

**НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ПРАВИТЕЛЬСТВО НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ**

**МАТЕРИАЛЫ
53-Й МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНОЙ СТУДЕНЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

МНСК–2015

11–17 апреля 2015 г.

**ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ И ТЕХНИКА
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ**

**Новосибирск
2015**

УДК 53
ББК 22.3+32

Материалы 53-й Международной научной студенческой конференции МНСК-2015: Инструментальные методы и техника экспериментальной физики / Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск, 2015. 48 с.

ISBN 978-5-4437-0158-5

Конференция проводится при поддержке Сибирского отделения Российской Академии наук, Правительства Новосибирской области, инновационных компаний России и мира, Фонда «Эндаумент НГУ», Ассоциации выпускников «СОЮЗ НГУ».

Научный руководитель секции – д-р физ.-мат. наук, проф. В.М. Аульченко
Председатель секции – канд. физ.-мат. наук, доцент И. Б. Логашенко
Ответственный секретарь секции – канд. техн. наук, доцент В. В. Жуланов

Экспертный совет секции:

канд. техн. наук Г. А. Фаткина
канд. техн. наук, доцент Е. В. Козырев
канд. техн. наук, доцент К. Ф. Лысаков
доцент М. Ю. Шадрин

ISBN 978-5-4437-0158-5

© Новосибирский государственный университет, 2015

**NOVOSIBIRSK STATE UNIVERSITY
SIBERIAN BRANCH OF RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
NOVOSIBIRSK OBLAST GOVERNMENT**

**PROCEEDINGS
OF THE 53rd INTERNATIONAL STUDENTS
SCIENTIFIC CONFERENCE**

ISSC-2015

April, 11–17, 2015

**INSTRUMENTAL METHODS AND TECHNOLOGIES
OF EXPERIMENTAL PHYSICS**

**Novosibirsk, Russian Federation
2015**

Proceedings of the 53nd International Students Scientific Conference.
Instrumental methods and technologies of experimental physics / Novosibirsk
State University. Novosibirsk, Russian Federation. 2015. 48 pp.

ISBN 978-5-4437-0158-5

The conference is held with the significant support of Siberian Branch of
Russian Academy of Sciences, Novosibirsk Oblast Government, innovative
companies of Russia, Fund “Endowment NSU”, NSU Alumni Union.

Section scientific supervisor – Dr. Phys. Math., Prof. V. M. Aulchenko
Section head – Cand. Phys. Math., Assoc. Prof. I. B. Logashenko
Responsible secretary – Cand. Tech., Assoc. Prof. V. V. Zhulanov

Section scientific committee:

Cand. Tech. G. A. Fatkina,
Cand. Tech., Assoc. Prof. E. V. Kozyrev,
Cand. Tech., Assoc. Prof. K. F. Lysakov,
Assoc. Prof. M. Yu. Shadrin.

РАДИОФИЗИКА И УСКОРИТЕЛИ

УДК 62-503.55, 621.389, 67.05, 689, 681, 004

КОМПАКТНЫЙ КОНТРОЛЛЕР ШАГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ С CAN И ETHERNET

А. А. Антропов

Новосибирский государственный университет
Институт ядерной физики им. Будкера СО РАН, г. Новосибирск

В настоящее время существует множество различных контроллеров шаговых двигателей, как созданных внутри ИЯФ, так и за его пределами. Покупка новых и использование бывших разработок несет под собой ряд недостатков и трудностей.

Имеющиеся в институте контроллеры достаточно разнообразны. Использование сторонних или устаревших разработок, накладывает определенные условия из-за чего возникает задержка в реализации рабочей установки. Это может происходить в результате одного из следующих факторов или их совокупности: не полная документация, использование стороннего ПО не позволяющего в полной мере реализовать необходимые режимы работы ШД, массивность, использование интерфейсов усложняющих интеграцию в установку, отсутствие возможности разместить контроллер на значительном расстоянии от ШД, задержки в поставках. Таким образом, целью данной работы было создание контроллера с использованием современных компонентов и методов, перекрывающего возможности разработанных контроллеров внутри ИЯФ, тем самым создание более универсального контроллера подходящего под нужды института.

В ходе данной работы создана плата, позволяющая на данный момент протестировать разработку, отладить код программы, провести испытания необходимые для выявления пределов работы данного контроллера

Работа выполняется в рамках дипломной работы в ИЯФ им. Будкера.

Научный руководитель – Е. В. Быков

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЛЕЙНЫХ СИСТЕМ С ПЕРЕМЕННЫМ ГИСТЕРЕЗИСОМ И ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРОЙ

А. С. Бакланов

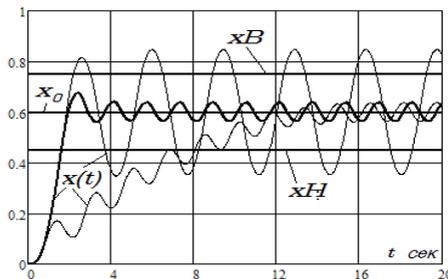
Самарский государственный технический университет

В работе исследуются релейные системы с управлением:

$$U(t) = B \cdot \text{sign}(M(t)).$$

Здесь B - величина управляющего воздействия, sign - знаковая функция, принимающая значения $+1$ или -1 . Переключения управления происходят всякий раз, когда функция переключения $M(t) = x_0 + k \cdot (x_e(t) - x_0) - x(t)$ обращается в нуль. Здесь $x_e(t)$ - экстремальные значения регулируемой координаты $x(t)$ (ее максимум $x_{\max}(t)$ или минимум $x_{\min}(t)$), k - постоянный коэффициент, $-1 < k < 1$, x_0 - заданное конечное состояние (уставка). При изменении коэффициента k в указанном выше диапазоне амплитуда автоколебаний в релейной системе и время затухания переходных процессов, характеризующих качество управления, существенно изменяются. В работе проблема быстродействия и точности решается путем организации двух структур регулятора, которые переключаются в режимах малых и больших отклонений регулируемой координаты за некоторую допустимую зону, ограниченную границами xB (верхней) и xH (нижней). На рисунке приведены в качестве примера переходные процессы в релейной системе управления объектом, дифференциальное уравнение которого имеет вид:

$$x^{(3)}(t) = 2u - 3x^{(2)} - 2x^{(1)}.$$



Здесь коэффициент k в управлении установлен равным соответственно 0.4 и 0.9 (тонкие линии); утолщенная линия - переходный процесс в системе с переменной структурой.

Научный руководитель - д-р техн. наук В. Е. Вохрышев

ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ ИМПУЛЬСНЫЙ МОДУЛЯТОР С ТВЕРДОТЕЛЬНОЙ КОММУТАЦИЕЙ ДЛЯ ПИТАНИЯ ЭНЖЕКТОРА НЕЙТРАЛЬНЫХ ЧАСТИЦ

Э. Е. Бамбуца

Новосибирский государственный университет

В настоящее время существует множество схемотехнических решений для создания силовой импульсной электроники с заданными параметрами и необходимой степенью надежности. В действительности, главные характеристики, за которые борются инженеры-электронщики это снижение стоимости и габаритов подобных устройств питания электрофизических установок.

Таким образом, целью данной работы было создание системы питания инжектора нейтральных частиц с соответствующими параметрами напряжения и тока, а так же достаточно простой в производстве. Данная система должна позволять получать мощность порядка 3 МВт. Реализация такого источника питания была выполнена в виде высоковольтного модулятора. Генерация импульсов такой мощности происходит с помощью различных накопителей энергии. Суть их работы состоит в том, что в то время, когда они неактивны, происходит их "зарядка". После этого, в нужный момент, вся накопленная энергия в виде импульса большой мощности перенаправляется в нагрузку.

Инновационность модулятора определяет тот факт, что вместо "медленных", не запираемых тиристоров, на месте ключевых элементов находятся последовательно соединенные биполярные транзисторы с изолированным затвором (IGBT). Это решение позволило в разы уменьшить размеры источника, а так же сделать систему управления более простой и надежной. Основное же отличие от тиратронов и модуляторных ламп состоит в том, что появляется возможность генерировать импульсы произвольной длительности (начиная от 1мкс), и с произвольным заполнением. Срок службы подобного устройства тоже увеличивается.

Элементы модулятора имеют достаточно высокую стоимость. Для их защиты система снабжена высокоэффективной защитой по току. Контроль напряжения осуществляется с помощью компенсированного высоковольтного делителя.

В ходе работы был создан высоковольтный модулятор с длительностью выходного импульса 8мс. В рамках данного проекта ведется разработка нового источника со временем работы до 30мс.

Научный руководитель – Р. В. Воскобойников

МНОГОКАНАЛЬНЫЙ МОДУЛЬ ОСЦИЛЛОГРАФИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ИНДУКЦИОННОГО УСКОРИТЕЛЯ ЛИУ-20

М. Ю. Васильев

Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, г. Новосибирск
Новосибирский государственный университет

В настоящее время в Институте ядерной физики СО РАН ведется работа по созданию многоракурсного рентгенографического комплекса на основе линейного индукционного ускорителя ЛИУ-20. Одной из важнейших подсистем комплекса является подсистема технологического мониторинга, которая необходима для обеспечения работоспособности установки.

Подсистема предполагает измерение 1536 сигналов с длительностью $\sim 10 - 15$ мс (напряжения на формирующих линиях модуляторов), 160 сигналов с длительностью ~ 1 мс (токи магнитных линз, напряжения зарядных устройств) и 64 сигнала с длительностью ~ 500 мкс (токи размагничивания). Для этого разрабатывается 32-канальный осциллографический модуль, который позволит осуществлять измерение с различным темпом оцифровки и точностью 0,1 %. Модуль выполняется в стандарте VME-64 с набором модификаций для интеграции в систему управления комплексом. Планируется произвести серию данных устройств в количестве 60 модулей для мониторинга параметров всей установки.

Ядро модуля реализовано на ПЛИС Altera Cyclone III и осуществляет поддержку VME-интерфейса, обмен данными с блоком-преобразователем по SPI-интерфейсу и управление ОЗУ (256Мб, 133МГц). Преобразователь представляет собой четыре мультиплексированных 8-канальных АЦП (AD7091R-8, 12 бит, 1 MSPS) и схему калибровки. Модуль позволяет настраивать последовательность чередования каналов АЦП, таким образом решая задачу измерения сигналов с разными длительностями. Для каждого канала можно выбрать свой диапазон измерений (± 1 В, ± 2 В, ± 4 В, ± 8 В). Тактирование и запуск измерений возможны как через VME-магистраль, так и от внешнего сигнала запуска.

