

МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОННОЙ СХЕМЫ ДЛЯ СНЯТИЯ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ НА ОСНОВЕ МИКРОСХЕМЫ AD8232

В. А. Реджепов

БГУИР, г. Минск

Научный руководитель: Д. Ю. Перцев, к.т.н., доцент

Для прогнозирования работы электронных схем разработчики аналоговой техники часто опираются на результаты компьютерного моделирования. Ценность такого симулятора зависит от того, насколько точно он может передать физическую реализацию моделируемой электронной схемы и насколько быстро выдать результаты. Различия между смоделированной ситуацией и реальной работой электронной схемы может привести к многочисленным циклам отладки конечного продукта.

Симулятор SPICE (англ. Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis, симулятор электронных схем общего назначения с открытым исходным кодом, разработан в Electronics Research Laboratory в Калифорнийском университете в Беркли), применяется для компьютерного моделирования аналоговых схем, так как позволяет просчитывать поведение сигналов в произвольных схемах. Популярность SPICE обусловлена тремя числовыми методами моделирования, которые используются в нем как основа для симуляции аналоговых схем:

- метод Ньютона (также известный как метод касательных) – это итерационный численный метод нахождения корня (нуля) заданной функции, используется для нахождения решений в схемах с нелинейными элементами;
- метод разреженной матрицы (то есть матрицы с преимущественно нулевыми элементами) предназначен для того, чтобы поместить матрицы в адресное пространство компьютера;
- неявное интегрирование предназначено для дифференциальных уравнений, возникающих в схемах, описывающих реактивные сопротивления.

Возможность симулятора SPICE выдавать надежный результат зависит от того, насколько правильно эти методы реализованы [1].

При разработке динамических систем в электронике часто необходимо рассчитать отклик в стационарном состоянии при воздействии гармонического (синусоидального) сигнала на входе. Такой расчет называется частотным откликом системы и может быть представлен в виде диаграммы Бode, представляющей амплитудный и фазовый отклики системы в зависимости от частоты входного сигнала. Для представления амплитуды обычно используется логарифмическая шкала. Амплитудный отклик выражается в децибелах, поэтому возможно построить сложные графики Бode с помощью суперпозиции нескольких простых характеристик. Если имеется несколько передаточных функций, фактическое умножение их амплитудных откликов упрощается до сложения по логарифмической шкале. Фазовые отклики могут быть аддитивно наложены даже без применения шкалы деци-

- фильтр верхних частот (ФВЧ) – 0,5 Гц;
- фильтр нижних частот (ФНЧ) – 40 Гц.

На рисунке 2 представлена электронная схема, соответствующая рисунку 1, в программе LTspice.

