

(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2022 00784

(22) Data de depozit: 29/11/2022

(41) Data publicării cererii:
30/05/2023 BOPI nr. 5/2023

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN
BUCUREȘTI, SPLAIUL INDEPENDENȚEI
NR.313, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:
• ANANIA FLOREA DOREL,
STR.GIUSEPPE GARIBALDI NR.4, BL.4,
AP.53, SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO;
• BIȘU CLAUDIU FLORINEL,
STR. CODRULUI NR. 8, MĂGURELE, IF,
RO;
• ZAPCIU MIRON, STR. PICTOR ȘTEFAN
DIMITRESCU NR. 11, BL. 11, SC. 1, AP. 5,
SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO;
• PUPĂZĂ CRISTINA, CALEA MOȘILOR,
NR.221, BL.31A, SC.2, ET.7, AP.59,
SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO;

• BĂLAN EMILIA, ALEEA FUIORULUI, NR.1,
BL.H25, SC.1, AP.3, SECTOR 3,
BUCUREȘTI, B, RO;
• STOICA MARILENA, STR.MURGENI,
NR.3, BL.L29, SC.B, ET.5, AP.87,
SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;
• PENA ANDRA-ELENA, STR.LEORDENI,
NR.219BIS, POPEȘTI-LEORDENI, IF, RO;
• GEORGESCU LUMINIȚA-ELENA,
ȘOS.VIRTUȚII, NR.14, BL.R11C, SC.2, ET.3,
AP.51, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;
• ALEXANDRU TUDOR, STR.DR. IACOB
FELIX, NR.99, BL.18, ET.6, AP.24, SECTOR
1, BUCUREȘTI, B, RO;
• CUCIUREANU DAN, BD.1 MAI, NR.33,
BL.C12, SC.B, ET.3, AP.70, SECTOR 6,
BUCUREȘTI, B, RO

Această publicație include și modificările descrierii,
revendicărilor și desenelor depuse conform art. 35 alin.
(20) din HG nr. 547/2008

(54) **SISTEM DE DESCHIDERE CU CONTROL PASIV AL
CUPLULUI DE DESCHIDERE ȘI PRELUAREA DILATAȚIILOR
TERMICE LA DESCHIDEREA PANOURILOR DIN
CONSTRUCȚIA MICROSATELIȚILOR**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem de deschidere a panourilor din construcția microsateleților. Sistemul, conform invenției, asigură controlul cuplului de deschidere prin intermediul unei piese intermediare tubulare, a cărei lungime este calculată în funcție de pretensionarea necesară a unui arc elicoidal de compresiune (13), viteza de deschidere a panourilor fiind lentă și controlată prin forța de frecare dintre piesa tubulară (12) și o articulație (15) de balama, poziția finală a panourilor deschise fiind obținută prin deschiderea completă a unui arc de torsiune (16) din componența balamalei.

Revendicări inițiale: 5
Revendicări amendate: 4
Figuri: 7

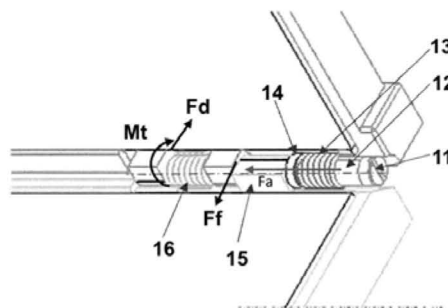


Fig. 3

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI	
Cerere de brevet de invenție	
Nr.	a 2022 0784
Data depozit	29-11-2022

Titlul brevetului

SISTEM DE DESCHIDERE CU CONTROL PASIV AL CUPLULUI DE DESCHIDERE ȘI PRELUAREA DILATAȚIILOR TERMICE LA DESCHIDEREA PANOURILOR DIN CONSTRUCȚIA MICROSATELIȚILOR

Solicitant:

Universitatea POLITEHNICA din București

Autori:

1. ANANIA Florea-Dorel
2. BÎȘU Claudiu-Florinel
3. ZAPCIU Miron
4. PUPĂZĂ Cristina
5. BĂLAN Emilia
6. STOICA Marilena
7. PENA Andra-Elena
8. GEORGESCU Luminița-Elena
9. ALEXANDRU Tudor-George
10. CUCIUREANU Dan

1. Rezumat

Invenția descrie un sistem de deschidere a panourilor din construcția microsateleților, cu controlul pasiv în trei trepte a cuplului de deschidere, cu preluarea deformațiilor termice în condițiile unei variații de temperatură între -50°C ... $+70^{\circ}\text{C}$. Controlul cuplului de deschidere se realizează prin inserarea unei piese intermediare tubulare, a cărei lungime se calculează în funcție de pretensionarea necesară a unui arc elicoidal de compresiune. Viteza de deschidere a panourilor este lentă și controlată prin forța de frecare dintre piesa tubulară și articulația balamalei. Poziția finală a panourilor deschise este obținută prin deschiderea completă a arcului de torsiune din componența balamalei, panourile ocupând poziții relative predefinite de 90° și 180° , acestea fiind limitate mecanic din proiectare, de suprafețele alăturate în contact. Poziția finală a panourilor este corect aliniată față de aceeași axă longitudinală și formează un poligon închis prin utilizarea a două benzi magnetice atașate primului și ultimului panou din ansamblul satelitului.

2. Domeniul tehnic la care se referă invenția

Această invenție se aplică micro și nanosateliților lansați în spațiul cosmic, deschiderea panourilor solare efectuându-se într-un mod controlat, astfel încât să fie respectată poziția unghiulară și axială corectă. Sistemul propus utilizează balamale în construcție integrată în panouri, cu arcuri de torsiune pentru deschidere și arcuri de compresiune pentru controlul cuplului de deschidere și preluare a deformațiilor termice. Sistemul se aplică micro și nanosateliților construiți în sistem "Thin", cu grosimea unui panou de circa 10 mm.

3. Stadiul tehnicii și contextul actual la nivel internațional

La nivel internațional, există numeroase configurații de micro și nanosateliți, cei mai întâlniți fiind: CubeSats, PocketQubes, TubeSats, SunCubes și ThinSats. Aceste soluții de deschidere a panourilor se referă în marea lor majoritate la panourile solare, din necesitatea de a avea o suprafață cât mai mare pentru a absorbi razele soarelui ca sursă de energie pentru generarea de electricitate. Corpul satelitului este placat cu panouri solare, dar acestea sunt insuficiente pentru autonomia satelitului. Toate soluțiile în contextul actual propun panouri solare suplimentare, care se deschid în mod controlat prin utilizarea de articulații.

Din multitudinea de soluții brevetate la nivel internațional au fost selectate 7 brevete și un model de utilitate, care vor fi expuse în continuare și care se apropie cel mai mult de prezenta invenție: CN215818040U, CN106763131A, KR101300516B1, CN113247312A, CZ24461U1, CN106763131A, CN113148229A și CN216233082U.

CN215818040U – *Articulație pentru deschiderea panourilor solare cu autoblocare.*

Brevetul descrie o articulație cu autoblocare pentru deschiderea panourilor solare. Pentru a atinge acest scop, soluția tehnică descrie o balama cu autoblocare pentru panourile celulelor solare, care are o stare închisă și o stare desfășurată. Balamaua mama are un arc de torsiune pe axul de rotire, primul capăt al arcului de torsiune acționează pe balamaua tată, iar cel de-al doilea capăt al arcului de torsiune acționează pe balamaua mamă. Balamaua tată are un orificiu în care intră piesa de blocare cu scopul de a realiza autoblocarea balamalelor în poziția desfășurată.

CN106763131A - *Balama de dimensiuni mici și ușoară aplicată pe mecanismul de extensie a satelitului.*

Balamaua utilizează un arc de torsiune ca parte de acționare în procesul de deschidere. Energia potențială elastică a arcului de torsiune este utilizată pentru deschiderea unor panouri, astfel încât balamaua se extinde automat după extragerea unei piese de reținere. Există trei găuri de montare pentru

unul din capetele arcului de torsiune, care pot fi folosite pentru a regla fin cuplul de deschidere a balamalei.

KR101300516B1 - *Dispozitiv de articulare a satelitului folosind balama cu arc de tip bandă și cilindru din aliaj cu memorie de formă.*

Invenția se referă la o balama pentru un satelit artificial cu gabarit redus și rigiditate ridicată, care utilizează un aliaj cu memorie de formă. Panoul solar poate fi compus din unul sau mai multe pachete de panouri, astfel încât să existe un mecanism fiabil de deschidere în spațiu și, în același timp, să mențină forma corectă desfășurată a satelitului și să existe o structură suficient de rigidă. Balamaua conține un arc tip bandă prevăzută între primul și al doilea panou, astfel încât cele două panouri să fie aliniat după extindere. Cele două panouri vor fi conectate elastic prin arcul de tip bandă și vor avea o poziționare secundară suplimentară printr-un cilindru din aliaj cu memorie de formă inserat între primul și al doilea panou suport. Memoria de formă a cilindrului se va manifesta după deschiderea panourilor.

CN113247312A - *Structură de deblocare și desfășurare a panoului solar Cubesat*

Invenția oferă o structură de deblocare și desfășurare a panourilor solare pentru microsateleții de tip CubeSat, care economisește spațiu, reduce complexitatea mecanismului de deschidere autonomă a panourilor solare CubeSat. Cuprinde un suport principal și două ansambluri de panouri solare instalate simetric la capetele celor două laturi a suportului principal. Cele două ansambluri solare de tip placă sunt conectate printr-o mișcare de rotație la suportul principal prin balamale elastice, iar după ce ansamblurile cu panouri solare sunt pliate pe suportul principal este inclus un mecanism de deblocare. Mecanismul de deblocare cuprinde un suport de instalare unor lame fierbinți, una principală și una de rezervă. Balamalele sunt modulare și sunt prevăzute câte două pentru fiecare panou solar. Plierea se realizează cu două frânghii de pre-strângere, acestea fiind arse de lama fierbinte pentru depierea în spațiu și cele două ansambluri cu panouri solare sunt desfășurate utilizând energia potențială elastică a articulației balamalei.

CZ24461U1 – *Mecanism al panourilor montate pivotant pentru nanosateleți de tip CubeSat*

Invenția prezintă un mecanism cu executarea unei mișcări de rotație limitată în jurul unei axe orizontale a unui panou solar sau care include diferite componente electronice imbarcate. Mișcarea de rotație se execută prin intermediul unui mecanism cu un arc dublu de torsiune. Panoul nu mai este capabil de mișcare suplimentară după ce acesta este rotit. Mecanismul constă din două balamale, realizate din tabla îndoită (precizia îndoirii tablei definește precizia poziției finale a panoului).

