

АНАЛИЗ МЕТОДИК РАСЧЕТА СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ И АМПЛИТУД КОЛЕБАНИЙ, ПРИМЕНИМЫХ К МЕХАНИЗМАМ АНТЕННЫХ УСТРОЙСТВ

Богорад М.С.,

Научный руководитель: доктор технич. наук Лимаренко Г. Н.

Сибирский федеральный университет

Политехнический институт

Антенна - радиотехническое устройство, предназначенное для излучения или приема электромагнитных волн, один из важнейших элементов любой радиотехнической системы. К таким системам относят: системы передачи информации, системы извлечения информации, системы разрушения информации, системы радиоуправления.

Основной задачей современных антенных устройств (АУ) является обеспечение передачи сигнала высокого качества на требуемое расстояние. Поэтому направленность АУ является одной из ее важнейших характеристик.

Требование точности является одним из основных, предъявляемых к большинству механизмов антенн. От точности перемещения рабочих органов антенных систем (зеркала антенны, рупора сканера, зонда в измерительном устройстве и т. п.) зависит точность получаемых радиотехнических параметров. Использование различных радиотехнических способов, направленных на увеличение точности результатов, часто оказывается более сложным и дорогостоящим по сравнению с применением высокоточных передач.

Проблема, возникающая при создании зеркальных антенн, связана с необходимостью начальной реализации и последующего сохранения геометрической формы сооружения с отклонениями, не превышающими $1/16$ длины волны, т.е. величин, измеряемых долями миллиметра. Превышение искажениями формы элементов ЗА указанного предела приводит к резкому снижению эффективности работы антенны.

Вибрации и слишком высокие амплитуды колебаний могут повлиять на точность наведения.

Для получения уравнений движения при исследовании крутильно-поперечных колебаний используют уравнения Лагранжа II рода, в том числе и с неопределёнными множителями. В последнем случае получаются очень громоздкие выражения матриц жёсткости привода, что затрудняет вычисление собственных значений системы. В последнее время наиболее общим подходом в решении задачи анализа многомерных динамических систем является применение метода конечных элементов (МКЭ). Подобно тому, как исследуется напряженно-деформированное состояние упругих тел путем разбиения их твердотельных моделей на конечные элементы (сетки различного типа), так и систему привода можно исследовать аналогичным образом. Согласно пособию Лимаренко Г.Н. «Динамика, вибродиагностика и виброзащита машин», для расчёта и анализа динамических характеристик привода составляется его расчётная схема – динамическая модель, в которой определённым образом взаимодействуют инерционно-массовые и упруго-демпфированные элементы. В программном комплексе “DYNAR” для расчета и анализа крутильных колебаний приводов использован метод модального анализа, т. е метод разложения по собственным формам колебаний. Для этого математическую модель привода представляют в частотной форме. Используется также метод представления динамической системы механического привода,

составленного из взаимодействующих конечных элементов – модулей, в которых моделируются как крутильные, так и поперечные колебания. В качестве функциональных элементов здесь используются модули.

Динамическую модель всего привода получают путем ансамблирования конечно-элементных модулей.

Зависимость диаграммы направленности от вибраций рассмотрена в работе Талибов Н. А. Якимов А.Н., Смогунов В.В. «Исследование влияния вибраций на диаграмму направленности волноводно-щелевой антенны».

При механических гармонических воздействиях с начальной фазой равной нулю, через один интервал дискретизации по времени Δt , равный времени прохождения механической волной расстояния от края антенны до ее центра, возникающая деформация профиля антенны приводит к следующим изменениям ДН (см. рис. 1, кривая 2): ширина ДН изменяется незначительно, но уже исчезают нулевые уровни в области боковых лепестков и изменяется уровень боковых лепестков. При исследовании результатов деформации для каждого следующего временного интервала Δt воздействие поперечных механических колебаний оценивалось для нового пространственного положения щелей профиля антенны полученного в предыдущий момент.

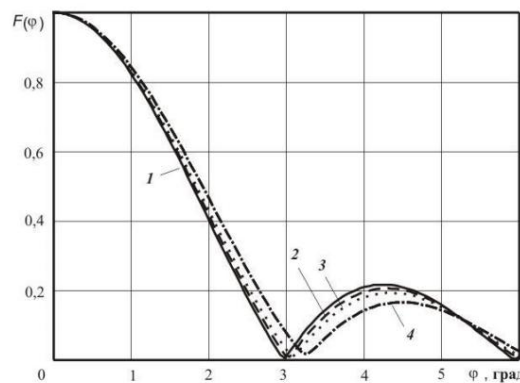


Рисунок 1 – изменение диаграммы направленности антенны вследствие деформации, образующейся из-за вибраций.

Расчеты деформации профиля антенны для моментов времени t , соответствующих его дальнейшему приращению с интервалом Δt дали следующие результаты. При $t = 2\Delta t$ (см. рис. 1, кривая 3) и $t = 3\Delta t$ (см. рис. 1, кривая 4), т.е. с увеличением t , наблюдается увеличение деформации профиля антенны и изменение ДН.

Из этого можно заключить о важности расчета и минимизации колебательных характеристик для антенных устройств.

