



**XIII** **Međunarodni naučni simpozijum**  
**International Scientific Meeting**

04.-06. 10.2004.,Kragujevac

## **NAUČNI ODBOR**

### **Predsednik:**

Ac. prof. dr Miroslav Demić, SCG

### **Zamenik predsednika:**

Prof. dr Radivoje Pešić, SCG

### **Sekretar:**

docent dr Jovanka Lukić, SCG

Prof. dr P. L. Ardoino, Italija

Prof. dr G. Bellingardi, Italija

Prof. dr T. Gillespie, USA

Prof. dr K. Golec, Poljska

Dr. Ing. W. Gross, Nemačka

Prof. dr D. Gruden, Nemačka

Prof. dr Z. Lozia, Poljska

Prof. dr P. Lugner, Austria

Prof. dr J. Mrđa, Republika Srpska

Prof. dr V. Negrea, Rumunija

Ac. prof. dr V. E. Tolsky, Rusija

Prof. dr Z. Samaras, Grčka

Prof. dr C. Spentszas, Grčka

Prof. dr F. Časnji, SCG

Prof. dr Č. Duboka, SCG

Prof. dr R. Durković, SCG

Prof. dr A. Grujović SCG

Prof. dr A. Janković, SCG

Dr Z. Jovanović, naučni savetnik, SCG

Dr M. Kokić, viši naučni saradnik, SCG

Prof. dr B. Krstić, SCG

Dr Ž. Milić, naučni saradnik, SCG

Dr M. Milovanović, v. naučni savetnik., SCG

Prof. dr B. Nikolić, SCG

Prof. dr S. Petrović, SCG

Prof. dr D. Radonjić, SCG

Prof. dr R. Radonjić, SCG

Ac. prof. dr D. Simić, SCG

Prof. dr A. Stefanović, SCG

Prof. dr S. Veinović, SCG

## ORGANIZACIONI ODBOR

**Predsednik:**

mr Zoran Bogdanović, Institut za automobile ZA

**Zamenik predsednika:**

dr Milan Milovanović, Institut za automobile ZA

**Sekretar:**

Vesna Tiosavljević

- mr Milosav Đorđević, Zastava vozila
- Vladeta Kostić, Zastava automobili
- dr Branislav Nedeljković, Zastava automobili
- mr Srđan Nikezić, Zastava rezervni delovi
- Slavoljub Ristić, Zastava Yugo sport
- Branko Veljović, Zastava INPRO
- Branislav Stojadinović, Institut za automobile
- dr Dušan Nestorović, Institut za automobile
- Milan Stanojević, Institut za automobile
- Zoran Petrović, Institut za automobile
- Dragan Begović, Institut za automobile
- mr Dušan Puača, Regionalna privredna komora
- prof. dr Milentije Stefanović, Mašinski fakultet Kragujevac
- mr. Snežana Vrekić, Institut za automobile
- Radomir Petrović, Zastava automobili

## ORGANIZATORI SKUPA

Katedra za motorna vozila i motore MFK  
Časopis MVM  
Zastava automobili - Institut za automobile  
Zastava kamioni - IRJ TTR  
Centar SANU, Kragujevac  
JUMV  
Skupština Grada Kragujevca  
Regionalna privredna komora ŠiP

J. Glišović\*, D. Miloradović\*\*

## SINHRONIZACIJA KOČNIH SISTEMA VUČNOG I PRIKLJUČNOG VOZILA

**Rezime:** U cilju poboljšanja bezbednosti kočenja vučnog voza, kočne sile vozila moraju biti određene tako da obezbede dobru raspodelu sila između vučnog i priključnog vozila. Tada se vozila u ovoj kombinaciji mogu zameniti bez problema u pogledu zajedničkog rada i uticaja na životni vek frikcionih obloga. Optimalna raspodela kočnih sila između prednje i zadnjih osovina vozila, kao i raspodela kočnih sila između vučnog i priključnog vozila posebno utiče na: ponašanje frikcionih obloga, optimalno kočenje i komfor, povećanje bezbednosti. Sinhronizacija kočenja je neophodna kada se isporučuje novo vozilo, pri povećanju istrošenja kočnih obloga ili kod drugih problema sa kočenjem. Prerano istrošenje kočnih obloga na vozilu je najviše izražena posledica, zatim se dešava da prikolica "pritrčava" vučnom vozilu, ili postoji tendencija blokiranja pojedinih osovina. Nedostatak sinhronizacije kočenja može dovesti do totalnog otkaza sistema. Kombinacija vučno/priključno vozilo je dobro usaglašena samo ako su razlike između vremena kašnjenja i porasta pritiska motornog vozila i prikolice, male i ako su kočne sile raspodeljene prema opterećenju na osovina. Raspodela kočnih sila je idealna ako su dinamička usporavanja odgovarajućih osovina kombinacije vučno/priključno vozilo identična, tj. svaka osovina usporava prema svom udelu dinamičkih opterećenja, a prema nivou sile kočenja koje ostvaruje vozač na komandi.

**KLJUČNE REČI:** kočni sistem, vučno vozilo, priključno vozilo, sinhronizacija kočenja, EBS

## BRAKE SYNCHRONIZATION OF TRUCK-TRAILER COMBINATION

**Abstract:** For reasons of brake safety of truck-trailer combination, brake forces of the vehicle must be determined in order to ensure a good distribution between the towing and towed vehicle. The vehicle can thus be exchanged without difficulty within each other in this combination without any problems on common work and any influence on life of wear parts in the brake. An optimum brake force distribution between front and rear axles of vehicle as well as the brake force distribution between towing vehicle and trailer particularly influences: wear behaviour, optimum brake and driving comfort, increase in road safety. A brake synchronization is necessary when delivering a new vehicle, increased brake pad wear or problems with braking. The premature brake pad wear in vehicle is particularly effected, if the trailer runs up to the towing vehicle, or if there is a tendency to lock on individual axles. A incorrect or missing brake synchronization can lead to a total breakdown of brake system. Truck-trailer combination is well-balanced only if the difference in delay time and response pressure behaviour is slight, if any, and if the braking forces are distributed according to the axle loads. Braking force distribution is ideal if the dynamic retardation rates of the respective axles of a truck-trailer combination are identical, i. e. each axle of the truck-trailer combination slows down its own portion of dynamic load as a ratio of amount of force applied to the brake pedal.

