

Резиме

У овом мастер раду из предмета *Мехатроника МВ* обрађена је тема *Мехатронички системи за управљање брзином кретања путничких возила у реалним условима саобраћаја*. Бавили смо се изучавањем анализе утицаја брзине кретања путничких возила на ефикасност и безбедност саобраћаја посматрајући више ситуација кретања возила током претицања, престројавања, вожње у колони и у случају саобраћајних незгода. Математичким моделом смо приказали возило и уз помоћ Matlab-а добили резултате како брзина возила у јединици времена утиче на промену отвора лептира током убрзања, успорења, деловањем на педалу гаса и кочнице. У даљем излагању представили смо функционисање cruise control система у односу на тежину возила, интегралне и пропорционалне параметре затим смо на конкретном возилу BMW критички показали како све то функционише и развија у даљој будућности.

Кључне речи: брзина возила, адаптивно управљање брзином возила.

Summary

In this master work in the subject *Mechatronics MV* addressed the topic of *Mechatronic systems control the speed of movement of passenger vehicles in real traffic conditions*. We dealt with the study of analysis of the impact speed of passenger vehicles on the efficiency and safety of traffic by looking over the situation of the vehicle during overtaking, changing lanes, driving in the column and in the event of accidents. Mathematical model we present a vehicle with the help of Matlab-and get results as vehicle speed per unit of time influences the change of throttle opening during acceleration, deceleration, operation of the throttle and brake. In the following presentation, we presented a functioning cruise control system in relation to the weight of the vehicle, integral and proportional parameters then are the specific vehicle BMW critically demonstrated how it all works and develops in future.

Keywords: vehicle speed, adaptive cruise control

Садржај

	Увод	4
1.	Анализа утицаја брзине кретања путничких возила на ефикасност и безбедност саобраћаја	6
1.1	Уводна разматрања	6
1.2	Међусобно растојање аутомобила	7
1.2.1	Одређивање растојања “а” у пракси	14
1.3	Претицање аутомобилима	16
1.3.1	Претицање са престројавања	16
1.3.2	Претицање после престројавања	18
1.4	Вожња у колони	21
1.5	Утицај повећања брзине и убрзања савремених возила на безбедност саобраћаја	24
1.6	Утицај брзине у карактеристичним резимима кретања возила	26
1.6.1	Анализа утицаја брзине возила са аспекта динамичких процеса у случају саобраћајне незгоде	27
1.7	Утицај брзине возила на узрок и последицу саобраћајних незгода	30
1.8	Повећање максималне брзине савремених возила са еколошких, технолошких и економских аспекта	32
1.8.1	Основне карактеристике возила са већом максималном брзином	32
2.	Моделирање подужне динамике возила (пута, брзине и убрзања) коришћењем симулационих модела	37
2.1	Математички модел	37
2.2	Програм за решавање математичких модела у Matlab- у (simulink, simdriveline)	48
3.	Физичке основе и алгоритми управљања брзином кретања возила у карактеристичним режимима кретања	52
3.1	Компоненте Cruise control	52
3.1.1	Улаз Cruise control	52
3.1.2	Процесор Cruise control	52
3.1.3	Излаз Cruise control	53
3.2	Механизам Cruise control	53
3.3	Систем контроле конвенционалног темпомата - Cruise control	54
3.3.1	Физички модел	54

3.3.2	Модели и симулације	55
3.3.3	PI регулатор	56
3.3.4	Утицај тежине аутомобила на Cruise control	58
4.	Анализа савремених решења мехатроничких система за управљање брзином кретања путничких возила - Adaptive Cruise control – ACC	60
4.1	Сензори	63
4.2	Stop-and-Go Adaptive Cruise Control	64
5.	Критички приказ ових система на конкретном возилу	66
6.	Правци даљег развоја у овој области	69
7.	Закључак	71
8.	Литература	73

Увод

Садашњи савремени свет, између осталог карактерише и веома динамичан напредак науке и технике. У оквиру тог развоја појавиле су се многе научне дисциплине и нова технолошка решења, у првом реду из машинске и електро индустрије, која енормно повећавају производњу рада и квалитетно подижу металопраду на виши ниво, на добробит човека и његове потребе за мањим живим (физичким) напором око израде самог радног предмета технолошког процеса.

Да би све то функционисало како треба, развој робота и осталих контролно-безбедносних система доводи индустрију прераде метала до новог технолошког нивоа, а посебно (видно) место у томе данас се најбоље уочава у аутомобилској, електро и прехранбеној индустрији. Може се рећи да је развој тих система уз перманентно коришћење рачунарско - информационих технологија, допринео развоју посебне научне дисциплине, која се данас изучава у сасвим новом интегративно - техничком предмету, званом мехатроника.



Слика 1: Однос мехатронике и других дисциплина [3]

Иако је иницијално настала спајањем машинства и електротехнике, појам мехатроника се односи на широк спектар области (електроника, механика, теорија управљања, теорија флуида, ...) које су интегрисане помоћу нових технологија и заједно чине мехатронички систем. Области од нарочитог интереса су:

- Пројектовање механизма;
- Моделирање и анализа физичких карактеристика система;
- Примена актуатора;
- Примена сензора;
- Рачунарске и интегрисане технологије;
- Логика и теорија управљања.

Све ове захтеве човек је могао најбоље реализовати кроз различите типове (концепте) управљања, од којих свакако у историјском и креативном смислу, највећи значај има концепт управљања са повратном спрегом, или како се то у стручној терминологији каже систем аутоматског управљања уз присуство и употребу рачунарских машина, односно њихових информационих система, језика и преводилаца, што све заједно чине један моћни динамичко-организационо-технички систем, којег ми данас називамо мехатронички.

Стање самог система мења се у функцији времена, што значи да се променом стања, трансформише и преноси сама енергија материје и информације, између одређених елемената (субјеката) тог система. Основну улогу у преносу информација са једног на други систем, односно са једног на други подсистем, имају сигнали.

Сигнал је материјални носилац информација. Он може да буде: хидраулични, пнеуматски, електрични, итд. Информација представља саопштење нове садржине која се даља очитава и декодира путем рачунара, односно путем његове повратне спреге испуњава тражене захтеве самог система.

1. Анализа утицаја брзине кретања путничких возила на ефикасност и безбедност саобраћаја

1.1 Уводна разматрања

Статистичко сагледавање саобраћаја једне земље заснива се на праћењу одређених величина и њихових односа, од којих су најважније:

- F – површина земље у $[km]$;
- N – број становника посматране земље;
- A_i – број аутомобила земље по врстама као, нпр. путничких аутомобила, камиона, аутобуса;
- S_i – укупна дужина путева једне земље, по врстама и категоријама, у $[km]$;
- S_g – просечна годишња километража појединих возила у $[km/возило-година]$.

Од датих величина формирају се односи:

- N/F – густина насељености изражена као број становника на $1 km$;
- N/A_i – степен моторизације, као број становника на једно моторно возило;
- A_i/F – густина моторних возила, као број моторних возила на $1 km^2$;
- S_i/F – густина мреже путева, као дужина пута у километрима на $1 km^2$;
- N/S_i – број становника на $1 km$ пута;
- A_i/S_i – број моторних возила на $1 km$ пута.

Под густином саобраћаја подразумевамо израз:

$$D = \frac{A_i}{S_i} \frac{S_g}{365} \left[\frac{km-vožnje}{km puta-dan} \right] \quad (1.1)$$

Тај однос може да се сведе на број возила која прођу за један дан одређену деоницу пута на посматраном месту. При таквом формирању израз (1.1) остаје исти [1].

Посматрање понашања аутомобила у саобраћају је проблем који обухвата узајамно дејство четири фактора:

- 1) возило;
- 2) пут и окружење;
- 3) возач;
- 4) прописи који регулишу саобраћај.

- 1) Возило у саобраћају посматрамо као превозно средство намењено за превоз људи/терета, способно да се креће праволинијски/криволинијски, константном брзином или убрзањем, односно успоравањем. Возило механички посматрамо као материјалну тачку.
- 2) Пут представља најважнији фактор када се разматра пропусна моћ саобраћаја, тако да се остала три фактора у том случају занемарују, па се практично говори о пропусној моћи пута. Пропусна моћ пута подразумева највећу могућу учестаност саобраћаја у јединици времена, обично за један час. Своди се на посматрану деоницу пута и на јединицу ширине пута. За јединицу ширине пута узима се један колотраг. Укупна пропусна моћ пута једнака је укупном збиру пропусних моћи свих колотрага пута.
- 3) Возач је регулатор који својим чулима опажања, нарочито чулом вида прима информације везане за пут и збивања и на основу истих одређује режим кретања возила уз обзир на возило и саобраћајне прописе. При томе возач преузима функцију регулатора примајући непрекидно нове информације и коригујући стално режим кретања возила.
- 4) Прописи који регулишу саобраћај усмерени су у правцу повећања:
 - безбедности саобраћаја и
 - брзине саобраћаја.

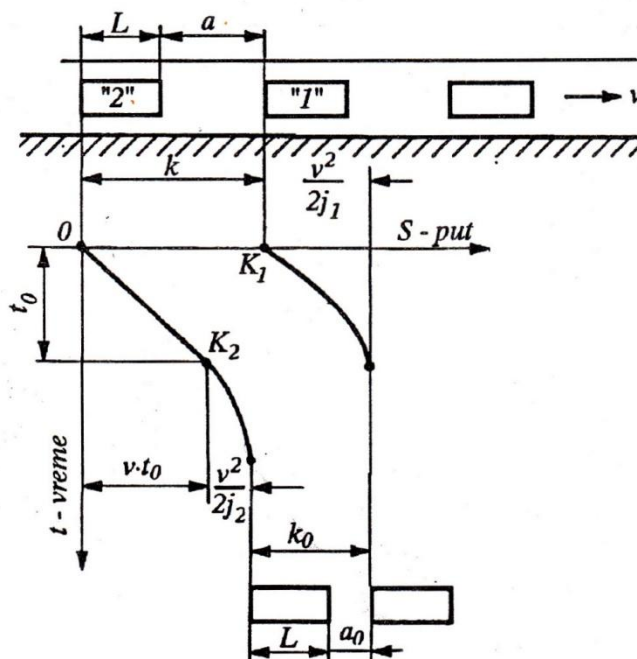
1.2 Међусобно растојање аутомобила

У густом саобраћају се све чешће вози у колонама на различитим међусобним растојањима аутомобила. Нарочито у градској вожњи долази до специфичне врсте удеса који се састоји у судару два или више возила услед наглог кочења једног од њих [1].

На слици 1.1, приказан је дијаграм пута у функцији времена за два аутомобила који се крећу у колони једнаким брзинама $v_1 = v_2 = v$

За посматрани случај коришћене су ознаке:

- L – укупна дужина аутомобила;
- a – међусобно растојање два аутомобила на почетку посматрања;
- a_0 – међусобно растојање два аутомобила на крају посматрања;
- k – крак колоне на почетку посматрања;
- k_0 – крак колоне на крају посматрања;
- K_1 и K_2 – положај возила “1” и “2” у моменту активирања кочнице.



Слика 1.1: Зависност пут- време за два возила у колони [1]

Процес који посматрамо је следећи: возач аутомобила “1” из било којих разлога, сметњи на путу нагло кочи. Од момента активирања кочнице (положај K_1) до заустављања аутомобил “1” пређе пут:

$$S_1 = \frac{\vartheta^2}{2j_1}$$

Возач аутомобила “2” са извесним временским закашњењем t_0 активира кочницу (положај K_2). До тог момента, а од момента почетка кочења првог аутомобила, аутомобил “2” прелази пут;

$$S_1 = \vartheta t_0$$

Крећући се првобитном брзином v .

Од момента активирања кочнице до заустављања аутомобил “2” прелази пут:

$$S_1'' = \frac{\vartheta^2}{2j_2}$$

Према слици 1.1, може се написати да је:

$$k + \frac{\vartheta^2}{2j_1} = k_0 + \frac{\vartheta^2}{2j_2} + \vartheta t_0 \text{ или,}$$

$$k = k_0 + \vartheta t_0 + \frac{\vartheta^2}{2} \left(\frac{1}{j_2} - \frac{1}{j_1} \right) \quad (1.2)$$

Једначина (1.2) може се написати у облику;

$$k = k_0 + \frac{\vartheta t_0}{3.6} + \lambda \vartheta^2 \quad (1.3)$$

где је λ означен као коефицијент утицаја успорења;

$$\lambda = \frac{j_1 - j_2}{2 \cdot 3.6^2 j_2 j_1} \quad (1.4)$$

док је ϑ у једначини (1.3) дато у [km/h].

За случај да се оба аутомобила коче једнаким успорењем $j_1 = j_2$ биће $\lambda = 0$, па израз (1.3) добија облик:

$$k = k_0 + \vartheta k_0 + \vartheta t_0$$

У граничном случају за $a_0 = 0$, $k_0 = L$ имамо:

$$k_{min} = L + \vartheta t_0 \text{ [m]} \quad (1.5)$$

Пропусна моћ једног колотрага добија се, за возило истог типа, по формули:

$$M = 1000 \frac{\vartheta}{k_{min}} \left[\frac{vozila}{kolotrag-sat} \right] k_{min} \text{ [m]} \quad (1.6)$$

тј., као однос брзине ϑ у [km/h] и минималног корака једног колотрага у [m].

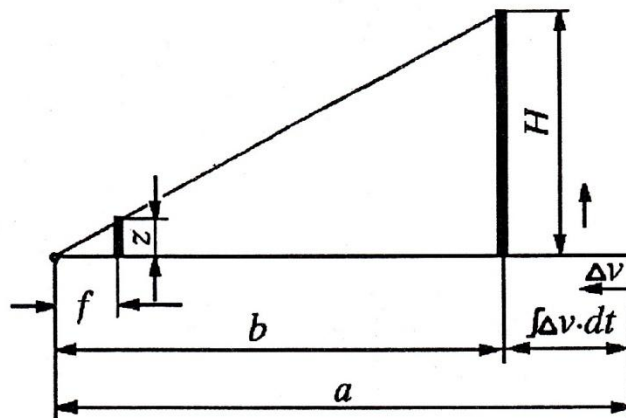
Практично возач доводи аутомобил “2” на одређено растојање од аутомобила “1”. Успостављено растојање је резултат искуства возача при датој брзини. У моменту када возач аутомобила “1” почне да кочи, пали сте зауставно (stop) светло. Међутим возач који се налази иза обично уочава смањивање растојања “ α ” и на основу тога активира кочнице свог аутомобила. У овом случају опажање се врши само преко чула вида [1].

Уочимо висину H првог аутомобила као једну његову димензију у правој величини. Почетно растојање “ k ” смањује се непрекидно са временом за величину;

$$\int \Delta \vartheta \cdot t$$

Па је мерило величине слике у нашем оку вредност “ z ” која може да буде одређена из сличности троуглова висина H и z , према слици 1.2:

$$z:f = H:b \quad z = \frac{fH}{b}$$



Слика 1.2: Промена висине слике у оку [1]

Са слике 1.2, имамо:

$$b = a - \int \Delta \vartheta dt$$

Овде смо са t обележили временски интервал у коме се смањује растојање између два возила и то t_0 од момента активирања кочнице аутомобила “1” до момента реакције возача аутомобила “2” [1].

Како је

$$\frac{\Delta \vartheta}{t} = j_1$$

имамо:

$$b = a - j_1 \int t dt = a - \frac{j_1 t^2}{2}$$

Сада је величина слике у нашем оку:

$$z = \frac{fH}{a-0.5j_1t^2} = \frac{fH}{b} \quad (1.7)$$

Промена величине “ z ” са временом се добија диференцирањем израза (1.7):

$$\frac{dz}{dt} = \frac{fHj_1t}{(a-0.5j_1t^2)^2} = \frac{fHj_1t}{b^2} \quad (1.8)$$

Ако ставимо у однос промену једначине dz/dt према самој величини “ z ” добијамо:

$$\frac{dz}{dt} \cdot \frac{1}{z} = \frac{fHj_1t}{b^2} \cdot \frac{b}{fH} = j_1 \frac{t}{b} = \frac{\Delta\vartheta}{b} \quad (1.9)$$

Израз (1.9) не представља ништа друго него брзину релативне промене величине слике. Означимо ову релативну промену са ε :

$$\varepsilon = \frac{dz}{dt} \cdot \frac{1}{z} = \frac{\Delta\vartheta}{b} \quad (1.10)$$

Код овог проблема интересује нас промена изабране слике у функцији времена.

Вратимо се на једначину (1.10) и изразимо величине ε и b у функцији времена:

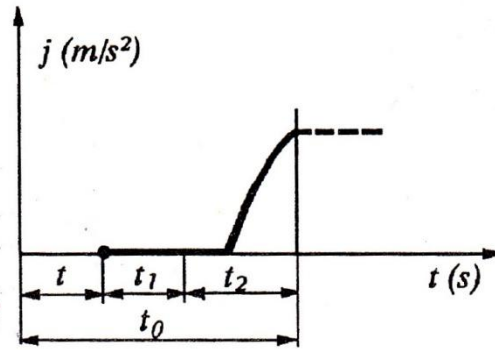
$$\varepsilon = \frac{\Delta\vartheta}{b} = \frac{j_1t}{a-0.5j_1t^2}$$

Одавде је:

$$\varepsilon \cdot a = t^2\varepsilon \frac{j_1}{2} + tj_1 \quad (1.11)$$

Према слици 1.3, време t_0 се састоје из времена t потребног да би се уочило смањивање растојања и из времена потребних за реакцију возача, t_1 и активирања кочнице, t_2 , па је:

$$t_0 = t + t_1 + t_2$$



Слика 1.3: Временская промена ускорења у току процеса кочења [1]

Са доста тачности се може узети да је;

$$t_1 + t_2 = 1s,$$

што представља просечну статистичку вредност, те је:

$$t = t_0 - 1$$

Даље, са слике 1.1, имамо да је

$$k = a + L,$$

Па се уместо једначине (1.11) добија:

$$t_0^2 - 2t_0 + 1 + 2 \frac{t_0}{\varepsilon} - \frac{2}{\varepsilon} = \frac{2}{j_1} (k - L) \quad (1.12)$$

Из једначине (1.12) можемо да израчунамо k :

$$k = L + \frac{j_1}{2} \left[\left(t_0 + \frac{1}{\varepsilon} - 1 \right)^2 - \frac{1}{\varepsilon^2} \right] \quad (1.13)$$

Изједначујући десне стране једначине (1.2) и (1.13) и замењујући да је $k_0 - L = a_0$ добија се, после сређивања, следећа квадратна једначина по t :

$$t_0^2 + 2t_0 \left(\frac{1}{\varepsilon} - 1 - \frac{1}{j_1} \right) + 1 - \frac{2}{\varepsilon} - \frac{2}{j_1} (a_0 + \lambda \vartheta^2) = 0 \quad (1.14)$$

Решење једначине (1.14) гласи:

