





KOČNI SISTEM

mr Borislav Bajić, dipl. inž. maš.
Konzorcij za homologaciju
EIB Internationale-Centar za motorna vozila



Kočenje je veoma složen proces, pri kome je okolina višestruko involvirana (stanje u okolini nerijetko implicira kočni zahtjev; klimatski uslovi, makro i mikro reljef puta, prije svega uslovi prijanjanja utiču na efikasnost i ponašanje vozila tokom kočenja, i sl.). Kočenje, u suštini, u ogromnom broju slučajeva predstavlja proces transformacije kinetičke ili potencijalne energije vozila u toplotu koja se predaje okolini i u energetsom smislu predstavlja čist gubitak. Sa druge strane ova, tokom kočenja od vozila oduzeta, energija može da se akumulira u nekom pogodnom obliku te upotrijebi tokom kasnijeg korišćenja vozila.




Kočni sistem je skup dijelova na vozilu koji omogućava kontrolisano progresivno smanjivanje brzine kretanja vozila (usporenje), po potrebi i do zaustavljanja, ili pak zadržavanje u mjestu vozila koje je već zaustavljeno, a u skladu sa željom vozača, trenutnom saobraćajnom situacijom i drugim okolnostima.

Kočni sistemi savremenih vozila moraju udovoljiti brojnim zahtjevima: visoke performanse, visoka pouzdanost i visoka pogodnost održavanja. Svi zahtjevi imaju, u principu, isti značaj, mada se u praksi nekima od njih pridaje veća pažnja. U tom smislu najčešće govorimo o performansama, posebno efikasnosti, kočnog sistema.


Kočni sistem mora da zadovolji funkcije radnog, pomoćnog (rezervnog ili preostalog) i parkirnog kočenja, a ponegdje i produženog (dugotrajnog, dopunskog) kočenja. Moglo bi se reći da se, u opštem slučaju, kočni sistem sastoji od sljedećih podсистema:

- podsystem za radno kočenje,
- podsystem za pomoćno kočenje,
- podsystem za parkirno kočenje,
- podsystem za produženo (dugotrajno) kočenje.




Radno kočenje mora da omogući kontrolu kretanja vozila i bezbjedno, brzo i efikasno zaustavljanje pri bilo kojoj brzini i bilo kom opterećenju, na bilo kom podužnom usponu ili padu. Mora biti omogućeno postepeno mijenjanje kočnog dejstva. Mora biti omogućeno da vozač ostvari ovo kočno dejstvo sa svog sjedišta, bez skidanja ruku sa komande sistema za upravljanje.

U slučaju otkaza sistema za radno kočenje, **pomoćno (rezervno) kočenje** mora da omogući da vozilo može da se zaustavi na razumnom rastojanju. Pri tome se smatra da u sistemu za radno kočenje, u bilo kom trenutku, nema više od jednog otkaza. Mora da bude omogućeno postepeno mijenjanje i ovog kočnog dejstva. Mora biti omogućeno da vozač ostvari ovo kočno dejstvo sa svog sjedišta, držeći pri tome najmanje jednu ruku na komandi sistema za upravljanje.



Parkirno kočenje mora da omogući zadržavanje vozila u mjestu, na podužnom nagibu ili usponu, čak i ako vozač nije u vozilu. Pri tome se radni dijelovi u blokiranom stanju zadržavaju čisto mehaničkim putem. Mora biti omogućeno da vozač ostvari ovo kočno dejstvo sa svog sjedišta (kod motornih vozila). Pneumatički kočni sistem priključnog vozila i podsistem za parkirno kočenje vučnog vozila se mogu aktivirati istovremeno, pri čemu, u bilo kome trenutku, vozač mora biti u prilici da provjeri da li su dovoljne kočne performanse sprega vozila ostvarene čisto mehaničkim dejstvom podsistema za parkirno kočenje.

Na svakom priključnom vozilu za koje se zahtjeva da bude opremljeno radnom kočnicom, parkirno kočenje mora biti obezbijeđeno čak i kada je ono odvojeno od vučnog vozila. Parkirno kočenje se mora moći aktivirati od strane lica koje stoji na tlu. Međutim, u slučaju priključnih vozila za prevoz putnika parkirno kočenje se mora moći aktivirati iz unutrašnjosti vozila.



Podsistem za produženo (dugotrajno) kočenje je dopunski kočni podsistem koji je u stanju da u dovoljno dugom periodu vremena i bez znatnog smanjenja performansi obezbijedi stvaranje i održavanje kočnog efekta.

U realnim uslovima sreću se tri karakteristična režima kočenja: naglo kočenje sa maksimalnim usporenjima, blago kratkotrajno kočenje, te blago dugotrajno kočenje. Ovaj treći po redu režim javlja se pri kretanju na dugim nizbrdicama usled potrebe „podešavanja“ brzine kretanja vozila. Svakako, ovaj je režim blaži sa stanovišta maksimalnih performansi kočnog sistema (manji su kočni momenti), ali je daleko zahtjevniji sa stanovišta toplotnih opterećenja. Zadatak je podsistema za produženo kočenje da pruži mogućnost dugotrajnog kočenja vozila na nizbrdicama, sa relativno malim usporenjima, a kako bi se, uglavnom, obezbjedilo kretanje približno konstantnom brzinom.

Kočni sistem za produženo kočenje može biti izveden kao:

- nezavisni, kod koga je komanda tog sistema izvedena nezavisno od komande sistema za radno i bilo koje drugo kočenje,
- integrisani, kod koga je komanda integrisana u komandu sistema za radno kočenje na način da se oba sistema aktiviraju istovremeno ili prikladno fazno usklađeno,
- kombinovani, kao poseban slučaj integrisanog koji ima poseban uređaj za isključivanje, koji omogućava da se zajedničkom komandom aktivira samo sistem za radno kočenje.



