БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Кафедра РТС

РЕФЕРАТ

На тему:

"Метод статистической и гармонической линеаризации. Расчет автоколебаний по критерию Найквиста"

МИНСК, 2008

# Метод статистической линеаризации

Метод основан на замене нелинейного преобразования процессов статистически эквивалентными им линейным преобразованиями. Нелинейный элемент заменяется линейным эквивалентом (рис.1). В результате замены система линеаризуется, что позволяет использовать методы исследования линейных систем.

Замена нелинейного преобразования линейным является приближенной и справедливой лишь в некоторых отношениях. Поэтому не существует однозначной эквивалентности при использовании различных критериев.

В частности, если нелинейность определяется безинерционной зависимостью вида

, (1)

используется два критерия эквивалентности.

Рис.1.

Первый критерий предполагает равенство на выходе нелинейного элемента и его линейного эквивалента математических ожиданий и дисперсий процессов.

Второй критерий – минимум среднего квадрата разности процессов на выходе нелинейного элемента и его линейного эквивалента.

Процесс на входе и выходе нелинейного элемента представим в виде:

; (2)

, (3)

где─ математическое ожидание процесса на выходе НЭ;

 ─ центрированная случайная составляющая.

Процесс на выходе линейного эквивалента представляется в следующем виде:

, (4)

где ─ коэффициент передачи линейного эквивалента по математическому ожиданию; ─ коэффициент передачи по центрированной случайной составляющей.

Воспользуемся первым критерием эквивалентности:

. (5)

Из этих уравнений находим

;

,

где ─ плотность вероятности процесса на входе нелинейного элемента.

 - коэффициент передачи линейного эквивалента по центрированной случайной составляющей (по первому критерию).

По второму критерию эквивалентности:

;

;

;

;

Для определения и , при которых выполняется условие эквивалентности, найдем частные производные и приравняем их нулю:

 ;

; ; .

При расчете этих коэффициентов полагают, что распределение на входе нормальное:

;

Определив величины

; .

для типовых нелинейностей, заменяют последние коэффициентами передачи линейного эквивалента и анализируют систему линейными методами.

Для основных типов нелинейностей и нормальном распределении входного процесса коэффициенты рассчитаны и представлены в виде табличных значений. В частности, для характеристики релейного типа (рис.2)

Рис.2. Характеристика релейного типа:

;

коэффициенты равны:

; ; ;


# Метод гармонической линеаризации

Основы метода.

Метод используется для исследования нелинейных систем, описываемых дифференциальными уравнениями различного порядка. Эффективен для расчета параметров собственных колебаний в системе, используется также для анализа точности при гармоническом задающем воздействии.

Рассмотрим метод применительно к расчету параметров собственных колебаний в нелинейной системе.

Разделим систему на линейную часть и нелинейное звено (рис.3).

Рис.3. Модель нелинейной системы.

Уравнение линейной части:

,(6)

При возникновении автоколебаний процесс на выходе линейной части не является строго гармоническим, но мы будем полагать, что линейное звено является фильтром нижних частот и подавляет все гармоники, за исключением первой. Это предположение называется гипотезой фильтра. Если она не подтверждается, то ошибки при применении гармонической линеаризации могут быть значительными.

.

Пусть

; . (7)

Представим в виде ряда Фурье:

; (8)

Полагаем, что

.

Это справедливо, если симметрична относительно начала координат и отсутствует внешнее воздействие. Полагая, что высшие гармоники подавляются, будем искать только и

Из уравнения (7) находим:

; . (9)

Подставив (8. 20) в (8. 19) и ограничив ряд слагаемыми первой гармоники, получим:

 (10)

где

 (11)

Таким образом, нелинейное уравнение для заменили приближенным линейным уравнением (11) для первой гармоники.

 и называют гармоническими коэффициентами передачи нелинейного звена. Коэффициенты и в рассматриваемом случае зависят от амплитуды, при более сложной нелинейной зависимости зависят еще и от частоты.

Рассчитанные значения коэффициентов гармонической линеаризации для типовых нелинейностей можно найти в учебниках и справочной литературе.

Передаточная функция разомкнутой системы может быть представлена в следующем виде:

; ;

где ─ эквивалентная передаточная функция нелинейно - го звена.

Частотная передаточная функция разомкнутой системы

.

Характеристическое уравнение

.

Модуль частотной передаточной функции нелинейного звена

.

Фазочастотная характеристика

; ()

Модуль определяет отношение амплитуд, а фазовый сдвиг на выходе относительно входного сигнала.

Если симметрична относительно начала координат, однозначна и не имеет гистерезиса, то и тогда

.

Часто при анализе используется величина обратная . Она называется гармоническим импедансом нелинейного звена:

.

Расчет автоколебаний по критерию Найквиста

В соответствии с критерием Найквиста строится годограф частотной передаточной функции разомкнутой системы

Условием возникновения в системе колебаний является прохождение амплитудно-фазовой характеристики через точку (-1,j0) комплексной плоскости. Для определения условий прохождения годографа через эту точку приравняем

.

Чтобы решить это уравнение можно, задавая значение амплитуды, строить амплитудно-фазовую характеристику(рис.8.18) Значение амплитуды а=А, при которой АФХ пройдет через точку (-1,j0) будет соответствовать амплитуде собственных колебаний. Значение частоты определяют по частоте в точке (-1,j0).

Рис.4. Амплитудно-фазовая характеристика нелинейной системы.

Тогда искомое колебание

.

При нелинейной зависимости вида передаточную функцию разомкнутой системы можно представить в виде

. (12)

Это уравнение решается графическим методом (рис.5).

Строим амплитудно-фазовую характеристику линейного звена и кривую импеданса нелинейного звена. Определяем точку пересечения. Частоту определим по АФХ линейного звена в точке пересечения. Амплитуду А определим по кривой импеданса нелинейного звена.

Чтобы определить являются ли колебания устойчивыми автоколебаниями, нужно задать приращение амплитуды ; при этом точка на импедансе смещается влево вниз. Это будет соответствовать уменьшению, следовательно, кривая годографа ПФ разомкнутой системы не будет охватывать точку с координатами . Поэтому амплитуда колебаний начнет уменьшаться, и система вернется в исходное состояние. То же будет и при отрицательном приращении.

Критерий устойчивости периодического режима сводится к тому, чтобы часть кривой соответствующая меньшим амплитудам, охватывалась амплитудно-фазовой характеристикой линейной части.

При отсутствии в системе периодических режимов (решения уравнения (8.23)) можно предположить, что система будет устойчива.

Условие устойчивости равновесного состояния (отсутствия автоколебаний): при устойчивой или нейтральной в разомкнутом состоянии линейной части её АФХ не охватывает годограф .


# ЛИТЕРАТУРА

1. Коновалов. Г.Ф. Радиоавтоматика: Учебник для вузов. – М.: Высш. шк., 2000.

2. Радиоавтоматика: Учеб. пособие для вузов. / Под ред. А. Бесекерского. - М.: Высш. шк., 2005.

3. Первачев С.В. Радиоавтоматика: Учебник для вузов. - М.: Радио и связь, 2002.

4. Цифровые системы фазовой синхронизации Под ред. И. Жодзишского – М.: Радио, 2000.