

HUMAN MODELS IN CONTROL SYSTEMS

Petr Boháč

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT

E-mail: xbohac01@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Marie Havlíková

E-mail: havlika@feec.vutbr.cz

Abstract: The aim of this paper is to make a summary of human models in control systems. Particularly in closed-loop control systems. The simulation of human operator models in open-loop of feedback system is included.

Keywords: closed-loop, transfer function

1. ÚVOD

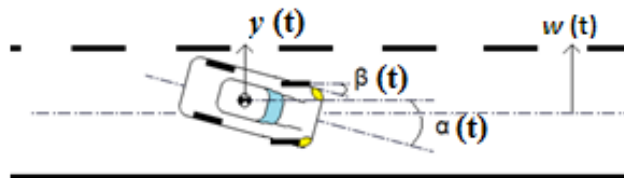
Lidské chování, rozhodování a schopnost předvídat a řídit děje jsou předmětem vědeckého zkoumání. Na jejich základech se navrhuje design přístrojů a ovladačů, tak aby byl člověk schopen podávat při řízení vyšší výkony a nedopouštěl se chyb.

2. MODEL Y ČLOVĚKA

Modely člověka tvořené nervovými sítěmi a fuzzy systémy jsou příliš komplikované a není v nich vidět záměr řízení. Vhodnější je použít nelineární modely. Pokud se na řídicí úlohu podívám podrobněji, je jasné, že se jedná o sérii jednoduchých akcí sledujících určitý cíl. Pokud budu modelovat lidského operátora v otevřené smyčce, není třeba se zabývat složitými komplexními modely. Je vhodné, abych si úlohu rozdělil na více částí a jednotlivé snahy splnit tyto pod-úlohy namodeloval jako lineární systémy či lineární systémy s dopravním zpožděním. Tyto modely jsou sice zjednodušující, ale za předpokladu že se soustava bude pohybovat v určitých mezích, celkem dobře a hlavně viditelně popisují chování člověka jako regulačního členu. Nelinearity do systému vstupují zavedením zpětné vazby.

2.1. KOMPENZAČNÍ ŘÍZENÍ

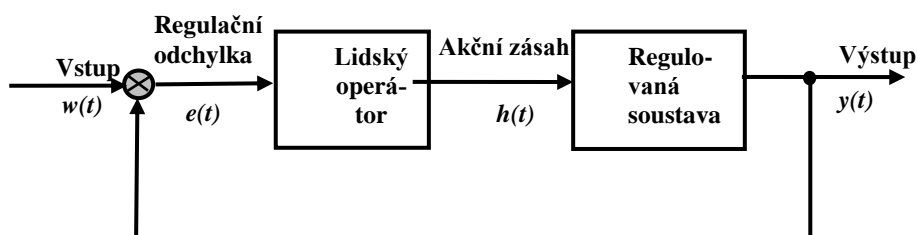
Lidský operátor provádí nejčastěji kompenzační řízení regulované soustavy. Jako příklad lze uvést řízení vozidla při jízdě v jednom pruhu. Člověk na základě informací ze zpětné vazby uzavírající se přes lidské oko, vykonává vždy kompenzační řízení. Porovnává svoji aktuální pozici $y(t)$ danou úhlem natočení vozidla $\alpha(t)$ a úhlem natočení kol $\beta(t)$ s požadovanou polohou vozidla $w(t)$, viz Obrázek 1.



Obrázek 1: Kompenzační řízení vozidla.

Člověk se snaží, dosáhnout takového stavu, aby regulační odchylka $e(t)$ ve zpětnovazebním obvodu s regulovanou soustavou $S(p)$ byla co nejmenší, nejlépe nulová. To mu umožňuje akční zásah x

(t). Základní regulační obvod s lidským operátorem ve funkci akčního členu s přenosovou funkcí $F(p)$ je znázorněn na Obrázek 2.



Obrázek 2: Blokové schéma kompenzačního řízení.

Přenosovou funkci lidského operátora $F(p)$ lze popsat pomocí diferenciálních rovnic a operátorového přenosu. Parametry přenosové funkce člověka lze stanovit experimentem. Očekává se však širší rozpětí hodnot, protože každý člověk je individuální jedinec s jinou schopností řídit. Navíc je tato schopnost ovlivněna mnoha faktory, jako například únava či stres.

2.2. PŘENOSOVÉ FUNKCE

Nejlépe popsané modely člověka ve funkci regulátoru jsou modely autopilota. Jednotlivým časovým konstantám ve vztahu (1) přiřadil fyziologický význam americký vědec McRuer.

$$F(p) = \frac{K \cdot e^{-T_D p} (T_a p + 1)}{(T_n p + 1)(T_I p + 1)} \quad (1)$$

K konstanta reprezentující zvyklosti řidiče,

T_D dopravní zpoždění mezi očním vjemem a odezvou mozku,

T_I zpožďující setrvačná konstanta související s naučenými stereotypy,

T_n setrvačná konstanta udávající zpoždění neuromuskulárního systémem,

T_a prediktivní konstanta závislá na zkušenosti řidiče.