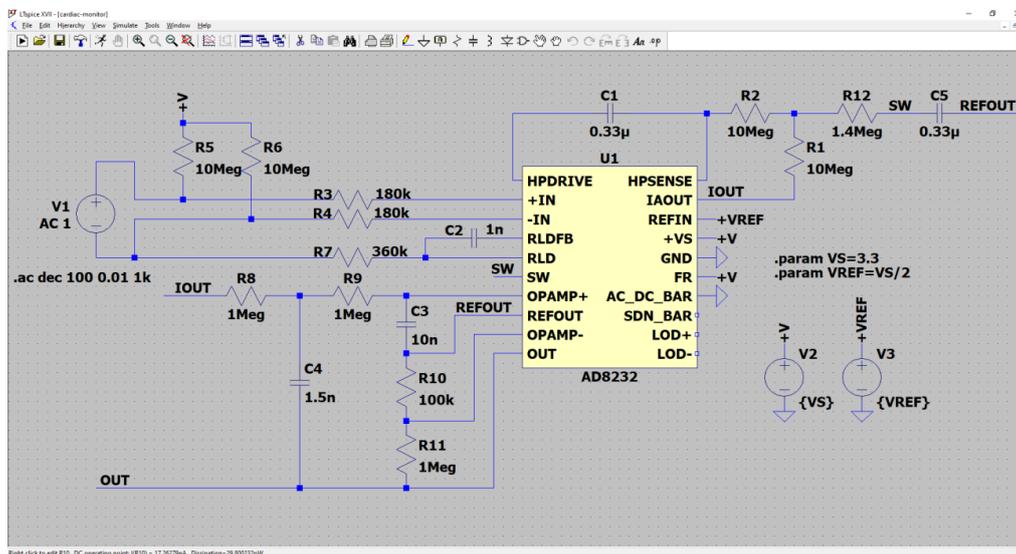


Рисунок 2 – Моделируемая электронная схема

Для моделирования используется директива AC – анализ частотных характеристик для малого сигнала. После обнаружения данной директивы LTspice находит рабочую точку модели по постоянному току, затем модель линеаризуется в районе найденной точки и далее находятся комплексные напряжения узлов, зависящие от частоты. Так как расчет характеристик делается только для одной рабочей точки по постоянному току и не учитывает общей нелинейности модели, результаты данного анализа справедливы только для малого сигнала. Этот режим полезен для исследования частотных характеристик различных цепей и фильтров, а также для синтеза корректирующих устройств методом логарифмической амплитудно-фазовой частотной характеристики [4].

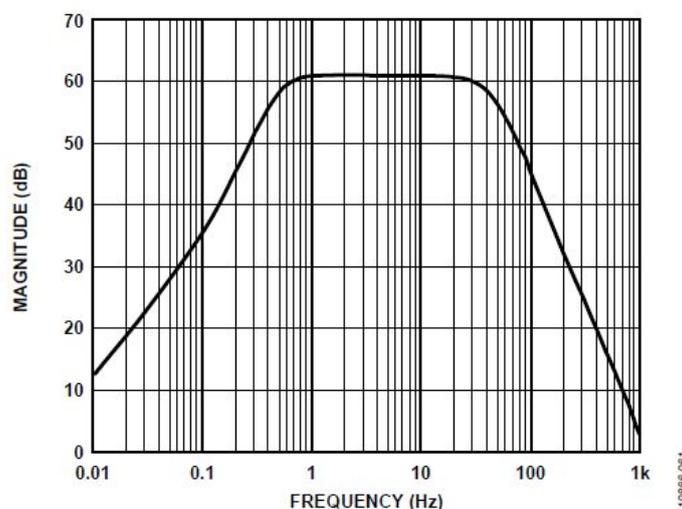


Рисунок 3 – АЧХ моделируемой электрической схемы

Анализ моделируемой электронной схемы проводится в диапазоне частот от 0,01 Гц до 1 кГц с количеством точек на декаду, равным 100. Частотный диапазон выбран согласно рисунка 3. Для вычисления ширины полосы пропускания и граничных частот фильтра используется директива measure. В результате моделирования получена диаграмма Бode и вычислены ширина полосы пропускания и граничные частоты фильтра. Результаты моделирования изображены на рисунке 4.

