

ДОКУМЕНТАЦИЈА ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

„Лабораторијско постројење за истраживање механичких губитака код клипних мотора и компресора“

Аутори техничког решења

- *мр Драган Тарановић, асистент*
- *др Радивоје Пешић, ред.проф.*
- *мр Александар Давинић, асистент*
- *мр Јасна Глишовић, асистент*
- *др Јованка Лукић, ред. проф.*

Наручилац техничког решења

- Од идејног решења, преко израде, до пробних испитивања и пуштања у рад, уређај је урађен у оквиру истраживачких активности пројекта Министарства за просвету, науку и технолошки развој Републике Србије - TR 35041 и докторске дисертације мр Драгана Тарановића, урађене под менторством др Јованке Лукић, ред. проф. Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.

Корисник техничког решења

- Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Година када је техничко решење урађено

- 2012

Област технике на коју се техничко решење односи

- Машинство, Мотори, према међународној класификацији производа и услуга техничко решење припада класи 9 (апарати и инструменти за научна испитивања у лабораторијама).

1. Опис проблема који се решава техничким решењем

Савремена моторна возила морају да задовољавају строге еколошке захтеве како у погледу емисија штетних материја тако и у могућностима рециклирања по завршетку експлоатационог века. Да би се задовољили еколошки, употребни и економски захтеви потребно је анализирати сваки део који се уграђује у моторно возило и утврдити који су минимални технички захтеви који део мора да задовољи у функционалном смислу, који су материјали најпогоднији за производњу и рециклирање и који су експлоатациони захтеви најповољнији са становишта одржавања и утрошка потрошних материјала. Израда одговарајућих анализа у циљу одређивања оптималних техничких карактеристика захтева да се изврши одговарајућа експериментална провера, односно изврше мерења карактеристичних величина, да би се утврдиле карактеристике жељеног дела и предвидело понашање тог дела у експлоатацији. Експериментална провера карактеристика сваког дела захтева да се формира одговарајуће лабораторијско постројење које треба да омогући жељена испитивања. Истовремено, сваки део који се уграђује у моторна возила мора бити урађен у складу са одговарајућим стандардима код којих се за утврђивање саобразности са стандардима користе прописане, стандардизоване процедуре испитивања у стандардизованом лабораторијском постројењу.

Један од најважнијих система на моторном возилу је систем за кочење. За ефикасан рад система за кочење, посебно код возила велике укупне масе, неопходно је постићи велике кочне моменте, односно велике силе у кочном систему. Велике силе у кочном систему се релативно лако постижу помоћу компримованог ваздуха и одговарајућих пнеуматичких цилиндара. Компримовани ваздух се најчешће производи клипним компресорима који су поуздани и једноставно се адаптирају за примену у моторним возилима.

Клипни компресори су одавно познати и имају врло широку примену. Производња енергетски ефикасног клипног компресора, који има добре еколошке и економске карактеристике, циљ је свих произвођача моторних возила. Да би се то постигло улажу се велика средства у развој клипних компресора и истраживања у циљу побољшања карактеристика клипних компресора.

Мотори СУС су конструктивно слични клипним компресорима и једна од важних параметара који треба на њима испитивати су механички губици у току рада.

За истраживања карактеристика клипних компресора и механичких губитака мотора СУС у оквиру пројекта Министарства за просвету, науку и технолошки развој Републике Србије - TR 35041 неопходно је било направити специјализовано лабораторијско постројење.

Стандардна испитивања компресора и мотора СУС обухватају стационарне, просечне вредности карактеристичних параметара и недовољна су за развојна и оптимизациона истраживања.

Нестандардна испитивања клипних компресора и мотора СУС захтевају специфично лабораторијско постројење која може да омогући како статичка тако и динамичка мерења њихових карактеристичних параметара.

Неадекватна мерна инсталација поред грешака у мерењима може да онемогући мерење динамичких промена параметара па чак и да својом нетранспарентношћу утиче на рад објекта испитивања и да услови формирање погрешних закључака из резултата испитивања. Неадекватан елемент мерне инсталације може да поквари карактеристике целог лабораторијског постројења док елемент са предимензионираним карактеристикама може да подигне цену израде постројења.

2. Стање решености проблема у свету – приказ и анализа постојећих решења

Србија нема стандард за испитивање компресора па се користи европски стандард ISO 1217:1996 [9]. Стандард ISO 1217:1996 дефинише основне карактеристике свих врста и величина компресора и стандардне методе мерења тих карактеристика у циљу спречавања различитог тумачења тих карактеристика од стране произвођача, продавца и купца компресора. Уређаји и мерна опрема за мерење карактеристика компресора по стандарду ISO 1217 нису прописани већ су прописане само величине које треба мерити и са којом тачношћу. Свака опрема која омогућује мерења са прописаном или бољом тачношћу може се користити за мерење под условом да је калибрисана према одговарајућем стандарду.

Примена стандарда ISO 1217 је сложена па су националне институције појединих земаља, струковне организације корисника компримованог гаса и удружења произвођача опреме за производњу и коришћење компримованог гаса направиле сопствене стандарде на бази ISO 1217. Ти стандарди се примењују само за одређене конструктивне врсте компресора или за одређени опсег снага и испорука ваздуха компресора или за компресоре специфичне намене.

Аустралијско пословно удружење за компресоре за ваздух ACACA (Australian Commercial Air Compressor Association) дефинисало је протокол ACACA Protocol™ 2000, [1], којим се одређују подаци које треба да прикаже у пратећој документацији компресора, начин одређивања запремине цилиндра компресора, методу за одређивање испоруке ваздуха из околине и облик тест документа.

Стандардом ГОСТ 20073-81, [5], у Русији су дефинисана стандардна и контролна испитивања клипних компресора која се разликују од стандарда ISO 1217 у неким захтеваним карактеристикама. Стандардом су дефинисане карактеристике компресора које треба измерити, методе мерења, мерна опрема коју треба користити за та мерења и предлози мерне инсталације.