**KEY WORDS:** braking system, truck, trailer, brake synchronization, EBS

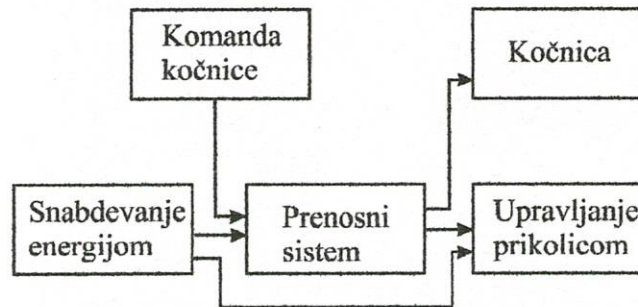
### 1. UVOD

Može se reći da se poslednjih godina skoro nijedan sektor u oblasti tehnologije privrednih vozila nije promenio tako mnogo kao što je to slučaj sa kočnim sistemima. Mora se uzeti u obzir da su u širokom opsegu vozila od dostavnih vozila, preko lakih vučnih vozila do teških vozila u kombinaciji vučno vozilo/prikolica ili

\*Mr Jasna Glišović, asistent, Mašinski fakultet, Sestre Janjić 6, Kragujevac, e-mail: jaca@kg.ac.yu

\*\*Danijela Miloradović, asistent pripravnika, Mašinski fakultet, Sestre Janjić 6, Kragujevac, e-mail: nejaja@kg.ac.yu

tegljač/poluprikolica i autobusi, prisutni različiti tipovi kočnih sistema. Osnovne komponente kočnog sistema kombinacije vučno/priključno vozilo su date na slici 1.



**Slika 1. Blok dijagram kočnog sistema vučno/priključno vozilo**

Teretna vozila su proteklih decenija koristila komprimovani vazduh kao izvor energije, kao i za upravljanje radom sistema. Vozač je izražavao potrebu za kočenjem pritiskom na komandnu pedal, i njegov zahtev je prenošen do kočnog cilindra preko više podsistema ventila kako bi se postigla željena kočna sila na osovina. Zbog ove činjenice sistem ima veliko vremensko kašnjenje i teško je postignuti optimalnu kontrolu klasičnog pneumatičkog kočnog sistema. Osim toga, sistem je veoma kompleksan, sastoji se iz velikog broja elemenata. Rešenje raspodele kočnih sila prema opterećenju u pneumatičkom sistemu je teško ostvariti. Tradicionalni proporcionalni relejni ventili rade na osnovu statičke deformacije zadnjeg sistema elastičnog oslanjanja, ali nisu u stanju da kompenzuju dinamičku raspodelu opterećenja između prednje i zadnjih osovina, što može dovesti do blokiranja točkova ili prevremene intervencije ABS sistema na zadnjoj osovini. Dalji problem je stanje kočnog sistema priključnog vozila. Loše stanje kočnog sistema na priključnom vozilu mora da kompenzuje vučno vozilo, što dovodi do većeg habanja kočnih obloga i pregrevanja kočnog sistema vučnog vozila.

Sinhronizacija kombinacije vučno/priključno vozilo jednostavno znači da se kočnice svakog točka aktiviraju i deaktiviraju u približno istom trenutku i da svaka kočnica doprinosi korektnim udelom kočne sile koji odgovara delu vertikalnog opterećenja na tom točku. Postojanje nesklada u najvećoj meri utiče na životni vek komponenti kočnog sistema, troškove održavanja i bezbednost na putu.

Elektronski kočni sistem (EBS) ima za cilj da eliminiše prethodno pomenute probleme pneumatičkog kočnog sistema. Osnovne karakteristike su:

- zadržava se komprimovani vazduh kao energetski izvor, ali se za upravljanje kočenjem koristi elektronski sistem tj. vozačevi zahtevi za kočenjem se elektronski mere i prenose do blokova ventila, koji povezuju rezervoare sa kočnim cilindrima. Vremensko kašnjenje i vreme odgovora sistema se značajno smanjuju i na taj način je zaustavni put kraći,
- ostvarivanje kompaktnijeg sistema, sa manje komponenti, sa većim stepenom integracije sistema, što dovodi do niže cene instalacije,
- veličine, neophodne za optimalnu kontrolu raspodele kočenja se mere elektronski (opterećenje zadnje osovine, brzina točkova, istrošenje obloge itd.), i na taj način se postiže tačnija kontrola pritiska na osovini ili na točku,
- sinhronizacija vučno/priključno vozilo se automatski rešava, prilagođenjem upravljačkog algoritma priključnom vozilu, i upravlja prema tome kočnim pritiscima,

Na osnovu gornjih stavova može se zaključiti da je EBS sigurniji, kočni sistemi su boljih performansi čime se skraćuje zaustavni put i obezbeđuje stabilnost vozila pri kočenju.

## 2. ZAKONSKE OBAVEZE

Veliki broj zahteva koji se postavljaju pred kočne sisteme savremenih motornih i priključnih vozila regulisan je zakonskim dokumentima, pravilnicima i propisima sa obaveznom primenom i u našoj zemlji. Pored toga, na kočne sisteme i njihove karakteristike odnosi se i niz standarda i normi. Osnovne zahteve koji se odnose na kočne sisteme motornih i priključnih vozila u našoj zemlji utvrđuje najpre Zakon o osnovama bezbednosti saobraćaja na putevima, odnosno Pravilnik o uređajima, opremi, dimenzijama i ukupnim težinama. Posebno se određuju zahtevi u odnosu na kočenje vučnih vozova (»Ako otkáže kočnica na bilo kojoj osovini priključnog vozila spojenog sa vučnim vozilom, mora biti obezbeđeno nesmetano kočenje kočnicama postavljenim na tom vučnom vozilu. Kod motornih i priključnih vozila, kao i kod skupa vozila, dejstvo kočnica na pojedine osovine mora biti sinhronizovano. Kočni sistem za radno kočenje skupa vozila mora biti takav da obezbedi kočenje priključnog vozila istovremeno ili pre

kočenja vučnog vozila. Vreme od pritiska na pedalu radne kočnice do aktiviranja cilindra radne kočnice, odnosno dok se ne postigne 10% vrednosti od radnog pritiska na najnepovoljnijoj osovini ne sme biti veće od 0.2sec, a ukupno vreme da bi se postiglo 75% vrednosti od radnog pritiska-ne sme biti veće od 0.6sec«. U članu 96 definišu se minimalne performanse kočenja za pojedine vrste vozila (»tehnički normativi efikasnosti«). Ovi zahtevi su dati u vidu minimalnih vrednosti kočnih koeficijenata, za određene najveće sile aktiviranja.

