

MEHATRONIČKI SISTEMI KOD MOTORA I VOZILA

ESP SISTEM U VOZILIMA

Spring 2020

by

Slobodan Lubura

ESP - UVODNE NAPOMENE

- Ljudske greška su uzrok velikog dijela saobraćajnih nesreća.
- Zbog vanjskih okolnosti, kao što su iznenadne prepreke na putu ili vožnja neprilagođeno velikom brzinom, vozilo može dostići kritične granice i postati nekontrolisano.
- Bočne sile ubrzavanja koje djeluju na vozilu dostižu vrijednosti koje ugroze vozača i njegovu sposobnost upravljanja vozilom.
- Elektronski sistemi mogu dati veliki doprinos povećanju sigurnosti u vožnji.
- Elektronska kontrola stabilnosti vozila (ESP) je sistem upravljanja u zatvorenoj povratnog sprezi, projektovan s ciljem povećanja upravljivosti vozila programiranim intervencijama u transmisionom i kočionom sistemu vozila.

ESP - UVODNE NAPOMENE

- Za razliku od ABS i TCS sistema koji svaki pojedinačno sprječava proklizavanje točkova prilikom kočenja odnosno ubrzavanja vozila, ESP je jedan ujedinjeni, sinergijski koncept za kontrolu stabilnosti vozila.
- ESP sistem treba da omogući vozilu da ima tendenciju „plutanja“ umjesto pokoravanja manevrima vozača tokom pokušaja korekcija upravljanja, istovremeno održavajući stabilnost vozila

ESP - ZAHTJEVI

- ESP povećava sigurnost u vožnji kroz:
- Povećanje stabilnosti vozila; sistem održava vozilo na kolovoznoj traci, povećava stabilnost kretanja vozila u svih radnim uslovima, uključujući nužno zaustavljanje, standardne kočione manevre, ubrzanje, usporenje i promjenu opterećenja
- Povećanje stabilnosti vozila pri graničnim vrijednostima vuče vozila, poput oštih upravljačkih manevara kako bi se smanjila opasnost od klizanja i zakretanja vozila
- Dodatna poboljšanja u iskorišćenju vučnog potencijala vozila, kada su ABS i TCS sistemi aktivni i kada je aktivna kontrola obrtnog momenta motora, automatski povećavajući brzinu motora kako bi se spriječilo prekomerno kočenje motora.

KRETANJE VOZILA BEZ ESP SISTEMA

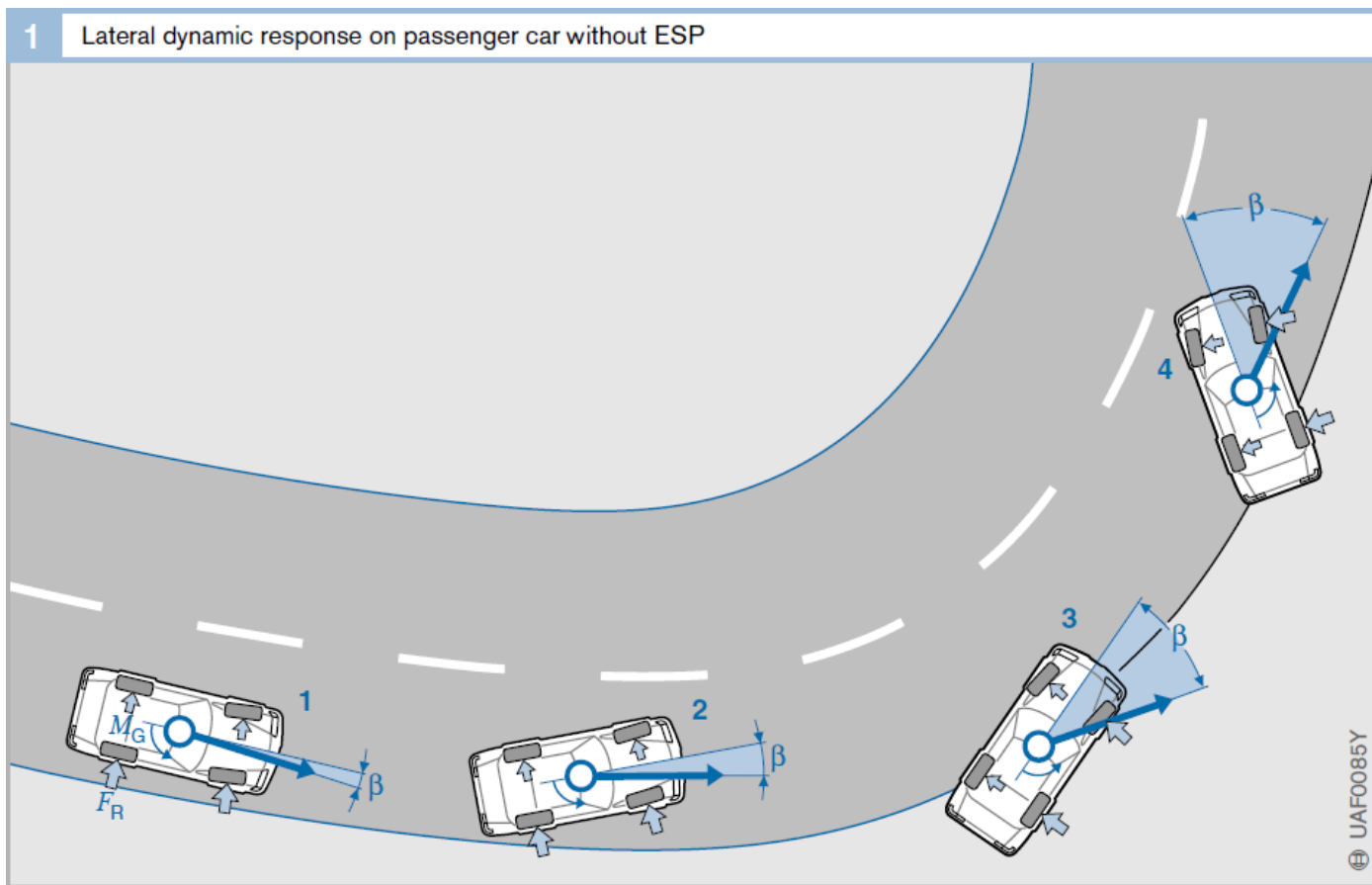


Fig. 1

- 1 Driver steers, lateral force buildup.
- 2 Incipient instability because side-slip angle is too large.
- 3 Countersteer, driver loses control of vehicle.
- 4 Vehicle becomes uncontrollable.

M_G Yaw moment
 F_R Wheel forces
 β Directional deviation from vehicle's longitudinal axis (side-slip angle)

ESP – ZADACI I PRINCIP RADA

- ESP sistem oslanja na kočioni sistem vozila kao alat za upravljanje vozilom.
- Kada ESP sistem koji upravljanja stabilnošću vozila postane aktivan, on pomjera prioritete koji upravljaju kočnim sistemom (ABS i TCS sistemi).
- Osnovne funkcije kočionog sistema usporavanje ili zaustavljanje vozila postaju sekundarne (manje značajne), jer ESP sistem pravi intervencije u kočionom sistemu s ciljem održavanje vozila stabilnim i upravljivim, bez obzira na uslove vožnje.
- Intervencija kočenja usmjerena je na pojedinačne točkove, poput unutrašnjeg zadnjeg točka da bi se spriječilo podupravljanje ili kočenje vanjskog prednjeg točka da bi se spriječilo nadupravljanje kao što je to prikazano na narednoj slici.

ESP – ZADACI I PRINCIP RADA

2 Lateral dynamic response on passenger car with ESP

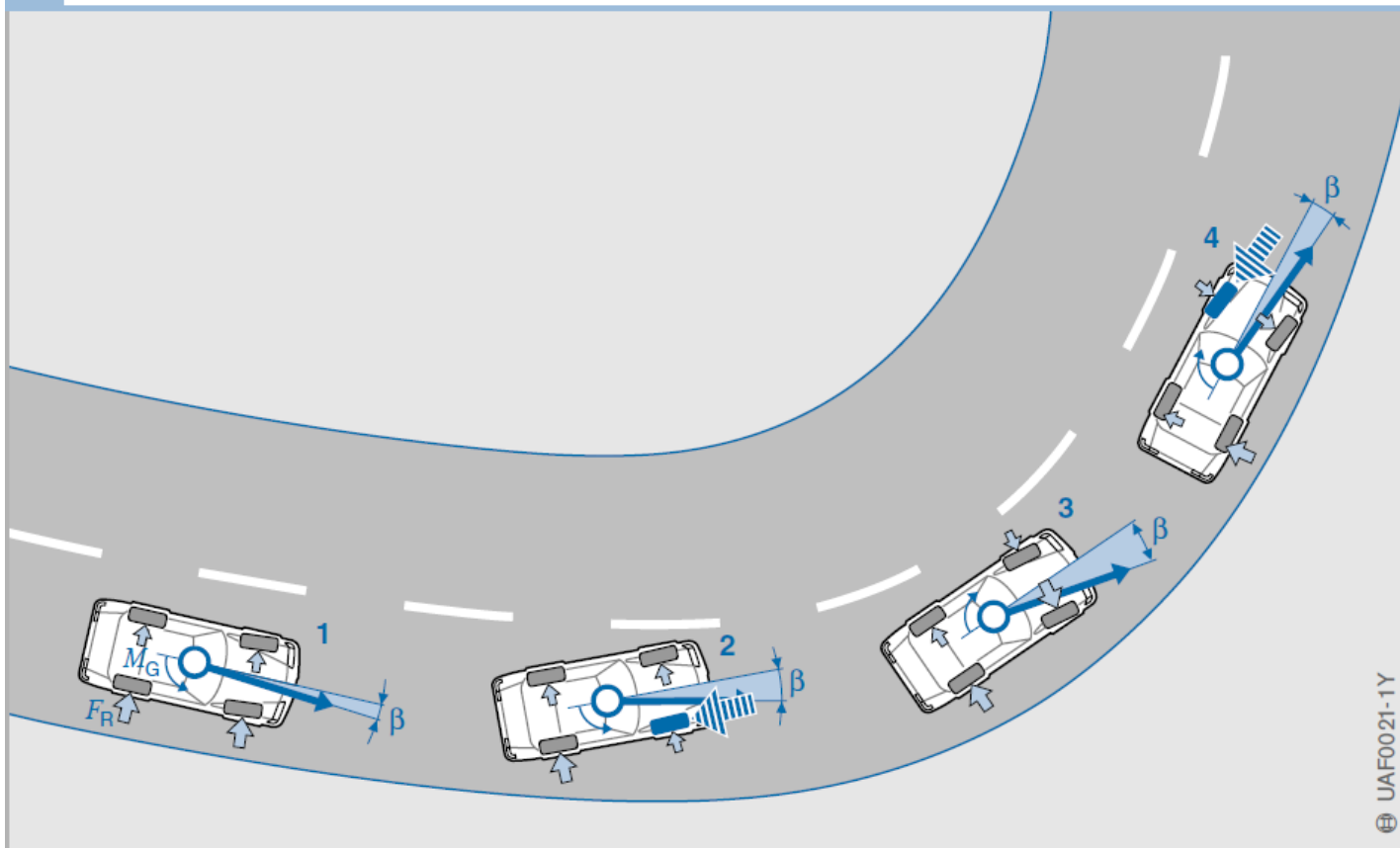


Fig. 2

- 1 Driver steers, lateral-force buildup.
- 2 Incipient instability, ESP intervention at right front.
- 3 Vehicle remains under control.
- 4 Incipient instability, ESP intervention at left front, complete stabilization.

