

Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука Крагујевац



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне струковне студије

Модул: Моторна возила и мотори

Предмет: Мотори СУС

Број индекса: 137/2007

Немања, Д Илић

**Мотори СУС са променљивим степеном
компресије**

завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф.др Драгољуб Радоњић - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

3. _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да обради:

- Анализа утицаја степена компресије на ефективне, економске и еколошке карактеристике мотора СУС
- Дефиниција и начин одређивања степена компресије
- Преглед различитих механизма за остваривање променљивог степена компресије код мотора СУС
- Избор оптималног система за промену степена компресије
- Закључци

Препоручена литература:

- [1] Радоњић, Д., Пешић, Р.: Топлотни прорачун мотора СУС, Машински факултет Крагујевац, 1996.
- [2] Пешић, Р., Аутомобилски ото мотори са минималном потрошњом, Монографија, специјално издање часописа МВМ, Машински факултет Крагујевац, 1994.
- [3] Radonjić, D.: An evaluation of the efficiency of the system used for the automatic change of the IC Engines compression ratio, MVM, Vol.36, No. 3, 2010.
- [4] Радоњић, Д.: Предавања из Мотора СУС, Машински факултет Крагујевац, 2008.
- [5] Ian Miller: SAAB Variable Compression Motor,
www.me.udel.edu/meeg425/SaabVarComp.doc

Крагујевац,

01.09.2011.

ментор:

Име, презиме и звање ментора

Др Драгољуб Радоњић, ред. проф.

РЕЗИМЕ

Испуњавање захтева који се постављају пред моторе СУС као погонске агрегате савремених моторних возила, све чешће подразумева примену варијабилних система са електронским управљањем. Овакви системи су настали практично са настанком мотора СУС, стом разликом што су се за њихово управљање користили механички и/или пнеуматски регулатори (системи паљења код ото мотора, регулатори режима рада код дизел мотора) и гасодинамичке појаве дозирања и распршивања горива (карбуратори ото мотора). Због тога су и први електронски системи управљања уведени баш код ових система.

Кључне речи: мотори СУС, варијабилни системи, степен компресије

ABSTRACT

A fulfillment of demands concerning the ICE as drive units of modern motor vehicles nowadays more frequently entails an application of the variable systems with electronic control. These types of systems have practically occurred with the ICE development, but the slight difference that is to be noted is the one regarding the mechanic and/or pneumatic governors (such as ignition systems within the spark ignition engines, the regulators of the modes of operation within the compression ignition engines) along with the gas and dynamic appearances of fuel metering and fuel atomization (the spark ignition engine carburetors). That is the reason why the first electronic engine control systems have been introduced within these particular systems.

Key words: IC engines, variable systems, compression ratio

САДРЖАЈ

1.АНАЛИЗА УТИЦАЈА СТЕПЕНА КОМПРЕСИЈЕ НА ЕФЕКТИВНЕ, ЕКОНОМСКЕ, И ЕКОЛОШКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ МОТОРА СУС-----	6
2.МЕТОДЕ ОДРЕЂИВАЊА ВРЕДНОСТИ СТЕПЕНА КОМПРЕСИЈЕ-----	12
2.1 Мерни уређаји за контролу притиска сабијања-----	14
3.МЕХАНИЗМИ ЗА ОСТВАРИВАЊЕ ПРОМЕНЉИВОГ СТЕПЕНА КОМПРЕСИЈЕ-----	15
4.ИЗБОР ОПТИМАЛНОГ СИСТЕМА ЗА ПРОМЕНУ СТЕПЕНА КОМПРЕСИЈЕ-----	23
5.ЗАКЉУЧАК-----	26
6.ЛИТЕРАТУРА-----	26

1. АНАЛИЗА УТИЦАЈА СТЕПЕНА КОМПРЕСИЈЕ НА ЕФЕКТИВНЕ, ЕКОНОМСКЕ, И ЕКОЛОШКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ МОТОРА СУС

Степен компресије представља најважнији конструктивни параметар клипних мотора, било да су ото или дизел, двотактни или четворотактни. Код данашњих ото или дизел мотора степен компресије је, пре свега, условљен карактеристикама примењеног горива. Код ото мотора је ограничена максимална вредност степена компресије конструктивним карактеристикама коморе и октанским квалитетом бензина. Код дизел мотора ограничена је минимална вредност степена компресије конструкцијом коморе за сагоревање и цетанским карактеристикама горива.

Утицај степена компресије на економске показатеље мотора може се оценити преко израза за степен искоришћења упоредних циклуса.

На основу следећих израза, степени искоришћења појединих упоредних циклуса зависе од бездимензионих величина: ε , α , ρ и k , па је потребно испитати смер утицаја ових величина на вредности степена искоришћења.

- конбиновани циклус:

$$\eta_{ik} = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{\kappa-1}} \frac{(\alpha \rho^{\kappa} - 1)}{[(\alpha - 1) + \kappa \alpha (\rho - 1)]}$$

- дизел циклус:

$$\eta_{ld} = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{\kappa-1}} \frac{\rho^{\kappa} - 1}{\kappa(\rho - 1)}$$

- ото циклус:

$$\eta_{lo} = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{\kappa-1}}$$

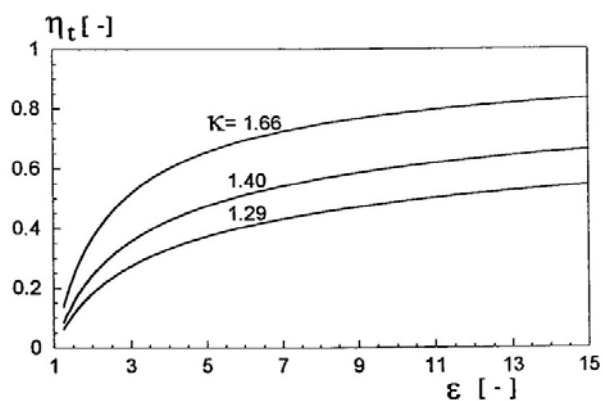
k – експонент адијабате радног тела,

$\varepsilon = V_1/V_2$ – степен компресије који представља највеће ($V_1 = V_h + V_c$) и најмање ($V_2 = V_c$) запремине цилиндра у току одвијања циклуса,

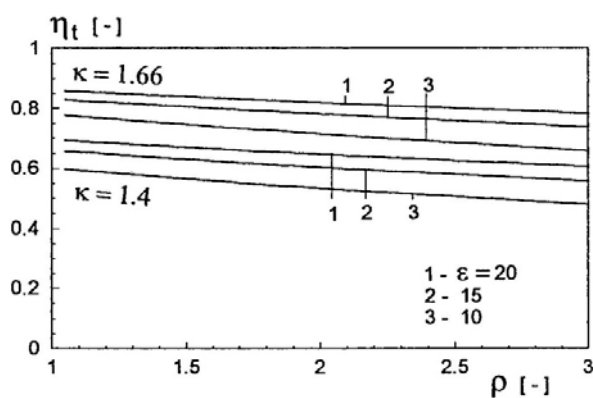
$\alpha = p_3/p_2$ – степен пораста притиска у току довђења топлоте при $V = const.$ дат као однос одговарајућих притисака у тачкама 3 и 2,

$\rho = V_4/V_3$ – кофицијент претходног ширења, дат односом запремина у тачкама 4 и 3

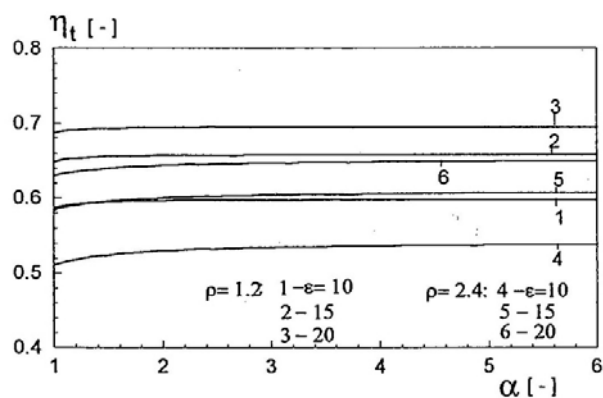
Анализом ових израза може се утврдити да повећањем вредности величина: ε , α и k степен искоришћења повећава, док се са повећањем ρ његова вредност смањује. Карактер ове зависности има и своје физичко тумачење, а њена графичка презентација за поједине упоредне циклусе приказана је на следећим сликама.



Сл. 1. Зависност степена искоришћења ото циклуса од степена сабијања и односа специфичних топлота k : једноатомни идеални гас (1.66), двоатомни (1.40) и троатомни (1.29)



Сл. 2. Зависност степена искоришћења дизел циклуса од степена претходног ширења, степена сабијања и односа специфичних топлота



Сл. 3. Зависност степена искоришћења конбинованог циклуса од степена пораста притиска у току довођења топлоте, степена сабијања и степена претходног ширења при $k = 1.40 = const.$

Повећањем степена искоришћења преко степена компресије ϵ ограничено је при пуном оптерећењу код ото мотора појавом ненормалног сагоревања, а код дизел мотора максимално дозвољеним вредностима притиска и температуре. Веће вредности

кофицијента претходног ширења ρ доводе при истом експонату адијабате k до увећања одведене количине топлоте Q_o што изазива смањење степена искоришћења. Код реалног мотора овом случају одговара развучен процес сагоревања који због виших температура и притисака у току и на крају ширења доводи до појаве дисоцијације продукта сагоревања и повећањаних губитака у току процеса измене радне материје што све скупа изазива смањење економичности мотора. Утицај експоненте адијабате k на степене искоришћења упоредних циклуса изражава утицај својстава радне материје код реалног мотора која се најчешће дају у функцији састава смеше, односно, коефицијента количине ваздуха λ .