**Tabela 1. Tehnički normativi efikasnosti kočnih sistema motornih i priključnih vozila**

Vrsta kočnog sistema	Najveća sila aktiviranja /daN/ Motocikl						Kočni koeficijent						
	Sila na nožnoj komandi	Sila na ručno komandi	Putnički automobili	Teretna vozila	Autobusi trolebusi	Traktori	Motocikli	Putnički automobili	Teretna vozila	Autobusi trolebusi	Priključna vozila	Traktori	Traktorska prikolica
Radna kočica	50	25	50	70	70	60	35	55	45	50	45	25	25
Pomoćna kočica	-	-	40	60	60	30	-	25	20	25	20	15	15

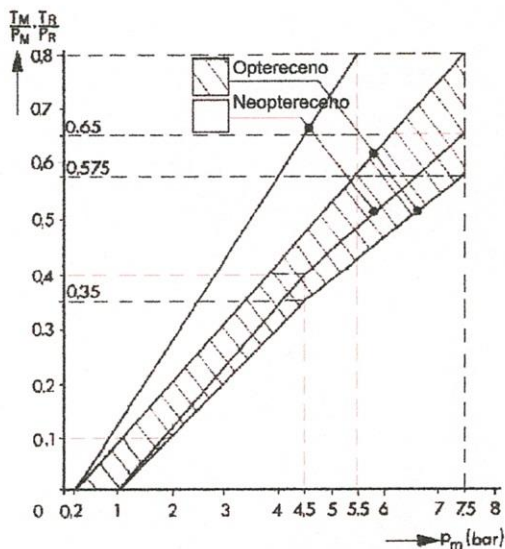
Normativi se primenjuju za vozila koja se kreću, i to pod sledećim uslovima:

1. da je površina po kojoj se vozilo kreće vodoravna, ravna, suva i sa savremenim kolovoznim zastorom,
2. da za vreme kretanja vozila brzina vetra nije veća od 3m/s,
3. da temperatura diska ili spoljašnje površine doboša ne iznosi više od 100°C,
4. da brzina na početku kočenja iznosi najmanje 50km/h-za putničke automobile, najmanje 40km/h-za druga motorna vozila, a za motorna vozila koja ne mogu postići te brzine-80% od njihove najveće brzine.

U članu 97 je definisano da parkirna kočnica motornog, odnosno priključnog vozila, kada je ono odvojeno od vučnog vozila, mora obezbediti nepokretnost vozila opterećenog do najveće dozvoljene mase pri nagibu od 16%, a da pri tom vozilo nije kočeno na drugi način. Parkirna kočnica skupa vozila mora da obezbedi nepokretnost celog skupa vozila pri nagibu od 8%, a da pri tom skup vozila nije kočen na drugi način.

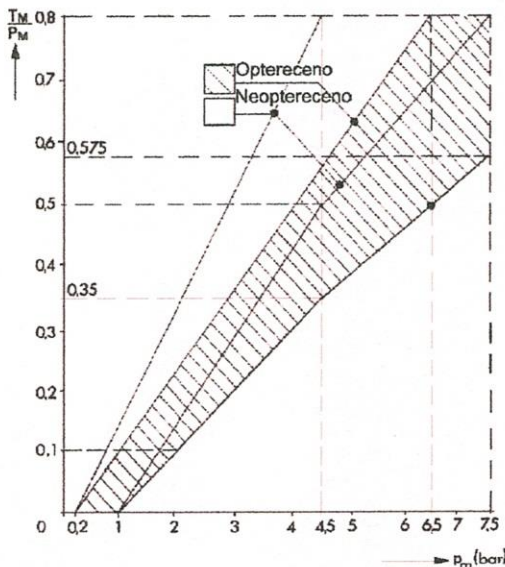
Posebnu važnost ima Pravilnik ECE-13, koji utvrđuje jednoobrazne propise za homologaciju vozila u odnosu na kočenje i koji je obavezan za primenu i u našoj zemlji. U prilogu 10 se definiše raspodela kočenja po osovina vozila i zahtevi za usklađenost kočenja između vučnog i priključnog vozila. Za tegljače namenjene vuči poluprikolica, krive iskorišćenog prijanjanja se analiziraju za oba stanja opterećenosti prikolica, a i zahtevi se definišu na sličan način. Poseban deo ovog Priloga odnosi se na proveru usaglašenosti kočenja vučnog i priključnog vozila. Ovaj zahtev je u načelu definisan tako da odnos sila kočenja i statičkog opterećenja kočenih točkova bude u određenim granicama, što se izražava dijagramski (slika 2). Poseban dijagram se odnosi na vučna vozila namenjena vuči poluprikolica i na poluprikolice (slika 3). U svim ovim slučajevima posmatraju se kočni sistemi sa pneumatičkim prenosnim mehanizmima.

Posebno složen postupak provere je za pneumatički aktivirane kočne sisteme poluprikolica. Za kombinaciju tegljač/poluprikolica koriste se posebni dijagramski prikazi kočnih opsega (slika 4). Oni uzimaju u obzir dinamičko ponašanje pri radu jer (za razliku od uobičajene kombinacije vučno vozilo/prikolica) uključuje dinamičko opterećenje osovine koje se prenosi sa poluprikolice na tegljač. Ali kako, međutim, taj prenos opterećenja na osovini zavisi od dužine i visine težišta konkretne poluprikolice, ECE direktiva definiše opsege za određeni tip poluprikolice, jer uzima u obzir korekzione faktore ( $k_v$  za neopterećenu i  $k_c$  za opterećenu poluprikolicu), što je uslovljeno i korišćenjem jednog posebnog dijagrama. Ovi korekcioni faktori se ocenjuje za oba stanja opterećenja.

