílu na brzděných prvcích.
- f) Brzdná síla – síla vyvozená účinkem brzdové soustavy a působící proti pohybu vozidla.

Brzdění vozidla se dosahuje třením mezi rotujícími a pevnými částmi, např. mezi brzdovým bubnem a brzdovými čelistmi, nebo mezi brzdovým kotoučem a brzdovými segmenty. Tím se pohybová energie vozidla mění v třecích částech na energii tepelnou, kterou je nutné odvádět do ovzduší ochlazováním.



## **1.2. Druhy brzdových soustav**

### **1.2.1. Podle účelu použití**

- a) Soustava pro provozní brzdění nebo také provozní brzda. Je to soubor prvků, který umožňuje snížení rychlosti jízdy nebo zastavení vozidla při normální jízdě. Její účinek musí být odstupňovatelný.
- b) Soustava pro nouzové brzdění nebo také nouzová brzda. Je to soubor prvků, který umožňuje snížení rychlosti jízdy nebo zastavení vozidla v případě selhání soustavy pro provozní brzdění. Její účinek musí být odstupňovatelný.
- c) Soustava pro parkovací brzdění nebo také parkovací brzda. Je to soubor prvků, který umožňuje udržet vozidlo mechanickými prostředky i na svahu o předepsaném sklonu a zejména v nepřítomnosti řidiče.
- d) Soustava pro odlehčovací brzdění nebo také zpomalovací soustava. Je to soubor prvků, který umožňuje udržet stálou rychlost vozidla nebo snížit rychlost vozidla, což je vhodné zejména při sjíždění dlouhých klesání.

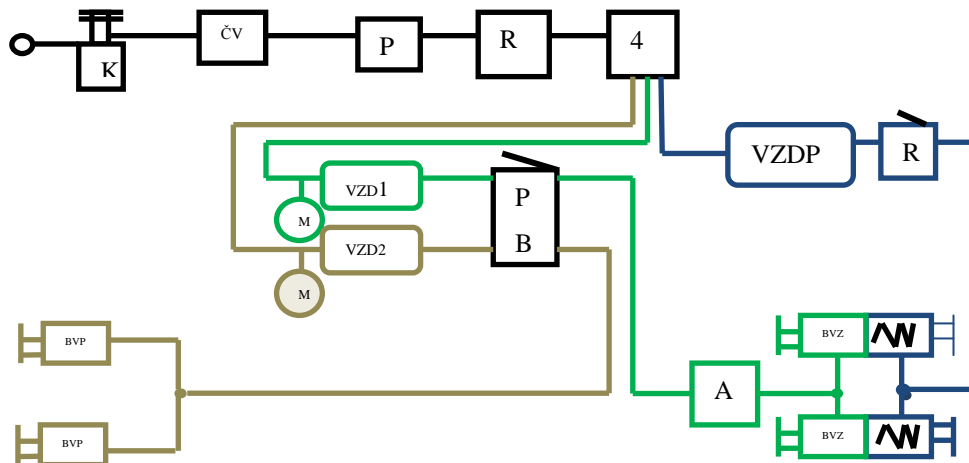
### **1.2.2. Podle zdroje energie.**

Zdroj energie brzdové soustavy je ústrojí pro dodávku energie, které se skládá z částí brzdového zařízení, která dodávají, regulují nebo upravují energii požadovanou pro brzdění.

- a) Přímočinná brzdová soustava. U této soustavy je energie potřebná k vytvoření brzdné síly dodávána pouze svalovou silou řidiče.
- b) Polostrojná brzdová soustava. Energie k vytvoření brzdné síly se dodává svalovou silou řidiče. Tato energie je doplněna dalším přídavným zdrojem, který může být vzduchový (podtlakový nebo přetlakový) nebo hydraulický.
- c) Strojní brzdová soustava. U této soustavy se dodává energie jedním nebo několika zdroji energie. [1]

### 1.3. Strojní brzdová soustava

#### 1.3.1. Strojní pneumatická brzdová soustava.



Obrázek 1 Zjednodušené schéma pneumatické brzdové soustavy

Jedná se o brzdovou soustavu, která se využívá u středních a těžkých vozidel. Skládá se ze systému zásobování stlačeným vzduchem, dvouokruhového brzdového systému, systému parkovací brzdy a příp. systému ovládání přívěsu a brzdového systému přívěsu.

Zdrojem energie pneumatického brzdového systému je kompresor (K). Ten je poháněn od motoru a zajišťuje plnění brzdové soustavy tlakem cca. 0,8 MPa. Kompresor je následován regulátorem tlaku (R). Jeho funkcí je automatická regulace provozního tlaku v hodnotách mezi spínacím a vypínacím tlakem. Může být do něj integrován plnič pneumatik (P), pokud je jím vozidlo vybaveno nebo plnicí zařízení systémů požívajících stlačený vzduch, jimiž je vozidlo vybaveno.

Další částí je čtyřokruhový jistící ventil (4). Má za úkol zajišťovat to, že v případě poruchy jednoho nebo více okruhů, nebudou tyto okruhy již nadále plněny stlačeným vzduchem.

Stlačený vzduch se uchovává ve vzduchojemech (VZD1, VZD2), které jsou všechny vybaveny manometry pro zjišťování hodnot tlaku uvnitř ve vzduchojemu. Dále jsou vybaveny odvodňovacími ventily, které slouží k oddělení zkondenzované vody a oleje, který se mohl do systému dostat v kompresoru.

Hlavní pedálový brzdič (PB) slouží k dávkování stlačeného vzduchu do systému provozní brzdy. Skládá se z těla, zařízení pro ovládání (např. pedál), které působí na dva za sebou umístěné ventily. Při jízdni poloze jsou okruhy provozní brzdy spojeny s výpustí do atmosféry. Jakmile však řidič začne brzdit, tak se okruhy provozní brzdy spojí s okruhy se vzduchojemy. Výpust' do atmosféry se uzavře a v systému je provozní tlak. Při ukončení brzdění se pedálový brzdič vrátí zpět do jízdni polohy, tj. že se okruhy provozní brzdy spojí s výpustí do atmosféry a tak se odvzdušní.

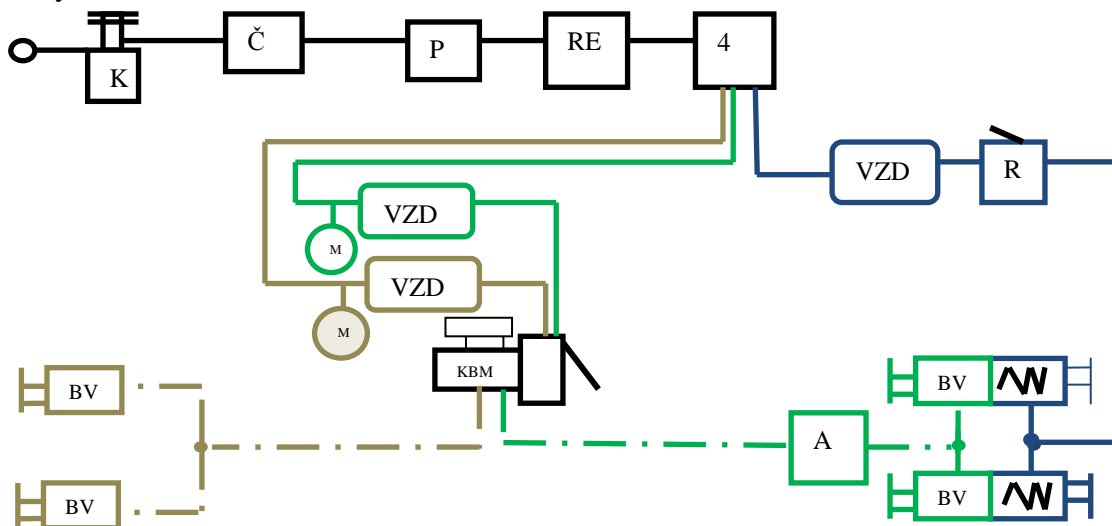
Systém provozní brzdy může být vybaven automatickým zátěžovým regulátorem (A), který v závislosti na zatížení zadní nápravy reguluje tlak vzduchu proudícího k zadní nápravě v okruhu provozní brzdy. Tak vlastně brání přebzdění zadní nápravy a snižuje pravděpodobnost vzniku smyku při brzdění.

