

Висока школа електротехнике и рачунарства
струковних студија

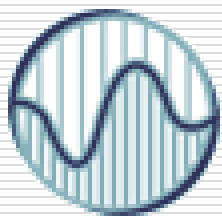
СИСТЕМИ СТАБИЛНОСТИ, БЕЗБЕДНОСТИ И КОМФОРА У ВОЗИЛИМА

ЕЛЕКТРОНСКО УПРАВЉАЊЕ РАДОМ
ТРАНСМИСИЈЕ

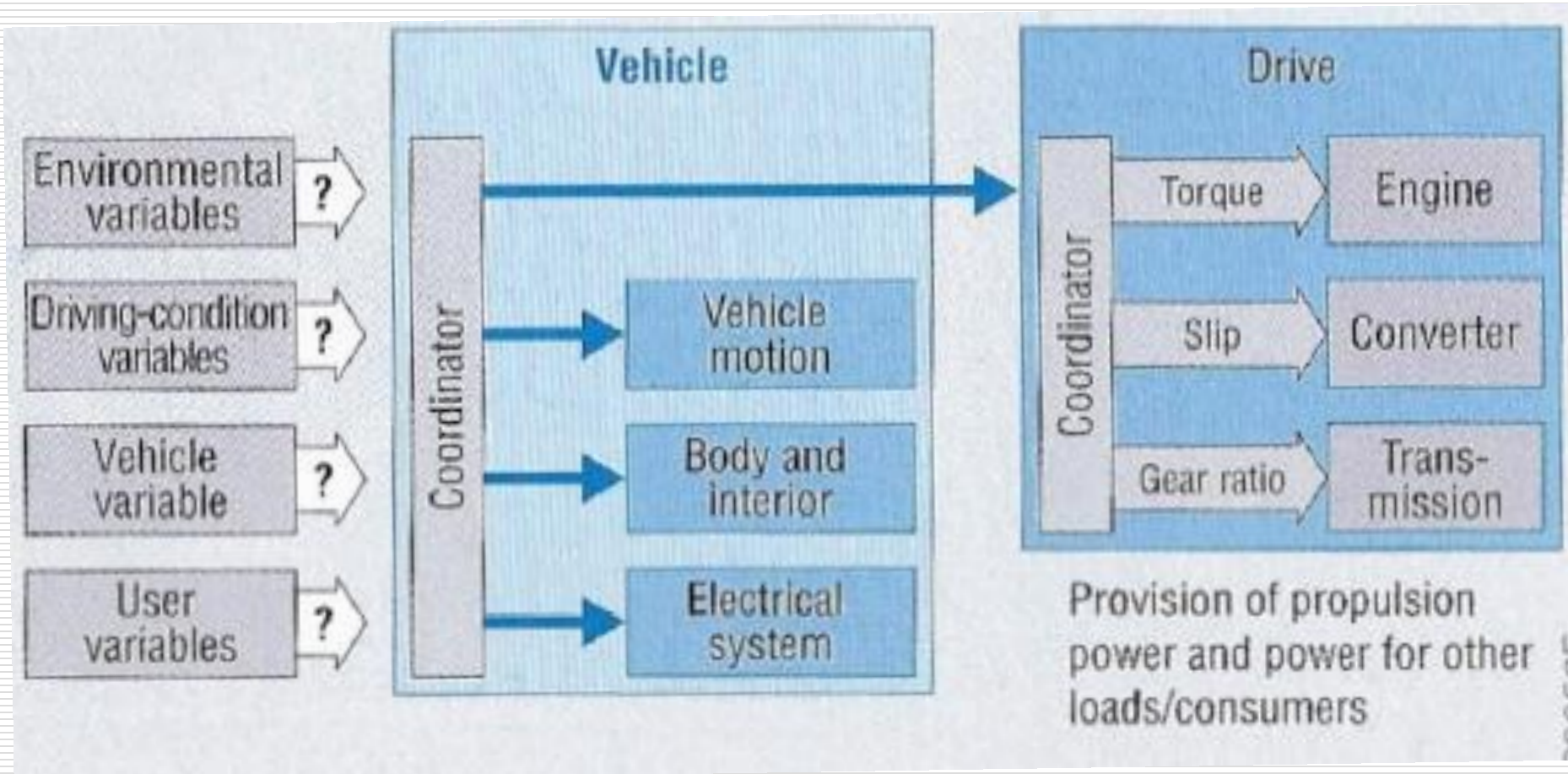


Управљање погонском групом возила

- ❑ Ручна промена степена преноса у сложеним саобраћајним ситуацијама може да омета возаче до те мере да исто угрожава безбедност саобраћаја
- ❑ Аутоматизација промене степена преноса помаже возачу да се концентрише на саобраћајну ситуацију
- ❑ Како се број електронских система у возилу повећава, тако се повећава и комплексност мреже различитих електронских управљачких јединица - управљање таквом мрежном структуром захтева хијерархијски концепт за координисано управљање погонском групом (нпр. систем "Cartronic" Bosch)
- ❑ Мотор се најчешће иницијално подешава да ради у економичном подручју, а систем управљања треба да препозна стил вожње и да подеси параметре мотора тако да се перформансе погона повећавају у случају нпр. спортске вожње – наведено захтева електронско управљање командом гаса (drive by wire)



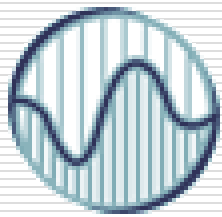
Архитектура система управљања погонском групом





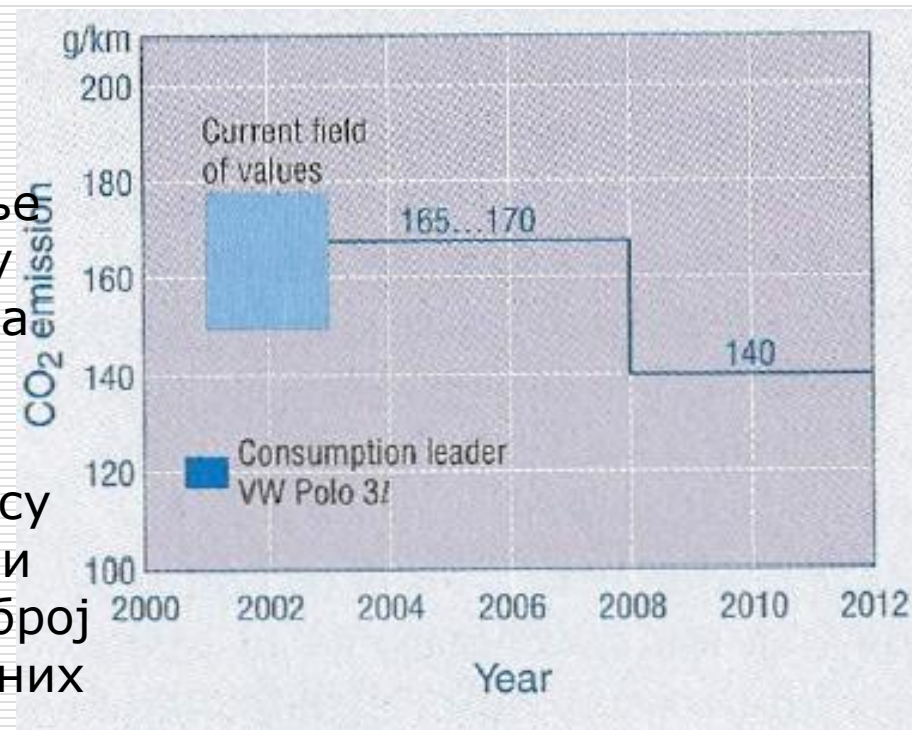
Архитектура система управљања погонском групом

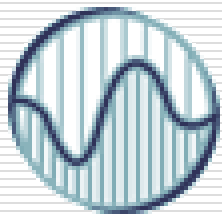
- ❑ Блок за координацију на нивоу возила доставља тражене податке блоку за координацију погона, узимајући у обзир захтеве за напајање других подсистема возила (нпр. потрошачи возила или електричног система електронике).
- ❑ Блок за координацију погона управља мотором, хидрдинамичким претварачем и мењачким преносником
- ❑ Блокови за координацију морају да реше и конфликтне ситуације, у складу са дефинисаним приоритетима, узимајући у обзир и спољне утицаје (као што су околина, саобраћајна ситуација, оперативни статус возила или тип возача).
- ❑ Cartronic концепт је заснован на објектно оријентисаној софтверској структури и обради података од давача који интерпретирају физичке карактеристике (момент, број обртаја...)



Правци развоја управљањем погонском групом

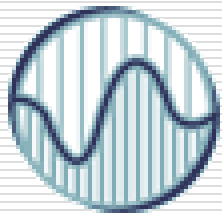
- ❑ Диктирани законским условима ограничења емисије и потрошње горива
- ❑ ACEA (Association des Constructeurs Europeens d'Automobiles, односно Удружење европских произвођача аутомобила) је дефинисала смањење средње корпоративне емисије CO₂ у периоду од 2002. до 2008. године са 170 mg CO₂ до 140 mg CO₂
- ❑ Јапански и корејски произвођачи (удружења ЈАМА и КАМА) усвојили су исте границе за 2009. годину - да би се овај циљ постигао, повећава се број степени преноса и неконвенционалних мењача, као што су 6-то степени мењачи, CVT (континуирано варијабилни пријенос) и AST (аутоматизовани мењачи).





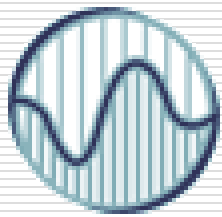
Управљање трансмисијом са аутоматизованом променом степена преноса (AST)

- ❑ Аутоматизована механичка трансмисија обједињује предности ручно управљаног механичког степенастог мењача и аутоматског мењача: висок степен корисности, уз непостојање губитака на клизање у хидродинамичком претварачу, уз ниску потрошњу горива
- ❑ Развој AST заснован је на коришћењу резултата развоја електромоторног управљајња искључивањем главне спојнице (ECM – electric motor clutch managment)
- ❑ Електромоторно управљање искључивањем спојнице нашло је ширу примену код малих аутомобила, за разлику од хидрауличког искључивања које је присутно код комерцијалних возила: нови приступ омогућује смањење трошкова и тежине и омогућава већи степен интеграције



Управљање трансмисијом са аутоматизованом променом степена преноса (AST)

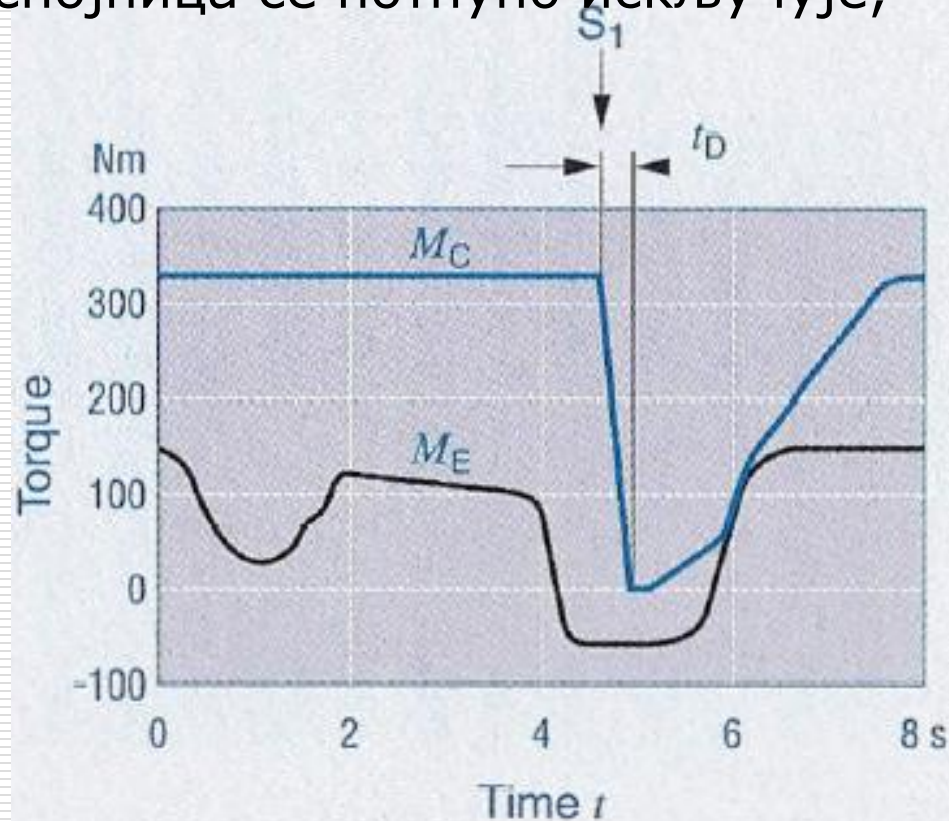
- ❑ Одговарајуће ЕСМ системи се користе код следећих возила: Мерцедес А-класе, Фиат Сеиценти, Хуундаи Атоз и сл.
- ❑ Најважнији корак у минимизирању трошкова је замена хидрауличног актуатора актуатором у виду електромотора – не постоји потреба за пумпом, хидро-акумулатором и вентилима као и потреба за сензором кретања у систему за искључивање спојнице - уместо овде сензор је интегрисан у електромоторном актуатору
- ❑ Мали електро мотор има ниску густину снаге у односу са хидрауличну пумпу и акумулатор тако да је због тога погодан само уколико је могуће обезбедити искључивање главне спојнице у довољно кратком времену ради брзе промене степена преноса.



