

**ДИНАМИКА
НЕЛИНЕЙНЫХ
ДИСКРЕТНЫХ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ
И ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ**

**Материалы
XIII Всероссийской научно-технической
конференции**



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»

**ДИНАМИКА
НЕЛИНЕЙНЫХ
ДИСКРЕТНЫХ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ
И ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ**

**Материалы
XIII Всероссийской научно-технической
конференции**

ДНДС–2019

ЧЕБОКСАРЫ

2019

ДИНАМИКА НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ В ВЫСШЕМ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОМ И ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ

Голенищев-Кутузов А.В., Голенищев-Кутузов В.А.,
Семенников А.В., Марданов Г.Д., Аввакумов М.В.
(Казань, КГЭУ)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИРТУАЛЬНОГО ПРИБОРА LabVIEW ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ИМПУЛЬСОВ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ*

Практически любое нарушение высоковольтной изоляции (ВИ) сопровождается появлением высокочастотных импульсов частичных разрядов (ЧР). Интенсивность и параметры таких разрядов говорят не только о самом факте возникновения дефектов, но и об их типе и степени развития. Для оценки состояния ВИ важнейшей задачей является максимально достоверная регистрация импульсов ЧР и обработка полученных сигналов. Здесь представляется целесообразным использование специализированной платформы LabVIEW от National Instruments.

В рамках поставленной задачи нами была разработана экспериментальная установка для диагностирования состояния ВИ. В процессе работы установки на испытуемый изолятор подавалось высокое напряжение, и регистрировались возникающие в нем ЧР. Для повышения точности регистрации импульсов ЧР был использован набор датчиков (электромагнитный, акустический, электрооптический и контактный), одновременно сканирующих исследуемый объект. Для сбора и анализа показаний со всех датчиков использовалась плата АЦП PCI NI-6221, персональный компьютер и специальная программа, написанная в среде разработки LabVIEW 14.0, позволяющая обрабатывать несколько потоков данных одновременно. Основные блоки программы представлены на рисунке.

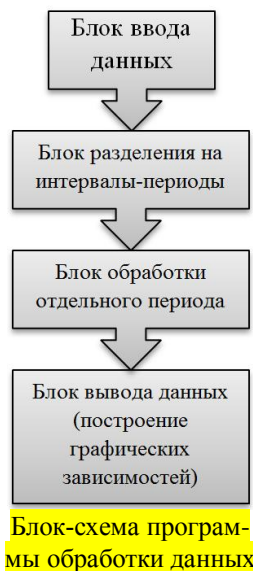
Для связи с платой АЦП в программе служит элемент DAQ Assistant. Сигналы со всех датчиков считываются параллельно и

* Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 18-08-00203

записываются в несколько массивов, которые поступают в блок обработки данных. Здесь происходит разбиение каждого из исходных массивов на фазовые интервалы в соответствии с синхронизирующей синусоидой сетевого напряжения (путем нахождения точки перехода синусоиды через ноль). В течение каждого фазового интервала подсчитывается количество ЧР, превышающих значение опорной амплитуды, и определяется амплитуда и фазовый угол возникновения каждого ЧР.

В блоке обработки отдельного периода сетевого напряжения все элементы массива сравниваются с заранее заданным пороговым значением; при превышении порогового значения определяется амплитуда и индекс каждого импульса ЧР. Началом отсчета индекса импульсов считается начало каждого периода сетевого напряжения. Результатом работы блока являются несколько массивов амплитуд и индексов импульсов. Далее по ним строятся амплитудно-фазовые и частотно-фазовые характеристики ЧР. На фазовых диаграммах каждому ЧР соответствует точка с фазой возникновения, привязанной к периоду сетевого напряжения, и амплитудой, зависящей от мощности ЧР.