Правилник ЕСЕ 13, у коме су прописани услови који треба да задовоље кочни системи на возилима, у анексу 7, одељак А [3], дефинише карактеристике извора компримованог ваздуха и резервоара за складиштење компримованог ваздуха који се користи у пнеуматичким системима за кочење. Мерна инсталација која се користи за проверу параметара кочне инсталације правилником ЕСЕ 13 није прописана. Мерни инструменти који се користе за мерење морају да буду верификовани од надлежне институције а мерење мора да се обавља при максималној погонској снази возила.

Руски стандард ГОСТ 4364-81, [6], дефинише на сличан начин карактеристике извора компримованог ваздуха и резервоара за складиштење компримованог ваздуха који се користи у пнеуматичким системима за кочење као анекс 7, одељак А, правилника ЕСЕ 13 осим што дефинише и притиске који треба да постоје у инсталацији не препуштајући то произвођачима кочних инсталација.

За погон клипног компресора на моторном возилу користи се погонски мотор возила па је неопходно одредити колика снага погонског мотора возила се ангажује за погон компресора. Стандард SAE J1340, [13], дефинише тест процедуру за одређивање снаге компресора који се користе у кочном систему возила и компресора у систему за климатизацију возила.

Руски стандард ГОСТ Р 52850-2007, [7], дефинише стандардна испитивања клипних компресора која се примењују на возилима. Стандард се примењује на једноцилиндричне и двоцилиндричне клипне компресоре који се хладе расхладном течномшћу или ваздухом.

Опис лабораторијских постројења за нестандартна испитивања компресора је редак а произвођачи свих врста компресора, а нарочито компресора за моторна возила, често методологије нестандартних испитивања и лабораторијска постројења за та испитивања сматрају пословном тајном и не публикују их. Због тога је анализа лабораторијских постројења за нестандартна испитивања компресора вршена на мерним инсталацијама за испитивање свих врста компресора а не само оних који се уграђују на моторна возила.

Лабораторијска постројења, поред опреме која непосредно мери величине на компресору, у свом саставу имају обавезно погонски део, део за оптерећивање компресора и део за мерење и одржавање амбијенталних услова рада компресора.

Руски истраживачи су детаљно описали лабораторијска постројења за мерење стандардних и нестандартних карактеристика компресора које су биле актуелне око 1960. године [11]. Применом савремених давача и аквизицијских система заснованих на аналогно-дигиталним (А/Д) конверторима описана лабораторијска постројења би могла да се користе и за најновија испитивања.

За нестандартна испитивања компресора описују се различита лабораторијска постројења, са различитим погонским агрегатом различите снаге и различитим давачима у мерној инсталацији. Погонски агрегат може бити дизел мотор [4], електрични мотор [2, 10], гасна турбина [8]...

Примера аутоматизованих лабораторијских постројења за мерење карактеристика компресора има мало. Аутоматизовано лабораторијско постројење за мерење карактеристика компресора, коју је реализовао Ј. Хе (Y. He) у Кини, [8], омогућило је прецизнија мерења уз смањење времена и броја потребних истраживача за реализацију мерења. У мерној инсталацији је реализовано аутоматско одржавање броја обртаја погонског вратила компресора помоћу ПИД (Пропорционални-Интегрални-Диференцијални) регулатора и регулације протока ваздуха на излазу из система за оптерећивање компресора.

Лабораторијско постројење за мерење индикаторског дијаграма клипних компресора са системом за аквизицију мерних сигнала на бази (А/Д) конвертора, али без могућности аутоматског управљања мерном инсталацијом, реализовао је Г. Раус (G. Raush) са сарадницима на Техничком факултету Каталоније [12]. Мерење притиска у цилиндру и угаоног положаја коленастог вратила компресора није синхронизовано што захтева сложен математички апарат за фреквенцијску анализу измерених сигнала и њихову синхронизацију.

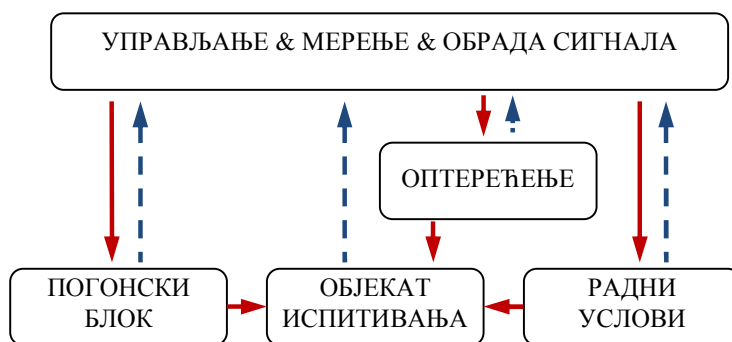
Лабораторијска постројења за мерење карактеристика компресора у расхладним системима су усмерене на мерење размене топлоте у целом систему и утицај компресора на размену топлоте. Лабораторијско постројење за нестандартна мерења карактеристика компресора који се користе у расхладним системима реализовао је Б. Ванг (B. Wang) са сарадницима на универзитету Тсингхуа у Пекингу на основу сопствених математичких модела [14]. Сличну инсталацију је користио Кувас (Cuevas) са сарадницима за мерење карактеристика компресора у систему за климатизацију возила [2], односно у расхладним системима [10]. Винанди (Winandy) са сарадницима је формирао једноставан математички модел за клипне компресоре у расхладним системима који је верификован у лабораторијском постројењу које су они формирали [14].

3. Суштина техничког решења

Лабораторијско постројење је првенствено намењено за стандардна и нестандартна мерења карактеристика клипних компресора на моторним возилима погонске снаге до 4 kW са максималним бројем обртаја погонског вратила до 3000 min⁻¹. Због конструктивне сличности компресора и мотора СУС лабораторијско постројење се користи и за мерење карактеристика малих мотора СУС без паљења гориве смеше у цилиндру. Помоћу лабораторијског постројења обављају се следећа испитивања:

- мерења номиналних параметара компресора у стационарним условима,
- динамичка испитивања радних процеса компресора,
- триболошка испитивања компресора и мотора СУС,
- одређивање структуре механичких губитака компресора и мотора СУС,
- упоредна испитивања мазива за компресоре и моторе СУС.