M_G Yaw moment
 F_R Wheel forces
 β Directional deviation from vehicle's longitudinal axis (side-slip angle)
Increased braking force

ESP – ZADACI I PRINCIP RADA

- Za optimalno sprovođenje ciljeva stabilnosti, ESP sistem pored intervencija na kočionom sistemu može da interveniše i na strani motora kako bi ubrzao pogonske točkove vozila.
- Dakle, ESP sistem ima dvije opcije za upravljanje vozilom: može kočiti odabranim točkovima (selektivno kočenje) ili ubrzavati pogonske točkove.
- U granicama nametnutim zakonima fizike, ESP sistem održava vozilo na kolovozu i smanjuje rizik od nesreće i prevrtanja. Sistem poboljšava bezbjednost na putu pružajući vozaču efikasnu podršku.

ESP – MANEVRISANJE - BRZI POKRETI I KONTRIRANJE VOLANOM

- Ovaj je manevar sličan promjenama kolovozne trake ili naglim pokretima upravljača u slučajevima:
- Kada se vozilo kreće prebrzo i kada ulazi u niz uzastopnih S-zavoja,
- Zaobilaženje iznenadne prepreke na putu, (npr. šumske i domaće životinje)
- Manevri kojima treba spriječiti prevrtanje npr. na autoputu
- Na narednim slikama dato je ponašanje dva vozila (sa i bez ESP sistema) u seriji S –zavoja pri brzim pokretima i kontriranjem upravljača uz sljedeće pretpostavke:
 - površina kolovoza ima veliki koeficijent trenja $\mu_{HF} = 1$
 - bez kočenja vozača
 - sa početnom brzinom od 144 km/h.

ESP – MANEVRISANJE - BRZI POKRETI I KONTRIRANJE VOLANOM

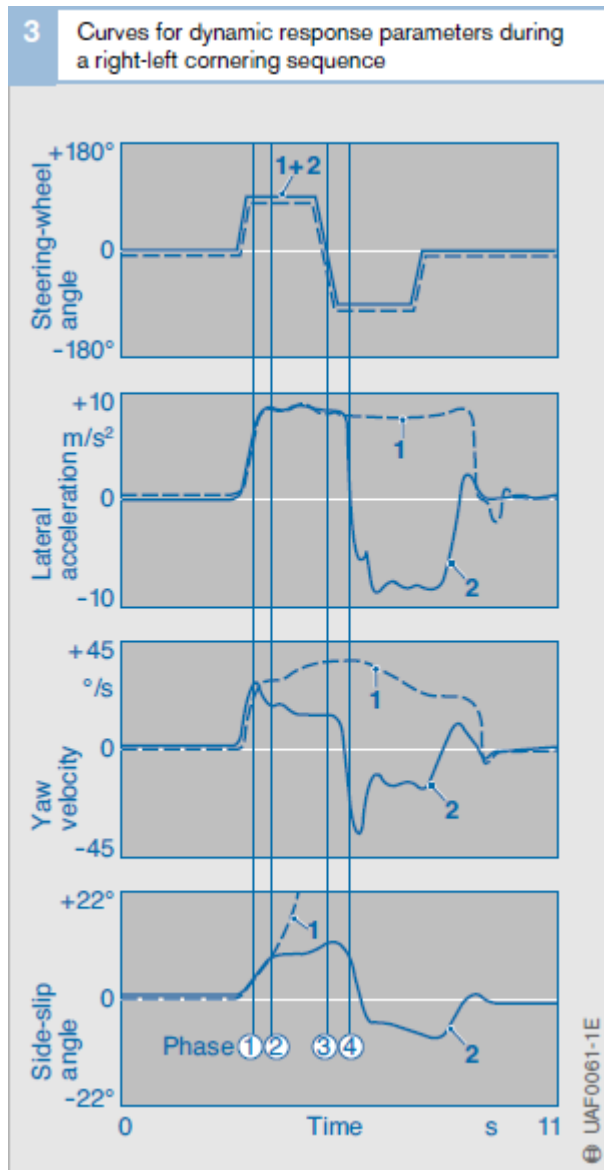


Fig. 3

- 1 Vehicle without ESP
- 2 Vehicle with ESP

ESP – MANEVRISANJE - BRZI POKRETI I KONTRIRANJE VOLANOM

4 Vehicle tracking during right-left cornering sequence

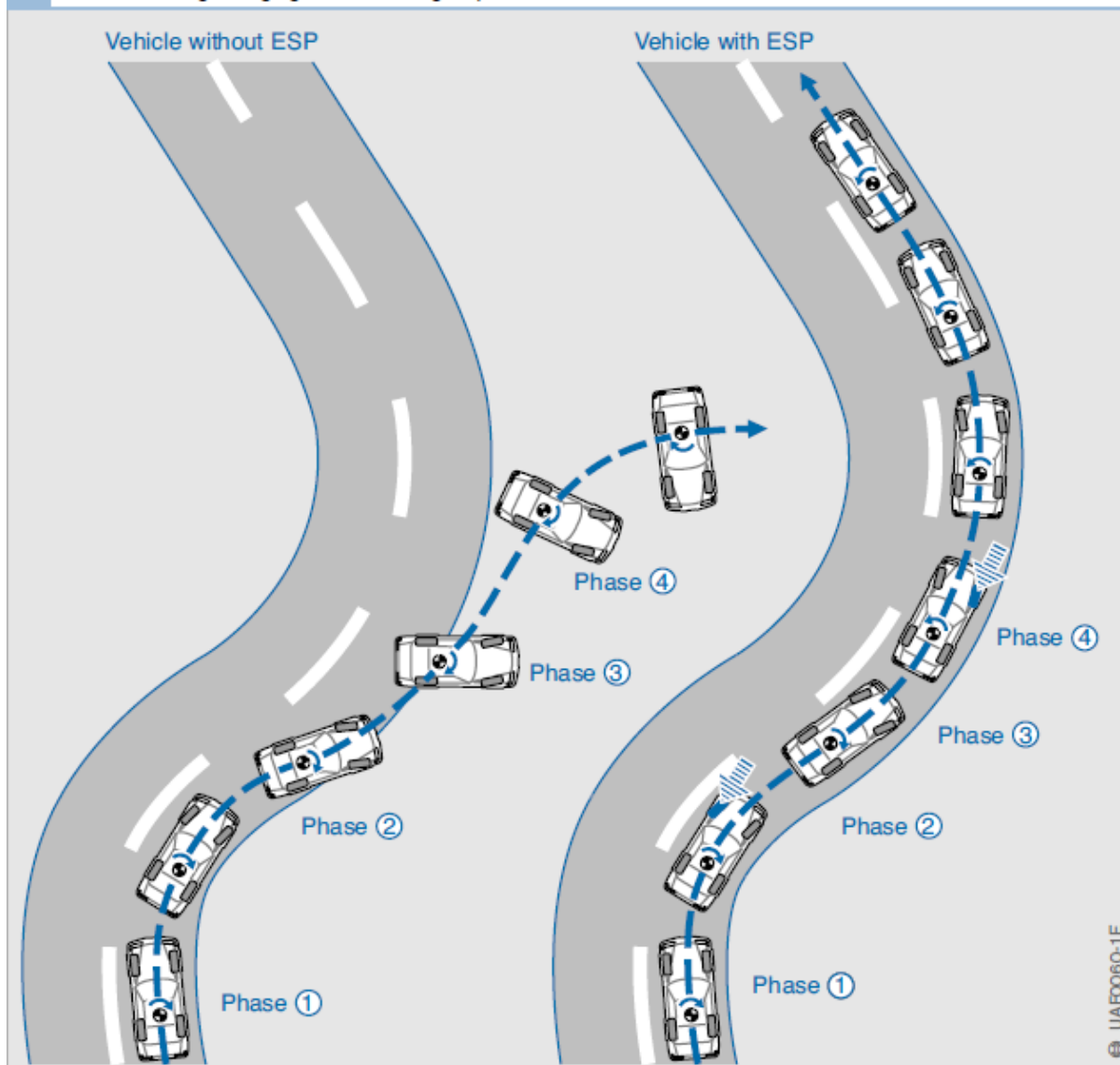


Fig. 4

- ||| Increased braking force
- ① Driver steers, lateral force buildup.
- ② Incipient instability
Right: ESP intervention at left front.
- ③ Countersteer
Left: Driver loses control of vehicle;
Right: Vehicle remains under control.
- ④ Left: Vehicle becomes uncontrollable,
Right: ESP intervention at right front, complete stabilization.

ESP – MANEVRISANJE – VOZILO BEZ ESP SISTEMA

- Kao što se vidi na slici , kod vozila bez ugrađenog (aktiviranog) ESP sistema, nagle promjene položaja upravljača (volana) dovešće do njegove nestabilnosti (slika 4. faza 2)
- Nagle promjene položaja upravljača stvaraju velike bočne sile na prednjim točkovima vozila, a nakon određenog kašnjenja te bočne sile počnu da djeluju i na zadnje točkove vozila. Kao posljedica dolazi to zakretanja vozila oko njegove vertikalne ose.
- U sljedećoj fazi (slika 4. faza 3) vozač pravi manevar i postavlja upravljač u suprotan položaj (kontriranje). Vozilo bez ESP sistema ne reaguje na pokušaj vozača da tim manevrom povрати stabilnost i upravljivost vozila
- Brzina zakretanja vozila i ugao klizanja se rapidno povećavaju i vozilo je proklizalo (slika 4. faza 4)

ESP – MANEVRISANJE – VOZILO SA ESP SISTEMOM

- Na vozilu sa ESP sistemom, ESP koči prednji lijevi točak kako bi se usprotivio prijetnji nestabilnosti (slika 4 sa desne strane, faza 2) koja je uzrokovana položajem upravljača.
- U okviru ESP-a sistema ovo se naziva aktivnim kočenjem i odvija se bez ikakvih intervencija sa strane vozača.
- Ovom radnjom smanjuje se tendenciju ka unutrašnjem zakretanju (u smjeru kazaljke na satu) oko vertikalne ose, jer je brzina proklizavanja smanjena i ugao bočnog klizanja ograničen
- Slijedi kontriranje upravljača od strane vozača, tako sa prvo moment zakretanja oko vertikalne ose, a zatim i brzina zakretanja mijenjaju smjer (faza 3).
- U fazi 4 druga kratka intervencija kočionog sistema na desnom prednjem točku - vraća potpunu stabilnost vozila. Vozilo ostaje na kolovozu u pravcu koji je definisan položajem upravljača