В пособии Басинюк В.Л., Кулешова А.В. «Расчет динамических характеристик металлорежущих станков» разработка математической модели привода главного движения состоит из следующих этапов:

1. Анализ разработанной конструкции привода главного движения и определение его параметров по сборочным чертежам, построение расчетной схемы динамической системы привода.

2. Описание расчетной схемы привода системой дифференциальных уравнений.

3. Определение передаточных функций динамической системы привода главного движения.

4. Построение частотных и переходных частотных характеристик привода.

5. Анализ динамического качества привода главного движения по его динамическим характеристикам.

Далее производится расчет податливостей элементов привода.

Полученная в результате подсчета моментов инерции сосредоточенных масс приводных механизмов и податливостей упругих участков между ними расчетная схема представляет собой цепную систему весьма громоздкую, так как валы вращаются с разными скоростями и соединяются между собой посредством передач.

Особенности данного метода:

- Использование громоздких уравнений Лагранжа второго рода.
- В данной методике не упомянуто использование средств автоматизации, инженерных программ.
- Основное внимание уделяется крутильным колебаниям.

Подробно рассматривает расчет динамических характеристик шпинделя работа Басинюк В.Л., Кулешова А.В. «Расчет динамических характеристик и многокритериальный выбор параметров шпиндельных узлов», разрабатывая методический подход для многокритериального выбора наиболее рациональных конструктивных и рабочих параметров. Рассматривая конструкции шпиндельных узлов как двухконсольную балку на упругих опорах, нагруженную сосредоточенными и распределенными массами. Данный подход недостаточен для задачи определения динамических характеристик привода антенных устройств.

Модальный анализ так же используется в статье Abuthakeer S.S. Mohanram P.V., Mohan Kumar G. «Dynamic characteristics analysis of high speed motorized spindle. Annals of faculty engineering hunedoara – international journal of engineering Tome IX (2011)». Расчеты производятся в программном комплексе Ansys, в результате чего получены некоторые характеристики шпинделя при вращении на критической скорости. В результате получены собственные частоты для различных ситуаций. Однако, в данной работе не производится расчет амплитуд колебаний шпинделя.

В работе Лимаренко Г. Н. «Методология проектирования реечных передач с автоматизированным приводом» приведен метод расчета амплитуд вынужденных колебаний элементов механической системы привода тяжелого станка. Этот метод основан на использовании частотных передаточных функций привода и его модальном анализе.

Рассмотрев указанные выше работы, можно заключить, что наиболее подробно расчет динамических характеристик механических систем рассмотрен в методиках Басинюк В.Л., Кулешова А.В. «Расчет динамических характеристик металлорежущих станков» и Лимаренко Г.Н. «Динамика, вибродиагностика и виброзащита машин». Однако, метод, представленный в учебном пособии Лимаренко Г.Н. более эффективен по нескольким причинам:

- использование методов конечных элементов и модального анализа
- разбиение на модули.
- расчет как крутильных, так и поперечных колебаний.
- использование различных программных продуктов.

По принятой методике разработана расчетная схема (динамическая модель) привода антенны с зеркалом диаметром 1,3 м и проводится расчет ее инерционно-массовых и упругих параметров для определения расчетных динамических характеристик.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Басинюк В.Л., Кулешова А.В. Расчет динамических характеристик и многокритериальный выбор параметров шпиндельных узлов, Минск - Issn 1995-0470. Механика машин, механизмов и материалов. 2011. № 4 (17), с. 29
- 2 Басинюк В.Л., Кулешова А.В. Расчет динамических характеристик металлорежущих станков: учебное пособие, Тамбов, Издательство ТГТУ, 2007 г.
- 3 Диняева Н. С. Конструирование механизмов антенн, Москва, Издательство МАИ, 2002 г. – с. 62
- 4 Кузнецов В.В. и коллектив авторов Справочник «Металлические конструкции», Москва, издательство АСВ, 1999г
- 5 Лимаренко Г.Н. Динамика, вибродиагностика и виброзащита машин: учеб.-метод. пособие [для ст-в спец.230104"САПР"] Красноярск:СФУ, 2012-96 с.
- 6 Лимаренко Г. Н. Методология проектирования реечных передач с автоматизированным приводом. Монография, Сиб. федерал. ун-т. – Красноярск. ИПК СФУ, 2010 362 с.
- 7 Талибов Н. А. Якимов А.Н., Смогунов В.В. Исследование влияния вибраций на диаграмму направленности волноводно-щелевой антенны [Электронный ресурс] Пензенский гос-й унив-т (г. Пенза) – Материалы III Всероссийской конференции «Радиолокация и радиосвязь» – ИРЭ РАН, 26-30.10.09 Режим доступа – URL: <http://jre.cplire.ru/jre/library/3conference/pdffiles/a017.pdf> (дата обращения 27.01.13)
- 8 Хомяков В.С. Автоматизированная система расчета статических и динамических характеристик крутильных систем приводов / В. С. Хомяков и др. – М: Мосстанкин 1990 – 28с
- 9 Abuthakeer S.S. Mohanram P.V., Mohan Kumar G. Dynamic characteristics analysis of high speed motorized spindle. Annals of faculty engineering hunedoara – international journal of engineering Tome IX (2011). India. Fascicule 2. ISSN 1584 – 2665 pp. 219-224