



UDK: 631.372:669-8

PROBLEMI UPRAVLJANJA VOZILIMA

Rajko Radonjić

Mašinski fakultet - Kragujevac

Sadržaj: U ovom radu su istaknuti problemi upravljanja vozilima sa aspekta sleđenja željenih putanja. Prikazani su neki primeri starih seoskih vozila i modernih poljoprivrednih vozila. Razmotreni su i diskutovani različiti koncepti sistema za upravljanje vozila. Razvijen je odgovarajući fizički i matematički model za proučavanje karakteristika sistema za upravljanje. Prikazani su i analizirani ilustrativni primeri rezultata proračuna.

Ključne reči: vozilo, sistem, upravljački točkovi, model, proračun.

UVOD

Problemi upravljanja vozilima u smislu promene pravca kretanja, saglasno željenoj putanji, datiraju od početka primene prvih vozila sa manuelnom vučom. Ova vozila, najčešće izvedena kao platforma ili sanduk sa rudom i dva točka, čovek je koristio u početku, za olakšanje napornih poslova vezanih za prenošenje teških tereta, [1]. Kako su potrebe za prevoznim sredstvima postajale sve veće, njihova izvedba je sve složenija i masivnija, manuelnu vuču zamenjuju zaprege, srednje brzine kretanja su povećane, načinu upravljanja vozilima se posvećuje značajna pažnja. Navedeni faktori su doprineli razvoju različitih principa na kojima su bazirane praktične izvedbe sistema za upravljanje vozilima, zavisno od namene vozila i korišćenog principa vuče, odnosno pogona, kako je to prikazano na sl. 1 i 2.

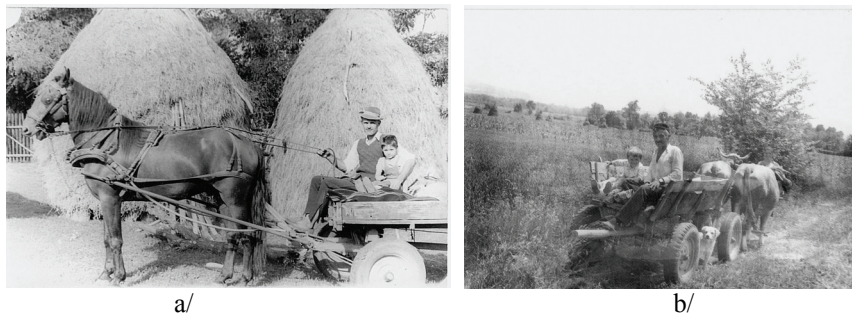
Prelomni trenutak u razvoju sistema za upravljanje vozila vezan je za pojavu prvih motornih vozila, koja su praktično predstavljala spregu vozila koje je pre toga vukla zaprega i pogonskog motora. No, sistem za upravljanje u ovom slučaju morao je da bude, među prvim agregatima koji su modifikovani, [2], [3]. U ovom smislu, faze razvoja, korišćeni principi i neki uvek aktuelni problemi upravljanja vozila, razmotreni su u narednim poglavljima.

ISTORIJSKI RAZVOJ SISTEMA ZA UPRAVLJANJE VOZILA

Na sl. 3, prikazani su neki osnovni principi korišćeni pri projektovanju i izvedbi sistema za upravljanje vozila. Šema na sl. 3a, prikazuje jedno-osovinsko vučeno vozilo, sa jednom (puna linija),odnosno dve (isprekidana linija), rude, r . Ovo vozilo ne poseduje uređaj za upravljanje, a vuča vozila i promena pravca kretanja, ostvaruju se dejstvom sile vuče, F_v , na kraju rude, u tački, V . Upravljanje dvo-osovinskim vučenim vozilima može se ostvariti, posredstvom rude r , na jedan od načina prikazanih na slikama, 3 b, c, d. Dakle, zaokretanjem prednjih točkova za isti ugao, zajedno sa prednjom pripadajućom osovinom, oko tačke O , sl. 3b. Zatim zaokretanjem prednjeg dela vozila u odnosu na zadnji posredstvom rude, r i zgloba, Z , sl. 3c. I na kraju, zaokretanjem prednjih točkova oko rukavaca, 1 i 2, posredstvom rude, r i mehanizma, M , sl. 3d. Odnos uglova zaokretanja levog i desnog točka, u ovom slučaju, definisan je geometrijskim, kinematskim i dinamičkim karakteristikama, primenjenog mehanizma, M .

