

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Назарова Максима Андреевича «Измерение нелинейных характеристик цепей на основе нелинейно-инерционной поведенческой модели первого порядка», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности «2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения»

Диссертационная работа М.А. Назарова посвящена вопросам определения характеристик радиотехнических устройств (РТУ) в виде поведенческой модели, что исключает схемотехническое проектирование на определённых стадиях разработки. Сегодня в современных системах автопроектирования поведенческие модели отсутствуют. Это особенно касается работы систем в случае импульсных сигналов. Поэтому автор диссертационной работы восполняет этот пробел, что ускоряет проектирование и делает его менее эвристическим.

Диссертационная работа состоит из введения, четырёх разделов, заключения, списка литературы и приложений. Объем работы составляет 145 страниц текста, включая 71 рисунок и список литературы из 89 наименований.

Во введении определены цели и задачи диссертационного исследования, сформулированы защищаемые положения, отмечены новизна, научная ценность, практическая значимость проведённых исследований, отражены вопросы достоверности и апробации полученных результатов, их внедрение, показана актуальность работы и личный вклад автора.

В первой главе проведён сравнительный обзор методов и решений для формирования нелинейных поведенческих моделей, используемых для описания нелинейных цепей, проблемы экстракции параметров этих моделей, обзор методов измерения нелинейных характеристик цепей, а также выполнен обзор приборов для проведения импульсных измерений различными методами. Во второй главе предложены требования, выдвигаемые к оборудованию для измерения импульсного отклика исследуемого объекта. Рассмотрены вопросы точности измерения переходных характеристик объекта, на которую влияют нелинейные искажения амплитудной характеристики генератора ступенчатых функций и осциллографа, регистрирующего семейство откликов на ступенчатые функции. В третьей главе приведены результаты разработки метода косвенного измерения нелинейных характеристик объекта, учитывающих статическую и динамическую нелинейность. Обе они измеряются косвенно из результатов прямых измерений переходных характеристик объекта. Полученные характеристики образуют нелинейную модель первого порядка, используя которую, можно определить отклик объекта на произвольное тестовое воздействие. Дается методика оценки погрешности измерения нелинейных характеристик, разработан алгоритм автоматизированного измерения. Четвёртая глава посвящена проверке автоматизированной установки для

измерения нелинейных характеристик цепей с использованием меры нелинейности на предмет влияния собственной нелинейности установки на результат. На примере трёхкаскадного усилителя измерены нелинейные характеристики цепей, образующие модель первого порядка. Проведена проверка полученной модели усилителя для импульса, длительность которого меньше длительности переходной характеристики усилителя. Относительная погрешность невязки между моделью и экспериментом составили не более 5 %, что типично для поведенческих моделей. На примере малошумящего усилителя в виде модели второго порядка показано, что относительная динамическая нелинейность, полученная исходя из модели высокого порядка, для устройств выше первого порядка такая же, как и для модели первого порядка. Таким образом, окончательно показано, что модель первого порядка позволяет качественно оценивать динамическую нелинейность устройств более высоких порядков.

Научная новизна результатов диссертации состоит в следующем.

1. Показано, что поведенческая модель радиотехнического устройства в виде нелинейного рекурсивного фильтра позволяет определять и контролировать систематическую погрешность измерения, связанную с динамической нелинейностью регистрирующего устройства.

2. Установлено, что модель в виде нелинейного рекурсивного фильтра первого порядка позволяет отдельно оценивать динамическую и статическую нелинейность устройств с фиксированной погрешностью.

3. Показано, что относительная динамическая нелинейность устройства, рассчитанная исходя из модели в виде рекурсивного фильтра первого порядка, совпадает с относительной динамической нелинейностью, рассчитанной по модели в виде рекурсивного фильтра выше первого порядка.

