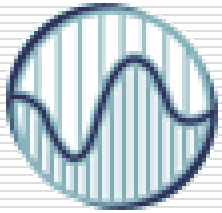


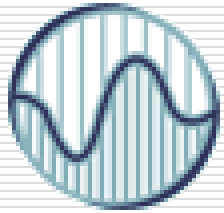
Висока школа електротехнике и
рачунарства струковних студија

СИСТЕМИ ЗА ХЛАДАН СТАРТ ДИЗЕЛ МОТОРА



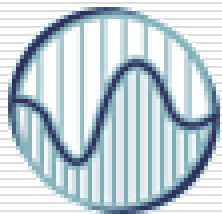
Увод

- Код возила са дизел моторима покретање мотора у зимским условима отежано је због физичко хемијских карактеристика дизел горива.
- Како би дошло до самоупаљења убризганог горива, компримовани ваздух мора бити загрејан на температуру која је изнад границе самопаљења дизел горива од 250 °C.
- Како би се обезбедили захтевани термодинамички услови за хладан старт дизел мотора потребно је обезбедити одређени број обртаја мотора током стартовања.
- У идеалним условима на ниво температуре компримованог ваздуха хладног дизел мотора утичу температура усисаног ваздуха, степен компресије и број обртаја током старта.



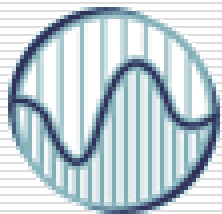
Увод

- Међутим, топлотни губици због хладних клипова и зидова цилиндара, као и гасни губици на компресионим прстеновима воде паду температуре у такту сабијања за око $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ у односу на потребну, идеалну температуру.
- Претходно говори да врло често није могуће обезбедити адекватну температуру ваздуха, па се уграђују грејачи ваздуха или пламене свећице.



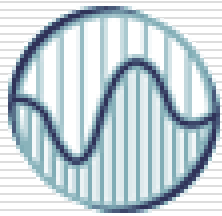
Захтеви

- ❑ Веома брзо загревање $1000^{\circ}\text{C}/\text{сек}$. Чак и када је низак напон акумулатора,
- ❑ Дуг животног века сразмеран животног веку мотора,
- ❑ Продужено грејање мерено у минутама,
- ❑ Прилагођавање излазне топлоте захтевима мотора,
- ❑ Континуална температура до 1150°C код мотора са ниским степеном компресије,
- ❑ Ниско оптерећење електричног система возила,
- ❑ Могућност дијагностике стања система.



Фазе у раду система

1. Загревање до радне температуре.
2. Одржавањем константног нивоа температуре захтевани временски период.
3. Рад система док мотор не достигне потребан број обртаја за самосталан рад.
4. Грејање и након старта мотора.
5. Рад на средњем нивоу температура након старта мотора како би се помогао рад система за смањење емисије издувних гасова.
 - Ова фаза у зависности од типа мотора и спољашње температуре може да потраје и до 8 минута!



Зависност температуре самопаљења од спољашње температуре и степена компресије

$$T_1 = T_2 \cdot \epsilon^{\kappa-1}$$

$$\epsilon = \frac{V_H + V_K}{V_K}$$

$$\kappa = \frac{c_p}{c_v} = 1,4 \text{ für die Luft}$$

T_1 : Temperature of the intake air

T_2 : Temperature of compressed air at the TDC

A: Adiabatic compression (without losses)

B: Actual compression (with losses)

κ : Adiabatic exponential

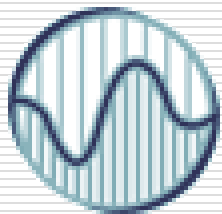
ϵ : Compression ratio

V_H : Displacement volume

V_K : Compression volume

c_p : Spec. heat capacity at constant pressure

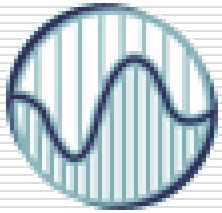
c_v : Spec. heat capacity at constant volume for the air



Избор врсте грејача

Избор врсте грејача зависи од следећег:

- Величине (радне запремине) мотора,
- Инсталације и услова протока ваздуха у усисном колектору (ако се разматра уградња пламене свећице),
- Захтеване топлотне снаге,
- Времена рада после стартовања мотора,
- Притиска горива (ако се разматра уградња пламене свећице).



Избор врсте грејача

Избор врсте грејача зависи од следећег:

Количина топлоте која је потребна за загревање усисаног ваздуха може се прорачунати основним термодинамичким једначинама. Прорачун се мора извршити за два различита услова рада и то:

- ❑ хладан старт са бројем обртаја мотора током старта и
- ❑ период након старта са одговарајућим већим бројем обртаја мотора и већом количином усисаног ваздуха.

The basic thermo-
dynamic equations

Heat amount
for heating up
a mass:

$$Q_{12} = m \cdot c_{pm} \int_{t_1}^{t_2} (t_2 - t_1)$$

Assumptions:

$$\rho \approx 1,51 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad c_{pm} = 1,004 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \text{K}$$

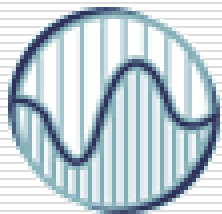
Heat output:

$$P = \frac{Q_{12}}{t} \quad P = \frac{\text{intake air mass}}{\text{seconds}} \cdot c_{pm} \cdot \Delta t$$

ρ : Density

c_{pm} : average spec. heat capacity at constant pressure

P: Output

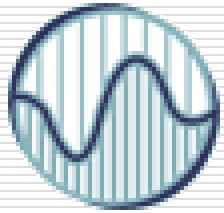


Подела и карактеристике система за хладан старт

Основна подела система за хладан старт се односи на положај грејача у мотору:

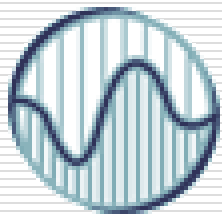
- Грејачи који су смештени комори за сагоревање
- Грејачи који су смештени у усисном колектору

Грејачи који се постављају у усисни колектор могу бити реализовани као **пламене свећице, грејачи са ужареном нити и грејне прирубице.**