CN106763131A - *Balama de dimensiuni mici și ușoară pentru mecanismul de extindere a unui satelit de mici dimensiuni*

Brevetul descrie construcția unei balamale pentru un mecanism de deschidere și extensie (de exemplu a panourilor solare) utilizat la microsateleți. Balamaua se caracterizează printr-un volum și greutate mică, structură simplă, care se

poate prelucra cu ușurință. Acest tip de balama asigură condiția de închidere (de exemplu a panoului solar pe rama microsatelitului), asigură procesul de deschidere și desfășurare, cât și starea finală de desfășurare completă. Balamaua este formată din două placi, un știft, două arcuri de torsiune, o bucă distanțieră montată între arcuri, o placă pentru blocare, inele de frânare a arcurilor și garnituri izolatoare. Există trei găuri de montare a capătului arcului, care pot fi utilizate pentru a regla fin momentul de deschidere al balamalei.

CN113148229A – *Matrice bidimensională de celule în trei panouri solare pentru sateliți*

Invenția prezintă o rețea din trei panouri solare pentru un satelit, care sunt pliate succesiv 1-2-3, distanțate și mecanismele de închidere și desfacere ale acestor panouri, care sunt realizate cu ajutorul a trei tipuri de balamale elastice, cu arcuri de torsiune, cu funcție de blocare. Balamalele sunt alcătuite din două foi conectate printr-un știft pe care se montează un arc de torsiune. Una din semibalamale este prevăzută cu o proeminență de poziționare, iar cealaltă cu o canelură de poziționare, pentru a asigura rezistența la forfecare și pentru a preveni deplasarea laterală între panouri. Unghiul de desfacere al primei balamale este de 90°, iar pentru a doua și a treia balama este de 180°.

CN216233082U - *Mecanism de blocare după deschiderea ansamblului satelit*

Acesta este un model de utilitate și se referă la domeniul tehnic al navelor spațiale cu o masă totală de 50-100 kg, iar mecanismul îndeplinește funcția de blocare în poziție deschisă a panourilor solare ale microsatelitului. Mecanismul conține un arc de torsiune în jurul unui ax rotativ. Când cele două semi-balamale sunt într-o stare pliată, arcul de torsiune este într-o stare comprimată și se sprijină pe peretele interior al celei de-a doua plăci laterale. Când balamaua tată se află în starea depliată, arcul de torsiune este în stare naturală. Mecanismul de blocare în stare desfășurare a satelitului este caracterizat prin aceea că, ansamblul de blocare mai cuprinde un element elastic situat între știftul de blocare și piesele de fixare. Știftul de blocare este acționat de elementul elastic pentru a se deplasa de-a lungul cavității de ghidare.

Toate soluțiile întâlnite în literatura de specialitate propun diferite soluții de deschidere și blocare a panourilor, fără a evita șocurile la deschidere, fără a se obține o formă corectă poligonală a structurilor de tip panou și fără maximizarea ariei pe care sunt dispuse panourile solare.

4. Probleme tehnice pe care invenția își propune să o rezolve

Invenția își propune să rezolve următoarele probleme tehnice, cu care se confruntă satelitul la deschiderea panourilor în spațiu:

- Controlul pasiv predefinit al cuplului de deschidere;

- Deschidere cu viteză controlată; viteza de deschidere rezultă în funcție de cuplul prereglat și definit de forța de frecare dintre un element intermediar tubular și articulația balamalei;
- Elimină oscilațiile din arcul de torsiune, după deschiderea panourilor;
- Deschiderea panourilor la unghiuri predefinite de 90° și 180° ;
- Poziția finală a panourilor deschise este obținută prin deschiderea completă a arcului de torsiune și de o limitare mecanică prin forma panourilor;
- Deschiderea panourilor și obținerea unui poligon închis, printr-un sistem care utilizează bandă magnetică atașată primului și ultimului panou.

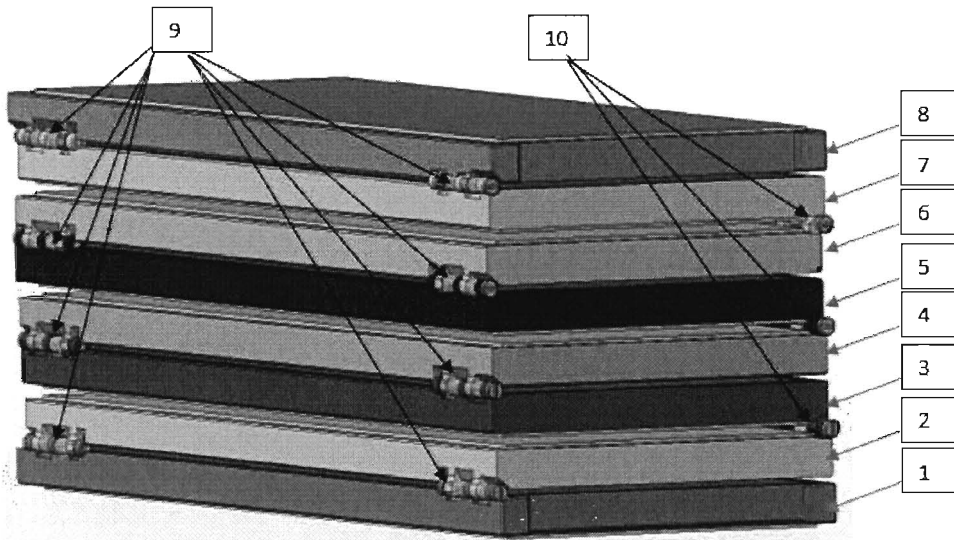
5. Expunerea invenției, așa cum este revendicată

Una din problemele majore în construcția micro și nanosateliților o constituie sistemul de deschidere a panourilor solare într-un mod controlat, astfel încât să fie respectate pozițiile finale corecte din punct de vedere al deschiderii unghiulare a panourilor și a poziționării axiale a acestora.

Soluția revendicată propune utilizarea unor balamale speciale integrate în construcția panourilor, acționarea mecanică de deschidere fiind realizată cu arcuri de torsiune, iar controlul cuplului de deschidere și compensarea dilatațiilor termice efectuându-se cu arcuri elicoidale de compresiune. În acest mod, panourile pot fi desfășurate sub orice configurație dorită, în mod controlat. Unghiurile de deschidere fixe (ex. de 90° și 180°) între două panouri succesive fiind stabilite din proiectarea suprafețelor panourilor care vin în contact în poziția desfășurată.

Principiul utilizat constă în utilizarea unei forțe predefinite obținută prin comprimarea axială a unui arc elicoidal cu rolul de preluare a jocurile mecanice și a contracțiilor/dilatațiilor datorate variațiilor termice din spațiu stabilind astfel un contact permanent pretensionat între componentele balamalelor. Astfel, la deschidere se obține o forță de frecare între suprafețele în contact ale balamalelor cu rol de amortizare. Prin controlul acestei forțe de frecare se controlează practic viteza de deschidere.

În Figura 1 este prezentată o aplicație pentru sistemul de deschidere propus. Microsatelitul este format din 8 panouri pliate în configurație paralelipipedică, pregătit pentru lansare. Sunt prevăzute articulațiile (9) cu deschidere la 90° și control pasiv în trei trepte al cuplului de deschidere și articulațiile (10) cu deschidere la 180° și același control pasiv al cuplului de deschidere.



1, 2, ..., 8 = panouri microsateți; 9- articulații cu deschidere la 90 grade și control pasiv al forței de deschidere; 10- articulații cu deschidere la 180 grade și control pasiv al forței de deschidere.

Fig. 1. Configurație microsateți cu 8 panouri împachetate

Un exemplu de configurație deschisă a microsateitului este prezentat în Figura 2, în care există 8 articulații cu deschidere la 90 grade și alte 6 articulații cu deschidere la 180 grade.

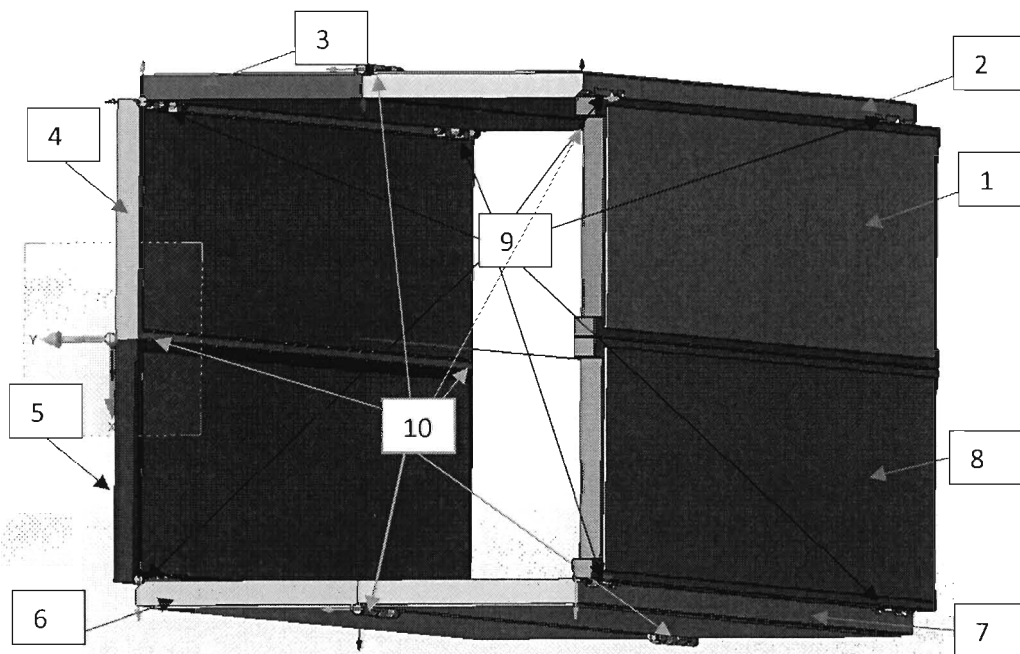


Fig. 2. Configurația microsateitului cu panourile deschise.

Detalierea sistemului articulațiilor de tip balama cu control pasiv al forței de deschidere și preluarea dilatațiilor termice este prezentată în Figura 3.

