

Среди возможностей также присутствует и «прозвонка» аналоговых и цифровых радиоэлементов разного рода. Теперь задача контроля состояния печатной платы упрощается, что влечет меньшие затраты трудоресурсов, времени и делает производство любого радиоэлектронного устройства экономически более выгодным.

ТОЧНОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЙ ГЕОМАГНИТНОГО НАВИГАТОРА

В. В. Иванов

Самарский государственный аэрокосмический университет
имени академика С.П. Королева
(национальный исследовательский университет),
г. Самара

Грубая модель магнитного поля [1] не даёт возможности определить точностные характеристики геомагнитного навигатора. Эталонном нормального геомагнитного поля является математическая модель скалярного магнитного потенциала главного магнитного поля Земли [2], предлагаемая Международной ассоциацией геомагнетизма и аэрономии. Анализ, проведённый на основании этой точной модели, показал [3], что в северном полушарии из-за Восточно-Сибирской магнитной аномалии первая гармоника магнитного поля подавлена и информацию о положении спутника несёт вторая гармоника. Бразильская аномалия увеличивает амплитуду первой гармоники в южном полушарии.

Искусственный спутник Земли пересекает какую-либо широту на восходящих и нисходящих участках орбиты на каждом витке. То есть, отсчеты магнитного поля M_i , взятые через период обращения ΔT , относятся к одной широте. В первом приближении Земля делает полный оборот через плоскость орбиты за звёздные сутки T_s . В общем случае время оборота Земли обозначим T . За это время спутник совершает $nm = T/\Delta T$ витков.

Обозначим целое число витков n и нецелую часть витков за оборот Земли Δn . Сумма этих величин уже обозначена $nm = n + \Delta n$.

Отсчёты происходят через $\Delta D = 2\pi/nm$ радиан. Если последний отсчёт с номером n произошёл на долготе D_x , то предыдущие отсчёты с

номером i находятся на долготах

$$D_i = D_x - \Delta D^*(n-i). \quad (1)$$

Зная значения магнитного поля за оборот Земли под орбитой, можно определить фазу первой или второй пространственной гармоники магнитного поля на борту спутника для любой широты. Долгота места, над которым находится спутник, равна разности фазы поля на борту и заранее вычисленные фазы поля относительно Гринвича на этой широте.

Число отсчётов магнитного поля на одной широте на единицу больше числа полных оборотов спутника. Звездные сутки кратны периоду обращения спутника только на высотах круговой орбиты около 269 км, 561 км и 888 км [4]. Число витков за звёздные сутки, соответственно, 16, 15 и 14. Период обращения – 90, 96 и 102 минуты.

Некратность периода исследуемой функции интервалу отсчётов на величину Δn приводит к погрешности вычисления фазы гармоник. Погрешность также зависит от числа отсчётов n . Сравним две формулы для численного вычисления сдвига фазы.

Как известно при гармоническом анализе фаза первой гармоники определяется как

$$\Phi_1 = \arctg(-b_1 / a_1). \quad (2)$$

Численно вычислить a_1 и b_1 можно двумя методами.

В первом:

$$\begin{aligned} & \frac{1}{\pi} \left\{ \sum_{i=1}^{n-1} \Delta D * M_i \cos(-\Delta D(n-i)) + \right. \\ & \left. + \Delta D \left[\frac{3M_0 \cos(\Delta D * n) + M_1 \cos(\Delta D(n-1)) + 3M_n + M_{n-1} \cos(\Delta D)}{8} \right] + \right. \\ & \left. + \left[M_0 \cos(\Delta D * n) + (M_n - M_0 \cos(\Delta D * n)) \left(\frac{\pi}{\Delta D} - \frac{n}{2} \right) \right] (2\pi - \Delta D * n) \right\} \\ & = a_1; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & b_1 = \frac{1}{\pi} * \left\{ \sum_{i=1}^{n-1} \Delta D * M_i * \sin(-\Delta D(n-i)) + \right. \\ & \left. + \Delta D \left[\frac{3M_0 \sin(\Delta D * n) + M_1 \sin(\Delta D(n-1)) + 3M_n + M_{n-1} \sin(\Delta D)}{8} \right] + \right. \\ & \left. + \left[M_0 \sin(\Delta D * n) + (-M_0 \sin(\Delta D * n)) \left(\frac{\pi}{\Delta D} - \frac{n}{2} \right) \right] (2\pi - \Delta D * n) \right\}. \end{aligned}$$