U kol jsou umístěny membránové (BVP) příp. pružinové válce (BVZ).

### 1.3.2. Hydropneumatická brzdová soustava

Hydropneumatická soustava se skládá ze dvou částí:

- Pneumatická část
- Hydraulická část



Obrázek 2 Zjednodušené schéma hydropneumatické soustavy

Pneumatická část se skládá z okruhu pro zásobování stlačeným vzduchem, který je identický jako u standardní pneumatické soustavy. Skládá se tedy z kompresoru, čističe vzduchu, regulátoru tlaku, čtyřokruhového jisticího ventilu a vzduchojemů. Tato část je vyvedena do kombinovaného brzdiče, jenž je mechanicky ovládán (KBM). Jedná se vlastně o dvouokruhový kapalinový brzdič s přetlakovým pneumatickým posilovačem.

Hydraulická část je identická jako u vozidel využívajících přímočinnou kapalinovou brzdovou soustavu. U kol jsou umístěny hydraulické brzdové válce (BV). Parkovací brzda je vzduchová a na zadní nápravě jsou pružinové válce, což je stejné jako u pneumatické brzdové soustavy.

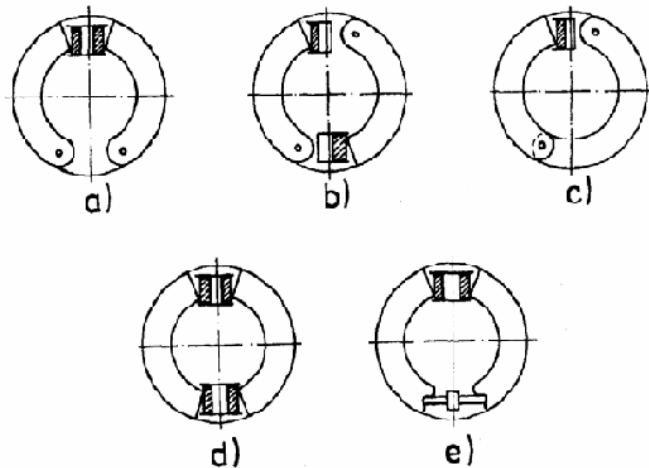
#### **1.4. Bubnová brzda**

Jedná se o třecí brzdu, která se skládá z brzdového bubnu, brzdových čelistí s brzdovým obložením. Dále je zde mechanismus, který rozpírá brzdové čelisti a tím je tlačí na brzdový kotouč. Tento mechanismus může být proveden brzdovým hydraulickým válečkem, brzdovým klíčem nebo rozpěrným klínem. Brzdové čelisti mohou být náběžné nebo úběžné.

- Náběžná brzdová čelist je ta, která se při brzdění pohybuje ve stejném smyslu, jako působí brzdný moment. Tím je ještě více přitlačována k brzdovému bubnu a dochází k zesílení brzdného účinku.
- Úběžná brzdová čelist je ta, která se při brzdění pohybuje v opačném smyslu, než působí brzdný moment. Tím je odtlačována od brzdového kotouče a dochází k zeslabení brzdného účinku.

Bubnová brzda může být několika provedení.

- a) Simplex – jeden rozpěrný mechanismus, jedna čelist je náběžná a druhá úběžná.
- b) Duplex – dva rozpěrné mechanismy, obě dvě čelisti jsou náběžné pro jeden směr jízdy.
- c) Servo – jeden rozpěrný mechanismus, brzdové čelisti jsou spřažené. Dochází k zesílení brzdného účinku na druhé brzdové čelisti.
- d) Duo servo – dva rozpěrné mechanismy, brzdové čelisti jsou spřažené.
- e) Duo duplex – dva rozpěrné mechanismy, brzdové čelisti jsou samostatné.



Obrázek 3 Typy bubnových brzd [1]

Bubnová brzda má vysokou hodnotu vnitřního převodu. Má jednoduchou konstrukci a sklon ztrácet brzdový účinek vlivem ohřátí (fading).

### 1.5. Kotoučová brzda

Jedná se o třecí brzdu, která se skládá z brzdového třmenu, brzdového kotouče a brzdových segmentů. Pohybová energie je zde mařena třením brzdových segmentů o brzdový kotouč.

Můžeme rozlišit dvě provedení:

- a) S pevným třmenem – třmen je vybaven na obou stranách brzdovými válečky. Ty tlačí na brzdové segmenty, které jsou umístěny na obou stranách kotouče. U tohoto systému je obtížné chlazení.
- b) S plovoucím třmenem – třmen je vybaven brzdovými válečky jenom na jedné straně. Při působení brzdového válečku na brzdový segment se vytvoří reakční síla, která vyvolá pohyb brzdového třmenu a přitlačí brzdový segment, nacházející se na opačné straně kotouče, na kotouč. U tohoto provedení je chlazení daleko jednodušší, protože počet prvků, které se musí uchladiť, je sražen na polovinu.

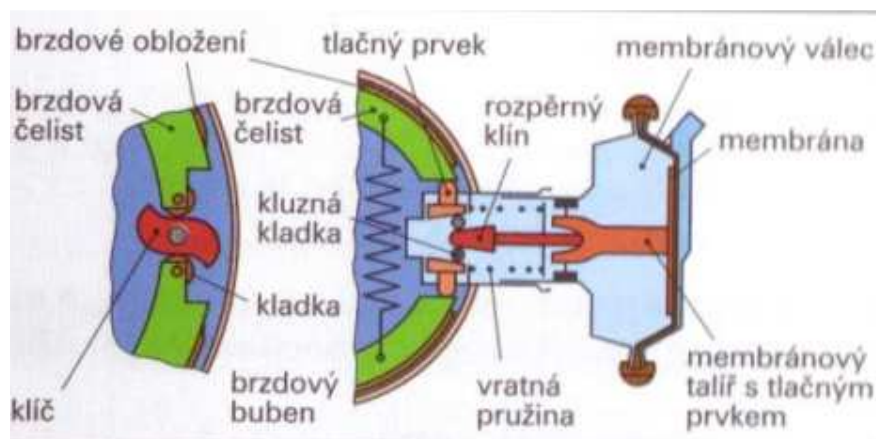
Kotoučové brzdy mají velmi malý sklon k fadingu, neboli vadnutí brzd. Zároveň nízká hodnota jejich vnitřního převodu vyžaduje velké ovládací síly. Tudíž je nutno použít posilovač.

## 2. Systémy parkovací brzdy pro nákladní automobily a autobusy

U vozidel vybavených vzduchotlakou brzdovou soustavou je parkovací brzda pneumaticky ovládána. Řidič ji uvádí do činnosti ruční pákou ovládacího ventilu parkovací brzdy. Pokud je parkovací brzda v jízdni poloze, tj. že je odbrzděna, jsou pružinové brzdové válce zadní nápravy spojeny přes ventilové relé s příslušným vzduchojemem a jsou naplněny tlakem vzduchu (zavzdušněny). Pokud je parkovací brzda ve své pracovní poloze, tzn., že je zabrzděna, jsou pružinové brzdové válce odvzdušněny. V případě, že je vozidlo vybaveno přípojkou na brzdič přívěsu, je s ním ovládací ventil parkovací brzy spojen. Takto lze řídit parkovací brzdy přívěsu. [1]

### 2.1. Parkovací brzda u vozidel vybavených bubnovými brzdami na zadní nápravě

U těchto vozidel může být bubnová brzda s parkovací brzdou provedena několika různými způsoby. Oba tyto systémy mohou být použity u všech typů bubnových brzd. Silový rozbor těchto způsobů je uveden v kapitolách 3.1.1



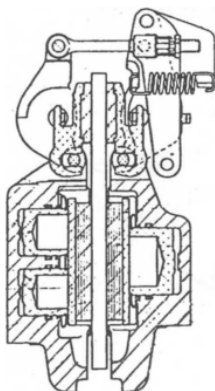
Obrázek 4 Způsoby provedení bubnové brzdy[2]

## 2.2. Parkovací brzda u vozidel vybavených kotoučovými brzdami na zadní nápravě

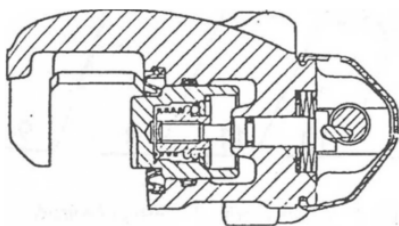
Parkovací brzda může být u takovýchto vozidel vyvedena několika způsoby. Silový rozbor je uveden v kapitole 3.2.