Principijelno, usporaći se izvode kao:

Motorski usporaći su najčešće primjenjivano, jednostavno i veoma ekonomično rješenje. Princip rada ovih usporaća zasnovan je na svojstvu motora da pri prekidu dovoda goriva razvijaju kočni moment. Pri tome je, naravno, motor preko spojnice vezan sa pogonskim točkovima. Zatvorimo li uz to izduvnu granu motora posebnim ventilom, motor se prevodi na režim rada kompresora čime se povećava kočno dejstvo.

Elektrodinamički usporaći rade na principu Fukovih (vrtložnih) struja. Naime, pri kretanju provodnika u magnetnom polju u njemu se indukuje struja koja se, prema Lencovom pravilu, suprotstavlja uzroku koji je proizvodi. Upravo se ovaj tip usporaća sastoji od dva elektromagneta između kojih se obrće metalni disk vezan za točkove vozila. Kada na elektromagnete dovedemo napon u masivnom disku dolazi do generisanja vrtložnih struja usljed čega disk počinje da usporava, počinje kočenje.

Hidrodinamički usporaći se sve više koriste na privrednim vozilima. U radnom prostoru se nalazi pumpno kolo vezano za vratilo koje je u vezi sa točkovima vozila, dok je turbinsko kolo vezano za noseću strukturu. Kada se ukaže potreba za kočenjem u tako formiran radni prostor se uvodi ulje te se zahvaljujući obliku lopatica kola ostvaruje kočni moment. Po prestanku potrebe za usporavanjem iz radnog prostora se izvodi radni fluid.



Svaki kočni sistem se sastoji od komande, prenosnog mehanizma i samih kočnica.

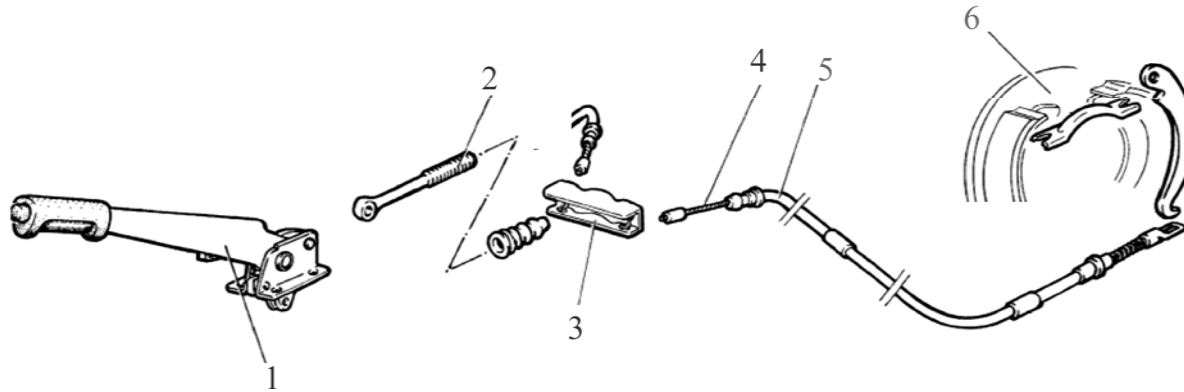
Komanda je dio sistema na koji direktno djeluje vozač sa ciljem snabdijevanja prenosnog mehanizma energijom potrebnom za samo kočenje ili komandovanje kočenjem. Ova energija može biti mišićna energija vozača ili energija iz nekog drugog izvora kojim komanduje vozač, ili kinetička energija prikolice, ili kombinacija ovih različitih vrsta energije.

Prenosni mehanizam je skup dijelova između komande i kočnice koji ih funkcionalno povezuje. Prenosni mehanizam ima dvije nezavisne funkcije - prenos energije i prenos komande. Prenosni mehanizam može biti izveden kao: mehanički, hidraulički, pneumatički, električni ili kombinovani (hidro-pneumatički, elektro-pneumatički,...).

Kočnica je dio sistema u kome se razvijaju sile koje se suprotstavljaju kretanju vozila. Dakle, kočnica je izvršni organ kočnog sistema tj. njegovog odgovarajućeg podsistema. Često se izvode frikционе kočnice, i to uglavnom kao disk ili doboš kočnice. Zbog čitavog niza nesumnjivih prednosti danas se gotovo u pravilu na svim osovinama vučnih i priključnih vozila ugrađuju disk kočnice.

Mehanički prenosni mehanizam

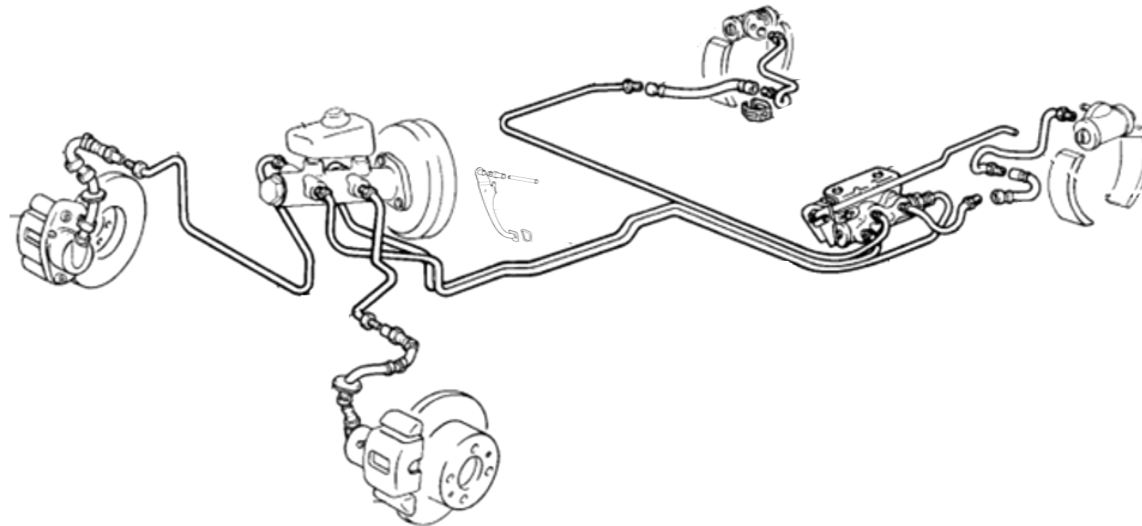
Želja za aktiviranjem kočnog sistema se saopštava na komandi (1) ("ručici ručne kočnice", u žargonu), koja preko polužnog mehanizma (2) djeluje na zategu (3). Odavde se dejstvo preko sajle (4) prenosi do izvršnog organa-kočnice (6).

