

VYHODNOCOVANIE RÝCHLOSTI POHYBU OBJEKTOV

doc. Ing. Jozef TKÁČ, PhD.

Fakulta mechatroniky, Trenčianska univerzita A. Dubčeka v Trenčíne
Slovensko

Abstract

In the paper is presented methods of contactless tachometry by radar sensor. The radar sensors are characterize good reliability, relatively high accuracy of measurement. Aim of paper was suggested and realize the system, who it manages measure moving objects with pulse radar and software Matlab.

Measuring of moving objects has been realized through the radar sensor PSNR 1. The audio output of radar sensor has been used for velocity measure. A PC sound card and Matlab DAQ libraries was used for signal processing.

1 Úvod

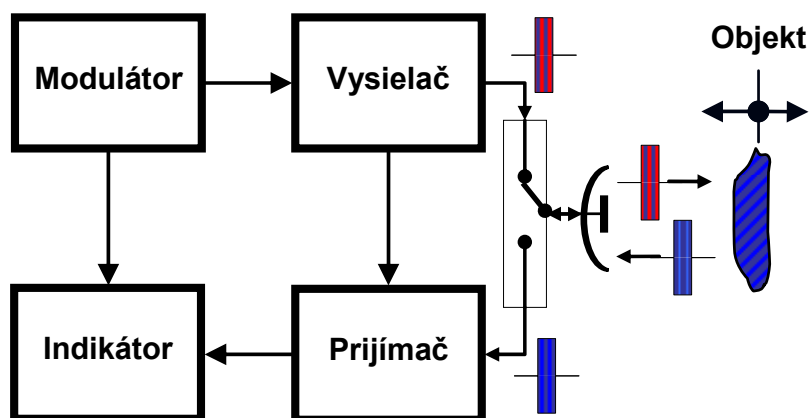
V súčasnosti sa v praxi využíva niekoľko metód bezkontaktného merania rýchlosti. Najbežnejším prostriedkom na detekciu objektov a určovanie rýchlosti ich pohybu sú radarové senzory. Vyznačujú sa dobrou spoľahlivosťou a relatívne vysokou presnosťou merania. Cieľom príspevku je navrhnúť a realizovať systém, ktorý dokáže vyhodnocovať rýchlosť pohybu objektov s využitím impulzového radaru a prostredia Matlab. Je známe, že impulzové radarové senzory sú primárne určené k meraniu polohy pozorovaných objektov. Meranie rýchlosti pohybu objektov je možné len v určitom definovanom rozsahu.

Meranie rýchlosti pohybu objektov je možné realizovať na základe vyhodnotenia zmeny frekvencie vysielaného signálu spôsobenej vplyvom Dopplerovho javu.

Meranie rýchlosti, resp. vyhodnocovanie rýchlosti pohybu objektov bolo realizované s využitím radarového senzora PSNR 1 (obr. 2). Pre vyhodnocovanie rýchlosti pohybu bol použitý zvukový výstup radaru. Signál bol spracovávaný zvukovou kartou PC a DAQ knižnice vývojového prostredia Matlab.

2 Popis a charakteristiky radarového senzora PSNR-1

Radar PSNR-1 patrí do kategórie impulzových radarových sensorov. Je konštruovaný ako monostatický systém vyznačujúci sa spoločnou anténou pre vysielanie a príjem. Prepínanie pre vysielanie a príjem zabezpečuje anténny prepínač. Zjednodušená bloková schéma radarového senzora je na obr. 1. a konštrukčné riešenie radaru PSNR-1 je na obr. 2.



Obr. 1. Bloková schéma radarového senzora PSNR-1



Obr. 2. Radarový senzor PSNR-1

Princíp činnosti impulzového radarového senzora spočíva v meraní časového oneskorenia medzi vyslaným a prijatým vysokofrekvenčným impulzom odrazeným od objektu, ktorý sa nachádza v poli vyžarovania antény podľa vzťahu [1]

$$t = \frac{2R}{c} \quad (1)$$

kde R - je vzdialenosť objektu od radarového senzora a c - rýchlosť šírenia elektromagnetickej energie.