Результатом работы программы являются графические зависимости: числа и амплитуды импульсов в каждом узком фазовом интервале, распределения числа ЧР по амплитудам, изменения числа амплитуд в течение одного цикла приложения высокого напряжения. В ходе проведенных экспериментов подтвердилась целесообразность использования среды разработки LabVIEW для диагностирования состояния ВИ методом регистрации ЧР. Разработанная программа позволяет упростить и значительно ускорить обработку сигналов с нескольких датчиков, а полученные на экране монитора графические зависимости удобно использовать для дальнейшего анализа.



СОДЕРЖАНИЕ

ТЕОРИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ДИСКРЕТНЫХ СИСТЕМ. ДИСКРЕТНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ.....	4
Мочалов М.Ю. Матричные методы в исследовании динамики импульсных источников питания.....	4
Семенов Ю.М. Об одной оптимизационной проблеме в теории управляемых объектов	6
Потапов А.А. Фракталы, текстуры и скейлинг в радиофизике и радиоэлектронике: 40 лет научных разработок.....	8
Обычайко Д.С., Шихин В.А. Индикативные диаграммы принятия решения как средство обеспечения эксплуатационной надежности	10
Тобоев В.А. Динамический критерий выявления участков стационарности в случайных процессах.....	14
Тобоев В.А. Дискретные спектры акустических сигналов ограниченной длительности	19
Яушев С.Т., Инсаров А.Т., Файзуллин Р.Р. Оценка степени самоподобия непуассоновского трафика, представленного многомодальным распределением Паскаля.....	23
Макаров А.В., Макаров В.Г., Афанасьев А.Ю. Оптимальное управление гибридной силовой установкой транспортного средства при заданном суммарном моменте.....	25
Макаров А.В., Макаров В.Г., Афанасьев А.Ю. Оптимальное управление гибридной силовой установкой транспортного средства при стационарном движении	27
Дымов И.С., Котин Д.А. Разработка алгоритма адаптивного управления активным электромагнитным подшипником по состоянию	29
Ильин А.А., Родионов Р.В., Скитович С.В. Разработка системы управления вакуумным насосом.....	31
Малафеев С.И., Малафеева А.А. Взаимодействие оператора и техники в эргатических мехатронных системах.....	33
Малафеев С.И., Малафеева А.А. Управление в мехатронных системах при низких скоростях.....	35
Буткевич Ю.Р., Афанасьев В.В. Математическое моделирование управляемой дискретно-нелинейной системы Ван-дер-Поля.....	37

Давыдов В.Г., Афанасьев В.В. Математическое моделирование дискретно-нелинейной системы Дмитриева-Кислова.....	39
Герасимов С.С., Афанасьев В.В. Математическое моделирование нелинейных дискретных устройств режекции сигналов системы Чуа.....	41
Попов Н.С., Аносов В.Н. Повышения энергоэффективности безрельсового транспорта за счет реализации оптимальных алгоритмов управления.....	43

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
НЕЛИНЕЙНЫХ ДИСКРЕТНЫХ СИСТЕМ И
ПРОЦЕССОВ. ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ.....**

45

Евдокимов Ю.К., Катков В.И. Метод контроля дугowych и искровых разрядов по их радиочастотному спектру.....	45
Евдокимов Ю.К., Гладнев К.С. Калориметрический метод контроля тепловыделения в энергетических установках основанный на применении цифровой модели.....	47
Семенов В.И., Чучкалов С.И., Шурбин А.К. Синтез цифровых фильтров в частотной области.....	49
Изосимова Т.А., Максимова М.В. Функциональная модель системы биометрической идентификации.....	52
Бычкова И.Ю., Бычков А.В. Возможности комплексного анализа ультразвуковых сигналов в системе контроля и управления вентилятором.....	54
Бычков А.В. Низкочастотные вибрации электрооборудования: ультразвуковой импульсный контроль.....	58
Иванов А.В., Моряков Р.А., Славутский Л.А. Нейросетевая идентификация квазигармонического сигнала со случайной модуляцией.....	62
Галанина Н.А., Иванова Н.Н. Моделирование методов быстрого спектрального анализа на языке описания аппаратуры VHDL.....	66
Галанина Н.А., Иванова Н.Н. Реализация алгоритма БПФ конвейерной структуры.....	68
Курир В.И. О моделировании гидрогенератора с турбиной в Matlab/Simulink.....	70
Воробьев С.В. Анализ зоны покрытия сети LTE в советском районе Казани.....	74