Као што се види из следећих израза, специфични рад сваког од три упоредна циклуса је функција истих величина: $\varepsilon, \alpha, \rho$ и k , као и одговарајући степени искоришћења, па је и овде могуће спровести анализу утицаја појединих величина на вредност специфичног циклуса. Графички прикази ових зависности за поједине циклусе дати су на следећим сликама.

- конбиновани циклус:

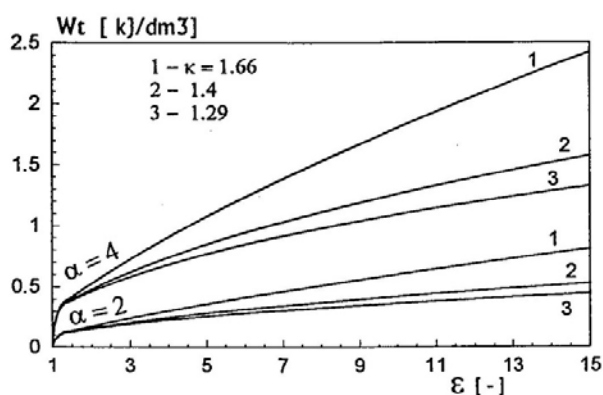
$$w_{ik} = K \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \frac{P_1}{\kappa - 1} \left\{ [\alpha - 1 + \kappa \alpha (\rho - 1)] \varepsilon^{\kappa-1} - (\alpha \rho^{\kappa} - 1) \right\}$$

- дизел циклус ($\alpha=1$):

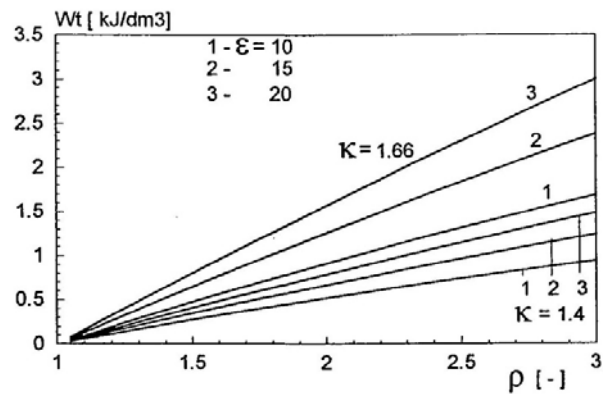
$$w_{id} = K \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \frac{P_1}{\kappa - 1} [\kappa (\rho - 1) \varepsilon^{\kappa-1} - (\rho^{\kappa} - 1)]$$

- ото циклус ($\rho=1$):

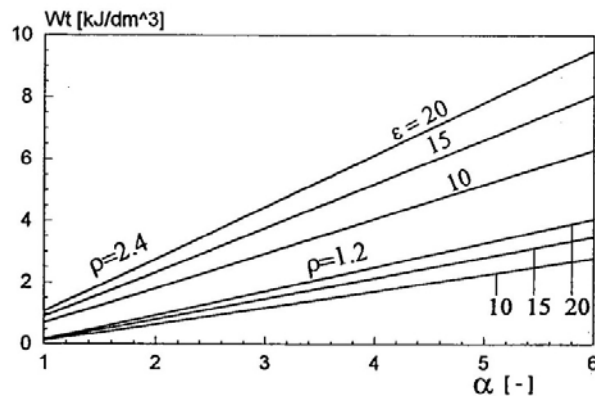
$$w_{io} = K \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \frac{P_1}{\kappa - 1} (\alpha - 1) (\varepsilon^{\kappa-1} - 1).$$



Сл. 4. Зависност специфичног рада ото циклуса од степена сабијања, степена пораста притиска и односа специфичних топлота

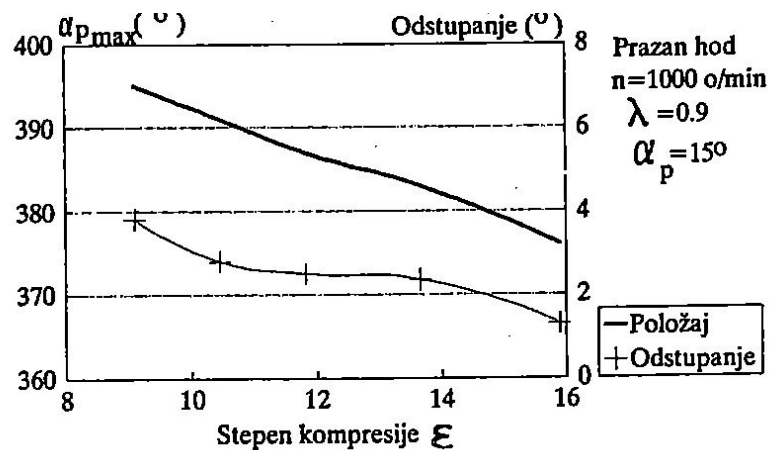


Сл. 5. Зависност специфичног рада дизел циклуса од степена претходног ширења, степена сабијања и односа специфичних топлота



Сл. 6. Зависност специфичног рада конбинованог циклуса од степена пораста притиска, степена сабијања и степена претходног ширења при $k = 1.40$

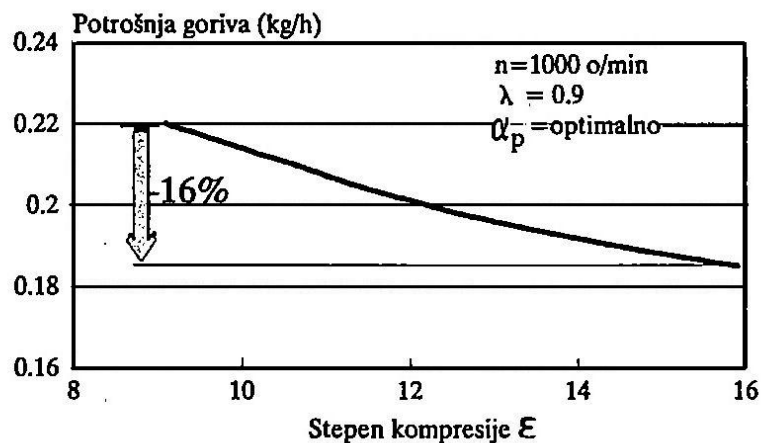
Утицај степена компресије на средњу вредност положаја максималног притиска у цилиндру и одговарајуће стандардно одступање на празном ходу приказано је на слици. На слици се уочава приближавање максималног притиска ка СМТ и смањење одговарајућег стандардног одступања при повећању степена компресије. Смањење одговарајућег стандардног одступања говори о смањеним циклусним варијацијама а приближавање положаја максималног притиска ка СМТ, према оптимуму, говори о побољшавању процеса сагоревања.



Сл. 7. Средња вредност положаја максималног притиска и одговарајуће одступање

Побољшање квалитета одвијања процеса сагоревања: повећање брзине и његово померање ка оптималном положају гарантује мање губитке условљене реалним процесом сагоревања и знатно мање циклусне варијације при повећању степена компресије. То је узрок смањењу потрошње горива на празном ходу од 16% при повећању степена компресије од 9.1 до 15.9 како је то приказано на слици, за режим рада мотора на празном ходу, 1000 о/мин, са кофицијентом количине ваздуха од 0.9 и оптималним углом предпаљења.

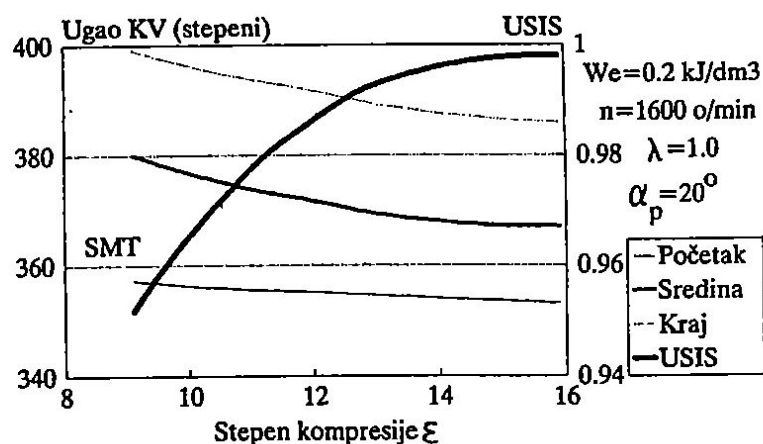
Како веће вредности степена компресије због квалитетнијег процеса сагоревања и мањих циклусних варијација омогућавају рад мотора са сиромашном смешом и на нижим бројевима обртаја могуће је очекивати да проценат смањења, у тим условима достигне цифру од 30 %.