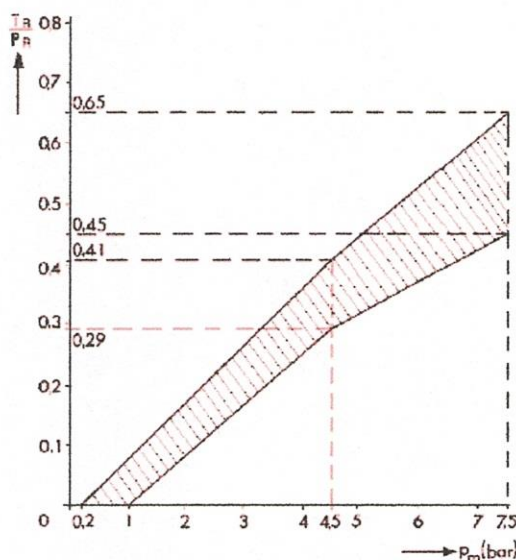


$T_R$ -suma kočnih sila na obimu svih točkova prikolice  
 $P_R$ -ukupna vertikalna statička reakcija tla prikolice  
 $T_M$ - suma kočnih sila na obimu svih točkova vučnog vozila namenjenog za vuču prikolice  
 $P_M$ - ukupna vertikalna statička reakcija tla vučnog vozila namenjenog za vuču prikolice  
 $p_m$ - pritisak na spojničkoj glavi komandnog voda

**Slika 2. Kočni koeficijenti za vučno vozilo i prikolicu**



**Slika 3. Kočni koeficijenti za tegljače**



**Slika 4. Kočni koeficijenti za poluprikolice**

### 3. SINHRONIZACIJA KOMBINACIJE VUČNO/PRIKLJUČNO VOZILO

Sinhronizacija kombinacije vučno/priključno vozilo je neophodna ako kočne sile nisu podjednako raspodeljene između vučnog i priključnog vozila, ili u slučaju samog vozila, između njegovih osovina. Ovaj problem je prisutan pri isporuci novog vozila, povećanom istošenju kočnih obloga ili pojavi drugih problema u toku kočenja. Kočne sile vozila moraju biti određene tako da obezbede dobru raspodelu sila između vučnog i priključnog vozila. Tada se vozila mogu zameniti u ovoj kombinaciji bez problema u pogledu zajedničkog rada i uticaja na životni vek frikcionih obloga. Optimalna raspodela kočnih sila između prednjih i zadnjih osovina vozila, kao i raspodela kočnih sila između vučnog i priključnog vozila posebno utiče na:

- habanje frikcionih obloga,
- optimalno kočenje i komfor,
- povećanje bezbednosti.

Svi delovi koji doprinose procesu kočenja utiču na raspodelu kočnih sila. Prerano istrošenje kočnih obloga na vozilu je najviše izražena posledica, zatim se dešava da prikolica "pritčava" vučnom vozilu, ili postoji tendencija blokiranja pojedinih osovina. Nedostatak sinhronizacije kočenja može dovesti do totalnog otkaza sistema.

Kombinacija vučno/priključno vozilo može da se sinhronizuje na opterećenom i neopterećenom vozilu. Međutim, preporučljivo je uraditi ovo na potpuno opterećenom vozilu jer su velike mase posebno bitne u pogledu istrošenja obloga. Ovo takođe predstavlja prednost jer je moguće meriti kočne sile kružnim dinamometrom čak i pri visokim pritiscima, i na taj način posebno lako otkriti kvarove. Za uspešnu sinhronizaciju kombinacije vučno/priključno vozilo, sve komponente kočnog sistema, mehaničke i pneumatičke, moraju da funkcionišu korektno. Obloge i doboši na novim vozilima, kao i nove obloge na starijim vozilima, moraju biti razrađeni. Ako se primete nezadovoljavajuće kočne performanse ili habanje frikcionih obloga pri radu, kočnice se moraju vizuelno pregledati i izvršiti funkcionalno testiranje na komponentama pneumatičkog kočnog sistema pre nego što se ispita efikasnost na inercionom dinamometru, ili pre izvršenja bilo kakvih izmena.

Vizuelna provera kočnica podrazumeva kontrolu: stanja doboša kočnica, stanja frikcionih obloga, slobodnog kretanja kočnih papuča i osovinica kočnice, veličine kočnih cilindara, efektivne dužine ručice kočnice itd.

Funkcionalno testiranje komponentata pneumatičkog kočnog sistema se sastoji od provere:

- vremena odgovora kočnice i kontrolnih ventila,
- definisanog probnog pritiska,
- parametara ventila za adaptiranje, ventila za ograničavanje pritiska,
- parametara ventila za podešavanje prema opterećenju u odnosu na njihovu referentnu ravan (neopterećeno/opterećeno).

Kočne performanse oba vozila moraju se proceniti počev od neutralne tačke. Ova tačka je komandna spojnička glava gde kočni pritisak  $p_m$  predstavlja ulaznu veličinu u prikolice. Kočne performanse svakog vozila su prikazane na kočnim dijagramima koji se primenjuju i na vučnom i priključnom vozilu. Ovi dijagrami pokazuju odnos između kočnog koeficijenta  $z$  i pritiska  $p_m$  na komandnoj spojničkoj glavi (žuta boja). Opseg kočenja definisan ECE pravilnikom propisuje opseg u kome se mora nalaziti  $z$  pri određenom pritisku  $p_m$ . U definisanom opsegu kočenja, ECE direktiva nalaže pravljenje razlike između sledećih kombinacija: vučno vozilo sa prikolicom, i tegljač sa poluprikolicom, kao i slučaj opterećenog i neopterećenog vozila.