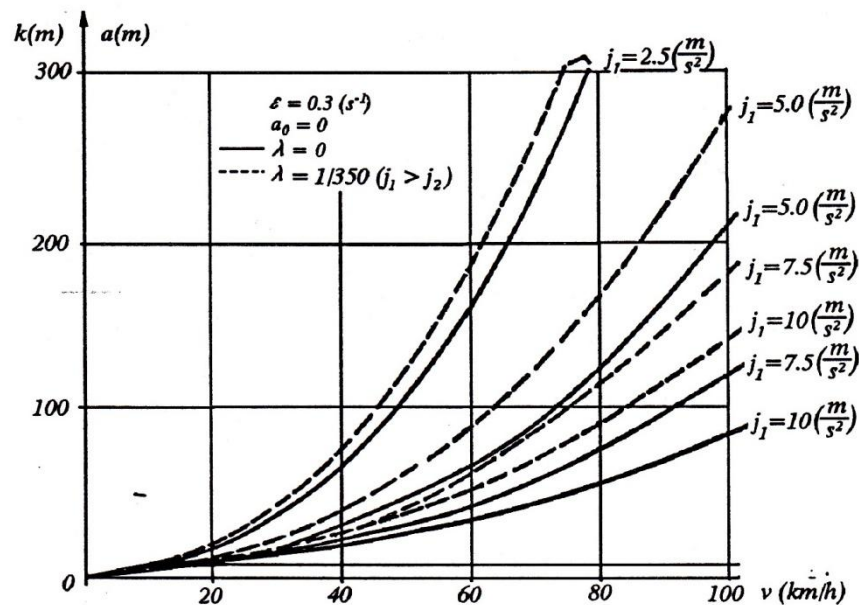
$$t_0 = \frac{\vartheta}{j_1} + 1 - \frac{1}{\varepsilon} + \sqrt{\left(\frac{\vartheta}{j_1} + 1 - \frac{1}{\varepsilon} \right)^2 + \frac{2}{j_1} (a_0 + \lambda \vartheta^2) + \frac{2}{\varepsilon} - 1} \quad (1.15)$$

Користећи се релацијом:

$$a = k - L; \quad k = k_0 + t_2 \vartheta + \lambda \vartheta^2$$

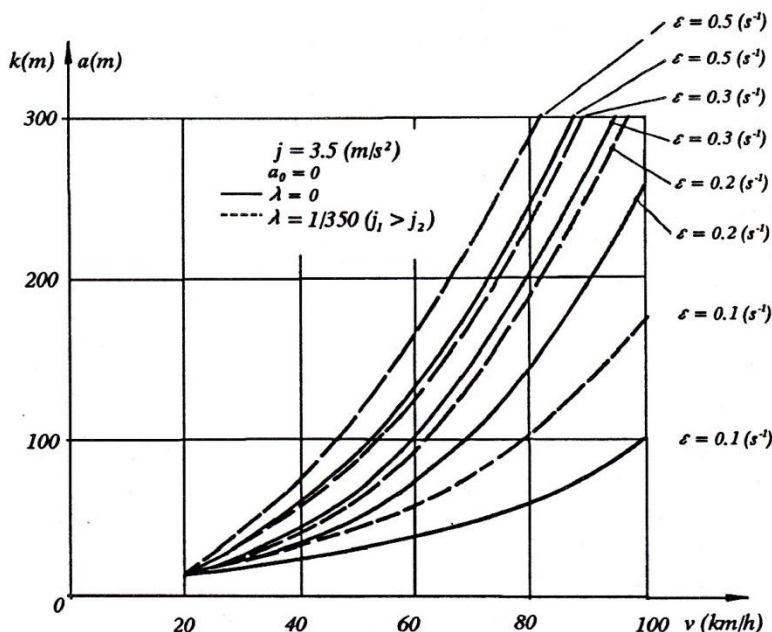
и нађеним изразом за t_0 , једначина (1.15), може да се одреди првобитно растојање “а”:

$$a = a_0 + \lambda \vartheta^2 + \vartheta \cdot \left(\frac{\vartheta}{j_1} - \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon} \right) + \vartheta \sqrt{\left(\frac{\vartheta}{j_1} - \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon} \right)^2 + \frac{2}{j_1} (a_0 + \lambda \vartheta^2) + \frac{2}{\varepsilon} - 1} \quad (1.16)$$



Слика 1.4: Зависност растојања возила од брзине и интензитета кочења [1]

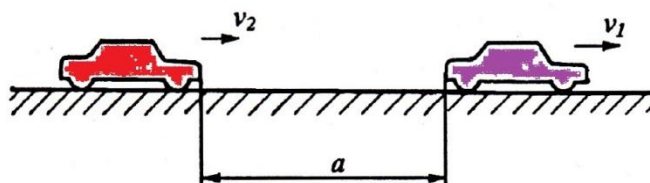
На слици 1.4, дате су криве $A = F(v, j_1)$ и $k = f(v, j_1)$ за случај $a_0 = 0$ и $\varepsilon_1 = 0.36 \text{ [s}^{-1}\text{]}$. На слици 1.5, дате су криве $a = f(\vartheta, \varepsilon)$ и $k = f(\vartheta, \varepsilon)$ за $a_0 = 0$ и различите вредности ε , а при $j = 3.5 \text{ m/s}^2$.



Слика 1.5: Зависност растојања возила од брзине и величине прага опажања [1]

1.2.1 Одређивање растојања “а” у пракси

Предпостављамо да се два аутомобила крећу различитим брзинама као што је приказано на слици 1.6, v_1 и v_2 .



Слика 1.6: Растојање возила у колони [1]

На основу једначине (1.2) имамо:

$$a = a_0 + v_2 t + \frac{v_2^2}{2j_2} - \frac{v_1^2}{2j_1} \quad (1.17)$$

Да би постојала разлика $a_0 \geq 0$, у моменту заустављања другог аутомобила потребно је да буде испуњен услов:

$$\frac{v_2 t_2}{3.6} + \frac{v_2^2}{2\varphi_2 \cdot 3.6^2} = \frac{v_1^2}{2\varphi_1 \cdot 3.6^2} + a \quad (1.18)$$

где су брзине v_1 и v_2 дате у [km/h] а време t у [s].

Из (1.18) се добија:

$$a \geq t_2 \frac{v_2}{3.6} + \frac{1}{2g} \left(\frac{v_2^2}{\varphi_2} - \frac{v_1^2}{\varphi_1} \right) \cdot \frac{1}{3.6^2} \quad (1.19)$$

За случај кретања у колони, $v_1 = v_2 = v$, израз за потребно растојање (1.19) постаје:

$$a \geq t_2 v + \frac{1}{2g} v^2 \cdot \left(\frac{1}{\varphi_2} - \frac{1}{\varphi_1} \right)$$

Ако се претпостави да су коефицијенти φ_1 и φ_2 међусобно једнаки, добија се:

$$\frac{a}{v} \geq \frac{t_2}{3.6} \left[\frac{m}{km/h} \right]$$

У неким земљама (нпр. у Аустрији) прописи захтевају да се растојање између два аутомобила држи у колони од:

$$\frac{a}{v} \geq 1 \left[\frac{m}{km/h} \right] \quad (1.20)$$

1.3 Претицање аутомобилима

У овом делу разматраћемо неколико карактеристичних случајева претицања аутомобила. Претпостављамо да један аутомобил претиче други, који се налази испред њега, док му у сусрет долази трећи. Проблем се опет своди на одређивање минималног растојања “а” између аутомобила који претиче и аутомобил који му долази у сусрет у тренутку претицања [1].

Усвојићемо следеће ознаке:

v_1 - брзина аутомобила “1” који претиче у [m/s];

v_0 - брзина аутомобила “0” који се претиче у [m/s];

v_2 - брзина аутомобила “2” који долази у сусрет у [m/s];

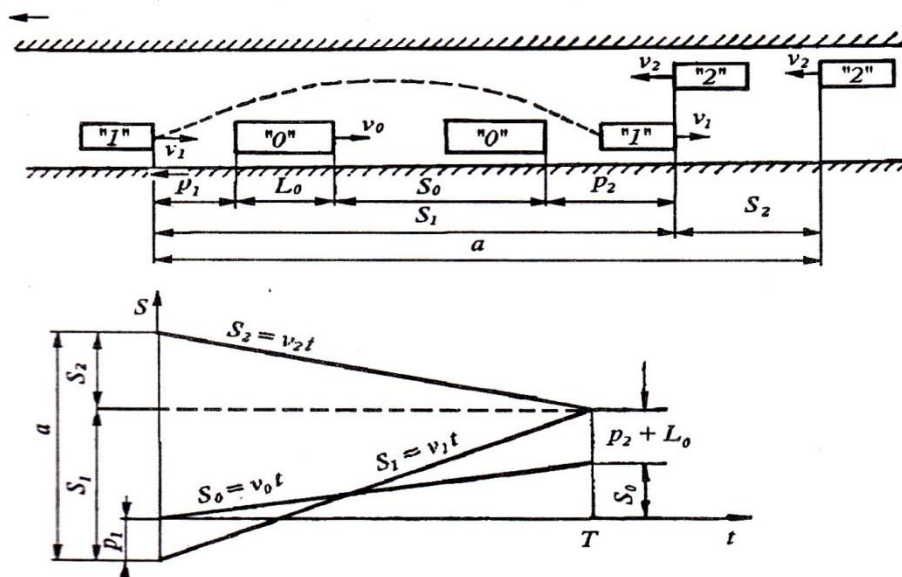
L_0 – укупна дужина претицаног аутомобила у [m];

p_1 – растојање између предњег краја аутомобила “1” и задњег краја аутомобила “0”, непосредно пре претицања, у [m];

p_2 – растојање између предњих крајева аутомобила “0” и “1” непосредно после претицања у [m].

1.3.1 Претицање са престројавањем

Према слици 1.7, имамо: аутомобил “1” налази се иза аутомобила “0” на растојању p_1 . Његова брзина је v_1 ; брзина аутомобила “0” је v_0 . После времена T аутомобил “1” нашао се испред аутомобила “0” на растојање p_2 које је приказано на слици 1.7.



Слика 1.7: Промена растојања аутомобила при претицању [1]

Аутомобил "0" прешао је укупан пут S_1 за време T :

$$S_1 = v_1 T = v_0 T + (p_1 + L_0 + p_2)$$

Одавде налазимо T :

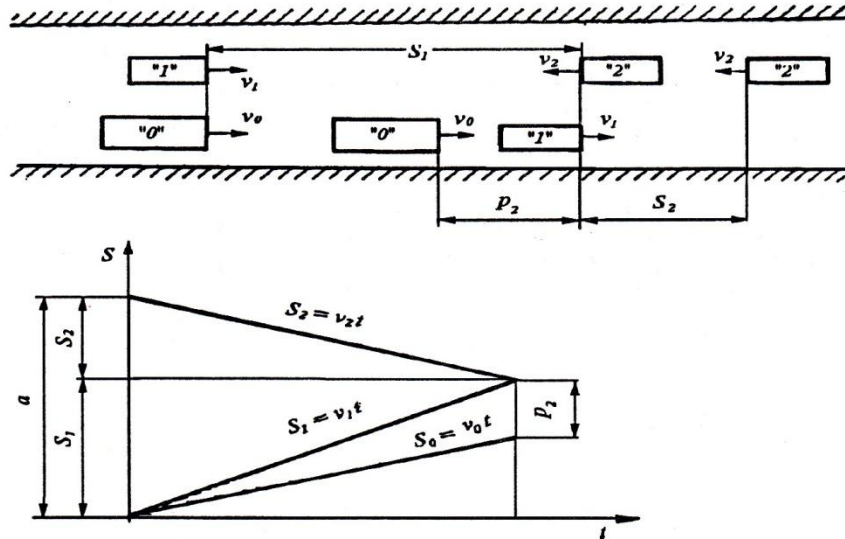
$$T = \frac{(p_1 + L_0 + p_2)}{v_1 - v_0} \quad (1.21)$$

Претпоставимо да се у сусрет аутомобилу "1" креће аутомобил "2" брзином v_2 . Минимално потребно растојање "а" добијамо користећи се ознакама на слици 1.7:

$$a = S_1 + S_2 = v_1 T + v_2 T = (v_1 + v_2) \frac{p_1 + L_0 + p_2}{v_1 - v_0} \quad (1.22)$$

1.3.2 Претицање после престројавања

У овом случају се претпоставља да је возач аутомобила “1” приметио аутомобил “2” који му долази у сусрет, тек пошто се престројио, слика 1.8.



Слика 1.8: Промена растојања аутомобила при претицању после престројавања [1]

Аутомобил “1” прелази пут:

$$S_1 = v_1 T = v_0 T + p_2$$

Време потребно за маневрисање је:

$$T = \frac{p_2}{v_1 - v_0}$$

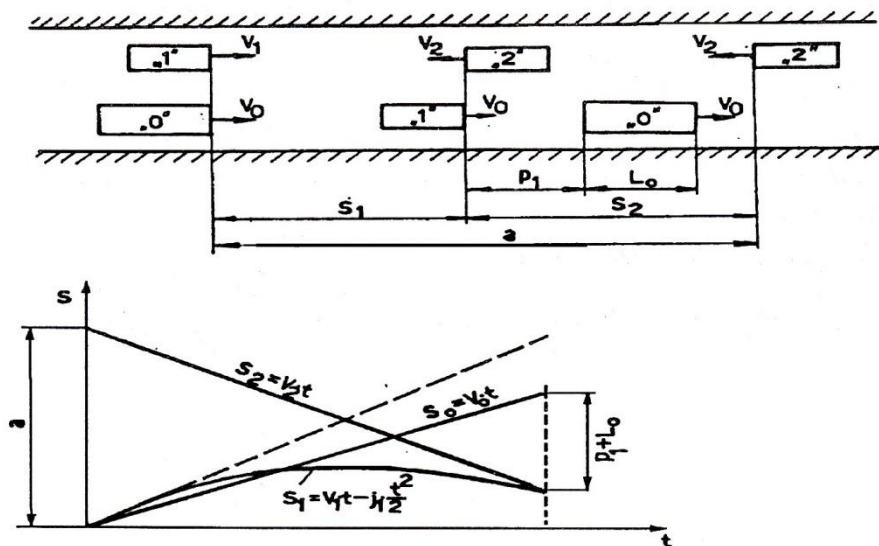
Најмање растојање износи:

$$a = S_1 + S_2 = (v_1 - v_2) \cdot \frac{p_2}{v_1 + v_0} \quad (1.23)$$

Први случај

У овом случају возач аутомобила “1” нашао се упоредо са аутомобилом “0” када врши корекцију своје првобитне намере, кочи и враћа у колону иза возила “0”.

У моменту када је аутомобил “1” заузео упоредни положај у односу на аутомобил “0”, возило “2”, које се креће у сусрет, сме да пређе највише пут S_2 и да се нађе упоредо са аутомобилом “1”, слика 1.9.



Слика 1.9: Претицање са престројавањем, могућа ситуација [1]

Дужина пута аутомобила "1" потребна за његово маневрисање, је:

$$S_1 = v_1 T - g\varphi \frac{T^2}{2} = v_0 T - (L_0 + p_1) = S_0 - (L_0 + p_1) \quad (1.24)$$

Израз (1.24) представља квадратну једначину по T чије је решење

$$T = \frac{1}{g} \cdot \left[(v_1 - v_0) + \sqrt{(v_1 - v_2)^2 + 2g\varphi(L_0 + p_1)} \right] \quad (1.25)$$

Минимално растојање износи:

$$a = S_1 + S_2 = v_0 T - (L_0 + p_1) + v_2 T = (v_0 + v_2) T - (L_0 + p_1) \quad (1.26)$$

Једноставним расуђивањем може се доћи до закључка да је минимално растојање које је потребно у овом случају "а" знатно мање од оног датог у претходном случају, што значи да у оваквим случајевима сигурније не вршити претицање [1].

Други случај

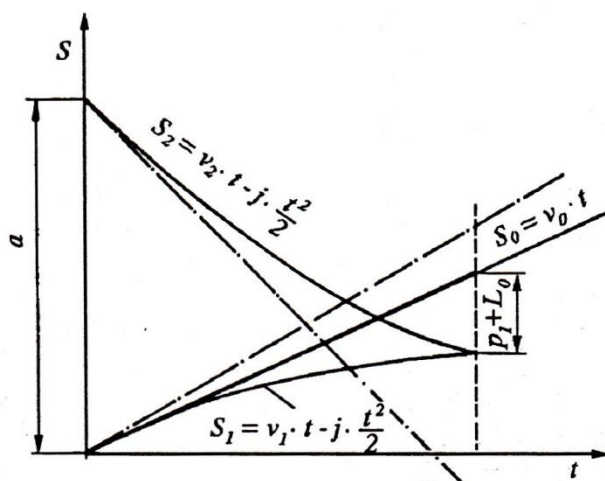
Аутомобил “1” и “2” кочењем избегавају судар. У овом случају возач аутомобила “1” је изненађен брзином аутомобила “2”. Возачи коче да би избегли директан судар. Возач аутомобила враћа возило у свој првобитни положај у односу на аутомобил “0”. Пут S_1 и време T аутомобила “1” нађени су у претходном случају, једначине (1.24) и (1.25). За исто време T , пут аутомобила “2” је:

$$S_1 = v_2 T - \frac{1}{2} g \varphi T^2 \quad (1.27)$$

Овде се претпоставља да оба аутомобила, “1” и “2”, почињу истовремено кочење и да се кочење врши истим интензитетом. Брзина аутомобила “0” остаје читаво време константна.

Минимално растојање износи:

$$\alpha = S_1 + S_2 = v_0 T - (L_0 + p_1) + v_2 T - \frac{g}{2} T^2 \quad (1.28)$$



Слика 1.10: Пређени путеви кочених возила и њихово међусобно растојање [1]

На слици 1.10, дати су путеви возила “1” и “2” у зависности од времена. Брзине аутомобила “1” и “2” после времена T износе:

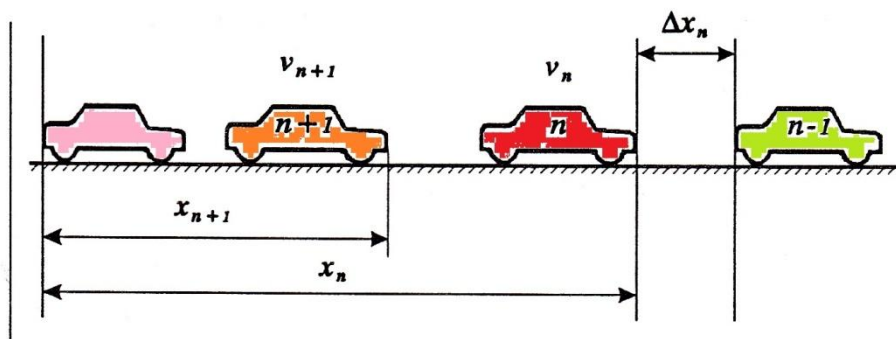
$$v_1' = \frac{ds_1}{dt} = v_1 - \varphi g T \quad v_2' = \frac{ds_2}{dt} = v_2 - \varphi g T \quad (1.29)$$

1.4 Вожња у колони

Вожња у колони је у великој мери заступљена у градовима, у зависности од развоја и густине саобраћаја, она постаје све чешћа појава и у међуградској возњи, нарочито на аутопутевима. За возњу у колони карактеристични су тзв. ланчани судари, који представљају велику опасност на аутопутевима, због велике брзине возње.

Вожња у колони захтева од возача да држи растојање са возилом испред себе, пратећи промену растојања између возила испред и свог возила и усклађујући брзину свог возила са тим растојањем. За овај тип возње је од изузетног значаја фактор човек, тј. време његове реакције на параметре колоне (растојање, брзина, сигнални уређаји).

На слици 1.11, дат је шематски приказ возила у колони.



Слика 1.11: Возила у колони [1]

На слици 1.11, су коришћене следеће ознаке:

x_n – растојање од чела n - тог возила до краја последњег, N – тог возила у колони;

v_n – брзина n - тог возила;

Δx_n - растојање чеоних крајева n – тог и $n-1$ - тог возила у колони.