Модуль проектируется с учётом возможности его применения в других задачах.

Научный руководитель – канд. техн. наук Г. А. Фатькин

РАЗРАБОТКА ОНДУЛЯТОРА С ПЕРЕМЕННЫМ ПЕРИОДОМ И ПЕРЕМЕННЫМ ЧИСЛОМ ПОЛЮСОВ ДЛЯ ВТОРОЙ ОЧЕРЕДИ НОВОСИБИРСКОГО ЛСЭ

И. В. Давидюк

Институт ядерной физики им. Будкера СО РАН, Новосибирск
Новосибирский государственный университет

Новосибирский лазер на свободных электронах (ЛСЭ) является на сегодняшний день наиболее интенсивным источником терагерцового излучения, представляющего интерес для исследователей во многих областях науки. В ЛСЭ энергия релятивистских электронов преобразовывается в энергию электромагнитной волны при помощи ондулятора - устройства, создающего на участке траектории электронов знакопеременное периодическое магнитное поле. Идея ондулятора с переменным периодом была предложена несколько лет назад, поэтому существует не много примеров ее реализации. Такой ондулятор имеет несколько преимуществ, среди которых более широкий диапазон перестройки длины волны излучения и возможность менять число магнитных полюсов.

Целью данной работы является исследование особенностей использования ондулятора с переменным периодом на второй очереди Новосибирского ЛСЭ, а также оптимизация параметров такого ондулятора. Предполагается использовать конструкцию из направляющей опоры и отдельных магнитных блоков, а перестройку периода производить изменением положения двух крайних закрепленных блоков.

В ходе данного исследования были проанализированы различные свойства конструкции ондулятора с переменным периодом, проведено двумерное и трехмерное моделирование распределения магнитного поля и выявлены параметры ондулятора, позволяющие достичь необходимых требований для его корректной работы. Среди исследованных особенностей можно выделить влияние краевых эффектов поля на траекторию электронов в ондуляторе, фокусировку пучка ондулятором и условия на точность изготовления и выставки магнитных блоков.

Данная работа является основой для конструирования ондулятора с целью расширения частотного диапазона Новосибирского ЛСЭ.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук О. А. Шевченко

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МОЩНОСТИ В ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ КОЛОННЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО ОХЛАЖДЕНИЯ С ЭНЕРГИЕЙ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА ДО 8 МЭВ

А. П. Денисов

Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, г. Новосибирск

Для современных экспериментов по рассеиванию антипротонов в накопительном кольце HESR с энергией антипротонов 15 ГэВ, требуется система электронного охлаждения с энергией электронного пучка 8 МэВ и током до 3 А. Реактивная мощность такой системы слишком велика 24 МВт, поэтому современные системы электронного охлаждения требуют глубокой рекуперации энергии пучка. Так, когда электронный пучок будет тормозиться до энергии 5 кэВ, остаточная мощность будет составлять только 15 кВт.

Глубокое охлаждение требует сильного магнитного поля вдоль пучка, а значит, и подачи большой мощности на соленоиды находящиеся под высоким потенциалом. Для распределения мощности при энергии 4 МэВ используется каскадный трансформатор, подобный трансформатору, используемому в системе электронного охлаждения для COSY (2 МэВ), однако происходит изменение конфигурации его секций. Параметры секции подбираются таким образом, чтобы минимизировать потери в трансформаторе и передать в область высоковольтного терминала наибольшую мощность.

При переходе к энергии 8 МэВ увеличивается число каскадов, необходимых для организации высокого напряжения, и эффективность передачи энергии уменьшается. Вследствие этого происходит переход к концепции локального распределения мощности, к модульной системе. Мощность к каждому модулю можно подавать напрямую, используя энергию сжатого газа и превращая её в электрическую. Энергия в каждом модуле распределяется при помощи каскадного трансформатора, содержащего всего несколько секций, что позволяет упростить его конструкцию. Такая система передачи мощности разрабатывается для строящегося в GSI (Дармштадт) накопителя антипротонов для их использования в изучении структуры ядер.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук, чл.-корр. РАН
В. В. Пархомчук

ОПТИМИЗАЦИЯ И СОГЛАСОВАНИЕ УСКОРЯЮЩЕЙ СТРУКТУРЫ И ИНЖЕКТОРА УР ЛСЭ

И. С. Жданов

Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, г. Новосибирск
Новосибирский государственный университет

Новосибирский Лазер на Свободных Электронах (ЛСЭ) построен на базе электронного ускорителя-рекуператора (УР). Ускоритель структурно делится на три подустановки, называемые «1,2,3 – очередь», по генерации излучения, использующие одну и ту же ускоряющую структуру и электронную пушку.

В настоящее время ведутся работы по настройке режимов электронной оптики ускорителя для получения генерации излучения на третьей очереди установки – многооборотного УР. Важным условием стабильного режима генерации является оптимальная настройка электронной оптики ускоряющей структуры под тормозящийся пучок на последнем пролёте. Это связано с тем, что относительный энергетический разброс, полученный пучком на максимальной энергии при генерации излучения в ондуляторе, увеличивается при каждом торможении, и на последнем проходе достигает своего максимума.

В работе рассчитывались параметры электронно-оптической системы ускоряющего промежутка для минимизации размеров электронного пучка при последнем торможении. В виду того, что электронная оптика общих дорожек ускоряемого и замедляемого пучков предполагается зеркально-симметричной, то оптические функции ускоряющей структуры должны быть согласованы с инжекционными.

Расчёт электронной оптики инжектора осложняется сильным влиянием пространственного заряда на электронный пучок. В «нулевом» приближении необходимые силы квадрупольных линз и начальные параметры пучка моделировались без учёта эффекта пространственного заряда в программе «Elegant». Были рассмотрены различные конфигурации оптических функций пучка, изучались возможности добавления дополнительных фокусирующих элементов в структуру инжектора. В программе «Trace3D» полученные режимы корректировались с учётом влияния пространственного заряда. Были получены режимы согласованной электронной оптики инжектора и линака, обеспечивающие оптимальное торможение и ахроматичность магнитной системы ввода пучка из инжектора.

Научный руководитель – Я. В. Гетманов

МАЛОГАБАРИТНЫЙ ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ ПРЕЦИЗИОННЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ С ВНЕШНИМ УПРАВЛЕНИЕМ

А. В. Люлин

Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, г. Новосибирск
Новосибирский государственный университет

В настоящее время в Институте ядерной физики СО РАН широко используются разнообразные высоковольтные источники питания. Немалую долю в этом многообразии занимают малогабаритные маломощные высоковольтные источники, с напряжениями до нескольких десятков киловольт и миллиамперными токами. Создание такого источника питания – очень перспективная задача.

Такого типа источники планируется использовать в ускорительной электронике, в электронных пушках, отклоняющих системах и т.д. Структура источника питания: преобразователь напряжения, выходной каскад умножителя и цепь обратной связи, обеспечивающая управление источником с точностью $\sim 10\text{ppm}$.

Данная работа посвящена созданию преобразователя напряжения с выходным каскадом умножителя. Эта часть проекта включает в себя выбор необходимого типа преобразователя, расчет умножителя, проектирование и исследование макета, устранение возникших проблем при макетировании.

В ходе данной работы были проведены исследования нескольких типов преобразователей, направленные на выбор лучшего из них. Первая часть исследований включала в себя создание компьютерных моделей в программе LTSpice. Вторая часть включала в себя создание схемы и проведение испытания макетов. Во время тестов были измерены КПД каждой из схем, а также сняты осциллограммы, показывающие работу ключевых транзисторов.

В результате проведенных испытаний была выбрана мостовая схема, которая показала наилучший КПД. На данный момент начата разработка импульсного трансформатора для данного источника питания.

Научный руководитель – Д. Н. Скоробогатов

**ФОКУСИРУЮЩАЯ СИСТЕМА НА ПОСТОЯННЫХ МАГНИТАХ
ДЛЯ УСКОРЯЮЩЕЙ СТРУКТУРЫ С ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СВЯЗЬЮ**

М. В. Мальцева

Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, г. Новосибирск
Новосибирский государственный университет

Развитие способа СВЧ питания ускоряющих резонаторов параллельным образом к созданию ускоряющей структуры нового типа – с параллельной связью, представляющей собой набор ускоряющих резонаторов, возбуждаемых параллельно одним общим резонатором через индивидуальные отверстия связи.

Как и для многих других ускоряющих структур, для получения качественного ускоренного пучка необходима фокусирующая система. Благодаря наличию возбуждающего резонатора, использование соленоида, расположенного вокруг ускоряющей структуры, является проблематичным. Однако из-за наличия пространства между ускоряющими резонаторами структуры с параллельной связью можно использовать фокусирующую систему на основе постоянных магнитов. Такая система не требует дополнительного источника питания и охлаждения, является компактной и не добавляет значительного веса к ускоряющей структуре. Особенно актуально использование такой системы при начальной стадии ускорения, когда пучок не является релятивистским. При этом постоянные магниты способны обеспечить достаточное значение индукции магнитного поля и для релятивистских частиц.

В данной работе представлена фокусирующая система ускоряющей структуры с параллельной связью на основе постоянных магнитов с радиальной намагниченностью. Приводится описание схемы системы и расчет продольного распределения магнитного поля на оси ускоряющих резонаторов. С помощью моделирования динамики частиц в электромагнитных полях произведено сравнение движения пучка в ускоряющей структуре с параллельной связью при наличии и отсутствии фокусирующей системы. Произведено измерение и сравнение продольного распределения магнитного поля изготовленной фокусирующей системы с расчетами. Показан поперечный профиль и параметры пучка, ускоренного в структуре с параллельной связью с использованием разработанной фокусирующей системы.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук А. Е. Левичев

РЕЗОНАТОР ДЛЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ ГЕЛИКОННЫХ ВОЛН В ПЛОТНОЙ МАГНИТОАКТИВНОЙ ПЛАЗМЕ

М. П. Миняйло

Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, г. Новосибирск
Новосибирский государственный университет

В настоящее время в Институте ядерной физики СО РАН проводится исследование возможности применения геликонного разряда для генерации плотной магнитоактивной плазмы. В экспериментах на установке ГОЛ-3 планируется определить эффективность передачи высокочастотной электромагнитной энергии геликонной волне, распространяющейся в магнитоактивной плазме при различных значениях магнитного поля и плотности частиц. Реализация проекта позволит оценить возможность создания источников плазмы с высокой плотностью на основе геликонного разряда.