Význam výše uvedených konstant je zde uveden v souvislosti s regulačními činnostmi člověka. V literárních zdrojích neexistuje jejich jednoznačná interpretace.

Vhodným matematickým modelem pilota pro účely simulace je lineární model s dopravním zpožděním. Přenosová funkce $F(p)$ zahrnuje prediktivní složku, zpětnovazební složku a perkognitivní regulátor.

Prediktivní složka udržuje režim letu na základě informací získaných ze zrakového pole a pocitových vjemů. Zpětnovazební složka pak porovnává požadovaný režim letu se skutečností a perkognitivní složka vyvolává z paměti naučený manévr.

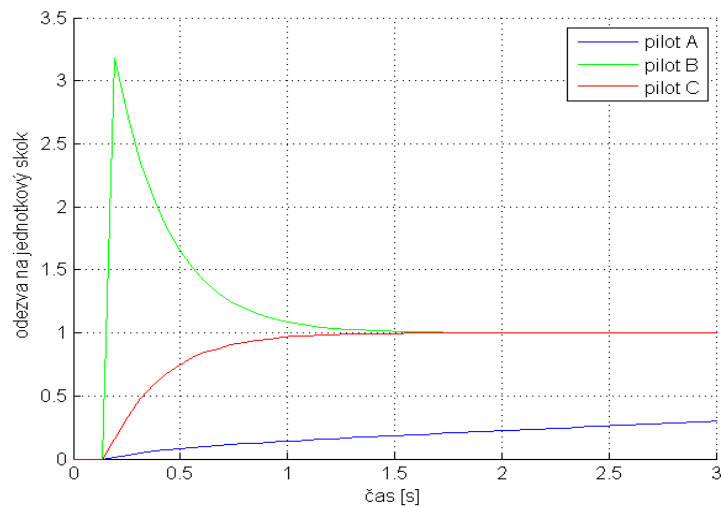
$$F_A(p) = K \frac{(T_a p + 1)}{(T_n p + 1)(T_I p + 1)} e^{-T_D p} \quad \text{pilot A} \quad (2)$$

Vypuštění setrvačného členu T_I přenosovou funkcí upraví do tvaru, který je známý jako *Crossover model* dynamiky člověka.

$$F_B(p) = K \frac{(T_a p + 1)}{(T_n p + 1)} e^{-T_D p} \quad \text{pilot B} \quad (3)$$

Zjednodušený model lidského operátora lze získat, pokud se zanedbá setrvačná konstanta T_I a derivační konstanta T_a .

$$F_C(p) = K \frac{1}{(T_n p + 1)} e^{-T_D p} \quad \text{pilot C} \quad (4)$$



Obrázek 3: Odezva modelů na jednotkový skok.

V grafu na Obrázku 3 jsem zobrazil odezvu na jednotkový skok v čase 0. Pro všechny modely jsem použil stejné hodnoty parametrů. Pilot A má velice pomalý regulační děj. Hlavní nevýhodou, kterou má Pilot B je velice vysoký překmit. Z hlediska regulace je na tom nejlépe pilot C, jehož přenosová funkce byla zjednodušena nejvíce.

3. ZÁVĚR

Vytvoření univerzálního modelu není možné, je třeba modely přizpůsobit řízeným úlohám. Parametry přenosových funkcí jsou pro každého člověka různé. Odlišnosti vychází z individuální schopnosti řídit a navíc jsou ovlivněny aktuální kondicí.

V této práci jsem uvedl nejvýznamnější modely příčného řízení. Modely pilotů jsem zaimplementoval do prostředí Matlab/Simulink, kde jsem zobrazil jejich odezvy na jednotkový skok.

REFERENCE

- [1] JALOVECKÝ, R. Člověk v systému řízení letounu. Sborník příspěvků 8. mezinárodní vědecké konference „Měření, diagnostika a spolehlivost palubních soustav letadel 2008“, Brno, Univerzita obrany, 2008. P. 67-74
- [2] HAVLÍKOVÁ, M. Simulační modely člověk_ vozidlo. *Automatizace*, 2009, vol. 52, no. 4, p. 236-241. ISSN: 0005- 125X.
- [3] WEWERINKE, P. H.; MODELING HUMAN LEARNING INVOLVED IN CAR DRIVING, IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 2-5 Oct. 1994, San Antonio, TX . Dostupné z WWW: <<http://doc.utwente.nl/58970/>>