Растојање између возила је функција времена и дато је релацијом:

$$\Delta x_n(t) = x_n(t) - x_{n+1}(t) \quad (1.30)$$

Возач $n+1$ – од возила одржава растојање од n - тог возила (возила испред себе) прилагођавајући брзину кретања v_{n+1} и процењујући време које ће му омогућити безбедно кориговање растојања. Нека је возач проценио да ће за време T_{n+1}' моћи да при брзини v_{n+1} одржи растојање Δx_n . Значи:

$$\Delta x_n' = T_{n+1}' \cdot v_{n+1} \quad (1.31)$$

С друге стране, возач $(n+1)$ возила опредељује своје понашање не само према возилу непосредно испред њега, већ и према осталим возилима у колони, која су испред. Брзина промене растојања између два возила се уочава преко промене самог растојања или преко промене величине слике возила испред. Ову визуелну информацију возач прима дискретно, тј. у континуалном низу веома малих временских интервала [1].

Ако је време кашњења реаговања возача T_{n+1}'' , онда би промена растојања за то време била:

$$\Delta x_n'' = T_{n+1}'' \cdot \frac{d\Delta x_n}{dt} \quad (1.32)$$

Укупна промена растојања би била изражена збиром релација (1.31) и (1.32):

$$\Delta x_n'' = T_{n+1}'' \cdot v_{n+1} + T_{n+1}'' \cdot \frac{d\Delta x_n}{dt} \quad (1.33)$$

Диференцирањем релације (1.30) добија се:

$$\frac{d\Delta x_n(t)}{dt} = \dot{x}_n(t) - \dot{x}_{n+1}(t) = v_n - v_{n+1} \quad (1.34)$$

Замењујући (1.34) и (1.30) у (1.33) добија се:

$$x_n(t) - x_{n+1}(t) = T_{n+1}' \cdot v_{n+1} + T_{n+1}'' \cdot (v_n - v_{n+1}) \quad (1.35)$$

Возач има кашњење не само при оцени промене растојања, већ и при подешавању брзине, па је функција промене брзине зависна не само од текућег времена t , већ и од треће компоненте времена кашњења, T_{n+1}''' тј.

$$- T_{n+1}''' \cdot v_{n+1} + v_{n+1} \quad (1.36)$$

Развијајући функцију (1.36) у ред и задржавајући се на првом изводу, добија се:

$$\vartheta_{n+1}(t + T_{n+1}''') \approx \vartheta_{n+1}(t) + \dot{\vartheta}_{n+1}(t) \cdot T_{n+1}''' \quad (1.37)$$

Узимајући у обзир релације (1.35), (1.37) добија се:

$$\begin{aligned} x_n - x_{n+1} = & T_{n+1}' \cdot [\vartheta_{n+1} + T_{n+1}''' \cdot \dot{\vartheta}_{n+1}] + \\ & + T_2 \cdot [\vartheta_n - \vartheta_{n+1} - T_{n+1}''' \cdot \dot{\vartheta}_{n+1}] \end{aligned} \quad (1.38)$$

После диференцирања једначине (1.38) по времену и њеног сређивања, добија се диференцијална једначина другог реда (једначина кретања), која описује динамичко понашање возила у колони, у облику:

$$\begin{aligned} T_{n+1}''' \cdot (T_{n+1}' - T_{n+1}'') \cdot \ddot{\vartheta}_{n+1} + (T_{n+1}' - T_{n+1}'') \cdot \dot{\vartheta}_{n+1} + \vartheta_{n+1} = \\ = \vartheta_{n+1} - T_n'' \cdot \dot{\vartheta}_n \end{aligned} \quad (1.39)$$

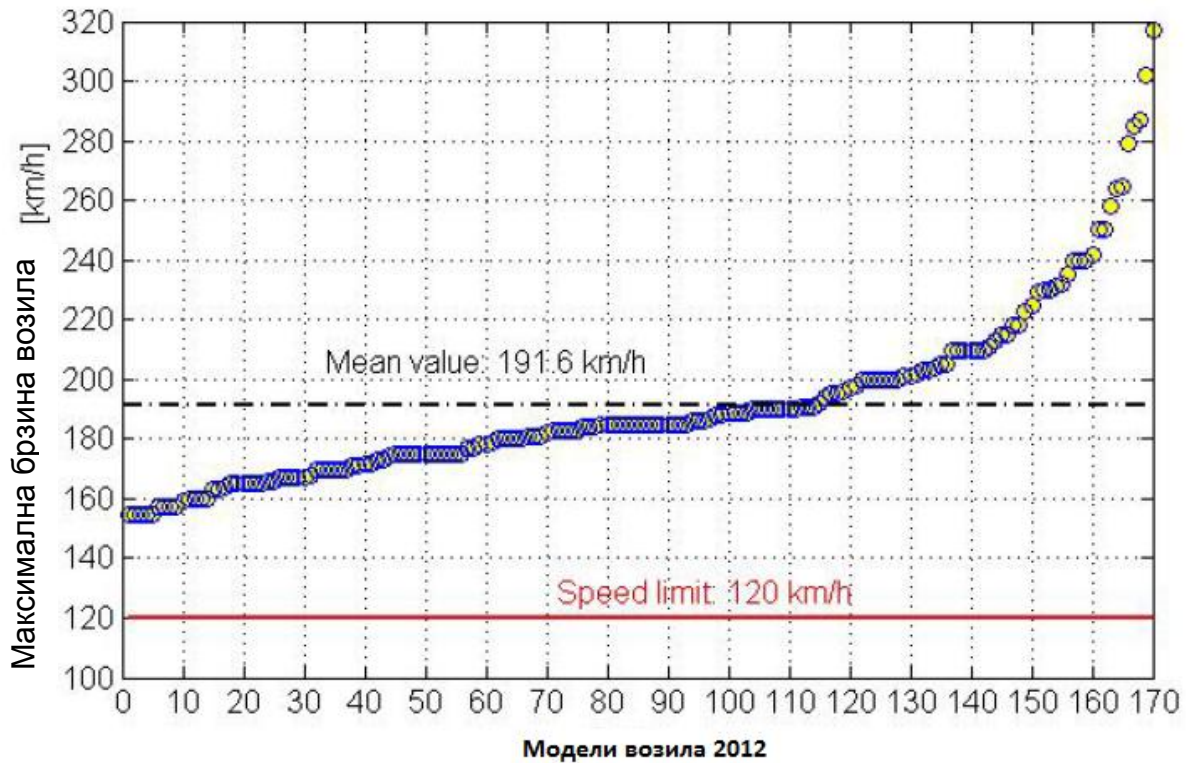
Ова једначина је аналогна диференцијалној једначини осцилаторног елемента и може се на тај начин анализирати [1].

1.5 Утицај повећања максималне брзине и убрзања савремених возила на безбедност саобраћаја

Брзина је најважнији параметар код експлоатације моторних возила која може у потпуности изразити своју ефикасност. Тенденција да се повећа максимална брзина је увек присутана и достиже око 200 km/h за путничка возила. С друге стране, повећањем максималне брзине повећавају се додатне негативне последице:

- Смањена безбедност саобраћаја за возила уз повећан ризик за саобраћајним незгодама,
- Веће последице у случају саобраћајне незгоде услед повећања кинетичке енергије возила,
- Повећана потрошња горива и емисија издувних гасова,
- Повећана снага погонског агрегата,
- Промена виталних делова на возилу како би се повећала издржљивост, функционисање и поузданост.

Главни и ограничавајући фактор повећања максималне брзине је свакако негативан утицај на безбедност у саобраћају. Закон ограничава максималну брзину кретања која зависи од услова саобраћаја: насеља, локални и главни путеви, аутопутеви. Иако се максимална брзина разликује, у већини земаља она се креће око 120 km/h на аутопуту. Савремена путничка возила имају далеко већу максималну брзину што се може видети на слици 1.12, приказаној графиком.



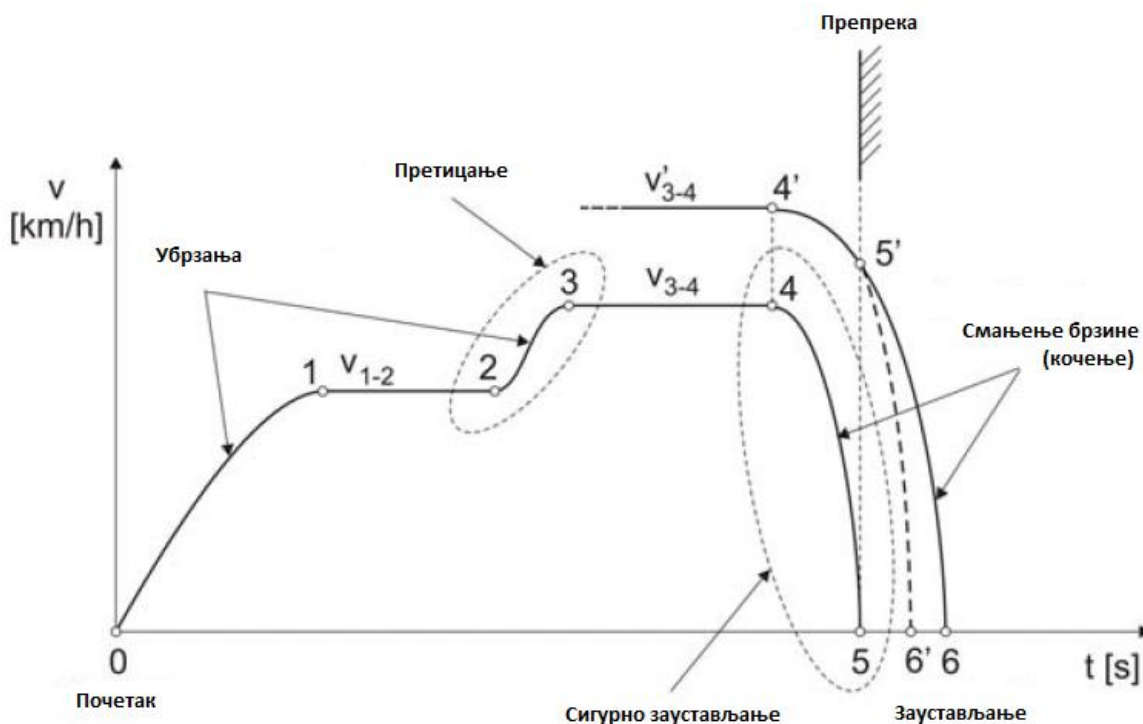
Слика 1.12: Максимална брзина савремених путничких возила (170 модела различитих произвођача) [2]

Стање приказано графиком на слици 1.12, показује потенцијалну опасност релативне брзине, с обзиром на кинетичку енергију возила која варира са квадратом брзине.

Повећање максималне брзине захтева промену перформансе мотора (снага, обртни момент,) пренос (број и распоред степена преноса), возила (аеродинамика шасије, карактеристике пнеуматика, механичка смелост и поузданост виталних делова). Испуњавањем ових захтева повећавају се трошкови производње.

1.6 Утицај брзине у карактеристичним резимима кретања возила

Општа карактеристика свих кретања возила у реалним режимима експлоатације је промена брзине услед саобраћаја. На основу статистичке анализе реалних режима возила, могуће је дефинисати типичну криву која карактерише промену брзине у току експлоатације слика 1.13.



Слика 1.13: Карактеристична крива за промене брзина у току кретања возила [2]

Од свих режима кретања возила, највећи ризик долази од маневара:

- претицање (2 ÷ 3) и кочење у случају изненадне појаве другог учеснику у саобраћају или непокретна препрека на возилу (4 ÷ 5).

Основни параметри који утичу на сигурно спровођење ових маневара су време реакције возача и правилног вредновања, интензитет убрзања возила (претицања) и ефикасност кочења (безбедно заустављање).

Са графика приказаног на слици 1.13, можемо приметити да успешност ових маневара утиче сталним вредностима брзине $V1-V3-2$ и 4. Конкретно, у случају безбедног заустављања, са повећањем брзине вредности од 4 до $V3-V3-4$, под истим ефикасним кочењем, кочиони пут је продужен, што доводи до повећања ризика за саобраћајом незгодом. Са друге стране, повећање брзине $V3-4$ доводи до повећања кинетичке енергије возила, што доводи до тежих последица у случају саобраћајне незгоде [2].

1.6.1 Анализа утицаја брзине возила са аспекта динамичких процеса у случају саобраћајне незгоде

Најосновнији начин за спречавање саобраћајне незгоде је безбедно заустављање возила пре него што ступи у контакт са препреком у својој путањи. Процес заустављања возила укључује смањење брзине што можемо изразити једначином за овај режим кретања возила:

$$m \frac{d\vartheta}{dt} = - F_r \quad (1.40)$$

F_r - укупан отпор, сила која изазива кочење возила. У овом случају претпостављамо да је током интензивног кочења сила једнака нули. Множењем једначине (1.40) са $dt = \frac{ds}{\vartheta}$ добија се облик:

$$m\vartheta d\vartheta = - F_r ds \quad (1.41)$$

Интеграљењем једначине (1.41) добијамо процену промене брзине кретања возила током кочења:

$$\vartheta = \sqrt{\vartheta_0^2 - \frac{2(s-s_0)}{m} F_r} \quad (1.42)$$

ϑ – тренутна брзина;

a – удаљеност возила;

m - маса возила;

ϑ_0 и S_0 – брзина и удаљеност возила на почетку кочења.

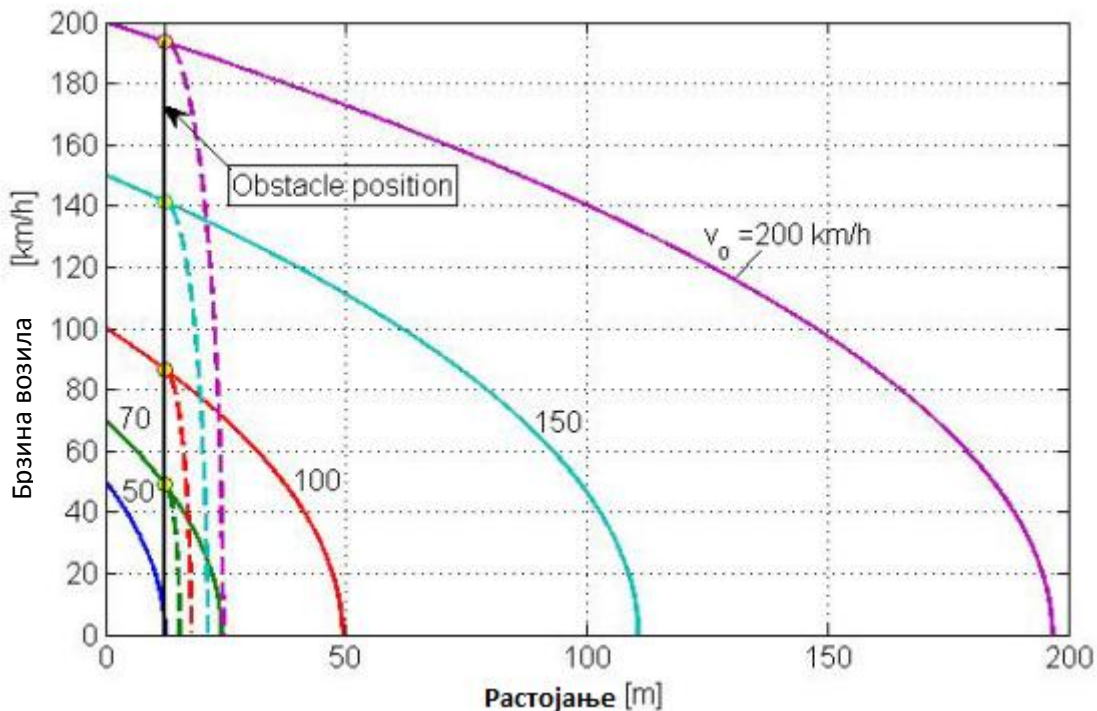
У случају интензивног кочења возилом, сила отпора кочења једнака је:

$$F_r = F_{bmax} = mg\varphi \quad (1.43)$$

$F_r = F_{bmax}$ - максимална сила кочења;

g – гравитационо убрзање;

φ - коефицијент базе.



Слика 1.14: Промена брзине возила током кочења и препрека [2]

График на слици 1.14, представља промене у брзини дате у једначинама (1.42) и (1.43), различитих почетних брзина на почетку процеса кочења, тежине од $1t$, коефицијента базе $\varphi = 0.8$.

Са слици можемо закључити да је безбедно заустављање возила са почетном брзином $v_0 = 50 \text{ km/h}$, где се препрека налази на позицији за адекватно кочење ове почетне брзине [2].

Отпор силе који у овом случају зауставља возило можемо приказати једначином:

$$F_r = -c_r x \quad (1.14)$$

c_r — крутост структуре возила;

x — количина кретања (деформација после контакта возила и препреке).

Једначина кретања возила у овом случају је:

$$m \frac{d\vartheta}{dt} = -c_r x \quad (1.15)$$

$$m\vartheta \frac{d\vartheta}{dt} = -c_r x \quad (1.16)$$

Промена брзине возила после контакта са препреком изражена је једначином:

$$\vartheta = \sqrt{\vartheta_2^2 - \frac{c_r}{m} (x^2 - x_0^2)} \quad (1.17)$$

ϑ_2 — брзина возила у тренутку контакта са препреком;

x_0 — почетна вредност покрета $x_0 = 0$;

1.7 Утицај брзине возила на узрок и последицу саобраћајних незгода

Анализирањем ефекта брзине возила на динамички процес у току настанка саобраћајне незгоде спроводимо резултате под претпоставком да су реакције возача и ефекти временских услова исти. У реалним условима саобраћаја сви ови фактори су присутни, тако да је њихов утицај на саобраћајни судар веома сложен. Због повећаног броја саобраћајних незгода успостављамо статистичку анализу која ствара потребу за формирањем нових метода истраживања на основу тих резултата [2].

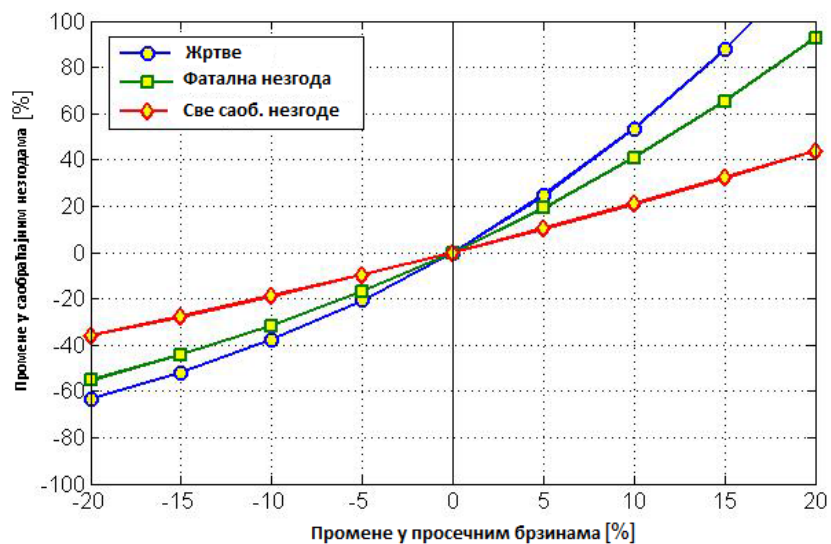
$$\frac{\text{Саобраћајна незгода после}}{\text{Саобраћајна незгода пре}} = \left(\frac{\text{Брзина после}}{\text{Брзина пре}} \right)^n \quad (1.18)$$

Брзина којом се возило креће „пре“ и „после“ односи се на брзину која мења своју средњу вредност пре и после. Вредност n се одређује на основу статистичких анализа података за различите врсте саобраћајних незгода приказане у табели 1.1.

