КОНТРОЛЬ КОСМІЧНОГО І ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ

УДК 629.783:004.722

А.В. Вьюнник

Государственный университет телекоммуникаций, Киев

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЩЕГО СЛУЧАЯ РАСЧЕТА СИСТЕМЫ КА С ЗАДАННЫМ РАЗРЫВОМ НАБЛЮДЕНИЯ

Проведен анализ общего случая расчета системы космических аппаратов с заданным разрывом наблюдения.

***Ключевые слова**: зональная гармоника, драконический период, космический аппарат, круговые орбиты, период обращения.*

Введение

Поставим задачу определения потребного количества космических аппаратов в системе и их взаимного расположения при заданном разрыве обслуживания.

Основная часть

Расчет системы КА с заданным разрывом в обслуживании можно произвести, если известны следующие исходные данные:

- время разрыва в обслуживании - t_p ;

- минимально допустимый угол возвышения КА над горизонтом – δ_{min} или величина угла обзора бортовой аппаратуры - γ ;

- время обслуживания - $t_{îáñë}$;

- диапазон высот, в котором возможна работа системы КА, - $r_{êðmin}$, $r_{êðmax}$.

Эти исходные данные обусловлены ограничениями, накладываемыми на работу как бортовой, так и наземной аппаратуры, а также связаны с целевым назначением системы. Тогда порядок расчета системы КА с заданным разрывом в обслуживании сведется к следующему.

Задаваясь значениями радиус-вектора круговых орбит $r_{êð}$ в диапазоне $r_{êðmin} \le r_{kp} \le r_{êðmax}$, определим величину

$$\phi_{ðàá} = \phi_ç - \phi_{îïð} \qquad (1)$$

По $\phi_{ðà}$ находиться угол наклонения плоскости орбиты к плоскости экватора:

- для систем глобального обслуживания

$$i_{max} = 90^0 - \phi_{ðàá} ; \qquad (2)$$

- для систем зонального обслуживания

$$i_{max} = \phi_{â} - \phi_{ðàá} . \qquad (3)$$

С учетом наклонения i географической широты точки старта ϕ_n и примерной длины участка выведения можно определить значение аргумента широты μ_0 точки вывода КА системы на орбиты с данной пусковой площадки. Имея i, μ_0, $r_{êð}$, определим драконический период КА системы по формуле:

$$Ò_\Omega = Ò\left\{1 - \frac{3}{4}Ñ_{20}\left(\frac{à_å}{r_{êð}}\right)^2 \times \left[1 + 5\cos^2 i - 6\sin^2\mu_0 \sin^2 i_0\right]\right\}, \qquad (4)$$

где $T = 2\pi\sqrt{r^3_{êð}/k}$ – звездный период обращения;

$C_{20} = -0{,}109808\ 10^{-2}$ - коэффициент при второй зональной гармонике разложения потенциала Земли в ряд по сферическим функциям;

$a_å = 6378êì$ - Экваториальный радиус Земли.

Определим процессию узлов орбит космических аппаратов за сутки с учетом 2-й зональной гармоники:

$$\Delta\Omega_{ñóò} = \frac{3\pi\pi_2 \cos i}{k r^2_{êð}(1 - å_0^2)^2} n, \qquad (5)$$

где $\pi_2 = -1{,}77 \cdot 10^{25}$ м^5/сек^2;

$n = \frac{T_{çâ}}{Ò_\Omega}$ - количество оборотов КА в звездные сутки.

Зная суточный уход узлов орбит системы КА, определим время, потребное для поворота Земли от восходящего узла орбиты системы до восходящего узла этой же орбиты (эффективный период обращения Земли $T_{эфф}$):

$$Ò_{ýôô} = Ò_{çâ}\left(1 - \frac{\Delta\Omega_{ñóò}}{2\pi}\right). \qquad (6)$$

По известным значениям эффективного периода $T_{эфф}$ и драконического периода T_{Ω} рассчитываем межвитковое расстояние

$$\lambda_{m.B} = \frac{2\pi}{T_{\acute{y}\hat{o}\,\hat{o}}} \grave{O}_{\Omega} \qquad (7)$$

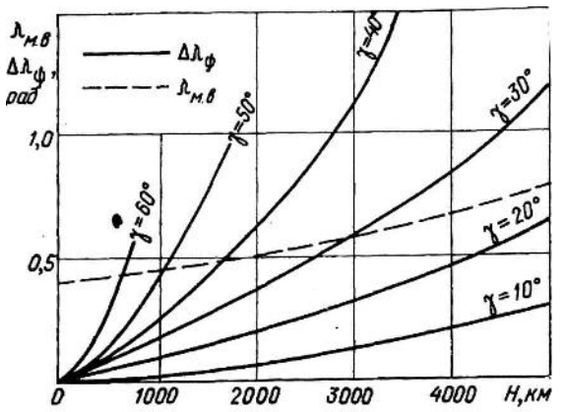

Рис. 1. Зависимость $\lambda_{\grave{i}\,.\hat{a}}$ и $\Delta\lambda_{\phi}$ для круговых полярных орбит при различных значениях угла γ

Для выбранных $r_{\hat{e}\eth}$ определяется ширина полосы обзора $\Delta\lambda_{\phi}$ на нижней географической широте района обслуживания. При этом возможны два случая:

а) найдется такая высота круговой орбиты r_{kp} в заданном диапазоне, где выполняется условие

$$\Delta\lambda_{\phi} = \lambda_{M.B} \qquad (8)$$

б) в заданном диапазоне высот условие $\Delta\lambda_{\psi} \geq \lambda m.\hat{A}$ не выполняется.

