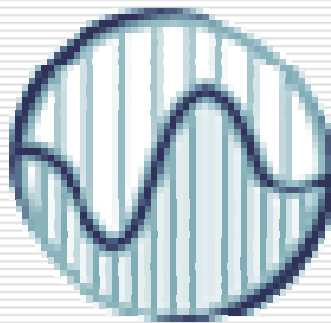
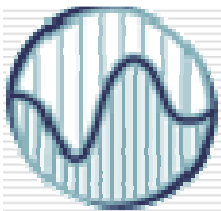




Висока школа електротехнике и
рачунарства струковних студија

СИСТЕМ ЗА ПАЉЕЊЕ СМЕШЕ КОД ОТО МОТОРА

1. Намена и подела система
2. Генерације система паљења
3. Регулација угла претпаљења
4. Свећице

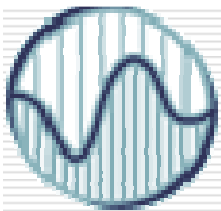


НАМЕНА И ПОДЕЛА СИСТЕМА

Код ото-мотора, паљење претходно добро измешане и сабијене хомогене смеше се врши електричном варницом при крају такта сабијања.

Од поменутог система се захтева следеће:

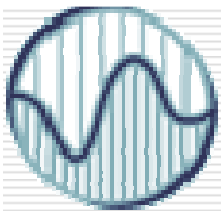
- да створи варницу на електродама свећице, која ће поуздано извршити упаљење смеше у свим радним условима мотора,
- да упаљење изврши у оптималном тренутку у зависности од режима рада мотора, од чега у великој мери зависи процес сагоревања.



НАМЕНА И ПОДЕЛА СИСТЕМА

Према извору електричне енергије која се трансформише у струју високог напона неопходног за стварање варнице, разликују се две врсте система:

- **магнетни систем паљења** код кога се електрична енергија индукује у тзв. магнету, пре трансформације у струју високог напона за паљење и
- **батеријски систем паљења** код кога је извор електричне енергије која се трансформише, акумулаторска батерија.



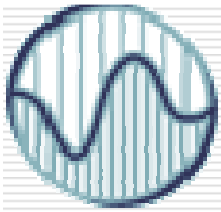
НАМЕНА И ПОДЕЛА СИСТЕМА

Батеријски системи се деле према начину акумулирања потребне енергије за стварање варнице:

- **индуктивне системе** код којих се енергија акумулира у намотајима индукционог калема у виду енергије магнетног поља и
- **капацитивне системе**, код којих се потребна енергија акумулира у виду електричног поља кондензатора.

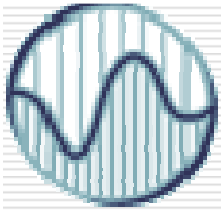
Системи паљења се могу поделити и према начину образовања импулса за паљење, такође на две групе:

- **системе са механичким прекидачем**, код којих се импулс за паљење остварује механичким путем, раздвајањем контаката прекидача и
- **системе без механичког прекидача** (бесконтактне системе) код којих се импулси за паљење формирају електронским путем.



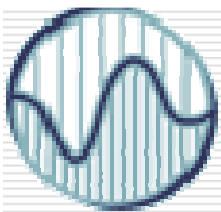
НАМЕНА И ПОДЕЛА СИСТЕМА

- Системи паљења се могу поделити и према начину преноса високог напона на свећице:
 - **системе са дистрибутором (разводника паљења)**
 - **системе без дистрибутора (без разводника паљења) – електронске системе паљења**

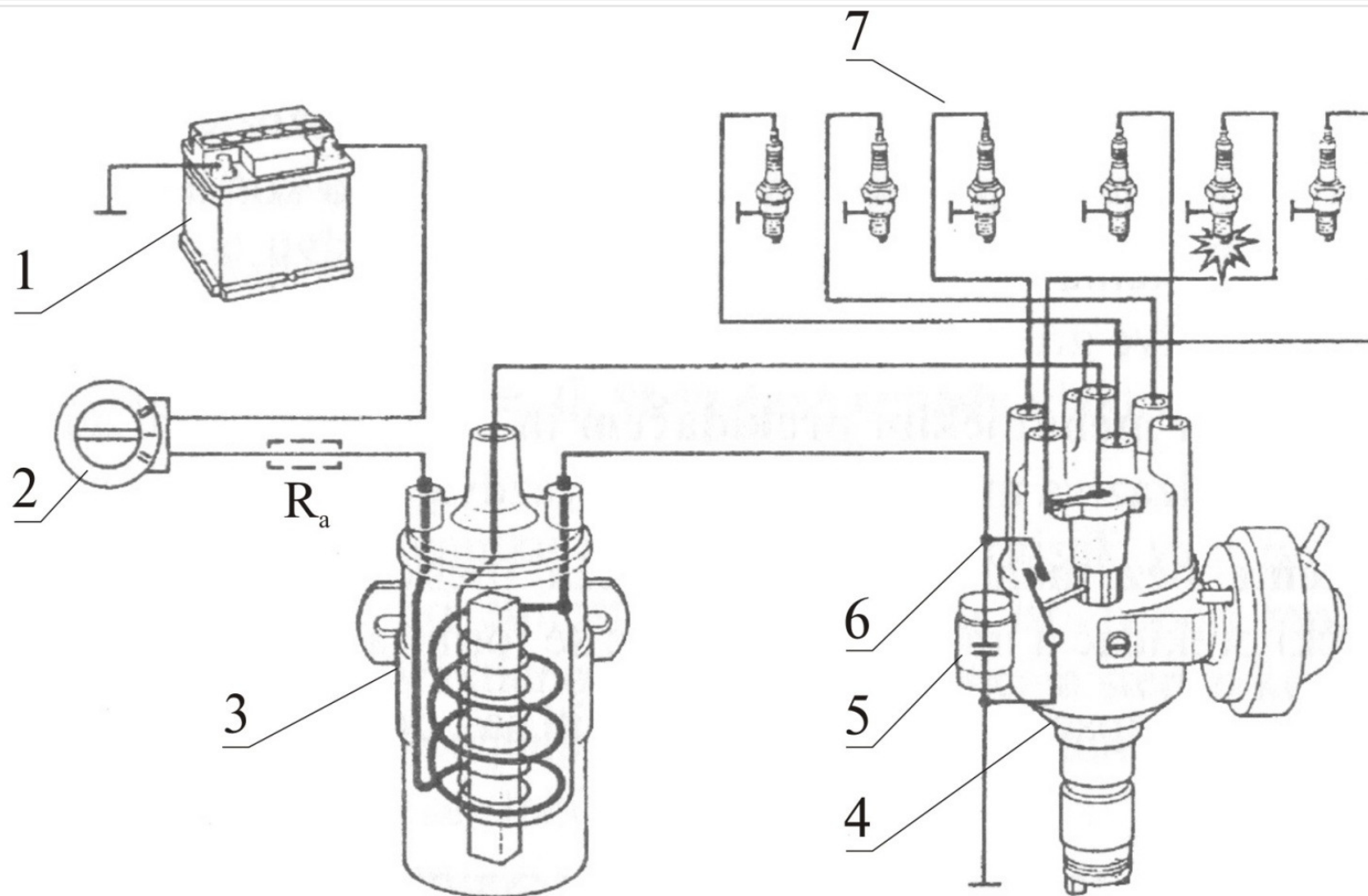


Генерације система паљења (BOSCH)

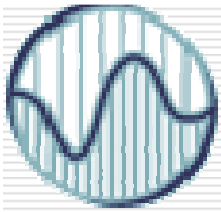
- ❑ Класични (SZ): механички прекидач у колу примарне струје
- ❑ Транзисторски (TZ): бесконтактни давач и управљачки транзистор за јаку струју
- ❑ Прво електронско паљење (EZ): разводник у колу високог напона, варница се генерише електронски, у било ком тренутку
- ❑ Потпуно електронско паљење (VZ): механички ротирајући разводник високог напона замењен механичким компонентама



БАТЕРИЈСКИ СИСТЕМИ ПАЉЕЊА



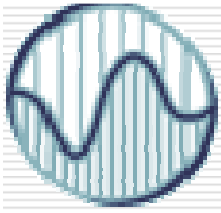
Батеријски систем паљења са
механичким прекидачем



БАТЕРИЈСКИ СИСТЕМИ ПАЉЕЊА

У складу са законом о електромагнетној индукцији, кад се секундарни намотаји налазе у променљивом магнетном пољу, у њима се индукује струја чији је напон пропорционалан:

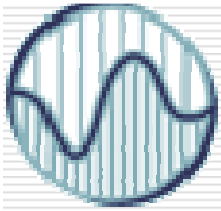
- јачини струје у примарним намотајима,
- брзини промене магнетног поља примара и
- односу броја навојака примарног и секундарног намотаја индукционог калема.



БАТЕРИЈСКИ СИСТЕМИ ПАЉЕЊА

Напон на свећици зависи од :

- ☐ Густине смеше у комори за сагоревање
- ☐ Састава смеше - коефицијент вишка ваздуха
- ☐ Угла предпаљења
- ☐ Геометрије електрода свећице
- ☐ Материјала електрода
- ☐ Зазора између електрода



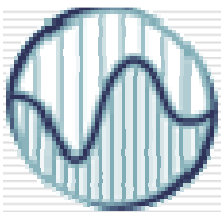
БАТЕРИЈСКИ СИСТЕМИ ПАЉЕЊА

Предности батеријског система паљења су:

