

BRZDOVÉ SYSTÉMY MOTOCYKLŮ

Brzděním rozumíme záměrné snižování rychlosti vozidla. Jednostopá motorová vozidla nejlépe brzdí na rovné vozovce. Přitom zpravidla asi 60 % brzdného účinku zajišťuje přední kolo a 40 % zadní kolo (při sólo obsazení). Blokující kola prodlužují brzdnou dráhu a mohou být i velmi nebezpečná; při zablokování předního kola může jezdec přepadnout přes řídítka. Zablkování zadního kola při brzdění zpočátku ani nepoznáme. To se mnohdy pozná teprve tehdy, když se zadní kolo motocyklu začne stáčet na bok. Při zablkování zadního kola se musí pedál zadní brzdy uvolňovat opatrně a boční pohyb motocyklu vyrovnávat pomocí řídítek. Přitom hraje důležitou roli hmotnost motocyklu. Aby kola neblokovala zavádějí se i motocyklů stále větší měrou protiblokovací systémy ABS.

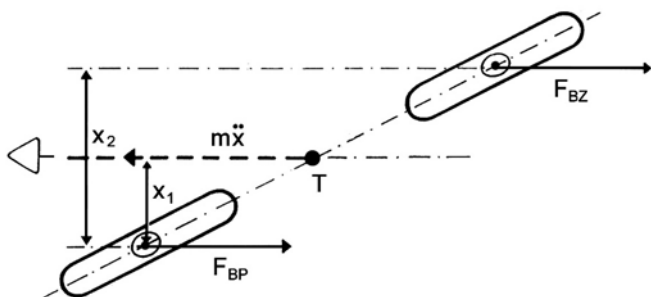
1. SMĚROVÁ STABILITA PŘI BRZDĚNÍ

Pokud se motocykl vychýlí při brzdění ze zadaného kursu vytvoří setrvačná síla destabilizující moment $m\ddot{x} \cdot x_1$ (obr. 1). Ke vlastní stabilizaci musí korigující moment překonat destabilizující moment. K vyrovnání momentů vzhledem k přednímu kolu musí stabilizující moment zadní brzdy ($F_{BZ} \cdot x_2$) být roven destabilizujícímu momentu setrvačné síly ($m\ddot{x} \cdot x_1$), tzn. $F_{BZ} \cdot x_2 = m\ddot{x} \cdot x_1$. Protože při prudkém brzdění se výrazně přitíží přední kolo, zatímco zadní se odlehčí, musí přední kolo převzít velký podíl brzdné energie. Přitom překročí destabilizující moment korigující vliv brzděného zadního kola.

Pokud je brzděno pouze zadní kolo, pak brzdná síla zadního kola vyrovnává setrvačné síly a výsledný moment stabilizuje stroj. Když je brzděno pouze přední kolo, tak je situace opačná a moment může vychýlit stroj.

Když jsou brzděna obě kola motocyklu a blokuje-li zadní kolo, ztratí se velkou měrou stabilizující účinek zadní brzdy a motocykl se chová nestabilně (rotace kolem svislé osy). Pokud jsou brzděna obě kola motocyklu a blokuje-li přední kolo, zajišťuje brzdící zadní kolo směrovou stabilitu.

Z hlediska směrové stability při přímé jízdě je nutno volit rozdělování brzdných sil na kola motocyklu tak, aby bylo zabráněno přebrzdění zadní nápravy, protože blokující zadní kolo vyvolává rotaci vozidla kolem svislé osy, která je normálním řidičem těžko ovladatelná.



Obr. 1 Stálivé momenty při brzdění.

Blokují-li současně obě kola, pak pokud nepůsobí na vozidlo vnější rušivá síla, pohybuje se vozidlo dále přímým směrem (indiferentní stav). Vznikají-li rušivé síly, pak se vozidlo může navíc ještě natáčet.

Maximální obvodové síly, tedy i brzdné síly jsou omezeny přilnavostí třecí dvojice pneumatika– vozovka. Největší přenesitelné brzdné síly tedy jsou

$$B_{Pmax} = \mu_v Z_P ; B_{Zmax} = \mu_v Z_Z ,$$

kde μ_v je součinitel přilnavosti v podélném směru valení pneumatiky.

Působí-li ve stopě pneumatiky mimo obvodové síla ještě síla boční, pak nemá-li dojít ke smyku kola nesmí geometrický součet těchto sil překročit určitou hodnotu, která závisí na přilnavosti. Předpokládáme, že přilnavost pneumatiky je stejná v podélném i příčném směru. Pak podle obr. 2 výslednice

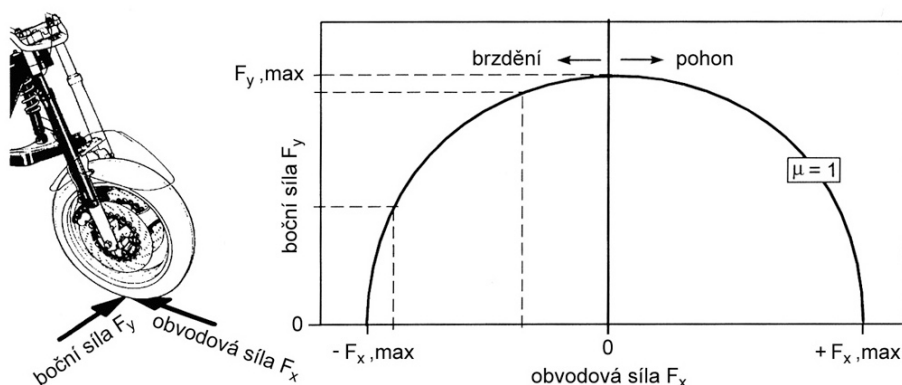
$$R_K = \sqrt{B_K^2 + S_K^2} \leq \mu_v Z_K ,$$

kde B_K je brzdná síla kola, S_K je boční vodící síla kola a Z_K je radiální reakce kola. Geometrickým místem koncových bodů vektoru výsledné přenesitelné vodorovné síly R_K je kružnice opsaná ze středu stopy poloměrem $\mu_v Z_K$. Bude-li brzdná síla na kole rovna maximální přenesitelné síle

$$B_K = B_{Kmax} = \mu_v Z_K ,$$

pak podle obr. 2 je boční síla kola S_K rovna nule a kolo není bočně vedeno. Je-li brzdná síla větší, než B_{Kmax} , pak dochází k zablkování kola a kolo se pohybuje smykem bez boční vodící síly.

Při brzdění motocyklu v zatáčce vzniká řídící moment na předním kole z důvodu mimostředního (excentrického) působíště brzdné síly (obr. 3). Bod styku kola s vozovkou se pohybuje na vnitřní stranu zatáčky a z brzdné síly vzniká moment kolem osy řízení. Tento moment se snaží natočit přední kolo směrem dovnitř, z čehož podle gyroskopických účinků následuje napřimování motocyklu, takže motocykl se odchyluje ze zatáčky směrem k vnějším okrajům zatáčky.



Obr. 2 Závislost boční síly a obvodové síly (Kammova kružnice tření) pro konstantní součinitel přilnavosti $\mu = 1$.

Další napřimování plyne z přemístění těžiště k vnitřní straně zatáčky a zde působící setrvačné síly. Společně se zachycením brzdné síly v bodě styku kola s vozovkou vzniká přídatná silová složka, která se snaží natočit motocykl do přímého směru. Toto napřimování při plynulém brzdění zvládne jezdec protiřízením. Složitější případ nastává v případě náhlého silného brzdění, která vyžaduje od řidiče rychlou protireakci s výraznou silou na řídítkách.

Brzdy u motocyklů fungují na principu tření pohyblivých součástí o nepohyblivé. Jedná se o brzdové kotouče a brzdové destičky u kotoučových brzd a o brzdové bubny a brzdové čelisti u bubnových brzd. Při brzdění se přední kolo přitíží a zadní odlehčí (obr. 4).

Úloha rozdělování brzdné síly na kola motocyklu se usnadní, jestliže vpředu a vzadu jsou kotoučové brzdy s hydraulickým ovládáním, se samočinným vymezováním vůle, malým objemem brzdového systému, malou roztažností brzdových hadiček, vysoká odolnost na tlak, vysoká tepelná odolnost a malé kolísání součinitele tření brzdového obložení.

U automobilů se ovládají všechny čtyři brzdy jedním pedálem a rozdělení brzdné síly je dáno výrobcem vozidla. Většina motocyklů

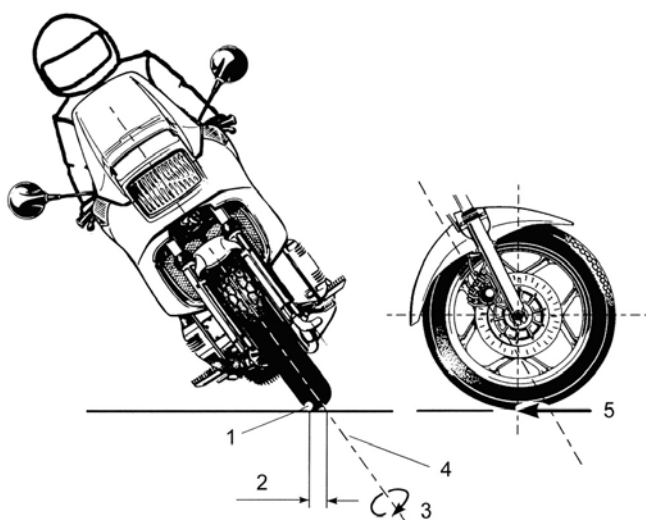
má oddělené ovládání pro přední a zadní brzdu a rozdělení brzdné síly na jednotlivá kola závisí na jezdcí. Tuto nevýhodu odstraňuje u motocyklů **svázaný brzdový systém**, kdy dávkování brzdných sil na přední a zadní kolo nezávisí na umění jezdce. Páka nožní brzdy působí na brzdu zadního kola a na brzdu předního kola (Brembo), resp. na jednu ze dvou kotoučových brzd na předním kole. Druhá kotoučová brzda na předním kole je ovládána ruční pákou na řídítkách (Guzzi). Tím je na předním kole v případě potřeby k dispozici dodatečná brzdná síla.

Moderní brzdy jsou velmi účinné, avšak jejich funkce je podmíněna některými faktory:

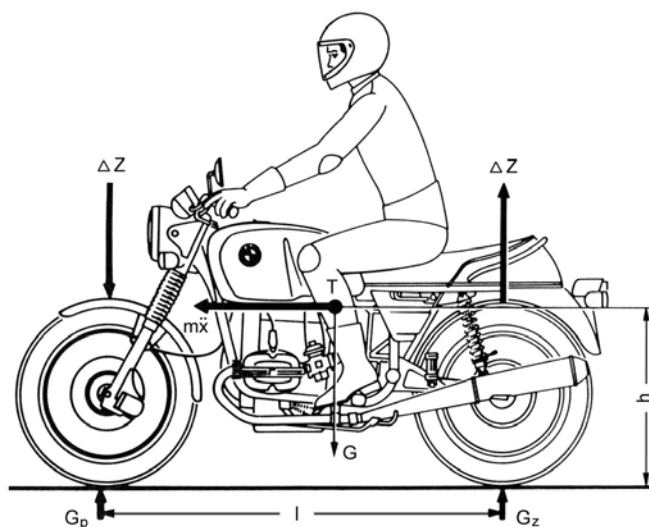
- rychlost jízdy,
- stav a kvalita pneumatik,
- vlastní hmotnost motocyklu, jezdce, spolujezdce a zavazadel,
- stav vozovky a povětrnostní podmínky.

Část sil vznikajících při brzdění způsobuje vznik tepla a zahřívání brzd, část sil pak působí na podvozek motocyklu. Tyto mechanické síly způsobují namáhání a opotřebování součástí motocyklu.

Vždy používáme současně zadní i přední brzdu. Přední brzda je důležitější než zadní, má znatelně větší účinek a měli bychom ji



Obr. 3 Moment řízení při brzdění v zatáčce: 1 – bod styku pneumatiky s vozovkou; 2 – rameno síly; 3 – moment řízení; 4 – osa řízení; 5 – brzdná síla.