Poloha sledovaného objektu sa určuje podľa zamerania antény a zmerania vzdialenosti, ktorá je úmerná dobe oneskorenia, čo vyplýva zo vzťahu (1). Nevýhodou tohto riešenia je, že sa obtiažne detekujú objekty nachádzajúce blízko antény. Čiastočne sa tento problém eliminuje vysielaním veľmi krátkych impulzov. Minimálna detekovateľná vzdialenosť objektu vyplýva zo vzťahu [2]

$$R_{\min} = \frac{ct_i}{2} \quad (2)$$

kde t_i - je šírka vysielaného impulzu. Pre PSNR-1 je minimálna pozorovacia vzdialenosť rovná 33 m.

Parametre použitého radaru PSNR-1 pre vyhodnocovanie rýchlosti pohybu objektov sú uvedené v tab. 1.

TAB. 1. PARAMETRE RADARU PSNR-1

Parameter	Hodnota
Nosná frekvencia	9 GHz
Dĺžka impulzu	220 ns
Opakovacia frekvencia vysielacích impulzov	4 kHz
Max. dosah	10 km
Počet kanálov	1 (amplitúdový)
Stredný výkon vysielacza	120 mW
Chyba merania diaľky	25 m

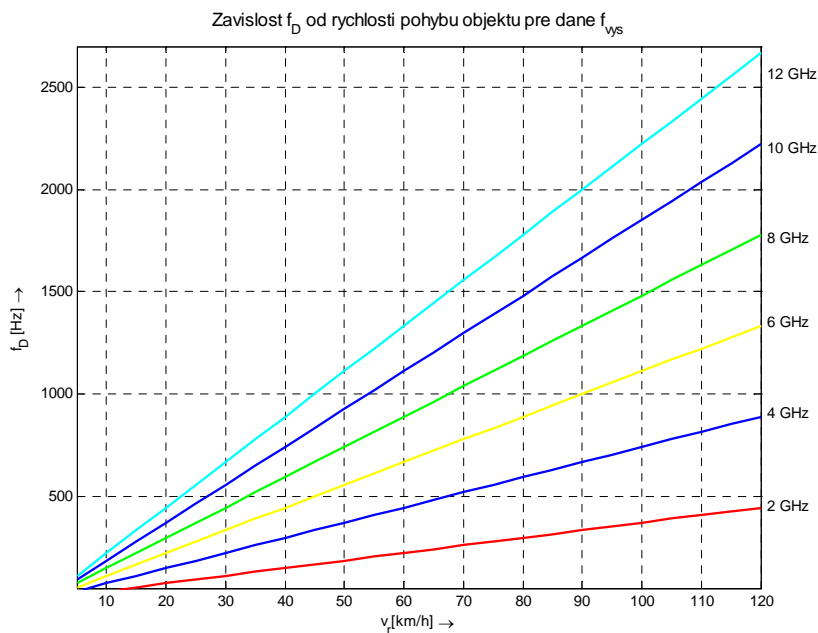
3 Vyhodnocovanie Dopplerovej frekvencie

Vplyvom pohybu pozorovaného objektu radarom dochádza k frekvenčnej modulácii odrazeného rádiolokačného signálu. Tento efekt sa nazýva Dopplerov jav. Frekvenčný posun sa vyhodnocuje ako zaznej v oblasti nízkych frekvencií podľa [1]

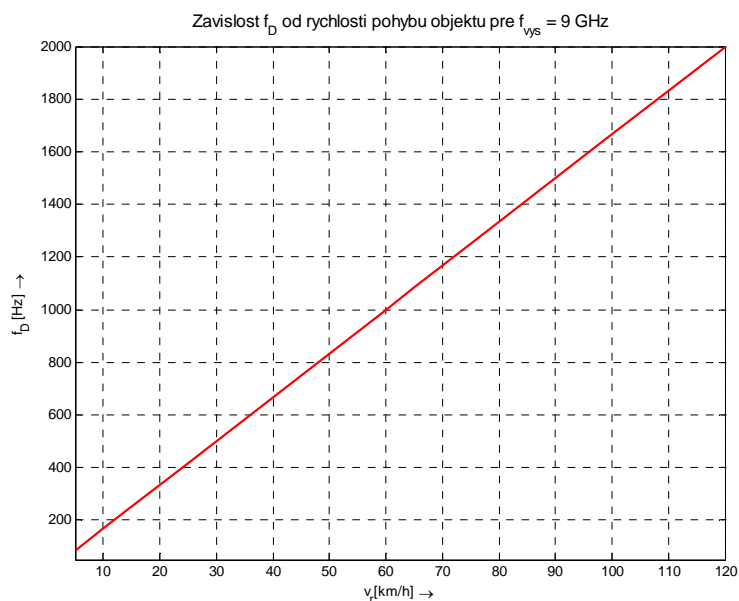
$$f_D = \frac{d\phi}{dt} \frac{1}{2\pi} = \frac{2f}{c} \frac{dR}{dt} = \frac{2v_r}{c} f_{\text{vys}} \quad (3)$$