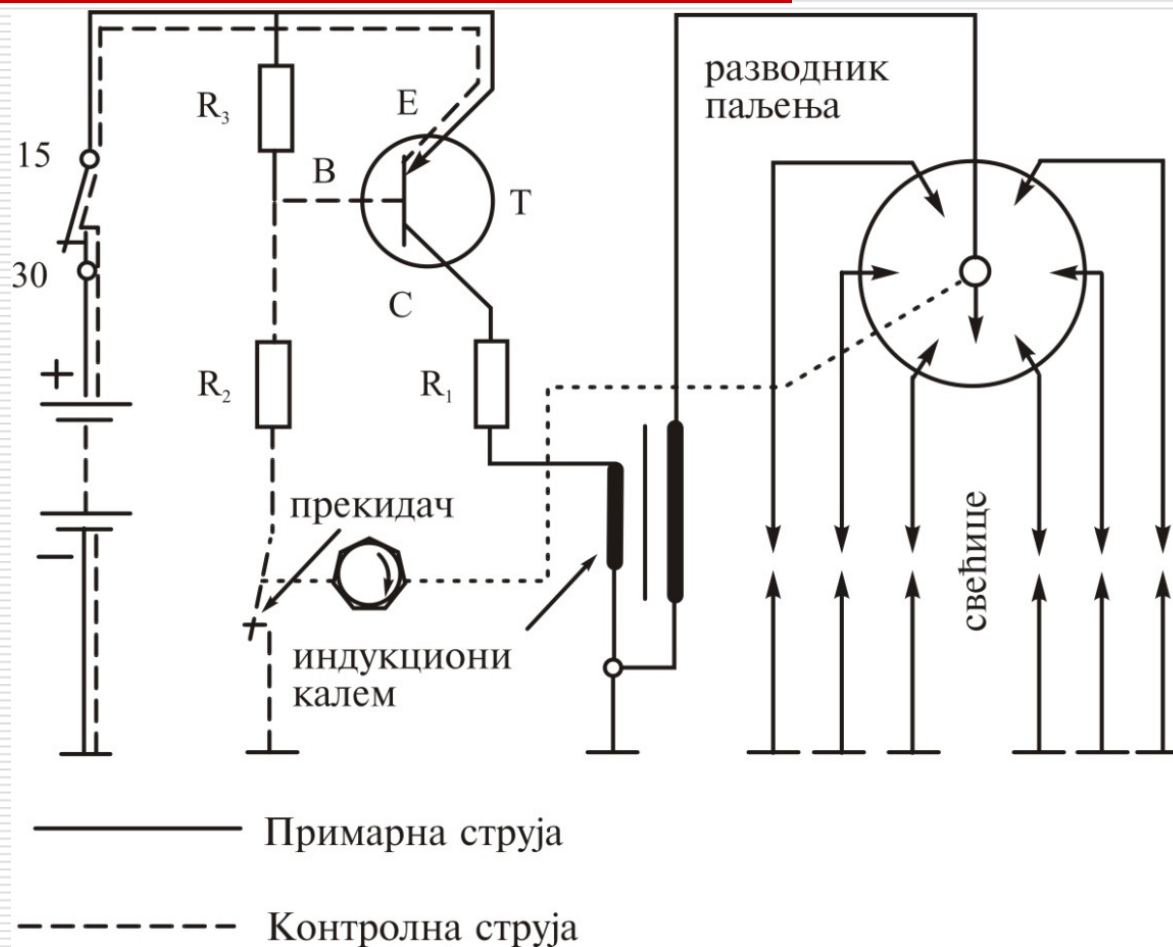
- Једноставност,
- ниска цена система,
- могућност интервенције у теренским условима.

Недостаци су:

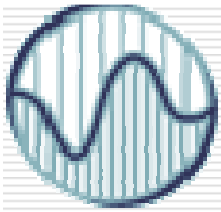
- релативно кратак век контактних дугмади,
- значајно опадање напона код већег броја варница у јединици времена,
- код ниског броја обртаја расположиви напон се смањује због мале брзине раздвајања контаката, што је нарочито проблем код покретања мотора.



БАТЕРИЈСКИ СИСТЕМИ ПАЉЕЊА



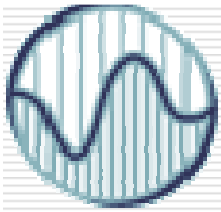
Транзисорски индуктивни систем
паљења са механичким прекидачем



БАТЕРИЈСКИ СИСТЕМИ ПАЉЕЊА

Транзисторским системом паљења су отклоњене следеће неповољне особине батеријског индуктивног (конвенционалног) система паљења:

- Електроерозија контактних дугмади је знатно мања, тако да им је век трајања знатно продужен;
- Код ниског броја обртаја нема смањења секундарног напона, пошто је прекид примарне струје тренутан и код мале брзине раздвајања контаката;
- Јачина примарне струје код овог система није ограничена могућностима и веком контактних дугмади.



БАТЕРИЈСКИ СИСТЕМИ ПАЉЕЊА

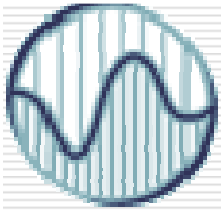
Код транзисторских бесконтактних система паљења уместо механичког прекидача, ови системи садрже тзв. генератор импулса за паљење.

С обзиром на принцип рада они могу бити:

- Индуктивни (магнетни),
- На бази Hall-овог ефекта (Hall-ов давач импулса),
- Фотоелектрични и сл

Најчешће у примени индуктивни генератор импулса.

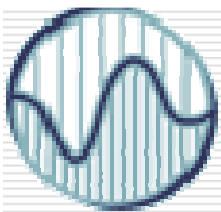
- Он својим импулсима (синхронизованим са осталим процесима у мотору) управља радом транзистора намењеног за прекид примарне струје.



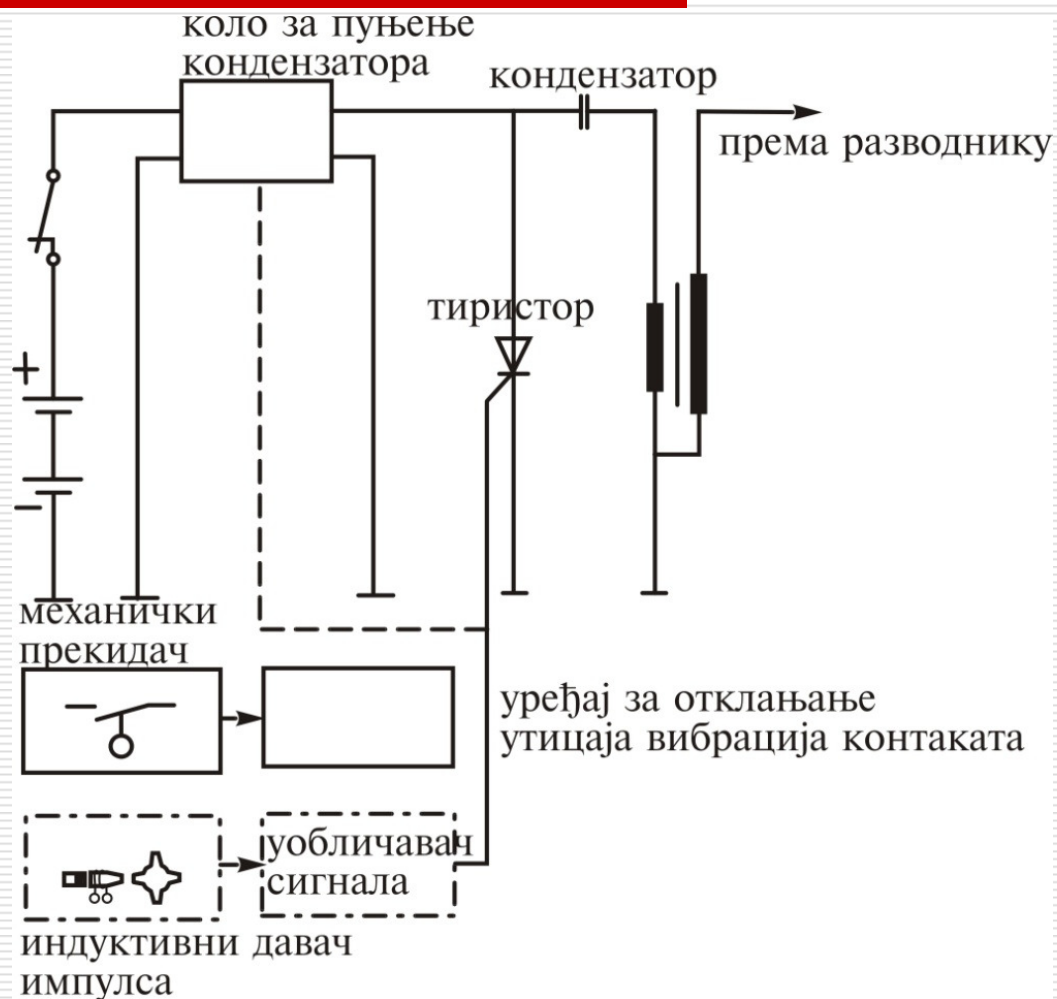
БАТЕРИЈСКИ СИСТЕМИ ПАЉЕЊА

Предности транзисторског бесконтактног система паљења :

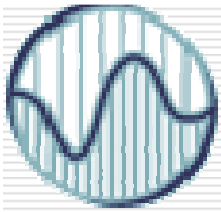
- Систем способан да обезбеди велики број варница у јединици времена;
- Одржава високе перформансе у свим условима рада (секундарни напон је довољан за снажну и поуздану варницу).
- Одсуство одржавања и регулације (једном подешени регулациони параметри се беспрекорно одржавају у току експлоатације).



БАТЕРИЈСКИ СИСТЕМИ ПАЉЕЊА



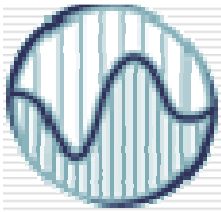
Капацитивни систем паљења



БАТЕРИЈСКИ СИСТЕМИ ПАЉЕЊА

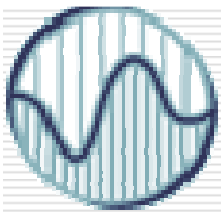
Код **капацитивног** система енергија која се ослобађа у тренутку паљења се акумулира у виду електричног поља кондензатора.

- Капацитет кондензатора и напон пуњења одређују ниво акумулиране енергије.
- Систем, такође, садржи индукциони калем.
- Индукциони калем служи само за трансформацију напона (у тренутку паљења кондензатор се празни кроз примар индукционог калема) → при чему изазива индукцију високог напона у секундару.



БАТЕРИЈСКИ СИСТЕМИ ПАЉЕЊА

- Капацитивни систем садржи посебно коло за пуњење кондензатора.
- Процес пуњења кондензатора (акумулирање енергије за наредно паљење) траје изузетно кратко време.
- На тај начин систем способан за екстреман број варица у јединици времена.
- У тренутку паљења кондензатор се празни кроз примар индукционог калема (уз помоћ електронског прекидача за веома јаку струју пражњења).
- Као електронски прекидач користи се полупроводнички елемент **тиристор** → способан да проведе јаке струје (100 A)
- Тиристор постаје проводан у тренутку добијања контролног импулса.
- Тиристор намењен да проводи и прекида струју високог интензитета.