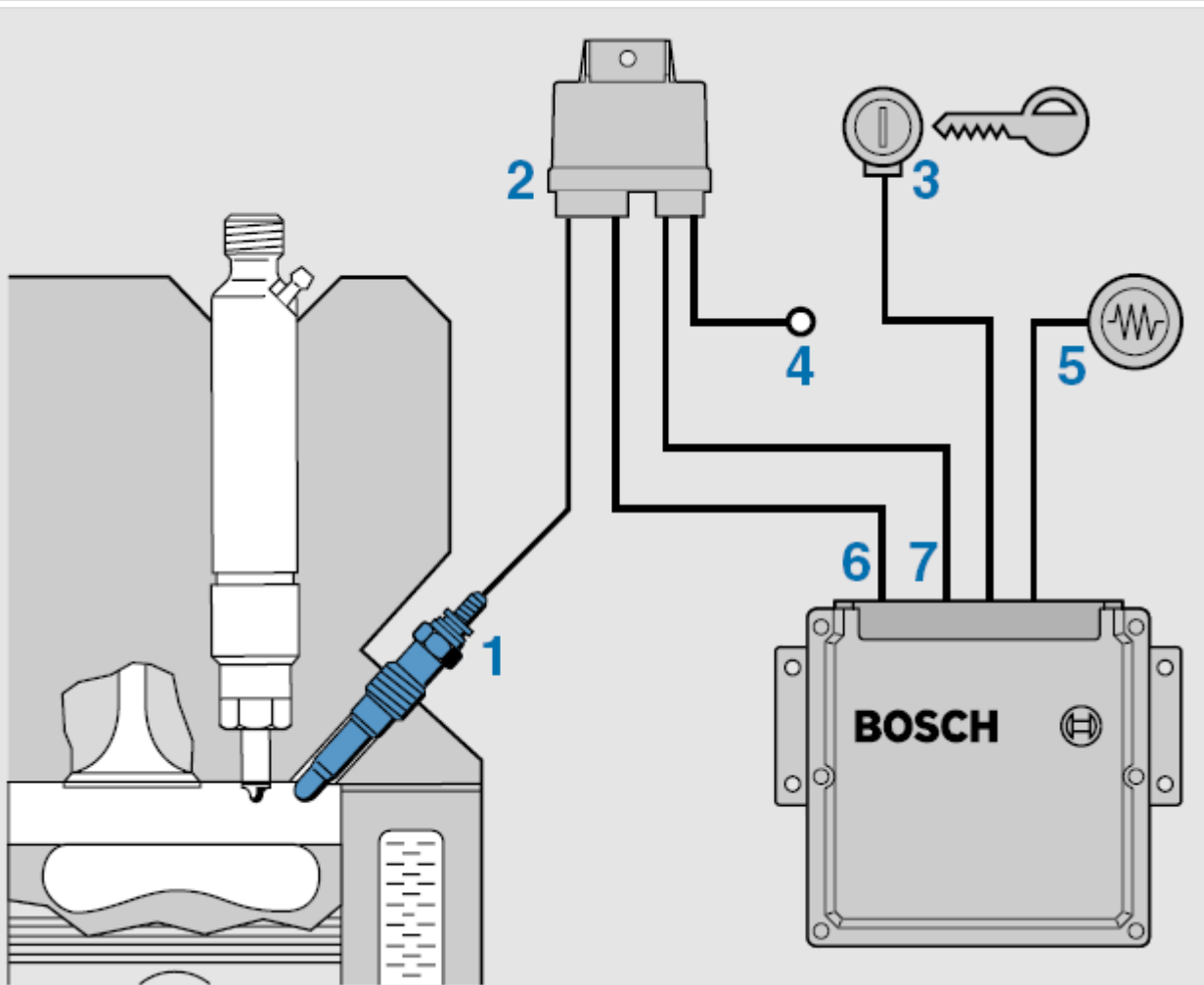


Подела и карактеристике система за хладан старт

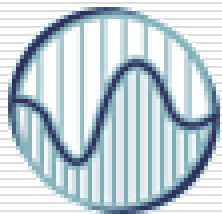
Захваљујући повећаним притисцима надпуњења и високим притисцима убризгавања горива, као и електронски регулисаним процесима рада дизел мотора, довољно је обезбедити мање од **2 kW** топлотне енергије чак и код **осмолитарских мотора!**



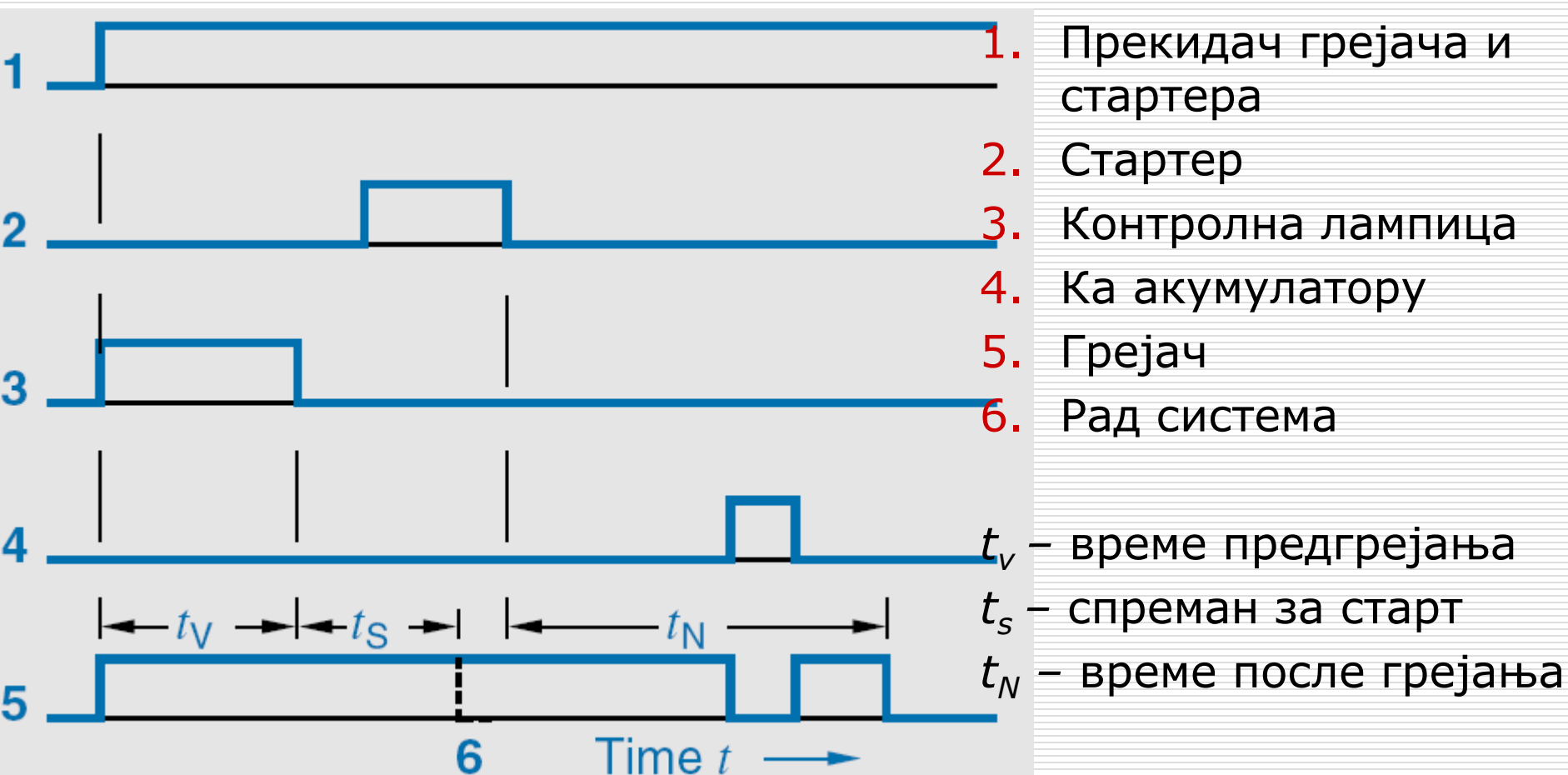
Конструкција система за хладан старт

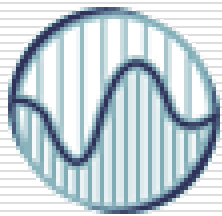


1. Грејач
2. Релеј
3. Главни прекидач
4. Напајање од акумулатора
5. Контролна лампица
6. ECU
7. Дијагностика



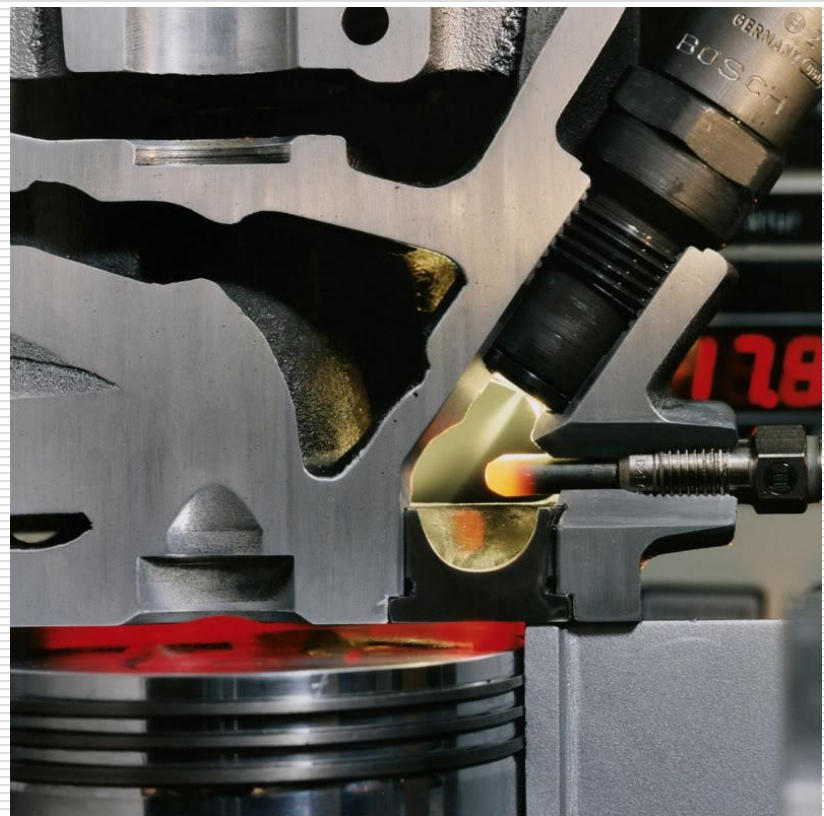
Конструкција система за хладан старт

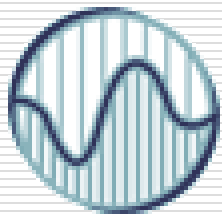




Грејачи који су смештени комори за сагоревање

Карактеристика грејача смештених у комори за сагоревање огледа се у веома бром загревању, дугом веку трајања, компактним димензијама и омогућавају веома брзи старт мотора.