### 2.2.1. Parkovací brzda kotoučová

Toto uspořádání lze použít u kotoučových brzd s pevným třmenem. Ovládací mechanismus parkovací brzdy přes pákový převod svírá brzdové segmenty ke kotouči.



Obrázek 5 Použití svěrného mechanismu parkovací brzdy [1]

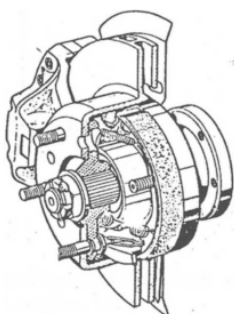


Tento mechanismus parkovací brzdy lze použít u kotoučových brzd, které jsou vybaveny plovoucím třmenem. Parkovací brzda je ovládána pružinovým válcem.

Obrázek 6 Použití mechanismu působícího přímo na píst hydraulického válce [1]

### 2.2.2. Parkovací brzda samostatná bubnová

Pokud nelze použít mechanismus parkovací brzdy na kotoučovou brzdou, musí se menší bubnová brzda umístit do náboje kola. Tato brzda má stejné možnosti ovládní jako standardní bubnová brzda. Toto provedení vyžaduje změnu koncepce přídatného systému, jehož návrh je předmětem této práce. Přídatný systém musí být totiž vyveden do okruhu parkovací brzdy a nikoli do okruhu brzdy provozní.



Obrázek 7 Parkovací brzda samostatná bubnová [1]

### 3. Silový rozbor soustavy parkovací brzdy

Pro parkovací brzdy vozidel platí požadavek:

- Udržení samostatného vozidla příp. přívěsu na svahu o sklonu 18%
- Udržení jízdní soupravy na svahu o sklonu 12%

K převodu procentního údaje na údaj ve stupních se použije vzorec:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{s}{100}\right) [^\circ] \quad (1)$$

$\alpha$  je úhel ve stupních.

s je údaj o sklonu v procentech.

Dvanáctiprocentní sklon svahu odpovídá úhlu 6,8428°.

Osmnáctiprocentní sklon svahu odpovídá úhlu 10,204°.

Aby se vozidlo udrželo na svahu, musí být brzdná síla na jednom kole rovna polovině odporu vozidla do stoupání.

$$F_B = \frac{F_s}{2} [\text{N}] \quad (2)$$

Odpor vozidla do stoupání se vypočítá dle vzorce:

$$F_s = G * \sin \alpha [\text{N}] \quad (3)$$

kde  $F_s$  je odpor do stoupání,  $G$  je tíha vozidla a  $\alpha$  je úhel stoupání.

Pokud dáme rovnice (2) a (3) dohromady, vyjde nám že:

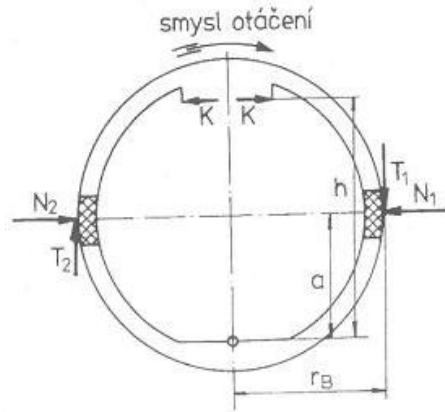
$$F_B = \frac{G * \sin \alpha}{2} [\text{N}] \quad (4)$$

Další vzorečky jsou různé pro kotoučové a bubnové brzdy.

#### 3.1. Bubnové brzdy

Pro jednoduchost je zde uvedena jako příklad bubnová brzda simplex, která má jednu čelist náběžnou a druhou úběžnou.





Obrázek 8 Zjednodušené schéma bubnové brzdy pro výpočet brzdného momentu [1]

Podle obrázku 8 platí:

$$K * h + T_1 * r_b = N_1 * a \quad (5)$$

$$K * h + T_2 * r_b = N_2 * a \quad (6)$$

Za  $T_1$  a  $T_2$  můžeme dosadit:

$$T_1 = N_1 * \mu \text{ [N]} \quad (7)$$

$$T_2 = N_2 * \mu \text{ [N]} \quad (8)$$

Po dosazení rovnic (7) a (8) do rovnic (5) a (6) dostaneme:

$$T_1 = \frac{\mu * h}{a - \mu * r_b} * K \quad (9)$$

$$T_2 = \frac{\mu * h}{a + \mu * r_b} * K \quad (10)$$

Celkový brzdový moment je tedy:

$$M_B = (T_1 + T_2) * r_b \text{ [Nm]} \quad (11)$$

Po dosazení rovnic (9) a (10) do rovnice (11) dostaneme:

$$M_B = \left( \frac{\mu * h}{a + \mu * r_b} + \frac{\mu * h}{a - \mu * r_b} \right) * K * r_b \text{ [Nm]} \quad (12)$$

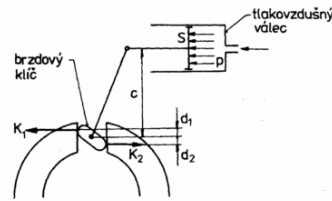
Moment  $M_B$  musí být roven momentu  $M_{BK}$

$$M_{BK} = F_B * r_d = \frac{G * r_d * \sin \alpha}{2} \text{ [Nm]} \quad (13)$$

$$\frac{G * r_d * \sin \alpha}{2} = \left( \frac{\mu * h}{a + \mu * r_b} + \frac{\mu * h}{a - \mu * r_b} \right) * K * r_b \quad (14)$$

$$K = \frac{G * r_d * \sin \alpha}{\left( \frac{\mu * h}{a + \mu * r_b} + \frac{\mu * h}{a - \mu * r_b} \right) * r_b * 2} \text{ [N]} \quad (15)$$

### 3.1.1. Bubnové brzdy ovládané klíčem



Obrázek 9 Silový rozbor ovládní brzdovým klíčem [1]

Na obrázku 9 lze vidět, že momenty  $M_1$  a  $M_2$  jsou identické.

$$M_1 = K_1 * d_1 + K_2 * d_2 \quad [\text{Nm}] \quad (16)$$

$$M_2 = p * S * c \quad [\text{Nm}] \quad (17)$$

V případě, že  $K_1$  a  $K_2$  jsou stejné a  $d_1$  a  $d_2$  jsou také stejné, platí:

$$2 * K * d = p * S * c \quad (18)$$

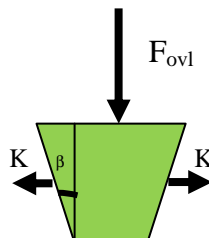
Potřebný tlak pro vyvození síly pro udržení vozidla na svahu se vypočítá:

$$p = \frac{2 * K * d}{S * c} = \frac{d}{S * c} * \frac{G * r_d * \sin \alpha}{\left( \frac{\mu * h}{a + \mu * r_b} + \frac{\mu * h}{a - \mu * r_b} \right) * r_b} \quad [\text{Pa}], \quad (19)$$

- $G$  je tíha vozidla [N]
- $r_d$  je dynamický poloměr kola, [m]
- $\alpha$  je úhel stoupání, [°]
- $S$  je průměr válce, [m<sup>2</sup>]
- $d$  je délka ramena brzdového klíče, [m]
- $\mu$  je součinitel tření mezi brzdovými čelistmi a brzdovým bubnem,
- $r_b$  je vnější poloměr brzdových čelistí, [m]
- $a$  je kolmá vzdálenost od kotevního čepu ke středu bubnu [m]
- $h$  je kolmá vzdálenost působíště ovládací síly od středu bubnu [m].

