

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Иван Љ. Грујић

**Испитивање система за управљање
путничких аутомобила**

завршни рад

Крагујевац, 2013.

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Моторна возила и мотори

Предмет: Испитивање моторних возила и мотора

Број индекса: 108/2010

Иван Љ. Грујић

**Испитивање система за управљање
путничких аутомобила
завршни рад**

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Данијела Милорадовић, доцент - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да

- у уводним разматрањима истакне значај испитивања система за управљање возила,
- прикаже **врсте** испитивања система за управљање возила,
- прикаже преглед савремених мерних система за испитивање система за управљање возила,
- развије методологију испитивања угла заокретања точка управљача и момента заокретања точка управљача у лабораторијским условима,
- прикаже и анализира резултате мерења угла заокретања точка управљача и момента заокретања точка управљача добијене у Лабораторији за моторна возила Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу,
- изведе адекватне закључке на основу обављених теоријских и експерименталних истраживања.

Препоручена литература:

- Тодоровић, Ј.: Испитивање моторних возила, Машински факултет, Београд, 1986.
- Милорадовић, Д., Лукић, Ј., Радоњић Р.: „Испитивање моторних возила и мотора“, Скрипта у електронској форми, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2011.
- Радоњић Р.: „Идентификација динамичких карактеристика моторних возила“, Машински факултет, Крагујевац, 1995.
- Јанићијевић Н., Јанковић Д., Тодоровић Ј.: Конструкција моторних возила, Машински факултет, Београд, 1987.
- Симић Д.: Моторна возила, Научна књига, Београд, 1988.

Крагујевац, 05.07.2013.

ментор:

Др Данијела Милорадовић, доцент

Резиме

У раду су приказани функција и важност система за управљање возила, као и радна оптерећења која на њега делују. Након тога, приказани су видови испитивања система за управљање возила са примерима мерних инсталација. Дат је и приказ неких од савремених мерних система који се користе приликом испитивања система за управљање возила. Развијена је методологија мерења угла заокретања точка управљача и момента заокретања точка управљача у лабораторијским условима. Приказани су и анализирани резултати мерења обављених у Лабораторији за моторна возила Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.

Кључне речи: систем за управљање, точак управљача, испитивање

Summary

The final paper shows function and importance of the steering system of the vehicle, as well as the workloads acting on a steering system. Then, types of steering system testing are shown together with the examples of used measurement installations. A review of some modern measurement systems used in testing the steering system of the vehicle is given in the paper. Methodology for measurement of the steering wheel angle and torque in laboratory conditions is developed. The results of measurements obtained at the Laboratory for motor vehicles of the Faculty of Engineering, University of Kragujevac are presented and analysed.

Key words: steering system, steering wheel, testing

Садржај

1 Уводна разматрања.....	5
2 Врсте испитивања система за управљање возила	8
2.1 Испитивање радних оптерећења система за управљање	10
2.2 Испитивање перформанси система за управљање.....	12
2.3 Испитивање поузданости система за управљање	13
2.3.1 Испитивање поузданости управљачког механизма.....	14
2.3.2 Испитивање поузданости точка управљача.....	15
2.3.3 Испитивање поузданости спона.....	16
2.4 Испитивање безбедности система за управљање	17
3 Савремени мерни системи за испитивање система за управљање возила	18
3.1 Уређај MSW фирме KISTLER	18
3.2 Уређај RV-4 фирме KISTLER	19
3.3 Точак управљача FEL 20.....	21
3.4 Уређај WPT фирме KISTLER	22
4 Методологија мерења момента и угла заокретања точка управљача	23
4.1 Предмет мерења	23
4.2 Мерне величине и начин њиховог мерења.....	24
4.3 Начин уградње мерних инструмената	28
4.4 Режији рада	29
4.5 Поступак рада	29
5 Приказ и анализа резултата мерења	30
5.1 Резултати мерења момента и угла заокретања точка управљача у статичким условима	30
5.2 Резултати мерења момента и угла заокретања точка управљача у случају подигнутог предњег краја возила	31
Закључак	34
Литература	35

1 Уводна разматрања

Систем за управљање, поред система за кочење, преставља један од најважнијих система на возилу. Када се каже најважнији, првенствено се мисли на његов утицај на безбедност приликом вожње. Најважнији задатак система за управљање јесте да прецизно одржава, као и да мења правац кретања возила приликом вожње, односно да се команда коју возач примени на точак управљача пренесе што прецизније до управљачких точкова. Услови које би требало систем за управљање да задовољи су следећи[1]:

- Обезбеђење стабилног кретања возила приликом праволинијске вожње и при томе точак управљача треба да има што мањи празан ход;
- Обезбеђење одговарајуће силе на точку управљача приликом заокретања у вожњи;
- Одговарајућа кинематика система за управљање која у кривини омогућава котрљање точкова са што мање бочног клизања;
- Спонтано враћање управљачких точкова из положаја за криволинијско кретање у положај за праволинијско кретање;
- Што мањи пренос удара и вибрација са точкова на точак управљача;
- Одржавање пропорционалности између следећих параметара:
 - Момент заокретања точка управљача и момента заокретања точкова,
 - Правилан однос између заокретања точка управљача и заокретање точкова.

Као што је већ речено, систем за управљање служи да омогући правилно скретање возила. Како би се управљало возилом, возач мења угао заокретања точкова, заокретањем точка управљача. Међутим, осим ова два елемента, у систему за управљање се налази још компонената које су међусобно повезане и које заједно чине систем за управљање. Оне се разликују од возила до возила, међутим код сваког возила се, у општем случају, систем за управљање састоји од следећих склопова и подсклопова [2]:

1. Командни механизам се састоји од:
 - 1.1 Точак управљача
 - 1.2 Вратило (најчешће зглобно)
2. Управљачки механизам може бити:

- 2.1 Зупчаста летва
- 2.2 Пужни механизам
- 2.3 Комбиновани механизам
- 3. Преносни механизам чине:
 - 3.1 Споне
 - 3.2 Зглобови
- 4. Управљачки точкови

Типови система за управљање са управљачким механизмом типа зупчаник-зупчаста летва, приказан је на слици 1.



Слика 1: Склопови и подсклопови система за управљање (зупчаник-зупчаста летва) [3]

Како је већ наведено, систем за управљање има значајну улогу у безбедности возила, зато што посредством система за управљање возач бира жељену путању. Тачније речено, од система за управљање зависи реакција возила на акцију возача. Возач треба да савлада одговарајући момент отпора за кретања управљачких точкова који зависи од режима кретања. Поменути момент је највећи када се точкови заокрећу, а возило стоји, нешто нижи при режиму паркирању возила. Момент отпора који возач треба да савлада на точку управљача смањује се са повећањем брзине кретања возила, побољшањем квалитета подлоге и смањењем вертикалних оптерећења управљачких точкова. Пожељно је да овај момент отпора постоји, јер на основу њега, возач прима посредне информације о условима кретања.

