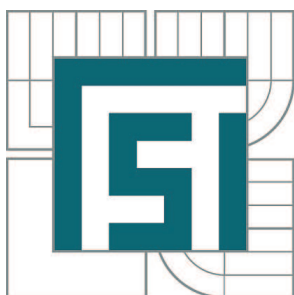


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

BRZDOVÉ SYSTÉMY TRAKTORŮ

TRACTORS BRAKE SYSTEMS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

MARTIN PAZOUR

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. RICHARD AMBRÓZ

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Martin Pazour

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Brzdové systémy traktorů

v anglickém jazyce:

Tractors brake systems

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Práce bude zaměřena na zpracování přehledu brzdových systémů a soustav u soudobých traktorů všech výkonových kategorií.

Cíle bakalářské práce:

Cílem bakalářské práce je vypracování rešerše v oblasti brzdových systémů a soustav u soudobých traktorů všech výkonových kategorií. Student porovná výhody a nevýhody jednotlivých konstrukčních řešení.

Bakalářská práce musí obsahovat:

1. Přehled v současnosti používaných brzdových systémů a soustav u traktorů všech výkonových kategorií
2. Porovnat jednotlivé konstrukční řešení z hlediska brzdného výkonu a spolehlivosti
3. Na základě získaného přehledu a srovnání student navrhne brzdovou soustavu pro traktor střední třídy o výkonu do 90kW.

Seznam odborné literatury:

1.Elektronické zdroje: databáze ACM Digital Library, Kluwer - journals, Knovel, Science Direct, SpringerLink

2.BAUER, František a kolektiv. Traktory. Proffí press, s.r.o., Praha, 2006 ISBN 80-86726-15-0

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Richard Ambróz

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/2011.

V Brně, dne 23.11.2010

L.S.

prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty



ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá přehledem současné době používaných brzdových systémů traktorů. V práci jsou také popsány principy a konstrukce brzdových soustav. Dále je rozebrána dynamika brzdění a navržena vhodná brzdová soustava pro traktor do 90kW.

KLÍČOVÁ SLOVA

Brzdová soustava, brzda, kotoučová brzda, bubnová brzda, lamelová brzda, parkovací brzda, traktor

ABSTRACT

This Bachelor's thesis deals with an overview of the contemporary brake system of tractors. Principles and constructions of brake systems will be described in this thesis. Then the braking dynamics will be analyzed and convenient brake system for tractor up to 90kW will be projected.

KEYWORDS

Brake system, brake, disk brake, drum brake, multi-plate brake, parking brake, tractor



BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Pazour, M. Brzdové systémy traktorů. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 51 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Richard Ambróz.



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 27. května 2011

.....

Martin Pazour



PODĚKOVÁNÍ

Za cenné připomínky, účinnou podporu a rady při zpracování bakalářské práce tímto děkuji panu Ing. Richardu Ambrózovi, vedoucímu bakalářské práce.

Dále děkuji panu Josefu Havlíčkovi, Ing. Liboru Blažkovi, Vratislavu Staňkovi a Ing. Janu Lukášovi.



OBSAH

Úvod	9
1. Vývoj a historie brzd	10
2. Dynamika brzdění	11
3. Brzdový systém.....	14
4. Základní součásti brzdové soustavy.....	16
5. Konstrukce brzd.....	21
6. Rozdělení brzdových soustav	23
6.1. Podle účelu použití.....	23
6.1.1. Provozní brzda.....	23
6.1.2. Parkovací brzda	24
6.1.3. Nouzová brzda.....	24
6.1.4. Odlehčovací brzda.....	25
6.2. Podle způsobu přenosu ovládací síly	26
6.2.1. Přímocinná brzdová soustava	26
6.2.2. Strojní brzdová soustava	26
6.2.3. Polostrojní brzdová soustava.....	26
6.3. Rozdělení brzd podle konstrukce	26
6.3.1. Čelistové brzdy	26
6.3.2. Pásové brzdy	28
6.3.3. Západková brzda.....	29
6.3.4. Kotoučová brzda se třmenem	30
6.3.5. Lamelové brzdy	32
7. Brzdy traktorových přípojných vozidel	38
8. Elektronické brzdové systémy	40
8.1. Protiblokovací brzdový systém (ABS).....	41
8.2. Kontrola stability podvozku	43
9. Návrh vhodné brzdové soustavy pro traktor do 90 kW.....	44



Závěr.....	46
Použité informační zdroje	47
Seznam použitých zkratek a symbolů.....	49
Seznam obrazových příloh.....	50



ÚVOD

Úmyslu ovládat vozidlo předcházeli vynález kola, jež sestrojili před cca 4500 lety Sumerové. S jeho rozmachem vyvstal požadavek kolo nějakým způsobem zastavit a brzdit, tudíž se začaly vyvíjet a zdokonalovat brzdy. Zpočátku existovaly jen brzdy mechanické, ovládané jednoduchými mechanismy jako jsou páky a táhla. Postupem času se brzdový systém zdokonalil až do fáze, jak jej známe my.

Tato bakalářská práce se zabývá brzdovými systémy traktorů, které slouží k zajištění bezpečnosti při provozu, snížení rychlosti, lepší ovladatelnosti a zastavení při všech provozních podmínkách.

Dále zde rozeberu jednotlivé konstrukce brzdových soustav, provedu rozdělení do skupin a objasním principy nejpoužívanějších traktorových brzd. Rovněž navrhnu vhodnou brzdovou soustavu pro traktor do 90 kW.



1. VÝVOJ A HISTORIE BRZD

V roce 1902 na newyorské silnici došlo ke srovnávací zkoušce tří brzdových systémů. Ranson E. Olds, výrobce prvního sériově vyráběného vozu na světě (Olds Curved Dash), jehož bylo vyrobeno během let 1901 až 1904 neuvěřitelných 12 433 ks, vyzkoušel působivost své pásové brzdy. Na zadní nápravě byl ukotven rotující buben obepnutý přidělaným pásem. Při sešlápnutí pedálu se pás napnul na rotující buben a vůz začal brzdit. Zatavil na dráze 6,5 m z rychlosti 22 km/h, jeho konkurent zastavil na dráze 11,2 m s použitím dodnes montované čelistové brzdy. Nejhuře dopadl kočár tažený čtyřspřežím, který zastavil na 23,6 m. [5]

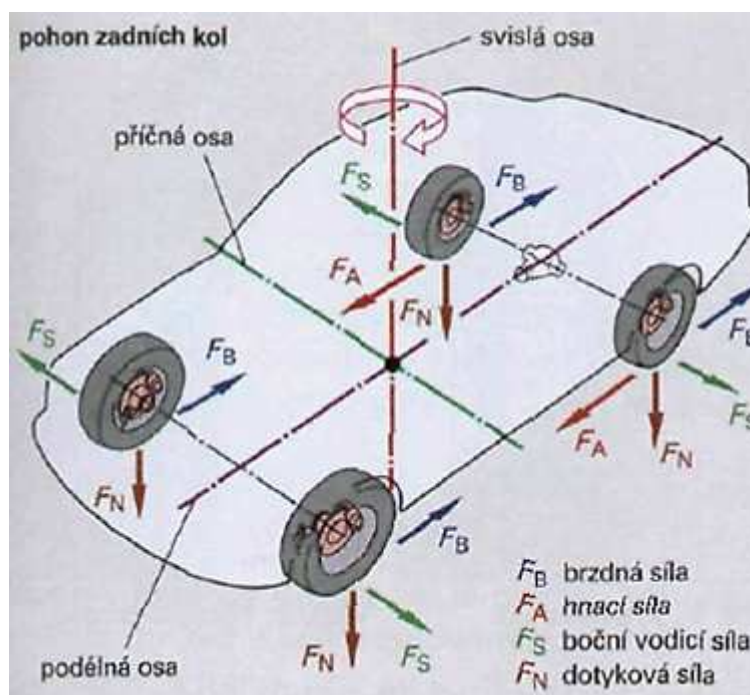
Rok 1902 byl pro vývoj brzd zřejmě nejvýznamnějším. Olds standardizoval již zmiňovanou pásovou brzdu a Francouz Louis Renault vynalezl bubnovou brzdu s vnitřními čelistmi, která předčila pásovou brzdu v ochraně před prachem a jinými nečistotami a v trojnásobné životnosti. Během téhož roku také Angličan Frederick W. Lanchester podal patent na kotoučovou brzdu a do tří let jí vybavil všechna svá produkováná auta. [5]

Angličan Herbert Frood v roce 1907 vyrobil brzdové destičky se segmenty z asbestu. Tyto destičky vydržely až 15000 km především díky jednoduššímu odvodu tepla a nižšímu skonu k fadingu, tzv. vadnutí při dlouhodobém brzdění. Nicméně kvůli nedostatečné ochraně vůči prachu a vodě se Froodovy destičky začaly používat až v polovině minulého století. V Česku je poprvé použila automobilka Tatra na modelu Tatra 603 a nerozhodné americké automobilky na ně přešly až v roce 1973. [5]

Důležité je podotknout rozvoj posilovačů brzd. Zprvu se využívalo kinetické energie vozu ke zvyšování síly na pedál, která byla přenášena prostřednictvím mnoha mechanismů fungujících na principu pák a diferenciálu. Praga Servofrein v polovině dvacátých let zaujala jednoduchou konstrukcí posilovače uplatňující tlak oleje kolujícího v motoru. Dnešní posilovače pracují na základě podtlaku vyráběného v sacím potrubí, což rozšiřuje princip vozu Piere-Arrow z roku 1928. [5]

Elektromechanické součásti se začaly uplatňovat až v polovině osmdesátých let v produkci mezinárodní korporace GM.

2. DYNAMIKA BRZDĚNÍ



obr. 1 Síly působící na vozidlo [6]

Kinetická energie pohybujícího se vozidla závisí na jeho hmotnosti a rychlosti. Brzděním se pohybová energie vozidla přeměňuje na tepelnou energii. Pohybovou energii vozidla můžeme vyjádřit pomocí vztahu: [1]

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

E_k - kinetická energie vozidla [J],

m - hmotnost vozidla [kg],

v - rychlost vozidla [$m \cdot s^{-1}$].

Kinetická energie vozidla roste úměrně s hmotností a se čtvercem rychlosti. Při brzdění vzniká setrvačná síla F_a , která je rovna brzdě síle F_b na obvodu kola. [1]

$$F_a = F_b = m \cdot a; [\text{N}] \quad (2)$$

a - zrychlení (zpomalení) brzděného vozidla [$m \cdot s^{-2}$]

Brzdě síla F_b je závislá na tíze vozidla G a součiniteli záběru μ , který má pro každý povrch jinou hodnotu. [1]



$$F_b = G \cdot \mu = m \cdot g \cdot \mu ; [N] \quad (3)$$

G - tíha vozidla [N],

μ - součinitel záběru [-],

g - tíhové zrychlení [$9,81m \cdot s^{-2}$]

Pro zastavení vozidla je nezbytné, aby kinetická energie vozidla E_k byla rovna práci vykonané brzdou silou F_b na dráze s_b . [1]

$$E_k = F_b \cdot s_b ; [J] \quad (4)$$

Pro brzdou dráhu vozidla s_b platí vztah:

$$s_b = \frac{v^2}{2 \cdot g \cdot \mu} ; [m] \quad (5)$$

Z tohoto vztahu je patrné, že brzdna dráha je přímo závislá na čtverci rychlosti a nepřímo závislá na součiniteli tření. To platí tehdy, jsou-li všechna kola bržděna stejně velkým brzdovým účinkem. Je-li bržděna jen jedna náprava, závisí síla F_b na hmotnosti připadající právě na tuto nápravu. [1]

$$F_{b1} = m_1 \cdot g \cdot \mu ; [N] \quad (6)$$

m_1 - hmotnost připadající na jednu nápravu [kg]

Vzorec brzdne dráhy se upraví na tvar:

$$s_b = \frac{v^2}{2 \cdot g \cdot \mu} \cdot \frac{m}{m_1} ; [m] \quad (7)$$

Poměr hmotností m a m_1 je větší > 1 , proto je brzdna dráha delší, než v případě brzdění obou náprav vozidla. [1]

Celková brzdna dráha vozidla je složena z dráhy, kterou projede vozidlo v reakční době řidiče (0,5 - 1 s) s_1 , dráhy ujeté v reakční době brzd (0,2 - 0,3 s) s_2 a vlastní dráhou brzdění. [1]

$$s = s_1 + s_2 + s_b = v \cdot t_1 + v \cdot t_2 + \frac{v^2}{2 \cdot g \cdot \mu} ; [m] \quad (8)$$



s_1 - dráha ujetá v reakční době řidiče t_1 [m],

s_2 - dráha ujetá v reakční době brzd t_2 [m]

Protože platí $F_a = F_b$, což lze napsat jako $m \cdot a = m \cdot g \cdot \mu$, pak tedy maximální brzdné zpomalení vozidla při brzdění závisí na tíhovém zrychlení a součiniteli záběru.