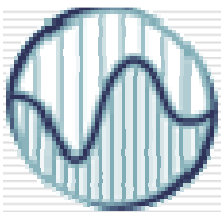


БАТЕРИЈСКИ СИСТЕМИ ПАЉЕЊА

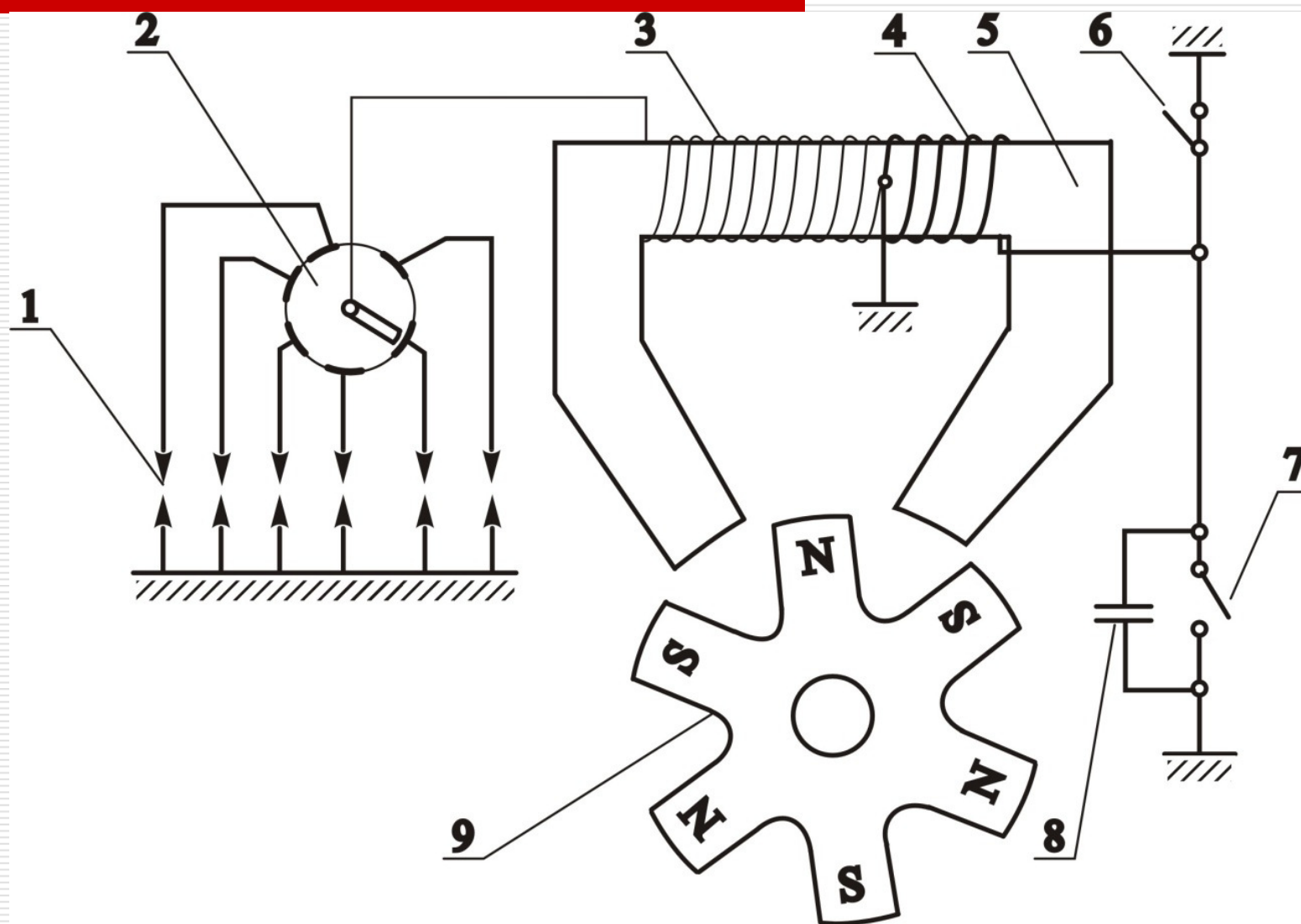
Контролни импулси за побуђивање тиристора (импулси за паљење смеше) могу се формирати механичким (контактно) и електричним путем (бесконтактно).

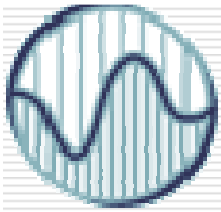
Предности капацитивног система паљења :

- изразито брз пораст напона у тренутку паљења (око 10 пута бржи у односу на индуктивне системе)
- Систем практично неосетљив на омско оптерећење услед талоба на свећицама (брз пораст напона па нема могућности за развој паразитске струје преко депонованог талоба).
- Зато примена за тешке услове експлоатације → двотактни мотори са додатком уља гориву за подмазивању.
- Не постоји опадање секундарног напона са повећањем броја варница у јединици времена (за опсег који се реално јавља у примени).



МАГНЕТНИ СИСТЕМ ПАЉЕЊА

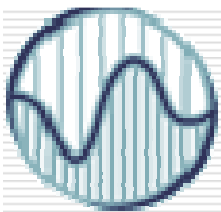




РЕГУЛАЦИЈА УГЛА ПРЕТПАЉЕЊА

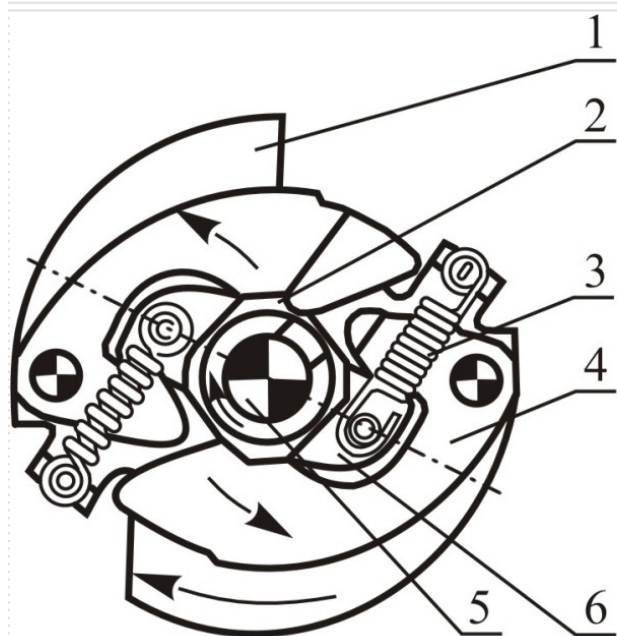
Да би се процес сагоревања смеше у радном простору мотора одвијао у оптималним условима, неопходно је да се тренутак паљења смеше може подешавати у зависност од режима рада мотора (броја обртаја и оптерећења).

Тренутак паљења смеше се дефинише **углом претпаљења**, који представља угао од положаја коленастог вратила у тренутку паљења до положаја коленастог вратила кад је клип у СМТ.

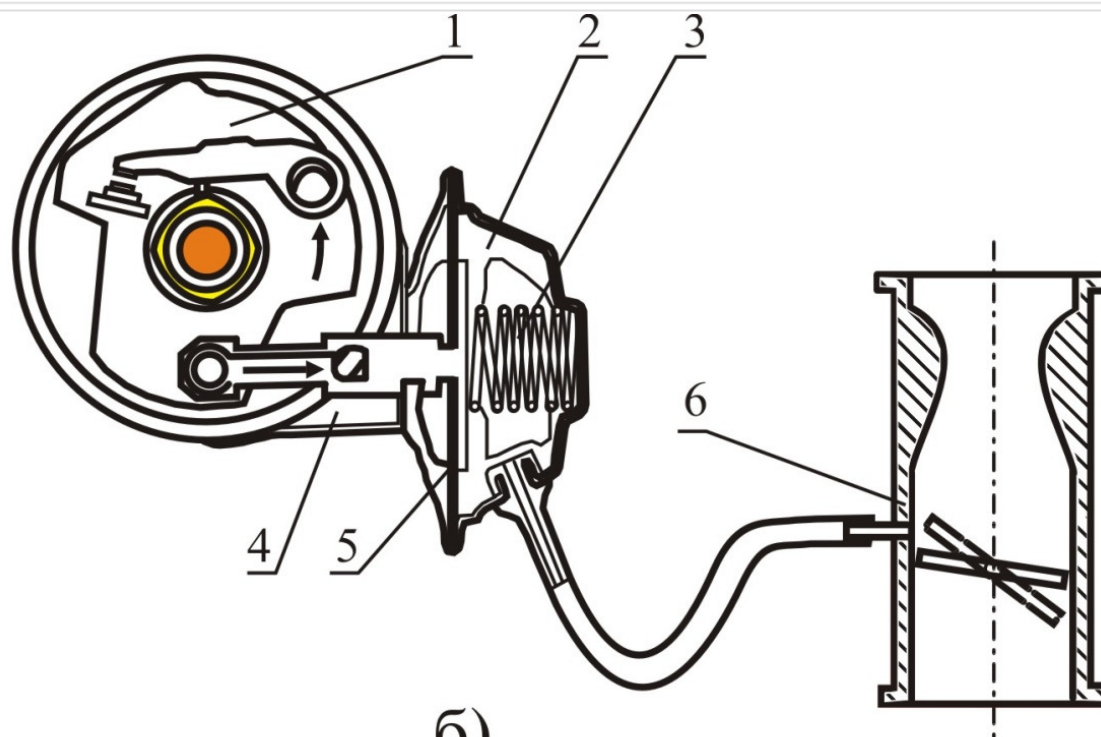


РЕГУЛАЦИЈА УГЛА ПРЕТПАЉЕЊА

Механичка регулација угла претпаљења

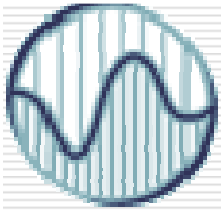


а)



б)

