

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК _____

Богод
Илья Андреевич

Дифференциальный метод анализа аналоговой схемотехники

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук

по специальности 1-39 80 02 «Радиотехника, в том числе системы и устройства радионавигации, радиолокации и телевидения»

Научный руководитель:
Свирид Владимир Лукич
к. т. н., доцент

Минск 2019

ВВЕДЕНИЕ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Интегральная схемотехника, учитывая особенности полупроводниковых активных элементов, может быть охарактеризована тремя главными принципами.

Первый – максимальное использование наиболее выгодного элемента р-п-перехода. Пользуясь соответствующими методами, можно получить различные интегральные схемы (ИС), выполняющие самые разные функции, а доступность большого числа активных элементов (АЭ) позволяет, например, посредством одних лишь биполярных (БТ) и полевых транзисторов (ПТ) реализовывать такие неэкономичные для дискретной схемотехники технические решения, как защита от перегрузок или шумоподавление. Первый принцип также зовётся принципом избыточности.

Второй принцип – принцип идентичности. Заключается он в максимальном использовании преимуществ методов изготовления интегральных схем. При соответствующем подборе, сопряжении и хорошем тепловом контакте элементов можно по-новому решить вопросы стабилизации режимов работы полупроводниковых интегральных схем (ПИС).

Третий принцип – принцип обратной связи, заключающийся в максимальном использовании местных и общих отрицательных обратных связей. Его преимущество в том, что снижение усиления может оказаться экономически оправданным в результате компенсации оного введением большого числа активных элементов.

Основной задачей диссертационной работы являются анализ характеристик схемотехники аналоговых устройств (САУ) на основе дифференциального метода, а также оценка их точности и эффективности с использованием компьютерного и экспериментального исследования.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

При проектировании ПИС могут быть получены АЭ с заданными свойствами, при этом возможны два пути: схемотехнический и конструкционный.

При схемотехническом подходе структуры АЭ получают путем соединения различными способами нескольких (в основном двух) БТ, или БТ и ПТ, образующих биполярно-униполярные (полевые) структуры, а также комбинации БТ или ПТ с пассивными (резистивными) элементами, эквивалентные одному БТ или одному ПТ исходных типов, но с улучшенными параметрами.

К конструкционным транзисторным структурам (ТС) относятся два и более БТ или ПТ, выполненные в едином технологическом цикле производства на одной подложке с идентичными параметрами, которые существенно расширяют функциональные возможности АЭ и позволяют использовать их в качестве базовой схемы дифференциального усилителя (ДУ). Дискретные варианты всех этих структур оказываются неэффективными из-за нарушения принципа идентичности характеристик отдельных АЭ.

При конструкционном подходе на основе существующей технологии ПИС

создаются принципиально новые АЭ, не имеющие аналогов в дискретном варианте: например, многоэмиттерный n-p-n или многоколлекторный p-n-p БТ. Влияя на геометрические размеры подобных ТС путем изменения площади эмиттеров или коллекторов, можно получить улучшенные технические характеристики схем или новые схемные решения.

В данной работе исследованию подлежит метод, основанный на представлении всех возможных схемных решений аналоговых устройств в виде обобщенных эквивалентных схем замещения для переменных и (или) постоянных (медленно изменяющихся) токов, позволяющих использовать реальные дифференциальные параметры активных элементов АЭ с учетом их трансформации в зависимости от схемной конфигурации и типа обратных связей и, таким образом, получить полную характеристику анализируемых устройств с повышением точности анализа, улучшением схемотехнической реализации на микроэлектронной основе и обеспечением экспериментальной проверки их основных параметров и характеристик.

В данной диссертационной работе исследован ряд аналоговых схем, позволяющий оценить достоинства дифференциального метода перед классическим.

Результаты исследований будут полезны как в учебном процессе, так и при проектировании новых аналоговых устройств.

БАЗОВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы, даётся краткая характеристика её разработанности, определяются объект и предмет исследования, цель и задачи, указана теоретико-методологическая основа, формулируются основные положения диссертации, выносимые на защиту.

Первая глава «Схемотехника аналоговых устройств» включает в себя теоретические основы структур активных элементов интегральной схемотехники и дифференциальные параметры и характеристики активных элементов аналоговой схемотехники.

Вторая глава «Дифференциальный метод анализа аналоговой схемотехники» отражает сущность дифференциального метода (подраздел 2.1) и включает примеры оценки высокочастотных свойств (подраздел 2.2), входных и выходных сопротивлений усилительных каскадов (подраздел 2.3).

Третья глава «Анализ аналоговой схемотехники дифференциальным методом» посвящена исследованию дифференциального метода на таких примерах, как оценка эффективности стабилизации режимов работы аналоговой схемотехники (подраздел 3.1), оценка эффективности действия обратных связей в аналоговой схемотехнике (подраздел 3.2), оценка стабилизации амплитуды и частоты в автогенераторах радиосигналов (подраздел 3.3), анализ стабилизации режима работы преобразователей полных проводимостей (сопротивлений) в напряжения (подраздел 3.4), отражение термостабилизации и линеаризации характеристик нелинейных элементов аналоговой схемотехники (подраздел 3.5).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В первом разделе обобщены существующие методы и предложены принципы построения аналоговых устройств с учётом особенностей объекта исследования на основе научно-технической и патентной информации.

Дифференциальный метод анализа САУ, основанный, в отличие от известных, на представлении этих устройств в виде обобщенных эквивалентных схем замещения, учитывающих влияние дифференциальных параметров АЭ и их трансформации в зависимости от схемной конфигурации и топа обратных связей.

Во втором разделе на основе дифференциального метода на примере анализа классического варианта каскада аналоговой схемотехники разработаны теоретические основы и принципы построения более сложных устройств аналоговой схемотехники.

В третьем разделе с помощью дифференциального метода исследованы эффективность действия обратных связей в аналоговой схемотехнике, стабилизация амплитуды и частоты в автогенераторах радиосигналов, стабилизация режима работы преобразователей полных проводимостей (сопротивлений) в напряжении.

На основе выполненных в диссертационной работе исследований, можно сделать вывод, что дифференциальный метод анализа аналоговой схемотехники обладает более высокой точностью вычислений по сравнению с классическим методом.

Результаты исследований планируются для использования в учебном процессе кафедры ИРТ УО «БГУИР» по дисциплине «Проектирование аналоговых интегральных и микросистемных устройств».

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Технические средства защиты информации: Тез. докл. XVII Белорусско-российской Т-38 науч.-техн. конф. (Республика Беларусь, Минск, 11 июня 2019 года) / редкол.: Т. В. Борботько [и др.]. – Минск: БГУИР, 2019. – 84 с. С. 17.
2. Дифференциальный метод анализа аналоговой схемотехники. 55 научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, 2019г.