ESP – MANEVRISANJE

5

Over and understeering behavior when cornering

a

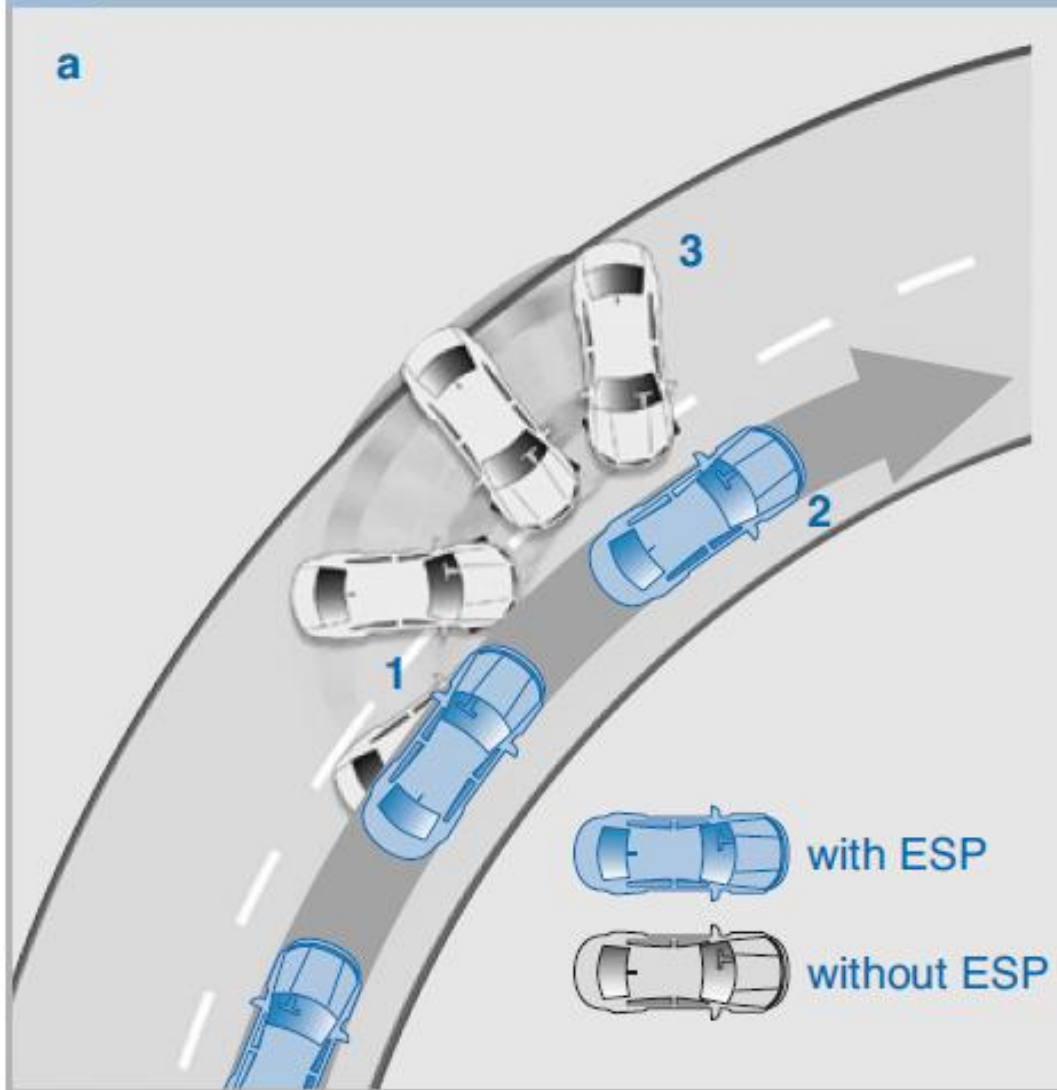
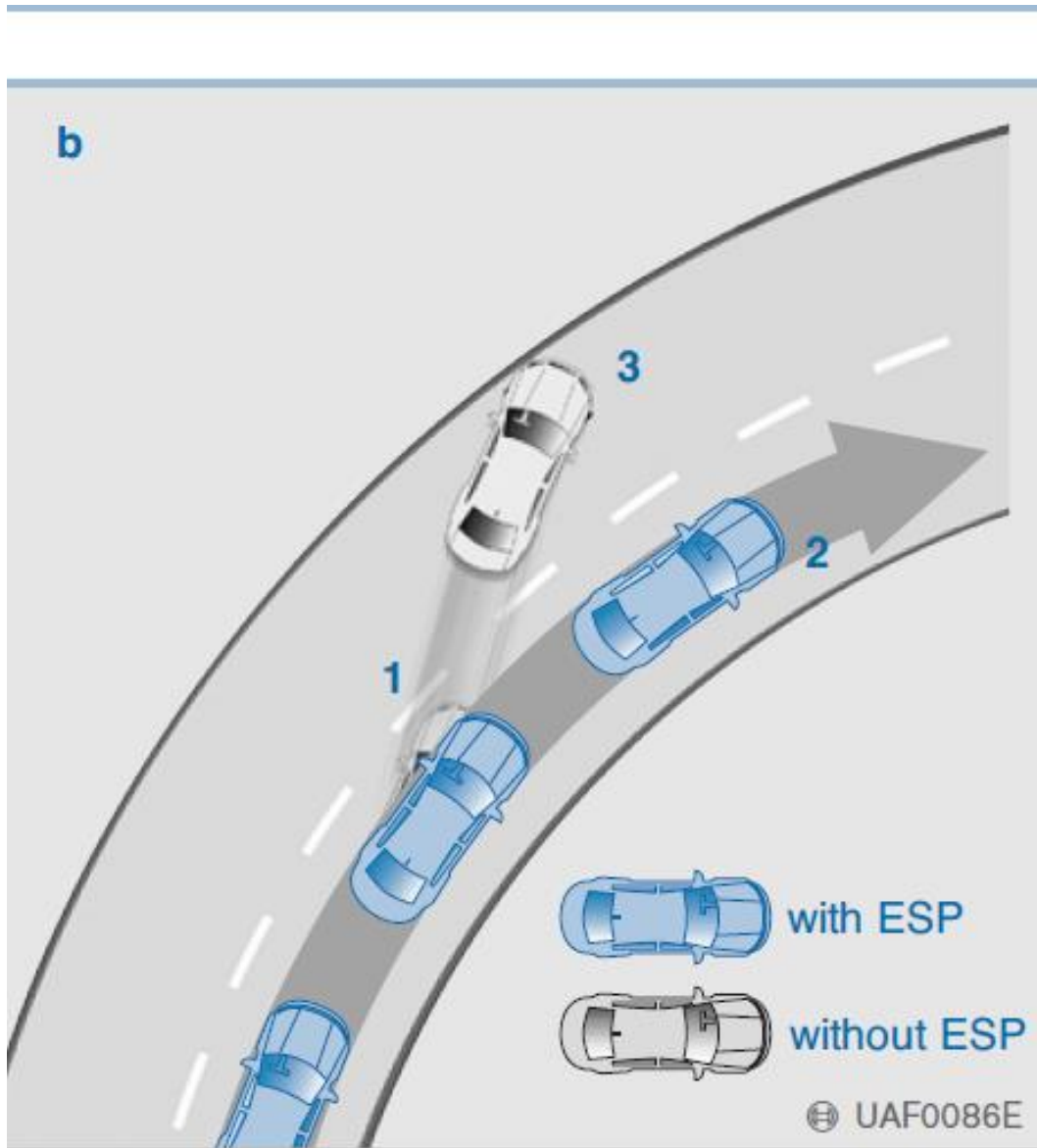


Fig. 5

a Oversteering behavior.

- 1 The rear end of the vehicle breaks away.
- 2 ESP applies the brake at the outer front wheel and this reduces the risk of skidding.
- 3 The vehicle without ESP breaks into a slide.

ESP – MANEVRISANJE



b Understeering behavior

- 1** The front of the vehicle breaks away.
- 2** ESP applies the brake at the inner rear wheel and this reduces the risk of understeering.
- 3** The vehicle without ESP is understeered and leaves the road.

ESP – PROMJENA TRAKE SA NUŽNIM KOČENJEM

- Ukoliko se iznenada na kolovoznoj traci pojavi sporokrećuće vozilo, manevar promjene kolovozne trake sa nužnim kočenjem može da spriječi sudar sa tim vozilom
- Na narednim slikama (Figs. 6 and 7) prikazani u rezultati manevra izbjegavanja sporokrećućeg vozila koji su preduzela dva različita vozila:
- Jedno vozilo samo sa ABS sistemom
- Drugo vozilo sa ESP sistemom
- U trenutku uočavanja sporokrećućeg vozila oba vozila se kreću brzinom od 50 km/h na klizavoj površini puta ($\mu_{HF} = 0,15$)

ESP – PROMJENA TRAKE SA NUŽNIM KOČENJEM

6 Lane change during emergency braking

Vehicle without
ESP, with ABS

Vehicle with ESP

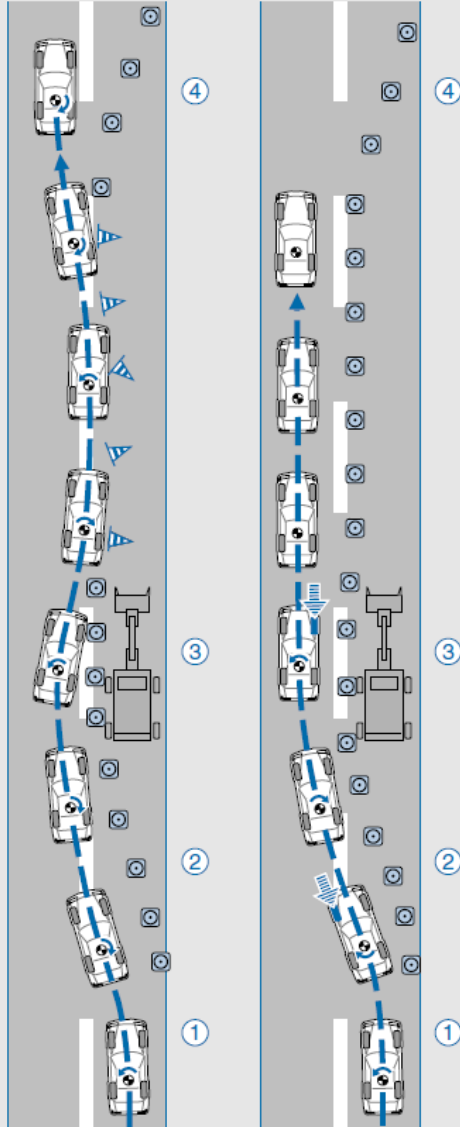


Fig. 6

$v_0 = 50 \text{ km/h}$

$\mu_{HF} = 0.15$

Increased brake slip

UAF006 2-1Y

7

Curves for dynamic response parameters for lane change during an emergency stop at $v_0 = 50 \text{ km/h}$ and $\mu_{HF} = 0.15$