Principiul de funcționare a articulației constă în dezvoltarea unei forțe axiale (F_a) generată de arcul elicoidal de compresiune (13) care generează o forță de frecare (F_f) între partea fixă (12) și partea mobilă (15). Suma dintre cuplul de frecare obținut și cel generat de greutatea panourilor va trebui să fie mai mică decât cuplul generat (M_t) de arcul de torsiune (16).

Forța axială generată de arcul elicoidal de compresiune este direct proporțională cu modulul vectorului deplasare (x), orientat de la poziția de echilibru a capătului resortului către poziția sa finală și constanta elastică (k) a acestuia.

$$F_a = -kx$$

În soluția propusă se variază incremental modulul vectorului de deplasare (x) prin construcția balamalei și tensionarea unui arc axial, sau prin utilizarea unor bușe distanțiere.

Forța de frecare rezultă în funcție de valoarea forței axiale și a coeficientului de frecare dintre componenta fixă (12) și cea mobilă (15), care depinde de materialul/materialele din care aceste componente se confecționează. În exemplul propus, balamalele sunt confecționate din aluminiu (Al7075) cu tratament de anodizare dură.

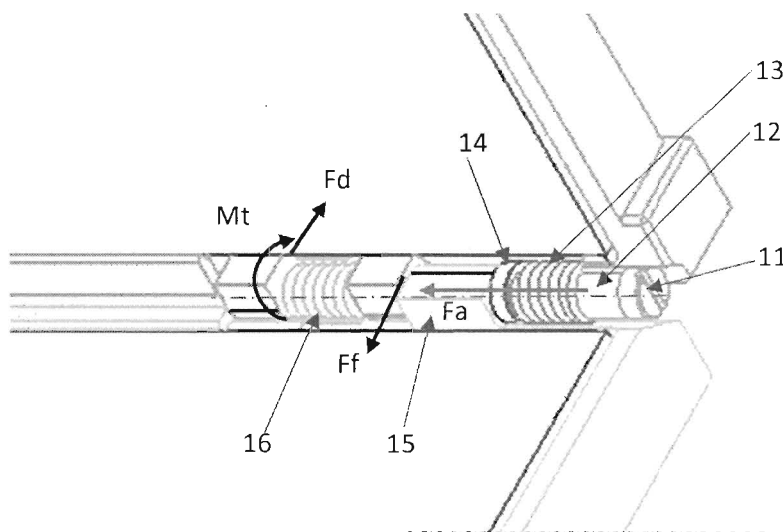


Fig. 3. Schema de principiu a articulației tip balama.

Prezența arcului axial (13) în construcția balamalei are un dublu rol:

1. Forța de frecare (F_f) generată de forța axială a arcului (13) are rol de amortizare pentru arcul de torsiune reducând până la eliminare oscilațiile generate de acesta.
2. Forța axială (F_a) va menține în permanență contactul dintre cele două părți fixe (12) și mobile (15) ale articulației, compensând dilatațiile termice datorate variației de temperatură (-50°C - $+70^{\circ}\text{C}$)

6. Prezentarea avantajelor invenției

- Sistemul de deschidere a panourilor include o balama specială integrată în construcția satelitului;
- Gabarit redus al satelitului;
- Balamale sunt ascunse în gabaritul satelitului și permit eliberarea zonei de ghidare necesară lansării;
- Este posibil controlul vitezei de deschidere a panourilor satelitului;
- Preluarea continuă a dilatațiilor/contractiilor termice;
- Alinierea corectă a panourilor în poziția în care acestea sunt deschise.

7. Prezentarea figurilor

Figura 1 prezintă configurația unui microsatelit cu 8 panouri împachetate;

Reperetele 1, 2, ..., 8 reprezintă panourile microsatelitului; 9- articulații cu deschidere la 90 grade și control pasiv al forței de deschidere; 10- articulații cu deschidere la 180 grade și control pasiv al forței de deschidere.

Figura 2 prezintă configurația microsatelitului cu panourile deschise, în care există 8 articulații cu deschidere la 90 grade și alte 6 articulații cu deschidere la 180 grade.

Figura 3 prezintă o schemă de principiu cu detalierea sistemului articulațiilor de tip balama, cu control pasiv al forței de deschidere și preluarea dilatațiilor termice.

Figura 4 prezintă o primă soluție de sistem de deschidere a panourilor, cu comprimare minimă a arcului de compresiune (13), care este tensionat constructiv prin distanța dintre elementul fix (12) și elementul mobil (15).

Figura 5 prezintă o a doua soluție de sistem de deschidere a panourilor, cu o comprimare medie a arcului de compresiune (13).

Figura 6 prezintă a treia soluție de sistem de deschidere a panourilor, cu o comprimare maximă a arcului de compresiune (13).

Figura 7 prezintă configurația finală a primului și ultimului panou.

8. Prezentarea în detaliu a cel puțin unui mod de realizare a invenției

Soluția 1 ca mod de realizarea a invenției (Fig. 4) constă în tensionarea arcului de compresiune (13) prin stabilirea unei distanțe dintre elementul fix (12) și elementul mobil (15).

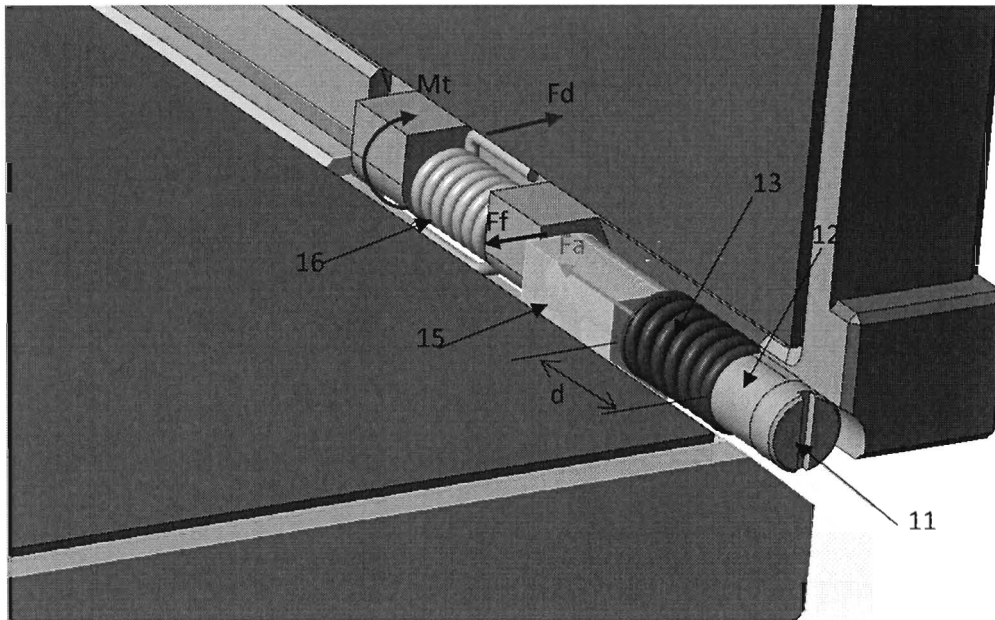


Fig. 4. Soluția 1: arc axial cu comprimare minimă

Această distanță (d) trebuie să fie în limita de cursă a arcului de compresiune. Șurubul M3 (1) se filetează în corpul (12) și materializează axul fix al balamalei. Alezajul din elementul mobil (15) are valoarea nominală de 3.2 mm și acest diametru asigură funcționarea corectă a articulației.

În soluția 2 (Fig. 5) și soluția 3 (Fig. 6) modulul vectorului deplasare (x) este controlat atât din construcția balamalei cât și cu ajutorul unor elemente intermediare independente, de tip bucșă cilindrică (14).

În mod indirect, forța axială generată de arc de compresiune este proporțională cu lungimea bucșei cilindrice. Lungimea bucșei cilindrice poate varia în domeniul cursei arcului de compresiune, iar forța axială generată de arc este direct proporțională cu această lungime.

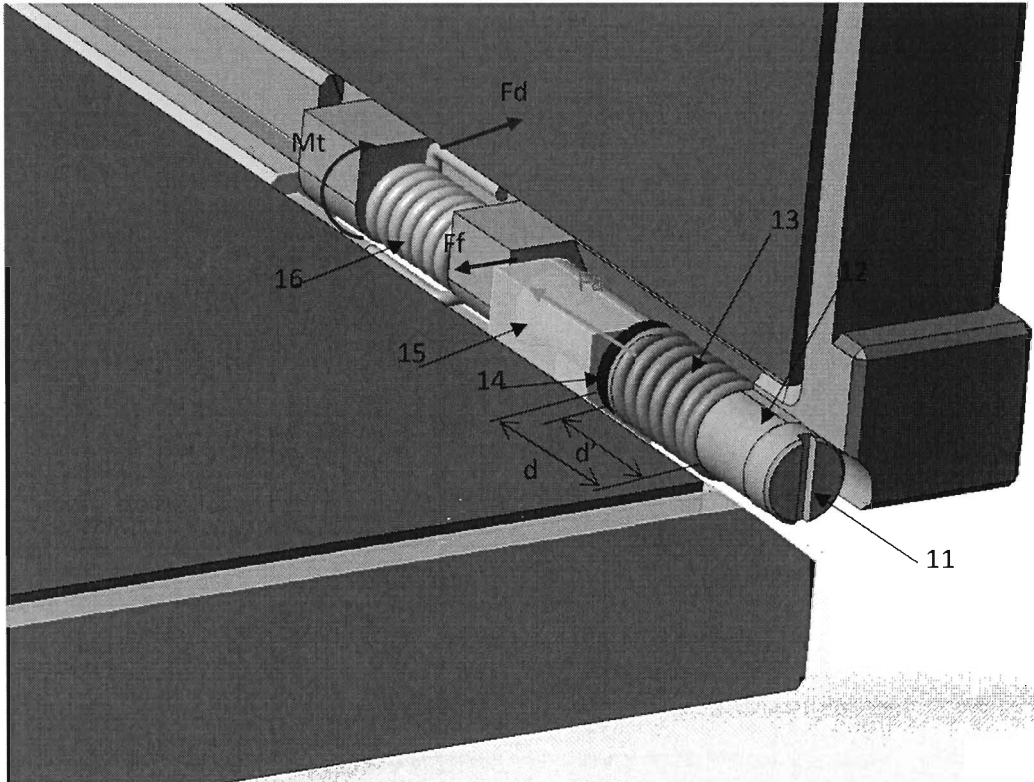


Fig. 5. Soluția 2: arc axial comprimare medie.

