

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени И.С. ТУРГЕНЕВА»

Кафедра электроники, радиотехники и систем связи

АВТОРЕФЕРАТ
ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

**УСТРОЙСТВО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПЕРИОДИЧЕСКИХ
СИГНАЛОВ В УСЛОВИЯХ ПОМЕХ**

по направлению подготовки 11.04.03 Конструирование и технология
электронных средств
направленность (профиль): Информационные технологии проектирования
электронных средств

Работу выполнил:

Остапов Владислав Русланович

Орёл, 2026

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» на кафедре электроники, радиотехники и систем связи.

Научный руководитель	Кандидат технических наук, доцент Донцов Венедикт Михайлович ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С. Тургенева» Кафедра электроники, радиотехники и систем связи
Студент	Остапов Владислав Русланович

Защита состоится 24 июня 2026 г. в 14-00 на заседании Государственной экзаменационной комиссии при Орловском государственном университете имени И.С. Тургенева по адресу: 302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 40.

С выпускной квалификационной работой можно ознакомиться на кафедре электроники, радиотехники и систем связи ОГУ имени И.С. Тургенева.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. При испытаниях электронных устройств и микросхем часто возникает задача автоматического измерения параметров периодических сигналов. На практике результаты измерений зависят от наличия шумов и помех, а также от особенностей используемых алгоритмов обработки данных. Дополнительные требования связаны с необходимостью изменения методик испытаний без существенной переработки аппаратной части измерительного оборудования. В связи с этим разработка устройства измерения параметров периодических сигналов в условиях воздействия помех является актуальной задачей.

Данная выпускная квалификационная работа посвящена разработке программно-аппаратного устройства измерения параметров периодических сигналов. В работе рассматриваются вопросы выбора схемотехнических решений, алгоритмов обработки данных и экспериментальной проверки разработанного устройства.

Объект исследования – периодические электрические сигналы в условиях помех.

Предмет исследования – программно-аппаратная реализация измерения параметров периодических сигналов.

Цель работы – создание устройства измерения параметров периодических сигналов, обеспечивающего заданную точность измерений в условиях помех.

Задачи исследования – для достижения поставленной цели были поставлены и решены следующие задачи:

1. обзор существующих методов измерения параметров периодических сигналов;
2. анализ влияния шумов и помех на результаты измерений;
3. выбор метода построения измерительного устройства;
4. разработка структурной и электрической принципиальной схем устройства;

5. выбор алгоритмов цифровой обработки сигнала;
6. разработка экспериментального образца устройства;
7. проведение экспериментальной проверки и оценка точности измерений.

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы использовались знания и навыки, полученные при изучении дисциплин учебного плана направления подготовки 11.04.03 «Конструирование и технология электронных средств», связанных с проектированием электронных устройств, микропроцессорной техникой, цифровой обработкой сигналов и проведением экспериментальных исследований.

Научная новизна работы заключается в использовании комплексного подхода, включающего аппаратную фильтрацию, цифровую обработку и последующую статистическую обработку результатов измерений.

Практическая значимость работы заключается в разработке устройства, пригодного для использования в составе автоматизированных испытательных и измерительных комплексов.

Структура и объем работы. Выпускная квалификационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованных источников и приложения. Работа изложена на 85 страницах машинописного текста, включающего 4 иллюстрации, 2 таблицы и одно приложение.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ:

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы ее цель, объект, предмет и задачи исследования.

В первой главе выполнен анализ существующих методов определения параметров периодических сигналов и рассмотрены факторы, влияющие на точность измерений.

Показано, что при проведении измерений на результат оказывают влияние различные виды помех. В рамках работы основное внимание уделено двум наиболее распространённым типам помех: белому тепловому шуму и промышленным помехам, связанным с воздействием сети электропитания частотой 50 Гц и её гармоник. Белый шум приводит к случайным отклонениям измеряемых значений, а промышленные помехи способны вносить дополнительные составляющие в исследуемый сигнал и искажать результаты измерений.

Проведён обзор существующих методов определения частоты и амплитуды сигналов, включая методы прямого счёта, системы фазовой автоподстройки частоты, спектральный анализ, корреляционные методы и статистические методы обработки данных. Выполнено сравнение методов по критериям точности, сложности реализации, стоимости и устойчивости к воздействию помех.