Primer na sl. 3e, prikazuje osnovni koncept upravljanja dvo-osovinskim vučnim vozilom, sa prednjim upravljačkim i zadnjim pogonskim točkovima. Posredstvom točka upravljača, volana, i sistema za upravljanje, zaokreću se upravljački točkovi za neophodne uglove saglasno uslovima i režimima kretanja. Vučno, motorno vozilo može biti korišćeno pojedinačno ili u sprezi sa priključnim vozilima i radnim uređajima. U toj ulozi najčešće se sreću putnički automobili sa lakim prikolicama, teretni automobili sa prikolicama, polu-prikolicama, poljoprivredni traktori sa dužom specifikacijom mogućih radnih i transportnih priključaka, [5], [6].

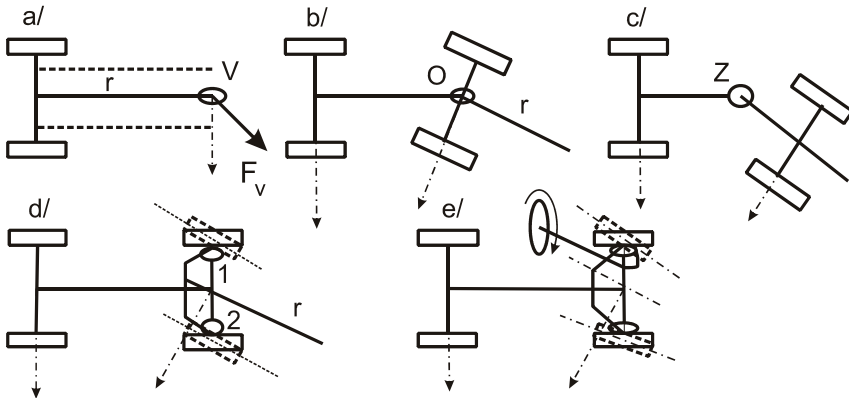
U svim gore navedenim slučajevima pojedinačnih i kombinovanih, spregnutih vozila, njihova funkcija upravljanja ispoljava bitan uticaj na pokazatelje efikasnosti rada i bezbednosti korišćenja. Zbog tih razloga se značajna pažnja poklanja problemima upravljanja, kako pri razvoju novih vozila i sistema, tako i pri njihovom korišćenju, sprezanju i održavanju. Na jednom opštem modelu dvo-osovinskog vučnog vozila, sa konvencionalnim sistemom za upravljanje, prikazanom u narednom poglavlju, istaknuti su aktuelni problemi u predmetnom domenu i segment istraživanja obuhvaćen ovim radom.



Sl. 1. Izvedbe zaprežnih vozila, a/ jedno zaprežno grlo – konj, b/ dva zaprežna grla - krave.



Sl. 2. Konfiguracije poljoprivrednog traktora, a/ radna, b/ transportna.