Ахремчик О.Л., Хабаров А.Р. Пространство параметров выбора среды для разработки модели производства электронных приборов	77
Морозов М.В., Слесарева О.В. Моделирование синтеза монослоев MoS ₂ как основы транзистора нанoeлектронной системы.....	79
Зайцев В.В., Чупрушкина М.Н. Модель томсоновского ДВ-автогенератора с разностной схемой прогноза и коррекции	81
Денисов Е.С., Магомедов Х.И. Применение несинусоидального колебания в квадратурном гетеродиродине для цифровых приемников	83
Зарипов Р.Ф., Фатыхов М.М., Файзуллин Р.Р. Имитационное моделирование оптимизационного полигауссового алгоритма разрешения сигналов на фоне действия хаотических импульсных помех	85
Забродин С.А., Урускаев Р.Р. Имитация аэродинамической нагрузки на следящий привод летательного аппарата	87
Григорьев А.В. Выделение одномерного скачка яркости.....	89
Абросов Я.А., Данилов П.Е. Определение грузоподъемности башенного крана при увеличении высоты подъема.....	91
Ильгачёв А.Н., Михадаров Д.Г. Simulink-модель САР температуры ЭПС с двухпозиционным регулированием	94
Шалимов А.С. Имитация и анализ процессов при дублировании SV-потоков IEC61850-9-2LE	97
Охоткин Г.П. Моделирование логических операций над многоразрядными булевыми величинами	99
Охоткин Г.П. Моделирование устройств отображения цифровой информации	103
Охоткин Г.П. Моделирование комбинационных двоичных сумматоров.....	109
Романов Р.А. Определение рабочих точек постоянных магнитов разных типов для магнитной системы сверхминиатюрного вентильного электродвигателя	113
Дубяго М.Н., Полуянович Н.К. Математическая модель тепловых процессов в кабельной линии электроэнергетических систем.....	118
Петров О.А. Сравнение рассчитанных в Comsol Multiphysics и экспериментальных значений параметров клапанных электромагнитов	123

ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ.
ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ И
УСТРОЙСТВА.....127

Белов Г.А., Петров К.И. Схема управления полумостовым резонансным преобразователем постоянного напряжения типа LLC	127
Белов Г.А., Никольский Н.В. Анализ характеристик резонансного преобразователя постоянного напряжения типа LCL-Т.....	141
Быков К.В. Транзисторные зарядно-выпрямительные устройства для систем оперативного постоянного тока подстанций и электростанций.....	153
Лазарева Н.М., Яров В.М. Динамические режимы работы трансформатора в регуляторе переменного напряжения	157
Быков К.В., Лазарева Н.М., Лях А.В., Яров В.М. Преобразователь постоянного напряжения в переменное с Z-фильтром на входе.....	161
Быков К.В., Лазарева Н.М., Павлов Ю.В., Яров В.М. Двухтактный понижающе-повышающий конвертор.....	165
Быков К.В., Лазарева Н.М., Павлов Ю.В., Яров В.М. Инверторные источники прямоугольного напряжения	168
Быков К.В., Лазарева Н.М., Павлов Ю.В., Яров В.М. Понижающе-повышающий конвертор.....	173
Абрамов С.В., Семенов И.В. Конструирование планарного трансформатора обратногоходового преобразователя.....	178
Абрамов С.В., Тимофеев А.В. Обратногоходовой преобразователь с управлением на первичной стороне на микросхеме UCC28704.....	185
Малинин Г.В. Расчет LCL-фильтра для сетевого инвертора в фотовольтаических приложениях	189
Малинин Г.В., Севриков Л.С. Испытания AC/DC преобразователя для питания оптического модема	195
Арзамасов В.Л., Малинин Г.В., Селивестров Н.В. Низкочастотный источник питания печи электрошлакового переплава.....	199
Серебрянников А.В. Моделирование недифференциальной схемы однофазного непосредственного ШИМ-преобразователя переменного напряжения понижающего типа	204
Бутарев И.Ю., Школин А.Н. Сравнительный анализ режимов работы поведенческой модели понижающего ШИМ-контроллера в Matlab/Simulink	209