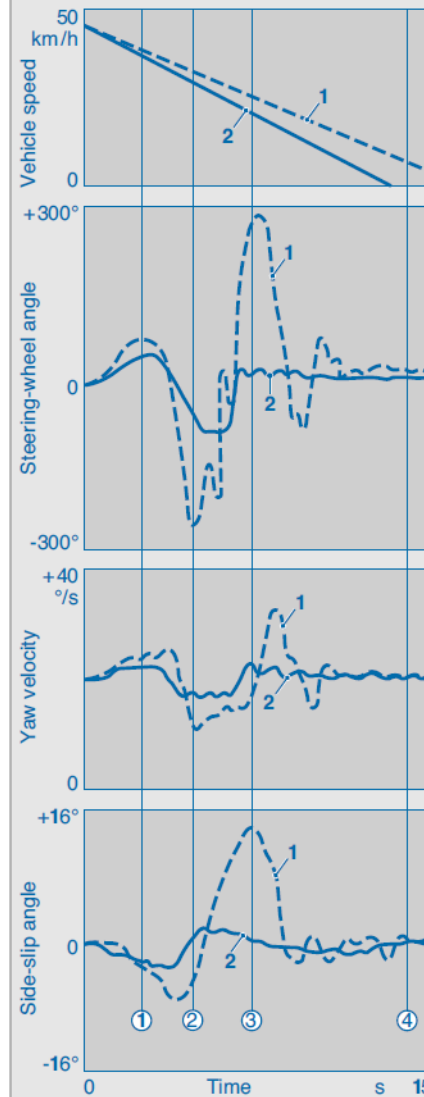


Fig. 7

$v_0 = 50 \text{ km/h}$

$\mu_{HF} = 0.15$

- 1 Vehicle without ESP
- 2 Vehicle with ESP

UAF006 3-1E

VOZILO BEZ ESP – PROMJENA TRAKE SA NUŽNIM KOČENJEM

- Odmah nakon početne upravljačke akcije vozača ugao bočnog klizanja i brzina proklizavanja povećali su se do tačke u kojoj naredna intervencija vozača u obliku kontriranja upravljačem vozila postaje imperativ (Sl. 6, lijevo)
- Ova radnja vozača stvara ugao bočnog proklizavanja u suprotnom smjeru (suprotnog znaka). Ovaj ugao bočnog klizanja brzo raste i vozač mora drugi put da kontrira upravljačem.
- Vozač u stanju da stabilizuje vozilo

VOZILO SA ESP – PROMJENA TRAKE SA NUŽNIM KOČENJEM

- Pošto ESP smanjuje brzinu zakretanja vozila oko vertikalne ose i ugao bočnog klizanja na dopustive granice, vozilo je stabilno u svakom trenutku.
- ESP ovim znatno smanjuje složenost procesa upravljanja i smanjuje zahtjeve koji postavljaju vozaču.
- Još jedna prednost je da ta, što se vozilo sa ugrađenim ESP sistemom zaustavlja na manjoj udaljenosti od vozila sa ugrađenim ABS sistemom

VOZILO SA ESP – PROMJENA TRAKE SA NUŽNIM KOČENJEM

8 Critical obstacle-avoidance maneuver with and without ESP

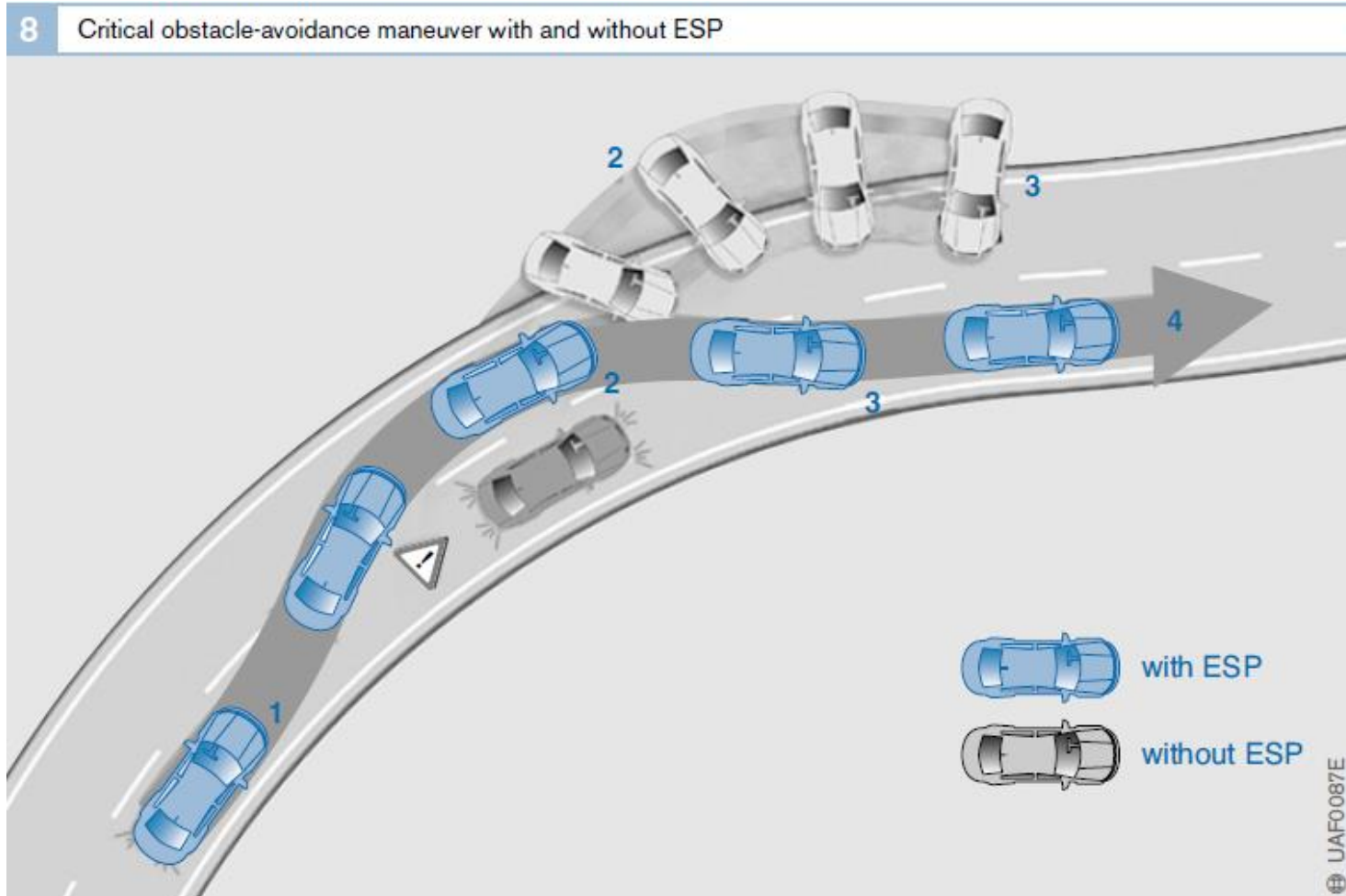


Fig. 8

Vehicle without ESP

- 1 Vehicle approaches an obstacle.
- 2 Vehicle breaks away and does not follow the driver's steering movements.
- 3 Vehicle slides uncontrolled off the road.
- 4

Vehicle with ESP

- 1 Vehicle approaches an obstacle.
- 2 Vehicle almost breaks away → ESP intervention, vehicle follows driver's steering movements.
- 3 Vehicle almost breaks away again when recentering the steering wheel → ESP intervention.
- 4 Vehicle is stabilized.

PODUPRAVLJIVOST / PREUPRAVLJIVOST U KRIVINI

9

Oversteering and understeering when cornering

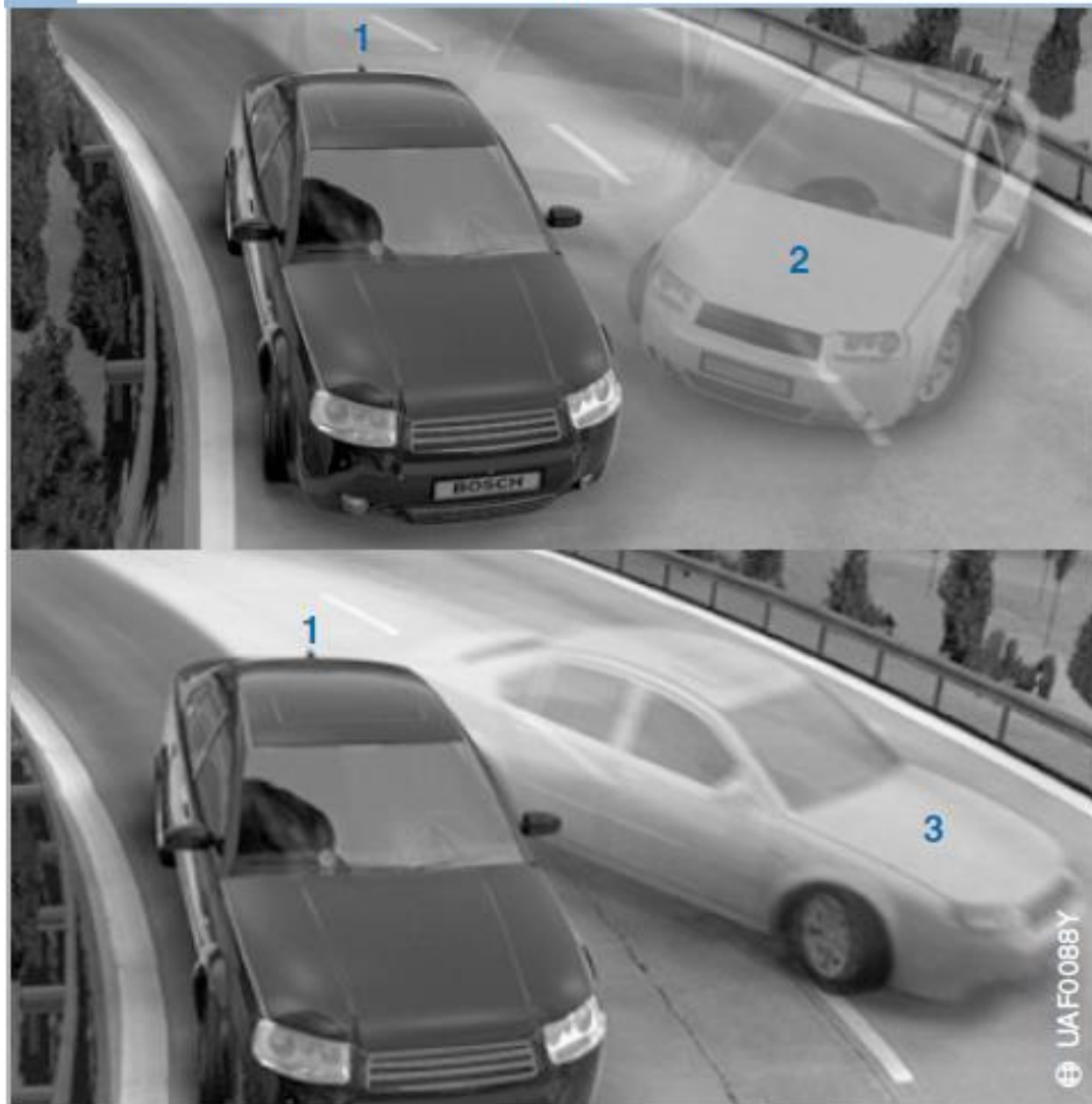


Fig. 9

- 1 Vehicle with ESP
- 2 Oversteered vehicle without ESP
- 3 Understeered vehicle without ESP

SEKVENCA UPRAVLJAČKIH DEJSTAVA SA KONTRIRANJEM I PROGRESIVNIM POVEĆANJEM ULAZNIH UGLOVA

- Vozilo koje prolazi niz S-krivina nalazi se u situaciji koja je slična onoj na slalom stazi.
- Način na koji ESP radi može se jasno vidjeti tokom ovakvog dinamičkog manevra, kada se upravljač mora okretati sa progresivno većim uglovima da bi se korektno reagovalo u svakoj S krivini
- Na slikama (Figs. 10 i 11) prikazani su upravljački odzivi dva vozila (jedno sa ugrađenim, a drugo bez ugrađenog ESP sistema) pod sljedećim uslovima:
 - Kolovoz prekriven snijegom ($\mu_{HF} = 0,45$),
 - Bez intervencije vozača na kočioni sistem
 - Konstantna brzina od 72 km/h.