Табела 1.1: Вредност n [2]

Незгода или повреда	Експонент	Интервал
Смртни случајеви	4.5	(4.1 - 4.9)
Озбиљно повређен корисник пута	3.0	(2.2 – 3.8)
Благо повређен корисник пута	1.5	(1.0 - 2.0)
Повређени у саобраћају	2.7	(0.9 – 4.5)
Фатална саобраћајна незгода	3.6	(2.4 – 4.8)
Озбиљна саобраћајна незгода	2.4	(1.1 – 3.7)
Блага саобраћајна незгода	1.2	(0.1 – 2.3)
Повређени у саобраћају	2.0	(1.3 – 2.7)
Објекат – штета - незгода	1.0	(0.2 – 1.8)

Коришћењем једначине (1.18) и вредности n у табели 1.1, добили смо график приказан на слици 1.15, за три основне категорије саобраћајних незгода. Са графика можемо директно оценити ефекат промене просечне брзине возила на узрок испитаних типова саобраћајних незгода [2].



Слика 1.15: Утицај брзине возила на опасност и тежину саобраћајне незгоде [2]

1.8 Повећање максималне брзине савремених возила са еколошких, технолошких и економских аспекта

На основу досадашњих анализа можемо доћи до следећих закључка:

- Тенденција да се повећа максимална брзина је присутна за све произвођаче;
- Просечна вредност максималне брзине једног савременог возила је 200 km/h, што је далеко веће од максималне дозвољене брзине у већини земаља (120 km/h);
- Повећана просечна брзина возила директно има утицај на повећан ризик опасности и тежину саобраћајне незгоде.

Имајући у виду наведене закључке, постоји потреба за анализом таквих тенденција према критеријумима које се односе на фазе пројектовања, производњу и експлоатацију таквих возила [2].

1.8.1 Основне карактеристике возила са већом максималном брзином

Брзина кретања представља, експлоатациони параметар са чијим повећањем се директно смањује време путовања и превоз робе. Вредност максималне брзине возила можемо одредити аналитичком методом кроз основне једначине кретања:

$$m \frac{d\vartheta}{dt} = \frac{M_e i_m i_0}{r_d} \eta - F_r \quad (1.19)$$

$$\vartheta_{max} = \frac{2\pi r_f n_{max}}{i_m i_0} \quad (1.20)$$

У овим једначинама користимо следеће вредности:

M_e - ефикасност мотора;

i_m - преносни однос;

i_0 - преносни однос главног преносника диференцијала;

η - преносни степен коришћења;

r_d - динамички полупречник точка;

r_f - полупречник точка;

n_{max} - мотор максималне револуције.

Режим кретања возила адекватном максималном брзином добија се из услова $\frac{d\vartheta}{dt} = 0$, односно:

$$M_e(n_{max}) = \frac{r_f (F_{\vartheta} + F_f)}{i_m i_0} \quad (1.21)$$

Где постоји претпоставка да неће бити пнеуматсог клизања ($r_d \approx r_f$), односно губици у преносу ($\eta = 1$). Једначина (1.20) одређује вредност момента мотора који је требало да обезбеди број обртаја, n_{max} под дејством силе отпора: $F_{\vartheta} + F_f$, у највишем степену преноса (за савремену опрему $i_m = i_v$) [2].

Отпор кретања возила дат је следећом формулом:

$$F_{\vartheta} = \frac{1}{2} c_x \rho A v_{max}^2 \quad (1.22)$$

$$F_f = f G \quad (1.23)$$

c_x - аеродинамички коефицијент отпора ваздуха;

ρ - густина ваздуха;

A — површина предњег дела возила;

f - коефицијент отпора кретања;

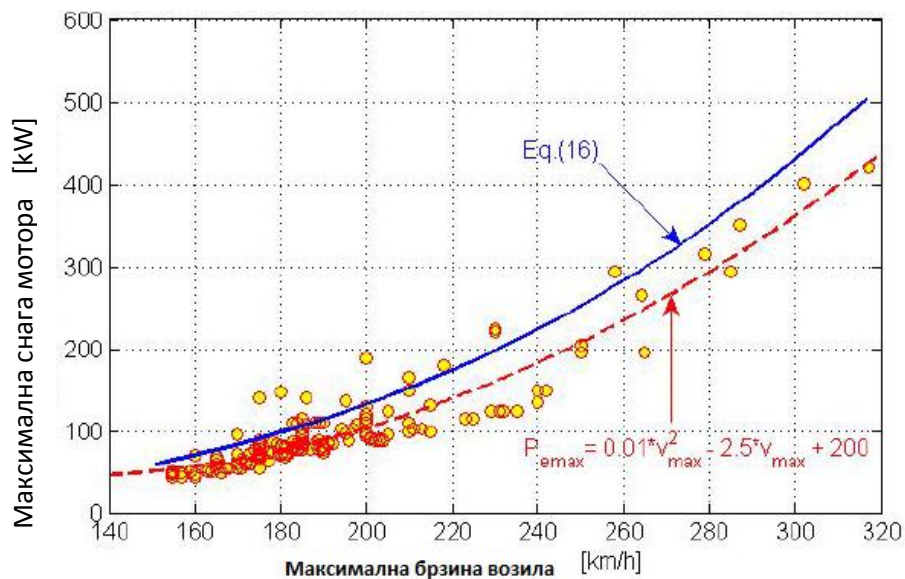
G - маса возила.

Заменом отпора кретања у једначину (1.20) добијамо следећи облик једначине:

$$M_e(n_{max}) = \frac{r_f \left(f G + \frac{1}{2} c_x \rho A v_{max}^2 \right)}{i_v i_0} \quad (1.24)$$

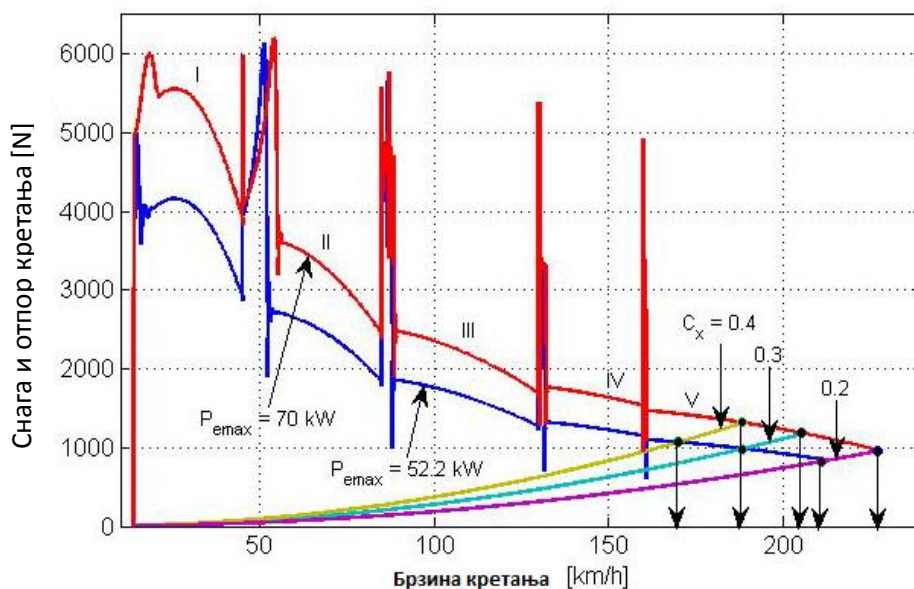
Количину енергије, коју достиже мотор у режиму кретања максималном брзином, приказује следећа једначина:

$$P_e(n_{max}) = M_e(n_{max}) \frac{\pi n_{max}}{30} \quad (1.25)$$



Слика 1.16: Зависност максималне снаге мотора и максималне брзине возила [2]

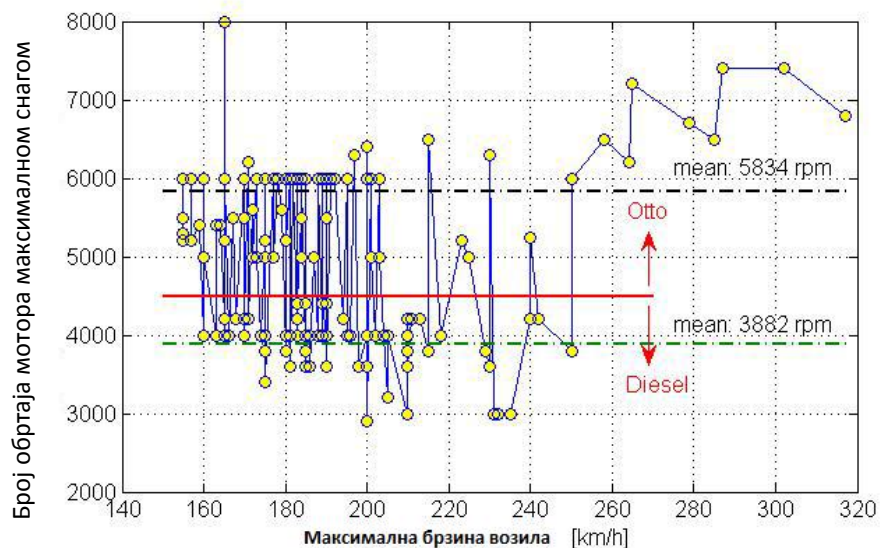
Из израза (1.23) и (1.24) можемо уочити параметре који имају утицај на максималну брзину возила. Правац њихових утицаја приказан је на слици 1.17, који показује зависност снаге и отпора на брзину кретања возила у појединим степенима преноса. Као што се може видети са графика са повећањем максималне брзине возила може доћи до оптималне комбинације повећања снаге мотора и смањење покрета отпора.



Слика 1.17: Одређивање радне тачке у којима возило достиже максималну брзину кретања [2]

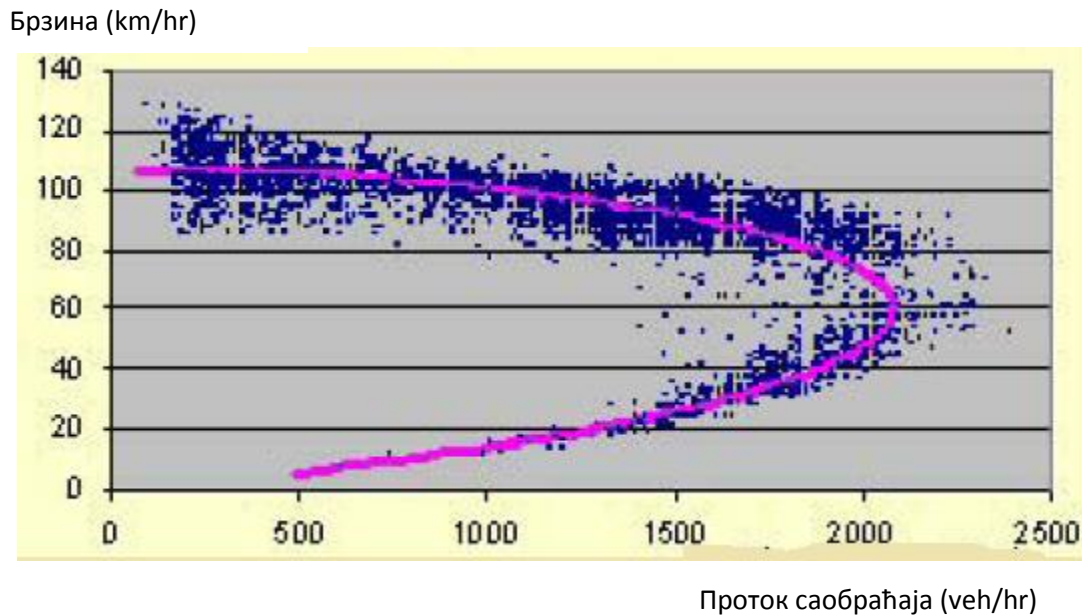
На слици 1.17, приказан је график савременог мотора путничких возила који имају прилично сличне константе за број обртаја испод максималне снаге, у вредности од 250 km/h. Просечне вредности броја обртаја су: ≈ 6000 o/min, код Otto мотора и ≈ 4000 o/min код дизел мотора. Дакле, возила са дизел моторима, под истом максималном брзином треба да имају мање вредности преносног односа и на тај начин већи обртни момент n_{max} у односу на возила са Otto моторима [2].

Возила која стичу максималну брзину преко 250 km/h су у категорији спортских возила, на којима њихова максимална брзина повећава број обртаја, као што се може видети на графику, слика 1.18.



Слика 1.18: Број обртаја мотора под којим се постиже максимална снага [2]

Слика 1.19, приказује график који карактерише градски саобраћај у складу са 2x2 саобраћајних трака где се највећи проток возила може постићи за брзине у просеку између 60 и 70 km/h. Дакле, са брзинама већим од 70km/h, повећава се ризик и озбиљност удеса где последице расту, што је управо и разлог да се подстакне ограничење брзина у урбаним зонама.



Слика 1.19: Ефекат просечне брзине возила на проток саобраћаја (број возила на сат)
[2]

На основу разматрања тачке по питању, утицаја савремених аутомобила на повећање безбедности у саобраћају са аспекта постизања максималне брзине и убрзања закључили смо:

- тенденција да се повећа максимална брзина савремених возила има за последицу повећање трошкова производње возила и његових компоненти;
- како би се смањио ризик саобраћајних незгода, потребно је укључити ограничења за вредности максималне брзине кретања возила и да се примене мере контроле тих прописа;
- рационално решење за такве проблеме је дефинитивно да ограничимо максималну брзину од серијских возила;
- максимална брзина савремених возила са аспекта њихових произвођача је практично само маркетиншки потез, с обзиром на чињеницу да се таква брзина не може остварити у условима јавног превоза [2].

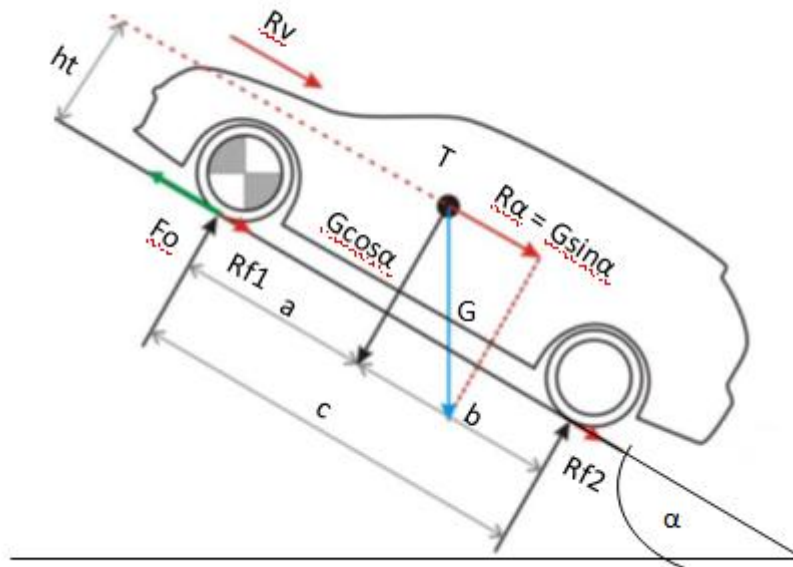
2. Моделирање подужне динамике возила (пута, брзине и убрзања) коришћењем симулационих модела

2.1 Математички модел

Моторна и прикључна возила у току кретања изложена су дејству различитих сила која се разликују не само по свом карактеру и начину дејства већ и утицајима које имају на њихово кретање. На возилу делују пропульзивне силе, које настоје да убрзају возило и отпорне силе које се супротстављају кретању, тј. теже да га успоре. Кретању возила супротстављају се следеће силе отпора:

- Отпор котрљања,
- Отпор ваздуха,
- Отпор нагиба пута,
- Отпор инерцијалних сила,
- Радни отпор,
- Отпор прикључног возила.

Отпор котрљања



Слика 2.1: Кретање возила на нагнутом путу [4]

Котрљању еластичног точка по тврдој подлози супротставља се сила отпора која је резултат појединачно ангажованих сила на савлађивању отпора услед:

- унутрашњег трења у пнеуматику, клизања елемената пнеуматика по површини котрљања, лепљења пнеуматика на површину котрљања итд. Током анализа, разлика између силе отпора котрљања на погонским и гоњеним точковима се занемарује:

$$R_{fp} = f_p Z_p$$

$$R_{fz} = f_z Z_z \quad (2.1)$$

где су: f_p и f_z коефицијенти отпора котрљања пнеуматика на предњој и задњој осовини и Z_p и Z_z динамичке реакције на предњој и задњој осовини [4].

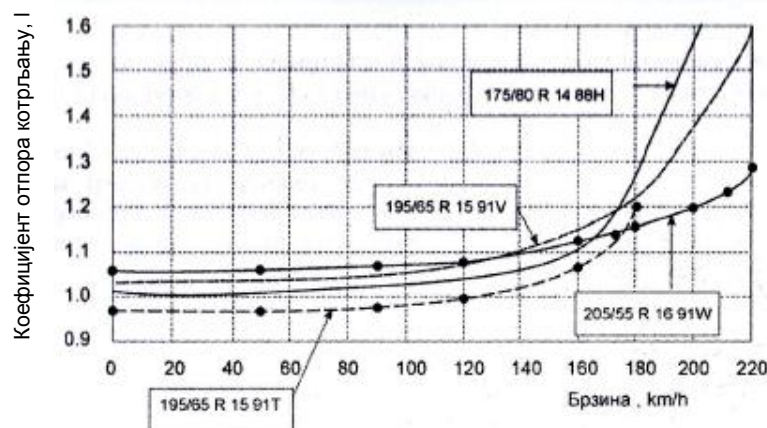
Укупна сила отпора котрљања, сразмерна радијалном оптерећењу точка и коефицијенту отпора котрљања:

$$R_f = f \sum f Z_T = f G \quad (2.2)$$

У случају кретања возила по путу са подужним нагибом α , укупна сила отпора котрљања је:

$$R_f = f G \cos \alpha \quad (2.3)$$

Коефицијент отпора котрљања обухвата и све друге губитке који су везани за кретање возила, а које обухвата: трење у лежиштима точкова, ударе о неравнине пута, трење код вученог, прикључног возила итд. Зависност коефицијента отпора котрљања од брзине кретања за различите димензије пнеуматика приказано је на слици 2.2.



Слика 2.2: Коефицијент отпора котрљању [4]

Отпор ваздуха

При брзинама кретања возила већим од 60 km/h доминантан је отпор ваздуха у односу на тзв. механичке отпоре (отпор котрљања, отпор нагиба пута и отпор инерцијалних сила). Отпор ваздуха генеришемо на два начина [4]:

- опструјавањем ваздуха око каросерије возила и прострујавањем ваздуха кроз систем за усисавање ваздуха, и кроз унутрашњост возила преко система за хлађење, грејање и вентилацију. Отпор ваздуха генерисан опструјавањем представља 90% укупног отпора ваздуха.

