

А.В. Журавель (Національний авіаційний університет)
 Р.А. Ткаленко(Національний авіаційний університет)

Модель динаміки та руху мультикоптера

Все зростаюча необхідність останніх років мультикоптери привертали багато уваги до досліджень завдяки своїй маневреності, простоті конструкції, вигідності та здатності приймати корисне навантаження.

Для оцінки руху гексакоптера розглянемо базову модель (рис. 1,2), яка складається з легкої хрестоподібної конструкції з шістьма гвинтами, встановленими на її кінцях. Непарні гвинти (ротори 1,3,5) обертаються проти годинникової стрілки, тоді як парні (2,4,6) обертаються за годинниковою стрілкою

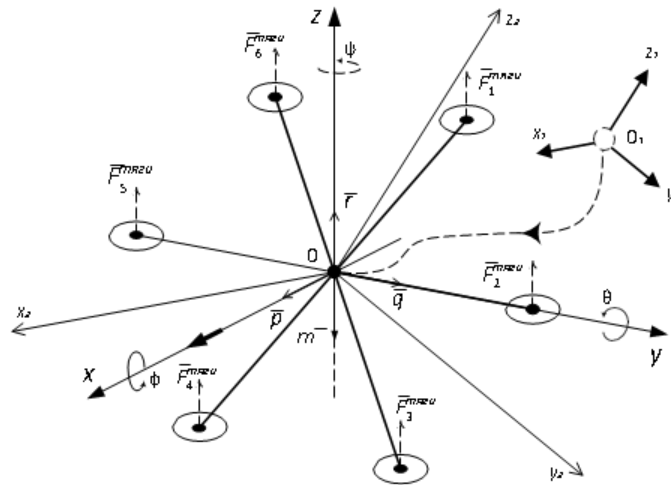


Рис.1.Схема руху мультикоптера,система координат у положенні простору

Як зазначалося, рух мультикоптера контролюється можливістю незалежної зміни швидкості роторів. Вважаючи мультикоптер твердим тілом, розглянемо рух вільного твердого тіла (рис. 1,2) щодо прямокутної нерухомої системи координат $O_1x_1y_1z_1$. Відповідно до теореми Ейлера-Шалля ,будь-який рух твердого тіла можна розглядати як сукупність поступального руху, що визначається рухом довільної точки тіла (полюса), і рухом тіла навколо цієї точки як нерухомої.

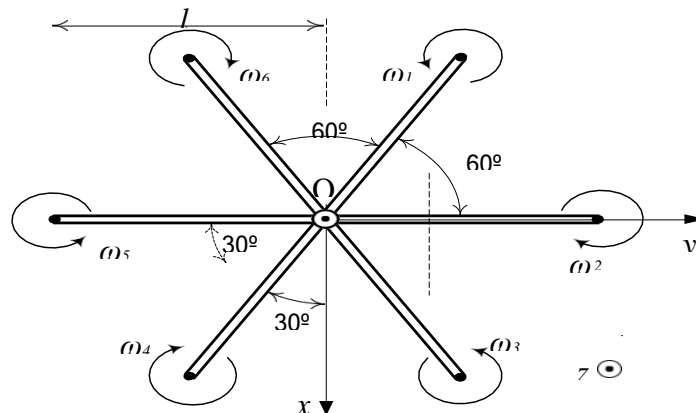


Рис.2.Конструкційна схема мультикоптера

Таким чином, загальна система диференціальних рівнянь руху мобільної мехатронної системи набуде вигляду:

$$\begin{cases} \dot{u} = vr - wq + F_x / m; \\ \dot{v} = wp - ur + F_y / m; \\ \dot{w} = uq - vp + F_z / m; \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \dot{p} &= \frac{I_z M_x}{I_x I_z - I_{xz}^2} + \frac{I_{xz} M_y}{I_x I_z - I_{xz}^2} + \frac{(I_x - I_y + I_z) I_z}{I_x I_z - I_{xz}^2} pq + \frac{(I_y - I_z) I_z - I_{xz}^2}{I_x I_z - I_{xz}^2} qr; \\ \dot{q} &= \frac{M_y}{J_y} - \frac{(J_x - J_z) pr}{J_y} - \frac{J_{xz}(p^2 - r^2)}{J_y}; \\ \dot{r} &= \frac{I_{xz} M_x}{I_x I_z - I_{xz}^2} + \frac{I_x M_x}{I_x I_z - I_{xz}^2} + \frac{(I_x^2 - I_x I_z + I_{xz}^2)}{I_x I_z - I_{xz}^2} pq + \frac{(I_y - I_x - I_z) I_{xz}}{I_x I_z - I_{xz}^2} qr \end{aligned}$$

де I_z, I_{xz}, I_y – момент інерції відносно координатних вісей;

де M_x, M_y, M_z - проекції суммарного моменту сил на зв'язані вісі;

де J_y - осьовий момент інерції по y ;

де I_{xz}^2 - вертикальна симетрія мультикоптера.

Подані рівняння описують динаміку несиметричного мультикоптера з урахуванням прийнятих припущень. З системи рівнянь руху апарату впливає окремий випадок – динамічно симетричного мультикоптера (Oz – центральна вісь динамічної симетрії тіла). Як видно, рівняння є нелінійними і їх точне рішення за допомогою аналітичних методів та стандартних засобів у загальному випадку неможливе.

Для чисельної оцінки руху мультикоптера (гексакоптера) буде розглянуто базову модель, яка складається з хрестоподібної несучої конструкції з шістьма гвинтами, встановленими на її кінцях. Непарні гвинти (ротори 1,3,5) обертаються проти годинникової стрілки, тоді як парні (ротори 2,4,6) обертаються за годинниковою стрілкою.

При проведенні практичних розрахунків вважатимемо інерцію двигунів літального апарату малою, вважаючи, що гіроскопічні сили роторів та гвинтів незначні. Зауважимо, що рівняння, що описують рух мобільної мехатронної системи, значно спрощуються, якщо розташувати зв'язкову систему координат $Oxyz$ (будівельні осі апарату) за його головними осями інерції (за умови, що ми заздалегідь обчислили напрямок головних осей інерції літального апарату).

У висновку розрахунки показують, що, прийнята вертикальна симетрія мультикоптера, за умови сталості маси, дає чисельні значення I_{xz} значно менші, ніж I_x, I_y і I_z (тобто. I_{xz} при проведенні оцінних розрахунків надалі можна буде певною мірою пренеб-мова). Подальше дослідження рівнянь руху мультикоптера, а також їх вирішення здійснюється за допомогою методів комп'ютерного моделювання.

Список літератури

1. R. C. Nelson, Flight Stability and Automatic Control. Boston, MA: McGraw-Hill, 2nd ed., 1998.
2. Etkin and L. D. Reid, Dynamics of Flight: Stability and Control. New York: John Wiley & Sons, 1996.
3. B. L. Stevens and F. L. Lewis, Aircraft Control and Simulation. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc., 2nd ed., 2003.