SEKVENCA UPRAVLJAČKIH DEJSTAVA SA KONTRIRANJEM I PROGRESIVNIM POVEĆANJEM ULAZNIH UGLOVA

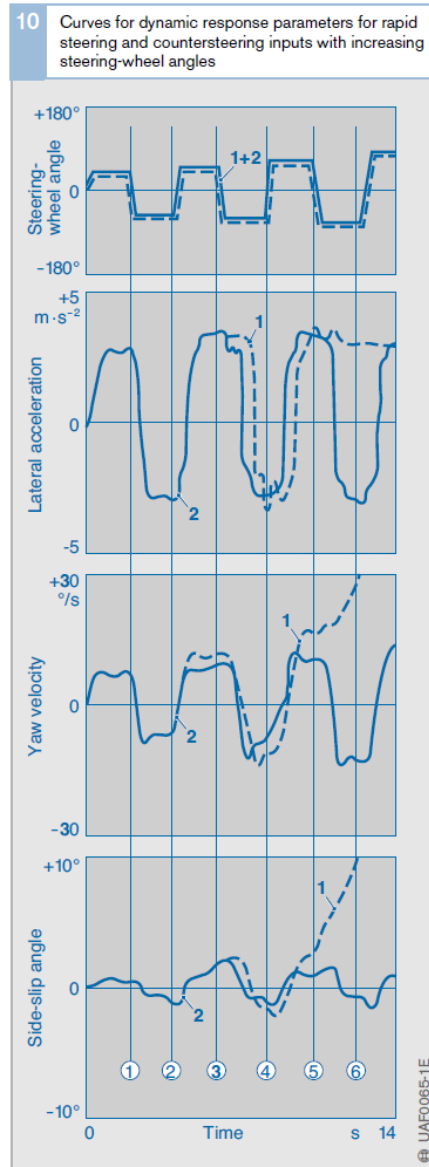


Fig. 10

- 1 Vehicle without ESP
- 2 Vehicle with ESP

SEKVENCA UPRAVLJAČKIH DEJSTAVA SA KONTRIRANJEM I PROGRESIVNIM POVEĆANJEM ULAZNIH UGLOVA

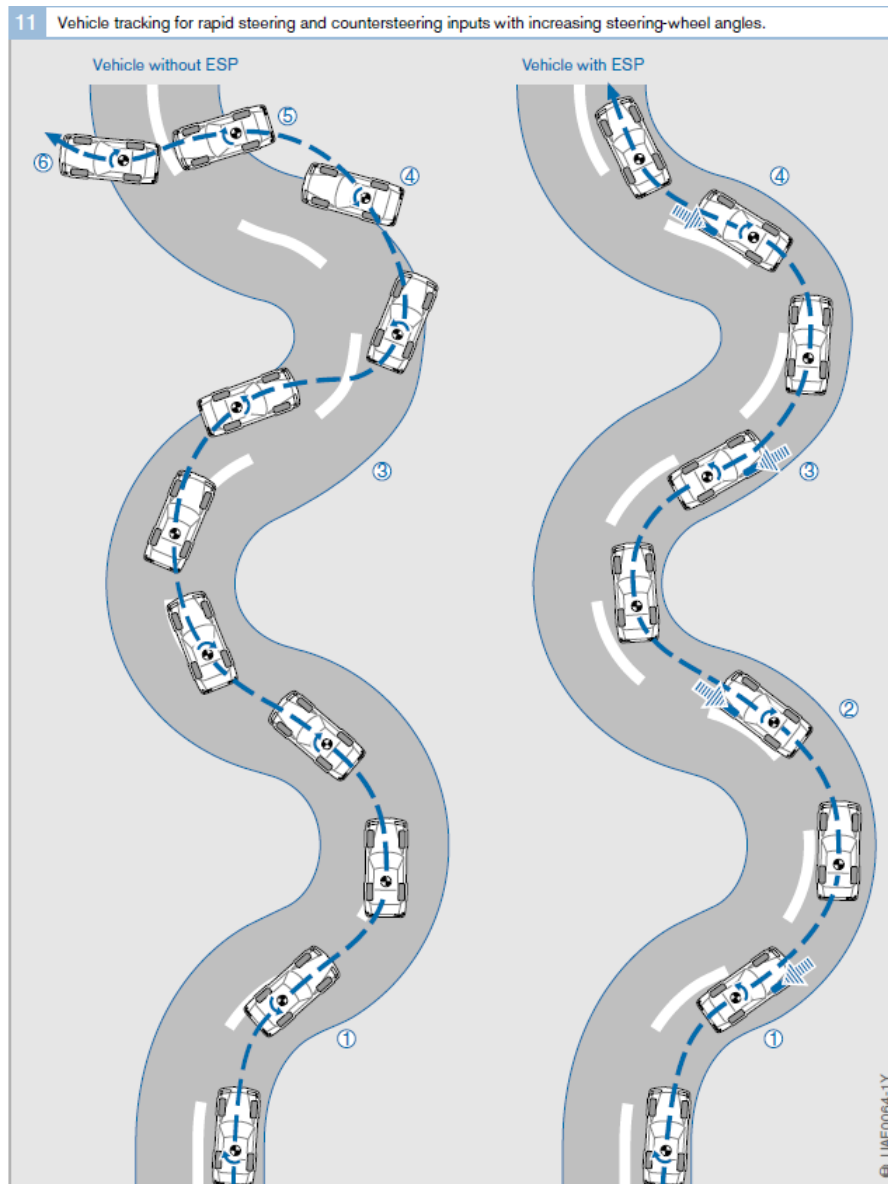


Fig. 11

Increased braking force

SEKVENCA UPRAVLJAČKIH DEJSTAVA SA KONTRIRANJEM I PROGRESIVNIM POVEĆANJEM ULAZNIH UGLOVA VOZILA BEZ ESP-a

- Obrtni moment motora će se morati stalno povećavati da bi se zadržala konstantna brzina kretanja vozila na kolovozu.
- To će za posledicu imati progresivno povećanje klizanja pogonskih točkova
- Sekvenca upravljačkih dejstava sa kontriranjem i progresivnim povećanjem ulaznih uglova upravljača preko 40° može brzo povećati proklizavanje pogonskih točkova do tog nivoa da vozilo bez ESP sistema ono postane nestabilno.
- U nekom trenutku ove naizmenične sekvence zakretanja upravljača vozila, ono iznenada prestaje da reaguje na komande upravljača i dolazi do klizanja
- Iako bočno ubrzanje ostaje gotovo konstantno ugao bočnog klizanja i brzina zakretanja vozila oko vertikalne ose radikalno se povećavaju

SEKVENCA UPRAVLJAČKIH DEJSTAVA SA KONTRIRANJEM I PROGRESIVNIM POVEĆANJEM ULAZNIH UGLOVA VOZILA SA ESP-om

- Kod vozila sa ugrađenim ESP sistemom, ESP sistem počinje da interveniše u ranoj fazi sekvence upravljačkih dejstava sa kontriranjem i progresivnim povećanjem ulaznih uglova upravljača, kako bi se spriječila nestabilnost vozila koja postoji od početka kretanja vozila.
- ESP vrši intervenciju na radnom režimu motora, kao i individualnu kontrolu kočenje sva četiri točka da bi se održala stabilnost i upravljivost vozila
- Ugao bočnog klizanja i brzina zakretanja vozila oko vertikalne ose se kontrolišu, tako da se zahtjevi sekvence upravljačkih dejstava sa kontriranjem mogu ispuniti koliko je to moguće imajući u vidu fizičke uslove u kojima se vozilo nalazi.

UBRZANJE/USPORENJE U KRIVINAMA

- Pretpostavimo da se vozilo kreće kroz krivinu čiji se radijus progresivno smanjuje (čest slučaj na izlaznim rampama sa autoputa)
- Ako vozilo održava konstantnu brzinu kroz takvu krivinu, vanjska ili centrifugalna sila koja nastoji izbaciti vozilo iz krivine se istovremeno povećava (Fig. 12)
- Ova centrifugalna sila se javlja i kada vozač prebrzo ubrzava dok vozilo izlazi iz krivine (Fig. 13).
- Prekomjerno kočenje u krivinama kod kojih se radijus progresivno smanjuje može biti je još jedan potencijalni izvor radijalne i tangencijalne sile koje mogu izazvati nestabilnost vozila tokom kretanja u ovakvim krivinama.