Аеродинамички отпори који се јављају када се возило креће брзином v , слика 2.3, су: отпор ваздуха R_v , бочна сила отпора ваздуха R_y и сила узгона R_z . На основу теорије динамике флуида, а по узор на излазе који се користе у авијацији, за средње брзине летења отпор ваздуха R_v , у правцу кретања возила, дефинисан је изразом:

$$R_v = \frac{1}{2} c_x \rho A v^2 \quad (2.4)$$

Слично, бочна сила отпора ваздуха је:

$$R_y = \frac{1}{2} c_y \rho A v^2 \quad (2.5)$$

сила узгона је:

$$R_z = \frac{1}{2} c_z \rho A v^2 \quad (2.6)$$

Уколико се возило креће брзином v и на њега делује бочни ветар v_w , под углом τ , вектор резултујуће релативне брзине ваздуха је дат изразом:

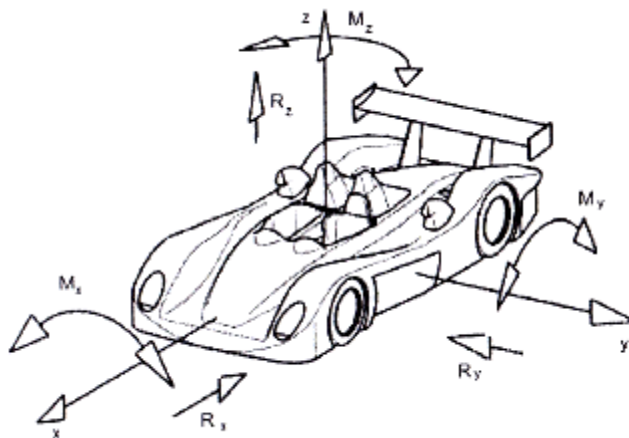
$$\vec{v}_r = \vec{v} + \vec{v}_w \quad (2.7)$$

где су:

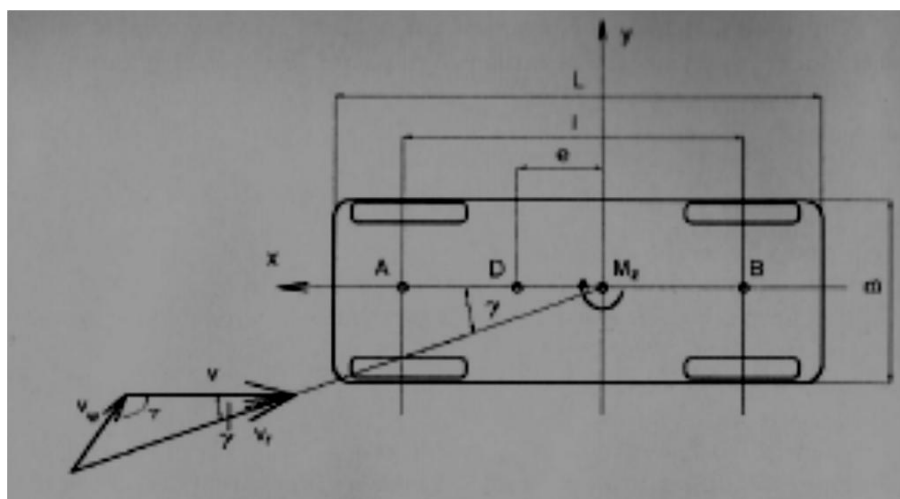
$\vec{v}_r$ – резултујућа брзина возила; v – брзина возила у правцу кретања; $\vec{v}_w$ – брзина ветра, која делује на возило под углом τ , у односу на правац кретања; A – чеона површина возила; ρ – густина ваздуха; c_x – коефицијент отпора ваздуха; c_y – коефицијент бочног отпора ваздуха; c_z – коефицијент узгона [4].

Интензитет вектора резултујуће брзине дат је изразом:

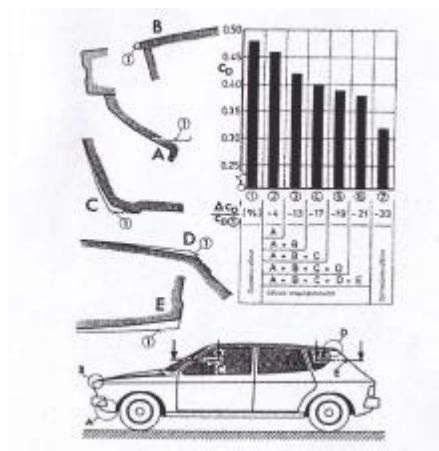
$$v_r = \sqrt{v^2 + v_w^2 + 2v * v_w \cos \tau} \quad (2.8)$$



Слика 2.3: Шема аеродинамичких сила и момената [4]



Слика 2.4: Шема дејства аеродинамичких сила [4]

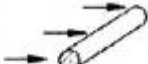
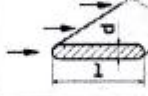
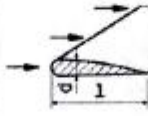


Слика 2.5: Утицај промене облика каросерије на коефицијент отпора [4]

Отпор ваздуха у правцу кретања возила представља 90% укупног аеродинамичког отпора просечног путничког аутомобила са уобичајеним квалитетом површине. Проблем површинског трења је значајнији код возила веће дужине као што су аутобуси или вучни возови.

Коефицијент отпора ваздуха има различите вредности и оне зависе од подужног облика возила, табела 2.1 и 2.2. Он зависи од облика каросерије укључујући предњи, задњи део возила, подстрој, положај блатобрана око точкова, ретровизоре, завесе за блато, удаљеност товарног сандука од кабине, слика 2.5.

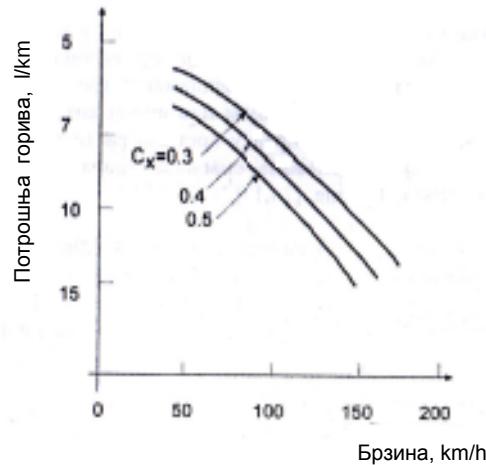
Табела 2.1: Коефицијент отпора облика [4]

Облик	c_x	Облик	c_x
	1,1	 $Re < 200\,000$ $Re > 450\,000$	1,0 0,35
	1,4	 $l/d = 30$ $Re = 500\,000$ $Re = 200\,000$	0,78 0,66
 $Re^{II} < 200\,000$ $Re > 250\,000$	0,45 0,20	 $l/d = 18$ $l/d = 8$ $Re = 10^6$ $l/d = 5$ $l/d = 2$ $Re = 2 \cdot 10^5$	0,2 0,1 0,08 0,2
 $l/d = 6$	0,05		

Табела 2.2: Коефицијенти отпора облика за одређене категорије возила [4]

Облик каросерије	c_x, l	A, m^2	$c_x A, m^2$
Мотоцикл са возачем	0.5 ± 0.7	0.7 ± 0.9	0.4 ± 0.6
Отворени кабриолет	0.5 ± 0.7	1.7 ± 2.0	0.85 ± 1.47
Затворена лимузина	0.22 ± 0.4	1.7 ± 2.3	0.4 ± 0.9
Аутобус	0.4 ± 0.8	6.0 ± 10.0	2.4 ± 8.0
Доставно возило (соло)	0.45 ± 0.8	6.0 ± 10.0	2.7 ± 8.0
Доставно возило са приколицом	0.55 ± 1.0	6.0 ± 10.0	3.3 ± 10.0
Тегљач	0.5 ± 0.9	6.0 ± 10.0	3.0 ± 9.0

Отпор ваздуха показује утицај на перформансе возила, укључујућу и потрошњу горива. Ради илустрације, утицај коефицијента отпора ваздуха на потрошњу горива приказан је на слици 2.6.



Слика 2.6: Утицај коефицијента отпора ваздуха на потрошњу горива [4]

Моменти који се јављају као последица аеродинамичких отпора кретању возила су:

- момент ваљања:

$$M_x = \frac{1}{2} c_{xM} \rho A v_r^2 l \quad (2.9)$$

- момент галопирања:

$$M_y = \frac{1}{2} c_{yM} \rho A v_r^2 l \quad (2.10)$$

- момент пливања

$$M_z = \frac{1}{2} c_{zM} \rho A v_r^2 l \quad (2.11)$$

У једначинама (2.9), (2.10) и (2.11) коефицијенти c_{xM} , c_{yM} , c_{zM} представљају коефицијенте момента ваљања, галопирања и пливања респективно [4].

На слици 2.7, приказана је шема деловања сила узгона и момента галопирања. Из услова равнотеже сила а на основу израза (2.9), (2.10) и (2.11) одређене су силе узгона и момента галопирања:

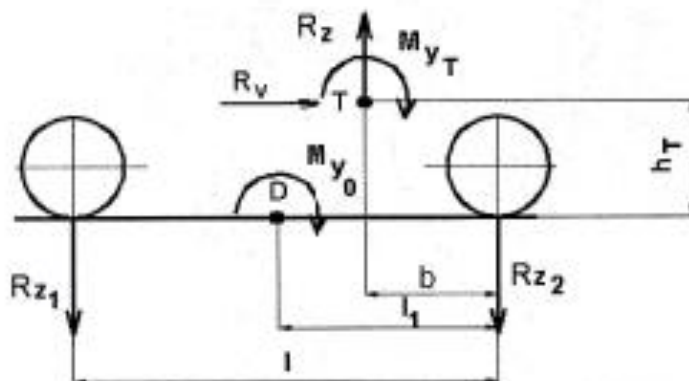
$$R_{z1} = R_V \frac{h_T}{l} + R_z \frac{b}{l} + M_{y_T} \frac{1}{l},$$

$$R_z = R_{z1} + R_{z2} \quad (2.12)$$

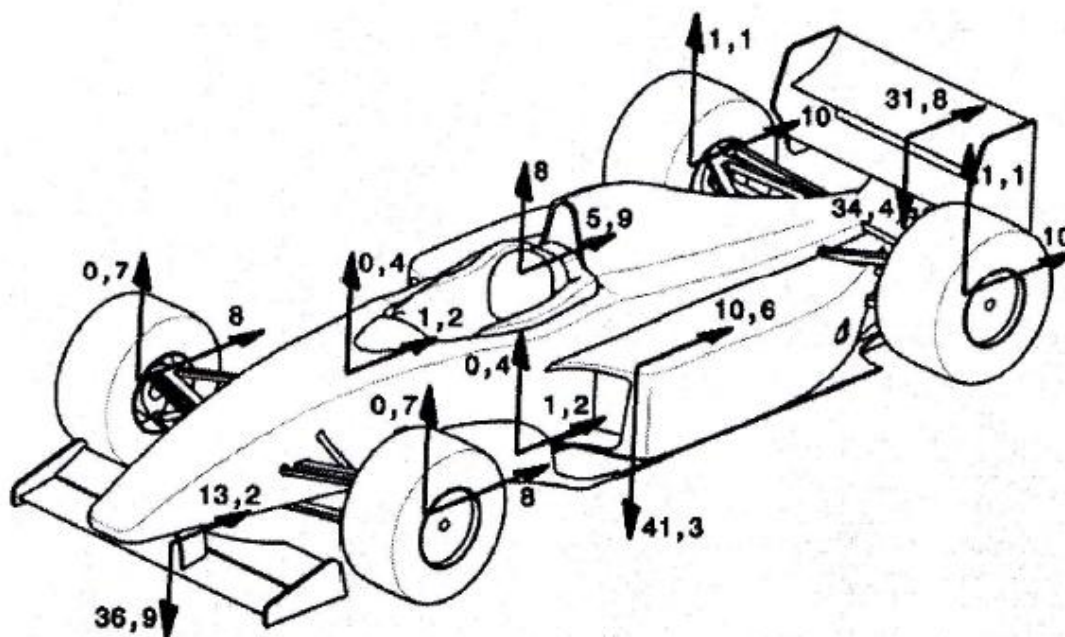
Момент галопирања у тачки D је:

$$M_{y_0} = c_{M_{y_0}} A l \vartheta_r^2 \frac{\rho}{2},$$

$$M_{y_0} = (R_{z1} - R_{z2}) \frac{l}{2} \quad (2.13)$$



Слика 2.7: Шема дејства аеродинамичких отпора у подужној равни [4]



Слика 2.8: Однос коефицијента отпора ваздуха и коефицијента узгона [4]

На слици 2.3, и у табели 2.3, приказан је утицај појединих компонената на укупне силе отпора ваздуха и силе узгона код возила *Формуле 1*. Највећи утицај на силу узгона имају предњи и задњи спојлери, док на силу отпора ваздуха имају задњи спојлер и задњи точкови.

Табела 2.3: Утицај појединих компоненти возила на отпор ваздуха и на силу узгона [4]

Компонента	Отпор	ваздуха	Сила узгона		c_z/c_x
	c_x , /	%	c_z , /	%	/
Предњи спојлер	0.123	13.2	0.9699	36.9	7.859
Задњи спојлер	0.297	31.8	0.899	34.4	3.029
Подстрој	0.099	10.6	1.080	41.3	10.911
Предњи точкови	0.150	16.0	-0.0038	-1.4	-0.251
Задњи точкови	0.187	20.1	-0.061	-2.3	-0.326
Лаки усмеривачи	0.023	2.4	-0.02	-0.8	-0.889
Остало	0.055	5.9	-0.210	-8.0	-3.739
Укупно	0.934	100	2.617	100	2.802

Сила отпора нагиба пута

Сила отпора нагиба пута представља пројекцију силе тежине возила на правац кретања. Делује као отпор који се супротставља кретању и кочењу возила. Према слици 2.1, сила отпора нагиба пута је:

$$R_\alpha = G \sin \alpha \quad (2.14)$$

Уколико се нагиб изражава у % онда је:

$$p\% = \tan \alpha * 100 \text{ [%]} \quad (2.15)$$

За нагибе пута до $p = 30\%$, ($\alpha = 17^\circ$) са максималном грешком од 5% могуће је применити следећу апроксимацију [4]:

$$\sin \alpha \approx \tan \alpha = p \quad (2.16)$$

те је сила отпора нагиба пута:

$$R_\alpha = mgp, \text{ за } p < 30\% \quad (2.17)$$

У табели 2.4, дати су максимални подужни нагиби зависно од типа пута и максималне дозвољене брзине кретања.

Табела 2.4: Категорије и максимални нагиби пута [4]

Подручје	Врста пута	Максимална брзина кретања, [km/h]	Максимални нагиб пута, [km/h]
Пут ван насељене области	Локални пут	40	10
	Регионални	60	6.5
	Магистрални	80	5.0
		100	4.5
	Ауто - пут	100	4.5
		120	4.0
		140	4.0
Насељено место	Улица са више трака	-	5-6
	Граничне улице	-	10
	Улице у стамбеној четврти	-	10
Планински пут	-	-	30

Отпор инерцијалних сила

При убрзаном кретању возила јавља се сила отпора убрзању – инерцијална сила, која се састоји од:

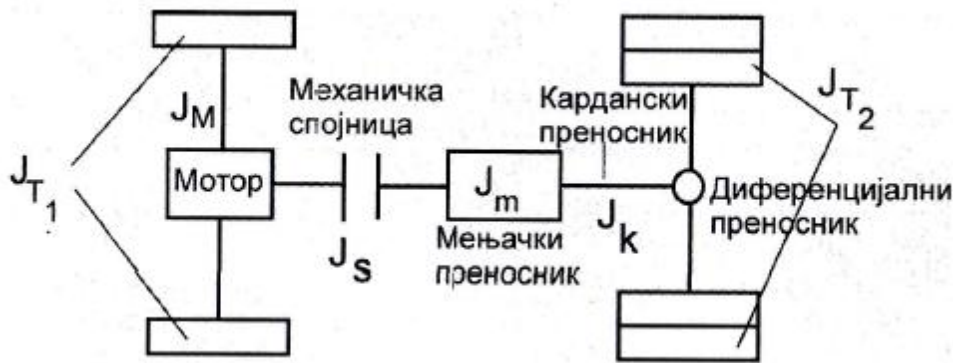
- R'_i сила која настаје услед једнолико транслаторног убрзаног возила и R''_i силе која је последица једнолико ротационог убрзавања обртних маса возила. Сила која је последица једнолико транслаторног убрзавања описана је једначином:

$$R'_i = mj = \frac{G}{g} j \quad (2.18)$$

где су:

- m – маса возила,
- j – убрзање возила,
- G – тежина возила.

Инерцијални отпор који је последица убрзаног кретања ротирајућих делова возила сведен на погонске точкове, дефинише израз према слици 2.9:



Слика 2.9: Шема преноса снаге и обртног момента [4]

$$R_i'' = J_z \frac{d\omega_z}{dt} \frac{i_m i_o \eta}{r_d} + J_T \frac{z}{r_d} \frac{d\omega_T}{dt} \quad (2.19)$$

где су:

- J_z - момент инерције замајца,
- J_T - момент инерције точкова,
- $\frac{d\omega_T}{dt}$ - угаоно убрзање точка,
- $\frac{d\omega_z}{dt}$ - угаоно убрзање замајца,
- z - број точкова,
- i_m - преносни однос у мењачу,
- i_o - преносни однос главног преносника,
- η - степен корисности трансмисије.

На основу познатих релација важе следеће зависности:

$$\vartheta = \omega_T r_d \text{ и } \frac{d\omega_T}{dt} = \frac{1}{r_d} \frac{d\vartheta}{dt} = \frac{1}{r_d} j, \quad (2.20)$$

$$\frac{d\omega_z}{dt} = \frac{d\omega_T}{dt} i_m i_o = \frac{i_m i_o}{r_d} \frac{d\vartheta}{dt} = \frac{i_m i_o}{r_d} j$$

После сређивања, израз за укупну силу инерције возила постаје:

$$R_i = R_i' + R_i'' = \frac{G}{g} j + J_z \eta \frac{i_m^2 i_o^2}{r_d^2} j + J_T \frac{z}{r_d^2} j = \frac{G}{g} j \left(1 + \frac{g}{G} J_z \eta \frac{i_m^2 i_o^2}{r_d^2} + \frac{g}{G} J_T \frac{z}{r_d} \right) \quad (2.21)$$

Скраћено написано:

$$R_i = R_i \delta = \frac{G}{g} \delta j \quad (2.22)$$

δ - коефицијент учешћа обртних маса.

$$\delta = 1.03 + a * i_m^2 \quad (2.23)$$

$$a = 0.04 \div 0.07$$

Отпор прикључних возила

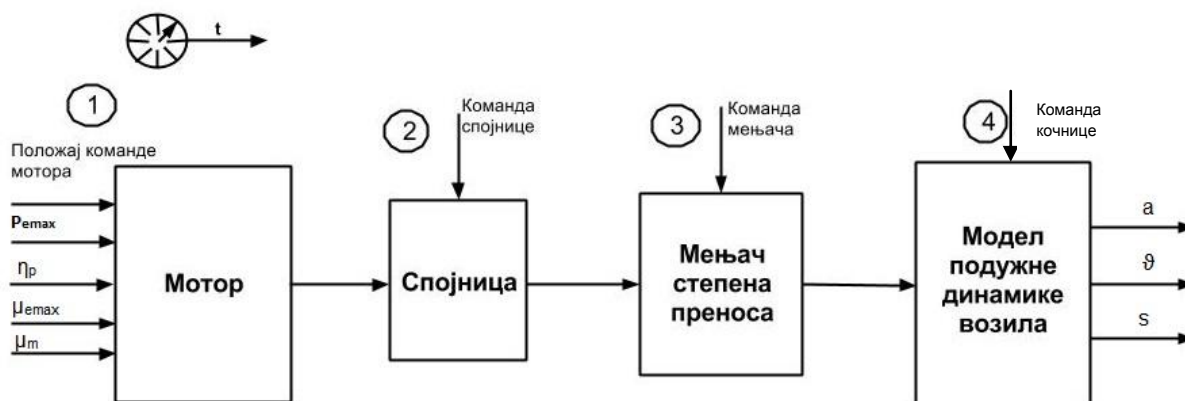
Када возило вуче приколицу, јавља се отпор на потезници, који представља укупан отпор кретању приколице. Укупан отпор кретању приколице је [4]:

$$R_p = R_{fp} + R_{ap} + R_{gp} + R_{ip} \quad (2.24)$$

где су:

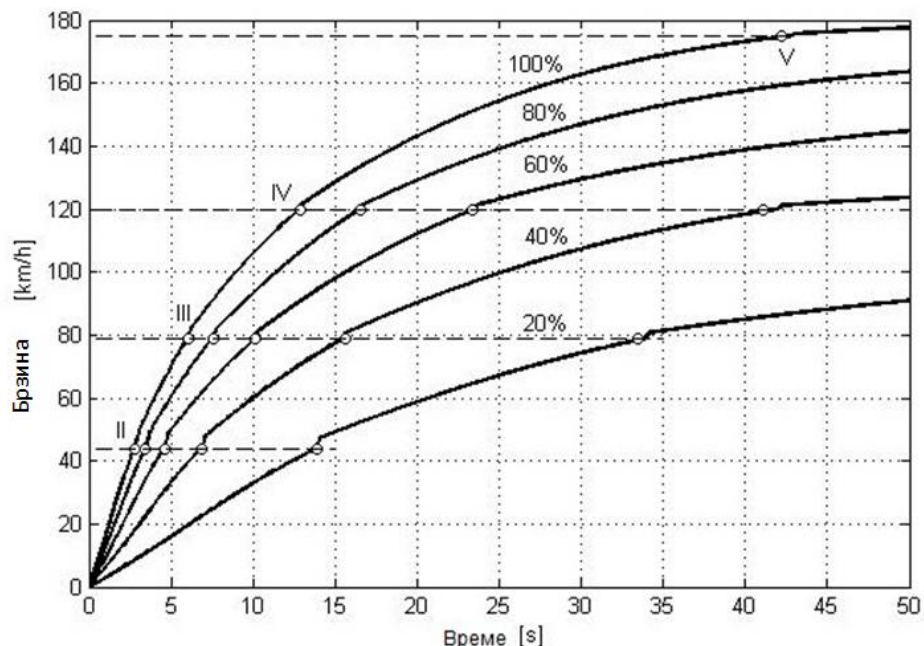
- R_p - отпор на потезници,
- R_{fp} – отпор котрљања приколице,
- R_{ap} - отпор нагиба пута приколице,
- R_{ip} - отпор инерцијалних сила приколице,
- R_{gp} - отпор ваздуха приколице.

