Қазақстан Республикасының Білім және ғылым минстрлігі

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: Геостационарлық орбитадағы кіші ғарыш аппараттары топтамасының қозғалысының математикалық моделі

Ғылыми жетекші: Досжан Н.С.

Орындаған: Имангазина А.А.

Мамандығы: 5В074600 - «Ғарыштық техника және технологиялары»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫСТЫҢ МАҚСАТЫ МЕН МІНДЕТТЕРІ

Дипломдық жұмыстың мақсаты:

Кіші ғарыш аппараттары топтамасының қозғалысының математикалық моделін құрастыру болып табылады.

Дипломдық жұмыстың міндеттері:

- ҒА топтамасының орбиталдық қозғалысының математикалық моделін құру;
- Кеңістіктегі топтаманыңдың қозғалысын MatLab бағдарламасында визуализациялау.

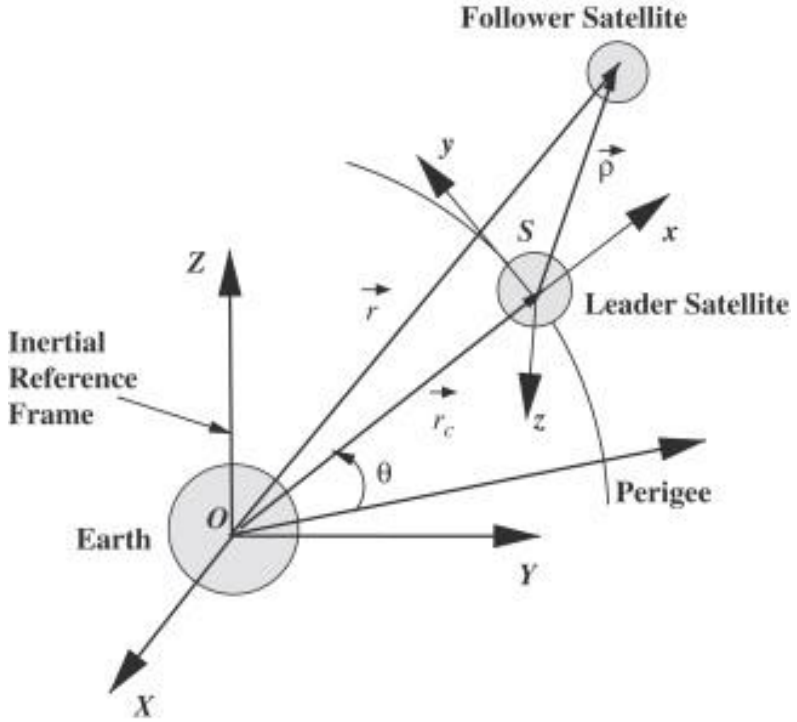
МАЗМҰНЫ

I. Кіріспе.....4
II. Ұйытқушы күштер.....5
III. Ұшу динамикасы.....6
IV. Бағдарлау және басқару әдістері.....8
V. Сандық моделдеу.....11
VI. Қорытынды.....15
VII. Пайдаланылған әдебиет.....16

I. КІРІСПЕ

Топтастықтық негізгі артықшылықтары

- Топтама элементтерінің арасында негізгі міндеттерді бөліп орналастыру
- Құрастыруда жене падалануда шығынды төмендету
- Қолданудың икемділігі
- Қосыша элементтерді қосу немесе істең шыққан элементтерді алмастыра алу



Сурет 1-Көшбасшы/Ізбасар байланысы бойынша қозғалатын топтама

II. ҰЙЫТҚУШЫ КҮШТЕР

Геостационарлы орбитада орналасқан ғарыштық аппарат үшін келесі негізгі үш ұйытқушы күшті қарастыру қажет

1) Жер бедерінің біркелкі еместігінен туындайтын зоналды гармоника

$$U = \frac{\mu}{r} + \mu \sum_{l=2}^{L} \sum_{m=0}^{l} \frac{R^l}{r^{l+1}} P_{lm}(\sin\theta)\left(C_{lm}\cos m\lambda + S_{lm}\sin m\lambda\right) \qquad (1)$$

2) Үлкен үшінші денелер әсерінен туындайтын гравитациялық күштер

$$\frac{d^2 r_i}{dt^2} = G\sum_{j=1}^{j=n} \frac{m_j}{r_{ij}^3}(r_j - r_i) \ \{i \neq j\} \quad (2)$$