Также проведён обзор существующих технических решений и патентных материалов в области измерения параметров сигналов. Установлено, что специализированные измерительные устройства, как правило, ориентированы на решение отдельных задач, а универсальные приборы, такие как цифровые осциллографы, обладают высокой стоимостью и избыточной функциональностью для рассматриваемой задачи.

По результатам анализа сделан вывод о целесообразности применения цифрового подхода, основанного на полной оцифровке сигнала и последующей программной обработке полученных данных.

Во второй главе рассмотрены возможные варианты построения устройства измерения параметров периодических сигналов и выполнен выбор технического решения для дальнейшей разработки.

На этапе проектирования были проанализированы несколько подходов к измерению амплитуды и частоты сигнала. Рассматривались варианты на основе аналоговой обработки сигнала с использованием компараторов и схем выделения амплитуды, а также вариант полной оцифровки сигнала с последующей цифровой обработкой данных. Анализ показал, что аналоговые методы позволяют получить результат с минимальной вычислительной нагрузкой, однако обладают ограниченной гибкостью и требуют изменения аппаратной части при корректировке алгоритмов измерения.

С учётом особенностей разрабатываемой системы был выбран подход, основанный на полной оцифровке входного сигнала. Данный подход обеспечивает сохранение всей информации об исследуемом сигнале и позволяет изменять методы обработки программными средствами без модификации схемотехнических решений.

Для реализации устройства предложена структура измерительного тракта, включающая входной буфер, полосовой фильтр, каскад согласования уровня сигнала, быстродействующий аналого-цифровой преобразователь и микроконтроллер, выполняющий обработку полученных данных.

В качестве алгоритмов обработки выбраны гистограммный метод определения амплитуды сигнала и метод измерения частоты по переходам сигнала через адаптивный порог с гистерезисом. Выбранные алгоритмы обеспечивают требуемую точность измерений при сравнительно небольших вычислительных затратах и устойчивы к воздействию случайных помех.

В третьей главе выполнена разработка и экспериментальная проверка устройства измерения параметров периодических сигналов. На основании решений, принятых во второй главе, разработана структурная и электрическая принципиальная схема устройства, включающая входной буфер, полосовой фильтр, каскад согласования уровня сигнала, быстродействующий аналого-цифровой преобразователь AD9057BRSZ-40 и микроконтроллер STM32F407.



Рисунок 1 - структурная схема устройства

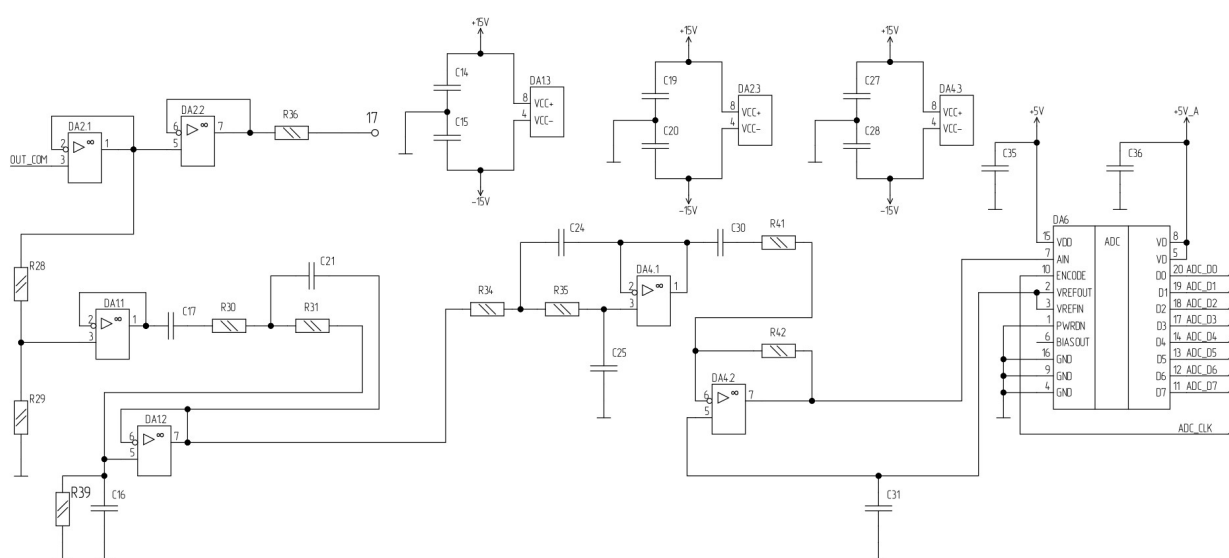


Рисунок 2 - схема электрическая принципиальная измерительного тракта

Для проверки работоспособности устройства проведены экспериментальные исследования с использованием генератора сигналов и поверенного цифрового осциллографа. Полученные результаты показали, что погрешность измерения частоты в большинстве испытаний не превышает 0,5 %, а погрешность измерения амплитуды соответствует требованиям, установленным для разрабатываемого устройства.

