

**АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ГИРОСТАБИЛИЗИРОВАННОГО АНТЕННОГО УСТРОЙСТВА**

Симович Т. Е.,

научный руководитель канд. техн. наук Колбасина Н. А.

Сибирский Федеральный Университет

Антенна – устройство, излучающее или принимающее электромагнитные волны в радиодиапазоне (радиоволны). Конструкции механизмов антенных систем чрезвычайно разнообразны. Системы гироскопической стабилизации различных видов применяются в навигационных устройствах и системах управления кораблей и летательных аппаратов, а также в системах ориентации антенн, телескопов и других приборов, установленных на движущихся объектах, для решения задач управления, ориентации и навигации.

Основное требование, предъявляемое к системе гироскопической стабилизации, – точность сохранения заданного положения платформы относительно опорной оси при действии различных динамических возмущений со стороны объекта, на котором данная система установлена.

Следовательно, для стабильной работы данной системы, становится актуальным определение точности позиционирования конечного звена системы, с учетом компенсации внешних воздействий. А также определение ее резонансных частот по осям вращения с целью обеспечения требуемой точности наведения системы.

Основным элементом любой гироскопической системы является гироскоп с двумя или тремя степенями свободы, включая степень свободы относительно его главной оси.

В данной работе рассматривается элемент системы слежения, а именно навигационная антенна (антенно-фидерного устройства, корабельного базирования), в которой используются гироскопические системы индикаторного типа. В системах данного типа в качестве гироскопического устройства используются чувствительные или задающие элементы, определяющие положение объекта и управляющие следящими системами. Стабилизация же объекта (платформы) осуществляется с помощью следящих систем. В качестве чувствительных элементов, реагирующих на угловые скорости или углы отклонения платформы, применяют двухстепенные гироскопы и гиротахометры.

Для оценки точности стабилизации одним из определяющих факторов является значение угла стабилизации, который в свою очередь зависит от величины собственных частот колебаний системы, в силу своего возмущающего воздействия на конструкцию.

При рассмотрении динамики конструкции системы стабилизации за основу принят метод логарифмических амплитудных характеристик (л.ф.х.) как один из наиболее развитых методов инженерного синтеза систем автоматического регулирования.

Логарифмическая амплитудная характеристика, которой должна обладать система, должна быть расположена в области низких частот не ниже контрольной точки A_k (рисунок 1).

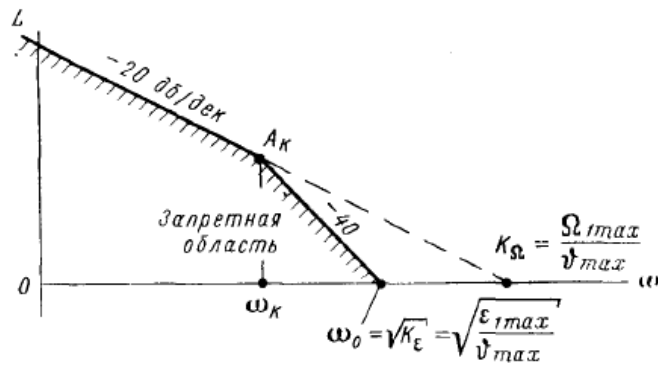


Рисунок 1 – Запретная область для низкочастотной части л.а.х. следящей системы воспроизведения угла

Где ω_0 – минимальные резонансные частоты, рад/с;

$\varepsilon_{1\max}$ – максимальное угловое ускорение управляющего воздействия;

$\Omega_{1\max}$ – максимальная скорость;

K_Ω – добротность по скорости системы, сек⁻¹.

На рисунке 1 показано, что ниже контрольной точки показатели системы ухудшаются, и использование этой области не уместно для качественной работы системы. Если л.а.х. не будет заходить в запретную область, то ошибка воспроизведения угла в системе не превысит заданную величину динамической ошибки.

По результатам проведенных расчетов амплитуда контрольной точки равна (1):

$$L_k(\omega_k) = 20 \cdot \log\left(\frac{v_{1\max}}{v_{\max}}\right) = 61.584\text{дБ}, \quad (1)$$

где $v_{1\max}$ – последняя амплитуда динамической ошибки;

$v_{\max} = 0.025$ – амплитуда динамической ошибки.