2.2 Програм за решавање математичких модела у Matlab- у (simulink, simdriveline)



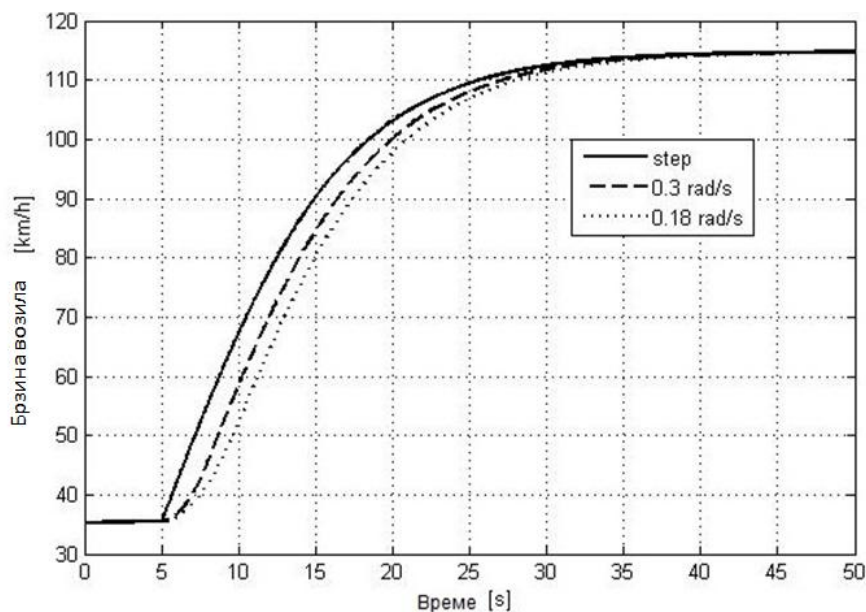
Слика 2.10: Блок дијаграм возила – мотор - мењач [6]

На слици 2.10, приказан је блок дијаграм возила у зависности од подужне динамике возила са аспекта брзине, убрзања, пута по јединици времена. Положај 1, карактерише положај команде мотора у зависности од $0 \div 1$ које достиже брзину од $0 - 100\%$. 0% карактерише положај команде мотора када је спојница искључена. Положај 2, карактерише команду мотора „0“, „1“ када је спојница искључена или укључена. Положај 3, карактерише команду мењача која мења степен преноса према задатом закону. Промена степена преноса изводи се у функцији брзине возила ϑ . Брзина коју возило може да развије зависи од препоруке произвођача о максималној брзини у појединим степенима преноса. Положај 4, карактерише модел подужне динамике возила који контролишемо командом кочнице и формиран је на основу математичког модела приказаног у програму Matlab [6].



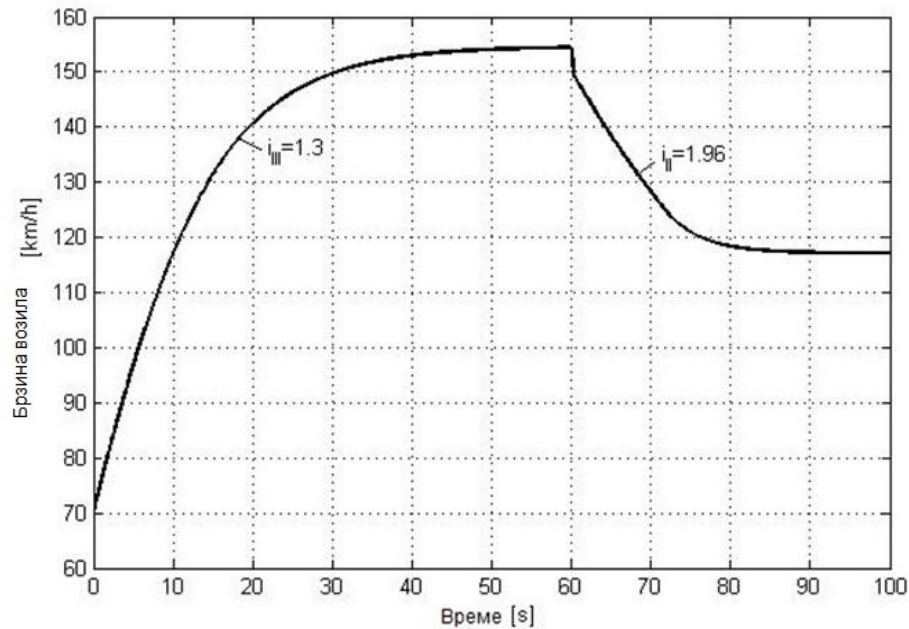
Слика 2.11: Утицај брзине возила на време и положај отвора лептира [6]

На слици 2.11, је приказан утицај брине при промени степена преноса по времену при различитим положајима отвора лептира. За отвор лептира од 20 % читамо са дијаграма да се возило налази у трећем степену преноса а креће се брзином око 80 km/h. За отвор лептира од 40% возило се налази у четвртом степену преноса а креће се брзином од 120 km/h. За отвор лептира од 60 – 100% возило се налази у петом степену преноса и креће се брзином до 180 km/h.



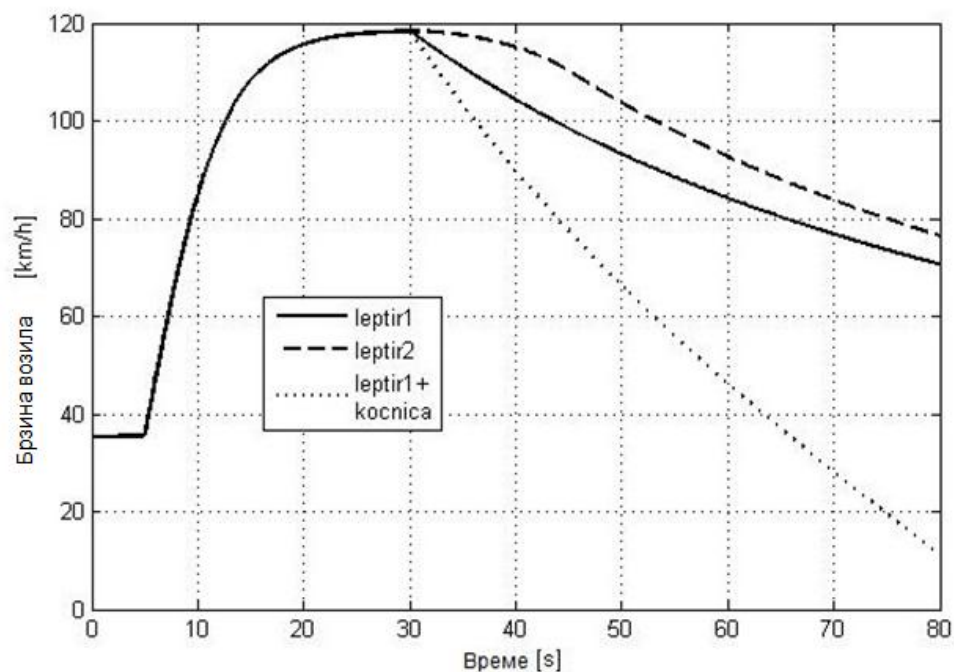
Слика 2.12: Утицај интензитета додавања гаса на промену брзине [6]

На слици 2.12, можемо приказати којим интензитетом долазимо до промене брзине кретања возила у три случаја када је пун капацитет и када смањујемо угаону брзину за вредности 0.3 rad/s и 0.018 rad/s . Промена брзине креће после 5 секунди где јасно можемо уочити разлику падања криве при смањењу гаса. Почетна брзина се рачуна при 35 km/h [6].



Слика 2.13: Утицај степена преноса на промену брзине кретања возила [6]

На слици 2.13, приказан је утицај степена преноса на промену брзине кретања. Возило се креће константним отвором лептира на 80% , где за 60 секунди у трећем степену преноса достиже брзину око 170 km/h . После 60 секунди при смањењу гаса и промени у нижи степен преноса брзина кретања у другом степену преноса долази на 120 km/h .



Слика 2.14: Утицај брзине одузимања гаса и дејства кочнице на успорење возила [6]

На слици 2.14, приказано је дејство отвора лептира на 100% пуном линијом где за 30 секунди при смањењу отвора лептира (испрекидана линија) и на крају дејством на кочницу возило смањује своју брзину кретања до потпуног успорења возила.

3. Физичке основе и алгоритми управљања брзином кретања возила у карактеристичним режимима кретања

Cruise control - Темпомат систем је постао данас заједничка карактеристика аутомобила. Уместо да возач често проверава брзиномер и подешавање притиска на педали гаса или кочнице, Cruise control систем контролише брзину аутомобила, одржавајући константну брзину постављену од стране возача. Дакле, темпомат систем смањује умор возача у вожњи током дугог путовање [5].

3.1 Компоненте Cruise control

Темпомат систем може бити подељен на три главна дела:

- Улаз, процесор и излаз.

Улаз система обухвата постављање дугмади на волану, педале гаса, кочнице, квачила и повратни сигнал из темпомата. Процесор као систем контролише брзину аутомобила користећи теорију управљачког система. Излаз је позиција, која одговара стварној брзини аутомобила.

3.1.1 Улаз Cruise control

Обично постоје три до пет постављених дугмади на волану за унос података у навигациони систем.

Кочнице и квачила су input на навигационом систему. Када се педала притисне, темпомат се искључује, тако да контрола брзине аутомобила је преузета од стране возача у прилагођавању педале за гас и кочницу.

Поред тога, брзина којом се темпомат управља може се подесити притиском на педалу гаса за убрзање аутомобила на жељену брзину, а потом ударање тастера СЕТ. Коначно, повратни сигнал од измерене брзине аутомобила, узима се у обзир за улаз система у контролу. Овај унос је уско повезан са системом контроле темпомата [5].

3.1.2 Процесор Cruise control

Процесор темпомата је контролни систем дизајниран тако да добије брзину постављену од стране возача. Он игра важну улогу у навигационом систему. Процесор је интегрисан са електронским компонентама за функцију преноса система.

3.1.3 Излаз Cruise control

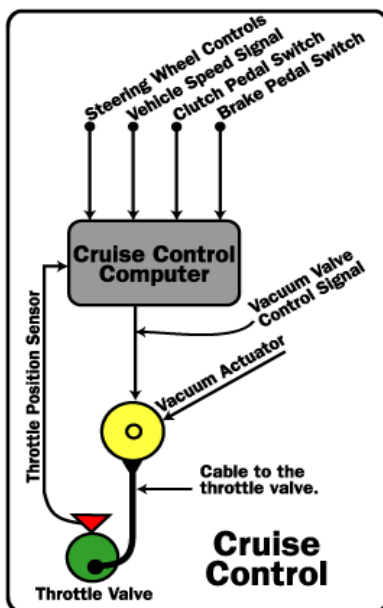
Излаз је темпомат TPS. Стварна брзина аутомобила варира на положај гаса, као пригушни вентил који ограничава пнеуматски мотор (ваздух-гориво) у процесу сагоревања где утиче на снагу и брзину мотора и доводи до промене брзине возила.

3.2 Механизам Cruise control

Преглед односа различитих компоненти система темпомата и процесора на навигационом систему су приказани као компјутер темпомат на слици 3.1.

Процес у навигационом систему код возила је:

- Возач поставља жељену брзину аутомобила окретањем темпомата на исту и аутомобил се креће задатом брзином. Алтернативни начин за подешавање жељене брзине аутомобила је притиском на СЕТ / убрзања - дугме за повећање брзине аутомобила или притиском на обалу дугме за смањење брзине аутомобила. Процесор система добија улазни сигнал, а затим шаље излазни сигнал погону. Погон подешава положај гаса. Коначно, промене у притиснутом положају доводе до промена у брзини путујућег аутомобила.



Слика 3.1: Однос између различитих компоненти у темпомату [5]

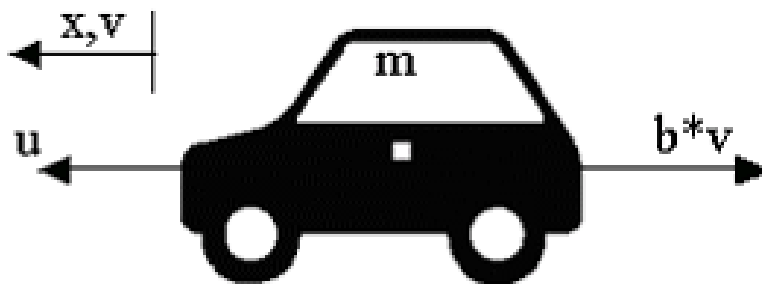
Пригушни вентил се повезује на погон и педалу за гас уз помоћ каблова и TPS. Неке погоне покреће мотор - вакуум при затвореном и отвореном гасу.

3.3 Систем контроле конвенционалног темпомата - Cruise control

3.3.1 Физички модел

Темпомат треба да убрза и постигне жељену брзину за кратко време, да је одржи са мало одступања у условима наиласка аутомобила на успоне. Прво и врло битно је да инертност тачкова занемарујемо. Друго, претпостављамо да је трење аутомобила изазвано кретањем возила.

Физички модел аутомобила илуструјемо на слици 3.2, где масу m , означавамо као масу аутомобила.



Слика 3.2: Физички модел аутомобила [5]

Коришћењем Њутновом закона кретања, диференцијалну једначину модела темпомата можемо добити, као у једначини (3.1):

$$m \cdot \frac{dv}{dt} + b \cdot v(t) = u(t) \quad (3.1)$$

v – брзина аутомобила,

b – трење аутомобила,

u - сила мотора.

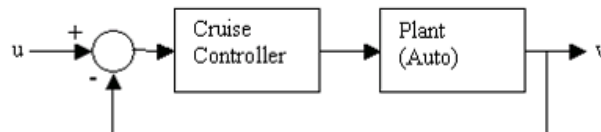
Применом Лапласове трансформације једначина (3.1) добија облик у једначини (3.2):

$$m \cdot s \cdot V(s) + b \cdot V(s) = U(s) \quad (3.2)$$

Трансформацијом једначине (3.2) и заменом $V(s)$ у $Y(s)$ добијамо:

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{1}{ms + b} \quad (3.3)$$

Cruise control систем у возилу представља блок дијаграм са затвореном петљом у систему контроле као што је и приказано на слици 3.3, поједностављени облик темпомата:



Слика 3.3: Cruise control представљен као блок дијаграм у возилу [5]

Предпостављамо:

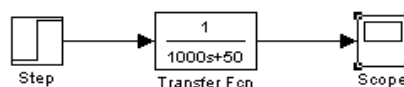
$$m = 1000\text{kg},$$

$$b = 50 \text{ N}\cdot\text{sec}/\text{m}$$

$$u = 50\text{N}$$

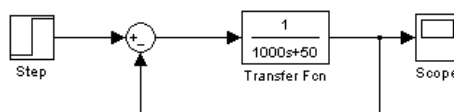
3.3.2 Модели и симулације

Темпомат без контролера и повратних информација се спроводи на Simulink, као што је приказано на слици 3.4:



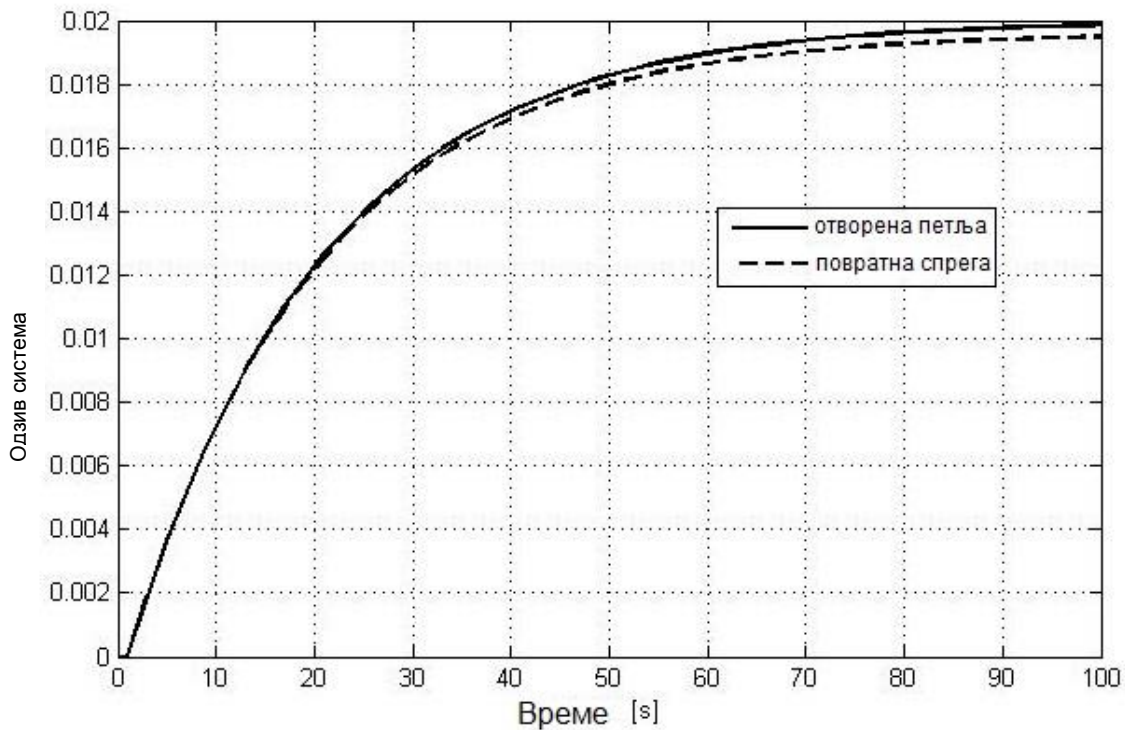
Слика 3.4: Cruise control без повратне спреге са контролором [5]

Решење система отвореног кола на корак улаза приказан је на слици 3.6. Устаљено стање грешка је око 98%. Потребно је додати повратну спрегу у систем. Cruise control са повратном петљом спроводи се као што је приказано на слици 3.5. Решење система на корак улаза приказан је на слици 3.6:



Слика 3.5: Cruise control са повратном спрегом [5]

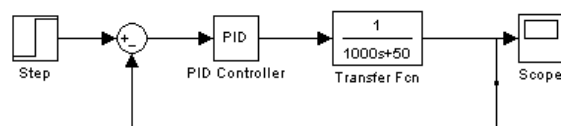
Стање грешака затворене петље је већи него код отвореног кола приказаног на слици 3.6, јер повратна петља смањује тачност одговора.