Obr. 4 Změna zatížení kol – přední kolo se při brzdění přitíží a zadní

$$\text{odlehčí o stejnou hodnotu } \Delta Z = \pm \frac{mx \cdot h}{l}.$$

také používat silněji. Nožní brzdu zadního kola musíme používat opatrně, zejména na vlhké a mokré vozovce. Zadní kolo se může při brzdění snadno zablokovat, protože se při brzdění posouvá těžiště motocyklu dopředu a zadní kolo se odlehčuje.

Brzdění velmi ovlivňuje adheze (přilnavost). Záleží tedy na tom, zda je na vozovce asfalt nebo beton, zda je vozovka suchá, mokrá, znečištěná např. pískem, zda je na ní barevné značení (to je nebezpečné zejména za vlhka), sníh, námraza, apod. Účinek brzd nesmí překonat přilnavost pneumatik k vozovce. Pokud jsou brzdy příliš silné, pak se zablokují kola a motocykl se pohybuje smykem. Na tento nestabilní jev a má vliv stav a teplota vozovky a stav a kvalita pneumatik (ke smyku může dojít i při velkém náklonu v prudké zatáčce).

Na kvalitní, rovné a suché vozovce má pneumatika nejen dobrou přilnavost, ale má ještě jednu pozitivní vlastnost: během jízdy se během pneumatiky zahřívá tak silně, že povrch změkne a tím pádem se ještě zvětší jejich přilnavost. Velký vliv na přilnavost pneumatik má jejich styčná plocha s vozovkou (stopa). Za mokra se pneumatiky zahřívají jen velmi málo nebo vůbec. Tím pádem odpadá lepivý efekt a zhoršují se jízdní vlastnosti jak v zatáčkách, tak na rovině.

Pneumatiky musí mít vzorek o hloubce minimálně 2 mm a vždy v nich musí být správný tlak. Brzdou dráhu motocyklu může znatelně prodloužit spolujezdec nebo zavazadla. Dobré brzdění je podmíněno také dobrým posazením na motocyklu a dosažitelností ovladačů brzd.

Při brzdění v zatáčce vzniká u mnohých motocyklů klopný moment, který se snaží stroj narovnat a jezdec ho pak musí násilím udržovat ve stabilní poloze. Proto je vždy lepší přibrzdit ještě před zatáčkou. Narovnávací moment je silnější při brzdění pouze přední brzdou. Pokud se stane, že do zatáčky vjedeme příliš rychle a zatáčka se přiosťuje nebo je delší než jsme počítali, pak je nejlepší opatrně přibrzďovat pouze zadní brzdou. Tímto způsobem narovnávací moment znatelně zmenšíme.

Při dlouhých sjezdech v kopcovitém terénu vždy máme zařazený vhodný rychlostní stupeň a brzdíme motorem, protože při dlouhém brzdění se třecí obložení a styčné plochy brzd přehřívají a brzdy tak ztrácejí na účinnosti.

Dalším problémem, ke kterému dochází u hydraulických brzd, je tvoření bublin páry v brzdové kapalině. Bubliny páry vznikají v důsledku přehřátí ostatních součástí brzd a v důsledku působení vysokého tlaku v systému (to se projevuje zejména tehdy, když je brzdová kapalina stará). Při vzniku bublin páry účinek brzd prudce poklesne téměř na nulu. Při sjíždění kopců proto musíme brzdít motorem (neplatí pro dvoutakty) a dále musíme brzdít periodicky a střídavě zadní a přední brzdou, aby brzdy měly čas chladnout.

K tvoření bublin páry dochází tehdy, když se začne vařit a vypařovat voda obsažená v brzdové kapalině. Voda v brzdové kapalině může začít vařit působením tepla od ostatních zahřátých součástí brzdového systému. Princip hydraulické brzdy je v tom, že píst ovládaný pákou brzdy na řídítkách nebo nožní pákou tlačí na brzdovou kapalinu v brzdovém potrubí a brzdová kapalina přenáší tento tlak do brzdového třmeny nebo pracovního válce v brzdě kola. Velikost tlaku brzdové kapaliny samozřejmě závisí na síle, jakou působíme na ovládací páku brzdy. Působením vysokého tlaku se stlačená brzdová kapalina zahřívá. Hydraulická brzdová kapalina hygroskopická, tzn., že pohlcuje vlhkost čili vodu ze vzduchu. Čím je brzdová kapalina starší, tím více je v ní pohlčené

vlhkostí a tím více vzniká v brzdové kapalině bublin páry, pokud tato voda začne vařit. Čím větší obsah vody, tím více také klesá celkový bod varu brzdové kapaliny. Brzdová kapalina se proto nesmí používat déle než dva až tři roky a pak se musí vyměnit.

Pro dobrý brzdový účinek je vhodný velký rozchod kol, nízko položené těžiště, větší šířka kol a větší zatížení motocyklu.

Aby byly brzdy co nejúčinnější, musí splňovat tyto požadavky:

- pokud možno co největší brzdové kotouče (na předním kole vždy větší brzdový kotouč než na zadním)
- na předním kole dva brzdové kotouče, na zadním jeden brzdový kotouč
- brzdové třmeny s pokud možno co největším počtem pístků (dva až šest pístků na třmen)
- odpovídající hlavní a kolové hydraulické brzdové válce

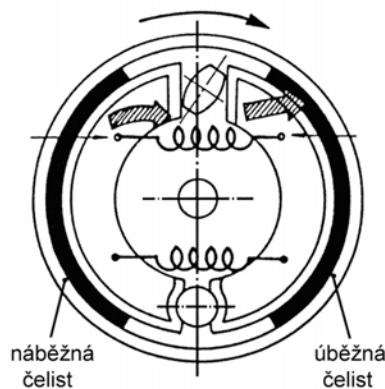
2. BUBNOVÉ BRZDY

Mechanické **bubnové brzdy** se u motocyklů často považují za zastaralé; přesto však mají své výhody. Díky své uzavřené konstrukci jsou například odolné proti vnikání vody a nečistot. To neplatí u kotoučových brzd, u kterých dochází k znečišťování brzdových kotoučů a za mokra se s kotoučovými brzdami musí občas přibrzďovat, aby se brzdové kotouče osušily a neztrácely účinnost. Dále mají kotoučové brzdy po zmáčknutí ovládací páky určité nepatrné zpoždění; jezdec pak může mít dojem, že brzdy brzdí málo a stále silněji mačká ovládací páky. Důsledkem může být přebrzdění a smyk kol.

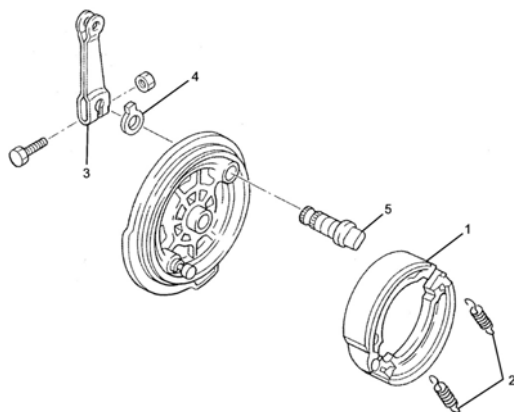
U bubnových brzd se s takovým problémem nesetkáme. Proto je výhodné montovat bubnové brzdy na zadní kola. Zadní kola se totiž při prudkém brzdění často zablokovují. Bubnové brzdy se stále používají hlavně u terénních motocyklů i na zadních kolech malých i větších silničních strojů a chopperů.

Čelisti a ovládací mechanismus bubnové brzdy je uchycen na desce pevně spojené s přední nebo zadní vidlicí, tzv. štitu brzdy. Brzdové čelisti pak působí na brzdový buben, který je součástí náboje kola a otáčí se s kolem. Rozevírající se brzdové čelisti tlačí při brzdění na vnitřní povrch brzdového bubnu, tím navozují tření a zpomalují kolo.

Jednočinné bubnové brzdy (simplex), obr. 5 a 6 jsou ze všech typů bubnových brzd konstrukčně nejjednodušší a při brzdění



Obr. 5 Jednočinná bubnová brzda (simplex).



Obr. 6 Bubnová zadní motocyklová brzda simplex (Yamaha TW 125):
1 – brzdové čelisti; 2 – vratné pružiny; 3 – páka vačky brzd;
4 – ukazatel opotřebení; 5 – brzdový klíč (vačka).

vyvozují relativně malou brzdovou sílu. Používají se zejména u lehkých motocyklů, mopedů a skútrů a někdy jako zadní brzdy u těžších strojů. U jednočinných brzd se rozlišuje náběžná a úběžná brzdová čelist. Náběžná čelist je ta, která se na brzdový buben přitlačuje předním koncem proti směru otáčení bubnu. Bubnové brzdy u motocyklů jsou ovládané mechanicky pomocí táhel a lanek. Přední brzda je napojená na páku na pravé straně řídítek, zadní brzda je pak ovládaná nožní pákou po pravé straně motocyklu.

Mezi třecími obloženími brzdových čelistí a vnitřním povrchem brzdového kotouče je vůle, která umožňuje volné otáčení kola. Po zmáčknutí páky brzd se pohyb ovládací páky přenesení přes táhlo na páku spojenou s hřídelem, na kterém je vačka. Hřídel s vačkou se pootočí a vačka odtláčí brzdové čelisti od sebe. Třecí obložení brzdových čelistí se přitisknou na vnitřní povrch brzdového bubnu a začnou brzdit.

Oproti dvojčinným bubnovým brzdám (duplex) mají jednočinné brzdy pouze jednu náběžnou brzdovou plochu. Obě brzdové čelisti se rozevírají od sebe jako nůžky a jsou ovládané jednou otočnou vačkou. Většinou se obě čelisti otáčejí kolem společného čepu.

Na brzdových čelistích jsou přilepená nebo přinýtovaná třecí obložení, která při přimáčknutí na vnitřní povrch brzdového bubnu navozují třecí účinek. Při uvolnění ovládací páky brzd stáhnou vratné pružiny brzdové čelisti zpět k sobě. Oproti brzdovým segmentům kotoučových brzd mají třecí obložení brzdových čelistí větší životnost.

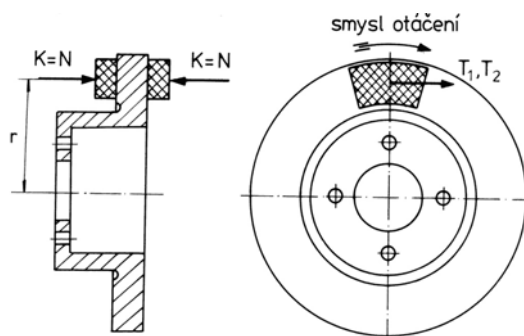
Dvojčinné bubnové brzdy (duplex) se někdy používají na předních kolech. Brzdové čelisti jsou od sebe roztahovány a přitlačovány na vnitřní povrch brzdového bubnu působením **dvou otočných vaček**. Brzdové čelisti jsou od sebe roztahovány na obou koncích a mohou tak na brzdový buben tlačit větší plochou. Brzda se spřaženými čelistmi (servo) – reakce uložení primární (náběžné) čelisti se přenáší rozpěrným čepem na sekundární čelist, čímž na ní vznikne přitlačná síla větší než ovládací síla a tato čelist pracuje také jako náběžná s větším účinkem v porovnání s primární čelistí; k přitlačování obou čelistí slouží jedno společné ovládací zařízení. U motocyklů se nepoužívá.

Při dlouhém nebo opakovaném intenzivním brzdění klesá u bubnových brzd brzdový účinek (slábnutí brzd „fading“), a to následkem poklesu součinitele tření mezi obloženími a bubnem při

vysokých teplotě, příp. následkem tepelných deformací čelistí a bubnu. Podobný úkaz někdy může nastat při brzdění při vysoké rychlosti následkem poklesu součinitele tření při vyšších hodnotách třecí rychlosti.