На систем за управљање у целини као основна радна оптерећења делују реактивне силе које делују у додиру пнеуматика и подлоге, као и моменти које те силе изазивају. Осим тога, на оптерећење система за управљање у великој мери делује начин његовог коришћења, зависно од конфигурације пута и услова вожње. Мерне величине које карактеришу радна оптерећења механичких елемената система за управљање су:

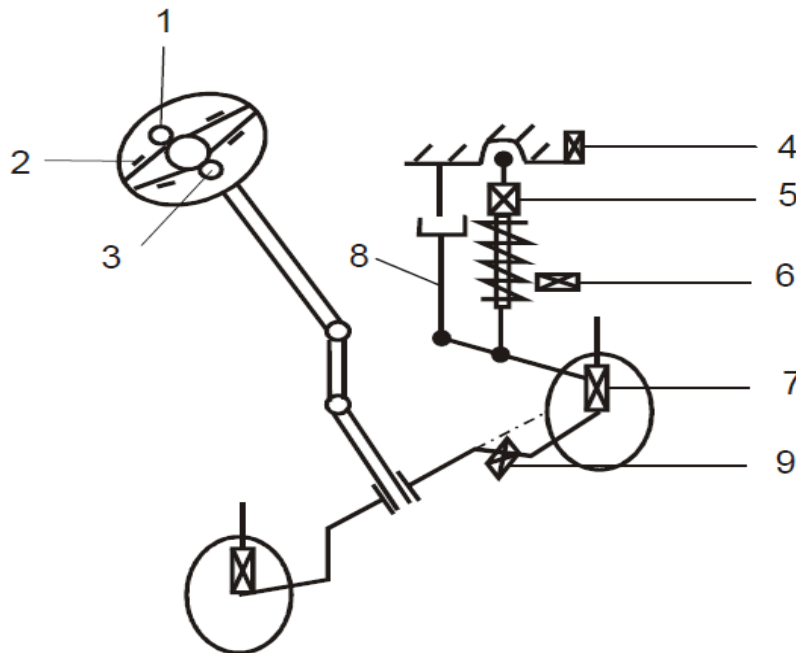
- Обртни момент на вратилу точка управљача;
- Углови заокретања точка управљача, односно управљачких точкова;
- Силе у спонама;
- Обртни момент који делује око осе заокретања точка, односно момент савијања полуга за заокретање точка;
- Момент савијања рукавца точка од све три реактивне силе у контакту пнеуматик тло;
- Силе и моменти на греди предњег моста, код зависно ослоњених управљачких точкова ;
- Силе и моменти који оптерећују механизме за вођење независно ослоњених управљачких точкова.

У случају да се код система за управљање користи хидраулично или неко друго servo-појачало, као мерне величине које карактеришу радна оптерећења треба узети у обзир и следеће:

- Радни притисак флуида;
- Температуру флуида;
- Време рада енергетског агрегата (пумпе, компресора) под оптерећењем;
- Учестаност укључивања енергетског агрегата (зависно од врсте система);
- Евентуално радну температуру флуида на излазу из енергетског агрегата.

2 Врсте испитивања система за управљање возила

При индентификацији већ поменутих радних оптерећења система за управљање, може се искористити експериментални систем који је шематски приказан на слици 2.



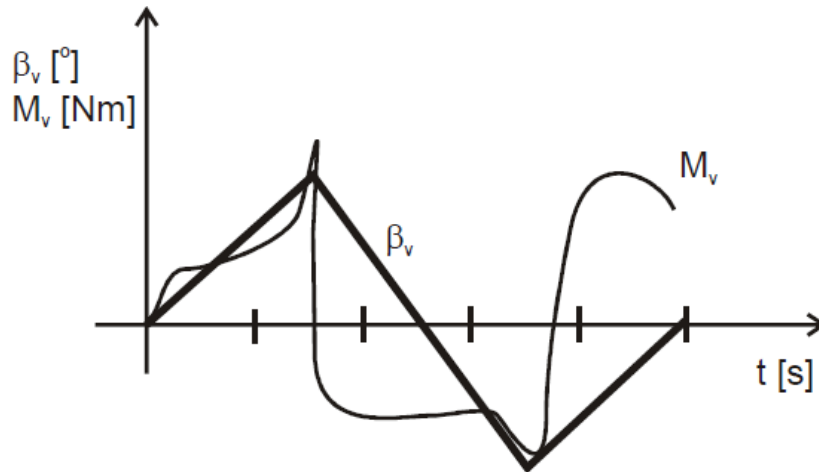
Слика 2: Експериментални систем за испитивање радних оптерећења система за управљање [4]

Давачи са слике 1 обележени бројевима од 1-9 су:

1. Давач угла заокретања точка управљача
2. Давач момента заокретања точка управљача
3. Давач угаоне брзине точка управљача
4. Давач убрзања ослоњене масе у тачки везе амортизера за каросерију
5. Давач силе на клипњачи амортизера (мерне траке)
6. Давач силе у опрузи (мерне траке на навојима)
7. Давач убрзања у центру точка (на сва 4 точка)
8. Давач хода еластичног ослањања
9. Давач силе у спони

Мерна места, односно давачи 1, 2, 3 припадају динамометарском точку управљача. Уколико се приликом обављања експеримента возило постави на

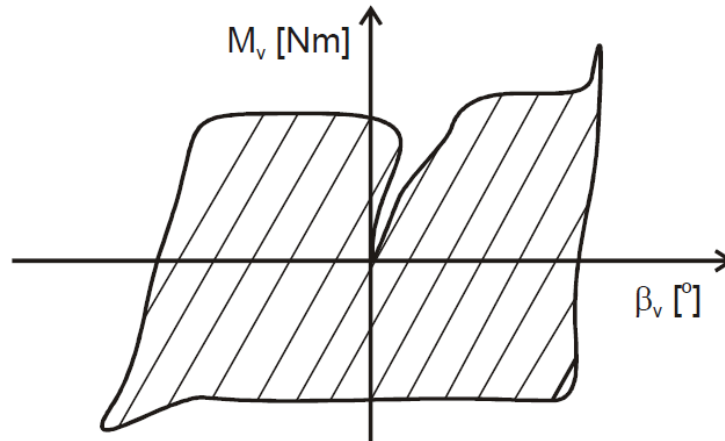
хоризонталну подлогу, а затим се преко точка управљача точкови заокрену најпре до максималне вредности у једном смеру, а затим у другом, обављен је комплетан циклус заокретања точкава. Помоћу давача који припадају динамометарском точку управљача региструју се промене угла заокретања и момента заокретања на точку управљача. Записи ових мерних величина у функцији од времена углавном изгледају као што је приказано дијаграмски на слици 3.



Слика 3: Приказ записа мерних величина у функцији од времена

Као што се са слике може видети промена угла заокретања, подсећа на одсечке праве линије. Наравно, да би се добио овакав дијаграм, потребно је да се точкак управљача за okreће приближно констатном угаоном брзином. Момент заокретања точка управљача има највеће вредности у тренутку постизања максималних углова заокретања точка управљача.