Промена степена преноса без корекције момента

- У конвенционалном систему без корекције момента, максимални момент спојнице је далеко већи од момента мотора због тога што се обезбеђује степен сигурности од 50 до 150% (због преноса великих момената који су последица инерције)
- При промени степена преноса спојница се потпуно искључује, уз пад броја обртаја мотора

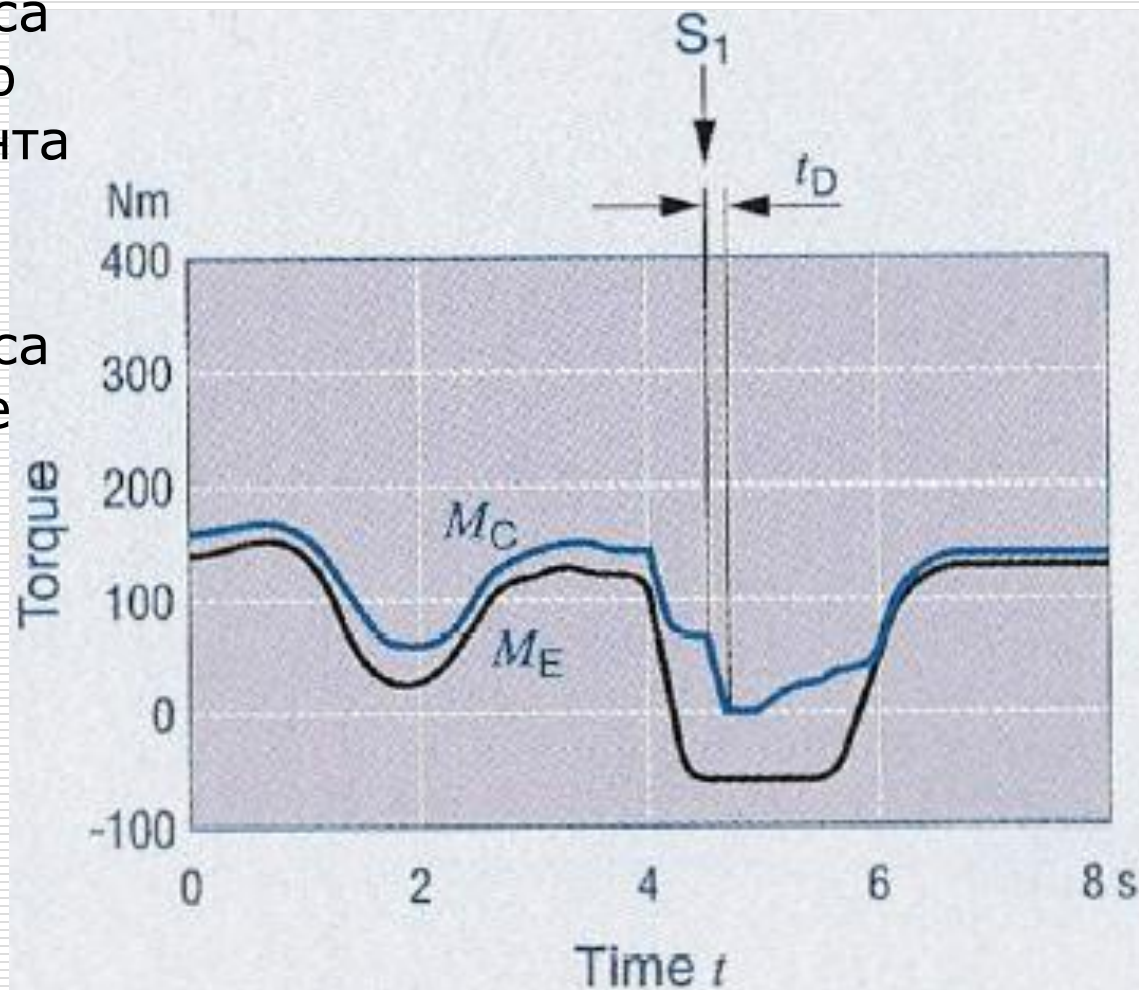
- M_C – момент спојнице
- M_E – момент мотора
- S_1 – тренутак после промене степена преноса
- t_d – време промене степена преноса

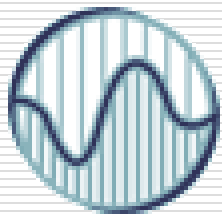




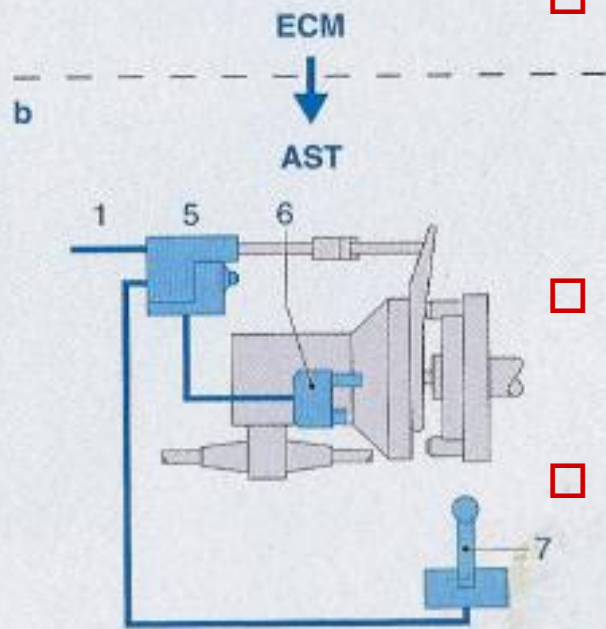
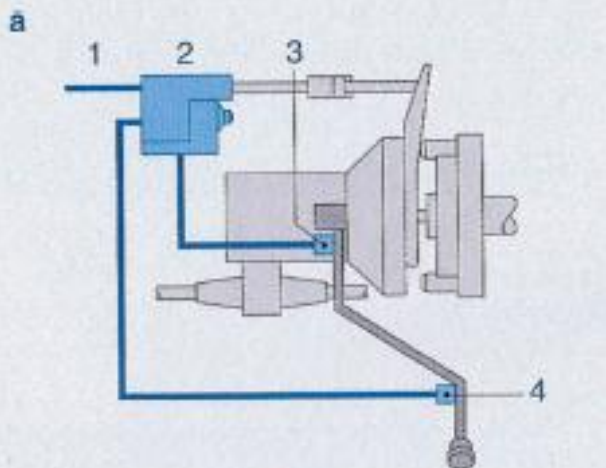
Промена степена преноса са корекцијом момента

- ❑ Код електронски управљане промене степена преноса момент спојнице је само незнатно већи од момента мотора.
- ❑ Скраћењем времена промене степена преноса смањују се инерцијалне силе





Аутоматизација промене степена преноса помоћу ЕСМ



1. Расположиви сигнали
2. Актуатор спојнице са интегрисаном ЕУЈ
3. Давач положаја команде мењача
4. Давач померања команде мењача
5. Атуатор спојнице са интегрисаном ЕУЈ АСТ
6. Актуатор за промену степена преноса
7. Полуга за избор режима рада

□ Данас се АСТ првенствено користи у класама возила са мањим моментом (нпр. VW Лупо – MCC Smart, Опел Corsa - Easytronic), где је, у односу на хидромеханичке трансмисије однос квалитета и трошкова повољан.

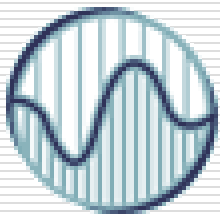
□ Захтеве за софтвер даје произвођач или систем интегратор, а произвођач компонената АСТ реализује софтвер и хардвер.

□ Софтвер мора да укључи препознавање стила вожње, полазак на узбрдици и низбрдици кретање у кривини итд.

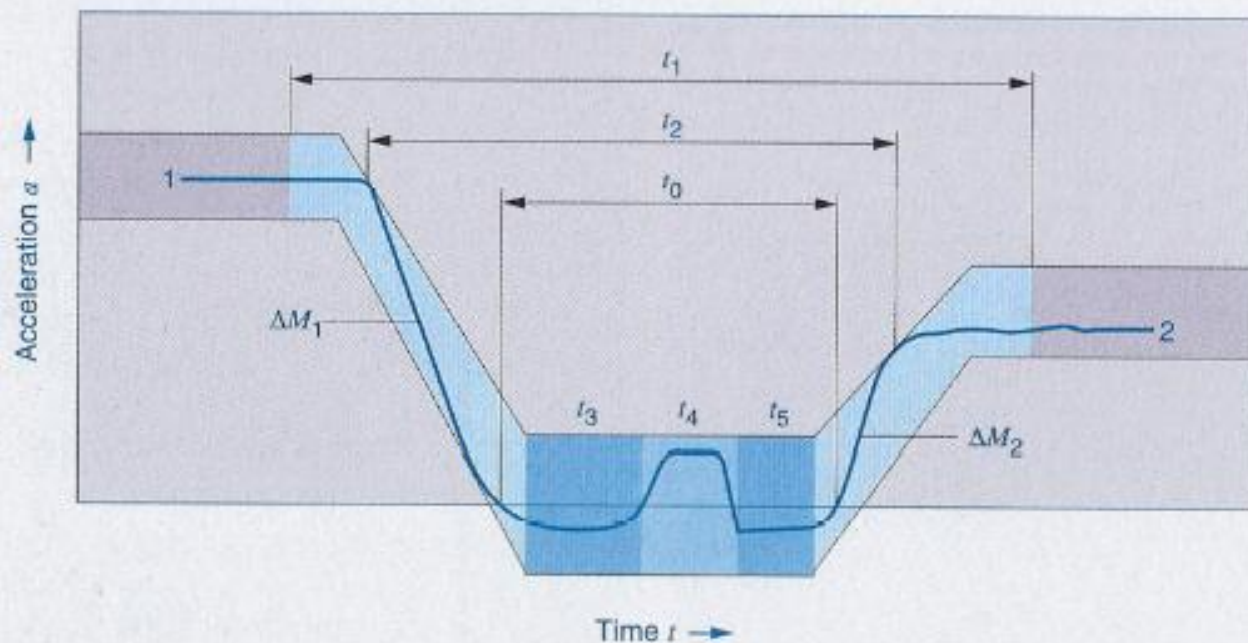


Промена степена преноса код AST

- Основно питање које се решава је прекид тока снаге – могућа су две основне ситуације
 - прекид тока снаге ради убрзавања возила или,
 - прекид тока снаге као елемент прилагођавања условима пута (код константне брзине или успоравања)
- У ситуацији убрзавања тежи се што краћем прекиду тока снаге, што може довести до претерано брзе промене убрзања (изазива непријатност) - оптимална интеракција мотора, главне спојнице и мењача даје најбоље могуће перформансе.
- У синхронизацији може бити подржано и, на пример, двоструко искључивање спојнице – свакако , захтева се максимална брзина реакције актуатора
- Важно је да синхронизација не представља као превише интензивна