Критическая частота колебаний, равна (2):

$$\omega_k = \frac{\varepsilon_{\max}}{\Omega_{1\max}} = 1.047\text{рад/с}^2. \quad (2)$$

По этим данным определяется искомая граница запретной области.

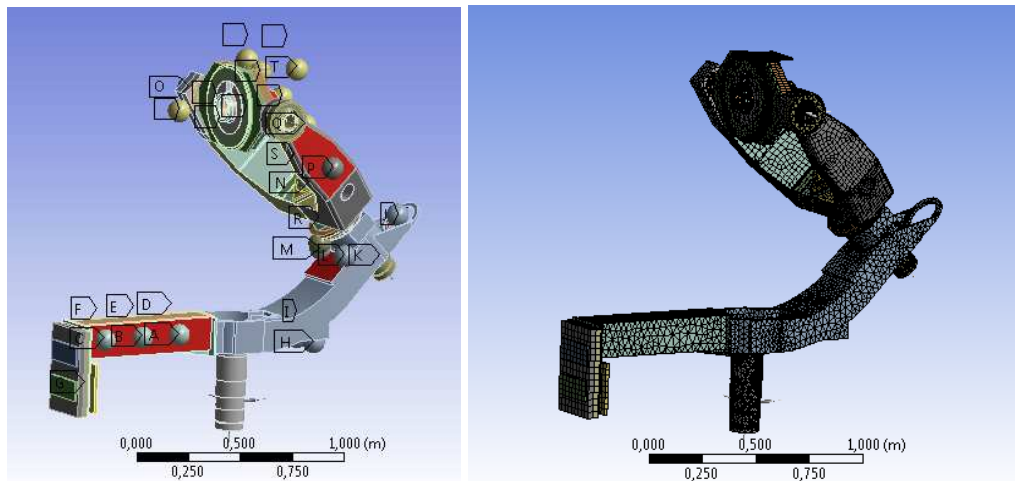
Также была рассчитана базовая частота системы (3):

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = 5.8\text{Гц}. \quad (3)$$

Базовая частота системы необходима для определения резонансных частот собственных колебаний по всем осям вращения антенны, которые должны быть $\geq 3 \cdot f_0$, то есть $\geq 17.3\text{Гц}$.

Нахождение собственных частот колебания системы аналитическим методом, приводит к разбиению ее конструкции на балочные примитивы, что является неполным отображением всех характеристик системы, а, следовательно, приводит к неточным результатам расчета и требует большого количества времени для проведения данного расчета. В силу этого, данную задачу невозможно решить до конца аналитическими методами и в качестве решения предлагается использовать конечно – элементные методы моделирования в САЕ среде ANSYS Workbench, которые позволят улучшить качество результатов расчета и существенно сократить время решения задачи.

В ходе выполнения работы была построена расчетная конечно – элементная модель для определения параметров стабилизации системы, средствами ANSYS Workbench. На рисунке 2а представлена упрощенная модель конструкции антенны. В ходе упрощения, детали, не влияющие на жесткостные и прочностные показатели конструкции, были заменены центрами масс, а элементы конструкции, такие как фаски, скругления, мелкие отверстия были удалены. Данные преобразования необходимы для создания конечно-элементной сетки (см. рисунок 2б), и снижения времени расчета.



А) геометрия
 Б) конечно-элементная сетка
 Рисунок 2 – Конечно – элементная модель антенны

Был проведен модальный анализ (см. рисунок 3), для нахождения собственных частот колебания системы, а также определены деформаций конструкции, возникшие под влиянием действующих нагрузок (сила тяжести, инерционное воздействие в результате движения антенны) (см. рисунок 4).