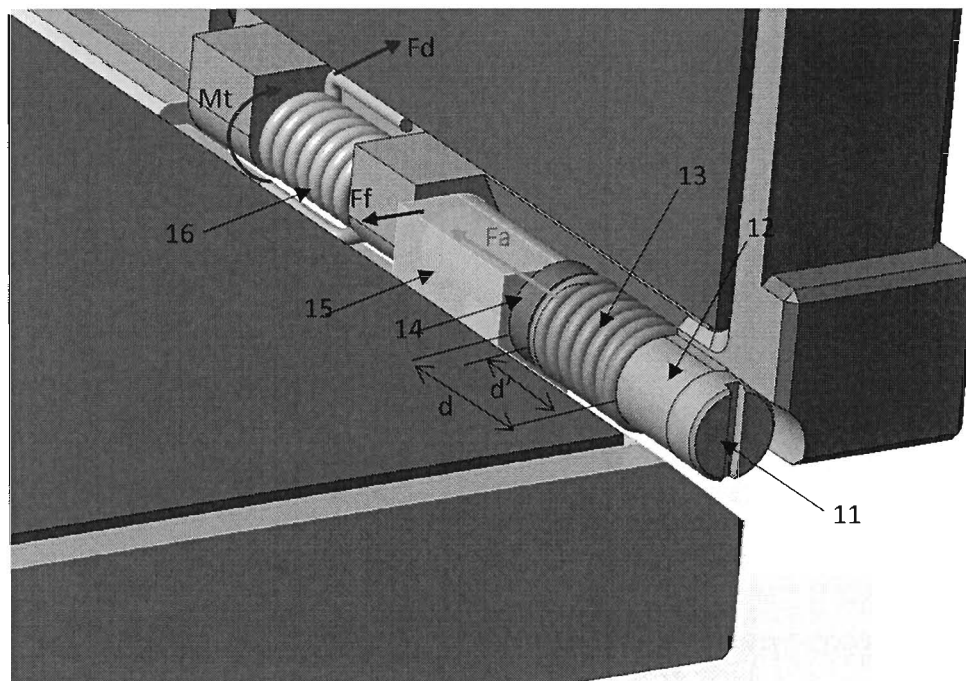
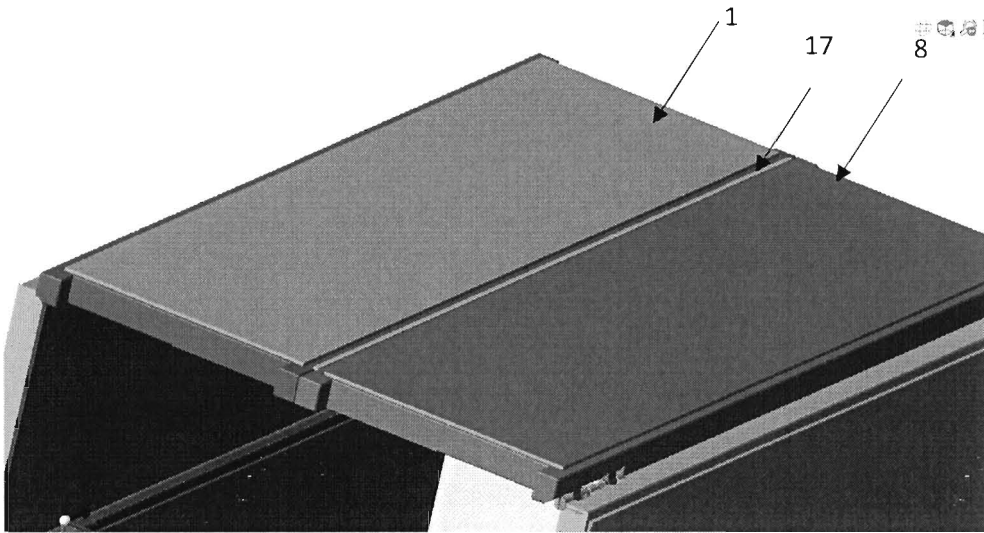


Fig. 6. Soluția 3: arc axial comprimare maximă.



1-primul panou; 8 ultimul panou; 17 benzi magnetice încastate în structură - poziție închisă a formei poligonale.

Fig.7 Configurația finală a primului și ultimului panou.

Pentru aplicații comerciale în domeniul microsateților și a nanosateților, lungimea bușei (14) este calculată în funcție de numărul de balamale pe un panou și de masa panourilor solare cu avionica inclusă, care trebuie acționată prin rotație față de articulații.

Se creează astfel kituri de microsateți cu elemente normalizate, ceea ce conduce la reducerea costurilor de producție.

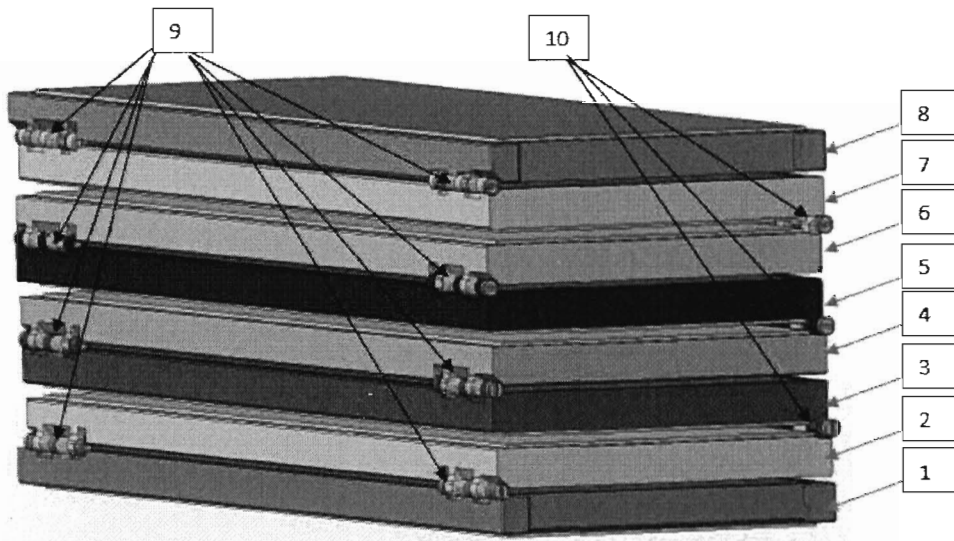
Corpurile celor două semicuple ale balamalei sunt fabricate în construcție integrată, prin frezare, în ansamblul ramelor panourilor învecinate.

Invenția diferă de alte soluții întâlnite în literatura de specialitate și prin faptul că toate panourile cadru ale microsatețului cu aparatura la bord, se desfășoară în spațiu, obținându-se un poligon închis.

Revendicări

1. Sistem de deschidere cu elemente de tip balama cu semicuple integrate în panourile microsatelitului, cuprinzând elementele 11, 12, 13, 14, 15 și 16, care asigură gabarit minim al panourilor în stare pliata, **caracterizat prin aceea că** balamaua nu iese din gabaritul panourilor și are integrat un sistem propriu de control al vitezei de deschidere și de compensare a jocurilor și a dilatațiilor/contractiilor termice.
2. Sistem de deschidere **conform revendicării 1**, caracterizat prin aceea că toate panourile cadru ale microsatelitului (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 și 8) se desfășoară în spațiu la unghiuri fixe în combinații succesive de 90° și 180°.
3. Sistem de deschidere **conform revendicării 1**
4. **cării 1**, caracterizat prin aceea că ordinea de deschidere a panourilor este predeterminată și viteza de deschidere a panourilor este controlată prin suma forțelor de frecare dintre elementul fix (12) și elementul mobil (15) al fiecărei balamale.
5. Sistem de deschidere **conform revendicării 1**, caracterizat prin aceea că poziția finală a panourilor formează un poligon închis prin utilizarea a două benzi magnetice (17) atașate primului panou (1) și ultimului panou (8) din ansamblul satelitului

Figuri



1, 2, ..., 8 = panouri microsateliți; 9- articulații cu deschidere la 90 grade și control pasiv al forței de deschidere; 10- articulații cu deschidere la 180 grade și control pasiv al forței de deschidere.

Fig.1. Configurație microsateliți cu 8 panouri împachetate

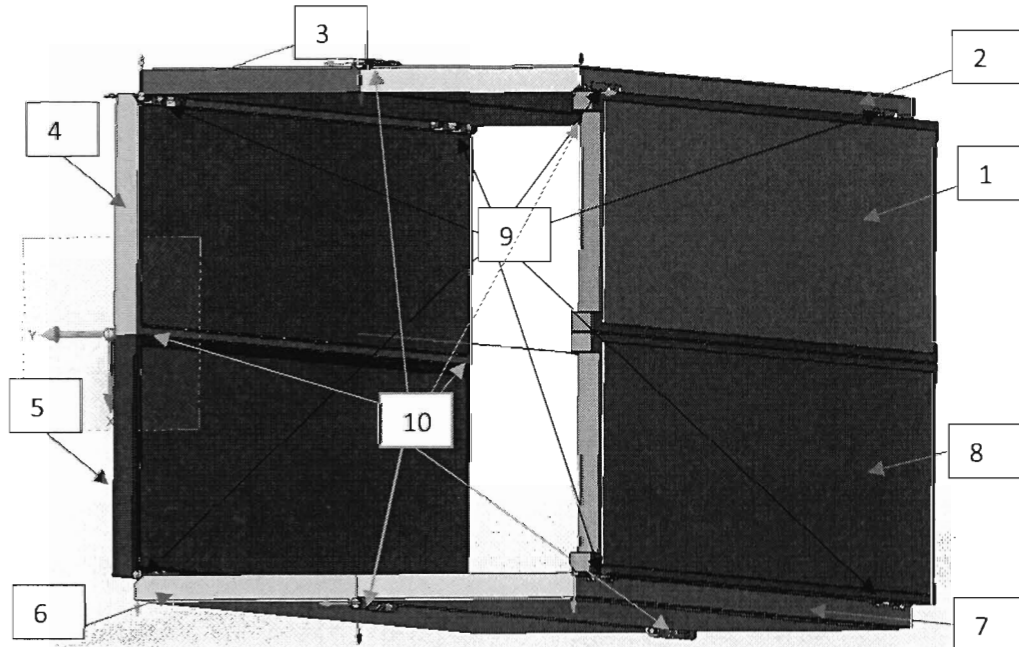


Fig. 2. Configurația microsatelitului cu panourile deschise.