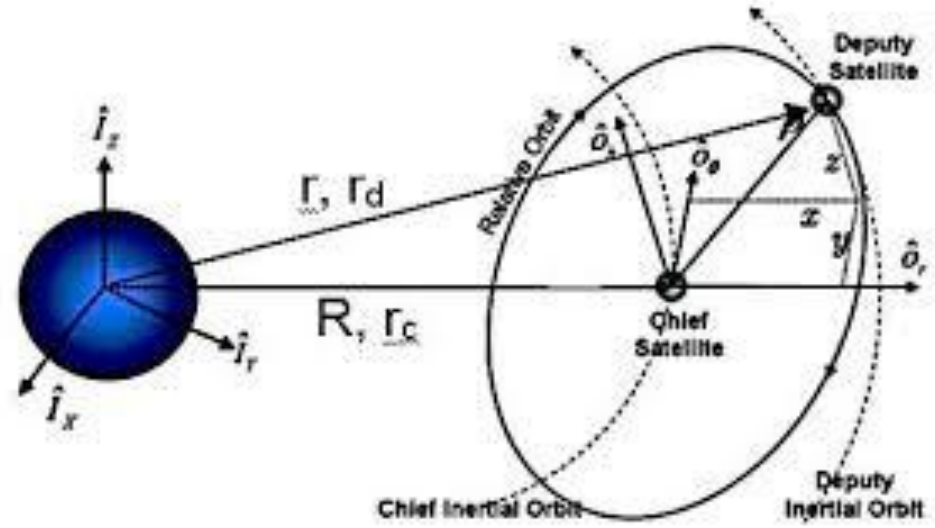
3) Күн сәулесінің күші

III. ҰШУ ДИНАМИКАСЫ

HCW теңдеулері
(Хилл-Клохесси-Уилтшер)

Соңғы бірнеше онжылдықта бұл теңдеулер топтама қозғалысын бақылау саласындағы зерттеулер үшін негіз болды.

Негізгі мақсаты ҒА белгілі бір формацияда ұстап тұру және ашық ғарышта еркін ұшып жүруге мүмкіндік бермеуі болып табылады.



Сурет 3 – Топтама элементтерінің қозғалысы

$$\ddot{x} - 2n\dot{y} - 3n^2x = 0$$
$$\ddot{y} + 2n\dot{x} = 0 \quad (4)$$
$$\ddot{z} + n^2z = 0$$

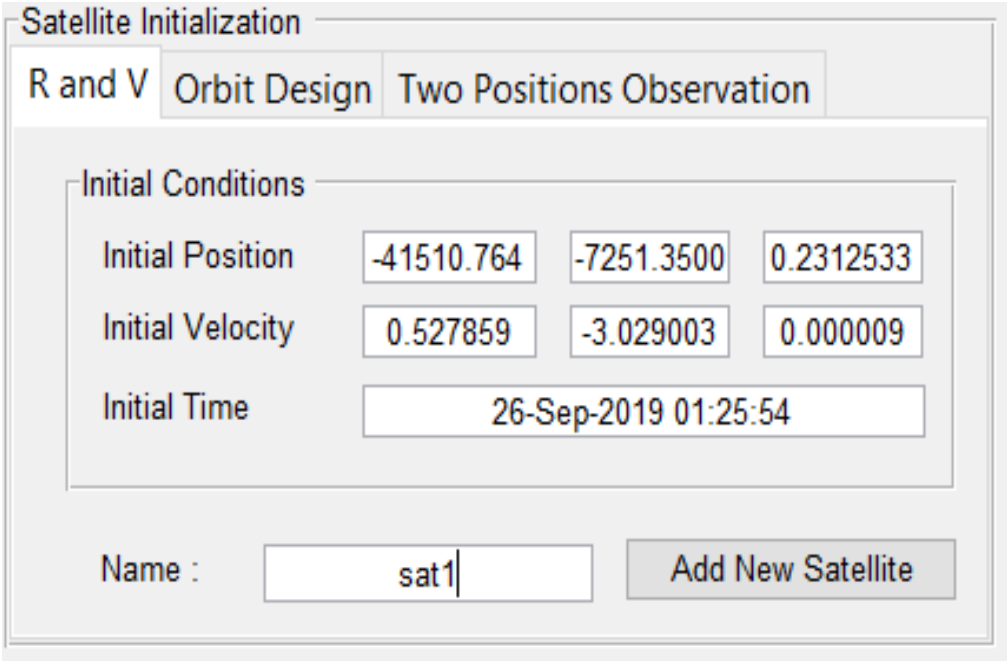
IV. БАҒДАРЛАУ ЖӘНЕ БАСҚАРУ ӘДІСТЕРІ

Осы жұмыста кіші ғарыш аппараттары топтамасының қозғалысының үш түрлі иммитациялық моделі жасалды:

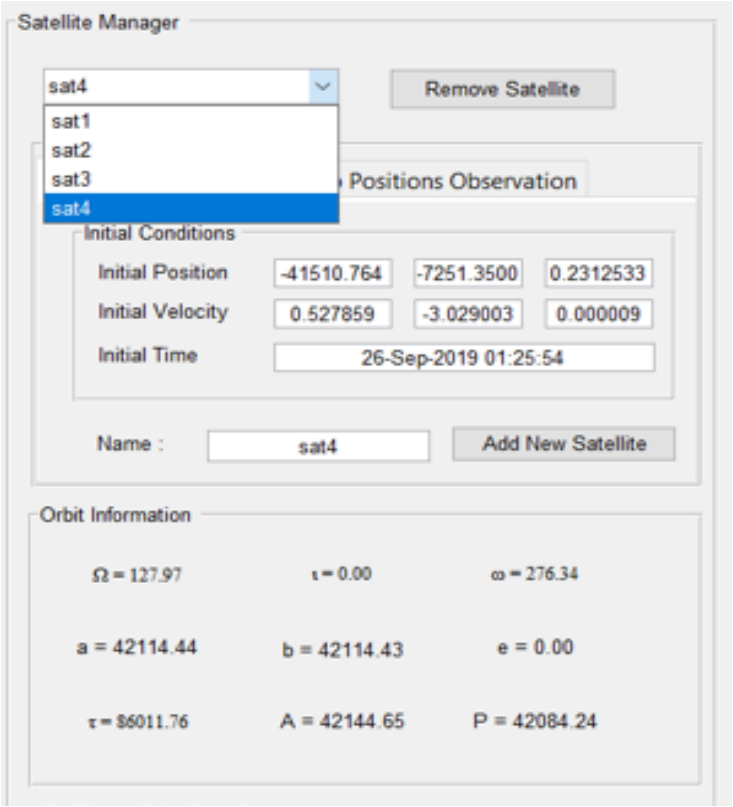
- Ұйытқушы күштер ескерілмеген қозғалыс моделі;
- Ұйытқушы күштерді ескерілген қозғалыс моделі;
- Кері байланыс контроллерін қолдана отырып жасалған қозғалыс моделі.

IV. БАҒДАРЛАУ ЖӘНЕ БАСҚАРУ ӘДІСТЕРІ

Бастапқы жағдай мен жылдамдықты енгізу арқылы орбиталық қозғалысты модельдеу



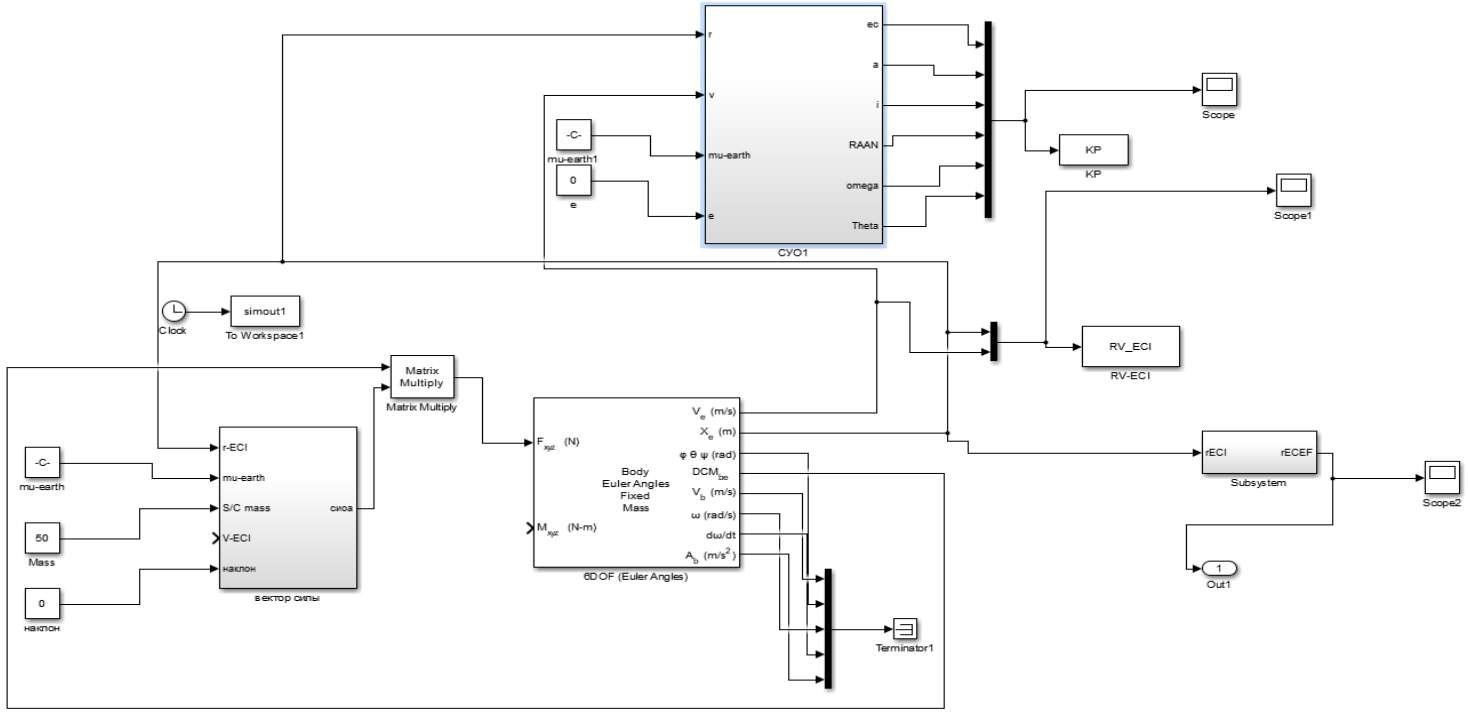
Сурет 4 – Бастапқы жағдайы мен жылдамдығын бағдарламаға енгізу