Лабораторијско постројење садржи неколико међусобно повезаних функционалних целина. За функционисање клипног компресора или испитивање механичких губитака мотора СУС, који су објекат испитивања, потребан је погонски део који у себи садржи електромотор. Функционисање компресора мора да се обавља под одређеним радним условима и као резултат његовог рада добија се компримовани ваздух који користе потрошачи а који представља оптерећење компресора. Мерење карактеристичних параметара и усаглашавање рада функционалних целина лабораторијског постројења обавља се помоћу дела за управљање, мерење и обраду сигнала. На Сл. 1 приказан је блок дијаграм лабораторијског постројења. Црвеном пуном линијом су обележени управљачки сигнали а плавом испрекиданом линијом мерни сигнали.



Сл. 1 Блок дијаграм лабораторијског постројења

Лабораторијско постројење за испитивања клипних компресора моторних возила и мотора СУС се састоји од следећих блокова:

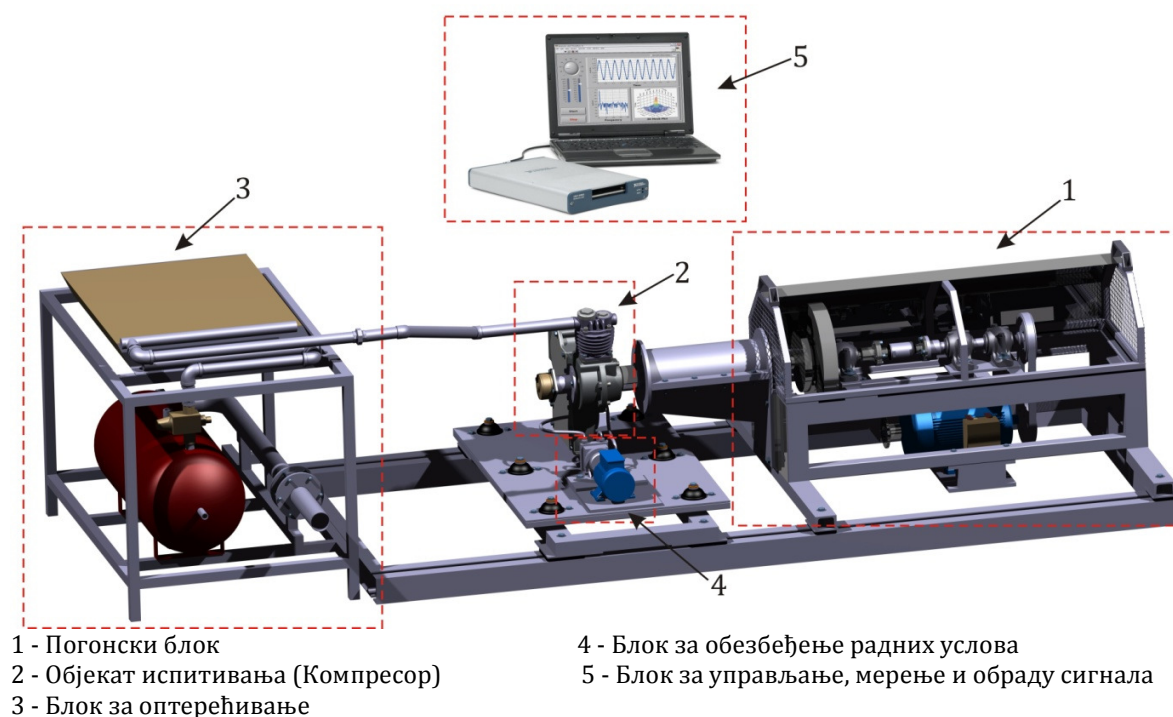
- погонски блок,
- објект испитивања,
- блок за оптерећивање,
- блок за обезбеђење радних услова,
- блок за управљање, мерење и обраду сигнала.

Погонски блок треба да обезбеди погонску снагу до 4 kW при максималном броју обртаја од 3000 min⁻¹. Број обртаја погонског вратила треба да се континуално мења од 500 min⁻¹ до максималног броја обртаја. Погонска снага се одређује на основу мерења момента и броја обртаја погонског вратила. У оквиру погонског дела потребно је минимизирати варијације броја обртаја погонског вратила условљене радним процесима у компресору.

На објекту испитивања, компресору, потребно је мерити притисак у цилиндру, угаони положај коленастог вратила, количину усисаног ваздуха и температуре у карактеристичним тачкама компресора. Управљање радом самог компресора није потребно већ се користи, ако постоји, управљачки систем самог компресора.

Систем за оптерећивање омогућава мерење количине и притиска произведеног компримованог ваздуха, хлађење и складиштење тог ваздуха у одговарајући резервоар и његово контролисано трошење. При томе је неопходно мерити неке од процесних величина: температуру, притисак и влажност компримованог ваздуха у карактеристичним тачкама система.

Систем за обезбеђење радних услова треба да створи услове сличне оним који постоје на моторном возилу и на тај начин да обезбеди нормално функционисање компресора. То се првенствено односи на подмазивање и хлађење компресора. Такође у оквиру ове функционалне целине је мерење климатских карактеристика при којима се изводе испитивања.



Сл. 2 Функционална блок шема лабораторијског постројења

Блок за управљање, мерење и обраду сигнала треба да омогући прикупљање, снимање и обраду резултата мерења која се обављају у осталим функционалним целинама мерне инсталације. Ова функционална целина врши управљање системом за оптерећивање и погонским делом у зависности од жељеног режима испитивања.

На основу претходних захтева за мерење параметара клипних компресора конципирано је лабораторијско постројење која омогућава мерење параметара компресора, управљање радом мерне инсталације и обрадом резултата мерења. Функционална блок шема лабораторијског постројења приказана је на Сл. 2.

4. Детаљан опис техничког решења

Лабораторијско постројење за истраживање механичких губитака код клипних мотора и компресора реализовано је на основу детаљне техничке документације према претходно направљеном моделу мерне инсталације. Реализовано лабораторијско постројење налази се на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу у оквиру Лабораторије за моторе СУС и смештено је у посебну просторију, мерну ћелију, тако да представља независну лабораторијску целину.

На Сл. 3 је приказана фотографија дела лабораторијског постројења са постављеним заштитним лимовима на функционалним блоковима.