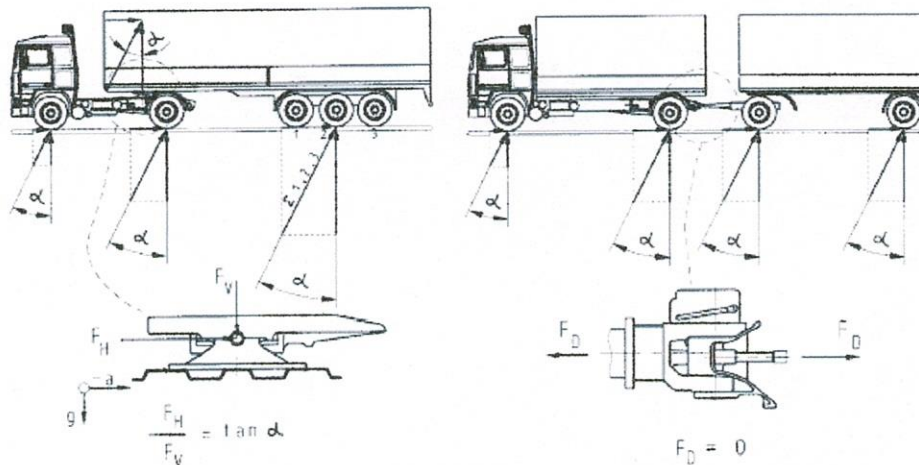
Kada su kočne karakteristike vučnog vozila i njegove prikolice blizu jedna drugoj, koliko je to moguće u okviru definisanog opsega, problemi sa kočnim oblogama prouzrokovani suprotnim međusobnim dejstvima između delova u kombinaciji su praktično nemogući.

Ako su kočne karakteristike vozila takođe blizu i centra područja, sva vozila koja su ovako sinhronizovana mogu da se koriste u različitim kombinacijama sa malom mogućnošću da će doći do problema istrošenja obloga.

Kada kočne sile nisu sinhronizovane između vučnog vozila bez EBS (Electronically Controlled Brake System) i priključnog vozila bez EBS, ovo vodi do povećanja istrošenja kočnih obloga na priključnom vozilu kao i do toga da prikolica izvodi veći deo kočenja. Ako i vučno i priključno vozilo imaju EBS, tada se obe jedinice sinhronizuju automatski. Sinhronizacija kočenja se mora izvesti posle ne više od 5000km čak iako samo jedno od vozila u kombinaciji nema EBS. To naravno važi i u slučaju da oba vozila nemaju EBS. Ako postoje različiti kočni sistemi u kombinaciji vučno/priključno vozilo, npr. disk i doboš kočnice, tada je sinhronizacija apsolutno neophodna. Ovo posebno važi za kombinaciju bez EBS.

Kombinacija vučno/priključno vozilo je dobro usaglašena samo ako je razlika između vremena kašnjenja i promene pritiska vučnog vozila i prikolice, ako je ima, vrlo mala i ako su kočne sile raspodeljene prema opterećenju na osovinama. Raspodela kočnih sila je idealna ako su dinamička kočenja odgovarajućih osovin kombinacije vučno/priključno vozila identične, tj. ako svaka osovina usporava prema svom udelu dinamičkih opterećenja, a prema nivou sile kočenja koje ostvaruje vozač na komandi. Slika 5 pokazuje takvu idealnu raspodelu kočnih sila. Odnos kočnih sila i opterećenja osovin, ili kočni ugao  $\alpha$ , je identičan na svim osovinama. Na ovaj način, sile na vezi između vučnog vozila i prikolice su idealne. U varijanti vučno vozilo-prikolica sila na šipki za vuču prikolice  $F_D=0$ , a za kombinaciju tegljač-poluprikolica je jednaka odnosu horizontalne sa vertikalnom silom na sedlu. Da bi se osigurala adekvatna sinhronizacija kočnih sila vučnog i priključnog vozila, zakonski propisi ECE R13 i REG 71/320, zahtevaju minimalno potrebno vreme porasta pritiska na spojničkoj glavi i određivanje kočnog koeficijenta  $z$  prema pritisku na spojničkoj glavi  $p_m$ . Mada nova vozila sa ABS sistemom moraju da se povinuju samo za opterećeno vozilo, proizvođači vozila se trude da postignu visok stepen kompatibilnosti za bilo kakvo opterećenje daljim korišćenjem regulacionih ventila prema opterećenju. U eksploataciji, usaglašenost kombinacije vučno/priključno vozilo je često problem. Istrošenost kočnih obloga kombinacije vučno/priključno vozilo zavisi od usporenja pojedinačnih vozila pri nižim pritiscima u opsegu  $p_m=0.2...1.5$  bar.