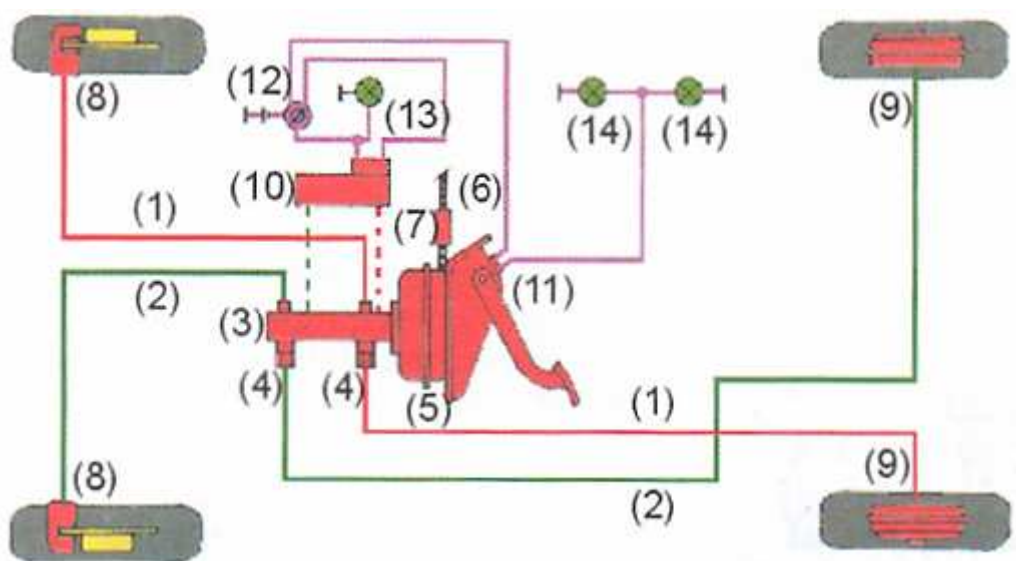
$$a_{\max} = g \cdot \mu \cong 9,81 \cdot \mu ; [m \cdot s^{-2}] \quad [1] \quad (9)$$

Tab. 1: Součinitele záběru μ pro vybrané povrchy [1]

Druh povrchu	Součinitel záběru μ	
	suchý povrch	mokrý povrch
Beton	0,8 – 1,0	0,5 – 0,8
Asfalt	0,7 – 0,9	0,5 – 0,7
Makadam	0,8	0,5
Hlinitá cesta	0,5 – 0,6	0,3 – 0,4
Písečná cesta	0,5 – 0,6	0,4 – 0,5



3. BRZDOVÝ SYSTÉM



obr. 2 Brzdová soustava [3]

(1) - 1.okruh, (2) - 2. okruh, (3) - hlavní brzdový válec, (4) - redukční ventil, (5) - posilovač brzdného účinku, (6) - podtlakové potrubí, (7) - zpětný ventil, (8) - přední kotoučová brzda, (9) - zadní bubnová brzda, (10) - nádržka brzdové kapaliny, (11) - brzdový snímač, (12) - spínací skříňka, (13) - kontrolní svítidla brzdové soustavy, (14) - brzdová světla

Brzdový systém je nezbytnou a povinnou výbavou traktorů, jež slouží k zajištění plynulosti dopravy a bezpečnosti jak na polích, tak na pozemních komunikacích. Účelem brzdového zařízení je nejen redukce rychlosti jedoucího traktoru, popř. traktoru s připojeným strojem, nebo jeho zastavení, ale i zabránění samovolnému rozjetí se na rovině či svahu. [1]

U traktorů se také používají brzdy k nucenému zatáčení. Pomocí rozděleného nožního pedálu lze přibrzdit vnitřní kolo na pravé či levé straně, čímž je dosažen minimální poloměr otáčení. U starších traktorů se používalo ručního rozdělovače.



obr. 3 Detail rozdělovače brzdového tlaku [11]



obr. 4 Nožní rozdělovač brzdového tlaku [vlastní]

Traktory brzdí pomocí zvyšování vnitřních odporů, neboli se přeměňuje kinetická energie na energii tepelnou. Ta je následně odvedena do ovzduší, aby nedocházelo k poškození brzd a ovlivnění brzdného účinku, jenž se vlivem teploty snižuje. Tento proces se provádí třením rotující části (kola, nebo hřídele) o části nepohyblivé s vysokým součinitelem tření. Pro zvýšení bezpečnosti musí mít traktory dvě na sobě nezávislé brzdy v případě selhání provozní brzdy. [1]

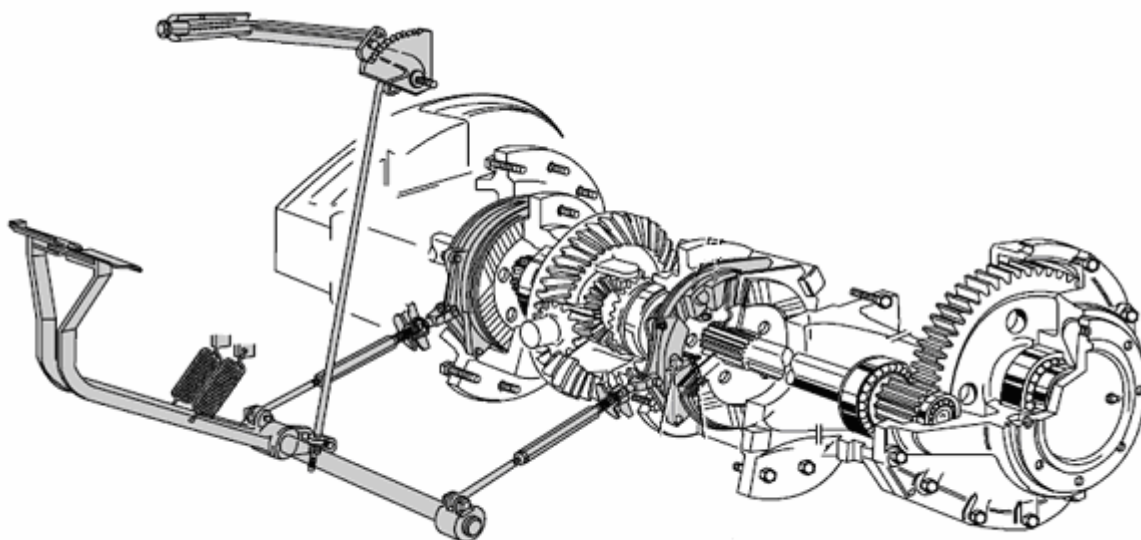


4. ZÁKLADNÍ SOUČÁSTI BRZDOVÉ SOUSTAVY

Brzdová soustava je tvořena ovládacím ústrojím brzd, převodem brzd a vlastní brzdou. Ovládací ústrojí řídí a uvádí do provozu brzdovou soustavu, která je tvořena u přímočinných brzd pedálem nebo pákou brzdy, u brzd polostrojních pomocí posilovacího agregátu a u brzd strojních hlavním brzdíčem, brzdovým a ovládacím ventilem, výfukovým ventilem, regulátorem brzdící síly a omezovačem brzdící síly.

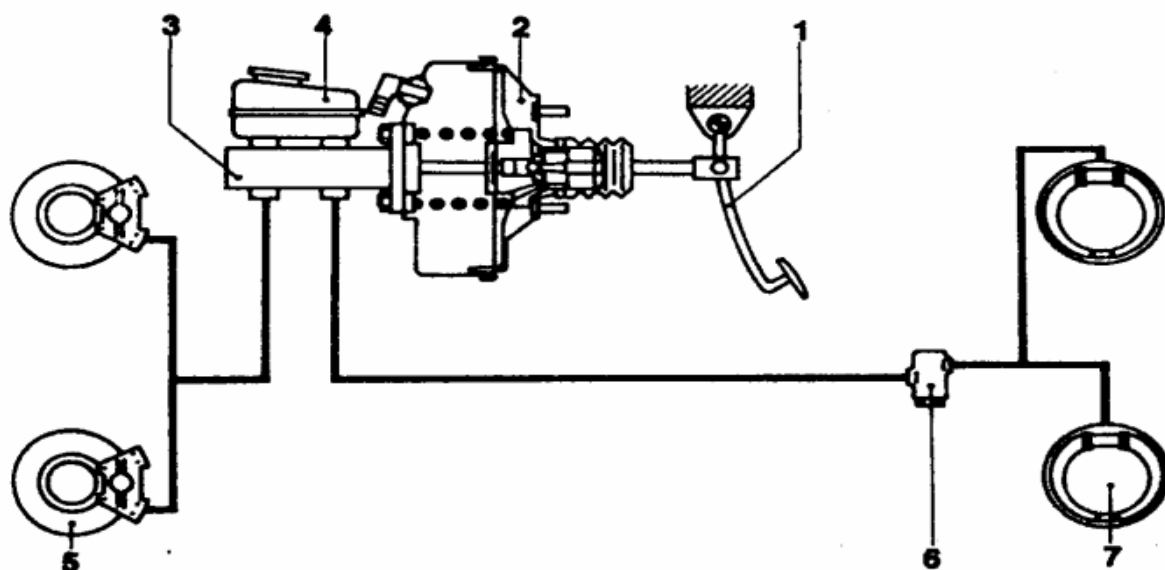
- **Převod brzdného účinku**

Převod mechanických brzd je zajišťován pomocí převodové páky, rozdělovacího zařízení (mezi nápravami), táhel brzd, lan, lanovodů a převod je zakončen pákou brzdy s rozpínacím klínem nebo S-vačkou.



obr. 5 Schéma brzdy s mechanickým převodem [11]

Převod hydraulických a pneu-hydraulických brzd se skládá z hlavního brzdového válce, který je pro jednookruhové brzdy jednoduchý a pro brzdy dvouokruhové dvojitý paralelní nebo tandemový. K dalším součástem patří vyrovnávací nádržka, stavitelná nebo pevná rozvodka, brzdové potrubí a brzdové válečky.



obr. 6 Schéma brzdové soustavy s hydraulickým přenosem [2]

1 - brzdový pedál, 2 - posilovač, 3 - hlavní brzdový válec, 4 - nádržka, 5 - brzdové kotouče, 6 - regulátor brzdné síly, 7 - brzdné bubny

• Hlavní brzdový válec a posilovač brzd

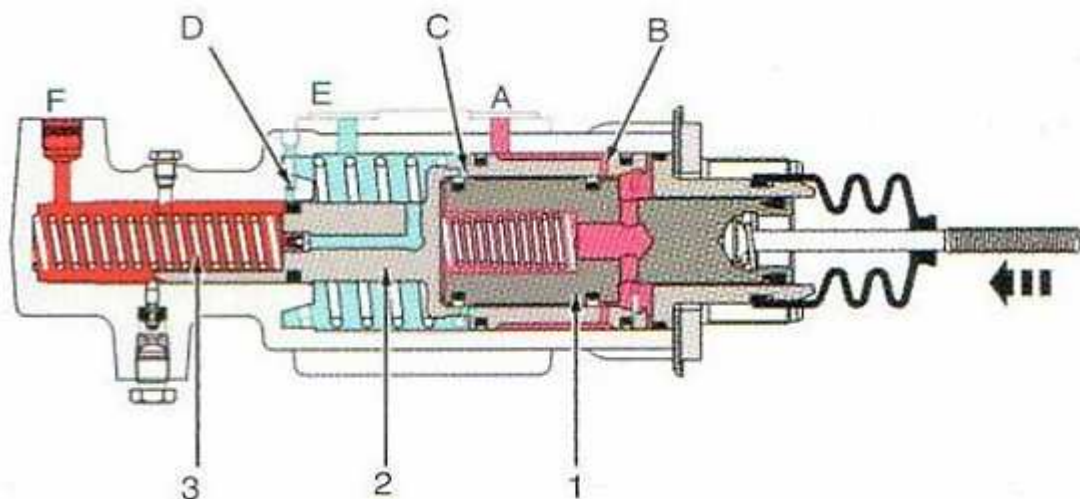
Hlavní brzdový válec je ovládacím prvkem v brzdové soustavě, kterým je řízen průběh brzdění.

Posilovač brzd je zařízení, které zvyšuje řidičem vyvinutý tlak na hlavní brzdový válec, čímž snižuje i jeho vynaloženou sílu. Posilovač brzd nesmí ovlivňovat cit řidiče pro velikost síly nutné k brzdění a plynulosti pohybu pedálu. Posilovač pracuje pouze při nastartovaném motoru.

