



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2017 00767

(22) Data de depozit: 28/09/2017

(41) Data publicării cererii:  
28/06/2019 BOPI nr. 6/2019

(71) Solicitant:  
• SYSCOM 18 S.R.L., CALEA PLEVNEI  
NR. 139B, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:  
• CHELARU TEODOR-VIOREL,  
STR. VASILE CONTA NR. 1, BL. 34 A2,  
AP. 16, PLOIEȘTI, PH, RO;

• HOLDON BOGDAN, BD. IULIU MANIU  
NR. 17, BL. 21P, SC. 6, ET. 5, AP. 209,  
SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;  
• CONSTANTINESCU CRISTIAN,  
STR. CAPORALULUI NR. 25-27,  
BRAGADIRU, IF, RO;  
• CHELARU ADRIAN, STR. VASILE CONTA  
NR. 1, BL. 34 A2, AP. 16, PLOIEȘTI, PH, RO

(54) SISTEM DE GHIDARE NAVIGAȚIE ȘI CONTROL  
PENTRU SISTEM REACTIV DE COMANDĂ CU GAZ RECE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem de ghidare, navigație și control, pentru un sistem reactiv de comandă cu gaz rece al unui lansator suborbital. Sistemul conform invenției este alcătuit din următoarele module: un modul (M1) conținând o sursă de alimentare, un modul (M2) cuprinzând o unitate de calcul și control, și interfețe, un modul (M3) cu senzor de accelerație liniară pe 3 axe și receptor GPS, și un modul (M4) cu senzor de viteză unghiulară pe 3 axe și senzor de câmp magnetic pe 3 axe, componentele modulelor fiind dispuse pe plăci de circuit imprimat, realizate din punct de vedere geometric, astfel încât să respecte configurația vectorului suborbital.

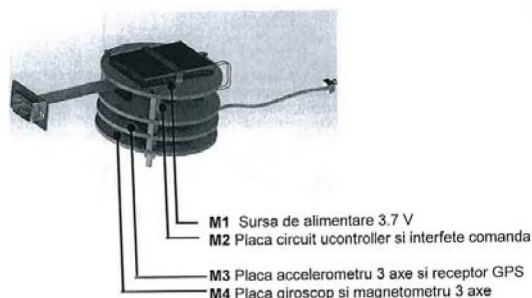


Fig. 2

Revendicări: 3  
Figuri: 6



# Sistem de ghidare navigație și control pentru sistem reactiv de comanda cu gaz rece

## Descrierea propunerii de invenție

|                                          |
|------------------------------------------|
| OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI |
| Cerere de brevet de invenție             |
| Nr. .... a 2017 00767                    |
| Data depozit .... 28-09-2017             |

### 1. Descrierea produsului

GNC, din punct de vedere constructiv, este format din următoarele module, ca în Figura 1:

- modul cu sursa de alimentare de 3.7 V (M1)
- modul cu unitatea de calcul și control interfete (M2)
- modul cu senzor de accelerație liniară pe 3 axe și receptor GPS (M3)
- modul cu senzor de viteză unghiulară pe 3 axe și senzor câmp magnetic pe 3 axe (M4).

Componentele modulelor sunt dispuse pe plăci de circuit imprimat, realizate din punct de vedere geometric astfel încât să respecte configurația vectorului suborbital (Figura 2).

Toți senzorii pe 3 axe sunt plasați în centrul plăcilor și cu axe orientate în aceleași direcții (Figura 3).

### 2. Descriere metodei de calcul

#### 2.1 Semnalele măsurate de senzori

După rotirea măsurătorilor pentru suprapunerea axelor sistemului de măsură peste axele triedrului legat de corp, avem la dispoziție 6 mărimi:

$p, q, r$  - componentele vitezei unghiulare după axele triedrului legat de corp, măsurate de girometre

$a_{xa}, a_{ya}, a_{za}$  - componentele accelerației mișcării după axele triedrului legat de corp, măsurate de accelerometre.

#### 2.2 Determinarea unghiurilor de rotație

După cum se arată în lucrarea [1] o rotație între două triedre oarecare poate fi exprimată cu ajutorul unui singur unghi  $\sigma$  în jurul unei axe de versori  $l, m, n$ .