Како се и момент заокретања, а и угао заокретања мере у временском домену елиминацијом времена, могуће урадити директну зависност момента заокретања од угла заокретања точка управљача, слика 4.



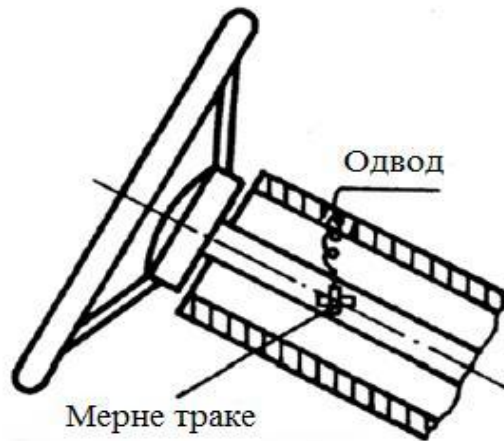
Слика 4: Зависност момента заокретања од угла заокретања точка управљача

Површина са слике 4 која се налази унутар криве линије представља рад који возач утроши при заокретању точка управљача.

Величина момента заокретања точка управљача мења се са променом подлоге на којој се врши испитивање (сипање уља на подлогу, зависно од ког материјала је подлога, подизањем точкова са подлоге...). Ако се подигну управљачки точкови тада се, уствари, мери само отпор трења у систему за управљање. Такође, мерење се може вршити и када се возило креће малом брзином. У оба претходно наведена случаја моменти ће бити мањи него кад се точак управљача заокреће, док је возило на пример на бетонској подлози и у стању мировања. Највеће вредности момента заокретања точка управљача постоје у условима статичких испитивања.

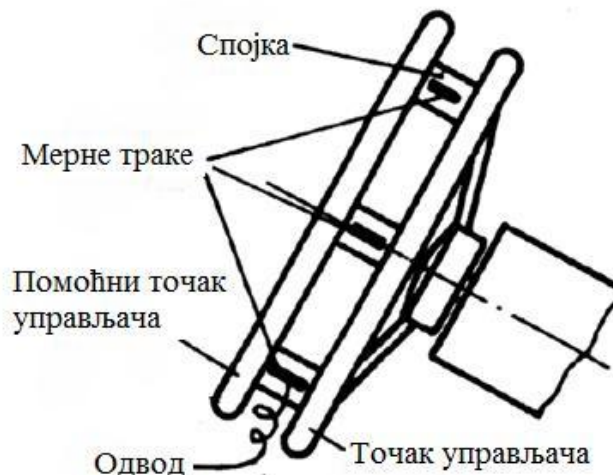
2.1 Испитивање радних оптерећења система за управљање

Обртни момент на вратилу точка управљача може се мерити на више начина, и то веома једноставно помоћу мерних трака. Приликом мерења, најбоље је ако се мерном инсталациом не утиче на управљање, односно држање точка управљача, већ се мерне траке поставе тако да нису у директној вези са точком управљача, него на вратилу као што је приказано сликом 5.



Слика 5: Мерење момента без утицаја инсталације на управљање [5]

Међутим, некад се, ипак, због лакше уградње, користе адаптациони уређаји као што је дато на слици 6.



Слика 6: Мерење момента помоћу адаптационог уређаја [5]

Приликом мерења сила и момената које делују на рукавац точка, полугама за заокретање и спонама, најприкладније је користити мерне траке које се постављају на прикладно одабраним местима. Места постављања мерних трака углавном се бирају на основу искуства, односно тамо где се очекује да ће се јавити највећи напони.

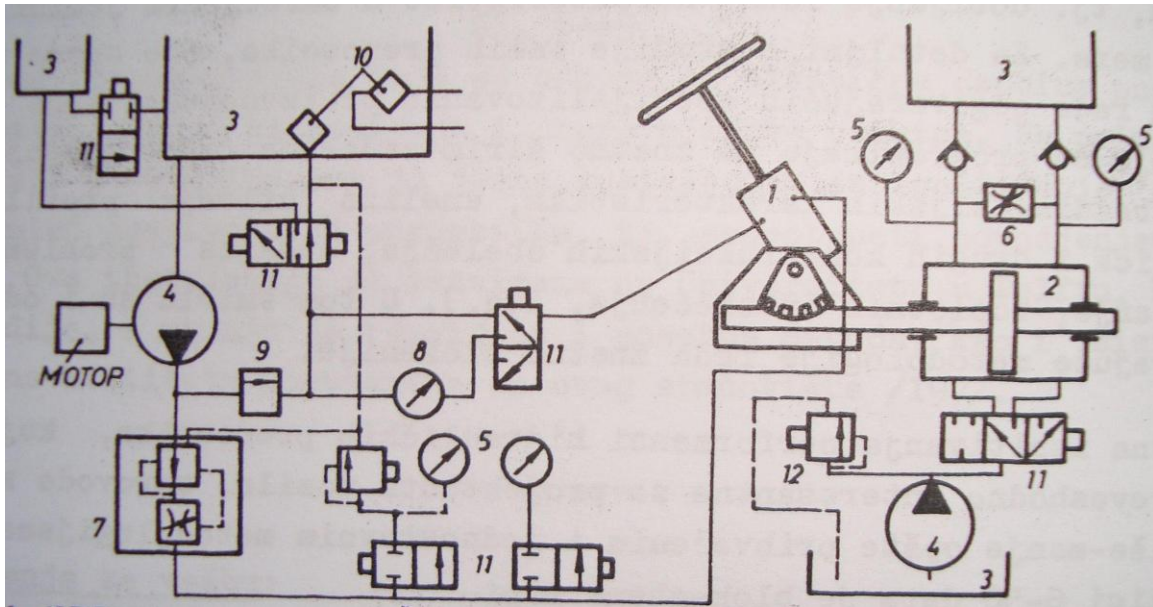
2.2 Испитивање перформанси система за управљање

Приликом испитивања перформанси система за управљање може се испитивати управљивост возила, као и перформансе неких уређаја који подпомажу лакше управљање возилом. Испитивање управљивости врши се мерењем силе на точку управљача при његовом заокретању одређеном брзином. Осим тога, потребно је остварити заокретање возила по задатом полупречнику путање. Управљивост возила се испитује према правилнику ECE R79.

Што се тиче уређаја који служе да помогну управљање возилом, углавном се мисли на серво уређај који је данас уобичајна појава код свих типова возила. Када се испитује серво уређај, постављају се давачи који углавном мере следеће величине:

- Силе и моменте;
- Проток флуида;
- Притисак флуида;
- Температуру флуида, итд.

Приказ једне инсталације која служи за испитивање серво управљача дата је на слици 7.



