

напряжение питания прибора $U_{пит}$. Максимально сопротивление не должно превышать $R_{н} = U_{пит}^2 / P_{н}$.

Число витков обмотки вычисляется из неравенства

$$U_{пит}^2 / P_{н} > (2\pi R)^2 \cdot n^2 \cdot \frac{k_{вт} \rho}{m}, \text{ использующего уравнение (1).}$$

50 пластин в обмотке дают электрическое сопротивление 1 Ом. Для напряжения питания 5 В ток питания – 5 Ампер, а мощность потребления будет равна 25Вт. Транзистор IRF3205 имеет сопротивление открытого канала 8,0mΩ, что снижает КПД при однообмотной обмотке всего на 0,8%.

Пластины рамок необходимо изолировать друг от друга и также от других элементов устройства. Нанесение электроизоляционного слоя на поверхности алюминиевых пластин проводят анодированием в кислоте (серной, щавелевой) или хромовом растворе. После анодирования защитный слой пропитывают изоляционными лаками. Электрическая прочность пропитанных лаком анодных плёнок достигает 2000-2500 Вольт.

Изолированные пластины двух обмоток склеиваются друг с другом под прямым углом. Жёсткость конструкции можно повысить, применив вместо пластин уголок, швеллер и более сложные сечения токопровода.

Электронная плата и другие элементы устройства устанавливаются в корпусе через изолирующие шайбы и крепления.

Список использованных источников

1. Иванов, В. В. Эффективность рамки с током в геомагнитном поле / Актуальные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций: материалы Всероссийской НТК. – Самара: Изд-во СГАУ; 2010. – С.18-24.

ПОГРЕШНОСТЬ РАСЧЁТА ДОЛГОТЫ ГЕОМАГНИТНЫМ НАВИГАТОРОМ

В.В. Иванов

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

Микропроцессорный геомагнитный вычислитель параметров круговой орбиты [1] использует смещение и наклон оси симметрии магнитного поля Земли относительно земной оси (рис. 1).

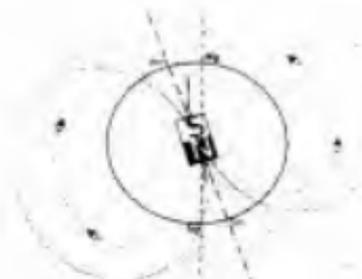


Рис. 1 Земная ось Ng-Sg и ось магнитного диполя Nm-Sm

В первом приближении, как утверждает большая советская энциклопедия, распределение геомагнитного поля можно представить полем эксцентричного диполя, со смещением от центра Земли приблизительно на 436 км. Магнитный момент диполя направлен под углом 11,5 градусов к оси вращения Земли. Основное геомагнитное поле имеет дипольный характер до высот в три радиуса Земли.

На основе этих допущений, то есть без учёта магнитных аномалий, была построена цифровая модель, позволяющая вычислять в первом приближении характер магнитного поля в околоземном пространстве.

Как видно из рис. 2, сила магнитного поля на одной широте близка к гармонической зависимости от долготы φ . Разложим зависимость в ряд Фурье. Его можно записать в следующем виде [2]:

$$f(\varphi) = \frac{a_0}{2} - \sum_{k=1}^{\infty} A_k \cos(k\varphi + \varphi_k),$$

где $A_k = \sqrt{a_k^2 + b_k^2}; \operatorname{tg} \varphi_k = -b_k / a_k;$

$$\frac{a_0}{2} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(\varphi) d\varphi;$$

$$a_k = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(\varphi) \cos(k\varphi) d\varphi;$$

$$b_k = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(\varphi) \sin(k\varphi) d\varphi.$$