Dar rotația generală a unghiului  $\sigma$  poate fi exprimată prin suprapunerea a trei rotații simultane după axele triedrului mobil ( $Oxyz$ ) de unghiuri:

$$\xi = \sigma l; \eta = \sigma m; \zeta = \sigma n \quad (1)$$

unde:

$\xi$  - unghi de rotație în jurul axei x (unghiul de ruliu)

$\eta$  - unghi de rotație în jurul axei y

$\zeta$  - unghi de rotație în jurul axei z

## Sistem de ghidare navigație și control pentru sistem reactiv de comanda cu gaz rece

### 2.3 Formarea comenzilor

Pentru formarea comenzilor se pleacă de la semnalele furnizate de sistemul Ghidare, Navigație și Control (GNC) care pentru un vehicul de tip lansator poate fi descrise cu ajutorul a trei mărimi continue :

- semnalul pe canalul de rulu -  $u_l$
- semnalul pe canalul girație -  $u_m$
- semnalul pe canalul de tangaj -  $u_n$

Aceste semnale se aplică sistemului de acționare, care poate fi un TVC (Thrust Vector Control) sau în cazul de față un RCS (sistem de comanda reactiva).

În Figura 4 este prezentată schema de formarea a comenzilor pentru RCS cu 6 elemente reactive.

Pe de altă parte, după cum se poate vedea din Figura 4, cele 2 blocuri de elemente reactive sunt dispuse în planul xoz legat de corp, ceea ce permite ca cu elementele reactive  $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4$  să se realizeze comenzi în rulu și girație, în timp ce cu elementele  $\delta_5, \delta_6$  se realizează comanda de tangaj, și o comandă axială. Pentru a putea formaliza problema, vom considera că mărimile  $\delta_i$  sunt niște vectori a căror orientare este dată de axele ajutoarelor reactive, fiind prezentată în Figura 4, iar modulul are o formă binară, căpătând valoarea „1” dacă elementul reactiv funcționează, sau „0” dacă elementul reactiv respectiv este oprit. Pentru a trece de la semnalele de comandă continue  $u_l, u_m, u_n$  furnizate de GNC la valoarea binară a elementelor  $\delta_i$ , se formează întâi semnalele intermediare:

$$u_1 = u_l - u_m - y_1 ; \quad u_2 = u_l + u_m - y_2 ; \quad u_3 = u_n - y_3 \quad (2)$$

Aceste semnale se trec prin 3 elemente de tip Schmidt Trigger, în bucla deschisă de amplitudine unitară, rezultând valorile celor 6 elemente  $\delta_i$  astfel:

$$y_1 = \begin{cases} ST(u_1) = 1 \rightarrow \delta_1 = 0; \delta_2 = 1 \\ ST(u_1) = -1 \rightarrow \delta_1 = 1; \delta_2 = 0 \\ ST(u_1) = 0 \rightarrow \delta_1 = 0; \delta_2 = 0 \end{cases} \quad y_2 = \begin{cases} ST(u_2) = 1 \rightarrow \delta_3 = 0; \delta_4 = 1 \\ ST(u_2) = -1 \rightarrow \delta_3 = 1; \delta_4 = 0 \\ ST(u_2) = 0 \rightarrow \delta_3 = 0; \delta_4 = 0 \end{cases}$$

$$y_3 = \begin{cases} ST(u_3) = 1 \rightarrow \delta_5 = 0; \delta_6 = 1 \\ ST(u_3) = -1 \rightarrow \delta_5 = 1; \delta_6 = 0 \\ ST(u_3) = 0 \rightarrow \delta_5 = 0; \delta_6 = 0 \end{cases} \quad (3)$$

unde s-a notat cu  $ST(u)$  aplicarea unui element Schmidt Trigger asupra semnalului  $u$  în bucla deschisă.

Sistemul de comandă care se poate descrie printr-un element de tip *Schmidt Trigger*, are schema funcțională dată în Figura 5. Se observă că acest element este compus dintr-un bloc neliniar (N), de tip releu cu histerezis și zone de insensibilitate și un bloc integrator liniar care permite un reglaj suplimentar al sistemului. Pentru urmărirea mărimii de intrare, ieșirea se aduce la intrarea sistemului sub forma unei bucle de reacție.

