

Висока школа електротехнике и рачунарства  
струковних студија

# СИСТЕМ ЗА УПРАВЉАЊЕ СТАБИЛНОШЋУ ВОЗИЛА

---



# Увод

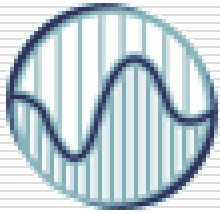
---

Статистика показује да је људски фактор у великом броју узрок саобраћајних удеса.

Услед спољних утицаја, као што су изненадна појава препреке на путу или не одговарајуће брзине кретања, возило може да се доведе до критичних граница кретања и постане **НЕУПРАВЉИВО!**

Бочне силе које у одређеним условима делују на возило могу да доведу до вредности бочних убрзања које возач не може да контролише.

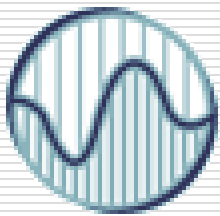
**Решење?**  Систем за контролу стабилности возила



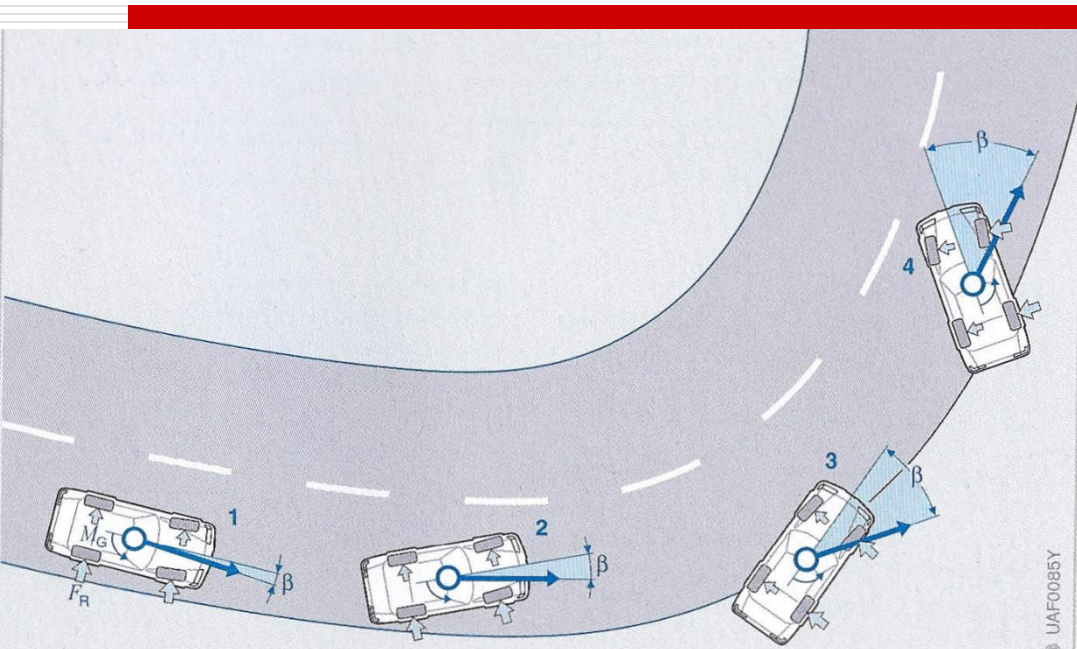
# Захтеви

---

- ❑ Побољшање стабилности возила. Систем обезбеђује задржавање возила на правцу кретања у свим условима експлоатације, укључујући изненадна кочења, стандардна кочења, у условима убрзавања, изнененадног повећања броја обртаја мотора и промене оптерећења
- ❑ Повећање стабилности у условима граничног пријањања, током оштрих маневара точком управљача (паничне реакције возача) како би се смањила опасност од излетања возила са пута.
- ❑ Побољшање деловања ABS и TCS система у циљу смањења пута кочења, искоришћења расположивог пријањања као и вишег нивоа одговора система за управљање.

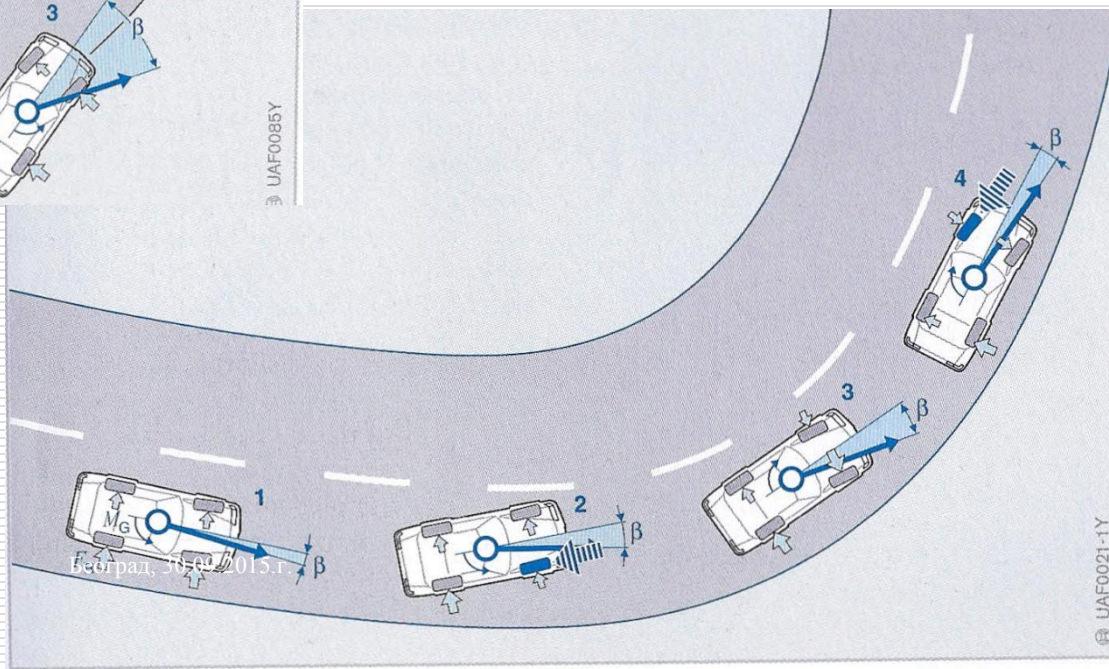


# Бочна динамика путничког возила са и без ESP-а



**ESP** има две опције за управљање возилом:

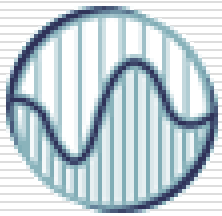
- ☐ кочење одређеног точка (селективно кочење)
- ☐ убрзавање погонског точка



Београд, 30.09.2015.г.

UAF0085Y

UAF0021-1Y



# Метод рада

---

**ESP** се ослања на кочни систем возила (али и на систем за пренос снаге) као алатом за управљање возилом.

Када систем за контролу стабилности процени критичну ситуацију он преузима управљање системом за кочење.

Примарне функције система за кочење – успоравање и заустављање, постају секундане за време деловања **ESP-a!**

Специфична интервенција на систему за кочење подразумева кочење појединачних точкова, нпр:

- ☐ Кочење унутрашњег задњег точка ради спречавања подуправљања
- ☐ Кочење спољашњег предњег точка ради спречавања надуправљања.





# Утицај рапидне промене угла точка управљача на понашање ВОЗИЛА

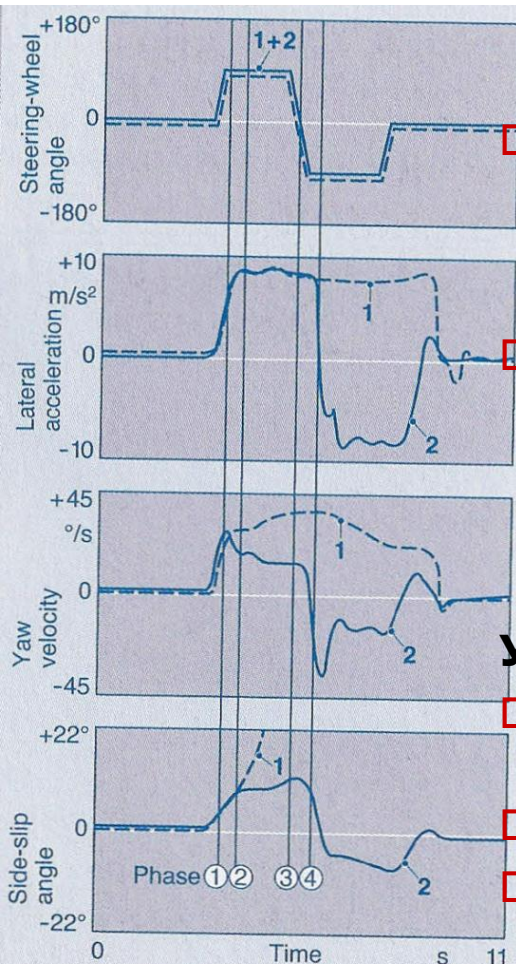
Краткотраја интервенција ради обољшања стабилности

## Ситуација

- ☐ Пребрзо кретање кроз серију S-кривина
- ☐ Постоји саобраћај из супротног смера, а појавила се препрека на путу
- ☐ Претицње на путу које је изненада морало бити прекинуто

