

МЕТОДИКА ФАЗИРОВАНИЯ ОРБИТ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ИХ ВСТРЕЧИ НА ГЕОСТАЦИОНАРНОЙ ОРБИТЕ

А.В. Чарушников
(ВКА им. Можайского)
А.В. Малинка
(в/ч 07378, г. Мирный)

Рассмотрены подходы к формализованному описанию параметров фазирования орбит космических аппаратов (КА). Аналитические соотношения позволяют рассчитать время старта КА с орбиты хранения для перевода на орбиту геостационарного КА по эллиптической орбите Гомана в точку встречи с заданным геостационарным КА.
Ключевые слова: геостационарный КА, эллиптическая орбита Гомана, период обращения КА, переходная эллиптическая орбита.

Для перевода КА с орбиты зоны радиуса r_{xp} на орбиту геостационарного КА (радиуса $r_{ГСС}$) по эллиптической орбите Гомана в точку встречи КА с заданным геостационарным КА необходимо осуществить фазирование движения этих аппаратов таким образом, чтобы они одновременно прибыли в точку встречи $C_2(t_0 + \Delta t_{\Pi})$. На рисунке представлено фазирование КА.

Учитывая то обстоятельство, что период обращения КА по переходной эллиптической орбите T_s больше периода обращения $T_{ГСО}$ КА, находящегося на геостационарной орбите, то за время перехода КА по дуге переходного эллипса

$$\Delta t_{\Pi} = T_s / 2$$

геостационарный КА пройдет по своей орбите $r_{ГСС}$ угловую дальность

$$\varphi_{ГСС} = \pi + \Delta\varphi_0 \quad [1].$$

Поскольку угловая скорость вращения КА на геостационарной орбите

$$\omega_{ГСС} = \frac{2\pi}{T_{ГСС}} = \frac{2\pi}{T_{ЗВ}}, \quad (1)$$

то угловая дальность $\varphi_{ГСС}$, которую пройдет геостационарный КА по своей орбите за время

$$\Delta t_{\Pi} = T_s / 2,$$

определяется как

$$\varphi_{ГСС} = \omega_{ГСС} \Delta t_{\Pi} = \frac{2\pi T_s}{T_{ЗВ} 2} = \pi \frac{T_s}{T_{ЗВ}}.$$

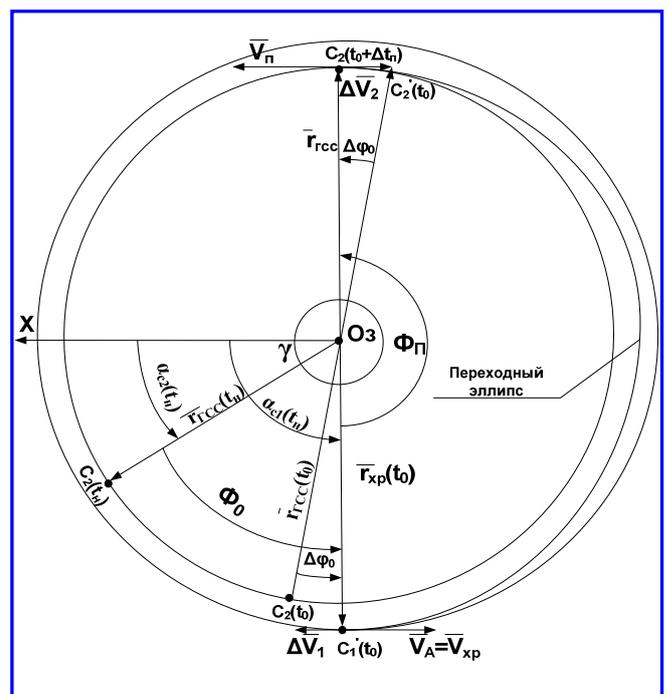
Откуда следует, что угол опережения геостационарного КА относительно точки $C_2(t_0)$ прихода КА по переходному эллипсу на геостационарную орбиту КА

$$\Delta\varphi_0 = \varphi_{ГСС} + \pi, \quad (2)$$

поскольку угловая дальность перехода КА равна $\Phi = \pi$ [2 – 4].