Сурет 5 - Топтаманы құрайтың серіктер тізімі

IV. БАҒДАРЛАУ ЖӘНЕ БАСҚАРУ ӘДІСТЕРІ

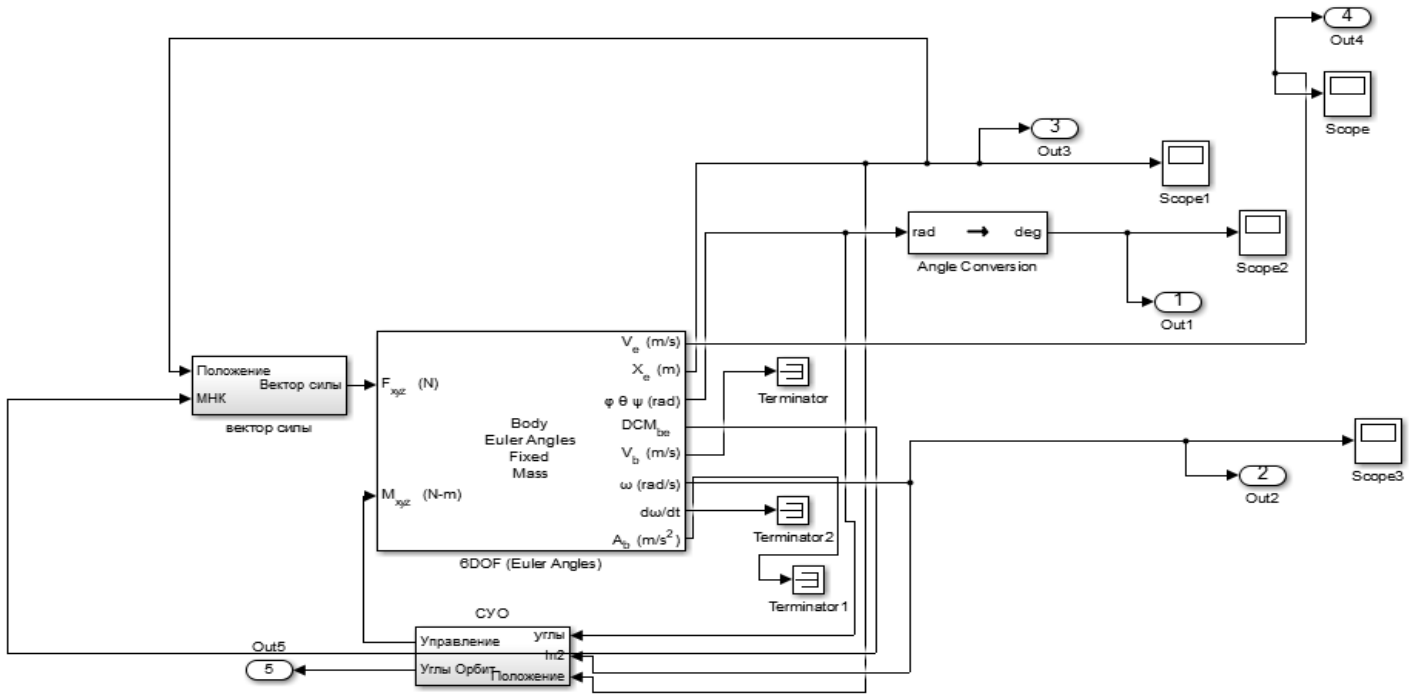
Ұйытқушы күштерді ескере отырып, орбиталық қозғалысты 6 еркіндік дәрежесінде модельдеу