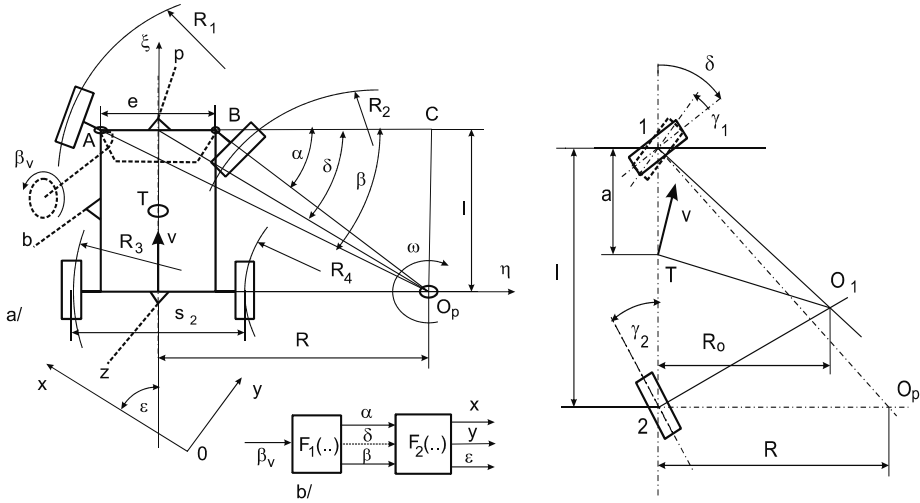


Sl. 3. Principi sistema upravljanja vozila

MODEL ZA SIMULACIONA ISTRAŽIVANJA

Fizički model dvo-osovinskog vučnog vozila, kao razrada principa upravljanja sa sl. 3e, prikazan je na sl. 4. Primarna funkcija upravljanja se ostvaruje posredstvom točka upravljača, zatim upravljačkog mehanizma i upravljačkih točkova. Na modelu su takode, prikazani mogući priključci za vučena vozila i radne uređaje: p – prednji, z – zadnji, b – bočni, [2]. U ovim slučajevima, upravljanje priključnim vozilima i uređajima je u direktnoj ili indirektnoj vezi sa upravljanjem vučnim, pogonskim vozilom.

Uz pomoć modela na sl. 4, i odgovarajućeg matematičkog opisa treba analizirati odnose uglova zaokretanja prednjih upravljačkih točkova vučnog vozila sa aspekta postavljenih zahteva i faktora koji ispoljavaju uticaj na te odnose, [7]. Blok $F_1(\dots)$, na sl. 4b, simbolično prikazuje prenosnu karakteristiku sistema za upravljanje, sa jednim ulazom – ugao zaokretanja točka upravljača, β_v , i dva izlaza – već pomenuti, uglovi zaokretanja upravljačkih točkova, β , α .



Sl. 4. Modeli sistema upravljanja vozila, a/ dva traga, c/ jedan trag, b/ podsystemi

Na istom prikazu je označen i ugao, δ , formiran određenom kombinacijom uglova, α , β , a u smislu svodenja sistema $F_1(\dots)$, na sistem sa jednim ulazom – jednim izlazom, $\beta_v - \delta$, kao i svodenje modela vozila sa dva traga, sl. 4a, na ekvivalentni model sa jednim tragom, sl. 4c. Polazeći od osnovnog kinematskog zahteva, zaokretanja vozila oko trenutnog pola O_p , na sl. 4a, ugaonom brzinom, $\omega = d\epsilon/dt$, mogu se uspostaviti sledeće zavisnosti između uglova, β , α i uticajnih parametara:

$$ctg\alpha = BC/CO, \quad ctg\beta = AC/CO, \quad ctg\beta - ctg\alpha = e/l, \quad (1)$$

$$tg\beta = [(R - e/2)/(R + e/2)]tg\alpha = l tg\alpha / (l + etg\alpha) \quad (2)$$

$$tg\beta = l/(R + e/2), \quad tg\alpha = l/(R - e/2), \quad tg\delta = l/R \quad (3)$$

$$R = [l - (e/2)tg\beta] / tg\beta = [l + (e/2)tg\alpha] / tg\alpha = l/tg\delta \quad (4)$$

$$R_1 = (l/\sin\beta) + (s_1 - e)/2, \quad R_2 = (l/\sin\alpha) - (s_1 - e)/2 \quad (5)$$