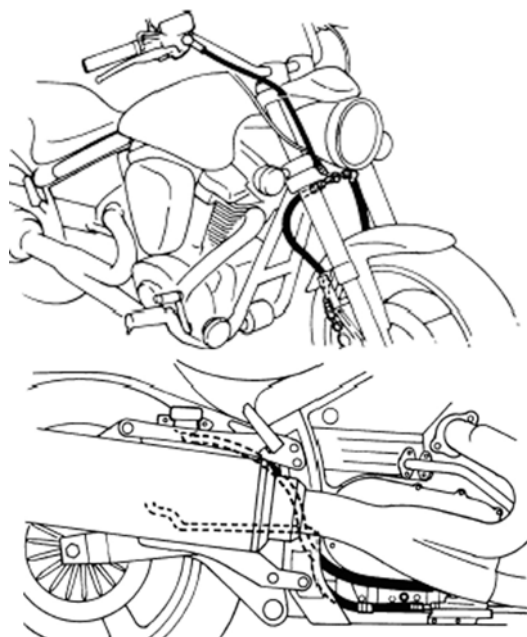
3. KOTOUČOVÉ BRZDY

Schematické znázornění kotoučové brzd je na obr. 7. Otáčející se částí je v tomto případě kotouč, jehož boky tvoří třecí plochy. Při brzdění jsou pomocí ovládacího zařízení přitlačovány na tyto třecí plochy desky s třecím obložením.



Obr. 7 Schéma kotoučové brzd.

Hlavní součástí kotoučové brzd je brzdový kotouč, který je upevněný na hlavě (náboji) kola. Brzdový kotouč může být hladký nebo opatřený drážkami případně otvory pro odvádění vody při jízdě za deště. Po stranách kotouče jsou v brzdovém třmenu, pevně spojeném s vidlicí, umístěny brzdové segmenty s obloženími. Tyto segmenty se na kotouč ze stran přitlačují a tím ho brzdí.



Obr. 8 Hydraulické ovládání motocyklových brzd (Yamaha): vlevo – vpředu dvě kotoučové brzdy, vpravo – vzadu jedna kotoučová brzda.

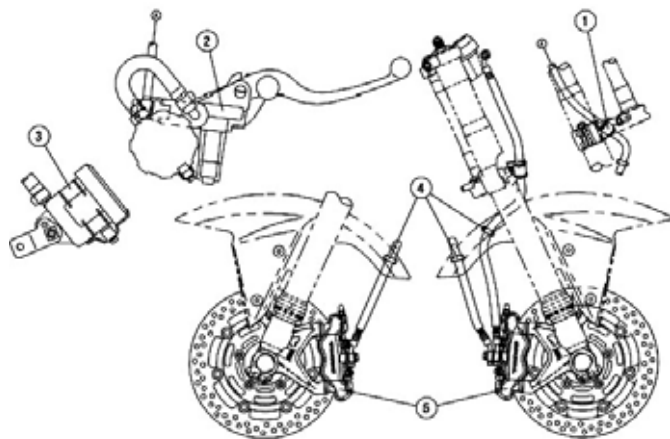
V brzdovém třmenu jsou brzdové segmenty, které se skládají z kovové destičky a nalepeného třecího obložení. V každém třmenu jsou segmenty dvě. Brzdový kotouč spojený s nábojem kola se otáčí mezi těmito brzdovými destičkami a ty ho při brzdění svírají mezi sebe. Brzdové destičky jsou k brzdovému kotouči přitlačovány jedním, dvěma až šesti pístky, které se pohybují v brzdovém třmenu.

Kotoučové brzdy jsou většinou ovládané hydraulicky (obr. 8 a 9). Jako médium pro přenos tlaku slouží hydraulická brzdová kapalina. Tato kapalina je tlačena z hlavního brzdového válce na pravé straně řídítek (u přední brzdy) přes hydraulické hadičky a potrubí do tzv. pracovního brzdového válce nebo přímo do brzdového třmenu. Součástí hydraulického systému je zásobní a zároveň vyrovnávací nádržka na brzdovou kapalinu, většinou integrovaná s hlavním brzdovým válcem. Zásobní nádržka pro zadní brzdou je většinou upevněna odděleně na rámu nebo nad hlavním válcem nožní brzdy. Hlavní brzdový válec přední brzdy je dimenzován silněji než hlavní válec zadní brzdy.

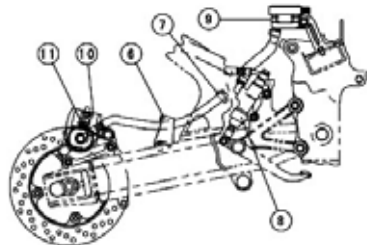
U motocyklů se na rozdíl od automobilů vyskytují se i mechanická ovládání kotoučových brzd (lanka a táhla), která jsou stejně účinná.

Při stlačení ovládací páky se zatlačí píst do hlavního brzdového válce. Tento píst tlačí v brzdovém válci na hydraulickou brzdovou kapalinu, která přenáší tlak hydraulickými vedeními do pracovního válce brzdy nebo do brzdového třmenu. Protože je brzdová kapalina nestlačitelná, funguje při přenášení tlaku jako pevné těleso. Jak již bylo řečeno, působením tlaku se brzdová kapalina vytlačuje do brzdového třmenu a zde tlačí na pohyblivé brzdové pístky. Tyto

brzdový systém předního kola



brzdový systém zadního kola



Obr. 9 Hydraulický brzdový systém motocyklu (Kawasaki ZX636-B1):

- 1 – svorka brzdové hadice; 2 – hlavní brzdový válec pro přední kolo;
- 3 – nádržka brzdové kapaliny pro přední brzdou; 4 – svorka (namontovaná k přednímu nárazníku); 5 – třmen přední brzdy; 6 – svorka; 7 – svorka (namontovaná k vnitřku nárazníku); 8 – hlavní brzdový válec pro zadní kolo; 9 – nádržka brzdové kapaliny pro zadní brzdou; 10 – třmen zadní brzdy; 11 – značka pro montáž brzdové hadice.

pístky pak přitlačují brzdové destičky k brzdovému kotouči. Pohyblivé součásti brzdy jsou opatřeny pryžovými manžetami, které slouží jako ochrana proti vnikání nečistot.

Po uvolnění ovládací páky brzdy vysaje podtlak vytvořený vytlačení brzdové kapaliny ze zásobní nádržky brzdovou kapalinu z brzdového třmenu zpět. Tím pádem se oddálí brzdové destičky od brzdového kotouče a brzda přestane brzdit. Vratný účinek je ještě zesílen působením gumových těsnicích kroužků, které se při vysouvání brzdových pístků pootáčí a tím se napružují jako pružiny. Brzdové destičky se sice oddálí od brzdového kotouče, ale prakticky nelze zabránit tomu, aby o kotouč neustále lehce nezadrhávaly. Toto zadrhávání lze akceptovat, pokud lze stále lehce otáčet kolem.

Největší výhodou kotoučových brzd je jejich velká odolnost proti tepelnému zatížení. Vynikající tepelnou odolnost mají moderní kotoučové brzdy s brzdovými obloženími ze slinutých materiálů. Brzdové destičky mohou u kotoučových brzd tlačit na brzdový kotouč velkou silou a přitom mají velký třecí účinek i na žhavém brzdovém kotouči, který se při dlouhém a intenzivním brzdění může nažhavit až do ruda.

Výhodou konstrukce a mechanického provedení kotoučových brzd je, že jsou málo citlivé na teplotní roztažnost jednotlivých součástí. Dále mají tu výhodu, že se velmi dobře chladí nápořem vzduchu při jízdě, protože všechny součásti jsou přímo vystaveny proudu vzduchu.

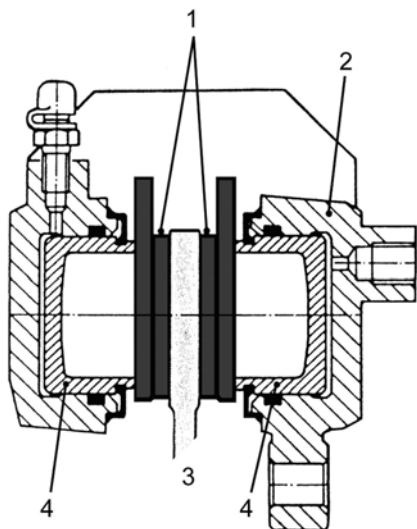
Hlavní nevýhodou kotoučových brzd je na druhou stranu to, že jejich součásti jsou bezprostředně vystaveny nečistotám, vodě, mastnotě a jiným vnějším vlivům. Kapotování kotoučových brzd se dnes nepoužívá, protože výrazně snižuje jejich chlazení. Kromě toho takové řešení by ztěžovalo přístup k jednotlivým součástem a jejich údržbu, případně výměnu.

Další nevýhodou kotoučových brzd je nutnost upevnění brzdového třmenu na vidlici předního kola a použití jednoho brzdového kotouče. Brzdový kotouč musí být uchycený mimo střed osy kola a při brzdění kvůli tomu vzniká nepříjemný klopný moment, který ovlivňuje držení přední vidlice v přímém směru. Tomuto jevu lze zabránit použitím masivních závěsů na vidlici, masivního můstku a stabilizátoru vidlice.

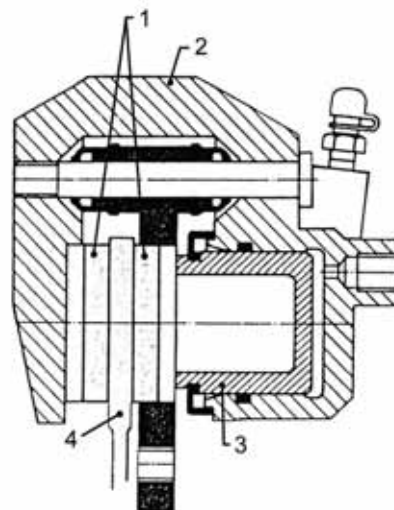
V zásadě se u motocyklů používají jednokotoučové nebo dvukotoučové brzdy. Podle způsobu ovládání jsou kotoučové brzdy:

- s pevným brzdovým třmenem (se dvěma až šesti brzdovými pístky) a se stále častěji používaným plovoucím brzdovým kotoučem,
- s plovoucím brzdovým třmenem (s jedním nebo dvěma brzdovými pístky),
- s výkyvným brzdovým třmenem (s jedním brzdovým pístkem),
- s otočným brzdovým třmenem (s jedním brzdovým pístkem).

Kotoučová brzda s pevným brzdovým třmenem má pevný (nepohyblivý) brzdový třmen (se dvěma nebo až šesti brzdovými pístky), ve kterém jsou pístky umístěny na **obou stranách** (obr. 10 a 11). Pístky tlačí na dvě nebo i více brzdových destiček, mezi kterými se otáčí brzdový kotouč. Samotný brzdový třmen je uchycen nepohyblivě a při brzdění se pohybují pouze pístky a brzdové destičky. Díky tomu je u pevného třmenu jednodušší údržba a případné opravy. Pevné brzdové třmeny se používají i u těch



Obr. 10 Kotoučová brzda s pevným třmenem: 1 – třecí obložení; 2 – pevný třmen; 3 – brzdový kotouč; 4 – ovládací pístky.



Obr. 12 Kotoučová brzda s plovoucím třmenem: 1 – třecí obložení; 2 – plovoucí třmen; 3 – ovládací pístek; 4 – brzdový kotouč.