UBRZANJE/USPORENJE U KRIVINAMA

12 Vehicle tracking when cornering while braking with a constant steering-wheel angle

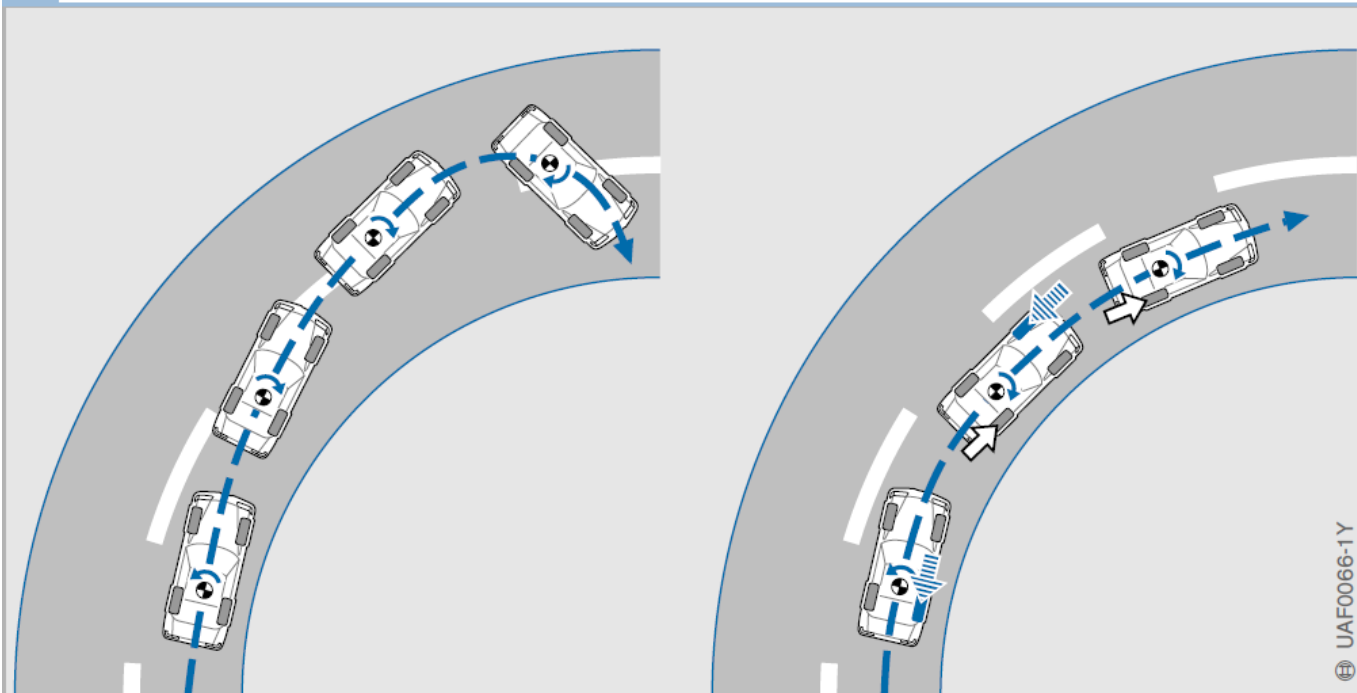


Fig. 12

- Increased braking force
- Decreased braking force

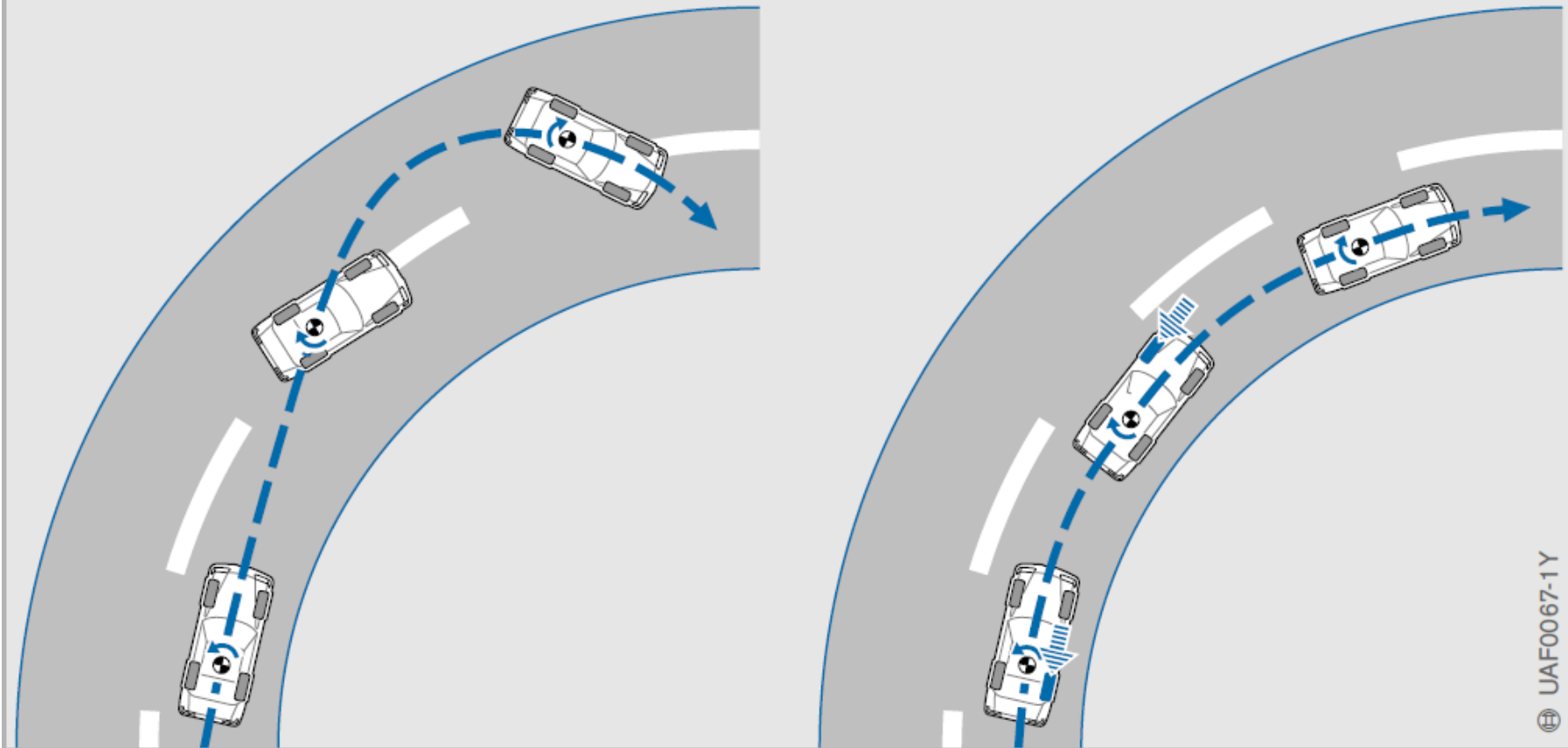
UBRZANJE/USPORENJE U KRIVINAMA

13

Vehicle tracking when cornering while accelerating

Vehicle without ESP

Vehicle with ESP



UAF0067-1Y

Fig. 13

Increased braking
force

UBRZANJE/USPORENJE U KRIVINAMA

- Odziv vozila tokom istovremenog ubrzavanja i skretanja u krivini utvrđuje se testiranjem na kliznoj plohi.
- U ovim testovima vozač postepeno ubrzava na površini sa visokim koeficijentom prijanjanja ($\mu_{HF} = 1,0$), a zatim pokušava da zadrži vozilo u stabilnom stanju na kliznoj plohi dok sukcesivno pravi zavoje sa užim radijusima

UBRZANJE/USPORENJE U KRIVINAMA – VOZILO BEZ ESP SISTEMA

- Tokom testiranja na kliznoj plohi brzinom od oko 95 km/h, javlja se tendencija podupravljivosti vozila.
- Vozilu je potrebna upravljačka komanda vozača da bi zadržao pravac kretanja, uz istovremeno rapidno povećanje ugla bočnog klizanja. Ovo je gornja granica do koje vozač i dalje može uspješno da zadrži vozilo na kliznoj plohi.
- Vozilo bez ESP sistema ulazi u svoj nestabilni položaj pri brzini od oko 98 km/h. Zadnji kraj vozila se zanosí i vozač mora izvesti kontriranje upravljačem da bi vozilo zadržao na kliznoj plohi.

UBRZANJE/USPORENJE U KRIVINAMA – VOZILO SA ESP SISTEMOM

- Vozilo sa i bez ESP sistema do brzine od oko 95 km/h imaju identične reakcije na kolovozu
- Pošto se ova brzina poklapa sa graničnom brzinom pri kojoj je vozilo još uvijek stabilno, ESP sistem će spriječiti namjere vozača za daljim ubrzanjem vozila
- Koristeći intervencije u snazi motora, ESP sistem na taj način ograničava izlazni moment motora. Intervencije u snazi motora i kočionom sistemu sprječavaju tendenciju pojave podupravljanja
- Ovo rezultira manjim odstupanjima od prvobitno zacrtane linije kretanja koje vozač potom može ispraviti odgovarajućim upravljačkim radnjama.
- Pri ovoj brzini vozač je preuzeo aktivnu ulogu unutar zatvorene upravljačke petlje. Naknadne fluktuacije u upravljaču i bočni ugao klizanja sada će biti u funkciji reakcija vozača

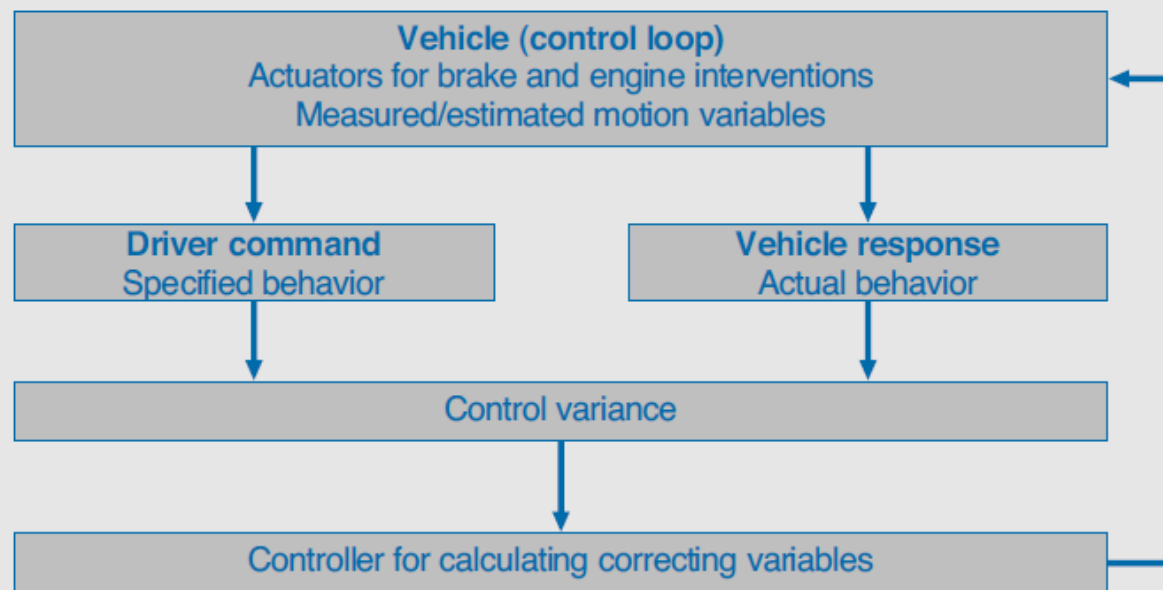
ESP – UPRAVLJAČKE PROMJENLJIVE

- Zadatak ESP Sistema kao zatvorene upravljačke petlje je da u graničnim situacijama koje su određene dinamikom kretanja vozila ima cilj da ograniči:
- uzdužna brzinu vozila,
- bočnu brzinu vozila i
- brzinu zakretanja oko vertikalne ose vozila
- Kao što je prikazano na Fig. 1, prvi korak je utvrditi kako bi vozilo trebalo da reaguje na komandu vozača u idealnom slučaju (zadani odziv vozila), kao i na to kako je vozilo stvarno reagovalo (stvarni odziv vozila)
- Razlika između idealnog i stvarnog odziva vozila smanjuje se pomoću aktuatora koji indirektno utiču na sile koje djeluju na pogonske točkove vozila

ESP – UPRAVLJAČKE PROMJENLJIVE

1

Block diagram of electronic stability program (ESP)



ESP – UPRAVLJAČKA STRUKTURA

- ESP system ima mnogo veće mogućnosti od ABS sistema ili kombinacije ABS i TCS sistema.
- Napredne verzije komponenti u ABS i ABS/TCS sistemima omogućavaju aktivno kočenje na svim pogonskim točkovima sa visokim nivoom dinamičke osjetljivosti.
- Odziv vozila kao povretna sprega je sastavni dio upravljačke strukture ESP Sistema
- ESP sistem kontroliše sile kočenja, pogonske i bočne sile tako da se stvarni odziv vozila u datim uslovima vožnje podudara sa idealnim odzivom vozila.
- Sistem upravljanja motorom sa CAN interfejsom dopušta promjenu izlaznog obrtnog momenta motora kako bi se on prilagodio stopi proklizavanja pogonskih točkova.