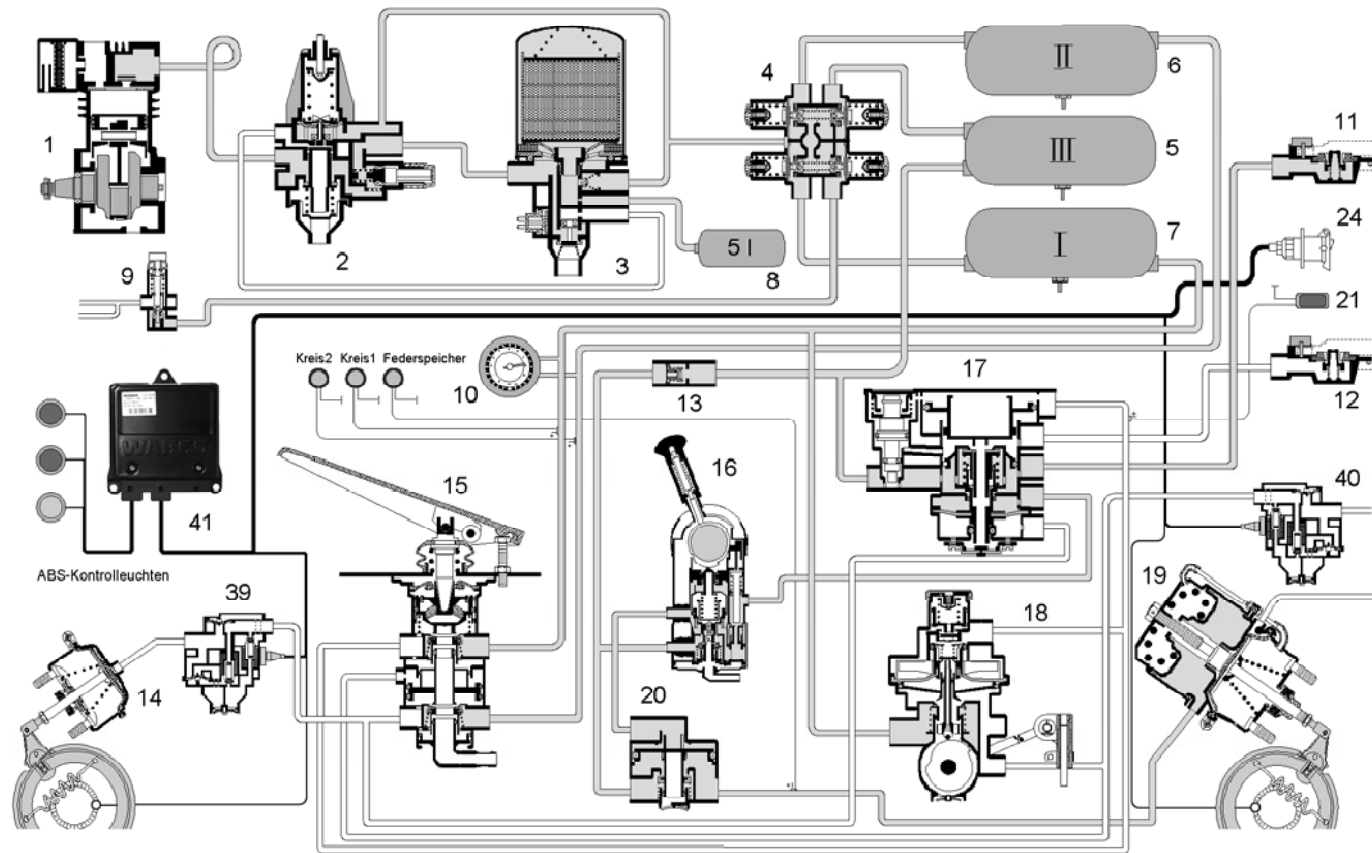


Hidraulički prenosni mehanizam


Kod ovih prenosnih mehanizama se "komanda" dovedena na pedalu kočnice u glavnom kočnom cilindru pretvara u hidrostatički pritisak. Ovaj se potom vodovima (cijev, crijevo) odvodi do kočnih cilindara. U kočnim cilindrima, a kao rezultat dejstva pritiska na klip, stvara se sila koja aktivira kočnice. Veoma često su u hidrauličke prenosne mehanizme ugrađena tzv. servo-pojačala, ili se oni, pak, izvode sa punim servo dejstvom.

Prenosni mehanizmi se izvode kao tzv. dvograni obezbjeđujući kočenje vozila, naravno smanjenim, tzv. preostalim, performansama, i u slučaju otkaza jedne grane (npr. curenje radnog fluida u cjevovodu).