Теоретическая значимость результатов диссертации характеризуется разработкой моделей РТУ. Это даёт возможность проводить их структурное проектирование. Практическая значимость работы весьма высокая, что подтверждается применением разработанных моделей для проектирования конкретных схем. Предложенный способ определения нелинейных характеристик РТУ был реализован на автоматизированной установке. Он может применяться для определения нелинейных характеристик РТУ любого порядка, поскольку статическая нелинейность для моделей любого порядка совпадает со статической нелинейностью, рассчитанной по модели первого порядка, а относительная динамическая нелинейность для устройств более высоких порядков также совпадает с относительной динамической нелинейностью, полученной по модели первого порядка. Предложенная модель показала неплохие результаты при расчёте отклика цепи на произвольное воздействие, и её можно использовать в современных системах автопроектирования.

Выносимые на защиту три научных положения были теоретически и

экспериментально обоснованы с помощью анализа предложенных моделей и большого количества экспериментов.

Достоверность полученных результатов подтверждается согласованностью ряда полученных результатов с компьютерным моделированием, экспериментами и внедрением компьютерной программы. Достоверность экспериментальных данных обеспечивается современными средствами измерения и стандартными методиками проведения измерений.

Основные результаты диссертации получены при работе по грантам научных фондов и опубликованы в 14 работах. Четыре статьи вышли в рецензируемых журналах из списка ВАК, два в сборниках конференций, индексируемых в Scopus, восемь в РИНЦ. Работы соискателя неоднократно обсуждались на различных конференциях и получили одобрение ведущих специалистов. Получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Диссертация имеет внутреннее единство, обусловленное её содержанием и логикой построения. Текст автореферата соответствует диссертации. Научные положения и выводы диссертации являются обоснованными. Работа выполнена на высоком научно-техническом уровне. Материал диссертации изложен терпимо, работа производит впечатление. Тем не менее, считаю необходимым сделать следующие замечания.

1. Методы расщепления были разработаны для электрических цепей с определёнными типами нелинейности и пригодны лишь для схемотехнического проектирования устройств низкого порядка, но не представляют интереса для поведенческого моделирования. Упоминание их излишне.

2. Нелинейные искажения импульсных сигналов требуют определения, поскольку в фундаментальной литературе рассматриваются для гармонических сигналов.

3. Из второго защищаемого положения логично следует, что достоинством предложенного способа измерения является определение погрешности. Это смелое заявление для теории измерений. Зачастую путаются порядок устройства и порядок характеристики(?), "на модель подаётся семейство входных токов", "модель позволяет измерять", определяется "относительная погрешность невязки" (в чём их разница - требовалось пояснить) и делаются другие подобные утверждения.

4. Метод косвенных измерений вносит дополнительную погрешность в результат, которая никак не оценена. Возможно, применительно к данным исследованиям она несущественна.

5. Наибольший интерес представляет модель в виде рекурсивного фильтра, которая не приводится в автореферате. Для сохранения объёма можно было пожертвовать подробностями исследований в четвёртой главе.

Но сделанные замечания касаются скорее формы представления результатов, не затрагивают существа работы и не снижают её общей благоприятной оценки и значимости.

Таким образом, обсуждаемая диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения и разработки, имеющие существенное значение для теории электрических цепей и проектирования РТУ. Работа полностью отвечает всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям (пункты 9–14 Положения о порядке присуждения учёных степеней Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года, №824; редакция от 26.09.2022).

Считаю, что Назаров Максим Андреевич, автор диссертации «Измерение нелинейных характеристик цепей на основе нелинейно-инерционной поведенческой модели первого порядка», заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числесистемы и устройства телевидения.

Официальный оппонент


15.11.23

Стукач Олег Владимирович

доктор технических наук по специальности 05.13.18,
профессор Департамента электронной инженерии Московского института электроники и математики им. А.Н. Тихонова Национального исследовательского университета "Высшая школа экономики", адрес: 123458, г. Москва, ул. Таллинская, д. 34, <https://miem.hse.ru/>, т. 8(495) 916-88-29, эл.почта ostukach@hse.ru

подпись заверяю
специалист по персоналу
Неудачин Т. Е.