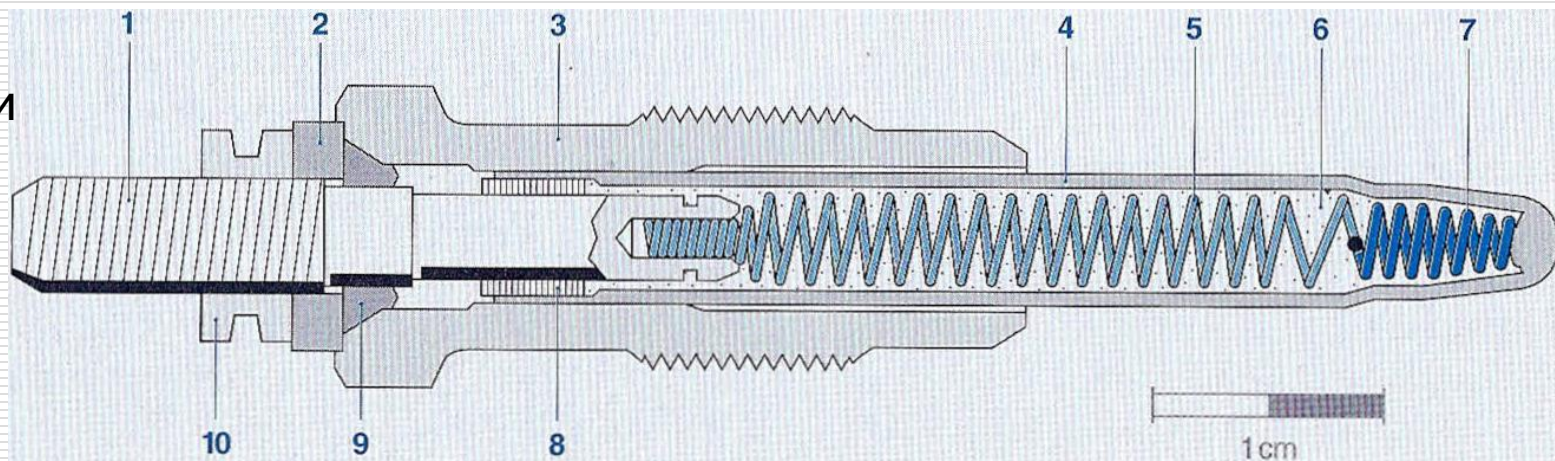


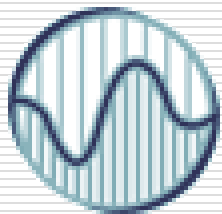


Грејачи који су смештени комори за сагоревање

1. Конектор
2. Излолатор
3. Тело
4. Омотач
5. Контролна нит
6. Прах од магнезијум оксида
7. Ужарена нит
8. Заптивач
9. Двоструки заптивач
10. Навој

Грејни елемент састоји се од тубуларног грејног елемента који је заптивен унутар тела грејача (3). Тубуларини грејни елемент налази се окружен компресованим прахом од магнезијум оксида унутар температурно и корозионо отпорног омотача (4). Жарна нит се састоји од два отпорника везаних у серију – топлотне жарне (7) нити и контролне жарне нити(5).

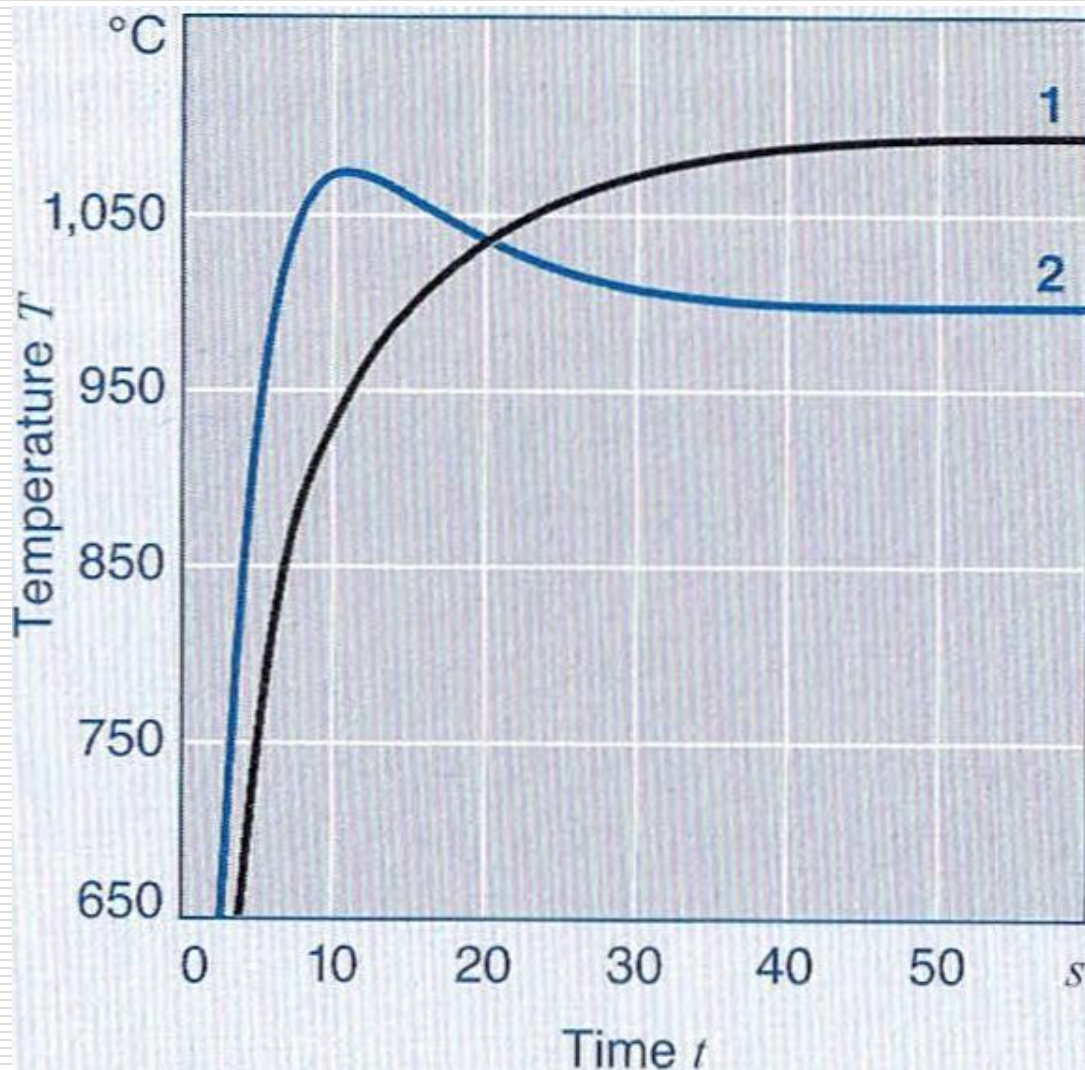


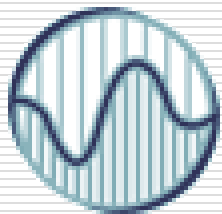


Грејачи који су смештени комори за сагоревање

Електрична импеданса грејача је независна од температуре, док контролна нит има позитивни температурни коефицијент.

Импеданса контролне нити расте са порастом температуре.