## Услови:

- ☐ Коефицијент пријањања 1
- ☐ Без кочења
- ☐ Почетна брзина 144 km/h



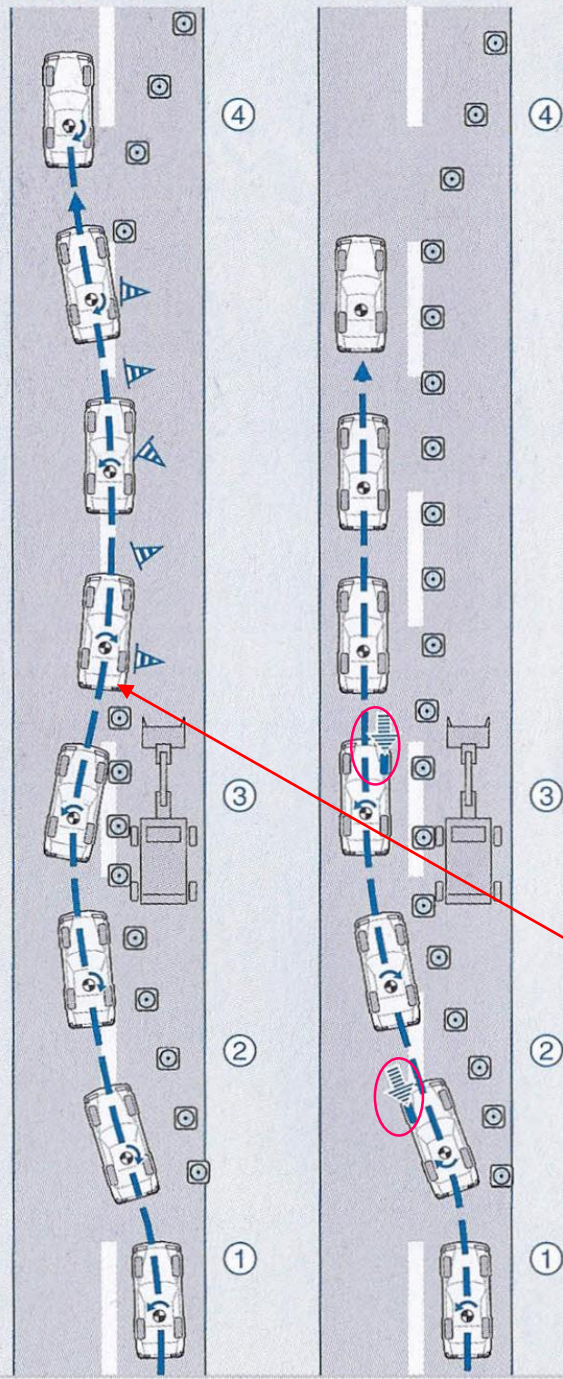




# Надуправљање и подуправљање приликом проласка кроз кривину



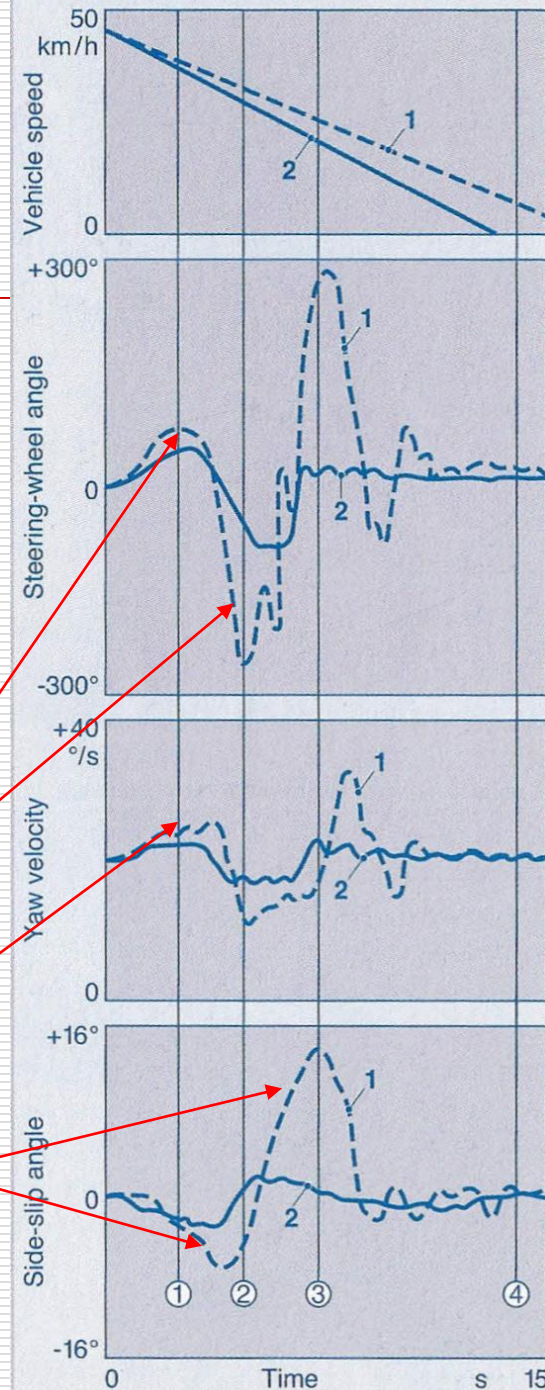




# Промена траке са изненадним кочењем

## Услови:

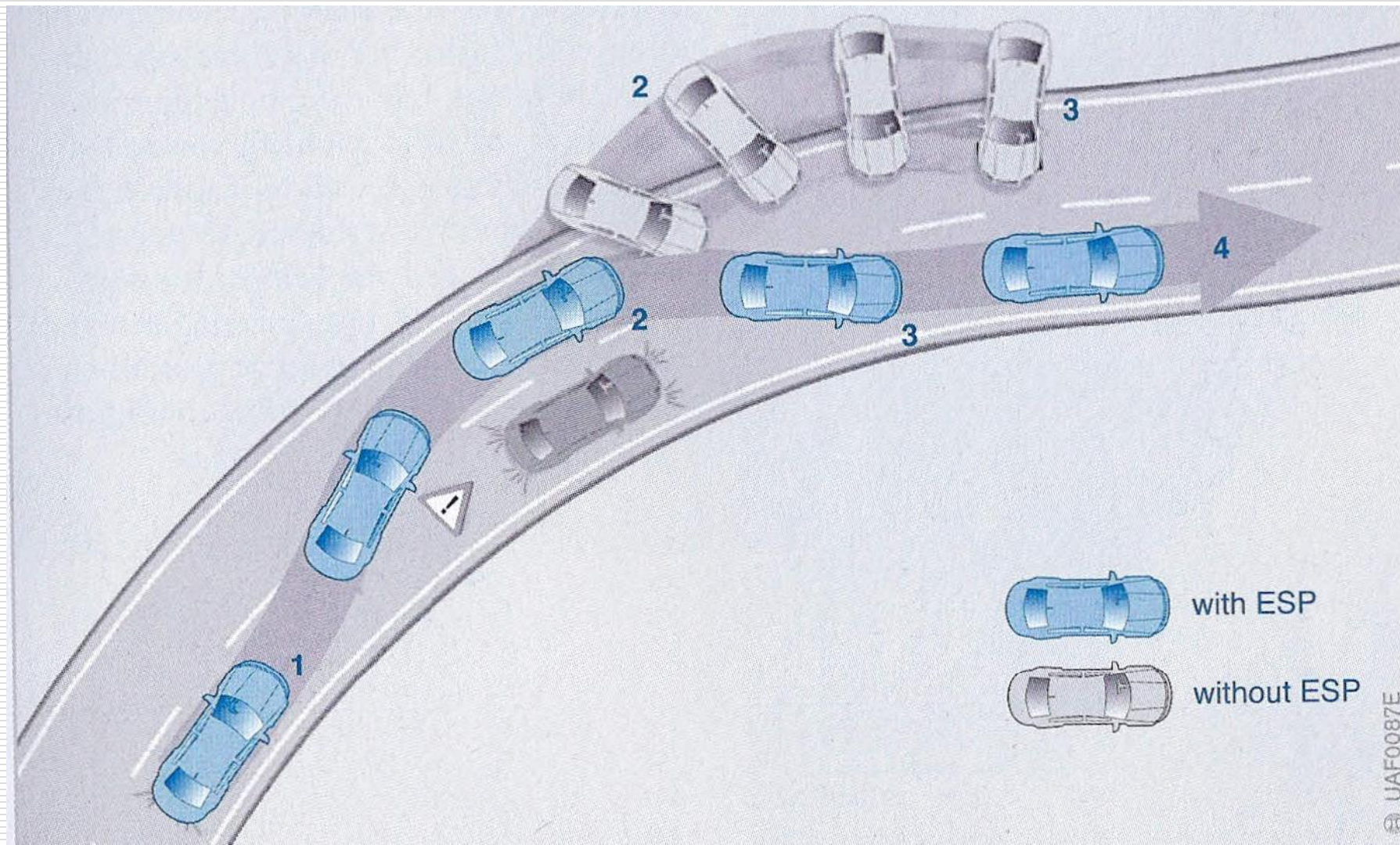
- ☐ Прво возило опремљено је само ABS-ом (1)
- ☐ Друго возило поседује и ESP (2)
- ☐ Брзина кретања оба возила је 50 km/h
- ☐ Коефицијент пријањања је 0,15
- ☐ Промена угла точка управљача, генерише
- ☐ Точак управљача у другу страну, генерише



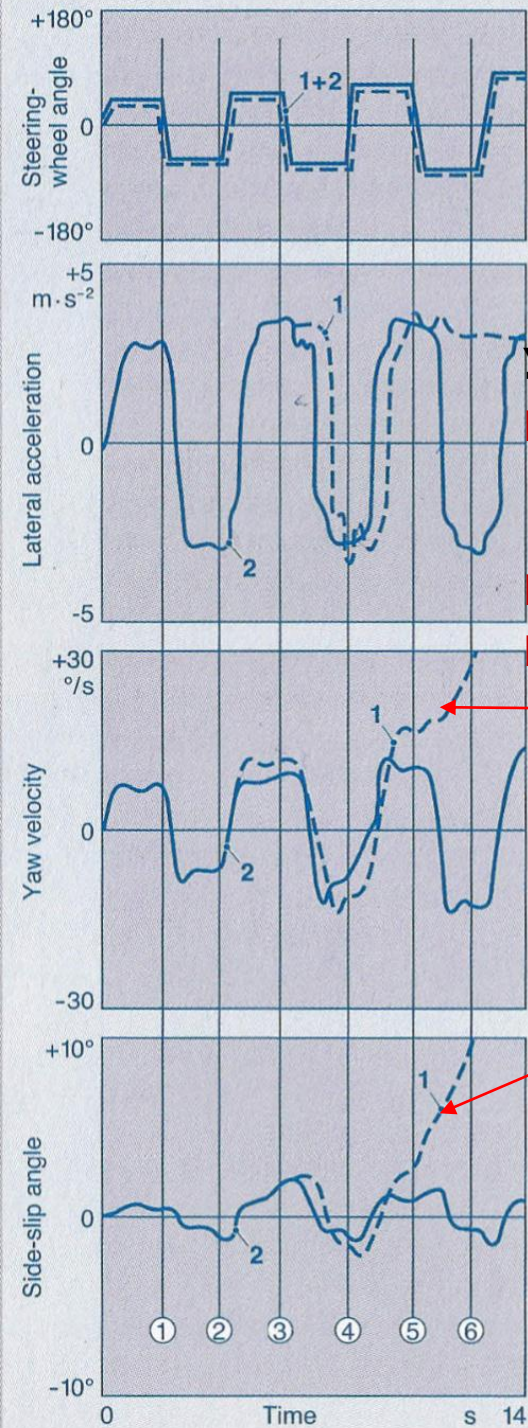




# Избегавање препреке са и без ESP-а



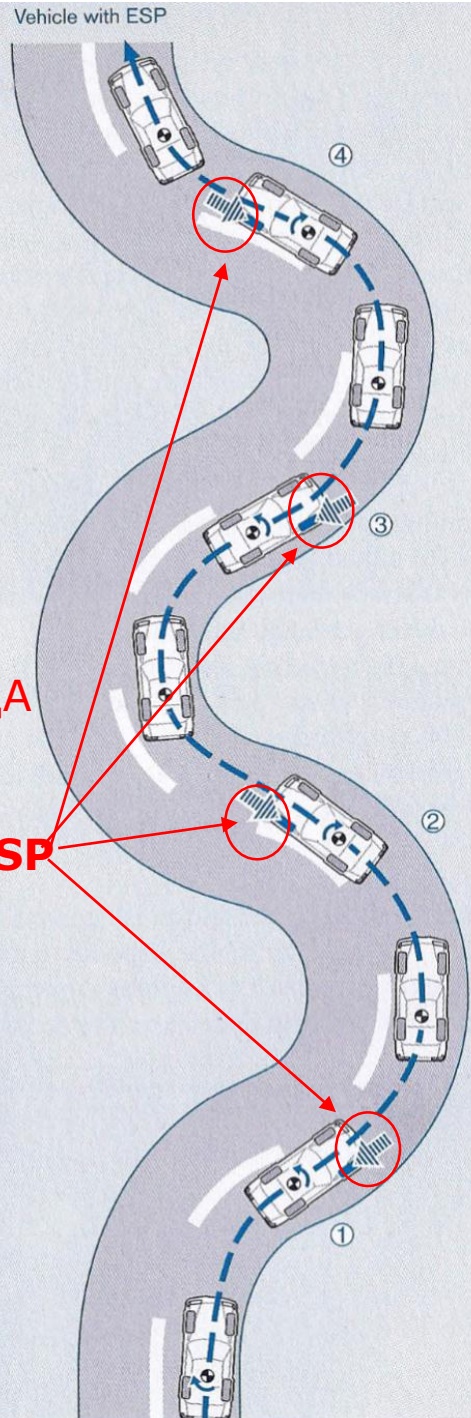




# Пролазак крз S кривину

## Услови:

- ☐ Снегом прекривен пут, коефицијент пријањања 0.14
- ☐ Без кочења
- ☐ Константна брзина кретања 72 km/h
- ☐ Снага мотора се константно повећава како би се одржала брзина кретања. Ово утиче на повећано клизање погонских точкова
- ☐ Угао закретања волана је око 40°