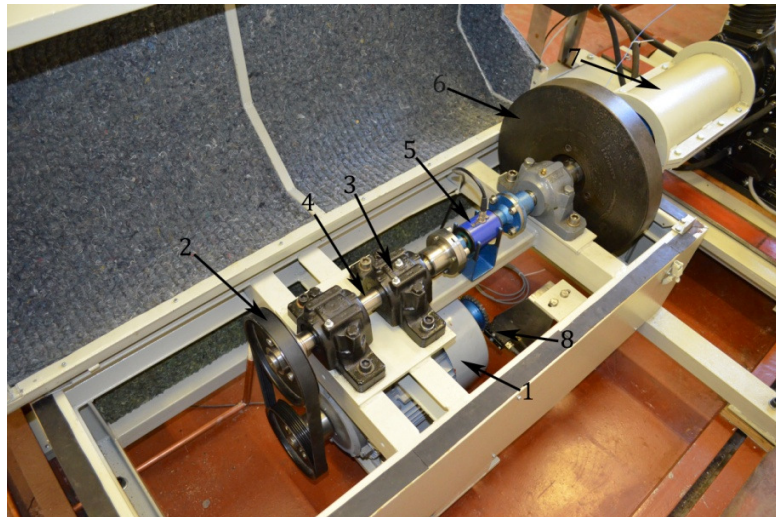
- 1 - Погонски блок
- 2 - Објект испитивања
(компресор)
- 3 - Блок за оптерећивање
компресора
- 4 - Блок за обезбеђење радних
услова
- 5 - Блок за управљање, мерење
и обраду резултата

Сл. 3 Фотографија лабораторијског постројења

4.1 Погонски блок мерне инсталације

Погонски блок лабораторијског постројења постављен је на челични рам који је обложен заштитним лимовима и поклопцем. Смањење буке погонског електромотора постигнуто је

облагањем заштитних лимова и поклопца са унутрашње стране антизвучном изолацијом. На Сл. 4 је фотографија погонског блока са означеним карактеристичним деловима.

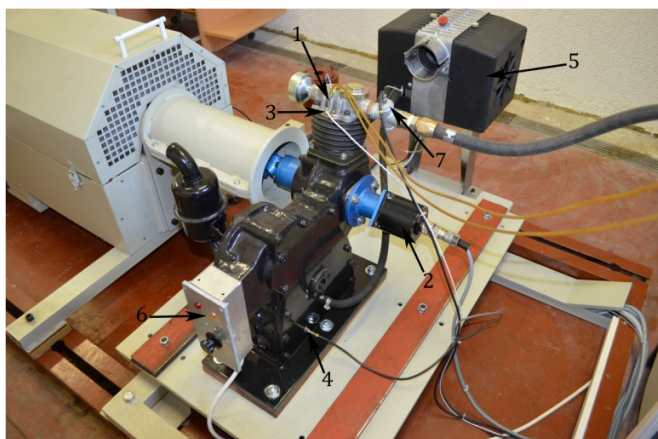


- 1 - Погонски електромотор
- 2 - Каишни преносник
- 3 - Лежај
- 4 - Погонско вратило
- 5 - Сензор момента
- 6 - Замајац
- 7 - Карданско вратило са заштитом
- 8 - Давач броја обртаја са назубљеним точком

Сл. 4 Фотографија погонског блока лабораторијског постројења

4.2 Објект испитивања

Објект испитивања, клипни компресор, је постављен на челичну платформу која је помоћу еластичних ослонаца везана за челични рам. Клипни компресор добија погон преко карданског вратила. На компресору су уграђени давачи који омогућавају праћење радних процеса компресора. На фотографији на Сл. 5 је означен положај давача.

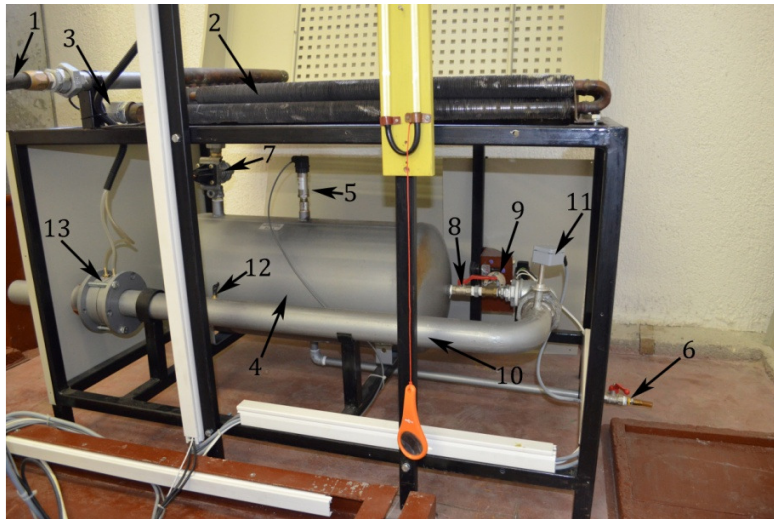


- 1 - Давач притиска у цилиндру компресора,
- 2 - Оптички енкодер
- 3 - Давач температуре главе цилиндра,
- 4 - Давач температуре уља
- 5 - Вентилатор за хлађење компресора и пумпа за уље
- 6 - Регулатор температуре уља
- 7 - Давач температуре ваздуха на излазу цилиндра

Сл. 5 Положај давача на компресору и систему за обезбеђење радних услова

4.3 Блок за оптерећивање компресора

Блок за оптерећивање компресора је реализован као посебна целина која је еластичним, термостабилним цревом повезана са излазом клипног компресора. На фотографији на Сл. 6 су означене карактеристичне компоненте блока за оптерећивање компресора када су уклоњени заштитни лимови. Давач температуре ваздуха на излазу из цилиндра приказан је на Сл. 5. Резервоар има запремину од 55,2 L, а хладњак са прикључним цевима 4,7 L.