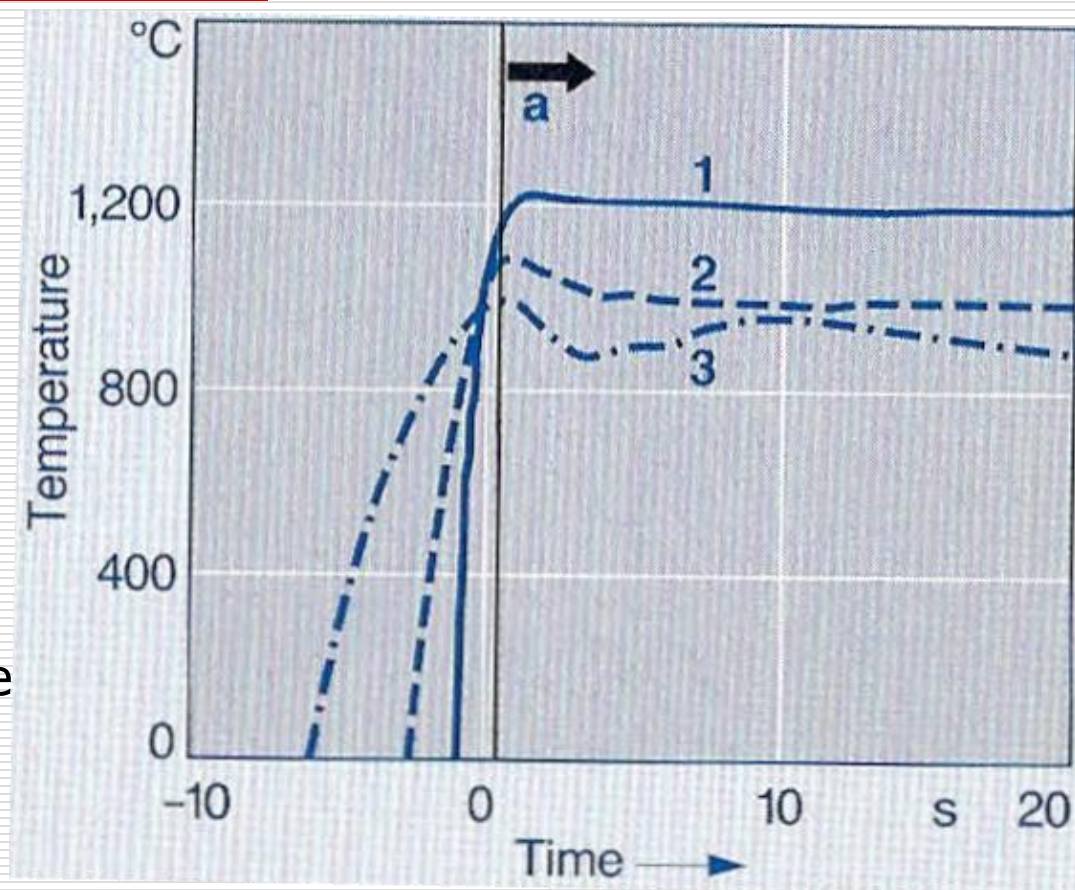


Грејачи који су смештени комори за сагоревање

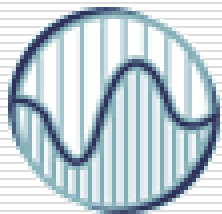
Управљачка јединица грејача активира грејач у циљу обезбеђења потребне температуре током:

- Предгрејања
- Припремног режима
- Старта
- Накнадног грејања
- Међуфазног грејања

Како би се обезбедило грејање током старта грејачи раде на напону већем од номиналног. Овај напон се затим обара, а затим повоно подиже током старта (хлађење од стране усисаног ваздуха). - **PWM** -



1. Керамички грејач 7V
2. Метални грејач 5V
3. Метални грејач 11V



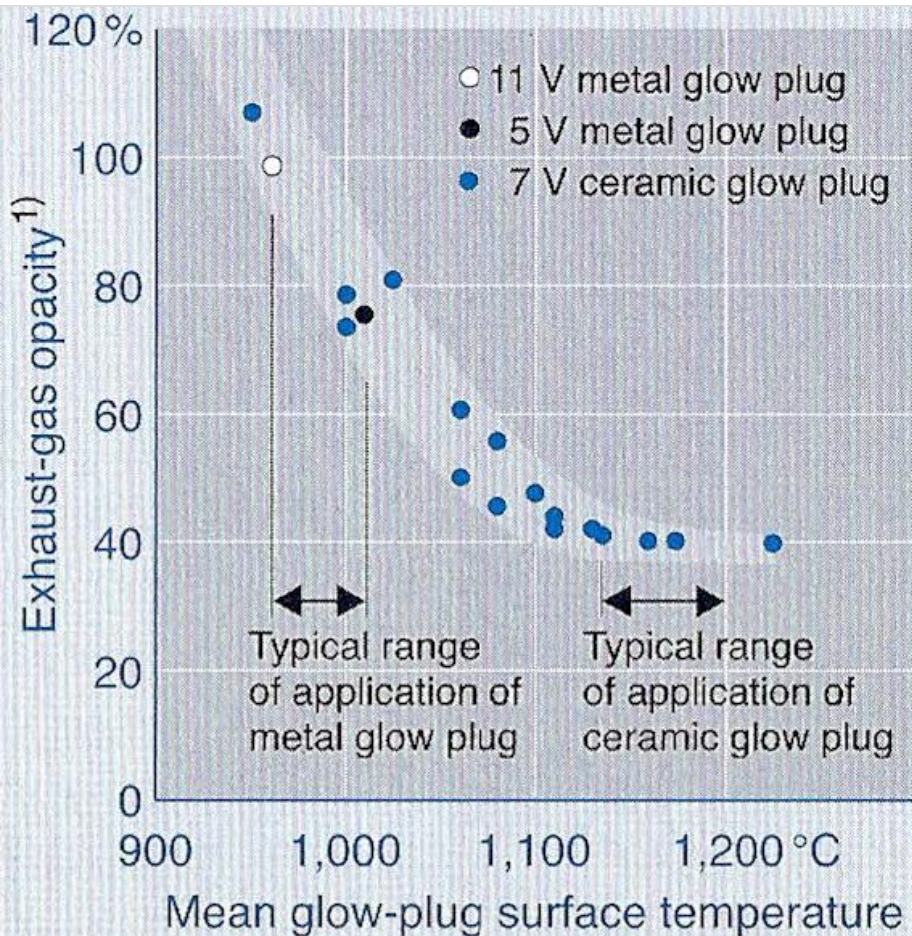
Грејачи који су смештени комори за сагоревање

Програмска мапа је усклађивана у модулу предгрејача у **EDC** софтверу и садржи следеће параметре:

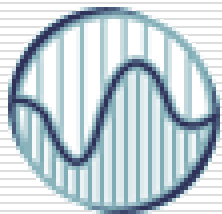
- Број обртаја мотора
- Убрижану количину горива
- Време након старта
- Температуру расхладне течности

Управљачка јединица спречава прегревање грејача у свим режимима рада мотора.

EDC на основу наведених параметара процењује температуру грејача и активира га поново ако је неопходно!