Центрифугални (а) и депресиони регулатор (б) момента паљења

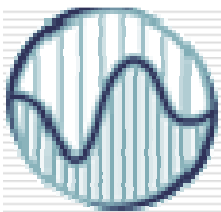


РЕГУЛАЦИЈА УГЛА ПРЕТПАЉЕЊА

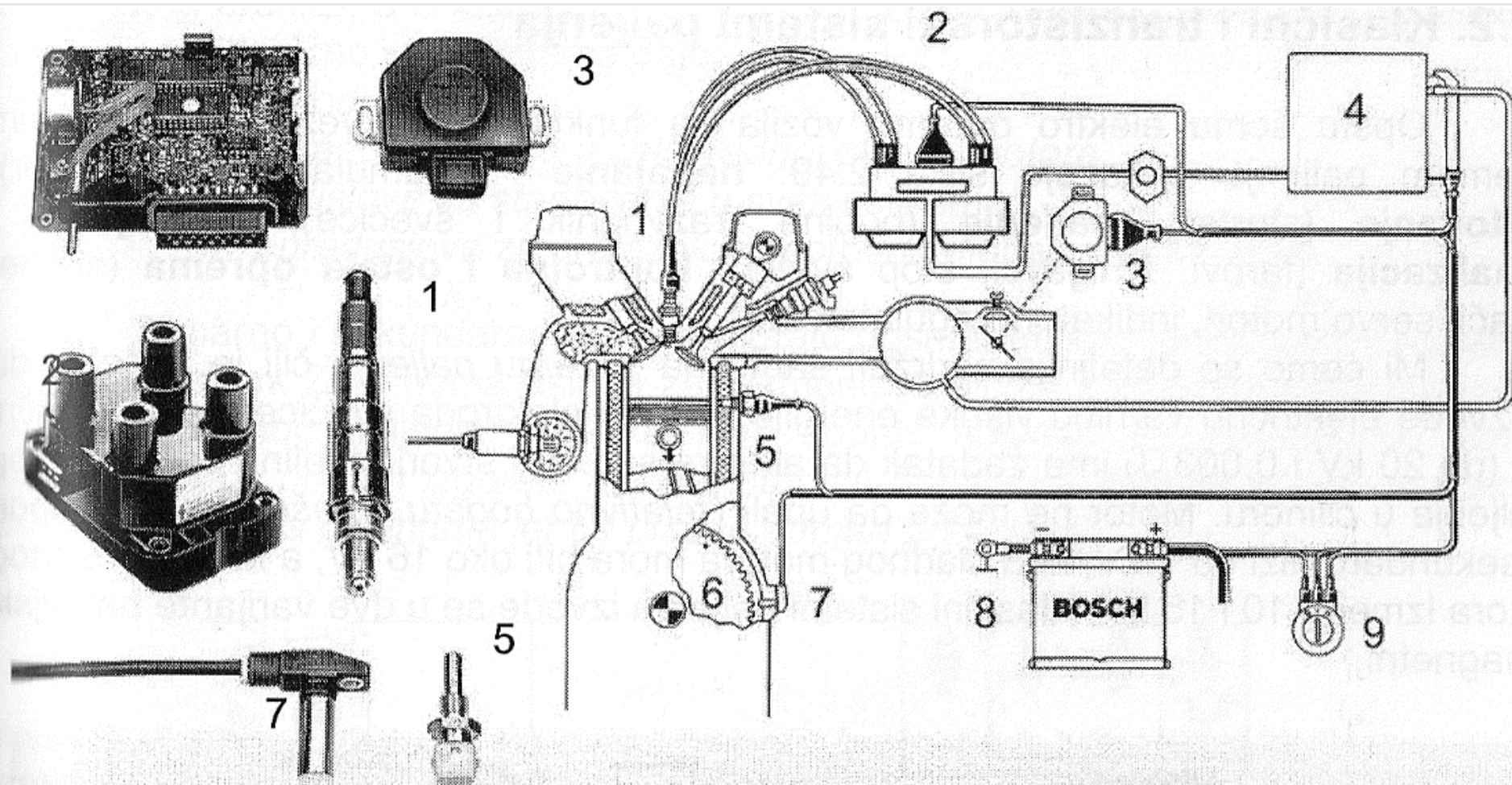
Системи програмираног паљења

Код система програмираног паљења, целокупно управљање радом система остварује се електронским путем под контролом микропроцерске управљачке јединице.

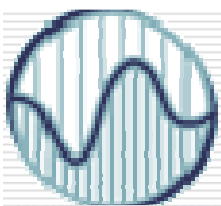
Микропроцесор добија улазне сигнале од појединих давача, који дефинишу режим и услове рада мотора, обрађује их и као излазне сигнале формира импулсе за паљење.



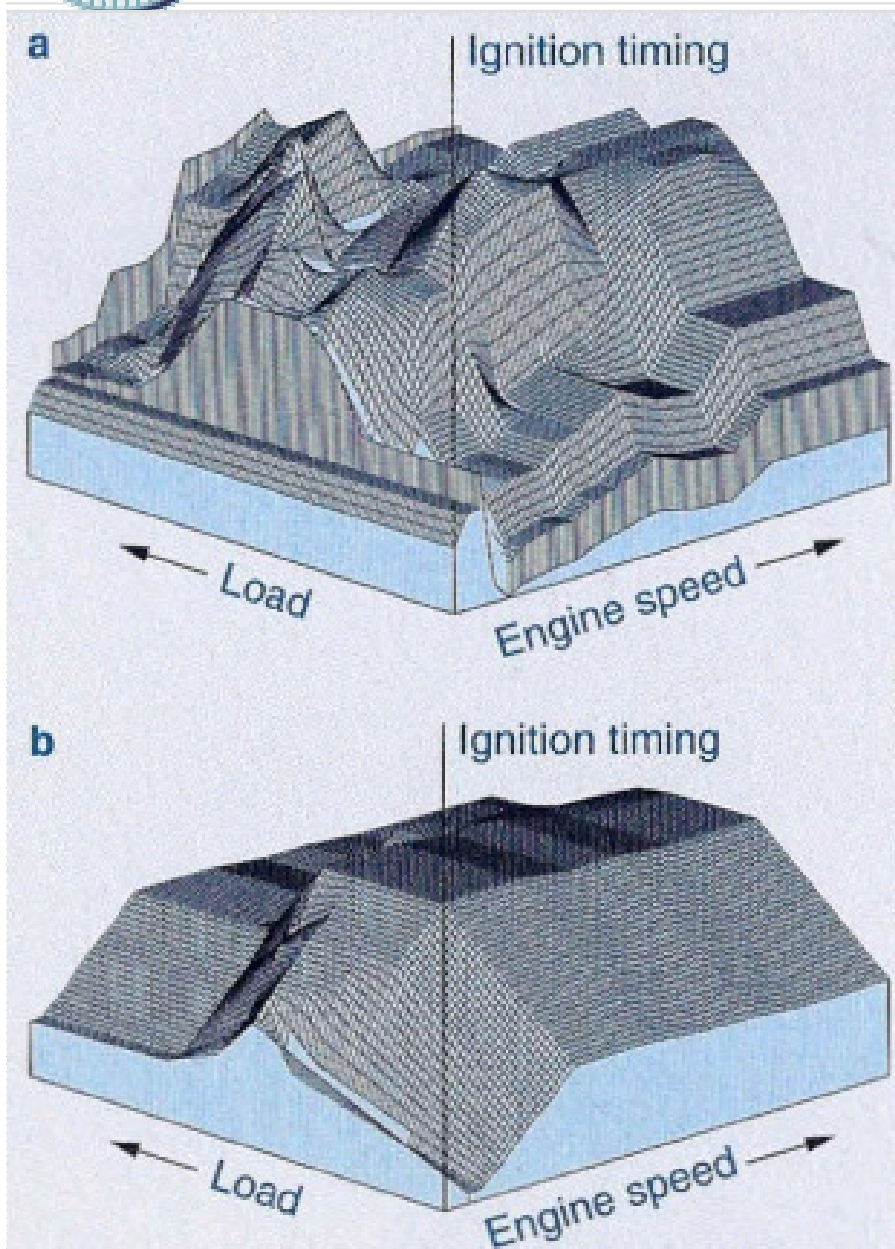
Електронски управљано паљење



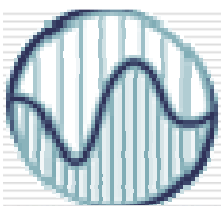
1- svećica, 2- bobine i razvodnik, 3- davač položaja leptira, 4- elektronska upravljačka jedinica, 5- senzor temperature rashladne tečnosti, 6- nazubljeni disk, 7- davač broja obrtaja i ugla kolenastog vratila motora, 8- akumulator, 9- glavni prekidač za paljenje i startovanje



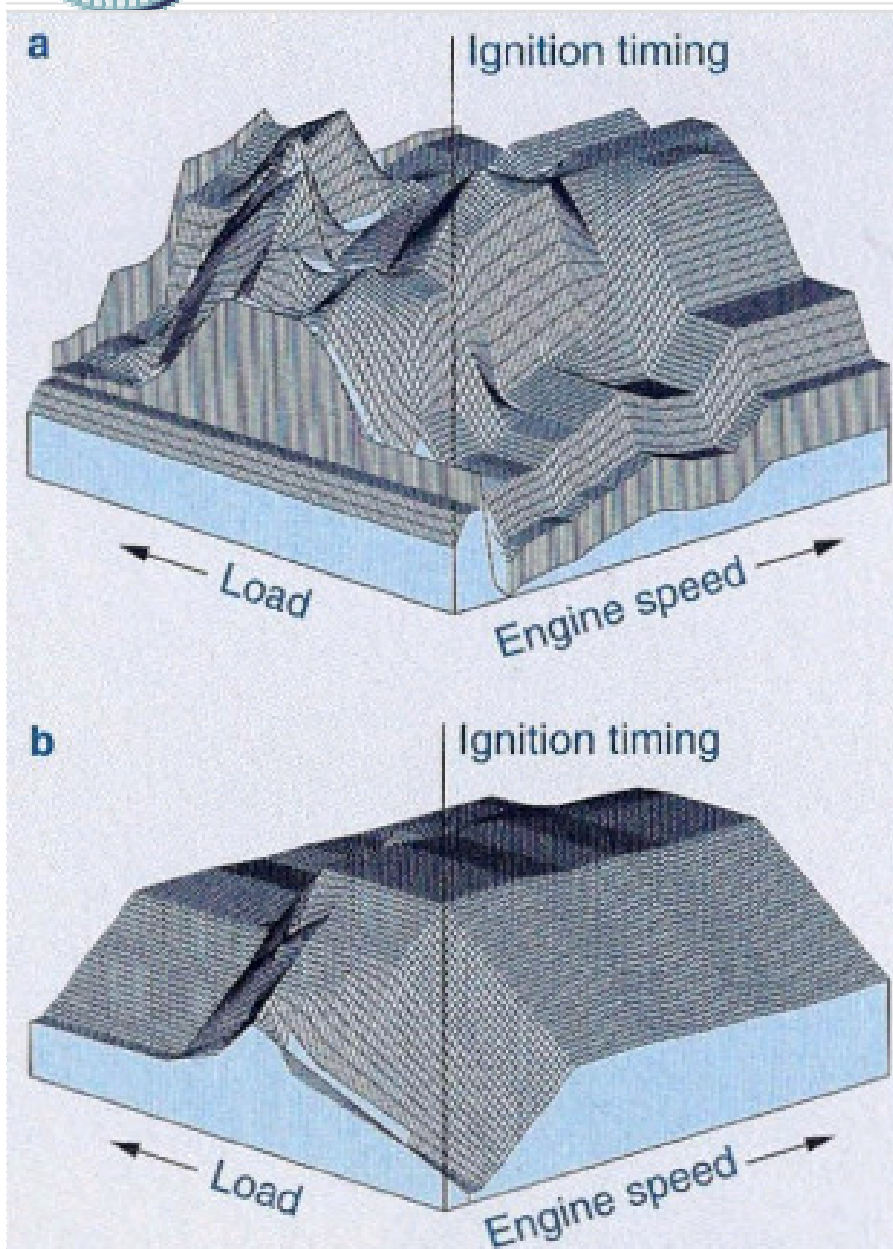
Електронско паљење



- ❑ Угао претпаљења базира се на:
 - Обртном моменту
 - Потрошњи горива
 - Емисији издувних гасова
 - Детонацији
 - Возним карактеристикама
- ❑ Додатни услови могу бити:
 - Температура мотора
 - Температура усисаног ваздуха
 - Положај главног лептира
- ❑ Важан фактор је и напон акумулатора!