Процес промене степена преноса



1. Текући степен преноса
2. Следећи степен преноса

ΔM_1 – смањење момента

ΔM_2 – повећање момента

t_0 – прекид тока снаге

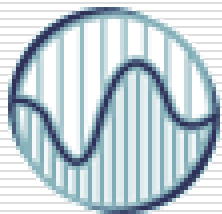
t_1 – промена степена преноса

t_2 – убрзање

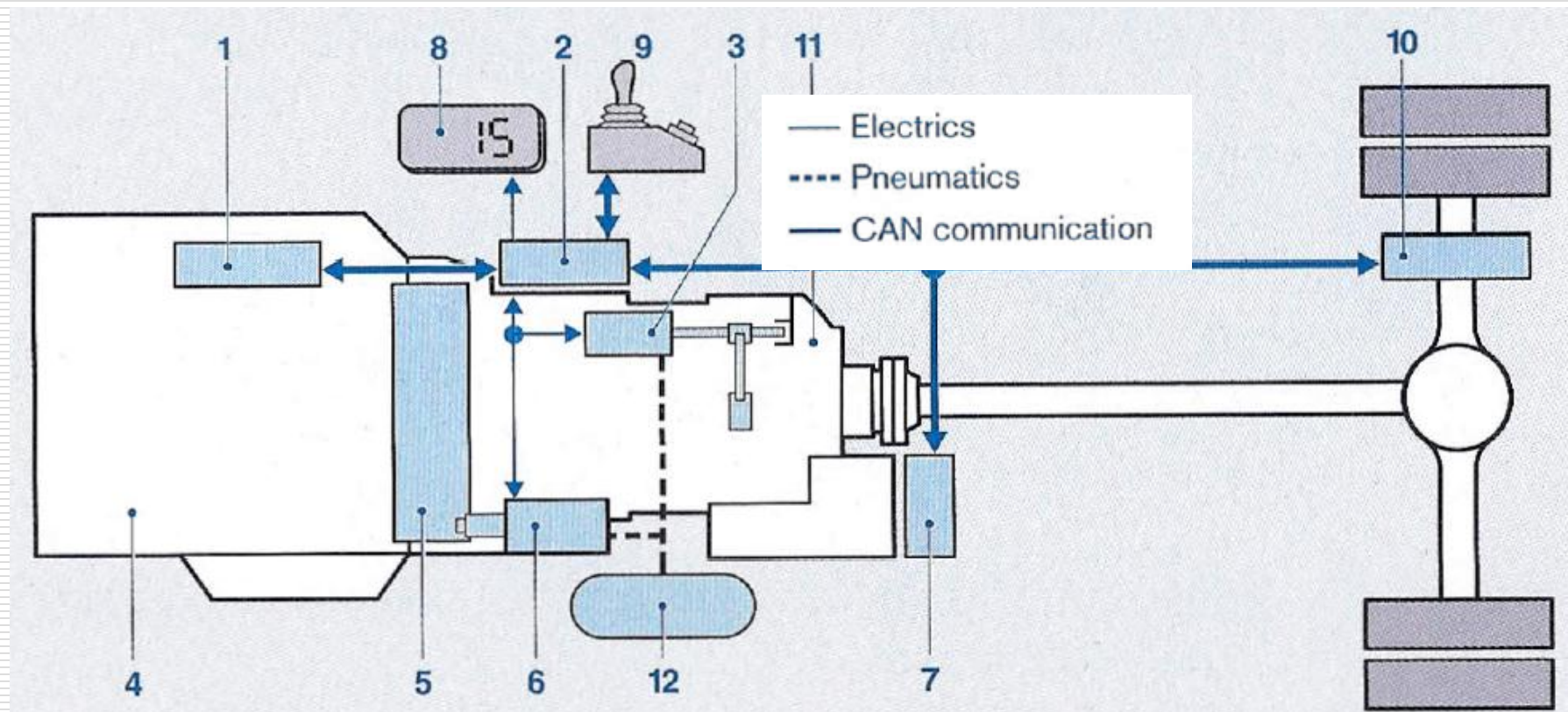
t_3 – искључивање степена преноса и избор следећег

t_4 – синхронизација

t_5 – измена степена преноса



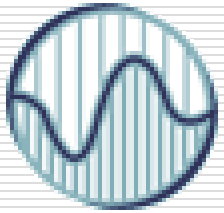
Пример АСТ трансмисије



- 1. ЕУЈ мотора
- 2. ЕУЈ трансмисије
- 3. Актуатор трансмисије
- 4. Дизел мотор

- 5. Главна спојница
- 6. Серво уређај спојнице
- 7. Електроника успорача
- 8. Дисплеј

- 9. Команда мењача
- 10. АБС/ТЦС
- 11. Мењач
- 12. Ваздушна инсталација

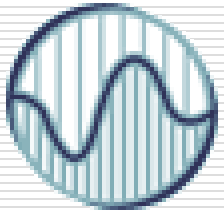


Управљање хидромеханичком трансмисијом (аутоматском трансмисијом)

☐ Захтеви:

- Промена степена преноса у тачно одређеном тренутку и одржавање текућег степена преноса у функцији изабраних утицајних параметара
- Прилагођавање закона укључивања фрикционих елемената тако да промена степена преноса буде оптимална (без удара, прекида тока снаге итд.)
- Омогућавање корекције степена преноса или закона промене степена преноса од стране возача
- Детекција потенцијалне нерегуларне промене степена преноса
- Коришћење трансмисионог уља за подмазивање, хлађење, управљање и рад хидродинамичког трансформатора

☐ Системи управљања хидромеханичким трансмисијама су у већини случајева електрохидраулички

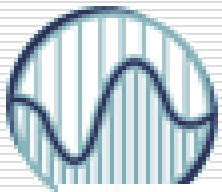


Управљање хидромеханичком трансмисијом (аутоматском трансмисијом)

- Захтеви:

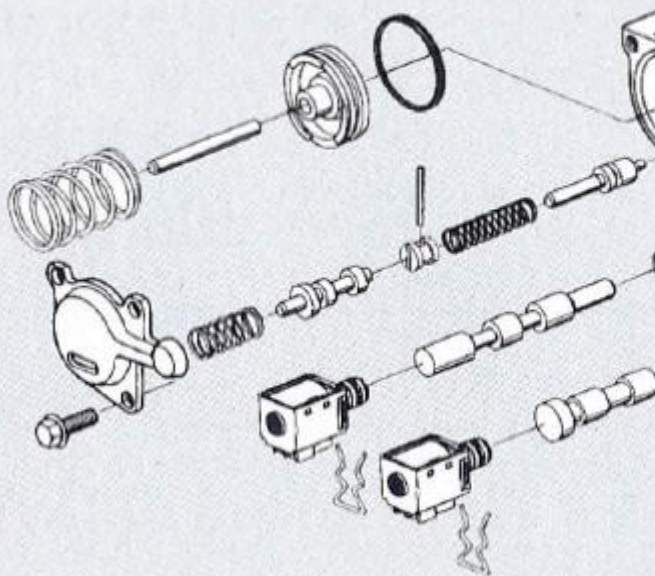
- Хидраулички систем:
 - Регулација и расподела притиска и протока за активирање фрикционих елемената у мењачком преноснику
 - Снабдевање уљем хидродинамичког претварача
 - Подмазивање и хлађење елемената мењачког преносника
- Кућиште хидрауличког система израђено је од ливеног алуминијума и има уграђене вентиле и који се електричним путем активирају

Управљање хидромеханичком трансмисијом (аутоматском трансмисијом)



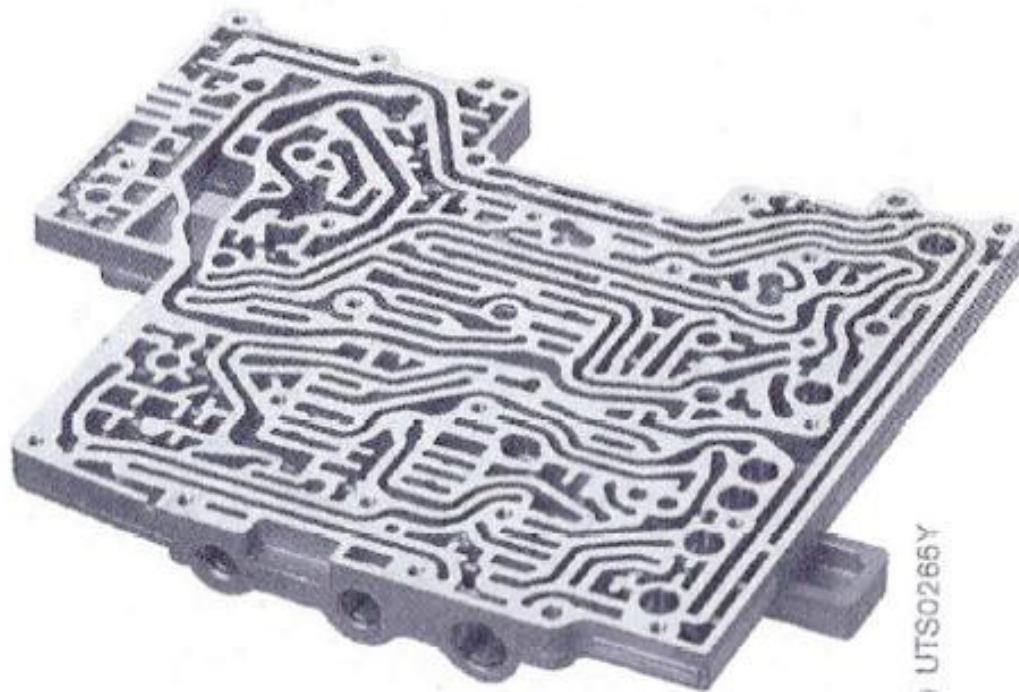
1

Exploded view of a hydraulic-control system (example: GM HYDRA-MATIC 4L60-E)



2

Main control with hydraulic valves

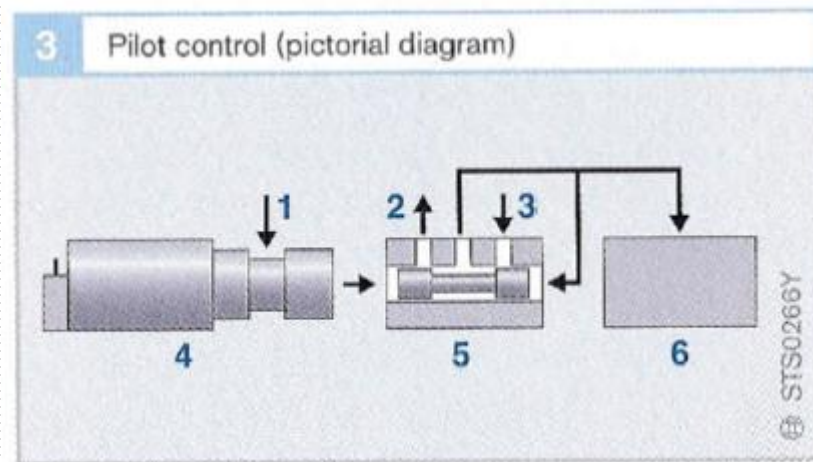


UTS0265Y



Управљање хидромеханичком трансмисијом (аутоматском трансмисијом)

- ❑ Електрохидраулично управљање
 - Присутно код свих модерних мењачких преносника
 - За разлику од чисто хидрауличких система управљања са механичким регулаторима, електрохидраулички вентили омогућавају модулацију притиска и прецизно „преклапање“ степена преноса, без једносмерних спојница
- ❑ Управљање фрикционим елементима
 - Пилот управљање
 - Директно управљање
- ❑ Пилот управљање
 - Регулација притиска и протока за активирање фрикционог елемента врши се вентилом (5) који је индиректно управљан деловањем управљачког притиска на осетљиву површину вентила. Управљачки притисак се генерише од актуатора.
 - Веће могућности формирања компактних управљачких блокова, коришћење стандардизованих актуатора, брз одзив и коришћење малих електромагнета



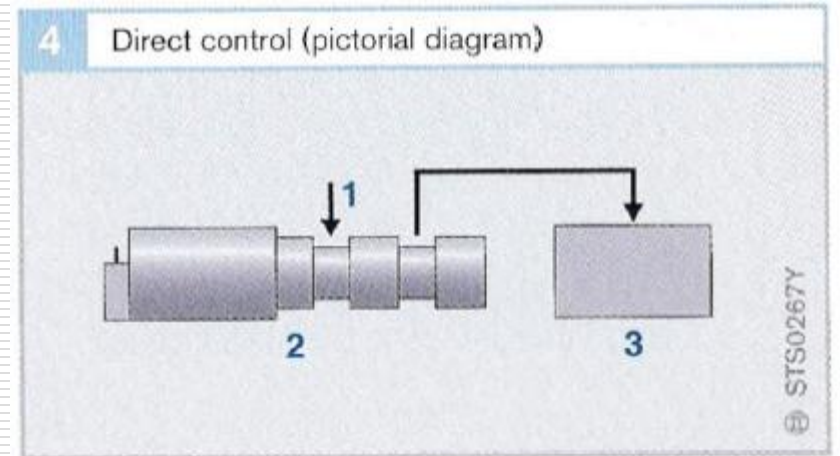
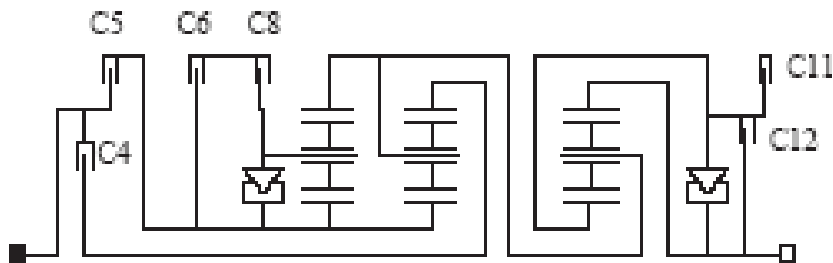


Управљање хидромеханичком трансмисијом (аутоматском трансмисијом)