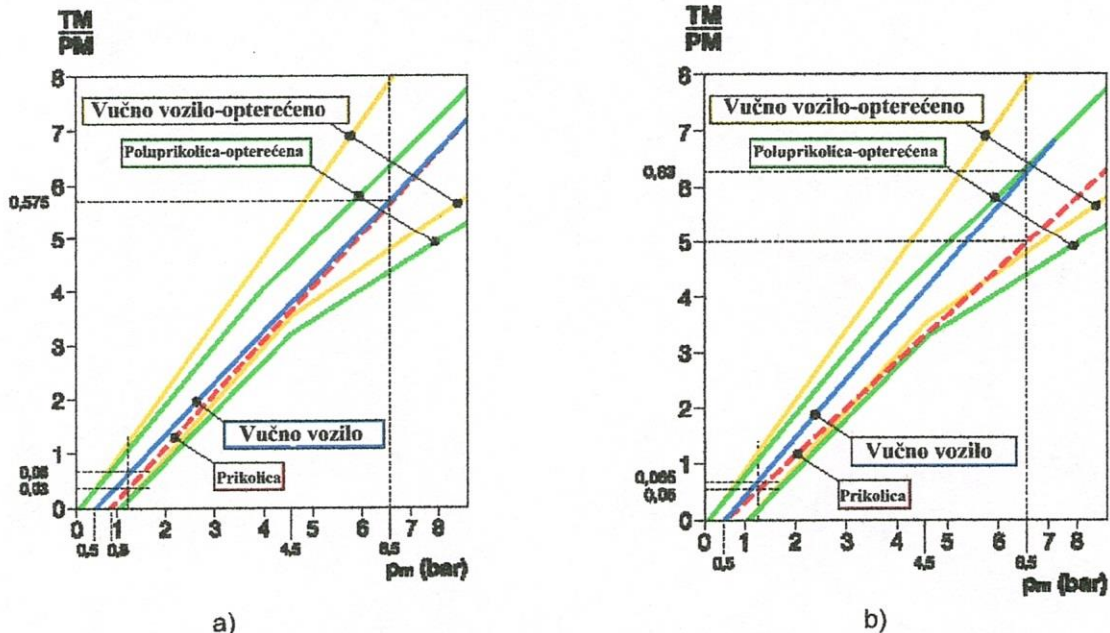




**Slika 5. Idealna raspodela kočnih sila između osovina**

Slika 6a pokazuje vučno vozilo sa pritiskom aktiviranja od 0.5 bar i prikolicu sa pritiskom aktiviranja od 0.8 bar. Oba vozila dostižu isti kočni koeficijent pri proračunatom pritisku. Pri delimičnom kočenju pri  $p_m=1.2bar$ , međutim, razlika između pritisaka aktiviranja prouzrokuje 50% manje kočenje prikolice u odnosu na vučno vozilo.

Slika 6b pokazuje dva vozila čije kočnice imaju identični pritisak aktiviranja ali sa velikom razlikom u konstrukciji njihovih kočnica. Pri  $p_m=6.5bar$ , vučno vozilo ima kočni koeficijent 0.63, a prikolica 0.5. Razlika u kočnim silama za parcijalno kočenje pri  $p_m=1.2bar$ , je samo 23%. Najgori slučaj bi nastao ako prikolica ima visok pritisak aktiviranja. Ovaj primer pokazuje da problem istrošenja ne nastaje samo zbog različitih karakteristika svakog vozila ponaosob, već uglavnom zbog znatnih razlika pritisaka aktiviranja. Dodatni problem može da nastane ako su vučno i priključno vozilo opremljeni različitim tipovima kočnica. Sve više vučnih vozila ima disk kočnice, dok većina prikolice ima doboš kočnica. Kako disk kočnice sa porastom temperature ne menjaju performanse, njihove kočne sile se manje smanjuju. Duže korišćenje će dovesti postepeno do prebacivanja snage kočenja sa prikolice na vučno vozilo sa disk kočnicama. Iz tog razloga, jedan od osnovnih ciljeva EBS sistema je bolja sinhronizacija vučnog i priključnog vozila čak i u ovakvim slučajevima.



**Slika 6. Primer pozicije vozila unutar zakonski definisanih okvira**

Da bi se testirala efikasnost, koristi se specijalni probni sto. Proizodači vozila i kočnog sistema u ovu svrhu su razvili specijlne ispitne obrasce u koje se upisuju snimljeni rezultati merenja. Prvo se utvrde težine oba vozila

merenjem i upišu u obrazac (slika 7). Za određenu vrednost pritiska  $p_m$  na kontrolnoj spojničkoj glavi, utvrđuje se za svaku osovinu u kombinaciji vučno/priključno vozilo i upisuje:

- pritisak u kočnim cilindrima na točkovima  $p_1, p_2, p_3, \dots$  i
- sile kočenja  $F_1, F_2, F_3, \dots$

Zatim se izračunava i upisuje u obrazac:

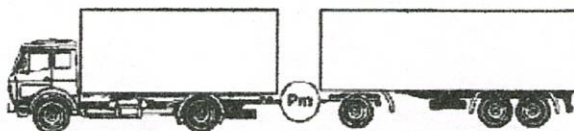
ukupna sila kočenja:

$$F_B = F_1 + F_2 + F_3 + \dots \quad (1)$$

kočni koeficijent

$$z = \frac{\text{ukupna sila kočenja}}{\text{tezinom vozila}} = \frac{F_B}{G_p} \quad (2)$$

Vrednost kočnog koeficijenta  $z$  iz obrasca (2) se prenosi na odgovarajući ECE dijagram kočenja i analizira. Od posebnog je interesa oblast između 0.5 i 2.5bara u kojoj se odvija oko 90% svih kočenja. Panična kočenje pri višim pritiscima su tako retka te nisu relevantna po pitanju istrošenja frikcionih obloga.



Kamion										Prikolica													
Težina ..... kg										Težina ..... kg													
1.osovina			2.osovina			3.osovina				P <sub>m</sub> (bar)	1.osovina			2.osovina			3.osovina						
p <sub>1</sub> (bar)	F <sub>1</sub> li (daN) re		p <sub>2</sub> (bar)	F <sub>2</sub> li (daN) re		p <sub>3</sub> (bar)	F <sub>3</sub> li (daN) re		F <sub>B</sub> (daN)		z (%)	p <sub>1</sub> (bar)	F <sub>1</sub> li (daN) re		p <sub>2</sub> (bar)	F <sub>2</sub> li (daN) re		p <sub>3</sub> (bar)	F <sub>3</sub> li (daN) re		F <sub>B</sub> (daN)	z (%)	
											0												
											0,5												
											1,0												
											1,5												
											2,0												
											2,5												
											3,0												
											4,0												
											5,0												
											6,5												