В существующих геликонных источниках для возбуждения волн в плазме с плотностью частиц 10^{10} см⁻³ и магнитным полем ~ 100 Гс широко применяются петлевые антенны специальной формы. При этом рабочая частота таких установок лежит в диапазоне от нескольких единиц до десятков мегагерц, и согласование антенны с установкой не является сложной задачей. Однако, при требуемой в установке ГОЛ-3 плотности плазмы $10^{12} - 10^{14}$ см⁻³ и магнитном поле $3 - 5$ кГс частоты геликонных волн находятся в гигагерцовом диапазоне и возникает проблема согласованной передачи СВЧ энергии от волноводного тракта к плазменному столбу. Использование традиционных петлевых антенн становится затруднительным, и поиск новых, альтернативных решений представляет большой интерес.

В данной работе исследуется возможность возбуждения геликонных волн при помощи коаксиального резонатора. Такая схема позволяет упростить задачу согласования ввода СВЧ мощности и возбуждения требуемой геликонной моды в плазме.

Научный руководитель – П. В. Калинин

РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕГО МОДУЛЯ ДЛЯ БОРТОВЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Б. О. Михайлов

Новосибирский государственный университет

В настоящее время в лаборатории космического эксперимента Новосибирского государственного университета разрабатывается более пяти приборов для установки на космические аппараты производства ОАО ИСС и НПО им. Лавочкина. Одним из этих приборов является Бортовой диагностический комплекс, который будет установлен на КА «ГЛОНАСС-К2». Основной задачей данной аппаратуры является повышение надежности КА, путем контроля помеховой и радиационной обстановки на борту. Для выполнения этих целей бортовой диагностический комплекс оснащен датчиками электрического поля, датчиками измерения радиации, мониторами помех и питания и другими измерительными устройствами.

Важной частью любой аппаратуры является центральный модуль, который отвечает за сбор и первичную обработку информации с периферийных устройств, управление режимами работы аппаратуры и выдачу информации по внешним магистралям данных. Учитывая функции центрального модуля, большое количество приборов, находящихся в разработке, а также начало разработки универсальной программы обработки данных с приборов производства НГУ, была поставлена задача создания максимально унифицированной исполняемой программы для микроконтроллера управляющего данным модулем.

В данной работе рассматриваются решения, применявшиеся для повышения надежности и унификации программного обеспечения и их аппаратные основы. Приводятся циклограммы штатного и отладочного режимов работы Бортового диагностического комплекса. Помимо этого, рассматриваются правки, внесенные по результатам наземных отработочных испытаний, приводятся примеры данных полученных в ходе работы прибора.

Научный руководитель – канд. техн. наук Ю. М. Прокопьев

УСИЛИТЕЛЬ С ГАЛЬВАНИЧЕСКОЙ ОПТОВОЛОКОННОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ

А. А. Морсин

Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, г. Новосибирск
Новосибирский государственный университет

В настоящее время в Институте ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН используются атомарные инжекторы частиц с ускоряющим напряжением до 1-го мегавольта для установок по изучению плазмы. Зачастую в них происходят высоковольтные пробои, которые являются источником сильных помех и соответственно существенно увеличивают требования к надежности работы контрольно-измерительной аппаратуры. При этом контроль и управление технически сложной установкой ведётся из удаленной безопасной зоны посредством ЭВМ.

Данная работа посвящена разработке устройства передачи аналогового сигнала в систему контроля с использованием цифрового преобразования и оптоволоконного кабеля. Данное устройство состоит из двух частей: одна часть устройства находится в непосредственной близости к первоисточнику сигнала экспериментальной установки и имеет размер 54х60х20 мм, а вторая в контрольно-измерительной зоне у оператора. Устройство имеет следующий принцип работы: измеряемый в высоковольтной части сигнал оцифровывается на 16-битном аналого-цифровом преобразователе (АЦП) последовательного приближения, затем оцифрованный сигнал кодируется при помощи программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС) и передается в контрольно-измерительную зону по оптоволоконному кабелю на частоте 50МГц. Переданная закодированная цифровая посылка проходит процесс декодирования обратный процедуре кодирования, то есть вначале цифровая посылка обрабатывается в ПЛИС, а затем декодированный цифровой код подается на цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП), где конвертируется в первоначально-измеренный аналоговый сигнал.

Устройство имеет следующие параметры: гальваническая изоляция выходного сигнала определяется напряжением пробоя изоляции оптоволоконного кабеля, полоса пропускания - 100кГц, расстояние передачи сигнала не более 50м, рабочий диапазон напряжения +/- 10 Вольт, возможность перехода в пассивный энергосберегающий режим, полоса пропускания 100кГц.

Научные руководители – Ш. Р. Сингатулин, канд. техн. наук, доцент
О. В. Беликов

МОДИФИКАЦИЯ ГАЗОВОЙ ОБДИРОЧНОЙ МИШЕНИ ДЛЯ МЕДИЦИНСКОГО УСКОРИТЕЛЯ

Ю. М. Остреинов

Новосибирский государственный технический университет

Перспективным направлением развития терапии злокачественных опухолей является бор-нейтронозахватная терапия (БНЗТ) – избирательное уничтожение клеток опухолей путём накопления в них стабильного изотопа бор-10 и последующего облучения эпитепловыми нейтронами. В результате поглощения нейтрона бором происходит ядерная реакция с большим выделением энергии в клетке, приводящая к её гибели. В настоящее время в Институте ядерной физики СО РАН им.Будкера создана установка для Бор-нейтронозахватной терапии. Одной из важнейших частей установки является ускоритель тандемного типа с вакуумной изоляцией VITA.

Необходимая доза излучения для эффективной терапии составляет 13В/мин, и напрямую зависит от тока протонного пучка. Формирование протонного пучка осуществляется путем обдирки отрицательных ионов водорода на газовой аргоновой мишени. Нейтральные атомы рабочего газа, образовавшиеся после обдирки ионы аргона, истекают под неким угловым распределением из мишени и попадают в ускорительный канал, что приводит к потере электрической прочности ускорителя и ограничению величины тока протонного пучка.

В данной работе была предложена идея наклонной обдирочной мишени с магнитным полем. Наклон мишени позволяет существенно снизить поток нейтральных атомов в ускорительный канал, а магнитное поле исключает попадание заряженных ионов в канал и корректирует траекторию протонного пучка.

Для реализации идеи, с помощью программного пакета COMSOL MULTYPHYSICS, была разработана конструкция модифицированной мишени, получены распределения магнитных полей для системы дипольных магнитов, рассчитаны траектории протонного пучка и ионов аргона, исследовано изменение профиля протонного пучка. Данная модификация позволит ускорителю достигнуть значений тока пучка, необходимого для эффективной терапии.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук С. Ю. Таскаев

СИСТЕМА БЫСТРОЙ РАЗВЕРТКИ УСТАНОВКИ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ СВАРКИ

Д. А. Пимонов

Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, г. Новосибирск
Новосибирский государственный университет

Разработанная в ИЯФ СО РАН установка электронно-лучевой сварки (ЭЛС) является уникальным инструментом, используемым для решения многих технологических задач. ЭЛС обладает рядом отличительных характеристик, обусловленных свойствами электронного пучка и ее конструкции.

Конструкция установки состоит из источника электронов и блока магнитной системы, служащего для фокусировки и отклонения электронного пучка. В ходе работы на ЭЛС было выяснено, что текущая конфигурация этой системы не позволяет производить колебания электронного пучка – развертку – с высокой частотой (более 1 кГц), необходимую для разогрева свариваемой детали.

В результате была поставлена задача рассчитать динамику электронного пучка при прохождении магнитных элементов. В ходе данных исследований необходимо выяснить, какие параметры системы влияют на скорость развертки и найти методы решения, внося коррективы в конфигурацию блока магнитной системы.

Для реализации поставленной задачи было проведено двумерное и трехмерное моделирование распределения магнитных полей в элементах блока магнитной системы, а также моделирование поведения электронного пучка в полученных полях. В ходе моделирования проводилась оптимизация параметров геометрии и конфигурации системы с целью обеспечить необходимый размер пучка в области сварки и обеспечить при этом максимально возможную скорость развертки электронного пучка.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук А. А. Старостенко

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВРЕМЯПРОЛЁТНОГО МАСС-СПЕКТРОМЕТРА RTOF-300 ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ГАЗОВЫХ КЛАСТЕРОВ

И. С. Туева

Отдел прикладной физики НГУ

Новосибирский государственный университет

Принцип работы масс-спектрометра основан на сепарации ионов, ускоренных до одной и той же начальной энергии, под действием электрического или магнитного поля. По сравнению с другими, времяпролётные масс-спектрометры имеют больший динамический диапазон регистрируемых масс. На газодинамическом стенде ЛЭМПУС-2 проводятся исследования процессов образования ван-дер-ваальсовых кластеров в сверхзвуковых потоках разреженных газов. В качестве объекта исследований, как правило, используется аргон, в потоках которого можно формировать кластеры с размером от димеров до тысячелетов и более. Поскольку диапазон регистрируемых кластеров аргона имеющимся масс-спектрометром RTOF-300 ограничен размером 125 атомов в кластере, поставлена задача расширить диапазон регистрируемых масс.

Решение задачи производилось в двух направлениях: поиск оптимальных условий для доставки больших кластеров от ионизатора до детектора, а также повышение чувствительности блока микроканальных пластин детектора масс-спектрометра на больших массах. Выполненные расчёты с помощью прикладного пакета Simion определили диапазон оптимальных потенциалов пролётной трубы и ускоряющей области. Повышение ускоряющего напряжения от 1000 до 3500 В обеспечивает рост чувствительности детектора на массе 5000 а.е.м. в 20 раз.

Для выполнения опытов спроектирован и собран дополнительный экспериментальный участок, присоединённый непосредственно к рабочей камере RTOF-300 и обеспечивший формирование сверхзвукового потока аргона с кластерами размером до 300. Для регистрации, накопления и первичной обработки времяпролётных сигналов использована доработанная версия программы, позволяющей работать с новым 10 разрядным АЦП. Решены вопросы подачи на микроканальные пластины увеличенного напряжения. Как показали опыты, модернизация RTOF-300 позволяет повысить чувствительность масс-спектрометра в его паспортном динамическом диапазоне, а также расширить динамический диапазон при потере разрешающей способности.