Сурет 6 – MatLab бағдарламасында құрылған модель

IV. БАҒДАРЛАУ ЖӘНЕ БАСҚАРУ ӘДІСТЕРІ

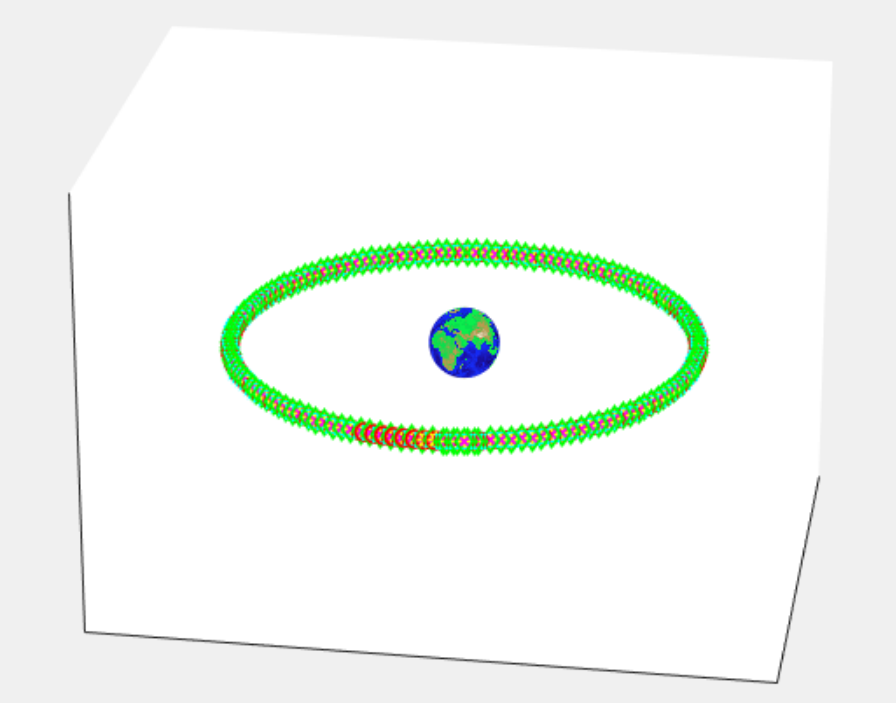
Кері байланыс контроллерінің көмегімен орбиталық қозғалысты модельдеу



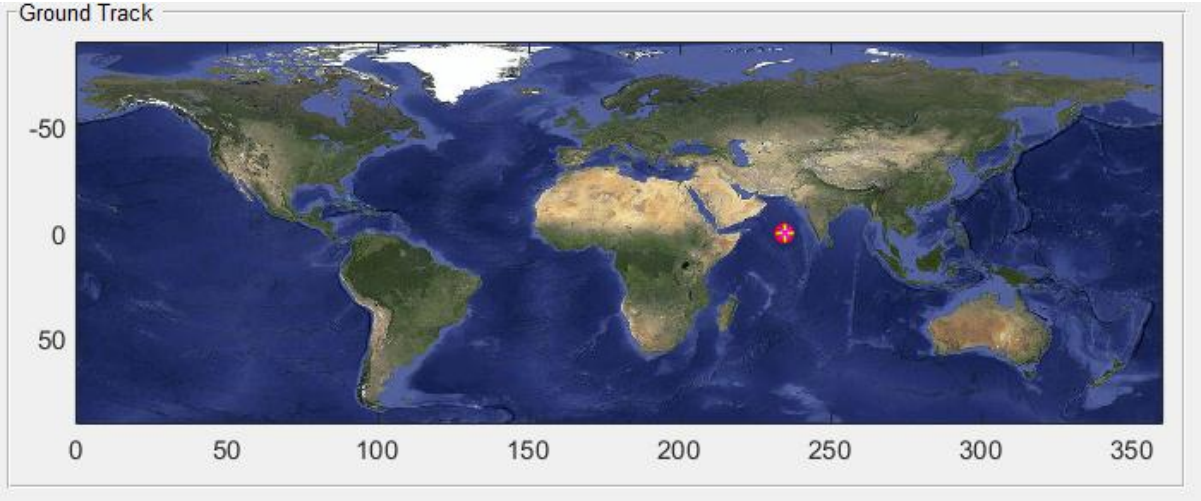
Сурет 7 – MatLab бағдарламасында құрылған модель