Slika 7. Obrazac za testiranje kočnog sistema vučno vozilo-priključno vozilo

#### 4. ELEKTRO-PNEUMATIČKI KOČNI SISTEM (EBS)

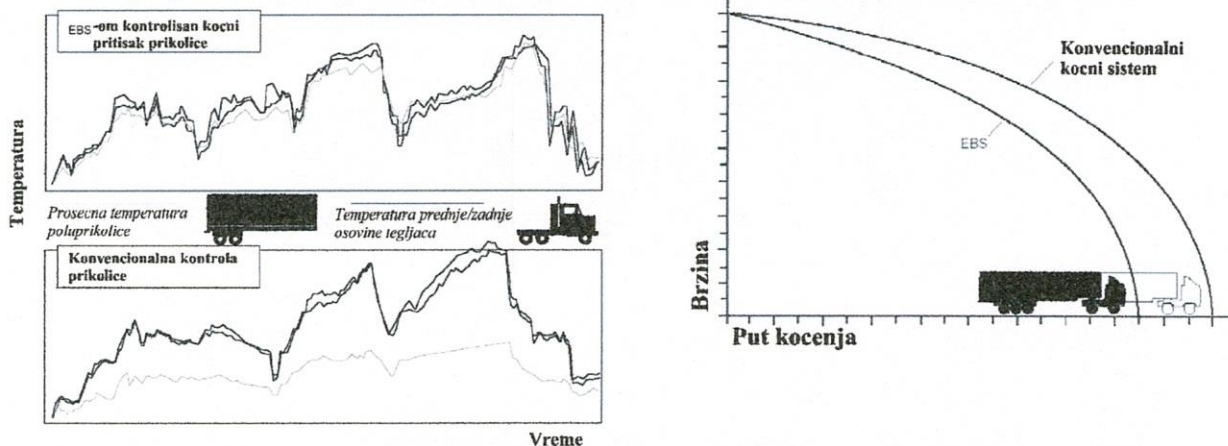
Rastom tržišta u transportnoj grani stalno su se povećavali zahtevi za kočne sisteme konvencionalnih vučnih i priključnih vozila. Od savremenih privrednih vozila se danas očekuje da ona rade pouzdano, efektivno, komforno i ekološki. Uvođenje elektronski regulisanog kočnog sistema (EBS) na vučna i priključna vozila, je korak ka zadovoljenju tih visokih zahteva.

EBS osigurava usaglašenost rada između vučnog i priključnog vozila u bilo kom trenutku. Harmonizacija kočnih procesa celine koju čine vučno i priključno vozilo, posebno ako se ta kombinacija menja (promena priključnog vozila), često ne funkcioniše na zadovoljavajući način sa konvencionalnim kočnim sistemom. Loša usaglašenost npr. ako prikolica ne koči dovoljno efikasno, će da izazove neravnomerno habanje frikcionih obloga. EBS će prepoznati bilo kakvu neusaglašenost između vučnog i priključnog vozila i harmonizovaće kočne performanse. Ako kočnice rade u najbolje mogućem režimu, to neće samo sniziti troškove održavanja kočnica, već će obezbediti maksimalnu sigurnost i komfor.

Veliki stepen bezbednosti kroz EBS je postignut preko nekoliko faktora:

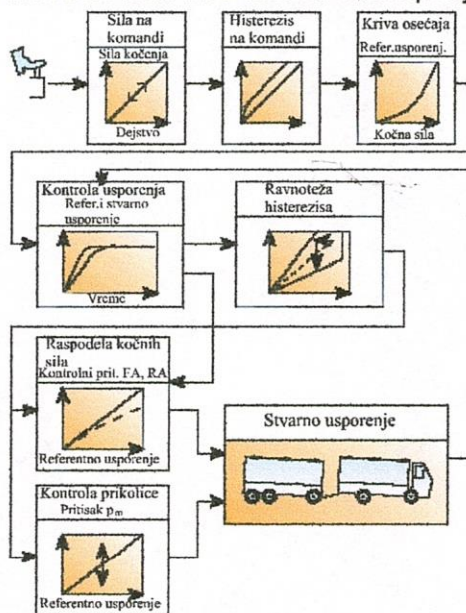
- Brži odgovor i povećanje pritiska za kočnice na prednjoj i zadnjoj osovini prikolice.
- Poboľšane ABS funkcije.
- Vučno/priključno vozilo su dobro usaglašeni u svakom trenutku.
- Stalno praćenje rada kočnice i njenih komponenti. U slučaju da se kočne performanse pogoršaju, to će EBS sistem prepoznati, i vozač će biti upozoren.

- Integrirana ASR funkcija omogućava optimizaciju stabilnosti i klizanja vozila dok vozilo koči.



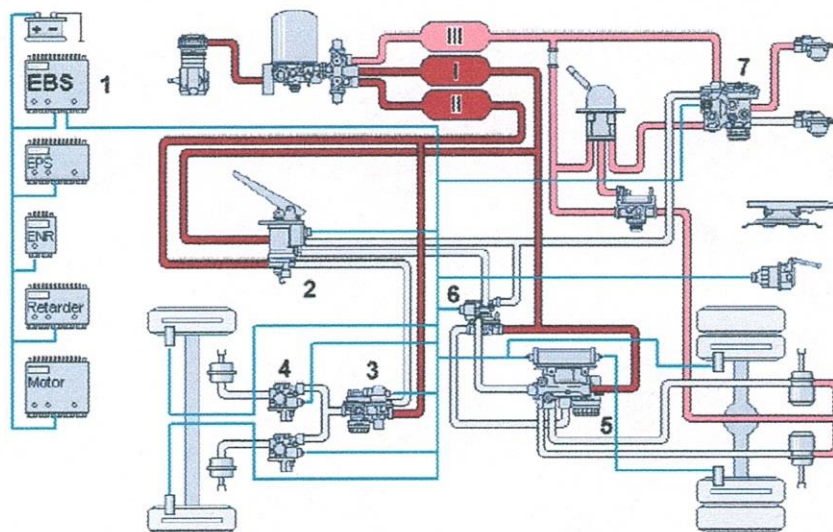
**Slika 8. Uporedni prikaz procesa kočenja vučnog i priključnog vozila sa konvencionalnim i EBS sistemom**

Na slici 9 su prikazane osnovne sekvence rada EBS sistema vučno/priključno vozilo.