Při sešlápnutí brzdového pedálu dojde k posunutí pístu (1). Hrana pístu uzavře kanálek (C) a otevře kanálek (B), kterým je přiveden tlakový olej do míst nad pístem posilovače (2). Ten se začne posunovat vlevo a jeho hrana uzavře kanálek (D). Při dalším pohybu pedálu dojde ke zvyšování tlaku v hlavním brzdovém válci (3), a tím také v brzdových válcích jednotlivých kol. Pokud se zastaví pohyb pedálu, píst (1) se nepohybuje, píst posilovače pokračuje v pohybu do okamžiku, kdy hrana pístu (1) uzavře kanálek (B), tím dojde k uzavření přívodu tlakového oleje nad pístem (2), ten se zastaví a v hlavním brzdovém válci je udržován konstantní tlak. Při dalším sešlápnutí pedálu se obnoví přívod tlakového oleje na píst (2), který se začne pohybovat vlevo, čímž se zvyšuje tlak v brzdovém systému a brzdná síla se zvyšuje. Pokud řidič uvolní pedál brzdy, pružina posune píst (1) vpravo, tím dojde k uzavření kanálku (B) a otevření kanálku (C). Otvorem v pístu (1) přes kanálek (C)

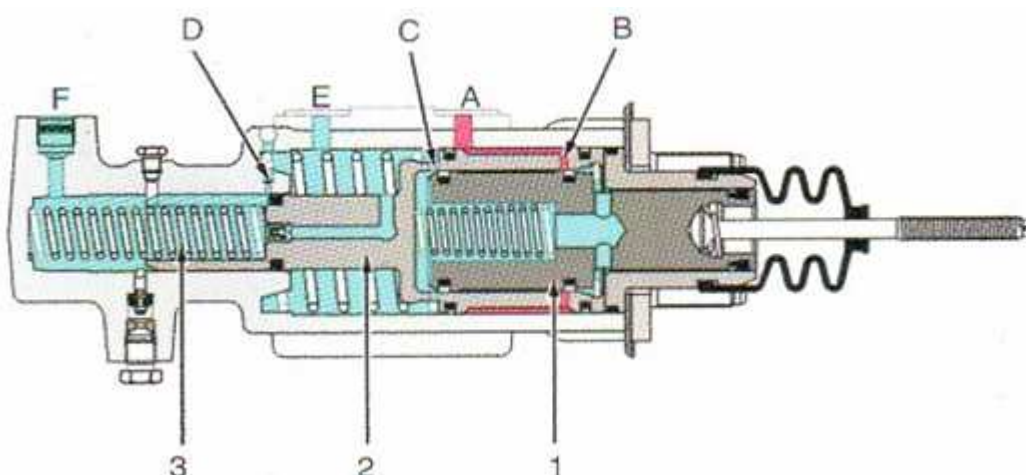


a (E) odtéká olej z prostoru nad pístem (2) do olejové nádrže. Píst (2) je pružinami tlačěn vpravo a v prostoru hlavního brzdového válce (3) klesá tlak. Brzdná síla se snižuje. Při úplném uvolnění pedálu pružiny přenesou píst (2) do pravé krajní polohy, kdy hrana pístu otevře kanálek (D). Případné úniky kapaliny z brzdového systému a tepelné dilatace kapaliny nebo brzdového potrubí jsou doplňovány přes tento kanálek. [1]



obr. 7 Hlavní brzdový válec s hydraulickým posilovačem, zabrzděno [1]

A - vstup oleje z nízkotlakého okruhu traktoru, B, C, D - kanálky otevírané hranou pístu
E - výstupní kanálek do olejové nádrže (odpad), F - přívod kapaliny k brzdovým válcům kol,
1 - řídicí píst, 2 - píst posilovače, 3 - hlavní brzdový válec

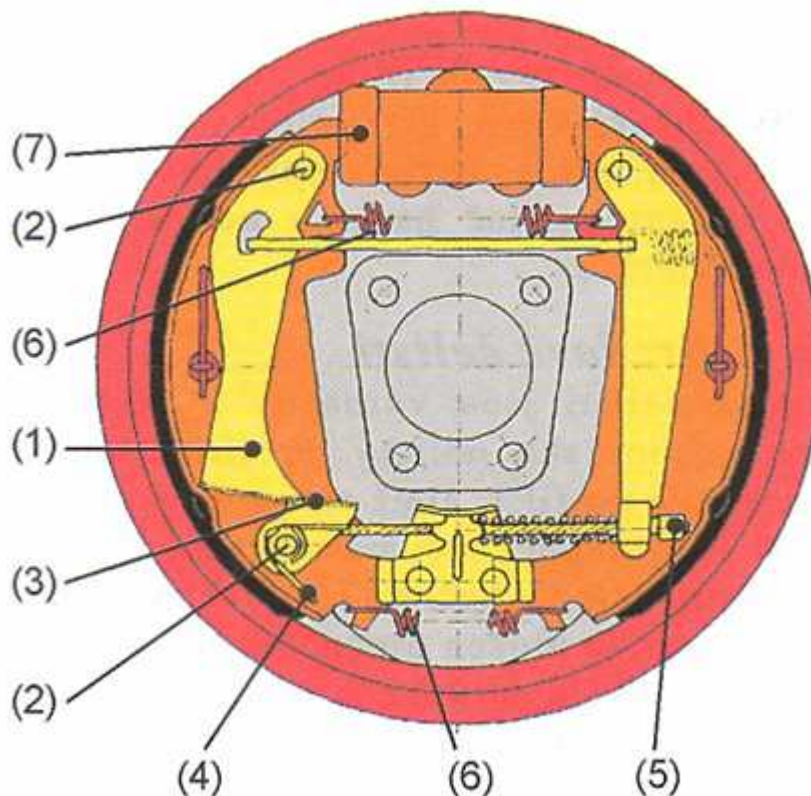


obr. 8 Hlavní brzdový válec s hydraulickým posilovačem, odbrzděno [1]



- Brzda

Vlastní brzda je tvořena brzdovým bubnem, třecími kotouči s lamelami, brzdovým kotoučem se třmenem. Tyto součásti se snaží zamezit pohybu vozidla prostřednictvím sil působících proti pohybu nebo udržení vozidla v klidu.



obr. 9 Bubnová brzda se samočinným nastavením vůle [3]

(1) - rozpěrná páka, (2) - čep, (3) - ozubený segment, (4) - pružina, (5) - ovládání parkovací brzdy, (6) - vratná pružina, (7) - kolový brzdový váleček



- **Brzdová kapalina**

Brzdová kapalina je chemicky neutrální, nesmí chemicky snižovat životnost pryžových ani kovových částí. Nejčastěji je brzdová kapalina vyráběna na bázi glykolu a glykoléterové směsi spolu se speciálními prvky. Brzdová kapalina musí být co nejméně stlačitelná, mít nízkou a stálou viskozitu, vysoký bod varu (např. 260 °C) a nízký bod tuhnutí (např. -60 °C). Tyto a další požadavky určují americké normy DOT 3, DOT 4, DOT 5. [3]

Kapalina je velice náchylná na pohlcování vlhkosti, která se do kapaliny dostává ze vzduchu. Kapalina dosahuje vysokých teplot a při obsahu vody 3,5 % je bod varu kapaliny jen 140-160 °C. Po dvou letech je v brzdové kapalině okolo 3 % vody. Tudíž je doporučeno kapalinu měnit alespoň jednou za rok. [3]

Hladina brzdové kapaliny v zásobní nádobě by se měla pravidelně kontrolovat, popřípadě dolít do stanovené hladiny na nádobě. Kapalina je také silně toxická.

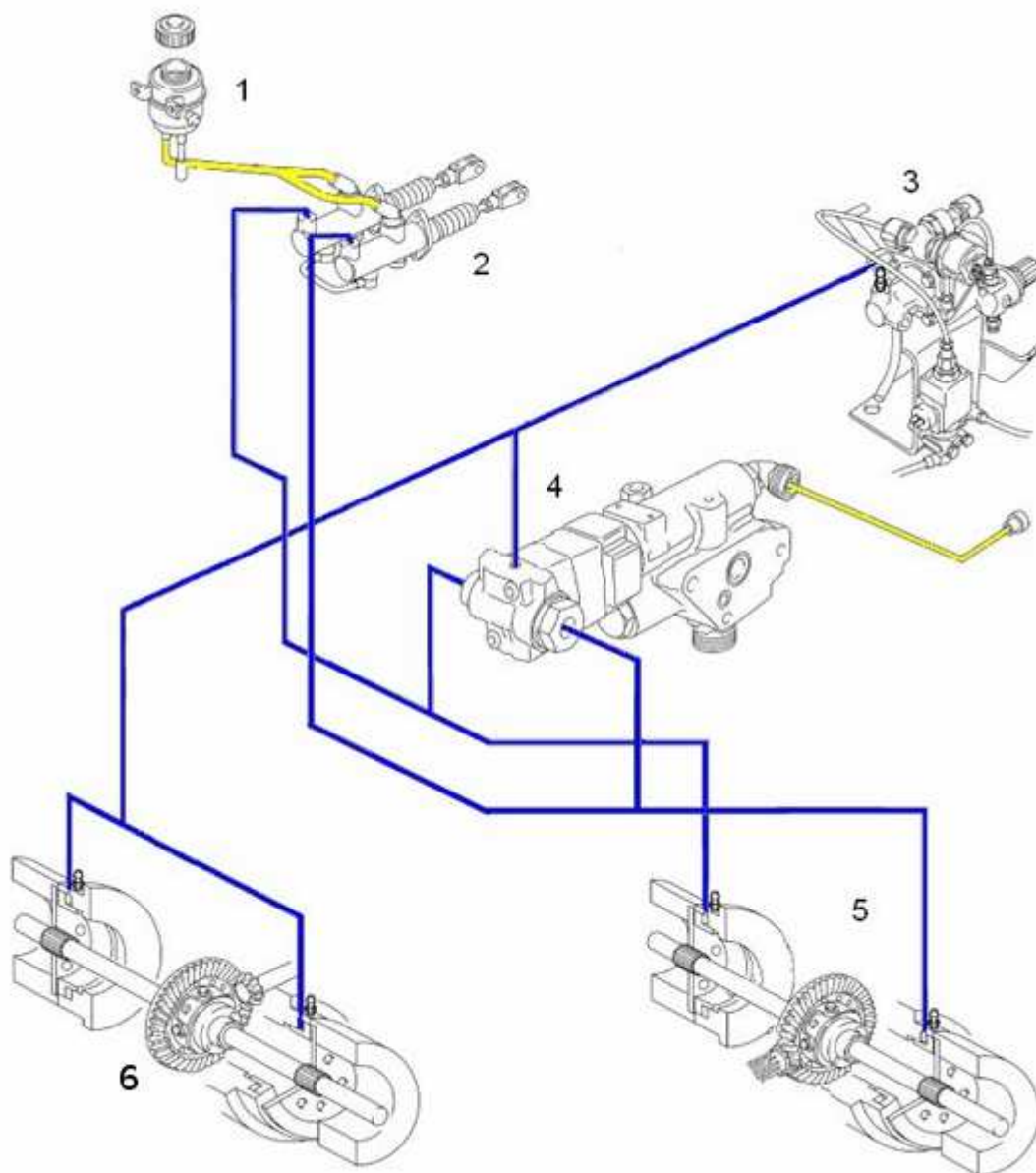


obr. 10 Brzdová kapalina [vlastní]



5. KONSTRUKCE BRZD

U traktorů se využívá různých druhů brzdových systémů. Nejčastěji se používají jako provozní brzdy třecí, hydraulické, mokré, dvouokruhové, kotoučové. Brzdy jsou zesilovány hydraulickým posilovačem nebo se využívá nízkotlaký hydraulický okruh. Pro parkovací brzdu se nejčastěji používají mechanicky ovládané kotoučové, lamelové, nebo záklopkové brzdy.



obr. 11 Dvouokruhové kapalinové brzdy s hydraulickým posilovačem [1]



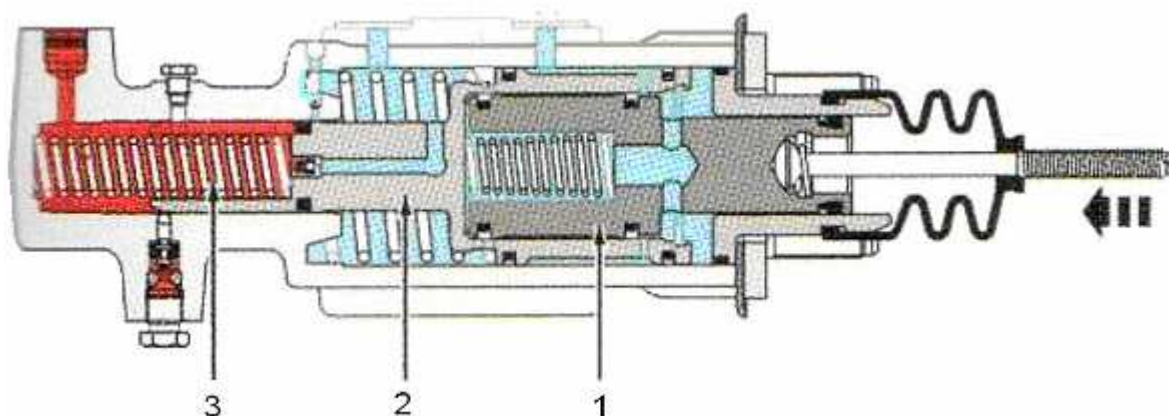
1 - akumulátor tlaku, 2 - hlavní brzdový válec s hydraulickým posilovačem, 3 - hlavní brzdíč pneumatikých brzd přívěsu, 4 - ventil hydraulických brzd přívěsu, 5 - provozní mokré kotoučové brzdy zadní nápravy, 6 - provozní mokré kotoučové brzdy přední nápravy

U traktoru s nižším výkonem jsou brzděna pouze zadní kola, traktory s trvalým pohonem všech kol mají brzděná i kola přední. U traktoru střední a vyšší kategorie jsou přední kola brzděna automatickým připínáním pohonu přední nápravy nebo jsou brzdy umístěny na všech kolech.

Traktory jsou také vybaveny hydraulickým a pneumatickým (povinné v České republice) výstupem na brzdění přívěsu.

