



М.Ю. Паршуков (аспирант)

**АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ
ОПЕРАЦИОННЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ**

г. Пенза, Пензенский государственный университет

На сегодняшний день аппаратно-программный комплекс (АПК) является наиболее гибким и многофункциональным инструментом, позволяющим решать множество задач науки и производства. Его применение в измерительной технике позволяет не только повысить точность, но и ускорить процесс измерения путем автоматизации, что в конечном итоге приводит к сокращению количества средств измерений, а также времени измерения. Например, АПК может быть применен для тестирования технически сложных объектов, в частности, изделий электронной техники, характеризующихся многочисленными параметрами, подлежащими контролю. К числу таких объектов относятся операционные усилители (ОУ) – самые востребованные на сегодняшний день аналоговые интегральные схемы.

ОУ обладает широким списком статических и динамических параметров. При входном контроле ОУ на приборостроительных предприятиях приходится ограничиваться измерением только статических параметров, поскольку имеющиеся средства, а самым распространенным из них является комплекс Formula 2К, не позволяют измерять такие важные динамические параметры, как частота единичного усиления и запас по фазе на этой частоте, максимальная скорость нарастания выходного напряжения. Поэтому задача разработки средств автоматизированного измерения статических и динамических параметров ОУ представляется актуальной.

При разработке таких средств следует руководствоваться государственными стандартами, регламентирующими методы измерения параметров ОУ, а практическая реализация методов измерения должна позволять интегрировать каждую из измерительных схем в автоматизированный многофункциональный измерительный комплекс.

Схемотехническое моделирование устройств на ОУ позволяет существенно снизить материальные и временные затраты при разработке и оптимизации устройств по сравнению с традиционным макетированием схем. Таким образом, помимо измерения параметров ОУ, не менее важной является задача создания макромодели ОУ по его измеренным параметрам.

В таблице 1 приведен минимальный перечень параметров, необходимых для создания макромодели ОУ для Spice-совместимых программ схемотехнического моделирования PSpice, OrCAD, Multisim, и др.

Таблица 1.

Измеряемый параметр ОУ	ГОСТ на метод измерения
Коэффициент усиления постоянного напряжения	23089.1-83
Максимальные выходные напряжения положительной и отрицательной полярности	23089.2-83
Напряжение смещения нуля	23089.3-83
Потребляемая мощность	23089.5-83
Максимальные скорости нарастания и спада выходного напряжения	23089.10-83
Коэффициент ослабления синфазных входных напряжений	23089.11-83
Частота единичного усиления	23089.13-83
Запас устойчивости по фазе	23089.16-83
Выходное сопротивление на низких и высоких частотах	23089.17-83

Для улучшения сходимости результатов моделирования и экспериментальных данных необходимо использовать макромодели конкретных экземпляров ОУ, используемых в исследуемой схеме, а не обобщенные макромодели, предложенные производителем и описывающие ОУ с усредненными характеристиками. Поэтому программное обеспечение разрабатываемого комплекса должно обеспечивать автоматизированное создание макромодели ОУ по результатам измерений его параметров.

Аппаратная часть комплекса может быть построена на базе модульной платформы National Instruments PXI. Возможное решение предлагается на сайте фирмы National Instruments в разделе «Готовые системы» [1]. В описании решения приведена структурная схема системы на базе модульного оборудования NI PXI для тестирования характеристик операционных усилителей в статическом и динамическом режимах.

Данная система тестирования позволит произвести измерение множества параметров ОУ, в том числе и тех, которые необходимы для расчетов параметров его макромодели с довольно высокой точностью. Однако данная система обладает явной аппаратной избыточностью, что отражается на ее стоимости. Стоимость комплекта оборудования PXI составляет \$ 33760 без учета оснастки, соединительных кабелей и нестандартного измерительного оборудования.

Предложено другое, более дешевое решение поставленной задачи, полное описание которого, приведено в статье [2]. Оно заключается в использовании недорогой многофункциональной платы сбора данных, например NI PCI-6251, с расширением функциональных возможностей при помощи дополнительных модулей. Структурная схема такого решения приведена на рисунке 1.