□ Директно управљање

- Притисак и проток за активирање фрикционог елемента обезбеђују се директно од актуатора
- Компактан систем управљања са једноставнијим хидрауличким компонентама

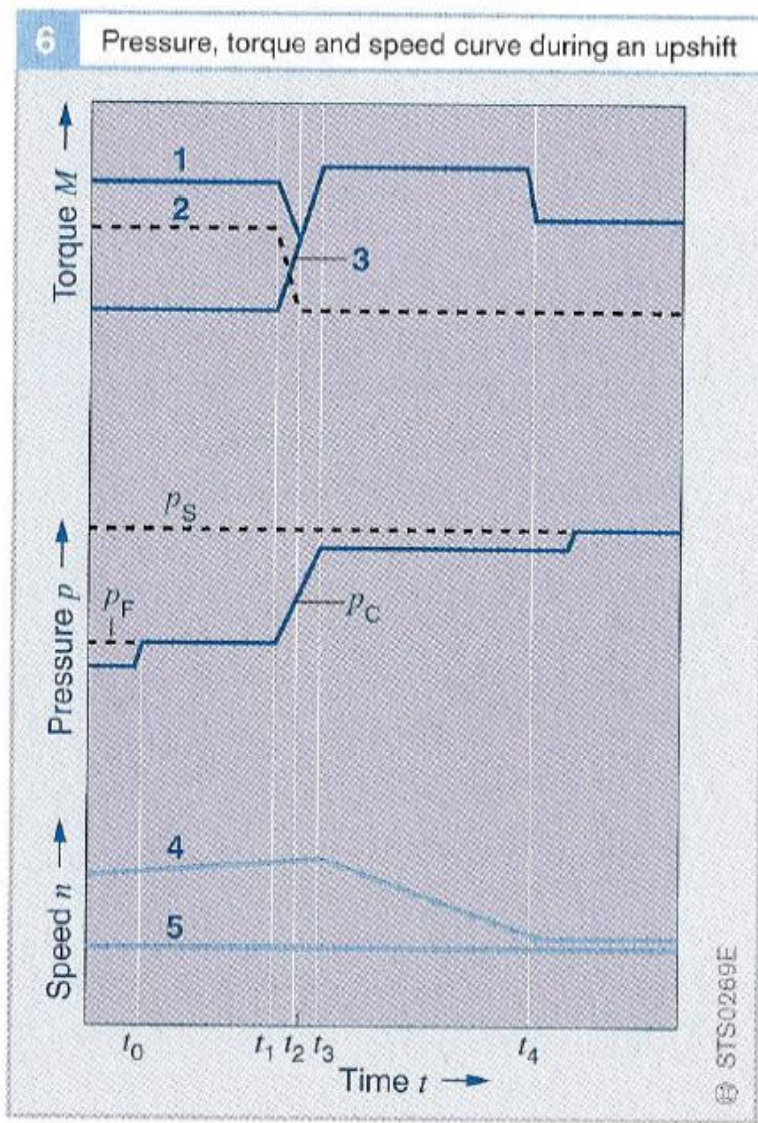
Gear	C4	C5	C6	C8	C11	C12
1	x				x	
2	x		x		x	
3	x	x			x	
4	x	x				x
R		x		x	x	



Конвенционална трансмисија – има једносмерне спојнице за олакшање промене степена преноса



Управљање променом степена преноса – мењачи са једносмерним спојницама



Konvencionalno upravljanje promenom stepena prenosa sa jednosmernom spojnicom – prebacivanje u viši stepen prenosa

p_c – pritisak u spojnici

p_F – pritisak punjenja spojnice

p_S – granični pritisak

t_0 – početak promene stepena prenosa

t_1 – početak prenosa obrtnog momenta, moment spojnice raste, moment jednosmerne spojnice opada

t_2 – jednosmerna spojnica isključena

t_3 – spojnica proklizava, moment spojnice ostaje konstantan

t_4 – moment spojnice se smanjuje, hidrodinamički pretvarač proklizava

1 – izlaz

2 – jednosmerna spojnica

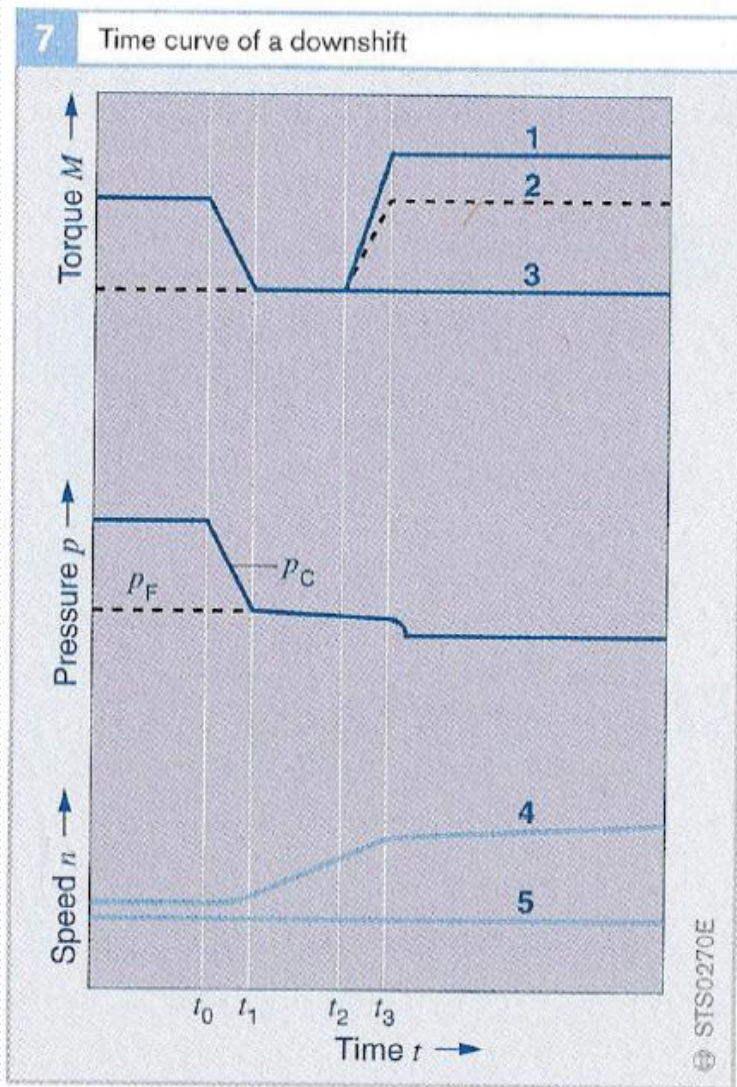
3 – spojnica

4 – motor

5 – izlaz iz transmisije



Управљање променом степена преноса – мењачи са једносмерним спојницама



Konvencionalno upravljanje promenom stepena prenosa sa jednosmernom spojnicom – prebacivanje u niži stepen prenosa

p_c – pritisak u spojnici

p_F – pritisak punjenja spojnice

t_0 – početak promene stepena prenosa, spojnica se prazni

t_1 – prekid prenosa momenta, motor povećava broj obrtaja

t_2 – brzina sinhronizacije nižeg stepena prenosa postignuta, jednosmerna spojnica se uključuje, pretvarač proklizava

t_3 – promena stepena prenosa završena

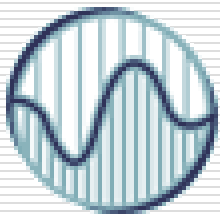
1 – izlaz

2 – jednosmerna spojnica

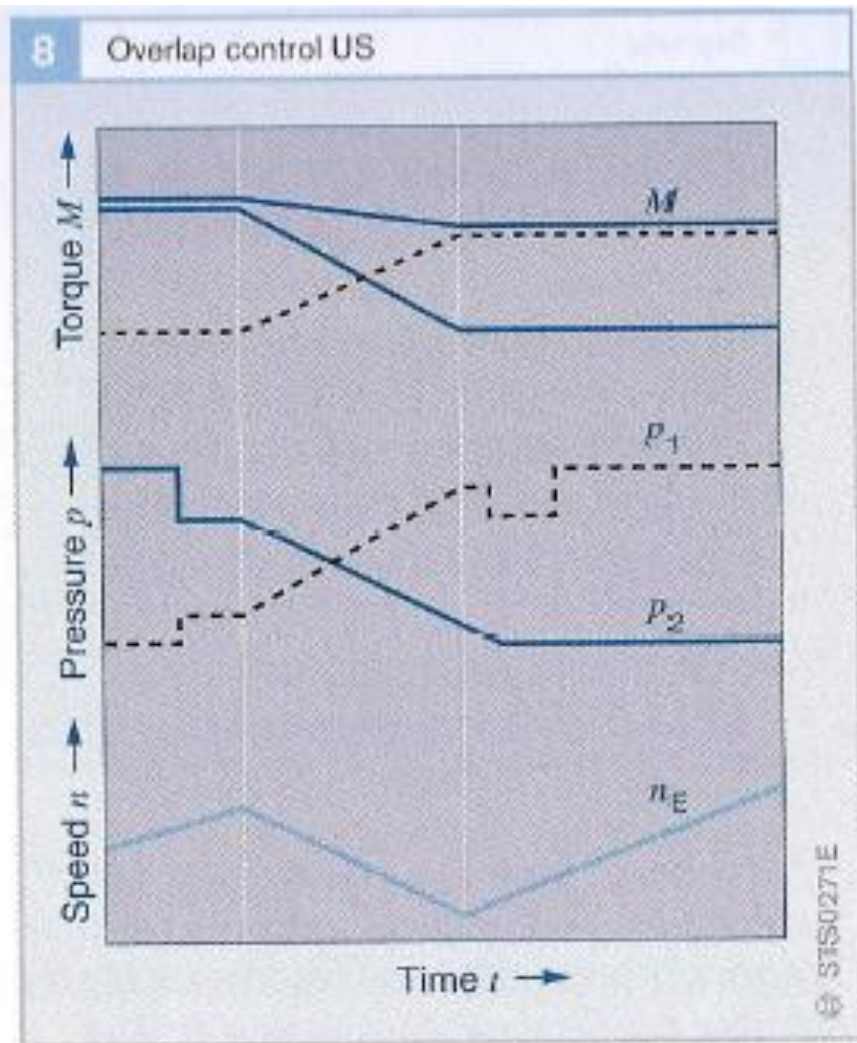
3 – spojnica

4 – motor

5 – izlaz iz transmisije



Управљање променом степена преноса – мењачи без једносмерних спојница



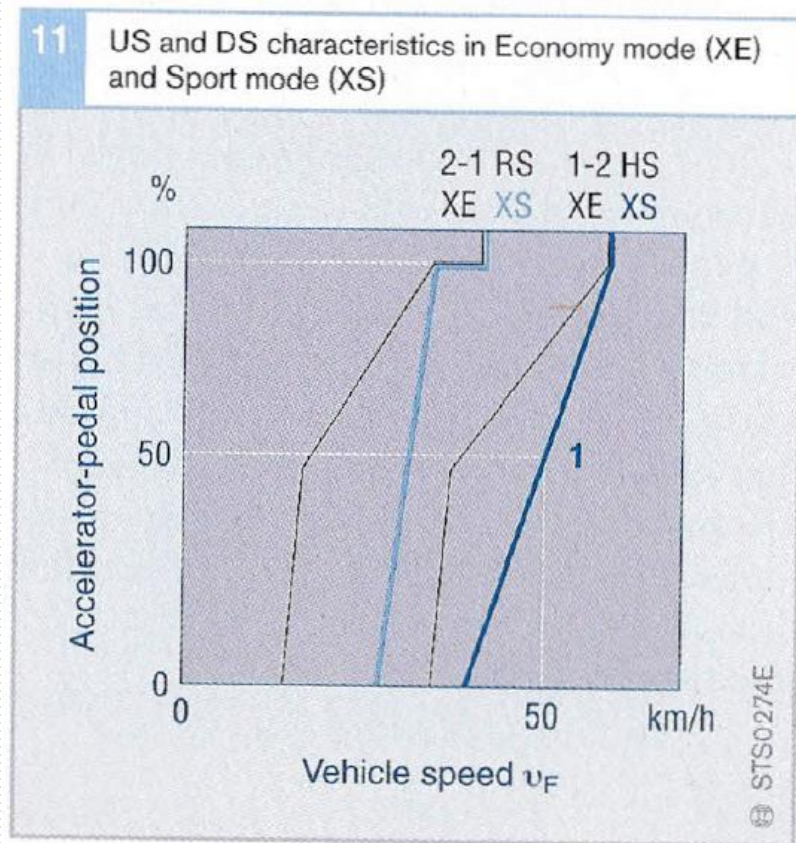
- ☐ неопходо управљање процесом „преклапања“ степена преноса
- ☐ много сложеније управљање процесом промене степена преноса у односу на мењаче са једносмерним спојницама
- ☐ карактеристике
 - једноставнија конструкција мењача
 - мањи захтеви за простором
 - могућност коришћења фрикционих елемената за различите степене преноса
 - захтева се велика прецизност при управљању променом степена преноса
 - сложен софтвер за управљање
 - у случају нерегуларног управљања долази до великог повећања броја обртаја мотора или до блокирања мотора