Na každém okruhu brzd je brzdový válec, v nynější době již vybaven hydraulickým posilovačem, díky němuž se sníží ovládací síla na brzdový pedál. Hlavní brzdový válec vytvoří po sešlápnutí pedálu brzdy v příslušném okruhu tlak, který je potrubím převeden k hydraulickým válcům brzd. Hydraulické válce vytvoří sílu, která je využita k vyvolání brzdného účinku. [1]

Brzdový válec a posilovač brzd musí zajistit zastavení traktoru i v případě, že nepracuje motor nebo je porucha a do posilovače není přiváděn olej. Pokud není do posilovače brzd dodáván tlakový olej, pak při sešlápnutí pedálu brzdy působí řidič přes píst (1) přímo na píst (2) a bez posilovacího účinku vytváří tlak v hlavním brzdovém válci (3). Pro zajištění požadovaného tlaku musí proto řidič působit daleko vyšší silou na brzdový pedál. [1]



obr. 12 Hlavní brzdový válec, brzdění bez posilovače [1]



6. ROZDĚLENÍ BRZDOVÝCH SOUSTAV

Rozdělení brzdových soustav traktorů může být provedeno podle mnoha hledisek, tudíž jsem zvolil rozčlenění podle nejdůležitějších faktorů, jimiž jsou užití, přenos ovládané síly a konstrukce.

6.1. PODLE ÚČELU POUŽITÍ

Rozdělením podle účelu použití se rozumí roztrídění brzd podle nutnosti použití na brzdu provozní, parkovací, nouzovou a odlehčující.

6.1.1. PROVOZNÍ BRZDA

Účelem provozní brzdy je redukce rychlosti, popřípadě úplné zastavení, při jakékoli rychlosti a hmotnosti vozidla. Během jízdy musí být vozidlo ovladatelné a nesmí se odchylovat z přímého směru. Účinek provozní brzdy musí být regulovatelný a musí působit na všechna kola. Výjimku tvoří výkonnostně slabší traktory, kde brzdná síla působí pouze na zadní, hnací nápravu. Provozní brzda musí být ovladatelná řidičem ze sedadla beze změny polohy těla.



obr. 13 Provozní brzda traktoru Case IH CS Pro [13]



6.1.2. PARKOVACÍ BRZDA

Účelem parkovací brzdy je zabránění samovolnému pohybu vozidla zejména na svahu, a to i při zatížení na celkovou hmotnost. Z bezpečnostního hlediska je brzda většinou ovládána mechanicky propojením ovládacího prvku a brzdy kola. Parkovací brzda musí být ovládána ze sedadla řidiče a musí zajistit vozidlo v klidu i v nepřítomnosti řidiče. [3]



obr. 14 Parkovací brzda traktoru Valtra série T ovládaná reverzorem [13]

6.1.3. NOUZOVÁ BRZDA

Při poruše provozní brzdy zajišťuje nouzová brzda zastavení. Jako nouzová brzda může sloužit jak jeden okruh z dvouokruhových provozních brzd, tak parkovací brzda nebo speciální nouzová brzda. Během brzdění nouzovou brzdou musí být funkční alespoň jedno kolo na každé straně vozidla.



obr. 15 Nouzová brzda Massey Ferguson [14]



6.1.4. ODLEHČOVACÍ BRZDA

Odlehčovací brzda (zpomalovací) snižuje, popř. udržuje rychlost vozidla. Nemá za účel zastavení vozidla, brzdového účinku je zde dosaženo zcela jiným způsobem než u běžných brzdových soustav. Při používání brzdy nedochází ke tření, tudíž není opotřebováváno brzdící ústrojí. Brzda je v provozu pouze tehdy, je-li v pohybu vozidlo. Nejpoužívanější zpomalovací brzdou je brzda motorová, která se používá u traktorů sloužících hlavně pro dopravu po veřejných komunikacích. Pro zapnutí motorové brzdy je nutné zařazení rychlostního stupně, nejlépe nižšího než byl před brzděním, a zapnutí spojky. Motorová brzda zcela uzavře přívod paliva a uzavírá výfukové potrubí motoru. Tuto brzdou najdeme u traktorů Fendt 309 Vario, Case IH CVX 160, atd.



obr. 16 Motorová brzda [7]



6.2. PODLE ZPŮSOBU PŘENOSU OVLÁDACÍ SÍLY

Klasifikace je zde provedena podle druhu přenosu ovládací síly s následujícími možnostmi: řidič působí na pedál pouze svojí silou; řidič působí na pedál svojí silou a navíc silou od posilovače; řidič působící sílu zdroje pouze ovládá.

6.2.1. PŘÍMOČINNÁ BRZDOVÁ SOUSTAVA

Potřebná síla pro brzdění není nijak násobená, je vyvolána pouze svalovou energií řidiče, která se přenáší na kola pomocí hydraulického nebo mechanického převodu. [1]

6.2.2. STROJNÍ BRZDOVÁ SOUSTAVA

Někdy je také zvaná jako nepřímochinná. Brzdového účinku zde není dosaženo silou řidiče, ale pomocí jiného zdroje, nejčastěji pneumatické (síla tlaku vzduchu) nebo hydraulické (síla od tlaku kapaliny) síly, přičemž řidič tuto sílu pouze ovládá. [1]

6.2.3. POLOSTROJNÍ BRZDOVÁ SOUSTAVA

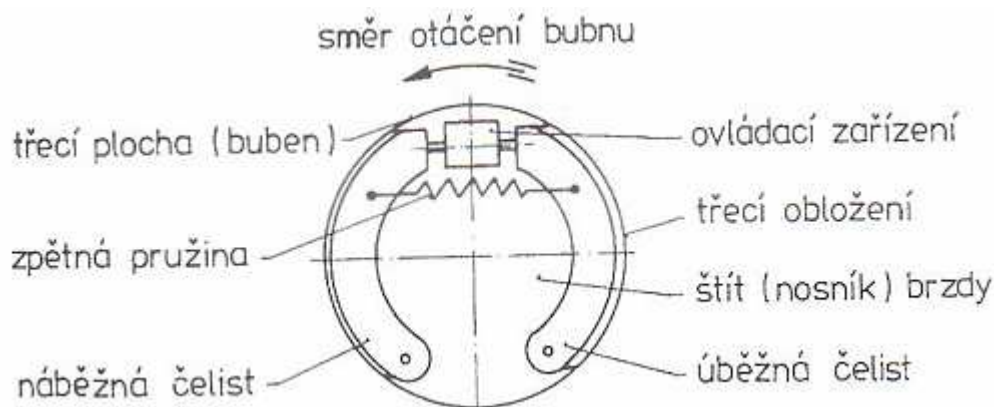
Je-li brzdná síla nedostačující, je nezbytné ji posílit z jiného zdroje energie (posilovače). U posilovače brzd se využívá dvou druhů energie, hydraulické, kde tlak je vyvolán stlačením kapaliny, anebo pneumatické, kde se používá přetlaku nebo podtlaku vzduchu v brzdové soustavě. Posilovač je navržen tak, aby při porouchání byla brzdová soustava stále funkční a maximální síla na pedál, která je nutná k zastavení vozidla, nepřesáhla 800N. [3]

6.3. ROZDĚLENÍ BRZD PODLE KONSTRUKCE

Konstrukce brzdových soustav je rozmanitá. V práci uvádím rozdělení na brzdu čelistovou, pásovou, západkovou, kotoučovou se třmenem a lamelovou.

6.3.1. ČELISTOVÉ BRZDY

Bubnové brzdy se většinou nacházejí na některé části převodového ústrojí. Nejčastěji jsou umístěny na děleném hřídeli zadní nápravy. Otáčející částí bubnových brzd je buben, který je pevně spojen s otáčejícím hřídelem. Na vnitřní straně bubnu je válcová třecí plocha. Na nepohyblivé straně jsou umístěny čelisti s obložením a krytem, který chrání brzdu před nečistotami a vodou.



obr. 17 Schéma bubnové brzdy [2]

Čelisti brzd jsou většinou ze svařovaného ocelového plechu, odlévané z temperované litiny, odlévané z lehkých slitin (Mg-Al3), nebo litinové. Na třecích částech čelistí je nanýťované nebo nalepené brzdové obložení. Obložení je z materiálu, který je nehořlavý a má vysoký koeficient tření. Čelisti jsou na jednom konci buď volně opřeny na čepu (tyto čelisti nazýváme plovoucí), nebo pevně přidělány na otočném čepu (jako můžeme vidět na obr. 17; tyto čelisti nazýváme ukotvené). Na druhém konci jsou čelisti připojeny buď na klíč brzdy, který je mechanickým působením řidičovy síly otočen a následně způsobí roztažení čelistí, anebo na pracovní válec či válce hydraulického systému, které se působením tlaku brzdové kapaliny roztahují. Způsobují tak rozevření čelistí a následný třecí účinek mezi vnitřní stranou bubnu a obložení, čímž vzniká síla. Tato síla účinná ve směru otáčení působí na tzv. *úběžnou* čelist, druhá čelist je nazývána *náběžná*. U kotevních čelistí je intenzivnější třecí síla na *náběžnou* čelist, proto se na *úběžné* čelisti brzdové obložení méně opotřebovává. Čelisti jsou udržovány v odbrzděném stavu pomocí pružin připevněných na čelistech brzd. Mezi brzdovým bubnem a brzdovým obložení je záměrná malá mezera, která se opotřebováním obložení zvětšuje. Tento nežádoucí efekt je eliminován automatickým vymezením vůle nebo delším pohybem brzdového pístu či ručním rozvírácím šroubem. [2]

- **Výpočet třecí síly:**

$$F_k = F_p \cdot f \cdot 2 = p_b \cdot S_b \cdot f \cdot 2 \quad [N] \quad (10)$$

kde: F_p - přitlačná síla [N]

f - součinitel tření [-]

p_b - tlak v brzdové soustavě [Pa]

S_b - plocha průřezu brzdového válce [m²]



- **Výhody čelistových brzd**

- brzdové ústrojí je chráněno před nečistotami z okolí
- malá ovládací síla, proto pracují často pouze mechanicky
- jednoduché řešení parkovací brzdy

- **Nevýhody čelistových brzd**

- při dlouhodobém či častém brzdění dochází k zahřátí, čímž klesá brzdný účinek
- obtížná kontrola opotřebení obložení a vyšší hmotnost

- **Použití**

Čelistové brzdy byly pro svoji jednoduchost používány na starších traktorech, proto byly často ovládány jen mechanicky, bez posilovače brzd. V současné době jsou již překonány a nahrazeny brzdami lamelovými.

6.3.2. PÁSOVÉ BRZDY

Pásová brzda má velice jednoduchou konstrukci. Na ocelový nebo litinový buben dosedá brzdící pás s obložením (někdy je brzdící pás bez obložení). Pás je připojen na jedné straně čepem a na druhé je připojen na brzdovou páku, na kterou působí brzdná síla. Pásová brzda má poměrně velkou účinnost, ale špatný odvod tepla, proto se převážně používá jako brzda parkovací, popř. nouzová. Existují také pásové brzdy působící na vnitřní stranu válce, ale ty se pro složitou konstrukci a nízkou efektivitu nepoužívají. [4]



obr. 18 Pásová brzda [8]



- **Výhody pásových brzd**

- lze dosáhnout velké třecí plochy
- účinnější nežli brzdy čelistové
- ovládací síla je mnohem menší než u brzd čelistových

- **Nevýhody pásových brzd**

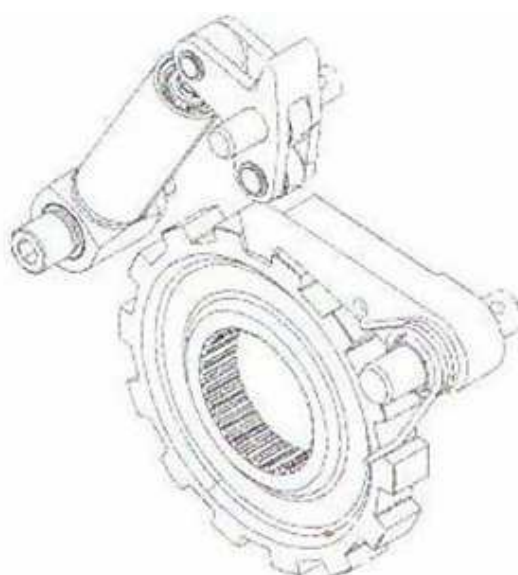
- opotřebení pásu není rovnoměrné
- vhodnější pro jeden smysl otáčení
- tahem pásu se hřídel kola namáhá na ohyb

- **Použití**

Pásové brzdy našly své uplatnění u traktorů jako brzdy parkovací a v současné době jsou nahrazovány brzdami západkovými nebo lamelovými.

6.3.3. ZÁPADKOVÁ BRZDA

Jako parkovací brzda se u některých traktorů používá západková brzda. Tato brzda je ovládaná elektronicky, aby se nemohlo stát, že by se použila, aniž by traktor byl v klidu. Brzda je umístěna na výstupním hřídeli z převodovky, takže přes zadní diferenciál brzdí zadní kola. Přes spojku předního Kardanova hřídele bývají bržděna i přední kola. Západka zapadá do ozubení, tím je traktor zajištěn proti pohybu. Tento typ brzdy je používán například firmou New Holland. [1]



obr. 19 Západková brzda [1]



- **Výhody západkových brzd**

- vysoká účinnost a spolehlivost

- **Nevýhody západkových brzd**

- brzdu lze použít pouze tehdy, je-li vozidlo v klidu

- **Použití**

Západková brzda, jak je již uvedeno v nevýhodách, lze použít jen tehdy, je-li traktor zcela v klidu. Tato brzda se využívá hlavně u převodovek Vario, kde je umístěna na hřídeli, ještě před zadním diferenciálem, a proto není nutné použití v páru.