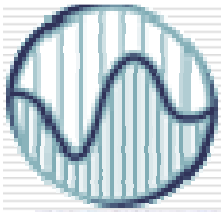


Електронско паљење

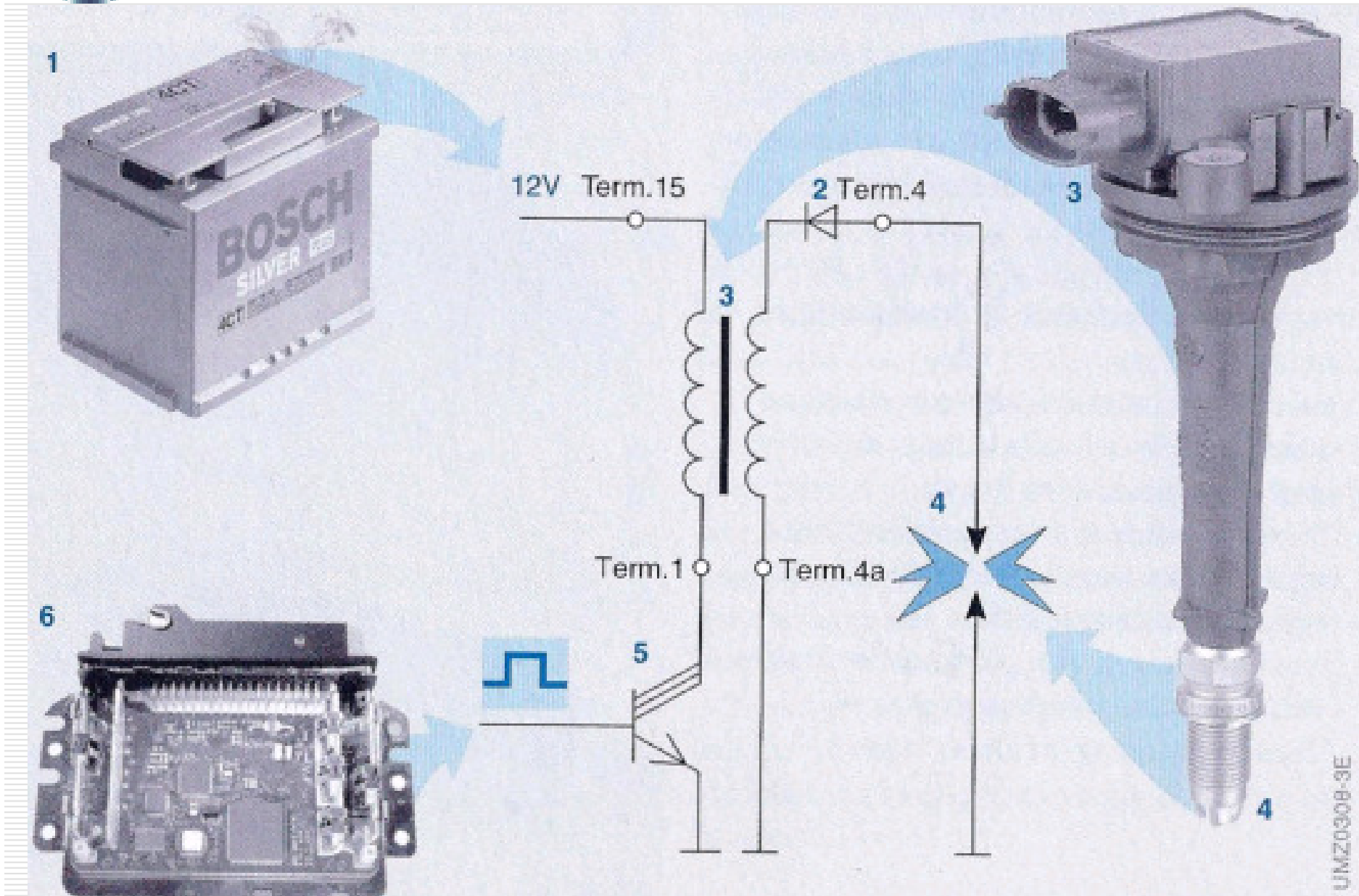


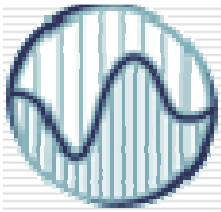
□ Предности система електронског паљења:

- Прецизна регулација угла претпаљења
- Побољшан старт
- Стабилан рад на празном ходу
- Смањења потрошња горива
- Контрола детноативног сагоревања
- Нема ротирајућих делова
- Мања бука
- Мањи број високонапонских елемената
- Олакшана производња
- Смањена електормagnetна интерференција



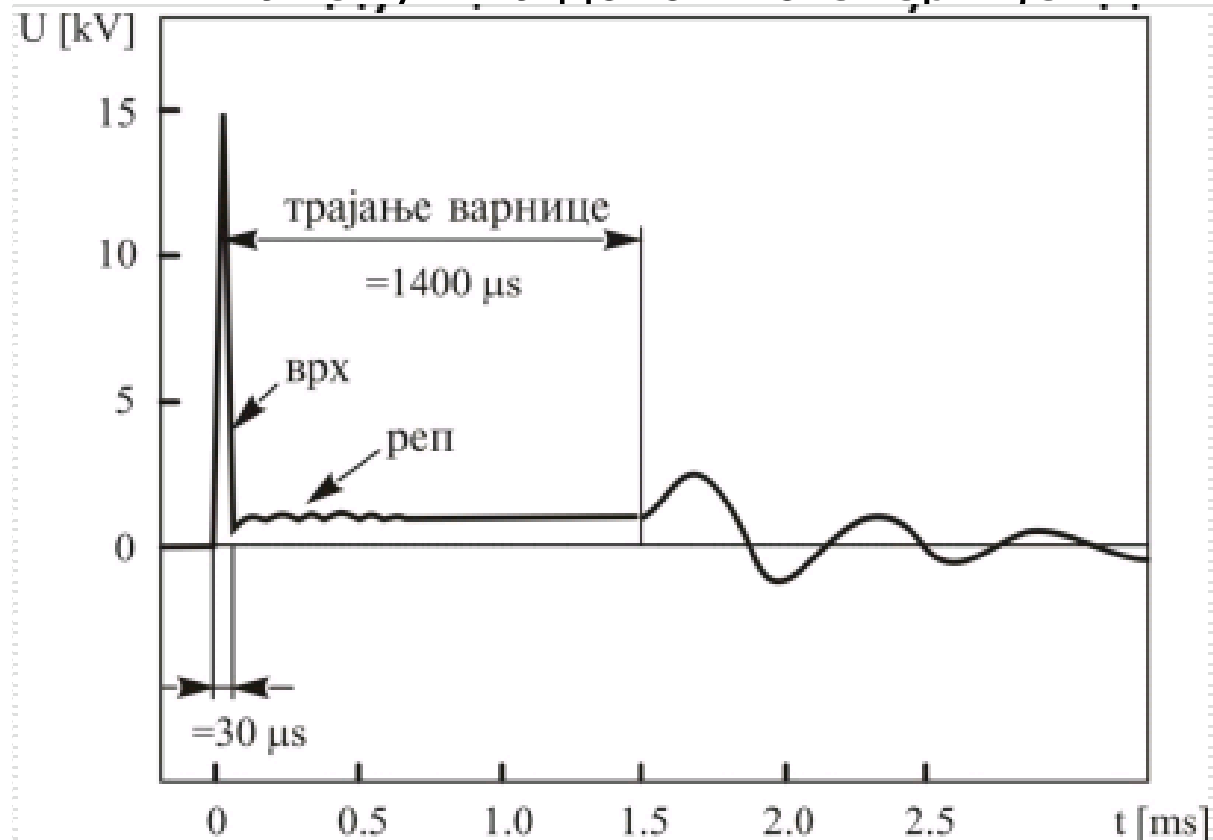
Индуктивни систем паљења



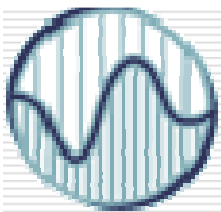


Индуктивни систем паљења - варница

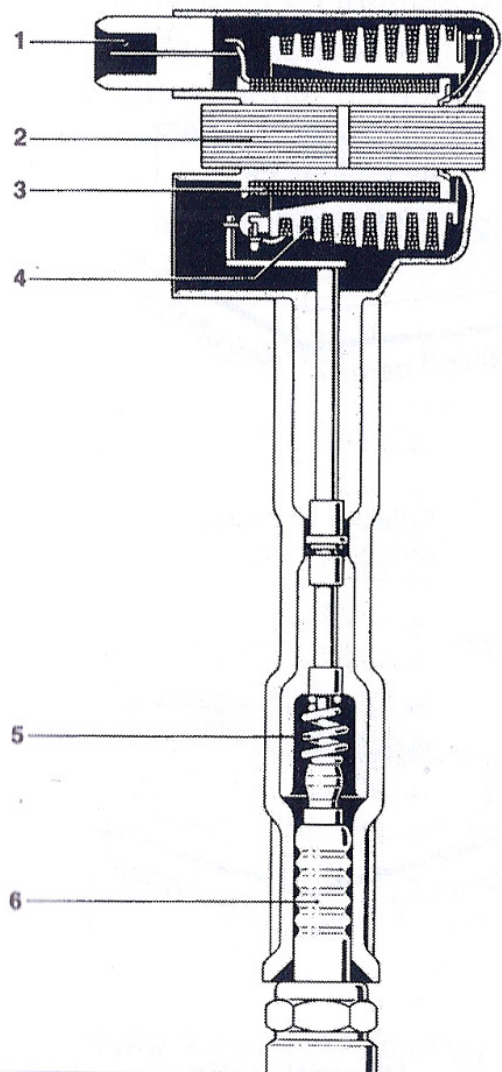
- Трајање варнице има два карактеристична дела:
 - **врх (глава) варнице** који је карактерисан високим напонам и јаком струјом пражњења,
 - **реп варнице** траје знатно дуже, све док у индукционом калему има довољно енергије