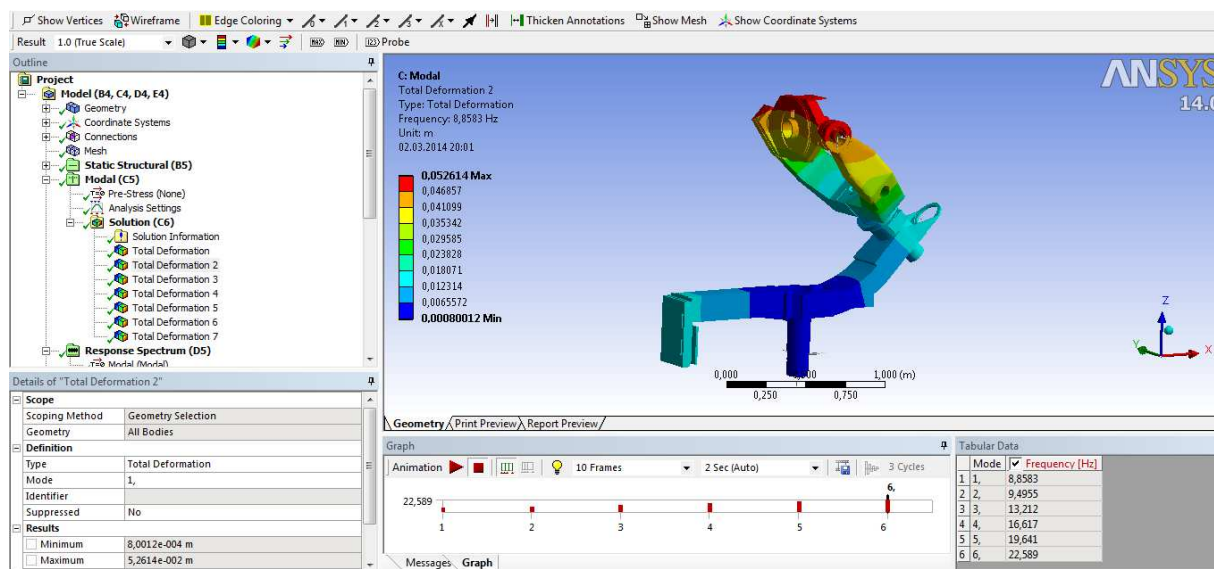


Рисунок 3 – Модальный анализ

По полученным данным деформации конструкции составляют 0.02° , что входит в заданный диапазон динамической ошибки 3-4мин.

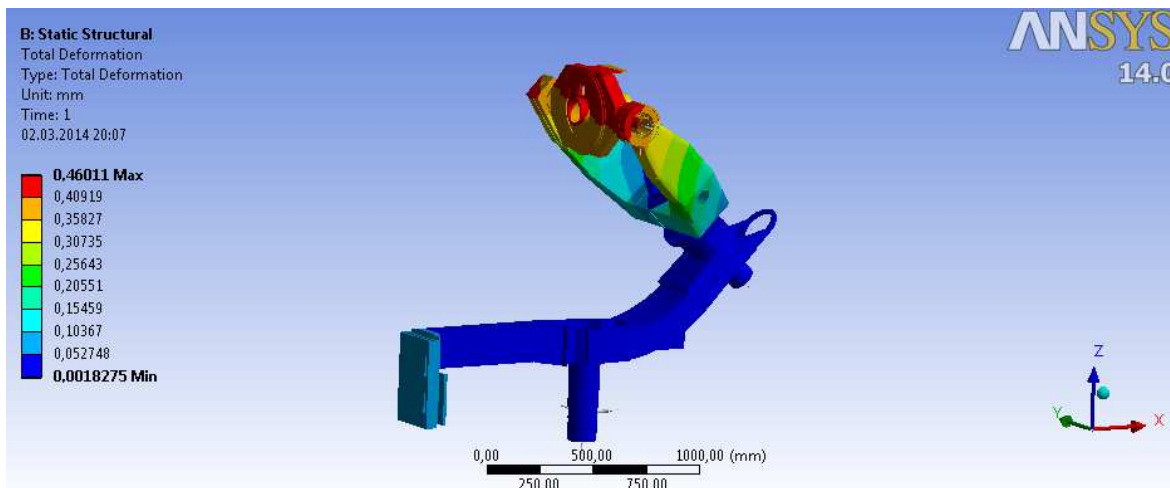


Рисунок 4 – Деформации

Из проведенного модального анализа можно сделать вывод, что полученные в результате расчета собственные частоты, равные 8.86Гц, не превышают рассчитанное значение базовой частоты системы, что не удовлетворяет требованиям качественной работы гироскопической системы наведения, а, следовательно, данную конструкцию необходимо модифицировать, с целью увеличения ее жесткостных показателей.

Полученные данные, будут в дальнейшем учитываться в разработке элементов комплексной методики проектирования антенных систем.