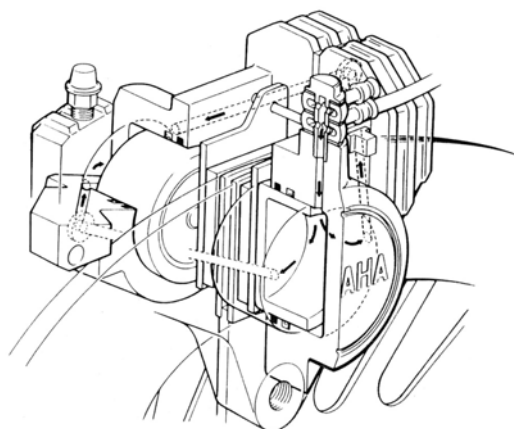
nejtěžších motocyklů a stojí na špičce v oblasti moderních brzd. U přední brzdy je brzdový třmen pevně přišroubovaný k jezdcí teleskopické přední vidlici. U zadního kola je pak většinou uchycen na speciálním štítu, který je dále uchycen jednak k ose kola a jednak k zadní vidlici.

U těchto prostorově nenáročných a velmi účinných brzd jsou v brzdovém třmenu umístěné proti sobě dva až šest brzdových pístků. Tyto pístky mají za úkol přitlačovat z obou stran brzdové destičky k brzdovému kotouči. Po zmáčknutí ovládací páky brzdy se přenese tlak do hydraulické brzdové kapaliny, která tlačí pístky ze třmenu ven. Přitlačná síla brzdové kapaliny na pístky se přitom automaticky rozděluje tak, že pístky tlačí z obou stran stejnou silou a díky tomu působí na brzdový kotouč jen velmi nepatrný ohybový moment. Vracení brzdových pístků po uvolnění ovládací páky brzdy zajišťují jednak zkrutné těsnicí kroužky na pístkách a jednak sací účinek vznikající při poklesu tlaku v hydraulické kapalině.

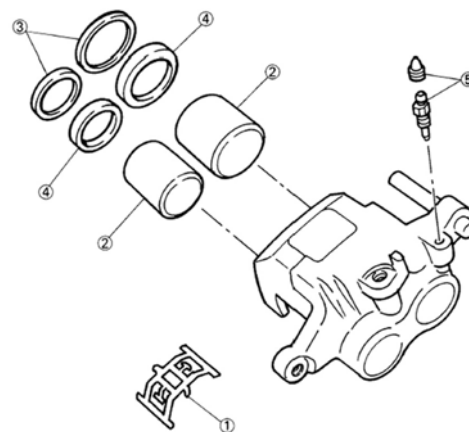
Kotoučová brzda s plovoucím brzdovým třmenem. Plovoucí brzdový třmen poznáme podle toho, že má jeden nebo dva brzdové pístky umístěné jen na jedné straně a těleso třmene je pohyblivé

ve směru osy pístku nebo pístků (obr. 12 a 13). Pístek nebo pístky přitlačují jednu brzdovou destičku a celý třmen se přitom působením reakční síly posunuje po vodících čepch a přitahuje s sebou druhou brzdovou destičku. Mezi brzdovými destičkami se otáčí brzdový kotouč a destičky se pak na něj z obou stran přitlačují. Při zmáčknutí páky brzdy se tedy pohybuje jak brzdový pístek vytlačovaný hydraulickou kapalinou, tak obě brzdové destičky a nakonec i celý brzdový třmen. Držák brzdového třmenu je pevně uchycen k přední vidlici nebo k zadní vidlici, případně k rámu. Kluzné čepy, po kterých se brzdový třmen posouvá do strany, jsou většinou chráněny proti nečistotám manžetami. Oproti brzdě s pevným třmenem je uspořádání s plovoucím třmenem levnější, lehčí a prostorově úspornější.

Po zmáčknutí páky brzdy se přitlačí vnější brzdová destička na brzdový kotouč. Protože je brzdový třmen uchycen pohyblivě na čepch, vznikne přitom reakční síla, která přitiskne z druhé strany k brzdovému kotouči brzdový třmen s druhou brzdovou destičkou. Po nelehnutí na brzdový kotouč se síly rozloží tak, že brzdové



Obr. 11 Kotoučová brzda s pevným třmenem – rozdělování přívodu brzdové kapaliny na dva brzdové pístky ležící proti sobě.

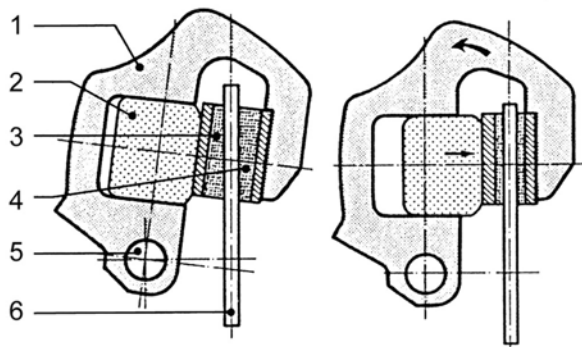


Obr. 13 Třmen přední motocyklové dvoupístkové kotoučové brzdy: 1 – rozpěrná pružina; 2 – brzdové pístky; 3 – protiprachové kroužky; 4 – těsnicí kroužky brzdových pístků; 5 – odvzdušňovací šroub.

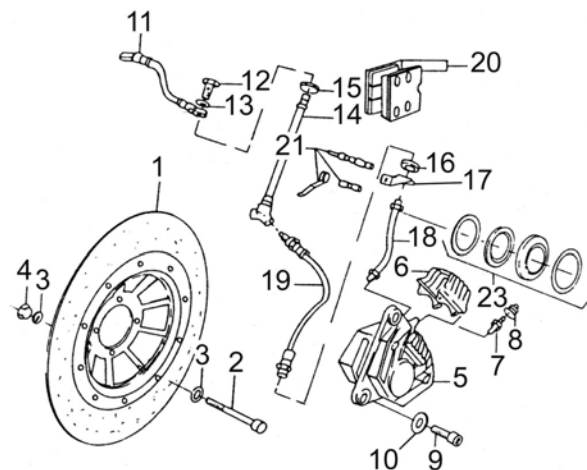
destičky tlačí z obou stran stejnou silou. Brzdou sílu lze u plovoucího třmenu podstatně zesílit použitím dvou brzdových pístků místo jednoho. Ve spojení s brzdovými destičkami s třecími obloženími ze sunutých materiálů lze pak dosáhnout vynikající účinnosti brzdy. Plovoucí brzdové třmeny s jedním pístkem se většinou používají u zadních kol a třmeny se dvěma pístky u předních kol.

Kotoučová brzda s výkyvným brzdovým třmenem má pístek tlačící na jednu brzdovou destičku, který je umístěn jen na jedné straně třmenu. Třmen se může vychylovat do stran okolo **horizontální** osy. Na druhé straně třmenu je ve speciálně tvarovaném držáku s kolíkem a vratnou pružinou uchycená druhá brzdová destička. Mezi oběma brzdovými destičkami se otáčí brzdový kotouč. Držák brzdového třmenu je integrován do spodního konce jezdce (kluzáku) přední vidlice a samotný brzdový třmen sestává z jediného masivního dílu. Brzdový třmen uchycený otočně na excentrickém čepu funguje podobně jako otočný brzdový třmen. Při zmáčknutí ovládací páky brzdy vyjede z brzdového třmenu pístek. Ten přitlačí na brzdový kotouč jednu brzdovou destičku a jelikož je třmen uchycený otočně, vznikne přitom reakční moment, který celým třmenem pootočí o několik stupňů okolo excentricky uloženého čepu a tak se přitlačí na brzdový kotouč i protilehlá brzdová destička. Návrat brzdového třmenu po uvolnění brzdy obstarává vratná síla smáčknutí manžety a sací účinek v hydraulickém systému. Kvůli kyvnému pohybu brzdového třmenu dosedají brzdové destičky na brzdový kotouč šikmo, což je u tohoto provedení brzdy normální. Otočný čep brzdového třmenu je uchycen excentricky a díky tomu lze brzdový třmen po výměně brzdových destiček precizně seřizovat. Kotoučové brzdy s výkyvným brzdovým třmenem se používají pouze na předních kolech.

Kotoučová brzda s otočným brzdovým třmenem (většinou s jedním brzdovým pístkem) má brzdový pístek umístěn jen na jedné straně, který působí na vnější brzdovou destičku (obr. 14). Brzdový třmen se může natáčet do stran okolo **svislého čepu**. Na druhé straně třmenu je uložena druhá brzdová destička a mezi destičkami se otáčí brzdový kotouč. Výkyv brzdového třmenu je omezen aretačním šroubem s pružinou, která slouží jako vratná pružina držáku třmenu. Pomocí aretačního šroubu lze brzdový třmen také centrovat. Při výměně brzdových destiček lze brzdový třmen jednostranně rozšroubovat, aniž by přitom bylo nutné demontovat hydraulické vedení. Otočné brzdové třmeny se často používají jako zdvojené u dvou- kotoučových brzd. Otočné brzdy se používají



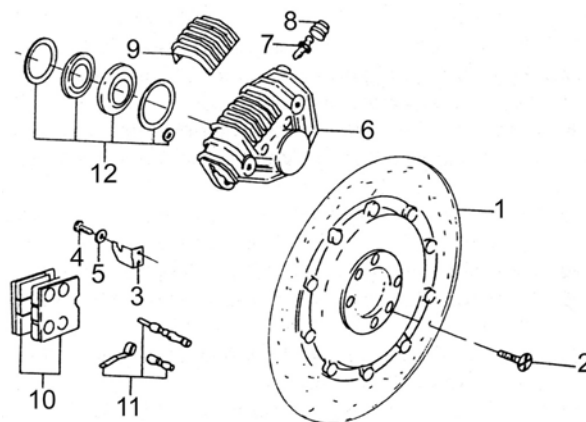
Obr. 14 Kotoučová brzda s otočným třmenem: 1 – třmen; 2 – pístek; 3 – vnější obložení; 4 – vnitřní obložení; 5 – osa otáčení třmene; 6 – brzdový kotouč.



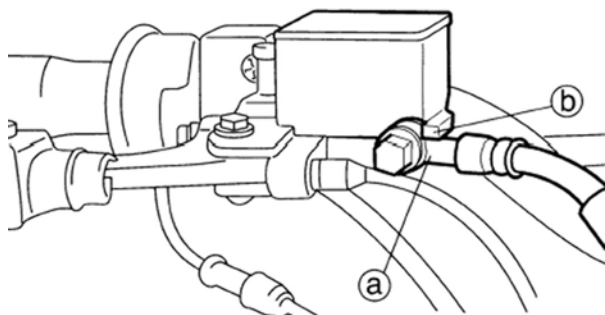
Obr. 15 Díly brzdy předního kola BMW K 100: 1 – brzdový kotouč (2); 2 – šroub s válcovou hlavou (4); 3 – podložka (8); 4 – matice (4); 5 – brzdový třmen (2); 6 – kryt (2); 7 – odvzdušňovací šroub (2); 8 – prachovka (2); 9 – šroub s vnitřním šestihranem (4); 10 – podložka (10); 11 – brzdová hadice; 12 – dutý šroub (2); 13 – těsnicí kroužek (4); 14 – rozdělovací člen; 15 – ma-tice; 16 – průchodka (2); 17 – držák hadice; 18 – brzdové potrubí; 19 – brzdová hadice; 20 – brzdová obložení (4); 21 – připevnění obložení; 23 – těsnění.

pouze na předních kolech. Při brzdění se vysune brzdový pístek, který přitlačí na brzdový kotouč jednu brzdovou destičku. Protože je brzdový třmen uchycen pohyblivě, vznikne přitom reakční moment, který otočí o několik stupňů rameno, které přitlačí na brzdový kotouč protilehlou brzdovou destičku. Po uvolnění brzdy zapůsobí pružina na aretačním kolíku a vrátí brzdový třmen do výchozí polohy.