Сл. 8. Утицај степена компресије на потрошњу горива на празном ходу

Параметри процеса сагоревања: почетак, средина, крај, и упоредан степен искоришћења су на слици приказани у зависности од степена компресије. Повећање степена компресије доводи до скраћења дужине процеса упаљења и дужине сагоревања. Због тога, при истом углу предпаљења долази до померања средине сагоревања према СМТ ка оптималном положају а то доводи до сталног пораста упоредног степена искоришћења, за дати интервал промене степена компресије, није достигао своју максималну вредност па је могуће даље повећање степена компресије у циљу

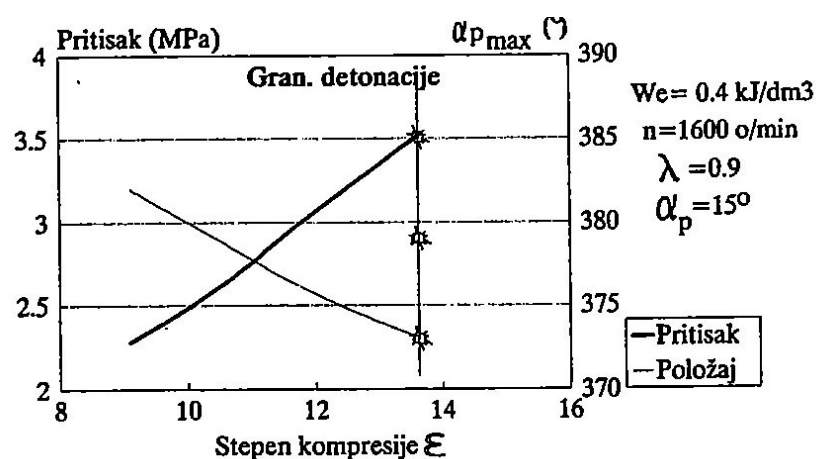
остваривања оптималног сагоревања. Поред тога примећује се и промена закона сагоревања при повећању степена компресије. Код мањих вредности степена компресије, због неповољних услова на почетку сагоревања имамо малу брзину одвијања процеса па се положај тежишта сагоревања налази после средине интервал дужине сагоревања у степенима КВ. Повећањем степена компресије побољшавају се услови на почетку одвијања процеса сагоревања па је код њих тежисте сагоревања нешто пре средине угаоног интервала у коме се одвија читав процес сагоревања.



Сл. 9. Параметри процеса сагоревања на делимичном оптерећењу

Избор оптималног степена компресије на делимичном оптерећењу $w_e=0.4 \text{ kJ/dm}^3$

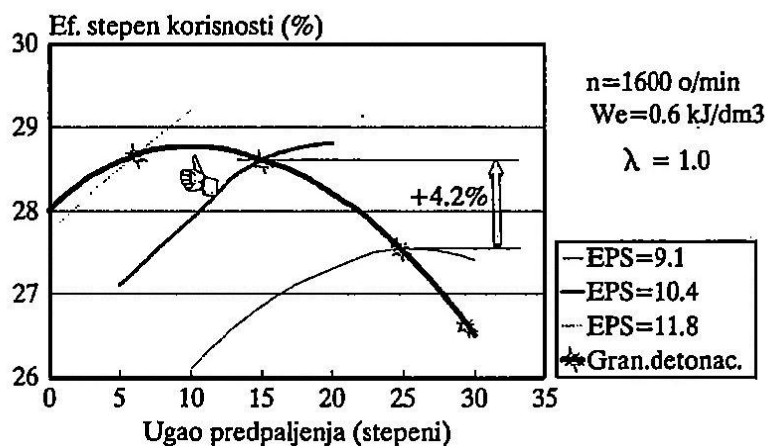
На слици приказан је утицај степена компресије на средњу вредност максималних притисака и на средњу вредност положаја максималног притиска од низа узастопних циклуса на резиму $w_e=0.4 \text{ kJ/dm}^3$, $n = 1600 \text{ o/min}$, $\lambda = 0.9$ и $\alpha_p = 15^\circ$. Повећање степена компресије при истом углу предпаљења доводи до битног повећања максималног притиска у цилиндру и до померања положаја тог максимума ка СМТ приближавајући га оптималном положају.



Сл. 10. Средње вредности максималних притисака и њиховог положаја

Избор оптималног степена компресије на делимичном оптерећењу $w_e=0.6 \text{ kJ/dm}^3$

Повећањем степена компресије до 11 доводи до пораста ефективног степена корисности у износу од 4.2 % релативно у односу на ефективни степен корисности при $\epsilon=9.1$. Како се са слике види оптимално сагоревање може се поставити само на степену компресије 9.1 а код већих вредности степена компресије екстремне вредности ефективног степена корисности се налазе дубоко у зони јаке детонације.



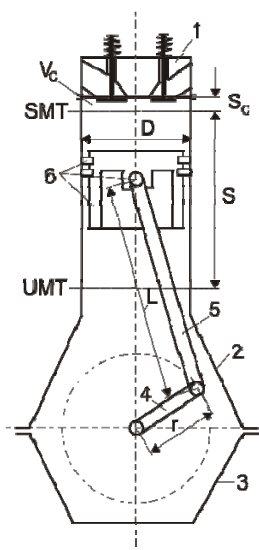
Сл. 11. За избор оптималне вредности степена компресије

2. МЕТОДЕ ОДРЕЂИВАЊА ВРЕДНОСТИ СТЕПЕНА КОМПРЕСИЈЕ

Степен компресије се посматра као конструктивни (геометријски) параметар мотора СУС с обзиром да се дефинише као однос максималне и минималне запремине радног простора цилиндра у току одвијања циклуса:

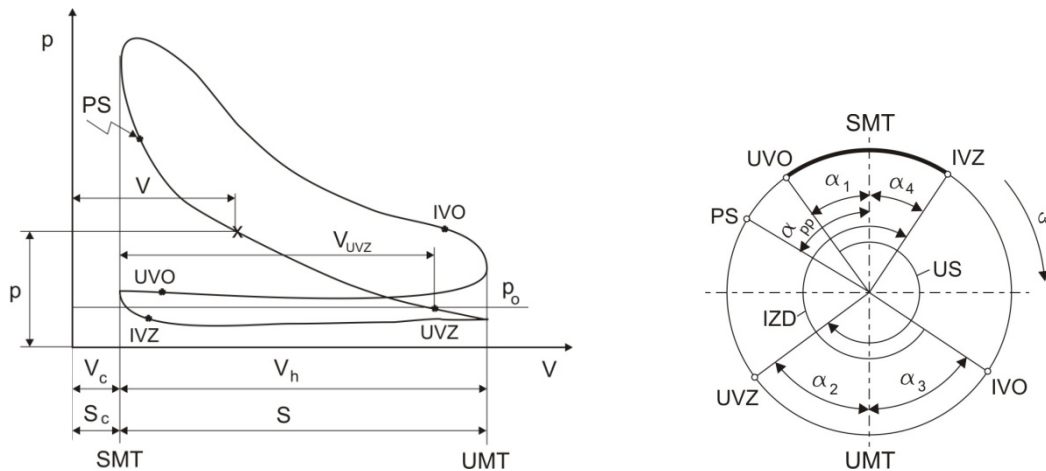
$$\epsilon = \frac{V_{max}}{V_{min}} = \frac{V_c + V_h}{V_c}$$

где су, према сл.12: $V_c = D^2 \pi S_c / 4$ -минимална (компресиона) запремина, $V_h = D^2 \pi S / 4$ -радна запремина цилиндра.



Сл.12

Овако дефинисан степен компресије се у литератури често назива *геометријски степен компресије* који одговара таквом радном циклусу мотора код кога се вентили отварају и затварају у крајњим положајима клипа (SMT и UMT), а упаљење смеше врши у горњем положају клипа (SMT).



Сл.13

Код стварног радног циклуса мотора СУС, отварање и затварање вентила у току процеса измене радне материје је дефинисано шемом развода (сл.13), док се упаљење смеше врши у тренутку који је дефинисан углом предпаљења (ото мотор), односно, углом предубризгавања (дизел мотор). Ова чињеница захтева корекцију вредности степена компресије на следећи начин:

$$\varepsilon' = \frac{V'_{max}}{V_{min}} = \frac{V_c + V_{UVZ}}{V_c}$$

при чему је: V_{UVZ} -запремина цилиндра која одговара тренутку затварања усисног вентила. У овом случају се претпоставља да се упаљење смеше врши у горњем положају клипа (SMT). Пошто је: $V_{UVZ} < V_h$, следи и да је: $\varepsilon' < \varepsilon$.