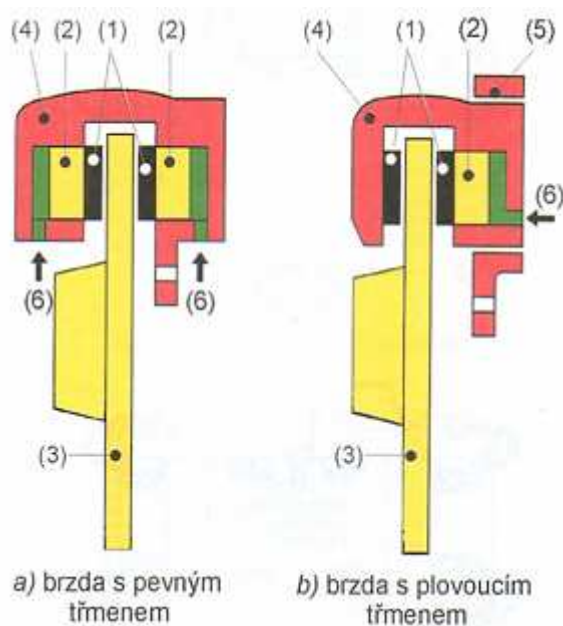
6.3.4. KOTOUČOVÁ BRZDA SE TŘMENEM

Kotoučová brzda je druh brzdy, kde pracovní částí je plochý kotouč, na jehož bocích jsou třecí plochy. Kotouč je pevně připojen k rotujícímu hřídeli. Na třecí plochy kotouče jsou přitlačovány desky s třecím obložením, opatřené o hydraulický píst ovládacího systému. Čelisti s obložením jsou uloženy v silném třmenu, upevněném na nepohyblivé části systému. Brzdové čelisti jsou přitlačovány k otáčejícímu se kotouči pomocí kapalinových válečků speciálního provedení. Třecí plocha je podstatně menší nežli u brzd pásových nebo bubnových, proto je třecí destička z tvrdšího a pevnějšího materiálu. Kotoučové brzdy se pravidelně opotřebovávají, nedochází zde k nerovnoměrnému opotřebovávání. Životnost brzdové destičky je poměrně dlouhá a její následná výměna není komplikovaná.

Kotoučové brzdy jsou s pevným třmenem nebo s volným (plovoucím). U kotoučové brzdy s pevným třmenem jsou umístěny nejčastěji dva hydraulické písty proti sobě po obou stranách, ve stejné ose a se stejným průměrem. Třmen je uložen nepohyblivě. U kotoučové brzdy s volným třmenem je hydraulický válec pouze na jedné straně. Třmen je uložen v posuvném vedení a je pohyblivý ve směru osy válce. Ovládací síla je na obou třecích stranách shodná. [3]

U kotoučových brzd s **pevným třmenem** jsou na obou stranách třmenu (4) vytvořené válečky, ve kterých se pohybují pístky (2). Při brzdění přitlačují pístky brzdové obložení (třecí segmenty) (1) z obou stran na brzdový kotouč (3) (přítlačná síla je vytvořena tlakem brzdové kapaliny (6)). [3]

U kotoučových brzd s **plovoucím třmenem** je třmen (4) uložen posuvně v držáku (5). Pístek (2) ve válečku tlačí obložení (1) proti brzdovému kotouči (3). Reakční síla posouvá třmen (4), který se přitlačí na brzdový kotouč na opačné straně. [3]



obr. 20 Kotoučové brzdy [3]

(1) - třecí segmenty („brzdové destičky“), (2) - pístek, (3) - brzdový kotouč, (4) - třmen brzdy, („pevný nebo plovoucí“), (5) - držák brzdy, (6) - brzdová kapalina

Tento typ brzdového ústrojí se používá například u traktoru JCB Fastrac nebo je tímto způsobem brzděn hnací Kardanův hřídel přední nápravy, jak můžeme vidět u traktoru Zetor Forterra nebo Fendt 300 CI. Tyto brzdy jsou nazývány brzdy suché, neboť pracují v suchém prostředí.



obr. 21 Kotoučová brzda Zetor Forterra-zakrytá [vlastní]



obr. 22 Kotoučová brzda Zetor Forterra-rozdělaná [vlastní]



- **Výpočet třecí síly:**

$$F_k = F_p \cdot f \cdot 2 = p_b \cdot S_b \cdot f \cdot 2 \quad [\text{N}] \quad (11)$$

kde: F_p - přítláčná síla [N]

f - součinitel tření [-]

p_b - tlak v brzdové soustavě [Pa]

S_b - plocha průřezu brzdového válce [m²]

- **Výhody kotoučových brzd**

- stabilita brzdového účinku při dlouhodobém a častém brzdění
- dobrý odvod tepelné energie
- snadná údržba
- rovnoměrné opotřebení

- **Nevýhody kotoučových brzd**

- malý vnitřní převod, proto je nutná vyšší ovládací síla
- brzda není zakrytá, tudíž je možnost vzniku nečistot
- složitější ovládání parkovací brzdy

- **Použití**

Kotoučové brzdy pro svoje malé rozměry jsou využitelné u traktorů hlavně pro brzdění přední nápravy nebo pro brzdění hnacího hřídele přední nápravy.

6.3.5. LAMELOVÉ BRZDY

Tento typ brzdového ústrojí je v současné době nejpoužívanější. Lamelové brzdy jsou kotoučové brzdy s jedním nebo více třecími kotouči.

HYDRAULICKÁ KOTOUČOVÁ BRZDA

Brzda je umístěna před koncovým převodem. Kotouč se třecím obložením (1) je uložen na drážkách hřídele polonápravy, a může se při jízdě volně otáčet mezi přítláčenými kotouči (2). Prostor pod pístem (3) je potrubím spojen s hlavním brzdovým válcem (F) na obr. 23 při stlačení pedálu brzdy je pod píst (3) přivedena tlaková kapalina z hlavního brzdového válce, píst přes přítláčné kotouče sevře brzdový kotouč, čímž zabrzdí pojezdové kolo. Přítláčná síla je dána tlakem brzdové kapaliny a plochou pístu (3) brzdy. Třecí síla na brzdovém kotouči závisí na přítláčné

síle, na součiniteli tření mezi obložením kotouče a přítlačným kotoučem a na počtu třecích ploch. [1]

- **Výpočet třecí síly lamelové brzdy**

$$F_k = F_p \cdot f \cdot n_p = p_b \cdot S_b \cdot f \cdot n_p \quad [N] \quad (12)$$

kde: F_p - přítlačná síla [N]

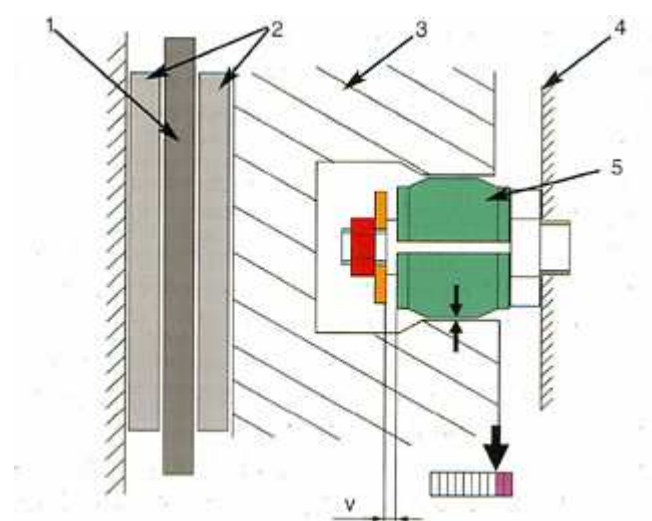
f - součinitel tření [-]

n_p - počet třecích ploch [-]

p_b - tlak v brzdové soustavě [Pa]

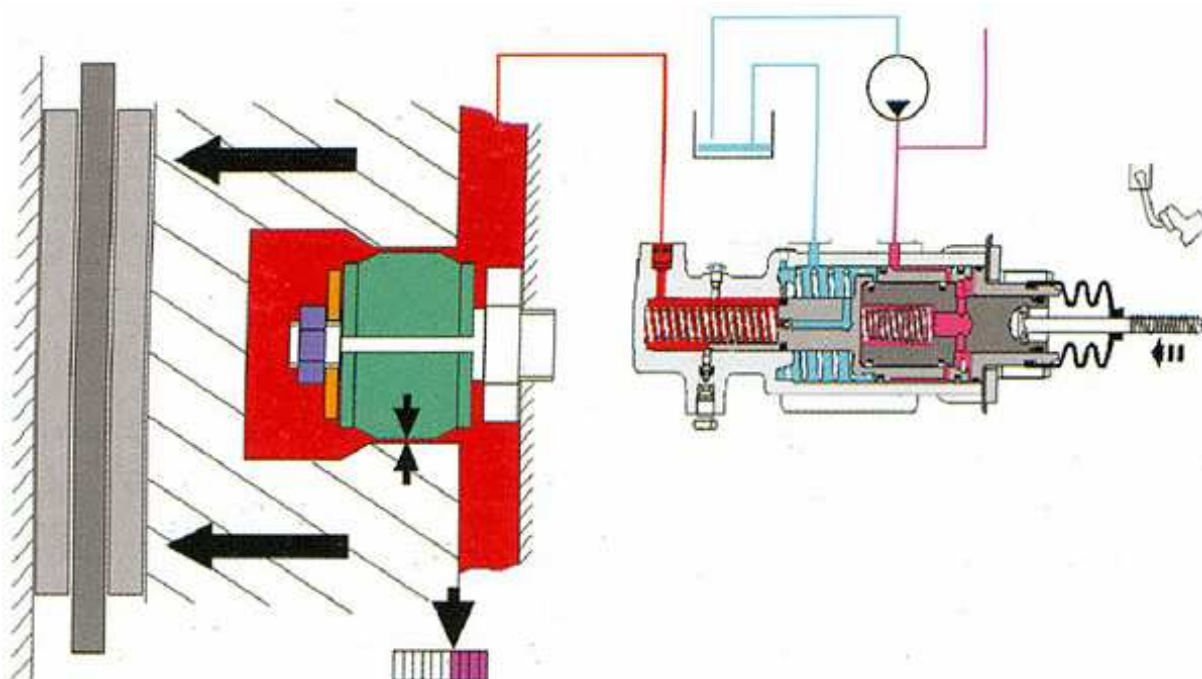
S_b - plocha průřezu brzdového válce [m²]

Aby při opotřebení obložení nedocházelo ke zvětšování zdvihu brzdového pedálu, je kotoučová brzda (obr.23) vybavena automatickým vymezováním vůle (v). Vymezení vůle zajišťuje pružný ocelový kroužek (5) zalisovaný do otvoru v pístu. Kroužek je nasazen s vůlí na čepu, na kterém má axiální vůli (v). Při sešlápnutí pedálu brzdy se kroužek spolu s pístem posune na čepu až k omezovací podložce. Po opotřebení obložení třecího kotouče dosedne kroužek (5) na podložku a mezi obložením a přítlačnými kotouči je stále vůle (brzda nebrzdí). Tlakem brzdové kapaliny na píst dojde k posunutí pružného kroužku (5) v otvoru pístu až do dosednutí přítlačných kotoučů na obložení brzdového kotouče. Po uvolnění pedálu a poklesu tlaku pod pístem se píst spolu s pružným kroužkem přesune na čepu zpět. Vůle (v) ale zůstává stejná, tedy ani zdvih pedálu se nezmění. [1]



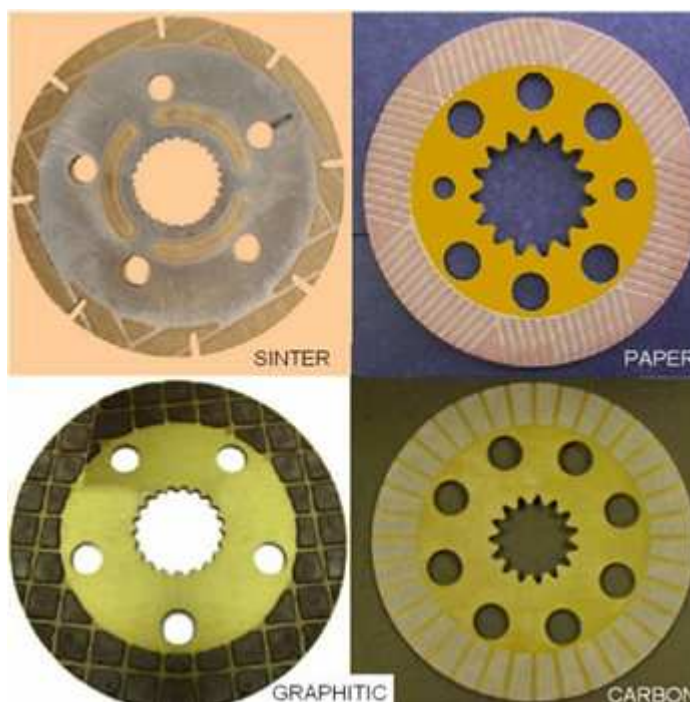
obr. 23 Hydraulická kotoučová brzda s automatickým vymezováním vůle [1]

1 - brzdový kotouč, 2 - přítlačné kotouč, 3 - píst, 4 - skříň rozvodovky, 5 - vymezovací kroužek



obr. 24 Hydraulická kotoučová brzda při brzdění [1]

Jako provozní kapalina se zde používá klasická brzdová kapalina nebo se zde využívá hydraulického oleje. Brzdění pomocí hydraulického oleje se používá hlavně u traktoru s vyšším výkonem. Tlak je přepouštěn plynule pomocí brzdového pedálu do brzdového ústrojí o maximálním tlaku 8 bar.