Донской Н.В., Сергеев А.Г. Симметрирование линейных напряжений при шунтировании силовых ячеек многоуровневого преобразователя частоты.....	214
Филиппов В.М., Подгорная С.О. К вопросу о повышении энергетической эффективности выпрямительно-инверторных преобразователей	218
Домахин Е.А., Котин Д.А. Разработка адаптивного алгоритма для обеспечения синхронизации напряжений преобразователя частоты и сети.....	221
Матвеев Д.А., Бальзамов А.Ю. Перенастраиваемая система управления полупроводниковым преобразователем электроэнергии на ПЛИС.....	223
Димитриев А.А., Никифоров И.К. Модель импульсного преобразователя с частотным регулированием для токового блока питания.....	228
Мясникова Т.В., Матюнин А.Н., Кириллова А.А. Моделирование фотоэлектрического преобразования солнечной энергии.....	230
Морозов Д. С., Афанасьев А. Ю. Фотоэлектрические преобразователи электроэнергии на основе нанотехнологий.....	232
Малышкин С.Б., Генин В.С. Оценка влияния фазы напряжения на время выявления КЗ на модели судовой ЭЭС.....	235
Нестерин В.А., Генин В.С., Нестерин А.В. Установка для контроля гистерезисных параметров высокоэнергетических магнитотвёрдых материалов на образцах постоянных магнитов в разомкнутой магнитной цепи.....	238
Фёдоров А-р.О., Солдатов А.В., Петров В.С. Оценка эффективности выходного фильтра солнечной электростанции.....	240
Denisov E.S., Demidov A.M., Afonina E.V. IoT based solar panel monitoring and control system	247
Беспалов Н.Н., Евишев А.В., Кондрашин Д.С. Исследование относительной погрешности измерения обратного тока силового диода в состоянии низкой проводимости	249
Беспалов Н.Н., Горячкин Ю.В., Дёмкин П.М., Панькин К.Ю. Особенности вольт-амперной характеристики силового диода при воздействии ударного тока с учётом диффузионной ёмкости	255
Беспалов Н.Н., Мясин В.Г. Метод определения теплового сопротивления биполярных транзисторов с изолированным затвором.....	259

Беспалов Н.Н., Горячкин Ю.В., Панькин К.Ю., Дёмкин П.М. Исследование стартовых тепловых режимов работы силовых полупроводниковых приборов при различных начальных значениях температуры.....	262
Беспалов Н.Н., Зорькин А.В. Оценка значений катодной шунтировки по вольтамперной характеристике цепи управления силовых тиристоров.....	266
Жарницкий В.Я., Андреев Е.В., Зайцев Ю.В., Рыбаков Д.А. Датчик температуры на полиэтилене с техническим углеродом	272
Шульгин Д.А., Узенбаева С.А. Яркие светодиоды на основе металлоорганических галогенидных перовскитных нанопластинок.....	277

РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА ЭНЕРГОСИСТЕМ.....