Стварна вредност степена компресије (*ефективни степен компресије*), код реалног циклуса мотора СУС најтачније се може одредити преко односа одговарајућих притисака чиме се узимају у обзир утицаји: шеме развода, степена пуњења и губитка радне материје кроз незаптивена места. Под претпоставком политропске промене стања у току сабијања веза између притиска и степена компресије може се изразити познатом једначином:

$$p V^{n_l} = C$$

где су: n и V -притисак у цилиндру и запремина надклипног простора у посматраном тренутку времена (сл.13), n_l -експонент политропе сабијања, C -константа која се мења од циклуса до циклуса.

Ако се горња једначина примени на идеални циклус мотора СУС долази се до следећег израза:

$$p_{UMT} (V_c + V_h)^{n_l} = p_{SMT} V_c^{n_l} \Rightarrow \varepsilon = \left(\frac{p_{SMT}}{p_{UMT}} \right)^{\frac{1}{n_l}}$$

На исти начин се долази и до вредности степена компресије ε' :

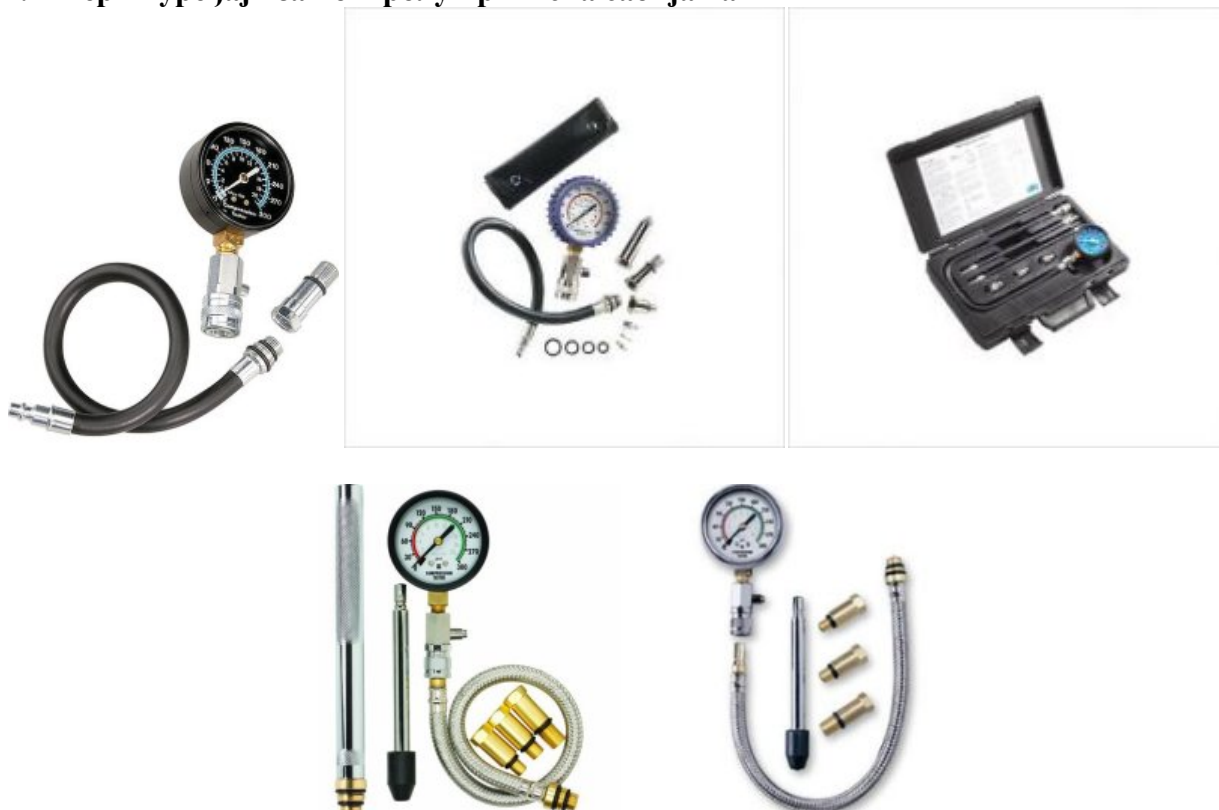
$$\varepsilon' = \left(\frac{p_{SMT}}{p_{UVZ}} \right)^{\frac{1}{n_l}}$$

У последњим једначинама ознаке: n_{SMT} , n_{UMT} и n_{UVZ} се односе на вредности притиска у цилиндру мотора при одговарајућим положајима клипа: SMT , UMT и UVZ , које се могу одредити експериментално или моделирањем стварног радног циклуса мотора СУС. Изрази за ε и ε' су добијени уз претпоставку да се циклус одвија без сагоревања или да се паљење обавља у SMT . Ако се у циклусу узме у обзир процес сагоревања онда израз за степен компресије има следећи облик:

$$\varepsilon'' = \left(\frac{p_{PS}}{p_{UVZ}} \right)^{\frac{1}{n_l}}$$

где је: p_{PS} -вредност притиска у тренутку почетка процеса сагоревања.

2.1 Мерни уређаји за контролу притиска сабијања



Сл.14

Притисак сабијања представља притисак у цилиндру на крају такта сабијања у циклусу без сагоревања. Његова вредност се може одредити аналитички, полазећи од израза за степен компресије:

$$p_{SMT} = p_{UVZ} (\varepsilon')^{n_l}$$

Притисак сабијања, према последњој једначини, посредно дефинише ефективни (стварни) степен компресије ε' , а његова вредност зависи од стања мотора с обзиром на величину зазора склопова: клип-клипни прстенови - цилиндар и вентили - седишта вентила. Мерење ове величине се управо врши у циљу провере стања мотора и доношења одлуке о вршењу генералног ремонта.

На сл.14 су приказани мерни уређаји (манометри) различитих произвођача који се користе за проверу притиска на крају сабијања („компресије“ мотора). Поступак мерења обухвата више корака и биће објашњен на примеру вишецилиндричног ото мотора:

- скинути свећице са свих цилиндара,
- искључити довод горива,
- пригушни лептир поставити у положај пуног отвора,
- проверити стање акумулатора и по потреби га допунити,
- прикључак за манометар навити у навој свећице једног цилиндра,
- покренути мотор неколико секунди помоћу стартера и након тога очитати вредност притиска на манометру,
- поступак поновити на свим цилиндрима мотора и записати вредности очитаног притиска за сваки цилиндар, чиме се може установити разлика у стању појединих цилиндара,
- у циљу утврђивања мере истрошења сваког цилиндра потребно је описати поступак мерења поновити уз претходно убацивање у цилиндрице мале количине специјалне течности која има за циљ да смањи пропуштање радне материје кроз зазоре што резултира повећањем вредности измереног притиска. Разлика у вредностима овако измерених притисака треба да буде у дозвољеним границама.

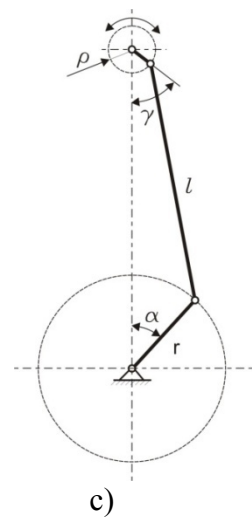
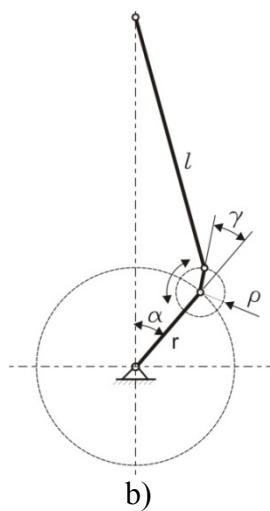
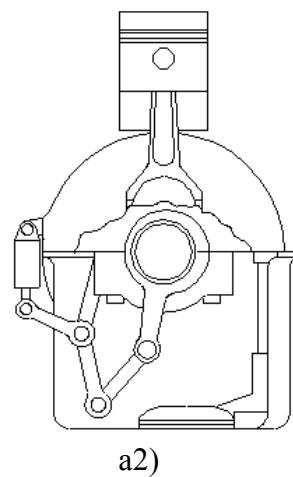
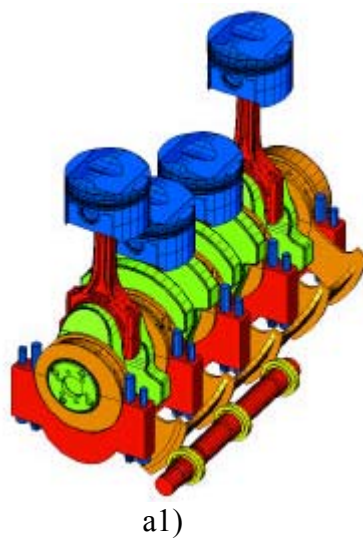
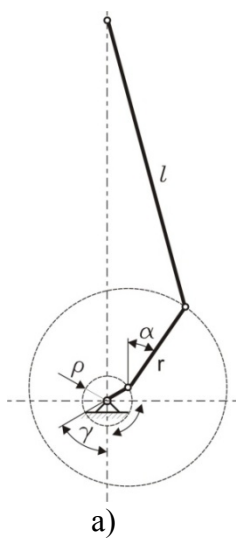
3. МЕХАНИЗМИ ЗА ОСТВАРИВАЊЕ ПРОМЕНЉИВОГ СТЕПЕНА КОМПРЕСИЈЕ