V. ИМИТАЦИЯЛЫҚ МОДЕЛДЕУ

Ұйытқушы күш ескерілмеген орбиталық қозғалысты модельдеу



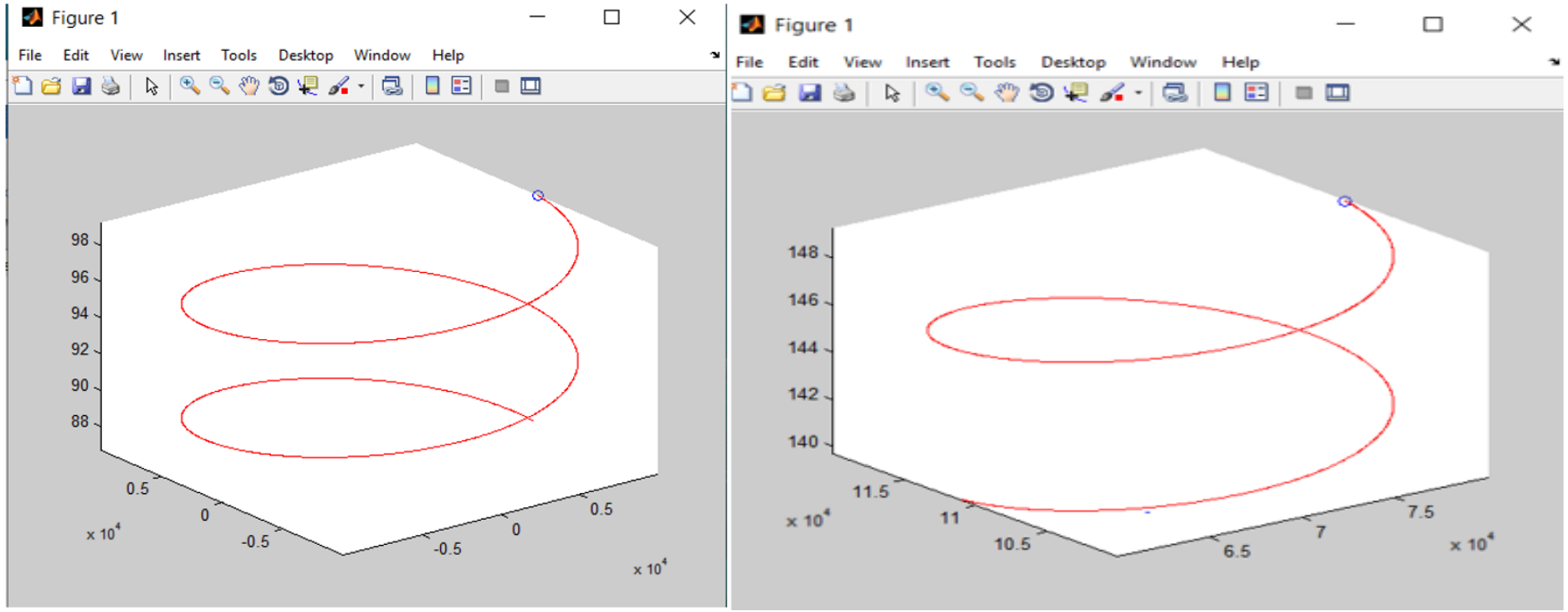
Сурет 8 - ҒА топтамасының орбитада ұшуы



Сурет 9 - Топтаманың геостационарлы оритада орналасуы

V. ИМИТАЦИЯЛЫҚ МОДЕЛДЕУ

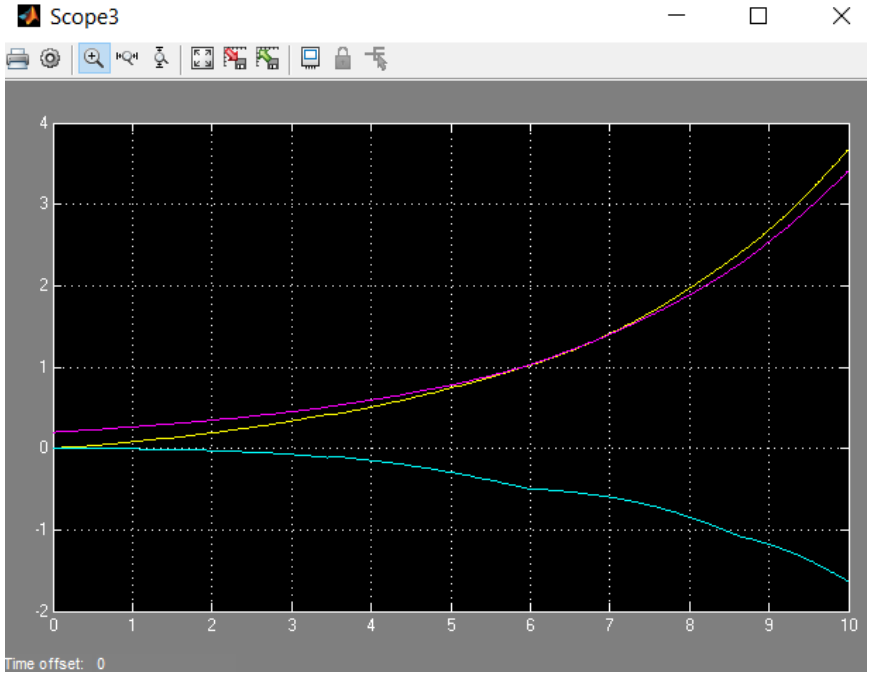
Ұйытқушы күштерді ескере отырып, орбиталық қозғалысты 6 еркіндік дәрежесіндегі модельдеу



Сурет 10 - Ұйытқыған қозғалыс графигі

V. ИМИТАЦИЯЛЫҚ МОДЕЛДЕУ

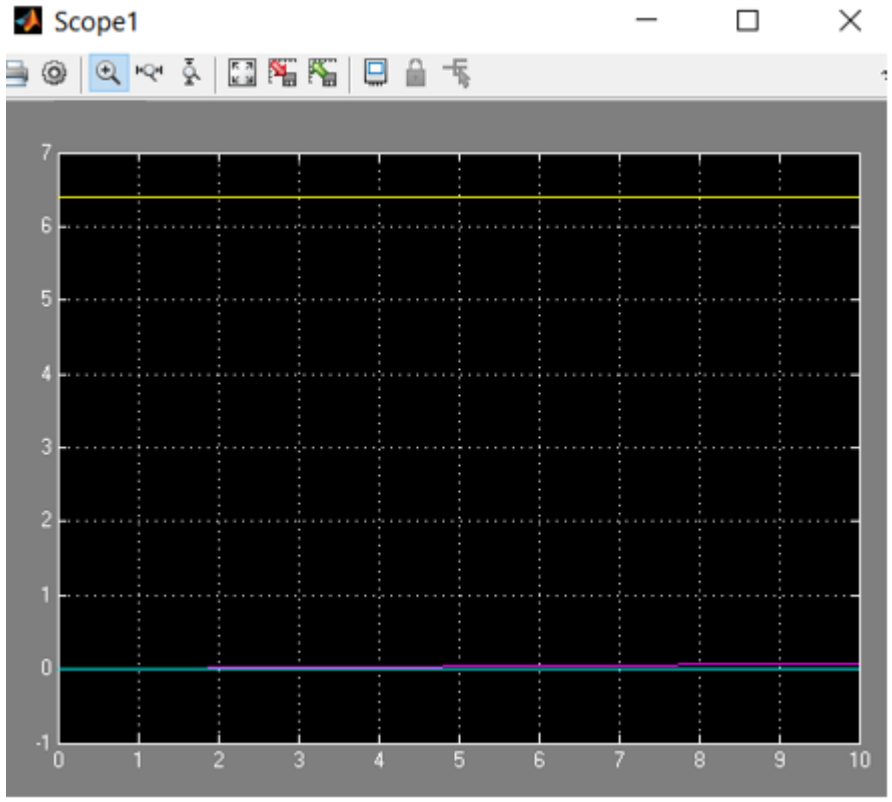
Ұйытқушы күштерді ескере отырып, орбиталық қозғалысты 6 еркіндік дәрежесіндегі модельдеу



Сурет 11 – Топтама құрамындағы жерсеріктердің траекториясының ауытқуы

V. ИМИТАЦИЯЛЫҚ МОДЕЛДЕУ

Кері байланыс контроллерінің көмегімен орбиталық қозғалысты модельдеу



Сурет 12 - Кері байланыс контроллері арқылы қозғалысты моделдеу

VI. ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл жұмыста геостационарлық орбитадағы кіші ғарыш аппараттары топтамасының қозғалысының математикалық моделі жасалды. Құру әдістері, сондай-ақ топтама қозғалысын басқару және бақылау түрлері қарастырылған.