kde v_r - je radiálna rýchlosť objektu, f_{vys} - vysielačia frekvencia, t - čas, ϕ - fáza signálu.

Závislosť zmeny Dopplerovej frekvencie od rýchlosti pohybu sledovaného objektu pre rôzne frekvencie vysielača f_{vys} radarového senzora je vyjadrená na obr. 3. Z priebehov vyplýva, že Dopplerova frekvencia sa zvyšuje s vysielačou frekvenciou radaru a rýchlosťou pohybu pozorovaného objektu. Priebeh závislosti $f_D(v_r)$ pre PSNR-1 je ukázaný na obr. 4.



Obr. 3. Priebeh závislosti f_D od radiálne rýchlosti pohybu objektu v_r



Obr. 4. Priebeh závislosti f_D od radiálne rýchlosti pohybu objektu v_r pre radar PSNR-1

Vyhodnotenie Dopplerovho posunu, alebo zistenie hodnoty Dopplerovej frekvencie v dôsledku pohybu sledovaného objektu, je možné vykonať analyzátorom prijatého signálu [3]. Tento analyzátor môže byť realizovaný napr. procesorom FFT (Fast Fourier Transform). Podmienkou spracovania signálu v procesore FFT je konštantná vzorkovacia frekvencia.

Z teórie rádiolokácie vyplýva, že impulzové radary umožňujú vyhodnocovať, merať rýchlosť pohybu objektov v rozsahu 0 až $f_D=f_{op}/2$. Pre radar PSNR-1 je to v rozsahu 0 až 2 kHz, čo zodpovedá vyhodnoteniu radiálnej rýchlosti v rozsahu 0 až 120 km/h.

4 Konfigurácia pre vyhodnocovanie rýchlosti pohybu objektov

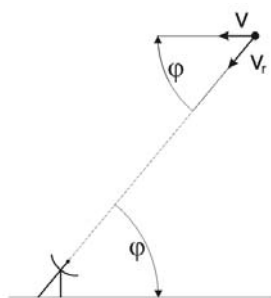
Vyhodnotenie radiálnej rýchlosti impulzovým radarom je možné vyjadriť vzťahom

$$v_r = \frac{f_D}{2} \lambda = \frac{f_D c}{2 f_{vys}} \quad (4)$$

kde λ je vlnová dĺžka vysielaného signálu, na ktorej pracuje radarový senzor. Pre vyhodnocovanie skutočnej rýchlosti pohybu objektov v je potrebné poznať uhol pozorovania objektu φ . Potom skutočnú rýchlosť vypočítame podľa vzťahu

$$v = \frac{v_r}{\cos \varphi} \quad (5)$$

kde φ je uhol, pod ktorým je objekt pozorovaný. Situácia je znázornená na obr. 5



Obr. 5. Uhol pozorovania pohybujúceho sa objektu radarovým senzorom

Konfigurácia postavenia radarového senzora a pohybujúceho sa objektu je znázornená na obr. 6. Z uvedeného vyplýva, že objekty boli pozorované pod uhlom $\varphi = 62^\circ$. Vzďialenosť pozorovaného objektu bola cca 188 m.