Промена
секундарног
напона за време
трајања варнице

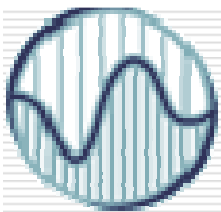


Модуларни систем паљења



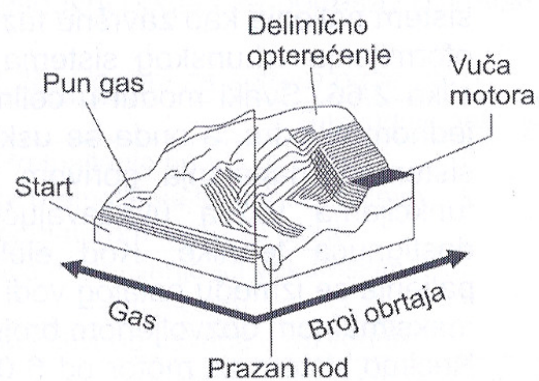
1- niskonaponski priključak, 2- lamelasto metalno jezgro, 3- sekundarni namotaji, 4- primarni namotaji, 5- visokonaponski priključak sa elastičnom vezom, 6- svećice

- За сваки цилиндар постоји засебан модул
- Рад сваког модула усклађује се са системом за довод горива и осталим функцијама возила
- Угао паљења подешава се динамички за сваки цилиндар посебно, формирајући радно поље мотора

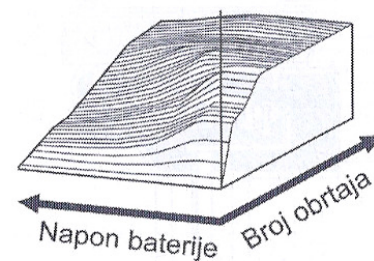


Радна поља мотора

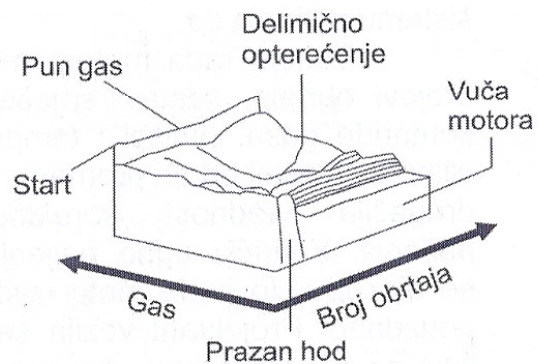
Ugao paljenja



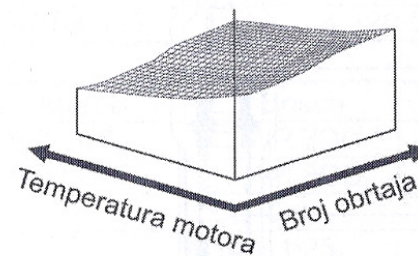
Ugao zatvorenosti kontakata



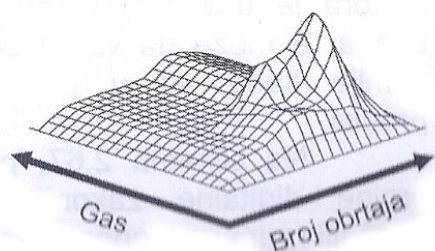
Sastav smeše $1/\lambda$



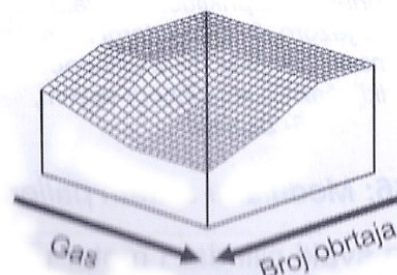
Količina vazduha na praznom hodu

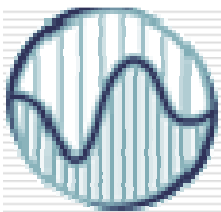


RIG recirkulacija izduvnih gasova



Dinamički režim

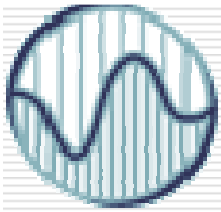




Каблови високог напона

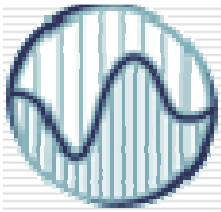


*Обавезна интеграција отпорника за смањење
интrefенције*



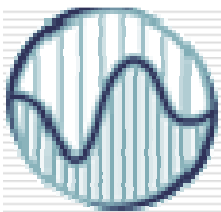
Индукциони калем

- Индукциони калем је компонента чија је намена конверзија ниског напона батерије у високи напона неопходан за стварање варнице.
- Функционише на бази електорманетне индукције

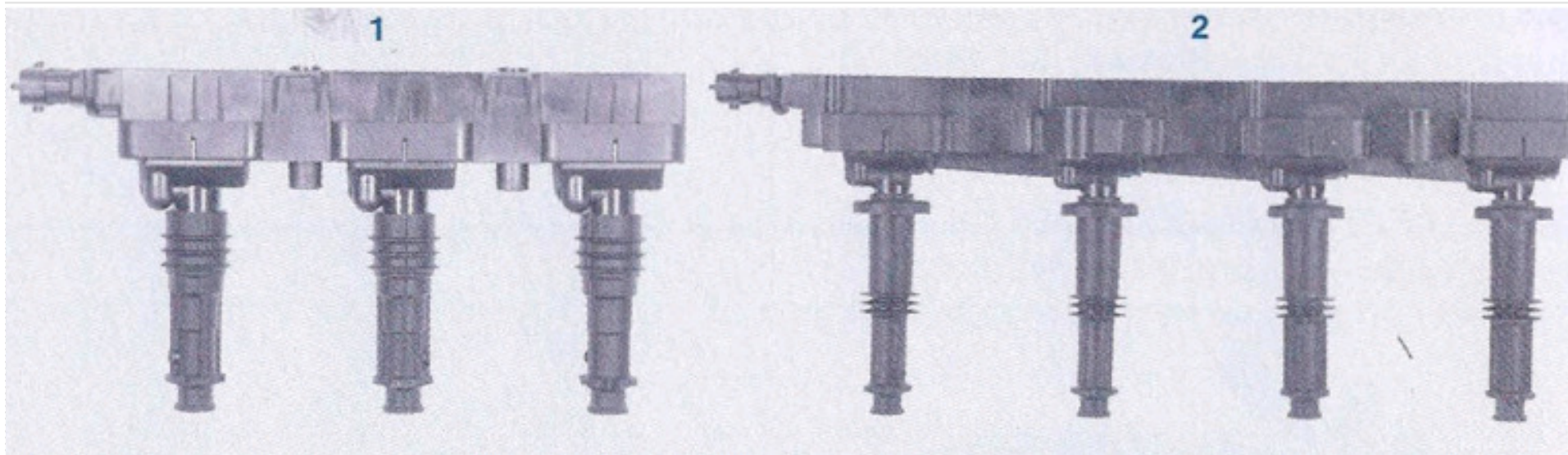


Индукциони калем

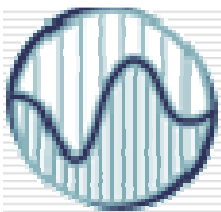
- Индукциони калем мора прецизно да одговара другим компонентама система за паљење према следећим параметрима:
 - Енергије варнице која се јавља на свећици
 - Струје варнице која се јавља на свећици
 - Трајња варнице
 - Напона варнице неопходног за рад свећице



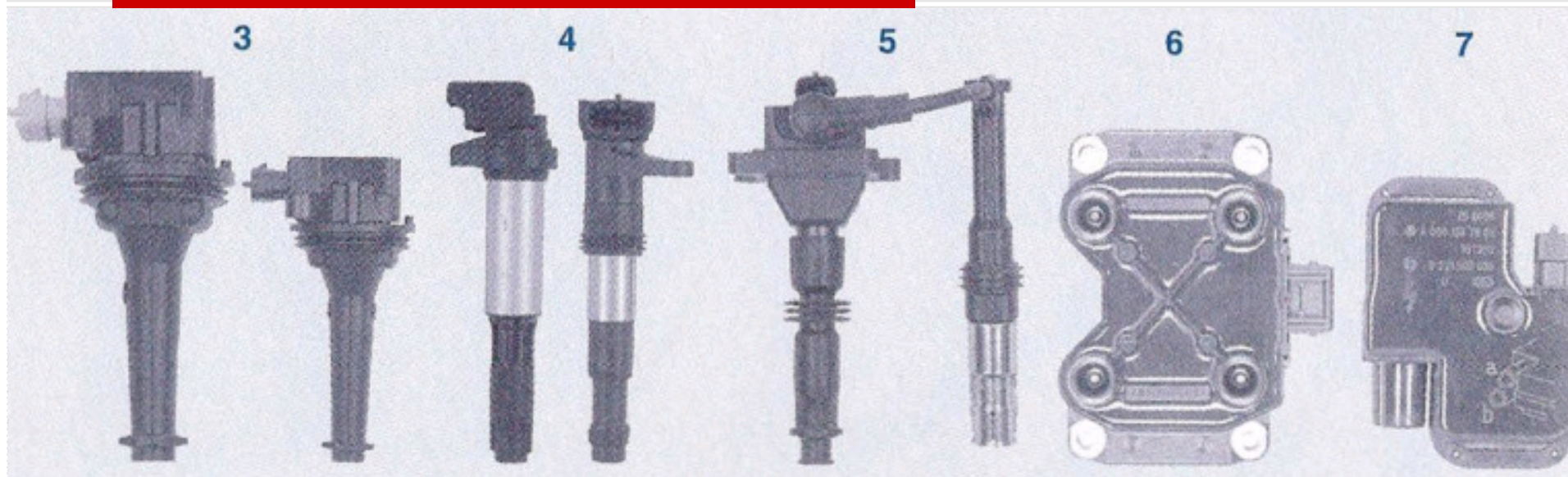
Индукциони калем



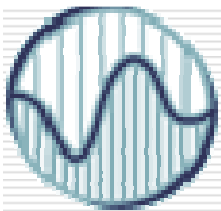
1. Модул са три појединачна индукциона калема
2. Модул са четири појединачна индукциона калема