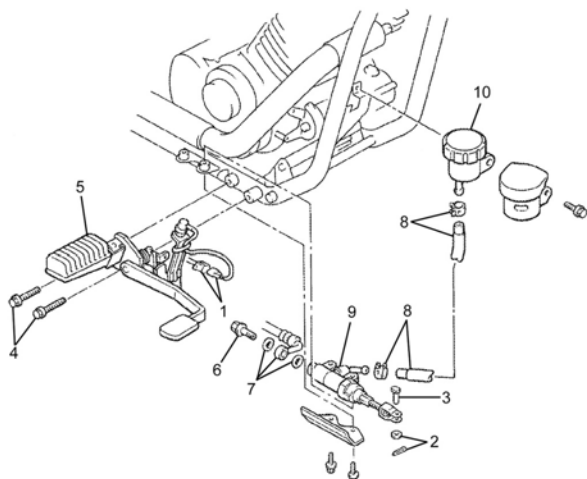
Kotoučová brzda s plovoucím brzdovým kotoučem se někdy montuje na závodní motocykly, supersportovní a dražší sériové stroje, ale občas i na levnější sériové motocykly. U tohoto provedení se jedná o brzdový kotouč, který je uchycen tak, že se může lehce posouvat do stran po ose kola. Díky tomuto uspořádání pak úplně odpadají problémy s vystředěním brzdového kotouče po přímáčknutí brzdových destiček. Plovoucí uložení brzdového



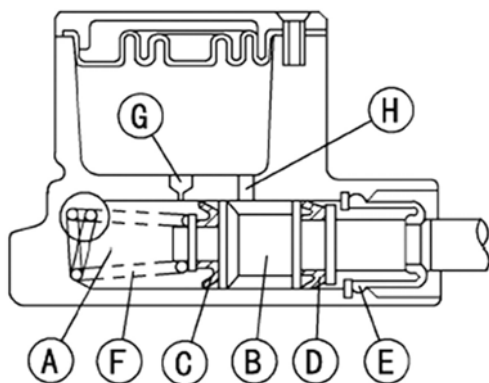
Obr. 16 Díly brzdy zadního kola BMW K 100: 1 – brzdový kotouč; 2 – zá-pustný šroub (2); 3 – přídržný úhelník; 4 – šroub s vnitřním šestihranem (2); 5 – podložka; 6 – brzdový třmen; 7 – odvzdušňovací šroub; 8 – prachovka; 9 – kryt; 10 – brzdové obložení (2); 11 – připevnění obložení; 12 – těsnění.



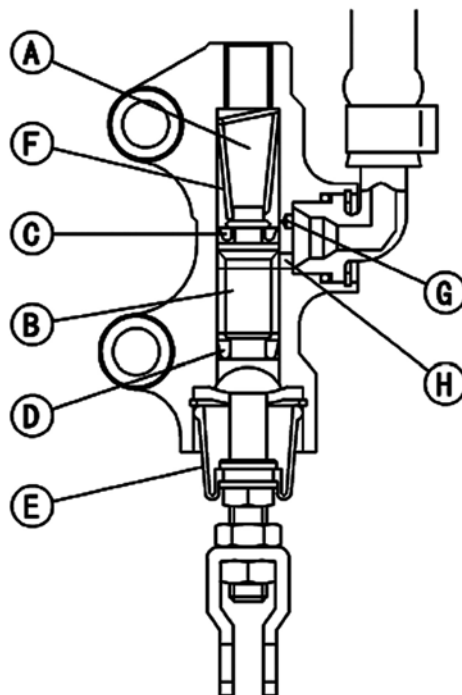
Obr. 17 Umístění hlavního brzdového válce přední brzdy na řídítkách:
a – přípojka brzdové hadice; b – dosedací plocha na hlavním brzdovém válci.



Obr. 18 Páka nožní brzdy a hlavní brzdový válec zadního kola (Yamaha XVS1100): 1 – konektor spínače brzdového světla; 2 – závlačka s podložkou; 3 – kolík; 4 – šrouby; 5 – stupačka a nožní páka zadní brzdy; 6 – dutý šroub; 7 – měděné podložky a brzdová hadice; 8 – svorky a přívodní brzdová hadice; 9 – hlavní brzdový válec brzdy zadního kola; 10 – nádržka s brzdovou kapalinou.



Obr. 19 Přední hlavní brzdový válec (Kawasaki): A – hlavní brzdový válec; B – píst; C – primární manžeta; D – sekundární manžeta; E – ochranná manžeta (prachovka); F – vratné pružiny; G – přívodní kanál; H – odlehčovací otvor.



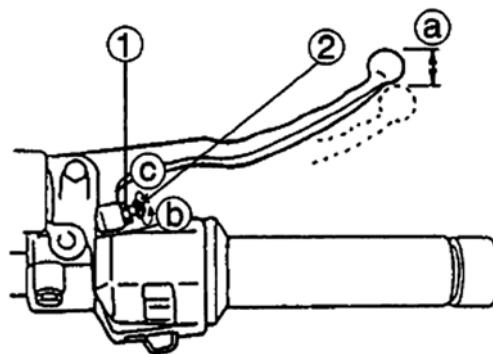
Obr. 20 Zadní hlavní brzdový válec (Kawasaki): A – hlavní brzdový válec; B – píst; C – primární manžeta; D – sekundární manžeta; E – ochranná manžeta (prachovka); F – vratné pružiny; G – přívodní kanál; H – odlehčovací otvor.

kotouče, používané především ve spojení s pevným brzdovým třmenem, kromě toho úplně odbourává problémy se zkřivením brzdového kotouče při brzdění a zrychluje účinek brzdy.

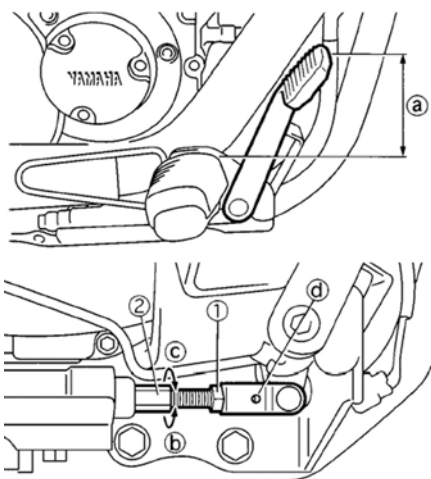
Motocykl BMW K 100 podobně jako většina soudobých motocyklů má vpředu dvojitou kotoučovou brzdu (dvě jednopístkové kotoučové brzdy). Ovládání přední brzdy je hydraulické ruční pákou brzdy, která je umístěna na řídítkách vpravo. Jednotlivé díly brzdy předního kola znázorňuje obr. 15. Díly brzdy zadního kola znázorňuje obr. 16.

Další názorné informace o brzdových systémech motocyklů poskytují obr. 17 až 20.

Seřizování brzdy předního kola závisí na dovolené vůli ruční páky přední brzdy (obr. 21). Tato vůle je předepsána vzhledem ke konci páky a bývá v rozmezí $a = 5$ až 8 mm. Pro nastavení vůle ruční páky přední brzdy se nejdříve uvolní pojistná matice (1) a seřizovací šroub (2) se natáčí ve směru (b) nebo (c), až je dosažena



Obr. 21 Seřizování vůle (a) ruční páky brzdy předního kola.



Obr. 22 Seřizování vůle (a) nožní páky zadní brzdy.

předepsaná vůle. Směr (b) – vůle se zvětší, směr (c) – vůle se zmenší. Po seřízení se dotáhne pojistná matice (1).

Dovolená vůle nožní páky zadní brzdy bývá předepsána jako vzdálenost mezi horní hranou stupačky motocyklu a horní hranou nožní brzdové páky (obr. 22). Pro nastavení vůle nožní páky zadní brzdy se nejdříve uvolní pojistná matice (1) a seřizovací šroub (2) se natáčí ve směru (b) nebo (c), až je dosažena předepsaná poloha nožní brzdové páky. Směr (b) – vůle se zvětší, směr (c) – vůle se zmenší. Po seřízení se zkontroluje, za seřizovací šroub (2) je vidět v otvoru (d) na obr. 22. Potom se dotáhne pojistná matice (1) předepsaným utahovacím momentem.

Pokud je při ovládání ruční brzdové páky nebo nožní brzdové páky je cítit měkký („houbovitý“) odpor, vyskytuje se v systému vzduch a je nutno provést odvzdušnění. Po seřízení brzdových pák je nutno zajistit, aby brzdy nedrhly.

Konec životnosti brzdových obložení poznáme podle toho, že jsme již několikrát museli brzdu seřadit nebo podle polohy malého ukazatele na štítu brzdy po zmáčknutí páky brzdy, který signalizuje tloušťku třecího obložení. Pokud motocykl nemá ukazatel tloušťky musíme tloušťku třecích obložení pravidelně kontrolovat. U motocyklů jsou za tím účelem v brzdách malé kontrolní otvory upravené pryžovými zátkami, které zabraňují vnikání vody nebo se musí brzda při kontrole tloušťky třecího obložení rozebrat. Hranice opotřebení lepených třecích obložení se obvykle pohybuje okolo 2 mm. Nová třecí obložení nalepená na brzdových čelistích mají obvykle tloušťku okolo 5 mm. Životnost třecích obložení bubnových brzd silně závisí na způsobu ježdění. Většinou však obložení u bubnových brzd vydrží dvojnásobně déle než u kotoučových brzd (asi 25 000 až 30 000 km. Pokud má motocykl bubnovou brzdu i na předním kole, je opotřebení u přední brzdy vlivem většího brzdného účinku rychlejší než u zadní brzdy.

Brzdové kapaliny s označením DOT 3 a DOT 4 jsou vyráběné na bázi glykolu, kapaliny s označením DOT 5 na bázi silikonu. Kapaliny DOT 4 má vyšší bod varu než kapalina DOT 3. Brzdová, resp. spojková kapalina DOT 5 je novější než DOT 4 a má ještě vyšší bod varu. Kapaliny DOT 4 můžeme použít do brzdových/spojkových systémů určených pro kapalinu DOT 3 a naopak. DOT 3 a DOT 4 mají velmi podobné chemické složení, a proto lze míchat

kapaliny stejného typu od různých výrobců. Do systémů pro DOT 3 nebo DOT 4 se **nesmí** nalít DOT 5, protože DOT 5 se zde bude srážet a vytvářet chuchvalce. Dále nesmíme používat těsnění určená pro DOT 3 nebo DOT 4 v systémech pracujících s DOT 5 a naopak, protože nesprávná brzdová kapalina nesprávná těsnění narušuje.

5. PROTIBLOKOVACÍ SYSTÉM ABS

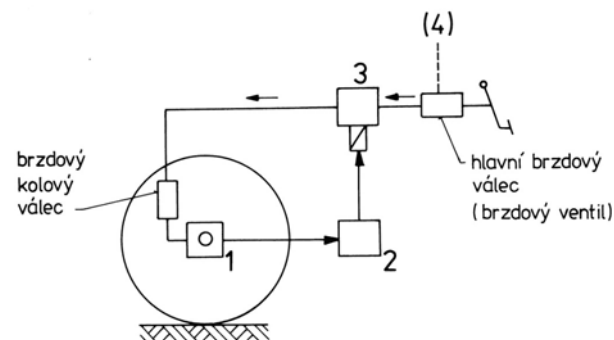
U konvenčních brzdových soustav jezdec určuje svojí ruční a nožní silou velikost brzdného tlaku a tím také velikost brzdných momentů na kolech motocyklu. V kritických situacích, kdy musí často jezdec prudce brzdit může dojít k zablokování kola (zejména na kluzké vozovce) a tím ke ztrátě směrové stability. Použitím elektronických protiblokovacích systémů lze zabránit nebezpečným jízdním situacím, tzn. podstatně zvýšit aktivní bezpečnost. Pokud protiblokovací systém ABS rozezná blokování kola, sníží odděleně tlak v brzdovém systému pro přední a zadní kolo. Systém ABS má za úkol zabránit blokování kol při brzdění, a to za všech povětrnostních podmínek a na všech typech vozovek.