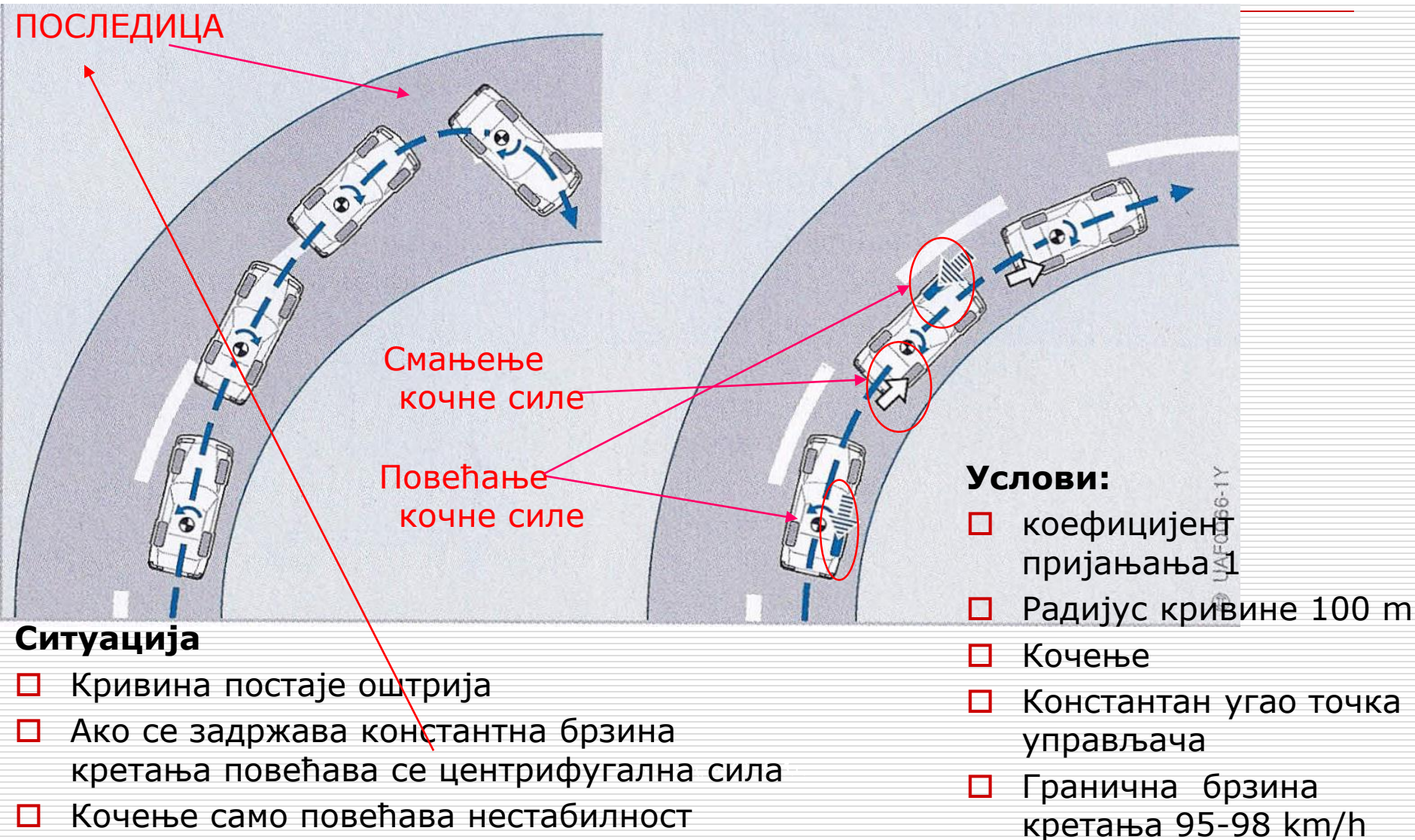
ПОСЛЕДИЦА

ESP

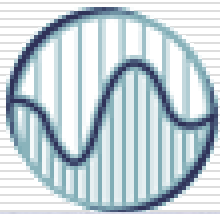




# Пролазак кроз кривину уз кочење са константним углом точка управљача







# Пролазак кроз кривину уз убрзавање са константним углом точка управљача

Vehicle without ESP

Vehicle with ESP

ПОСЛЕДИЦА

Повећање  
кочне силе

## Услови:

- ☐ коефицијент пријањања 1
- ☐ Радијус кривине 100 m
- ☐ Убрзавање
- ☐ Константан угао точка управљача
- ☐ Гранична брзина кретања 95-98 km/h

## Ситуација

- ☐ Возач прерано убрзава на изласку из кривине



# Концепт програма за контролу стабилности

---

Примена **ESP** програма за контролу стабилности у граничним условима кретања возила дефинисан је динамиком кретања возила у циљу спречавања:

- ☐ Неконтролисане лонгитудиталне брзине кретања возила
- ☐ Неконтролисане бочне брзине возила
- ☐ Неконтролисане угаоне брзине возила око вертикалне осе

Систем врши процену улазних параметара, након чега захтев возача (деловање на акцелератор, кочоницу, точак управљача) претвара у динамички одговор који је прилагођен карактеристикама пута (правац, кривина, коефицијент пријањања) у циљу обезбеђивња максималне безбедности!

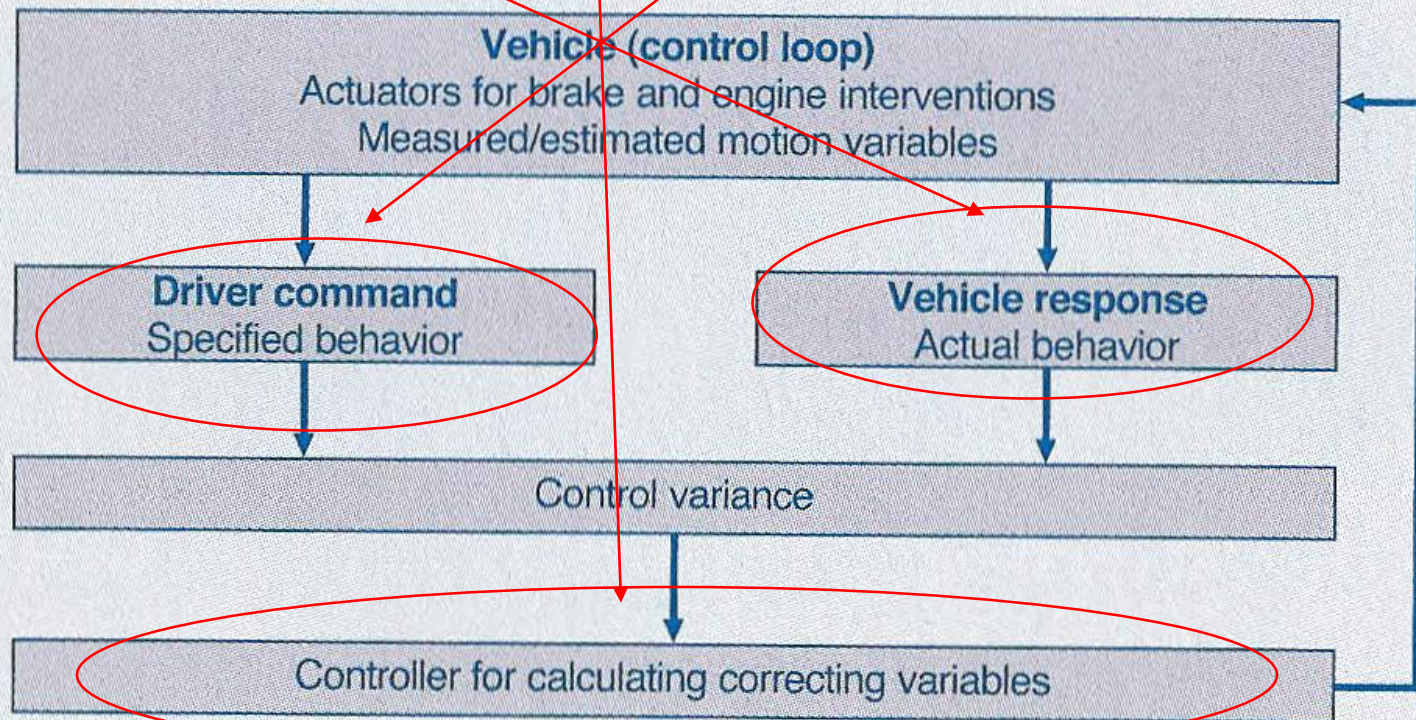




# Принцип рада ESP-а

Први корак је одредити како би се возило требало понашати према захтеву возача у граничним условима експлоатације (идеални одговор) и какав је стваран одговор система.