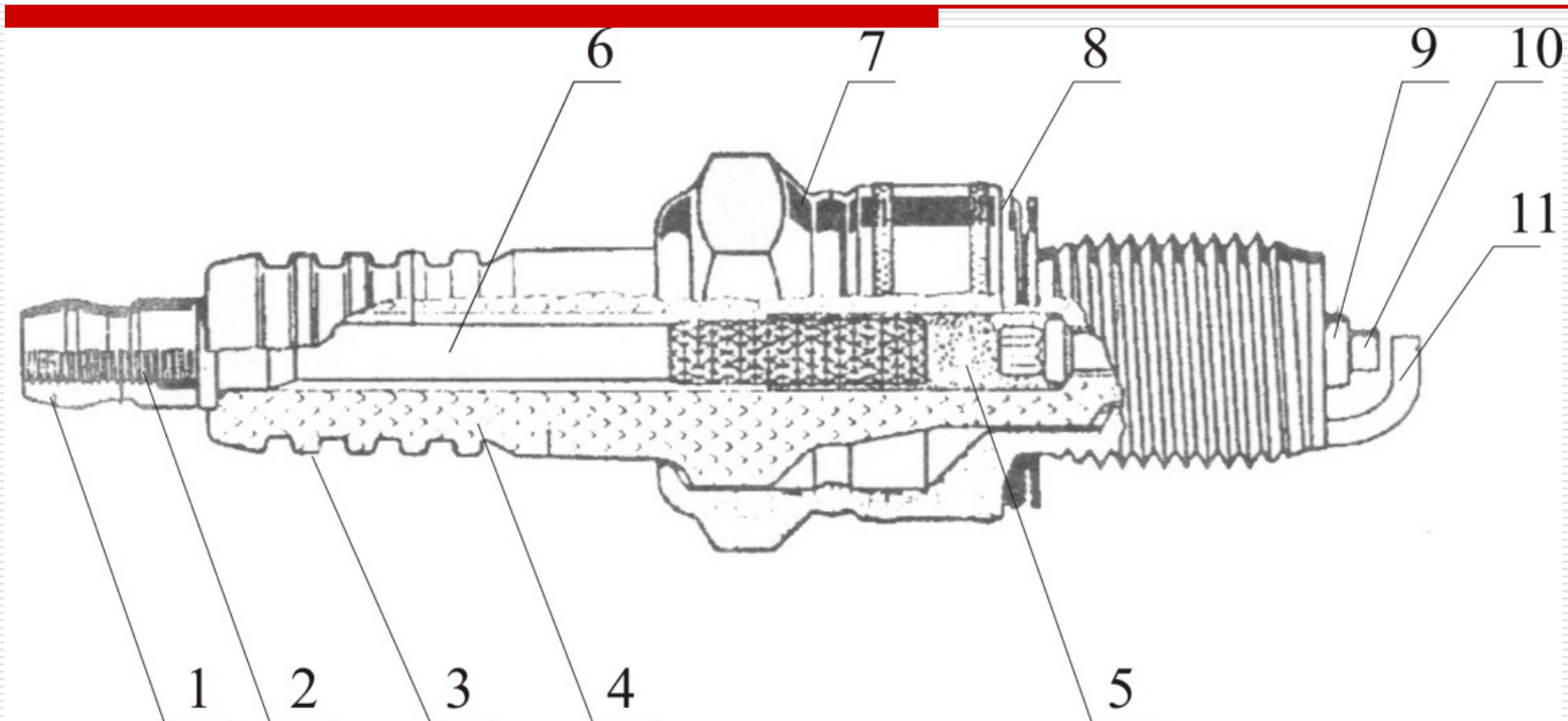
Индукциони калем



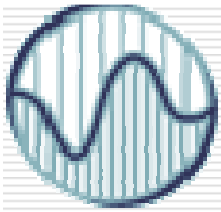
- 3. Појединачни индукциони калем, компакт
- 4. Појединачни индукциони калем, типа оловка
- 5. Дуал индукциони калем, једно магнетно поље
- 6. Дуал индукциони калем, два магнетна поља
- 7. Модул са два појединачна индукциона калема



СВЕЋИЦА



- Код савремених система за паљење смеше, зазор електрода свећице обично износи $0,5 \div 0,8 \text{ mm}$.
- Код система високих перформанси зазор прелази вредност од 1 mm , како би језгро пламена било веће и стабилније.



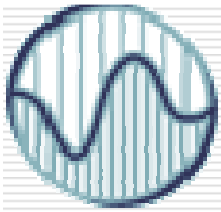
СВЕЋИЦА

Способност свећице да прими и спроведе одређену количину топлоте, изражава се преко топлотне вредности или топлотног броја свећице.

Хладније свећице примају мању количину топлоте и имају већу способност одвођења, тако да је њихова температура нижа при истим топлотним оптерећењима.

Топлије свећице имају већу способност пријема топлоте од способности одвођења.

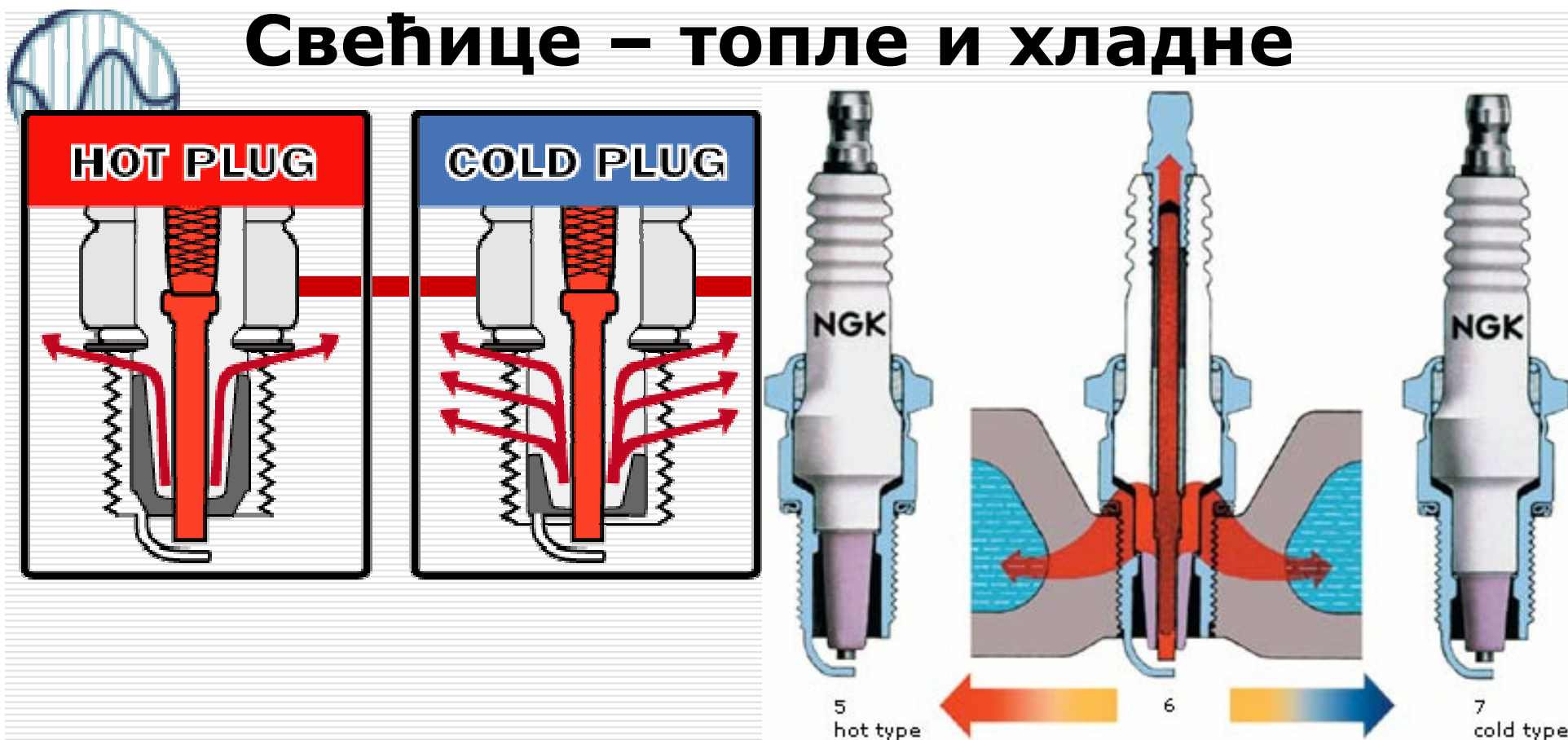
Оптималне топлотне вредности свећице за одређени мотор се утврђују експерименталним испитивањем.



СВЕЋИЦА

- Топлотна вредност свећице утврђује се временом потребним за достизање радне температуре, када се кроз свећицу пропусти једносмерна струја стандардизованог напона и јачине. Свећица се тада греје снагом $P=U \cdot I$, према Јооле-овом закону. Већа дужина изолације боље спречава расипање топлоте, па је време за загревање свећице на радну температуру краће. Краће време одговара мањим бројевима.
- Стационарно стање се достиже кад је одата количина топлоте једнака примљеној, па свећица више не повишава температуру.
- Ознаке топлотних вредности свећица нису стандардизоване, па се користе упоредне таблице које дају произвођачи свећица.

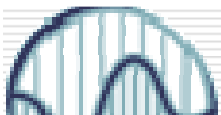
Свећице – топле и хладне



Дужина изолатора око централне електроде одређује интензитет грејања свећице.

Дужи изолатор спречава да се одведе више топлоте на главу цилиндара – топлија свећица, (hot plug, hot type 5), краћи изолатор хладнија свећица (cold type 7).

Мањи бројеви означавају топлије свећице (краће време загревања и виша радна температура), већи бројеви – хладније свећице. (Топлотна вредност свећице*.)



Свећице

□ Пут варнице

Варница прескаче са централне електроде на бочне електроде према маси. Свећица добија масу преко главе мотора у коју је завијена.

Прескок варнице се може остварити:

□ **Кроз ваздух**

Варница прескаче између електрода.

Захтева највиши напон, дужина варнице је мања. Самочишћење свећице везано за радну температуру је нарочито значајно код ових свећица, када уљем замашћена свећица, или талогом од сагоревања може одводити варницу са централне електроде директно према маси, јер је отпор према масеној електроди већи него по талогу.

□ **По површини изолатора**

Варница клизи по површини изолатора, па прескаче кроз ваздух на электроду према маси, чији је зазор мали.

Захтева нижи напон, јер варница лакше иде (пузи) преко површине него кроз ваздух. Дужина варнице је већа за исти напон као код прескока кроз ваздух. Дужа варница даје веће језгро пламена на почетку сагоревања. При том, прелазећи преко изолатора варница чисти површину изолатора.