ESP – UPRAVLJAČKA STRUKTURA

- Na Fig.2 prikazan je blok dijagram ESP Sistema sa:
- senzori koji ESP upravljačkoj jedinici daju ulazne parametre
- ESP upravljačka jedinica sa hijerarhijski strukturom kontrolera
- aktuatori koji se koriste za kontrolu kočenja, pogonskih i bočnih sila.

ESP – UPRAVLJAČKA STRUKTURA

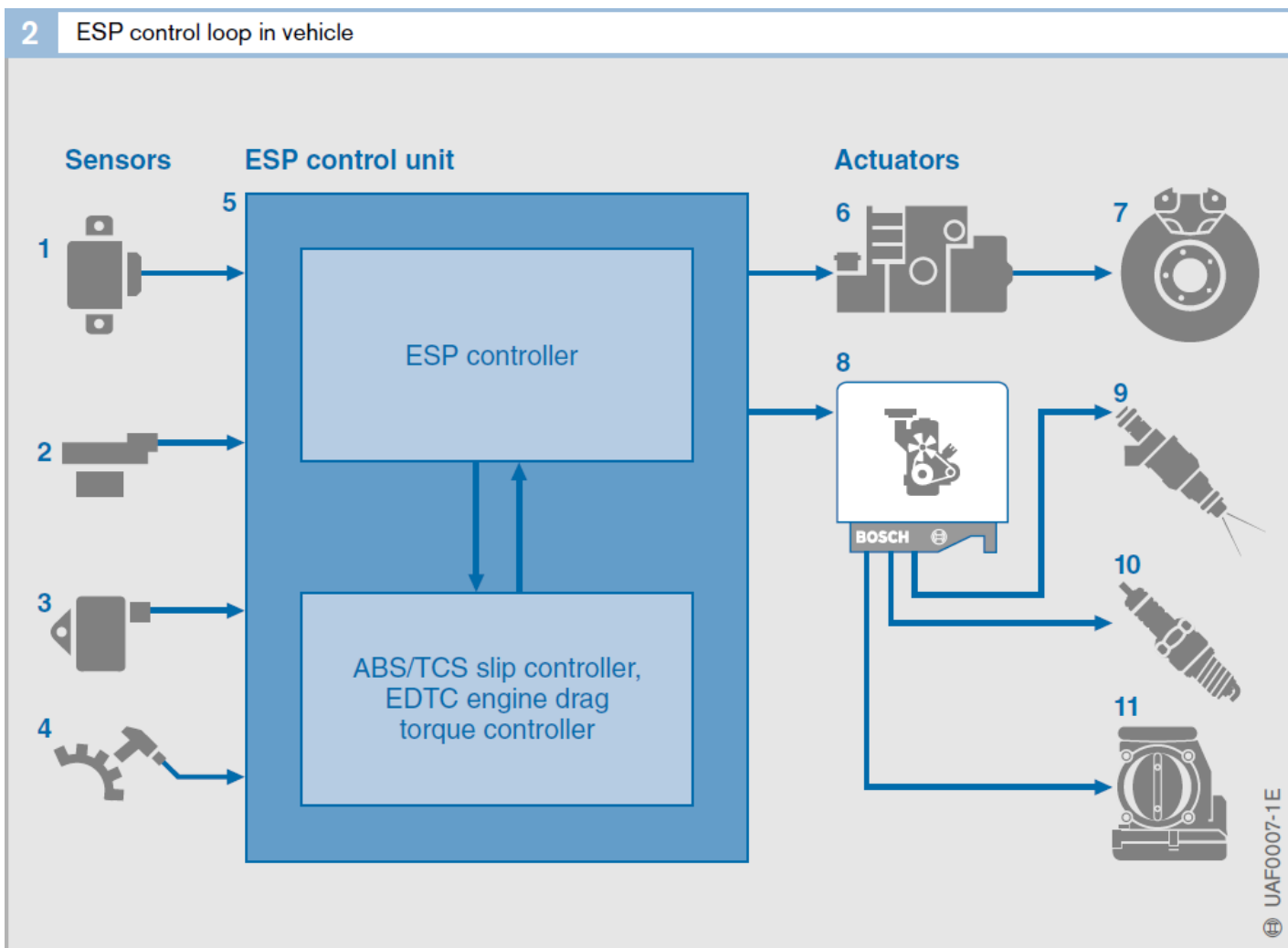


Fig. 2

- 1 Yaw-rate sensor with lateral-acceleration sensor
 - 2 Steering-wheel-angle sensor
 - 3 Primary-pressure sensor
 - 4 Wheel-speed sensors
 - 5 ESP control unit
 - 6 Hydraulic modulator
 - 7 Wheel brakes
 - 8 Engine management ECU
 - 9 Fuel injection
- only for gasoline-engines:
- 10 Ignition-timing intervention
 - 11 Throttle-valve intervention (ETC)

HIJERARHIJA KONTROLERA – NIVO 1- ESP KONTROLER

Zadatak

- ESP kontroler je odgovoran za:
 - Određivanje trenutnog statusa vozila na osnovu informacija o brzini zakretanja oko vertikalne ose vozila i ugla bočnog klizanja, dobijenih od odgovarajućih senzora
 - Postizanje maksimalnog podudaranja između odziva vozila u ograničenom opsegu i njegovih karakteristika u normalnom radnom opsegu (idealni odziv).
- Sljedeće komponente ESP sistema registruju komande vozača na osnovu kojih ESP kontroler pronalazi idealni odziv vozila:
 - sistem za upravljanje motorom (npr. pritisak na papučicu gasa),
 - senzor primarnog pritiska (npr. aktiviranje kočnice),
 - senzor na upravljaču (ugao upravljača).

HIJERARHIJA KONTROLERA – NIVO 1- ESP KONTROLER

- Koeficijent trenja i brzina vozila takođe su uključeni u proračune obrade kao dopunski parametri.
- Estimacija ovih parametara vrši se na osnovu informacija dobijenih sa sljedećih senzora:
 - za brzinu obrtanja točka,
 - za bočno ubrzanje,
 - za kočioni pritisak i
 - za brzinu zakretanja oko vertikalne ose vozila
- Željeni odziv vozila određen je momentom zakretanja vozila oko vertikalne ose
- Da bi stvorio željeni moment zakretanja vozila oko vertikalne ose, regulator mijenja brzinu proklizavanja pneumatika, kako bi posredno uticao na uzdužne i bočne sile.

HIJERARHIJA KONTROLERA – NIVO 1- ESP KONTROLER

- ESP kontroler stvara željeni moment zakretanja vozila oko vertikalne ose prosljeđivanjem odgovarajućih komandi hijerarhijski nižim kontrolerima koji upravljaju klizanjem izabranih točkova (točka)
- Podređeni ABS i TCS kontroleri pomoću aktuatora upravljaju hidrauličnim kočionim sistemom i sistemom za upravljanje motorom na osnovu informacija dobijenih od ESP nadređenog kontrolera

HIJERARHIJA KONTROLERA – NIVO 1- ESP KONTROLER

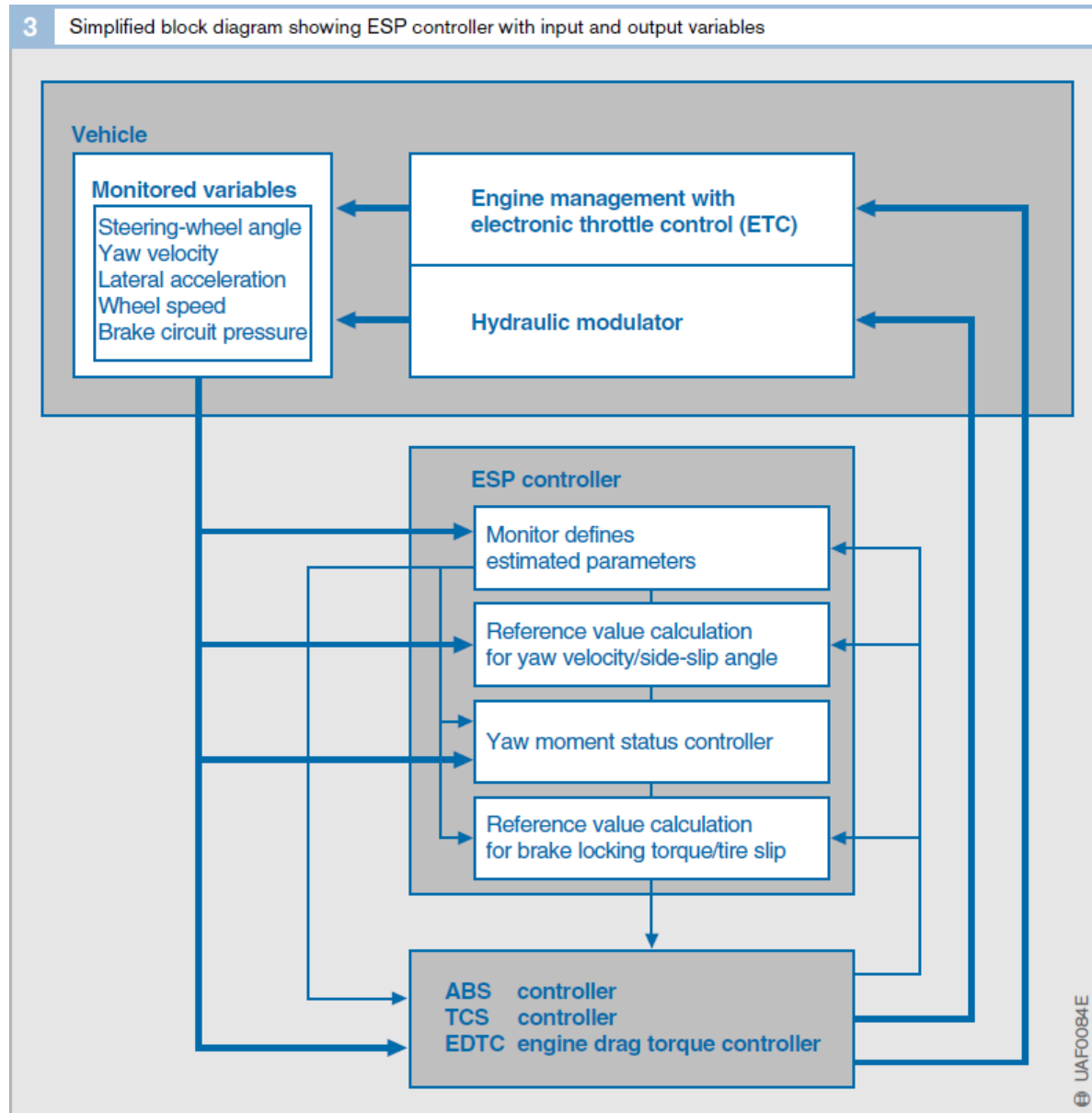
Blok dijagram

- Na Fig. 3 prikazan je je pojednostavljeni blok dijagram ESP kontrolera
- Na osnovu informacija o:
 - brzini zakretanja oko vertikalne ose vozila (izmjereni parametar)
 - uglu upravljača (izmjereni parametar),
 - bočnom ubrzanju (izmjereni parametar),

ESP kontroler određuje sljedeće parametre:

- bočne sile koje deluju na točak,
- ugao klizanja,
- ugao bočnog klizanja i
- bočna brzina vozila.