Na obr. 23 je schéma regulačního obvodu protiblokovacího systému ABS pro jedno kolo. Regulační obvod se skládá ze tří základních prvků:

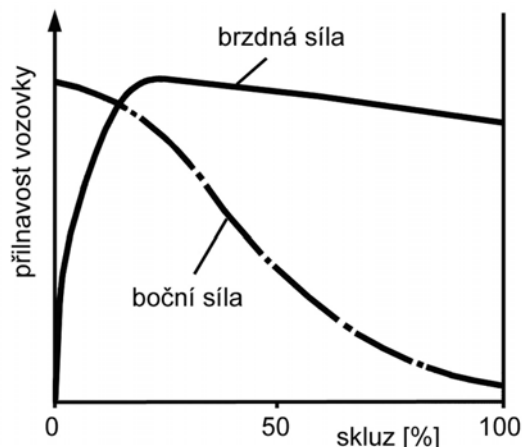
- čidlo, které je upevněno na kole snímá okamžitou rychlost otáčení kola;
- elektronická řídicí jednotka (logický nebo vyhodnocovací člen); je to v podstatě mikropočítač;
- akční člen (modulátor brzdného tlaku), který v závislosti na elektronických signálech mění brzdný tlak přiváděný do kolové brzdy a tím mění brzdný moment kola.

Na protiblokovací systém ABS jsou kladeny tyto požadavky:

- během regulovaného brzdění musí být zachována říditelnost a stabilita vozidla,
- regulace musí pracovat v celém rychlostním rozsahu vozidla,
- regulační soustava musí optimálně využívat přilnavosti kol k vozovce, přičemž říditelnost má přednost před zkrácením brzdné dráhy,
- regulace brzdění se musí velmi rychle přizpůsobit změnám přilnavosti vozovky,
- také při brzdění na nerovné (vlnité) vozovce musí být vozidlo ovladatelné při libovolně prudkém brzdění; regulace brzdění musí rozeznat aquaplaning a vhodně na něj reagovat,



Obr. 23 Schéma protiblokovacího systému ABS: 1 – snímač otáček; 2 – elektronická řídicí jednotka; 3 – regulační ventil (akční člen); 4 – přívod brzdové kapaliny.



Obr. 24 Závislost součinitele přílnavosti adheze pro brzdnu sílu a pro boční vodící sílu pneumatiky na velikosti skluzu.

- je-li rozeznána závada funkce ABS, musí dojít k vypnutí protiblokovací soustavy a řidič musí být o závadě informován (kontrolka ABS),
- při poruše ABS musí být zachována plná funkčnost základní brzdové soustavy bez ABS.

Ovladatelnost vozidla je limitována velikostí sil, které lze přenést mezi koly a vozovkou. Zákonitosti tohoto silového přenosu jsou přibližně stejné jak pro brzděné, tak i poháněné kolo. Okamžitá schopnost přenosu sil se udává pomocí součinitele adheze (přílnavosti), což je poměr podélné, nebo boční síly a svislého (radiálního) zatížení kola. Součinitel přílnavosti závisí na povrchu vozovky, povětrnostních podmínkách, druhu pneumatiky, a především na velikosti skluzu mezi pneumatikou a vozovkou. Volně se valící kolo má nulový skluz, zablokování kola představuje 100 % skluz. Příklad průběhu přílnavosti v podélném a bočním směru v závislosti na skluzu je na obr. 24. Součinitel přílnavosti přitom závisí také na úhlu směrové úchytky pneumatiky.

Brzdění probíhá většinou při nízkých skluzech, tj. v oblasti, kde zvýšení skluzu přináší zvýšení brzdné síly. Při přebrzdění se pneumatika dostává do nestabilní oblasti velkých skluzů, kde zvýšení skluzu vede ke snížení brzdné síly a k zablokování kola. Z obrázku je také patrné, že čím větší je brzdný skluz, tím nižší je schopnost kola přenášet boční vodící síly, nutné ke změně směru

jízdy. Při zcela zablokování předního kola motocykl na pohyby řídítek téměř vůbec nereaguje. Pro zajištění co nejlepšího silového přenosu je nutno omezit velikost brzdného skluzu.

Úlohou protiblokovací regulace je zaručit optimální využití přílnavosti mezi kolem a vozovkou. Brzdný tlak musí být regulován, aby brzdý skluz na kolech byl stále udržován v oblasti maxima křivky přílnavosti v závislosti na skluzu (obr. 25). Maximum křivky přílnavosti leží v oblasti kolem 20 % skluzu.

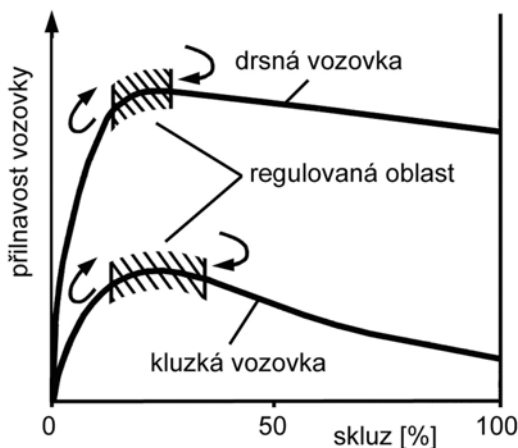
Protipokluzový systém omezuje regulací brzdného tlaku skluz vznikající při brzdění, takže je možno docílit vysoké zpomalení vozidla při současně dobré vodící síle. Součinitel přílnavosti mezi pneumatikou a vozovkou a tedy možná brzdná síla $B_{Kmax} = \mu_v \times Z_K$, přičemž μ_v je součinitel přílnavosti a Z_K je radiální zatížení kola, pak závisí na druhu pneumatiky, na vlastnostech povrchu vozovky a také na úhlu směrové úchytky. Systém ABS musí mít proto vlastnosti adaptivní regulace, která přizpůsobuje protiblokovací regulaci na různé vlastnosti pneumatiky a vozovky,

Elektronická řídicí jednotka ABS vypočítá ze signálů snímačů otáček předního a zadního kola rychlosti kol motocyklu. Zároveň elektronická řídicí jednotka ABS určí rychlost motocyklu a brzdné zpomalení plynoucí z rychlostí motocyklových kol.

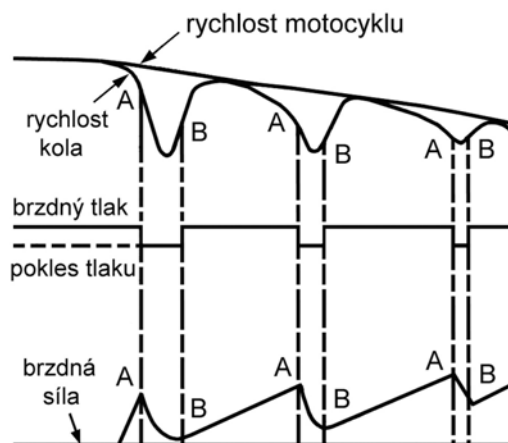
Z rozdílu mezi rychlostí motocyklu a rychlostí kola plyne rozdíl skluzu kola. Pokud dojde k náhlému snížení rychlosti kola, má kolo sklon k blokování. Jestliže překročí zpoždění kola a skluz kola stanovené hodnoty, stanoví elektronická řídicí jednotka ABS sklon k blokování kola. Jestliže je skluz kola velký a kolo má sklon blokovat (viz bod A na obr. 26), způsobí elektronická řídicí jednotka ABS pokles tlaku v brzdě, a jakmile sklon k blokování zmizí, zvýší se opět tlak brzdové kapaliny (viz bod B na obr. 26).

Systém ABS zasáhne, jakmile vznikne sklon k blokování kola a ke ztrátě kontroly motocyklu. Aby byl jezdec o tomto stavu informován, pulzuje během provozu ABS ruční páka brzdy nebo nožní páka brzdy. Toto zřetelné pulzování je normální a nesmí být chápáno jako porucha.

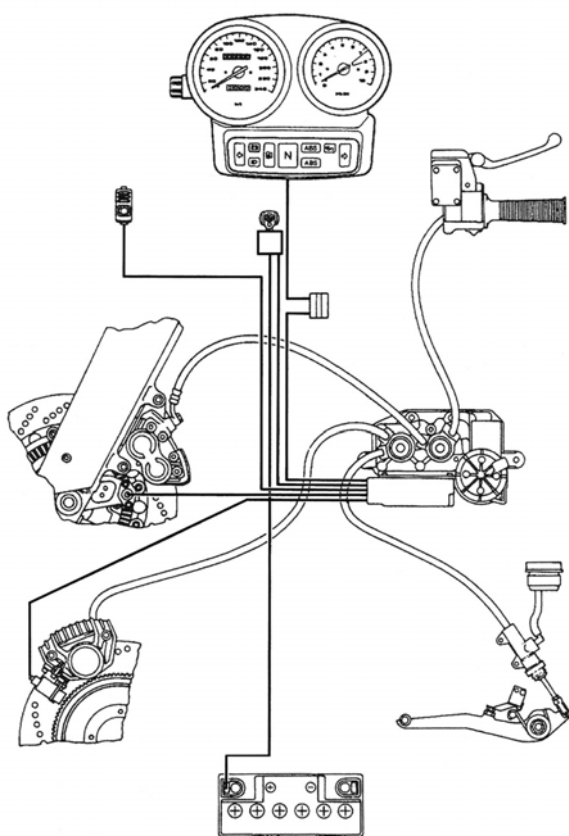
Čím větší je boční vodící síla pneumatiky, tím menší je obvodová síla pro brzdění nebo akceleraci (Kammova kružnice). To platí pro motocykl bez systému ABS i se systémem ABS. Proto nemáme prudce brzdít v zatáčkách. Nadměrná boční vodící síla není překonána také systémem ABS a může způsobit, že pneumatika dostane boční smyk.



Obr. 25 Závislost součinitele přílnavosti na skluzu brzděného kola pro drsný a kluzký povrch vozovky.



Obr. 26 Regulační cyklus protiblokovacího systému.

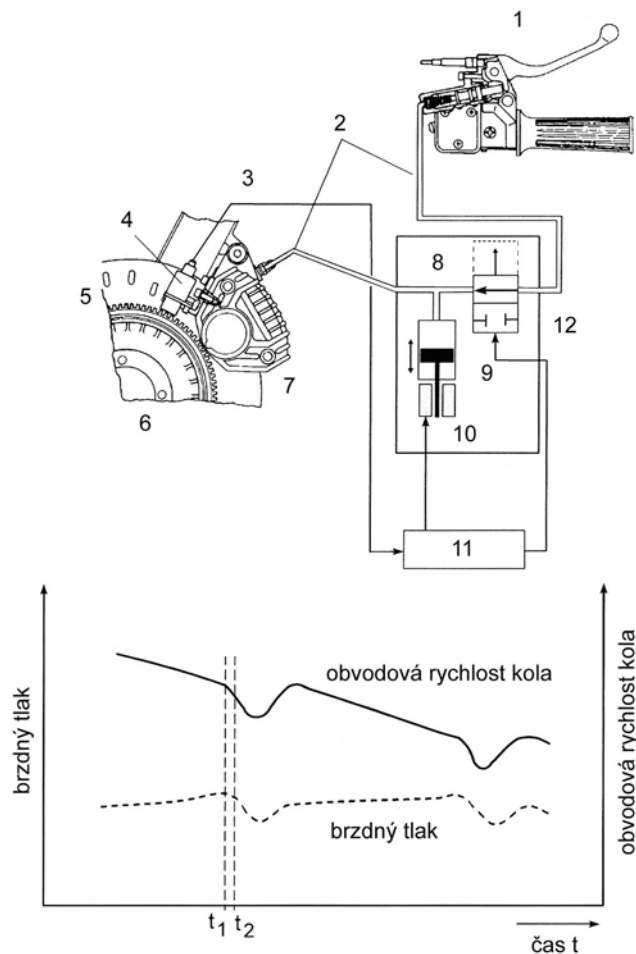


Obr. 27 Protiblokovací brzdový systém ABS motocyklu BMW R 1100 RS: 1 – přístrojová deska; 2 – potvrzovací tlačítko; 3 – spínač zapalování; 4 – relé varovných kontrol; 5 – ruční brzda (přední); 6 – výkonový modul ABS; 7 – snímač otáček předního kola; 8 – nožní brzda (zadní); 9 – snímač otáček zadního kola.