## Sistem de ghidare navigație și control pentru sistem reactiv de comanda cu gaz rece

Elementul neliniar care face comutarea între motoare poate fi echivalat cu releu cu histerezis și zonă de insensibilitate după cum se poate vedea în Figura 6. Dimensiune zonei de insensibilitate este  $2a$ , lățimea zonei de histerezis este  $b$ , iar ieșirea în saturare este  $\pm 1$ .

### Referinte

- [1] Chelaru T.V. „*Dinamica Zborului–Racheta dirijată*”, Ed a - II- a revizuita și adăugită, Ed. Printech, ISBN 973-718-013-5, București, 434 pag. ,mai 2004.
- [2] „Proiect Lansator suborbital de testare, dezvoltare subsisteme neconvenționale” Raport științific și tehnic etapa 1, decembrie 2012.
- [3] STP M 040421-99, „*Indici de calitate a zborului rachetei comandate - Cerințe tehnice generale*”, București, 1998.
- [4] STP M 40455-99, „*Sistemul rachetă dirijată - Terminologie și simboluri*”, București, 1998.
- [5] STP M 40406-99, „*Sistemul rachetă comandată - Terminologie și simboluri*”, București, 1998.
- [6] STP M 40405-96, „*Caracteristici geometrice și aerodinamice ale rachetei - Terminologie și simboluri*”, București, 1995;
- [7] STP M 40420-96 -*Derivatele coeficienților torsorilor dinamici - Terminologie și simboluri*, București, 1995;
- [8] Chelaru T.V., Barbu C. “*Mathematical model for sounding rockets, using attitude and rotation angles*”, International Journal of Applied Mathematics and Informatics, ISSN 2074-1278, Issue 1, Volume 3, pp. 35-44, 2009.
- [9] Chelaru T.V., Stoica A.M., Barbu C., Chelaru A., “*Attitude control for small satellites using rotation angles*”, Proceedings of 1-st IAA Conference on Dynamics and Control of Space Systems–DyCoSS’2012, pp. 719-738, ISBN 978-0-87703-588-6 Porto, Portugal, 19-21 Mar. 2012.
- [10] Niță M.M., Stoica A., Dănăilă S., Pârvu P., Teodorescu C., “*Derivatele coeficienților torsorilor dinamici*”, STP M 40420-96, 1995, Standard de Tehnică Profesională Militară.

### Abrevieri

RCS - Reaction Control System (Sistem de comanda reactiva)  
 GPS - Global Positioning System (Sistem de pozitionare globala prin satelit)  
 GNC - Guidance Navigation and Control System (Sistem de ghidare navigatie si control)  
 MEMS - Micro Electro Mechanical System (Dispozitive micro-electro-mecanice)

Terminologia și notațiile sunt în concordanță cu standardele [3], [4], [5], [6], și [7].

# Sistem de ghidare navigație si control pentru sistem reactiv de comanda cu gaz rece

## Revendicari

1. Utilizarea unui  $\mu$ Controller programabil cu consum foarte mic de energie (Ultra Low Power) si cu unitate de calcul in virgula mobila, ceea ce permite efectuarea unor calcule complexe, caracteristice unui procesor numeric de semnal (DSP), dar cu un buget energetic sensibil imbunatatit.
2. Metoda de determinarea a coordonatelor liniare si a atitudinii vehiculului bazata pe unghiuri de rotatie.
3. Metoda de formare a comenzilor pentru sistem de comanda reactiva (RCS) cu gaz rece, cu 6 elemente reactive.

# Sistem de ghidare navigație si control pentru sistem reactiv de comanda cu gaz rece

## Figuri

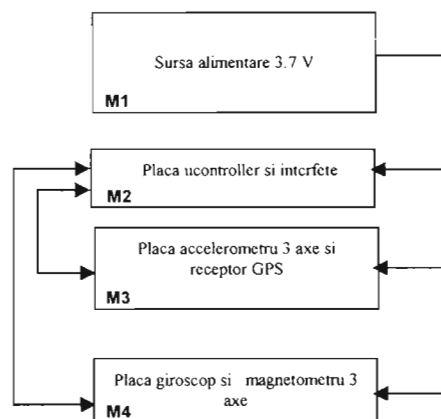


Figura 1.