### 3.1.2. Bubnové brzdy ovládané rozpěrným klínem

Důležitým parametrem rozpěrného klínu je úhel sklonu  $\beta$ .



Obrázek 10 Silový rozbor rozpěrného klínu

$$\text{Ovládací síla } K \text{ je potom: } K = \frac{F_{ovl} * \tan \beta}{2} \quad [\text{N}] \quad (20),$$

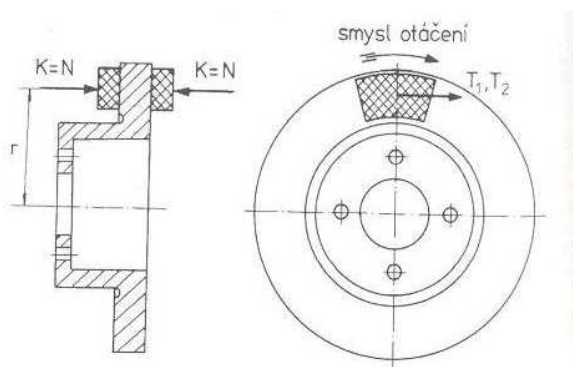
kde  $F_{ovl}$  je síla, která působí na rozpěrný klín a její působíště je v pružinovém válci.

$F_{ovl} = p * S$  kde  $p$  je tlak v systému brzdové soustavy a  $S$  je průřez membránového nebo pružinového válce.

Požadovaný tlak v systému se potom vypočítá:

$$p = \frac{G * r_d * \sin \alpha}{\left( \frac{\mu * h}{a + \mu * r_b} + \frac{\mu * h}{a - \mu * r_b} \right) * r_b * S * \tan \beta} \text{ [Pa]} \quad (21)$$

### 3.2. Kotoučové brzdy



Obrázek 11 Schéma kotoučové brzdy [1]

Brzdový moment  $M_B$  se vypočítá ze vztahu:

$$M_B = (T_1 + T_2) * r \text{ [Nm]} \quad (22)$$

Kde  $T_1$  a  $T_2$  jsou třecí síly a  $r$  je střední poloměr brzdového obložení tj. poloměr těžiště třecí plochy brzdového obložení.

Síly  $T_1$  a  $T_2$  vypočteme ze vztahů:

$$T_1 = N_1 * \mu \text{ [N]} \quad (23)$$

$$T_2 = N_2 * \mu \text{ [N]} \quad (24)$$

Kde  $N_1$  a  $N_2$  jsou ovládací síly a  $\mu$  je součinitel tření mezi brzdovým obložním a brzdovým kotoučem. Potřebný brzdový moment na jednom kole vypočítáme podle vzorce (25), kde  $F_s$  je odpor do stoupání a  $r_d$  je dynamický poloměr kola.

$$M_B = \frac{F_s * r_d}{2} \text{ [Nm]} \quad (25)$$



Výčet jednotlivých prvků ve schématu:

- Kompresor (K) – slouží jako zdroj energie. Je poháněn od motoru. Je stejný jako u normální vzduchotlaké brzdové soustavy.
- Čistič vzduchu (CV) – slouží k odfiltrování nečistot.
- Plnič pneumatik (PP).
- Regulátor tlaku (RE) – slouží k udržování požadované hodnoty tlaku v systému.
- Čtyřokruhový jistící ventil (4).
- Vzduchojem prvního okruhu (VZD1).
- Vzduchojem druhého okruhu (VZD2).
- Manometr (M) – slouží k měření tlaku ve vzduchojemech.
- Kombinovaný brzdič, mechanicky ovládaný s vyrovnávací nádobkou (KBM).
- Brzdový válec přední nápravy (BVP).
- Vzduchojem okruhu parkovací brzdy (VZD).
- Ruční ovladač parkovací brzdy (R).
- Brzdový válec zadní nápravy (BVZ) – jedná se o pružinový válec.
- Automatický zátěžový regulátor (AZ).
- Vzduchojem přídatného systému (VZPS).
- Ovladač zpomalovací soustavy (OZ).
- Řídící jednotka zpomalovací soustavy (ŘJZ).
- Řídící ventil přídatného systému (RVPS).

Popis funkce systému:

Řidič chce zapnout zpomalovací soustavu. Přesunutím ovladače zpomalovací soustavy do polohy pro sepnutí dané soustavy se vyšle signál do řídicí jednotky zpomalovací soustavy.

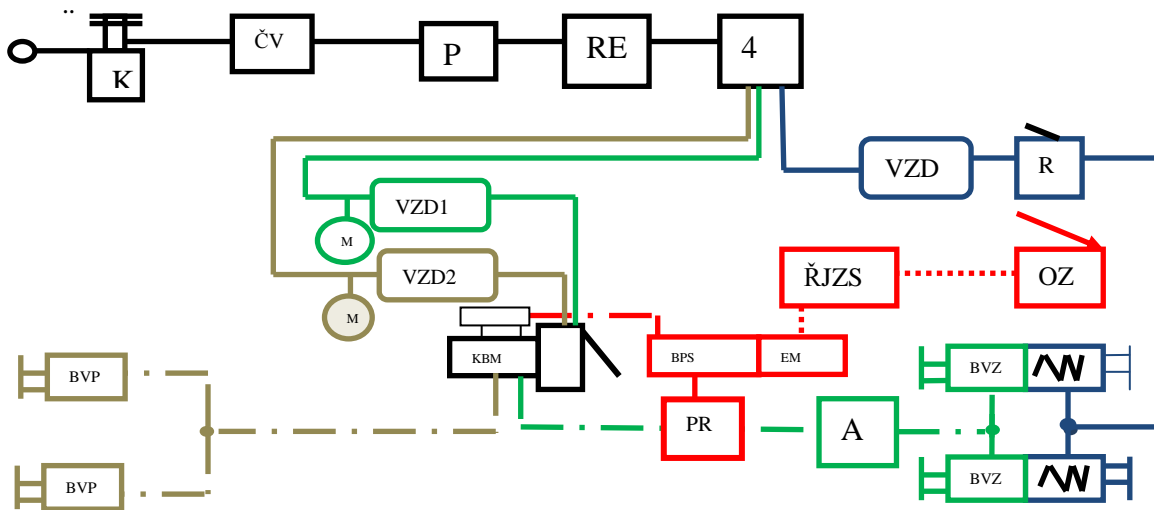
Ta tento signál zpracuje a sepne zpomalovací soustavu do takového stupně, jaký byl zvolen řidičem. Zároveň však vyšle signál řídicímu ventilu přídatného systému. Ten se otevře a po dobu trvání signálu zůstává otevřen. Tím se vzduch, který je uschován ve vzduchojemu přídatného systému, přepustí do soustavy provozní brzdy. Po dobu brzdění zpomalovací soustavou je vozidlo brzděno taktéž přídatným systémem. Jakmile přestane mít řidič potřebu brzdít zpomalovací soustavou, přepne ovladač dané soustavy zpět do polohy vypnuto. Tím se do řídicí jednotky zpomalovací soustavy vyšle signál. Ten řídicí

jednotka zpracuje a vyšle impuls do zpomalovací soustavy a tím ji vypne. Zároveň však vyšle informaci i do řídicího ventilu zpomalovacího systému. Následkem toho se ventil uzavře a proud vzduchu z přídatného systému do provozní brzdy se přeruší. To vede k ukončení brzdění provozní brzdy, které bylo způsobeno přídatným systémem.