Жұмыста топтаманың қозғалысы Көшбасшысы/Ізбасары түрімен басқарылып отырды. Нәтижесінде MatLab бағдарламасында ұшу динамикасы мен ұйытқышы күштер және басқа да әсер ететін факторларды есепке ала отырып, топтама қозғалысын модельдеу жүргізілді.

Жоғарыда атқарылған жұмыстың нәтижесі болашақта геостационарлық орбитада топтамаларды бақылау және басқару жүйесін жақсартуға көмектеседі деп үміттенемін.

VII. ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

[1] Sidi M. J. (1997). Spacecraft Dynamics and Control. Cambridge.

[2] Naasz, B. J., Karlgaard, C. D. & Hall, C. D. (2002), Application of several control techniques for the ionospheric observation nanosatellite formation, AAS/AIAA Space Flight Mechanics Conference.

[3] David A. Vallado, ’Fundamentals of Astrodynamics’, 2nd Edition, Microcosm Press & Kluwer Academic Publishers, 2001.

[4] Beard, R. & F. Hadaegh, F. (1999), Fuel optimization for unconstrained rotation of spacecraft formations.

[5] Jennifer A. Roberts, ‘Satellite Formation Flying for an Interferometry Mission’, PhD Thesis, Cranfield University, 2005

[6] Kyle T. Alfriend Spacecraft Formation Flying, 2010

[7] Ma Jian, ‘Formation Flying of Spacecrafts for Monitoring and Inspection’, MSc Thesis, Lulea University of Technology, 2009

VII. ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

[8] Esten I.G. Modeling and Control of Formation Flying Satellites in 6 DOF

[9] Scharf, D., Ploen, S., and Hadaegh, F., “A Survey of Spacecraft Formation Flying Guidance and Control (Part II): Control”, American Control Conference, June 2004, pp. 2976–2985.

[10] Kapila, V., Sparks, A. G., Buffington, J. M., and Yan, Q., “Spacecraft FormationFlying:DynamicsandControl”,ProceedingsoftheAmerican Control Conference, San Diego, CA, June 1999, pp. 4137–4141.

[11]Справочное руководство по небесной механике и астродинамике / Под ред. Г.Н. Дубошина. – М.: Наука, 1976. – 864 с.

[12]. Pol Sintes Arroyo, ‘Mission and Thermal Analysis of the UPC Cubesat’, MSc Thesis, Universitat Politecnica de Catalunya, 2009

[13] Montenbruck, O. & Gill, E. (2000), Satellite Orbits: Models, Methods, and Applications, Springer-Verlag.

[14] Bristow,J.,Folta,D.,andHartman,K.,“AFormationFlyingTechnology Vision”, Proceedings of AIAA Space 2000 Conference and Exposition, Long Beach, CA, September 2000, AIAA Paper 2000–5194.

[15] Battin, R. H., An Introduction to the Mathematics and Methods of Astrodynamics, AIAA, Reston, VA, 1999.

VII. ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

[16] Tillerson, M., Inalhan, G., and How, J. P., “Coordination and Control of Distributed Spacecraft Systems Using Convex Optimization Techniques”,InternationalJournalofRobustandNonlinearControl,Vol.12, No. 2–3, February–March 2002, pp. 207–242.

[17] Дубошин Г.Н. - Справочное руководство по небесной механике и астродинамике. М., 1976 - 864 стр.

[18] 10. Chia-Chun Chao, ‘Applied Orbit Perturbation and Maintenance’, The Aerospace Press & AIAA, 2005

[19] Gurfil, P., “Control-Theoretic Analysis of Low-Thrust Orbital Transfer Using Orbital Elements”, Journal of Guidance, Control, and Dynamics, Vol. 26, No. 6, November–December 2003, pp. 979–983.

[20] Gurfil, P. and Mishne, D., “Cyclic Spacecraft Formations: Relative Motion Control Using Line-of-Sight Measurements Only”, Journal of Guidance, Control, and Dynamics, Vol. 30, No. 1, 2007, pp. 214–2257

[21] Tillerson, M. and How, J. P., “Formation Flying Control in Eccentric Orbits”, Proceedings of the AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference, Montreal, Canada, August 2001.

НАЗАРЛАРЫНЫЗҒА РАХМЕТ!