**kompresor (1)/regulator pritiska (2)/isušivač vazduha (3)/četvorokružni zaštitni ventil (4)/
 rezervoar (5, 6, 7, 8)/spojnička glava (11, 12)/nepovratni ventil (13)/
 membranski kočni cilindar (14)/glavni kočni ventil motornog vozila (15)/
 ručni kočni ventil (16)/komandni ventil priključnog vozila (17)/
 korektoru kočne sile na bazi opterećenja (18)/akumulaciono-opružni kočni cilindar (19) /
 relejni ventil (20) ABS magnetni regulacioni ventil (39, 40) /
 elektronska upravljačka jedinica (41)**




Kompresor (1) usisava vazduh iz atmosfere. Komprimovani vazduh se preko regulatora pritiska (2), koji automatski reguliše pritisak u kočnom sistemu, transportuje do isušivača vazduha (3). Tu se komprimovanom vazduhu oduzima vodena para sadržana u vazduhu i odvodi u atmosferu. Osušeni vazduh dopijeva potom do četvorokružnog zaštitnog ventila (4), koji obezbeđuje da pritisak u ispravnim krugovima padne ispod propisanog nivoa u slučaju otkaza u jednom ili više pneumatičkih krugova.

Vazduh pod pritiskom iz rezervoara vazduha (6 i 7), kočni krug I i II, dopijeva do glavnog kočnog ventila motornog vozila (15). U krugu III komprimovani vazduh iz rezervoara (5) preko komandnog ventila priključnog vozila (17) struji ka automatskoj napojnoj spojničkoj glavi (11). Takođe, preko nepovratnog ventila (13), ručnog kočnog ventila (16) i relejnog ventila (20) vazduh pod pritiskom se dobavlja u akumulacioni dio opružno-akumulacionih kočnih cilindara, tzv. tri-stop cilindar (19).



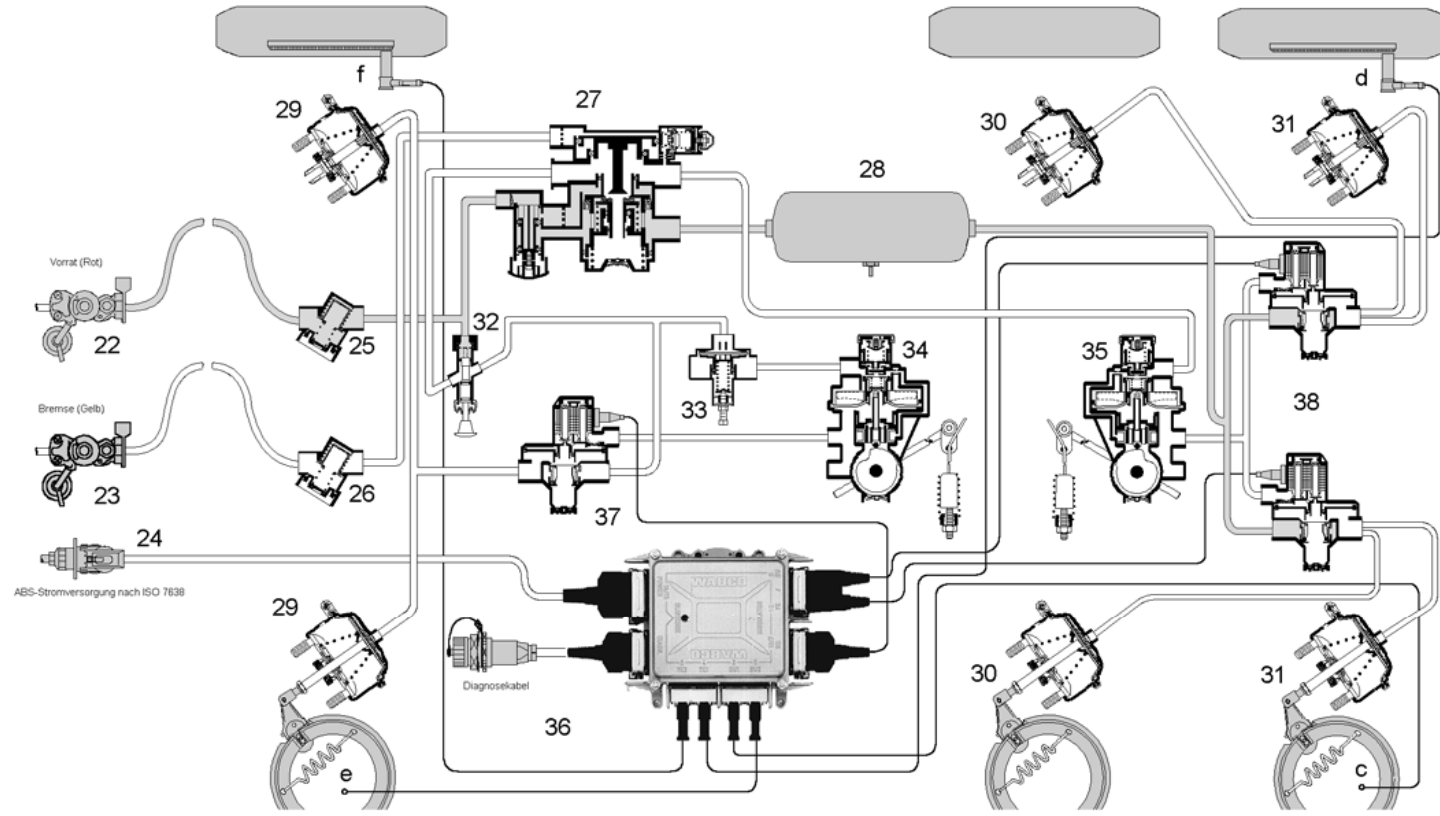
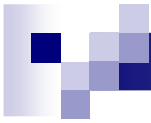
Aktiviranjem glavnog kočnog ventila (15), u slučaju radnog kočenja, komprimovani vazduh struji preko ABS magnetnog regulacionog ventila (39) u membranske kočne cilindre (14) prednje osovine. Istovremeno, komprimovani vazduh struji i ka korektoru kočne sile s obzirom na opterećenje, tzv. ARSK ventil (18), te preko ABS magnetnog regulacionog ventila (40) u membranski dio opružno-akumulacionih kočnih cilindara (19).