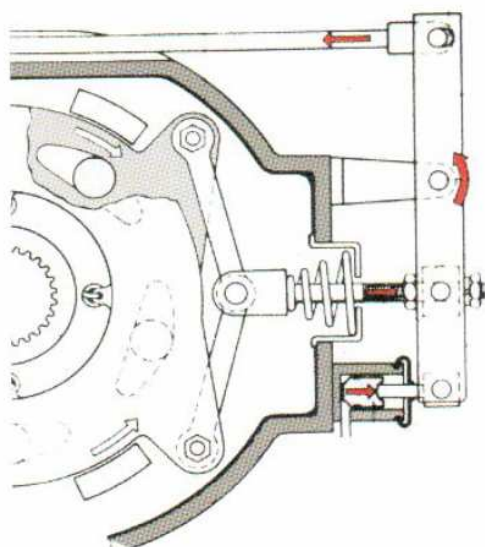


obr. 25 Druhy brzdových lamel [9]

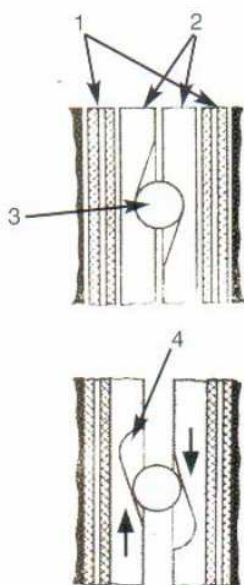


DVOUKOTOUČOVÁ BRZDA

Stejně jako u hydraulických kotoučových brzd jsou dva třecí kotouče (1) uloženy na drážkách hřídele polonápravy před koncovým převodem. Mezi třecími kotouči jsou dva přitlačné kotouče (2), které jsou k sobě přitahovány pomocí pružin. Přitlačné kotouče mají na vnitřních stranách vybrání (4), ve kterých jsou kuličky (3). Při sešlápnutí pedálu brzdy dojde přes brzdový válec a pákový mechanismus ke vzájemnému pootočení přitlačných kotoučů, tím kuličky od sebe kotouče (2) oddálí, čímž je přitlačí na obložení třecích kotoučů (1) a zabrzdí kolo. [1]

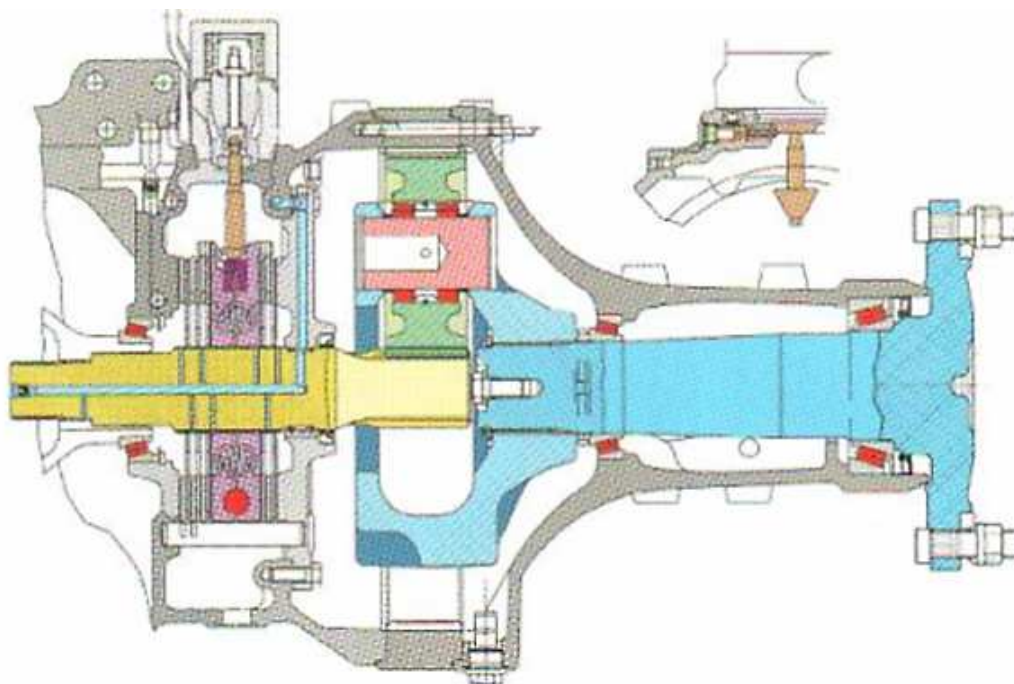


obr. 26 Schéma dvoukotoučové brzdy
traktoru Zetor [1]



obr. 27 Dvoukotoučová brzda
s rozpěrným klínem [9]

Tato brzda je u mnoha traktorů používána také jako brzda parkovací, která přes pákový mechanismus pootočí přitlačné kotouče, což vede k zablokování traktoru při parkování. U novější konstrukce dvoukotoučové brzdy je pootočení přitlačných kotoučů hydraulicky řízeno rozpěrným klínem.



obr. 28 Dvoukotoučová brzda traktoru Massey Ferguson [1]

Traktory Zetor používají dvoukotoučovou brzdou jako brzdou provozní i parkovací a traktory střední výkonnostní třídy firem Claas, Massey Ferguson pouze jako brzdou parkovací.

Brzdové lamely jsou mazány z rozváděče zadní nápravy traktoru průtokem oleje buď pomocí ovládacího ventilu zvedacího ústrojí, nebo napájecího okruhu s tlakem 5 bar. Tím se udržuje vrstva oleje na třecích plochách a chladí brzdy při použití. Proto jsou tyto brzdy nazývány podle pracovního prostředí **brzdy mokré**, neboť pracují v olejové lázni. Dvoukotoučové brzdy mohou také pracovat v **suchém** prostředí.

- **Výhody lamelových brzd**

mokré brzdy: - vysoká životnost
- nízké opotřebení
- snadný odvod tepla

suché brzdy: - plynulé brzdění
- bezhlučný provoz



- **Nevýhody lamelových brzd**

mokr  brzdy: - součinitel týrání f se mění v závislosti na rychlosti

- blokování při dobrzd n i

- o  r elementů v oleji způsobuje opot reben  hydrauliky- nutn  filtrace

such  brzdy: - ni    i životnost

- obt   n    i montáží

- hor    chlazen 

- **Pou it **

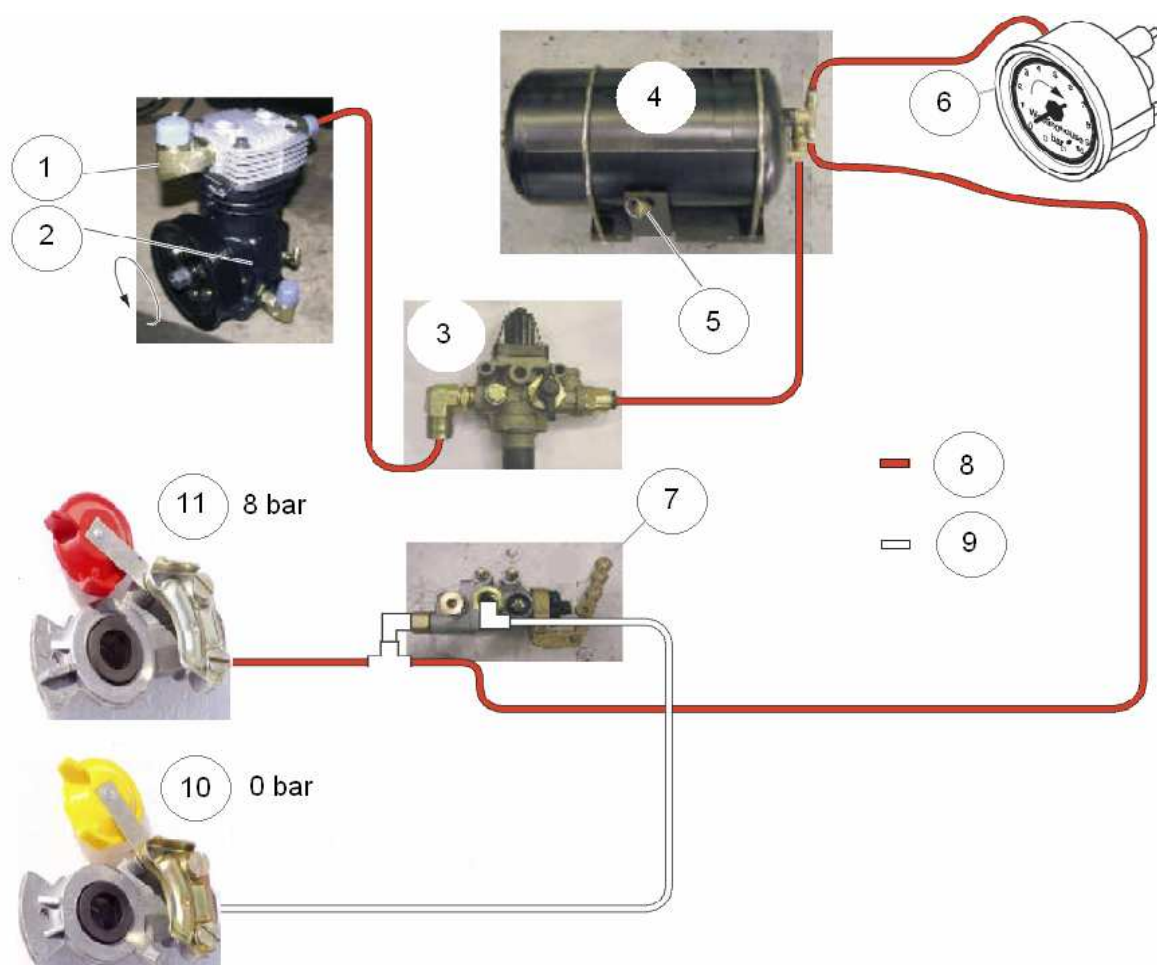
Dvoukotou ov  brzda se v sou astn  době používá hlavn  jako brzda parkovací, ale je uplat nov na i jako brzda provozní.

Hydraulick  kotou ov  brzda je v nyn    i době nejpou  v n     i provozní brzdou, hlavn  na v konnostn  siln       traktorech.

7. BRZDY TRAKTOROVÝCH PŘÍPOJNÝCH VOZIDEL

Traktor je také určen pro dopravu po komunikacích, tudíž zajišťuje dodávku brzdné energie i pro přívěs. Kromě ovládání také zajišťuje provoz brzd u přívěsů. Brzdění přívěsů je zajištěno buď pneumatickými nebo hydraulickými brzdami. V České republice se výhradně používají pneumatické brzdy přívěsů. [1]

Tlak pneumatických brzd je vyráběn pomocí kompresoru (pístového čerpadla) poháněném motorem traktoru. Vzduch stlačený kompresorem je filtrován a odkalován kvůli jeho možné vlhkosti a následně je hromaděn ve vzduchojemech.



obr. 29 Dvouhadicový brzdový okruh [12]

1. sání kompresoru, 2. kompresor, 3. regulátor tlaku, 4. vzduchojem, 5. Odkalovací šroub, 6. ukazatel tlaku, 7. výstupní ventil, 8. přetlaková oblast, 9. oblast bez tlaku, 10. žlutá výstupní koncovka, 11. červená výstupní koncovka

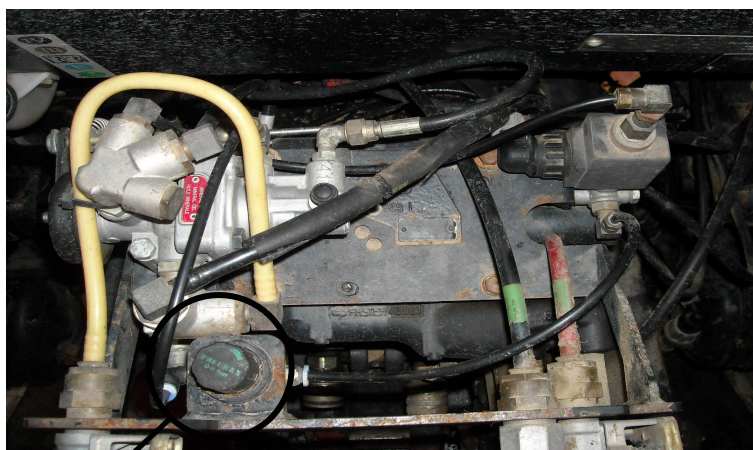


Přípojně vozidlo je s traktorem propojeno pomocí brzdových hadic, a to jednohadicově, dvouhadicově, anebo tříhadicově. U jednookruhových brzd přívěsu se používá jednohadicový a dvouhadicový systém. U dvouokruhových brzd je nutné připojení tří brzdových hadic, přičemž jsou každá barevně odlišné, aby nedošlo k jejich nesprávnému zapojení. Dojde-li k přerušení spojovacích hadic, klesne tlak a přívěs začne okamžitě brzdit. [1]

Jednohadicové brzdy propojují traktor s vlekem pomocí jedné hadice, která zajišťuje jak ovládání brzd přívěsu, tak dodávání vzduchu do vzduchojemu umístěnému na přívěsu. Traktor stále doplňuje tlak vzduchu v celém soupravě. Při sešlápnutí pedálu na traktoru dojde na přívěsu k vypuštění vzduchu v brzdovém válci pomocí brzdiče a kolo začne brzdit. Po odlehčení brzdového pedálu dojde k přepuštění vzduchu ze vzduchojemu do brzdového válce přívěsu a kola se odbrzdí. U tohoto typu brzd je vzduch při sešlápnutí pedálu brzd vypouštěn do okolí, tudíž dochází k úbytku tlaku v systému, což může při delším brzdění snížit účinnost brzd na přívěsu. [1]

Výše popsáný problém je eliminován vícehadicovým systémem, kde jedna hadici zajišťuje neustálé doplňování vzduchu do přívěsu. Ostatními hadicemi je ovládaná brzdová soustava přívěsu. [1]

U traktoru s přívěsem, je také nezbytné, aby přívěs začal brzdit dříve nežli traktor, k tomu slouží regulátor tlaku, v opačném případě může dojít k havárii soustavy. U novějších verzí traktorů může řidič volit tlak vzduchu v přívěsu, který řidič reguluje na základě hmotnosti nákladu na přívěsu a své praxe.