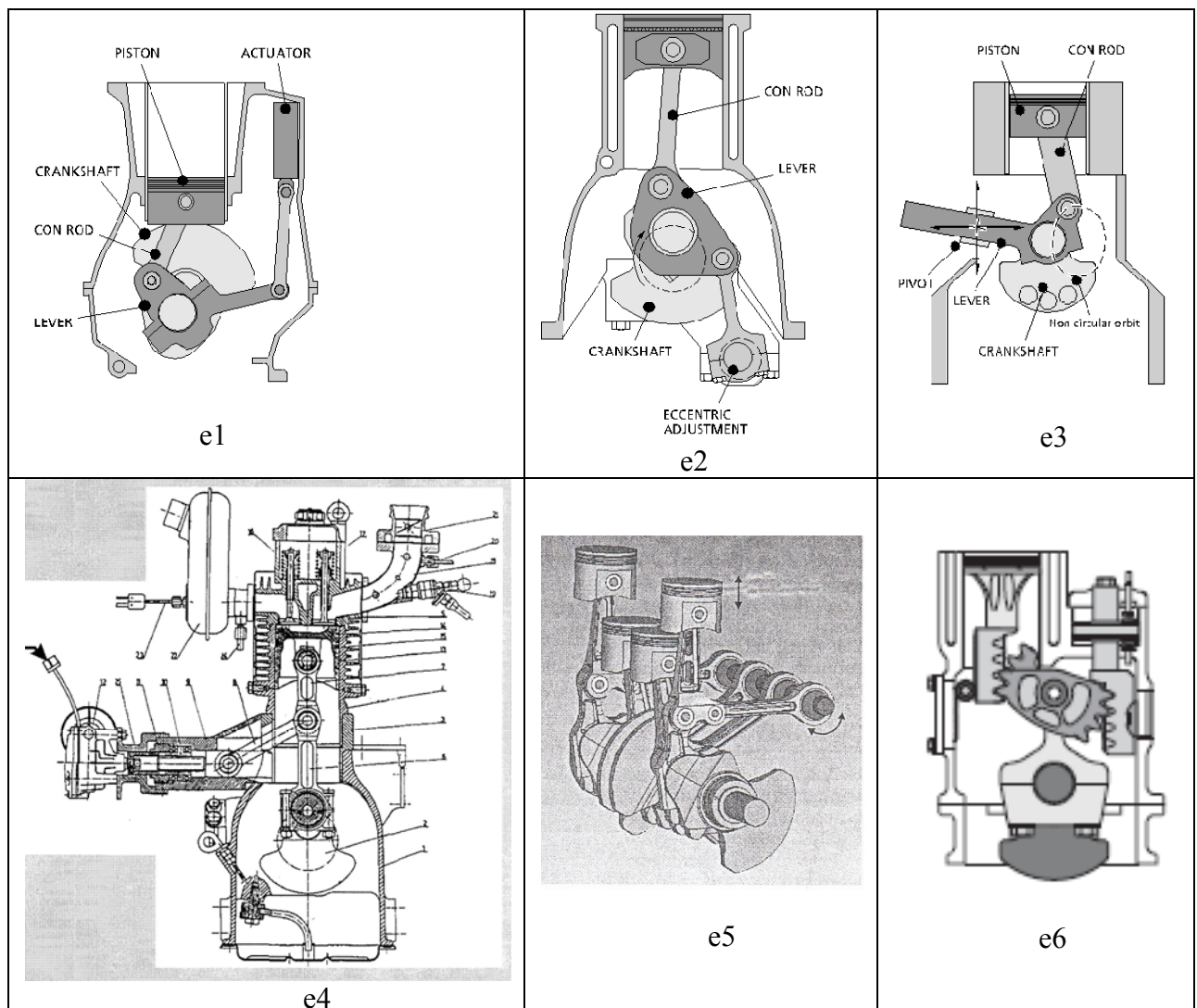
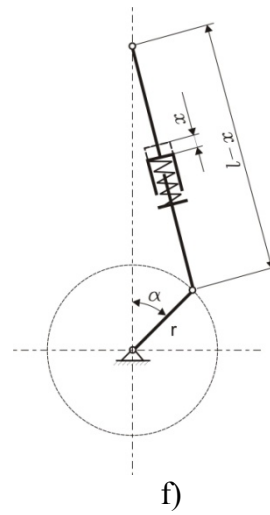
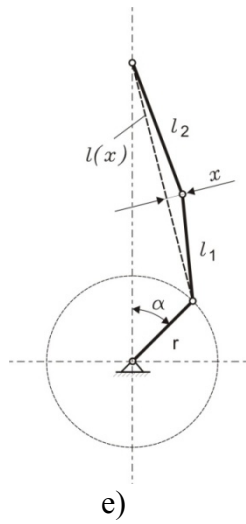
Из дефиниције геометријског степена компресије следи да се промена његове вредности може остварити променом величина: V_c и V_h , односно, S_c и S . Сагласно тој чињеници развијени су различити механизми за промену степена компресије који се према неким општим карактеристикама могу поделити у следеће групе:

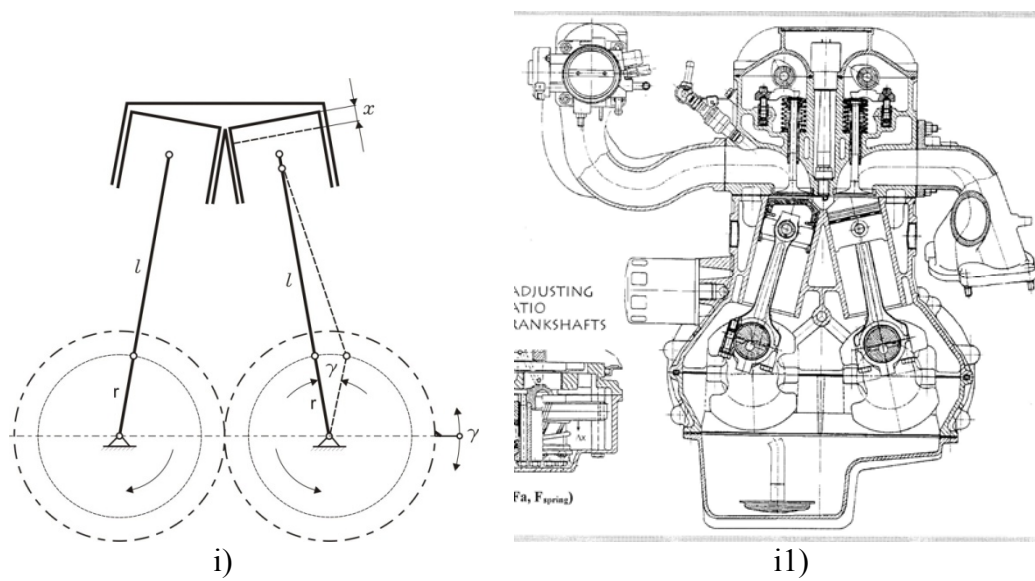
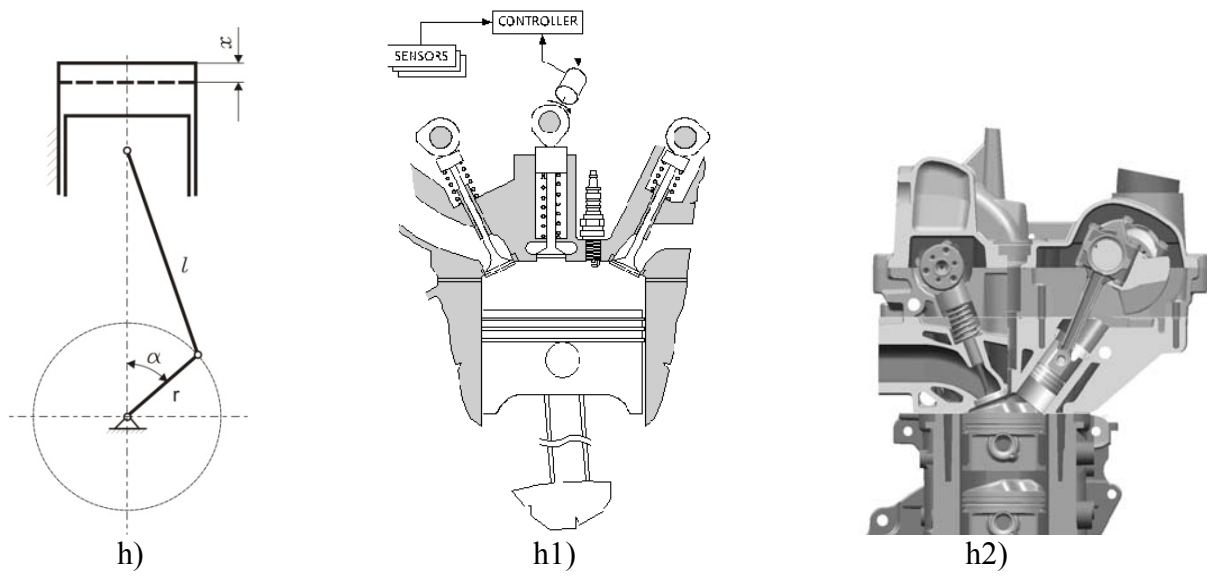
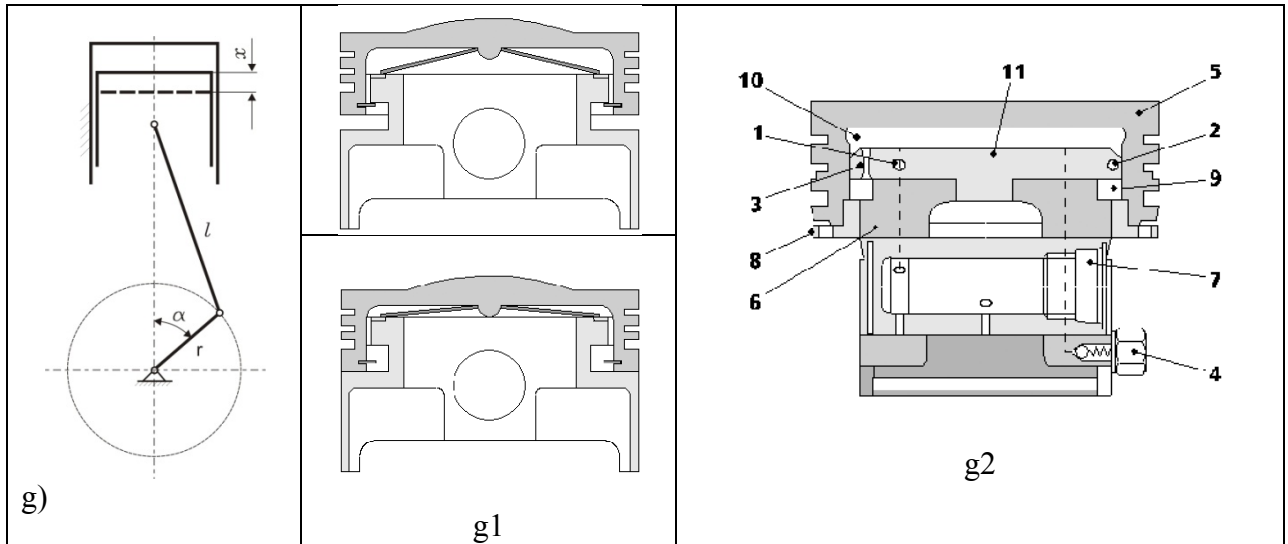
- a) механизми са променом положаја осе обртања коленастог вратила,
- b) механизми са променом положаја осе обртања велике песнице клипњаче,
- c) механизми са променом положаја осе осовинице клипа,
- e) механизми са променом дужине клипњаче изведене из више делова,
- f) механизми са променом дужине клипњаче помоћу хидрауличног или механичког опружног система директним дејством оптерећења,
- g) механизми са променљивом висином чела клипа,
- h) механизми са променљивом запремином коморе за сагоревање,