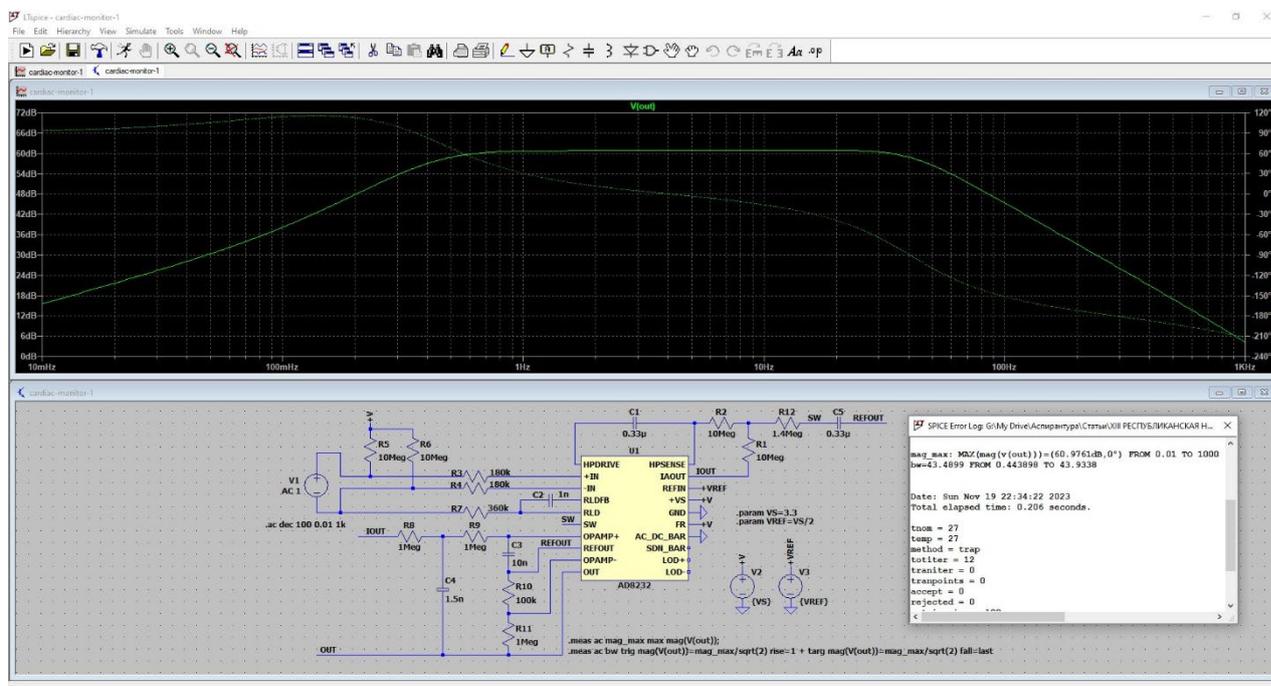


Рисунок 4 – Диаграмма Бode, ширина полосы пропускания и граничные частоты фильтра моделируемой электронной схемы

Вычисленные ширина полосы пропускания фильтра составляет 43.4899 Гц, верхняя граничная частота фильтра – 43.9338 Гц, нижняя граничная частота фильтра – 0.443898 Гц. Анализируя форму АЧХ, полученную в результате моделирования, с формой АЧХ, предоставленной на рисунке 3, можно увидеть, что они совпадают для указанных частотных диапазонов и номиналов компонентов электрической схемы, изображенной на рисунке 1.

Полученные в результате моделирования результаты для коэффициента усиления и граничных частот фильтров приблизительно соответствуют значениям исходной системы. Исходя из данного факта, можно сделать вывод, что модель электронной схемы работает корректно. Полученную модель можно использовать для последующего моделирования и исследования различных характеристик микросхемы AD8232.

Список литературы

1. Энгельхард, М. Различия в реализациях симуляторов SPICE: // Компоненты и технологии. – 2015. – №7. – Режим доступа: <https://kit-e.ru/spice-differentiation>. – Дата доступа: 14.11.2023.

2. Бранд, Т. Формирование и анализ диаграммы Боде в LTSpice: [Электронный ресурс] // Компоненты и технологии. Режим доступа: <https://kit-e.ru/diagramma-bode>. – Дата доступа: 14.11.2023.

3. Single-Lead, Heart Rate Monitor Front End AD8232: [Электронный ресурс] // Analog Devices. – Режим доступа: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ad8232.pdf>. – Дата доступа: 14.11.2023.

4. Володин В.Я. LTspice: компьютерное моделирование электронных схем. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – 400 с.

УДК 628.3

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МАШИНОЙ ДЛЯ ОТЖИМА ВОДЫ ИЗ ИЛА

М. Д. Тарасевич

*Брестский государственный технический университет, г. Брест
Научный руководитель: доцент кафедры АТПиП Прокопеня О. Н.*

Введение

Анализ предприятий мусороперерабатывающей отрасли показывает, что в большинстве из них используются устаревшие методы отработки иловых отложений. Также на многих таких предприятиях соответствующее оборудование сильно изношено и не позволяет в должной степени и с удовлетворительным качеством обрабатывать большие объемы ила. Отсюда цели и задачи состоят в разработке высокоэффективного способа отделения воды из ила.

Важным этапом при очистке сточных вод является механическое обезвоживание осадка. На данный момент существует несколько технологий обезвоживания — с помощью камерных фильтр-прессов, с помощью дисковых шнековых дегидраторов, с помощью ленточных прессов и с помощью центрифуг (декантеров). Каждая технология имеет свои плюсы и минусы (занимаемая площадь, энергопотребление, стоимость и т. п.). При обезвоживании обычно используют реагент (флокулянт) для увеличения эффективности обезвоживания. В настоящее время широкое применение получает использование центрифуг для обезвоживания. Качество разделения жидкой и твердой фракции самое высокое из вышеупомянутых технологий [1].

Цель управления сушки заключается в обеспечении высушивания поступающего влажного твердого материала до заданного влагосодержания при определенной производительности установки по влажному материалу.

Основным возмущением процесса является изменение расхода, начальной влажности и дисперсного состава частиц твердого материала, а также изменение расхода и начальной температуры сушильного агента – теплоносителя.

Основная регулируемая величина процесса – это остаточная влажность твердого материала.