Problém u tohoto systému je, že se při působení vzduchu z přídatného systému na kombinovaný brzdič může propadnout brzdový pedál. To by při případném pokusu o zabrzdění v daném okamžiku mohlo vést u řidiče k šoku. Proto si myslím, že by bylo vhodné umístit pod pedál pružinu, která by zajišťovala stálou pozici pedálu při působení přídatného systému.

Výhodu tohoto uspořádání přídatného systému vidím v tom, že oproti ostatním přídatným systémům, uvedeným v této práci, umožňuje působení i na brzdy kol přední nápravy, což si myslím, že zvyšuje aktivní bezpečnost. Důležité je však to, aby brzdící síla byla tak velká, že by se tepelné ohřátí brzd dalo ještě vykompenzovat chlazením vzduchem.

Schéma systému používajícího jako médium brzdovou kapalinu:

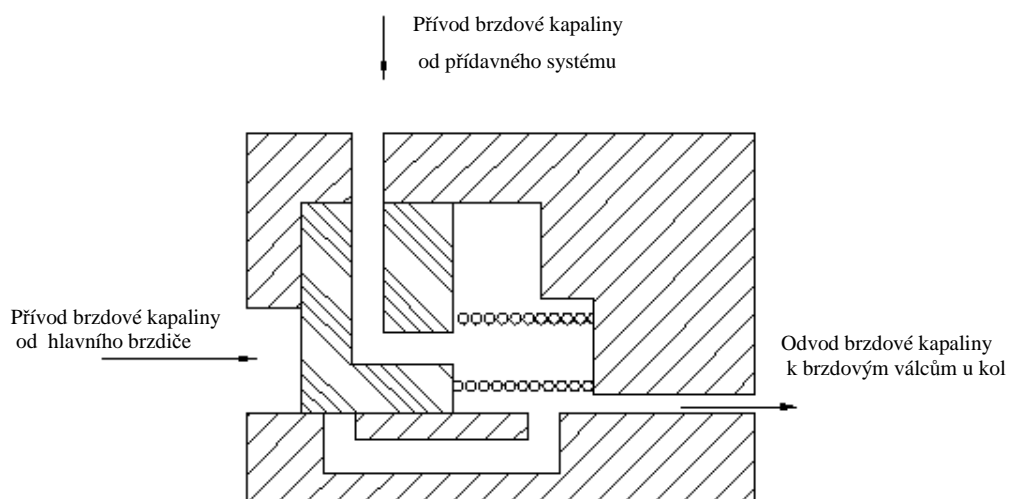


Obrázek 13 Schéma zapojení jednocircuitového přídatného kapalinového systému do okruhu provozní brzdy

U vozidel vybavených hydropneumatickou brzdovou soustavou lze u přídatného systému vybrat ze dvou převodů brzd, tj. vzduch, nebo brzdovou kapalinu. Při použití brzdové kapaliny je ovládání přídatného systému stejné jako u vzduchové verze. Přesunutím ovladače zpomalovací soustavy do polohy pro brzdění se vyšle informace o požadavku řidiče do řídicí jednotky zpomalovací soustavy. Řídicí jednotka tento signál

zpracuje a vyšle impuls do samotné zpomalovací soustavy. Zároveň však vyšle signál akčnímu členu přidavného systému, kterým může být například elektromotor. Akční člen začne působit silou na píst v brzdovém válci přidavného systému. Tento válec má na své horní části přípojku k vyrovnávací nádržce, která je společná jak pro kombinovaný brzdič mechanicky ovládaný tak pro brzdič přidavného systému. Působením síly akčního členu na píst se bude v brzdovém systému zvyšovat tlak. Působením tlaku na brzdové válce zadní nápravy se začne daná náprava přibrzďovat. Jakmile řidič přesune ovladač zpomalovací soustavy zpět do polohy vypnuto, odešle se daná informace do řídicí jednotky zpomalovací soustavy. Ta tento impuls zpracuje a vyšle signál do zpomalovací soustavy, aby přestala brzdit. Zároveň vyšle signál k akčnímu členu přidavného systému. Ten přestane působit na brzdič a tím klesne v brzdové soustavě tlak. Ten se však bude vracet přes hlavní brzdič.

Důležitým prvkem v tomto systému je pístový regulátor.



Obrázek 14 Schéma pístového regulátoru

Tento prvek se skládá z těla, dutého pístu a pružiny. V těle má celkem tři otvory. Ten na obrázku nejvíc vlevo slouží k připojení vedení od hlavního brzdiče. Otvor, který se nachází na horní straně, slouží k připojení vedení od brzdiče přidavného systému. Otvor, který se nachází na pravé straně obrázku, slouží jako vývod k brzdovým válcům v kolech. V těle regulátoru se dále nachází přepouštěcí kanál. Systém funguje tak, že pokud brzdí

přídavný systém, tak je píst ve své krajní poloze, která je na obrázku. V této poloze ho drží tlačná vinutá pružina. Přepouštěcí kanál je na straně levé zakryt pístem, tudíž tlak se nemůže šířit zpět k hlavnímu brzdíči. Jakmile však začne brzdit provozní brzda, tak se dutý píst tlakem přesune ke své druhé krajní poloze a odkryje přepouštěcí kanál. Zároveň se ale zakryje vstup od přídavného systému, tudíž se tlak nemůže šířit zpět k brzdíči přídavného systému. Pokud dojde např. k poruše pružiny, píst se automaticky přesune do krajní polohy a umožní brzdění provozní brzdou.

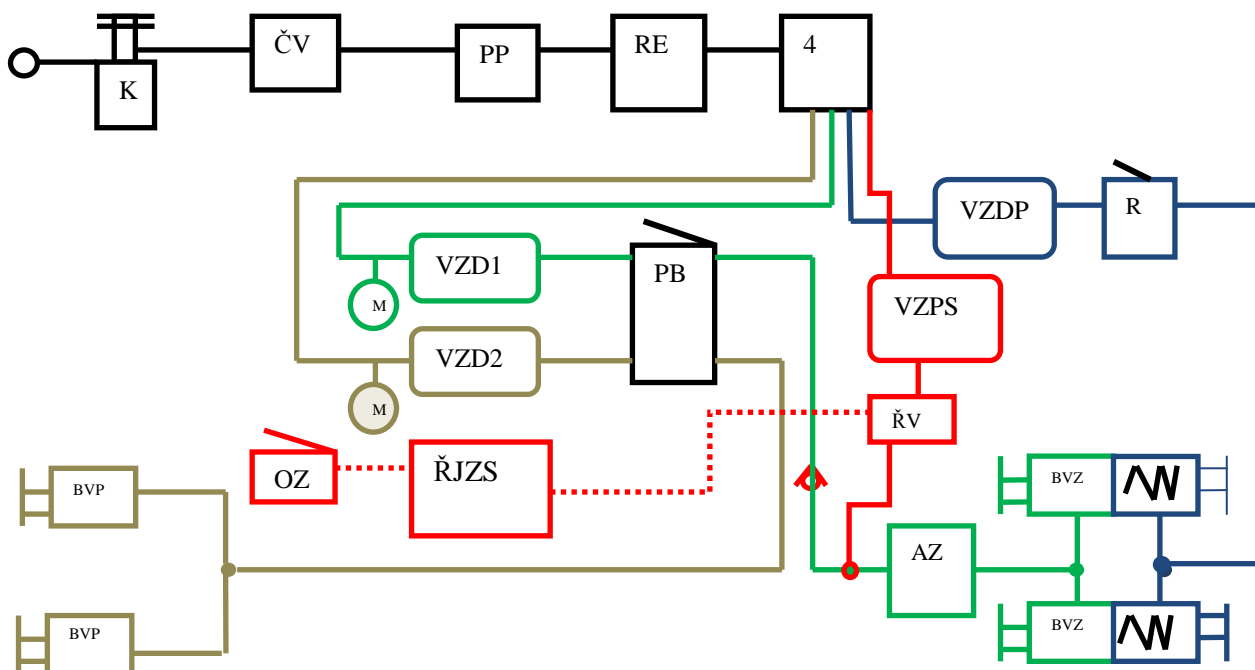
Důležitým parametrem pístového regulátoru je síla v pružině

$$F = p_{prov} * S_1 \text{ [N]} \quad (28)$$

kde  $p_{prov}$  je minimální tlak v systému provozní brzdy, při kterém brzdy začínají brzdit a  $S_1$  je plocha průřezu připojení okruhu provozní brzdy do regulátoru.