С учетом вышеизложенного расчет времени фазирования аппаратов для их встречи в точке $C_2(t_0 + \Delta t_{\Pi})$ заключается в следующем. Пусть в момент времени

$$t_{\Pi} = t_0 + \Delta t_{\Phi},$$



Фазирование движения космических аппаратов

где t_0 – момент подачи первого импульса $\Delta \bar{V}_1$ (момент старта КА с орбиты зоны хранения радиуса r_{xp} из точки $C_1(t_0)$); Δt_ϕ – время фазирования аппаратов; геостационарный КА находится на угловом расстоянии Φ_0 от КА (точки $C_1(t_0)$).

Прямые восхождения ГСС и КА относительно направления оси X (точки весеннего равноденствия γ) абсолютной геоцентрической системе координат (АГЭСК) составляют соответственно величины $\alpha_{ГСС}(t_0 - \Delta t_\phi)$ и $\alpha_{xp}(t_0)$ (см. рисунок).

Определим отрезок времени фазирования аппаратов $\Delta t_\phi = (t_n - t_0)$, за который радиус ГСС в относительном движении аппаратов совместится с радиусом $\bar{r}_{ГСС}(t_0)$, пройдя угловое расстояние $(\Phi_0 - \Delta\phi_0)$, где $\Delta\phi_0$ определено из соотношения (2).

Поскольку угловая скорость ГСС на круговой орбите радиуса $r_{ГСС}$, определяется по формуле (1), выше угловой скорости КА ω_{xp} , $r_{xp} > r_{ГСС}$, то получим разность угловых скоростей

$$\Delta\omega = \omega_{ГСС} - \omega_{xp} = \frac{2\pi}{T_{зв}} - \omega_{xp}.$$

Угловая скорость $\Delta\omega$ определится из соотношения:

$$\omega_{xp} = \frac{2\pi}{T_{xp}} = \frac{2\pi}{\frac{2\pi}{\sqrt{k}} r_{xp}^{3/2}} = \sqrt{\frac{k}{r_{xp}^3}}, \quad (3)$$

где T_{xp} – период обращения КА по круговой орбите хранения; $k = 398602,5 \text{ км}^3/\text{с}^2$ – гравитационная постоянная Земли.

С учетом (3) окончательно получим, что

$$\Delta\omega = \frac{2\pi}{T_{зв}} - \sqrt{\frac{k}{r_{xp}^3}}.$$

За счет разности угловых скоростей $\Delta\omega$ ГСС будет приближаться в угловом измерении к точке старта КА с орбиты хранения.

Из геометрических соотношений (см. рисунок) следует, что отрезок времени фазирования аппаратов

$$\Delta t_\phi = \frac{\Phi_0 - \Delta\phi_0}{\Delta\omega}.$$

Если время начала фазирования t_n было задано, то время старта КА с орбиты хранения должно быть равным:

$$t_0 = t_n - \Delta t_\phi.$$

Приведенные аналитические соотношения позволяют рассчитать время старта КА с орбиты хранения для перевода на орбиту геостационарного КА по эллиптической орбите Гомана в точку встречи с заданным геостационарным КА.

Литература

1. Ковалевский Г.Г., Сергеев М.С. Теория полета космических аппаратов. Часть I / Г.Г. Ковалевский, М.С. Сергеев. – М.: МО РФ, 1974. – 398 с.
2. Баллистическое обеспечение космических полетов: конспект лекций / Н.Ф. Аверкиев, С.А. Богачев, С.А. Васьков, [и др.]. – СПб.: ВКА, 2007. – 132 с.
3. Скребушевский В.С. Формирование орбит космических аппаратов / В.С. Скребушевский. – М.: Машиностроение, 1990. – 256 с.
4. Мамон П.А., Шаповалов А.В. Основы теории полета. Учебное пособие / П.А. Мамон, А.В. Шаповалов. – Л.: ВИКИ, 1981.

Поступила в редакцию 01.02.2010

Александр Валерьевич Чарушиников, канд. военных наук, подполковник, начальник 1-й военно-научной группы ВКА им. Можайского, e-mail: avchar@yandex.ru.

Анатолий Владимирович Малинка, адъюнкт заочной формы обучения ВКА им. Можайского, подполковник, начальник лаборатории в/ч 07378, т. (818 34)-5 44 93, e-mail: Crimson-friend@rambler.ru.