Одређивање тренутка промене степена преноса

Конвенционални приступ

- ❑ ручни одабир програма вожње – економична, спортска или зимска
- ❑ тренутак промене степена преноса је функција брзине кретања и положаја педале гаса



Савремени приступ – адаптивно управљање

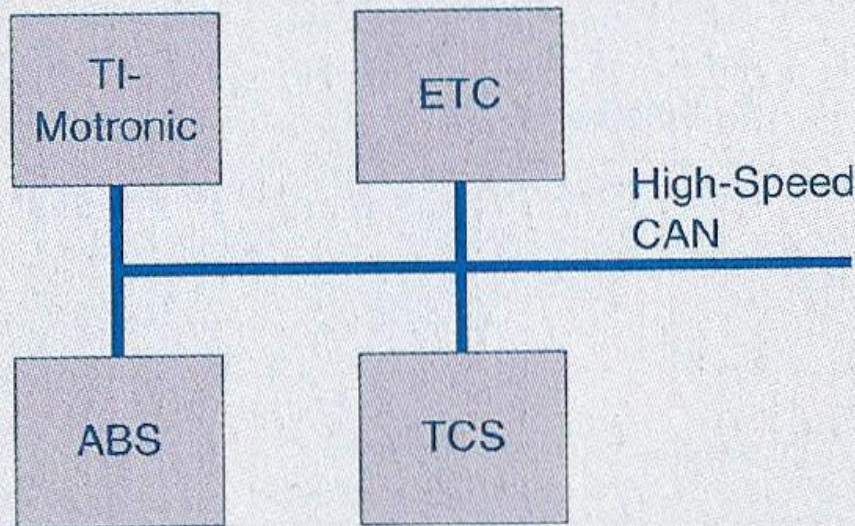
- ❑ код свих новијих трансмисија
- ❑ софтвер омогућава прилагођавање програма вожње (препознавање типа возача, саобраћајне ситуације и сл.)
- ❑ Примери: adaptive transmission control - ATC (BMW), dynamic shift program- DSP (Ауди)
- ❑ Препознавање типа возача: програм управљања променом степена преноса укључује информације о броју „kickdown“ акција, кочења и активирања управљачке полуге мењача
- ❑ препознавање саобраћајне ситуације: препознавање режима кретања на узбрдици, кретања у кривини, зимских услова, као и укључивања TCS



Електронске управљачке јединице погона возила

17

ECUs in the drivetrain



© STS0282E

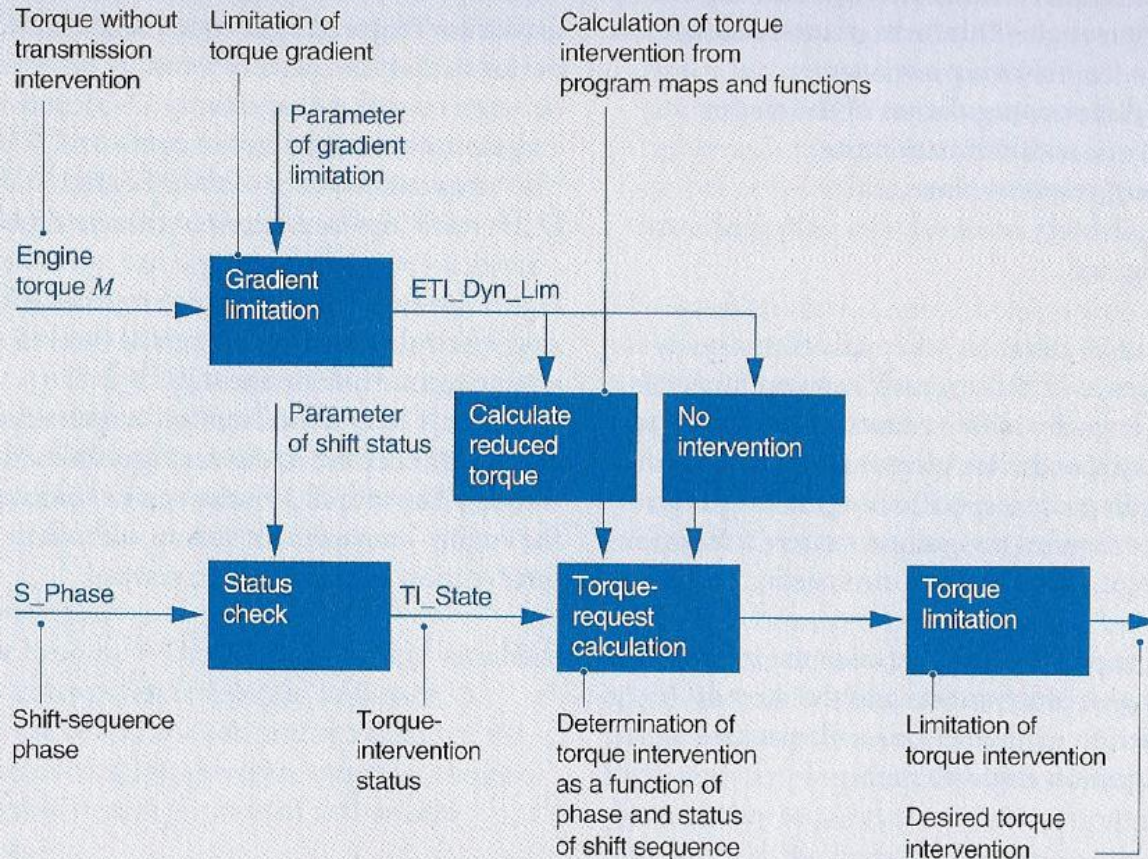
- ☐ TI – Motronic: EUJ motora
- ☐ ETC – EUJ transmisije
- ☐ ABS – EUJ sistema za kočenje
- ☐ TCS – EUJ sistema protiv proklizavanja



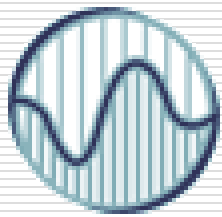
Управљање обртним моментом мотора

18

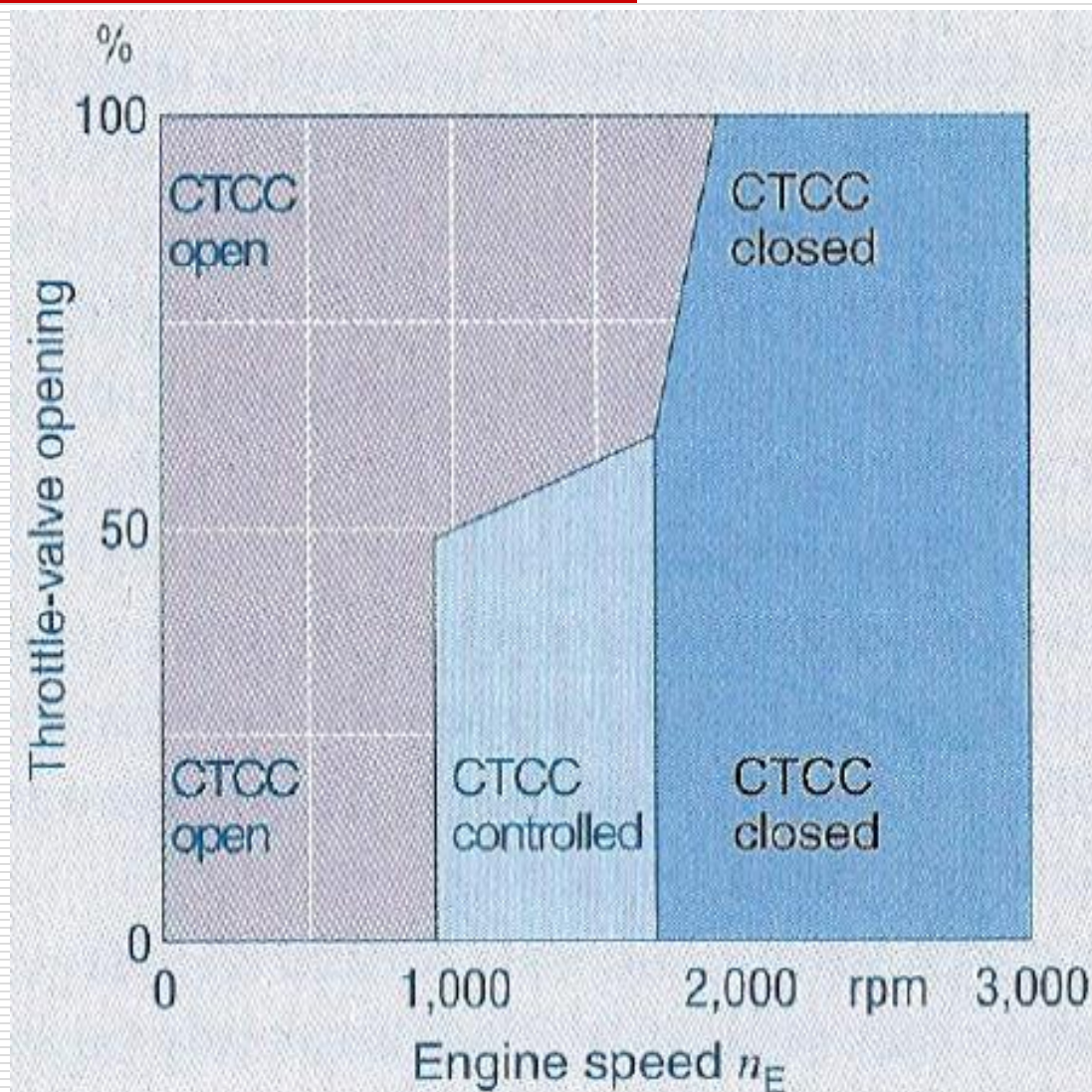
Calculation of engine-torque intervention (ETI) in current transmission control

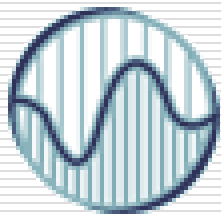


- $ETI_ETC = f(ETI_Dyn_Lim, TI_State)$
- ETI_ETC – zahtevani nivo momenta motora
- ETI_Dyn_Lim – dinamički limitiran moment motora (smanjenje promene momenta motora radi osiguranja udobnosti)
- TI_State – trenutni status