Obr. 6. Reálne znázornenie situácie procesu vyhodnocovania rýchlosti pohybu

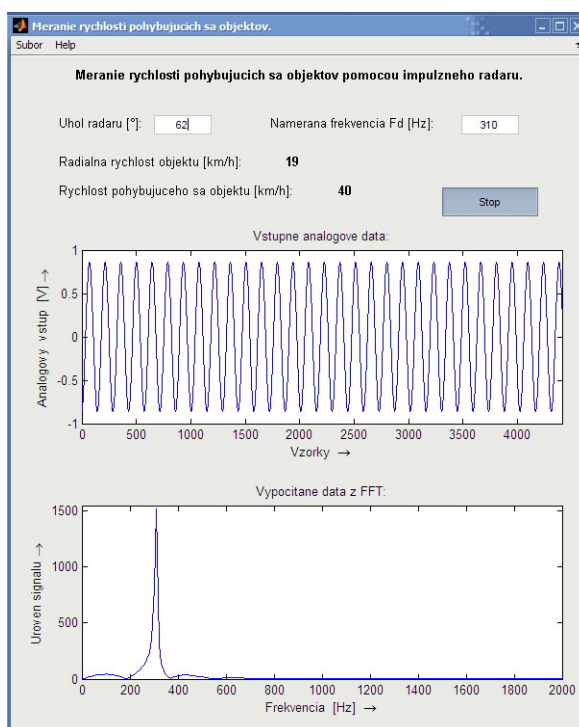
5 Vyhodnocovanie rýchlosti pohybu v prostredí Matlab

Pre vyhodnocovanie rýchlosti pohybu objektov, bol využitý zvukový kanál radaru. Pre zber dát bola použitá PC zvuková karta a DAQ knižnica prostredia Matlab. Signál zvukovou kartou bol vzorkovaný vzorkovaciu frekvenciou 44,1 kHz. Princíp akvizície dát pomocou PC zvukovej karty je znázornený na obr. 7. Princíp činnosti a možnosti knižnice DAQ Matlab je popísaný napr. v [4].



Obr. 7. Spôsob akvizície dát s využitím prostredia Matlab a zvukovej karty

Pre vyhodnotenie rýchlosti pohybu objektov bolo vytvorené grafické prostredie (obr. 8), ktoré umožňuje užívateľovi pozorovať priebeh signálu z radaru, ako aj priebeh jeho spektra. Zo spektra signálu sa vyhodnocujú s využitím funkcie fft Matlabu Dopplerovu frekvenciu, z ktorej s využitím vyššie uvedených vzťahov vyhodnocujeme rýchlosť pohybu objektu. Pomocou tlačidla Start/Stop je možné spustiť resp. prerušiť zachytávanie vstupných dát zo zvukovej karty a realizovať meranie. V grafickom prostredí nastavujeme parameter merania, ako je uhol pozorovania objektu (uhol radaru) a vyhodnocujeme radiálnu a skutočnú rýchlosť pohybu objektu.



Obr. 8. Grafické užívateľské prostredie pre vyhodnocovanie rýchlosti pohybu objektov

6 Záver

Radarový senzor PSNR-1 nie je priamo určený pre meranie rýchlosti objektov. Určenie rýchlosti pozorovaných objektov je doplnkové meranie a je orientačné. Radarom PSNR-1 sme schopní vyhodnocovať rýchlosť objektov v rozsahu 0 až 120 km/h. Pri meraní je potrebné mať na zreteli dva limitné prípady, kedy sa objekt pohybuje v smere k radaru a potom $v=v_r$. Druhý prípad je ak sa objekt pohybuje po kružnici jeho radiálna rýchlosť je nulová a radarom objekt nie je detekovaný.

S využitím knižnice DAQ pre zber dát a prostredia Matlab sa rozšírili možnosti využitia impulzového radaru PSNR-1. Navrhované riešenie umožňuje vyhodnocovanie rýchlosti pohybu objektov. Vyhodnotenie rýchlosti pohybu objektov je orientačné. V tejto etape nebola vyhodnocovaná presnosť a chyba merania.

Literatúra

- [1] Skoľnik, M.: Spravočník po radiolokaciji. Moskva, Sov. radio 1978, s. 193-216.
- [2] TKÁČ, J.: Mikrovlnové sensory. TnUAD Trenčín, 2007, s. 46-54. - ISBN 978-80-8075-215-6
- [3] TKÁČ, J.: Identifikácia rádiolokačných objektov. [Habilitationná práca], Liptovský Mikuláš, 2003.
- [4] TKÁČ, J.: Akvizícia a analýza dát s využitím meracích kariet a MATLABu. Zborník VA, Liptovský Mikuláš, 2000

doc. Ing. Jozef TKÁČ, PhD.
Fakulta mechatroniky
Trenčianska univerzita A. Dubčeka v Trenčíne
Študentská 2, Trenčín, Slovensko
tel.: +421 907 822012
tkac@tuni.sk