Задатак актуатора је да минимизују разлику између идеалног и стварног одговора система са индиректним утицајем на силе које делују на тоčkове







# Принцип рада ESP-а

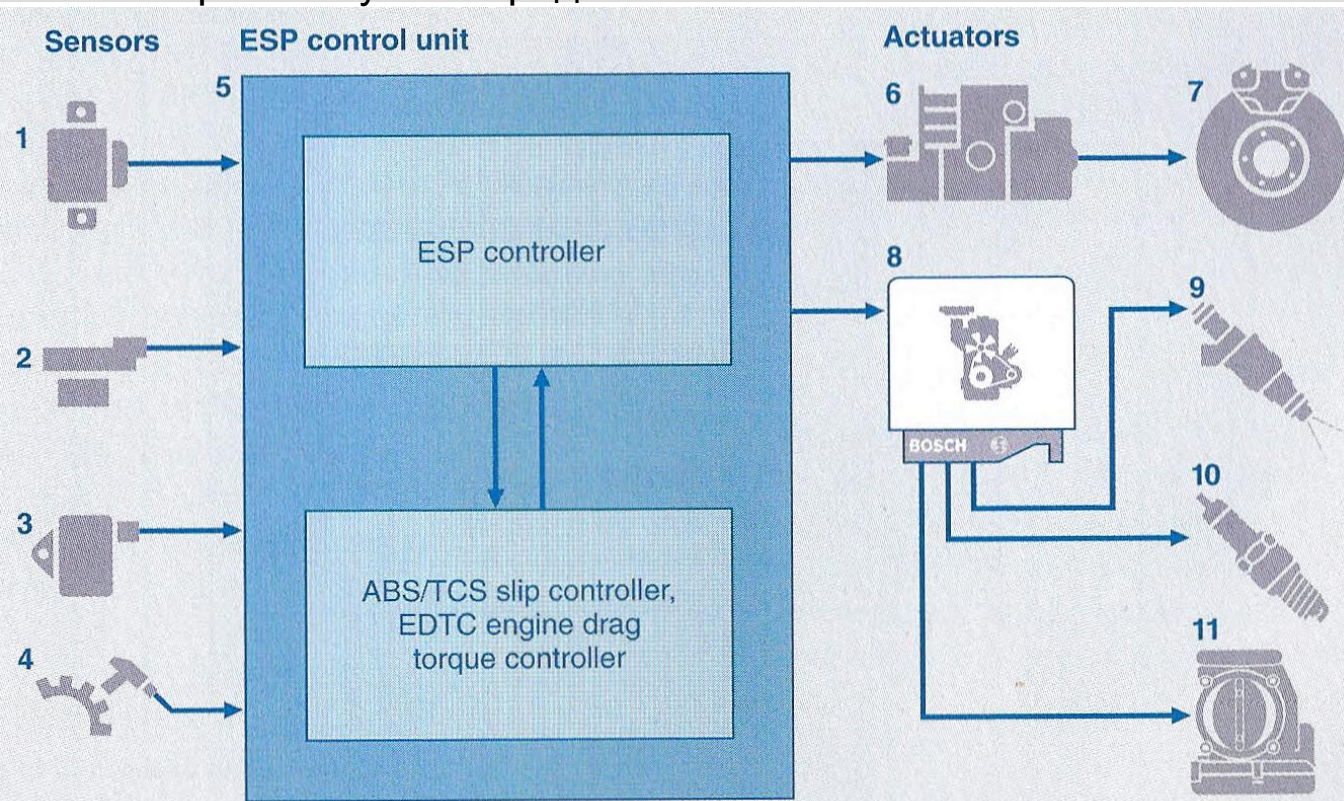
- ❑ **ESP** систем заправо представља побољшање већ постојећих система ABS-а и TCS-а.
- ❑ Базиран на напредним верзијама ових система и њихових компонената **ESP** омогућава активно кочење свих точкова са високим нивоом осетљивости.
- ❑ Реакција возила је елемент управљачке петље.
- ❑ **ESP** делује кочењем на вучну силу али и и бочну силу настојећи да возило доведе у идеалну путању у датим условима.
- ❑ Напредни **ESP** систем обезбеђује високо прецизне перформансе селективним подешавњем лонгитудиналних и бочних сила делујући на сваки точак појединачно.



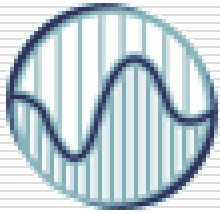
# Принцип рада ESP-а

**ESP** контролор је одговоран за

- Одређивање статуса возила базираном на угаоној брзини око вертикалне осе возила и угла клизања,
- Обезбеђење миналне разлике између одговора возила у граничној ситуацију у односу на нормалне услове рада



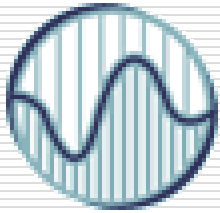
1. Сензор угла и убрзања око вертикалне осе
2. Сензор угла управљача
3. Сензор притиска
4. Сензор броја обртаја точка



# Принцип рада ESP-а

- Понашање возила је дефинисано захтевима односно радањама које је спровео возач (убрзање, кочење, деловање на точак управљача).
- Коефицијент пријањања и брзина возила се такође узимају у прорачун као додатни фактори
- **ESP** контролер прорачунава ове факторе на бази сигнала сензора:
  - Брзине
  - Бочног убрзања
  - Притиска активирања кочница и
  - Угаоне брзине око вертикалне осе возила
- Жељено понашање возила добија се генерисањем момента око вертикалне осе возила.



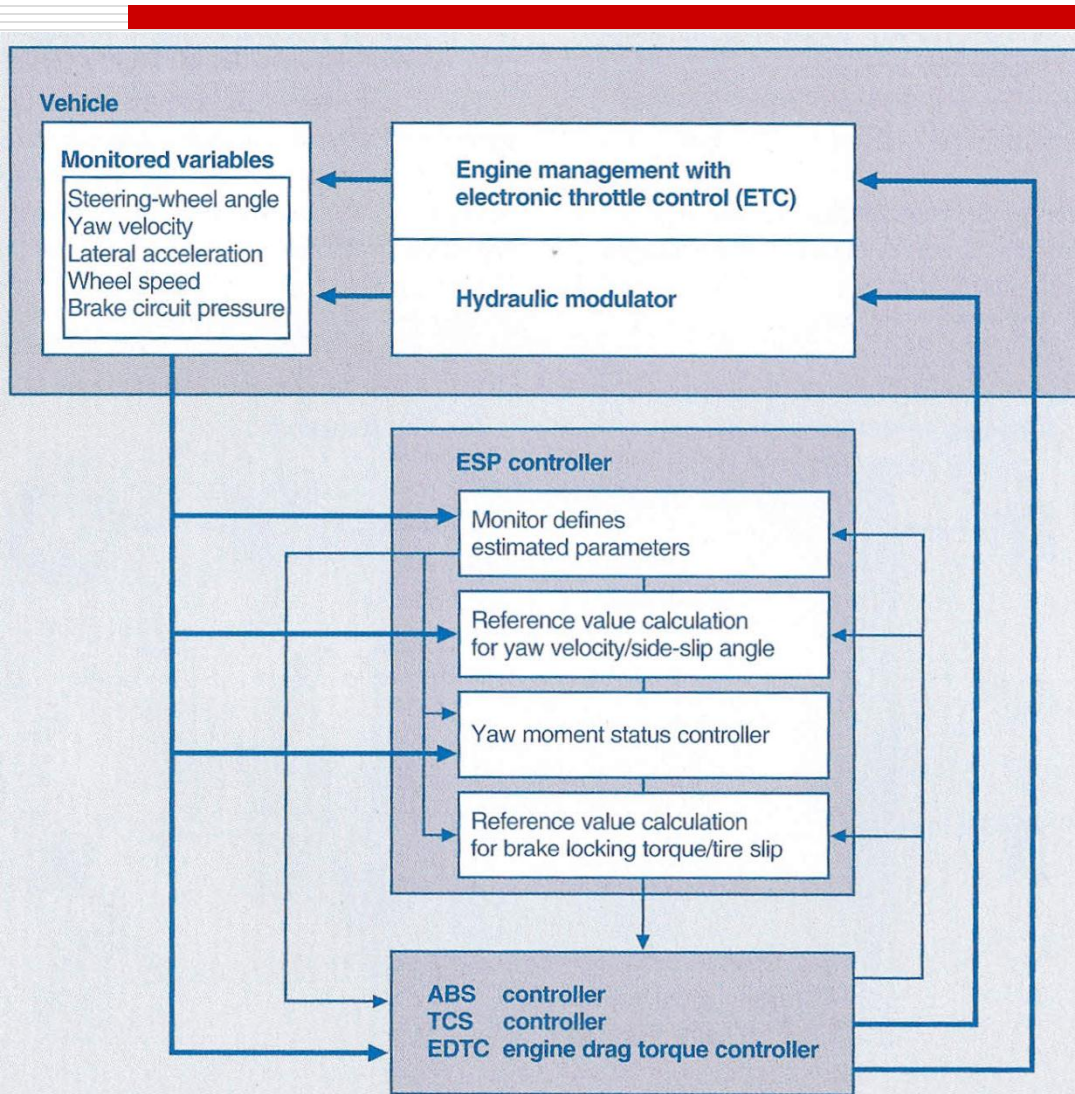


# Принцип рада ESP-а

- У циљу генерисана жељеног момента око вертикалне осе возила **ESP** контролер делује преко хидрауличног актуатора на поједине тачкове возила индиректно утичући на лонгитудиналну и бочне силе
- Систем утиче на клизање пнеуматика које у каснијој фази мора бити кориговано деловањем ABS-а и/или TCS-а
- Процес интервенције је пројектован у циљу одржања карактеристика управљивости возила.



# Структура ESP контролера



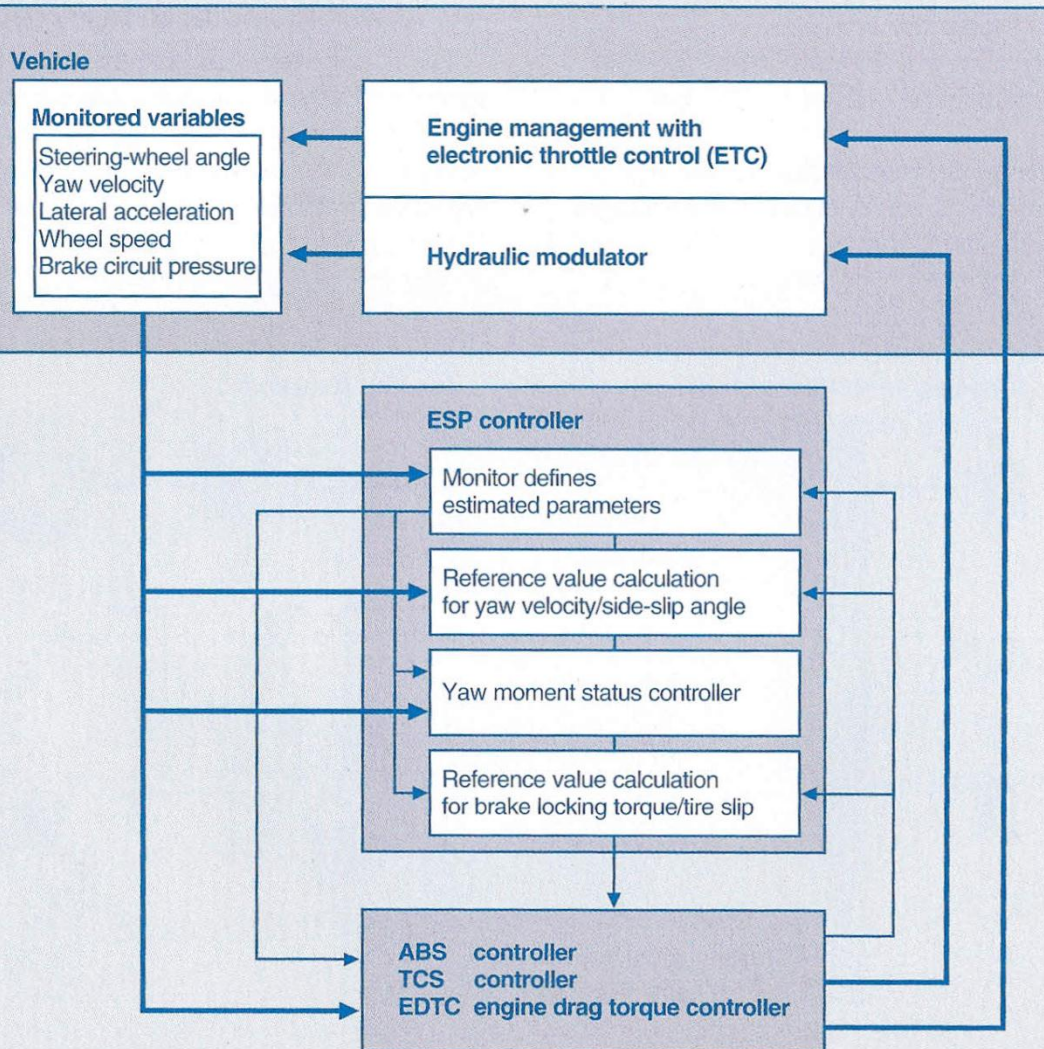
Рад се базира на следећим параметрима:

- ☐ Угаона брзина око вертикалне осе-мерена вредност
- ☐ Угао точка управљача-мерена вредност
- ☐ Бочно убрзање-мерена вредност
- ☐ Брзина возила-процењена вредност
- ☐ Бочна сила на точковима и клизање-процењена вредност





# Структура ESP контролера



Порцењују се следеће величине:

- ☐ Бочна сила делвањем на точкове
- ☐ Угао клизања
- ☐ Бочни угао клизања
- ☐ Бочна брзина возила



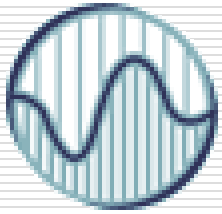
# Принцип рада ESP контролера

Спецификације за бочни угао клизања и угаону брзину око вертикалне осе одређене су на основу следећих параметара који могу бити или директно или индиректно дефинисани деловањем возача:

- ☐ Угла точка управљача
- ☐ Процењене вредности брзине возила
- ☐ Коефицијента пријањања који је одређен на бази подужног убрзања (процењени параметар) и бочног убрзања (мерени параметар) и
- ☐ Ход педале акцелератора (момента мотора) или притиска у кочним круговима (сила на педали кочнице)

Ови процеси узимају у обзир и специфичне ситуације у односу на динамику возила, нпр. различито пријањање на левој и десној страни возила.





# Принцип рада ESP контролера

---

**ESP** контролер управља радом два параметра:

- ☐ Угаоном брзином око вертикалне осе и
- ☐ Бочним углом клизања возила

Прорачуната вредност момента око вертикалне осе возила захтева приближавање захтеваног и стварног стања!



# Принцип рада ESP контролера

---

Како угао бочног клизања расте он постаје значајнији за рад контролера.

Програм рада је базиран на подацима који се односе на максимално могуће бочно убрзање и других података који се односе на динамику возила.

Ови подаци су дефинисани за свако возило. **Шта ово значи?**





# Принцип рада ESP контролера

---

Ово значи да је за случајеве кочења или убрзавања дефинисано како угао тобока управљача и брзина возила утичу на жељено кретање возила, што за исте услове кретања возила није исто за свако возило.

Захтевана вредност номиналне угаоне брзине око вертикалне осе је на основу овога меморисана у програму контролера.

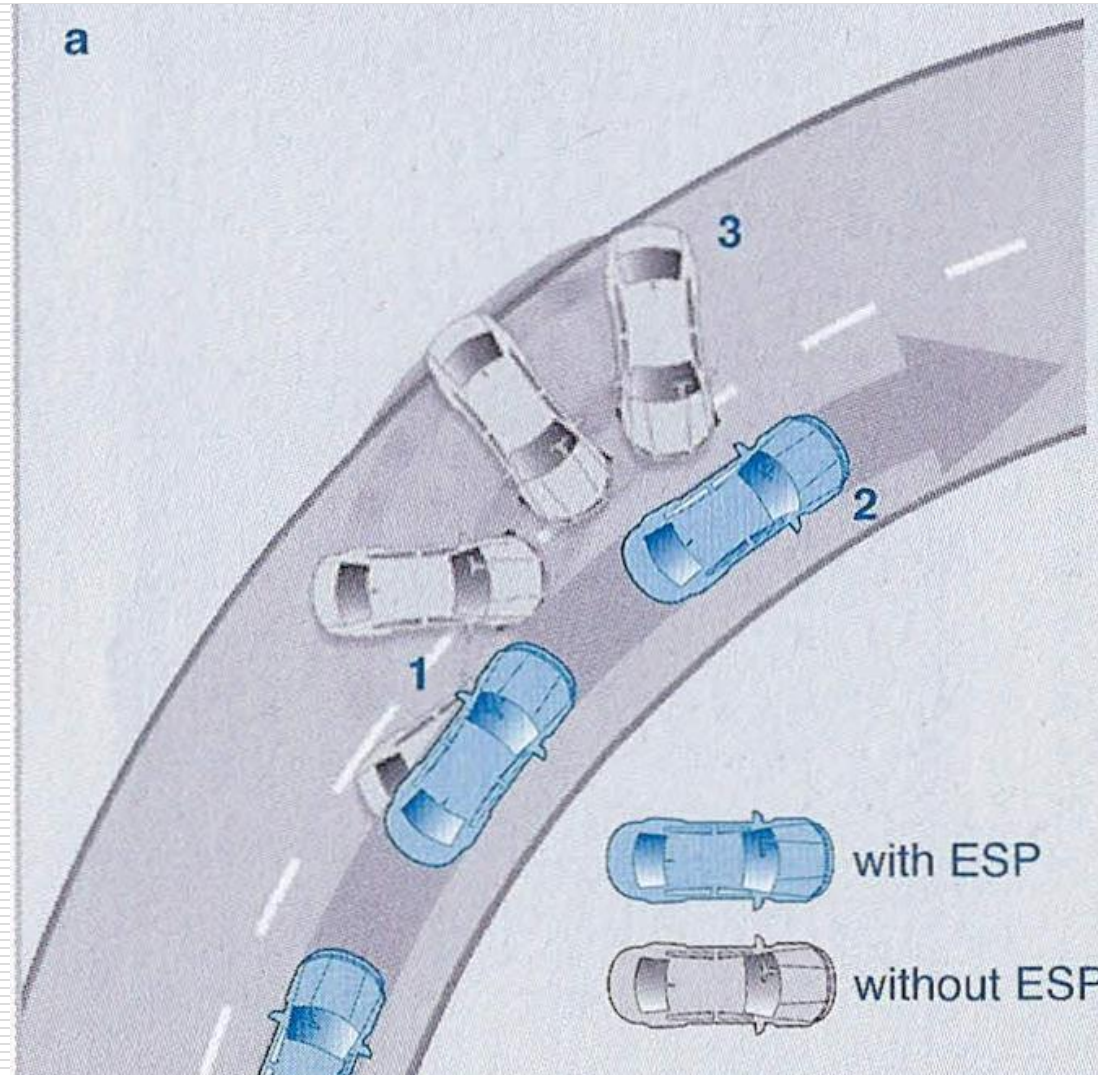
Номинална вредност угаоне брзине око вертикалне осе, са друге стране, мора бити ограничена коефицијентом пријањања.



# Принцип рада ESP контролера

## Пример 1

Ако возило тежи надуправљању током проласка кроз десну кривину и пређена је граница угаоне брзине око вертикалне осе (возило ротира превеликом брзином око вертикалне осе), **ESP** одговара кочењем предњег левог точка како би се генерисао закретни момент који ће одржати возило стабилним.



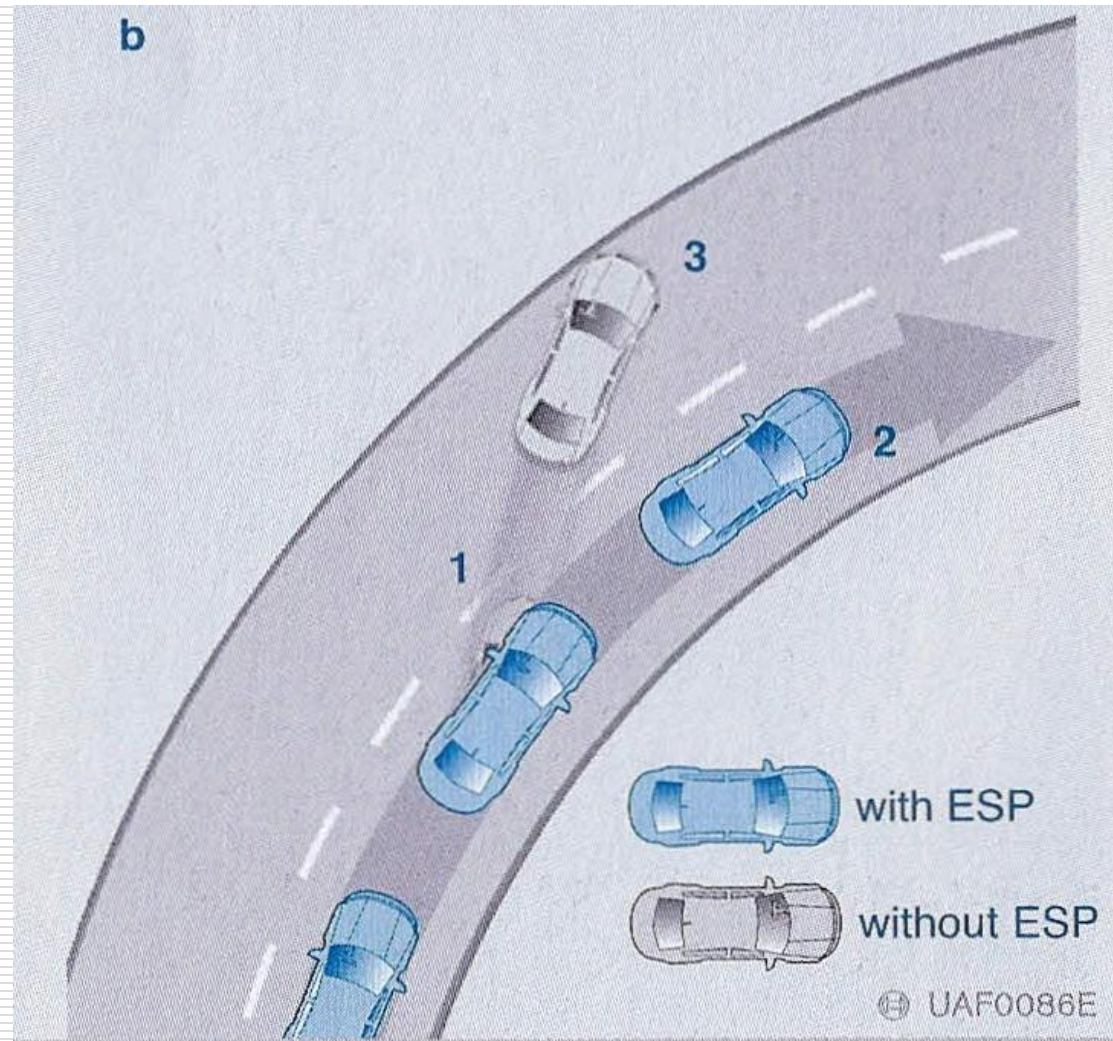




# Принцип рада ESP контролера

## Пример 2

Ако возило тежи подуправљању током проласка кроз десну кривину и пређена је граница угаоне брзине око вертикалне осе (возило ротира превише споро око вертикалне осе), **ESP** одговара кочењем задњег десног точка како би се генерисао закретни момент који ће одржати возило стабилним.