Научные руководители — канд. физ.-мат. наук А. Е. Зарвин, В. В. Каляда

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА, МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОБРАБОТКА ДАННЫХ

УДК 681.78

ЦИФРОВАЯ ГОЛОГРАФИЧЕСКАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

М. Е. Акимов, Н. О. Соловьев

Новосибирский государственный технический университет

Голографическая интерферометрия (ГИ) – это метод определения изменения оптической длины пути, вызванного деформацией твердого тела или изменением показателя преломления в прозрачных средах. ГИ является одной из наиболее развитых и практически важных ветвей голографии. ГИ обеспечивает бесконтактный, неразрушающий метод измерения с чувствительностью порядка одной сотой длины волны. Сегодня в этом направлении работают не только академические научно-исследовательские оптические центры, но и заводские научные лаборатории, инженеры-механики, конструкторы турбин, самолетов, автомобилей и т. д.

В цифровой голографии картина интерференции объектного дифракционного поля и опорной волны записывается с помощью матричных фотоэлектрических систем – ПЗС-матриц.

В настоящее время для современной промышленности в связи со сложностью технологий, производством высокоточных изделий и постоянным наращиванием производственных мощностей требуются дешевые, массовые и высокоточные измерительные приборы.

Таким образом, создание цифровой голографической измерительной системы (ЦГИС) является актуальной задачей.

На данном этапе работы собрана ЦГИС, в основе которой лежит оптическая схема интерферометра Майкельсона. Пучок света от лазера направляется на светоделительный кубик, где разделяется на два пучка – прошедший и преломленный – примерно одинаковой интенсивности. Пройдя некоторые расстояния, прошедший пучок света попадает на зеркало с пьезоэлектрическим преобразователем, а преломленный пучок света попадает на объект. Оба пучка отражаются в обратных направлениях и вновь падают на светоделительный кубик, который частично преломляет и частично пропускает свет, в результате чего образуется пучок света, представляющий собой смесь пучков, прошедших через разные плечи интерферометра. Этот пучок света попадает на ПЗС матрицу фотоаппарата и осуществляется запись цифровой голограммы.

Следующий этап работы включает в себя реализацию алгоритма расшифровки записанной цифровой голограммы, а также разработку алгоритмов фильтрации шумов.

Научный руководитель – д-р техн. наук, проф. В. И. Гужов

КАЛИБРОВКА ВРЕМЯПРОЛЕТНЫХ СЧЕТЧИКОВ ДЕТЕКТОРА КМД-3

А. Н. Амирханов

Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, г. Новосибирск
Новосибирский государственный университет

Работа выполняется в Институте ядерной физики им. Г. И. Будкера на электрон-позитронном накопителе ВЭПП-2000. С 2010 г. здесь проводятся регулярные эксперименты с двумя универсальными детекторами – КМД-3 и СНД. Цель работы состоит в калибровке времяпролетной системы детектора КМД-3, которая используется для измерения времени пролета частиц и позволяет идентифицировать тип частицы по ее скорости.

Времяпролетная система детектора КМД-3 состоит из 16 сцинтилляционных пластин образующих собой правильный восьмиугольник. Частица, проходя через пластину, вызывает в ней вспышку света, которая регистрируется с помощью ФЭУ, расположенных на обеих сторонах пластины. Время пролета частицы определяется разницей между временем столкновения пучков в детекторе и временем прохождения частицей пластины времяпролетной системы. Измеренное время складывается из времени пролета, времени распространения света по сцинтилляционной пластине и временных задержек электронного тракта. Цель работы – определить неизвестные параметры измерительного тракта, позволяющие извлечь время пролета из измеренного времени.

С помощью специально отобранных событий электрон-позитронного рассеяния были определены необходимые калибровочные параметры: скорость распространения света по пластинам, зависимость измеренного времени от амплитуды сигнала и индивидуальное время задержки для каждого канала. Кроме того, была откалибрована цена канала ВЦП для каждого канала электроники времяпролетной системы, что необходимо для перевода измеряемых величин в наносекунды.

Калибровка была проведена для всех данных, набранных на детекторе КМД-3 за 2011-2013 гг., значения калибровочных параметров сохранены в базе данных и используются при обработке данных. Корректность калибровки была проверена на космических мюонах, время пролета которых, определенное с помощью откалиброванной системы, с хорошей точностью совпадает с теоретическим значением.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук, доцент И. Б. Логашенко

АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

И. А. Бородина, С. И. Ерин, Д. С. Рудиков
Томский государственный университет

Работа посвящена изучению возможности использования современных спутниковых наблюдений для оценки влагосодержания верхнего слоя почвы. Эти данные важны для уточнения начальных полей в численных прогнозах погоды.

В работе выполнено сравнение спутниковых данных измерений влажности верхнего слоя почвы за летний период 2012 года с результатами прямых измерений на 394 станциях США (10 типов растительности). Используемая ранее методика пересчета спутниковых данных с применением линейной зависимости показала, что связь существует, однако были получены неоднозначные зависимости от типов подстилающей поверхности [1]. В данном исследовании методика была скорректирована: для уменьшения осцилляций измерений был применен метод фильтрации данных. Получено, что для имеющихся типов растительности зависимость существенно увеличилась.

Достаточно хорошая связь ($r > 0.65$) отмечается для центральной части США (широты 35–45° с.ш.) для станций с типом поверхности: саванны с деревьями, широколиственные леса, смешанные леса, где наблюдается относительно ровный рельеф с малыми колебаниями высот.

Однако для точек со всеми другими типами растительности зависимость неоднозначная, и имеются станции как со слабой прямой, так и обратной зависимостью. Обратную зависимость показали точки сравнения, расположенные в западной части США, в горах со сложным рельефом, а также в восточной части, на значительно увлажненных территориях.

Работа выполнена в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России (№ 5.628.2014/К).

1. Бородина И. А., Кижнер Л. И., Богословский Н. Н., Ерин С. И., Рудиков Д.С. Сравнение спутниковых данных измерений влажности почвы ASCAT с прямыми измерениями // Вестн. Том. гос. ун-та. 2014. № 380. С. 181–184.

Научные руководители: канд. геогр. наук, доцент Л. И. Кижнер, канд. физ.-мат. наук, доцент Н. Н. Богословский

АВТОМАТИЗАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ МАСС-СПЕКТРА И КАРТ СКОРОСТЕЙ ФОТОФРАГМЕНТОВ

Н. В. Дозморов

Институт химической кинетики и горения им. В. В. Воеводского СО РАН
Новосибирский государственный университет

Изображение карт скоростей (velocity map imaging) – мощный инструмент для получения информации о механизме элементарных фотохимических реакций. Данный метод позволяет измерять не только кинетическую энергию фотофрагментов, но также угловое распределение, что позволяет установить природу возбужденного состояния молекулы, ответственного за процесс диссоциации, приводящий к образованию данного фрагмента. Экспериментальная установка для получения карт скоростей также может быть использована как времяпролетный масс-спектрометр.

Для получения распределения фотофрагментов по квантовым состояниям необходимо измерять спектральные зависимости масс-спектра и карт скоростей. Для того чтобы получать эти данные, в ИХКГ СО РАН была создана установка с возможностью перестройки длин волн лазерного излучения. Данное оборудование состоит из измерителя длин волн Angstrom WS-6, кристалла ВВО (бета-бората бария) для удвоения длины волны и импульсного лазера на красителе, накачиваемого твердотельным лазером Nd-YAG (Lotis Tii LS-2137U), а также спектрометра для измерения карт скоростей фотофрагментов.

В рамках этой работы было создано программное обеспечение на базе платформы LabVIEW 2013 для автоматизации использования данного оборудования. Система автоматизации позволяет пользователю получить набор масс-спектров или карт скоростей для произвольного диапазона длин волн излучения, взаимодействующего с молекулярным пучком. При измерении масс-спектра пользователю доступны инструменты для анализа временной зависимости различных параметров произвольного участка масс-спектра. При получении карт скоростей пользователь имеет возможность использовать разнообразные опции обработки визуальных изображений карт скоростей. Также реализована возможность измерения спектральной зависимости как изображения в целом, так и любой его части.

Научные руководители – д-р хим. наук, проф. А. В. Бакланов;
А. С. Богомолов

РАЗРАБОТКА АППАРАТНОГО И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕНТГЕНОВСКОГО ДЕТЕКТОРА OD4

Т. С. Ишикаев

Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, г. Новосибирск
Новосибирский государственный университет

В настоящее время для изучения характеристик вещества активно применяется рентгеноструктурный анализ. Облучение образцов вещества рентгеновскими фотонами и регистрация дифракционной картины в динамике позволяет исследовать фазовые переходы и другие изменения состояния вещества.

Разрабатываемый в Институте ядерной физики рентгеновский однокоординатный детектор OD4 позволит проводить подобные исследования при больших углах регистрации. Детектор состоит из ионизационной камеры, материнской платы и модулей счётчиков-дискриминаторов. Ионизационная камера заполнена смесью газов Ar-CO₂(70%-30%). В ней расположен трёхслойный газовый электронный умножитель, обеспечивающий газовое усиление. Ионизированные частицы движутся в электрическом поле и наводят сигнал на полосковую структуру детектора, расположенную на материнской плате. Полосковая структура имеет вид дуги с фокусным расстоянием 35 см и углом 67° и состоит из 2048 полосок с шагом ~0,2 мм, направленных в общий фокус. Такая форма структуры позволит детектору различать дифракционные пики при разности углов между ними в 0,1°.

Сигналы с полосок на материнской плате собираются на 64 модуля счётчиков-дискриминаторов, каждый из которых обслуживает по 32 канала. Максимальная загрузка в каждом канале ~150 кГц. На модулях расположена электроника, которая усиливает, формирует и сравнивает сигналы с порогом. Счётчик канала увеличивается на 1 при превышении заданного значения.

Значения счётчиков каналов передаются в FPGA на материнской плате. Данные могут быть записаны в динамическую память или сразу переданы на удалённую ЭВМ по сети Ethernet. Для взаимодействия с детектором используется WEB-сервер, работающий на встроенном в FPGA процессоре.

В своём докладе я хочу представить электронику и программное обеспечение разрабатываемого детектора.