Efektivní brzdný účinek systému ABS se může zpravidla dosáhnout pouze při přímé jízdě. Při jízdě v zatáčkách působí na motocykl vždy i síly v bočním směru. Pokud začneme v zatáčce nebo při odbočování prudce brzdit, pak motocykl snadno ztratí směrovou stabilitu – prudké brzdění může vést ke ztrátě přilnavosti pneumatiky. Také systém ABS nemůže zamezit při prudkém brzděném manévru převrnutí motocyklu. V zatáčkách proto pouze lehce a cíleně přibrzďujeme a výhody ABS při prudkém brzdění využíváme pouze na rovině.

Úlohou ABS je řídit hydraulický okruh brzdy tak, aby nedošlo k zablokování kola. Jestliže ovšem vzniká na hladkém povrchu vozovky (např. led) nebezpečí blokování kola při brzdění motorem, pak ABS, i když je v provozu, nemůže zamezit blokování kol. Systém ABS může působit pouze na blokování kola zapříčiněné brzděním.

Na obr. 27 a 28 je příklad systému ABS u motocyklu BMW R 1100 RS. Řídicí jednotka ABS je vybavena snímači, které jí neustále předávají informace o otáčkách kol. Řídicí jednotka vypočítává podle rozdílu rychlosti jízdy a otáček jednotlivých kol brzdnou sílu vyvíjenou brzdami na kola. Řídicí jednotka je tedy podle signálů od snímačů schopna rozpoznat stav, kdy během brzdění jedno nebo obě kola mají v důsledku příliš velké brzděné síly sklon k zablokování. V takovém případě řídicí jednotka zareaguje a vydá do výkonového modulu povel ke snížení tlaku v hydraulickém



Obr. 28 Schéma funkce protiblokovacího systému BMW ABS I: 1 – ruční páka přední brzdy a hlavní brzdový válec předního kola; 2 – brzdová vedení (hydraulický okruh); 3 – vedení signálu; 4 – snímač otáček kola; 5 – impulsní kroužek; 6 – přední brzda; 7 – třmen kotoučové brzdy; 8 – elektromagnetický ventil; 9 – plunžř; 10 – elektromagnetický pohon; 11 – řídicí jednotka; 12 – modulátor tlaku.

systému brzdy příslušného kola. Tím pádem se sníží síla působící na pístek nebo pístky v brzdovém třmenu a přitlačná síla brzdových destiček působících na brzdový kotouč. Jakmile se tlak v brzdě sníží natolik, že nebezpečí zablokování kola pomine, řídicí jednotka redukcí tlaku v brzdě zastaví, případně povolí, aby se tlak znovu zvýšil. Tlak se přitom může zvýšit opět pouze do té míry, kdy by začalo hrozit zablokování kola.

Zatímco tedy jezdec u stroje s protiblokovacím systémem ABS mačká velkou silou ovládací prvky brzd, řídicí jednotka neustále provádí výpočty a reguluje účinek brzd tak, aby držela na optimální hranici poměr mezi brzdnou silou a přilnavostí kol k vozovce; tj. snaží se udržet maximální brzdnou sílu bez nebezpečí zablokování a smyku kol.

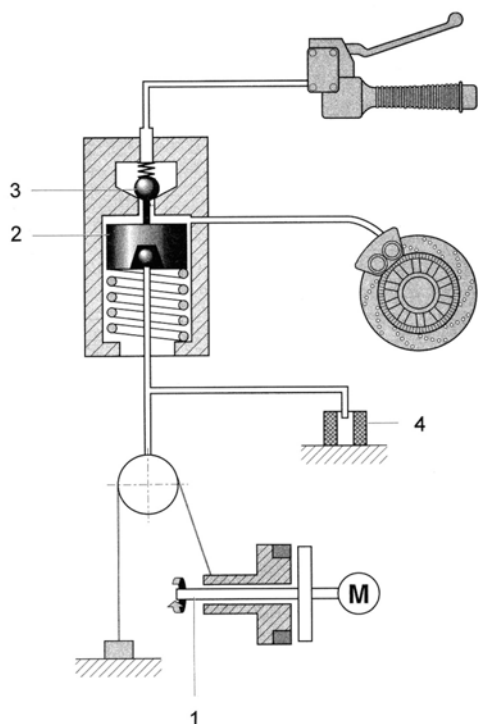
Řídicí jednotka, která je součástí vlastní výkonové jednotky je složena ze tří mikroprocesorů. Dva mikroprocesory jsou pracovní a jeden je kontrolní. Dva pracovní mikroprocesory mají úplně stejnou konstrukci, provádějí stejné výpočty a jejich výsledky mezi sebou permanentně porovnávají. Po zapnutí zapalování provede řídicí jednotka ABS vlastní diagnostiku, což poznáme podle

zablikání kontrolky na přístrojové desce. Kontrolky přestanou blikat po překročení rychlosti asi 4 km/h a řídicí jednotka dostane informaci o připravenosti systému.

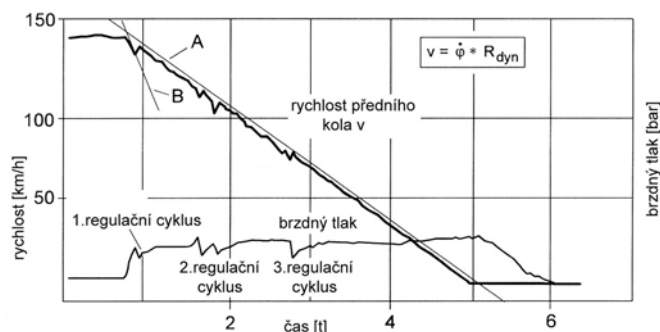
Řídicí jednotka, která je součástí vlastní výkonové jednotky je složena ze tří mikroprocesorů. Dva mikroprocesory jsou pracovní a jeden je kontrolní. Dva pracovní mikroprocesory mají úplně stejnou konstrukci, provádějí stejné výpočty a jejich výsledky mezi sebou porovnávají. Po zapnutí zapalování provede řídicí jednotka ABS vlastní diagnostiku, což poznáme podle zablikání kontrolky na přístrojové desce. Kontrolky přestanou blikat po překročení rychlosti asi 4 km/h a řídicí jednotka dostane informaci o připravenosti systému.

Pokud během jízdy (aniž jezdec brzdí) dojde v důsledku nějaké závady u pracovních mikroprocesorů ke zjištění rozdílu ve výsledcích výpočtů, pak se systém ABS automaticky vypne. To je jezdcovi signalizováno střídavým blikáním kontrolky na přístrojové desce. Brzdový systém motocyklu je pak stále plně funkční, avšak chová se tak, jako kdyby nebyl vybaven ABS. Pokud dojde ke zjištění rozdílu v datech během brzdění, zasáhne v takovém případě kontrolní mikroprocesor a pomůže dokončit fázi brzdění. Teprve pak se systém vypne.

Kontrolní mikroprocesor má odlišnou konstrukci než mikroprocesory pracovní, avšak je schopen provádět stejné výpočty. Při rozdílu signálů z pracovních mikroprocesorů je schopen rozhodnout, který pracovní mikroprocesor má pravdu a pomůže mu dokončit průběh brzdění. Pokud dojde k závadě a systém ABS se vypne, uloží se záznam o závadě ve formě kódu do registru závad, který je součástí řídicí jednotky. Registr závad pak lze nechat v odborném servisu vyvolat diagnostickým přístrojem a najít podle toho zdroj poruchy.



Obr. 29 Schéma tlakového modulátoru ABS (BMW R 1100 RS): 1 – hřídel spojky, hnací motor a třecí spojka; 2 – plunžr; 3 – kuličkový ventil; 4 – snímač dráhy.



Obr. 30 Regulační cyklus brzdění s protiblokovacím systémem na vozovce s vysokým součinitelem přilnavosti (Bosch, BMW).

Jakmile řídicí jednotka ABS zaznamená nebezpečí zablokování kola, zapne ve výkonové jednotce elektromotor. Tento motor pohání hřídel, na kterém je spojovací element pro oba brzdové okruhy – přední i zadní. Spojovací elementy jsou tvořeny elektromagnetickými třecími spojkami.

Intenzita magnetického pole v třecích spojkách je určována řídicí jednotkou. Čím silněji působí elektromagnet spojky na třecí desku, která je pevně spojena s hřídelem elektromotoru, tím silněji se stahuje dolů, proti síle vratné pružiny, odlehčovací píst v modulátoru neboli výkonové jednotce ABS.

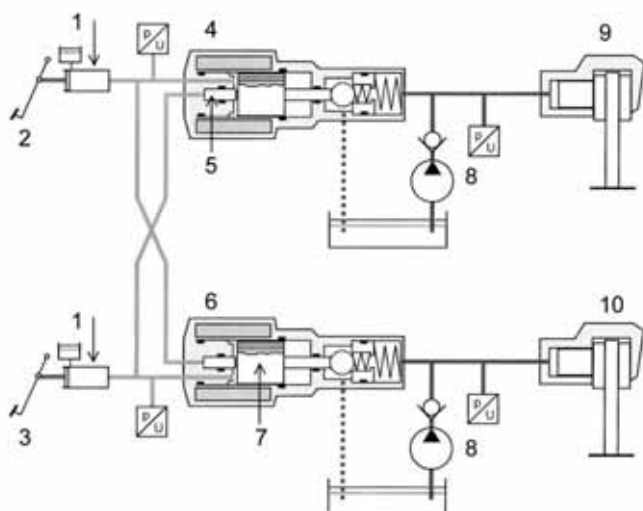
Každému kolu přísluší jedna výkonová jednotka. Řídicí jednotka tedy má za úkol prostřednictvím regulace intenzity magnetického pole přesně regulovat zdvih odlehčovacího pístu. Součástí každé výkonové jednotky je snímač vzdálenosti, který je 250× za sekundu dotazován řídicí jednotkou a který přesně snímá vychýlení odlehčovacího pístu z výchozí polohy.

Po vysunutí pístu již o 0,2 mm se zavře kuličkový ventil, odřízne tak příslušný brzdový třmen od brzdového systému a zamezí zvyšování tlaku brzdové kapaliny v brzdovém třmenu. Pokud odlehčovací píst klesne ještě více dolů, pak se do zvětšujícího se prostoru nad ním dostane brzdová kapalina, která tlačila na brzdový třmen. Díky tomu se tlak v brzdové kapalině zmenší a brzda působí na kolo menší silou.

Jakmile řídicí jednotka na základě informací od snímače otáček kola pozná, že nebezpečí zablokování pominulo, vydá pokyn ke zmenšení intenzity magnetického pole v třecí spojkě. Díky tomu se nadzvedne odlehčovací píst zpět do výchozí polohy, kuličkový ventil se otevře a spojí brzdový třmen brzdy s hlavním brzdovým válcem. Přitom jezdec stále mačká páku brzdy a tak se může tlak v brzdovém třmenu znovu zvýšit. Jakmile řídicí jednotka rozpozná nebezpečí zablokování, pak se celý proces znovu opakuje. Tímto způsobem lze dosáhnout maximálního zpomalení brzděného kola, aniž by se přitom zablokovalo a smýklo, což by mohlo mít za následek pád motocyklu.

Díky relativnímu snímání tlaku prostřednictvím snímače posunu odlehčovacího pístu je systém schopen správně reagovat při všech jízdních situacích. Tento systém s odlehčovacím pístem je schopen reagovat velmi rychle, protože každá mechanická změna v jízdní situaci se bezprostředně přenesla do řídicí jednotky.