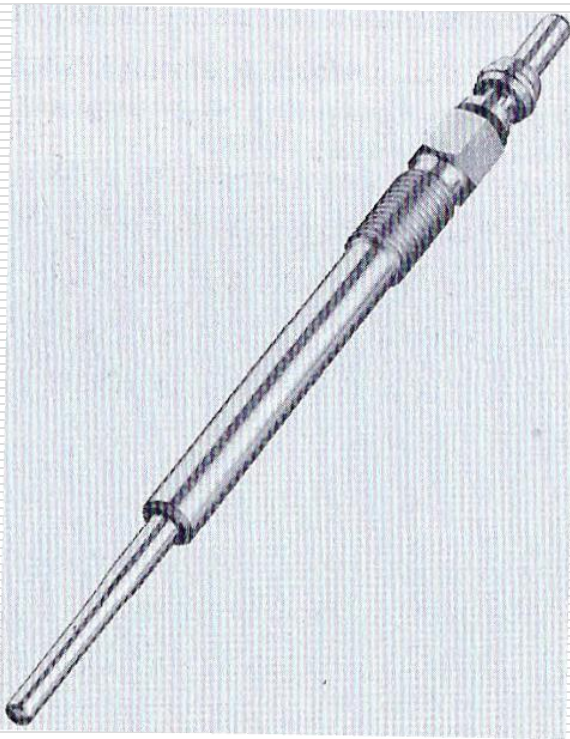


¹⁾ Metal glow plug = 100% relative exhaust-gas opacity

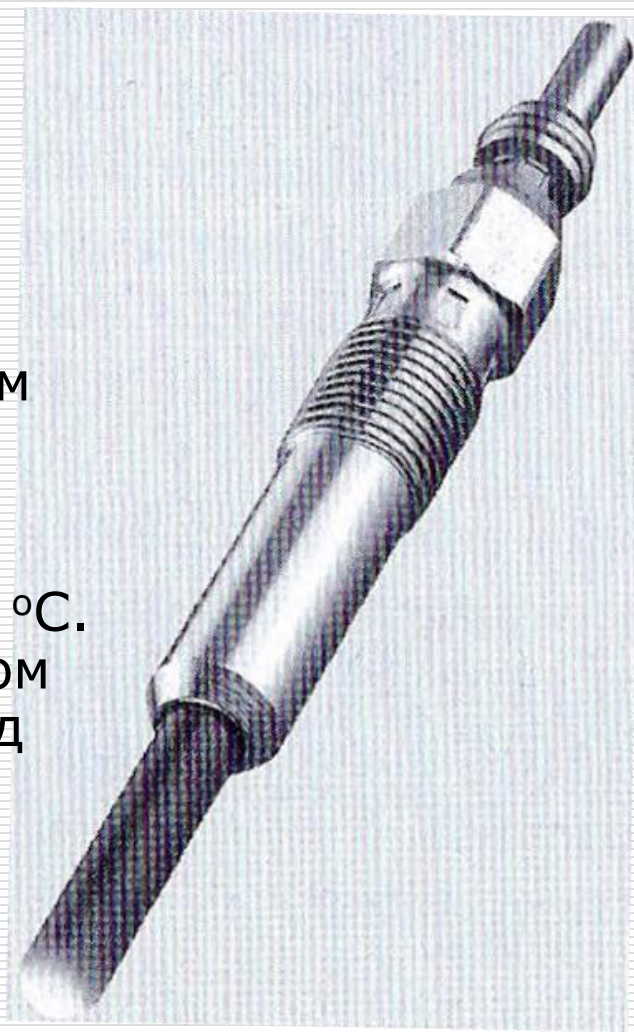


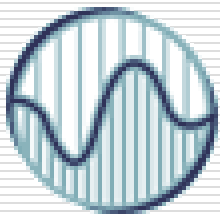
Грејачи који су смештени комори за сагоревање

Високо брзински грејач, номиналног напона 4,4 V, стартног напона 11 V. Максимална температура је 1000 °C коју достиже за 3 секунде. За моторе са степеном компресије већим од 18.



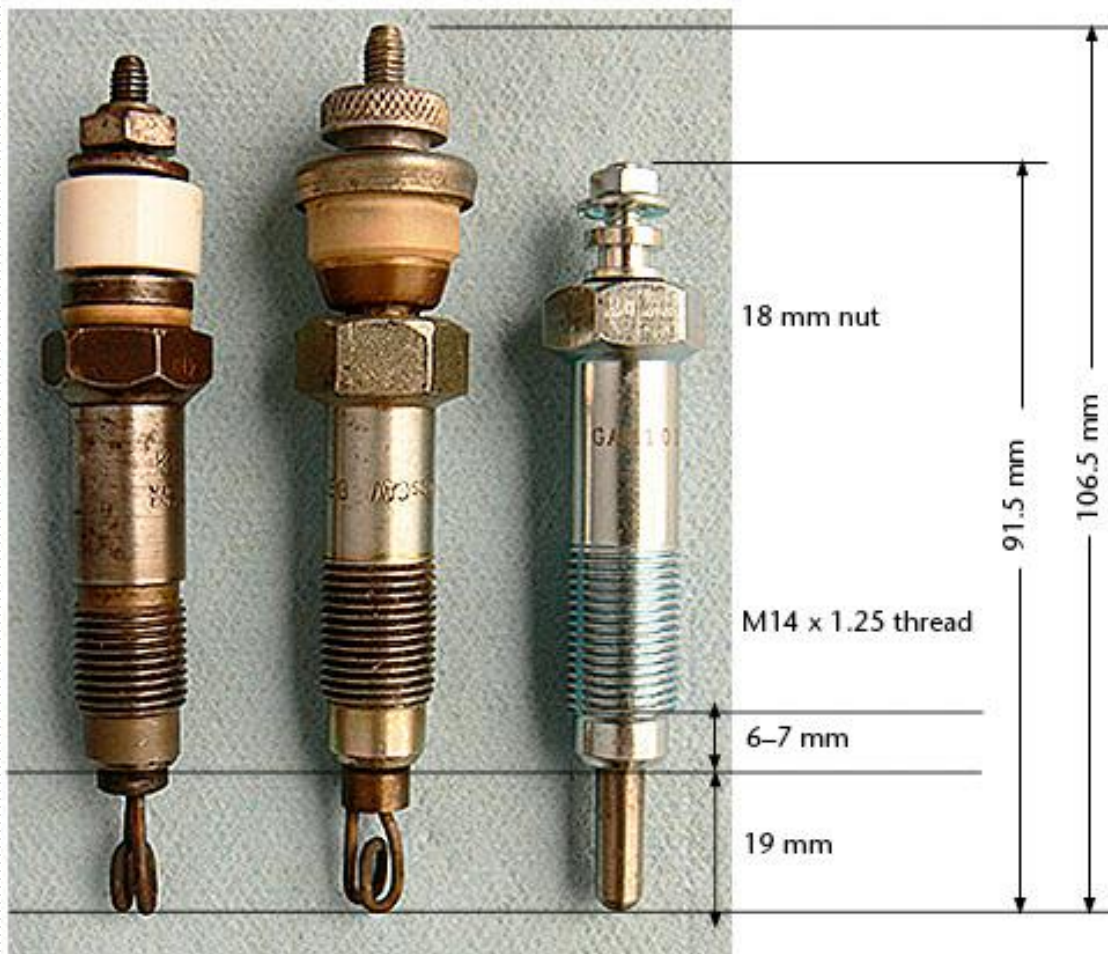
Грејач са керамичким композитним материјалном. Максимална температура је 1300 °C. За моторе са степеном компресије мањим од 16.





Грејачи који су смештени у усисном колектору- Грејачи са ужареном нити

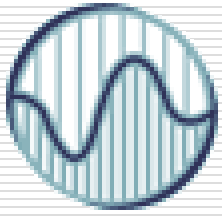
Грејачи са
ужареном нити су
једноставни за
уградњу, користе се
дуго година па постоји
велико искуство у раду
са њима и имају дуг
сервисни интервал.



KLG
G.F. 210 T.
1.7 V - 40 A

Lucas CAV
DS 102 GHE
1.7 V

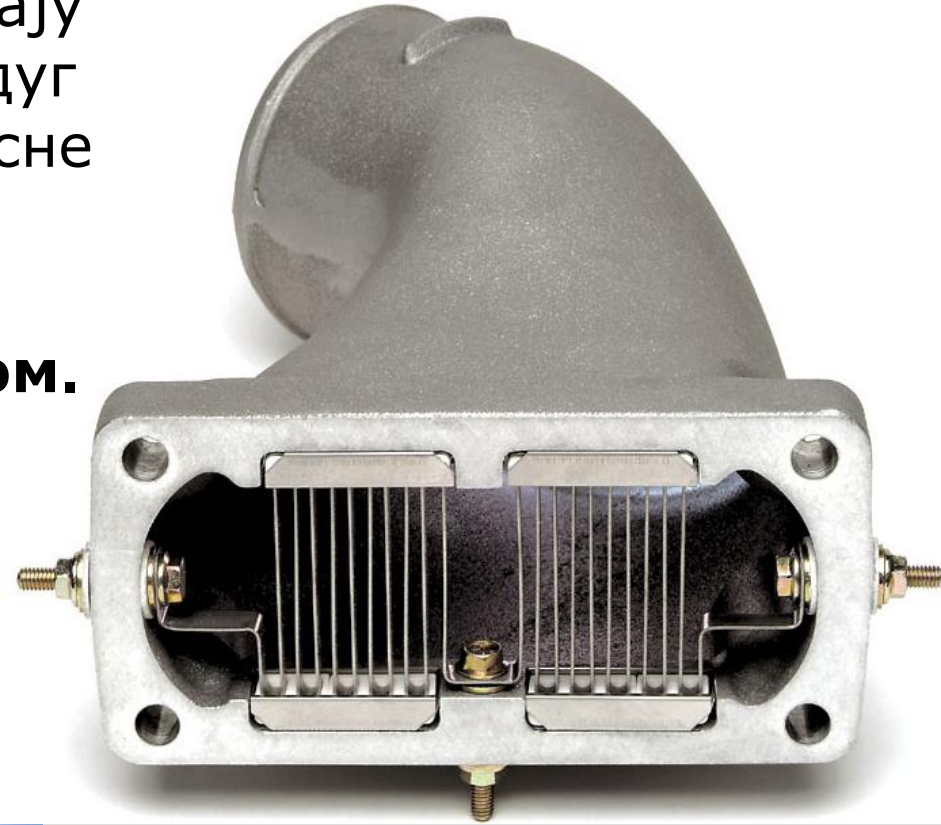
LR Spare Parts
GAM 101
12 V



Грејачи који су смештени у усисном колектору- Грејне прирубице

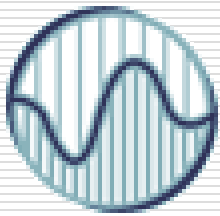
Грејне прирубице, омогућавају
веома брзо загревање, имају дуг
век трајања и веома су ефикасне
по питању издувне емисије.