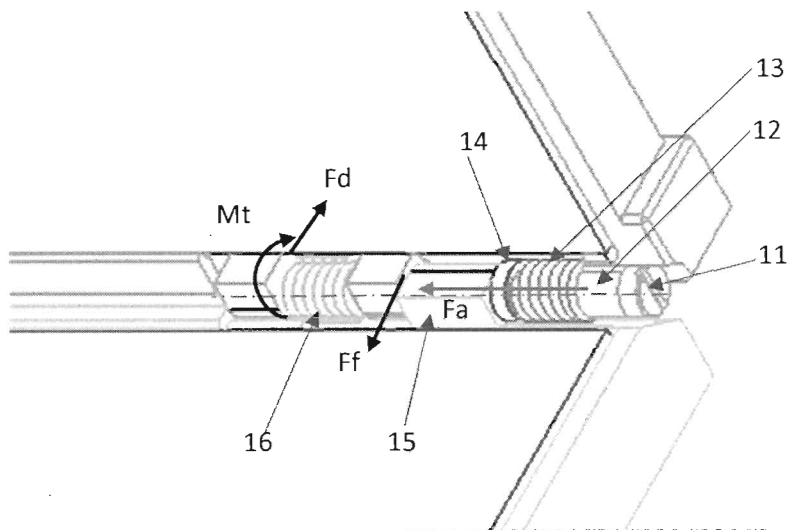


Fig. 3. Schema de principiu a articulației tip balama.

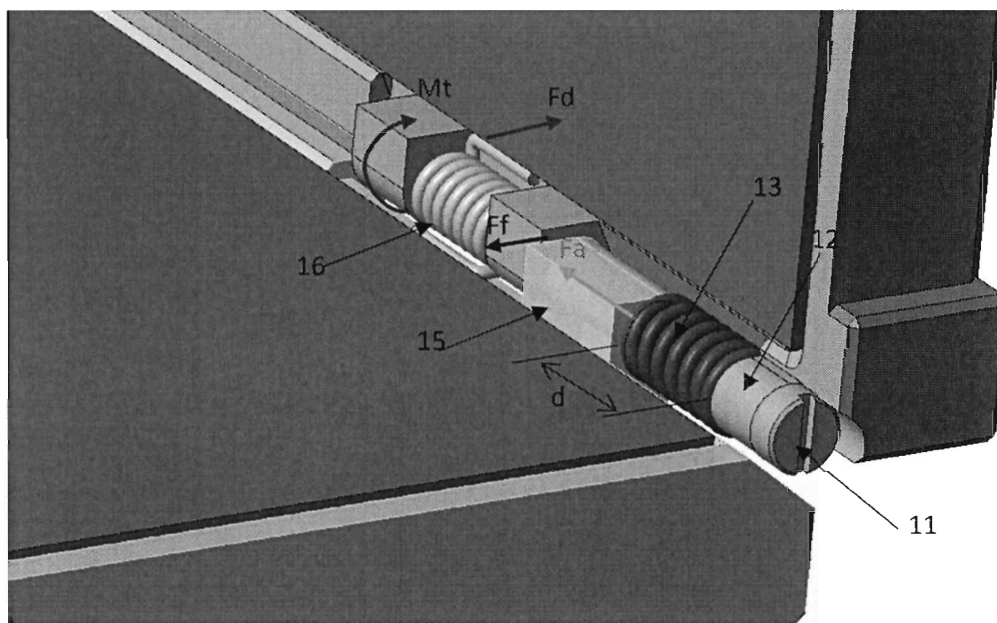


Fig. 4. Soluția 1: arc axial cu comprimare minimă

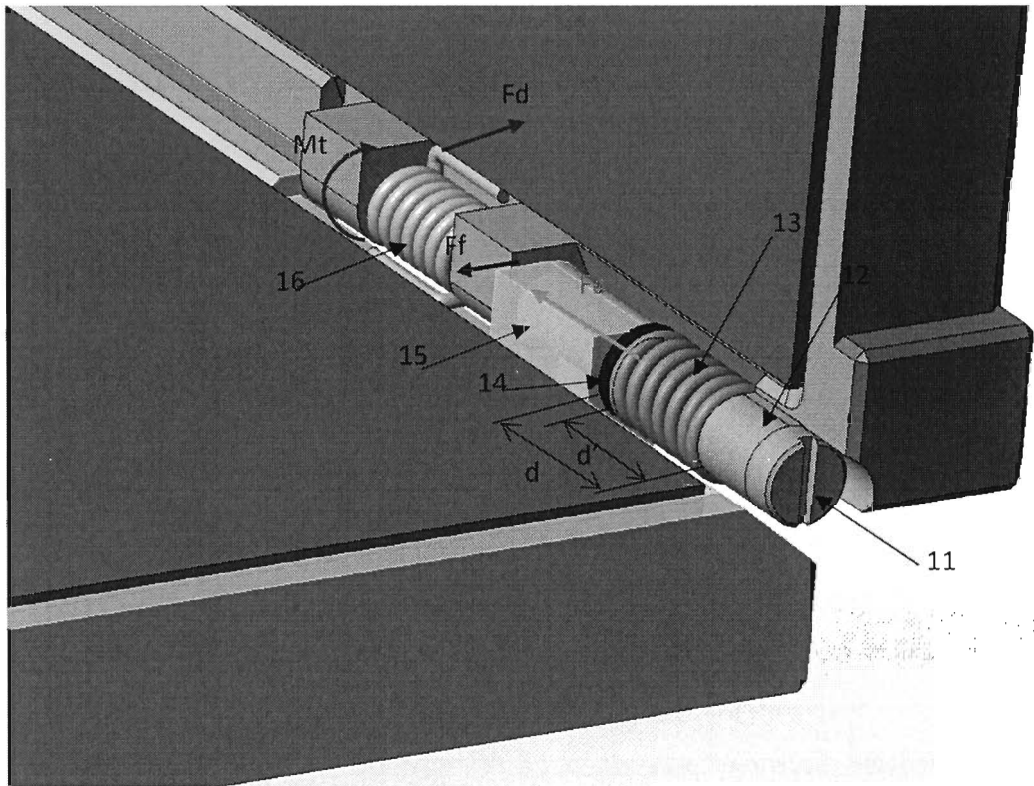


Fig. 5. Soluția 2: arc axial comprimare medie.

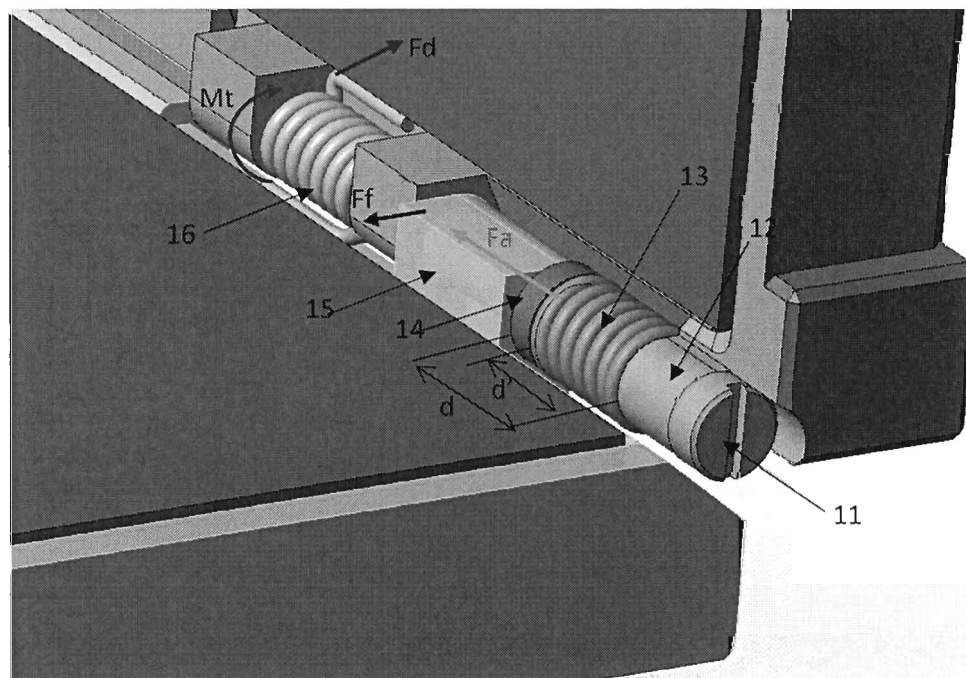
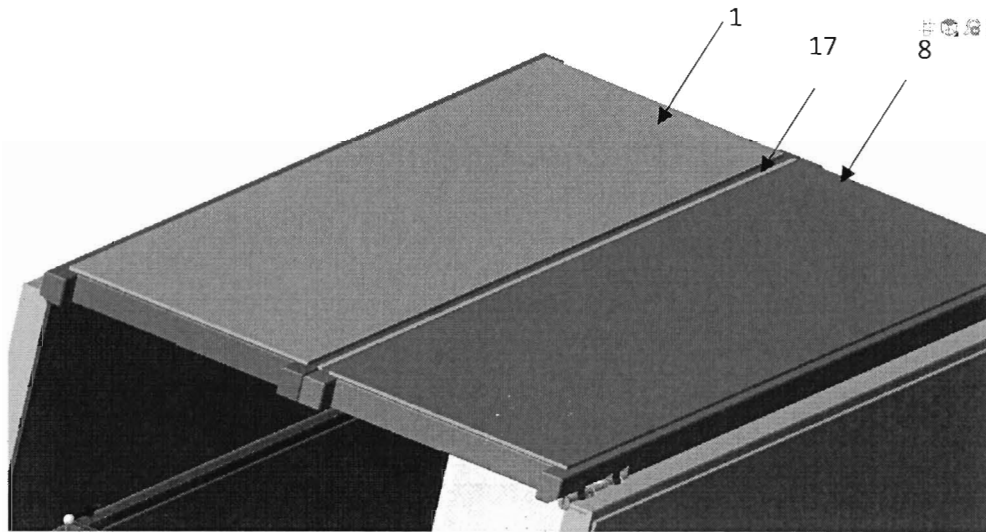


Fig. 6. Soluția 3: arc axial comprimare maximă.



1-primul panou; 8 ultimul panou; 17 benzi magnetice încastate în structură - poziție închisă a formei poligonale.

Fig.7 Configurația finală a primului și ultimului panou.