Во втором:

$$\begin{aligned}
 a(1) &= \frac{1}{\pi} \left\{ \sum_{i=1}^{n-1} \Delta D * M_i * \cos(-\Delta D(n-i)) + \Delta D \left[\frac{M_0 \cos(\Delta D * n) + M_n}{2} \right] \right. \\
 &\quad + \left. \left[M_0 \cos(\Delta D * n) + (M_n - M_0 \cos(\Delta D * n)) \left(\frac{\pi}{\Delta D} - \frac{n}{2} \right) \right] (2\pi - \Delta D * n) \right\}; \\
 b(1) &= \frac{1}{\pi} \left\{ \sum_{i=1}^{n-1} \Delta D * M_i * \sin(-\Delta D(n-i)) + \Delta D \left[\frac{M_0 \sin(\Delta D * n)}{2} \right] \right. \\
 &\quad + \left. \left[M_0 \sin(\Delta D * n) + (-M_0 \sin(\Delta D * n)) \left(\frac{\pi}{\Delta D} - \frac{n}{2} \right) \right] (2\pi - \Delta D * n) \right\}.
 \end{aligned}$$

Анализ проводился с помощью Mathcad.

Наиболее информативными являются пятидесятые широты. На них в южном полушарии максимальна первая гармоника магнитного поля, в северном – вторая гармоника. Определялась погрешность вычисления фазы первой и второй гармоник в сигнале, состоящем из суммы постоянной составляющей и пяти гармоник в пропорциях, соответствующих магнитному полю на пятидесятых широтах каждого полушария. Она зависит от целой n и дробной части Δn числа отсчётов и сдвига фазы относительно последнего отсчёта.

Зависимость погрешности вычисления фазы первой гармоники в южном полушарии от сдвига фазы φ при пятнадцати отсчётах за период и пяти значениях нецелой части (0; 0,25; 0,5; 0,8; 0,95) представлено для первого метода на рис.1 и для второго метода – на рис.2. Первый метод даёт несколько большую погрешность по сравнению со вторым методом, но погрешность меньше зависит от нецелой части. Если период гармоники кратен периоду отсчетов, вычисления по второму методу не дают ошибки.

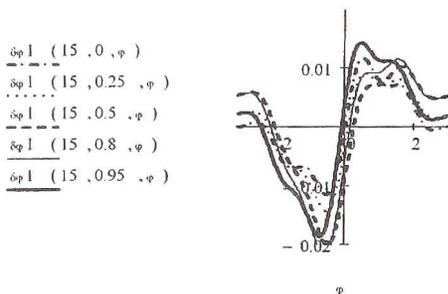


Рис. 1. Первый метод

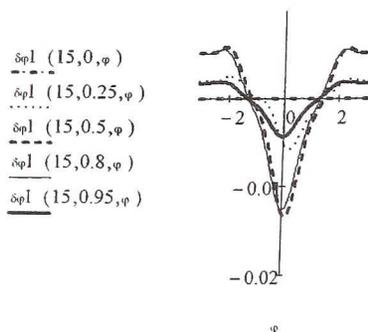


Рис. 2. Второй метод

Чтобы уменьшить ошибку, необходимо увеличивать число отсчётов. На рис. 3 и 4 показано влияние числа отсчётов на точность при $\Delta n=0,5$.

Погрешность резко падает с увеличением числа отсчётов. На рис. 5 показана связь погрешности вычисления фазы первой гармоники в южном полушарии с числом отсчётов. Погрешность вычисления фазы второй гармоники в северном полушарии изображена на рис. 6.

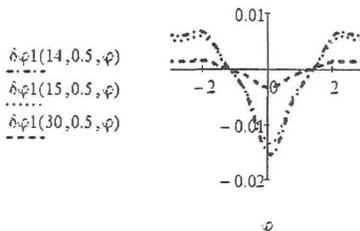


Рис.3. Погрешность при 14, 15 и 30 отсчётах

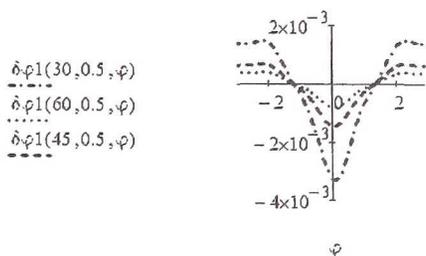


Рис.4. Погрешность при 30, 45 и 60 отсчётах

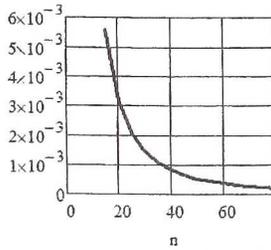


Рис. 5. Погрешность вычисления фазы 1-ой гармоники

Под влиянием несферичности Земли восходящий узел плоскости круговой орбиты монотонно перемещается за один виток на угол [4]:

$$\delta\Omega = -\pi(ae/r)^2 * \alpha \cos i,$$

где ae - большая полуось общего земного эллипсоида;

α - сжатие эллипсоида;

i - наклонение орбиты,

r - расстояние от центра Земли до спутника.