279

Кочетов И.Д., Лямец Ю.Я., Мартынов М.В., Маслов А.Н. Метод оценивания распознающей способности релейной защиты	279
Белянин А.А., Лямец Ю.Я., Чернов А.Ю. Локация однофазного замыкания на землю в фидере распределительной сети.....	284
Белянин А.А., Маслов А.Н., Смирнова И.В., Широкин М.Ю. Исследование чувствительности дифференциальной токовой защиты трансформатора к внутренним коротким замыканиям на фоне внешних.....	287
Иванов С.В., Лямец Ю.Я., Макашкин Ф.А. Спектральный анализ двухкомпонентного электрического сигнала на минимальном окне наблюдения	291
Белянин А.А., Лямец Ю.Я., Чернов А.Ю. Локация повреждения при двухстороннем наблюдении линии на малом интервале времени	296
Иванов С.В., Лямец Ю.Я., Макашкин Ф.А. Моделирование и анализ асинхронного процесса	300
Белянин А.А., Маслов А.Н., Смирнова И.В., Широкин М.Ю. Метод локализации для распознавания внутреннего короткого замыкания на фоне внешнего.....	302
Кочетов И.Д., Лямец Ю.Я., Мартынов М.В., Маслов А.Н. Нераспознаваемость коротких замыканий вследствие неотличимости от рабочих коммутаций.....	307

Подшивалин А.Н., Андреев Б.Л. Распознаваемость ошибки в измерениях на цифровой подстанции.....	314
Подшивалин А.Н., Терентьев Г.В. Способ одностороннего определения места повреждения линий электропередачи	316
Степанова Д.А., Наумов В.А., Антонов В.И. К теории глубокого обучения релейной защиты	319
Кудряшова М.Н., Наумов В.А., Антонов В.И., Иванов Н.Г. Нелинейное аналоговое преобразование входного сигнала в алгоритмах идентификации перемежающегося дугового замыкания	328
Александрова М.И., Наумов В.А., Антонов В.И., Иванов Н.Г. Универсальный метод определения оптимальных условий управляемого включения трехфазного шунтирующего реактора	330
Наумов В.А., Солдатов А.В., Иванов Н.Г., Глазырин А.В. Мониторинг частоты в цифровых системах релейной защиты и автоматики на основе фильтров ортогональных составляющих.....	337
Алексеев В.С., Петров В.С. Влияние погрешностей измерения на выбор характеристики срабатывания АЛАР	342
Никитина А.Н., Петров В.С. Способ ликвидации асинхронного режима при электрическом центре качания в месте установки устройства	347
Ванин В.К., Ванин И.В. , Попов М.Г. Воспроизведение первичного напряжения	351
Попов М.Г., Захарова Е.В., Васильева О.А., Шахова М.А. Анализ характеристического уравнения эквивалентной энергосистемы	355
Кошечев М.И., Славутский Л.А. О возможности использования простых нейросетей для определения места повреждения в энергосистеме	357
Моисеев Д.В., Галанина Н.А. СИМ-модель энергообъектов как инструмент интеграции централизованной системы диагностики устройств РЗА.....	361
Тошходжаева М.И. Перспективы применения современных устройств релейной защиты на воздушных линиях Согдийской энергосистемы	363
Мисбахов Рин.Ш. Комбинированные волоконно-оптические системы мониторинга температуры ЛЭП на основе нелинейного рассеяния и адресных брэгговских структур	367

Мисбахов Рин.Ш., Васёв А.Н. Волоконно-оптический датчик акустического обнаружения частичного разряда.....	369
Жарницкий В.Я., Андреев Е.В., Зайцев Ю.В., Рыбаков Д.А. Система оперативного оповещения при прорывах грунтовых плотин энергосооружений	371
Хренников А.Ю., Александров Н.М. Оценка механического состояния обмоток силовых трансформаторов	378
Хренников А.Ю., Александров Н.М. Моделирование обмотки силового трансформатора для целей частотного анализа	382
Мазнева О.В., Хузяшев Р.Г., Кузьмин И.Л. Обработка и классификация сигналов переходного процесса.....	384
Силанов Д.Н. Цифровая система релейной защиты и управления для распределительных сетей.....	387
Базаррагча Алтандуулга, Кузьмин А.А., Медведев В.Г., Петров М.И. Система дискретного управления компенсации емкостных токов для цифровых подстанций.....	389
Атаманов М.Н., Дрей Н.М., Зиганшин А.Х., Михеев Г.М. Расчет параметров пассивного фильтра гармоник.....	393