Слика 3.6: Одзив система у односу отворене и затворене петље [6]

3.3.3 PI регулатор

PI контролер се додаје у навигациони систем како би се постигао жељени одзив система. Дакле, PI контролер се додаје моделу темпомат систем, као што је приказано на слици 3.7.



Слика 3.7: Cruise control са контролером [5]

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{K_p}{ms + (b + K_p)} \quad (3.4)$$

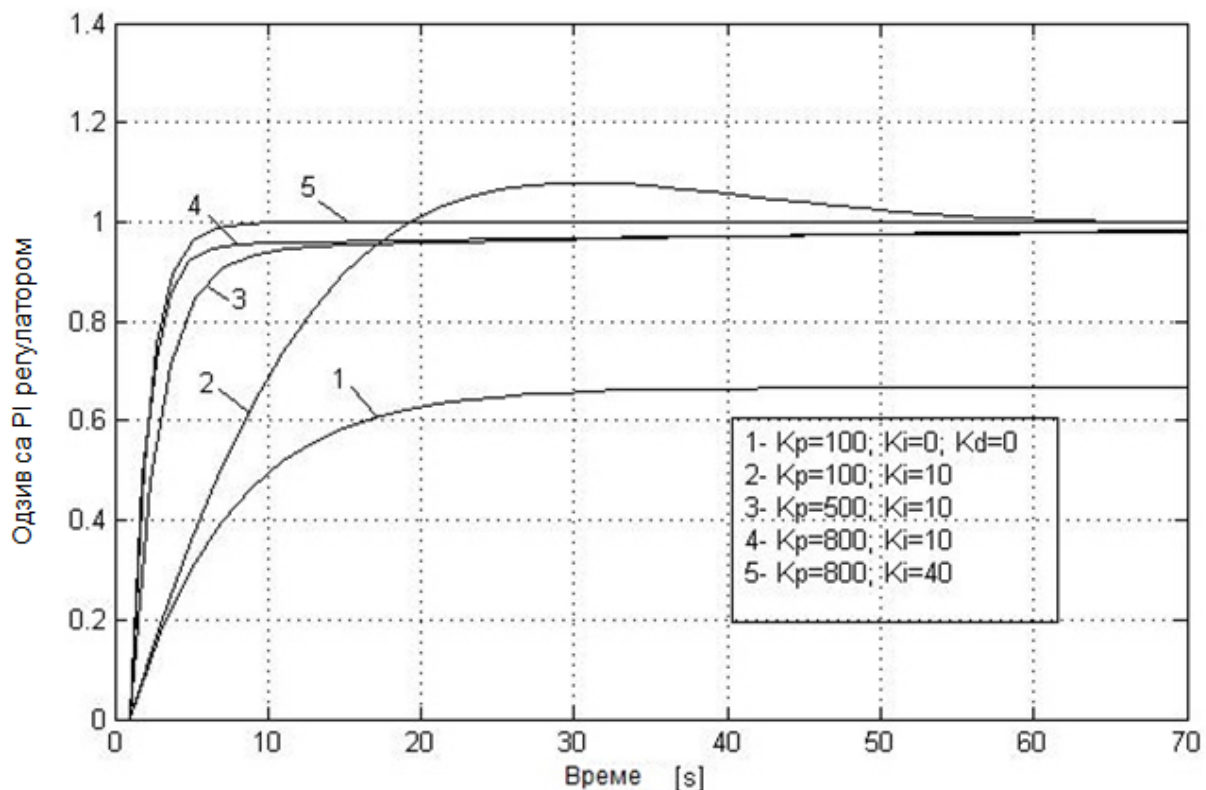
Пропорционална регулација у контролеру је укључена и подешен на 100. Резултат система са $K_p = 100$ је приказан на слици 3.8. Грешка устаљеног стања система са пропорционалном контролом је смањена са 98% на 34%.

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{K_p s + K_i}{ms^2 + (b + K_p)s + K_i} \quad (3.5)$$

Пропорционална контрола (K_p) и интегрална контрола (K_i) у моделу темпомата представљена је у једначини (3.5).

Резултат система за $K_i = 10$ и $K_p = 100$ на улаз јединице, приказан је кораком на слици 3.8. Пропорционална и интегрална контрола контролора прилагођена спецификацији дизајнерских модела темпомата. Први дизајн у навигационом систему је да се време успона смањи до 5 секунди.

Дакле, време успона модела темпомата треба смањити, тако да темпомат систем може достићи жељену брзину у року од неколико секунди.



Слика 3.8: Случајеви управљања брзином возила регулаторима различитих карактеристика [6]

3.3.4 Утицај тежине аутомобила на Cruise control

Cruise control систем обично долази са возилом на два начина. Један од начина је да је возило опремљено навигационим системом као цео пакет за функционисање од произвођача возила. То је случај углавном за возила која су на тржишту у последњих неколико година. Други начин је да инсталирамо систем за одржавање брзине на старијим моделима возила који нису опремљени функцијом темпомата. Темпомат систем мора се прилагодити променама у тежини аутомобила, а посебно за оне комерцијалне доступне навигационом систему који морају бити инсталиране на аутомобилу након производње. Да би видели колико тежина утиче на одзив система темпомата, темпомат модел са различитим тежинама од аутомобила су симулиране у Simulink [5].

Тежина аутомобила је промењена од 1000kg до 500kg и процес преноса функције модела се добија, како је наведено у једначини (3.7).

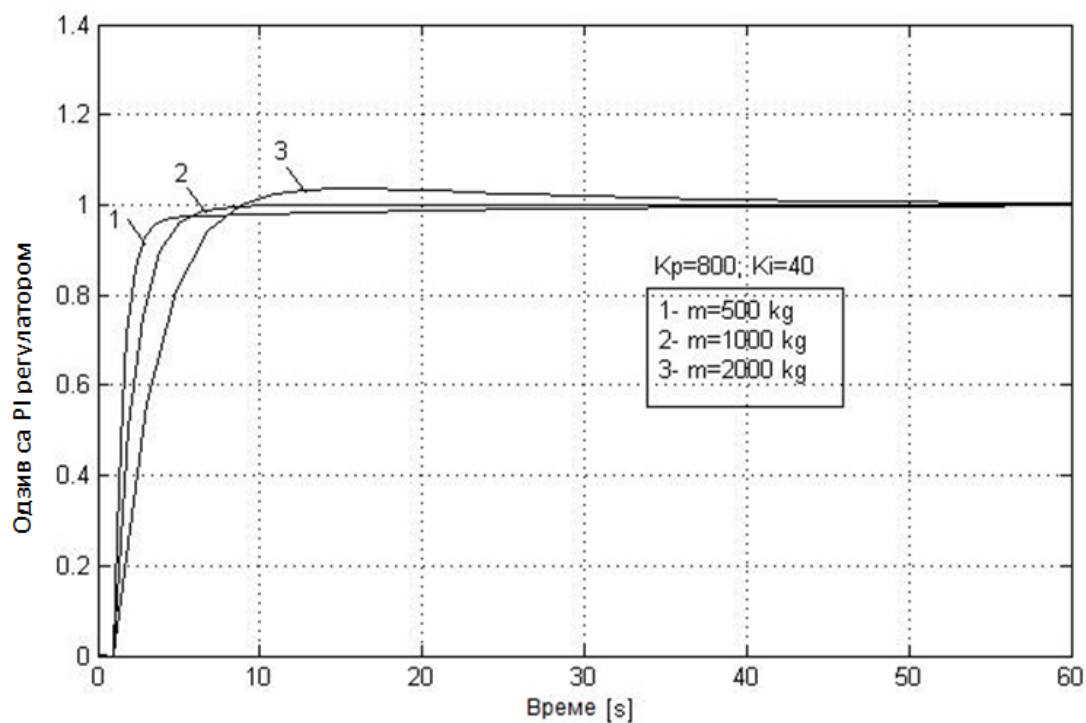
$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{1}{500s + 50} \quad (3.7)$$

Темпомат модел је симулиран са истим контролером, који има $K_p = 800$ и $K_i = 40$, и резултат система је приказан на слици 3.9. Грешка устаљеног стања система је нешто већа од 2%. На 10-90% раст времена одзива на 1.6 секунди.

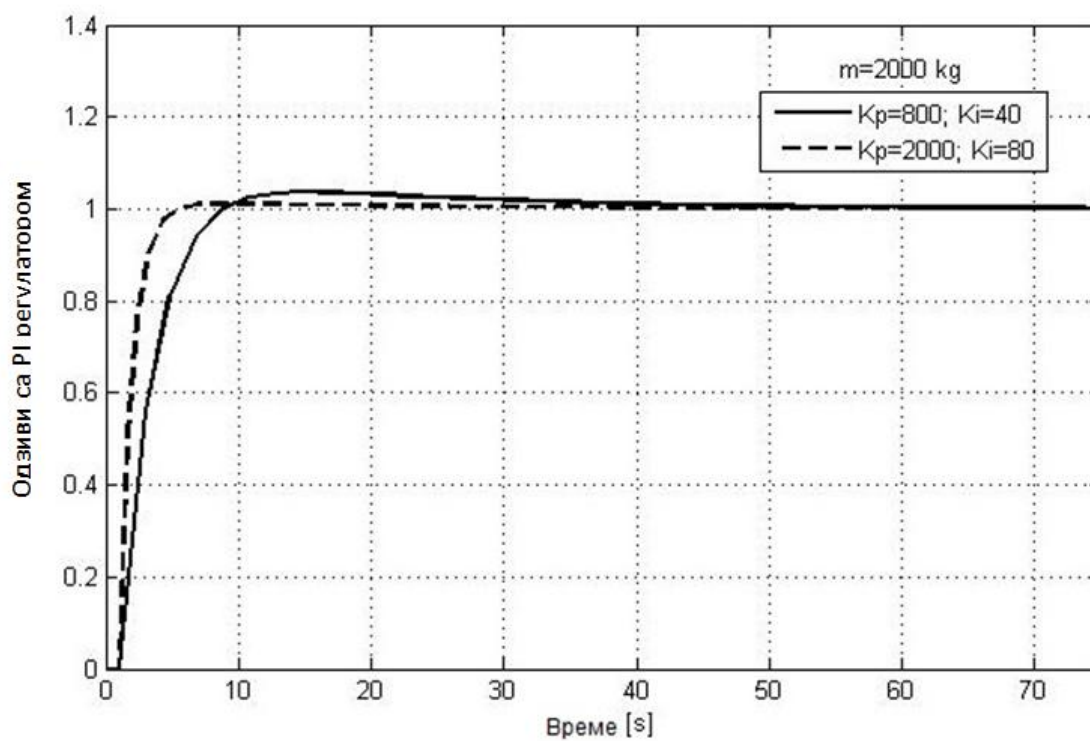
Тежину аутомобила повећавамо на 2000kg, тако да нови процес преноса функције темпомата добијамо, како је наведено у једначини (3.8) [5].

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{1}{2000s + 50} \quad (3.8)$$

Модел са $m = 2000\text{kg}$ и контролером $K_p = 800$ и $K_i = 40$ је симулирана, као што је приказано на слици 3.9. Систем нема скокова и време успона је око 8 секунди. Такође, грешка устаљеног стања је око 3.5%.



Слика 3.9: Утицај тежине возила на одзиве система [6]



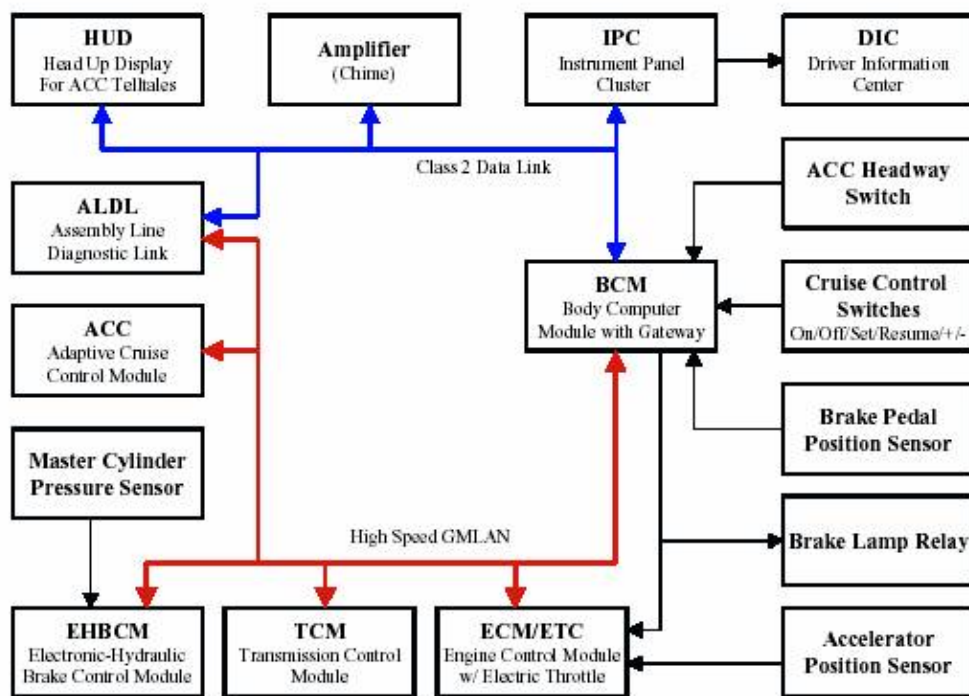
Слика 3.10: Одзиви система са PI регулатором $m=2000$ kg [6]

4. Анализа савремених решења мехатроничких система за управљање брзином кретања путничких возила - Adaptive Cruise control – ACC

Adaptive Cruise control – ACC технологија аутоматски прилагођава брзину возила и растојање између два возила у покрету. ACC користи дубински радарски сензор за детекцију на предњој страни возила до 200 метара испред и у складу са тим аутоматски подешава ACC са брзином возила и зазора. ACC аутоматски успорава или убрзава возило према жељеној брзини и удаљености постављеној од стране возача. По стандарду темпомата, возач може заменити систем у било ком тренутку. Служи за откривање релативне брзине претходног возила и удаљености између два возила [5].

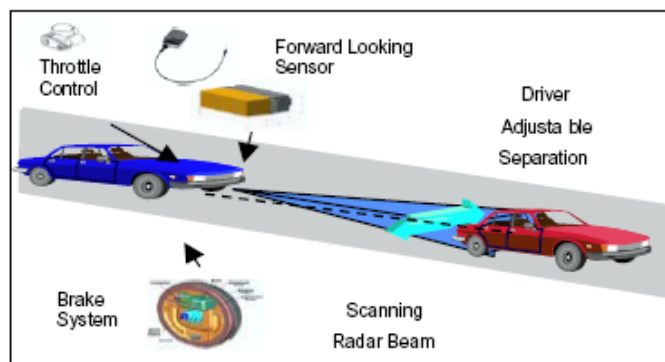
ACC систем је први пут уведен 1998 године у производњи возила у Јапану од стране Toyota. Затим, Nissan представља радар са ACC системом, касније, Јагуар је понудио ACC за ХКR. Остали произвођачи аутомобила, на пример, Mercedes-Benz, Audi, BMW и Cadillac, имају ACC могућност која је сада доступна у одабраним моделима.

Када возило смањује своју брзину кретања а то друго возило које се креће иза њега примети системом ACC врши се мерење растојања. Ако је измерено растојање мање од жељеног растојања које возач има, ACC систем успорава возило за $3.5 \frac{m^2}{s}$ затварањем гаса вентила или аутоматски кочи. Такође, ако је измерена удаљеност већа од подешеног растојања, возило се враћа на подешену брзину. Блок дијаграм система ACC приказан је на слици 4.2 [5].



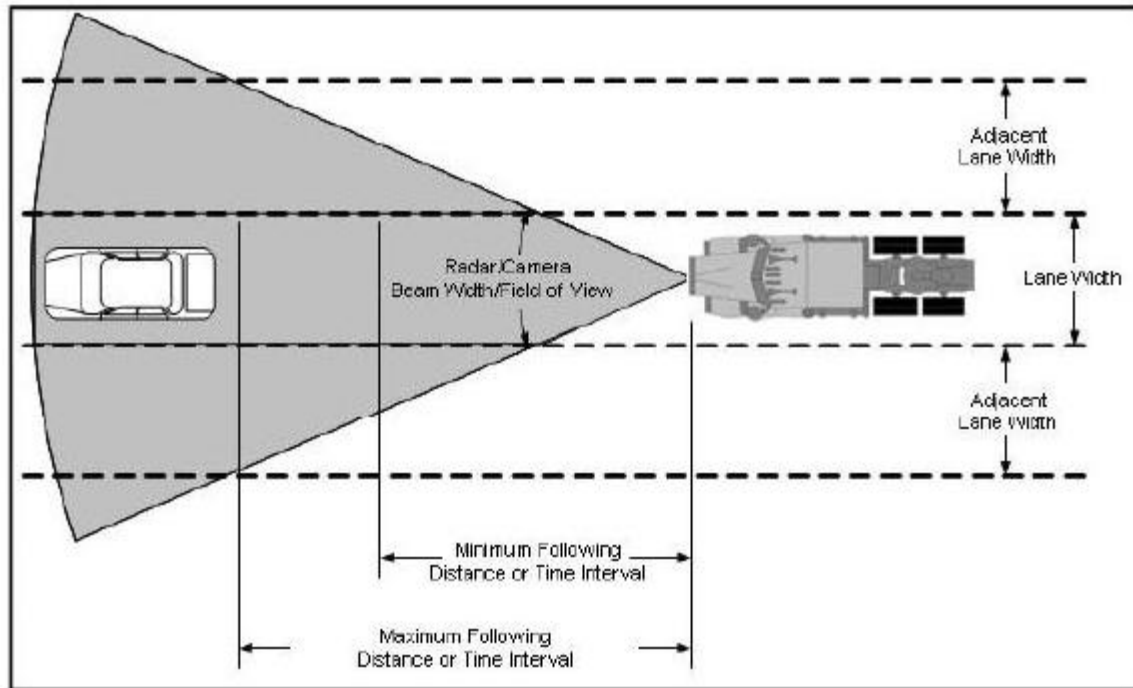
Слика 4.1: Возила интегрисана ACC системом [5]

Основне компоненте система и подсистема за возило у току вожње са ACC-ом приказан је на слици 4.2.