Слика 7: Инсталација за испитивање перформанси серво управљача [5]

- | | | |
|-------------------------------|-----------------------|------------------------|
| 1 – испитивани серво управљач | 5 – манометар | 9 – регулатор притиска |
| 2 - цилиндар | 6 – комадни вентил | 10 – филтер и хладњак |
| 3 – резервоар | 7 – регулатор протока | 11 – вентил разводник |
| 4 - пумпа | 8 – мерач протока | 12 – преливни вентил |

2. 3 Испитивање поузданости система за управљање

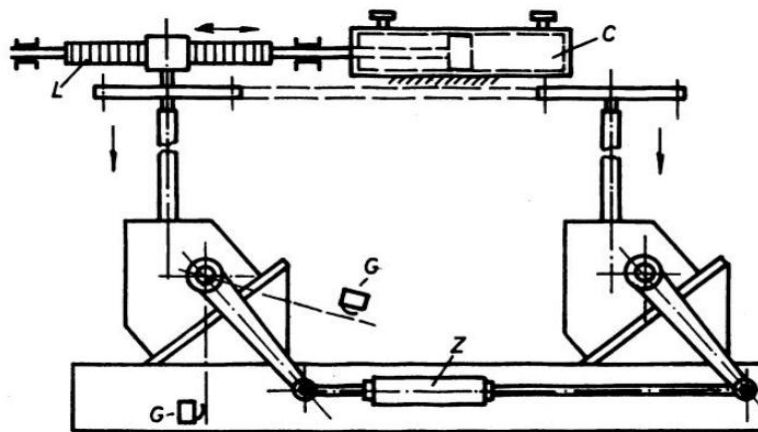
Како је више пута напоменуто, систем за управљање има велики значај када је безбедност возила у питању, тако да је веома битна његова поузданост са становишта безбедности. Из тог разлога, битно је испитивање поузданости овог система. Испитивањем система за управљање обухвата велики број елемената и склопова, а посебно управљачки механизам, точак управљача, споне и рукавци предњих точкова. Испитивања поузданости система за управљање се углавном спроводе у лабораторијским условима, на посебним опитним инсталацијама. Методологије којима се испитују поузданост су различите и још увек нису стандардизоване.

2.3.1 Испитивање поузданости управљачког механизма

Испитивање поузданости управљачког механизма може се вршити по различитим поступцима. Пробни столови на којима се испитивање поузданости врши могу се изводити као пробни столови са:

- Затвореном контуром
- Отвореном контуром

Пробни сто за испитивање управљачког механизма типа зупчаник-зупчаста летва са затвореном контуром дат је сликом 8.



Слика 8: Пробни сто са затвореном контуром [5]

У случају када се користи сто са затвореном контуром чији је пример дат сликом 8, оптерећење механизма који се испитује је паразитска снага која циркулише у систему. Погон овог пробног стола је тако изведен да се заокретање механизма врши за одређени угао, који се дефинише подесивим граничницима (G). Пнеуматски цилиндар (C) има уграђене скlopкe које имају улогу да мењају смер кретања зупчасте летве која се испитује.

Као што је већ напоменуто, поред пробних столова са затвореном контуром постоје и пробни столови са отвореном контуром, слика 9.



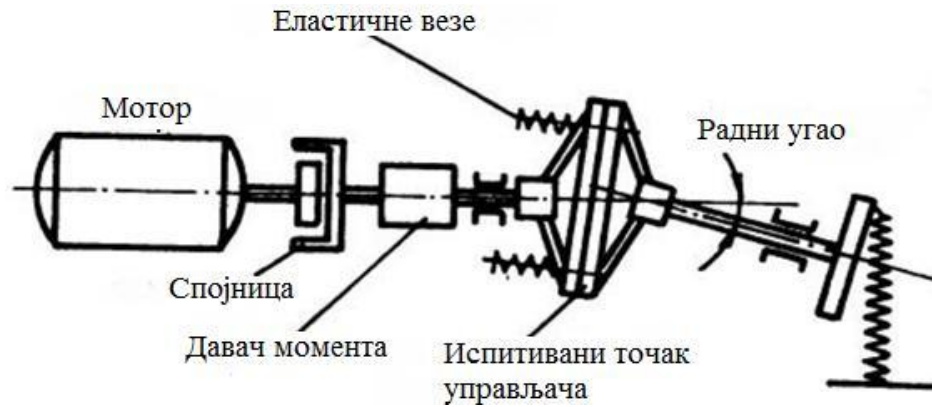
Слика 9: Пробни сто са затвореном контуром [5]

У случају пробних столова са отвореном контуром, као на слици 9, оптерећење испитиваног механизма се постиже наизменичним сабијањем опруге о једну и у другу страну. Сабијање опруге се постиже померањем кућишта (K), којим управља цилиндар (C), са пригушним електромагнетним вентилом (P). На овакав начин оптерећење расте са повећањем угла заокретања точка управљача, што је и повољније него код система са циркулацијом паразитске снаге односно код пробних столова са затвореном контуром. У принципу једини елемент који је исти као и код пробних столова са затвореном контуром, јесте механизам за ограничавање угла заокретања, а то су граничници (G).

Пробни столови затворене контуре омогућавају добро симулирање стварних радних оптерећења. При испитивању уобичајено је да се спроведу више испитивања, односно испитивања при различитим оптерећењима и различитим угловима заокретања.

2.3.2 Испитивање поузданости точка управљача

Испитивање точка управљача се углавном ређе практикује. Ипак, са становишта безбедности у саобраћају и ова испитивања имају велики значај. На слици 10 може се видети шематски приказ једног пробног стола који служи за испитивање поузданости точка управљача.



Слика 10: Пробни сто за испитивање поузданости точка управљача [5]

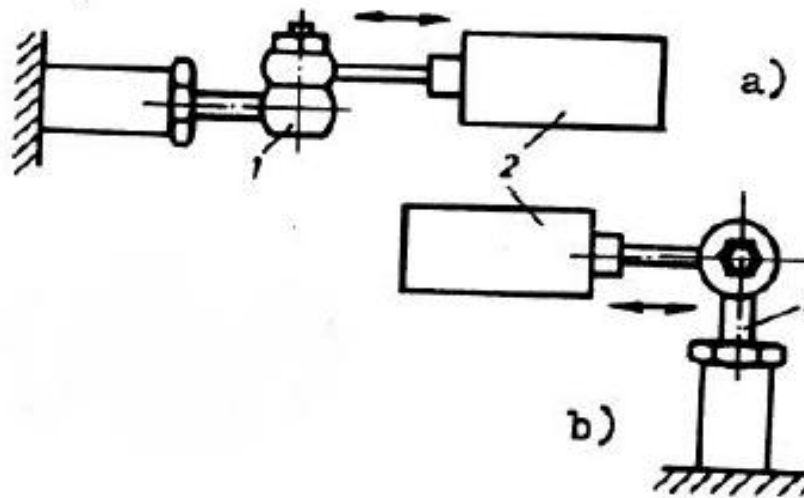
При испитивању поузданости точка управљача на оваквом пробном столу оптерећење се остварује на више начина и то:

- Дејством опруге, која је једним крајем везана за диск и она оптерећује точак управљача на увијање
- Дејством система опруга и закошењем погонског у односу на гоњено вратило

Испитивани точак управљача је чврсто везано за гоњено вратило, док је веза са погонским вратилом остварена преко опруге. Систем се погони мотором, а регистровање момента се врши помоћу торзионог динамометра.