#### 4.2. Přídavné systémy pro vzduchotlaké brzdové soustavy

Schéma systému:

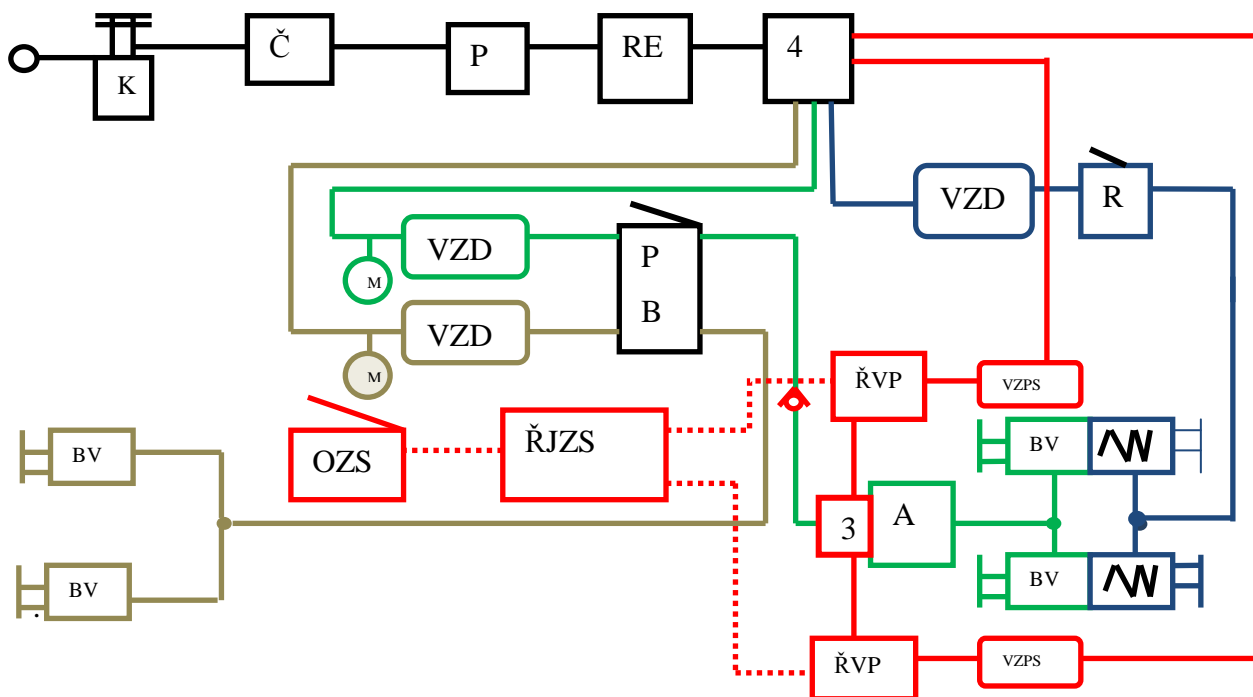


Obrázek 15 Schéma zapojení jednookruhového přídavného systému do vzduchotlaké soustavy



- Kompresor (K) – slouží jako zdroj energie. Je poháněn od motoru. Je stejný jako u normální vzduchotlaké brzdové soustavy.
- Čistič vzduchu (CV) – slouží k odfiltrování nečistot.
- Plnič pneumatik (PP).
- Regulátor tlaku (RE) – slouží k udržování tlaku v systému na požadovaných mezích.
- Čtyřokruhový jistící ventil (4).
- Vzduchojem prvního okruhu (VZD1).
- Vzduchojem druhého okruhu (VZD2).
- Manometr (M) – slouží k měření tlaku ve vzduchojemech.
- Pedálový brzdič (PB).
- Brzdový válec přední nápravy (BVP) – jedná se o membránový brzdový válec.
- Vzduchojem okruhu parkovací brzdy (VZDP).
- Ruční ovladač parkovací brzdy (R).
- Brzdový válec zadní nápravy (BVZ) – jedná se o pružinový brzdový válec.
- Automatický zátěžový regulátor (AZ).
- Vzduchojem přídatného systému (VZPS).
- Ovladač zpomalovací soustavy (OZ).
- Řídící jednotka zpomalovací soustavy (ŘJZS).
- Řídící ventil přídatného systému (ŘV) – je elektronicky ovládán řídicí jednotkou zpomalovací soustavy.

Brzdová soustava na obrázku 15 je pneumatická s dvouokruhovou provozní brzdou. Jakmile řidič přesune ovladač zpomalovací soustavy do polohy pro brzdění, odešle se signál do řídicí jednotky zpomalovací soustavy. Ta tuto informaci zpracuje a vyšle impuls do samotné zpomalovací soustavy, aby začala brzdit. Zároveň však vyšle signál i do řídicího ventilu přídatného systému a ten se otevře. Vzduch, který byl uschován ve vzduchojemu přídatného systému, může začít působit na pružinové brzdové válce na zadní nápravě. Aby se zamezilo zpětnému proudění vzduchu do pedálového brzdiče, je mezi vývod přídatného systému a pedálový brzdič umístěn zpětný ventil. Důležité je také to, že přídatný systém je vyveden do okruhu provozní brzdy před zátěžovým regulátorem, tudíž nemůže dojít k přebrzdění zadní nápravy způsobené poruchou přídatného systému.

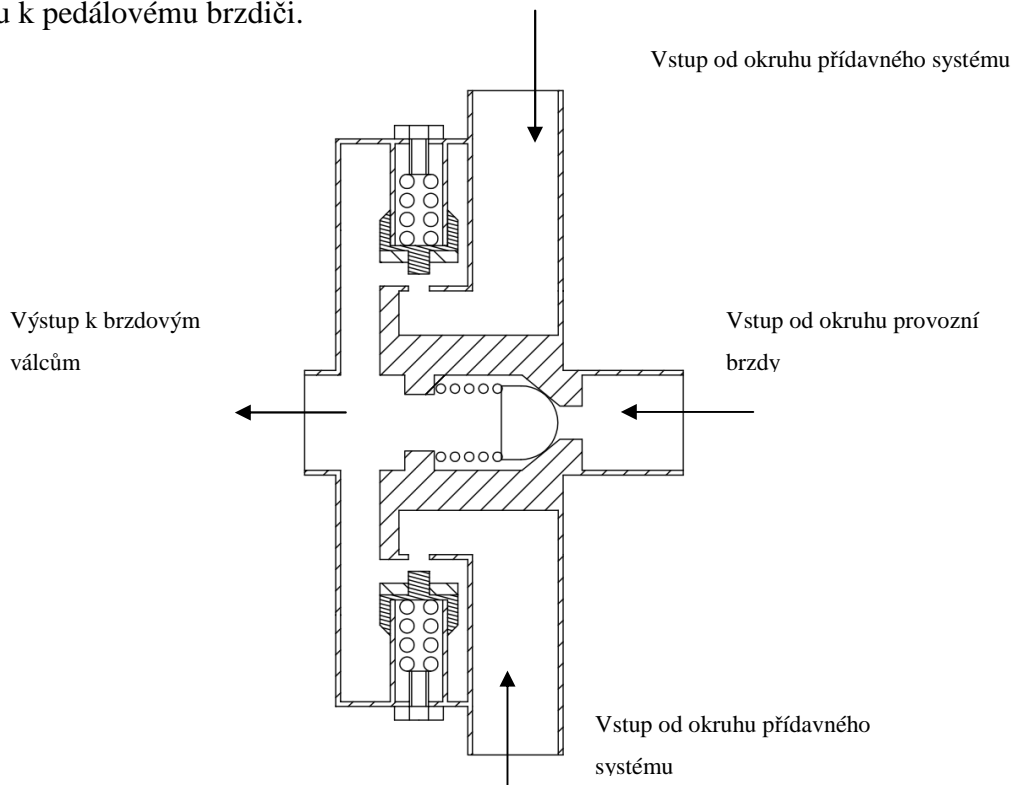


Obrázek 16 Schéma zapojení dvouokruhového přídatného systému do okruhu provozní brzdy