# Принцип рада ESP контролера

---

## Рад ESP-а током рада ABS-а I TCS-а

Током рада ABS-а **ESP** обезбеђује подређеном ABS контролеру следеће информације:

- ☐ Бочну брзину возила
- ☐ Угаону брзину око вертикалне осе
- ☐ Угао точка управљача
- ☐ Број обртаја точкова

Хијерархијски подређен ABS контролор почиње са радом када је пређена дозволена граница клизања точкова.





# Принцип рада ESP контролера

---

## Рад ESP-а током рада ABS-а I TCS-а

У ситуацијама када се „иде“ у нижи степен преноса и када се изненада отпусти команда акцелератора, ротирајући делови мотора и система за пренос снаге повећавају кочну силу на точковима. Ово може да проузрокује блокирање погонских точкова.

ECU у овој ситуацији реагује тако што „лагано“ убрза рад мотора.



# Принцип рада ESP контролера

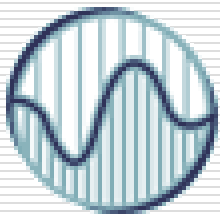
---

## Рад ESP-а током рада ABS-а I TCS-а

Хијерархијски подређени TCS контролер делује у ситауацијама када је угаоно клизање точкова превелико (прешло дефинисану границу) – полазак из места на подлози са ниским пријањањем или убрзавање у току вожње.

Интервенције TCS-а:

- ☐ Кочење точкова (помоћу ABS-а),
- ☐ Смањење количине убризганог горива код дизела или GDI мотора
- ☐ Деловање на главни лептир код PFI мотора

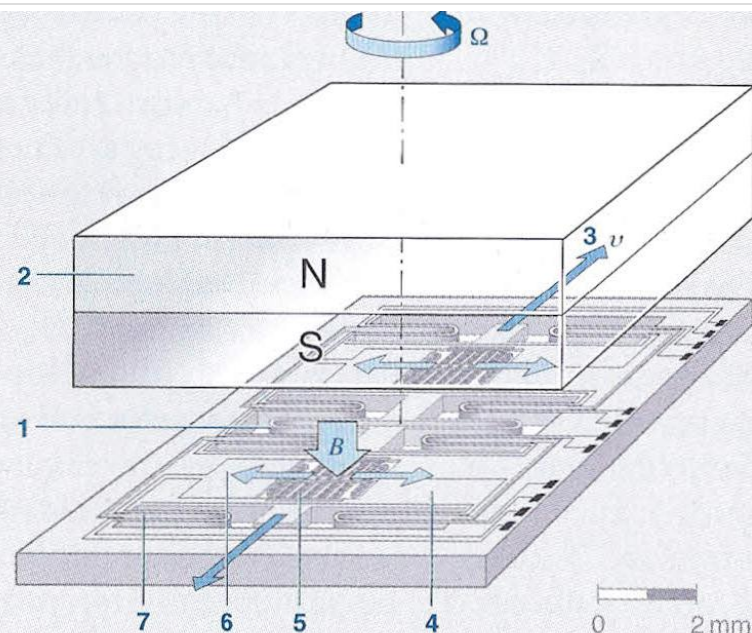
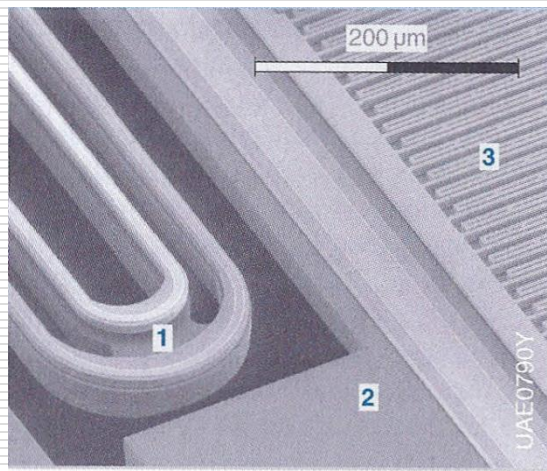


# СЕНЗОРИ ESP-a

## **MMS yaw-rate сензор/ММ1- Сензор угла закретања око вертикалне осе возила**

Две осцилаторне масе осцилују супротивним фазама резонантним фреквенцијама које су одређене њиховом масом и крутошћу опруге. На крају сваке масе се налази капацитивни сензор. Када долази до ротације око вертикалне осе возила региструје се Кориолосово убрзање у смеру осциловања које је пропорционално производу угла ротације и осцилаторне брзине која се еле константном.

Систем се налази у константном магнетном пољу при чему долази до промене капацитета услед осциловања.







# СЕНЗОРИ ESP-a

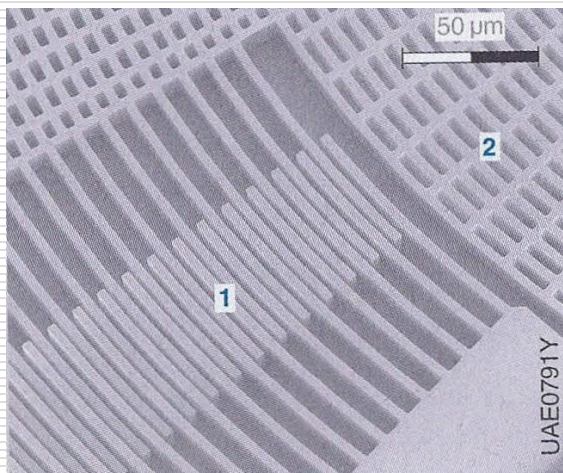
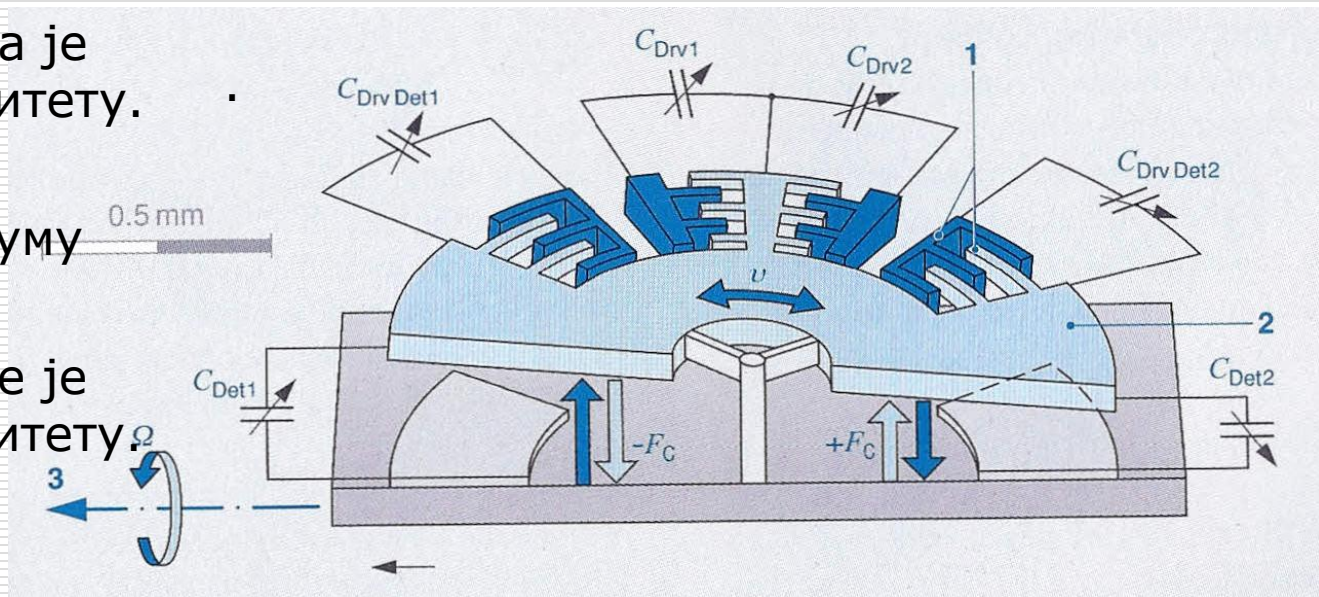
**MMS yaw-rate сензор/ММ2**

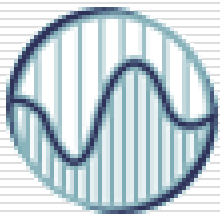
**Сензор угла закретања око вертикалне осе возила**

Амплитуда осциловања је пропорционална капацитету.

Систем се налази у вакууму

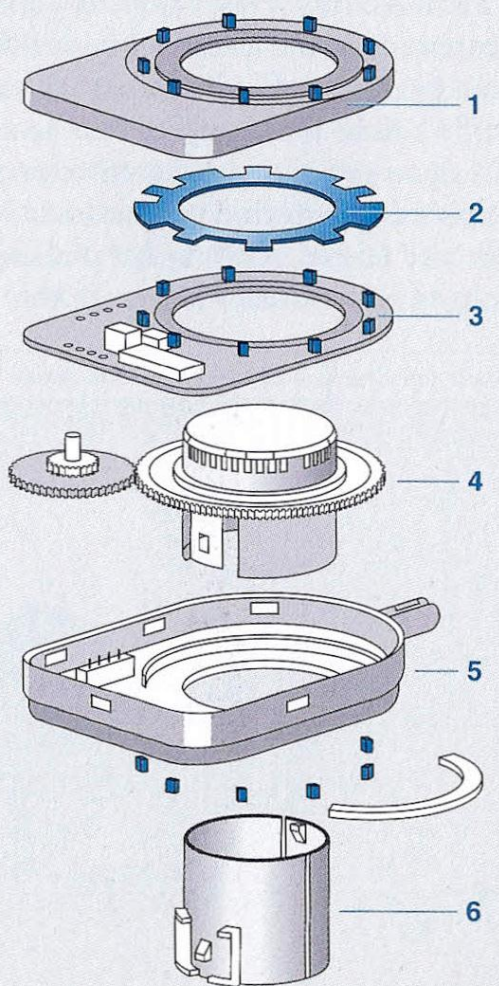
Угао око вертикалне осе је пропорционалан капацитету.