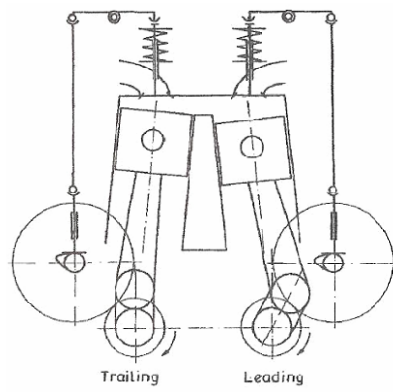
- i) механизми са фазним кретањем два коленаста вратила,
- j) механизми са померљивом цилиндарском главом.

На следећим скицама шематски су приказана наведена решења и њихова конкретна извођења од стране различитих произвођача.

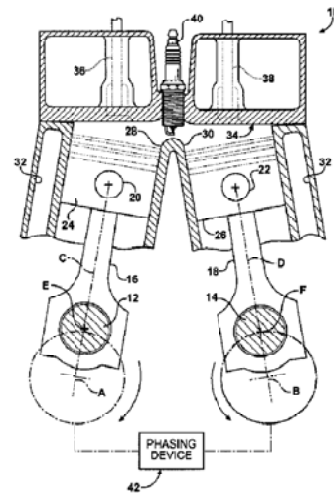




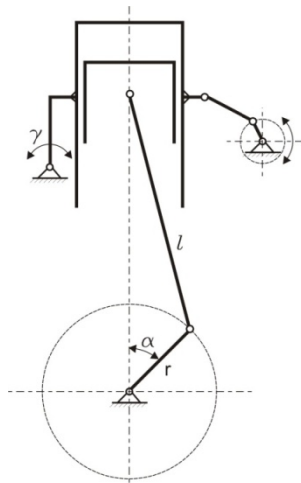




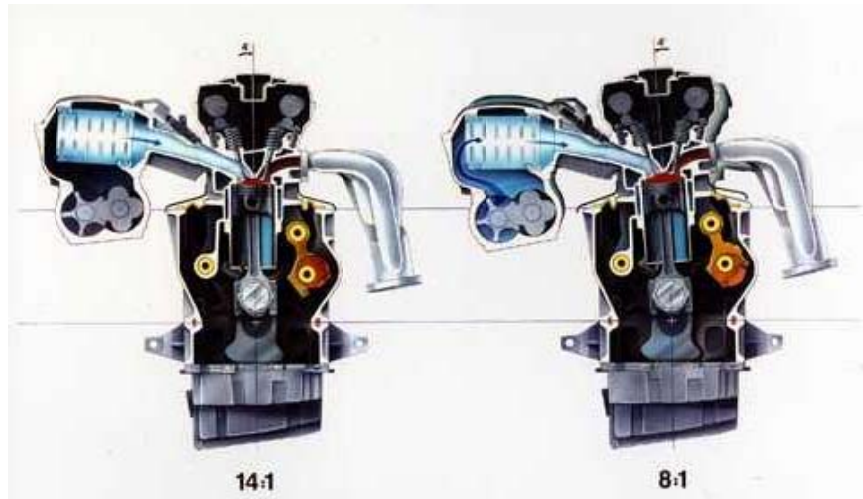
i2)



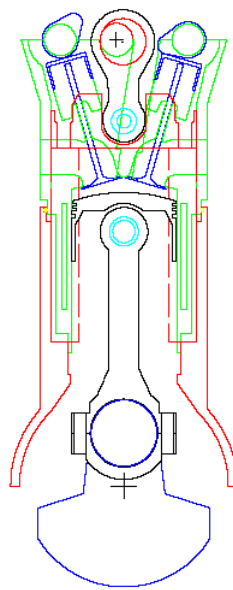
i3)



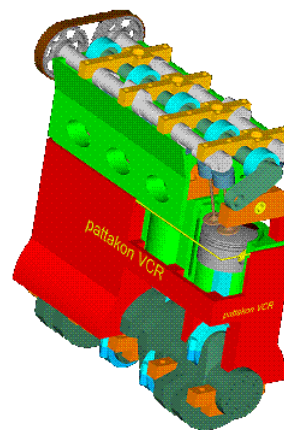
j)



j1)



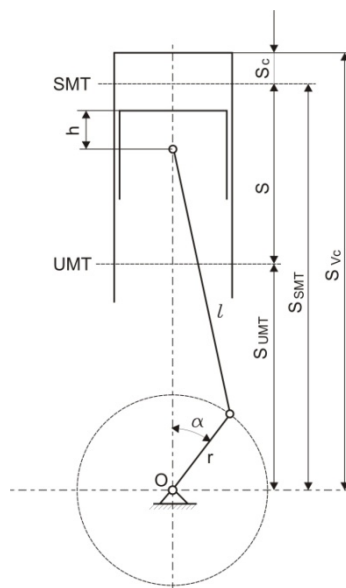
j2)



За критеријум оцене појединих механизма и њихово међусобно поређење може се узети закон промене степена компресије у функцији параметара који ту промену изазивају. Код механизма приказаних шемама: а), b), c), i) и j), то је угао γ , док је код осталих, померање x .

