

Список использованных источников

1. Чернявский А.Ж., Данилин С.А. Алгоритм оценки помехоустойчивости способа определения параметров колебаний лопаток турбоагрегатов на основе нелинейной аппроксимации сигналов первичных преобразователей // Известия Самарского научного центра РАН, 2016. том 18, № 4. с. 161-165.

2. Чернявский А.Ж., Данилин А.И., Прохоров С.А., Данилин С.А. Точность определения параметров колебаний лопаток турбомашин при использовании нелинейной аппроксимации сигналов первичных преобразователей // Измерительная техника, 2017. № 11. с. 41-45.

УДК 681.32

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ ДЛЯ АНАЛИЗА ПОГРЕШНОСТЕЙ ГЕОМАГНИТНОГО НАВИГАТОРА

В.В. Иванов, В.А. Губинский
Самарский университет, г. Самара

Модули GPS и ГЛОНАСС относительно просто решают навигационные задачи. Однако большая электромагнитная активность спутника может помешать приёму навигационных сигналов. Часто от навигационного устройства для спутников формата CubeSat не требуется большая точность, а приоритетом является малое потребление энергии и простота устройства. Самоопределение космическим аппаратом своей трассы позволяет ему автономно включать и выключать передатчик телеметрической информации при пролёте над станцией слежения, отказавшись от услуг командной радиолинии.

Навигатор использует для расчета координат космического аппарата только модуль вектора напряжённости магнитного поля Земли на борту, чтобы исключить влияние вращения спутника вокруг своего центра масс. Анализ поля за звёздные сутки позволяет определить географические координаты точки, над которой находится спутник. Информативной основой анализа является асимметричность поля.

Микропроцессорный геомагнитный вычислитель параметров круговой орбиты использует смещение и наклон оси симметрии магнитного поля Земли относительно земной оси.

Эталонной нормального геомагнитного поля является математическая модель скалярного магнитного потенциала главного магнитного поля Земли [1], предлагаемая Международной ассоциацией геомагнетизма и аэронавтики.

Таблицы коэффициентов Гаусса, каждые пять лет утверждаемые Международной ассоциацией геомагнетизма и аэронавтики, позволяют

учесть аномалии и дрейф поля за сто лет. Предлагаемая ассоциацией математическая модель описывает скалярный магнитный потенциал главного магнитного поля Земли.

Главная компонента геомагнитного поля аппроксимируется двойным рядом нормированных по Шмидту присоединённых функций Лежандра $P_n^m(\cos Q)$ n -ой степени и m -го порядка с парой коэффициентов для каждой функции - g_n^m и h_n^m , зависящих от времени:

$$V(r, Q, \varphi) = R_3 \sum_{n=1}^{10} \sum_{m=0}^n \left(\frac{R_3}{r}\right)^{n+1} (g_n^m \cos m\varphi + h_n^m \sin m\varphi) P_n^m(\cos Q),$$

где: r – расстояние от центра Земли,
 R_3 – стандартный радиус Земли,
 Q – географическая широта,
 φ – географическая долгота.

Градиент магнитного потенциала с обратным знаком равен вектору магнитной индукции поля. Математическая модель использует разложение на сферические гармоники с глубиной вплоть до функций Лежандра 10-й степени и порядка.

В математическую модель магнитного поля на борту входит модель траектории спутника.

Земля делает полный оборот под орбитой за звёздные сутки. Под влиянием несферичности Земли восходящий узел плоскости круговой орбиты монотонно перемещается, что приводит к несоответствию времени оборота Земли через плоскость орбиты звёздным суткам. Это учитывается в модели с помощью формул шестидесятих годов [2], дающих достаточную для нашего случая точность.

Модель траектории учитывает высоту траектории полёта, наклонение орбиты, долгота восходящего узла, время хождения спутника через восходящий узел.

Вначале по математической модели траектории рассчитывается положение спутника на орбите. Затем в заданных точках орбиты вычисляется напряжённость поля.

Список использованных источников

1. IAGA V-MOD Geomagnetic Field Modeling: International Geomagnetic Reference Field IGRF-12. <http://www.ngdc.noaa.gov/IAGA/vmod/igrf.html>
2. Эльясберг, П.Е. Введение в теорию полёта искусственных спутников Земли. - М.: Изд. Наука, 1965, 540 стр.