Pritisak vazduha u kočnim cilindrima (14) i (19) zavisi od vozačevog zahtjeva, odnosno hoda pedale glavnog kočnog ventila (15), i od opterećenja vozila zahvaljujući korektoru kočne sile (18) koji je vezan sa okvirom i zadnjom osovinom. Usljed promjene opterećenja vozila dolazi do promjene rastojanja između okvira vozila i zadnje osovine i u skladu sa tim do korekcije kočne sile na točkovima zadnje osovine. Istovremeno se iz korektora kočne sile preko komandnog voda ventila puno/prazno integrisanog u glavni kočni ventil utiče na kočni pritisak i kočnu silu prednje osovine, te se prilagođava stanju opterećenja vozila.



Pri punom aktiviranju ručnog kočnog ventila (16) do zaustavnog zuba, akumulacioni dio opružno-akumulacionih kočnih cilindara (19) se potpuno isprazne. Neophodnu kočnu silu stvaraju sada jako prenapregnute opruge ovih cilindara. Na ovaj način se ostvaruje parkirno kočenje motornog vozila. Istovremeno se isprazni vod od ručnog kočnog ventila (16) do komandnog ventila prikolice (17). Kočenje prikolice se, dakle, pobuđuje punjenjem spojnog crijeva. Kako bi se provjerilo da li skup vozila može biti zadržan samo kočnim efektom koji se ostvaruje na račun dejstva opružnih elemenata kočnih cilindara motornog vozila (19), može se kočni sistem priključnog vozila deaktivirati pomjeranjem poluge ručnog kočnog ventila do kontrolnog položaja.

U slučaju otkaza u I ili II kočnom krugu motornog vozila onaj drugi, koji nije otkazao, bi trebao biti u stanju ostvariti tzv. preostale performanse. Kočenje, sa za te uslove propisanim performansama, ostvaruje i u slučaju otkaza i I i II kočnog kruga, zahvaljujući mogućnosti fine promjene kočnog dejstva opružnih elemenata opružno-akumulacionih kočnih cilindara (19) i tokom vožnje, uz pomoć ručnog kočnog ventila (16). U ovom slučaju kočna sila se ostvaruje, kako je to već opisano, preko sile jako prenapregnutih opruga, pri čemu akumulacioni dijelovi opružno-akumulacionih kočnih cilindara (19) nisu potpuno ispražnjeni, već samo u skladu sa zahtijevanim kočnim efektom.





Komandni ventil priključnog vozila (17), upravlján od oba kruga radne kočnice, puni preko automatske spojničke glave (12) i spojnog crijeva, komandni priključak prikoličnog kočnog ventila (27). Time se, u zavisnosti od kočnog zahtjeva, omogućáva prolaz komprimovanog vazduha iz rezervoara (28) ka korektorima kočne sile s obzirom na opterećenje (34) i (35). Istovremeno komprimovani vazduh preko ABS relejnog ventila (37), koji je upravlján korektorom kočne sile (34), struji ka membranskim kočnim cilindrima (29) prednje osovine. Preko korektora kočne sile (35) upravljaju se ABS relejni ventili (38) i omogućávaju prolaz vazduha ka membranskim kočnim cilindrima (30) i (31). Prema tome, kočni pritisak prikolice se preko korektora kočne sile (34) i (35) prilagođava opterećenju prikolice. Kako bi se izbjeglo prejako kočenje prednje osovine u uslovima djelimičnog kočenja regulacioni ventil (33) smanjuje kočni pritisak. ABS relejni ventil (na prikolici) i ABS magnetni regulacioni ventil (na motornom vozilu) služe za upravljanje kočnih cilindara (povećanje ili smanjenje ili održavanje pritiska). Ukoliko ABS elektronska upravljačka jedinica (36) ili (41) aktivira ove ventile, to upravljanje se vrši nezavisno od upravljánog pritiska iz glavnog odnosno prikoličnog kočnog ventila. U neaktivnom stanju (magneti bez napona) ventili imaju funkciju relejnih ventila i omogućávaju brzo punjenje ili pražnjenje kočnih cilindara.



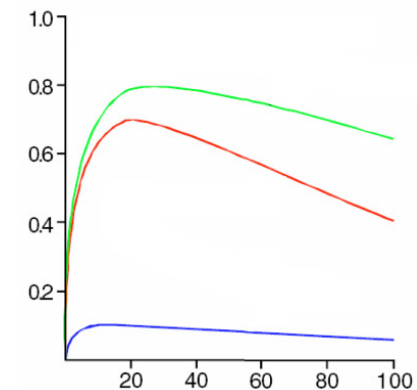
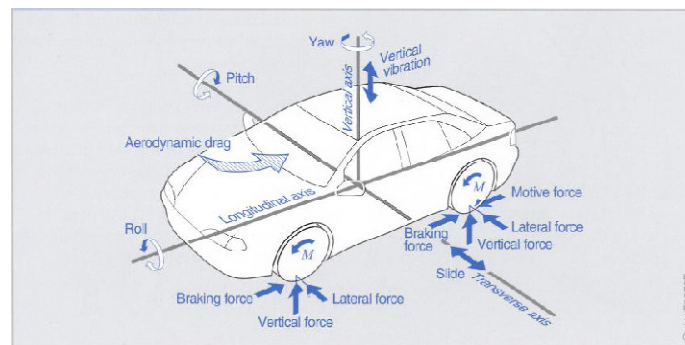
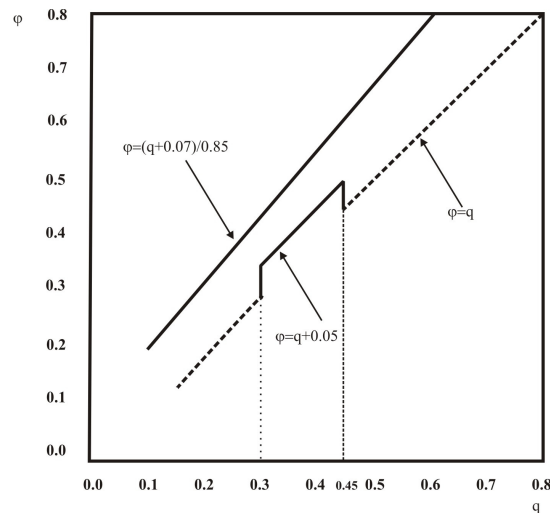
Kočna tečnost