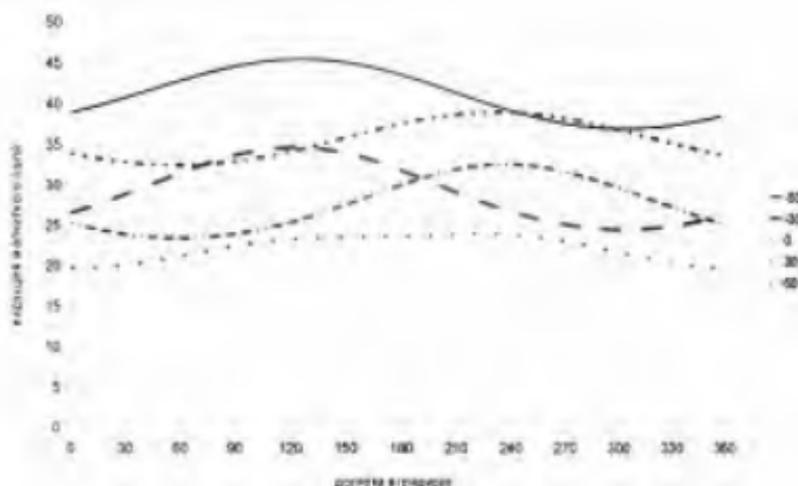


Рис. 2 Расчетные значения модуля геомагнитного поля на высоте 300 км на пяти широтах

Проведённые, согласно этим формулам, вычисления показали, что амплитуда второй гармоники поля на порядок меньше амплитуды первой гармоники и максимальна на экваторе Земли (рис. 3). Максимальные изменения индукции геомагнитного поля происходят на широтах от 20 до 50 градусов в обоих полушариях.

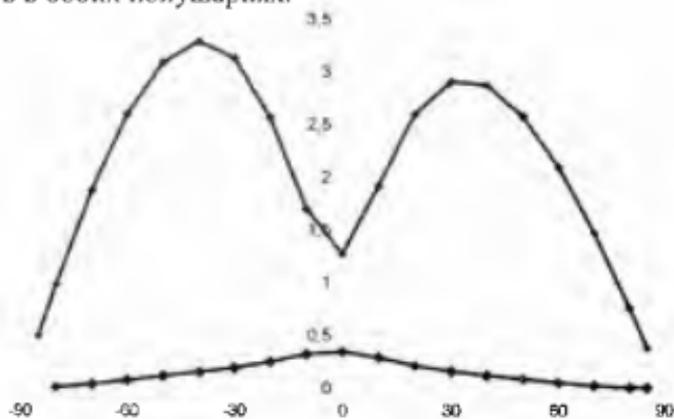


Рис. 3. Амплитуда первой и второй гармоники на разных широтах

Фазовый сдвиг φ_k первой гармоники показывает в градусах долготы место максимума магнитного поля Земли на разных широтах. Согласно модели на разных широтах в южном полушарии от полюса до 20 градусов южной широты максимум расположен между 141 и 145 градусами восточной долготы, в северном полушарии с двадцатой широты - между 102 и 106

градусами западной долготы (рис.4). Погрешность около двух процентов, что вполне приемлемо для довольно грубой модели. Величину магнитного поля в районе экватора нельзя использовать для навигации.

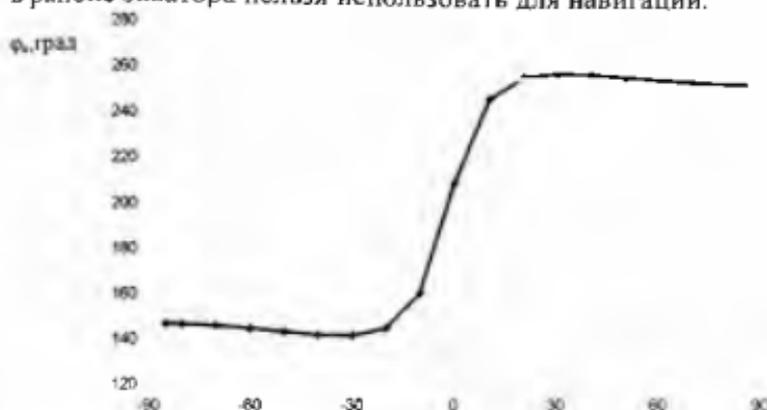


Рис. 4. Фазовый сдвиг максимума магнитного поля на разных широтах (все в градусах)

Искусственный спутник Земли пересекает какую-либо широту на восходящих и нисходящих участках орбиты на каждом витке. То есть отсчеты магнитного поля, взятые через период обращения ΔT , относятся к одной широте.

Земля совершает полный оборот относительно плоскости орбиты за звёздные сутки [3]. Следовательно, период повторения T величины магнитного поля, измеренного на одной широте, равен 23 часам 56 минутам 4 секундам (1436,07 минуты).