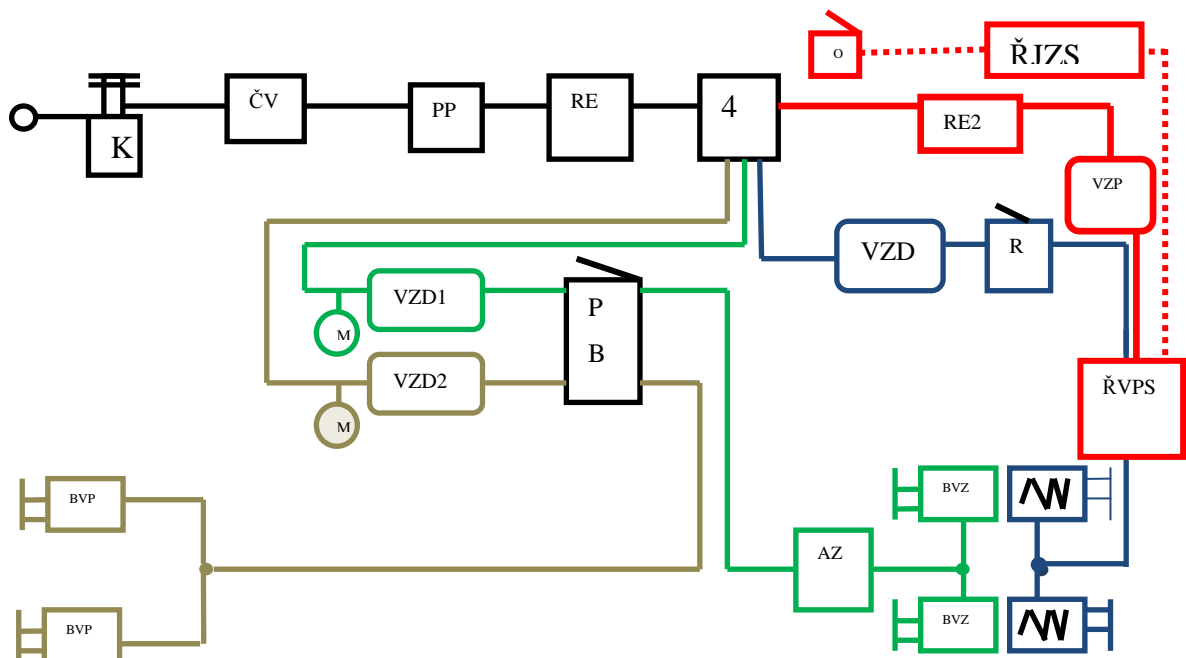
U zapojení na obrázku 16 je vidět snaha o zvýšení bezpečnosti zdvojením přídatného systému. Systém je podobný jednookruhovému, ale má dvojnásobný počet řídicích ventilů a dvojnásobný počet vzduchojemů. Pracuje na stejném principu, akorát musí mít řídicí jednotka zpomalovací soustavy o jeden vývod více. Vývod přídatného systému do okruhu provozní brzdy je opět před zátěžový regulátor z důvodu rizika přebrzdění zadní nápravy. Zároveň je stejně jako u jednookruhového vzduchotlakého přídatného systému použit zpětný ventil, který zamezuje zpětnému proudění vzduchu k pedálovému brzdiči.

Aby vzduch v případě porušení jednoho přídatného systému neunikal z neporušeného systému tím porušeným, je připojení do systému provozní brzdy provedeno pomocí jisticího ventilu. Tělo ventilu můžeme rozdělit na tři segmenty. Dva z nich jsou stejné. Jedná se o jisticí ventil, jaký je použit např. v čtyřokruhovém jisticím ventilu. Tato část právě zamezuje únik vzduchu z funkčního okruhu přídatného systému do porušeného okruhu v případě poruchy. Třetí část je tvořena přívodem od pedálového

brzdíče a je do ní zakomponován zpětný ventil, který zamezuje zpětnému proudění vzduchu k pedálovému brzdíči.



Obrázek 17 Schéma jisticího a zpětného ventilu ve funkci připojení přidavného systému do okruhu provozní brzdy

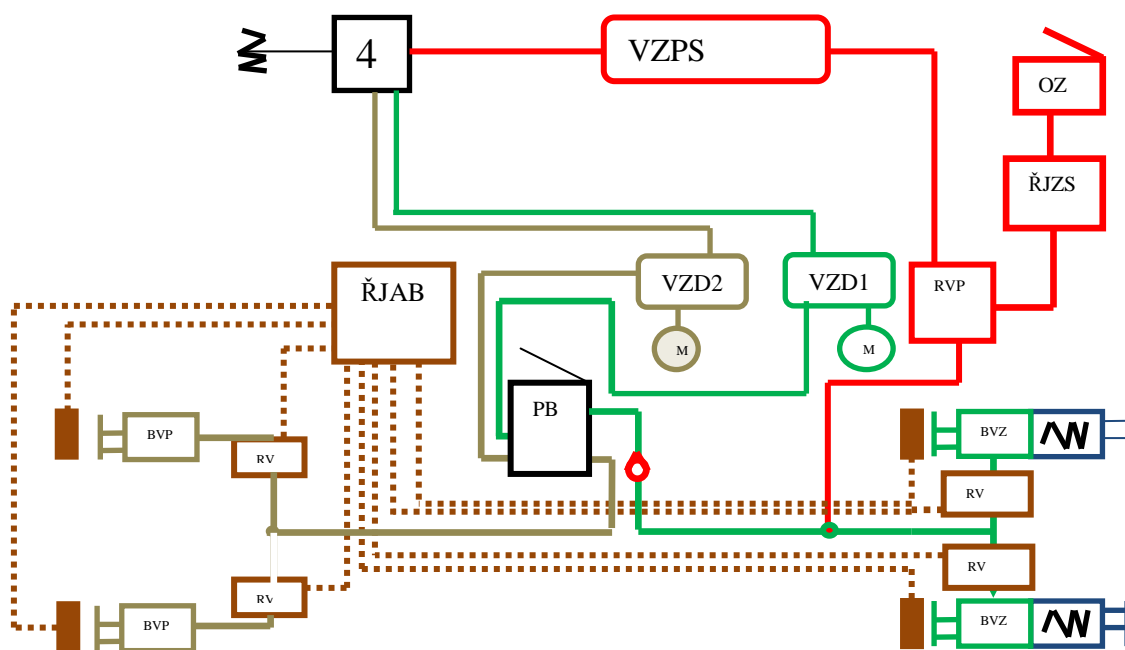


Obrázek 18 Schéma zapojení jednookruhového přidavného systému do okruhu parkovací brzdy

Zapojení, které je vyobrazeno na obrázku 18, je nezbytně nutné použít v případě, kdy parkovací brzda není provedena jako součást kotoučové brzdy, ale má vlastní bubnovou brzdu, která je například umístěna v náboji kola, viz kapitola 2.2.2.