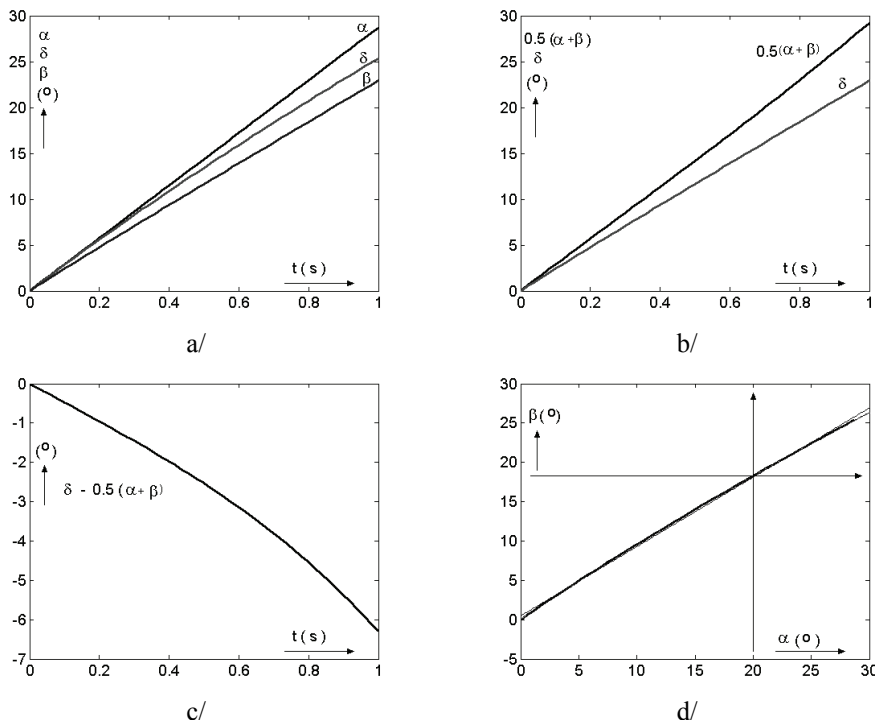
$$R_3 = R + s_2/2, \quad R_4 = R - s_2/2$$

$$v_i = R_i\omega, \quad i = 1, 2, 3, 4 \quad (6)$$

Oznake u izrazima, (1) do (6), su date na sl. 4. Pri tome treba istaći grupu uticajnih parametara koji su konstantni za posmatranu varijantu vozila, kao što su: l – međuosno rastojanje, e – razmak rukavaca upravljačkih točkova, $s_1 = R_1 - R_2$ – trag prednjih točkova, s_2 – trag zadnjih točkova. U grupu promenljivih parametara spadaju: R – poluprečnik zaokretanja vozila, R_i , $i = 1, 2, 3, 4$, - poluprečnici putanja točkova vozila, $v_i = R_i\omega$ odgovarajuće obimne brzine. Po drugom kriterijumu, svi gore navedeni uticajni parametri mogu se svrstati u grupu, kinematski, kao što su, v_i – obimne brzine, ω - ugaona brzina i u grupu, geometrijski – svi ostali, gore navedeni.

REZULTATI

Prema matematičkom modelu, (1) – (6), posmatranog vozila, urađeni su programi za kompjuterske proračune relevantnih pokazatelja sistema upravljanja vozila. Rezultati proračuna za konkretne polazne podatke, prikazani su na sl. 5 i 6.

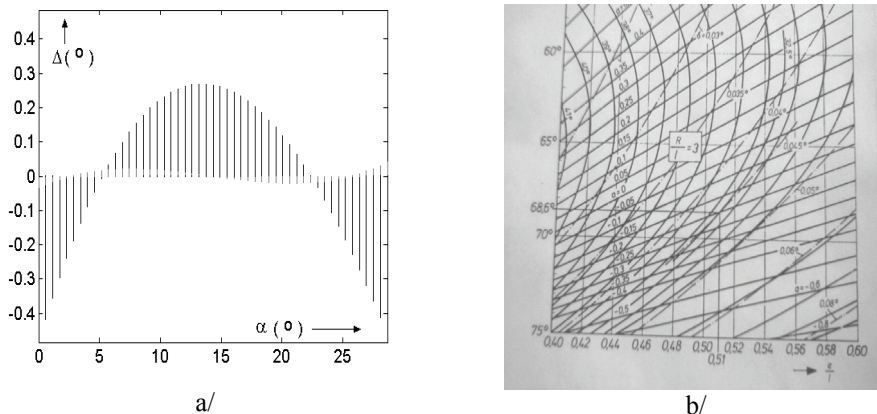


Sl .5. Rezultati proračuna odnosa uglova zaokretanja upravljačkih točkova.