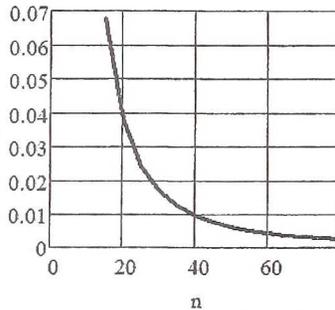


Рис. 6. Погрешность вычисления фазы 2-ой гармоники

Земля совершает оборот через плоскость орбиты за звёздные сутки только при наклонении орбиты 90 градусов. Изменение времени оборота Земли через плоскость орбиты относительно звёздных суток для орбит разной высоты и трёх значений наклонения орбиты показано на рис.7. С увеличением высоты орбиты влияние сплюснутости Земли уменьшается.

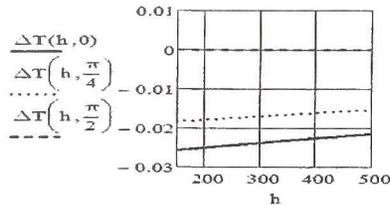


Рис. 7. Изменение времени оборота

Число витков nm , которое совершает спутник за время полного оборота Земли под орбитой, зависит (рис.8) не только от высоты, но и от наклона орбиты.

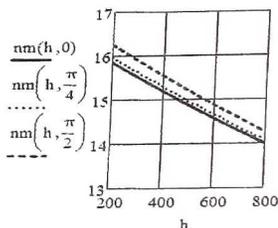


Рис.8. Число витков

На орбитах с наклоном больше 45 градусов отклонение времени оборота Земли под орбитой от длительности звёздных суток не превышает двух процентов. Расчеты показывают, что перемещение восходящего узла орбиты приводит к значительной погрешности.

Погрешность расчётов при двухпроцентном увеличении скорости вращения Земли под орбитой, как видно из рис. 9, не зависит от числа отсчетов и увеличивается почти на два порядка. Это видно при сравнении рис.9 с рис.4.

Ошибка легко устранить, если точно знать время оборота Земли под плоскостью орбиты T . Необходимо цифровым фильтром выделить первую гармонику и затем измерить её период.

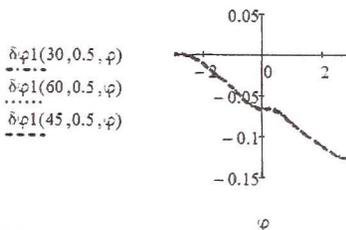


Рис. 9. Погрешность расчётов при 2% ускорении

Еще проще, зная наклонение орбиты, рассчитать его по методике изложенной в [4].

Список использованных источников

1. Иванов В. В. Автономный орбитальный геомагнитный навигатор// Решетнёвские чтения : материалы XV Междунар. науч. конф., посвящ. памяти генер. конструктора ракет.- космич. систем акад. М. Ф. Решетнёва (10-12 нояб. 2011, г. Красноярск): в 2 ч. / под общ. ред. Ю. Ю. Логинова ;

Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. – Красноярск, 2011. С.571-572.

2.IAGA V-MOD Geomagnetic Field Modeling: International Geomagnetic Reference Field IGRF-11.

<http://www.ngdc.noaa.gov/IAGA/vmod/igrf.html>

3.Иванов В. В. Влияние сдвига магнитных полюсов на точность геомагнитного навигатора // Актуальные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций: материалы Всероссийской НТК 15-17 мая 2012, г.Самара – Самара: Изд-во СГАУ, 2012. С. 290-295.

4.Эльясберг П. Е. Введение в теорию полёта искусственных спутников Земли. - М.: Изд. Наука, 1965. 540 с.

ТЕХНОЛОГИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ: ПРИМЕР ПРИМЕНЕНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА БАЗЕ СОТОВОЙ СВЯЗИ В ПРОИЗВОДСТВЕ

Н.И.Лиманова, П.Е.Юдин, И.А.Лиманов, О.А.Трофимов
Самарский государственный аэрокосмический университет
имени академика С.П. Королева
(национальный исследовательский университет),
г. Самара

Современное высокопроизводительное оборудование с ЧПУ стоит больших денег и срок его окупаемости напрямую зависит от количества и качества произведенной им продукции. Каждый час работы оборудования и людей стоит огромных денег. Чтобы это работало слаженно нужно постоянно контролировать производственный процесс.

Например, без своевременного обеспечения заготовками и инструментом высокопроизводительное оборудование не покажет своей эффективности и будет работать как обычное, несмотря на то что стоит в разы дороже.

Современные станки с ЧПУ позволяют устанавливать модуль для контроля работы станка, где бы мы не находились, не привязывая нас к рабочему месту.

Посылая команды через СМС сообщения или сеть Интернет мы можем получить информацию практически о любом параметре работы