- 1 - Еластично црево
- 2 - Хладњак
- 3 - Давач температуре после хладњака
- 4 - Резервоар
- 5 - Сензор притиска у резервоару
- 6 - Дренажни вентил
- 7 - Сигурносни вентил
- 8 - Ручни вентил
- 9 - Електрични сервовентил
- 10 - Мерна цев мерача протока
- 11 - Сензор температуре и влажности ваздуха
- 12 - Прикључак сензора притиска у мерној цев
- 13 - Мерна бленда

Сл. 6 Блок за оптерећивање компресора

4.4 Блок за обезбеђење радних услова

Блок за обезбеђење радних услова се састоји од две целине коју чине:

- грејач са регулатором за одржавање константне температуре уља за подмазивање клипне групе компресора,
- мотор који истовремено погони вентилатор за хлађење компресора и рециркулациону пумпу за подмазивање клипне групе компресора.

Грејач за одржавање температуре уља је снаге 2 kW а регулација температуре уља врши се ON/OFF регулацијом. Вентилатор за хлађење компресора има клапну којом се врши регулација протока ваздуха за хлађење. Рециркулациона пумпа врши подмазивање клипне групе и при томе се може регулисати количина уља којом се врши подмазивање.

На Сл. 5 приказане су целине система за обезбеђивање радних услова.

4.5 Блок за управљање, мерење и обраду резултата

Блок за управљање, мерење и обраду електрично повезује све блокове лабораторијског постројења. Њега чине следећи делови:

- енергетски део,
- сензори и мерни инструменти,
- део за кондиционирање мерних и управљачких сигнала,

- део за аквизицију мерних сигнала и аутоматско управљање,
- рачунарски систем за обраду резултата мерења и аутоматско управљање,
- енергетска кабловска мрежа,
- сигнална кабловска мрежа.

Блок за управљање, мерење и обраду резултата је реализован на основу електричних шема које су део пројектне документације за израду лабораторијског постројења. Састоји се од командног пулта на коме је рачунарски систем, три ормара са електричном и електронском опремом, кабловске мреже и посебних мерних инструмената повезаних са електричним ормаром дела за кондиционирање и аквизицију сигнала (за мерење броја обртаја електромотора и притиска у цилиндру компресора). На Сл. 7 су приказани карактеристични делови блока за мерење, управљање и обраду резултата.



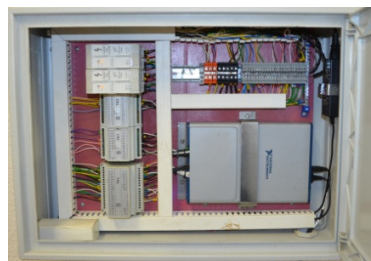
- 1 - Командни пулт
- 2 - Рачунарски систем
- 3 - Командни ормар енергетског дела
- 4 - Командни ормар дела за кондиционирање и аквизицију
- 5 - Метални канали за каблове
- 6 - Мерни инструмент за мерење броја обртаја
- 7 - Сензор температуре и влажности ваздуха

Сл. 7 Блок за управљање, мерење и обраду резултата

Електрична опрема је смештена у три командна ормара водећи рачуна при томе да су раздвојени енергетски део (командни ормар 1) од дела са опремом за обраду мерних сигнала (командни ормар 2 и 3). На Сл. 8 су приказане унутрашњости повезаних електричних ормана.



Електрични орман 1



Електрични орман 2



Електрични орман 3

Сл. 8 Електрични ормани

Енергетски део има функцију да обезбеди напајање наизменичном струјом погонског мотора, мотора пумпе и вентилатора и грејача у блоку за обезбеђивање радних услова. Такође, енергетски део обезбеђује једносмерне напоне напајања неопходне за рад сензора, дела за кондиционирање сигнала, система за аквизицију мерних сигнала и сервовентила у систему за оптерећивање компресора.

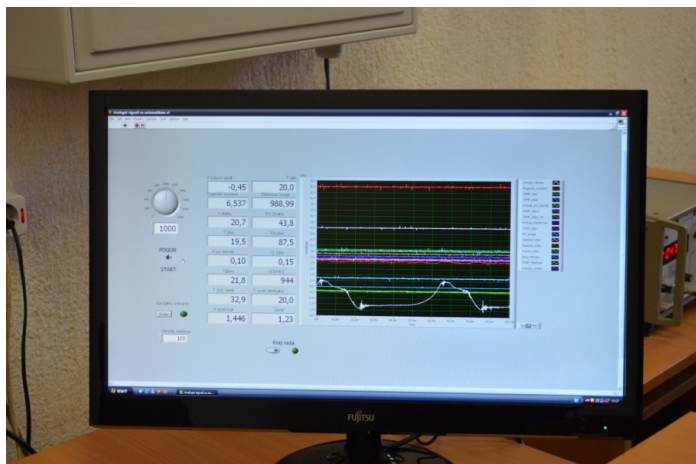
Енергетски део мерне инсталације је реализован у складу са стандардизованом инжењерском праксом која води рачуна о безбедности корисника мерне инсталације и заштити саме електричне инсталације. Сви струјни кругови имају осигураче. Начин укључења појединих енергетских потрошача је такав да не постоји могућност повратног дејства електричне струје, односно самоукључења мотора после привременог нестанка електричне енергије јер у мерној инсталацији постоје делови који ротирају.

Управљање бројем обртаја погонског електромотора врши се помоћу фреквенцијског регулатора и може да буде ручно и аутоматски. У ручном режиму укључење погонског електромотора врши се помоћу тастера на командном орману а брзина се ручно задаје потенциометром. У аутоматском режиму укључење и број обртаја погонског електромотора задају се помоћу рачунарског система.

Систем за аквизицију и мерење сигнала је заснован на модулу NI USB-6341 а кондиционирање сигнала се врши помоћу модула који су специјално дизајнирани и направљени у току реализације лабораторијског постројења. Обрада мерних сигнала и њихово превођење из напонских сигнала у вредности физичких величина као и управљање радом лабораторијског постројења врши се помоћу апликација направљених у развојном окружењу софтверског пакета LabVIEW™. Брзина узорковања система за аквизицију омогућава мерење статичких и динамичких процеса у временском и угаоном домену.

После аквизиције напонски сигнали се обрађују и преводе у одговарајуће физичке величине. Обрађени резултати се снимају у текстуалне датотеке што омогућава накнадну обраду података и у другим програмским пакетима (MATLAB®, Excel, Maple...).

Фотографија монитора рачунара на којој се види кориснички интерфејс када је укључена апликација за мерење и управљање мерном инсталацијом приказана је на Сл. 9.