Pokud řidič přesune ovládací prvek zpomalovací soustavy do polohy zapnuto, vyšle se signál do řídicí jednotky zpomalovací soustavy. Ta tento signál zpracuje a vyšle impuls do řídicího ventilu přídavného systému. Ten se přestaví do polohy, kdy je připojení od ručního brzdíče parkovací brzdy zavřeno a přípoj od přídavného systému otevřen. Jakmile řidič přesune ovladač zpomalovací soustavy zpět do polohy vypnuto, řídicí jednotka zpomalovací soustavy tuto informaci zpracuje a vyšle signál do samotné zpomalovací soustavy, aby se vypnula. Zároveň vyšle informaci do řídicího ventilu přídavného systému. Ten se přestaví zpět do polohy kdy připojení od ručního brzdíče parkovací brzdy je otevřeno a připojení od přídavného systému zavřeno. Přídavný okruh je v tomto případě vybaven regulátorem tlaku, který udržuje tlak v přídavném systému na určité hodnotě, která se liší podle parametrů vozidla

. Ovládání řídicího ventilu přídavného systému můžeme provést tak, že když se má tento ventil otevřít, tak se v řídicí jednotce sepne spínač a do ventilu poteče stejnosměrný proud o určité hodnotě napětí a proudu. Jakmile se má ventil uzavřít, tak se spínač v řídicí jednotce vypne a proud přestane téci do ventilu. Ten se působením tlačné vinuté pružiny zavře. Toto zapojení lze použít u všech přídavných systémů, které používají vzduch pro přenos brzdě energie, jež jsou zde uvedeny.



Obrázek 19 Schéma zapojení přídavného systému do okruhu provozní brzdy u vozidla s ABS

Na obrázku číslo 19 je vidět schéma zapojení přídatného systému do okruhu provozní brzdy u vozidla vybaveného ABS. Ovládání přídatného systému je stejné jako u všech systémů zmíněných v této práci. Důležité je to, že přídatný systém je vyveden mezi řídicí ventily ABS a pedálový brzdič. Kdyby byl systém spojen s okruhem provozní brzdy v prostoru mezi řídicími ventily systému ABS a brzdovými válci, tak by chyběla velice důležitá regulace tlaku. Bylo by zde tudíž riziko, že zadní náprava by se mohla při brzdění přídatným systémem zablokovat a vzniklá jízdní situace by mohla být velice nebezpečná. U vozidel, která nejsou vybavena systémem ABS plní funkci regulace tlaku a ochrany proti přebrzdění automatický zátěžový regulátor.

## 5. Návrh provozních parametrů systému

První parametr je objem vzduchojemu přídatného systému. Nejjednodušší varianta je ta, že se použije stejný vzduchojem, jako je použit v okruhu provozní brzdy. To by zjednodušilo údržbu, ovšem existuje možnost, že by to vedlo k nárůstu hmotnosti. V tom případě by se dal použít menší vzduchojem, například jenom o velikosti 50 % toho, který slouží pro okruh provozní brzdy. Pokud se toto provede, tak by bylo velice vhodné použít jiný program v řídicí jednotce zpomalovací soustavy, který by zajišťoval otevření řídicího ventilu provozního systému na kratší časový interval. To by také vedlo k lepšímu odvádění tepla z brzd a snížení možnosti fadingu, neboli vadnutí brzd.

Důležitým parametrem je údaj o potřebném tlaku v systému. Jako příklad lze vzít vozidlo, jehož parametry jsou:

- $m = 18000$  kg
- $r_d = 0,4$  m dynamický poloměr kola
- $r = 0,2$  m střední poloměr brzdového obložení
- $S = 0,002827$  m<sup>2</sup> činná plocha membránového válce
- $i = 10$  převodový poměr pákového mechanismu
- $\mu = 0,4$  součinitel tření mezi brzdovým obložением a brzdovým kotoučem

Výpočet tlaku v systému

$$p = \frac{m \cdot g \cdot r_d \cdot \sin \alpha}{2 \cdot \mu \cdot S \cdot r \cdot i} \quad (29)$$

$$p = \frac{18000 \cdot 0,4 \cdot \sin 10,204}{2 \cdot 0,4 \cdot 0,002827 \cdot 0,2 \cdot 10} = 281991,69 \text{ Pa} \quad (30)$$

Provozní tlak kompresoru u vzduchotlakých brzd se pohybuje okolo 0,8 MPa.

Tento tlak je nižší než provozní, tudíž by použití přídavného systému na tomto vozidle vyžadovalo zakomponování regulátoru tlaku do přídavného systému, aby nedošlo k přebrzdění zadní nápravy a následné havárii. Vypočítaná hodnota tlaku má hodnotu cca. 35% z hodnoty tlaku, který do systému dodává kompresor. Jelikož je hodnota nižší než údaj o provozním tlaku kompresoru, dalo by se říci, že vzorec je správný.

## 6. Závěr

Cílem této práce byl návrh systémů pro zvýšení provozuschopnosti parkovací brzd. K této problematice mě přivedla zkušenost z odborné praxe, kde u třech vozidel přestaly být plovoucí třmeny kotoučových brzd schopny pohybu. Toto mohlo vést k velkým škodám na zdraví a majetku. Požadavkem na každý přídavný systém je, aby zachoval pohyblivost brzdových segmentů v dané míře, aby byl splněn zákonný požadavek ohledně udržení vozidla na svahu. Přídavné systémy s tímto požadavkem byly úspěšně aplikovány na nejčastější provedení brzdových soustav u vozidel, která jsou vybavena zpomalovací soustavou. Tato aplikace je ve stádiu návrhu. Návrhy rozmístění prvků v systému a samotné návrhy konkrétních prvků, které jsou uvedeny v této práci, jsou důležité pro další řešení této problematiky. Následující postup řešení vidím v aplikaci na konkrétní vozidlo a provádění zkoušek funkčnosti systému a jeho slučitelnost s původními systémy.

## Použitá literatura

[1] VLK, František. Podvozky motorových vozidel. 2. vyd. Brno : [s.n.], 2003. 392 s. ISBN 80-239-0026-9.

[2] GSCHEIDLE, Rolf. Příručka pro automechanika. Translation 3rd. revised edition Iva Michňová, Zdeněk Michňa, Jiří Handlír. 3. přeprac. vyd. Praha : Europa-Sobotáles.cz s. r. o, 2007. 688 s. ISBN 978-80-86706-17-7.

Obrázek 1 Zjednodušené schéma pneumatické brzdové soustavy .....	10
Obrázek 2 Zjednodušené schéma hydropneumatické soustavy .....	11
Obrázek 4 Typy bubnových brzd [1].....	13
Obrázek 5 Způsoby provedení bubnové brzdy[2] .....	14
Obrázek 6 Použití svěrného mechanismu parkovací brzdy [1] .....	15
Obrázek 7 Použití mechanismu působícího přímo na píst hydraulického válce [1] .....	15
Obrázek 8 Parkovací brzda samostatná bubnová [1].....	15
Obrázek 9 Zjednodušené schéma bubnové brzdy pro výpočet brzdného momentu [1].....	17
Obrázek 10 Silový rozbor ovládní brzdovým klíčem [1] .....	18
Obrázek 11 Silový rozbor rozpěrného klínu .....	18
Obrázek 12 Schéma kotoučové brzdy [1].....	19
Obrázek 13 Schéma systému hydropneumatické brzdy s přídatným systémem zavedeným do kombinovaného brzdíče mechanicky ovládaného.....	20
Obrázek 14 Schéma zapojení jednookruhového přídatného kapalinového systému do okruhu provozní brzdy .....	22
Obrázek 15 Schéma pístového regulátoru .....	23
Obrázek 16 Schéma zapojení jednookruhového přídatného systému do vzduchotlaké soustavy .....	24
Obrázek 17 Schéma zapojení dvouokruhového přídatného systému do okruhu provozní brzdy .....	26
Obrázek 18 Schéma jistícího a zpětného ventilu ve funkci připojení přídatného systému do okruhu provozní brzdy .....	27
Obrázek 19 Schéma zapojení jednookruhového přídatného systému do okruhu parkovací brzdy .....	27
Obrázek 20 Schéma zapojení přídatného systému do okruhu provozní brzdy u vozidla s ABS .....	28