HIJERARHIJA KONTROLERA – NIVO 1- ESP KONTROLER



HIJERARHIJA KONTROLERA – NIVO 1- ESP KONTROLER

- Vrijednosti ugla bočnog klizanja i brzina zakretanja vozila oko vertikalne ose određuju se direktno ili indirektno na osnovu sljedećih parametara:
 - ugla položaja upravljača
 - procjenjene brzine vozila
 - koeficijenta trenja koji se određuje na osnovu uzdužnog ubrzanja (procenjeni parametar) i bočnog ubrzanje (mjereni parametar)
 - položaja pedale gasa (obrotni moment motora) ili pritisak u kočionom krugu (sila pritiska na pedal kočnice)
- U obzir se uzimaju i posebne karakteristike povezane sa dinamikom vozila, kao i neobične situacije, kao što je okrunjeni put ili na podlozi sa asimetričnim prijanjanjem (“ μ -slip”)

HIJERARHIJA KONTROLERA – NIVO 1- ESP KONTROLER

Princip rada

- ESP sistem reguliše dva bitna parametra: brzinu zakretanja oko vertikalne ose i ugao bočnog klizanja, tako što izračunava potrebni moment zakretanja oko vertikalne osovine koji će osigurati da navedeni parametri konvergiraju zadanim vrijednostima.
- Što je ugao bočnog klizanja veći, to je i veća intervencija ESP kontrolera
- Upravljački algoritam zasnovan je na podacima o maksimalnom bočnom ubrzanju i ostalim podacima koji odražavaju dinamičke odzive vozila.
- Oni se određuju za svako vozilo u stabilnom stanju na kliznoj plohi.

HIJERARHIJA KONTROLERA – NIVO 1- ESP KONTROLER

- U stabilnom stanju kretanja vozila, kao i u fazama kočenja i ubrzanja, dio ovih podataka koji ukazuju na to kako se ugao upravljanja i brzina vozila odnose na brzinu zakretanja vozila oko vertikalne ose kretanja služe kao osnova za definisanje zadane putanje kretanja vozila
- Podaci o nominalnoj brzini zakretanja vozila oko vertikalne ose čuvaju se u memoriji ESP kontrolera
- Nominalna brzina zakretanja vozila oko vertikalne ose mora biti ograničena u zavisnosti od vrijednosti koeficijenta trenja između pneumatika i podloge, da bi se vozilo zadržalo na unaprijed definisanoj fizički ostvarivoj putanji kretanja vozila.

HIJERARHIJA KONTROLERA – NIVO 1- ESP KONTROLER

- Tako npr., ukoliko vozilo tokom kretanja u desnoj krivini ima tendenciju preupravljanja, jer se prekoračila kritična brzina obrtanja oko vertikalne ose, ESP reaguje tako što koči prednji lijevi točak kako bi se stvorilo odgovarajuće klizanje tog točka koje će proizvesti moment obrtanja oko vertikalne ose vozila suprotan smjeru kazaljke na satu i na taj način spriječiti okretanje vozila oko vertikalne ose
- S druge strane ukoliko vozilo tokom kretanja u desnoj krivini ima tendenciju podupravljanja i brzina obrtanja oko vertikalne ose je manja od kritične (vozilo pokazuje tendenciju da se presporo okreće oko vertikalne ose), ESP reaguje tako što koči prednji desni točak kako bi se stvorilo odgovarajuće klizanje tog točka koje će proizvesti moment obrtanja oko vertikalne ose vozila u smjeru kazaljke na satu i na taj način spriječiti okretanje vozila oko vertikalne ose

FUNKCIJA ESP KONTROLER U TOKU RADA ABS I TCS SISTEMA

- U toku rada ABS sistema, ESP kontroler podređenom ABS kontroleru prosljeđuje sljedeće podatke:
 - bočnu brzinu vozila,
 - brzinu zakretanja oko vertikalne ose vozila
 - ugao pložaja upravljača i
 - brzine točkova kao osnova za dobijanja željenog klizanja točkova

FUNKCIJA ESP KONTROLER U TOKU RADA ABS I TCS SISTEMA

- U toku rada TCS sistema, ESP kontroler podređenom TCS kontroleru prosljeđuje sljedeće podatke:
 - promjena zadane vrednosti klizanja pogona,
 - promjena opsega tolerancije klizanja i
 - promena vrijednosti klizanja koja utiče na obrtni moment

HIJERARHIJA KONTROLERA – NIVO 2- ABS KONTROLER

Zadatak

- Hijerarhijski podređeni ABS kontroler aktivira se svaki put kada se prekorači željena brzina proklizavanja točkova
- Za vreme rada ABS sistema i „aktivnog“ kočenja, brzina promjene klizanja točkova kontroliše se u zatvorenoj povratnoj petlji i kao kontrolisana veličina trebala bi biti što preciznije kontrolisana jer se koristi za različite funkcije dinamičke intervencije pri kretanju vozila.
- ABS sistemu su potrebni precizni podaci o klizanju kao preduslov za izbor željene brzine promjene klizanja
- ABS sistem ne mjeri direktno uzdužnu brzinu vozila, već se ovaj parametar se izvodi iz brzine obrtanja točkova

HIJERARHIJA KONTROLERA – NIVO 2- EDTC KONTROLER

Zadatak

- Nakon prebacivanja u niži stepen prenosa ili naglog odpuštanja papučice gasa, inercija u pokretnim dijelovima motora uvijek izaziva određeni stepen kočenja pogonskih točkova.
- Ako se ova kočiona sila i odgovarajući reaktivni pokretni moment povećaju preko određenog nivoa, pneumatici će izgubiti sposobnost prenošenja rezultujućeg pogonskog momenta na podlogu (kolovoz).
- EDTC (Engine drag-torque controller) kontroler koji upravlja obrtnim momentom motora je taj koji pravi intervencije i eliminiše negativan uticaj djelovanja inercije pokretnih dijelova motora

HIJERARHIJA KONTROLERA – NIVO 2- EDTC KONTROLER

Dizajn i način rada

- Faktori kao što su promjena tipa površine kolovoza mogu dovesti do stanja vozila u kojima je moment kočenja motora prevelik, što može rezultovati blokadom točkova.
- Jedna od mogućih kontramjera je razumna primjena gasa. ECU jedinica daje upravljačke signale za pokretanje odgovarajućih aktuatora u sistemu upravljanja motorom (sa funkcijom ETC) za povećanje pogonskog obrtnog momenta.
- Intervencija na nivou upravljanja motorom se koristi za upravljanje pogonskim točkovima u zadanim granicama

HIJERARHIJA KONTROLERA – NIVO 2- TCS KONTROLER

Zadatak

- Hijerarhijski podređeni TCS kontroler se aktivira u slučaju prevelikog proklizavanja za vreme polaska vozila iz stanja mirovanja ili za vreme ubrzavanja vozila.
- TCS kontroler spriječava potpuno proklizavanja pogonskih točkova, tako što ograničava obrtni moment motora na nivo koji odgovara obrtnom momentu koji pneumatici mogu prenijeti na površinu kolovoza.
- Promjena obrtnog momenta pogonskih točkova vrši se primjenom kočione sile ili uključivanjem sistema upravljanja motorom.
- Kod vozila sa dizel motorom, elektronski sistem za upravljanje dizelom motorom (EDC) smanjuje obrtni moment motora mijenjajući količinu ubrizganog goriva.

HIJERARHIJA KONTROLERA – NIVO 2- TCS KONTROLER

Zadatak

- Kod benzinskih motora obrtni moment motora može se smanjiti promjenom položaja ventila leptira za gas (ETC), modifikacijom vremena paljenja smješe ili ispuštanjem pojedinačnih impulsa za ubrizgavanja goriva.
- Za razliku od ABS kontrolera, TCS kontroler prima od ESP kontrolera vrijednosti za promjenu klizanja i dopustivu razliku klizanja između pogonskih osovina.
- Ove vrijednosti dobijeni od ESP kontrolera dodaju se na zadane vrijednosti klizanja TCS kontrolera

HIJERARHIJA KONTROLERA – NIVO 2- TCS KONTROLER

Dizajn i način rada

- Podaci o brzini pogonske osovine i diferencijalnim brzinama obrtanja točkova izračunavaju se na osnovu vrijednosti proklizavanja i kotrljajuće brzine točka.
- TCS kontroler izračunava željeni kočni obrtni moment za oba pogonska točka i zadanu vrijednost za sistem za upravljanje motorom koji će smanjiti obrtni moment motora.
- Pošto na brzinu pogonskog vratila utiču inercijalne sile koje potiču iz pogonskog sklopa kao cjeline (motor, mjenjač, pogonski točkovi i sam pogonski dio), za opis dinamičkog odziva vozila koristi se relativno velika vremenska konstanta.
- Suprotno tome, vremenska konstanta koja karakteriše dinamički proces koji opisuje razliku brzina između pogonskih točkova, što odražava činjenicu da su sopstvene inercijalne sile točkova praktično jedini odlučujući faktor za njihov dinamički odziv.

HIJERARHIJA KONTROLERA – NIVO 2- TCS KONTROLER

Dizajn i način rada

- Drugi relevantan faktor je da motor ne utiče na razliku brzine pogonskih točka, za razliku od brzine vratila.
- Zadani moment pogonske osovine i razlika brzina između pogonskih točkova predstavljaju osnovu za definisanje upravljačkih vrijednosti aktuatora kod TCS sistema
- TCS kontroler razliku u momentu kočenja između lijevog i desnog pogonskog točka dobija na osnovu upravljačkih signale na ventilima hidrauličkog modulatora.
- Vrijednost momenta pogonske osovine reguliše se pomoću simetričnog kočenja kao i intervenciji radnog režima motora.
- Kod vozila sa benzinskim motorom, regulacija putem promjene položaja ventila leptira za gas je relativno spora.

HIJERARHIJA KONTROLERA – NIVO 2- TCS KONTROLER

Dizajn i način rada

- S druge strane, modifikacija vremena paljenja smješe i ispuštanje pojedinačnih impulsa za ubrizgavanja goriva predstavljaju brze intervencije u radu motora, dok bi se za kratkotrajno prelazni proces smanjenja obrtnog momenta motora može primeniti simetrično kočenje.