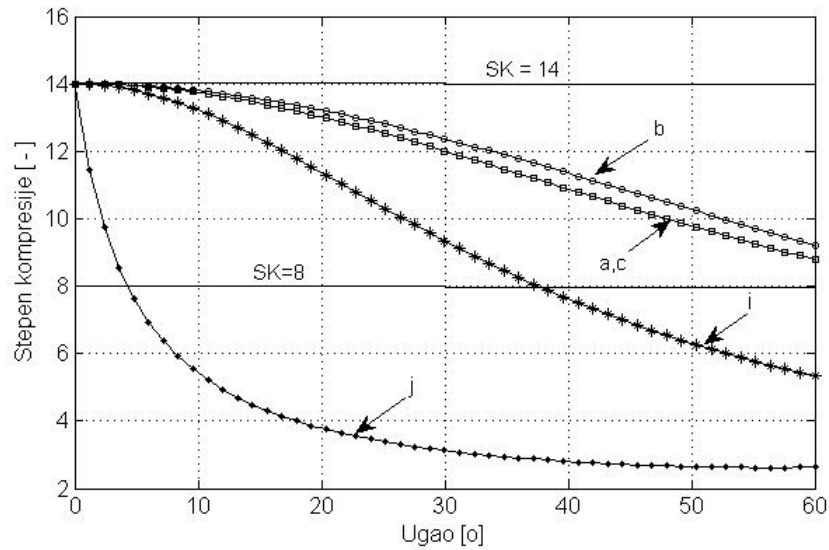
Аналитички израз закона промене степена компресије појединих механизма може се добити полазећи од дефиниције геометријског степена компресије и ознака датих на сл.15:

$$\varepsilon = l + \frac{S}{S_c}$$



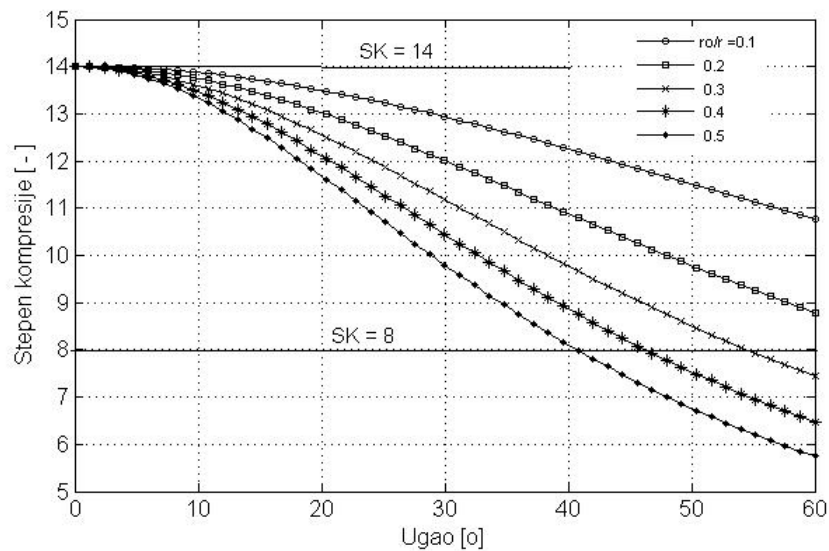
Сл.15

где су: $S = S_{SMT} - S_{UMT}$ -ход клипа, $S_c = S_{vc} - S_{SMT} - h$ -ход клипа који одговара компресионој запремини, S_{SMT} и S_{UMT} -положај клипа у спољашњој, односно, унутрашњој мртвој тачки у односу на осу обртања коленастог вратила, S_{vc} -положај цилиндарске главе у односу на осу обртања коленастог вратила, h -растојање чела клипа од осе осовинице. За сваку од наведених варијанти механизма треба одредити наведене величине у функцији независно променљивих: γ , односно, x .



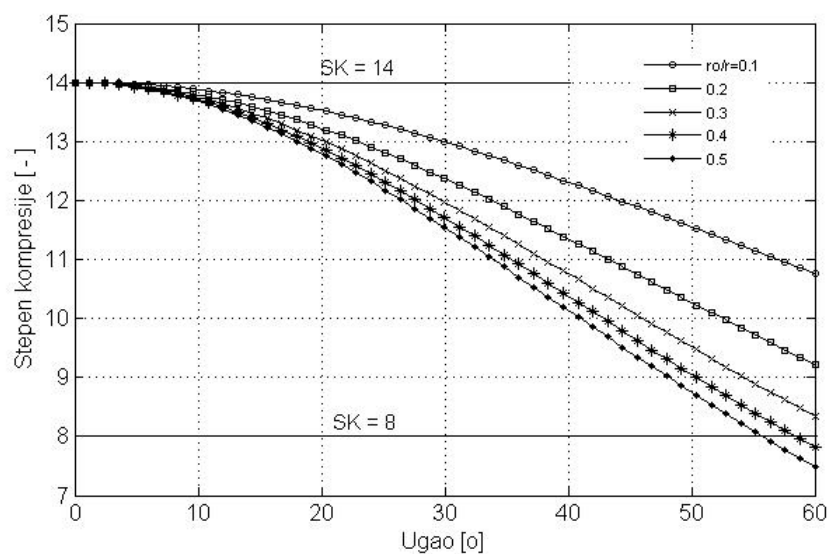
Сл.16

Дијаграм на сл.16 приказује законе промене степена компресије (SK) варијанти: а), б), с), и) и ј), за вредности угла $\gamma = 0 \div 60^\circ$ и $\rho/r = 0.2$. На дијаграму су такође уцртане граничне линије константних вредности степена компресије које су уобичајене код ото мотора. Као што се са дијаграма види, најбржу промену степена компресије обезбеђује механизам ј), а затим следе варијанте: и), а,с) и б). Такође се може закључити да варијанте а) и с) имају исти закон промене степена компресије.

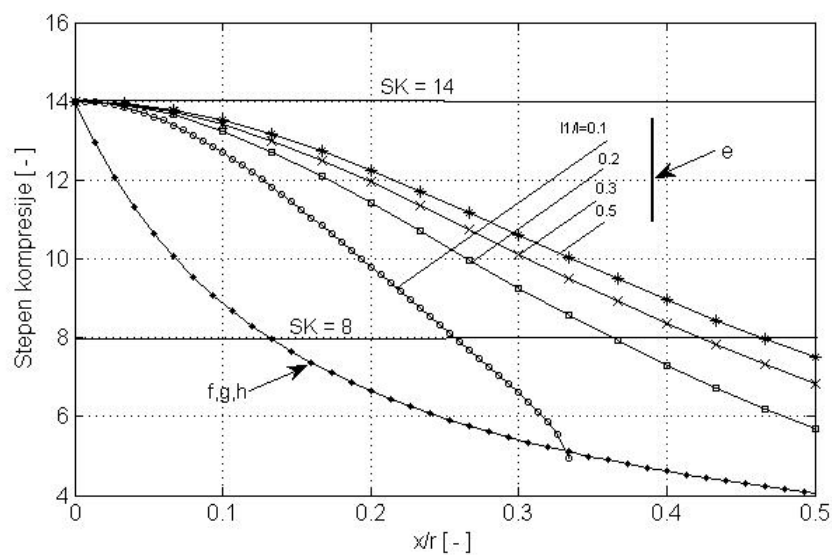


Сл.17

Дијаграм на сл.17 приказује утицај величине ρ/r код варијанти а) и с). Тек при вредностима $\rho/r = 0.3, 0.4$ и 0.5 , механизам обезбеђује захтевану промену степена компресије: $SK=8 \div 14$. Исти утицај приказује и дијаграм на сл.18 али за варијанту б). Поређењем дијаграма на сл.17 и 18, може се закључити да варијанте а) и с) имају боље карактеристике у погледу закона промене степена компресије од варијанте б).



Сл.18



Сл.19

Закони промене степена компресије за варијанте е), ф), г) и х) у функцији померања x/r , приказани су на сл.19. Као што се са дијаграма види, варијанте: ф), г) и х) имају исти закон промене степена компресије док закон промене варијанте е) зависи од односа l_1/l .

4. ИЗБОР ОПТИМАЛНОГ СИСТЕМА ЗА ПРОМЕНУ СТЕПЕНА КОМПРЕСИЈЕ

На основу дијаграма приказаних на сл.16, може се закључити да најбржу промену степена компресије остварује механизам са померљивом главом цилиндра (j)). Мотор са оваквим механизмом реализовала је фирма „Сааб“ у свом моделу мотора SVC 1.6 L.



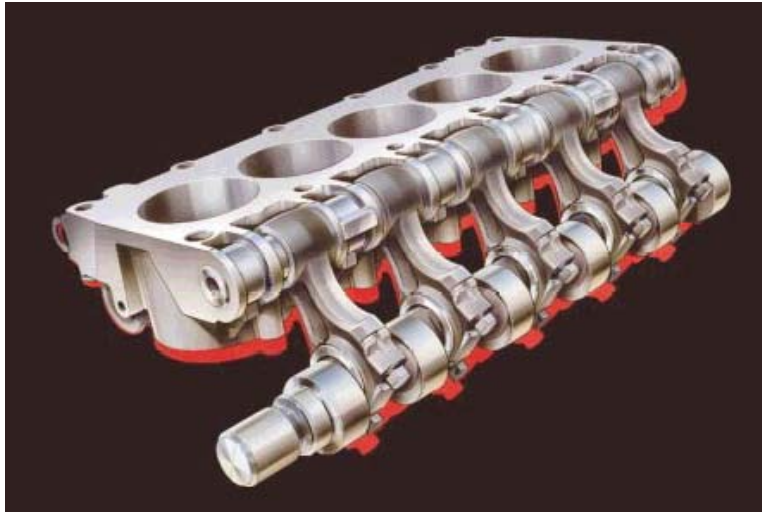
Сл.20

Изглед мотора је приказан на сл.20, а основни подаци су дати у табели 1.