**Примена код мотора са
великом радном запремином.**

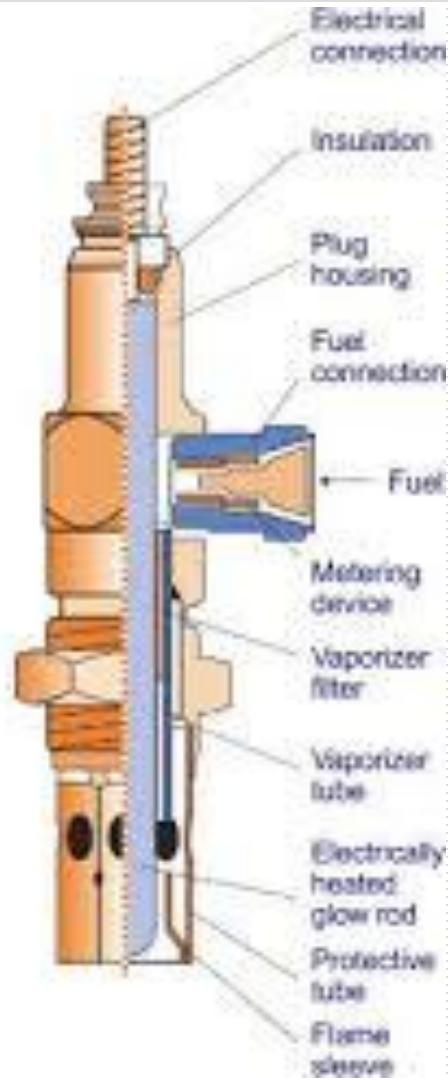


Electrical air preheating



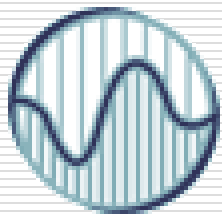


Грејачи који су смештени у усисном колектору- Пламене свећице



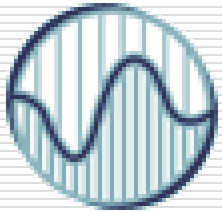
Пламене свећице, карактеристике:

- ❑ Ослобађају велику количину топлоте.
- ❑ Мали су потрошачи струје.
- ❑ Једна врста пламених свећица се може уградити на различите типове мотора
- ❑ Веома су ефикасне у сузбијању односно смањењу белог дима током старта мотора.



Системи са пламеном свећицом

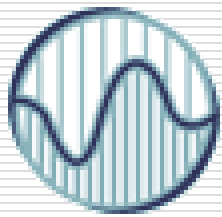
Од суштинске је важности обезбедити одговарајућу **количину горива и контролу убризгавања** у пламеној свећици како после упаљења или у случају да се пламена свећица није активирала гориво не би отишло у радни простор мотора преко усисног вентила!



Системи са пламеном свећицом

Карактеристике система са пламеном свећицом:

- Примењују се код мотора код којих је запремина већа од 1 л/цилиндру.
- Излазана топлотна снага 2-10 kW са кораком од једног kW.
- Време предгревање: зависи од напона напајања и износи од 15-35 сек.
- Температура паљења: 950-1.050 °C



Системи са пламеном свећицом

Када је у питању систем са пламеном свећицом онда се потребна енергија система добија према следећем:

Plug heating output formula |

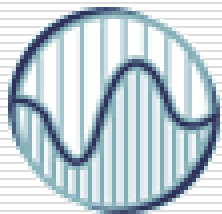
$$P = H_U \cdot \dot{V} \cdot \rho \left[\frac{\text{kJ} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{kg}}{\text{kg} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^3} \right]$$

Resolved according to fuel flow volume

$$\dot{V} \left[\frac{\text{cm}^3}{\text{min}} \right] \approx \frac{\text{required heat output [kW]}}{0,6017}$$

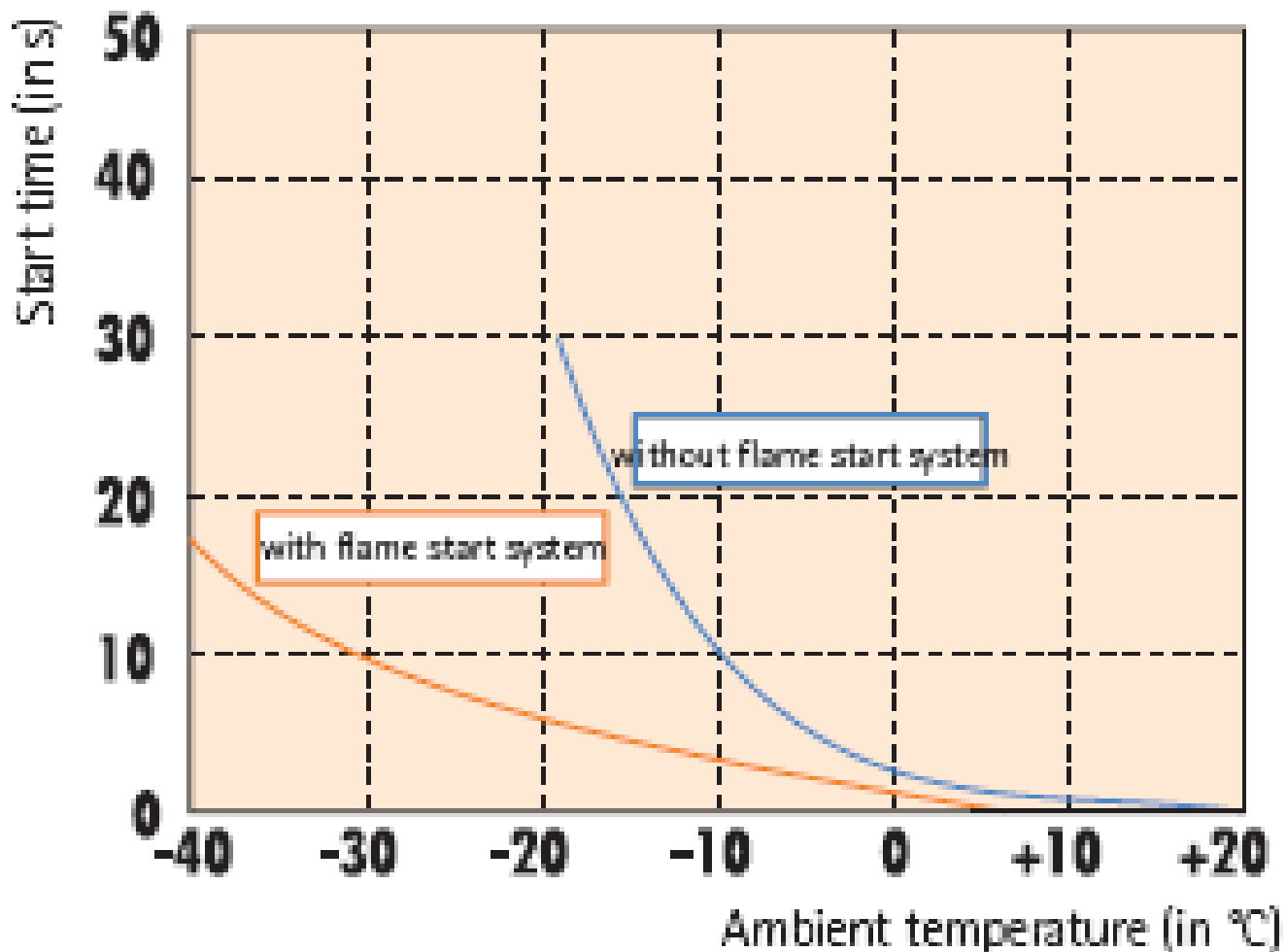
Assumptions: $H_U = 41031 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ ρ Diesel density = 850 to 888 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