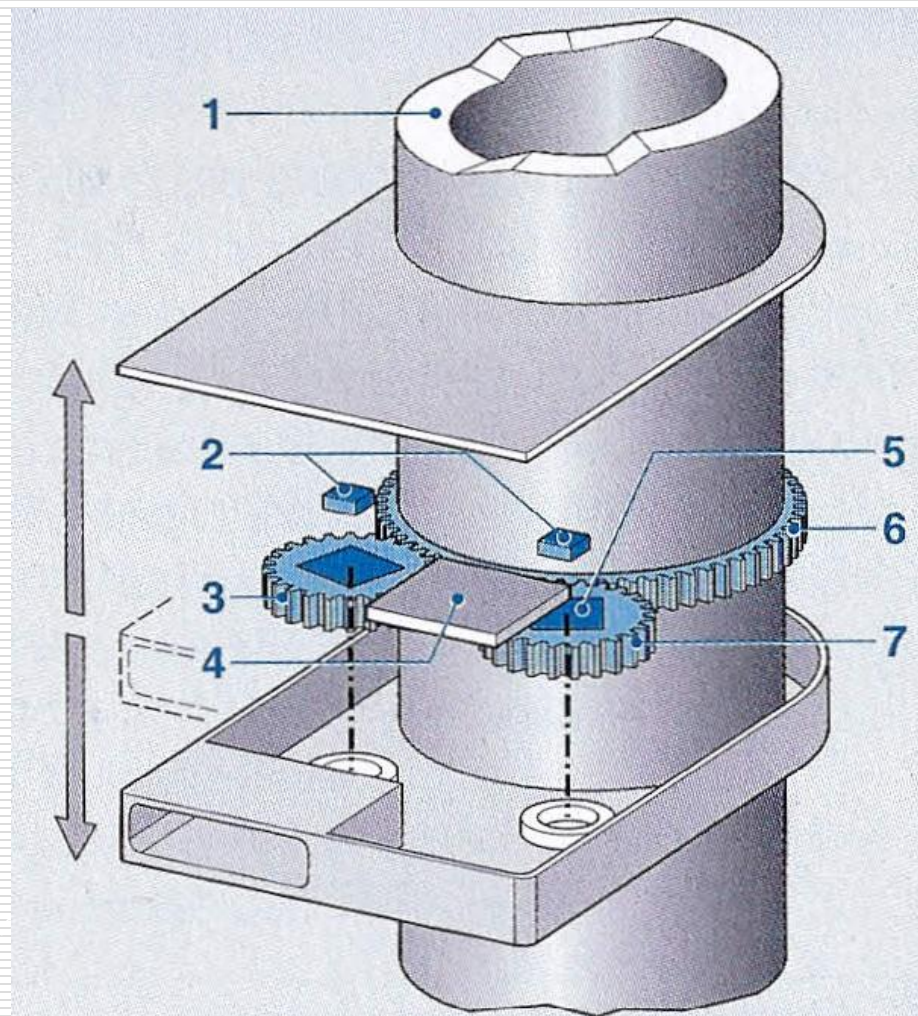


# СЕНЗОРИ ESP-a

## Сензор угла точка управљача



Холов елемент  
мери промену  
магнетног поља  
која је  
пропорционална  
углу закретања  
точку  
управљача.





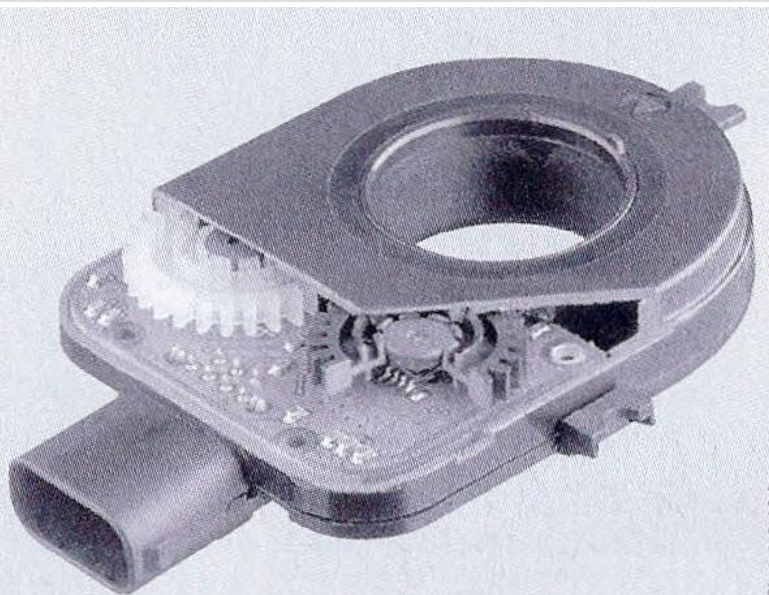


# СЕНЗОРИ ESP-a

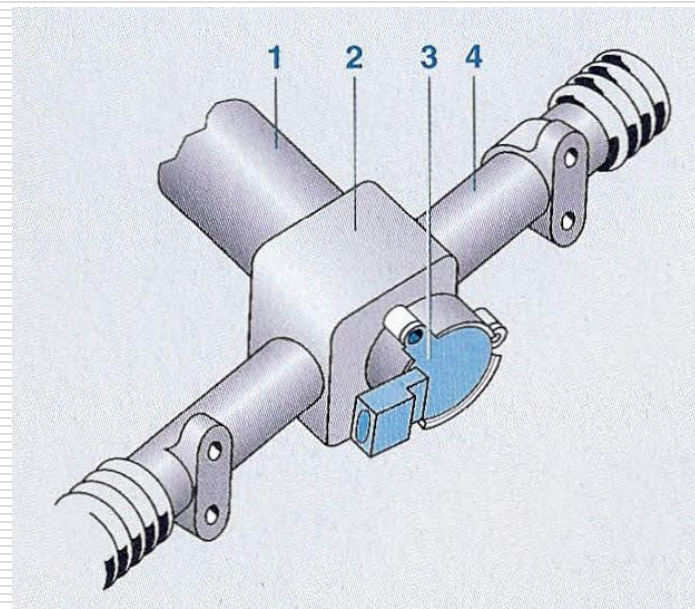
## Сензор угла точка управљача

Примењен је тзв. анзиотропик резистивни сензор чија се отпорност мења са променом магнетног поља. Информација о углу закретања обезбеђена је мерењем угла два зупчаника (разликују се у једном зубу) који су покрећу трећим који се налази на вратилу управљача.

Применом математичког алгоратима израчунава се угао точка управљача, као и позиција истог.



Извор: [непојасњено]

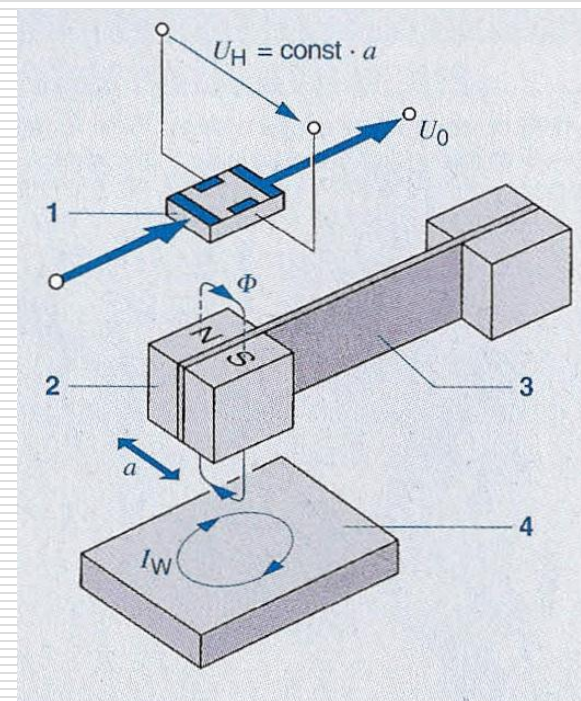
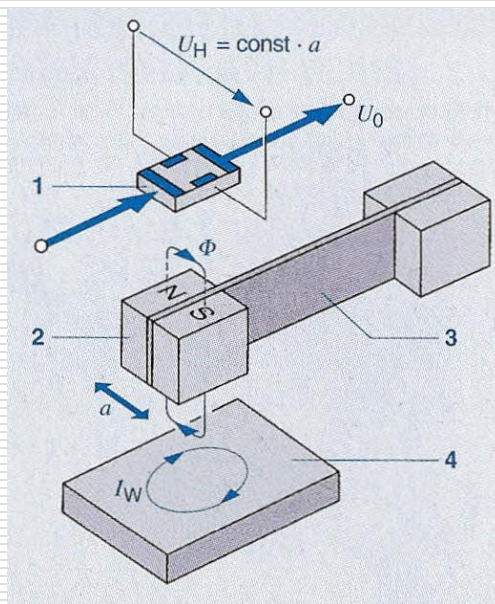
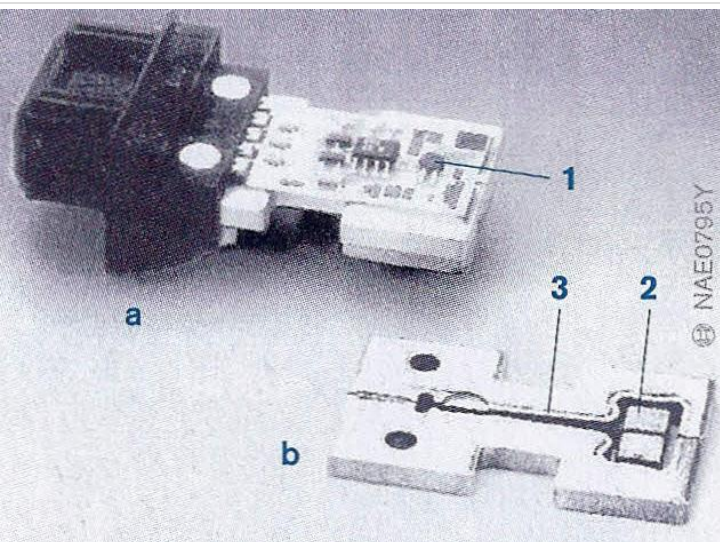