2.3.3 Испитивање поузданости спона

Најједноставније инсталације за испитивање поузданости спона могу се извести када се споне испитују појединачно. Једна једноставна инсталација за испитивање спона може се видети на слици 11.



Слика 11: Инсталација за испитивање спона појединачно [5]

Са слике 11 може се видети да се инсталација састоји од спона које се испитују (1) и пулзатора (2), који имају за улогу да симулирају оптерећење. Конструкција инсталације под (а) је веома слична конструкцији инсталације под (б). Разлика је само у томе што се код инсталације под (а) споне испитују под дејством аксијалног оптерећења, док се код инсталације под (б) споне испитују под дејством радијалног оптерећења.

2.4 Испитивање безбедности система за управљање

При судару возила или удара возила у баријеру, точак управљача представља велику опасност по возача, уколико није заштоићен неким системом за заустављање. Управљач може изазвати тешке повреде грудног коша и меког ткива. Због наведених разлога, стуб управљача се изводи тако да он буде најслабија карика, а не човек. Данас се стуб управљача изводи тако да се при удару он гужва или склапа, а прави се по принципу телескопа или перфориране цеви.

Још један део који може представљати потенцијалну опасност у поменутој ситуацији, а део је система за управљање јесте точак управљача. Зато се он израђује од материјала који су деформабилни, а такође је потребно обезбедити

померање ка преградном зиду. На основу до сада наведеног може се закључити да је овде потребно мерити силе којима возач сме да удари у неке од поменутих елемената, а да не дође до повреде.

3 Савремени мерни системи за испитивање система за управљање возила

Поред већ поменутих видова испитивања и мерних инсталација, постоје и други, савременији мерни системи. Са развојем технике развила се и опрема велике прецизности, а углавном минијатурних димензија која служи за испитивање. Наравно и цена оваквих уређаја је доста велика, па је логично да овакву опрему углавном користе веће светске фирме које са баве испитивањем моторних возила и мотора. У даљем излагању биће приказани неки савременији мерни системи у области испитивања система за управљање који се данас користе.

3.1 Уређај MSW фирме KISTLER

MSW (Measurement Steering Wheel – Мерни точак управљача) уређаји представљају, као што и само име каже, мерни точак управљача који је специјално дизајниран за вршење испитивања на путничким и теретним возилима. Ови уређаји се монтирају између точка управљача и вратила точка управљача. Овај мерни систем мерне величине мери следеће:

- Момент заокретања точка управљача;
- Угао заокретања точка управљача;
- Угаону брзину заокретања точка управљача.

Изглед овог уређаја приказан је на слици 12.



Слика 12: Уређај MSW, Kistler Automotive GmbH [6]

Предност овог уређаја осликава се у томе што се поставља у централном делу испод точка управљача. Такође омогућава и лако провлачење каблова који су или потребни приликом мерења или имају неку другу функцију.

3.2 Уређај RV-4 фирме KIESTLER

Уређај RV-4 представљају механичке системе који имају за улогу да мере координате точка у простору, као и координате правца кретања точка. Ови уређаји бележе свако померање точка, осим ротације точка око сопствене осе. Имају велику прецизност када су у питању угаона померања точка. Карактеристике ових уређаја су следеће:

- Робуснији су;
- Лако и брзо монтирање ;
- Отпорни су на дејство:
 - Воде
 - Моторног уља
 - Средства за хлађење

Изглед оваквог уређаја може се видети на слици 13.



Слика 13: Уређај RV-4, Kistler Automotive GmbH [6]

Технички подаци уређаја са слике 13 дати су у табели 1.

Табела 1: Технички подаци уређаја RV-4 [6]

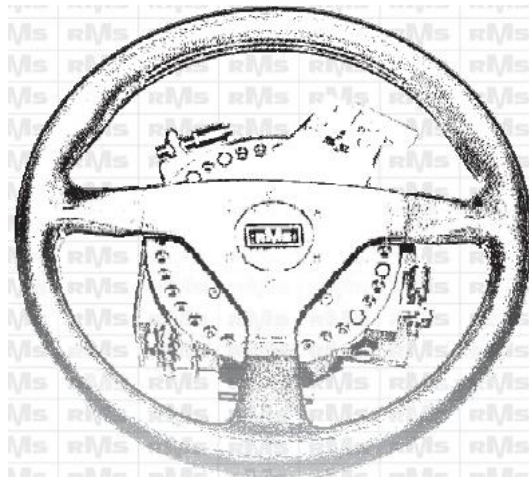
Опсег мерења	Јединице	Вредност
X	mm	± 150
Y	mm	± 150
Z	mm	± 200
Нагиб	°	± 10
Заокретање	°	± 45
Тачност мерења	Јединице	Вредност
X	mm	± 1
Y	mm	± 0.7
Z	mm	± 1
Нагиб	°	± 0.2
Заокретање	°	± 0.1
Репродукција	Јединице	Вредност
X	mm	± 0.5
Y	mm	± 0.5
Z	mm	± 0.5
Нагиб	°	± 0.1
Заокретање	°	± 0.05

3.3 Точак управљача FEL 20

Точак управљача FEL 20 служи за мерење:

- Момент заокретања точка управљача;
- Угла заокретања точка управљача;
- Угаоне брзине заокретања точка управљача.

Овај уређај енергију потребну за рад добија од акумулатора возила на коме се испитивање врши. Уређај је компактан и лаган за уградњу. Коришћењем овог уређаја при мерењу је доста лако. Има два дугмета и прекидач који служи за ресетовање, као и подешавање опсега мерења. Приказ уређаја може се видети на слици 14.



Слика 14: Steering wheel FEL 20, DSPM Industria [7]

Технички подаци уређаја са слике 13 су:

- Момент заокретања точка управљача
 - Опсег $\pm 10/100 \text{ Nm}$
 - Тачност $\pm 0.2\%$
 - Филтер Butterworth 3dB/30Hz
- Угао заокретања точка управљача
 - Опсег $100^\circ/1000^\circ$

- Тачност $\pm 0.1\%$
- Филтер Butterworth 3dB/30Hz
- Угаона брзина заокретања точка управљача
 - Опсег 1000°/s
 - Тачност $\pm 0.2\%$
 - Филтер Butterworth 3dB/30Hz

3.4 Уређај WPT фирме KISTLER

Изглед WPT фирме KISTLERовог уређаја дат је сликом 15.



Слика 15: Уређај WPT, Kistler Automotive GmbH [6]

Овај уређај представља универзални адаптациони уређај за мерење брзине точка на возилу. Сам уређај има изразито малу тежину. Њиме се може мерити следеће:

- Брзина точка на возилу
- Убрзање и успорење при кочним тестовима
- Тестирање система против блокирања точкова
- Мерење разлике у брзинама точкова када се користи више од једног оваквих уређаја

Овај уређај се монтира тако што се један крај везује за точак на коме се мери, а други крај везује за каросерију возила одговарајућим хватаљкама што се види на слици 16.