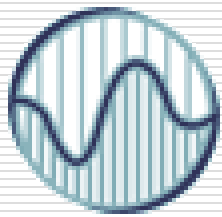
H_U = lower heating value



Системи са пламеном свећицом

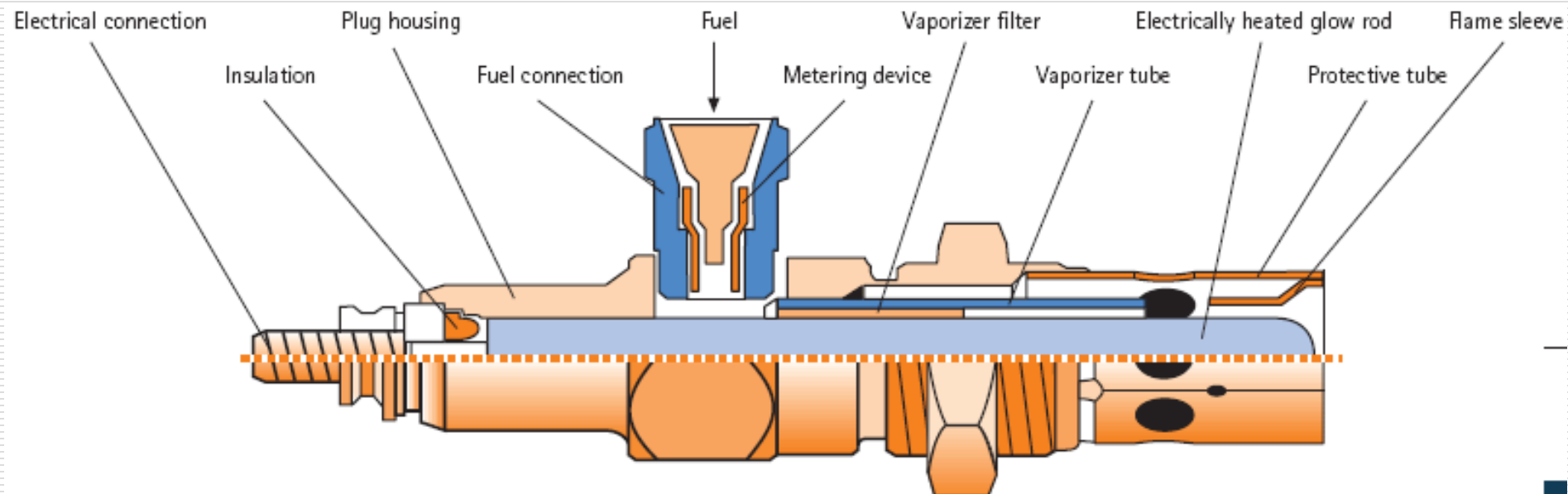
Зависност времена стартовања од температуре околине. Са и без пламене свећице

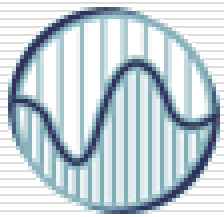




Системи са пламеном свећицом

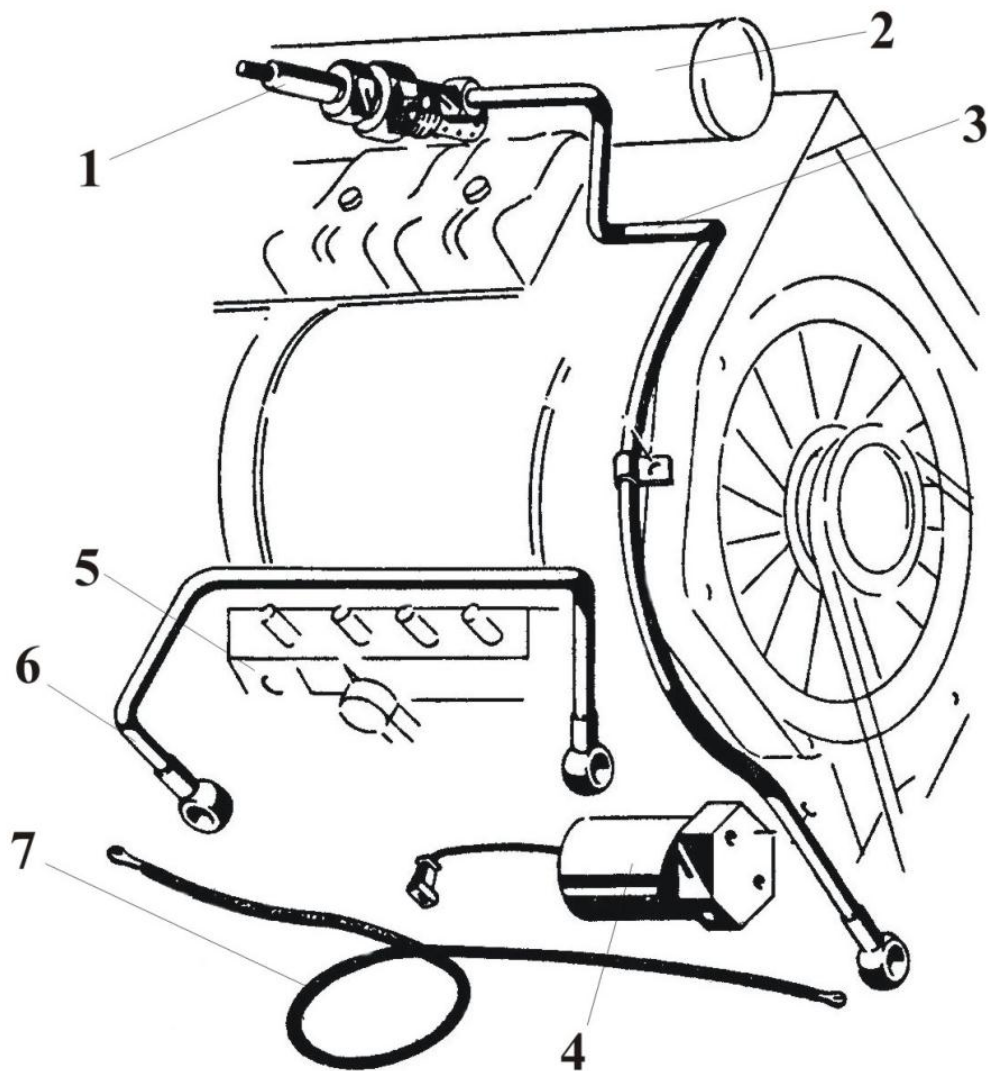
Систем са пламеном свећицом се састоји од једног или више грејача, сензора или “јављача” температуре, електорманетног вентила, управљачке јединице, индикатора светлости, редуктора притиска горива.