Табела 1

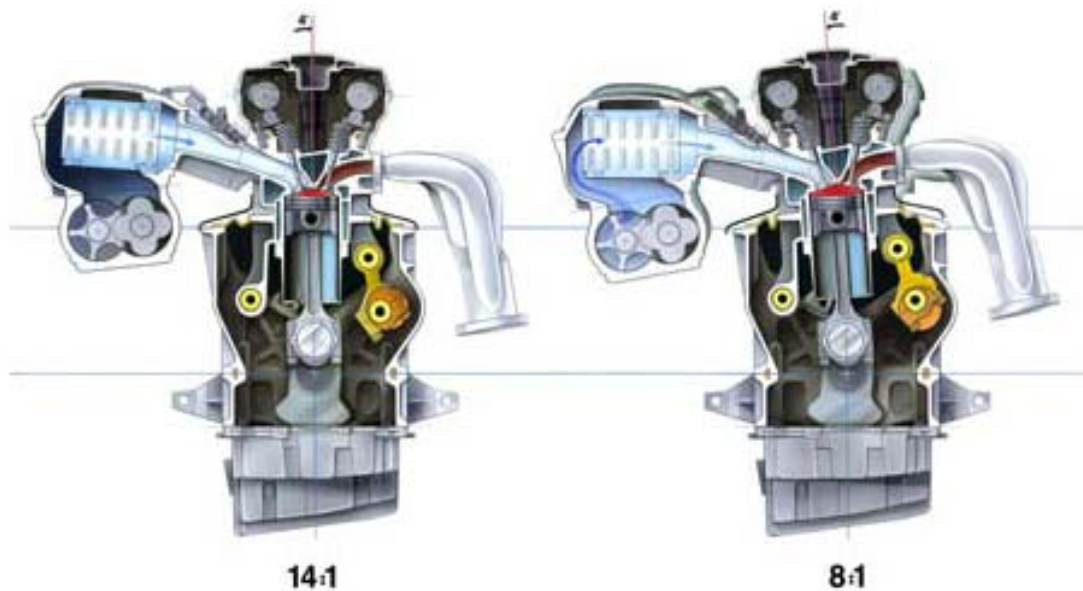
Број цилиндара	-	5 у линији
Радна запремина	cm ³	1598
Пречник/Ход клипа	mm	68/88
Ред паљења	-	1-2-4-5-3
P_{max} / n_p	kW / o/min	165/5800
M_{max} / n_M	Nm / o/min	305/4000
Степен компресије	-	8:1 – 14:1
Разводни механизам	-	DOHC/4 вентила
Систем пуњења цилиндра	-	Завојног типа SC
Управљање мотором	-	Saab Trionic 7
Контрола емисије	-	TWC
Циљна емисија	-	ULEV II

Примена механизма за промену степена компресије на овом мотору захтевала је специфичну конструкцију кућишта које је изведено из два дела: доњег (фиксног), у коме су смештени лежајеви коленастог вратила и картер мотора и горњег (покретног) који обухвата цилиндарски блок и главу. Горњи део кућишта се закреће за одређени угао (γ) помоћу вратила са ексцентрима које је клипњачама повезано са цилиндарским блоком (сл.21).



Сл.21

Управљање заокретањем блока се врши у функцији оптерећења мотора помоћу хидрауличног актуатора који покреће вратило са ексцентрима. У неутралном положају механизма ($\gamma=0^\circ$), мотор ради са максималним степеном компресије 14:1, а при заокретању за угао $\gamma=4.10^\circ$, остварује се минимална вредност 8:1 (сл.22). Померање цилиндарског блока захтева примену специјалних заптивача између горњег и доњег кућишта и дводелни каишни погон брегастог вратила с обзиром да померање блока доводи до промене положаја оса коленастог и брегастог вратила.



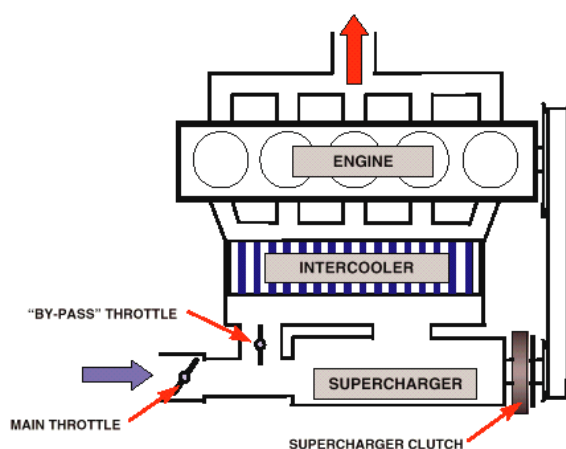
Сл.22

Поред осталих предности системи са променљивим степеном компресије омогућавају смањење димензија мотора (радне запремине) при истим перформансама (снагом и обртним моментом). У том циљу је на овом мотору примењен систем надпуњења са механички погоњеним компресором завојног типа (сл.22 и 23).



Сл.23

Принцип рада овог система приказан је на сл.24. Завојни компресор погони коленасто вратило мотора преко спојнице чијим укључивањем и искључивањем се управља електронски. Компресор остварује пораст притиска свежег пуњења од 2:1 што доводи до пораста температуре на његовом излазу до 185°C . У циљу снижавања ове температуре до оптималне вредности 60°C користи се међухладњак.

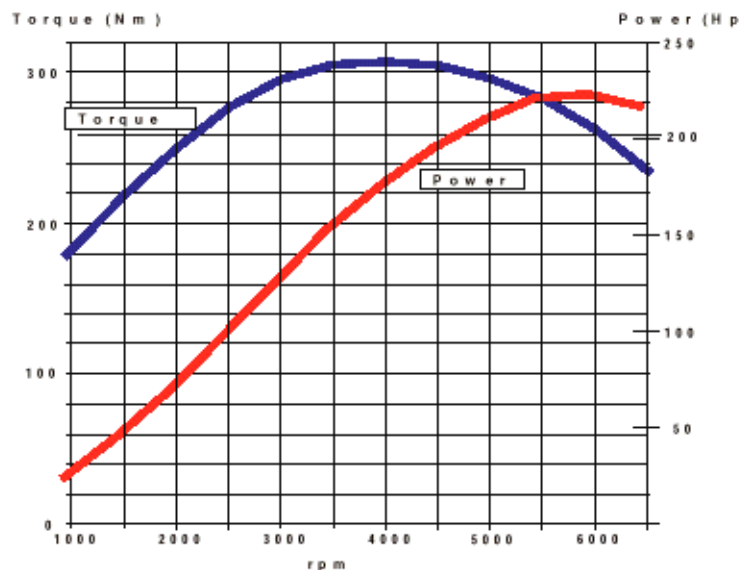


Сл.24

Управљање радом система се врши на следећи начин: при делимичном оптерећењу мотора (високе вредности степена компресије), компресор је искључен и свеже пуњење преко кратког споја (by-pass -вентила) иде директно у цилиндри, па мотор ради са слободним усисавањем. При пуном оптерећењу (ниске вредности степена компресије), укључује се компресор и затвара вентил кратког споја, тако да сабијено пуњење, у циљу хлађења, пролази кроз међухладњак а потом у цилиндар.

Рад са променљивим степеном компресије, систем надпуњења као и електронско управљање радом мотора и његових помоћних уређаја (систем Saab Trionic 7), обезбеђују мотору високе перформансе које одговарају мотору од 3.0 L са слободним усисавањем. Мотор је такође опремљен системом за накнадну обраду издувних гасова и контролу емисије (систем TWC), тако да испуњава прописе возила са ултра ниском емисијом (ULEV).

На сл.25 су приказани дијаграми спољашњих брзинских карактеристика мотора по снази и обртном моменту који су добијени на пробном столу.



Сл.25

5. ЗАКЉУЧАК

Све оштрији захтеви који се постављају пред моторе моторних возила у погледу испуњавања прописа о токсичности издувних гасова, економичности потрошње горива и буци условљавају примену варијабилних система на савременим моторима СУС (променљива шема развода, променљива геометрија усисног система, променљиви степен компресије).

Мотори са променљивим степеном компресије све чешће су предмет истраживања због чега и постоји већи број предложених решења. Примена оваквих механизма на моторима СУС обично захтевају битну измени и усложњавање виталних делова мотора што је најчешће ограничавајући фактор њихове серијске примене.

Анализирано решење које је реализовано на мотору SAAB SVC 1.6 L једно је од оних који имају извеснију перспективу примене. Добијене карактеристике мотора у потпуности потврђују предности примене механизма за промену степена компресије.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Радоњић, Д., Пешић, Р.: Топлотни прорачун мотора СУС, Машински факултет Крагујевац, 1996.
- [2] Пешић, Р., Аутомобилски ото мотори са минималном потрошњом, Монографија, специјално издање часописа MBM, Машински факултет Крагујевац, 1994.
- [3] Radonjić, D.: An evaluation of the efficiency of the system used for the automatic change of the IC Engines compression ratio, MVM, Vol.36, No. 3, 2010.
- [4] Радоњић, Д.: Предавања из Мотора СУС, Машински факултет Крагујевац, 2008.
- [5] Ian Miller: SAAB Variable Compression Motor, www.me.udel.edu/meeg425/SaabVarComp.doc