Измеренные на одной широте значения магнитного поля за целое число звёздных суток можно разложить в ряд, вычислив интегралы численным методом:

$$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} A_k \cos(k\omega t + \varphi_k),$$

где $A_k = \sqrt{a_k^2 + b_k^2}; \operatorname{tg} \varphi_k = -b_k/a_k;$

$$\omega = 2\pi/T; T - \text{период функции};$$

$$n - \text{число отсчетов } F(t_i) \text{ за период};$$

$$\frac{a_0}{2} = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^{i=n} F(t_i) * \Delta T;$$

$$a_k = \frac{2}{T} \sum_{i=1}^{i=n} F(t_i) \cos(k\omega t_i) * \Delta T;$$

$$b_k = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n F(t_i) \sin(k\omega t_i) \cdot \Delta T.$$

Звездные сутки кратны периоду обращения спутника только на высотах круговой орбиты 267 км, 567 км и 908 км. Число витков за звездные сутки, соответственно, 16, 15 и 14. Период обращения – 84,47; 95,74 и 102,57 минуты.

Поэтому с целью уменьшения погрешности формулу вычисления интеграла следует уточнить:

$$\int_{-T/2}^{T/2} f(t) dt = \sum_{i=1}^n F(t_i) \cdot \Delta T - (F(t_1) + F(t_n))(n\Delta T - T)/2.$$

Также необходимо уточнить и формулы для вычисления коэффициентов a_k и b_k . Погрешность вычисления этих коэффициентов носит мультипликативный характер и зависит от периода обращения (рис.5).



Рис 5. Погрешность вычисления коэффициентов

Подставив значения максимальной погрешности в формулу, определяющую фазовый сдвиг, и сравнив с истинным его значением, определим погрешность от численного метода вычислений.

Фазовый сдвиг φ_k первой гармоники модуля магнитного поля равен смещению спутника в градусах долготы относительно максимума магнитного поля Земли.

Для наглядности пересчитаем градусы долготы в километры экватора. Как видим на рис.6 погрешность вычислений не превышает 9 километров. В более высоких широтах она будет меньше, так как их параллели имеют меньшую длину.

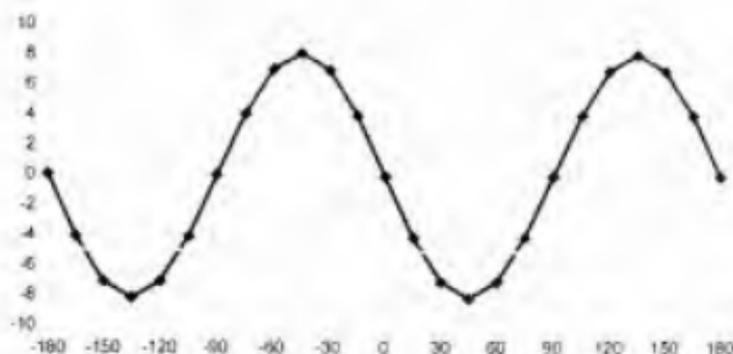


Рис. 6 Зависимость погрешности (в километрах) от фазового сдвига (в градусах)

Такое расстояние спутник преодолевает чуть более секунды. Если навигатор предназначен для включения передатчиков телеметрической (либо какой-нибудь другой) информации при пролёте над наземным измерительным пунктом, такая погрешность не окажет ощутимого влияния на качество сеанса связи.

Список использованных источников

1. Иванов В. В. Микропроцессорный геомагнитный вычислитель параметров круговой орбиты / Актуальные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций. материалы Всероссийской НТК – Самара: Изд-во СГАУ, 2009. - С. 195.
2. Справочник по теоретическим основам радиотехники, / Под ред. Б.Х.Кривинского. В 2-х т. Т.2. - М.: Энергия. 1977.
3. Левантовский В.И. Механика космического полёта в элементарном изложении. - М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1980.

РАЗРАБОТКА ЦИКЛИЧЕСКОГО УСКОРИТЕЛЯ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

А.В. Пияков

Самарский государственный аэрокосмический университет, г.Самара

Для проведения ударных экспериментов используются различные типы ускорителей, однако наиболее “чистыми” являются электростатические и линейные ускорители, в которых ускорение частиц осуществляется энергией электрического поля. Такие ускорители высокоскоростных твёрдых частиц основаны на ускоряющей системе Слоуна – Лоуренса, где синфазность движения частиц с изменением напряжения на трубках дрейфа достигается путем выполнения дрейфовых трубок разных длин. Они имеют