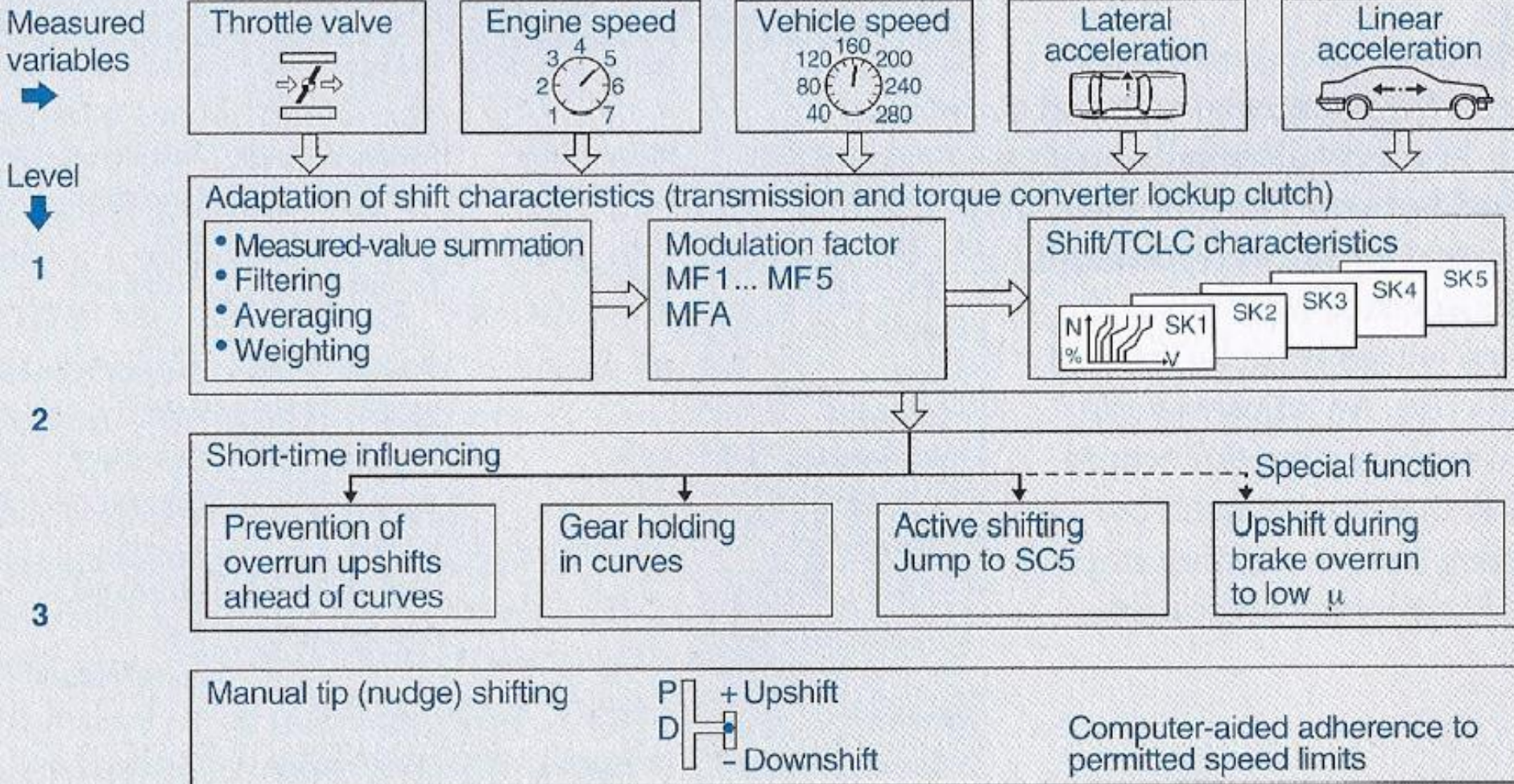


Управљање блокирајућом спојницом претварача





Пример стратегије управљања погоном





Управљање CVT трансмисијом

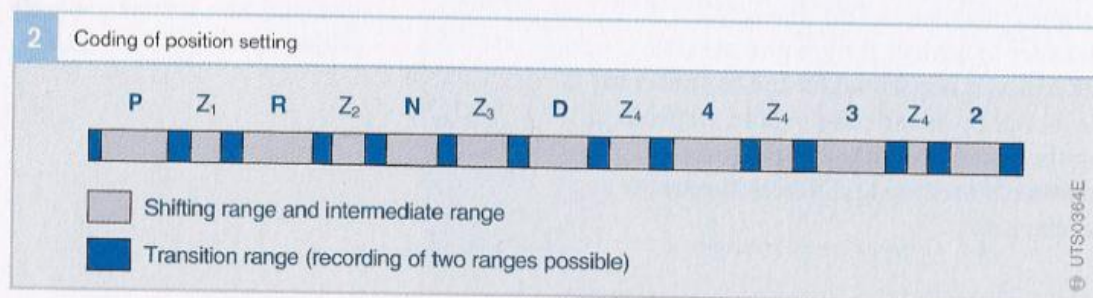
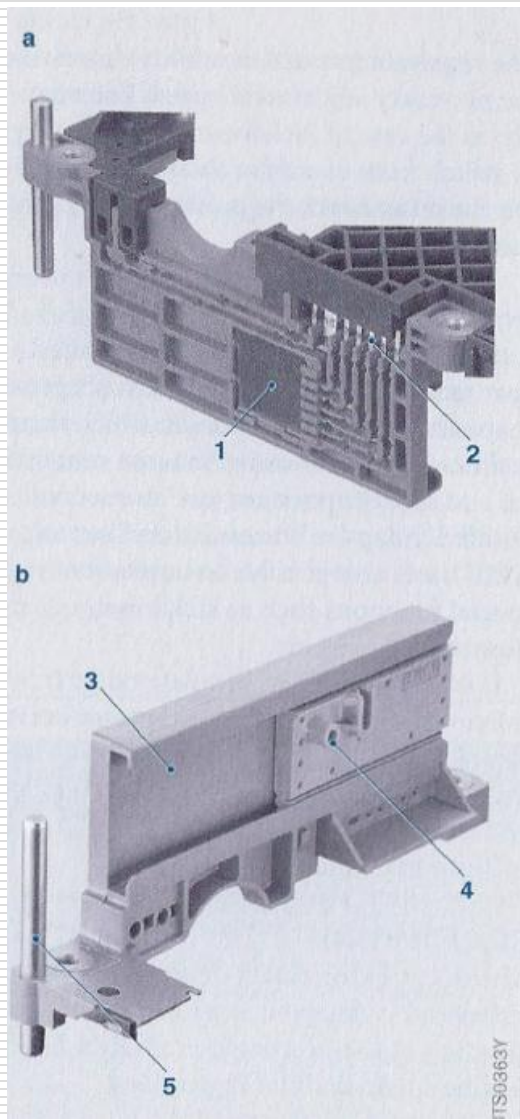
- Захтеви за управљање
 - примарна и секундарна ременица
 - хидродинамички претварач са блокирајућом спојницом
 - спојнице за ход уназад
 - хидрауличка пумпа променљивог протока
 - систем за управљање у случају делимичног отказа
- Управљачке функције
 - контактни притисак на фрикционим површинама
 - преносни однос
 - програм промене преносног односа
 - активирање спојница
 - управљање хидродинамичким трансформатором и блокирајућом спојницом
 - укључивање пумпе
 - укључивање хода уназад

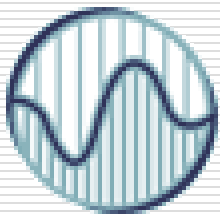


Давачи у трансмисији

Давач положаја

- ☐ у трансмисијама са ручном променом степена преноса даје информацију о тренутном степену преноса (положају команде мењача) и даје излаз у виду 4-бит-ног кода за ЕУЈ трансмисије
- ☐ у трансмисијама са електронском променом степена преноса даје информацију о положају радног цилиндра паркирне кочнице
- ☐ а – фронтални поглед
- ☐ б – поглед позади
- ☐ 1 – уграђена електроника
- ☐ 2 – конектор
- ☐ 3 – уграђени Холови елементи
- ☐ 4 – носач са сталним магнетом

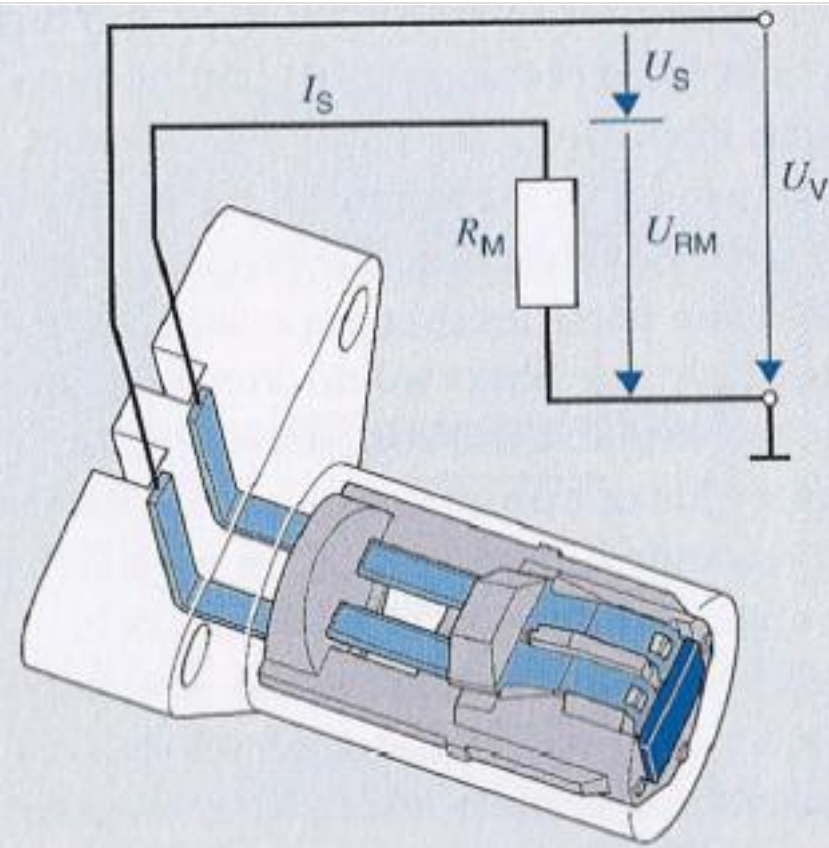




Давачи у трансмисији

Давач броја обртаја

- ❑ уграђују се у све врсте аутоматизованих трансмисија (АТ, АСТ, ЦВТ)
- ❑ интегрисани са управљачким модулом трансмисије или посебно уграђени
- ❑ варијанте:
 - стандардни: правоугаони сигнал чија фреквенција одговара броју обртаја
 - интелигентни: правоугаони сигнал са додатним информацијама на основу модулације ширине импулса (број обртаја, детекција застоја, смера ротације, положаја и сл.)





ЕЛЕКТРОГИДРАУЛИЧКИ АКТУАТОРИ У УПРАВЉАЧКОМ СИСТЕМУ ТРАНСМИСИЈЕ

- Електрохидраулички актуатори: веза између електронског система управљања трансмисијом и механичких компонената за управљање
 - Претварају командне сигнале мале снаге у управљачке силе веће снаге потребне за процес.
- Конструкцијске реализације:
 - Електромагнетни вентили типа ON/OFF
 - Електромагнетни вентили са модулацијом ширине импулса - PWM
 - Регулатори притиска са цилиндричном радном површином - ПР-С
 - Регулатори притиска са равним седиштем - ПР-Ф

1 Transmission functions and associated actuators				
Automatic transmission (AT)				
Function	Actuator type			
	PWM	PR-F	PR-S	On/Off
• Control main pressure	X	X	X	
• Initiate gear change: 1-2-3-4-5-6		X		X
• Modulate shift pressure	X	X	X	
• Control torque converter lockup clutch	X	X		X
• Reverse-gear lock				X
• Safety functions		X		X

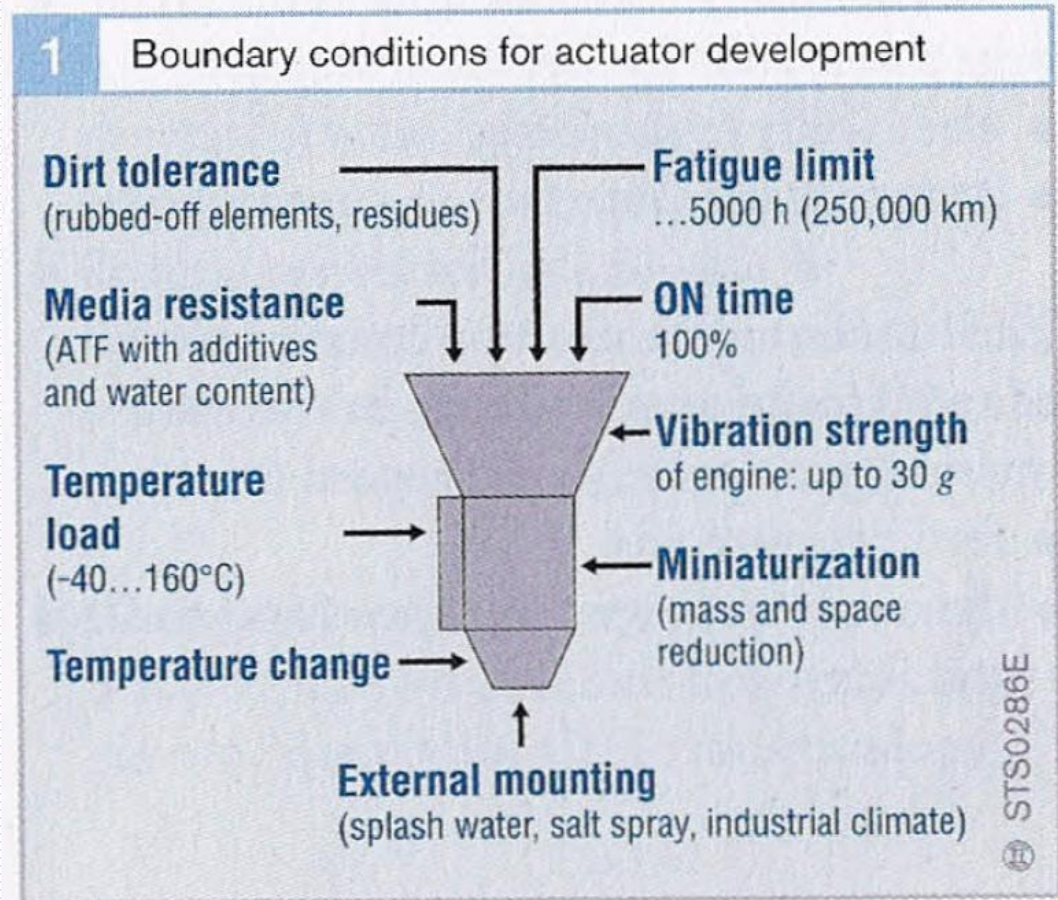
Automated shift transmission (AST)	
Standard electric-motor actuation:	
<ul style="list-style-type: none"> • Initiate gear change • Actuate clutch • Safety functions (fail-safe) 	

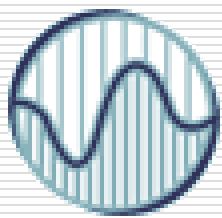
Continuously variable transmission (pulley CVT)				
Function	Actuator type			
	PWM	PR-F	PR-S	On/Off
• Adjust gear ratio		X	X	
• Control belt tension		X	X	
• Control start-up clutch	X	X	X	
• Reverse-gear lock				X



ЕЛЕКТРОГИДРАВЛИЧКИ АКТУАТОРИ У УПРАВЉАЧКОМ СИСТЕМУ ТРАНСМИСИЈЕ

- Код већине аутоматизованих трансмисија, ови актуатори тренутно служе за пилот-управљање елементима, док је могуће и директно управљање
- Затхеви:
 - Дуг радни век, који одговара радном, веку мењача (чак до 250.000 км без замене уља)
 - Сигурно функционисање у свим температурним режимима



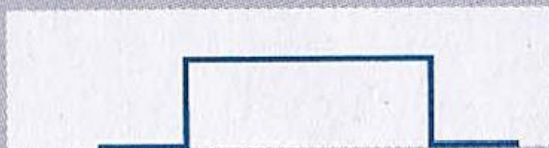


Принцип рада електрохидрауличких актуатора

Switching valves

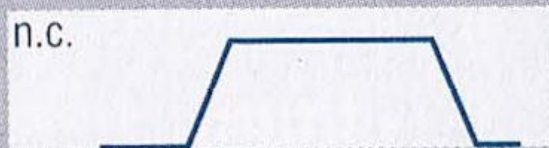
On/Off valve

Input
(Current I)



n.c.