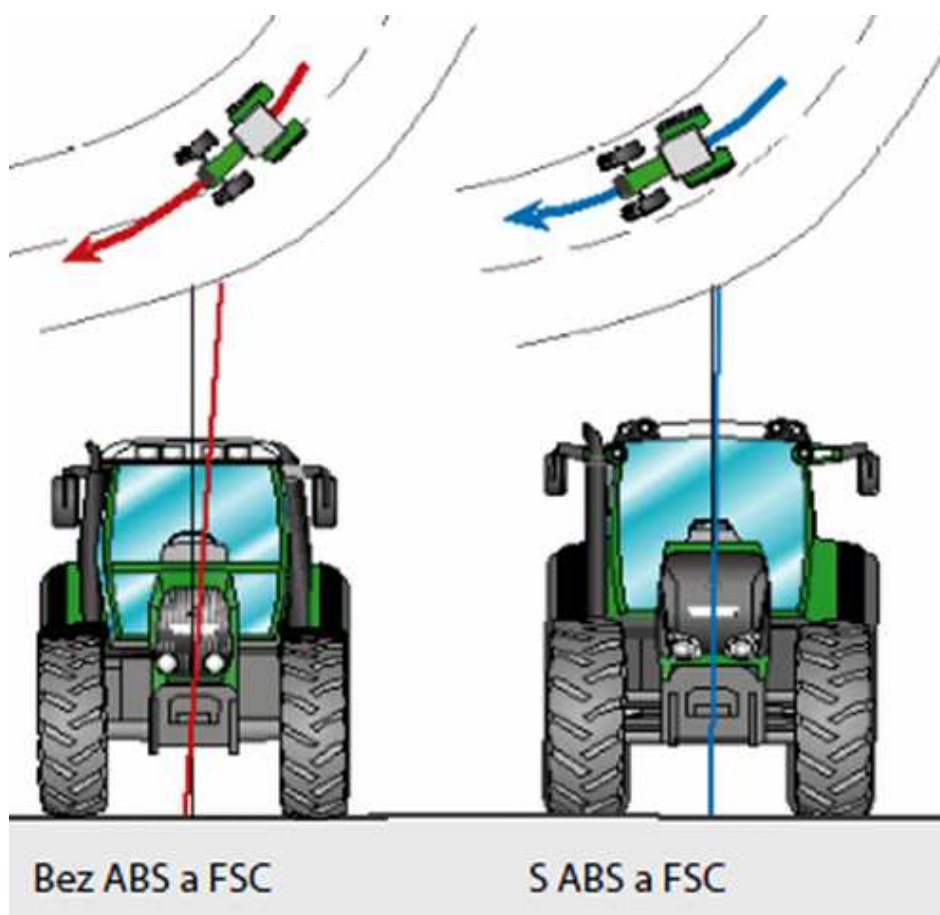
obr. 30 Regulátor tlaku [vlastní]

Regulátor tlaku



8. ELEKTRONICKÉ BRZDOVÉ SYSTÉMY

Na brzdový systém jsou kladeny vysoké požadavky, hlavně na jejich životnost a spolehlivost, proto se začíná používat protiblokovacích a stabilizačních systémů i u traktorů, neboť se tím zvyšuje ovladatelnost a snižuje riziko nehodovosti, jako například u traktorů *Fendt 936*, *New Holland T700* nebo *JCB Fastrac 8250 atd.*

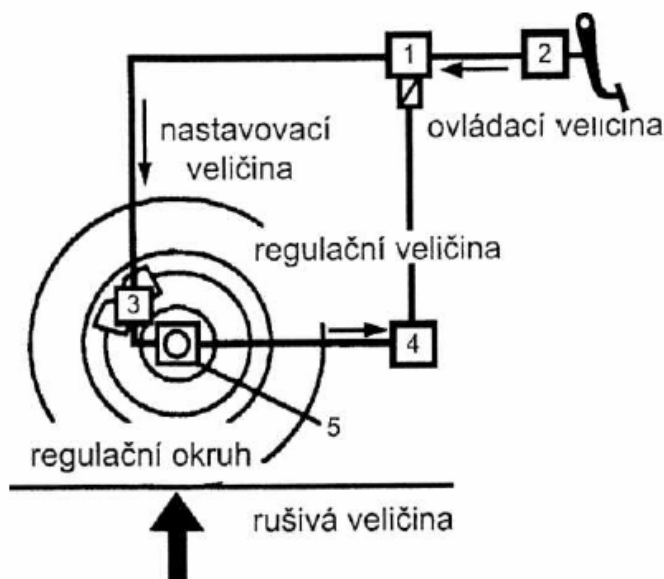


obr. 31 Elektronické brzdové systémy [10]



8.1. PROTIBLOKOVACÍ BRZDOVÝ SYSTÉM (ABS)

Během brzdění na mokré nebo kluzké vozovce může dojít k nechtěnému zablokování kol, jež znemožňují ovladatelnost vozidla. Protiblokovací brzdový systém ABS zamezuje zablokování kol, čímž umožňuje ovladatelnost vozidla a omezuje možnost vzniku smyku i při prudkém brzdění na kluzkém povrchu. [2]



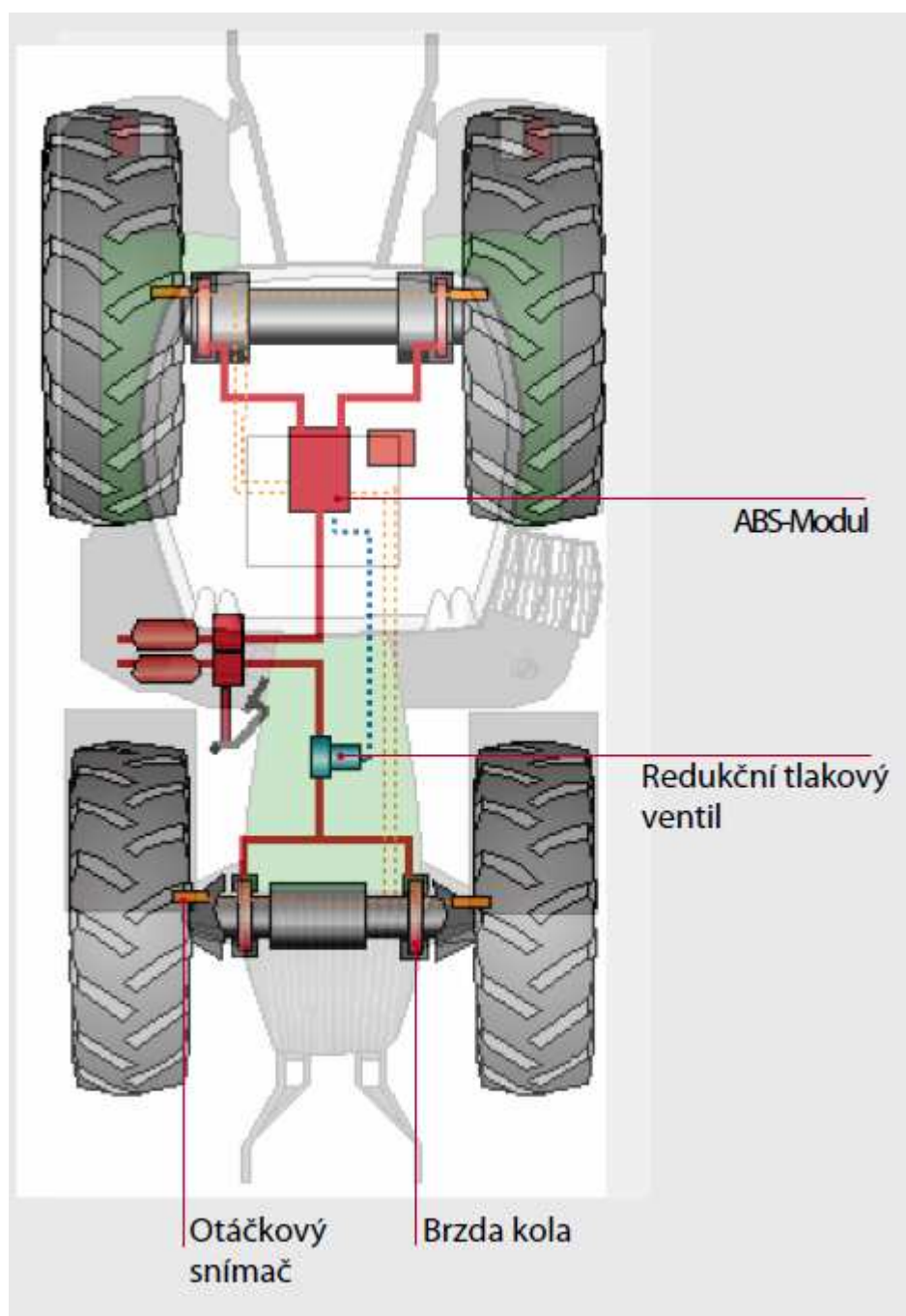
obr. 32 Protiblokovací regulační systém ABS [2]

1- hydraulický agregát s magnetickými ventily, 2- hlavní brzdový válec, 3- brzdový kolový válec, 4- řídicí jednotka, 5- snímač otáček

Modulem ABS jsou měřeny otáčky každého kola pomocí indukčních snímačů a impulsního kroužku. Při otáčení je na indukčním snímáči, který je umístěna na hřídeli kola vytváří střídavé napětí, jehož frekvencí se zjišťují otáčky kola. [2]

Jsou-li otáčky na některém z kol nízké, zasáhne ABS povolením brzdy, aby zabránilo jejich zablokování. Protože jsou kola na traktoru mnohem větší a mají zároveň velkou setrvačnost, komunikuje ABS s řídicí jednotkou traktoru, která následně může pomocí plynulé převodovky Vario opět zvýšit rychlost kola, když povolení brzdy kola nestačí k udržení požadovaných otáček. Přední kola jsou řízena současně pro zachování stability traktoru i za rozdílných podmínek. Zadní kola jsou řízena odděleně pomocí modulu ABS. [10]

Takto je tomu například u traktoru Fendt 900 Vario.