Научный руководитель – канд. техн. наук В. В. Жуланов

ТРЕКФАЙНДЕР ВТОРИЧНОГО ТРИГГЕРА ДЕТЕКТОРА КЕДР

Е. В. Картавец

Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, г. Новосибирск
Новосибирский государственный университет

КЕДР – универсальный магнитный детектор, предназначенный для проведения экспериментов по физике элементарных частиц на e^+e^- коллайдере ВЭПП-4М в ИЯФ СО РАН. Детектор спроектирован для прецизионного измерения масс элементарных частиц в области энергий 1,5 – 5,0 ГэВ, измерения вероятностей радиационных переходов в системе с- и b- кварков, двухфотонной физики и ряда других экспериментов. Трековая часть детектора КЕДР состоит из вершинного детектора, представляющего собой годоскоп на основе дрейфовых трубочек из майлара, и цилиндрической проволочной дрейфовой камеры. В силу высокой энергии пучков в ускорителе, исследуемые процессы сопровождаются большим количеством фоновых событий, которые необходимо отсеивать. Для этих целей в системе сбора данных детектора предусмотрена отдельная система – триггер. Одним из важных его элементов является трекфайндер – устройство, которое находит треки частиц в детекторе, сравнивает их с расчетными масками и принимает решение о соответствии события исследуемым процессам.

В настоящее время в составе вторичного триггера детектора КЕДР работает упрощенная версия трекфайндера, которая определяет треки частиц послойно и состоит из нескольких электронных блоков. В ближайшее время в институте планируется повышение энергии пучков на коллайдере ВЭПП-4М, которое повлечет за собой резкое увеличение числа фоновых событий. Чтобы избежать потери полезных данных детектора, необходима новая, более точная схема работы трекфайндера.

Данная работа посвящена разработке и изготовлению трекфайндера вторичного триггера детектора КЕДР. В ходе работы разрабатывается модуль в стандарте САМАС, объединяющий в себе несколько существующих блоков и дающий возможность отслеживать треки частиц внутри детектора с точностью до ячейки. Он обеспечит необходимую эффективность отбора полезных событий при увеличении энергии пучков.

Основной задачей устройства является обработка данных дрейфовой камеры и вершинного детектора, поиск траекторий частиц в детекторе, сравнение с расчетными масками и передача во вторичный триггер решения о полезности данного события и данных о сработавшей маске.

Научный руководитель – А. А. Тальшев

ПОРТАТИВНАЯ ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ

А. А. Кумарин, Н. В. Селиванов
Самарский государственный аэрокосмический университет
им. С. П. Королева

Распространённый метод измерения механических напряжений – использование датчиков на основе тензорезисторов. Для считывания информации с датчиков применяют тензометрические станции (ТС). Подавляющее большинство ТС на рынке предназначены для промышленных условий или условий лаборатории, не имеют автономного источника питания, имеют большую стоимость. Современная элементная база позволила избавиться от данных недостатков и сохранить приемлемые характеристики устройства. Цель работы – разработка портативной ТС, которую можно использовать в ОКР в образцах авиационной и наземной техники.

Малых габаритов удалось достичь использованием поверхностного монтажа и компонентов высокой степени интеграции. Тщательно выполненная трассировка многослойной печатной платы позволила повысить плотность монтажа и уменьшить внешние и внутренние наводки.

Сигнал, снятый с тензометрического моста, проходит через ФНЧ к инструментальному Rail-to-Rail усилителю с PGA. Далее сигнал через еще один ФНЧ поступает на сигма-дельта АЦП. Эффективная разрядность АЦП 20 бит и низкие собственные шумы позволяют использовать малые коэффициенты усиления на входном усилителе, что несколько повышает отношение сигнал-шум. Высокая разрядность АЦП также делает возможным наблюдение сигналов малой амплитуды на фоне больших изменений. Достаточно мощный микроконтроллер и высокая частота выборки помогают реализовать качественные цифровые фильтры и использовать передискретизацию для повышения эффективной разрядности. Итоговая погрешность почти полностью состоит из случайной погрешности и систематической погрешности калибровки.

Для демонстрации возможностей ТС изготовлен стенд.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент И. А. Кудрявцев

УПРАВЛЕНИЕМ ОБОРУДОВАНИЕМ УСТАНОВКИ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ СВАРКИ

А. М. Медведев

Новосибирский государственный университет
Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, г. Новосибирск

Оборудование установки электронно-лучевой сварки в ИЯФ СО РАН состоит из нескольких систем. По назначению их можно разделить на следующие группы: создание и поддержание необходимого уровня вакуума, управление электронным пучком, перемещение стола со свариваемым образцом в сварочной камере. Имеющееся программное обеспечение позволяло вручную изменять те или иные параметры оборудования. Общее число параметров составляет несколько сотен.

Целью данной работы было создание комплекса управления оборудованием установки для выполнения технологических операций сваривания швов. Требуется автоматизировать процедуры выставления параметров оборудования и согласовать системы между собой.

В рамках данной работы создано программное обеспечение для управления установкой. Управление параметрами пучка осуществляется путем взаимодействия с программой ручной установки параметров, управление сервоприводами системы перемещения образца осуществляется через внешний контроллер с CAN-интерфейсом. Управление вакуумным оборудованием производится через контроллеры насосов путем взаимодействия с ними по протоколу производителя. Контроль всех систем осуществляется с одного рабочего места, добавлена возможность написания и генерации скриптов для изменения параметров во время процесса сварки.

При выполнении работы изучены требования к программе управления со стороны технологического процесса сварки, разработана архитектура программного и аппаратного обеспечения.

Научные руководители – чл.-корр. РАН, д-р физ.-мат. наук П. В. Логачев, канд. физ.-мат. наук А. А. Старостенко

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ПОЛОЖЕНИЯ ПОДСИСТЕМ ДЕТЕКТОРА СНД

Н. А. Мельникова

Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, г. Новосибирск
Новосибирский государственный университет

Сферический нейтральный детектор (СНД) используется для проведения экспериментов в области физики высоких энергий на электрон-позитронном коллайдере ВЭПП-2000 (ИЯФ СО РАН).

Две подсистемы СНД, сферический калориметр и цилиндрическая трековая система (ТС), предоставляют основную информацию для реконструкции событий, произошедших внутри детектора. К сожалению, расположение калориметра и его составляющих относительно ТС может быть не идеально. Масштаб таких искажений мал, но, тем не менее, может приводить к дополнительным сложностям при обработке и анализе данных.

В рамках предыдущих работ было разработано общее решение задачи. Оно заключается в получении параметров расположения калориметра относительно ТС и корректировки данных, полученных в калориметре с учетом этих параметров. Значения параметров получаются с помощью подгонки экспериментальных данных математической моделью.

Целью данной работы было проверить возможности общего решения и улучшить его.

Для этого было реализовано моделирование, воспроизводящее с помощью параметров искаженное расположение калориметра. На данных этого моделирования была проведена серия тестов для проверки устойчивости работы решения. А именно, исследовалось влияние неработающих счетчиков калориметра и распределения по полярному углу. Также решение было протестировано на данных моделирования с наложениями. Для улучшения качества подгонки было протестировано несколько вспомогательных наборов параметров. В результате, решение было улучшено: добавлено исключение из рассмотрения неработающих счетчиков калориметра, добавлен учет весовых коэффициентов распределения по полярному углу, приближенные формулы заменены на точные, набор параметров для подгонки заменен на более устойчивый. Эти изменения позволили улучшить точность определения значений исходных параметров, значение χ^2 подгонки приблизилось к единице.

Таким образом, удалось подтвердить правильность выбранного решения и улучшить его.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук А. А. Король

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕГРАДАЦИИ ПАРАМЕТРОВ LiFePo₄ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

А. М. Надымов
ООО «Унискан»

Новосибирский государственный университет

В настоящее время в ООО «Унискан» для расширения возможностей Цифрового Рентгенографического Комплекса разрабатывается Система Автономного Питания, в состав которой входит LiFePo₄ аккумулятор (12V, 19Ah). Для оценки возможного количества рентген-снимков при заданной энергии необходим контроль уровня заряда батареи. Исходя из отсутствия исчерпывающей документации для используемых батарей (K2B12V19), основной задачей данного исследования являлось экспериментальное определение нагрузочных разрядных характеристик, т.е. зависимости напряжения на аккумуляторной батарее от тока разряда и от количества полных циклов заряд/разряд.

Для изучения ресурса батарей был создан экспериментальный стенд, включающий в себя модуль зарядки, модуль разрядки, модуль измерения остаточного заряда, а также модуль сбора данных. Модуль зарядки был построен на основе buck-boost конвертера с широким диапазоном входных напряжений и контроллера зарядки, необходимого для оптимизации процесса. Разрядка осуществлялась подключением батареи к нагрузке через ключевой элемент, работающий в линейном режиме. Специализированная fuel gauge микросхема производила измерения напряжения, тока, заряда, температуры батареи. Сопряжение экспериментального стенда с ПК осуществлялось при помощи модулей ввода-вывода от National Instruments.

В работе приводятся результаты проведенных измерений (так, уменьшение емкости батареи после 100 полных циклов заряд-разряд при T=20°C, I=0.5C составило 3%), а также кратко обсуждаются механизмы, приводящие к уменьшению емкости. На текущий момент ресурсные испытания LiFePo₄ батарей продолжаются, статистика, полученная в ходе эксперимента, будет учтена при разработке Системы Автономного Питания.

Научный руководитель – канд. техн. наук С. Ю. Новожилов

ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА АБСОЛЮТНОГО БАЛЛИСТИЧЕСКОГО ГРАВИМЕТРА GABL-PM

Е. О. Назаров

Институт автоматики и электротехники СО РАН, г. Новосибирск
Новосибирский государственный университет

В работе представлено описание измерительно-вычислительной системы, разработанной для абсолютного лазерного баллистического гравиметра GABL-PM. Принцип действия абсолютного гравиметра основывается на реализации свободного падения пробного тела в гравитационном поле Земли и измерении интервалов времени прохождения свободно падающим телом заданных интервалов пути. Ускорение свободного падения вычисляется по измеренным значениям интервалов пути и времени на основании уравнения движения пробного тела.

Измерительно-вычислительная система для счета интерференционных полос и измерения интервалов времени реализована, в основном, в структуре программируемой логической интегральной схеме (ПЛИС). Система содержит также рубидиевый стандарт частоты, высокостабильный синтезатор частоты, схему измерения длительности импульса. Опорная частота 10 МГц вырабатывается рубидиевым стандартом частоты. Эта частота подается на синтезатор частоты. Выходной сигнал синтезатора частотой 150 МГц (метки времени с периодом следования 6,6666 нс) используется для измерения времени между метками пути.