Na sl. 5a, prikazani su rezultati proračuna uglova zaokretanja upravljačkih točkova vozila, α , β i ekvivalentnog ugla, δ , za gore postavljen kinematski uslov zaokretanja vozila. Ovi uglovi se međusobno razlikuju u posmatranom radnom domenu. Rezultati proračuna dati na sl. 5 b, c, ukazuju na grešku koja se pravi kada se ekvivalentni ugao zaokretanja upravljačkih točkova, usvoji kao njihova aritmetička sredina, $\delta=0.5(\alpha+\beta)$. Razlika, između ova dva ugla je evidentna i kvalitativno, sl. 5 b i kvantitativno, sl. 5 c.

Od značaja je poznavanje direktne zavisnosti između uglova zaokretanja upravljačkih točkova. Ilustrativni primer proračuna ovih odnosa pokazan je na sl. 5 d, za konkretne konstruktivne parametre, $l=3.5m$, $e=1.2m$, [5]. Na osnovu ovog prikaza i detaljnijeg prikaza na sl. 6a, crveni i plavi domen, identifikovana je nelinearna zavisnost posmatranih uglova. Ovo potvrđuju pokazatelji aproksimacije zavisnosti $\beta=\beta(\alpha)$, na sl. 5. d, iskazani funkcionalno i statistički na sledeći način: linearna - $\beta= 0.88\alpha + 0.48$, $\Delta\beta=1.7183$, crveno ; polinom drugog stepen - $\beta=-0.0036\alpha^2 + 0.98\alpha + 0.0033$, $\Delta\beta=0.123$; polinom trećeg stepena - $\beta=\beta(\alpha^3,\alpha^2,\alpha\dots)$, $\Delta\beta=0.001689$, plavo .

Korišćeni postupak proračuna omogućio je formiranje kompleksnih grafičkih prikaza uticajnih faktora na karakteristike sistema za upravljanje vozila. Jedan segment iz baze grafika prikazan je na sl. 6 b.



Sl. 6. Karakteristike sistema za upravljanje vozila, a/ identifikovani nelinearni odnosi, b/ grafički prikaz karakterističnih zavisnosti trapeza upravljanja.

ZAKLJUČAK

Problemi upravljanja vozilima različitih kategorija i namene datiraju od početka njihove upotrebe a ostali su aktuelni do današnjih dana. U proteklom vremenu razvijeni su brojni koncepti na kojima je bazirana praktična realizacija sistema za upravljanje kako pojedinačnih tako i spregnutih vozila. Procedura analize sistema polazi od postavljenih zahteva upravljanja vozilom, u smislu definisanja neophodnih geometrijskih i kinematskih odnosa, vodeći računa o dejstvu brojnih faktora u različitim uslovima korišćenja vozila. Predložena procedura analize i formirani program proračuna karakteristika sistema za upravljanje vozila, prikazani u ovom radu, mogu doprineti rešavanju navedenih problema.

LITERATURA

- [1] Zvorkin A. i ost. .: Istorija tehniki. Moskava, 1962.
- [2] Barskij I.: Dinamika traktora. Mašinstroenie, 1973.
- [3] Richey B.: Automatic pilot for farm tractors. Agricultural Engineering, 40 (2), 78-79,1959.
- [4] Noboru F. et al .: Vehicle automation system based on multi-sensor integration. ASDE Paper 983111.
- [5] CLAAS, FENDT, prospektni materijal, 2009, 2010.
- [6] Wong J .: Theory of ground vehicles. John Wiley & Sons, Newyork, 1995.
- [7] Radonjić R., Radonjić D.: Projektovanje sistema za upravljanje traktora s obzirom na upravljačko dejstvo vozača. Traktori i pogonske mašine, br.4, Novi Sad, 1998.

THE PROBLEMS OF VEHICLE STEERING

Rajko Radonjić

Mechanical Faculty - Kragujevac

Abstract: In this paper the problems of the vehicle steering control with respect to following of desired path are pointed out. Some example of past rural vehicle and modern agricultural vehicle are presented. Different concept of vehicle steering system are considered and discussed. An appropriate physical-mathematical model to study of vehicle steering system properties was developed. Illustrative examples of calculation results are presented and analyzed.

Key words: *vehicle, system, steering wheels, model, calculation*