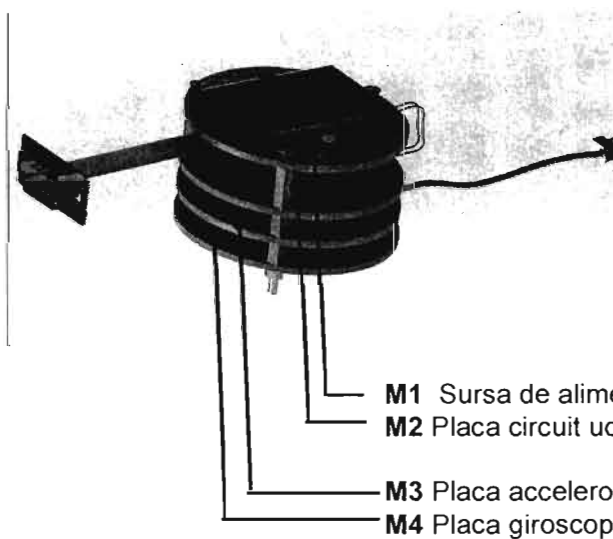
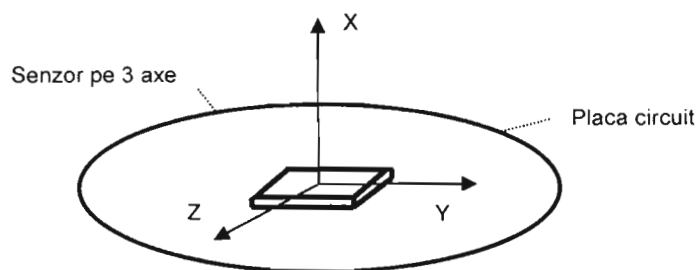
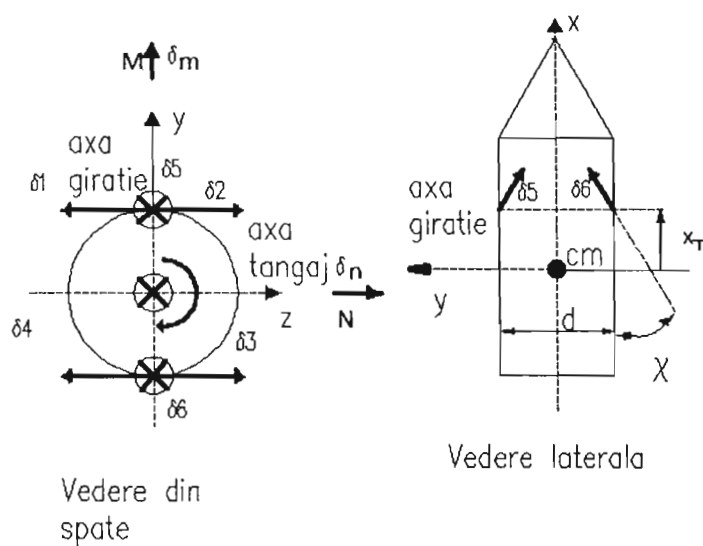


Figura 2.

## Sistem de ghidare navigație si control pentru sistem reactiv de comanda cu gaz rece

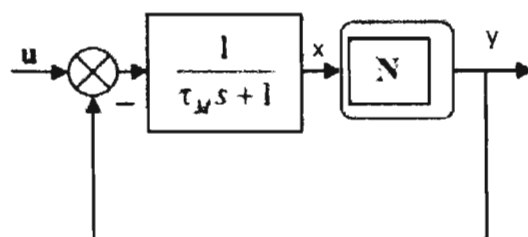


**Figura 3.**

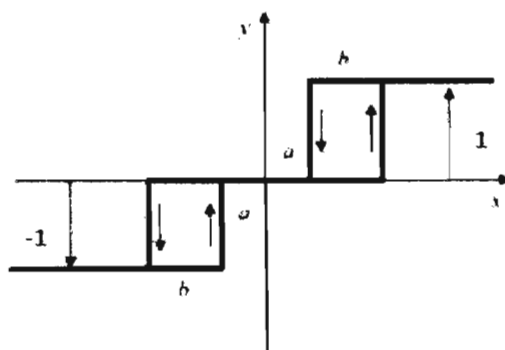


**Figura 4.** Schema de formare a comenzilor pentru RCS cu 6 elemente reactive

# Sistem de ghidare navigație și control pentru sistem reactiv de comanda cu gaz rece



**Figura 5.** Element de comanda de tip Trigger Schmidt cu element neliniar



**Figura 6.** Schema de funcționare a elementului neliniar (N)