Najčešći problem u primjeni higroskopnih kočnih tečnosti je postepeni pad temperature ključanja uzrokovan neminovnim prodorom vlage u kočni sistem tokom eksploatacije. Pad temperature ključanja uzrokuje isparavanje dovoljne količine tečnosti koja ne može biti kompenzovana punim hodom klipa glavnog kočnog cilindra, a na temperaturnim nivoima koji su relativno česti u realnim eksploatacionim uslovima (dugotrajna kočenja, vožnja stani-kreni, i sl.). Dakle, isparavanje na niskim temperaturnim nivoima će, zbog kompresibilnosti parnih čepova, dovesti do "propadanja" komande radne kočnice i otkaza funkcije kočenja bez prethodne najave. Pored toga, vlaga u kočnom sistemu štetno djeluje i na gumene i metalne elemente kočnog sistema što opet može uzrokovati gubitak kočnog fluida.

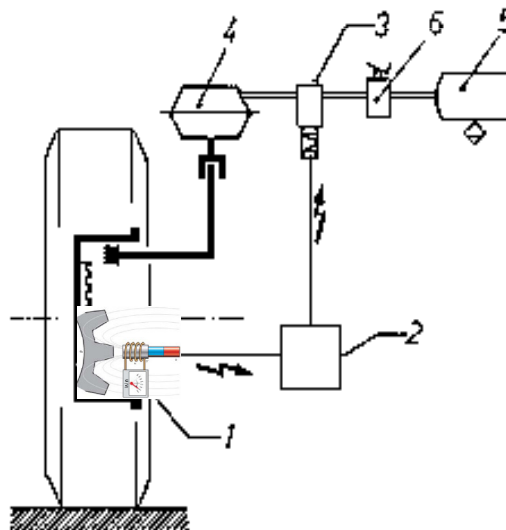
Koliko je bitno da se u toku kočenja vozilo što prije zaustavi, tj. da ima što je moguće kraći zaustavni put—što veću efikasnost, jednako je važno i da u toku kočenja ono ne izgubi stabilnost.


Izuzetno veliki uticaj na stabilnost vozila pri kočenju imaju faktori koji opredjeljuju da li će do blokiranja doći i ako do njega dođe kojim će redosljedom blokirati točkovi po pojedinim osovina. Osnov za definisanje zahtjeva s obzirom na stabilnost pri kočenju, u skladu sa ECE pravilnikom br. 13 su dijagrami iskorišćenog prianjanja, tj. grafički prikazi granica promjene i međusobnog odnosa iskorišćenog prianjanja kao odnosa kočne sile na i-toj osovini (F_{ki}) i odgovarajuće normalne reakcije i-te osovine (Z_i) po osovina vozila u zavisnosti od intenziteta kočenja q :

$$\varphi_{si} = \frac{F_{ki}}{Z_i}$$



Davač broja obrtaja (1) daje elektronskoj upravljačkoj jedinici (2) informaciju o broju obrtaja posmatranog točka. Na osnovu te informacije elektronska upravljačka jedinica upravlja regulacionim ventilom-modulatorom (3) tako da iz rezervoara (5), a na osnovu komande saopštene kočnim ventilom (6), dovodi u kočni cilindar (4) pritisak koji odgovara uslovima prianjanja. Oko stotinu puta u sekundi elektronska upravljačka jedinica koriguje položaj regulacionog (elektromagnetnog) ventila, a time i pritisak kočnog fluida u kočnom cilindru, na osnovu informacije o trenutnom stanju kočnog točka. Smatra se da je najpovoljnije kada se kočeni točak drži na granici blokiranja.





ABS (SPB) je dio kočnog sistema koji automatski kontroliše veličinu klizanja točka (točkova) u smjeru obrtanja, i to na jednom ili više točkova na vozilu u toku kočenja.