Сл. 9 Фотографија апликације за управљање и мерење

Мерни сигнали су у дигиталном (логичком) и аналогном облику.

Дигитални мерни сигнали који се мере системом за аквизицију и мерење дати су у Таб. Таб. 1.

Таб. 1 Дигитални мерни сигнали

№	Мерна величина	Сензор	Мерни опсег	Излазни сигнал
1.	Давач положаја угла вратила	Оптички енкодер	0-360 °	0-12 V
2.	Давач положаја SMT	Оптички енкодер	1 импулс по обрту	0-12 V
3.	Укључен напон за погонски део	Контакт релеја		0-24 V
4.	Ручно-аутоматски	Контакт релеја		0-24 V

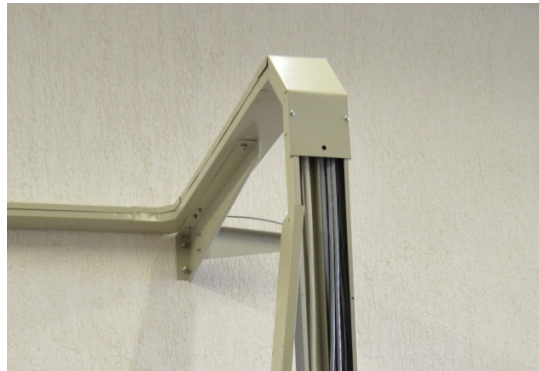
Аналогни мерни сигнали који се мере системом за аквизицију и мерење дати су у Таб. 2.

Таб. 2 Аналогни мерни сигнали

№	Мерна величина	Сензор	Мерни опсег	Излазни сигнал
1.	Погонски обртни момент	Сензор момента	0-75 Nm	0-5 V
2.	Број обртаја погонског вратила	Мерни инструмент за мерење броја обртаја	0-10000 min ⁻¹	0-5 V
3.	Притисак у цилиндру компресора	Мерни инструмент за мерење притиска	0-10 bar	0-10 V
4.	Температура главе компресора	Отпорнички сензор Pt100	0-200 °C	4-20 mA
5.	Температура уља компресора	Отпорнички сензор Pt100	0-200 °C	4-20 mA
6.	Температура ваздуха на излазу компресора	Отпорнички сензор Pt100	0-200 °C	4-20 mA
7.	Температура ваздуха на излазу хладњака	Отпорнички сензор Pt100	0-200 °C	4-20 mA
8.	Притисак у резервоару за ваздух	Сензор притиска	0-10 bar	4-20 mA
9.	Релативна влажност ваздуха на излазу компресора	Капацитивни сензор влажности	0-100 %	4-20 mA
10.	Температура ваздуха на излазу компресора	Отпорнички сензор Pt100	0-100 °C	4-20 mA
11.	Пад притиска на мерној бленди	Диференцијални сензор притиска	0-0,075 bar	0-10 V
12.	Притисак у излазној цеви	Диференцијални сензор притиска	0-0,075 bar	0-10 V
13.	Положај вентила за контролу протока на излазу	Обртни потенциометар	0-100 %	0-10 V
14.	Релативна влажност амбијент. ваздуха	Капацитивни сензор влажности	0-100 %	4-20 mA
15.	Температура амбијент. ваздуха	Отпорнички сензор Pt100	0-100 °C	4-20 mA
16.	Параметри фреквенцијског регулатора	Аналогни излаз фреквенцијског регулатора	0-10 V	0-10 V
17.	Барометарски притисак	Барометар	0,9-1,1 bar	

Мерење барометарског притиска врши се ручно јер се притисак мало мења у току мерења.

Електрична инсталација у лабораторијском постројењу је реализована тако што је код свих сигналних каблова уземљен оклоп а затим су смештени у уземљене металне канале који су додатно спречавали утицај електромагнетског зрачења. Фотографија отвореног канала у који су смештени каблови приказана је на Сл. 10.

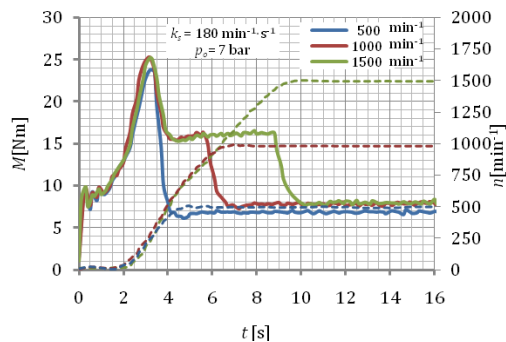


Сл. 10 Канал за смештај електричних каблова

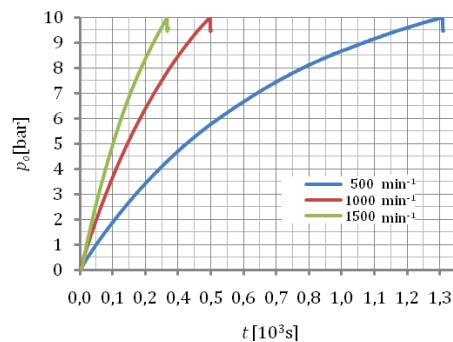
Енергетски каблови су вођени одвојеним металним каналима а кабл за напајање погонског мотора, због фреквенцијског регулатора који производи велике електромагнетске сметње, потпуно је одвојен од осталих каблова и смештен у уземљену металну цев.

4.6 Примери мерних резултата

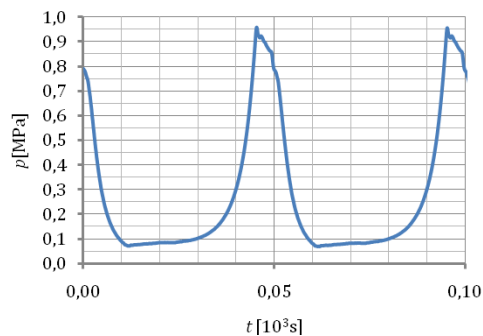
Карактеристични примери обрађених резултата мерења на компресору приказани су на Сл. 11, Сл. 12, Сл 13 и Сл 14.