**ДИНАМИКА НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ
В ВЫСШЕМ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОМ И
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ.....**

397

Голенищев-Кутузов А.В., Голенищев-Кутузов В.А., Семенников А.В., Марданов Г.Д., Аввакумов М.В. Использование виртуального прибора LabVIEW для регистрации импульсов частичных разрядов	397
Мишин С.А., Галанина Н.А. Иерархическая система управления роботом	398
Иванов В.Н., Михайлов А.Л. Моностатическое рассеяние от покрытий	401
Захаров В.Г. Развитие теории биений для модуляции радиосигналов	403
Булатов В.Н., Худорожков О.В., Тимонов Е.С. Оценка метода замещения в фазовых системах аналогового перемножения конъюнкцией.....	405
Кугушева Н.Н., Семёнов А.С., Якушев И.А. Математическое моделирование сложных электрических цепей в среде Matlab.....	409

Семёнов А.С., Семёнова М.Н. Математическое моделирование систем электроснабжения в пакете программ Matlab	412
Фадеева Л.Ю., Казанцев Е.А. Модель длинной линии с распределенными параметрами и неоднородной поверхностью проводника.....	416
Янкевич С.В., Афанасьев В.А., Иритков С.А. Холодная пастеризация жидкостей высокоинтенсивным ультразвуком.....	418
Самсонов А.И., Абрамов С.В. Организация рабочего места современного инженера-электронщика	423
Ахметвалеева Л.В., Еникеева Г.Р., Сафин И.И. Применение ПЛИС в системах отладки микроконтроллерных устройств	427
Димитриев А.П. Генетические алгоритмы оптимизации в модели размещения.....	429
Чертановский А.Г. Быстрый метод Кирхгофа. Формула тока ветви, обусловленного источниками тока.....	432
Рыбков М.В., Кнауб Л.В. Автоматизированный расчет задач электротехники явными методами.....	435
Григорьев В.Г., Павлова Н.В. Оптимизационная модель массогабаритных параметров LC-фильтров выпрямителей	437
Чумаров С.Г. Моделирование импульсных усилителей тока в среде Altium Designer	439
Чумаров С.Г., Милкин Ю.С. Особенности реализации и применения программно определяемых радиосистем.....	442
Федорова А.В. Нормирование и измерение сигналов в канале вч связи на ВЛ.....	444
Магнитский В.А. Антенные системы технологии mmo сетей 5G.....	447
Чумаров С.Г., Ремнев П.Ю. Моделирование спящих режимов пассивных оптических сетей.....	450
Тимофеев И.А., Зайцев Ю.В., Рыбаков Д.А., Мирошниченко А.Ю. Осветительная установка с бегущей световой волной	453
Зайцев Ю.В., Рыбаков Д.А., Ткаченко Ю.Н. Многофункциональное световое панно.....	458
Максимова М.В. Разработка лабораторного практикума «Автоматизированная система полива» на аппаратной платформе Arduino Nano	461
Денисов Е.С., Никишина Г.В., Нуретдинова Л.Ф. Система удаленного мониторинга технического состояния электрохимических аккумуляторов.....	463

Научное издание

**ДИНАМИКА НЕЛИНЕЙНЫХ ДИСКРЕТНЫХ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ**

Материалы XIII Всероссийской научно-технической конференции

Публикуются в авторской редакции
Отв. за выпуск А.В. Серебрянников

Согласно Закону № 436-ФЗ от 29 октября 2010 года
данная продукция не подлежит маркировке

Подписано в печать 17.05.19. Формат 60×84/16.
Бумага писчая. Печать офсетная. Гарнитура Times.
Усл. печ. л. 24,87. Уч.-изд. л. 24,5. Тираж 300 экз. Заказ 527

Издательство Чувашского университета
Типография университета
428015 Чебоксары, Московский просп., 15