Измерение времени производится в 2 этапа. На первом этапе (грубое измерение) осуществляется прямой счет меток времени. На втором этапе производится формирование и измерение длительности импульсов досчета, обусловленных несовпадением фронтов между метками пути и метками времени. Измерение длительности импульса досчета производится с помощью специализированной микросхемы (прямое преобразование длительность - код). Основой этой микросхемы является длинная цепочка последовательно включенных логических элементов. Фиксируя количество включенных элементов между двумя событиями, можно точно измерить длительность импульса. В итоге, временное разрешение системы составляет 52пс.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук Е. Н. Калиш

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ НАПУСКА ГАЗА В УСТАНОВКУ ГОЛ-3

А. А. Парфенова

Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, г. Новосибирск
Новосибирский государственный технический университет

Установка ГОЛ-3, действующая в Институте ядерной физики СО РАН, представляет собой магнитную ловушку для исследования, удержания и нагрева плазмы[1]. На данный момент на установке ведутся эксперименты с длительным удержанием горячей плазмы. Для того чтобы создать необходимый для таких экспериментов плазменный столб, с помощью системы импульсного напуска газа в установку обеспечивается требуемое начальное распределение концентрации газа по длине установки при сохранении высокого вакуума в генераторе релятивистского электронного пучка.

Для контроля экспериментальных условий была разработана система измерения и управления, позволяющая в каждом выстреле регистрировать количество газа, инжектированного в установку, и управлять импульсным напуском газа. Система контроля напуска газа состоит из клапана напуска газа в ресивер, ресивера, измерителя давления в ресивере, клапана напуска газа в установку и контроллера для управления и сбора данных.

Были рассчитаны необходимые параметры системы. Характерный объем напускаемого за импульс газа составил 1 ст.см^3 ($2,7 \cdot 10^{19}$ частиц). При объеме ресивера 6 см^3 скорость натекания составила $0,6 \text{ ст.см}^3/\text{с}$. Задержка открывания клапана равна 2 мс. Также произведены калибровка и тестирование измерителя давления, разработана система управления и сбора данных на основе микроконтроллера Arduino и проведен ряд экспериментов для проверки ее работоспособности.

Система удовлетворяет всем необходимым требованиям для измерения давления и управления клапанами напуска газа и готова к использованию на установке ГОЛ-3.

1. Д. Д. Рютов. Открытые ловушки // Успехи физических наук. - 1988. - Т.154.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук, С. В. Полосаткин

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАРЯДКИ АЭРОЗОЛЬНЫХ ЧАСТИЦ В КОРОННОМ РАЗРЯДЕ

И. И. Протасов

Новосибирский государственный университет
Технопарк Новосибирского Академгородка
АО «ТИОН Умный Микроклимат», г. Новосибирск

АО «ТИОН Умный Микроклимат» выпускает аэрозольные фильтры, в которых, для повышения качества очистки воздуха, происходит электрическая зарядка аэрозоля в коронном разряде. В настоящий момент эффективность зарядки аэрозольных частиц определяется только по общему качеству фильтрации. Для того, чтобы иметь возможность наблюдать за работой самого зарядителя, было решено разработать прибор, измеряющий электрическую подвижность аэрозольных частиц. Такой прибор планируется использовать в разработке новых зарядителей и в исследовании эффективности уже выпущенных серийных образцов.

Существуют два метода измерения электрической подвижности аэрозольных частиц, основанных на эффекте дрейфа заряженных частиц в электрическом поле: дифференциальный и интегральный. В прошлом столетии ученые занимались исследованием обоих методов, но затем прекратили работу над интегральным в пользу более точного дифференциального. Однако, интегральный метод требует гораздо меньше ресурсов и проще технически, чем дифференциальный, поэтому было решено продолжить изучение интегрального метода измерения электрической подвижности аэрозольных частиц.

Целью данной работы является разработка устройства, измеряющего электрическую подвижность аэрозольных частиц интегральным методом. Для достижения данной цели необходимо, во-первых, разработать геометрию воздушного канала с учетом требований к ламинарности потока, во-вторых, автоматизировать измерения с помощью программных средств, в-третьих, разработать метод решения обратной задачи, для получения распределения частиц по электрической подвижности на входе в устройство по полученным экспериментальным данным.

В ходе работ было получено и испытано устройство в «ручном» режиме. Написана программа, управляющая устройством в автоматическом режиме. Написан алгоритм для решения обратной задачи методом производных. Было получено распределение по подвижности для одного из зарядителей.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук С. И. Еременко

РЕАЛИЗАЦИЯ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ НА ДЕТЕКТОРЕ СНД

К. В. Пугачев

Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, г. Новосибирск
Новосибирский государственный университет

С 2008 года на ускорительном комплексе ВЭПП-2000 проводятся эксперименты с детектором СНД. Для полученных в ходе эксперимента стабильных частиц измеряются простые кинематические параметры (углы, энергии и т. д.). Используя информацию о конкретном процессе (модель), можно добавить к ним параметры промежуточных состояний и уточнить данные, проведя кинематическую реконструкцию.

В данной работе было автоматизировано восстановление параметров промежуточных состояний и построение иерархического представления события для всех требуемых перестановок входных данных (из-за сложности автоматического сопоставления набора параметров и частицы, которой этот набор соответствует), а также реализованы разные режимы кинематической реконструкции: сведение треков в общей точке вылета, учёт законов сохранения, добавление данных о массах.

Созданный программный пакет обрабатывает записанные на СНД события согласно пользовательской модели. Сначала строится иерархическое представление процесса и функция χ^2 на его основе; восстанавливаются параметры промежуточных состояний. Затем последовательно проводится несколько этапов кинематической реконструкции путём численной минимизации функции χ^2 (с помощью библиотеки ОРТ++). До и после реконструкции данные фильтруются по пользовательским условиям.

Пакет был проверен на смоделированных данных для процесса $\pi^+ \pi^- \pi^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- 2\gamma$. В этом случае для двух заряженных пионов известны треки — углы и точки, через которые пионы пролетают, а для фотонов — положение точки взаимодействия с детектором в сферической системе координат и энергия. Было последовательно произведено сведение треков заряженных пионов к общей точке (с использованием численной минимизации и, — для контроля — упрощённого аналитического алгоритма для одной координаты) и применение законов сохранения энергии-импульса. Треки были притянуты к оси пучка, было отмечено уменьшение разброса «средней точки вылета» пионов и выполнение законов сохранения.

Научный руководитель — канд. физ.-мат. наук А. А. Король

СИСТЕМА ЖУРНАЛИРОВАНИЯ ДАННЫХ ИНЖЕКЦИОННОГО КОМПЛЕКСА ВЭПП-5

А. В. Сапронов

Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, г. Новосибирск
Новосибирский государственный университет

Инжекционный комплекс ВЭПП-5 - это крупная установка, в системе управления которой присутствует несколько тысяч точек управления и измерения (каналов). Оператор не может одновременно отслеживать такое количество параметров, поэтому для оперативного управления используется автоматика, а для дополнительного анализа требуется вести запись данных системы управления.

Характерная частота обновления канала системы управления 10 Гц, и в некоторых случаях может быстро меняться все состояние установки. Этим определяется потребность в высокой пиковой пропускной способности системы журналирования. Во многих случаях дифференциальная запись данных и другие фильтры позволяют сильно уменьшить средний поток данных для записи без потери важной информации.

В рамках данной работы была создана система журналирования, которая позволяет обслуживать все скалярные каналы установки. Система позволяет писать канал в дифференциальном режиме, по сигналу извне, по расписанию. Для создания системы использовался высокоуровневый язык Python в связке с ZeroMQ, QtCore, в качестве хранилища данных: key-value база данных Berkeley DB и SQL база данных PostgreSQL. Применяются механизмы буферизации записи данных с использованием Berkeley DB, что позволяет не замедлять работы базы данных при записи. Также применяется механизм партиционирования в PostgreSQL для слоения данных по времени, что позволяет не замедлять работу при чтении. В качестве интерфейса управления системой используется приложение на PyQt.

Итоговая система будет дополнена работой с векторными данными, системой автоматической генерации списка каналов для журналирования, механизмом восстановления истории канала по сохраненным данным. Будет реализован web-интерфейс управления распределенной системой журналирования.

Научный руководитель – Ф. А. Еманов

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИАПАЗОНА ЛИНЕЙНОСТИ ВЫХОДНОГО СИГНАЛА СКР-СПЕКТРОМЕТРА НА БАЗЕ ПЗС-МАТРИЦЫ НАМАМАТСУ S10141

Д. О. Сединкин, Д. В. Петров*

Томский государственный университет

*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
г. Томск

Важную роль в построении современных спектроаналитических систем играют многоканальные фотоприемники (ПЗС-матрицы или ПЗС-линейки). Вместе с тем, для корректной обработки результатов, в частности для проведения количественного спектрального анализа, необходима информация о диапазоне линейности выходного сигнала используемого спектрометра (или его фотоприемника) в зависимости от величины падающего светового потока. Однако данная информация не всегда присутствует в соответствующем техническом описании, представляемом заводом-изготовителем. В данной работе предложена методика оценки диапазона линейности фотоприемника, а также проведена ее экспериментальная апробация на разрабатываемом СКР-спектрометре на базе ПЗС-матрицы Hamamatsu S10141.

Суть методики основывается на том, что величина светового потока может с высокой точностью регулироваться за счет изменения времени экспозиции одного кадра регистрируемого ПЗС-матрицей. Из полученной зависимости видно, что значение зарегистрированной интенсивности линейно меняется от величины падающего светового потока до тех пор, пока количество накопленных фотоэлектронов в ячейках не превышает ~50%. После превышения данного значения данная зависимость имеет нелинейный характер с явным трендом, при этом отклонения от линейности в области максимальных значений достигают 5%.

Таким образом, для повышения точности при проведении количественного спектрального анализа при использовании более половины динамического диапазона фотоприемника необходимо программно учитывать величину данной нелинейности.

Научный руководитель – канд. техн. наук И. И. Матросов

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЗАПИСЬ ВОЛОКОННЫХ БРЭГГОВСКИХ РЕШЕТОК МАКСИМАЛЬНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ОТРАЖЕНИЯ И ШИРИНЫ НА ИНТЕРФЕРОМЕТРЕ ЛЛОЙДА

М. И. Скворцов, И. Н. Немов, А. Г. Кузнецов
Инверсия-Сенсор, г. Новосибирск
Новосибирский государственный университет
Институт автоматике и электрометрии СО РАН, г. Новосибирск

В современной волоконной оптике считается, что один из ключевых элементов в различных устройствах является волоконная брэгговская решетка (ВБР). Брэгговская решетка – это структура с периодической модуляцией показателя преломления в сердцевине волокна. Использование данного элемента во многих приборах, обуславливается полностью волоконным исполнением, малыми вносимыми потерями.