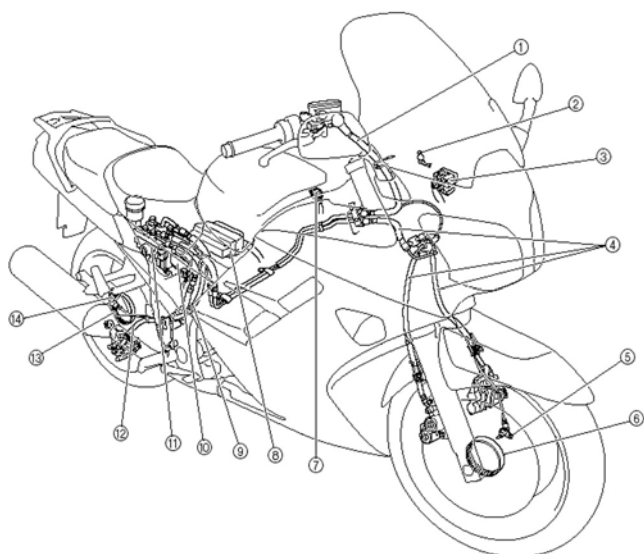
Díky svému funkčnímu principu je systém ABS schopen zabránit i zvedání zadního kola při prudkém brzdění. Dále lze díky funkčnímu principu snížit tlak v brzdách v případě potřeby až na nulu. Díky tomu lze zajistit bezpečnou řiditelnost motocyklu



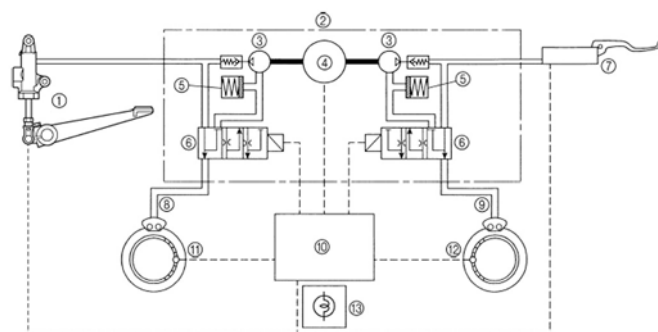
Obr. 31 Schéma funkce aktivního brzdového systému ABS III: 1 – hlavní brzdový válec; 2 – brzdový pedál zadní brzdy; 3 – ruční páka přední brzdy; 4 – regulační ventil zadního kola; 5 – integrační píst; 6 – regulační ventil předního kola; 7 – řídicí píst; 8 – čerpadlo; 9 – třmen přední brzdy; 10 – třmen zadní brzdy.

i při jízdě po kritickém povrchu, jako je písek, štěrk, mokrá vozovka, apod. Dále umožňuje schopnost redukce brzdného tlaku na nulu rychlé opětové urychlení kola po uvolnění páky brzdy.

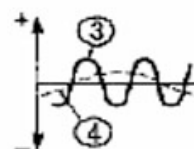
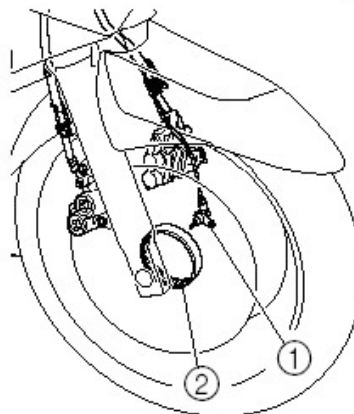
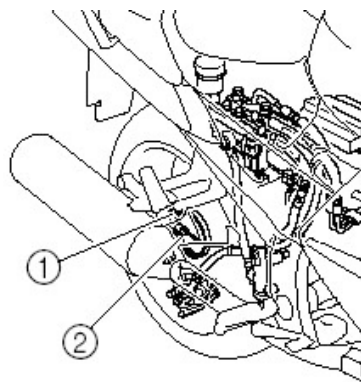
Na obr. 32 jsou znázorněny součásti protiblokovacího systému ABS motocyklu FJR1300A (Yamaha). Protiblokovací systém je



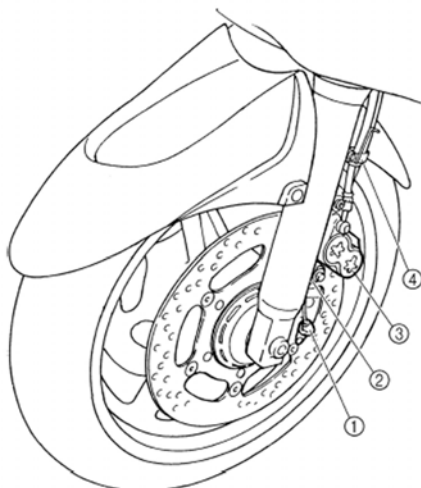
Obr. 32 Součásti protiblokovacího systému ABS motocyklu (Yamaha FJR1300A): 1 – brzdová hadice předního kola (od hlavního brzdového válce předního kola k hydraulické jednotce ABS); 2 – kontrolka ABS; 3 – pojistná skříňka; 4 – brzdová hadice předního kola (od hydraulické jednotky ABS k přední brzdě); 5 – snímač otáček předního kola; 6 – impulsní kroužek předního kola; 7 – zkušební konektor ABS; 8 – elektronická řídicí jednotka; 9 – brzdová hadice zadního kola (od hlavního brzdového válce zadního kola k hydraulické jednotce ABS); 10 – pojistné relé; 11 – hydraulická jednotka ABS; 12 – brzdová hadice zadního kola (od hydraulické jednotky ABS k zadní brzdě); 13 – impulsní kroužek zadního kola; 14 – snímač otáček zadního kola.



Obr. 33 Blokové schéma protiblokovacího systému ABS-Yamaha: 1 – hlavní brzdový válec zadního kola; 2 – hydraulická jednotka ABS; 3 – hydraulické čerpadlo; 4 – motor ABS; 5 – tlakový zásobník; 6 – hydraulický regulační ventil; 7 – hlavní brzdový válec předního kola; 8 – kotoučová brzda zadního kola; 9 – kotoučová brzda předního kola; 10 – elektronická řídicí jednotka ABS; 11 – snímač otáček zadního kola; 12 – snímač otáček předního kola; 13 – kontrolka ABS.



Obr. 34 Snímání rychlosti kol: 1 – snímač otáček předního kola; 2 – impulsní kroužek snímáče; 3 – signál při vysoké rychlosti; 4 – signál při nízké rychlosti; 5 – snímač otáček kola; 6 – impulsní kroužek snímáče.



Obr. 35 Snímání otáček předního kola (Yamaha): 1 – snímač otáček předního kola; 2 – držák kabelu snímače otáček kola; 3 – brzdový třmen; 4 – držák brzdové hadice.

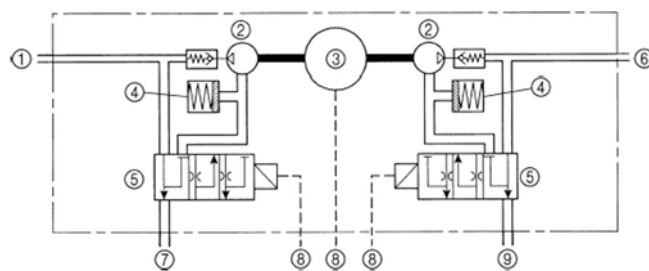
řízen elektronickým dvouokruhovým systémem a má oddělený regulační obvod pro přední brzdu a pro zadní brzdu. Systém ABS je kompaktní a lehký, aby zůstala zachována základní ovladatelnost motocyklu. Hydraulická jednotka ABS, která je hlavní složkou ABS, je umístěna uprostřed motocyklu, aby se zvýšilo zatížení v těžišti. Ovládání brzdy je stejné jako u konvenčního motocyklu, tj. ruční brzdovou pákou a nožní brzdovou pákou.

Na obr. 33 je blokové schéma moderního protiblokovacího systému Yamaha. Protiblokovací systém ABS je optimálně naladěný na mnohotvárnost jízdních poměrů pro motocykly. Systém ABS má také obsáhlou vlastní diagnostiku. Jakmile ABS ujistí provozní poruchu, probíhá konvenční brzdění. V tomto případě se rozsvítí kontrolka na přístrojové konzole. Aby mohly být poruchy snadněji rozeznány a odstraněny, ukládají se všechny chybové kódy ABS do paměti elektronické řídicí jednotky ABS.

Obr. 34 znázorňuje snímání rychlosti kol. Snímače otáčení kol (1) snímají rychlost kola a přenášejí ji do elektronické řídicí jednotky ABS. Snímače se skládají z permanentního magnetu a cívky. Snímač otáček kol je namontován do skříně snímače. Impulsní kroužek (otočný kotouč) je nalisován na vnitřní straně hlavy kola a otáčí se s kolem. Impulsní kroužky mají na vnitřní straně 42 drážek a jsou namontovány v blízkosti snímačů otáček kol. Když se kolo otáčí, vzniká vlivem zářezů kolísání napětí na snímači otáček kola. Z frekvence tohoto střídavého napětí se může odvodit rychlost kola.

Kontrolka ABS se rozsvítí, aby informovala jezdce o nesprávné funkci systému. Při zapnutí zapalování svítí kontrolka ABS dvě sekundy, aby se zkontrolovalo zapnutí kontrolky a zda systém správně funguje a pak kontrolka zhasne.

Hydraulická jednotka ABS se skládá pro každé kolo z hydraulického regulačního ventilu (magnetický ventil, průtokový regulační ventil), tlakového zásobníku a hydraulického čerpadla a má motor ABS. Podle signálů, které dostává elektronická řídicí jednotka ABS reguluje hydraulická jednotka brzdový tlak v brzdových systémech předního a zadního kola s cílem řídit rychlost kola.



Obr. 36 Hydraulický obvod protiblokovacího systému ABS (Yamaha): 1 – k hlavnímu brzdovému válci zadního kola; 2 – hydraulické čerpadlo; 3 – motor ABS; 4 – tlakový zásobník; 5 – hydraulický regulační ventil; 6 – k hlavnímu brzdovému válci předního kola; 7 – k zadní brzdě; 8 – k elektronické řídicí jednotce ABS; 9 – k přední brzdě.

Hydraulický regulační ventil se skládá z průtokového regulačního ventilu a elektromagnetického ventilu. Při aktivaci systému ABS reguluje průtokový regulační ventil přívod brzdové kapaliny na každou brzdu a elektromagnetický ventil zmenšuje nebo zvyšuje tlak brzdové kapaliny. Tlakový zásobník shromažďuje dekomprimovanou brzdovou kapalinu během provozu ABS.

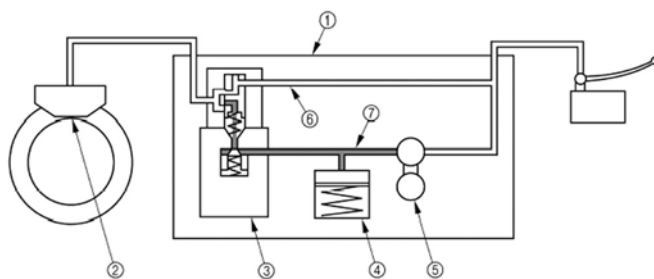
Řízení ABS, které probíhá v elektronické řídicí jednotce je rozděleno na:

- hydraulické řízení,
- vlastní diagnostika.

Tyto děje probíhají každou 8/1000 sekundy. Za účelem vyhledání a odstranění jsou všechny poruchy systému ABS ukládány do paměti elektronické řídicí jednotky ABS.

Odvzdušnění protiblokovacího systému ABS (obr. 37) je nutné v těchto případech:

- pokud bylo rozmontován brzdový systém,
- jestliže se uvolnila brzdová hadička nebo byla vyměněna,
- je velmi nízký stav brzdové kapaliny,
- brzda nefunguje správně.



Obr. 37 Odvzdušnění protiblokovacího systému (Yamaha FJR1300A): 1 – hydraulická jednotka ABS; 2 – brzdový třmen; 3 – magnetický ventil; 4 – tlakový zásobník; 5 – hydraulické čerpadlo; 6 – tlak od hlavního brzdového válce; 7 – tlak od hydraulického čerpadla.

6. LITERATURA

- [1] VLK, F.: Automobilová technická příručka. Vlastním nákladem, Brno, 2003.
- [2] VLK, F.: Teorie a konstrukce motocyklů. Vlastním nákladem, Brno, 2004.