Таблица 1 — результаты испытаний

Имитация внутреннего сопротивления	f_{ref} , КГц	A_{ref} , мВ	f_{meas} , КГц	A_{meas} , мВ	Δf , КГц	Δf_e , %	ΔA , мВ	ΔA_e , %
да	10	809	13,75	816,41	3,75	37,5	7,41	0,92
да	300	201	298,83	183,59	1,17	0,39	17,41	8,66
да	300	802	299,43	746,09	0,57	0,19	55,91	6,97
да	400	201	398,83	175,78	1,17	0,29	25,22	12,55
да	400	802	398,84	703,12	1,16	0,29	98,88	12,33
да	500	201	498,84	164,06	1,16	0,23	36,94	18,38
да	500	802	498,84	652,34	1,16	0,23	149,66	18,66
нет	10	809	11,76	832,03	1,76	17,63	23,03	2,85
нет	300	201	298,84	207,03	1,16	0,39	6,03	3
нет	300	802	299,42	816,41	0,58	0,19	14,41	1,8
нет	400	201	399,97	207,03	0,03	0,01	6,03	3
нет	400	802	399,46	816,41	0,54	0,13	14,41	1,8
нет	500	201	498,82	203,12	1,18	0,24	2,12	1,06
нет	500	802	498,84	800,78	1,16	0,23	1,22	0,15

Дополнительно исследовано влияние выходного сопротивления источника сигнала на точность измерений. Результаты испытаний подтвердили работоспособность предложенного подхода и возможность использования разработанного устройства для измерения параметров периодических сигналов в условиях воздействия шумов и помех.

Основные выводы и результаты выпускной квалификационной работы

В результате выполнения выпускной квалификационной работы были решены поставленные задачи и получены следующие результаты:

1. Выполнен анализ существующих методов определения параметров периодических сигналов в условиях воздействия шумов и помех.
2. Проведён обзор аналоговых и цифровых методов измерения амплитуды и частоты сигналов, выполнено их сравнение по критериям точности, сложности реализации, стоимости и гибкости алгоритмов обработки.
3. Выполнен обзор существующих технических решений и патентных материалов в области измерения параметров сигналов.
4. Обоснован выбор архитектуры устройства, основанной на полной оцифровке входного сигнала с последующей цифровой обработкой данных.
5. Разработана структурная и электрическая принципиальная схема устройства измерения параметров периодических сигналов.
6. Выполнен выбор элементной базы устройства, включающей быстродействующий аналого-цифровой преобразователь AD9057BRSZ-40, микроконтроллер STM32F407 и аналоговый тракт предварительной обработки сигнала.
7. Разработаны алгоритмы определения амплитуды и частоты сигнала на основе гистограммного анализа и анализа переходов сигнала через адаптивный порог с гистерезисом.
8. Изготовлен и испытан макетный образец устройства.
9. Проведена экспериментальная проверка разработанного устройства в диапазоне частот от 30 до 500 кГц при различных уровнях входного сигнала.
10. Установлено, что погрешность измерения частоты в большинстве испытаний не превышает 0,57 %, а погрешность измерения амплитуды

соответствует требованиям, предъявляемым к разрабатываемому устройству.

11. Экспериментально подтверждена работоспособность предложенного подхода, основанного на сочетании аппаратной фильтрации, цифровой обработки и статистического анализа оцифрованных данных.

Таким образом, цель работы достигнута: разработано устройство измерения параметров периодических сигналов, обеспечивающее требуемую точность измерений в условиях воздействия шумов и помех.

Апробация полученных результатов и выводов:

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2026664687 Российская Федерация. Программное средство для мониторинга импульсных процессов электрической природы с наличием случайной составляющей : заявл. 29.04.2026 : опубл. 18.05.2026 / К. С. Харланова, В. В. Мишин, В. Р. Остапов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»
2. Бомбело, Г. Е. Система диспетчеризации водозаборного узла / Г. Е. Бомбело, В. Р. Остапов, Д. П. Санников // Информационные системы и технологии. – 2024. – № 2(142). – С. 90-97.