Одним из способов изготовления ВБР является интерференция двух когерентных пучков УФ излучения непосредственно в самом волокне. Моделирование и изучение изготавливаемой ВБР необходимо для дальнейшего производства элемента с определенными характеристиками на интерферометре Ллойда. Ранее на данной установке не удавалось изготовить ВБР с требуемыми характеристиками: сильное отражением (более 90%) при большой спектральной ширине на полувысоте (5нм).

В данной работе измерен профиль мощности и распределение по углу записывающего УФ пучка лазера. Промоделировано распределение наведенного показателя преломления внутри сердцевины волокна и спектр отражения ВБР. Записана ВБР и получен экспериментальный спектр образца, записанного в волокне Corning SMF-28.

Выявлено их несовпадение, которое может быть объяснено тем, что в модели не учитывается рассеяние сигнала в оболочку волокна. В соответствии с искомыми характеристиками решетки будет изменен размер пучка и время экспозиции.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук А. Г. Кузнецов

ТРАССОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ Г. ТОМСКА

С. С. Смирнов

Томский государственный университет

В настоящее время для измерения малых загрязняющих газов в приземном слое атмосферы широкое применение находит метод дифференциальной оптической абсорбционной спектроскопии (ДОАС) [1].

В качестве измерительной системы в наших исследованиях, использовался прибор ДОАС-М1, в основу которого положен метод ДОАС. В состав газоанализатора входит источник УФ излучения (ксеноновая лампа высокого давления), приемо-передающий коаксиальный телескоп и ретрорефлектор, регистрирующее устройство (спектрограф и диодная линейка) и система обработки данных (компьютер с программным обеспечением).

Так как прибор работает в ультрафиолетовой области спектра (200 – 400 нм), это позволило провести комплекс (суточные и дневные) измерений концентраций основных загрязняющих веществ открытой атмосферы, таких как O_3 , SO_2 , NO_x , CH_2O и др. в городе Томске. Измерения проводились в зимний период 2015 г. Измерительная трасса выбиралась в непромышленной южной части города.

За период измерений уровень загрязнения атмосферы в сравнение с существующей среднесуточной ПДК характеризуется как высокий для этилбензола (C_8H_{10}), озона (O_3), сероуглерода (CS_2), умеренный для диоксида азота (NO_2), оксида азота (NO) и низкий для диоксида серы (SO_2). Установлено, что изменения содержания NO_2 и O_3 происходят в противофазе [2]. Для средних дневных значений концентраций C_8H_{10} , O_3 и NO_2 отмечено превышение с.с. ПДК в 95 %, 70 % и 40 % случаях измерений, соответственно.

Проведенные длительные синхронные измерения показали, что ДОАС газоанализатор может с успехом использоваться в дистанционном мониторинге малых газовых составляющих в приземном воздухе.

1. U. Platt., J. Stutz. Differential optical absorption spectroscopy. Springer-Verlag, New-York, Berlin, Heidelberg, 2008, 593p.

2. С.С. Смирнов, П.П. Гейко, И.В. Самохвалов и др. Измерения атмосферных загрязнений трассовым газоанализатором УФ диапазона // Известия ВУЗов «Физика», 2013, Т. 56 № 8/3. С. 272-274.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук П. П. Гейко

**ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
КОНТРОЛЛЕРА ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ПРОТОКОЛОВ
СОВРЕМЕННОЙ ЦИФРОВОЙ ПОДСТАНЦИИ**

С. В. Сони́на

Новосибирский государственный университет

В новосибирской компании «Модульные системы Торнадо» разработан программно-технический комплекс «Торнадо-N», на основе которого создаются современные автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП) в области производства тепло- и электроэнергии. В настоящее время одним из направлений развития ПТК «Торнадо-N» является его модификация с целью создания АСУТП электрических подстанций.

Одной из основных функций АСУТП электрических подстанций является функция телемеханики. Целью данной работы является разработка программного обеспечения «АРМ Телемеханика», служащего для отображения текущих значений контролируемых параметров технологического оборудования электрической подстанции, а так же для удаленного конфигурирования процессорного модуля (контроллера) «Gridex-CPU». Кроме того, необходимо обеспечить включение процессорного модуля «Gridex-CPU» в состав системы ПТК «Торнадо-N».

ПО «АРМ Телемеханика» представляет собой программное веб-приложение, осуществляющее удаленное интерактивное взаимодействие с пользователем через веб-интерфейс посредством браузера и веб-сервера. Во время сеанса работы с «АРМ телемеханика» необходимо в реальном времени отображать затребованную пользователем информацию о состоянии каналов ввода-вывода, а так же о состоянии контроллера. Пользователь может производить выборочное блокирование каналов ввода-вывода. При блокировании канал переводится из режима обработки текущих значений в режим эмуляции этих значений. Есть возможность удаленно изменить конфигурацию каналов ввода-вывода.

В рамках данной работы необходимое программное обеспечение было реализовано и установлено на электрической подстанции «Вымпел» (г. Новосибирск).

Научный руководитель – канд. техн. наук О. В. Сердюков

РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЕ ВЫЧИСЛЕНИЙ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЛАЗМЕННОГО КИЛЬВАТЕРНОГО УСКОРЕНИЯ

А. П. Соседкин

Новосибирский государственный университет

Плазменное кильватерное ускорение – перспективный способ ускорения заряженных частиц, для численного моделирования которого требуются значительные вычислительные ресурсы даже при использовании узкоспециализированных программ. Одна из таких программ (LCODE) была разработана в ИЯФ СО РАН К. В. Лотовым.

Наиболее востребованные вычисления, проводимые программой LCODE, занимают сотни часов процессорного времени, а недели от запуска программы до получения результата – большой срок для передовых исследовательских задач. Для более полного использования возможностей современных многоядерных и многопроцессорных систем была создана параллельная версия программы LCODE, использующая один из самых распространенных стандартов интерфейсов обмена данными для систем с распределенной памятью MPI.

Так как ресурсоемкие вычисления с использованием программы LCODE требуют сложного мультиалгоритмического расчета многих последовательных шагов эволюции пучко-плазменного взаимодействия во времени, была выбрана "продольная" схема распараллеливания вычислений, в которой ускорение происходит за счет конвейерной обработки сразу нескольких временных поколений моделируемой системы. Этот подход позволяет избежать необходимости проведения fine-grained распараллеливания используемых в LCODE алгоритмов моделирования, а также снизить долю последовательно выполняемых вычислений за счет параллельного выполнения части диагностических операций и избежать необходимости частой синхронизации процессов.

Тестирование производительности на реальных задачах показало рост производительности согласно закону Амдала с долей последовательных вычислений менее 1%. Отчасти это вызвано ресурсоемкой диагностикой, производящейся не на каждом шаге вычислений. При тестировании корректности работы параллельной версии на широком круге тестовых задач получены результаты, бит-в-бит идентичные результатам, полученным при помощи последовательной версии программы LCODE.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук, доцент К. В. Лотов

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ НЕЙТРАЛЬНОГО ТРИГГЕРА ДЕТЕКТОРА КМД-3

П. А. Черенков

Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, Новосибирск

На ускорителе ВЭПП-2000 происходит до 125 миллионов столкновений электрон-позитронных пучков в секунду. При этом не все они представляют интерес для ученых. Поэтому в детекторе необходим механизм, который будет инициировать сбор данных с систем детектора только при нужных столкновениях, для того, чтобы ограничить собираемый объем данных для обработки. Для запуска процесса сбора данных в детекторе КМД-3 есть триггерная система. Её задача заключается в отборе только нужных ученым событий, происходящих внутри детектора.

Для детального изучения процессов проходящих в результате столкновения пучков существует программно реализованная модель детектора. Она нужна для отладки работы подсистем детектора, обработки данных, полученных в заходах на детекторе. Моделирование же триггерной системы реализовано на очень примитивном уровне, множество функций не реализованы или реализованы некорректно, в том числе отсутствует учет временных задержек при прохождении сигналов и собственно форма самих этих сигналов. Эти факторы могут существенно влиять на решения, принимаемые триггерной системой. Триггерная система состоит из нейтрального триггера (Кластерфайндера), отвечающего за запуск сбора данных на основе величин энергий, снятых с калориметрических систем, и заряженного триггера (Трекфайндера), который анализирует пути прохождения заряженных частиц. Целью данной работы является полноценная реализация системы нейтрального триггера с учетом вышеупомянутых факторов.

В ходе данной работы в системе нейтрального триггера были реализованы моделирование электронных блоков АДИС и Кластерфайндера на языке C++ с учетом временных задержек и форм сигналов. На данный момент производится калибровка коэффициентов передачи амплитуд сигналов между блоками, расчет образцовых форм сигналов. В качестве проверки производится сравнение результатов обработки моделью данных, записанных с детектора ранее, с записанными результатами, выданными триггерной системой.

Научный руководитель – Л. Б. Эпштейн

МНОГОКАНАЛЬНЫЙ ПИРОМЕТР С АВТОМАТИЧЕСКОЙ КОМПЕНСАЦИЕЙ ВЛИЯНИЯ ФОНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Н. С. Чернышева

Омский государственный технический университет

Методы бесконтактного измерения температуры (пирометрия) широко востребованы в современной промышленности. Так как прибор измеряет температуру на расстоянии от объекта контроля, то в его мгновенное поле зрения попадает поверхность а не точка. При измерении температуры со средних или дальних дистанций поле зрения может достигать нескольких десятков сантиметров. Поэтому помимо излучения от объекта контроля в пирометр также попадает паразитное излучение от других тел (поверхностей), которое называется фоновым.

По количеству каналов приборы для бесконтактного измерения температуры классифицируют на одноканальные и многоканальные пирометры. В настоящее время в большинстве случаев используются одноканальные пирометры частичного излучения по причине их простого конструктивного исполнения. Главным недостатком таких пирометров является то, что они измеряют точную температуру только в условиях, приближенных к калибровочным, а наличие фонового излучения приводит к существенному занижению показаний. При этом компенсировать его влияние можно только в том случае, когда температура объекта контроля намного выше температуры фона, и при этом соотношение площадей объекта контроля и фона остается постоянным. На практике последнее условие выполняется крайне редко.

Для компенсации влияния фонового излучения мы предлагаем использовать принципы многоканальной пирометрии. Приборы данного типа имеют несколько приемников излучения с разными спектральными характеристиками, за счет чего удается сформировать необходимую информационную избыточность о спектральном распределении излучения объекта контроля. Далее накопленная информация анализируется с использованием специально разработанных вероятностных алгоритмов.