На рис. 1 приведено значение $\lambda_{\grave{i}\,.\hat{a}}$ и $\Delta\lambda_{\phi}$ для круговых полярных орбит при различных значениях угла обзора бортовой аппаратуры γ .

Рассмотрим случай первый.

Если условие (8) выполнено, то можно определить долготный угол разрыва в обслуживании

$$\lambda_{\eth} = \frac{2\pi}{\grave{O}_{\acute{y}\hat{o}\,\hat{o}}} t_p \qquad (9)$$

и тогда потребное количество космических аппаратов в системе

$$N = \frac{\pi}{\lambda_p} \qquad (10)$$

В общем случае число КА в системе получается дробным, поэтому его необходимо округлить до целого в большую сторону:

$$N_1 = \left[\frac{\pi}{\lambda_{\rho}}\right] + 1. \qquad (11)$$

С учетом целого числа аппаратов в системе определяем окончательно время разрыва в обслуживании:

$$\lambda_{\rho}^{/} = \frac{\pi}{N_1} \qquad (12)$$

и

$$t_p^{/} = \frac{\lambda_{\rho}^{/} T_{\acute{y}\hat{o}\,\hat{o}}}{2\pi}. \qquad (13)$$

Физическая основа предложенного метода расчета систем КА с заданным разрывом в обслуживании заключаться в том, что космические аппараты системы располагаться в околоземном пространстве таким образом, что трассы их совпадают. Выполнение условия (8) говорит о том, что межвитковые расстояния всегда должны покрываться зонами обзора космических аппаратов. Если же при заданных углах обзора бортовой аппаратуры в слое высот $r_{\hat{e}\eth\,min} \leq r_{\hat{e}\eth} \leq r_{\hat{e}\eth\,max}$ условие (8) не выполняется (второй случай), то межвитковое расстояние заполняется зонами обзора дополнительных космических аппаратов

$$n^{/} = \frac{\lambda_{m.\hat{a}} - \Delta\lambda_{\phi}}{\Delta\lambda_{\phi}} \qquad (14)$$

При этом если космические аппараты на одном межвитковом расстоянии располагаются таким образом, что аргумент широты μ для всех космических аппаратов одинаков (т.е космические аппараты разнесены друг относительно друга в долготном отношении на $\Delta\lambda_{\phi}$), то разрывы в обслуживании будут равны заданному разрыву.

Вывод

Если же космические аппараты, заполняющие зонами обслуживания одно межвитковое расстояние, расположены в одной плоскости и смещены друг относительно друга на угол $\Delta\omega$, то разрыв в наблюдении будет отличаться от расчетного значения на величину $\pm\Delta\grave{O}$(где $\Delta\grave{O} = \frac{\Delta\lambda_{\phi}}{2\pi}\grave{O}_{\varsigma\hat{a}}$). Таким образом, мы определили потребное число космических аппаратов в системе с заданным разрывом обслуживания.

Список литературы

1. *Козелков С.В. Системы наведения и автосопровождения антенных устройств радиолиний СВЧ и КВЧ диапазонов // Труды 10 НТК в/ч 32103. Научно-практические аспекты управления космической и наземной группировками, особенности их применения / – МО СССР, 1989 . – с.223.*
2. *Волосюк В.К., Козелкова Е.С. Анализ принципов построения и особенностей функционирования многоспутниковых сетевых систем // Системи обробки інформації. – Х.: ХВУ. – 2004. –Вип. 12(40). – С.26–31.*
3. *Иванов М.А. Согласование многокаскадных частотно-избирательных радиоприемных устройств с входными воздействиями // Радиотехника / Республиканский межведомственный научно-технический сборник. – Харьков, 1983. – Вып.65. – С.70-73.*

4. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Под ред. Корн Г. и Корн Т. – М.: Наука, 1984. – 831с.

5. Козелкова Е.С., Лебедева И.А. Выбор орбитального построения многоспутниковых низкоорбитальных систем // Моделювання та інформаційні технології. – Київ: НАНУ, Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова. – 2005. – Вип.33. – С. 69-72.

6. Козелков С.В. Разработка научно-технических предложений по повышению помехоустойчивости антенно-приемных устройств ракетно-космических комплексов: Дис. канд. техн. наук: 20.02.14. – Харьков, 1991. – 187с.

Поступила в редакцию 21.04.2014

Рецензент: д.т.н., проф. В.А. Краснобаєв, ПолтНТУ імені Юрія Кондратюка, Полтава.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАГАЛЬНОГО ВИПАДКУ РОЗРАХУНКУ СИСТЕМИ КА ІЗ ЗАДАНИМ РОЗРИВОМ СПОСТЕРЕЖЕННЯ

О.В. В'юннік

Проведено аналіз загального випадку розрахунку системи космічних апаратів із заданим розривом спостереження.

Ключові слова: *зональна гармоніка, драконічний період, космічний апарат, кругові орбіти, період обертання.*

STUDY GENERAL CASE CALCULATION SYSTEM WITH KA GIVEN DISCONTINUITIES OBSERVATIONS

A.V. Vyunnik

The analysis of the general case the calculation of the spacecraft with a given gap observation.

Keywords: *zonal harmonic, draconic period, spacecraft, circular orbits, the period of treatment.*