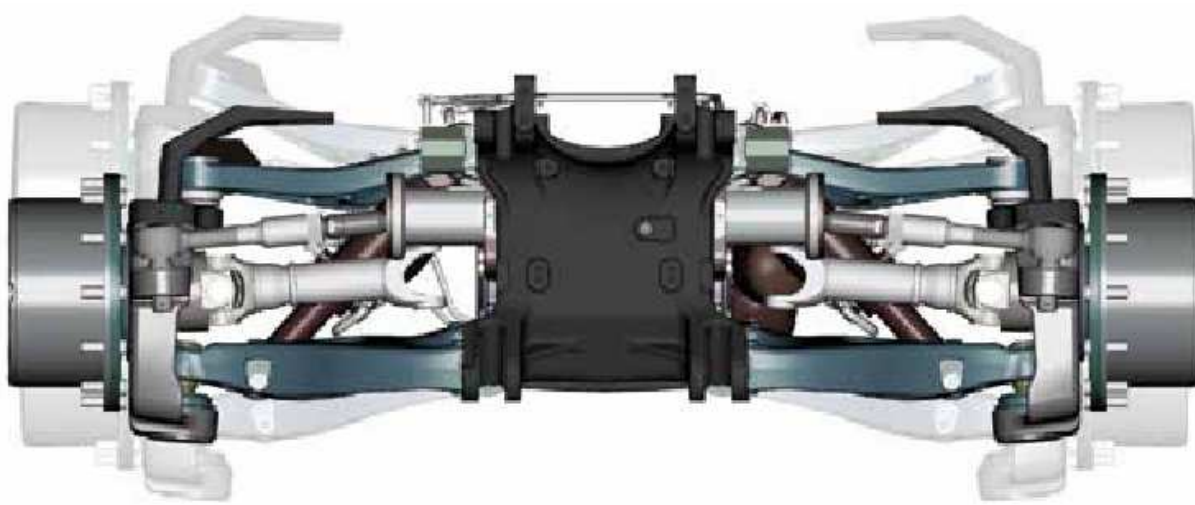


obr. 33 Schéma zapojení ABS v traktoru Fendt 900 Vario [10]



8.2. KONTROLA STABILITY PODVOZKU

Firma Fendt vyvinula unikátní nezávislé hydropneumatické odpružení přední nápravy, jenž nazvala FSC (Fendt Stability Control), tento systém umožňuje při rychlosti vyšší než 20 km/hod uzamknutí ventilu pro výměnu hydraulického oleje mezi pravou a levou stranou hydromotorů přední nápravy. Po snížení okamžité rychlosti pod 15 km/hod se ventil opět otevře a dovolí tak výměnu oleje mezi hydromotory. Tento systém zvyšuje přesnost řízení, stabilitu traktoru a hlavně bezchybnost zastavení. [10]



obr. 34 Odpružená přední náprava s úrovnňovou regulací a systém FSC [10]

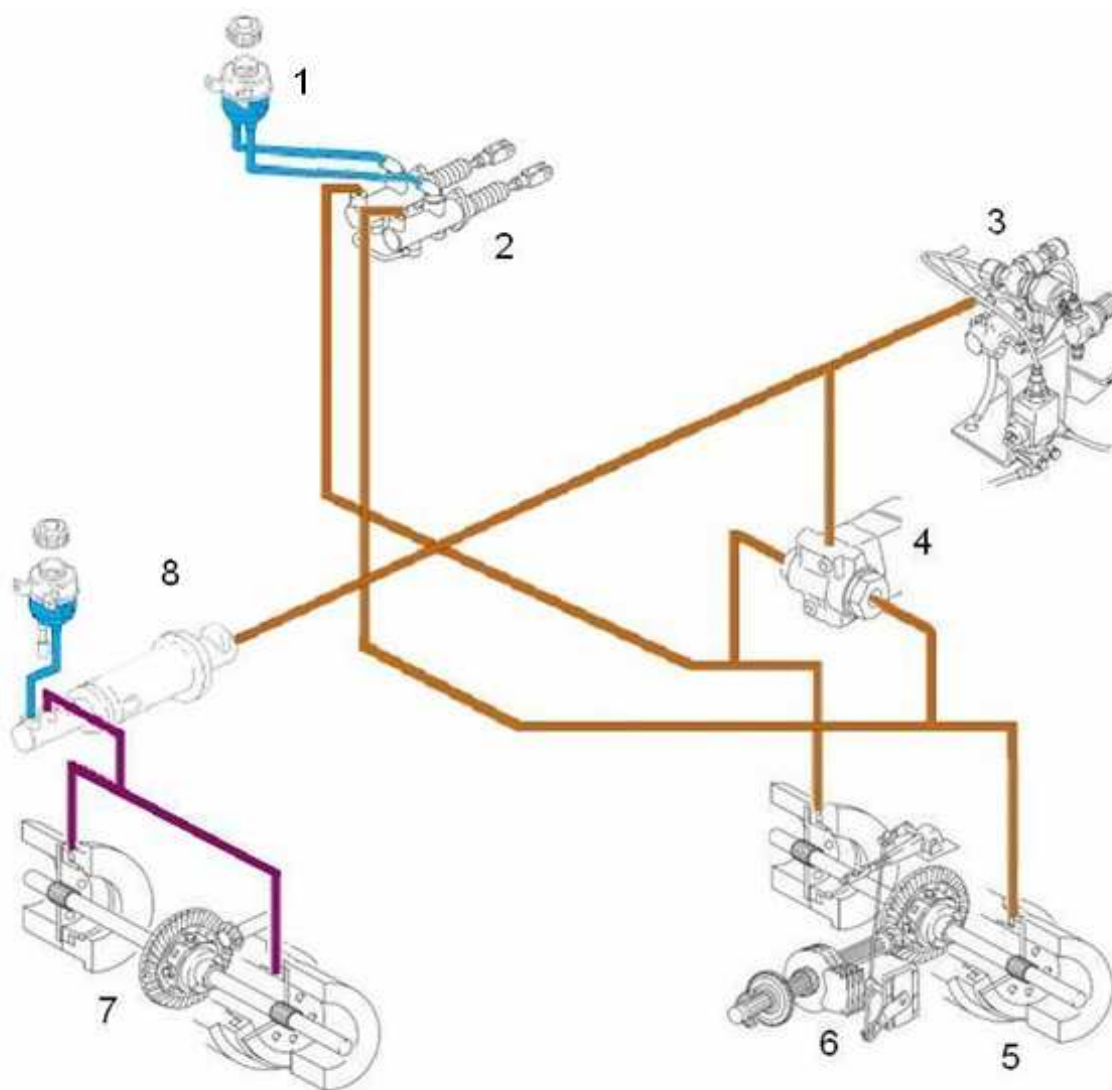


9. NÁVRH VHODNÉ BRZDOVÉ SOUSTAVY PRO TRAKTOR DO 90 KW

Traktor do 90 kW můžeme zařadit do střední výkonnostní třídy. Na brzdovou soustavu jsou kladeny vysoké nároky, proto se v návrhu hlavně zaměřuji na spolehlivost a životnost soustavy.

Provozní brzdu navrhuji, jak na zadní, tak i na přední kola, mokrou hydraulickou kotoučovou, jelikož zde můžeme k posílení brzdové síly využít tlaku hydraulického oleje a nedochází zde k velkému opotřebení obložení, díky olejové lázni. Uvažoval jsem také o použití brzdění předních kol pomocí automatického připínání přední nápravy, ale od tohoto řešení jsem odstoupil, kvůli nižší stabilitě při brzdění, jelikož na nízko adhezním povrchu by brzdilo pouze jedno přední kolo.

Parkovací brzdu zde použiji převodovou mokrou lamelovou a ručně ovládanou. Hlavní výhodou této brzdy je, že se nachází na hnacím hřídeli ještě před diferenciály, proto nemusíme tuto brzdu používat v páru.



obr. 35 Schéma návrhu brzdové soustavy [vlastní]

1- akumulátor tlaku, 2- hlavní brzdový válec s hydraulickým posilovačem, 3- hlavní brzdič pneumatických brzd přívěsu, 4 -ventil ovládání brzd přední nápravy, 5 -provozní mokré hydraulické kotoučové brzdy zadní nápravy, 6 -ruční převodová mokrá lamelová parkovací brzda, 7- provozní mokré hydraulické kotoučové brzdy přední nápravy, 8- přední brzdový válec



ZÁVĚR

Na začátku bakalářské práci jsem nastínil historii a vývoj brzdových systémů, dále jsem popsal princip brzdění z fyzikálního hlediska. Následující kapitolu jsem věnoval deskripci konstrukce a fungování systému, kromě toho jsem vypracoval přehled brzdových soustav a systému v současné době používaných, poté jsem porovnal jednotlivá konstrukční řešení soustav a uvedl jsem jejich přednosti a nedostatky.

Traktor slouží samozřejmě také pro dopravu, proto jsem jednu kapitolu věnoval traktorovým přípojným vozidlům. Se zvyšující se rychlostí provozu a modernizací jsou i traktory vybavovány elektronickými systémy.

V poslední části práce jsem navrhnul brzdovou soustavu traktoru střední třídy, přesněji pro traktor do 90 kW.



POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

1. knihy, časopisy

- [1] BAUER, F., SEDLÁK, P., ŠMERDA, T. Traktory. 1. Vydání Praha: Profi Press, 2006. 192 s. ISBN 80-86726-15-0.
- [2] VLK, F. Podvozky motorových vozidel. 3. Vydání Brno : Prof. Ing. František Vlk, DrSc., 2006. vii, 464 s. ISBN 80-239-6464-X.
- [3] JAN, Z., ŽDÁNSKÝ, B., ČUPERA, J. Automobily : Podvozky. 2. vydání. Brno : Novatisk, a.s., 2009. 245 s. ISBN 987-80-87143-11-7.
- [4] KULHÁNEK, J. Traktory. Praha : Státní zemědělské, 1979. 282 s.
- [5] Svět motorů 4/2007 : Velké dějiny maličkosti – Brzdy, text Zdeněk Vacek, vydavatel Axel Springer Praha a.s., ISSN 0039 – 7016.
- [6] Gscheidle, R. a kolektiv. Příručka pro automechanika. 2.vydání. Praha : Sobotáles, 2002. 640 s. ISBN 80-85920-83-2.

2. internetové zdroje

- [7] Pacbrake [online]. 2008 [cit. 2011-03-12]. Exhaust Brakes. Dostupné z WWW: <http://www.pacbrake.com/uploads/images/IMAGES_NEW/_AUTOMOTIVE/P_RXB_2.jpg>.
- [8] Renovak.cz [online]. 2011 [cit. 2011-03-12]. Brzdové čelisti,pásové brzdy, renovace. Dostupné z WWW: <<http://www.renovak.cz/fotogalerie/renovace/renovace-brzdovych-celisti.htm>>.
- [9] Braking System Consultancy [online]. 2011 [cit. 2011-03-19]. Multiplate Disc Brakes. Dostupné z WWW: <<http://www.engineeringinspiration.co.uk/multiplate.html>>.

3. prospekty a katalogy

- [10] Prospekty, katalogy a propagační materiály Fendt 2010
- [11] Prospekty, katalogy a propagační materiály New Holland 2010



- [12] Prospekty, katalogy a propagační materiály Case IH 2011
- [13] Prospekty, katalogy a propagační materiály Valtra 2011
- [14] Prospekty, katalogy a propagační materiály Massey Ferguson 2011



SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

a	$[m \cdot s^{-2}]$	zrychlení brzdného vozidla
E_k	$[J]$	kinetická energie vozidla
f	$[-]$	součinitel tření
F_a	$[N]$	setrvačná síla
F_b	$[N]$	brzdná síla
F_{b1}	$[N]$	síla připadající na jednu nápravu
F_k	$[N]$	třecí síla
F_p	$[N]$	přítlačná síla
G	$[N]$	tíha vozidla
g	$[m \cdot s^{-2}]$	tíhové zrychlení
m	$[kg]$	hmotnost vozidla
m_1	$[kg]$	hmotnost připadající na jednu nápravu
p_b	$[Pa]$	tlak v brzdové soustavě
s_1	$[m]$	dráha ujetá v reakční době řidiče
s_2	$[m]$	dráha ujetá v reakční době brzd
s_b	$[m]$	brzdná dráha
S_b	$[m^2]$	plocha průřezu brzdového válce
t_1	$[s]$	reakční doba řidiče
t_2	$[s]$	reakční doba brzd
v	$[m \cdot s^{-1}]$	rychlost vozidla
μ	$[-]$	součinitel záběru
ABS		Anti-lock Brake System
FSC		Fendt Stability Control



Seznam obrazových příloh

obr. 1 Síly působící na vozidlo [6]	11
obr. 2 Brzdová soustava [3]	14
obr. 3 Detail rozdělovače brzdového tlaku [11]	15
obr. 4 Nožní rozdělovač brzdového tlaku [vlastní]	15
obr. 5 Schéma brzdy s mechanickým převodem [11]	16
obr. 6 Schéma brzdové soustavy s hydraulickým přenosem [2]	17
obr. 7 Hlavní brzdový válec s hydraulickým posilovačem, zabrzděno [1]	18
obr. 8 Hlavní brzdový válec s hydraulickým posilovačem, odbrzděno [1]	18
obr. 9 Bubnová brzda se samočinným nastavením vůle [3]	19
obr. 10 Brzdová kapalina [vlastní]	20
obr. 11 Dvouokruhové kapalinové brzdy s hydraulickým posilovačem [1]	21
obr. 12 Hlavní brzdový válec, brzdění bez posilovače [1]	22
obr. 13 Provozní brzda traktoru Case IH CS Pro [13]	23
obr. 14 Parkovací brzda traktoru Valtra série T ovládaná reverzorem [13]	24
obr. 15 Nouzová brzda Massey Ferguson [14]	24
obr. 16 Motorová brzda [7]	25
obr. 17 Schéma bubnové brzdy [2]	27
obr. 18 Pásová brzda [8]	28
obr. 19 Západková brzda [1]	29
obr. 20 Kotoučové brzdy [3]	31
obr. 21 Kotoučová brzda Zetor Forterra-zakrytá [vlastní]	31



obr. 22 Kotoučová brzda Zetor Forterra- rozdělaná [vlastní]	31
obr. 23 Hydraulická kotoučová brzda s automatickým vymezením vůle [1]	33
obr. 24 Hydraulická kotoučová brzda při brzdění [1]	34
obr. 25 Druhy brzdových lamel [9]	34
obr. 26 Schéma dvoukotoučové brzdy traktoru Zetor [1]	35
obr. 27 Dvoukotoučová brzda s rozpěrným klínem [9]	35
obr. 28 Dvoukotoučová brzda traktoru Massey Ferguson [1]	36
obr. 29 Dvouhadicový brzdový okruh [12]	38
obr. 30 Regulátor tlaku [vlastní]	39
obr. 31 Elektronické brzdové systémy [10]	40
obr. 32 Protiblokovací regulační systém ABS [2]	41
obr. 33 Schéma zapojení ABS v traktoru Fendt 900 Vario [10]	42
obr. 34 Odpružená přední náprava s úrovnňovou regulací a systém FSC [10]	43
obr. 35 Schéma návrhu brzdové soustavy [vlastní]	45