Слика 16: Монтиран WPT уређај [6]

4 Методологија мерења момента и угла заокретања точка управљача

4.1 Предмет мерења

У даљем излагању биће објашњена методологија испитивања система за управљање, односно принцип мерења угла и момента заокретања точка управљача. Изглед динамометарског точка управљача који је коришћен приликом мерења ових двеју величина дат је сликом 17.



Слика 17: Динамометарски точак уграђен на возилу ZASTAVA 101

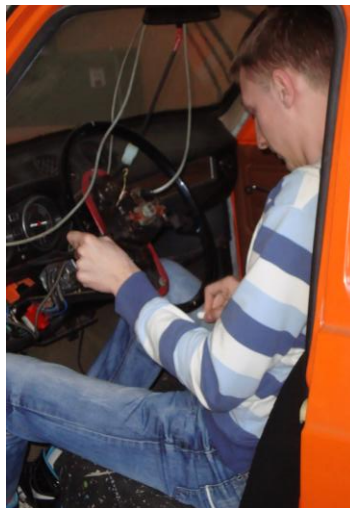
4.2 Мерне величине и начин њиховог мерења

Узимајући у обзир да се вредности мерених величина добијају у електричним јединицама, потребно на самом почетку извршити калибрацију. Ово је потребно одредити из тог разлога како би било могуће вредности које се добијају у волтима за момент заокретања пребацити у Nm, и исто тако вредности које се добијају у волтима за угао заокретања точка управљача пребацити у степене. На самом почетку, повезан је уређај за мерење вредности у волтима са мерно појачивачким мостом ручне израде што је приказано сликом 18.



Слика 18: Постављен уређај за мерење вредности и угла заокретања у волтима

Када је ово одрађено могло се почети са калибрацијом. На точку управљача постављени су репери у распону углова од деведесет степени, што је приказано сликом 19.



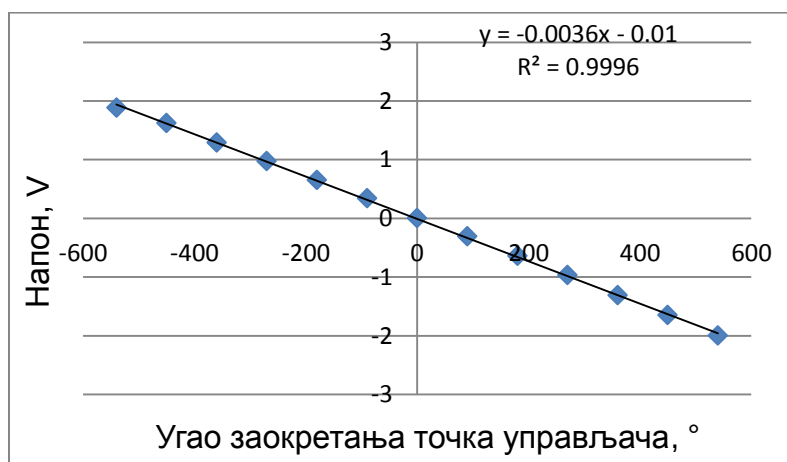
Слика 19: Обележавање точка управљача

Након овога, точак управљача је заокретан до краја у једну и до краја у другу страну, с тим да треба напоменути да је при заокретању очитана вредност у волтима за сваких деведесет степени који су посматрани према ознакама на точку управљача. Вредности које су очитане за заокретање точка управљача у леву страну и заокретање точка управљача у десну страну за сваких 90° дате су табелом 2.

Табела 2: Вредности калибрације за угао заокретања

Угао заокретања точка управљача $^\circ$	Напон V
-540	1.88
-450	1.62
-360	1.29
-270	0.97
-180	0.65
-90	0.34
0	0
90	-0.31
180	-0.64
270	-0.97
360	-1.31
450	-1.65
540	-2

Треба напоменути још да се позитивне вредности угла сматрају приликом заокретања точка управљача у позитивном математичком смеру, односно лево. На основу табеле 2 добија се дијаграм који је дат сликом 20.



Слика 20: Звистност између напона и угла заокретања

Једначина са дијаграма назива се линеарна једначина регресије и она даље служи као веза између електричних и основних јединица. Може се приметити да линија калибрације не одступа од приказаних тачака, што значи да је калибрација коректно извршена.

Даље је извршена калибрација давача момента заокретања точка управљача. Како би се задао познат момент, било је потребно задати силу одређене вредности на одређеном растојању точка управљача. Измерено је растојање од 115 mm и затим на том растојању закачен динамометар као на слици 21.



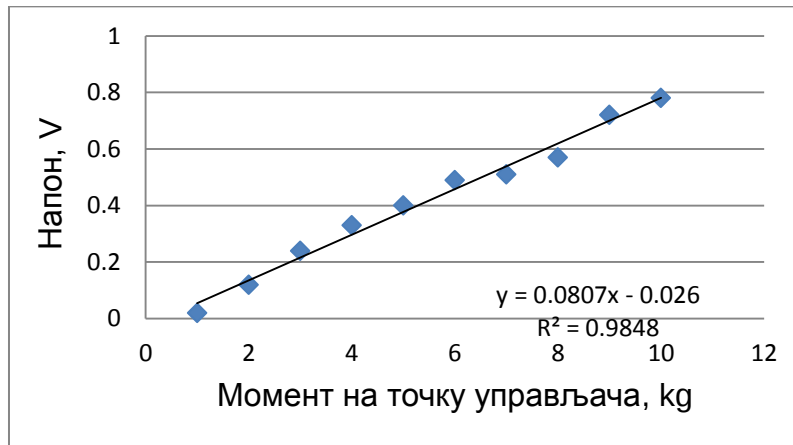
Слика 21: Динамометар постављен на точак управљача

Након тога започето је са оптерећивањем точка управљача одређеном силом, односно на динамометру је очитавана вредност оптерећења у килограмима и за сваки килограм од један до десет очитавана је вредност у волтима. Вредности које су очитане, дате су у табели 3.

Табела 3: Вредности калибрације за момент заокретања

Оптерећење /kg/	Напон /V/
1	0.02
2	0.12
3	0.24
4	0.33
5	0.4
6	0.51
7	0.49
8	0.57
9	0.72
10	0.78

И у овом случају се на основу табеле се добија дијаграм и једначина који касније служе за пребацивање електричних у основне јединице. Поменути дијаграм и једначина дати су сликом 22.