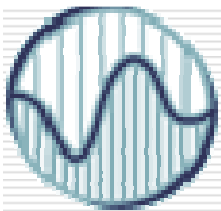
□ **Кроз ваздух и по површини**

Комбинација претходна два метода, која се постиже позиционирањем врха електроде према маси на тачно одређеним растојањима од изолатора и централне електроде, тако да варница може прескочити и кроз ваздух и по површини изолатора.

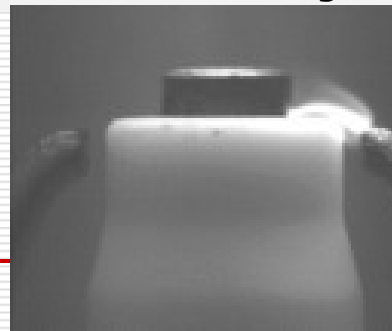
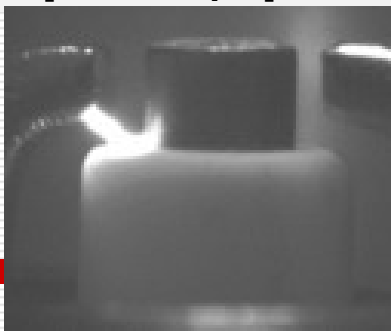
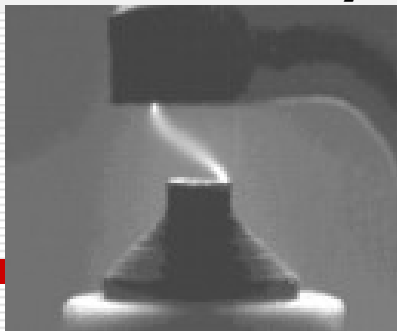
Код поновљених стартова свећица ће бити влажна од горива које се на њој кондензује из смеше, јер је хладнија од радног тела које се компримује. Варница (струја) лакше тада иде по површини изолатора. Кретање варнице по површини изолатора чисти свећицу од горива.

□ **Зазор између електрода**

Већи зазор – размак електрода захтева виши напон. Ако нема довољно (резерве) напона, варница ће изостати. Премали зазор захтева нижи напон, али даје кратак пут – дужину варнице, због чега ће формирано језгро пламена бити слабо за даље сагоревање. Дејство премалог зазора је слично каснијем паљењу, јер језгро нема довољно енергије, па је успорено формирање фронта пламена. Даје неповољан ток криве сагоревања у пВ дијаграму.



Свећице – пут варнице, различит положај електрода



Лево: **Номиналан прескок кроз ваздух.**

Масена електрода изнад централне електроде.

Прескок варнице кроз ваздух од централне електроде на бочну электроду ка маси.

Средина: **Номиналан прескок кроз ваздух, алтернативан по површини.**

Висока централна електрода, позиција масених електрода према централној електроди, изнад изолације. Прескок варнице кроз ваздух код чисте електроде.

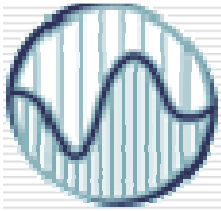
Алтернативно, прескок по површини (са леве стране), када је влажна изолација и/или прљава. Зазор између масене електроде и изолације је мањи него зазор кроз ваздух према масеној електроди. Варница пузи по изолацији, где је смањен отпор због влаге (бензин) и прљавштине (талог), па према масеној електроди. Зазори електрода су дефинисани и према централној електроди и према изолатору*.

Десно: **Номиналан прескок по површини.**

Ниска централна електрода, масене електроде поред изолације.

Прескок – пузање варнице по површини од централне електроде преко изолатора, потом кроз ваздух ка бочној електроди према маси.

Продужена варница због кретања по површини изолације. Варница одлази ка десној електроди за масу, јер је тренутно онамо зазор електроде према изолацији мањи.



Свећице

□ Позиција свећице

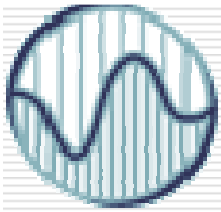
За позицију свећице у цилиндру узима се место прескакања варнице између електрода.

Електроде свећице дубље у простору за сагоревање делују повољно на сагоревање: Пут фронта пламена се скраћује према даљим зидовима простора за сагоревање, па је рад мотора мирнији, а мотор ради поузданије са сиромашном смешом.

Пут топлоте са електрода свећице до главе мотора је дужи, топлота се спорије одводи и грејање и истрошење електрода је веће.

"Слободна дужина" свећице расте, са слободном дужином опада природна фреквенција осцилација, и ближи се резонатним фреквенцијама свећице, настале од вибрација мотора.

Да би се избегле резонантне фреквенције свећица, услед вибрације мотора, користе се композитне свећице електроде према маси са бакром и материјалима отпорним на повишене температуре. Такође се повећава димензија свећице са спољне стране главе мотора. (Материјал друге природне механичке карактеристике и друге димензије свећице). Тиме се удаљује (опада) резонантна фреквенција свећица од вибрација мотора.



Свећице

□ Радна температура

У раду свећица се греје при сагоревању, а хлади одвођењем топлоте преко главе мотора. Делимично се хлади и смешом при усису, која је ниже температуре.

Свећица се бира за сваки тип мотора посебно, за услове максималног оптерећења мотора.

Свећица је у термичкој равнотежи кад одаје онолико топлоте колико и добија и тада има своју радну температуру.

Радна температура свећице треба да се налази у границама 500 - 900 °C.

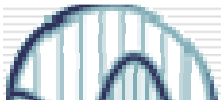
Доња граница радне температуре свећице одређена је минималном температуром која обезбеђује самочишћење свећице од талога из процеса сагоревања.

Горња граница радне температре свећице одређена је највишом температуром која не проузрокује паљење смеше топлотом свећицом (површинско паљење топлим местом).

Топлотна вредност свећице исказује се бројем.* Хладне свећице су оне које имају већу дисипацију (расипање) топлоте и користе се за термички напрегнуте моторе, топле свећице имају мању дисипацију топлоте и користе се за термички мање напрегнуте моторе.

Топли мотори више греју свећицу, па користе хладније свећице, да радна температура и топлота свећице не би биле толике да се упали смеша без варнице.

Хладни мотори не греју довољно свећицу, па користе топле свећице, да би радна температура и топлота свећице биле довољне да обезбеде њено чишћење сагоревањем наслага на електродима и изолатору.



Свећице

□ Одржавање

Подешавање зазора између електрода се врши само на свећицама које имају бочну электроду изнад централне и варницу која прескаче између електрода кроз ваздух. Свећицама које имају бочне електроде поред централних, или у висини изолације, односно функционишу са варницом по површини или по површини и кроз ваздух, не треба подешавати зазор, јер то води у поремећај начина њиховог рада. (Није их могуће тачно подесити без одговарајућег алата и потом теста).

Одвијање

Пре потпуног одвијања свећицу треба отпустити за неколико кругова и онда очистити и издувати прљавштину у глави око свећице компримованим ваздухом. Прљавштина на глави мотора око свећице не сме да дође у навој свећице на глави или упадне у простор за сагоревање после одвијања и вађења свећице. Потом одвити до краја и извадити свећицу.

У навоју за свећицу у глави цилиндра може бити талога. То отежава одвијање. Одвити свећицу неколико навоја, сипати средство за одвијање у навој, завити свећицу без притезања, сачекати да делује средство. Онда одвити свећицу потпуно.

Увијање

Свећице суве и чисте треба увијати у чисте навоје и на чисту површину главе на месту налегања заптивног прстена, ако је тип свећице са прстеном.

Притезати свећице динамометарским кључем. Водити рачуна да кључ не стоји криво, јер може оштетити изолатор или кућиште свећице. (Напон/заптивање).

Кључ (насадни) не сме притиснути врх централне електроде, или бити закривљен код завијања.

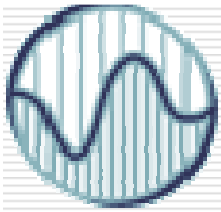
Користити динамометарски кључ увек када је на располагању.*

Без динамометарског кључа: Завити руком свећицу до налегања на цилиндарску главу. (Даље није могуће руком). Затим извршити дотезање по углу: Нове** са прстеном за 90°, употребљаване са прстеном за 30°, а коничне (без прстена) за 15 °

Одвијање и увијање свећице вршити само на хладном мотору. (Иначе је пресован склоп)

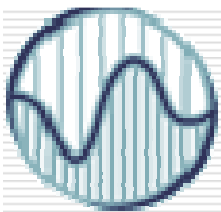
Користити увек свећице прописане топлотне вредности и дужине навоја.

Не скидати заптивајући прстен са свећице која није конична и не стављати заптивајући прстен на свећицу која је конична (свећица нема прстен јер заптива конусном површином).

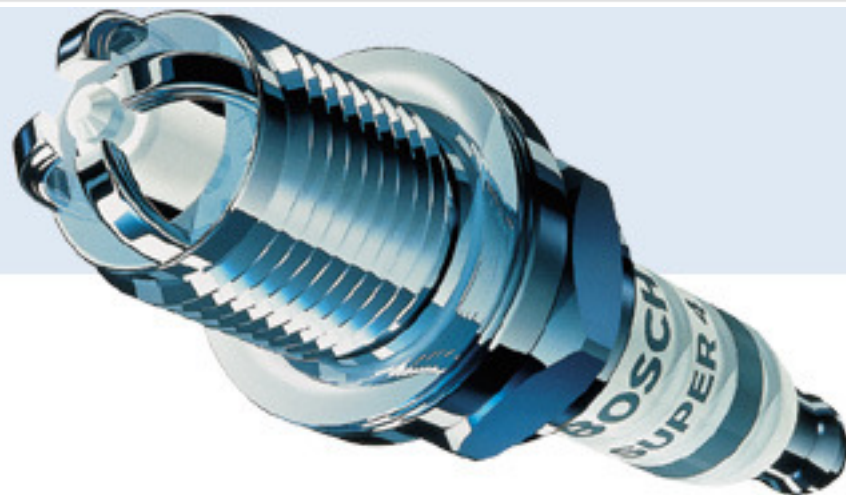


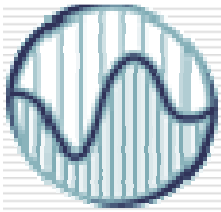
Свећица са варницом кроз ваздух





Свећица са четири електроде према маси, фабрички подешен зазор електрода за цео век трајања свећице





Типови и концепције свећица



Прескок варнице:

Ваздух-повшина; ваздух са подешавањем зазора; ваздух,
без подешавања зазора