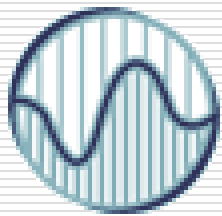




Системи са пламеном свећицом – принцип рада

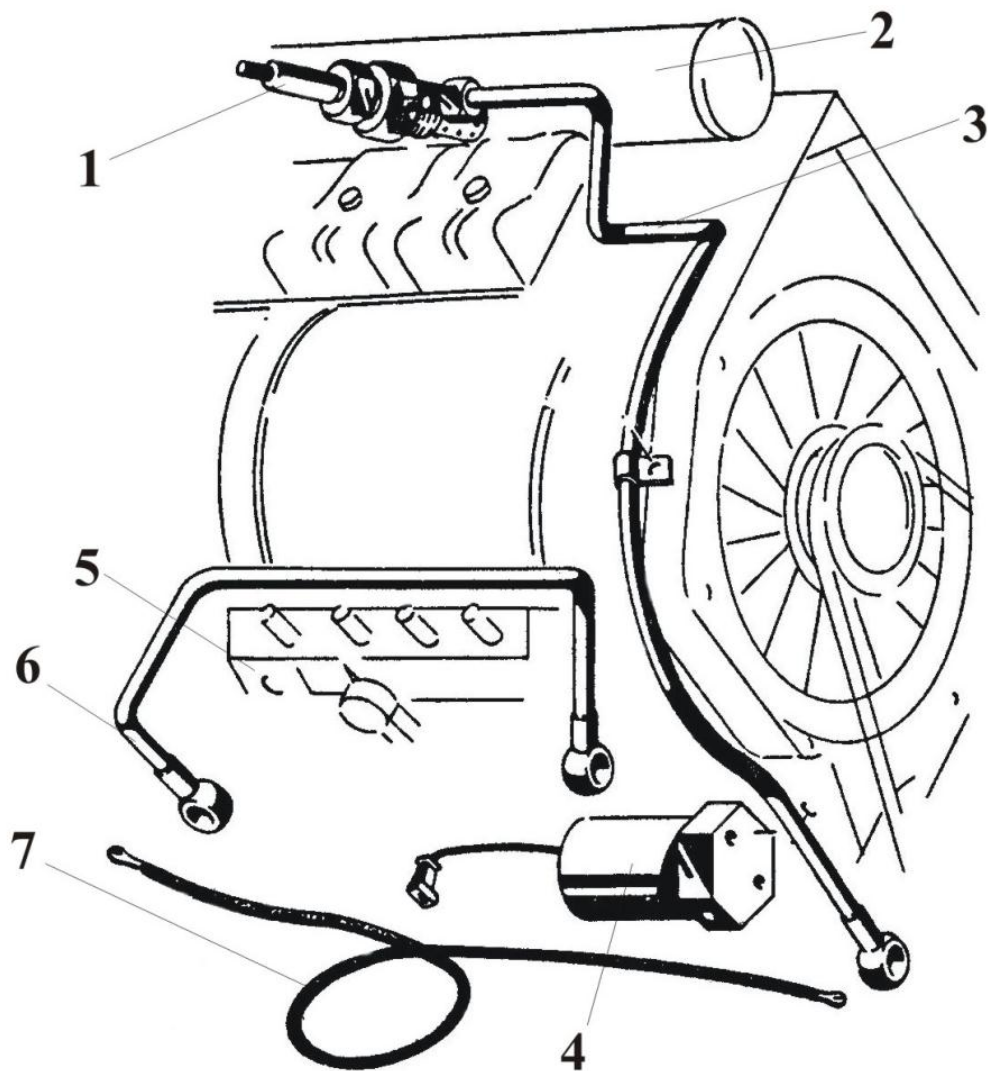
Постављањем главног прекидача за покретање мотора у кабини возача у положај 1 („укључен контакт“), струја из акумулатора доводи се кроз прикључни кабал у електромагнетни вентил (4), а кроз проводник (7) на грејач (1).

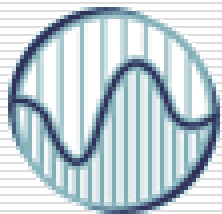




Системи са пламеном свећицом – принцип рада

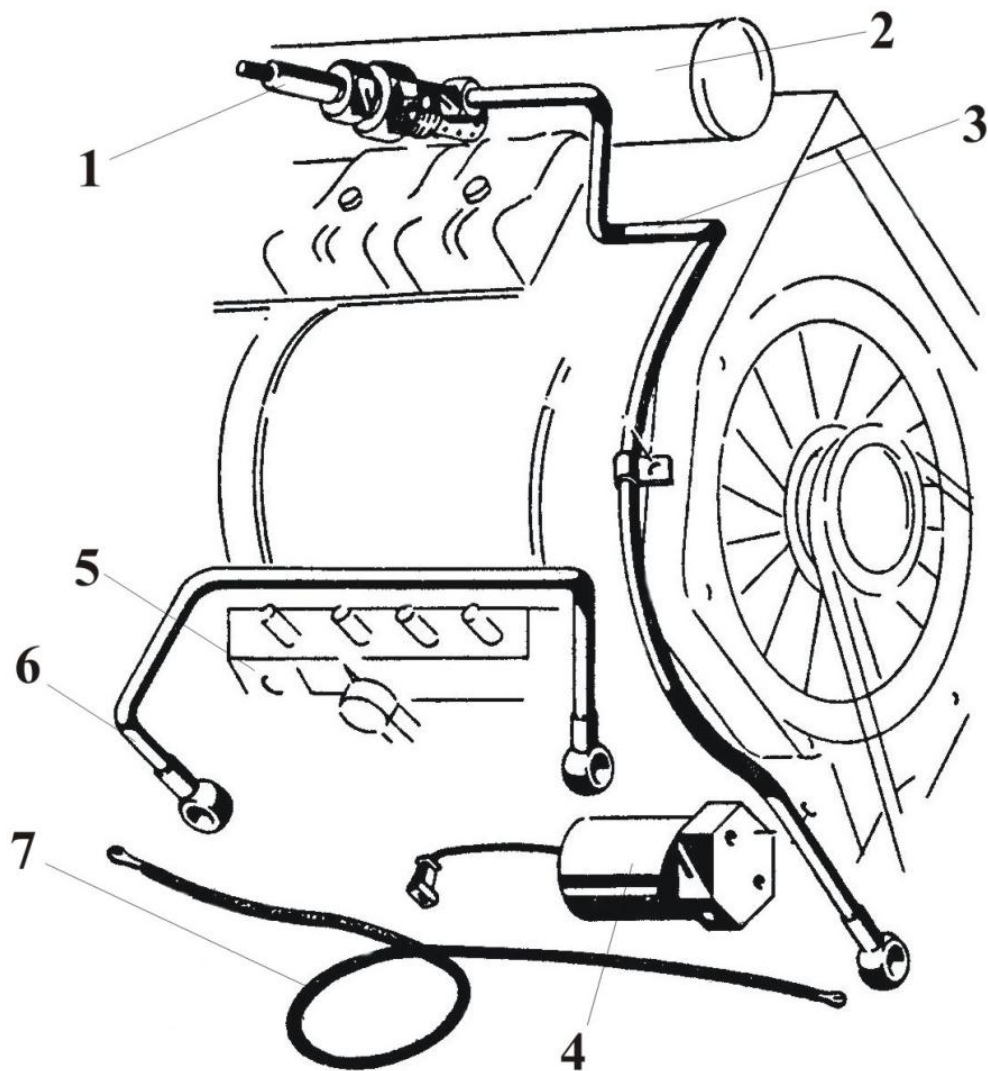
Протицањем струје отвара се електромагнетни вентил (4) и кроз цев (3) пропушта и дозира гориво у грејач (1). Гориво у електромагнетни вентил преко цеви (6) долази из пумпе високог притиска (5). Услед протока струје електрода грејача се ужари и пали гориво, тако да настаје пламен који загрева усисни ваздух у колектору (2).

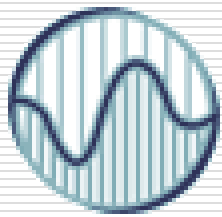




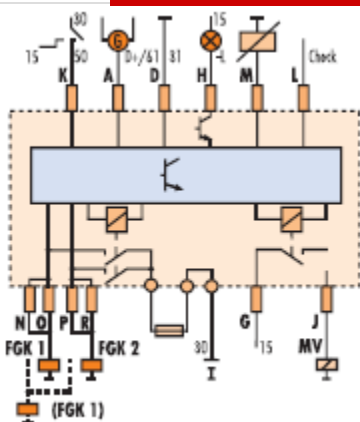
Системи са пламеном свећицом – принцип рада

Главни прекидач се држи у положају 1 све док на контролној табли не засветли жуто контролно светло, што је знак да се појавио пламен из грејача. После тога се главни прекидач окреће у положај за стартовање, чиме се покреће електропокретач.





Системи са пламеном свећицом



Pin	Pin assignment of the connections	Pin	Pin assignment of the connections
A	D+/61 generator	G	15 ignition
M	T ₁ temperature sensor	D	31 ground
L	Check	N/O	FGK 1 (glow plug 1 of 2)
K	50 cranking signal	P/R	FGK 2 (glow plug 2 of 2)
J	SV solenoid valve	N/P	FGK 1 (only where one plug in use)
H	-L indicator light (-)		



Functional flow chart of the flame start system