1. Titlu

SISTEM DE DESCHIDERE CU CONTROL PASIV AL CUPLULUI DE DESCHIDERE ȘI PRELUAREA DILATAȚIILOR TERMICE LA DESCHIDEREA PANOURILOR DIN CONSTRUCȚIA MICROSATELIȚILOR

2. Domeniul tehnic la care se referă invenția

Această invenție se aplică micro și nanosatețișilor lansați în spațiul cosmic, deschiderea panourilor solare efectuându-se într-un mod controlat, astfel încât să fie respectată poziția unghiulară și axială corectă. Sistemul propus utilizează balamale în construcție integrată în panouri, cu arcuri de torsiune pentru deschidere și arcuri de compresiune pentru controlul cuplului de deschidere și preluare a deformațiilor termice. Sistemul se aplică micro și nanosatețișilor construiți în sistem "Thin", cu grosimea unui panou de circa 10 mm.

3. Stadiul tehnicii și contextul actual la nivel internațional

La nivel internațional, există numeroase configurații de micro și nanosatețiși, cei mai întâlniți fiind: CubeSats, PocketQubes, TubeSats, SunCubes și ThinSats. Aceste soluții de deschidere a panourilor se referă în marea lor majoritate la panourile solare, din necesitatea de a avea o suprafață cât mai mare pentru a absorbi razele soarelui ca sursă de energie pentru generarea de electricitate. Corpul satelitului este placat cu panouri solare, dar acestea sunt insuficiente pentru autonomia satelitului. Toate soluțiile în contextul actual propun panouri solare suplimentare, care se deschid în mod controlat prin utilizarea de articulații.

Din multitudinea de soluții brevetate la nivel internațional au fost selectate 6 brevete și un model de utilitate, care vor fi expuse în continuare și care se apropie cel mai mult de prezenta invenție: CN215818040U, CN106763131A, KR101300516B1, CN113247312A, CZ24461U1, CN113148229A și CN216233082U.

CN215818040U – *Articulație pentru deschiderea panourilor solare cu autoblocare.*

Brevetul descrie o articulație cu autoblocare pentru deschiderea panourilor solare. Pentru a atinge acest scop, soluția tehnică descrie o balama cu autoblocare pentru panourile celulelor solare, care are o stare închisă și o stare desfășurată. Balamaua mama are un arc de torsiune pe axul de rotire, primul capăt al arcului de torsiune acționează pe balamaua tată, iar cel de-al doilea capăt al arcului de torsiune acționează pe balamaua mamă. Balamaua tată are un orificiu în care intră piesa de blocare cu scopul de a realiza autoblocarea balamalelor în poziția desfășurată.

CN106763131A - *Balama de dimensiuni mici și ușoară aplicată pe mecanismul de extensie a satelitului.*

Balamaua utilizează un arc de torsiune ca parte de acționare în procesul de deschidere. Energia potențială elastică a arcului de torsiune este utilizată pentru deschiderea unor panouri, astfel încât balamaua se extinde automat după extragerea unei piese de reținere. Există trei găuri de montare pentru unul din capetele arcului de torsiune, care pot fi folosite pentru a regla fin cuplul de deschidere a balamalei.

KR101300516B1 - *Dispozitiv de articulare a satelitului folosind balama cu arc de tip bandă și cilindru din aliaj cu memorie de formă.*

Invenția se referă la o balama pentru un satelit artificial cu gabarit redus și rigiditate ridicată, care utilizează un aliaj cu memorie de formă. Panoul solar poate fi compus din unul sau mai multe pachete de panouri, astfel încât să existe un mecanism fiabil de deschidere în spațiu și, în același timp, să mențină forma corectă desfășurată a satelitului și să existe o structură suficient de rigidă. Balamaua conține un arc tip bandă prevăzută între primul și al doilea panou, astfel încât cele două panouri să fie aliniat după extindere. Cele două panouri vor fi conectate elastic prin arcul de tip bandă și vor avea o poziționare secundară suplimentară printr-un cilindru din aliaj cu memorie de formă inserat între primul și al doilea panou suport. Memoria de formă a cilindrului se va manifesta după deschiderea panourilor.

CN113247312A - *Structură de deblocare și desfășurare a panoului solar Cubesat*

Invenția oferă o structură de deblocare și desfășurare a panourilor solare pentru microsateleții de tip CubeSat, care economisește spațiu, reduce complexitatea mecanismului de deschidere autonomă a panourilor solare CubeSat. Cuprinde un suport principal și două ansambluri de panouri solare instalate simetric la capetele celor două laturi a suportului principal. Cele două ansambluri solare de tip placă sunt conectate printr-o mișcare de rotație la suportul principal prin balamale elastice, iar după ce ansamblurile cu panouri solare sunt pliate pe suportul principal este inclus un mecanism de deblocare. Mecanismul de deblocare cuprinde un suport de instalare unor lame fierbinți, una principală și una de rezervă. Balamalele sunt modulare și sunt prevăzute câte două pentru fiecare panou solar. Plierea se realizează cu două frânghii de pre-strângere, acestea fiind arse de lama fierbinte pentru deplicarea în spațiu și cele două ansambluri cu panouri solare sunt desfășurate utilizând energia potențială elastică a articulației balamalei.

CZ24461U1 – *Mecanism al panourilor montate pivotant pentru nanosateleți de tip CubeSat*

Invenția prezintă un mecanism cu executarea unei mișcări de rotație limitată în jurul unei axe orizontale a unui panou solar sau care include diferite componente electronice imbarcate. Mișcarea de rotație se execută prin intermediul unui mecanism cu un arc dublu de torsiune. Panoul nu mai este capabil de mișcare suplimentară după ce acesta este rotit. Mecanismul constă

din două balamale, realizate din tabla îndoită (precizia îndoirii tablei definește precizia poziției finale a panoului).

CN113148229A – *Matrice bidimensională de celule în trei panouri solare pentru sateliți*

Invenția prezintă o rețea din trei panouri solare pentru un satelit, care sunt pliate succesiv 1-2-3, distanțate și mecanismele de închidere și desfacere ale acestor panouri, care sunt realizate cu ajutorul a trei tipuri de balamale elastice, cu arcuri de torsiune, cu funcție de blocare. Balamalele sunt alcătuite din două foi conectate printr-un știft pe care se montează un arc de torsiune. Una din semibalamale este prevăzută cu o proeminență de poziționare, iar cealaltă cu o canelură de poziționare, pentru a asigura rezistența la forfecare și pentru a preveni deplasarea laterală între panouri. Unghiul de desfacere al primei balamale este de 90° , iar pentru a doua și a treia balama este de 180° .

CN216233082U - *Mecanism de blocare după deschiderea ansamblului satelit*

Acesta este un model de utilitate și se referă la domeniul tehnic al navelor spațiale cu o masă totală de 50-100 kg, iar mecanismul îndeplinește funcția de blocare în poziție deschisă a panourilor solare ale microsatelitului. Mecanismul conține un arc de torsiune în jurul unui ax rotativ. Când cele două semi-balamale sunt într-o stare pliată, arcul de torsiune este într-o stare comprimată și se sprijină pe peretele interior al celei de-a doua plăci laterale. Când balamaua tată se află în starea depliată, arcul de torsiune este în stare naturală. Mecanismul de blocare în stare desfășurare a satelitului este caracterizat prin aceea că, ansamblul de blocare mai cuprinde un element elastic situat între știftul de blocare și piesele de fixare. Știftul de blocare este acționat de elementul elastic pentru a se deplasa de-a lungul cavității de ghidare.

Toate soluțiile întâlnite în literatura de specialitate propun diferite soluții de deschidere și blocare a panourilor, fără a evita șocurile la deschidere, fără a se obține o formă corectă poligonală a structurilor de tip panou și fără maximizarea ariei pe care sunt dispuse panourile solare.

4. Probleme tehnice pe care invenția își propune să o rezolve

Invenția își propune să rezolve următoarele probleme tehnice, cu care se confruntă satelitul la deschiderea panourilor în spațiu:

- Controlul pasiv predefinit al cuplului de deschidere;
- Deschidere cu viteză controlată; viteza de deschidere rezultă în funcție de cuplul prereglat și definit de forța de frecare dintre un element intermediar tubular și articulația balamalei;
- Elimină oscilațiile din arcul de torsiune, după deschiderea panourilor;
- Deschiderea panourilor la unghiuri predefinite de 90° și 180° ;
- Poziția finală a panourilor deschise este obținută prin deschiderea completă a arcului de torsiune și de o limitare mecanică prin forma panourilor;

- Deschiderea panourilor și obținerea unui poligon închis, printr-un sistem care utilizează bandă magnetică atașată primului și ultimului panou.

5. Expunerea invenției așa cum este revendicată

Una din problemele majore în construcția micro și nanosateliților o constituie sistemul de deschidere a panourilor solare într-un mod controlat, astfel încât să fie respectate pozițiile finale corecte din punct de vedere al deschiderii unghiulare a panourilor și a poziționării axiale a acestora.

Soluția revendicată propune utilizarea unor balamale speciale integrate în construcția panourilor, acționarea mecanică de deschidere fiind realizată cu arcuri de torsiune, iar controlul cuplului de deschidere și compensarea dilatațiilor termice efectuându-se cu arcuri elicoidale de compresiune. În acest mod, panourile pot fi desfășurate sub orice configurație dorită, în mod controlat. Unghiurile de deschidere fixe (ex. de 90° și 180°) între două panouri succesive fiind stabilite din proiectarea suprafețelor panourilor care vin în contact în poziția desfășurată.

Principiul utilizat constă în utilizarea unei forțe predefinite obținută prin comprimarea axială a unui arc elicoidal cu rolul de preluare a jocurile mecanice și a contracțiilor/dilatațiilor datorate variațiilor termice din spațiu stabilind astfel un contact permanent pretensionat între componentele balamalelor. Astfel, la deschidere se obține o forță de frecare între suprafețele în contact ale balamalelor cu rol de amortizare. Prin controlul acestei forțe de frecare se controlează practic viteza de deschidere.

În Figura 1 este prezentată o aplicație pentru sistemul de deschidere propus. Microsatelitul este format din 8 panouri pliate în configurație paralelipipedică, pregătit pentru lansare. Sunt prevăzute articulațiile (9) cu deschidere la 90 grade și control pasiv în trei trepte al cuplului de deschidere și articulațiile (10) cu deschidere la 180 grade și același control pasiv al cuplului de deschidere.

Un exemplu de configurație deschisă a microsatelitelui este prezentat în Figura 2, în care există 8 articulații cu deschidere la 90 grade și alte 6 articulații cu deschidere la 180 grade.