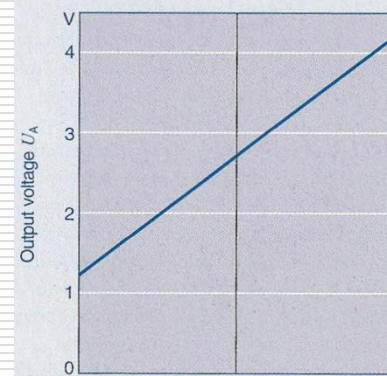


# СЕНЗОРИ ESP-a

## Сензор убрзања на бази Холовог ефекта



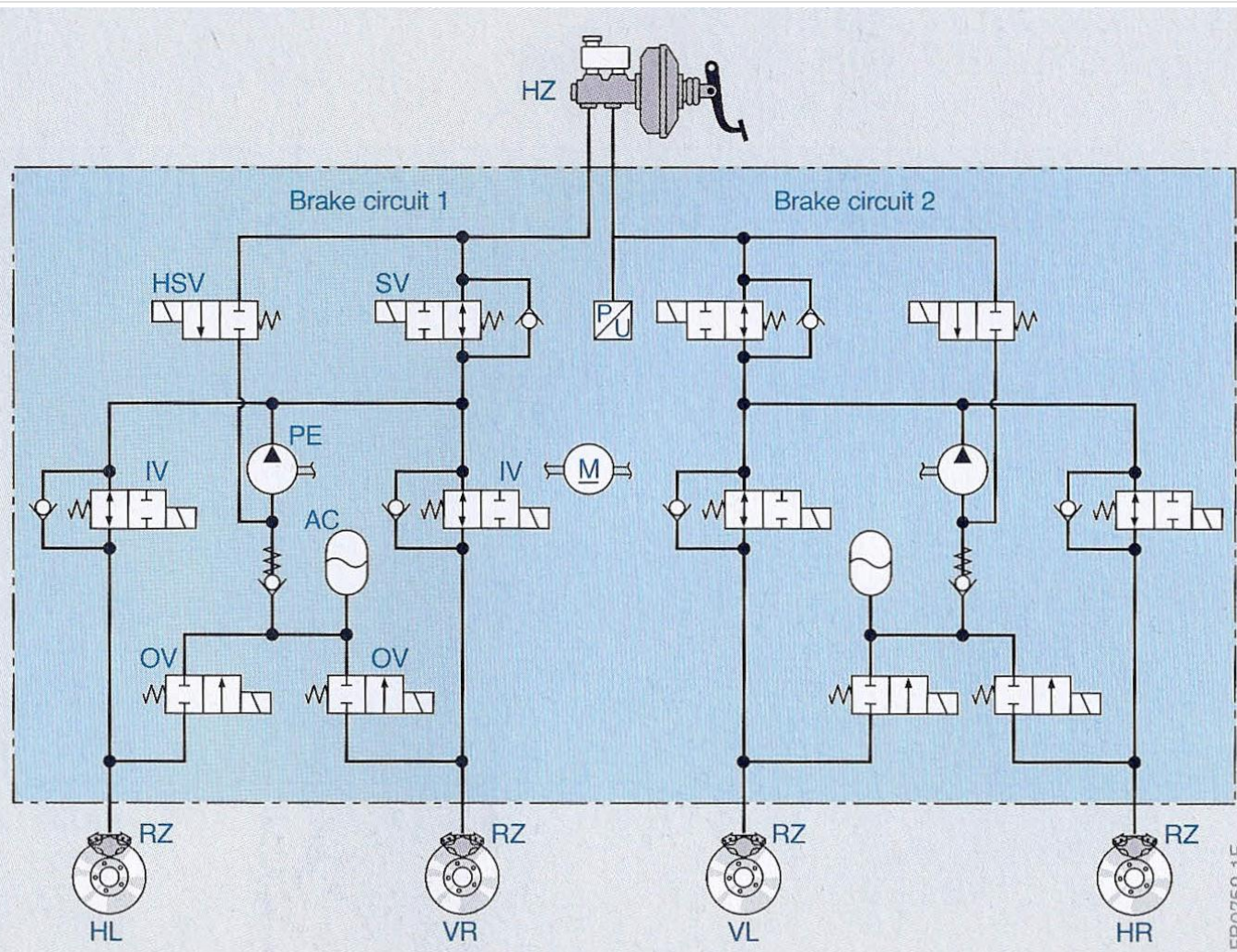
На крају опруге је постаљен стални магнет одговарајуће масе. Холов сензор је постављен изнад сталног магнета Савијање опруге услед убрзања генерише напон у Холовом сензору који је пропорционалан убрзању.







# МОДУЛАТОР ПРИТИСКА

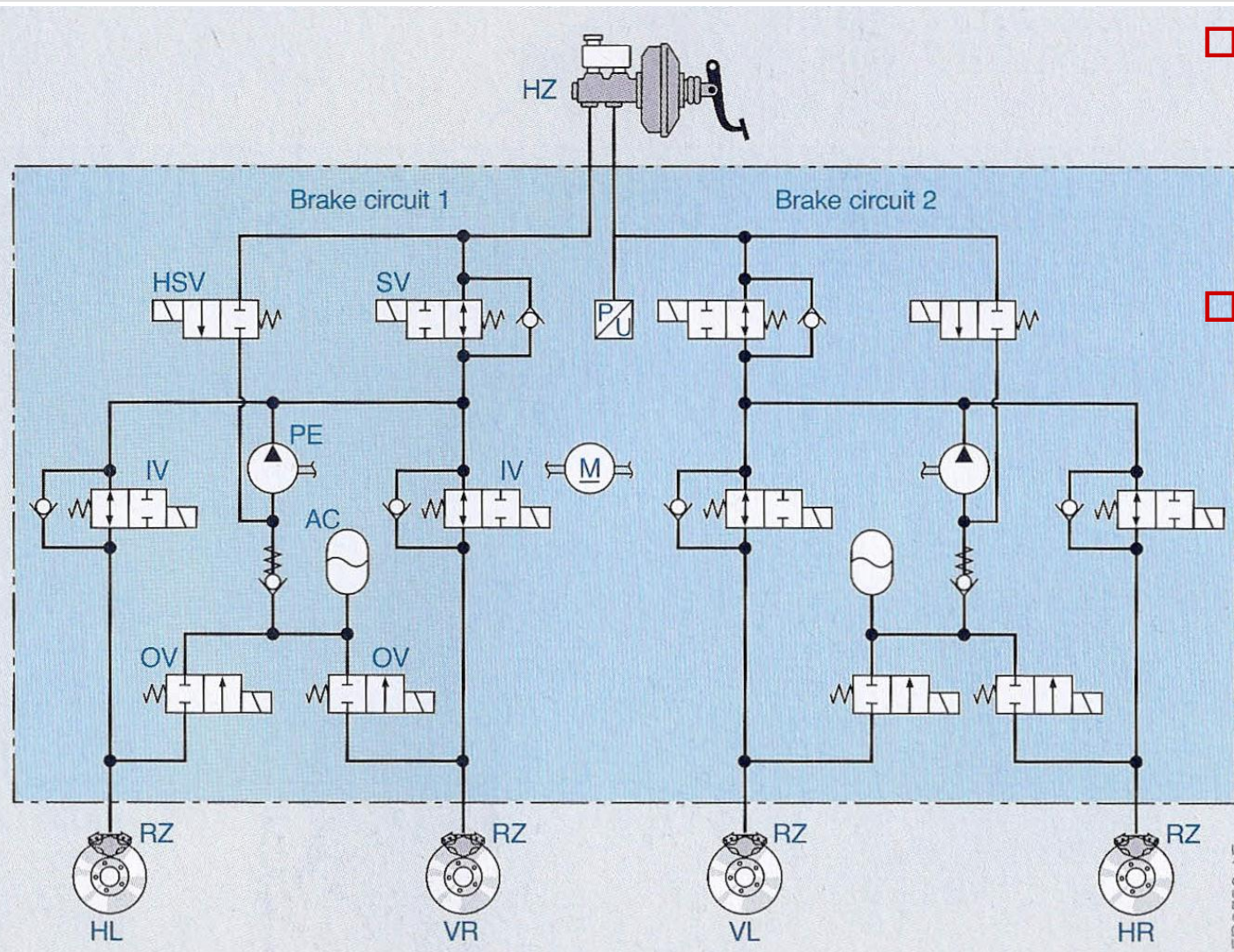


- 12 вентила независно од конфигурације кочних кругова
- Давач притиска детектује притисак у мастер цилиндру
- Мастер цилиндар и цилиндри у точковима су повезани преко тзв. прекидног вентила и прекидног вентила високог притиска





# МОДУЛАТОР ПРИТИСКА



- Пумпе могу да генеришу притисак независно од захтева возача
- Три мода рада:
  - Пасивни рад
  - Полуактивни – када је притисак који остварује возач недовољан
  - Потпуно активни – када се генерише притисак без учешћа возача

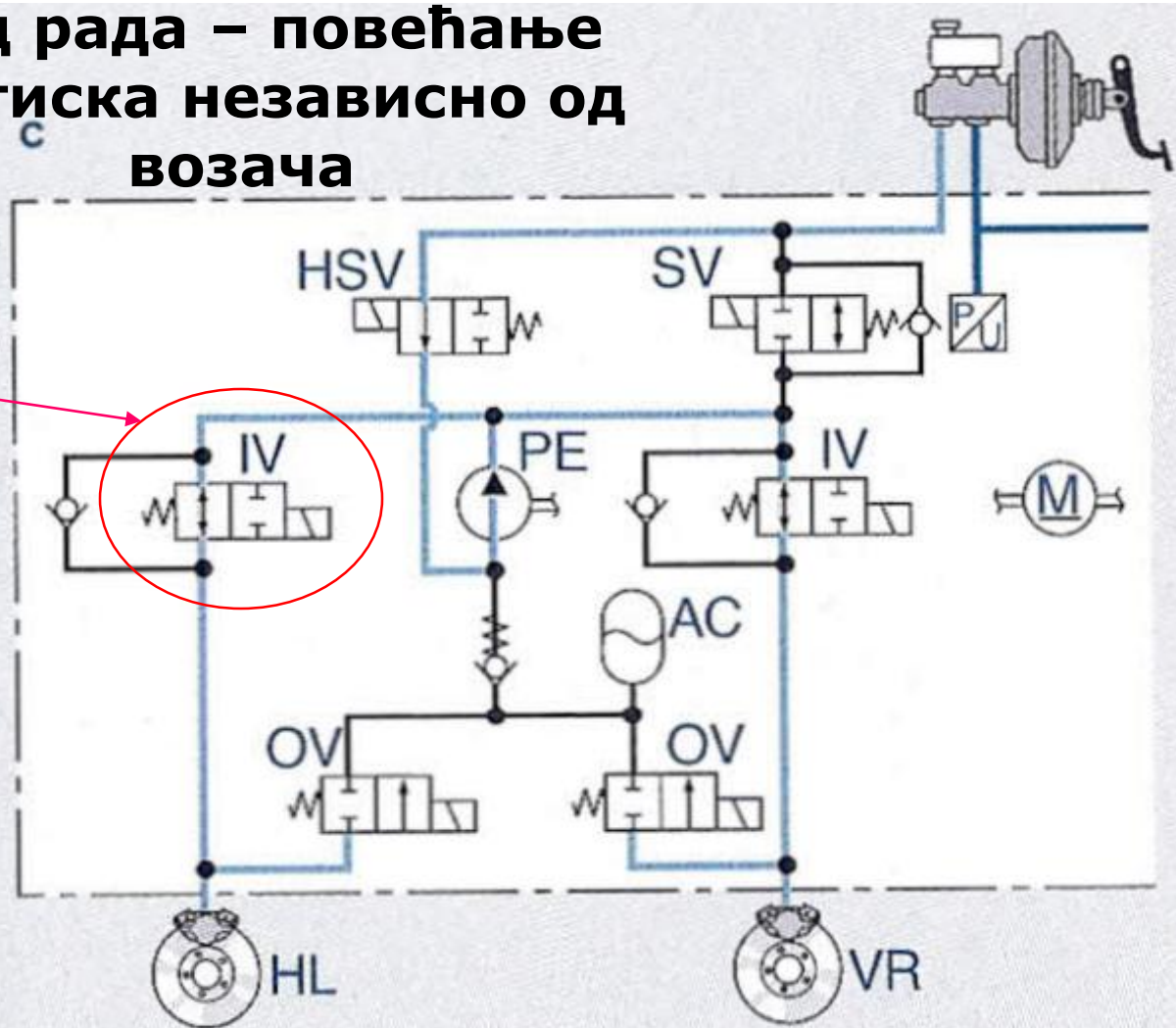




# МОДУЛАТОР ПРИТИСКА

**Мод рада – повећање  
притиска независно од  
возача**

Може бити  
затворен





д рада – повећање  
иска који је генерисао  
возач

HSV SV IV IV PE AC OV OV HL VR



b