Слика 22: Зависност између напона и момента

Може се рећи да је претходно описаним поступцима завршена је калибрација и могло се приступити уградњи и повезивању потребних, а затим и самом мерењу. Мерне величине које се мере су:

- Угао заокретања точка управљача – потенциометар PVG-010
- Момент заокретања точка управљача – четири мерне траке повезане у пун Wheatstone-ов мост, постављене на мерној епрувети (мере момент савијања епрувете и на тај начин, посредно, момент заокретања точка управљача)

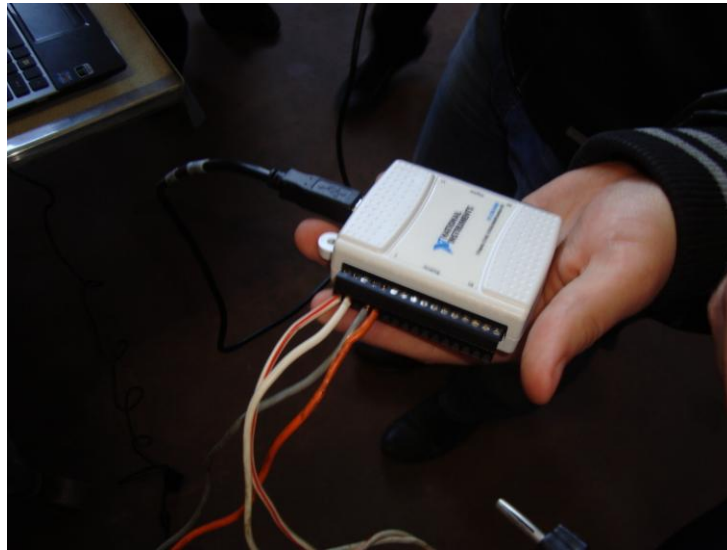
Поменути давачи који се користе при мерењу дати су сликом 23.



Слика 23: Давачи за мерење угла и момента точка управљача

4.3 Начини уградње мерних инструмената

Динамометарски точак управљача са слике 23 поставља се помоћу посебних држача који се мењају у зависности од типа возила. Даље се приступа директном слању података који су очитани приликом мерења на рачунар. Како би ово било могуће, на раније поменути мерно појачивачки мост повезан је A/D конвертор приказан сликом 24.



Слика 24: Повезан A/D конвертор

Жице са слике 24 представљају везу између A/D конвертора и мерно појачивачког моста. Са слике се још може видети да су жице повезане на првом и другом као и четвртом и петом улазу у A/D конвертор. Осим тога види се и црни кабл који представља везу између A/D конвертора и рачунара.

Претходно описаним повезивањем потребних уређаја могло се приступити мерењу.

4.4 Режи́ми рада

Основни режим заокретања точка управљача који је возач морао да обезбеди био је „неутралан положај – пун леви заокрет – пун десни заокрет – повратак у неутрални положај.“ Мерење је обављено у два режима и то:

- Возило је на тврдој подлози – возило треба савладати како унутрашње отпоре у систему за управљање, тако и отпоре између пнеуматика и тла
- Подигнут предњи крај возила – савладавање само унутрашњих отпора система за управљање

Осим ових режима, може се импровизовати и велики број других као што су:

- Додатно оптерећење предњег краја возила
- Постављање возила на другој подлози и сл.

4.5 Поступак рада

Поступак мерења је прилично једноставан. У возило улази особа која има задатак да приближно у року од тридесет секунди заокрене точак управљача према планираном тесту. Овај поступак је обављен два пута, једанпут када су управљачки точкови на чврстој подлози, а други пут када је подигнут предњи крај возила. Подизањем предњег краја возила омогућава да се мери само момент отпора трења у систему за управљање. Подаци који долазе до A/D конвертора даље се шаљу на рачунар који помоћу софтверског пакета LabView податке шаље у одређену датотеку.

5 Приказ и анализа резултата мерења

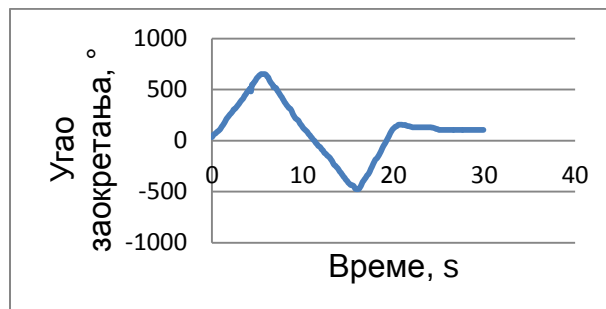
Како је већ наглашено мерење је вршено у распону од тридесет секунди, с тим да су на рачунару добијени подаци који показују вредности момента заокретања и угла заокретања у интервалима од 0.1s. Пошто су добијене вредности на рачунару у волтима потребно је вратити се на калибрацију како би се добило следеће:

- [V] у [Nm] код момента на точку управљача
- [V] у [°] код угла заокретања точка управљача

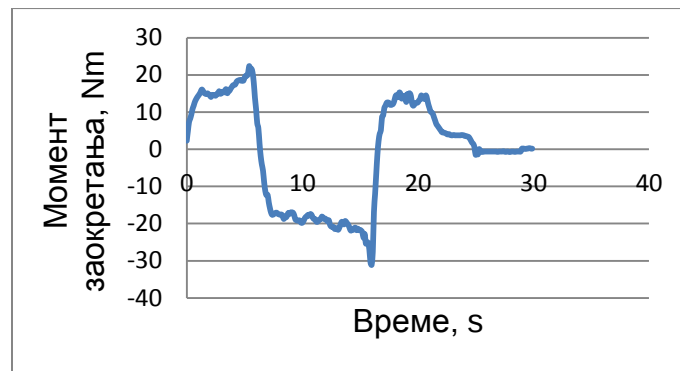
Када се једначине са дијаграма (слика 20 и 22) употребе на сваку од измерених вредности добиће се дијаграми момента и угла заокретања у функцији од времена, као и момента у функцији од угла заокретања. Ови дијаграми ће се добити за два случаја, када је возило на подлози и када је подигнут предњи крај возила. Такође да би се добиле одговарајуће јединице за момент [Nm], оптерећење у [kg] треба још помножити силом земљине теже и одговарајућим краком од 115mm.

5.1 Резултати мерења момента и угла заокретања точка управљача у статичким условима

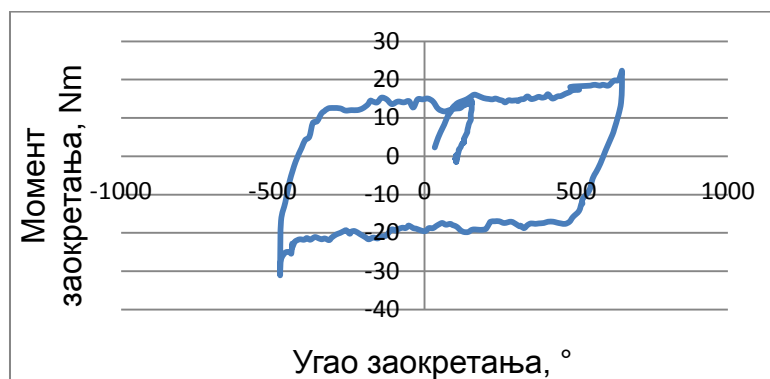
На сликама 25 и 26 приказани су резултати мерења угла заокретања и момента заокретања точка управљача приликом заокретања у статичким условима.