Output
(Pressure p)



n.o.



Time $t \rightarrow$

Proportional-control valve

Pulse-width-modulated (PWM) valve

Current $I \rightarrow$



Time $t \rightarrow$

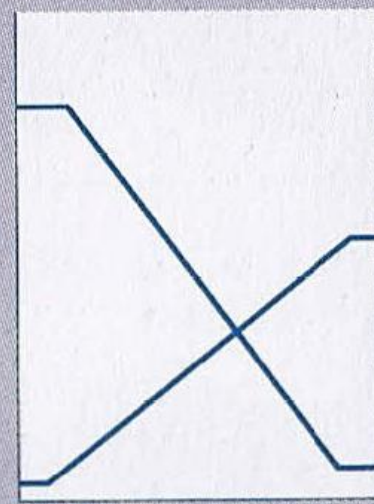
Pressure $p \rightarrow$



Duty factor \rightarrow

Pressure-control valve

Pressure $p \rightarrow$



Current $I \rightarrow$



Типови електрохидрауличких актуатора

1

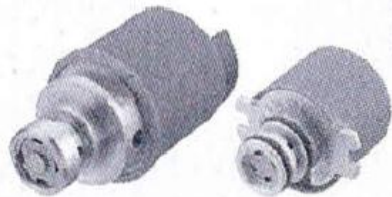
Actuators (overview with examples)

Solenoid valves

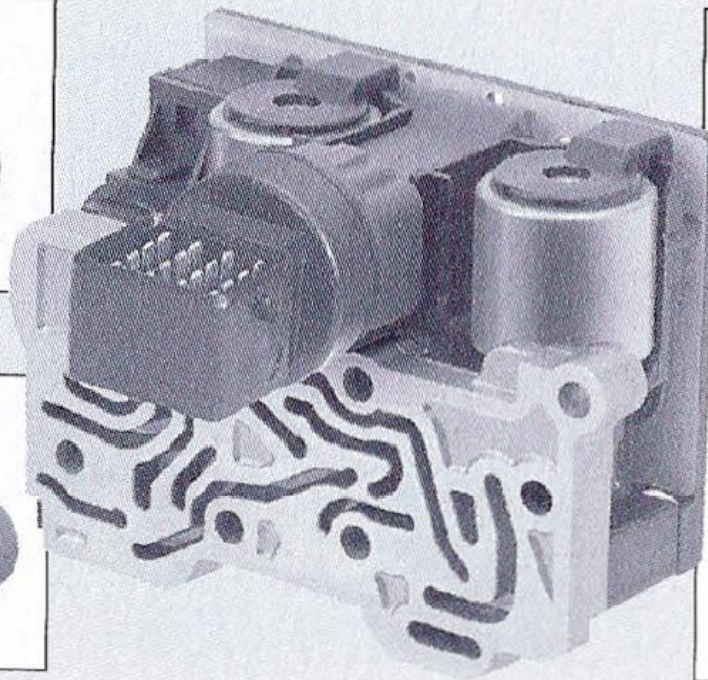
Switching valves



PWM valves



Hydraulic module



Pressure regulators

Flat-seat valves

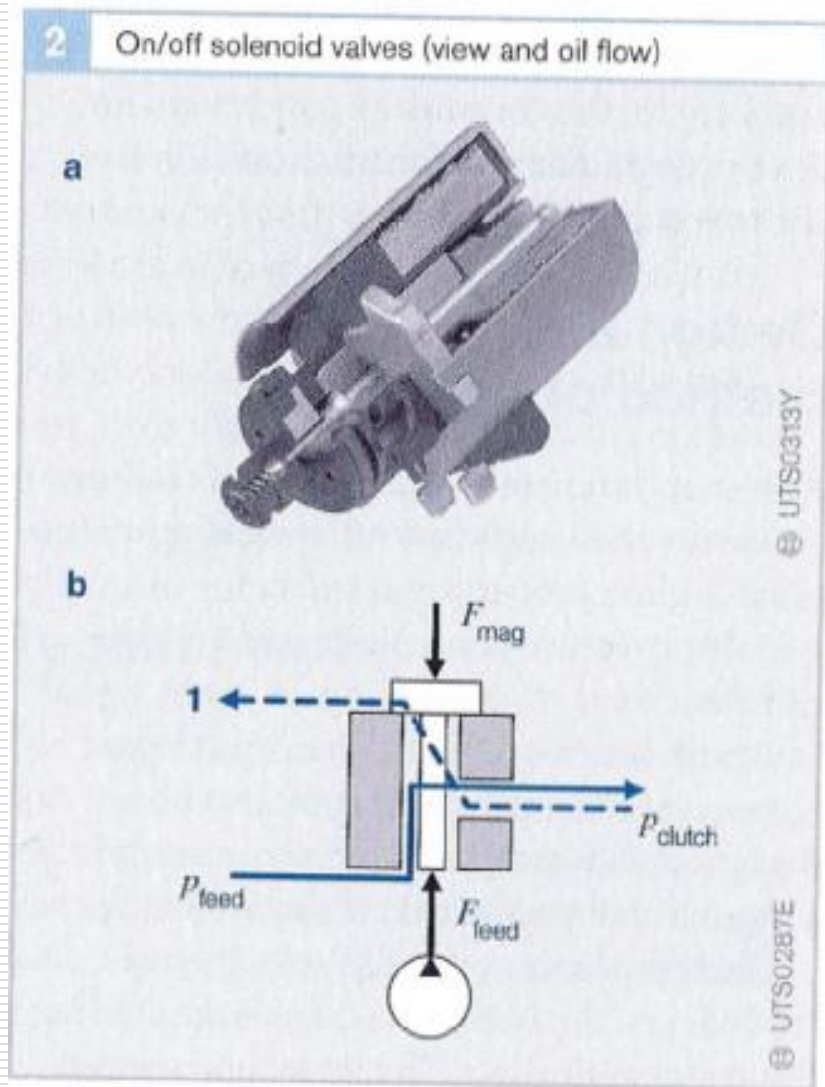


Spool valves





Типови електрохидрауличких актуатора



- Морају да задовоље захтеве за уградњу по питању механичких, електричних, геометријских и хидрауличких захтева
- Конструкција треба да задовољи захтеве у односу на радни притисак и брзину одзива, односно стабилност управљања

ОН/ОФФ електромагнетни вентил:

- a) Вентил са кугличним седиштем
- b) Ток уља у вентилу

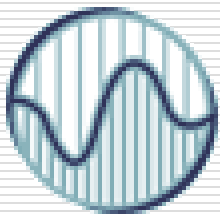
F_{mag} – сила електромагнета

F_{feed} – сила притиска уља

p_{feed} – притисак напајања

$p_{\text{цлутцх}}$ – притисак у спојници

- Употреба у једноставнијим трансмисијама без управљања прелазним процесом
- Употребљавају се за сигурносне



ON/OFF електромагнетни вентил

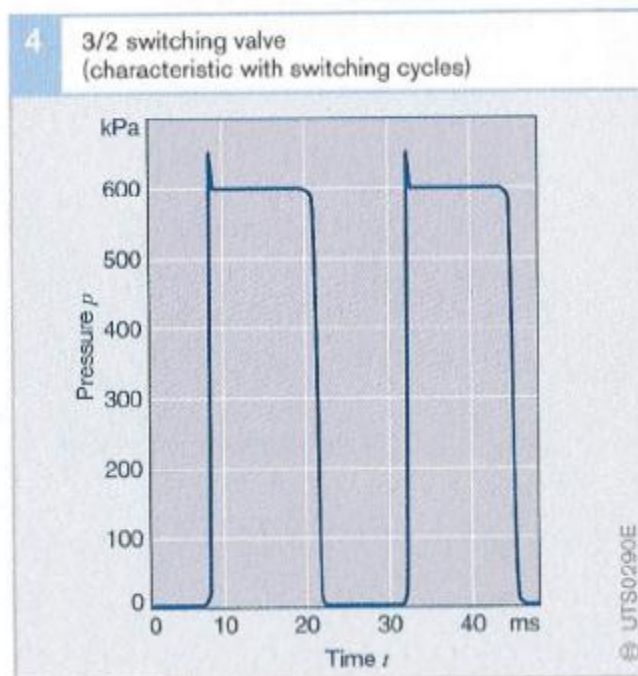
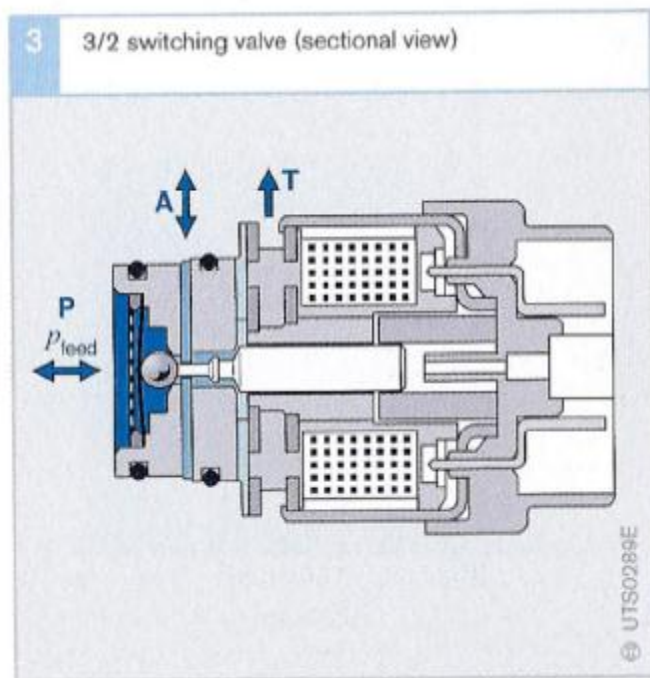


Fig. 3

A Working-pressure channel

P Feed

T Return to tank

p_{feed} Feed pressure

Characteristic data (typical example):

Feed 400...600 kPa pressure

Flow rate > 2.5 l/min

Operating 9...16 V voltage

Resistance 12.5 Ω

Number $2 \cdot 10^6$ of switching cycles

Карактеристике:

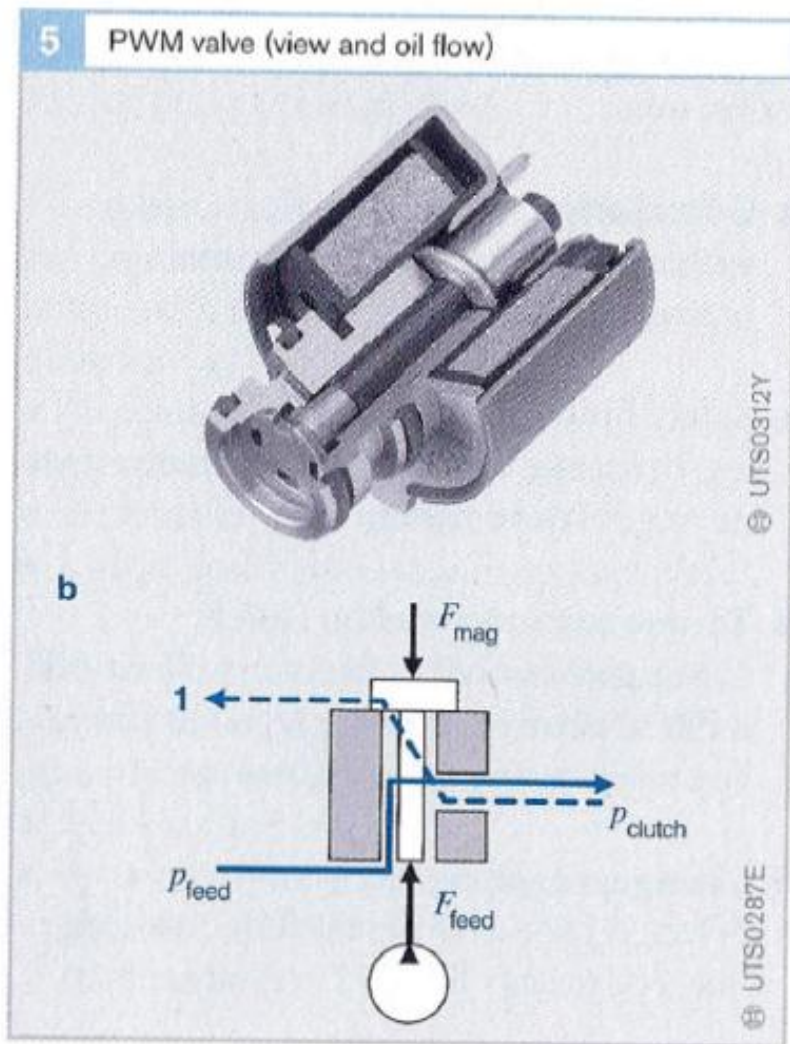
- ❑ ниски трошкови,
- ❑ неосјетљивост на прљавштину и контаминације,
- ❑ Мали хидраулички губици
- ❑ Једноставна електроника активирања

Примена:

- ❑ Промена степена преноса код вишеструког коришћење главног регулатора притиска
- ❑ Сигурносне функције: блокада хода уназад код вожње напред
- ❑ Блокирање претварача обртног момента
- ❑ Подешавање протока пумпе



Електромагнетни вентили са модулацијом ширине импулса - PWM



- У суштини иста конструкција као ОН/ОФФ електромагнетски вентили
- радна фреквенција: 30 ... 100 Хз,
- Већа брзина промене и већа механичка оптерећење (хабање)
- Притисак напајања делује на малу површину – поуздано затварање и лако отварање
- Строги захтеви у погледу прецизности у производњи

Предности:

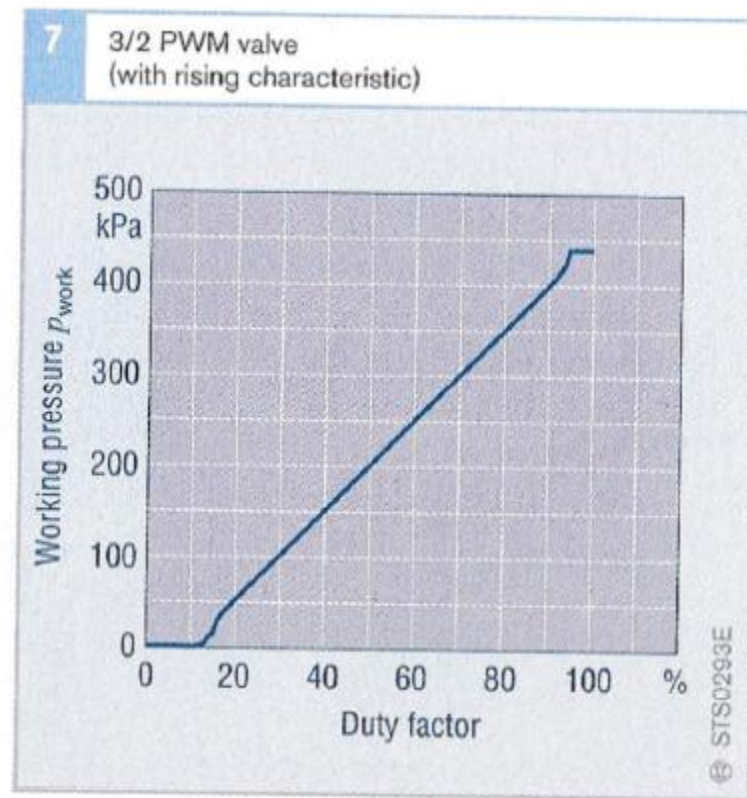
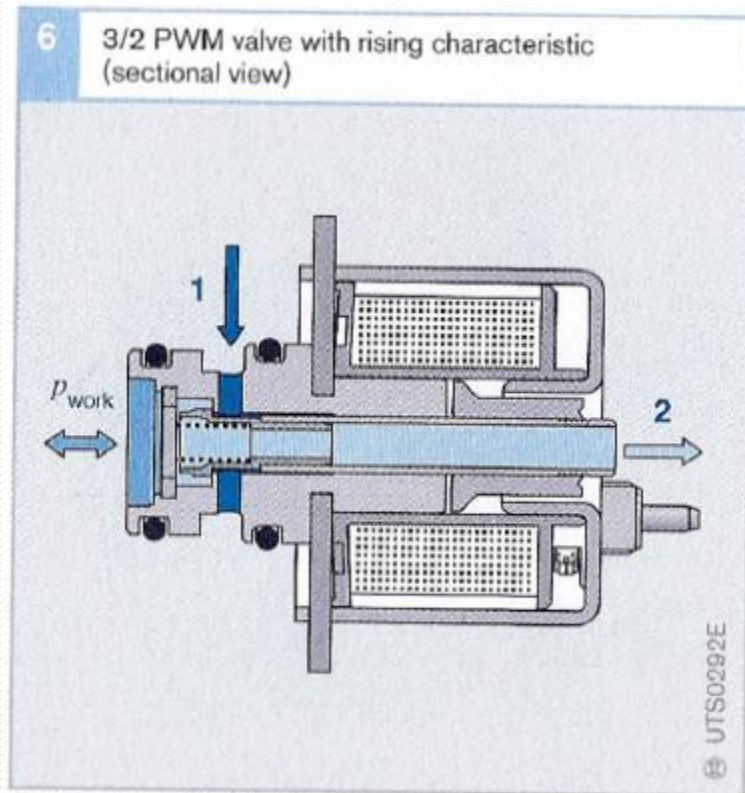
- ниски трошкови,
- неосјетљивост на прљавштину и контаминацију,
- Непостојање хистерезиса,
- Мали хидраулички губици
- Једноставна електроника активирања

Недостаци:

- пулсирање притиска и
- зависност од карактеристика од притиска напајања

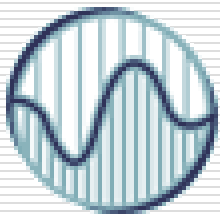


Електромагнетни вентили са модулацијом ширине импулса - PWM



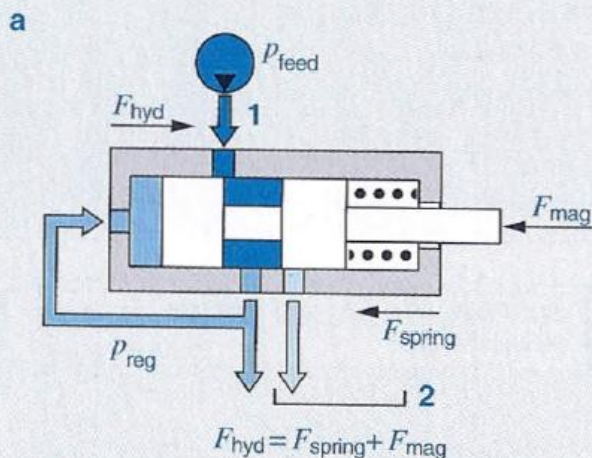
Примена:

- ❑ Управљање спојницом за блокирање претварача
- ❑ Укључивање главне спојнице
- ❑ Управљање притиском напајања



Регулатори притиска

10 Pressure regulator (basic layout)



a) Регулатор са цилиндричном радном површином

Предности:

- Висока прецизност
- Мала осетљивост на промену протока
- Мала осетљивост на промену температуре
- Мали хидраулички губици
- Може се постићи притисак једнак нули

Недостаци:

- скупа производња прецизних компонената
- потребна прецизна електроника

a) Регулатор са равним седиштем

Предности:

- висока прецизност,
- Ниска цена
- Мала осетљивост на промену протока
- неосјетљивост на прљавштину и контаминације,

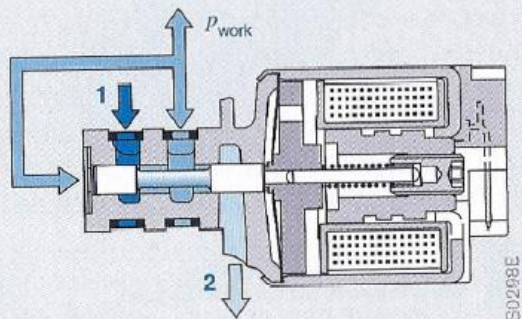
Недостаци:

- Велики хидраулички губици
- Присутан заостали притисак који зависи од температуре
- скупа електроника



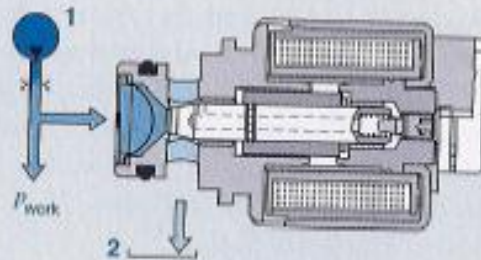
Регулатори притиска

12 D30 spool-type pressure regulator (sectional view)



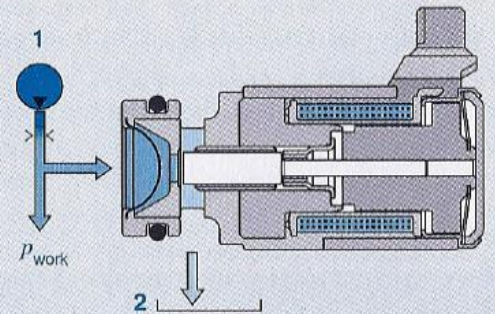
UTS0298E

15 D30 flat-seat pressure regulator, falling characteristic (sectional view)



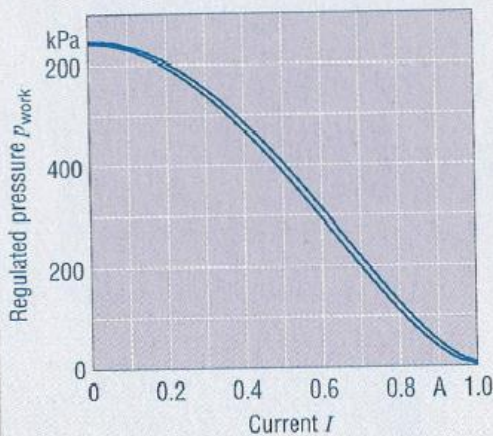
UTS0304E

18 D20 flat-seat pressure regulator, rising characteristic (sectional view)



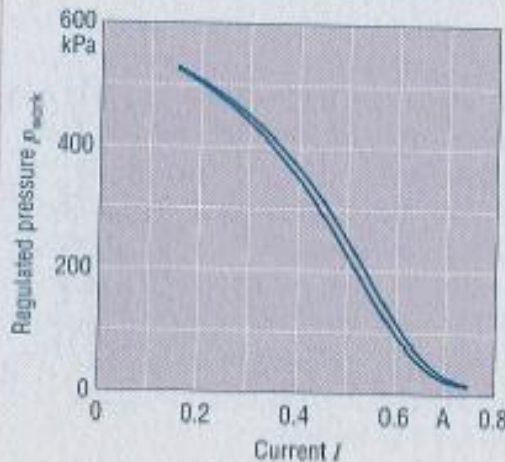
UTS0304E

13 Spool-type pressure regulator (falling characteristic)



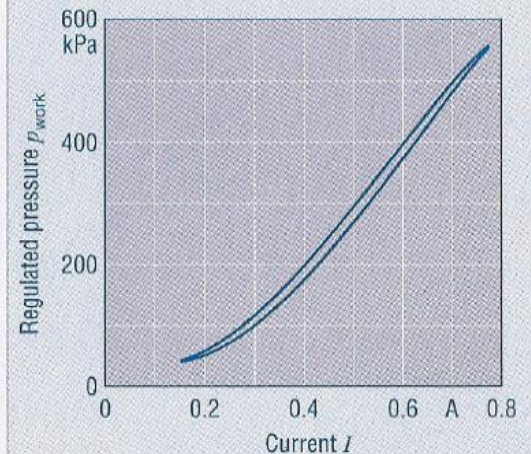
STS0299E

16 Flat-seat pressure regulator (falling characteristic)



STS0302E

19 D20 flat-seat pressure regulator (rising characteristic)



STS0305E