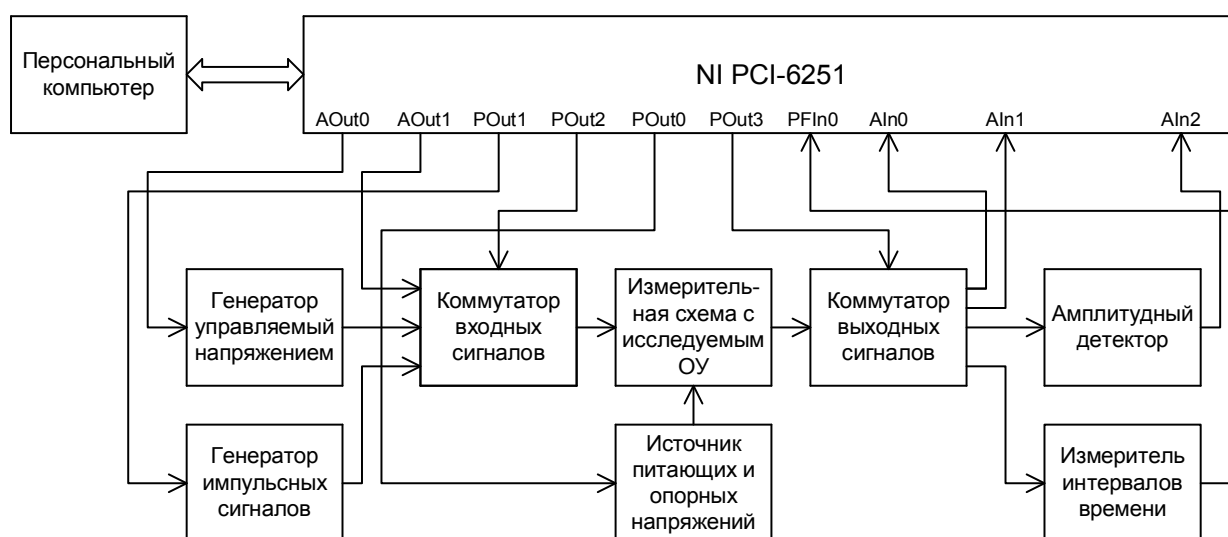


Рисунок 1. Структурная схема аппаратно-программного комплекса для измерения параметров ОУ на основе платы сбора данных

Сама по себе, плата имеет в своем составе ЦАП и АЦП, а также микроконтроллер, способный формировать и обрабатывать цифровые сигналы. Расширение функциональных возможностей платы производится путем добавления внешних модулей, таких как:

- генератор, управляемый напряжением (ГУН) на частоты до 100 МГц;
- высокочастотный амплитудный детектор;
- формирователь импульсных сигналов;
- измеритель интервалов времени.

С помощью коммутаторов, управляемых по выходным цифровым каналам платы, исследуемый операционный усилитель поочередно включается в одну из измерительных схем, соответствующих текущему режиму измерения и последовательно создаваемых в соответствии с программой измерительного эксперимента.

Генератор, управляемый напряжением, формирует сигнал синусоидальной формы с фиксированной амплитудой и программно изменяемой частотой. Управление генератором может быть реализовано путем подачи с выхода ЦАП управляющего аналогового сигнала. Возможно применение ЦАП прямого синтеза.

Амплитудный детектор выделяет огибающую сигнала с выхода измерительной схемы и с достаточной точностью фиксирует относительное изменение его амплитуды. Амплитудный детектор подключен к входу АЦП платы NI PCI-6251.

Формирование входных импульсных сигналов возможно при использовании цифровых линий платы и быстродействующих ключей. Формирователь интервалов времени с двумя быстродействующими компараторами формирует импульсы, длительности которых соответствуют времени нарастания и спада выходного напряжения ОУ на фиксированном интервале напряжений.

Для измерения максимальной скорости нарастания выходного напряжения ОУ с положительной и отрицательной крутизной (т.е. скорости нарастания и спада выходного напряжения ОУ) предложены две реализации измерителя интервалов времени (ИИВ): аналоговая и цифровая. Аналоговый измеритель интервалов времени представляет собой преобразователь интервала времени в постоянное

напряжение, которое оцифровывается с помощью АЦП платы. Цифровой измеритель построен на базе быстродействующей программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС), в которой производится измерение длительности интервала времени путем его заполнения стробирующими импульсами высокой частоты, с последующим их счетом.

После автоматизированного измерения необходимых параметров ОУ и создания файла отчета в программе производится расчет параметров его макромодели, а следом за этим генерация текстового файла с описанием макромодели.

По результатам измерения параметров ОУ, помещенного в камеру тепла и холода, возможно автоматизированное создание семейства макромоделей для различных температур. Это актуально при проектировании и оптимизации схем, работающих в широком температурном диапазоне.

Предложенное решение позволяет произвести измерения необходимых параметров ОУ с погрешностью, не превышающей пределов, установленных в ГОСТ на методы измерения параметров ОУ. Стоимость такого решения низка по сравнению с решением, рассмотренным ранее.

Ориентировочная стоимость оборудования, входящего в состав предлагаемого комплекса, составляет \$1500, что позволит его использовать не только в исследовательских лабораториях, но и как технологическое оборудование на входном контроле на предприятиях, а также в учебном процессе.

Список литературы.

1. Система для тестирования операционных усилителей // <http://digital.ni.com>;
2. Светлов А.В., Байдаров С.Ю., Паршуков М.Ю., Ханин И.В. Расширение функциональных возможностей платы сбора данных для автоматизированного измерения параметров операционных усилителей и создания по измеренным параметрам их макромоделей // Образовательные, научные и инженерные приложения в среде LabVIEW и технологии National Instruments: IX Международ. научно-практ. конф. – М.: Изд-во РУДН, 2010. – С. 229 – 231.