Слика 4.2: Компоненте ACC у вожњи на путу [5]

ACC систем може смањити шансе за сударом, произвођачи ових система и ауто-компанија их не описују као сигурносним уређаји, како би избегли одговорност која се дешава у сударима између возила која су опремљена ACC системом. Уместо тога, ACC системи су изложени као помагала која користе возачу. Осим тога, ACC систем не може открити непокретни објект на путу.



Слика 4.3: Односи које регулише ACC систем [7]

ACC се може налазити у три стања:

- Off стање – онемогућен је директан приступ у стање приправности;
- Standby стање – систем је спреман да га корисник активира;
- Active стање – систем управља брзином аутомобила:
 - Стање контроле брзине – испред возила се не налази друго возило и систем не мења брзину већ је држи константном;
 - Стање контроле размака – систем снима возило испред себе и према њему прилагођава брзину [7].



Слика 4.4: Изглед дугмади на волану за подешавање АСС и подешавање темпомат путем ручице [7]

АСС такође може да користи базу ограничења брзине коју добије преко GPS уређаја, те да брзину возила прилагођава тим ограничењима без утицаја возача.

4.1 Сензори

Сензор за АСС систем детектује возило испред уз коришћење радара. Радарски сензор у АСС систем детектује кретање возила на удаљености до 120 метара или чак 150 метара у магли, услед јаке кише и других временских услова. Радар обично ради у милиметарским таласа, на 76-77 GHz. Високе фреквенције радара могу смањити величину антене, тако да произвођачи аутомобила могу монтирати унутар радара предњу маску на аутомобилу, без промене облика возила. Пример решетке уграђеног радара је приказан на моделу BMW серије 5, као што ћемо видети у даљем тексту на слици 4.3 [5].



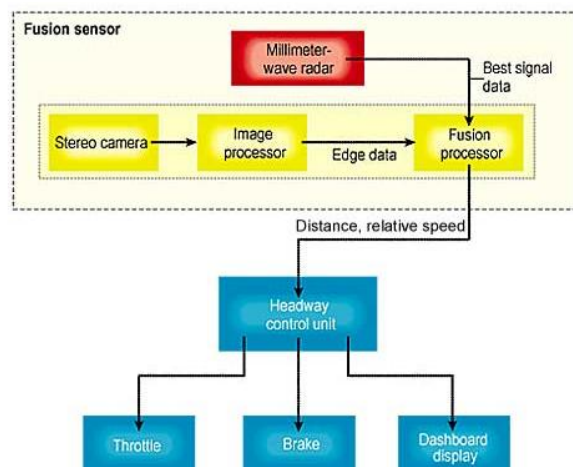
Слика 4.3: BMW X5 приказан дугим сензорским радарима [5]

Разлог произвођача аутомобила за ласерским радарима заснован је тако да АСС систем не треба да ради далеко изнад онога што возач може да види у лошим временским приликама. Затим, возач може да вози безбедном брзином и преузимањем контроле над возилом ручно у условима лоше видљивости, уместо да вози пребрзо, ослањајући се на АСС систем, што може бити опасно. Међутим, произвођачи радарских система тврде да возач треба АСС систем највише користити за откривање возила, зато што возачи немогу видети много због смањене видљивости [5].

Осим радар и лидар система такође се користи и систем камера за лакше дефинисање путне траке како би се добила боља слика кривудања пута, та слика би се касније могла упоредити са подацима добијеним скенирањем возила испред и на тај начин би се повећала тачност мерења по којима се дефинишу возила испред и по томе су релевантна за праћење. Облик пута до 120m унапред може се дефинисати на основу напредне обраде слика добијене са камере. Системи засновани на раду камере наравно долазе са овом могућношћу већ уграђеном у себе. На крају ће АСС систем интегрисати дигиталну мапу пута која ће пратити алгоритме и повећати перформансе још више.

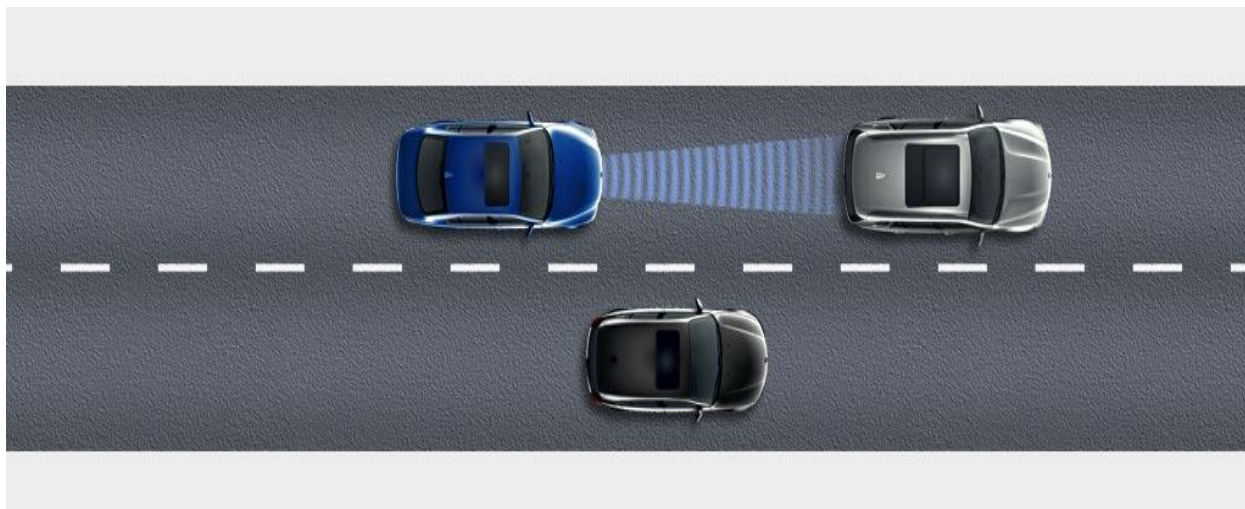
4.2 Stop-and-Go Adaptive Cruise Control

Типичан адаптивни Cruise Control систем ради само на брзини изнад 40 km/h. Напредна верзија адаптивне контроле, стани-крени, развијен је тако да надокнади АСС систем у путовању по нижој брзини, посебно у тешким саобраћајним гужвама. Stop-and-Go Adaptive Cruise Control систем детектује релативну брзину на претходном возилу и растојање између два возила, затим контролише брзину кретања возила у распону брзине до 0 km/h. Уколико се возило испред зауставља, Stop-and-Go АСС систем ће довести возило до потпуног заустављања тако што ће уместо гаса деловати на кочницу. Такође, Stop-and-Go АСС систем неће поново ангажовати гас након што је возило заустављено, јер пружа возачу тоталну контролу при убрзавању возила до потпуног заустављања. Када Stop-and-Go АСС систем поново ангажујемо, возило се убрзава и кочи према саобраћају и брзини темпомата. Блок дијаграм за Stop-and-Go АСС систем је приказан на слици 4.4 [5].



Слика 4.4: Stop-and-Go ACC систем [5]

5. Критички приказ ових система на конкретном возилу



Слика 5.1: Active cruise control BMW [8]

Вожња на аутопутевима и прометним путевима је опуштенија са системом Active cruise control. АСС одржава жељену брзину колико је то могуће, истовремено задржавајући унапред дефинисану дистанцу за возило у истој траци. У даљем тексту ћемо приказати АСС систем на конкретном возилу BMW.

Радарски сензори на предњем делу возила стално скенирају пут испред. Као што је приказано на слици 5.1, BMW прилази споријем возилу, active cruise control аутоматски смањује излазну снагу од мотора и активира кочницу лагано, држећи возило (BMW) на унапред дефинисаном растојању од возила испред.

Када трака постаје јасна и прегледна без проблема, active cruise control аутоматски повећава брзину возила према унапред задатој жељеној брзини. Додир на педалу кочнице или педалу гаса деактивира систем.

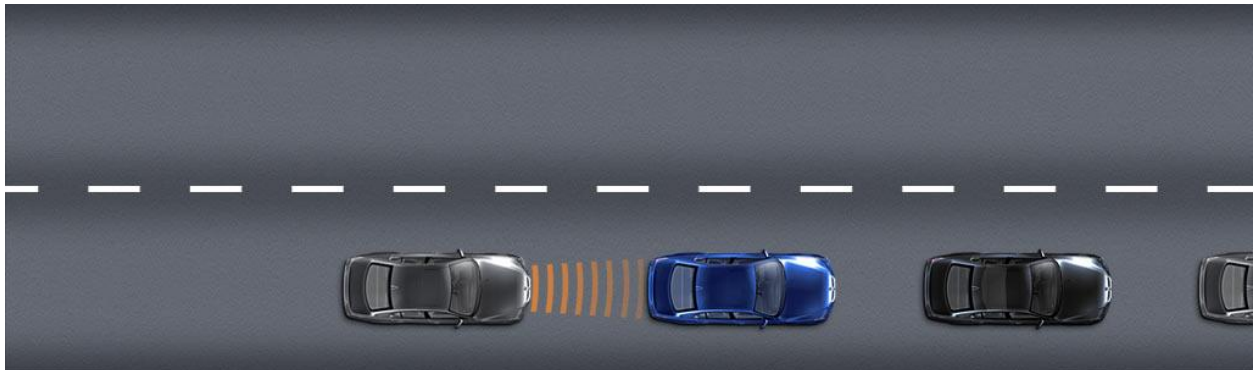
У кривинама, АСС користи податке из динамичке контроле стабилности и навигационих система где израчунава да ли је брзина кретања прилагодљива и утврђује да ли су возила у пољу радара у истој или супротној траци [8].

АСС је функционалан на возилу BMW при брзинама изнад 30 km/h, а испод 180 km/h. У зависности од модела, ова функција се контролише на точку управљача или користећи дугме на мултифункционалном управљачу слика 5.2.



Слика 5.2: Контролисање ACC на управљачу [8]

Систем није намењен да служи као аутопилот. Ако је потребно изненадно успоравање, возач је упозорен од стране звучних сигнала и визуелних порука да преузме контролу над возилом BMW. Прво упозорење сигнал дат, онда упозорење у виду симбола црвеног аутомобила на инструмент табли или контролном екрану. У исто време, раздаљина између кочионе плочице и дискова је смањена у случају да возач мора хитно дејствовати на кочницу [8].



Слика 5.3: ACC систем са функцијом Stop & Go [8]

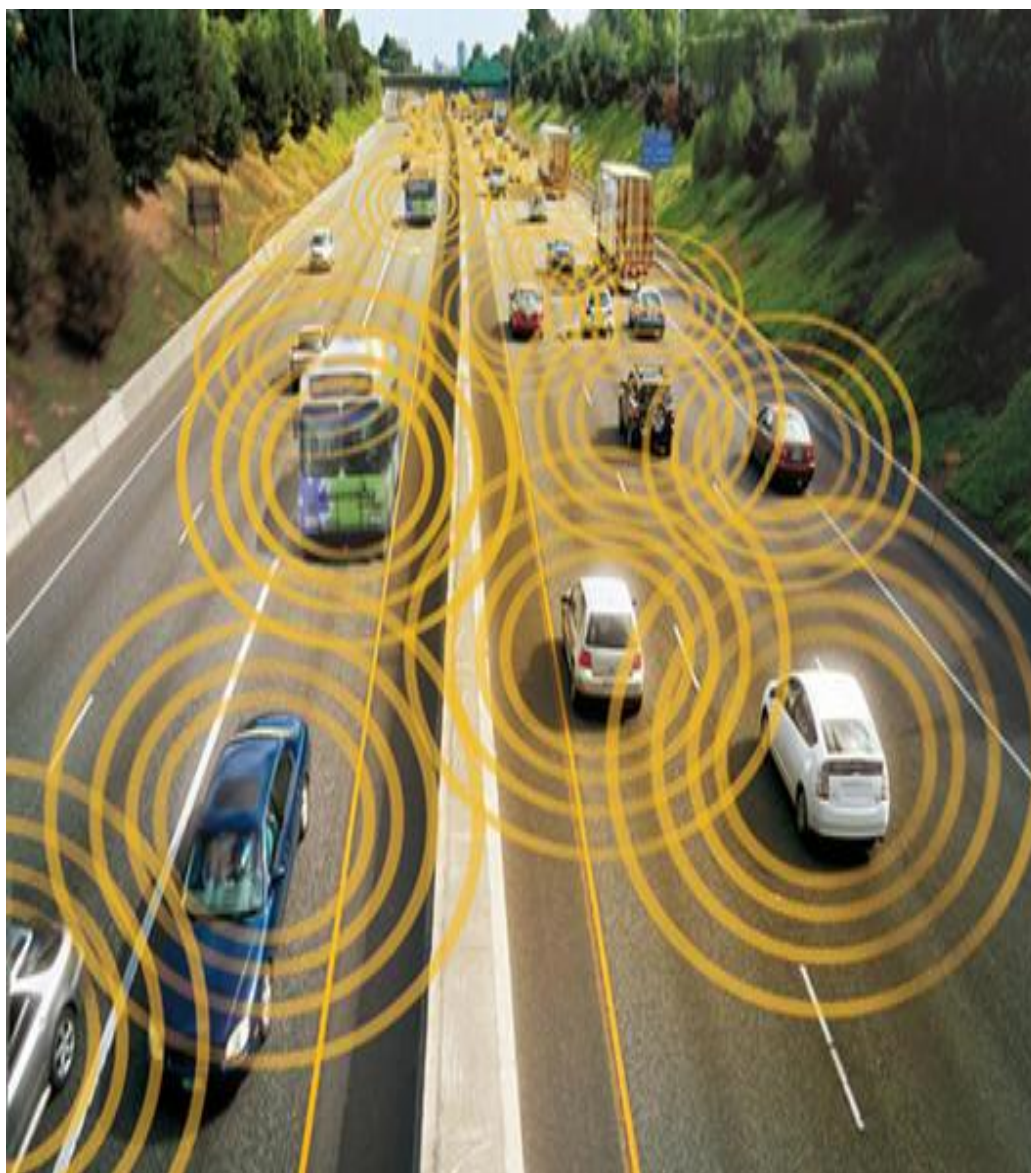
Опуштена вожња у густом саобраћају уз помоћ ACC система и функције Stop & Go обезбеђује да BMW одржи дефинисану удаљености од аутомобила испред, смањењем брзине на нулу. Када саобраћај поново почне да функционише, систем убрзава до жељене брзине кретања, ако је то могуће због густине саобраћаја [8].

Active cruise control са функцијом Stop & Go првенствено је намењен да служи као асистент возачу на путевима. Три сензорска радара са дометом до 150 метара испред перманентно прате пут. Како се приближавамо споријем возило у својој траци, систем усмерава управљачку јединицу мотора да смањи излазну снагу, а ако је потребно заочити како би се обезбедила унапред дефинисана удаљеност. Ако се возило испред заустави, ACC система и Stop & Go ће довести BMW до потпуног заустављања.

Ако возило које се креће испред искључи или промени траку кретања, АСС система и Stop & Go повећава снагу мотора, BMW убрзава до жељене брзине кретања. Ако је укупан застој дужи од три секунде, АСС система и Stop & Go захтева кратку примену папучице за гас или дугмета за АСС од стране возача како би се возило опет покренуло. Ако је застој краћи од три секунде, убрзање је аутоматско [8].

6. Правци даљег развоја у овој области

Corporate Adaptive Cruise Control (CACC) је напредна верзија ACC система. CACC систем омогућава бежичну комуникацију о брзини и убрзању између два или више возила која су опремљена системом CACC. Дакле, CACC систем може да детектује још оваквих возила који користе овај систем. CACC систем је још увек у развоју [5].



Слика 6.1: Corporate Adaptive Cruise Control у будућности

Corporative Adaptive Cruise Control (CACC) обећава знатне предности по питању:

- ефикасности саобраћајног протока,
- потрошње горива.

7. Закључак

У току израде овог рада закључили смо да на понашање аутомобила у саобраћају утиче возач, возило и пут што смо и приказали путем једначина и дијаграма. Успоставили смо тезе како максимална брзина утиче на саобраћај и окружење с обзиром да постоји тенденција за повећањем максималне брзине возила што доводи до додатних негативних последица у погледу повећаног ризика за саобраћајним незгодама, повећане потрошње горива, снаге мотора, емисије издувних гасова.

Уз помоћ програма Matlab добили смо решење према унапред успостављеном математичком моделу возила тј. блок дијаграму возило – мотор – мењач. Показали смо понашање аутомобила при максималној брзини, променом степена преноса, дејством на кочницу, отвор лептира помоћу дијаграма.

У даљем тексту приказујемо како cruise control систем на модерним возилима ради на улазу, процесору и на излазу уз пратеће дијаграме одрађене у Matlab-у где показујемо одзив система уз промену масе возила, интегралних и пропорционалних контролера.

Анализирамо савремене мехатроничке системе за управљање брзином кретања на конкретном возилу BMW који користи темпомат ситем или тзв. active cruise control. ACC систем ради у три стања код поменутог возила и то:

- Off стање;
- Standby стање;
- Active стање.

ACC је функционалан на возилу BMW при брзинама изнад 30 km/h, а испод 180 km/h. Тренутно се води дебата око тога да ли ACC систем великих брзина треба да остане одвојен од система за мале брзине или их треба уклопити у један систем који ће се аутоматски пребацивати из једног режима вожње у други у зависности од тренутне потребе. Контраверзна је могућност да функционалност система може бити угрожена између два брзинска опсега који се могу разликовати у малим али важним стварима. Могу изазвати збуњеност возача и неправилно коришћење система. У исто време корисници могу бити изиритирани тиме да имају два система и да морају стално укључивати и искључивати системе у односу на то како им се брзина кретања мења. Ова техничка питања ће се вероватно развијати по систему еволуције тако што ће сваки од произвођача радити по свом нахођењу и представљати нове производе тржишту.

У даљем развоју сагледавају се нови савременији системи који се надграђују на оне које тренутно користимо. Corporative Adaptive Cruise Control (CACC) је напредна верзија ACC система. CACC систем омогућава бежичну комуникацију о брзини и убрзању између два или више возила која су опремљена системом CACC, што ће представити тржишту бољу ефикасност током експлоатисања возилом.

8. Литература

[1] А. Јанковић, Д. Симић; Безбедност аутомобила; Крагујевац, 1996. Приступљено 15.05.2013

[2] Часопис

Д. Радоњић, А. Јанковић, Р. Радоњић;; INFLUENCE OF THE TREND OF MODERN VEHICLES MAXIMAL SPEED AND ACCELERATION INCREASING ON THE TRAFFIC SAFETY; Volume 38, Number 1, 2012; стр. 1-12; Приступљено 20.05.2013

[3] М. Тимотић; Завршни рад: АНАЛИЗА МЕХАТРОНИЧКИХ СИСТЕМА У ФУНКЦИЈИ БЕЗБЕДНОСТИ САОБРАЋАЈА; Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет; Београд 2010; Приступљено 14.05.2013

[4] М. Демич, Ј. Лукић; Теорија кретања моторних возила; Универзитет у Крагујевцу – Машински факултет; Крагујевац, 2011. Приступљено 10.06.2013

[5] Karen Lie; Cruise Control System in Vehicle; Calvin College Michigan, United States 1982. Приступљено 15.06.2013

[6] Д. Радоњић; Предавања и вежбе из предмета *Мехатроника МВ*; Универзитет у Крагујевцу; Факултет инжењерских наука; Крагујевац 2012/2013. Приступљено 24.03.2013

[7] И. Милојевић; Дипломски рад: Сензори у аутоиндустрији; Универзитет у Сарајеву; Електротехнички факултет; Сарајево 2009. Приступљено 24.06.2013

[8] Active cruise control

http://www.bmw.com/com/en/insights/technology/technology_guide/articles/active_cruise_control.html Приступљено 26.06.2013