Detalierea sistemului articulațiilor de tip balama cu control pasiv al forței de deschidere și preluarea dilatațiilor termice este prezentată în Figura 3.

Principiul de funcționare a articulației constă în dezvoltarea unei forțe axiale (F_a) generată de arcul elicoidal de compresiune (13) care generează o forță de frecare (F_f) între partea fixă (12) și partea mobilă (15). Suma dintre cuplul

de frecare obținut și cel generat de greutatea panourilor va trebui să fie mai mică decât cuplul generat (M_t) de arcul de torsiune (16).

Forța axială generată de arcul elicoidal de compresiune este direct proporțională cu modulul vectorului deplasare (x), orientat de la poziția de echilibru a capătului resortului către poziția sa finală și constanta elastică (k) a acestuia.

$$F_a = -kx$$

În soluția propusă se variază incremental modulul vectorului de deplasare (x) prin construcția balamalei și tensionarea unui arc axial, sau prin utilizarea unor bucșe distanțiere.

Forța de frecare rezultă în funcție de valoarea forței axiale și a coeficientului de frecare dintre componenta fixă (12) și cea mobilă (15), care depinde de materialul/materialele din care aceste componente se confecționează. În exemplul propus, balamalele sunt confecționate din aluminiu (Al7075) cu tratament de anodizare dură.

Prezența arcului axial (13) în construcția balamalei are un dublu rol:

1. Forța de frecare (F_f) generată de forța axială a arcului (13) are rol de amortizare pentru arcul de torsiune reducând până la eliminare oscilațiile generate de acesta.
2. Forța axială (F_a) va menține în permanență contactul dintre cele două părți fixe (12) și mobile (15) ale articulației, compensând dilatațiile termice datorate variației de temperatură ($-50^{\circ}\text{C} - +70^{\circ}\text{C}$)

6. Prezentarea avantajelor invenției

- Sistemul de deschidere a panourilor include o balama specială integrată în construcția satelitului;
- Gabarit redus al satelitului;
- Balamale sunt ascunse în gabaritul satelitului și permit eliberarea zonei de ghidare necesară lansării;
- Este posibil controlul vitezei de deschidere a panourilor satelitului;
- Preluarea continuă a dilatațiilor/contractțiilor termice;
- Alinierea corectă a panourilor în poziția în care acestea sunt deschise.

7. Prezentarea figurilor

Figura 1 prezintă configurația unui microsatelit cu 8 panouri împachetate;

Reperele 1, 2, ..., 8 reprezintă panourile microsatelitului; 9- articulații cu deschidere la 90 grade și control pasiv al forței de deschidere; 10- articulații cu deschidere la 180 grade și control pasiv al forței de deschidere.

Figura 2 prezintă configurația microsatelitului cu panourile deschise, în care există 8 articulații cu deschidere la 90 grade și alte 6 articulații cu deschidere la 180 grade.

Figura 3 prezintă o schemă de principiu cu detalierea sistemului articulațiilor de tip balama, cu control pasiv al forței de deschidere și preluarea dilatațiilor termice.

Figura 4 prezintă o primă soluție de sistem de deschidere a panourilor, cu comprimare minimă a arcului de compresiune (13), care este tensionat constructiv prin distanța dintre elementul fix (12) și elementul mobil (15).

Figura 5 prezintă o a doua soluție de sistem de deschidere a panourilor, cu o comprimare medie a arcului de compresiune (13).

Figura 6 prezintă a treia soluție de sistem de deschidere a panourilor, cu o comprimare maximă a arcului de compresiune (13).

Figura 7 prezintă configurația finală a primului și ultimului panou.

8. Prezentarea în detaliu a cel puțin unui mod de realizare a invenției

Soluția 1 ca mod de realizare a invenției este reprezentată în Figura 4 și constă în tensionarea arcului de compresiune (13) prin stabilirea unei distanțe dintre elementul fix (12) și elementul mobil (15).

Această distanță (d) trebuie să fie în limita de cursă a arcului de compresiune. Șurubul M3 (1) se filetează în corpul (12) și materializează axul fix al balamalei. Alezajul din elementul mobil (15) are valoarea nominală de 3.2 mm și acest diametru asigură funcționarea corectă a articulației.

În soluția 2 (Fig. 5) și soluția 3 (Fig. 6) modulul vectorului deplasare (x) este controlat atât din construcția balamalei cât și cu ajutorul unor elemente intermediare independente, de tip bușă cilindrică (14).

În mod indirect, forța axială generată de arcul de compresiune este proporțională cu lungimea bușei cilindrice. Lungimea bușei cilindrice poate

varia în domeniul cursei arcului de compresiune, iar forța axială generată de arc este direct proporțională cu această lungime.

Pentru aplicații comerciale în domeniul microsateleților și a nanosateleților, lungimea buçei (14) este calculată în funcție de numărul de balamale pe un panou și de masa panourilor solare cu avionica inclusă, care trebuie acționată prin rotație față de articulații.

Se creează astfel kituri de microsateleți cu elemente normalizate, ceea ce conduce la reducerea costurilor de producție.

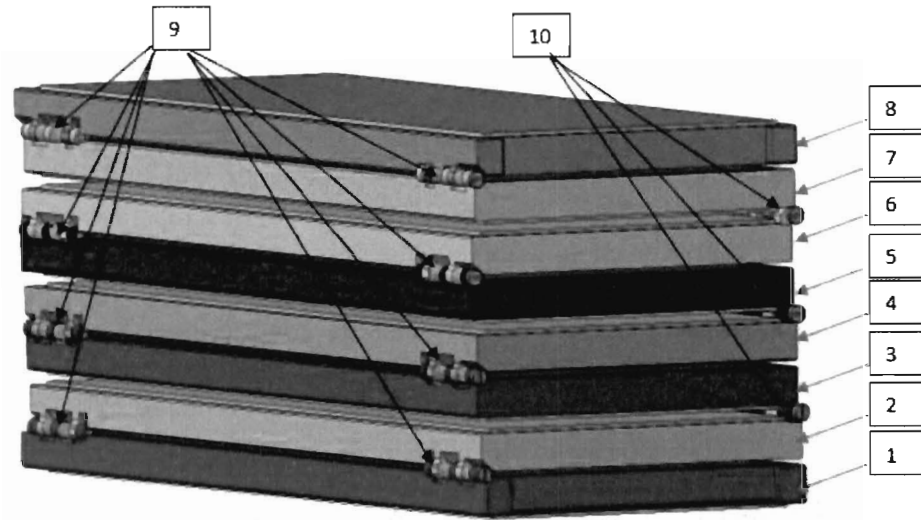
Corpurile celor două semicuple ale balamalei sunt fabricate în construcție integrată, prin frezare, în ansamblul ramelor panourilor învecinate.

Invenția diferă de alte soluții întâlnite în literatura de specialitate și prin faptul că toate panourile cadru ale microsatelețului cu aparatura la bord, se desfășoară în spațiu, obținându-se un poligon închis.

Revendicări

1. Panouri împachetate de microsatelit având sistem de deschidere cu elemente de tip balama cu arcuri de torsiune, **caracterizate prin aceea că**, semicuplele 12 și 15 sunt create în panouri, balama având integrat un sistem cu arc elicoidal și o bucă cilindrică cu lungime în funcție de viteza impusă de deschidere a panourilor și care permite compensarea axială a dilatațiilor sau contracțiilor termice după lansarea în spațiu.
2. Panouri împachetate de microsatelit **conform revendicării 1**, caracterizate prin aceea că se deschid în spațiu în mod controlat la unghiuri fixe, în combinații succesive de 90° și 180°, rezultând o structură poligonală închisă.
3. Panouri împachetate de microsatelit, **conform revendicării 1**, caracterizate prin aceea că viteza de deschidere a panourilor este dependentă de suma forțelor de frecare dintre elementul fix (12) și elementul mobil (15) al fiecărei balamale, viteza fiind reglabilă prin stabilirea lungimii bucei cilindrice (14).
4. Panouri împachetate de microsatelit **conform revendicării 1**, caracterizate prin aceea că poziția finală a panourilor care formează o structură poligonală închisă este obținută prin utilizarea a două benzi magnetice (17) atașate primului panou (1) și ultimului panou (8) din ansamblul microsatelitului.

Figuri



1, 2, ..., 8 = panouri microsateliți; 9- articulații cu deschidere la 90 grade și control pasiv al forței de deschidere; 10- articulații cu deschidere la 180 grade și control pasiv al forței de deschidere.

Fig.1. Configurație microsateliți cu 8 panouri împachetate

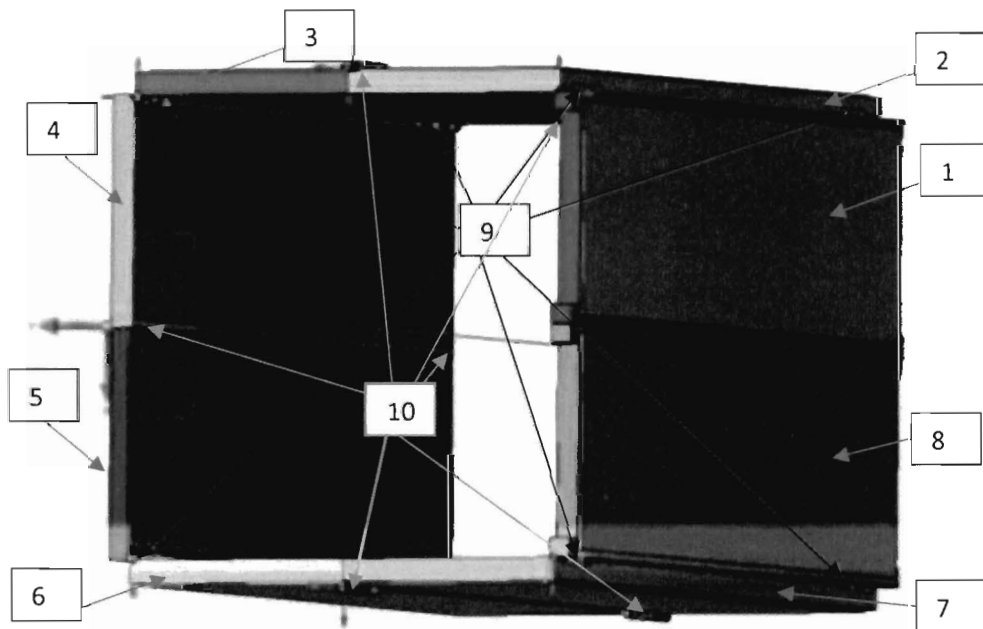


Fig. 2. Configurația microsatelitului cu panourile deschise.