Проведенные имитационные исследования в системе MATLAB показали, что разработанный многоканальный пирометр позволяет автоматически компенсировать влияние интегрального коэффициента излучения объекта фонового излучения на результат измерений практически при любом соотношении площадей объекта и фона. Диапазон измеряемых температур пирометра: 500 – 1500 °С.

Научный руководитель - канд. техн. наук А. Б. Ионов

РАЗРАБОТКА СТЕНДА ПРОВЕРКИ ГЕРМЕТИЧНОСТИ РАЗЪЕМОВ

А. А. Чигишев
ООО "Унискан"

Новосибирский государственный университет

Компанией "Унискан" разрабатывается большой ассортимент устройств, к которым предъявляются жесткие требования, так как они будут использоваться в достаточно специфических условиях. Отдельные блоки охранных комплексов, которые устанавливаются на объектах, закапываются в землю, поэтому могут на долгое время оказаться затопленными и, при этом, будут подвергаться воздействию изменяющейся температуры. В связи с этим, такое требование, как хорошая герметичность корпусов и разъемов, является необходимым условием для нормальной работы этих устройств.

Понятно, что после того, как конструкторские решения герметизации разъемов и корпусов были разработаны, они нуждаются в проверке. В данной работе описывается стенд, который был разработан специально для этой цели.

Функционально стенд можно разделить на следующие части: камеру тепла и холода (КТХ), электронный аналоговый блок, цифровой блок. Для проверки герметичности устройство помещают в воду, емкость с устройствами помещается в КТХ, где температура изменяется периодически. На контакты разъемов подается небольшое постоянное напряжение. С помощью электронного блока стенда измеряется ток утечки, после этого сигнал оцифровывается и на основании этих данных специально разработанное программное обеспечение стенда делает вывод, попала ли внутрь разъема вода, герметичен ли он. Измерения проводятся от недели до нескольких месяцев, программа записывает все измеренные величины в файл логов, снимая данные с разъемов каждые 4 минуты.

Разработанный стенд предоставляет возможность подключения и тестирования одновременно до 16 разъемов, подключения двух температурных датчиков, что позволяет разнести часть устройств в разные емкости. Температура в КТХ изменяется от -50 до +50 градусов. Напряжение питания стенда (оно же - тестовое напряжение на разъемах) может быть от 10 до 30 Вольт, максимальная амплитуда шумов - 50 нА, максимальный измеряемый ток - 2.5 мА, порог тока, при котором программа сигнализирует об утечке - 1 уА.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук А. С. Козлов

ЦИФРОВОЙ ПРОЦЕССОР СИГНАЛОВ КАЛОРИМЕТРА НАТРИЙ-ЙОД ДЕТЕКТОРА СНД

М. В. Шевченко

Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, г. Новосибирск
Новосибирский государственный университет

В настоящее время производится модернизация электронных модулей калориметра сферического нейтрального детектора (СНД), расположенного в комплексе электрон-позитронного коллайдера ВЭПП-2000. Разработка новой электроники обусловлена необходимостью улучшения временного разрешения сигнала до 1 нс (текущее не более 5 нс), которое позволит регистрировать медленные антинейтроны полученные в ходе реакции $e^+e^- \rightarrow n\bar{n}$.

Целью данной работы является проектирование модуля Z24, задачей которого является определение амплитуды и времени сигналов, пришедших с кристаллов натрий-йод калориметра СНД, и прошедших через блок усилителей-формирователей. Данный модуль содержит в себе 6 четырехканальных АЦП для оцифровки сигналов с блока усилителей, 2 модуля памяти DDR3, SPI модуль для конфигурирования АЦП, Ethernet контроллер для передачи данных для дальнейшего их анализа, а также расширяемую процессорную платформу Zynq 7000, которая включает в себя двухъядерный ARM процессор Cortex-A9 и FPGA. Причина выбора Zynq 7000 заключается в том, что FPGA позволяет быстро обработать параллельные потоки данных, приходящие с АЦП, в то время как наличие встроенного ARM процессора обеспечивает удобный высокопроизводительный Ethernet-интерфейс и возможность программной обработки данных.

В результате данной работы была завершена трассировка печатной платы модуля Z24, и передана для производства. А так же разработан программный комплекс, включающий в себя дизайн для Zynq 7000 и программу для персонального компьютера, позволяющей по протоколу TCP/IP получать обработанные данные с модуля Z24.

Научный руководитель – канд. техн. наук В. В. Жуланов

РЕКОНСТРУКЦИЯ ФОТОНОВ В КАЛОРИМЕТРЕ BELLE II

Д. А. Широкова

Новосибирский государственный университет

В КЕК (Цукуба, Япония) идет подготовка к запуску нового эксперимента Belle II. Целью эксперимента являются прецизионные измерения параметров CP-нарушения в распадах В-мезонов и D-мезонов, а также поиск Новой Физики.

Одной из важнейших частей детектора является электромагнитный калориметр, задачей которого является точное восстановление энергии и угловых координат фотонов. Светимость SuperKEKB возрастает более чем на порядок (до $8 \times 10^{35} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$) по сравнению с КЕКВ, что, в частности, приводит к повышенной вероятности наложения двух сигналов в калориметре. Для уменьшения данного эффекта была изменена считывающая электроника.

Для восстановления энергии, выделившейся в калориметре, снимается осциллограмма $E(t)$ в окне, состоящем из 31 отсчета, затем полученная осциллограмма аппроксимируется функцией $F(t) = A_0 \times f(t - t_0)$, где A_0 и t_0 - свободные параметры (амплитуда сигнала и время старта сигнала соответственно). В дальнейшем по этим параметрам энергия может быть восстановлена единственным образом. Однако из-за высокой светимости сигналы от двух разных событий могут накладываться друг на друга, что необходимо учитывать при аппроксимации.

Таким образом, целью данной работы является разработка и отладка программы для реконструкции амплитуды и времени старта сигналов, попадающих в окно. Для реализации программы был использован язык программирования С. Одним из главных требований алгоритма является быстродействие, в связи с чем в дальнейшем алгоритм будет перенесен на XILINX FPGA. В связи с этим программа должна оперировать только с целыми числами, при разработке также необходимо учитывать ограничение по используемой памяти.

В ходе работы была разработана программа, которая по входным данным определяет количество поступивших сигналов и восстанавливает их амплитуду и время старта. Помимо этого, в программе рассчитывается коэффициент, показывающий качество аппроксимации, в случае неудовлетворительного качества возвращается код ошибки. Программа была протестирована на смоделированных данных.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук П. П. Кроковный

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДВУХПИОННЫХ СОБЫТИЙ В ДЕТЕКТОРЕ КМД-3 С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМОВ НЕЙРОННОЙ СЕТИ И VDT

Н. О. Шутиков

Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, г. Новосибирск

Для улучшения точности расчёта аномального магнитного момента в рамках Стандартной модели необходимо улучшить точность измерения сечений рождения адронов в электрон позитронной аннигиляции. Доминирующий вклад в расчётное значение и в его ошибку вносит сечение процесса $e+e \rightarrow \pi+\pi$.

Одной из основных задач на детекторе КМД-3 является измерение сечения $e+e \rightarrow \pi+\pi$ с точностью лучше 1%. Одним из основных факторов, ограничивающим точность измерения является точность идентификации событий $e+e \rightarrow \pi+\pi$ на фоне, одновременно регистрируемых с ними событий процессов $e+e \rightarrow e+e$ и $e+e \rightarrow \mu+\mu$.

В рамках данной работы изучается возможность применения алгоритмов многомерного статистического анализа для выделения событий $e+e \rightarrow \pi+\pi$.

Идея подхода состоит в построении алгоритма, который использует параметры, измеренные детектором, а именно: полное энергосодержание, импульсы частиц, энергосодержания в CsI и LXe калориметрах, энергосодержания в слоях LXe калориметра, угол вылета частиц после столкновения, строит классификатор, значение которого максимальным образом отличается для перечисленных классов событий. Значения классификатора используются для определения числа частиц каждого типа.

В качестве алгоритмов построения классификатора используются алгоритмы VDT (“Boosted decision tree”) и MLP (“Multilayer perceptron”). Применимость данных алгоритмов проверяется с помощью моделирования и с помощью специально отобранных классов экспериментальных событий.

В докладе показаны предварительные результаты анализа данных, набранных в 2013 году с применением описанного подхода.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук И. Б. Логашенко

ОГЛАВЛЕНИЕ

РАДИОФИЗИКА И УСКОРИТЕЛИ	5
А. А. Антропов	5
А. С. Бакланов	6
Э. Е. Бамбуца	7
М. Ю. Васильев	8
И. В. Давидюк	9
А. П. Денисов	10
И. С. Жданов	11
А. В. Люлин	12
М. В. Мальцева	13
М. П. Миняйло	14
Б. О. Михайлов	15
А. А. Морсин	16
Ю. М. Остреинов	17
Д. А. Пимонов	18
И. С. Туева	19
АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА, МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОБРАБОТКА ДАННЫХ	20
М. Е. Акимов, Н. О. Соловьев	20
А. Н. Амирханов	21
И. А. Бородина, С. И. Ерин, Д. С. Рудиков	22
Н. В. Дозморов	23
Т. С. Ишикаев	24
Е. В. Картавец	25
А. А. Кумарин, Н. В. Селиванов	26
А. М. Медведев	27
Н. А. Мельникова	28
А. М. Надымов	29
Е. О. Назаров	30
А. А. Парфенова	31
И. И. Протасов	32
К. В. Пугачев	33
А. В. Сапронов	34
Д. О. Сединкин, Д. В. Петров*	35
М. И. Скворцов, И. Н. Немов, А. Г. Кузнецов	36
С. С. Смирнов	37
С. В. Сониная	38
А. П. Соседкин	39
П. А. Черенков	40

Н. С. Чернышева.....	41
А. А. Чигишев.....	42
М. В. Шевченко.....	43
Д. А. Широкова.....	44
Н. О. Шутиков.....	45

МАТЕРИАЛЫ
53-Й МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ
СТУДЕНЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

МНСК–2015

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ И ТЕХНИКА
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

Материалы конференции публикуются в авторской редакции

Подписано в печать 01.04.2015

Офсетная печать

Заказ № _____

Формат 60x84/16

Уч.-изд. л. 2,2. Усл. печ. л. 3,0.

Тираж 145 экз.

Редакционно-издательский центр НГУ
630090, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 2