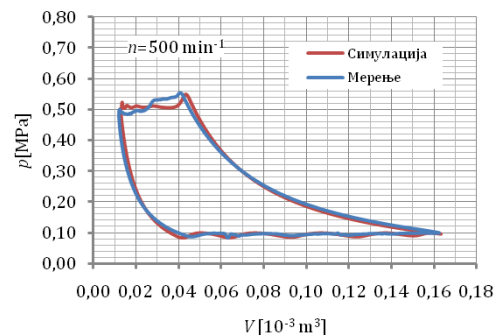
Сл. 11 Момент на погонском вратилу



Сл. 12 Ток пуњења резервоара у зависности од броја обртаја



Сл. 13 Временски дијаграм притиска у цилиндру



Сл. 14 Затворени - pV индикаторски дијаграм компресора

5 Литература

- [1] Australian Commercial Air Compressor Association: *ACACA Protocol™ 2000*, http://www.amei.com.au/downloads/acaca_protocol.pdf, преузето: јануар 2011.
- [2] Cuevas C., Winandy E., Lebrun J.: *Testing and modeling of an automotive wobble plate compressor*, International Journal of Refrigeration, Volume 31, Issue 3, p.p. 423-431, May 2008.
- [3] ECE regulation No. 13. Revision 6.: *Uniform provisions concerning the approval of vehicles of categories M, N and O with regard to braking*, 14 January 2008.
- [4] Galindo J., Climent H., Guardiola C., Tiseira A.: *On the effect of pulsating flow on surge margin of small centrifugal compressors for automotive engines*, Experimental Thermal and Fluid Science, Volume 33, Issue 8, p.p. 1163-1171, November 2009.
- [5] ГОСТ 20073-81: *Компресоры воздушные поршневые стационарные общего назначения. Правила приемки и методы испытаний*, Москва, 1986.
- [6] ГОСТ 4364-81: *Приводы пневматические тормозных систем автотранспортных средств. Общие технические требования*, Москва, 1981.
- [7] ГОСТ Р 52850-2007: *Автомобильные транспортные средства. Компресоры одноступенчатого сжатия. Технические требования и методы испытаний*, Москва, 2007.
- [8] He Y.: *Proportional-Integral-Differential (PLC) Control System Design of Compressor Performance Test Bench*, 2010 International Conference on Electrical and Control Engineering, Wuhan, China, p.p. 1511-1514, June 2010.
- [9] ISO 1217:1996 *Displacement compressors – Acceptance tests*, 1996.
- [10] Lebrun J., Cuevas C.: *Testing and modeling of a variable speed scroll compressor*, Applied Thermal Engineering, Volume 29, Issues 2-3, p. 469-478, February 2009.
- [11] Маторин С. В., Лисичкин В. Е., Мельников Н. И.: *Испытание компрессорных машин*, Машиностроение, Москва, 1964.
- [12] SAE J1340: *Test method for measuring power consumption of air conditioning and brake compressors for trucks and buses*, Warrendale, 1996.
- [13] Rasmussen B. D., Jakobsen A.: *Review of Compressor Models and Performance Characterizing Variables*, Fifteenth International Compressor Engineering Conference at Purdue University, West Lafayette, IN, USA, p.p. 515-522, July 25-28, 2000.
- [14] Wang B., Li X., Shi W., Yan Q.: *Design of experimental bench and internal pressure measurement of scroll compressor with refrigerant injection*, International Journal of Refrigeration, Volume 30, Issue 1, p.p. 179-186, January 2007.

ПРИЈЕМАНО 12.12.2012			
Орг. јед.	Број	Територија	Вредност
014	3370		

Одлуком Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука у Крагујевцу бр. 01-1/3123-16 од 29.11.2012. год. именовани смо за рецензенте техничког решења:

„Лабораторијско постројење за истраживање механичких губитака код клипних мотора и компресора“

аутора: мр Драгана Тарановића, асистента, др Радивоја Пешића, ред. проф., мр Александра Давинића, асистента, др Јасне Глишовић, асистента и др Јованке Лукић, ред. проф. На основу документованог предлога овог техничког решења подносимо следећи:

ИЗВЕШТАЈ

Техничко решење **„Лабораторијско постројење за истраживање механичких губитака код клипних мотора и компресора“** аутора мр Драгана Тарановића, асистента, др Радивоја Пешића, ред. проф., мр Александра Давинића, асистента, др Јасне Глишовић, асистента и др Јованке Лукић, ред. проф., реализовано 2012. године, приказано је на 14 страница формата А4, писаних фонтом Cambria, величине 11pt, Single проредом, садржи 14 графичких приказа од којих су 8 фотографије. Предлог техничког решења састављен је, поред уводних података, из следећих поглавља:

1. Опис проблема који се решава техничким решењем,
2. Стање решености проблема у свету – приказ и анализа постојећих решења,
3. Суштина техничког решења,
4. Детаљан опис техничког решења,
5. Литература.

Техничко решење припада области Машинство, Мотори, а према међународној класификацији производа и услуга техничко решење припада класи 9 (апарати и инструменти за научна испитивања у лабораторијама).

Техничко решење реализовано је у оквиру пројекта Министарства за просвету, науку и технолошки развој Републике Србије (евиденциони број пројекта ТР 35041) и докторске дисертације мр Драгана Тарановића, урађене под менторством др Јованке Лукић, ред. проф. Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу. Основне идеје за ово техничко решење су објављене на међународним скуповима и часописима.

У оквиру описа проблема дати су основни разлози за реализацију лабораторијског постројења за испитивање механичких губитака клипних мотора и компресора. Да би се задовољили еколошки, употребни и економски захтеви потребно је анализирати сваки део клипних мотора и компресора и утврдити који су минимални технички захтеви који морају да задовоље у функционалном смислу, који су материјали најпогоднији за производњу и рециклирање и који су експлоатациони захтеви најповољнији са становишта одржавања и утршка потрошних материјала. Израда одговарајућих анализа у циљу одређивања оптималних техничких карактеристика захтева да се изврши одговарајућа експериментална провера, односно изврше мерења карактеристичних величина, да би се утврдиле

карактеристике жељеног дела и предвидело понашање тог дела у експлоатацији. Експериментална провера карактеристика сваког дела захтева да се формира одговарајуће лабораторијско постројење које треба да омогући одговарајућа истраживачка, оптимизациона и стандардизована испитивања.