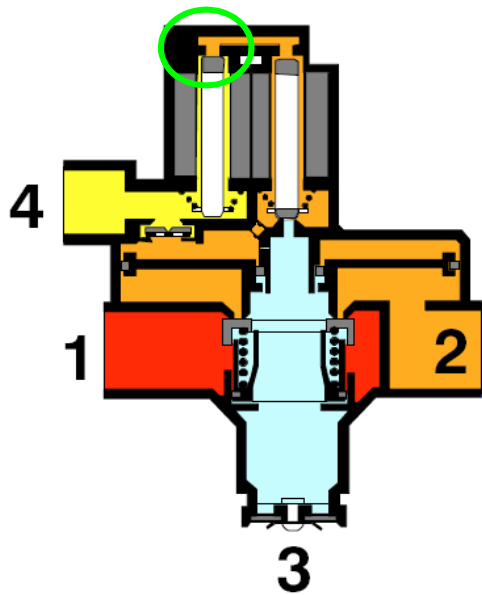
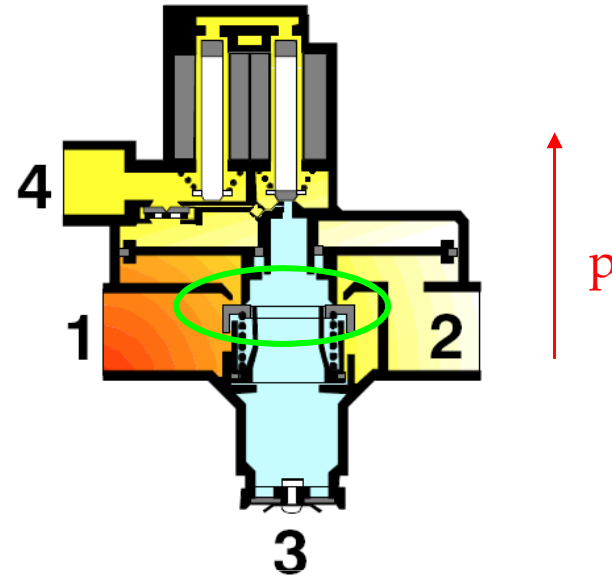
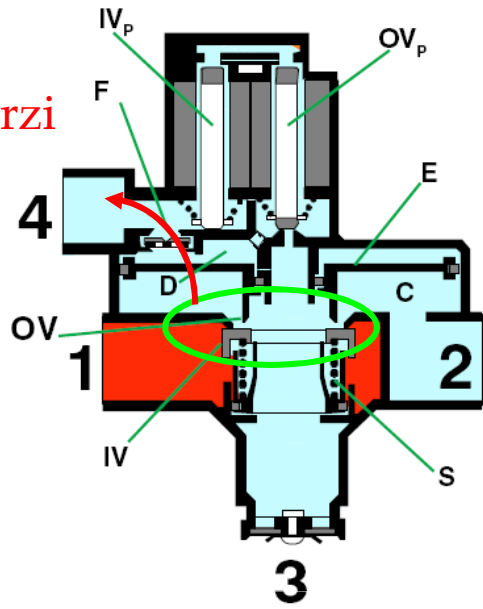
DAVAČ je dio čiji je zadatak da utvrdi uslove obrtanja točka i da podatak o tome prenese do komandnog uređaja.

KOMANDNI UREĐAJ je dio čiji je zadatak da obradi podatak dobijen od davača (jednog ili više) i da signal prenese do modulatora.

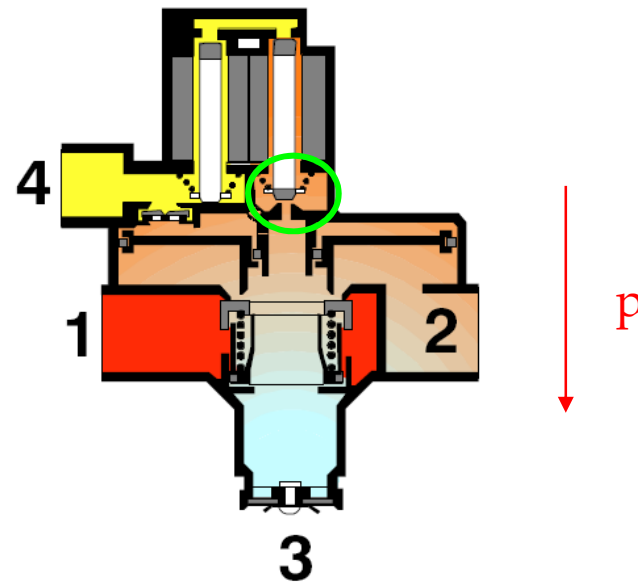
MODULATOR je dio čiji je zadatak da vrši promjenu sile kočenja u skladu sa signalom dobijenim od komandnog uređaja.