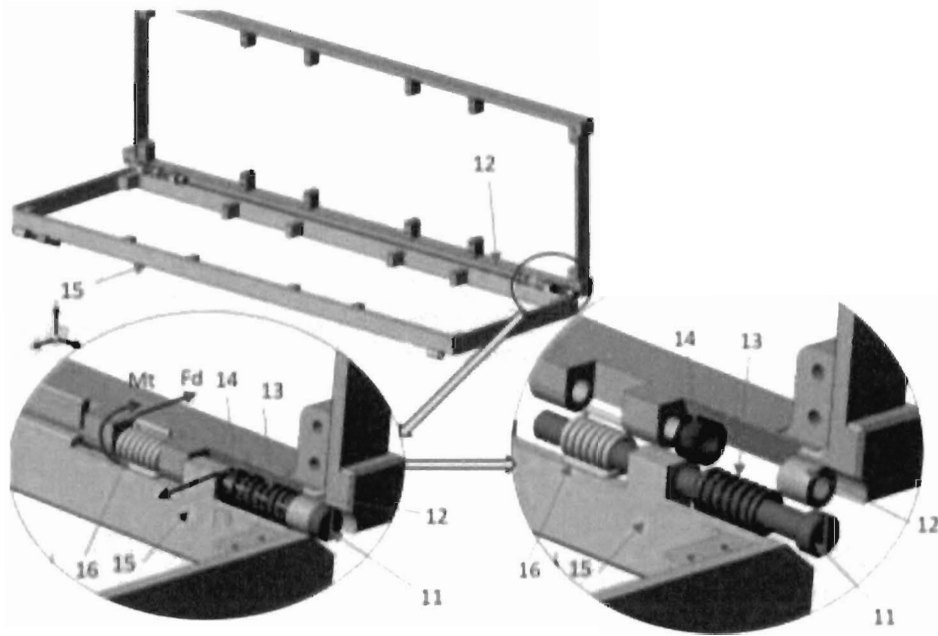


Fig. 3. Schema de principiu a articulației tip balama.

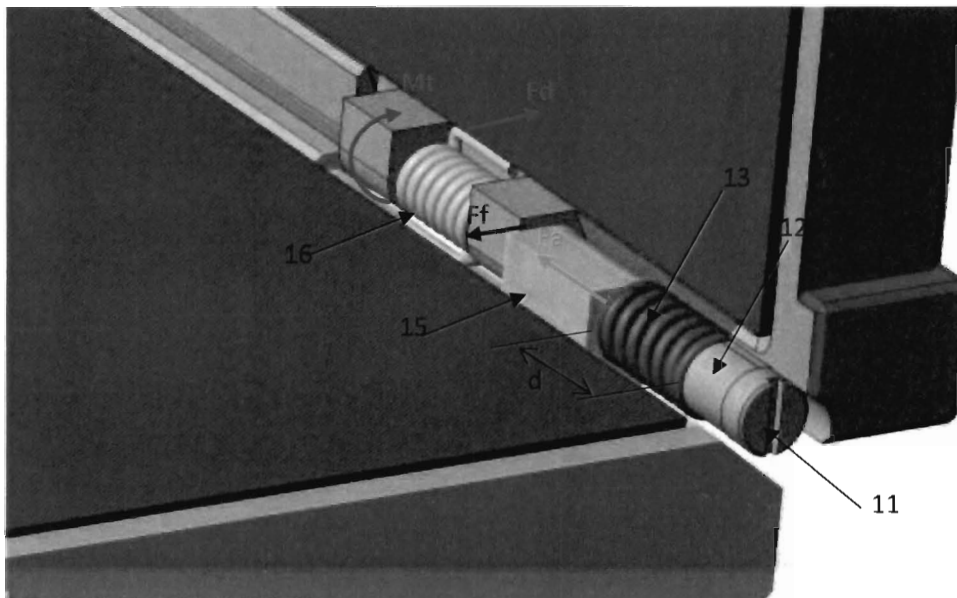


Fig. 4. Soluția 1: arc axial cu comprimare minimă

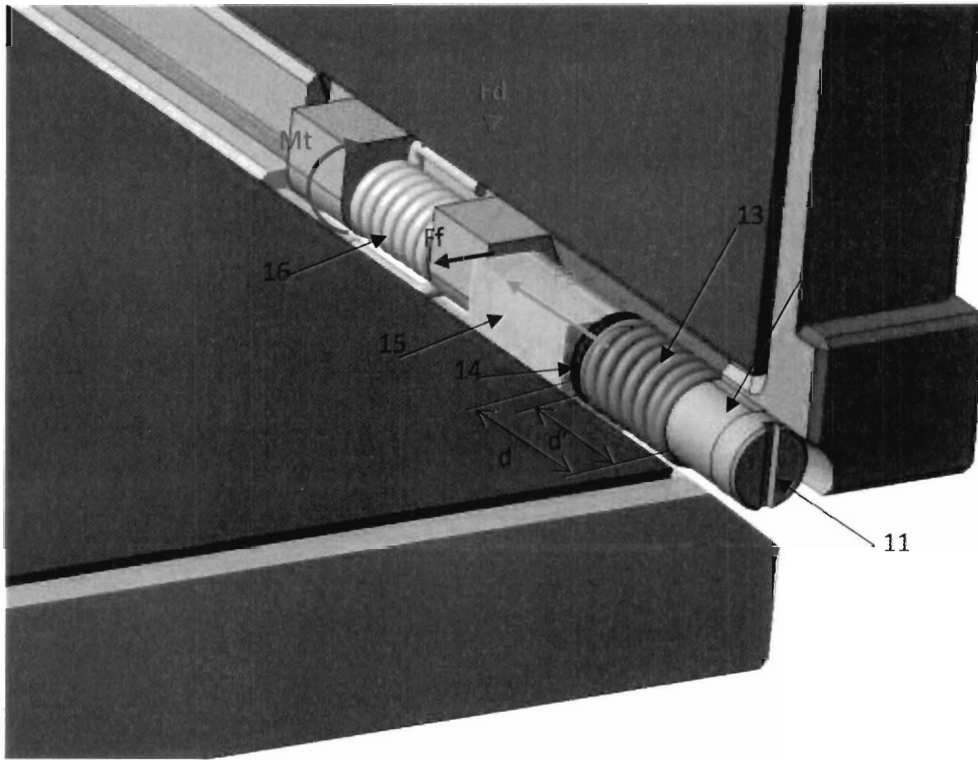


Fig. 5. Soluția 2: arc axial comprimare medie.

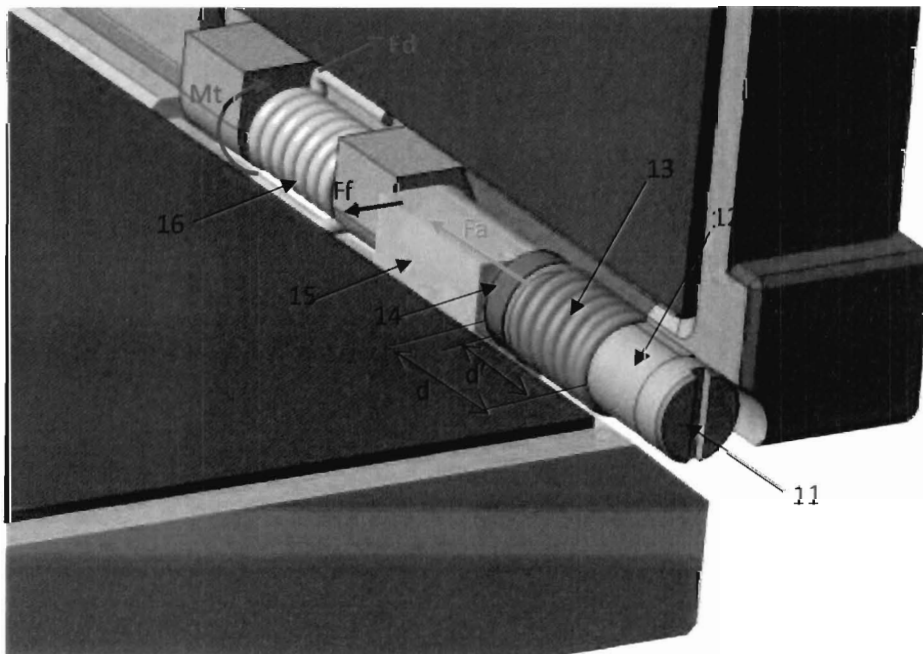
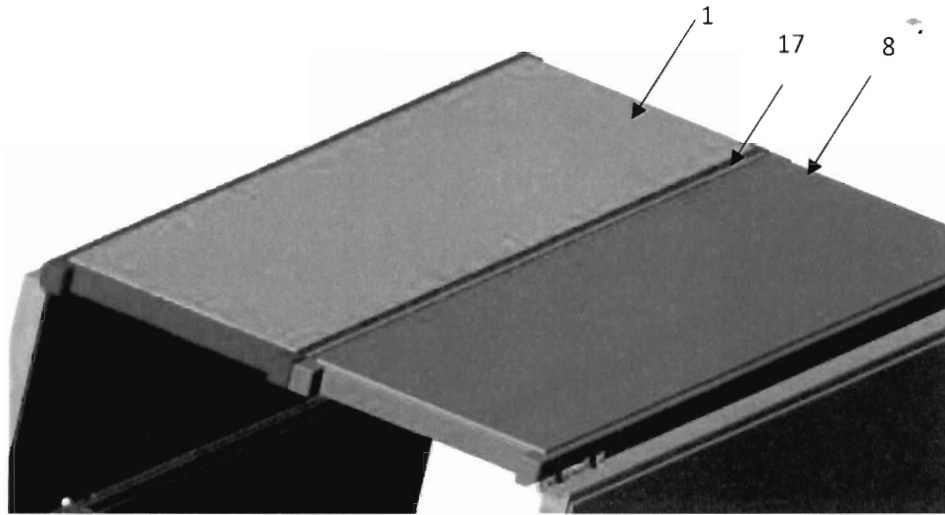


Fig. 6. Soluția 3: arc axial comprimare maximă.



1-primul panou; 8 ultimul panou; 17 benzi magnetice încastate în structură - poziție închisă a formei poligonale.

Fig.7 Configurația finală a primului și ultimului panou.