У другом поглављу дат је приказ лабораторијских постројења која се користе за стандардизована и истраживачка испитивања клипних мотора и компресора.

У трећем поглављу описана је суштина техничког решења. Лабораторијско постројење за испитивања клипних компресора моторних возила и мотора СУС се састоји од следећих међусобно повезаних функционалних блокова:

- погонски блок,
- објект испитивања,
- блок за оптерећивање,
- блок за обезбеђење радних услова,
- блок за управљање, мерење и обраду сигнала.

У оквиру четвртог поглавља детаљно је дат опис Лабораторијског постројења за истраживање механичких губитака код клипних мотора и компресора које је реализовано на основу детаљне техничке документације према претходно направљеном моделу мерне инсталације. Реализовано лабораторијско постројење налази се на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу у оквиру Лабораторије за моторе СУС и смештено је у посебну просторију, мерну ћелију, тако да представља независну лабораторијску целину.

Погонски блок треба да обезбеђује погонску снагу до 4 kW при максималном броју обртаја од 3000 min⁻¹. Број обртаја погонског вратила континуално се мења од 500 min⁻¹ до максималног броја обртаја помоћу фреквенцијског регулатора.

Систем за оптерећивање компресора омогућава мерење количине и притиска произведеног компримованог ваздуха, хлађење и складиштење тог ваздуха у одговарајући резервоар и његово контролисано трошење.

Систем за обезбеђење радних услова створа услове сличне оним који постоје на моторном возилу и на тај начин да обезбеђује нормално функционисање компресора. То се првенствено односи на подмазивање и хлађење компресора.

Блок за управљање, мерење и обраду сигнала омогућава прикупљање, снимање и обраду резултата мерења која се обављају у осталим функционалним целинама мерне инсталације. Ова функционална целина врши управљање системом за оптерећивање и погонским делом у зависности од жељеног режима испитивања. Систем за аквизицију података је фирме National Instruments, модел NI USB-6341. Апликацијама развијених помоћу софтвера LabVIEW систем сакупља, анализира, приказује у реалном времену и чува резултате мерења са 16 аналогних мерних места и четири дигитална мерна места.

У оквиру четвртог поглавља приказани су неки резултати добијени мерењима на реализованој мерној инсталацији.

На крају пријаве техничког решења дат је приказ коришћене литературе.

МИШЉЕЊЕ

Техничко решење *„Лабораторијско постројење за истраживање механичких губитака код клипних мотора и компресора“* аутора мр Драгана Тарановића, асистента, др Радивоја Пешића, ред. проф., мр Александра Давинића, асистента, др Јасне Глишовић, асистента и др Јованке Лукић, ред. проф., документовано је јасно и прегледно. Детаљно је описано целокупно постројење и функција свих блокова.

Предложено техничко решење представља оригинално лабораторијско постројење које омогућава истраживања механичких губитака клипних мотора и компресора, мерење радних процеса компресора у стационарним и динамичким условима, триболошка испитивања и испитивања мазива за компресоре и моторе СУС. Лабораторијско постројење је опремљено системом за мерење, прикупљање и комплексну обраду резултата мерења у великом броју мерних тачка што омогућава широк дијапазон стандардних и нестандартних испитивања клипних мотора и компресора. На основу претходно изнетог произилази да се у реализованом лабораторијском постројењу поред научних истраживања механичких губитака мотора и компресора могу вршити стандардна и нестандартна услужна испитивања карактеристика компресора за произвођаче из земље и иностранства.

Техничко решење *„Лабораторијско постројење за истраживање механичких губитака код клипних мотора и компресора“* аутора мр Драгана Тарановића, асистента, др Радивоја Пешића, ред. проф., мр Александра Давинића, асистента, др Јасне Глишовић, асистента и др Јованке Лукић, ред. проф., је оригинално и успешно изведено од идеје до конкретне реализације. Показало је поуздан рад и валидну серију резултата мерења и испитивања.

Са задовољством предлагемо да се техничко решење *„Лабораторијско постројење за истраживање механичких губитака код клипних мотора и компресора“* прихвати као ново техничко решење (ново лабораторијска постројење, односно ново експериментално постројење - М83 према класификацији из Правилника о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача - „Службени гласник РС“, бр. 38/2008).

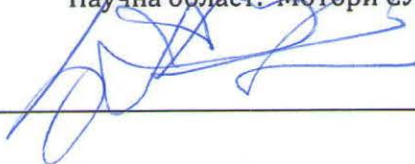
Рецензенти:

1. Др Драгољуб Радоњић, ред. проф.,
Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу
Научне области: Мотори СУС, Друмски саобраћај

7. децембар 2012. год.



2. Др Иван Клинар, ред. проф.,
Факултет техничких наука, Нови Сад,
Научна област: Мотори СУС





УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ
Факултет инжењерских наука
Број: ТР-67/2012
20. 12. 2012. године
Крагујевац

Наставно-научно веће Факултета инжењерских наука у Крагујевцу на својој седници од 20. 12. 2012. године на основу члана 205. Статута Факултета инжењерских наука, донело је

О Д Л У К У

Усвајају се позитивне рецензије техничког решења „Лабораторијско постројење за истраживање механичких губитака код клипних мотора и компресора“, аутора мр Драгана Тарановића, асистента, др Радивоја Пешића, редовног професора, мр Александра Давинића, асистента, др Јасне Глишовић, асистента и др Јованке Лукић, редовног професора.

Решење припада класи М83, према класификацији из Правилника о поступку, начину вредновању, и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача („Сл. Гласник РС“ - бр. 38/2008).

Рецензенти су:

1. **Др Драгољуб Радоњић**, ред. проф., Факултет инжењерских наука, Крагујевац,
Уже научне области: Мотори СУС, Друмски саобраћај,
2. **Др Иван Клинар**, ред. проф., Факултет техничких наука, Нови Сад,
Уже научна област: Моторна возила.

Достављено:

- Ауторима
- Архиви

7 ДЕКАН ФАКУЛТЕТА ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА



Мирслав Бабић
Др Мирослав Бабић, редовни професор

М.С.