Слика 25: Зависност угла заокретања од времена



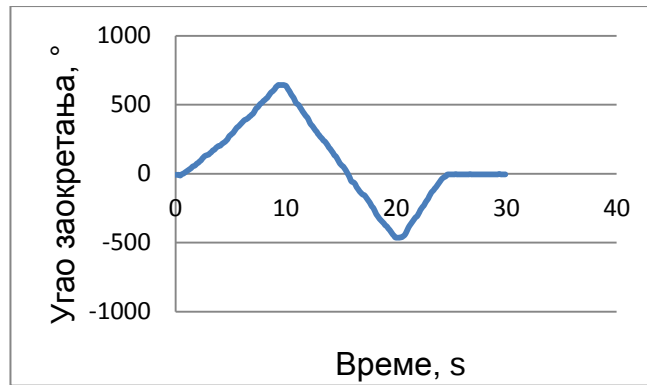
Слика 26: Зависност момента заокретања од времена



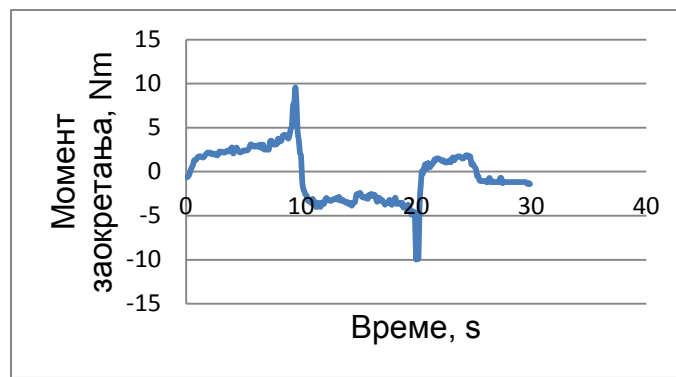
Слика 27: Зависност момента од угла заокретања

5.2 Резултати мерења момента и угла заокретања точка управљача у случају подигнутог предњег краја возила

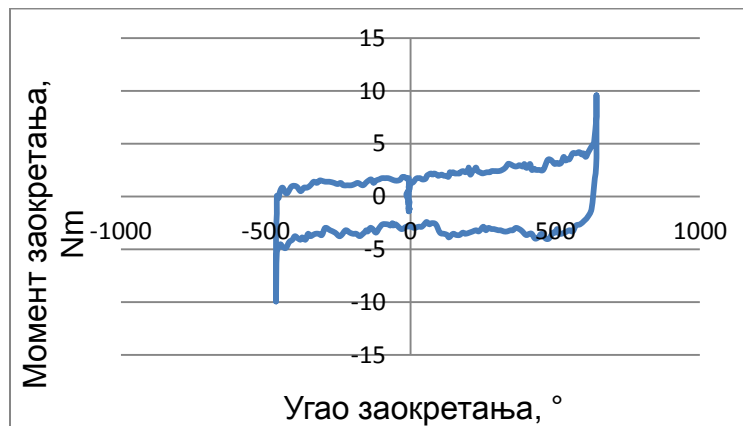
На сликама 28 и 29 приказани су резултати мерења угла заокретања и момента заокретања точка управљача.



Слика 28: Зависност угла заокретања од времена



Слика 29: Зависност момента од времена



Слика 30: Зависност момента заокретања од угла заокретања

Ако се упореде вредности момента са слике 26 и 29 видеће се да су моменти мањи када је одигнута оsovина са подлоге, што је и логично зато што се тада савлађују само отпори трења у систему за управљање. Такође се могу упореде дијаграми са слика (25, 26, 27, 28, 29 и 30) са дијаграмима са слике 2 и 3

на почетку и видеће се да су доста слични. На самом крају дијаграми са слике 27 и 30 могу се приказати као један дијграм (слика 30) ради упоређивања вредности.



Слика 31: Зависност момента заокретања од угла заокретања за оба режима

Узимајући у обзир да плава линија означава када је возило на подлози, док црвена означава када је подигнут предњи крај возила, видимо да је површина ограничена црвеном линијом знатно мања, што је и логично због укупних отпора које би требало савладати.

Закључак

Систем за управљање возилом служи као што и само име каже да управља возилом, односно да се помоћу њега одређује правац којим ће се возило кретати. Самим тим као такав, овај систем има велики утицај што се тиче безбедности у саобраћају и као такав мора бити увек исправан. Сам систем се састоји из више механизма, а који се састоје из више делова.

С обзиром на то постоје више видова испитивања овог система, све зависно који део или који механизам се испитује. Приликом испитивања овог систем могу се испитивати радна оптерећења која делују у систему, али може се испитивати и сама поузданост система за управљање, која има првенствено велики утицај на безбедност. С обзиром да на систем за управљање највише утиче подлога по којој се возило креће може се рећи да су радна оптерећења која се јављају, последица реактивних сила и момената са тла. Тако да би приликом испитивања требало мерити силе и моменте који се јављају у систему за управљање. Осим у случају када постоји коришћење серво појачала тада би требало испитивати и карактеристике овог система, попут притиска флуида итд.

Савремени системи који се користе приликом испитивања система за управљање знатно су напредовали у односу на системе који су се некад користили. Најупечатљивија промена која се десила на новијим системима за испитивање јесте величина и маса. Док се код старијих система углавном могла видети робусна конструкција, код новијих система у питању су знатно компактнији уређаји. Међутим иако су савремени системи бољи у сваком погледу, прати их висока цена. Тако да углавном их могу набавити велике водеће светске компаније којима су потребни приликом испитивања неког возила.

Приликом практичног дела испитивања на самом почетку извршена је калибрација. Поступак калибрације био је неопходан како би се добијене вредности у електричним јединицама могле пребацити у основне јединице.

Извршено је мерење угла закретања точка управљача, и мерење момента заокретања точка управљача. Како је мерење вршено у два режима добијају се различити подаци за сваки од тих режима. Посматрајући дијаграме који су се добили на основу резултата мерења може се закључити да су моменти потребни за заокретање знатно мањи када је подигнут предњи крај возила. На крају се може рећи да је ово и очекивано, с обзиром да се тада савлађују само отпори трења у самом систему.

Литература

- [1] Симић Д.: Моторна возила, Научна књига, Београд, 1988.
- [2] Јанићијевић Н., Јанковић Д., Тодоровић Ј.: Конструкција моторних возила, Машински факултет, Београд, 1987.
- [3] VreleGume, Интернет адреса: <http://www.vrelegume.rs/test/sistem-upravljanja/>, приступљено 10.07.2013.
- [4] Милорадовић, Д., Лукић, Ј., Радоњић Р.: „Испитивање моторних возила и мотора“, Скрипта у електронској форми, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2011.
- [5] Тодоровић, Ј.: Испитивање моторних возила, Машински факултет, Београд, 1986.
- [6] Complete Vehicle Testing Solutions, Интернет адреса: http://www.corrsys-datron.com/Support/Data_Sheets/CMSW_000-810e.pdf, приступљено 06.04.2013.
- [7] DSPM Industria, Интернет адреса: <http://www.dspmindustria.it/tool/download.php?id=1137&idst=759>, приступљено 06.04.2013.