**Slika 9. Osnovne etape rada EBS funkcije**

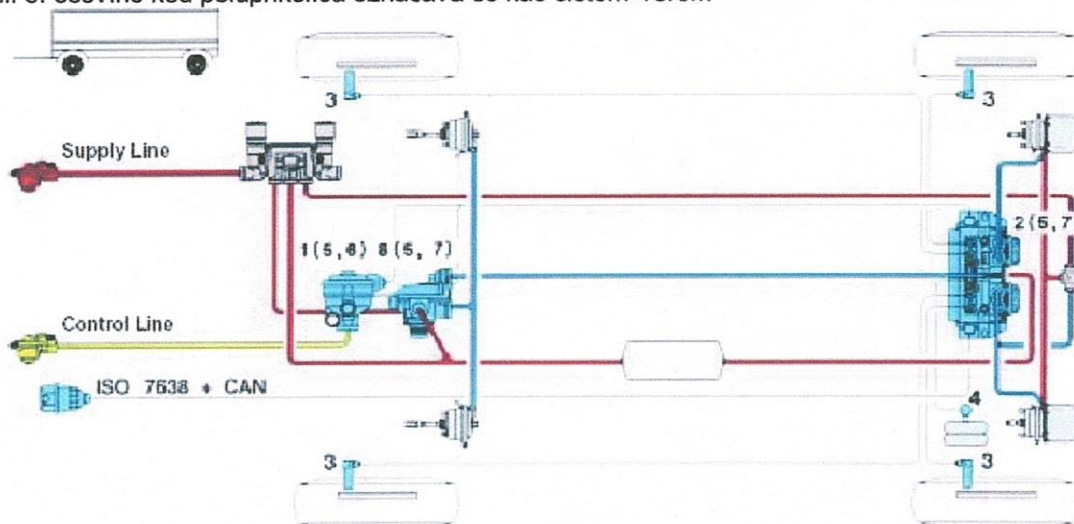
EBS sistem vučnog vozila se sastoji od: generatora kočne sile koji koristi silu na komandnoj pedali da bi se generisala električna i pneumatička referentna vrednost za usporenje, proporcionalni relejni ventil za regulaciju kontrolnog pritiska na prednjoj osovini sa ABS solenoidnim modulatorima, osovinskog modulatora koji reguliše kontrolni pritisak na zadnjoj osovini, elektro-pneumatičkog komandnog ventila prikolice koji reguliše pritisak ka prikolici, digitalnog interfejsa za prikolice sa EBS, centralnog modulala za upravljanje funkcijama kako bi se kontrolisao pritisak na prednjoj osovini i za prikolicu, za ocenu signala od davača i za komunikaciju sa drugim vozilima u sistemu. Odgovarajuća dodela kočnih sila osovinama i prikolice se postiže raspodelom kočnih sila koja se prilagođava opterećenju i kočnom kapacitetu prikolice. Na ovaj način je obezbeđena sinhronizacija čak i ako se kombinacija vučno/priključno vozilo često menja. Konačno, sposobnost kontrole usporenja utvrđuje svako odstupanje između željenog i stvarnog usporenja i kompenzira ga na taj način da vozač to jedva primećuje. Rezultat toga je osećaj pri kočenju koji je umnogome sličan onom na putničkim vozilima.



- |                              |                               |                       |
|------------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| 1-Centralni modul            | 3-Proporcionalni relej ventil | 5-Osovinski modulator |
| 2-Davač signala kočenja      | 4-Solenoidni modulator-ABS    | 6-Sigurnosni ventili  |
| 7-Komandni ventil prikolicel |                               |                       |

**Slika 10. Elektro-pneumatički kočni sistem vučnog vozila**

EBS sistem prikolice (slika 11) sastoji se od EBS-prikoličnog kočnog ventila (1) sa integrisanim senzorom zadatog pritiska (5) i prekidača kočenja, jednog prikoličnog modulatora (2) sa integrisanom elektronskom upravljačkom jedinicom, integrisanim senzorima pritiska (5), integrisanih redundantantnih ventila (7) i jednim senzorom osovinskog opterećenja (4) kao i priključnih kablova komponenata. Ta koncepcija obeležava se već prema broju komada senzora broja obrtaja (3), kao sistem 2S/2M odnosno 4S/2M. Proširenje konfiguracije za jedan ABS-rele ventil za regulaciju pritiska 3. osovine kod poluprikolica (npr.upravljive osovine) označava se kao sistem 4S/2M+1M. Proširenje konfiguracije za jedan EBS-rele ventil (8) za regulaciju pritiska prednje osovine kod prikolice sa rudom ili 3. osovine kod poluprikolica označava se kao sistem 4S/3M



- |                                 |                       |
|---------------------------------|-----------------------|
| 1-EBS prikolični kočni ventil   | 5-Senzor pritiska     |
| 2-EBS prikolični modulator      | 6-Prekidač pritiska   |
| 3-ABS senzori                   | 7-Redundantni ventili |
| 4-Senzor osovinskog opterećenja | 8-EBS rele ventili    |

**Slika 11. Glavne komponente 4S/2M EBS sistema za dvoosovinsku prikolicu-WABCO**

## 5. ZAKLJUČAK

Problem gubitka stabilnosti i time prouzrokovane nezgode kombinacije vučnih/priključnih vozila privlači veliku pažnju javnosti zbog ozbiljnih posledica, iako je njihov broj mali u odnosu na putničke automobile. Za poduznu stabilnost vozila ključna je uloga kočnog sistema. Zato se sinhronizaciji kočnih sistema vučnog i priključnog vozila poklanja velika pažnja kako od strane zakonskih zahteva, tako i od strane proizvođača. Tržište privrednih vozila je konzervativnije u odnosu na odgovarajuće putničkih automobila, tako da teško prihvata nove sisteme osim ako nije uvereno u evidentne prednosti koje oni donose. Takav je bio slučaj i sa elektro-pneumatičkim kočnim sistemom na teškim teretnim vozilima gde su korisnici teško prihvatili činjenicu da nema više pneumatičkih vodova, ventila koji kontrolišu kočnice na točkovima. To je dovelo do paralelnog postojanja pneumatičkih krugova u vrlo sigurnom elektronskom kočnom sistemu (pored postojanja zakonskih zahteva bezbednosti). Uvođenje EBS sistema na vučna i priključna vozila umnogome je umanjilo i pojednostavilo problem usklađenosti kočnih sistema vučnih vozova.

## 6. LITERATURA

- [1] Automotive Handbook, Bosch
- [2] ECE-Pravilnik br. 13, serija amandmana 09.
- [3] Electronially Controlled Braking Systems, Wabco, Germany, 1998.
- [4] knorr-bremse
- [5] Todorović, J.: Kočenje motornih vozila, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 1988.
- [6] Zakon o osnovama bezbednosti saobraćaja na putevima, Službeni list Srbije i Crne Gore, Beograd, 2003.

Rad je nastao kao rezultat rada na projektu "Istraživanje i razvoj vatrogasnog vozila radi obezbeđenja visoke efikasnosti delovanja vatrogasnih jedinica", MIS 3.06.010B