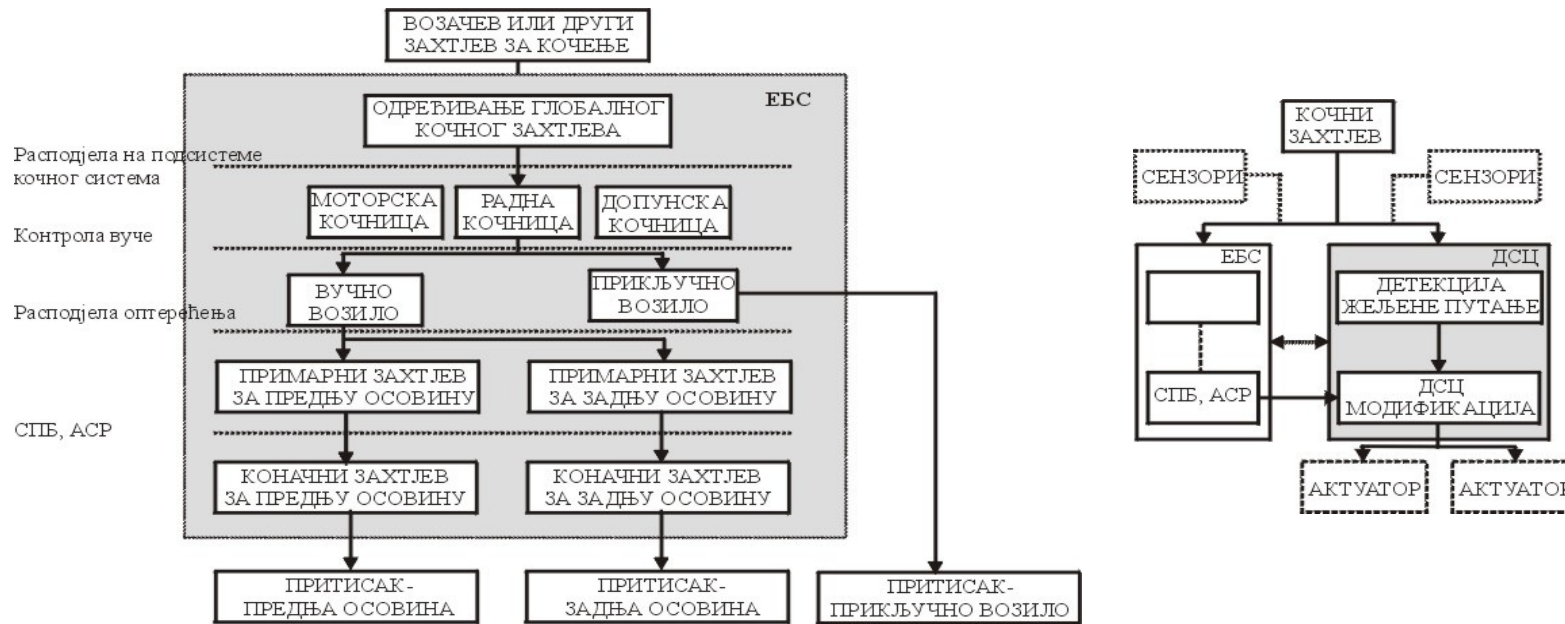


4=0
ABS drzi



$\Delta p=0$






“**Kontrola vuče-CFC**” označava sistem/funkciju sa zadatkom da automatski uskladi kočenje vučnog i vučenog vozila, odnosno smanji razliku njihovih kočnih koeficijenata;

“**Automatski komandovano kočenje**” označava funkciju sa zadatkom da, na osnovu evaluacije primljenih informacija, automatski aktivira kočni sistem ili kočnice na nekoj od osovina u svrhu izazivanja usporenja vozila, sa ili bez direktnog uplitanja vozača.

“**Selektivno kočenje**” označava funkciju sa zadatkom da automatski aktivira pojedinačne kočnice u svrhu ispravki u ponašanju vozila. U ovom slučaju usporenje vozila je posljedica ranije pomenute akcije.



U slučaju komercijalnih vozila, koja u pogledu homologacije podliježu ECE pravilniku br. 13, u ovom smislu se govori o funkciji kontrole stabilnosti vozila (eng. Vehicle Stability Function-VSF). VSF podrazumjeva funkciju elektronskog upravljanja kojom se unaprijeđuje dinamička stabilnost vozila. VSF uključuje jednu ili obe od sljedećih kontrolnih funkcija:


kontrolu pravca,

kontrolu prevrtanja.

Pri tome, kontrola pravca podrazumijeva funkciju u okviru VSF koja pomaže vozaču da u uslovima podupravljivosti ili nadupravljivosti, u okviru fizičkih granica vozila, održi željeni pravac (pravac diktiran od strane vozača) u slučaju motornih vozila, i pravac priključnog vozila u odnosu na vučno vozilo (tj. relativni položaj vučnog i priključnog vozila u spregu) u slučaju priključnih vozila.

Kontrola prevrtanja podrazumijeva funkciju u okviru VSF koja djeluje u slučaju uočavanja tendencije ka prevrtanju, a kako bi se stabilizovalo motorno vozilo, ili spreg vozila, ili priključno vozilo tokom dinamičkog manevra, u skladu sa fizičkim granicama vozila.

N_2 , N_3 , M_2 , M_3 , O_3 i O_4 (uz izuzetke, npr. M_2 i M_3 klasa I ili A, zglobni autobusi...) koja nemaju više od 3 osovine;

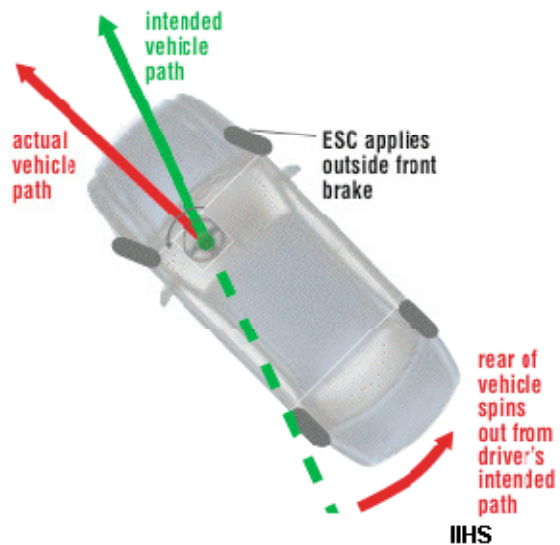


U slučaju vozila koja pri homologaciji u pogledu kočnog sistema podliježu ECE pravilniku br. 13-H obično se u ovom smislu govori o sistemu elektronske kontrole stabilnosti (eng. Electronic Stability Control System) ili ESC sistemu (eng. ESC System) koji ima sljedeće karakteristike:

- da ima mogućnost praćenja vozačevog zahtjeva u pogledu upravljanja;
- da ima mogućnost da neposredno odredi ugao zakretanja vozila oko vertikalne ose i da procjeni njegovo bočno klizanje ili njegov intenzitet promjene u vremenu;
- da unaprijedi stabilnost vozila sposobnošću da automatski kontroliše pojedinačni kočni moment na lijevim i desnim točkovima svake osovine kako bi proizveo korekcionni moment;
- da ograniči podupravljivost i nadupravljivost vozila;
- da ima algoritam da odredi potrebu i sredstva da modifikuje pogonski moment, ako je to neophodno, kako bi pomogao vozaču da održi kontrolu nad vozilom.



OVERSTEER



UNDERSTEER

